

Fram Forum

FRAM – Nordområdesenter for klima- og miljøforskning

NORSK UTGAVE

2026

Lise Loktu et al

SVALBARDS KULTURARV UNDER PRESS FRA KLIMAENDRINGER OG POLITISKE BLINDSONER

SIDE 14

Ane K Engvik et al

GRAFITT – ET MINERAL FOR FREMTIDEN

SIDE 42

Tore Flatlandsmo Berglen et al

MOSE SOM MILJØINDIKATOR

SIDE 116

Ellen Kathrine Bludd og Karine Nigar Aarskog

HVORFOR ER DET VIKTIG Å BRUKE SAMISKE STEDSNAVN?

SIDE 138



Trekonstruksjoner i Arktis – kulturminner med høy bevaringsverdi

Kathrine Torday Gulden *Page 22*



Kunstbasert forskning for en helhetlig forståelse av forholdet mellom samfunn og miljø

Ann Eileen Lennert *Page 52*



Kan gråsteinbit bidra til å gjenopprette tareskogen?

Marianne Frantzen et al *Page 60*

- 4 **Profil: Feilsøker i fjorden:
Å gjenopplive et utarmet økosystem**
Bente Kjøllesdal
- 14 **Kulturarv under press fra klimaendringer og politiske blindsoner**
Lise Loktu et al
- 22 **Trekonstruksjoner i Arktis – kulturminner med høy bevaringsverdi**
Kathrine Torday Gulden
- 30 **Tinende permafrost truer både kulturarv og moderne bygninger på Svalbard**
Line Rouyet et al
- 38 **Kartlegger lydavtrykket fra marine seismiske undersøkelser ved hjelp av glidere**
Virginie Ramasco et al
- 42 **Graffiti – et mineral for fremtiden**
Ane K Engvik et al
- 46 **Metan under Svalbard kan være en undervurdert klimarisiko**
Per Olav Solberg
- 52 **Kunstbasert forskning kan gi en mer helhetlig forståelse av forholdet mellom samfunn og miljø**
Ann Eileen Lennert
- 60 **Kan gråsteinbit bidra til å gjenopprette tareskogen?**
Marianne Frantzen et al
- 64 **Ute av syne, ute av sinn? Slik spres menneskeskapte partikler i Adventfjorden**
Carolin Philipp-Sørensen et al
- 68 **Bruker droner og kunstig intelligens til å overvåke bestanden av ringsel på Svalbard**
Andy Lowther et al
- 72 **Skipstrafikken øker i Høyarktis, men svært ujevnt**
Allison Bailey et al
- 78 **Arktisk kvalitet – hva mener forbrukerne?**
Jon Schärer
- 84 **LAVDAS: Bedre kartlegging av norske våtmarker**
Anne Guro Nøkleby et al
- 90 **Norge og Kina samarbeider om fjernmåling i et Polhav i endring**
Wenkai Guo et al



Arktisk kvalitet – hva mener forbrukerne?

Jon Schärer *Page 78*



Norge og Kina samarbeider om fjernmåling i et Polhav i endring

Wenkai Guo et al *Page 90*



Til Nordpolen for å lære mer om et isfritt Arktis

Espen Viklem Eidum & Martí Amargant-Arumi *Page 154*

- 94 **Feltforsøk med oppvarmede bunnslåingsplater
Slik vil bunnlevende organismer reagere på et varmere Polhav**
Terri Souster et al
- 100 **CliN-BluFeed – bærekraftig fiskefôr til akvakulturnæringen**
Lionel Camus et al
- 104 **TrollTransect: Å forske om bord på et forsyningsfartøy**
Tore Hattermann et al
- 110 **Isbresmelting reduserer presset på landjorden – men øker presset på samfunnssystemene**
Halfdan Pascal Kierulf et al
- 116 **Mose som miljøindikator**
Tore Flatlandsmo Berglen et al
- 122 **RETROSPEKTIV: Tilbakeblikk: Politikk og vitenskap på Grønland**
Harald Dag Jølle
- 128 **Norges marine økosystemer: Et puslespill med manglende brikker**
Carl William Lund et al
- 134 **Årskontinuerlig overvåking av det marine økosystemet i Kongsfjorden**
Gunnar Sander & Eirik Mikkelsen
- 138 **Hvorfor er det viktig å bruke samiske stedsnavn?**
Ellen Kathrine Bludd & Karine Nigar Aarskog
- 144 **Polhavets skjulte hager**
Karley Campbell et al
- 150 **Historisk foto: Kvinnelig polarflyger**
Ann Kristin Balto
- 152 **Mohn-prisen: John P. Smol – Arktis' arkivar**
Kjetil Rydland
- 154 **Til Nordpolen for å lære mer om et isfritt Arktis**
Espen Viklem Eidum & Martí Amargant-Arumi
- 156 **Hva vil skje når det ikke lenger er is i Polhavet?**
Jørgen Berge & Bodil Bluhm
- 159 **Framsenterets medlemsinstitusjoner**

Bente Kjøllesdal // Havforskningsinstituttet

Når livet vender tilbake til fjorden

PROFIL

Med Porsangerfjorden som kontoromgjevnad, utfører havforskeren små eksperiment med store følgjer.

— Den røde tråden i alt eg gjer, og hovudgrunnen til å vere her, er at vi skal få ressursane tilbake, seier havforskar Hans Kristian Strand.

Han er HIs nordlegaste satellitt, der han held til på ein feltstasjon i Holmfjord, Finnmark. Rett utanfor kontorvindaugget ligg Porsangerfjorden, som han har forska i, på og ved i 15 år.

FØR ANDRE VERDSKRIG BOGNA FJORDEN AV EIT RIKT FISKERI.

— Men no har fiskeria vore vekke så lenge at ein har vorte vande til det. Dei som veks opp her no har aldri sett noko anna enn at fjordstroka er tomme for fisk.

EIN VOND SIRKEL

Økosystemet i Porsangerfjorden har gjennomgått store endringar over mange år - reduserte fiskebestandar, kråkeballar som beitar ned tareskogen og kongekrabbar på innmarsj.

Dei grøne kråkebollane går vanlegvis ikkje laus på frisk tare, men vert dei mange og svoltne nok kan dei beite ned enorme område.

Då nøkkelartar som raudspette, stor hyse og steinbiten forsvann frå fjorden, forsvann òg mekanismen som heldt dei glupske kråkebollane i sjakk.

Tareskogen vart forvandla til ein ørken.



Sultne kråkeboller forvandlar tareskoger til golde ørkenlandskap, slik vi ser her i Porsangerfjorden. Foto: Havforskningsinstituttet



Feltstasjonen i Holmfjord. Foto: Tor Even Mathisen / Havforskningsinstituttet



Hans Kristian Strand.
Foto: Tor Even Mathisen /
Havforskningsinstituttet

- Om ein først har skapt ein situasjon der kråkebollane kan blomstre opp og beite ned tareskogen, så held det ikkje at ein berre sluttar å fiske gråsteinbit. Utan tareskogen som eit viktig oppvekstområde, er det vanskeleg for fisken å kome attende, seier havforskararen.

- Det vert ein vond sirkel, der økosystemet vert halde nede.

Slik har fjorden stått i fleire tiår.

