





Værfast

Røst, Nordland 1992

Foto: Helge A. Wold, Norges arktiske universitetsmuseum (tsnd34614).
(digitalisert fra 24x36 mm fargepositivfilm)

Ansvarlig redaktør:

Ingrid Sommerseth

Hefteredaktører:

Rolf Anker Ims, Jane Uhd Jepsen, Åshild
Ønvik Pedersen, Eeva Soininen og Ole
Einar Tveito

Grafisk design og trykk:

Grafiske Tjenester,
UiT Norges arktiske universitet

Manuskript og tips om tema,
bes sendt til:

Ottar, Norges arktiske universitets-
museum, PB 6050, Langnes,
9037 Tromsø

Tlf. 77 64 40 00

E-post: ottar@uit.no

Ottar digitalt:

<https://septentrio.uit.no/ottar>

*Ottar utgis av Norges arktiske universitetsmuseum
og akademi for kunsthøgskolen*

UiT Norges arktiske universitet

Utkommer med hefter flere ganger i året. Årgang 71.

Grafisk produksjon og trykk:

Grafiske tjenester, UiT Norges arktiske universitet.

Den digitale utgaven av dette heftet er tilgjengelig på

<https://doi.org/10.7557/ottar.7122025>

Redaksjonen er ikke ansvarlig for den enkelte forfatters synspunkter.

*Alle tekstene i dette Ottar-heftet er lisensiert med [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). Den enkelte
artikkelforfatter er opphaver. For informasjon om gjenbruksvilkår for de
enkelte illustrasjonene, følg lenker i bildeteksten.*

ISSN 2704-0933 (online)

ISSN 0030-6703 (trykt utgave)



Ottar

COAT – klimaøkologisk beredskap for et Arktis i endring

Populærvitenskapelig tidsskrift fra
Norges arktiske universitetsmuseum
nr. 352 · 2025

*Ottar sa til Herren sin, Alfred konge,
at han budde lengst nord i landet
ved Vesthavet. Han sa at landet like-
vel var mykje lenger mot nord, men
at det er heilt ubygt. Einast på nokre
få stader her og der held finnar til.
Om vinteren driv dei med jakt og om
sommaren med fiske ved havet.*

*Slik begynner fortellingen til den
nordnorske høvdingen Ottar.
Omkring 890 foretok han en reise
til England, og ga Kong Alfred en
beretning om Nord-Norge og om
en ferd langs kysten til Kvitsjøen.
Beretningen ble føyd inn i kong
Alfreds oversettelse av Orosius'
verdenshistorie. Inspirert av
den gamle håloyghøvdingens
nysgjerrighet og fortellerglede, har
OTTAR siden 1954 trykt artikler om
nordnorsk og arktisk natur, kultur
og samfunnsliv.*

Forside:

Værstasjon i Finnmark,
foto: Nigel G. Yoccoz.

Lirype i Finnmark,
foto: Marita Anti Strømeng.

Kortnebbgås og fjellrev på Svalbard, COAT
viltkamera.

Vegetasjon illustrert med bakkebaserte
målinger i Finnmark,

foto: Ellen Dymit.

Droneovervåkning på Svalbard,

foto: Linda Arsals.

Bakside:

Kortnebbgås på Svalbard.

Foto: Anita Rude

Innledning

Rolf Anker Ims, Jane Uhd Jepsen, Åshild Ønvik Pedersen,
Eeva Soinen og Ole Einar Tveito2
<https://doi.org/10.7557/ottar.8450>

Klimaøkologi – en integrasjon av klimatologi og økologi

Jane Uhd Jepsen, Ole Einar Tveito, Ketil Isaksen
og Åshild Ønvik Pedersen3
<https://doi.org/10.7557/ottar.8440>

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

Eeva Soinen, Ingrid Paulsen, Kari Anne Bråthen, Oline Eikeland,
Eivind F. Kleiven og Virve Ravolainen11
<https://doi.org/10.7557/ottar.8446>

Nærtidsvarsel – en nøkkel til forvaltning av bestander i rask endring

Eivind F. Kleiven, Jane Uhd Jepsen og Nigel Gilles Yoccoz19
<https://doi.org/10.7557/ottar.8447>

Adaptiv overvåking og forvaltning av fjellrev

Rolf Anker Ims, Dorothee Ehrich, Eva Fuglei og Siw T. Killengreen.....26
<https://doi.org/10.7557/ottar.8448>

Internasjonal forvaltning av Svalbardhekkende gjess

Jesper Madsen og Ingunn Tombre34
<https://doi.org/10.7557/ottar.8449>

Innledning

<https://doi.org/10.7557/ottar.8450>

Etter en oppbygningsfase på hele 14 år ble Klima-økologisk Observasjonssystem for Arktisk Tundra (COAT) etablert som et forskningscenter i 2025. Denne lange veien mot et langsiktig senter finansiert over statsbudsjettet, inkludert målsetninger og faglige komponenter, er beskrevet i en tidligere Ottar-artikkel (Ottar Årgang 68, Nr. 341, s. 4–11). COATs overordnede målsetning er å gi samfunnet forskningsbasert kunnskap om klimaendringenes effekter på landøkosystemene i Finnmark og på Svalbard som grunnlag for forvaltningstiltak og tilpasninger. Faglige hovedkomponenter er: (1) Integrasjon av disiplinene økologi og klimatologi («klimaøkologi»), (2) klimaøkologisk overvåking ved hjelp av moderne teknologi, (3) modellering av årsakssammenhenger og framtidvarslinger, (4) økosystembasert forskning som grunnlag for adaptiv forvaltning. I dette nummeret av Ottar gir COAT-forskere en dypere beskrivelse av disse fire faglige komponentene.

Integrasjonen av økologi og klimatologi i COAT er beskrevet i artikkelen til Jepsen med flere. Oppvarmingen i Arktis skjer opp mot tre ganger raskere enn det globale gjennomsnittet – enda raskere på Svalbard. Å dokumentere effekter av dette på arktiske økosystemer krever et taktskifte i klimaøkologisk overvåking og en tett integrering av økologisk og klimatologisk ekspertise, data og modeller. Forfatterne beskriver hva som kreves for å gjennomføre dette i praksis med eksempler fra COATs overvåking av bl.a. klimaeffekter på bestandsutviklingen hos Svalbardrein, og spredningen av boreale skogskadeinsekter i overgangssonen mellom skog og tundra.

Soininen med flere beskriver hvordan ny teknologi utvikles og anvendes i COAT. Moderne teknologi muliggjør i mange tilfeller mindre inngripende datainnsamling som gir hyppige observasjoner og dekker lengre tidsperioder og større områder enn manuelle målinger. Å ta ny teknologi i bruk krever allikevel sømløs overgang fra tidligere metoder, egnede løsninger for håndtering av store mengder av data, og ikke minst – på arktisk tundra – at metodene er tilpasset til ekstreme klimaforhold. Forfatterne eksemplifiserer hvordan COAT utvikler, tilpasser og kvalitetssikrer nye teknologier til bruk for klimaøkologisk overvåking.

Artikkelen til Kleiven med flere beskriver hvordan datadrevne modeller blir utviklet steg-for-steg i COAT. Modellene påviser årsakssammenhenger – særlig effekter av klimaendringer og

forvaltningstiltak – og gir varsler om framtidige endringer. Forfatterne eksemplifiserer dette med COATs økosystembaserte bestandsmodell for lirype i Finnmark. Til tross for at bestanden har en kompleks dynamikk klarer modellen å varsle bestandsendring opptil et år fram i tid. Disse varslene gir forvaltningen et bedre og tidligere grunnlag for å bestemme jaktkvoter. Artikkelen beskriver også kort andre varslingsmodeller som er under utvikling i COAT.

Adaptiv forvaltning er en gullstandard for hvordan forskning og forvaltning kan samhandle for å takle klimaendringenes effekter på arter og økosystem. Artikkelen til Ims med flere beskriver hvordan COAT har gitt forvaltningsrelevant kunnskap om fjellrevbestandene i Finnmark og på Svalbard. I Finnmark har COAT vist at fjellreven er utrydningstruet – delvis som et resultat av klimaendringer, og vi evaluerer her løpende ulike bevaringstiltak i dialog med forvaltningen. På Svalbard viser forskningen hvorfor fjellrevbestanden er stabil til tross for store klimaendringer, og at den tåler begrenset fangst. Bestanden av kortnebbgås som hekker på Svalbard vokser derimot så kraftig at den må beskattes for å hindre skader på vegetasjon på tundraen og innmark lenger sør. Artikkelen til Madsen og Tombre beskriver hvordan forskning har belyst klimaendringenes rolle i gåsebestandens vekst og har gitt viktige bidrag til å sette forvaltningsmål.

Rolf Anker Ims, Jane Uhd Jepsen, Åshild Ønvik
Pedersen, Eeva Soininen og Ole Einar Tveito
hefteredaktører



Klimaøkologi – en integrasjon av klimatologi og økologi

Jane Uhd Jepsen, Ole Einar Tveito, Ketil Isaksen og Åshild Ønvik Pedersen

<https://doi.org/10.7557/ottar.8440>

I Arktis skjer oppvarmingen om lag tre ganger raskere enn det globale gjennomsnittet. Dette fører til endringer i de fysiske rammene for arktiske økosystemer hvis hastighet er uten historisk sidestykke. Å dokumentere og forstå konsekvensene for arktiske økosystemer er helt nødvendig for at politikk og adaptiv forvaltning kan gjennomføres med et solid kunnskapsgrunnlag. *Klimaøkologien* er et eget tverrfaglig forskningsfelt som innebærer et taktskifte i både økologisk og klimatologisk overvåking.

Hva er klimaøkologi?

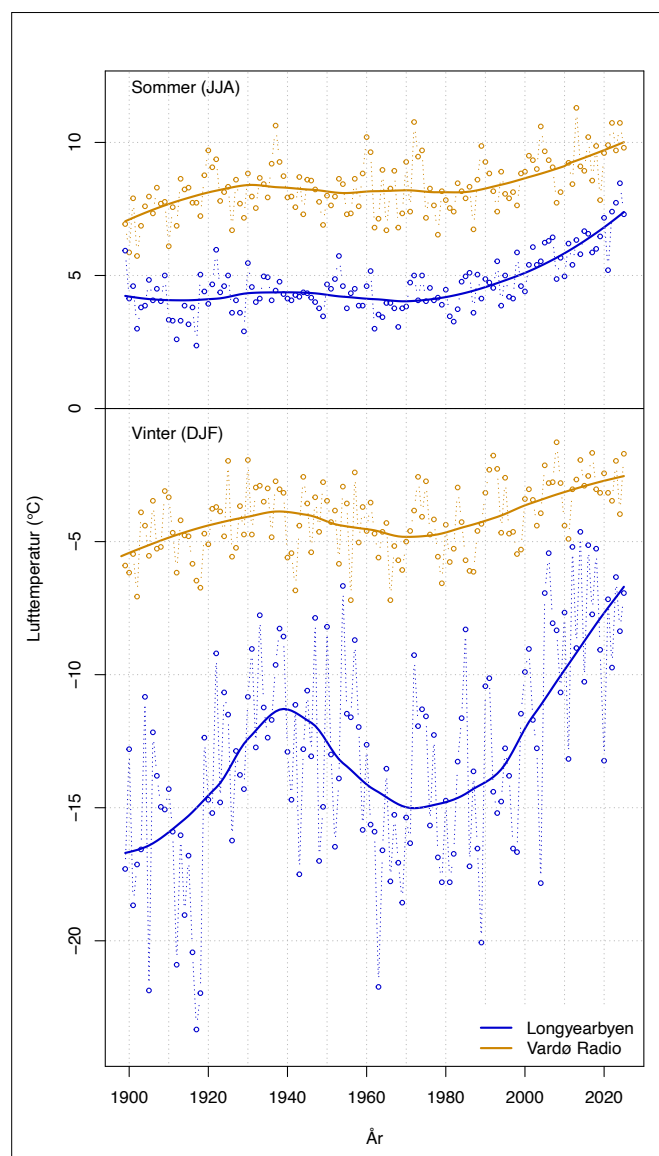
Klima og økosystemer er uløselig knyttet sammen. Klimaet former de fysiske forholdene for et økosystem, setter krav til hvilke tilpasninger som trengs hos arter som skal overleve og trives, og bestemmer rammene for arters samhandling med hverandre og miljøet. Tilsvarende påvirker økosystemer klimaet gjennom eksempelvis karbonlagring, klimagassutslipp og strålingsbalanse (albedo). Det er derfor ikke overraskende at *klimaøkologi* har oppstått som et eget tverrfaglig forskningsfelt. *Klimaøkologi kombinerer innsikt fra økologi og klimatologi for å forstå hvordan klimaendringer påvirker økosystemer, samt hvordan økologiske prosesser kan påvirke klimaet.* Ved å sette sammen data og metoder fra begge fagfelt kan klimaøkologien bidra til bedre forvaltning av naturressurser, gjennom sikrere og raskere dokumentasjon av effekter av klimaendringer på økologiske systemer.

Klimautvikling i Arktis

Klimaendringen skjer mye raskere i Arktis enn i andre deler av verden. Siden 1979 har oppvarmingen i Arktis vært omtrent tre ganger raskere enn det globale gjennomsnittet som følge av forsterkende tilbakekoblinger i klimasystemet. De største fysiske endringene i Arktis har skjedd i vinterhalvåret fra oktober til mai. I perioden 2005–2023 ble oppvarmingen i Arktis raskere på grunn av hyppigere og mer langvarige mildværshendelser om vinteren over det sentrale Polhavet.

Figur 1. Homogeniserte observasjonsserier for sommer- og vintertemperatur ved målestasjonene Svalbard Lufthavn (Nordenskiöld Land) og Vardø Radio (Varanger, Finnmark). De heltrukne linjene viser utjevnete langtidsverdier som tilsvarer ca. 30 år. Sommer (JJA) = juni, juli og august; vinter (DJF) = desember, januar og februar.

Vinterstormene knyttet til mildværhendelsene medfører økt transport av fuktig og varm luft som gir mer nedbør i Arktis.



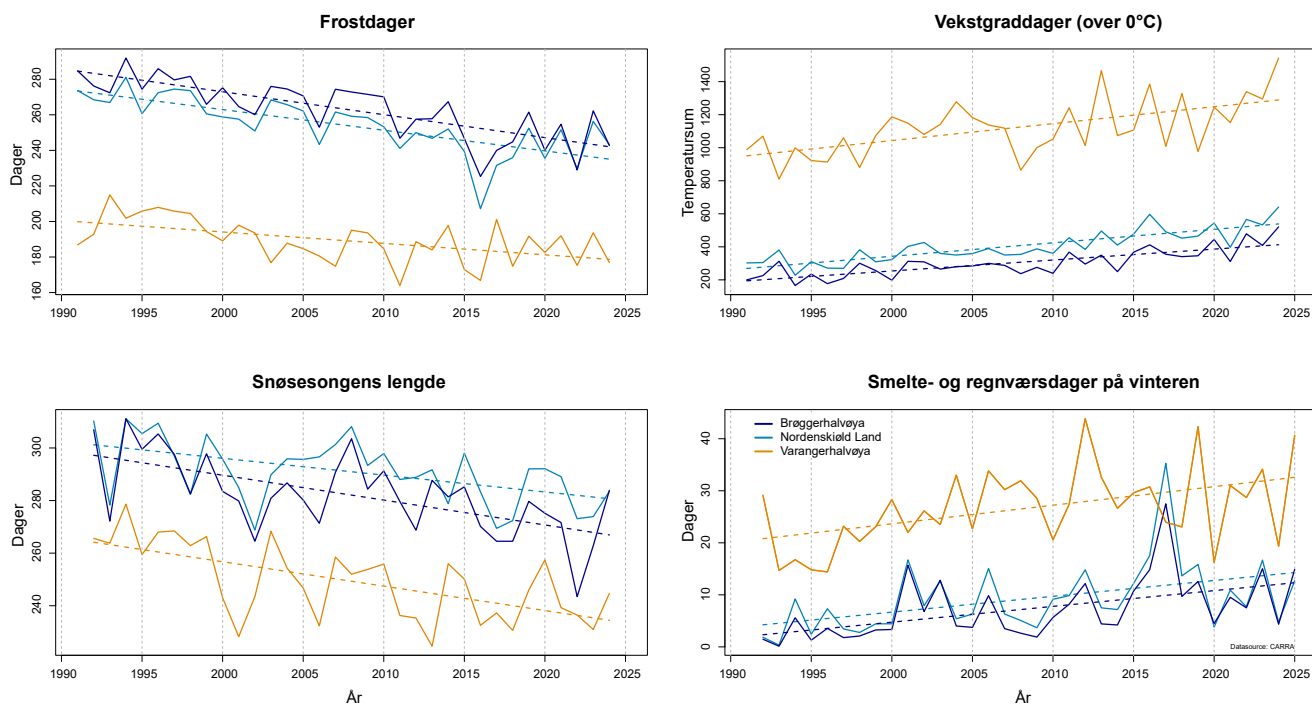
Permafrosten og resten av kryosfæren, den frosne del av jordoverflaten, har blitt betydelig varmet opp de siste tiårene. Sammenlignet med tidligere, må mindre energi tilføres for å starte tining og smelting av kryosfæren. Større andel av nedbøren kommer nå som regn i stedet for snø. Nyere beregninger fram mot 2100 indikerer en raskere oppvarming og større tap av havis og isbreer sammenlignet med tidligere fremskrivninger. De største endringene i Arktis har skjedd i den nordlige Barentsregionen, spesielt knyttet til lufttemperatur og havis. Her går oppvarmingen fem til syv ganger raskere enn det globale gjennomsnittet. Oppvarmingen ser ut til å være enda sterkere koblet til den store reduksjonen av havis enn det man har trodd basert på tidligere studier.

På fastlandet er Finnmark et av de områdene i Norge som har hatt den største temperaturøkningen. Oppvarmingen i COATs overvåkingsområder på Nordenskiöld Land og Brøggerhalvøya på Spitsbergen skjer dobbelt så fort som for Varanger i Finnmark (Figur 1). For året som helhet har lufttemperaturen for disse tre områdene i gjennomsnitt steget med hhv 1.13, 0.99 og 0.55 °C / tiår for perioden 1991–2024.