Men Strand forskar på korleis ein kan snu dei negative trendane - og resultatane hans viser at det er håp i horisonten.

FISKEN OG FJORDEN

Hans Kristian Strand er fødd i Finnmark, men flytta tidleg til nordlandskommunen Fauske, der han òg vaks opp. Han fatta tidleg interesse for havet og for fisk.

- Noko av det første eg gjorde når eg fiska var å sløye fisken, for å sjå kva han hadde ete, minnest han.

Som student var interessene mange og femna vidt, og på slutten av 80-talet hadde oppdrettsnæringa etablert seg i Noreg. Strand var særleg fascinert av oppdrett av nye marine artar.

Med eit hovudfag om kveiteoppdrett frå Universitetet i Bergen i baklomma, byrja Strand stegvis å forflytte seg nordover.

Likevel var det fjordøkologien som skulle ramme inn mykje av forskarkarrieren hans.

GARASJEKJENSLA

På feltstasjonen i nord er dei to fulltidstilsette: Hans Kristian sjølv og kona Mette - eit tospann både i arbeidsliv og familjeliv. I tillegg har dei ein god hjelpar i Alf Børre Tangeraas, som jobbar på timebasis.

- Det å jobbe på ein feltstasjon har nokre ulemper - miljøa vert små, seier havforskararen.

Men nettverket dei har opparbeidd seg i nord er stort. Dei har eit mangeårig og utstrekkt samarbeid med både fiskarar, industrien og kommunane.

- Og det hadde ikkje gått utan støtte vi får frå forskarar, teknikarar og administrasjonen som sit andre stadar.

Hans Kristian Strand innrømmer at det nok ikkje er heilt tilfeldig at han ende opp her i nord.

- Du held på garasjekjensla, på ein liten feltstasjon - ein kan få gjort ganske mykje utan å verte hefta av så mykje byråkrati.

Arbeidskvardagen er ofte fordelt mellom ein båt på fjorden, laboratoriet på feltstasjonen og kontorpulten.

- Det å få vere her i den litt kaotiske sona der vi kan utforske nye konsept, og at det er sjølv jobben vår - det er eit privilegium, seier han.

ÅRELANG ERFARING

Havforskinga sin feltstasjon i nord held til i eit nedlagt fiskebruk. Det var dette tomme lokalet - fullt av potensial - som lokka Strand og kona tilbake til Finnmark.

I fleire år dreiv dei si eiga bedrift langs fjorden. Her ala dei opp torskeyngel for sal.

Parallelt samarbeidde dei med kommunen for å finne ut kvifor fjordtorsken hadde forsvunne frå Porsangerfjorden. Søkjelyset retta dei raskt mot kråkebollane.

- Då det viste seg at det ikkje var liv laga for torsken, prøvde vi å redusere kråkebollebestanden gjennom å kommersialisere han, seier Strand.

- Men det var lite rogn i kråkebollane, og det er i rogn det er pengar. Dei hadde beita ned tareskogen og dimed sitt eige livsgrunnlag.

Innan fiskebruket vart feltstasjon og ein del av



Ein båt på fjorden er like mykje kontorplassen hans, som pulten på feltstasjonen i bukta. Og samarbeida er mange : - Vi får ein kunnskap om fjorden som er heilt unik, seier Strand.
Foto: Havforskningsinstituttet

Havforskningsinstituttet i 2010, hadde Strand-ekteparet opparbeidd seg årevis med erfaring om dei samansette økosystemutfordringane i fjorden - og idéar om korleis ein kunne møtes desse.

EI ØKOLOGISK KATASTROFE

Tareskog er nøkkeløkosystem langs kysten. Denne blå skogen produserer oksygen, lagrar karbon og fjernar overflødige næringssalt. Samstundes er han oppvekstområde og bustad for eit rikt mangfald av artar - frå svampar, sniglar og muslingar til krabbar og nettopp fisk.

Her vert fisk klekt og her veks han opp. Om natta kjem rovfisk inn frå djupet for å ete.

Men menneskeleg påverknad har sett tareskogane i fare. Nesten 60 prosent av verdas tareskogar er i nedgang.

I Nord-Noreg åleine er omtrent 5000 km² tareskog tapt.

- Tareskogen sin kollaps var ei økologisk katastrofe. Men fordi det skjedde under vatn, fekk det lite merksemd. Hadde dette hendt på land, ville vi ikkje prata om noko anna, seier Strand.

Men merksemda er i ferd med å endre seg.

Tareskogrestaurering er på dagsorden, og problematikken har synt att i kronikkspalter og aviser, på radioflater og i nyheitssendingar.

Det er både privat, frivillig og politisk vilje for ein redningsoperasjon. I juni 2024 etterlyste Stortinget ein plan for å snu trenden.

Samstundes har Noreg leiande forskning på feltet - mellom anna frå ein feltstasjon i Holmfjord.

– DET BEGYNTE MED AT VI FOR PÅ FELLESKJØPET

På feltstasjonen utfører dei små eksperiment heile tida. I 2013 spreidde havforskarane for første gong brent kalk i Porsangerfjorden, for å undersøke om kalk kan knekke kråkebollane.

- Det heile begynte med at vi for på Felleskjøpet, og kjøpte 20 kilo kalk som skulle brukast i fjøs. Vi ville undersøke om vatnet i arktiske område var for kaldt til at ein i det heile kunne bruke kalk, forklarar Strand.

Når den brente kalken treffer vatnet, aukar pH-verdien raskt. Dette fører til ei kortvarig etsande effekt. Pigghudar som kråkebollar er svært sårbar for behandlinga, medan skjel, krabbar og fisk knapt vert påverka.

Forsøksområde fann forskarane utanfor kontorvindaugget. Kråkebollar i fleng hadde slått seg ned rundt moloen ved feltstasjonen.

- Kråkebollane døydde og året etter vaks taren.

Dei skalerte opp. Områda som vart kalka er alle-reie ribba for det meste av marint liv - kråkebollane hadde skapt audemark.

I over ti år har forskarane følgd utviklinga, og i Porsangerfjorden har resultatet vore slående: i dei kalkbehandla områda gror frodig tare.

Og den invaderande kongekrabben har teke over steinbiten, hysa og raudspetta sin jobb med å halde kråkebollebestanden nede.



Tareskoger ble reetablert i områder som ble behandlet med brent kalk. Dette bildet ble tatt i Porsangerfjorden i september 2024, et tiår etter at kalkbehandlingen startet.

DØDELEG SANDWICH

Økosystem er samansette, komplekse nettverk. Oppstår det endringar i eitt ledd, kan det skape ein kjedereaksjon.

Når ein topp-predator som torsk forsvinn, vert ikkje plassane i økosystemet ståande tomme og vente på at han finne det for godt å kome tilbake. Tvert om.

Arter som vanleg ulke - som er i mellomsjiktet i næringskjeda - kan sjå sitt snitt til å utnytte tomrommet. Dei vert fleire og flyttar inn i dei ledige leveområda.

- Vi har rekna ut at det finst mange millionar av dei i Porsangerfjorden, og vi har dokumentert at dei er et fiskeyngel med stor appetitt - og torskeyngel står høgt på menyen.