De siste tiårene har sommertemperaturen skutt i været. Igjen er økningen størst på Svalbard. Sommertemperaturen ved Svalbard lufthavn er nå ca. 3 grader høyere enn det «naturlige kjøleskapet»

på omkring 4 °C som dominerte på 1900-tallet. På Svalbard er sommeren 2024 hittil den varmeste og førte bl.a. til rekordstor bresmelting. I løpet av seks uker forsvant rundt 61,7 gigatonn med is fra breene på Svalbard. Det er nesten like mye is som hele Jostedalshreen, som er den største isbreen på det europeiske fastlandet. Svalbard og andre områder rundt Barentshavet mistet totalt over 100 gigatonn is i 2024. Dette gjorde regionen til en av de største bidragsyterne til global havnivåstigning i 2024. Det ble også målt rekordstor tinedybde i det aktive laget over permafrosten på Svalbard i 2024.

I tillegg til hyppigere mildværsperioder om vinteren, forandres også andre aspekter av vinterklima. Perioder med ekstremt lave temperaturer under -20–30°C opptrer sjeldnere. Vinterene blir kortere, og vekstsesongen (definert som perioden med døgntemperatur over 0°C) lenger. For Svalbard er vekstsesongen i gjennomsnitt blitt opptil 7 uker lengre for COAT sine studieområder på Brøggerhalvøya og Nordenskiöld Land, mens den på Varangerhalvøya har økt med tre uker siden 1991 (Figur 2). Antall dager med frost har blitt tilsvarende redusert og perioden med snødekke er kortere. Lengden på den gjennomsnittlige snødekte perioden har siden vinteren 1991/92 minket med rundt 30 dager på Brøggerhalvøya og Varangerhalvøya, og 20 dager på Nordenskiöld Land. Samtidig har antall hendelser med snøsmelting og nedbør som regn om vinteren økt, noe som fører



Figur 2. Klimautvikling 1991–2024 for de tre COAT regionene Brøggerhalvøya, Nordenskiöld Land på Svalbard og Varangerhalvøya i Finnmark. **a)** Gjennomsnittlig antall dager med frost (døgnmiddeltemperatur < 0°C). **b)** Regionalt gjennomsnitt av temperatursummen over 0°C. **c)** Regionalt gjennomsnitt av antall dager pr. vintersesong med snø. **d)** Gjennomsnittlig antall hendelser med samtidig nedbør og smelting i vinterperioden oktober til mai.

Datakilde: C3S CARRA



Figur 3. COATs værstasjon i Bergebydalen ved den lavarktiske tregrense (venstre) og på Jansonhaugen i høyarktiske Adventdalen (høyre). Foto: Nigel G. Yoccoz og Stein Tore Pedersen

til hyppigere etablering av is på eller i snølaget eller på bakkeoverflaten. Dette har en betydelig negativ effekt for dyreliv på eller under snødekket som mister tilgang på mat og levesteder.

Hvordan endrer norske arktiske økosystemer seg?

Med historisk raske klimaendringer endrer også de fysiske forholdene for økosystemer seg raskere enn noen gang før. I Norge består den lavarktiske sonen av de ytre deler av halvøyene nordøst i Finnmark fra Varangerhalvøya i øst til Magerøya i vest. Denne regionen er preget av åpen, treløs tundra, og økosystemet har klare lavarktiske trekk med en rekke arktiske arter av både planter og dyr. Det lavarktiske klima derimot er ikke lenger framherskende i regionen. Svalbard ligger i høyarktis, og tundraøkosystemet på Svalbard er fortsatt treløst med permafrost. Men det høyarktiske klimaet er langt på vei tapt. Tundraøkosystemet på vestsiden av Spitsbergen befinner seg i dag i et klima som temperaturmessig nærmer seg det som kjennetegnet lavarktiske områder i Øst-Finnmark rundt 1900 (Figur 1).

‘Tapet’ av hele klimasoner, har på kort tid skapt en ny og ukjent situasjon for våre arktiske tundraøkosystemer. Arter som lemen eller svalbardrein er gjennom evolusjonen tilpasset kulde og stabile tørre snøforhold. Hvordan klarer de å forholde seg til vintermildvær, ising på bakken, stadig kortere vinter med redusert snødekke, men også lengere og muligens en mer produktiv vekstsesong? Andre arter, slik som rype og hare, skifter fra hvit vinterdrakt til sommerdrakt bestemt av lys, ikke av temperatur. Hvordan klarer de seg når snøen kommer seinere om høsten og vinteren er kort, mens lysregimet er uendret? Blir de mer utsatt for rovdyr på grunn av tap av kamuflasje? Svar på

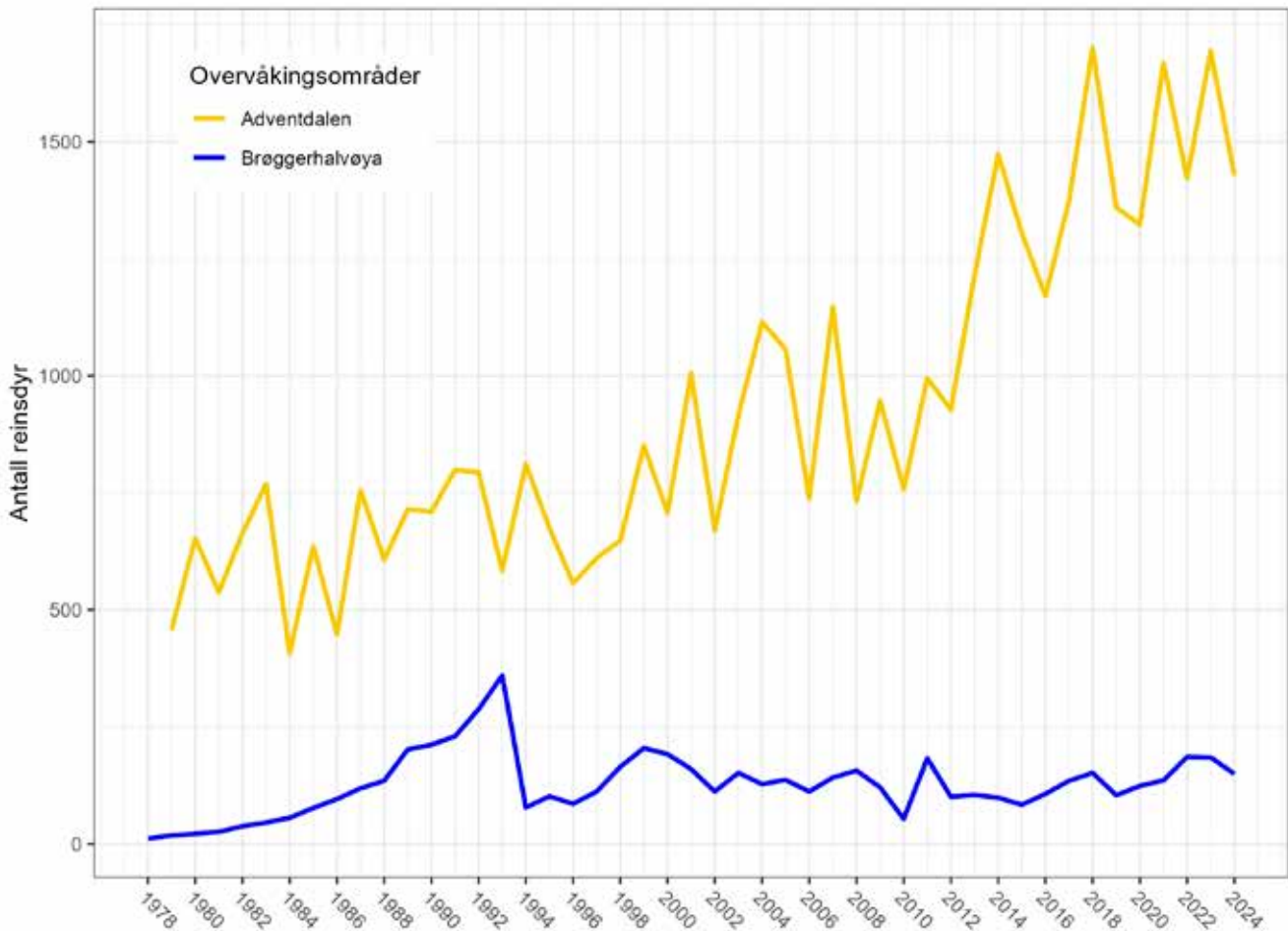
slike spørsmål står helt sentralt i COATs klima-økologiske overvåking.

For noen få år siden ble tilstanden til norske tundraøkosystemer, både i det lav- og det høyarktiske, vurdert som en del av det nasjonale *Fagsystem for vurdering av økologisk tilstand*. COATs forskere ledet og deltok i det vitenskapelige panelet og COAT leverte også data til de fleste økologiske og klimatologiske indikatorer som vurderingen var basert på. Panelet konkluderte da at klimaendringer overskygger alle andre påvirkningsfaktorer i arktiske tundraøkosystemer. På tross av betydelige endringer i det fysiske miljøet, var konklusjonen imidlertid at de økologiske konsekvensene foreløpig var begrensede, og først og fremst synlige i de deler av økosystemet som har sterkest kopling til klima, og mest i lavarktis. Vurderingen påpekte dog en rekke varsler om at større endringer er under utvikling, for eksempel en tydelig økende tilstedeværelse og dominans av boreale arter i lavarktisk tundra, en prosess kjent som ‘borealisering’.

Hvordan integrere klimatologi og økologi i praksis?

Klimaøkologi krever først og fremst ekte, tverrfaglig samhandling mellom klimatologer og økologer. En viktig forutsetning for slik integrering er etablering av en samordnet forskningsinfrastruktur med tilstrekkelig og langsiktig driftsfinansiering. Dette inkluderer både teknologiske ressurser og organisatoriske strukturer som muliggjør effektiv datautveksling og samarbeid på tvers av fagfeltene.

Videre er det nødvendig med intensivert klimaovervåking i økologisk relevante gradienter, både i tid og rom. Dette innebærer å fokusere på klimasensitive (‘responsive’) komponenter i



Figur 4. Bestandsutvikling, antall reinsdyr, i to av de overvåkede bestandene i COAT, Adventdalen på Nordenskiöld Land (1979 til i dag) og Brøggerhalvøya (1978 -).

økosystemet og på områder der klimaendringer forventes å ha størst innvirkning på økosystemene. I tillegg må klimatologiske data samles inn på en skala som er relevant for økologiske prosesser. En av de største satsinger på ny infrastruktur i COAT er derfor utbygging av det eksisterende meteorologiske stasjonsnettverk både i den lavarktiske delen av Finnmark og i høyarktisk tundra på Svalbard (Figur 3). Dette for å sikre at nettverket av stasjoner dekker økologisk relevante klimagrader fra kyst til innland eller fra dalbunn til fjelltopp.

En annen nøkkelkomponent er utviklingen av klimaøkologiske variabler, som beskriver koblingen mellom klima og kjente økologiske mekanismer ('tilstandsvariabler'). Disse kan variere i kompleksitet, fra enkle mål som bakketemperatur eller snøsesongens lengde til mer avanserte tilstandsvariabler som integrerer økologiske mekanismer relatert til fenologi, populasjonsdynamikk og artsinteraksjoner. Snøstruktur, særlig forekomst av islag i snøprofilen i et omfang som påvirker beitedyrs tilgang på maten, er et eksempel på en kompleks tilstandsvariabel som krever tett integrasjon av økologisk forståelse og klimatologiske

data og modeller. I det følgende beskriver vi tre eksempler på hvordan økologi og klimatologi integreres i praksis i COATs overvåking herunder noen sentrale klimaøkologiske tilstandsvariabler.

Eksempel 1. Svalbardreinen: Motsatte bestandstrender fra varmere vær

Svalbardreinen lever i ytterkanten av villreinsens utbredelsesområde og den er en stedegen, plantespisende underart. Den har tilpasset seg sine arktiske leveområder i tusenvis av år. Reinen påvirker tundraen gjennom beiting, gjødsling og tråkk. Den har også en sentral rolle i næringsnettet fordi døde rein gir tilgang på mat til åtseletere om vinteren. Siden 1980 tallet har reinsdyrbestandene på Svalbard fordoblet seg (Figur 4).

Klimaendringene har ført til at den snøfrie sesongen i dag er lengre, noe som betyr lettere tilgang på mat. Dette gir gode vilkår for reinens tilvekst og oppbygging av energilagre før den møter vinteren, som er «flaskehalsen» i bestandsdynamikken. Kroppsvekta er avgjørende for svalbardreinsens reproduksjon og overlevelse. Kroppsvekta i sin tur er sterkt påvirket av tilgang til beite om vinteren,

og regnfulle vintre med islagte beiter, samt svært snørike vintre, gir lave vekter. Høye bestandstettheter øker konkurransen om maten på vinteren, og kan senke vekta ytterligere. Resultatet blir høy dødelighet, spesielt blant de yngste og eldste dyra, og få kalver påfølgende sommer. Dermed reduseres bestanden av reinsdyr.

Vinterregn og isingsepisoder opptrer over store landområder. Likevel finner vi at summen av de samme type klimapåvirkninger bidrar til ulike bestandstrender for bestander som lever langs kysten (Brøggerhalvøya) og på innlandet (Nordenskiöld Land). Forklaringen ligger i noen små, men viktige forskjeller i vær, klima og responser hos reinsdyrene.

På Brøggerhalvøya, ved den meteorologiske stasjonen i Ny-Ålesund, har den årlige mengde vinterregn vært betraktelig større enn ved stasjonen ved Svalbard lufthavn (Nordenskiöld Land). Dette har ført til hyppigere og mer omfattende isingsepisoder på Brøggerhalvøya. Derimot har økningen i sommertemperatur på Nordenskiöld Land vært større enn på Brøggerhalvøya. Fordi regnværsvintre har en negativ effekt på bestandsstørrelsen og varme somre en positiv effekt på planteveksten, vil netto påvirkning bestemmes av styrken på de ulike klimapåvirkninger. I COAT har vi vist at de lokale forskjellene i vær og klima bidrar til å forklare

de sprikende bestandstrendene mellom kyst og innland. Enkelt sagt så har den positive effekten fra sommeroppvarmingen kompensert for den negative effekten av vinteroppvarmingen på Nordenskiöld Land, mens det motsatte ser ut til å være tilfelle på Brøggerhalvøya. Dette har medført mer enn tredoblede bestander i overvåkingsområdene på Nordenskiöld Land, se figur 4.

Sentrale klima-økologiske tilstandsvariabler som overvåkes i COAT sine to kjerneområder på Svalbard:

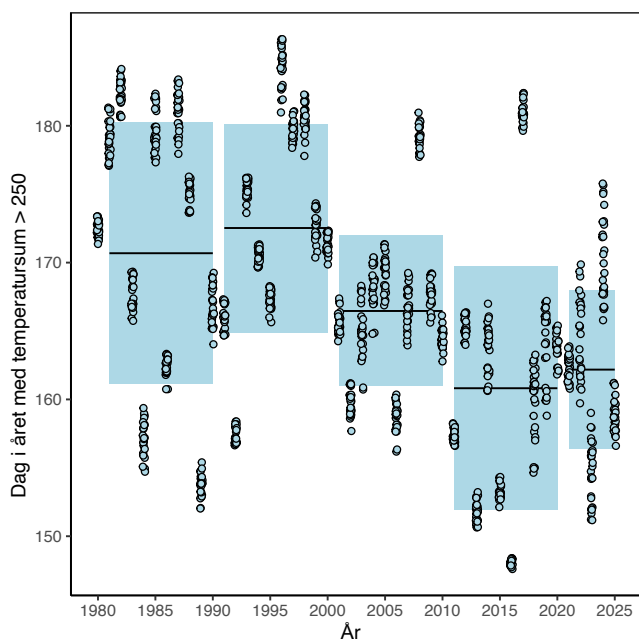
- Antall Svalbardrein fordelt på kjønn og alder.
- Kroppsvekt av simler og kalv i april.
- Snødybde, islag i snøpakken, tykkelse av bakkeis og bakketemperatur.
- Habitatbruk hos Svalbardrein.

Eksempel 2. Bjørkemålere: Rask ekspansjon i et mildere klima

Målere er en familie av sommerfugler. *Bjørkemålere* er en uformell samlebetegnelse på de vanligste målerartene som spiser bjørk, først og fremst fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*), brun høstmåler (*Operophtera brumata*) og gul frostmåler (*Agriopsis aurantiaria*). I Nord-Norge er disse tre artene kjent som lauvmakk. Fjellbjørkemåleren er en stedegen art i den nordnorske



Figur 5. Svalbardrein. Foto: Åshild Ønvik Pedersen



Figur 6. Målt i laboratoriet trenger eggene til brun høstmåler en temperatursum på 250–300 grader før de klekkes. Den dagen i løpet av året denne temperaturen er oppnådd kan derfor være en nyttig klimaøkologisk tilstandsvariabel. Lengst øst i Finnmark, på grensen mellom bjørkeskog og lavarktisk tundra, oppnås en temperatursum av denne størrelsesorden stadig tidligere på sommeren. Figuren viser den dagen i løpet av året (dag 1=1. januar) der en temperatursum på 250 grader er oppnådd for 10 lokaliteter mellom Vadsø og Vardø. De vannrette streker og bokser viser gjennomsnitt og standardavvik for 10 års perioder (5 år for siste periode 2021–2025).

fjellbjørkeskogen, mens de to andre er sørlige og mer varmekjære arter som gradvis har spredd seg nordover og østover med et varmere klima. Målerlarvene klekkes fra overvintrende egg omtrent samtidig med knoppsprett hos bjørka om våren og spiser på bjørk, og mange andre arter av trær og busker, utover sommeren. Larvene forpupper seg i bakken midt på sommeren. De voksne målere svermer og parrer seg utover høsten, og legger egg til neste generasjons målere på bjørka før de dør. Utbrudd av bjørkemålere er den viktigste naturlige forstyrrelsesfaktoren i fjellbjørkeskogen i Fennoskandia, og spredningen av sørlige arter lenger nord har intensivert presset på bjørkeskogen. Økologiske og forvaltningsmessige problemstillinger knyttet til utbrudd og skogdød har derfor kommet stadig lenger opp på dagsordenen.