Havforskarane hadde eit håp om at dersom berre tareskogen kom tilbake, ville fiskeyngel overleve greitt. Dei sette opp eit eksperiment for å teste hypotesen:

- Vi sette ut torsk- og sei yngel i eit akvarieforsøk, der rovfisk som ulke og ungtorsk var til stades, og der det fanst rikeleg med gøymestadar som tang og tare. Vi antok dette ville beskytte yngelen

- Det viste tydeleg at vi tok feil.

Det vart ein dødeleg sandwich.

- Småtorsk jaga fiskeyngelen ned i tareskogen, og der vart dei etne av ulkene. Yngelen som ulkene bomma på spratt opp att, og der slukte småtorsk dei.

Det var med andre ord ikkje nok å få tareskogen tilbake - havforskarane måtte også sørge for at yngelen overlevde, om dei skulle klare å gjenskape eit økosystem der fjordtorsk vaks opp.

Dei mangla rovfisken.

- Vi introduserte gråsteinbit. Han var veldig aggressiv. Kvar gong han fekk auge på ei ulke, jaga han ho vekk. Ho fekk meir enn nok med å gøyme



seg, og vi fekk dimed ikkje denne sandwich-effekten. Resultatet vart alt langt fleire yngel overlevde.

SIDESPRANG MED MEINING

Knapt ein dag går, utan at Hans Kristian Strand har vore ut på fjorden han vier mykje av forskinga si til. Feltstasjonen ligg ved sjøkanten, og i moloen ligg arbeidsbåten og ventar.

- Det er ikkje nødvendigvis det vi eigentleg studerer som er det mest spennande, men alle sidetinga som dukkar opp, medan vi er ute med henda i vatnet, forklarar han.

- Eg er ikkje gift med problemstillingane mine, og eg set pris på at eg kan forfølge det som dukkar opp uventa.

Slik var det også med ei av dei siste nyvinningane i nord.

Vi veit at tareskogen er eit viktig matfat og leveområde for fiskeyngelen, men det veit ulkene òg. Forskarane innsåg at dersom dei skulle hjelpe yngelen overleve laut dei gjenskape tarehabitatet utanfor ulka si rekkevidde.



Foto: Tor Even Mathisen / Havforskningsinstituttet

- Etter ganske mykje prøving og feiling, snubla vi plutselig over eit konsept som overgjekk forventingane våre: kunstige tarerev.

REKORDRESULTAT

I vinter senka havforskarane ned kunstige rev i Melkøysundet utanfor Hammerfest.

Dei kunstige reva står på omtrent 20 meters djup, og er forankra med ein ring som kviler på havbotnen. Frå desse strekker tau seg 10 til 15 meter oppover i vassøyla.

Fire månadar seinare, dukka forskarane under overflata for å sjå om dei kunstige reva hadde bore frukter:

- Dei var dekte av frodig tare - på rekordtid. På alle dei utplasserte reva, vaks taren tett og vi såg både torskeyngel og seiyingel i store mengder rundt strukturane, seier havforskaren.

Mellom desse kunstige tarereva, har havforskarane introdusert ein glupsk redningspatrulje: steinbit.

Steinbiten vart populær som matfisk på 60-talet, men bestanden tolte ikkje at så mange ville ha han på middagsfatet.

Strand og HI-kollegaane har no utført ei omplassering litt utanom det vanlege.

20 steinbitar vart fanga ved kysten og frakta til sin nye heim i Melkøysundet. Om han trivest, kan rovfisken bøte på kråkebolleproblemet og gje tareskogen pusterommet han treng.

- Då kan steinbiten bidra til å bryte den negative spiralen som held økosystemet nedbeita.

MAT OG TRADISJONAR

Truleg krevst ein kombinasjon av ulike metodar og tilnærmingar for å sikre ein rik tareskog og deretter ein gjenetablert fjordtorsk-bestand. Men det er målet og meininga for Hans Kristian Strand.

- Før kunne du setje på potetene og gå ut og hente fisken du ville ete til middag. Utan den tilgangen på fisk, hadde ikkje folk budd her. Verda endrar seg, og det er naturleg, men om denne tilgangen er tapt, mister vi noko *meir*, seier havforskaren.

Det handlar ikkje berre om matressursar og å forstå det biologiske samspelet i fjorden, det handlar også om kulturarv.

- Har du høyrte om skaveltorsk? spør Strand.

- Torsken ein fiska seint på hausten grov ein ned i snøskavlane her, og så åt ein fisken ut over vinteren. Han begynte å verte litt sliten når våren nærma seg, men fisken hadde ein heilt spesiell syrna og bokna smak. Ein åt han saman med feitt og spekk frå sel.

Surtorsk, på si side, var torsk ein pakka i jute-sekkar tidleg på året og gøymd i fjæresteinane.

- Det er ein matkultur som nesten ingen har høyrte om. Det er måtar å lage mat og konservere torsk på - og det handlar om å overleve på dei ressursane ein har tilgjengelege.

Sjølv om Porsangerfjorden framleis er fattig på fisk, ser Hans Kristian Strand lyst på framtida til fjorden:

- Eg har grunnleggande tru på at vi kan få til det her, og at ressursgrunnlaget kan kome tilbake til å verte minst like produktivt som det ein gong var. Vi må berre ikkje gjere dei same tabbane oppatt. ■

“They were covered in lush kelp, in record time. Kelp grew densely on all the reefs we had placed, and we saw both cod and saithe juveniles in large numbers around the structures.”



Tareskoger ble reetablert i områder som ble behandlet med brent kalk. Dette bildet ble tatt i Porsangerfjorden i september 2024, et tiår etter at kalkbehandlingen startet. *Fotografier: Havforskningsinstituttet*



Lise Loktu, Ionut Cristi Nicu og Alma Thuestad // Norsk institutt for kulturminneforskning