Utvikling og vekst hos målere er tett styrt av temperaturen i omgivelsene. I et mildere klima vil derfor bjørkemålerne kunne trives lenger nord og lenger inn på fjellet. Lave temperaturer på vinteren, helst ned mot -30 – -35°C , kan ta livet av de overvintrende eggene, men slike kuldeperioder blir stadig sjeldnere og dette legger til rette for utbrudd

i nye områder. Likeledes vil mildere temperaturer på seinvinteren og våren tillate eggene å klekke tidligere, se figur 6, og dermed gi larvene mulighet for å fullføre sin vekst i områder der vekstsesongen tidligere har vært for kort. Etableringen av brun høstmåler som utbruddsart i bjørkeskog og vierkratt helt nord til overgangen mellom skog og lavarktisk tundra, er ment å være en konsekvens av at historiske klimatiske begrensninger for arten ikke lenger er til stede.

Sentrale klima-økologiske tilstandsvariabler som overvåkes i COAT:

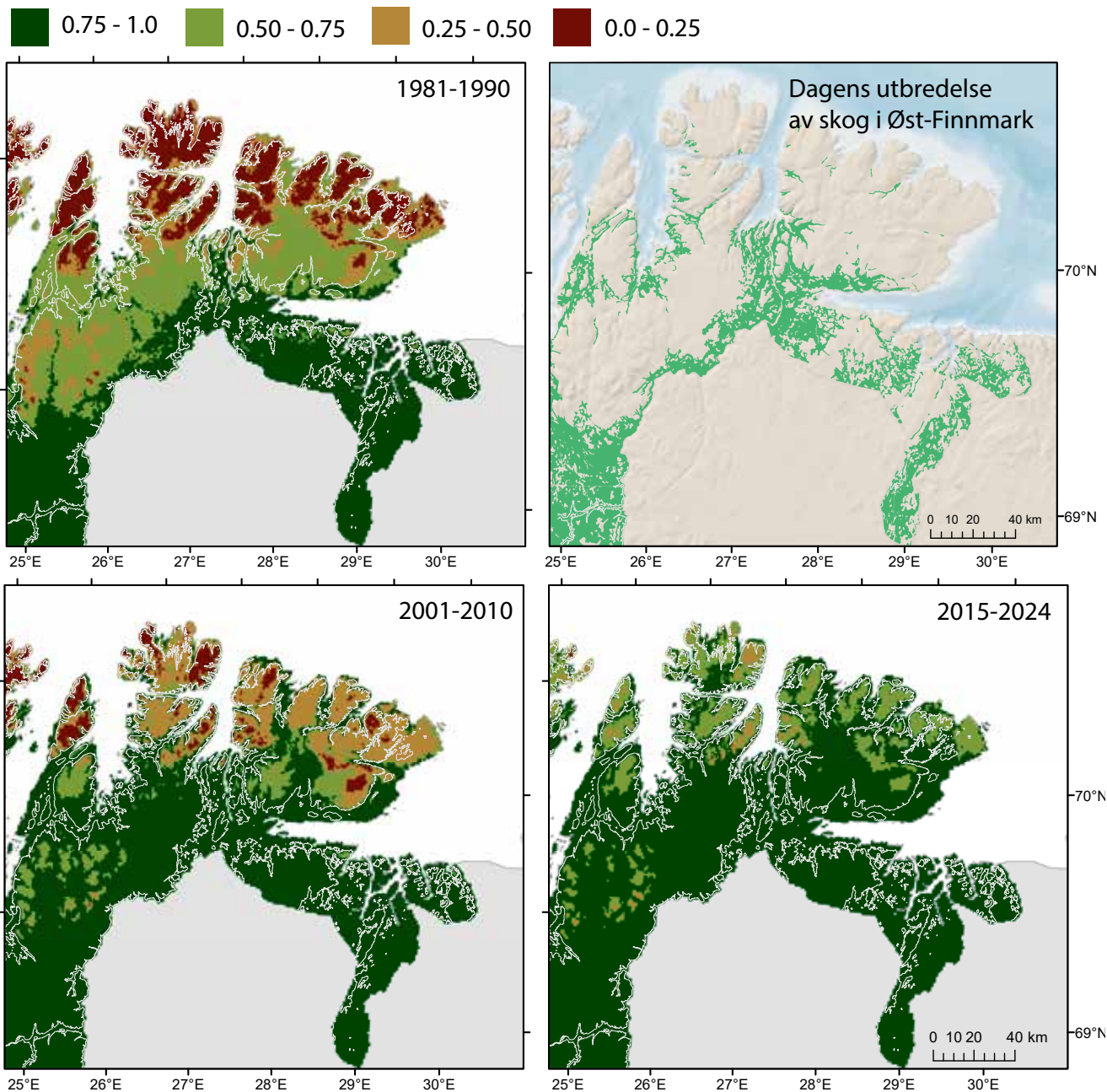
- Tetthet av bjørkemålere i bjørkeskog.
- Kronetap forårsaket av målerutbrudd i bjørkeskog målt fra satellitt.
- Skogskade og skogdød samt skogen gjenvekst etter målerutbrudd.
- Temperatur som bestemmer tidspunkt for løvsprett og klekking av målerlarver.
- Forekomst av ekstremkulde.

Eksempel 3. Klimagrenser for trevekst: Vær for vekst av trær langt over og nord for dagens skoggrense

Arktisk tundra og et polart klima er karakterisert ved at det er for kaldt for at trær kan vokse opp. Når klimaet endrer seg raskt vil det imidlertid utvikle seg en stadig større ulikhet mellom de områder der trær eller skog faktisk vokser, og de områder der det nåværende klima skulle tilsi at trær *kunne* vokse. Det skyldes at spredning av trær og busker lenger nord eller høyere opp på fjellet er en svært treg prosess, der en rekke andre forutsetninger, i tillegg til et gunstig klima over lang tid, må være oppfylt. Alpine og arktiske tregrenser er ofte sterkt påvirket av fysiske forstyrrelser (f.eks. snøskred eller vind), beite (f.eks. fra rein, sau eller insekter) og menneskelig aktivitet (f.eks. hogst). Likevel kan modeller for de fysiologiske (klimastyrt) grenser for trevekst gi en viktig illustrasjon av hvordan et økosystem kan forventes å utvikle seg fremover. Forskningen har utviklet stadig bedre klimaøkologiske beskrivelser av hvordan alpine og arktiske tregrenser er bestemt av klima. En av de beste globale beskrivelsene tar hensyn til både vekstsesongens lengde og sesongens gjennomsnittstemperatur. Vekstsesongen må nærmere bestemt ha minst 94 snøfrie dager med en gjennomsnittstemperatur over $0,9^{\circ}\text{C}$, og gjennomsnittstemperaturen over hele sesongen må være minst $6,4^{\circ}\text{C}$.

Slike beskrivelser av sammenhenger mellom økologi og klima, kan anvendes til å utvikle effektive klimaøkologiske tilstandsvariabler. I COAT har vi sett på hvor store områder i Finnmark som er varmere enn disse minimums kriterier og derfor, rent klimatisk, oppfyller kravet for vekst av trær. Vi

Andel år per tiår hvor de klimatiske kravene for vekst av trær er oppfylt



Figur 7. Kart over Øst-Finnmark, med Varangerhalvøya i sentrum, som viser andel år i løpet av et tiår som oppfyller de klimatiske kravene til vekst av trær. I det mørkegrønne arealet (0.75–1.0) er kravene oppfylt i mer enn 3 ut av 4 år. På 1980-tallet var det omtrent sammenfallende med dagens utbredelse av skog. Det seneste tiåret (2015–2024) har kravene vært oppfylt i de fleste årene i stort sett hele det lavarktiske området.

har også sett på hvordan dette har endret seg over tid. Konklusjonen er at det i Finnmark i dag knapt fins områder som ikke i de fleste årene oppfyller de klimatiske kravene til vekst av trær, selv høyt til fjells og nord for den nåværende lavarktiske skoggrensens i Øst-Finnmark, se figur 7.

Sentrale klima-økologiske tilstandsvariabler som overvåkes i COAT:

- Areal i Finnmark som oppfyller de klimatiske minstekravene for vekst av trær

- Individuelle trær's daglige vekst langs klimagrader

Litteratur:

- AMAP 2024. AMAP Arctic Climate Change Update 2024: Key Trends and Impacts. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Tromsø, Norway. x+122pp.
- Elvebakk, A. & Karlsen, S.R. 2022. Det arktiske Finnmark – ein bioklimatisk studie av område nord for den polare skoggrensa. *Blyttia* 80: 147–174.
- Isaksen, K., m.fl. 2022. Exceptional warming over the Barents area. *Scientific reports* 12, 9371. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13568-5>
- Pedersen, Å. Ø. m.fl. 2021. Norwegian Arctic Tundra: a Panel-based Assessment of Ecosystem Condition. Report Series 153. Norwegian Polar Institute, Tromsø.
- Pedersen, Å. Ø. m.fl. 2019. Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*). A status report. Norwegian Polar Institute, Report Series 151.
- Schuler, T. V. m.fl. 2025. Svalbard's 2024 record summer: An early view of Arctic glacier meltdown? *PNAS* 122 (34) e2503806122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2503806122>
- Vindstad, O.P.L., Jepsen, J.U., Molvig, H. & Ims, R.A. 2022. A pioneering pest: the winter moth (*Operophtera brumata*) is expanding its out break range into low-arctic shrub tundra. *Arctic Science*. <https://doi.org/10.1139/as-2021-002>

Forfatterne:



Ole Einar Tveito er klimatolog og seniorforsker ved Meteorologisk institutt. Han jobber med dataanalyse og romlig modellering av historisk og fremtidig klima. Leder av klimaobservasjon i COAT.
E-post: ole.einar.tveito@met.no
<https://orcid.org/0000-0001-5237-028X>



Jane Uhd Jepsen er økolog og seniorforsker ved NINA. Hun arbeider med bestandsdynamikk hos bjørkemålere og effekter av beite, insektsutbrudd og klima på bjørkeskogsøkosystemet. Hun er regional leder for COAT Finnmark.
E-post: jane.jepsen@nina.no
<https://orcid.org/0000-0003-1517-1569>



Åshild Ønvik Pedersen er økolog og seniorforsker ved Norsk Polarinstitut. Hun har ansvar for overvåkingsprogrammet for svalbardrein som omfatter bestandsdynamikk og romlig økologi med fokus på reinens responser til et endret landskap. Hun er regional leder for COAT Svalbard og leder reinsdyrmodulen for Svalbard.
E-post: aashild.pedersen@npolar.no
<https://orcid.org/0000-0001-9388-7402>



Ketil Isaksen er seniorforsker ved Meteorologisk institutt. Han jobber med analyser av klimaendringer, spesielt mot permafrost og kryosfære og utvikling av nye produkter og tjenester til klimaovervåking.
E-post: ketil.isaksen@met.no
<https://orcid.org/0000-0003-2356-5330>

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 rovdyrene 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.

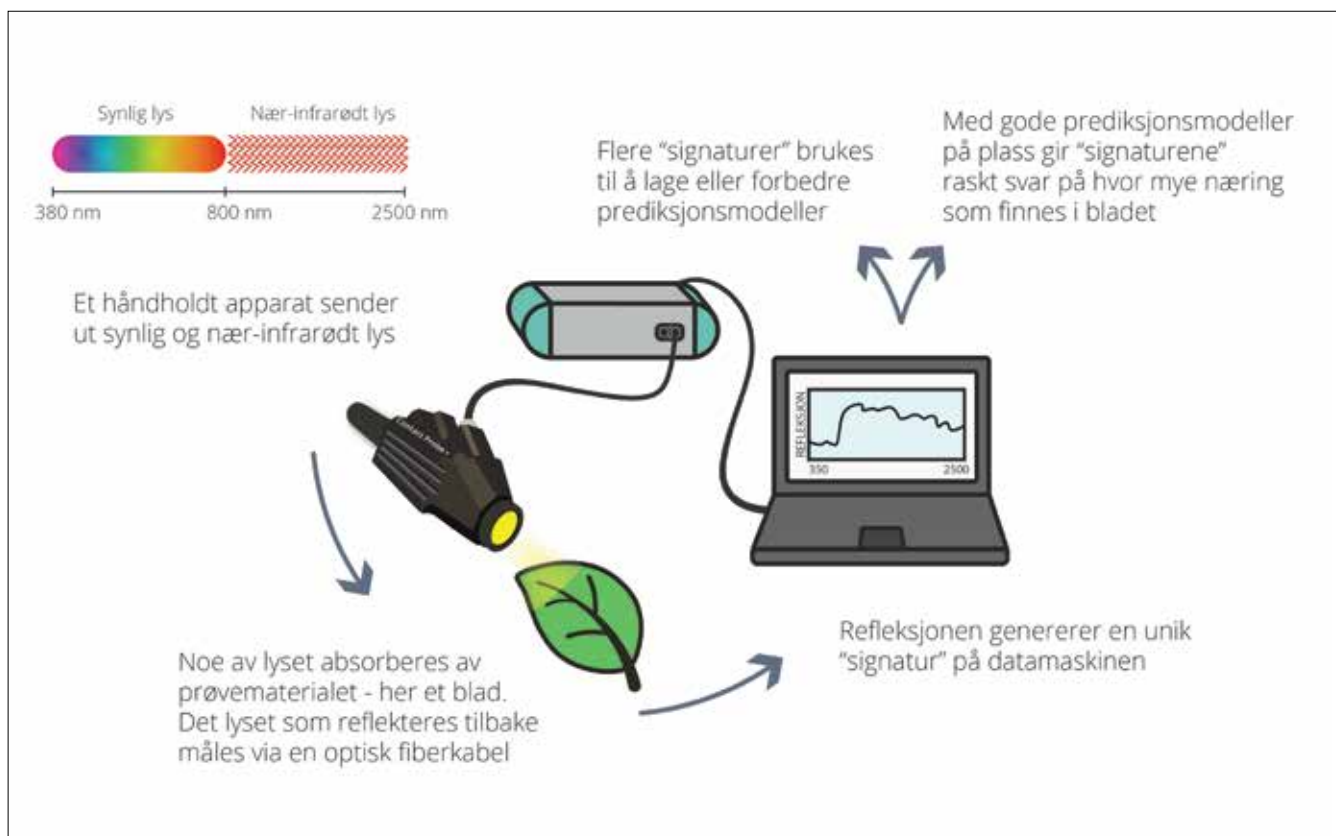
Overvåking av smågnagere under snøen – tilpasning av teknologi til et vanskelig miljø

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.

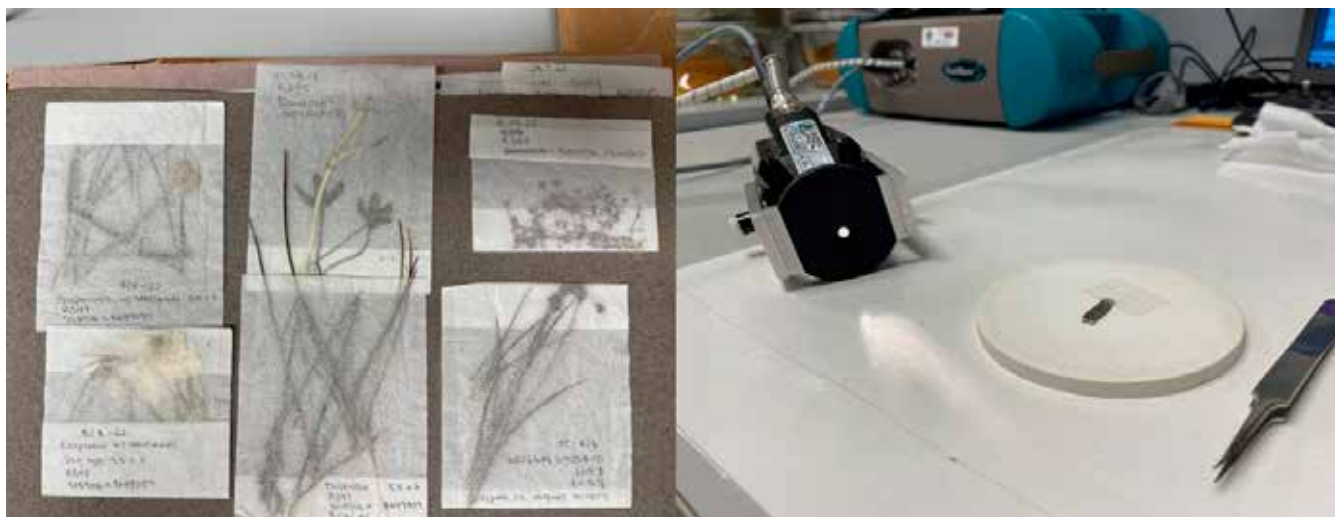
Etter å ha bekreftet at disse kamerabokser faktisk tar bilder av smågnagere og at både kamera og batterier kan fungere gjennom en lang vinter under snøen, måtte vi finne ut av hvordan vi

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 rovdyrssamfunn. 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-Várjjat/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.

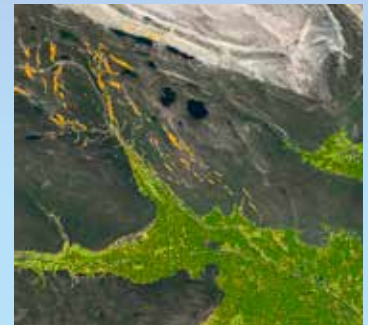
Foto: Virve Ravolainen med en eBeeX drone, NPI





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. Nyttien 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>

Nærtidsvarsel – en nøkkel til forvaltning av bestander i rask endring

Eivind Flittie Kleiven, Jane Uhd Jepsen og Nigel Gilles Yoccoz

<https://doi.org/10.7557/ottar.8447>

Mange nordlige arter varierer stort i antall fra et år til et annet. Ved bruk av de lange tidsseriene COAT samler inn har vi nå utviklet nærtidsvarsling for et knippe, viktige arter. Dette hjelper forvaltningen med å være i forkant når de skal ta vare på naturressursene i nord, noe som blir stadig viktigere i takt med at de ytre påvirkningene øker.