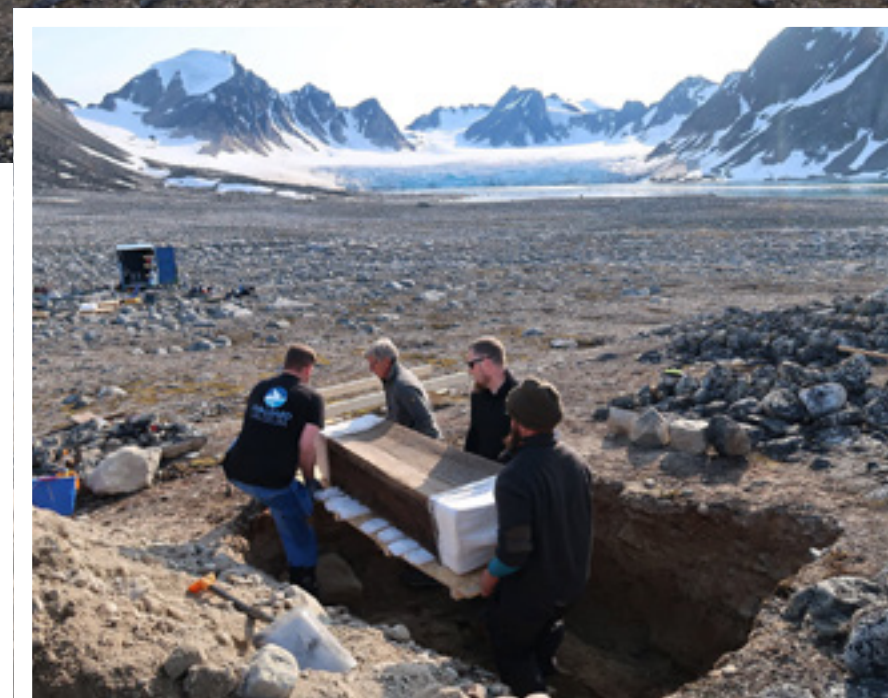
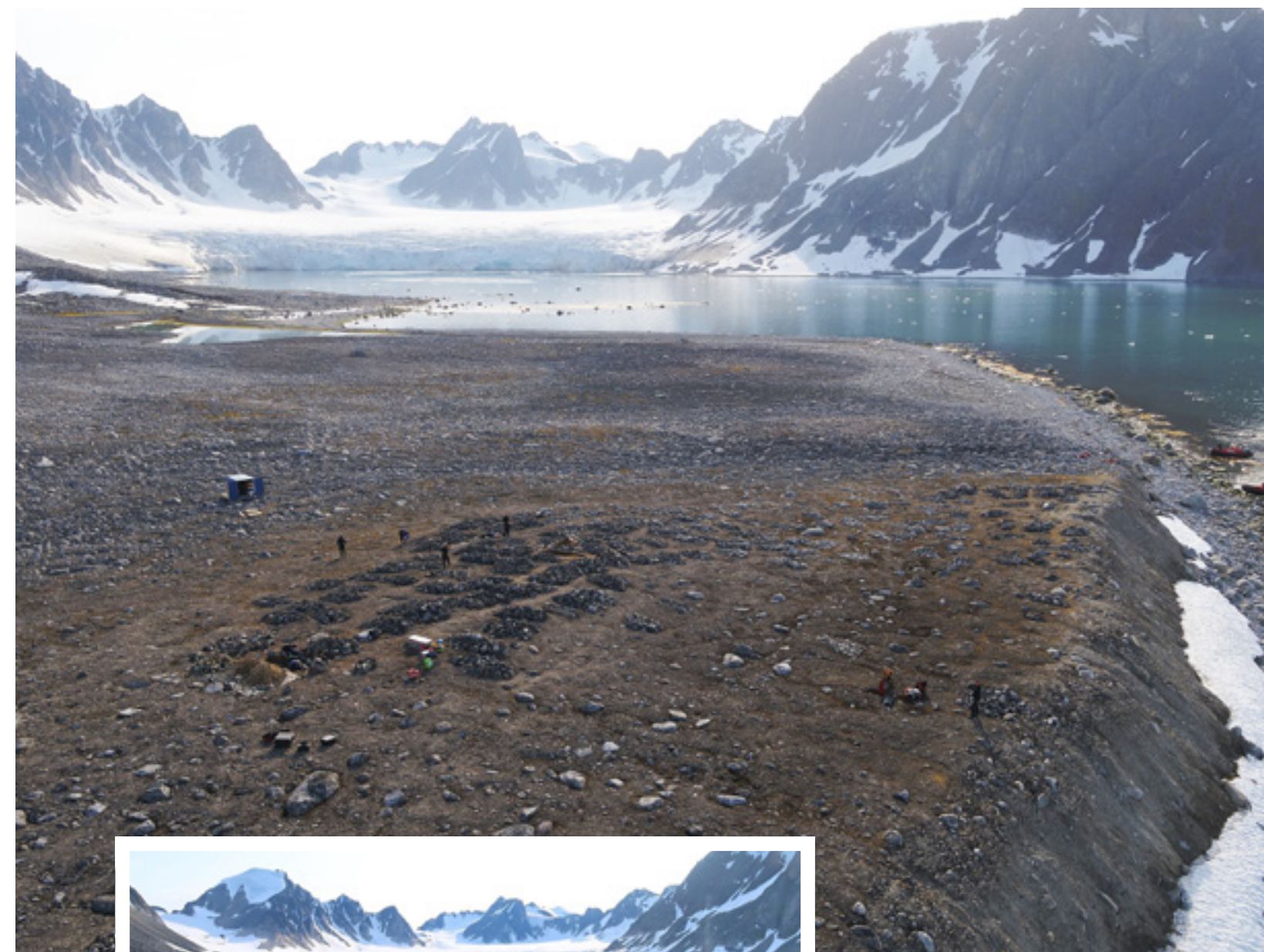
Svalbards kulturarv under press fra klimaendringer og politiske blindsoner

FORSKERNE FORTELLER

Svalbards kulturarv er i ferd med å gå tapt som følge av tinende permafrost og økende erosjon. Ved hvalfangergravplassen Likneset fører et dypere aktivt permafrostlag til økt mikrobiell aktivitet og raskere nedbrytning av organisk materiale. Dette viser hvor viktig det er å gjøre kulturarv til en del av klimastrategiene for Arktis.

SVALBARDS KULTURARV utgjør et av de best bevarte historiske arkivene i det europeiske Høyarktis. Spor etter hvalfangst, pelsjakt, vitenskapelig virksomhet, gruvedrift og militær tilstedeværelse finnes spredt ut over landskapet og gir et unikt innblikk i hvordan mennesker har tilpasset seg omgivelsene og utnyttet ressurser gjennom fire århundrer. Disse stedene forfaller nå i stadig høyere tempo. Tinende permafrost, kysterosjon, økt nedbør og ustabil grunn bryter ned organisk materiale og endrer kulturlandskap. Når disse stedene raser sammen eller skylles bort, mister vi viktig kunnskap om langvarige interaksjoner mellom mennesker og miljø.

Selv om det gjøres mye for å overvåke og modellere miljøkonsekvensene av klimaendringene, er kulturarv fortsatt en blind flekk i Svalbards klimastrategier. I motsetning til biologisk mangfold eller naturfarer inngår ikke arkeologiske funnsteder i systematiske overvåkingssystemer, og det finnes ingen langsiktige datasett som kan brukes til å måle forringelse eller danne grunnlag for prioritering. Kulturminneforvaltningen lider i tillegg under begrenset bemanning, fragmentert dokumentasjon fra tidligere undersøkelser og finansieringsordninger som prioriterer utbyggingsrelatert arkeologi i Sør-Norge.



Hvalfangergravplassen fra 1600-tallet på Likneset i Smeerenburgfjorden er Svalbards største gravplass for hvalfangere. Området blir i stadig større grad rammet av kysterosjon og tining av permafrosten. Nylige utgravninger (2016/2019) viser at bevaringstilstanden har forverret seg betydelig siden 1980-tallet: sammenraste kister, fragmenterte skjelettrestrester og et nesten fullstendig tap av tekstiler. Lokaliteten viser tydelig at den klimabetingede forringelsen av den arktiske kulturarven går stadig raskere.

Fotografier: Lise Loktu / NIKU
(© The governor of Svalbard, 2019)

Menneskelig aktivitet øker presset ytterligere. Turismen fortsetter å vokse, og mange besøkende ønsker å oppleve de siste gjenværende arktiske landskapene. Gravplassene i Smeerenburg og på Gravneset er blant de mest besøkte stedene på Svalbard, til tross for at de også er blant de mest sårbare. Fotgjengertrafikk, jordpakking, tap av vegetasjon og behov for ny infrastruktur rammer

sårbare steder uforholdsmessig hardt, mens forskning og logistikk setter ytterligere fotavtrykk. Det samlede presset fra oppvarming, naturlig erosjon og trafikk av besøkende truer uerstattelige historiske ressurser og svekker det kunnskapsgrunnlaget som trengs for å gjennomføre velbegrunnede klimatilpasningstiltak.



Cruiseturisme ved Smeerenburg (øverst) og Gravneset (nederst). Disse mye besøkte stedene viser hvordan menneskelig aktivitet forsterker klimabetingede belastninger og bidrar til erosjon, tap av vegetasjon og en stadig økende forringelse av arkeologiske miljøer i Arktis. *Fotografier: Tommy Dahl Markussen*

LIKNESET: MÅLBAR KLIMAPÅVIRKNING

Hvalfangergravplassen på Likneset i Smeerenburgfjorden illustrerer flere av disse utfordringene og danner utgangspunktet for prosjektet CLIMARCH (RIS ID 12194), som gjennomføres i regi av Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU). CLIMARCH har som mål å undersøke hvordan klimaendringene bidrar til forringelsen av arkeologiske miljøer på Svalbard, og bruker hvalfangergravstedene i Smeerenburgfjorden som case. Det er registrert over 700 graver i området, og rundt 100 av dem ble utgravd på 1980-tallet, inkludert 14 på Likneset. Flere graver har avdekket usedvanlig godt bevarte tekstiler - noen av de best dokumenterte eksemplene på arbeidsklær fra 1600-tallet i hele verden.

Siden den gang har kysterrosjon forårsaket vedvarende ødeleggelse på flere steder, noe som særlig er tydelig på Likneset. Selv om erosjonsfronten bare har rykket frem ca. 2,2 meter (2016) siden 1980-tallet, har gravkonstruksjoner og kister rast sammen på grunn av jordsig, noe som har ført til at tekstiler og skjelettresten har blitt fragmentert, mens sedimenter og økt oksygeneksponering har trengt inn i fyllmassen. Da det ble gjennomført nye utgravninger på Likneset i 2016 og 2019, hadde bevaringsforholdene forverret seg markant. I motsetning til på 1980-tallet var tekstilfunn nesten helt fraværende i erosjonsutsatte områder. Dette raske tapet skyldes sannsynligvis økt mikrobiell aktivitet og raskere forråtnelse som følge av et stadig dypere aktivt lag (laget av permafrosten som tiner hver sommer), økt vanninntrengning, ustabile skrenter og tilbaketrekning av strandlinjen.



Erosjonsskader på gravene på Likneset, dokumentert under utgravningene i 1985. Graver i erosjonsutsatte områder viser tydelige tegn på forskyvninger forårsaket av ustabilitet i undergrunnen, jordsig og oppsprekking av bakken. Steinrøyser og steinpakninger hadde forskjøvet seg nedover skråningen, mens kistene hadde sammenrastet lokk, forvridde sidebord og forflyttede skjelettresten. Slike forskyvninger skapte mikroforhold som fremskyndet nedbrytningen ved at gravene ble eksponert for fukt, sedimenter og oksygen.

Fotografier: Dag Nævestad / Tromsø Museum

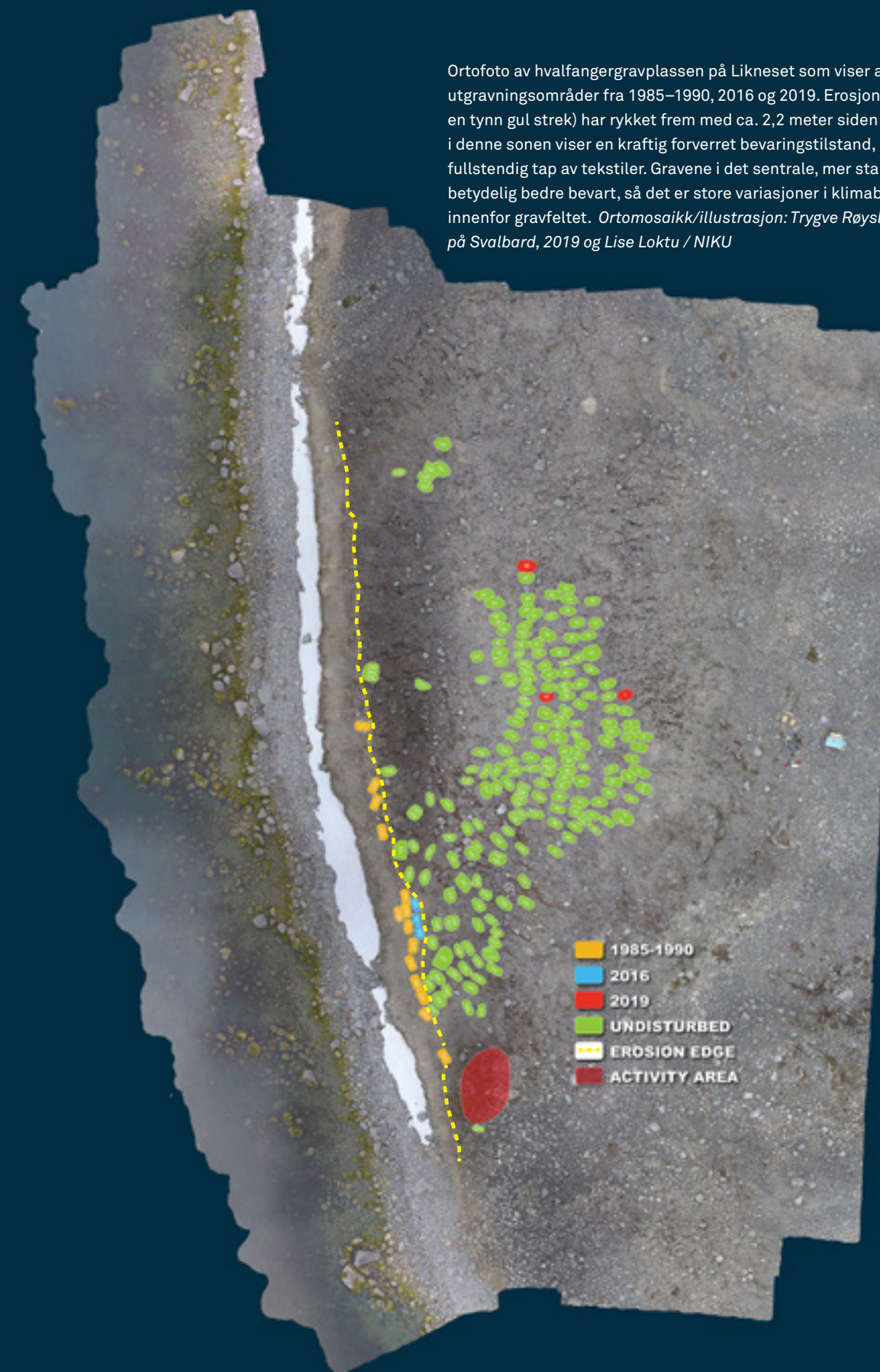


Sammenlignende oversikt over tekstiler funnet ved utgravninger på Likneset i 1985–1986 (1, øverste rad), 2016 (2, nederste rad) og 2019 (3, midtre rad). Figuren illustrerer hvor godt bevarte tekstilene var i de ulike utgravningsperiodene. Blant klærne fra det erosjonsutsatte området som ble utgravd på 1980-tallet (1), finnes det godt bevarte ulljakker, knebukser og tilbehør, ofte med intakte sømmer og knapper. Funnene fra 2016 (2), fra samme område, er betydelig mer fragmentert, med svært få tekstiler og med omfattende forfall. Tekstiler fra det mer stabile sentrale området som ble utgravd i 2019 (3), er derimot langt bedre bevart og ligner i stor grad på materialet fra 1980-tallet. *Fotografier: Lise Loktu / NIKU and Svalbard Museum*