Dynamiske økosystem

Nordlige økosystemer er naturlig dynamiske, med store variasjoner i tid. Innen et år er det store kontraster mellom årstider. Mange nordlige bestander kjennetegnes videre av kraftige bestandssvingninger fra et år til det neste. Et av de mest kjente eksemplene er lemen og mus. Deres voldsomme svingninger i antall gir ringvirkninger i hele økosystemet. Alt fra planter, vadefugler og rypen til rovfugler og rever blir påvirket. Lignende svingninger ser man også hos bjørkemålere, som har stor påvirkning på den nordlige skogen. Arter med kraftige svingninger er en utfordring for forvaltningen. Hvis det for eksempel går fra å være en stor rypebestand et år, til en veldig liten neste år må forvaltningen raskt stramme til for at høstingen ikke skal bli større enn det bestanden tåler. På den andre siden, hvis det går fra et relativt dårlig år til et godt år for rypene kan forvaltningen slippe til flere jegere. Forskning kan gi naturforvaltere viktige nøkler til en rasjonell forvaltning av dynamiske bestander som i økende grad utsettes for klimaendringer.

Den første nøkkelen for å gi forvaltningen mulighet til å ta gode beslutninger er å ha kontinuerlig oppdatert kunnskap om hvordan systemene endrer seg og hva som driver disse endringene. Dette gjøres gjennom langsiktig økosystemovervåking. COAT har allerede tidsserier på flere tiår for mange sentrale faktorer i tundraøkosystemet og tilgrensende subarktisk bjørkeskog. Disse tidsseriene kan brukes til å beskrive endringene mens de skjer og undersøke årsakssammenhenger. Gjennom disse lange tidsseriene har vi dermed mulighet til å si noe om hva som skjer og hvorfor.

Den neste nøkkelen er å levere forvaltningen noen frampek om hvor utviklingen er på vei. Man kan sammenlikne dette med værvarsel. Vet man hvilket vær som kommer kan man forberede seg og gjøre de nødvendige tiltakene, f.eks. komme seg i hus før en storm treffer. Dette sikrer oss mot skader på mennesker og infrastruktur. Et værvarsel

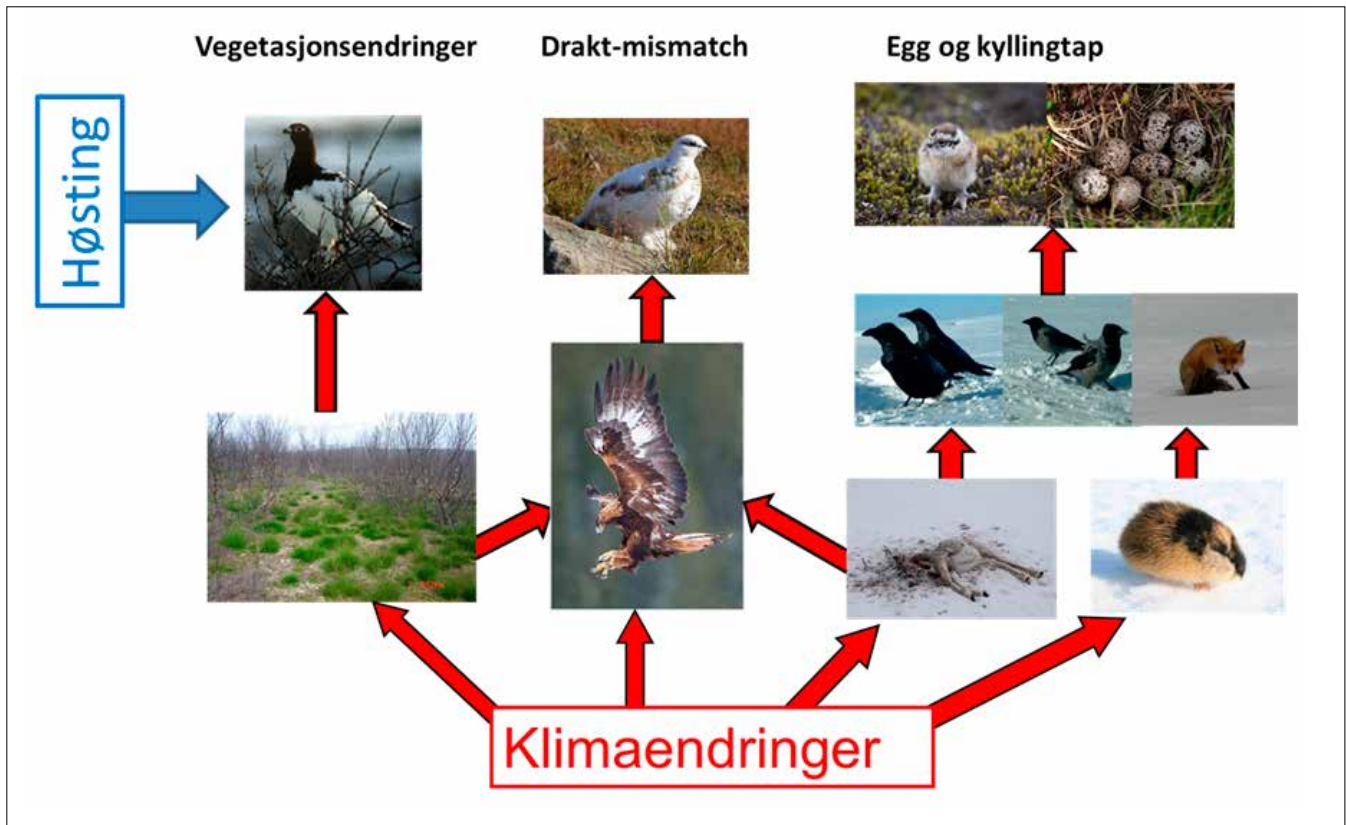
er en forventning om været som kommer basert på komplekse modeller og store mengder målinger i tid og rom. På samme måte kan man tenke seg at økologiske modeller basert på overvåkningsdata, kan varsle forventet utvikling i sentrale arter eller andre viktige komponenter i økosystemet.

Stegene mot et bestandsvarsel

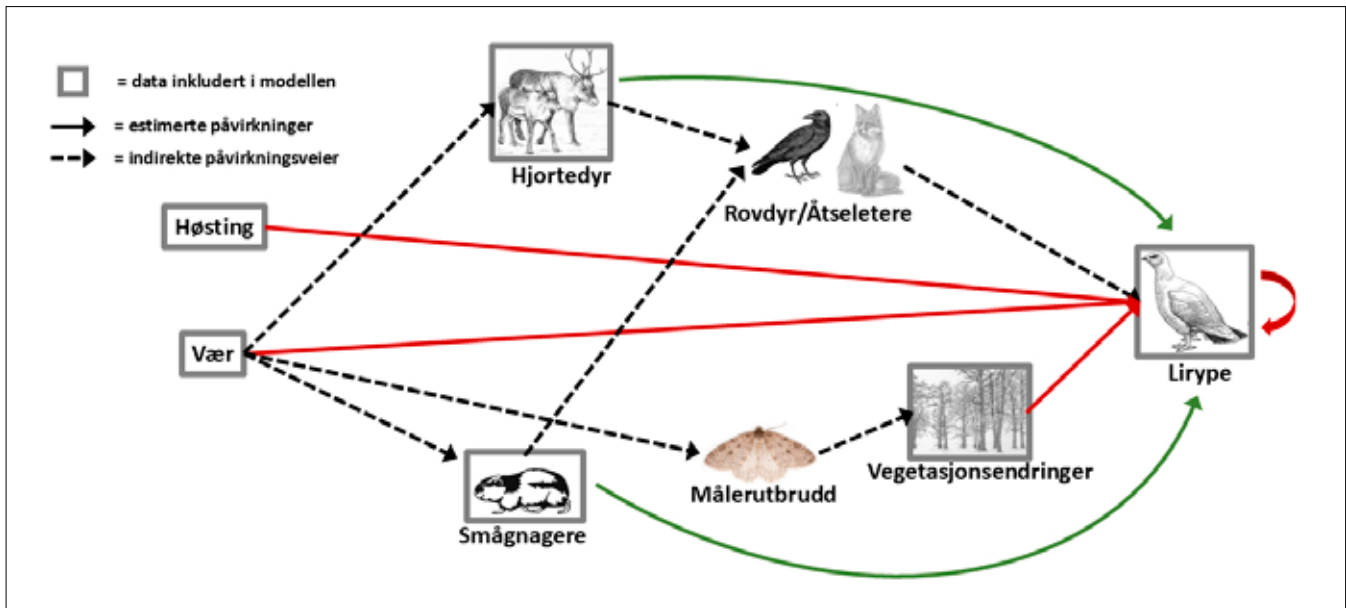
COAT står i en særstilling fordi vi gjennom mange år har vedlikeholdt lange tidsserier på de mest sentrale variablene i økosystemene vi jobber med. Vi har i mange tilfeller også bygd modeller som forklarer hva som driver dynamikken i økosystemet og hvordan økologien påvirkes av vær og klima. Vi jobber nå med å utvikle datadrevne modeller som gir varsler om utviklingen til flere sentrale arter. Først ut var varslet for liryper i Finnmark, som kom i drift i 2021. La oss bruke dette som eksempel til å vise de stegene vi gjør i COAT for å gi varsler om en framtidig endring i en økologisk tilstandsvariabel, som endringer i rypebestanden.

Forstå systemet: For å forutsi hvordan en bestand kommer til å endre seg må man forstå hva som driver slike endringer. I COAT er det laget konseptuelle modeller for alle næringsnettmodulene, se figur 1. Konseptuelle modeller i COAT er diagrammer som viser hvordan klima og forvaltning forventes å påvirke arter, og samhandling mellom arter, i økosystemet. Disse baserer seg på en sammenstilling av kunnskap om bestanden og økosystemet den lever i. I COAT har vi et spesielt søkelys på effekter av klimaendringer. I tillegg fokuserer vi spesielt på forvaltning, fordi det er viktig å forstå hvilke forvaltningstiltak som eventuelt kan motvirke uønskede endringer.

Identifisere datakilder: Neste steg er å finne pålitelige datakilder for de viktigste variablene som inngår i den konseptuelle modellen, eller å etablere ny overvåking der nødvendige data ikke



Figur 1. Konseptuell modell for påvirkninger på rypebestanden på den lav-arktiske tundraen i Finnmark.



Figur 2. Datadreven modell som beregner styrken på de ulike påvirkningsfaktorene på lirypebestanden i Finnmark. De heltrukne pilene viser påvirkningene som beregnes, mens de stiplede linjene viser antatte indirekte påvirkningsveier. Grønne piler viser positive effekter, mens røde piler viser negative effekter. For smågnagere er det en positiv effekt av bestandens størrelse samme år og en negativ effekt fra året før.

finnes. For lirypa finnes det lange tidsserier på de fleste variablene fra den konseptuelle modellen. Liryper overvåkes i Norge gjennom et nasjonalt overvåkingsprogram, Hønsefuglportalen. For Finnmark finnes her data fra bestandstaksinger over en periode på 25 år. COAT overvåker smågnagere,

vegetasjonsendringer, mens antall reinkadaver funnet i løpet av vinteren registreres i Rovbase. Finnmarkseiendommen (FeFo) bidrar med jaktstatistikk (dvs. forvaltning) og MET med data på vær. Det er imidlertid mangel på data om rovdyr som rødrev og kråkefugl. Som alternativ kan

man anvende variabler som direkte og indirekte påvirker bestanden av disse: antall smågnagere i samme år (når det er mye smågnagere spiser rovdyr lite annet), og året før (antall rovdyr øker år etter en smågnagertopp), og antallet reinkadaver som blir funnet i løpet av vinteren og våren.

Bygge en datadreven modell: Når datakildene er funnet må disse inkluderes i statistiske modeller. Det er flere hensikter med slike modeller. Ofte er datakildene man har til rådighet indirekte mål på variablene man faktisk er interessert i. For liryper for eksempel, så er forvaltningen egentlig interessert i hvor mange liryper som finnes på et gitt areal, dvs. antall per km². Men dataene som kommer inn fra den nasjonale overvåkingen er antall liryper som frivillige observatører med fuglehund har sett langs fastsatte takseringslinjer. Ved hjelp av en statistisk modell, som blant annet tar hensyn til at sannsynligheten for å oppdage en liryper minker med økende avstand fra takseringslinja, kan man beregne antall liryper per km².

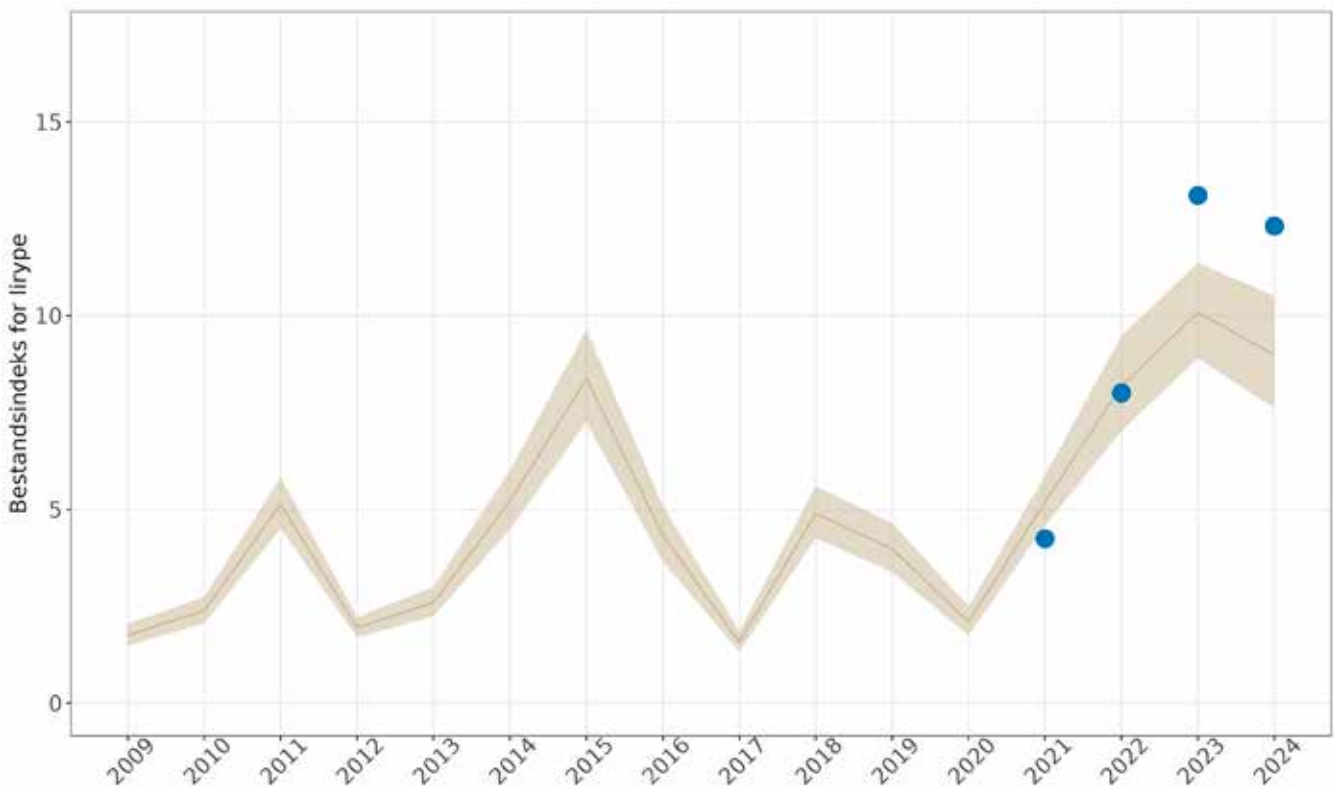
Statistiske modeller er også nødvendige for å beregne hvor viktig de ulike påvirkningsfaktorene er for endringer i lirypebestanden fra et år til et annet, samt hvorvidt disse samvarierer eller ikke. Slik kan man tallfeste hvor sterk påvirkning f.eks. antall smågnagere har på hvordan tettheten av

liryper (antall per km²) endrer seg fra et år til et annet. En egnet statistikkmodell tallfester dette for alle de ulike påvirkningsvariablene, se figur 2. Dataseriene for de ulike forklaringsvariablene er standardisert. Det betyr at man setter gjennomsnittsverdien for forklaringsvariablene til 0, og ser på hvor langt fra gjennomsnittet verdien er i et gitt år avhengig av den naturlige variasjonen i forklaringsvariablene. Hensikten med dette er å kunne sammenlikne styrken til de ulike forklaringsvariablene direkte (høyest tall, sterkest effekt). De sterkeste påvirkningsfaktorene er størrelsen på smågnagerbestanden om våren, samme år og våren, året før. Det er positivt med stor smågnagerbestand samme vår fordi rovdirene da har lett tilgang på mat og dermed spiser færre ryper. Stor smågnagerbestand året før derimot er negativt for rypa, fordi årets rovdyrbestand da er stor.

Tidspunkt for høstens ankomst året før er også viktig. Det virker å være positivt for rypene om høsten kommer tidlig. Antakelig skyldes dette at tidlig høst som oftest betyr tidlig snøfall. Rypene bytter fjærdrakt til omtrent samme tid hvert år. Hvis snøen kommer veldig sent, blir rypene sittende hvite på bar bakke og er dermed lette å oppdage for rovdirene. Høsting (hvor mange liryper som ble skutt i et område året før) har ikke overraskende en tydelig negativ effekt på



Figur 3: Venstre: Liryper som er i ferd med å skifte til hvit drakt. Høyre: Skallrester fra rypeegg som er røvet av kråke i et år med lav smågnagerbestand. Dette er de to viktigste variablene i varslingsmodellen. Foto: Rolf A. Ims



Figur 4: Varslet bestandsstørrelse for lirype i Finnmark i årene 2021–2024 (blå punkter) basert på COAT-modellen. Den brune linja viser en estimert bestandsindeks for liryper i Finnmark. Det brune feltet rundt angir 95 % kredibilitetsintervall, basert på linjetakseringer. Vi gjør oppmerksom på at varslingsmodellen oppdateres kontinuerlig slik at denne figuren ikke alltid vil være identisk med varslene som har blitt publisert tidligere.

lirypebestanden, selv om det ikke er den sterkeste effekten i modellen.