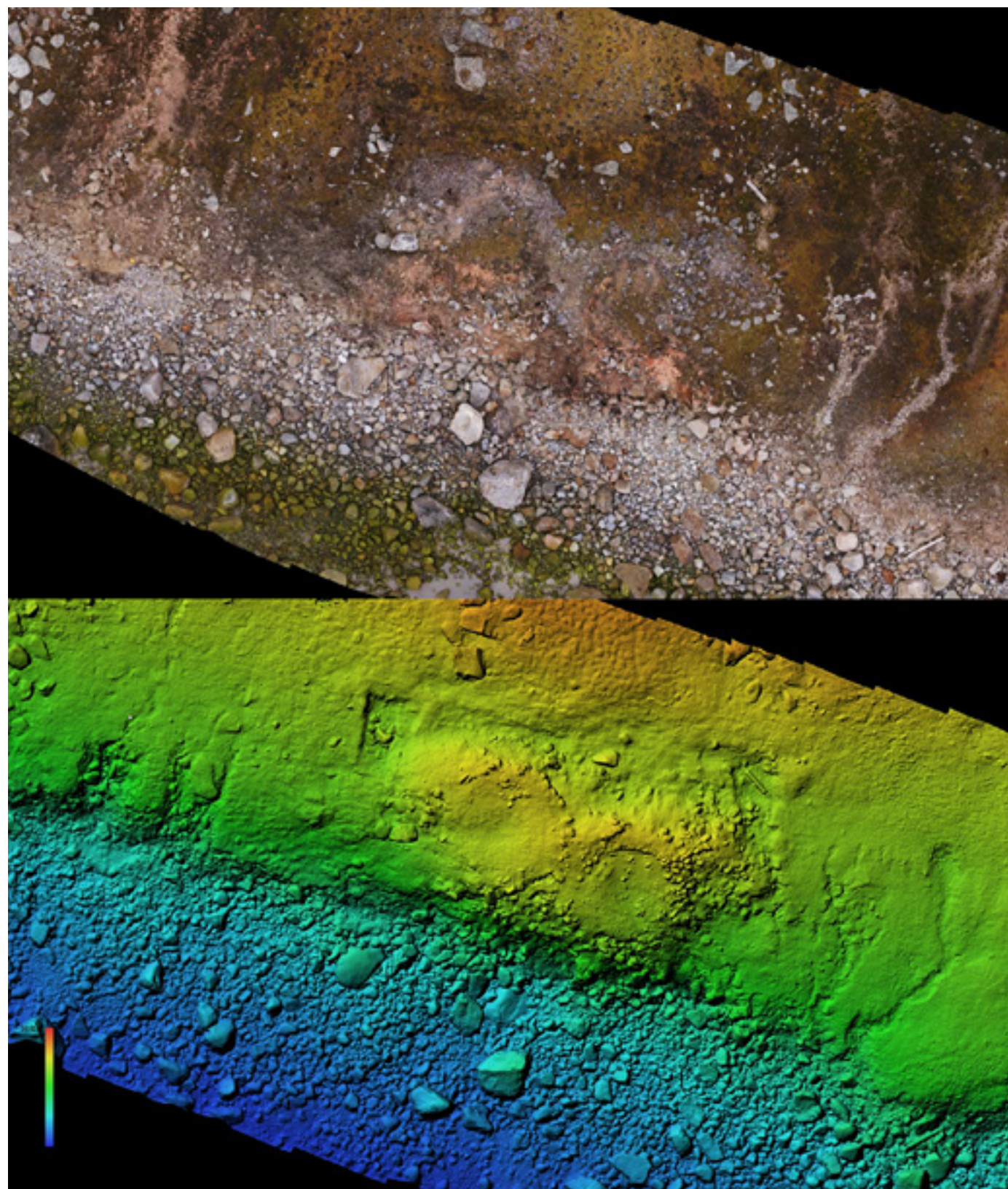
Likneset har derfor fungert som et sentralt pilotgravfelt i CLIMARCH-prosjektet. For å vurdere virkningene av klimaendringene på en systematisk måte benyttet vi et semikvantitativt bevaringsgraderingssystem knyttet til tafonomiske endringer i arkeologisk materiale (dvs. de endringene en organisme gjennomgår etter døden). Ved å bruke standardiserte kriterier for kister, tekstiler og skjelettrestrester fra tre utgravningsfaser blir det mulig å sammenligne forholdene over en periode på mer enn tre tiår. Når dataene vurderes sammen med dronebaserte ortofotoer, regional geologisk kontekst, erosjonsobservasjoner, permafroststudier og klimadata, viser de tydelige romlige mønstre: De dårligst bevarte gravene er forbundet med ustabile sedimenter preget av sprekker, innsynkning og erosjon,

mens de bedre bevarte gravene ligger i mer stabile områder lenger inne i landet.

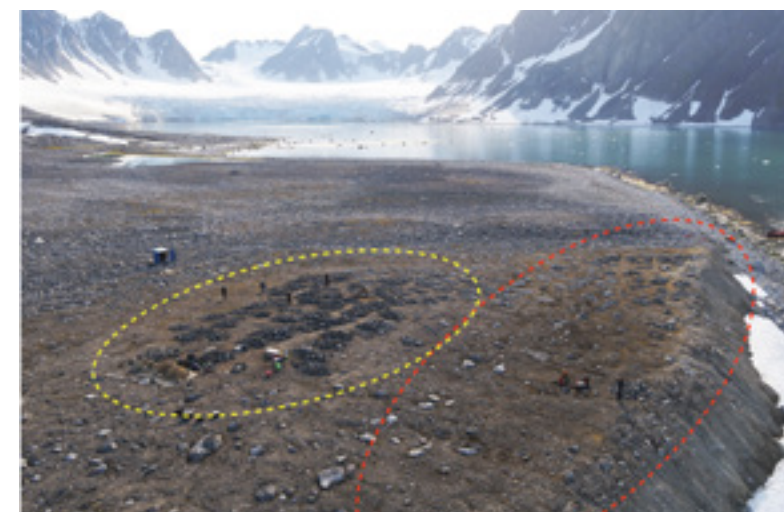
Likneset-caset er et praktisk eksempel på klimatilpasset forvaltning av kulturminner. Gjennomført gradering ved hjelp av det samme graderingssystemet med jevne mellomrom kan fungere som et varslingsverktøy for lokaliteter som nærmer seg kritiske terskler. Når denne tilnærmingen kombineres med miljødatasett, blant annet om bakketemperatur, kystprosesser, nedbør, havisforhold og bølgeeksponering, kan den hjelpe forvaltningsansvarlige med å forutse hvor det er mest sannsynlig at det vil oppstå skader neste gang, og med å avgjøre når det er nødvendig med nøddokumentasjon eller -utgraving.



Ortofoto av hvalfangergravplassen på Likneset som viser alle registrerte graver og utgravningsområder fra 1985–1990, 2016 og 2019. Erosjonsfronten (markert med en tynn gul strek) har rykket frem med ca. 2,2 meter siden 1980-tallet, og gravene i denne sonen viser en kraftig forverret bevaringstilstand, blant annet med nesten fullstendig tap av tekstiler. Gravene i det sentrale, mer stabile området er derimot betydelig bedre bevart, så det er store variasjoner i klimabetinget forringelse innenfor gravfeltet. *Ortomosaikk/illustrasjon: Trygve Røysland © Sysselmasteren på Svalbard, 2019 og Lise Loktu / NIKU*



UAV-basert ortofoto (øverst) og digital høydemodell (nederst) av spekkovner på Ytre Norskøya, som viser kraftig erosjon og destabilisering av overflaten. Fjernmåling er et effektivt verktøy for overvåking av sårbare arkeologiske strukturer på Svalbard. Sammen med permafrostdata, kystdynamikk, klimadata, havisforhold og geologisk kartlegging bidrar disse datasettene til å belyse hvordan klimaendringene fremskynder nedbrytningen av arkeologisk kulturarv, og hvor raskt slike funnsteder kan forsvinne. Modell: Tommy Dahl Markussen



EN OPPFORDRING TIL TVERRFAGLIG HANDLING

Til tross for økt bevissthet får kulturarven fortsatt begrenset oppmerksomhet i klimapolitikken og finansieringsrammene. Det er avgjørende å anerkjenne bevaring av kulturarv som en del av en strategi for å møte klimaendringene. Kulturlandskap inneholder informasjon om historisk risikostyring, mobilitet og tilpasning til ekstreme miljøer, og de bidrar til identitet og samhold i avsidesliggende arktiske samfunn. Likevel spiller de fortsatt en marginal rolle i klimapolitikk, miljøkonsekvensutredninger og tilpasningsstrategier. Uten målrettede tiltak risikerer Svalbard å miste både de fysiske sporene og de kulturelle betydningene som er forankret i landskapet.

Det er behov for en mer helhetlig tilnærming. Det trengs blant annet langsiktige overvåkingssystemer for risikoutsatte områder: varslingsverktøy som kombinerer bevaringsgradering med geomorfologiske data, hydrologiske data, fjernmålingsdata og permafrostdata, og protokoller for hurtig respons når forringelsen skyter fart. Det trengs også et tettere samarbeid mellom arkeologer, geologer, klimaforskere, økologer og beslutningstakere. Et slikt samarbeid er i tråd med Framsenterets målsetting om å fremme løsningsorientert kunnskapsutvikling i Nordområdene.

Bevaring av kulturarven er ikke noe som står utenfor klimatilpasningen; det er en del av arbeidet med å bygge robuste samfunn. Kulturarven gir det langsiktige perspektivet som trengs for å takle raske miljøendringer. Uten samordnet innsats risikerer Høyarktis å miste et uerstattelig arkiv som knytter sammen mennesker, steder og historier på tvers av generasjoner. ■

Venstre: Graver som er utsatt for erosjon (rødt), står i kontrast til graver i mer stabilt terreng (gult). Til høyre: Den godt bevarte trekisten illustrerer den enestående bevaringstilstanden som en gang var typisk for gravplasser i Arktis. Området viser nå tydelige tegn på tining av permafrost, ustabile skrenter og tap av beskyttende sedimenter. Fotografier: Lise Loktu / NIKU og © Sysselmasteren på Svalbard (2019)

LES MER:

Climarch: Klimabetinget forringelse av arkeologiske miljøers
<https://www.niku.no/en/forskningsprosjekt/investigations-of-climate-change-and-degradation-of-archaeological-cultural-environments-in-svalbard-climarch/>

ANDRE RELEVANTE PROSJEKTER:

Permarich: Risikoer for infrastruktur og kulturminner ved tining av permafrost
<https://www.norceresearch.no/en/projects/permarich-advanced-mapping-and-monitoring-for-assessing-permafrost-thawing-risks-for-modern-infrastructure-and-cultural-heritage-in-svalbard>

Cultcoast: Bevare kulturminner i arktiske kystområder
<https://www.niku.no/en/prosjekter/cultcoast/>

Thetida og Sascha: Risikovurderinger knyttet til klima og kulturarv
<https://www.niku.no/en/prosjekter/thetida/>
<https://www.niku.no/en/prosjekter/climate-change-and-heritage-risk-assessments-sascha/>



I Longyearbyen, Svalbards største by, står taubanemastene tett inntil husene.
Foto: Anne-Cathrine Flyen / Norsk institutt for kulturminneforskning

Taubanemastene på Svalbard er fundamentert på trepæler som er slått ned i permafrosten, noe som gjør dem sårbare for råteskader ved overgangen mellom jord og luft. Noen av mastene står i bratt terreng, andre i vannet. Foto: Mari Sand Austigard / Mycoteam

Kathrine Torday Gulden // Norsk institutt for bioøkonomi

Trekonstruksjoner i Arktis – kulturminner med høy bevaringsverdi

FORSKERNE FORTELLER

Historiske trekonstruksjoner over hele Svalbard forfaller som følge av belastning fra klimaendringer og menneskelig aktivitet. Lengre, varmere og våtere årstider gir grobunn for trededbrytende sopp, mens turisme fører til fysisk slitasje på steder som ikke er bygd for å vare.

ISVALBARDS FORBLÅSTE LANDSKAP viker historiske spor etter menneskelig aktivitet for klimaendringer og menneskelig påvirkning.

I 2021 satte ArcticAlpineDecay-prosjektet seg som mål å forstå og motvirke disse truslene. Fire år senere har prosjektet gitt et viktig kunnskapsgrunnlag som viser hvor sårbare disse kulturminnene er, og hvorfor det vil være avgjørende å fortsette overvåkingen i årene som kommer.

- Svalbard har vært vårt hovedfokus, fordi klimaendringene skjer i et ekstraordinært tempo her.
- Det er nesten som et naturlig laboratorium, sier Anne-Cathrine Flyen, ph.d. i arkitektur og spesialist på teknisk konservering ved Norsk institutt for kulturminneforskning.

Prosjektet omfattet også Finse på Hardangervidda, som med sin beliggenhet godt over tregrensa står overfor lignende utfordringer.

Feltarbeid, tekniske analyser og intervjuer med turister og guider avdekket fire sentrale sårbarhetsfaktorer: allmennhetens forståelse, stedets tilstand, fysisk skjørhet og bruksmønstre.