Lage varsel: Når styrken av hver påvirkningsfaktor er beregnet kan modellen brukes til å lage framskrivinger. For å gjøre dette trenger man informasjon om hvordan påvirkningsfaktorene utvikler seg. Noen av påvirkningsfaktorene representerer forsinkede effekter f.eks. størrelsen på smågnagerbestanden året før. Disse variablene er klare allerede et år tidligere. I modellen for lirypebestanden er de siste forklaringsvariablene som samles inn bestandstall for mus og lemen fra slutten av juni og temperatur og nedbør rett etter at lirypekyllingene klekker, første uka i juli. Modellen kan dermed kjøres nesten 2 måneder før resultatene fra de årlige takseringene av lirypebestanden er klare i månedsskifte august/september. Denne bestandsvarslingen for liryper i Finnmark har vært operativt siden 2021. Den har stort sett truffet på retningen av utviklingen i bestanden, og hvor stor endringen blir, se figur 4. Selv om varslene kommer bare 2 måneder før resultatet fra takseringene, og dermed er en såkalt «nærtidsvarsel» – blir det nå brukt aktivt i forvaltningen av liryper i Finnmark. Varslingen gir forvalterne bedre tid til å planlegge årets jakt sesong, med tanke på hvor mange jaktkort de skal selge og hvilke jaktkvoter de skal sette. Samtidig blir varslene også brukt

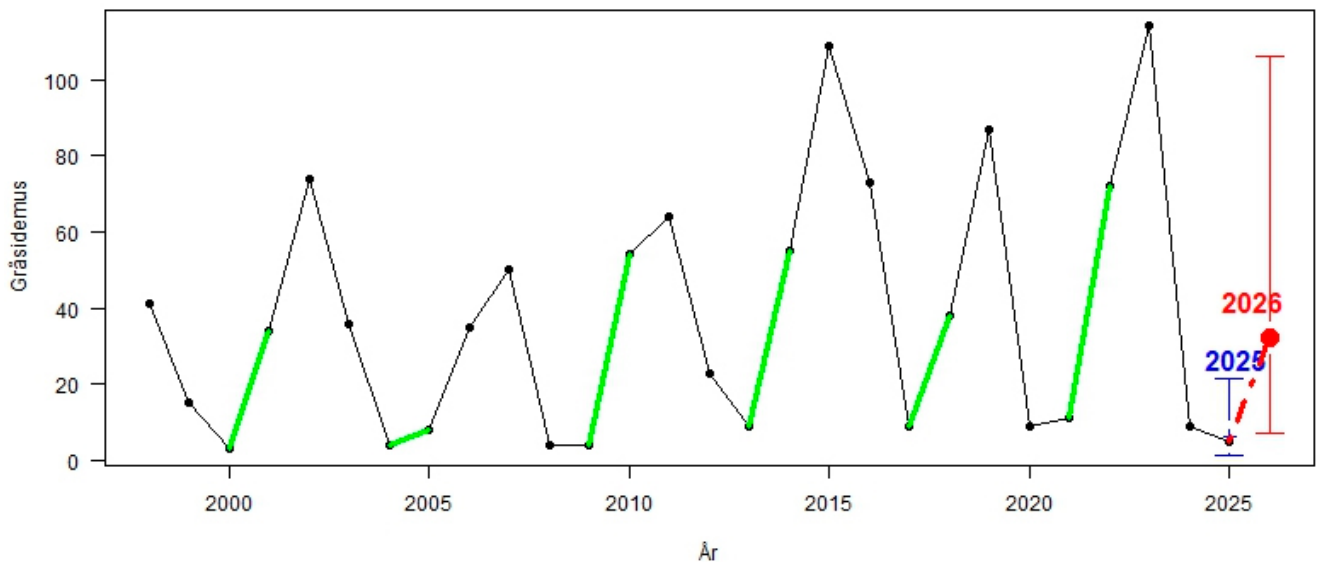
til å forberede jegerne på det som kommer slik at de kan justere forventningene sine til den kommende jakt sesongen.

Andre tidligvarsler i COAT

Økologiske varslingsmodeller blir nå også utviklet for andre viktige arter i tundraøkosystemet.

Svalbardryper: COAT har også utviklet en bestandsmodell for Svalbarddryper. Denne modellen baserer seg på en lange tidsserier på antall territorielle stegger på våren. Ved hjelp av en statistisk modell beregnes tettheten av stegger på liknende måte som hos lirypene i Finnmark. Men det høy-arktiske økosystemet på Svalbard er vesentlig forskjellig fra de lav-arktiske og sub-arktiske systemene i Finnmark, dermed drives bestandsmodellen for Svalbardryper av andre variable og sammenhenger. Et spennende aspekt av modellen er at den viser at økende vintertemperatur har en positiv effekt på Svalbards rypebestand trolig fordi vinteroverlevelsen til rypene øker.

Smågnagere: Smågnagerbestandene i Finnmark har de siste 20 årene hatt regelmessige svingninger (bestandsykluser) med topper og bunner i antallet dyr hvert fjerde år (2007, 2011, 2015, 2019, 2023). Denne regelmessigheten i bestandene gjør at vi



Figur 5: Tidsserie som viser antallet gråsidemus i juni på COATs fangstfelt i Porsanger. Punkter med usikkerhetsmarginer for årene 2025 og 2026 er varsler basert på årene før. Usikkerheten er mye større for oppgangsåret 2026 enn for bunnåret 2025. Det skyldes at endringen fra bunn til oppgang i tidsserien (markert med grønn linje) varierer mye, mens bunnårene er langt mindre variable.



Figur 6: Bilder av noen av artene COAT gir nærtidsvarsler for. Øverst: Svalbardrype og Gråsidemus, Nederst: Dverggås og død bjørkeskog og brun høstmåler (innsatt). Foto: Eva Fuglei, Rolf A. Ims, Ingar J. Øien, Jakob Iglhaut, Moritz Klinghardt

kan bruke COATs lange tidsserier på smågnagere til å gi modellbaserte varsler et år fram i tid. For gråsidemus som er den vanligste smågnageren i Finnmark kan vi varsle at 2026 blir et oppgangår, men det er en relativt usikkert hvor stor denne oppgangen blir, se figur 5. Det er også viktig å påpeke at slike framskrivinger bare gjelder museartene i smågnagersamfunnet, da vi foreløpig ikke har en modell for lemen. Etter 25-års overvåking har vi bare sett 2 toppår for lemen i Finnmark. Lemen virker å være mer sensitive enn musearter til ugunstig snøforhold, når løs snø på bakken er erstattet av hard snø eller is. Ved hjelp av ny teknologi (se artikkel om kamerafeller) og samarbeid mellom fysikere og økologer (se artikkel om klimaøkologi) har vi en målsetning om å også kunne varsle bestandsdynamikk til lemen.

Dverggås: Dverggås er en av de mest truede artene i Norge og har blitt overvåket av BirdLife Norge siden 1990-tallet. Derfor vet vi at reirpredasjon tidlig på sommeren er veldig viktig for bestandsdynamikken. Akkurat som for lirype avhenger reirpredasjon av smågnagerbestanden – mye smågnagere betyr lite predasjon og et godt år for dverggåsa. COAT har fangststasjoner for smågnagere i Porsanger, nær hekkeområdene til dverggåsa. Sammenhengen mellom gråsidemusenes bestandensdynamikk og antall kull dverggås får frem er svært sterk. Den ble brukt i 2024 for å lage 1-års framskrivinger for antall kull dverggåsa får fram i 2024 og 2025. Begge disse varslene traff svært godt. Vi har i år regnet ut en framskriving for antall mus i 2026, men nå er usikkerheten større. Selv om vi vet at det blir et oppgangår er det vanskelig å vite hvor stor oppgangen blir, som igjen påvirker varslet for antall dverggåskull. Bedre modeller som tar hensyn til både vår- og høst-tettheter, kan gi mindre usikkerhet, og det er noe vi jobber med.

Bjørkemålere: Bjørkemålere (se kapittel om Klimaøkologi) har store bestandssvingninger med topp omtrent hvert 10. år. Store utbrudd kan forårsake kronetap og skogdød. Selv om bestanden av bjørkemålere ikke forvaltes, så er det likevel verdifullt for forvaltningen av skog- og viltressurser å ha kunnskap om hvor vi til enhver tid er i utbruddssyklus og særlig hvorvidt man i utbruddsfasen kan forvente en ytterligere oppgang eller en bestandsnedgang neste år. I COAT jobbes det derfor med å utvikle varslingsmodeller for bjørkemålertetthet som, basert på tidligere års tettheter og nedskalerte klimadata, varsler neste års bestandstetthet. På grunn av den svært eksplosive dynamikken til disse sommerfuglene – bestanden av bjørkemålere på en lokalitet kan lett ti-dobles fra ett år til det neste – er dette nokså utfordrende modeller å utvikle.

Skogdød: Den viktigste kilden til skogdød i fjellbjørkeskogen i Finnmark er periodiske utbrudd av målere, og siden år 2000 har Finnmark opplevd noen av de mest omfattende utbrudd som noen gang er dokumentert, der dødeligheten hos bjørk stedvis har vært over 90 %. Det er derfor av stor interesse for grunneiere og skogforvaltning å få tallfestet omfanget av skogdød både geografisk (antall km²) og alvorlighetsgrad (% stammer som er døde). I COAT overvåkes skogdød og gjenvekst hos bjørk etter målerutbrudd både på lokal skala, der man følger tilstanden til individuelt merkede trær hvert år, og på regional skala, der man kartlegger graden av skogskade og gjenvekst langs faste transekter fordelt over store deler av fylket med 5–10 års mellomrom. Videre overvåkes kronetapet i skogen med satellitt hvert år i hele Finnmark. Kronetapet er en av de viktigste premisser i en regional modell for estimert stammedød hos bjørk for hele Finnmark.

Enda tidligere varsel

Etter hvert som tidligvarsler blir utviklet for ulike arter åpner det nye muligheter. I 2025 ga vi tidligvarslet for liryper i to steg. Allerede i slutten av mars, da foregående jakt sesong ble avsluttet, laget vi et varsel basert på de påvirkningsfaktorene som vi allerede da hadde kunnskap om. Vi hadde data på når høsten kom foregående år og hvor mange ryper som var skutt i den akkurat avsluttede jakt sesongen. I tillegg inkluderte vi verdier for kommende års smågnagerbestand basert på en varslingsmodell for smågnagere. Dette tidligere rypevarselet ble så oppdatert når all informasjon forelå som vanlig i starten av juli. Det viste seg at det bare var små forskjeller mellom varslet i mars og juli. Dette var en erfaring som tilsier at det kan være mulig at varslene gis enda tidligere. Igjen kan man sammenlikne dette med måten værvarslene er bygget opp, hvor det gis et langtidsvarsel med relativt stor usikkerhet hvorpå varslet oppdateres når man kommer nærmere i tid og presisjonen øker. I likhet med de fysiske prosessene som styrer været, er de økologiske prosessene som driver bestandsdynamikk hos mange arktiske arter komplekse – og typiske ikke-lineære. Dette gjør at tidshorisonter for sikre varsler blir relativt kort. Men selv kortsiktige varsler kan være av stor nytte for forvaltningen og også gi innsikt om endringsbaner som kan bli gjeldene over lengre tidshorisonter.

Veien videre

COATs varslingsmodeller gir allerede nyttig kunnskap slik at naturressursene kan forvaltes bedre. Vi ønsker å bygge videre på dette arbeidet med å utvikle slike modeller for flere arter. I tillegg vil vi videreutvikle modellene vi allerede har i

drift både for at de skal gi varslinger som er mer steds spesifikke, mer presise, men også for at de skal varsle lengre fram i tid. På sikt kan varslingsmodeller også brukes kvantitativt for å velge mellom forskjellige forvaltningstiltak som f.eks. jaktkvoter.

Litteratur:

Lirype: Henden m.fl. 2020. End-user involvement to improve predictions and management of populations with complex dynamics and multiple drivers. *Ecological Applications* 30(6).

Svalbardrype: Marolla, F., Henden, J.- A., Fuglei, E., Pedersen, Å.Ø., Itkin, M. and Ims, R.A. 2021. Iterative model predictions for wildlife populations impacted by rapid climate change. *Glob. Change Biol.*, 27: 1547–1559.

Gråsidemus og dverggås: Ims, R. A., Yoccoz, N. G., Aarvak, T., & Øien, I. J. 2024. Om mus og gjess: Mengden av gråsidemus avgjør dverg gjessenes ungeproduksjon. *Vår Fuglefauna*, 47(3), 144–147.

Økologiske nærtidsvarsler: Dietze, M. m.fl. 2024. Near-term ecological forecasting for climate change action. *Nature Climate Change*, 14(12), 1236–1244.

Forfatterne:



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>



Jane Uhd Jepsen er økolog og seniorforsker ved NINA. Hun arbeider med bestandsdynamikk hos bjørkemålere og effekter av beite, insektsutbrudd og klima på bjørkeskogsøkosystemet. Hun er regional leder for COAT Finnmark.

E-post: jane.jepsen@nina.no
<https://orcid.org/0000-0003-1517-1569>



Nigel G. Yoccoz er ansatt ved UiT Norges Arktiske Universitet. Hans forskning fokuserer på utvikling av statistiske modeller, og langtidsovervåking av smånagere i arktiske og alpine økosystem.

E-post: nigel.yoccoz@uit.no
<https://orcid.org/0000-0003-2192-1039>

Adaptiv overvåkning og forvaltning av fjellrev

Rolf A. Ims, Dorothee Ehrich, Eva Fuglei og Siw T. Killengreen

<https://doi.org/10.7557/ottar.8448>

Stadig flere arktiske dyrearter blir rødlistet etter som klimaet blir varmere. Vil det være mulig å hindre at disse artene etter hvert forsvinner fra faunaen vår? Dette vil avhenge av hvordan artene blir påvirket av klimaendringene og om det finnes forvaltningstiltak som er effektive på lang sikt. Her eksemplifiserer vi disse problemstillingene med over 20 års adaptiv overvåkning og forvaltning av fjellrev i Finnmark og på Svalbard.

Fjellreven finnes over alt i Arktis, fra grensa mot den boreale skogen i sør til de høyarktiske øyene nær Nordpolen. I Norge er det fjellrev på Svalbard, samt på fastlandet fra den lavarktiske tundraen i Øst-Finnmark og sørover langs fjellkjeden til Hardangervidda. Mens fjellrevbestanden er livskraftig på Svalbard, er bestanden på fastlandet så liten at den er rødlistet som «sterkt truet». Allerede i begynnelsen av det forrige århundre var fjellrevebestanden på fastlandet og resten av Fennoskandia såpass redusert at arten ble fredet i 1930. På dette tidspunktet mente forskere og myndigheter at bestandsnedgangen skyltes overbeskatning på grunn av høye skinnpriser. Senere ble det dokumentert at fjellreven i løpet av 1900-tallet hadde hatt en negativ trend i hele den sørlige delen av Arktis, selv i områder med begrenset jakt og fangst. Det ble antatt at denne nedgangen skyltes oppvarming av Arktis, og i 2009 utpekte den internasjonale naturvernorganisasjonen IUCN fjellreven som en av ti «signalarter» for effektene av klimaendringer.

Hvordan kan fjellrev bli påvirket av klimaendringer?

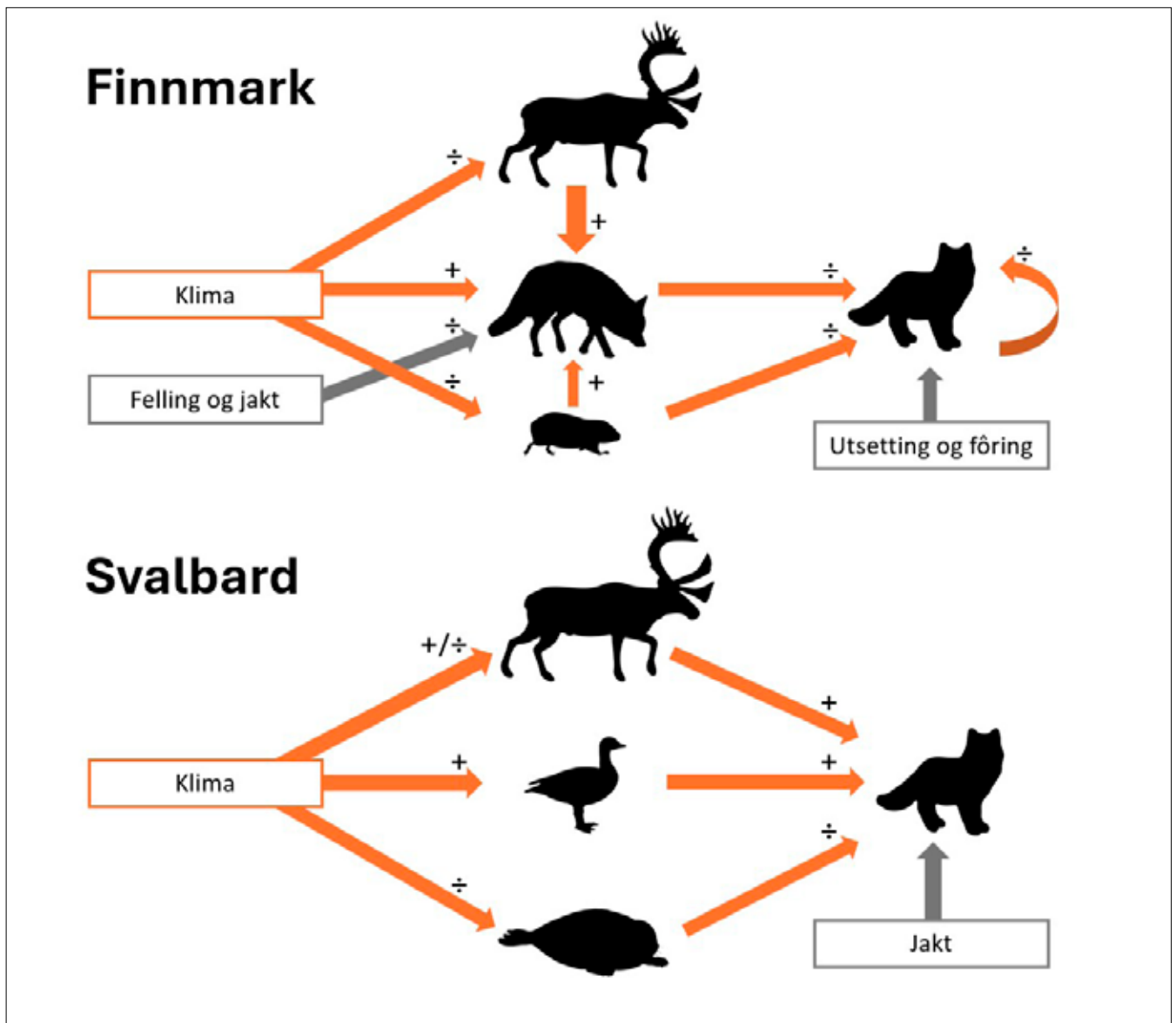
Det finnes flere årsakssammenhenger som gjør at fjellreven kan påvirkes negativt av et varmere klima. For det første har rødreven blitt mer tallrik mange steder i Arktis i takt med et varmere klima. Rødreven er større enn fjellreven og derfor en dominant konkurrent som kan fordrive fjellrev fra næringskilder og gode hiområder. I tillegg er rødreven i stand til å drepe fjellrev. En medvirken- de årsak til rødrevens ekspansjon er at den også subsidieres av økende mengder næringskilder som følge av mer menneskelig aktivitet i nordområdene.

For det andre, er fjellreven i mesteparten av sitt utbredelsesområde et spesialisert rovdyr som er avhengig av høye tettheter av lemen for å yngle. År med mye lemen (såkalte lemenår), som tidligere kom ganske regelmessig hvert 4. år i

Fennoskandia, kommer sjeldnere i et varmere klima. Hard snø eller islag som en følge av stadig hyppigere mildvær på vinteren, blokkerer lemenets beiteplanter og hindrer dermed lemenår. Siden de fleste fjellrever lever kortere enn 5 år vil sjeldnere lementopper enn hvert 4. år, ha store negative konsekvenser for fjellrevbestanders levedyktighet.

Klimaendringene påvirker fjellreven på Svalbard på en annen måte enn på fastlandet. I dette økosystemet finnes hverken lemen, rødrev eller andre viktige konkurrenter. Her har fjellreven tilgang på andre landbaserte næringskilder – slik som gjess, som er tallrike på Svalbard, og kadavre av Svalbardrein. Ikke minst kan fjellreven på Svalbard utnytte marine ressurser slik som sjøfugl og sel. Tilgangen på sel, både ringselunger og kadaverrester etter isbjørndrept sel, er avhengig av havis. Dermed kan mindre havis, som er en konsekvens av stigende temperaturer, ha en negativ virkning på fjellrevbestanden. Landbaserte bestander av gjess og rein har imidlertid økt på Svalbard, noe som kan kompensere for mindre marine ressurser.

Når bestander blir så små som fjellrevenbestandene nå er på fastlandet i Norge, og resten av Fennoskandia, står de overfor andre alvorlige utfordringer. Små bestander blir ekstra sårbare for tilfeldige hendelser som kan true deres overlevelse. Dette gjelder hendelser i miljøet som for eksempel ekstremvær eller sykdomsutbrudd. Dessuten er små bestander sårbare for såkalt demografiske tilfeldigheter ved at en (tilfeldig) stor andel av individene dør eller mislykkes med å få unger. Videre fører en liten bestand til lavere genetisk variasjon og økende innavl. Disse faktorene forsterker hverandre og øker risikoen for at bestander dør ut.



Figur 1. Diagrammer som viser hvordan fjellrev i Finnmark og på Svalbard påvirkes av klimaendringer, røde piler og forvaltning, grå piler. Klimaeffektene skjer gjennom positive eller negative effekter på næringsressurser, lemen og rein i Finnmark, og rein, gås og sel på Svalbard og en viktig konkurrent rødrev i Finnmark. Løkkepilen for Finnmark indikerer at bestanden her har blitt så liten at den er blitt ekstra sårbar for negative miljømessige, demografiske og genetiske hendelser.

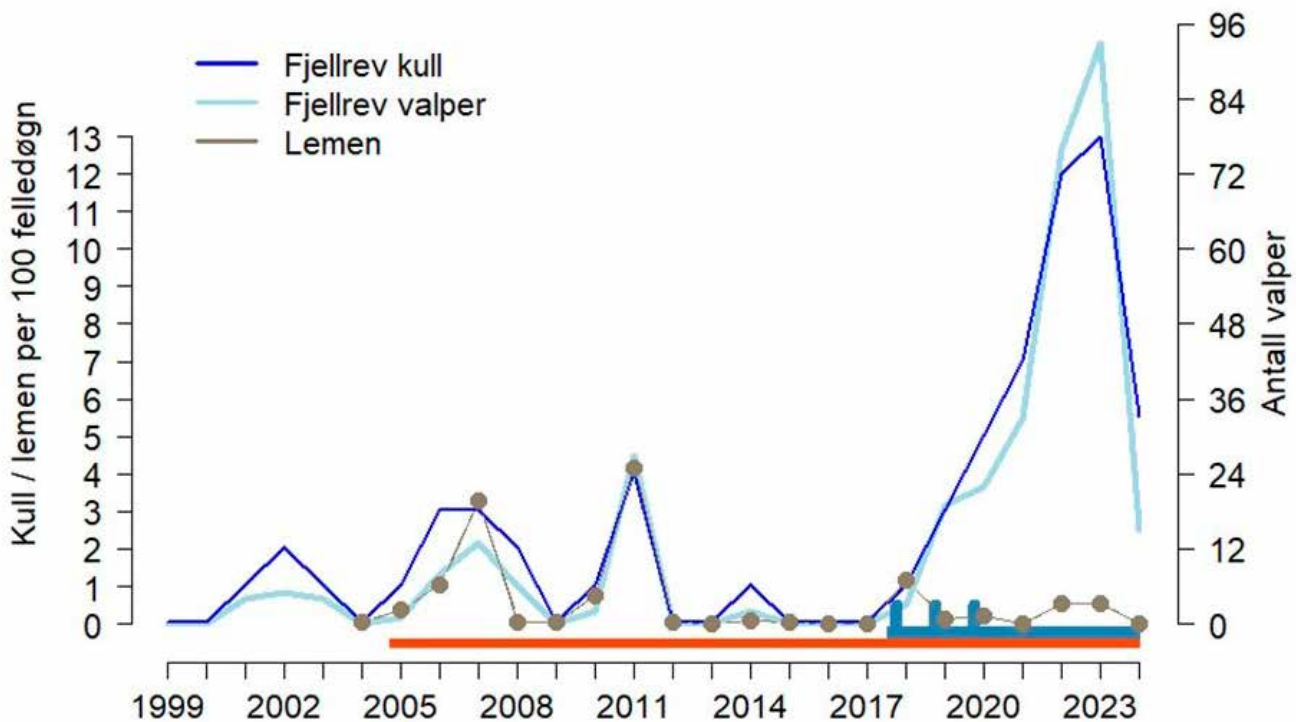
Fjellrev i Finnmark: Et adaptivt forvaltningsprosjekt blir til

Beskrivelser fra lokalbefolkningen tyder på at tilstanden til fjellrevbestanden i Finnmark fram til 1980-tallet var bedre enn i fjellområdene lengre sør i Fennoskandia. Dette kan skyldes at rødreven enda ikke hadde blitt så tallrik her og at det fremdeles var ganske regelmessige lemenår. Finnmark er også forskjellig fra resten av Norge ved at fjellnatur (tundra) og dermed mulig fjellrevhabitat, når helt ned til fjæra, særlig i den østre delen av dette fylket. Fjellreven kan derfor ha tilgang på marine ressurser, ikke ulikt Svalbard. Mangel på lemen kan dermed bli kompensert av sjømat. Når det norske overvåkningsprogrammet for fjellrev kom i gang ved årtusenskiftet, var også fjellrevbestanden i Finnmark blitt kritisk liten.

I smågnageråret 2002 ble det registrert bare 3 ynglende par i hele Finnmark.

I 2004 gav Miljødirektoratet forskere ved Norges Arktiske Universitet, UiT oppdrag å igangsette prosjektet «Fjellrev i Finnmark». Prosjektet hadde to hovedformål. Det ene var å gjøre grunnleggende forskning for å belyse hva som kan ha ført til at fjellrevbestanden i Finnmark var utrydningstruet. Forskingen skulle være «økosystembasert» ved å belyse sammenhenger og endringer i økosystemet som kan påvirke fjellreven.

Prosjektets andre hovedformål var å vurdere om desimering av rødrevbestanden kunne fungere som et forvaltningstiltak for å øke fjellrevbestanden. Dette tiltaket skulle iverksettes på



Figur 2. Antall kull (mørkeblå graf) og valper (lyseblå graf) av fjellrev som er registrert på Varangerhalvøya i løpet av de siste 25 årene. Variasjonen i lemenbestanden som er basert på overvåking med fellefangst siden 2004, er vist som en grønn graf med punkter. Tidsrommene for de ulike forvaltningstiltakene er vist under grafene, der rød tykk linje er desimering av rødrev (2005–2024), blå tykk linje er støtteføring (2018–2024) og blå stolper er utsetninger fra en avlsstasjon i årene 2018, 2019 og 2020.

Varangerhalvøya siden dette var et av de få områdene i Finnmark som fremdeles hadde ynglende fjellreiver. Et annet viktig poeng for valget av tiltaksområde er at mesteparten av Varangerhalvøya tilhørte den lav-arktiske klimasonen med tundra og gamle fjellrevhi helt ned til kysten. Tilgrensende fjell og tundraområder lenger vest ble valgt som referanseområde uten rødrevtiltak.

En referansegruppe ble opprettet bestående av nasjonale og regionale forvaltningsinstanser og andre interessegrupper. Disse skulle ha en rådgivende funksjon i prosjektets utvikling. Prosjektet har derfor helt fra starten av hatt de vesentligste ingrediensene i «adaptiv forvaltning»; dvs. overvåking og forvaltningstiltak basert på vitenskapelige hypoteser og analyser, samt involvering av en bredt sammensatt referansegruppe. I 2017 ble prosjektet inkludert som en modul i COAT Finnmark.

Årsakssammenhenger i Finnmark

I løpet av prosjektets første 12 år (2004–2016) fikk vi forskningsresultater som i stor grad støttet våre hypoteser. Fjellrevens produksjon av valper (antall kull og kullstørrelse) hadde en klar sammenheng med tettheten av lemen. Fjellrevene responderte ikke på tettheten av gråsidemus og fjellmarkmus til tross for at disse museartene ofte er vel så

tallrike som lemen på tundraen i Øst-Finnmark. Det har bare vært et virkelig godt lemenår (2011) i de over 20 årene vi har overvåket smågnagerbestandene i Øst-Finnmark. Dette året er det eneste på 2000-tallet hvor det har hekket flere par av både snøugle og polarjo på Varangerhalvøya. Disse to arktiske fugleartene er i likhet med fjellreven avhengige av lemen for å yngle. Lemmen synes å være mer sårbar enn museartene for de stadig mer mildværsrike vintrene i Finnmark. Dermed kan lemen være fåtallige i lange perioder selv om musartene fremdeles har regelmessige toppår hvert 4. år.

Vi fant at rødreven har blitt tallrik fra kyst til høyfjell i Øst-Finnmark. Rødreven er særlig tallrik langs kysten, både på grunn av tilgangen til marine ressurser og fordi rødreven subsidieres av avfall samt blir matet av folk som bor kystnært. Det er også mer rødrev i de områdene der det er mye reinsdyr på vinteren. Dette fordi den kan livnære seg av åtsler – særlig i vintre når det er lite lemen og høy vinterdødelighet i reinflokkene. Med mildere vintre, med mye is og hard snø, blir det også vanskeligere for reinen og komme ned til beiteplantene. Fjellreven er også en åtseleter, men den fortrenses fra disse ressursene der det er mye rødrev. Økende mengde åtsler, både relatert til høyt reintall og mer klimarelatert



Figur 3. En av de 19 fôrautomatene som siden 2018 har «støttefôret» fjellrev på Varangerhalvøya. Automatene som røktes av Statens Naturoppsyn (SNO), på fotoet representert ved Christer Mikaelson, fylles med tørrfôr for hund. Inngangen til fôret er så trang at jerv og rødrev ikke får tilgang. Et viltkamera montert på toppen av automaten registrerer når fjellrev som forsyner seg av fôret. Foto: Dorothee Ehrich

vinterdødelighet, er en viktig årsak til at rødreven har blitt så vidt utbredt og tallrik i Finnmark.

Om sommeren okkuperer rødreven de mest produktive delene av tundraen, slik som de frodigste dalene og kystnære områdene. Fjellreven kan dermed bare yngle i de relativt karrige, høyereliggende delene av tundraen. Selv i disse områdene har vi ved hjelp av viltkameraer på fjellrevhiene dokumentert hvordan rødrev kan forstyrre og av og til fordrive fjellrev fra hionrådene sine i yngletida. Vi har også observert at rødreven dreper fjellrevvalper.

Rødrevtiltaket

Tiltaket har bestått av intensivert felling (desimering) av rødrev. Del har dette skjedd ved at Statens naturoppsyn (SNO) har skutt rødrev som har blitt sporet og innhentet ved hjelp snøskuter, del gjennom økt ordinær rødrevjakt. Det siste har blitt oppnådd ved å betale jegere på Varangerhalvøya en sum «skrottpenger» for hver rev de har levert til COAT. Forskning basert på data fra rødrevskrottene har gitt verdifull kunnskap om hvilke faktorer som driver bestandsutviklingen til rødrev i et lav-arktisk økosystem.

Siden 2005 har det blitt felt 4522 rødrever på Varangerhalvøya. Dette har bidratt til at det i

gjennomsnitt har blitt færre rødrever på Varangerhalvøya enn i referanseområdet. Dette medvirket nok til at fjellrevbestanden på Varangerhalvøya økte fram til lemenåret 2011 og at bestanden av lirype (som overvåkes av COATs rypemodul) også var større enn i referanseområdet. Men i 2016, etter 5 år uten en tydelig lementopp, hadde den lille fjellrevbestanden på Varangerhalvøya krympet til bare 2 kjente individer. Det ble konkludert at rødrevtiltaket alene ikke hadde vært tilstrekkelig for å øke denne i utgangspunktet kritisk fåtallige fjellrevbestanden. Basert på råd fra COATs referansegruppe ble det bestemt at det skulle utprøves to nye tiltak for å løfte fjellrevbestanden til et bærekraftig nivå.

Nye tiltak på Varangerhalvøya

I samarbeid med det nasjonale bevaringsprogrammet for fjellrev, som ledes av Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), ble det i årene 2018–2020 satt ut 67 fjellrever på Varangerhalvøya fra Miljødirektoratets avlsstasjon på Oppdal. Samtidig ble det satt opp fôringsautomater i de beste hionrådene, slik at fjellrevene på halvøya siden 2018 har hatt kontinuerlig tilgang på tørrfôr for hund. Til sammen 11 tonn tørrfôr har blitt tilført fjellrevene via disse automatene over de 6 årene dette tiltaket har pågått. Hensikten med utsettingene var å raskt løfte fjellrevbestanden fra et kritisk lavt nivå.

Fôringsstasjonene skal sikre høyere overlevelse og hyppigere yngling slik at bestanden øker til en bærekraftig størrelse.

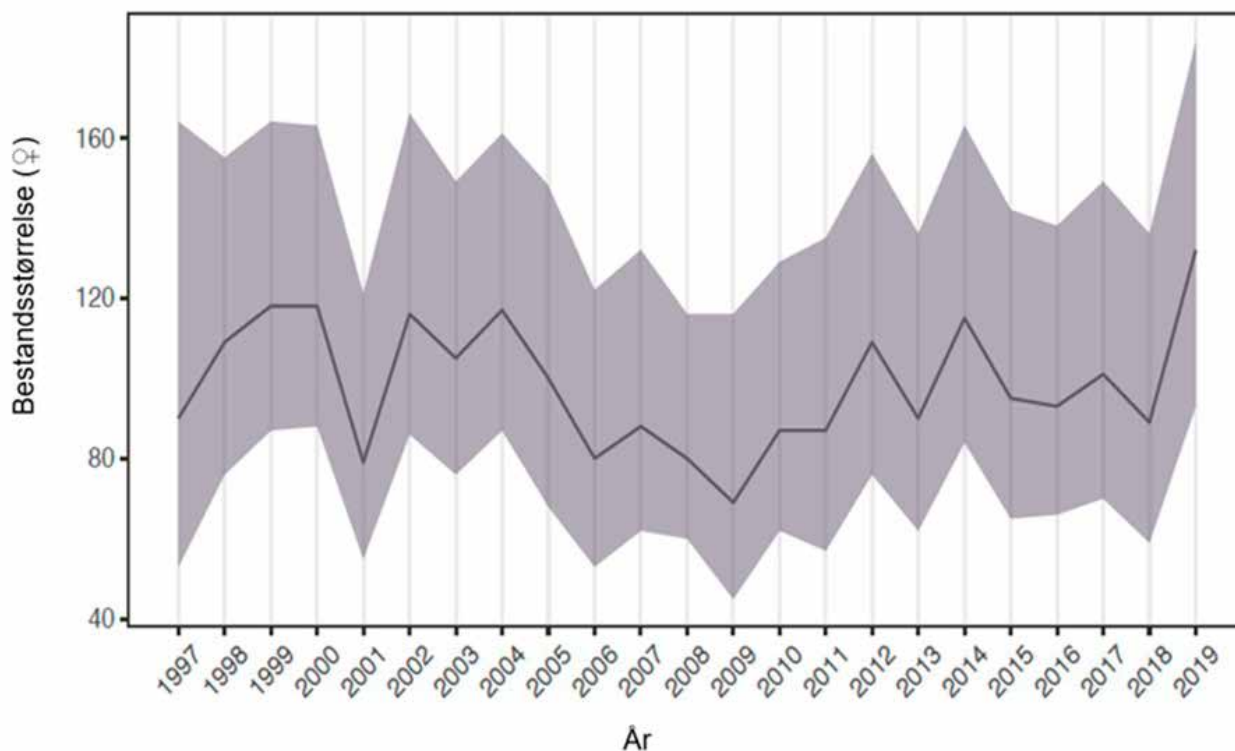
De nye tiltakene har ført til en formidabel øking av antallet fjellrevvalper som blir registrert på hiene på Varangerhalvøya, se figur 2. Også antall hi med yngling har økt. Denne økningen har skjedd til tross for at det fremdeles ikke har vært tydelige lementopper etter at de nye tiltakene

startet. Fôringstiltaket ser derfor ut til å kompensere en god del for de manglende lementoppene. Noe av variasjonen i valpeproduksjonen fra år til år er allikevel fremdeles knyttet til tilgangen på smågnagere, slik som nedgangen i valpekull i 2024 da smågnagerbestandene krasjet.

Til tross for den positive utviklingen er det et godt stykke igjen til at fjellrevbestanden på Varangerhalvøya, som per 2024 ble estimert til å være rundt



Figur 4 (oppe og nede). Besøk av rødrev på fjellrevhi på Varangerhalvøya dokumenter ved hjelp av COATs viltkameraer. Foto: COAT



Figur 5. Estimert årlig fjellrevbestand, antall hunndyr med 90% usikkerhetsmargin, i COATs overvåkningsområde på Svalbard over en periode på 22 år. Til tross for en betydelig oppvarming av klimaet i løpet av denne perioden er det ingen tydelig endringstrend i bestandsstørrelsen. Det er en god del variasjon i bestandsstørrelsen fra år til år som skyldes mellomårsvariasjoner i tilgang på marine og landbaserte næringsressurser.

40 voksne individer, har nådd en bærekraftig størrelse. De fleste av de kjente hiene på Varangerhalvøya har fremdeles ikke hatt ynglende fjellrev. Og ikke minst, resten av Finnmark er fremdeles uten ynglende fjellrev. Det er derfor for tidlig å si om disse bevaringstiltakene, som også gjennomføres i fjellområder lengre vest og lengre sør i Norge, Finland og Sverige, vil kunne redde fjellreven fra utdøelse i Fennoskandia. Vil bestanden klare seg uten intensive støttetiltak? Hverken utsettingene eller føringen av fjellrev er ment å være varige tiltak. Særlig på lengre sikt er fremtidsutsiktene dystre i et klima som blir stadig varmere. Faktisk er Øst-Finnmark allerede varmere enn det som kan vedlikeholde et arktisk økosystem. Vi mener at fortsatt adaptiv, økosystembasert overvåkning og forvaltning som inkluderer forskningsbaserte evalueringer av forvaltningstiltak, slik vi gjør det i COAT, er den beste måten å få svar på hva som faktisk vil skje videre med fjellrev og andre arktiske arter.

Fjellrev på Svalbard

Det høy-arktiske økosystemet på Svalbard er vesensforskjellig fra det lav-arktiske i Finnmark. Derfor fokuserer COAT Svalbard på andre problemstillinger, både hva angår fjellrevens økologi og forvaltning. Fjellreven på Svalbard er tallrik og som topp-predator er den funksjonelt viktig ved å

ha en regulerende effekt på bestander av byttedyr. Svingninger i fjellrevbestanden som skyldes tilgang på reinkadaver på vinteren, er for eksempel en viktig årsak til årlig variasjon i hekkesuksess hos hvitkinngås. Fjellreven på Svalbard er vertsdyr for zoonosene rabies og revens dvergbedelmark. Zoonoser er sykdommer som kan overføres fra dyr til mennesker. Det er derfor viktig for forvaltningen å få kunnskap om frekvensen av disse zoonosene. I forvaltningssammenheng er overvåkning av fjellrevbestanden også viktig fordi fangst av fjellrev er tillatt. Et viktig prinsipp for miljøforvaltningen på Svalbard er at fangst ikke skal ha nevneverdige effekter på bestandene.

Skrottene til de fangstede fjellrevene på Svalbard gir verdifulle forskningsdata om bestandens demografi, genetikk og helse på samme måte som de felte rødrevne i Finnmark. Overvåkningsdata fra de andre COAT-modulene på Svalbard gir viktig informasjon om endringer i økosystemet som påvirker fjellreven, se figur 1. Svalbard varmes opp raskere enn nesten alle andre steder på kloden. Gjennom klimaoppvarmingen påvirkes fjellrevbestanden positivt av økende mengde næringsressurser på land, som økende bestander av rein, gås og rype, mens den påvirkes negativt av mindre tilgang på marine ressurser på vinteren. Analyser av en bestandsmodell viser at disse positive og negative klimapåvirkningene foreløpig



Figur 6. Fjellrev tydelig merket av pelslus på Svalbard. Revne som har pelslus klør av seg hår og blir tynn i pelsen særlig på hals og nakke. Foto: Ingvild Øyjordet

balanserer hverandre slik at fjellrevbestanden på Svalbard er relativt stabil. Bestanden er heller ikke nevneverdig påvirket av fangst.

En overraskelse på Svalbard

COATs fjellrevmodul på Svalbard illustrerer også et annet viktig poeng med adaptiv overvåking – nemlig at uforutsette hendelser i naturen kan oppdages raskt og inkluderes i den videre overvåkingen. I 2019 ble nemlig en blodsugende pelslus for første gang oppdaget på noen av de fangstede fjellrevene på Svalbard. Pelslusa viste seg å være en ny art for vitenskapen og ble oppdaget av forskere samme år i Canada. Antagelig har denne lusa eksistert i Canada i lengre tid enn på Svalbard. Den har sannsynligvis spredt seg til Svalbard via vandrende fjellrev over havisen. Overvåking av fjellrev med satellitthalsbånd har dokumentert at fjellrev kan vandre mellom Svalbard og Canada. Etter at pelslusa ble oppdaget på 10 % av revene på Svalbard i fangstsesongen 2019–2020, og på 12 % av revene i 2020–2021, økte andelen infiserte til hele 76 % i 2021–2022, før den sank og kanskje stabiliserte seg til 42–45 % de 3 siste fangstsesongene.

Fjellrev som er kraftig infisert av pelslus, får et betydelig tap av pels på hals og nakke. Dermed også tap av kroppsvarme. Med dertil økende energibehov blir trolig også vinteroverlevelsen for de infiserte revene lavere. Et viktig spørsmål for forvaltningsmyndighetene, er om den luseinfiserte fjellrevbestanden fortsatt tåler fangst.

Derfor overvåker COAT utviklingen av denne epidemien nøye for å kunne estimere hvordan fjellrevbestanden på Svalbard påvirkes av den samlede effekten av parasitter, klimaendringer og fangst.

Litteratur:

- Fuglei, E. Olsen, I., Henriksson, A.G., Vangen, E. R., Pedersen, S.T & Davidson, R.K. 2025. Fur lice in Arctic fox in Svalbard. *Report 159. Norsk Polarinstitutt.*
- Ims, R.A., Killengreen, S.T., Ehrich, D., Flagstad, Ø., Hamel, S., Henden, J.-A., Jensvoll, I. & Yoccoz, N.G. 2017. Ecosystem drivers of an arctic fox population at the western fringe of the Eurasian Arctic. *Polar Research* 36: DOI:10.1080/1751836.2017.1323621.
- Nater, C. R., Eide, N.E, Pedersen, Å. Ø., Yoccoz, N. G. & Fuglei, E. 2021. Contributions from terrestrial and marine resources stabilize predator populations in a rapidly changing climate. *Ecosphere* 12(6): e03546. 10.1002/ecs2.3546

Forfatterne:



Rolf A. Ims er professor i økologi ved UiT Norges Arktiske Universitet og leder av COAT-senteret.

E-post: rolf.ims@uit.no
<https://orcid.org/0000-0002-3687-9753>



Dorothee Ehrich er seniorforsker ved UiT Norges Arktiske Universitet og leder av fjellrevmodulen Varanger i COAT.

E-post: dorothee.ehrich@uit.no
<https://orcid.org/0000-0002-3028-9488>



Eva Fuglei er forsker ved Norsk Polarinstitutt og leder fjellrevmodulen i COAT-Svalbard. Hun har ansvar for overvåkingen av fjellrev, svalbardrype og østmarkmus på Svalbard.

E-post: eva.fuglei@npolar.no
<https://orcid.org/0000-0001-8536-0088>



Siw T. Killengreen er professor i naturfagdidaktikk ved UiT Norges Arktiske Universitet og leder av COAT skole.

E-post: siw.killengreen@uit.no
<https://orcid.org/0000-0002-9454-9373>

Internasjonal forvaltning av Svalbardhekkende gjess

Jesper Madsen og Ingunn Tombre

<https://doi.org/10.7557/ottar.8449>

Gjess, som i forrige århundre var truet av menneskelig påvirkning, har nytt godt av økt beskyttelse, endret jordbrukspraksis og klimaendringer. Dette gjelder også Svalbards bestander av kortnebb- og hvitkinngjess, som har vokst eksponentielt de siste tiårene. Kortnebbgjess forårsaker skade på jordbruksavlinger på trekkruten og påvirker tundravegetasjonen under vårens beitesøk på hekkeplassene. En internasjonal adaptiv forvaltningsplan er derfor implementert mellom landene som er vertskap for bestanden i løpet av den årlige syklusen. Et av målene er å stabilisere bestanden for å unngå eskalerende konflikter med landbruket og påvirkninger på tundraen. COAT-programmet på Svalbard overvåker gåsebestandene på hekkeplasser og analyserer gjessenes respons på klimaendringer og deres langsiktige påvirkning på sårbare økosystemer. Denne kunnskapen bidrar direkte inn til forvaltningsplanene og beslutningsprosessene i det internasjonale forvaltningsarbeidet.

Gjess drar nytte av globale miljø- og klimaendringer

En rekke gåsearter har økt i antall de siste 40–50 årene. I dag er det mer enn 5 millioner overvintrende gjess, fordelt på ni arter, i Europa. Det har i historisk tid ikke vært så mange gjess som i dag. I første halvdel av det 20. århundret var flere bestander kraftig redusert på grunn av menneskelig påvirkning både under trekket og på overvintringsområdene, men også på hekkeplassene der de ble drevet sammen og avlivet i fjærfellingsperioden. Med økende oppmerksomhet på bestandenes sårbarhet og behov for beskyttelse ble det innført jaktbegrensninger og opprettet reservater både i vinterområdene og på noen av de arktiske hekkeplassene. Samtidig ble det også slutt på å avlive gjess i myteperioden. Dette medførte økende bestander og etter hvert en nærmest eksponentiell vekst. Det industrialiserte moderne landbruket gir gjessene i dag et sikkert og stort utvalg av energirik mat både i vinterområdene og under trekket, noe som tidligere var å regne som den energetiske flaskehalsen. Dette gir gjessene bedre kondisjon og bidrar til høyere overlevelse og reproduksjonsevne, som igjen bidrar til en ytterligere bestandsvekst. I de siste tiårene har den globale oppvarmingen også bidratt til økt vinteroverlevelse for gjessene, og de kan spre seg lengre nord og dermed utnytte et større fødepotensiale. På de arktiske hekkeplassene er forholdene også forbedret som følge av den akselererende oppvarmingen. På Svalbard får gjessene for eksempel mulighet til å spre seg både nordover, østover og opp i høyden siden sesongen forlenges og gjør det

mulig å gjennomføre hekkeperioden før snøen kommer om høsten.

En kan forvente at på et eller annet stadium vil de naturlige forholdene sette en begrensning for bestandene. Dette kan være på grunn av økt beitekonkurranse, økt predasjon, mangel på egnede hekkeplasser eller at gjessene selv negativt påvirker fødegrunnlaget ved overbeiting. På Svalbard vet vi at hvitkinngjess på vestkysten er utsatt for et økende predasjonstrykk fra isbjørn, som på flere holmer kan tømme hele kolonier for egg. Men hvitkinngjess hekker også i innlandet der de har reir på klippehyller der isbjørn ikke får tilgang. Dette gjør at bestanden i dag fortsatt er relativt stabil.

Det har i de senere årene vært utbrudd av fugleinfluenza i flere av gåsebestandene, og særlig hvitkinngåsbestanden på Svalbard er blitt sterkt rammet. Imidlertid har gode hekkesesonger og et stort reproduktivt potensial medført at bestanden har kommet seg tilbake etter kun få år. Hos kortnebbgjess har det vært lite effekter av fugleinfluenza. Til tross for en fordobling av bestandsstørrelsen i løpet av 20 år er det i dag heller ingen tegn til at bestanden begrenses av tetthetsregulerende faktorer. Dette skyldes en kombinasjon av at kortnebbgjessene til stadig finner nye fødesøksområder på trekkrutene og i overvintringsområdene, og de sprer seg til nye hekkeplasser på Svalbard siden de økte temperaturene har forlenget hekkesesongen.

Hos enkelte gåsearter har klimaendringene ført til at gjessene kommer for sent i gang med

eggleggingen og følgelig klekker eggene for sent i forhold til det optimale tidspunktet. Det er når vegetasjonens kvalitet er på vei oppover slik at gåseungene får den mest næringsrike perioden av vekstene. Dette gir de sterkeste avkom med høyest overlevelse. Klekkes eggene senere enn den optimale vekstperioden blir ungens vekst tilsvarende svekket og overlevelsen redusert. Med mindre gjessene tilpasser seg ved å starte egglegging tidligere kan dette få negative konsekvenser for ungeproduksjonen og dermed redusere tilveksten i bestanden.

En skal merke seg at ikke alle gåsebestandene er i god tilstand. Et eksempel er hekkebestanden av dverggås i Nord-Skandinavia som er sterkt truet. Et annet eksempel er den grønlandske bestanden av tundra-gås som er truet av en kaldere vår og senere hekkemuligheter på Vest-Grønland.

En suksess med forbehold

Gjenoppbygging av de europeiske gåsebestandene er en stor suksess for naturforvaltningen og for muligheten til å sikre en langsiktig og bæredyktig jaktutnyttelse av denne viltressursen. Den kraftige veksten har imidlertid også medført samfunnsmessige utfordringer. Særlig gjessenes intensive beiting på landbruksarealer har gitt avlingstap og frustrasjoner hos skadelidende bønder. I de fleste europeiske land utbetales det enten en kompensasjon til landbruket for skader forårsaket av gjessene, eller det gis et tilskudd som kompenserer bøndene slik at gjessene kan beite på arealene. Kostnadene til gåseforvaltningen er betydelig, og i flere land er det politisk uvilje mot å bruke ytterligere ressurser. Videre erfarer flere flyplasser økende problemer med gjess i nærområdene, noe som øker risikoen for kollisjoner mellom gjess og fly

ved avgang og landing. Reparasjoner av fly etter en kollisjon med store fugler som gjess er kostbare, og slike kollisjoner kan også i verste fall forårsake flystyrt og tap av menneskeliv. Flyplassene kan delvis håndtere og begrense gjess på flyplassområdene, men kan ikke forhindre den økende grad av passerende gjess i nærområdet.

«Goose grubbing»

Det økende antallet og tettheten av gjess kan også påvirker de naturlige økosystemene, enten fordi (I) gjessenes beiting fjerner planter og reduserer og til og med eroderer grunnlaget for vegetasjonen som er habitat for annen flora og fauna, eller fordi (II) gjessenes legger igjen ekskrementer i næringsfattige innsjøer som på denne måten kan endre tilstand på grunn av tilførselen av næringsstoffer. I Canada har store konsentrasjoner av snøgjess forårsaket store forandringer på tundraen der de raster eller hekker, med langvarige effekter som også gir kaskadeeffekter for annen flora og fauna. På den arktiske tundra i Nord-Europa er det ikke registrert tilsvarende konsekvenser, men på Svalbard er det registrert av hvitkinngjess lokalt på hekkeplassene kan holde vegetasjonen nede slik at det påvirker blomstringen. Kortnebbgås, som har et kraftigere nebb enn hvitkinngås, driver om våren med såkalt «grubbing» både i den våte mosetundra og tørre tundra. Idet det øvre laget av vegetasjonen tiner drar de opp mose for å få tilgang til røtter og jordstengler som er deres hovedføde frem til den grønne vegetasjonen spirer. Hvor grubbingen er intensiv ligger opprevet mose til tørk på tundraen og området fremstår nærmest som oppløyd. Det oppstår huller i moselaget av ulik størrelse der noen kun er en centimeter i diameter, men andre etter hvert kan vokse til å bli mer enn en meter i diameter. Slike

Overordnet mål for den internasjonale forvaltningsplanen for kortnebbgås

Å sikre en bærekraftig bestand for Svalbardbestanden på trekkruutenivå ved også å ta hensyn til biodiversitet, økonomiske og rekreasjonsinteresser.

Grunnleggende mål:

- Opprettholde bestandens utbredelse og økologiske integritet
- Minimere konflikter med landbruksinteresser
- Opprettholde en bærekraftig og stabil bestand
- Unngå økning i negativ påvirkning på vegetasjonen på hekkeplassene
- Tillate rekreasjonsutnyttelse som ikke bringer bestanden eller sosial aksept i fare (redusere skadeskyting ved jakt)

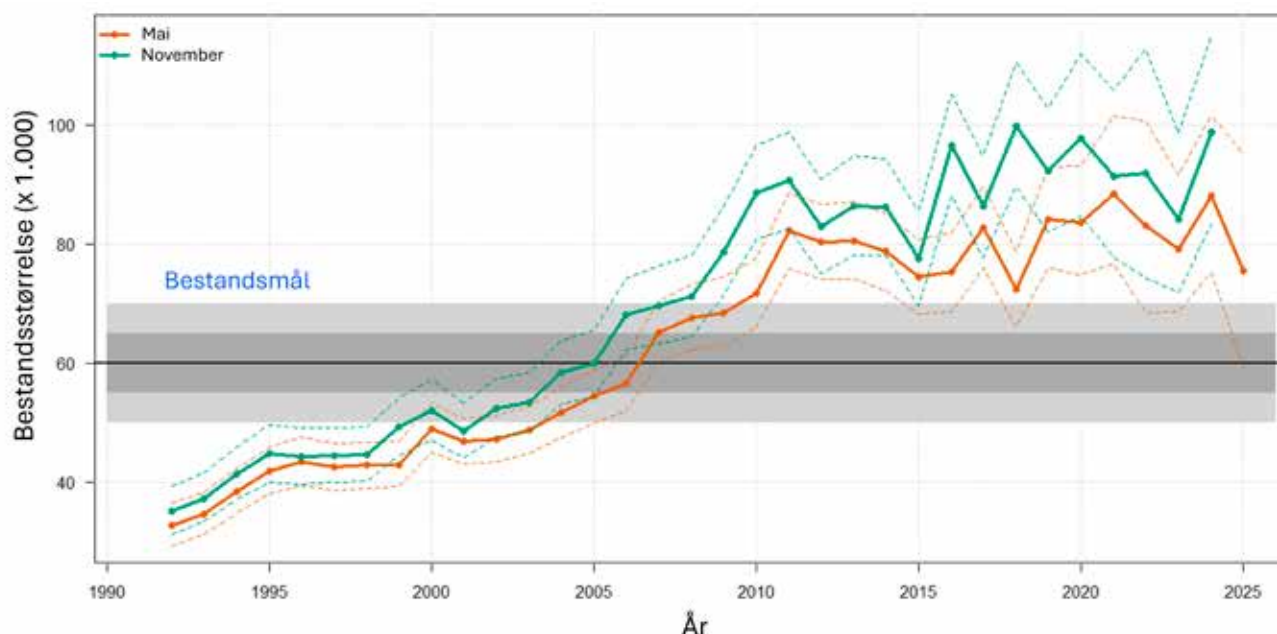


hull ser ut som kraterer på tundraen siden all grønn vegetasjon er fjernet. Slike hull og krater registrerte forskerne for første gang i begynnelsen av 2000-tallet og det oppstod en bekymring for at dette fenomenet var økende som et resultat av den økende bestandsstørrelsen og at det kunne føre til lignende «ødeleggelse» av tundraene slik som registrert i Canada.

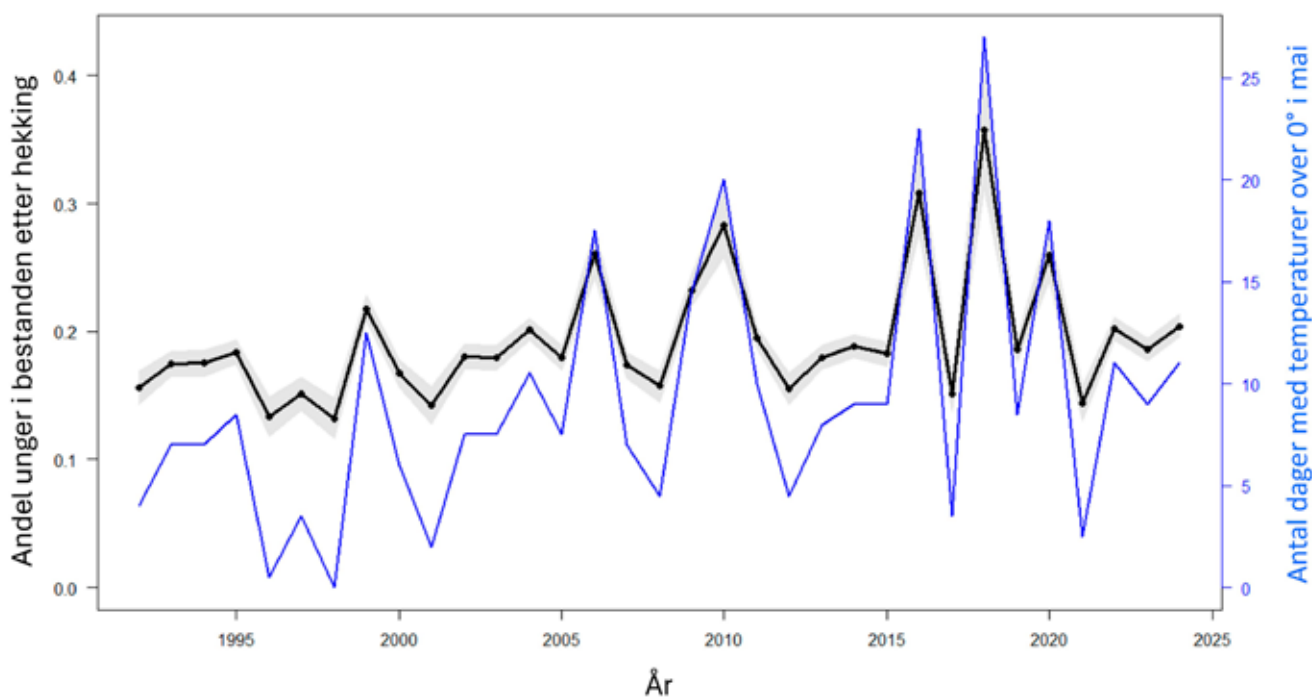
Behov for mål og adaptiv handling

I Norge oppstod konflikten om gåseforvaltningen i slutten av 1990-tallet. Den handlet primært om gjessenes skader på landbruksarealer om våren og gjaldt kortnebbgås i Trøndelag og Vesterålen samt hvitkinngjess på Helgeland og i Vesterålen. I tillegg kom bekymringen for langtidseffektene av grubbing på Svalbard. Miljømyndighetene i Norge ønsket at det skulle settes et bestandsmål for kortnebbgåsbestanden for å forhindre en eskalering av problemene og at dette skulle avtales internasjonalt med de øvrige land som huser kortnebbgjess gjennom året, nemlig Danmark, Nederland og Belgia. Saken ble tatt opp i regi av Vannfuglavltaalen («African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement», AEWA, under FNs konvensjon for migrerende arter) som alle disse landene er medlem av. Meget passende hadde AEWA nettopp satt i gang et initiativ til de første internasjonale adaptive forvaltningsplaner for jaktbare vannfugler i Europa, og kortnebbgås ble valgt ut som den første «pionér-case»

Det første internasjonale arbeidsmøtet ble holdt i 2010, etterfulgt av implementering i 2012, og igangsatt med en adaptiv jaktforvaltning av bestanden i 2013. Landene ble enige om et overordnet mål og konkrete målsettinger og handlinger for planen, som har være gjennomført i årene 2012–2025. Det ble avtalt å sette et bestandsmål på 60 000 individer (vårbestand) +/- 10 000 individer. Bestandsstørrelsen var på dette tidspunktet omkring 80 000 individer (vår) og den så ut til å være i tilnærmet eksponentiell vekst (Figur 1). Bestandsmålet ble vedtatt basert på en biologisk vurdering av bestandens sårbarhet og medlemslandene og aktørenes forhandlinger basert på deres interesser og verdier. Fra norsk side var det et ønske om bestandsreduisering for å redusere avlingstap i landbruket og for å sikre Svalbards tundra. Fra dansk side var ønsket om å stabilisere bestanden for å forhindre landsbuksskader, mens det fra nederlands og belgisk side ble ytret et ønsker om større bestand ut fra naturvern hensyn. Bestandsmålet representerer et kompromiss basert på noen vitenskapelige vurderinger (sikkerhetsnett) og aktørinteresser (øvre akseptabel grense). Det var klart at bestanden skulle reduseres for å komme ned i nærheten av bestandsmålet. Ansvar ble lagt i hendene til danske og norske jegere, som også uttalte at de gjerne ville bidra også når bestanden nærmet seg bestandsmålet med å redusere jaktutbyttet enten ved en kvoteordning eller en begrensning av jakttiden. Det er ikke jakttid for kortnebbgås i Nederland og Belgia, men disse landene aksepterte at jakt i Danmark og Norge skulle være det første verktøyet for å redusere



Figur 1. Utvikling av Svalbardbestanden av kortnebbgjess (1992–2025), vist med estimer for høst og vår, 95 % sannsynlighet vist som stiplede linjer, basert på en integrert bestandsmodell. Bestandsmålet, som har vært avtalt i den internasjonale forvaltningsplanen siden 2012, vises med to grå bånd om indikerer akseptabelt antall kortnebbgås for de ulike interessentene (kilde: AEWA-EGMP).



Figur 2. Estimater av andelen ungfugler (sort linje) i bestanden av kortnebbgjess etter hekkesesongen, basert på en integrert bestandsmodell (med 95 % sannsynlighet vist med grå skyggelegging). Til sammenligning er vist antall dager med gjennomsnittlig temperatur over null grader i mai på Svalbard som en indikasjon på vårens begynnelse (blå linje). Det er en nær sammenheng mellom ungeproduksjon og temperatur i mai. Over tid har det vært en svak positiv trend i både temperaturer og ungeproduksjon, men med stor variasjon mellom år (kilde: AEWA-EGMP).

bestanden. Både i Danmark og Norge foreligger det i dag fleksible jaktadministrative rammer som gjør at jaktbestemmelsen kan endres fra år til år ved behov.

På tidspunktet når planen skulle implementeres var det er rekke usikkerheter i forbindelse med (I) bestandens dynamikk; var den i eksponentiell vekst uten tetthetsregulering eller var den i ferd med å nærme seg bæreevnen?, (II) effekter av værforhold og klima på Svalbard; ville bestanden ha fordel av varmere hekkesesong?, (III) tiltakenes effekt; ville jakt i Danmark og Norge kunne bidra til den nødvendige avskytingen?, og (IV) den vitenskapelige overvåkingens egnethet for å registrere forandringer og effekter; bestandsstørrelse, forutsigbarhet av reproduksjonen, effekter av grubbing i relasjon til bestandsstørrelse. Det ble avtalt å innføre en adaptiv forvaltning som skulle arbeide i retning av å redusere disse usikkerhetene og forbedre forutsigelsene om effekter av tiltakene, her primært jaktens innflytelse på bestandsstørrelsen, og den nødvendig jaktkvoten for å få bestanden ned mot målet. Det ble også avtalt å etablere et overvåkingsprogram med årlige registreringer av bestandsstørrelsen (høst og vår), reproduksjonen, gjessenes fordeling på trekkruten og utvikling i mulig skadeskyting under jakten. Det ble også oppfordret til å innføre regelmessig overvåking av grubbing og sosioøkonomiske effekter av planen, som for eksempel omfanget av beiteskader på

jordbruksarealer eller tilskuddsordninger for å dempe landbrukskonflikter.

Etter noen års innkjøring er det utviklet en såkalt integrert bestandsmodell som årlig oppdateres med nye overvåkingsdata, inklusiv bestandsdata, hekkesuksess i bestanden, og jaktutbytte i Danmark og Norge i den foregående jakt sesongen (Figur 2). Snøforholdene på Svalbard har vist seg å være avgjørende for årets ungeproduksjon, og antall dager i mai med temperaturer over null grader gir en god indikasjon på hvor mange unger som blir produsert i bestanden. Data analyseres og vurderes i juni slik at den anbefalte jaktkvoten for den forestående jakt sesongen kan formidles til danske og norske myndigheter. Hjemmesiden til AEWA (<https://egmp.aewa.info/>) gir oversikt over detaljene i strukturen, beslutningsprosesser, datainnsamling, vurderinger, og dokumenter m.m. finnes, ikke bare for kortnebbgås, men også for flere andre gåsearter som nå er kommet med i AEWA-initiativet under den såkalte European Goose Management Platform.

Etter 12 års innsats har den internasjonalt koordinerte forvaltningen oppnådd at kortnebbgåsbestanden har stabilisert seg på grunn av den økte jakten (Figur 1). Bestanden ligger fortsatt over bestandsmålet, og skal bestanden ned på 60 000

individer vil det kreve en ytterligere koordinering og intensivering av jakten.

Det har imidlertid skjedd en overraskende utvikling i kortnebbgåsbestandens utbredelse det siste tiåret. En gruppe gjess har kolonisert Novaya Zemlya i Nord-Russland og har etablert en ny trekkvei som går gjennom Sverige og Finland til overvintring i det sydøstlige Danmark. Individmerkinger med halsbånd og GPS-springer har vist at dette er et «utskudd» fra Svalbardbestanden og det skjer fortløpende en utvandring av individer fra den opprinnelige bestand. Noen individer trekker fra Danmark til Finland om våren og derfra til Svalbard. Omkring 8 000–10 000 individer flyr i dag utenom Norge om våren og av disse trekker ca. halvparten til hekkeplassene på Novaya Zemlya. Utviklingen av denne trekkruta betyr at den internasjonale forvaltningsplanen må revideres. Dette skjer i 2025 slik at en ny plan trer i kraft fra sommeren 2026. I kraft av det adaptive oppsettet og den tette oppfølgingen kan slike uventede utviklinger raskt bli omsatt i tilpasninger av planens mål og handlinger.

Den arktiske overvåking i høysetet

COAT's overvåking på Svalbard spiller en sentral rolle i å forstå gåsebestandenes respons på

endringer i klima og miljø, og for å overvåke og forutsi effekter på økosystemet. Modulen om gjess, vegetasjon (gjessenes næringsgrunnlag), fjellrev (gjessenes viktigste rovdyr; i samspill med reinsdyr, som har en innvirkning på revebestanden), er integrert for å kunne belyse interaksjoner i næringsnett. Vi jobber i felles studieområder i Sassendalen og Adventdalen, med innspill fra andre områder på Nordenskiöldland. Basert på tidsserier for overvåking av «grubbing», er vi i ferd med å analysere effektene av lokale tettheter av gås og den totale bestandsstørrelsen på utbredelsen, intensiteten og den langsiktige effekten av denne formen for beiting. Ved hjelp av viltkameraer satt opp ved gåsereir overvåker vi tidspunktet og suksessen til reirene til kortnebbgjessene for å få dypere innsikt i spillet mellom tidspunktet for snøsmelting, reiretablering, klekketidspunkt og predasjon fra fjellrev og andre arter (Figur 3). I år med tidlig snøsmelting har de fleste parene vellykket hekking, men i senere år er det færre par som etablerer reir med egg og de fleste par må gi opp forsøket. Fjellrev spiller en betydelig rolle her og patruljerer koloniene daglig; de tar ikke bare egg fra reirene, men i de sene år avliver de og svekkede voksne fugler. Resultatene vil bli brukt til å finjustere bestandsmodeller og romlige modeller for mulige hekkeplasser på Svalbard. Videre bidrar denne



Figur 3. Eksempler på hendelser ved kortnebbgåsereir, registrert med kamera som tar bilder hvert andre minutt gjennom hele hekkeperioden. Isbjørn ble registrert å ta egg fra reir i Sassendalen for første gang i 2022. Kilde: COAT/viltkamera.

kunnskapen direkte inn i beslutningsprosessene for den internasjonale forvaltningsplanen og vil også ha en rolle i det langsiktige vernet av viktige gåseområder på Svalbard, som i dag er under press fra turismeutviklingen.

Tombre, I. M., Fredriksen, F., Jerpstad., O., Østnes, J. E., Eythórsson, E. 2022. Population control by means of organised hunting effort; Experiences from a voluntary goose hunting arrangement. *Ambio* 51: 728–742. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-021-01590-2>

Litteratur:

Hessen, D. O., Tombre, I. M., van Geest, G. & Alfnes, K. 2017. Global change and ecosystem connectivity; How geese link fields of central Europe to eutrophication of Arctic freshwaters. *AMBIO* 46: 40–47. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-016-0802-9>

Johnson, F.A., Zimmerman, G.S., Jensen, G.H, Clausen, K.K., Frederiksen, M. and Madsen, J. 2020. Using integrated population models for insights into monitoring programs: An application using pink-footed geese. *Ecological Modelling, Volume 415*, 108869.

Madsen, J. and Williams, J. 2012. International Species Management Plan for the Svalbard Population of the Pink-footed Goose *Anser brachyrhynchus*. AEWA. *AEWA Technical Series Nr. 48*. Bonn, Germany.

Madsen, J., Williams, J. H., Johnson, F. A., Tombre, I., Dereliev, S. and Kuijken, E. 2017. Implementation of the first adaptive management plan for a European migratory waterbird population: The case of the Svalbard pink-footed goose *Anser brachyrhynchus*. *Ambio* 46 (Supplement 2): 275–289.

Madsen, J., Schreven, K. H. T., Jensen, G. H., Johnson, F. A., Nilsson, L., Nolet, B. A. and Pessa, J. 2023. Rapid formation of new migration route and breeding area by Arctic geese. *Current Biology* 33(6): 1162–1170.e4.

Prop, J., Aars, J., Bårdsen, B.J., Hanssen, S.A., Bech, C., Bourgeon, S., de Fouw, J., Gabrielsen, G. W., Land, J., Noreen, E., Oudman, T., Sittler, B., Stempniewicz, L., Tombre, I.M., Wolters, E. and Moe, B. 2015. Climate change and the increasing role of polar bears on bird populations. *Frontiers in Ecology and Evolution* 3:33, doi: 10.3389/fevo.2015.00033. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2015.00033/full>

Sørensen, I.H., Germain, R.R., Johnson, F.A., Baveco, H., Koffijberg, K. and Madsen, J. 2025. Population Status and Assessment Report 2025. *EGMP Technical Report No. 26*. AEWA. Bonn, Germany.

Tombre, I.M., Madsen, J., Clausen, P., Prop, J. & Hanssen, F. 2012. GOOSEMAP: Sitespecific information for geese occurring on Svalbard. http://goosemap.nina.no/goosemap_eng/Startpage.aspx

Forfatterne:



Jesper Madsen er professor ved Aarhus Universitet i Danmark med fokus på adaptiv forvaltning. Han har jobbet med gress på Svalbard siden 1987. Leder for gåsemodulen under COAT på Svalbard og leder for data-senteret under AEWA-EGMP. E-post: jm@ecos.au.dk <https://orcid.org/0000-0003-3246-0215>



Ingunn Tombre er seniorforsker ved NINA i Tromsø, med doktorgrad i hekkebiologi og tilpasninger hos gress på Svalbard, og flere årtier med forskningserfaring innen «human-wildlife» konflikter mellom gress og landbruk og konflikt-reducerende tiltak innen gåseforvaltning. Hun er i dag Norges nasjonale ekspert i EGMP.

E-post: ingunn.tombre@nina.no <https://orcid.org/0000-0002-1229-5972>