IKKE BYGD FOR Å VARE, MEN NÅ BESKYTTET

Et av paradoksene som Gry Alfredsen, koordinator for ArcticAlpineDecay ved Norsk institutt for bioøkonomi, trekker frem, er at mange av Svalbards trekonstruksjoner, som for eksempel mastene som bærer kulltaubanen i Longyearbyen, aldri var ment å vare i generasjoner.

- De ble bygd for å være i bruk så lenge gruvene produserte kull, ikke for å vare i hundre år, sier hun.

Utfordringen oppsto da Svalbardmiljøloven trådte i kraft i 2002 og ga automatisk vern til alt som stammer fra før 1946.



Over: Besøkende står i restene av en hytte ved den forlatte marmorgruven på Blomstrandhalvøya i Kongsfjorden, uten å være klar over at de kanskje er med på å skade det gamle tregulvet. Foto: Anne-Cathrine Flyen / Norsk institutt for kulturminneforskning

Motsatt side: Taubanen fra Longyearbyen ut mot lasterampen ved Hotellneset. Foto: Anne-Cathrine Flyen / Norsk institutt for kulturminneforskning

Plutselig ble midlertidige industribygg kulturarv, og ansvaret for å bevare dem for ettertiden ble et både juridisk og praktisk anliggende.

KLIMA, NEDBRYTNING OG TURISME

Mastene til kulltaubanen i Longyearbyen ble opprinnelig reist på ubehandlede trepæler som ble slått ned i permafrosten, og som fungerte som et stabilt, naturlig fundament.

Men etter hvert som permafrosten nå tiner dypere for hvert år, undergraves fundamentet, og mastene står i fare for å kollapse. Mastene er også utsatt for råteskader i overgangssonen mellom jord og luft.

Turismen er en ytterligere belastning. Mange besøkende, ofte i følge med guider, er ikke klar over hvor sårbare disse og andre kulturminner i tre er.



- De trækker på ting, og går gjennom dem, uten å vite at det er kulturarv. Mange steder, for eksempel en haug med gamle treplanker, er vanskelige å tolke og forstå, sier Anne-Cathrine Flyen.

Guider har en tendens til å fokusere på historie og mangler ofte opplæring i hvordan man kan ta vare på det fysiske miljøet. Enkle tiltak, som bedre skilting og sperringer, kan bidra til å redusere skadene, men tiltakene blir ikke alltid innført.

ALVORLIG RÅTE I MANGE MASTER

En sentral oppgave i ArcticAlpineDecay var å undersøke tilstanden til taubanens tremaster. Prosjektteamet tok små overflateprøver (2 x 2 x 5 cm) både nær bakkenivå og fra mastenes horisontale bjelker i rundt brysthøyde. Denne metoden var lite inngripende, samtidig som den ga nok materiale til at man kunne gjennomføre analyser.

Andre metoder var visuell inspeksjon, boring med et tynt bor for å vurdere innvendig råte og utføre mikroskopi, kjemisk analyse og DNA-metabarkoding.

Av de 22 mastene som ble undersøkt, var 17 sterkt forfalne, med stor fare for å kollapse. Dette er bekymringsfullt, siden slike konstruksjoner kan skade mennesker og materiell hvis de svikter.

- Det er ikke et spørsmål om hvorvidt, men når noen av disse konstruksjonene vil rase sammen. Risikoen er reell og overhengende, advarer Gry Alfredsen.

TRESOPP UTGJØR EN STADIG STØRRE TRUSSEL

DNA-sekvensering avdekket et rikt mangfold av trenaubrytende sopp. I nesten 90% av mastprøvene ble det påvist en aggressiv brunråteart.

Taubanemastene ved Hiorthhamn i snø og solnedgang. Trekonstruksjonen rundt gruveåpningen og gruvearbeidernes boligkvarter kan ses høyt oppe i fjellsiden, på de to solbelyste fjellryggene til høyre.

Foto: Anne-Cathrine Flyen / Norsk institutt for kulturminneforskning



- Brunr te er spesielt ødeleggende. Den har en nedbrytningsmekanisme som gjør at treverket svekkes mye raskere enn for eksempel ved hvitråte og mykr te, sier Alfredsen. - Denne typen nedbrytning utgjør sannsynligvis også en trussel mot trekonstruksjoner andre steder enn på Svalbard.

Lengre, varmere og våtere somre skaper gunstiger forhold for trenaedbrytende sopp og gjør at trekonstruksjoner brytes ned raskere.

- Når klimaet endrer seg, endres også vekstforholdene for trenaedbrytende sopp. Dette kan føre til økt risiko for råte, selv i områder som tidligere har hatt lave temperaturer og lite nedbør, sier Mari Sand Austigard, FoU-sjef hos Mycoteam.

- Kunnskap om hvordan sopp oppfører seg under ulike klimaforhold, er derfor avgjørende for   vurdere den fremtidige risikoen for svikt i trekonstruksjoner, særlig slike som er utsatt for v r og vind.

Prosjektteamet oppdaget også uventede arter som shiitake og sitron sterssopp, som kan ha kommet ut i naturen gjennom avfall og som følge av menneskelig aktivitet. Dette funnet understreker det komplekse samspillet mellom natur og kultur på disse stedene.

FORVALTNINGSUTFORDRINGER – OG –R D

I 2023 opprettet Svalbard museum et kompetansesenter for kulturarv. I henhold til avtaler med Sysselmesteren og Nærings- og fiskeridepartementet har senteret nå som oppgave   gi råd til, føre tilsyn med og sikre statseide bygninger og anlegg. Ansvaret omfatter fangsthytter, gruveanlegg og taubaneanlegg, som alle må vurderes og vedlikeholdes regelmessig. Tidligere ble disse oppgavene ivaretatt av Sysselmesteren og ulike statlige eiere.

- Sysselmesteren har fortsatt ansvaret for de lovpålagte oppgavene i henhold til svalbardmiljøloven, men det daglige bevaringsarbeidet er fortsatt en utfordring, sier Anne-Cathrine Flyen. - Store konstruksjoner som taubanemaster krever omfattende arbeid, og ressursene er begrensede. Sysselmesterens avdeling har bare to rådgivere for kulturarv.

Finansiering er tilgjengelig gjennom Svalbards miljøvernfond, men mange bygninger og anlegg trenger samordnet innsats fra flere aktører. Flyen anbefaler   utdanne turistguider for   øke bevisstheten,   sette opp skilting og sperringer og   ta i bruk langsiktige tekniske metoder for tilstandsvurdering.

ET UTGANGSPUNKT FOR FREMTIDIG BEVARING

Trekonstruksjonene i arktiske og alpine landskap i Norge er ikke bare levninger fra en fjern fortid; de er et uttrykk for menneskets motstandskraft og evne til   tilpasse seg tøffe omgivelser.

- De hjelper oss med   sette livene v re inn i en sammenheng, sier Flyen. - Mange besøkende opplever at disse fortidsminnene gir dem en dypere opplevelse av naturen. Vi har også mye   lære av tradisjonelle byggemetoder når vi nå skal tilpasse oss et stadig varmere klima.

Resultatene fra ArcticAlpineDecay-prosjektet, som ble avsluttet i desember 2025, understreker hvor viktig det er med systematisk overvåking, bedre forvaltningsverktøy og tydelig kommunikasjon for   beskytte disse fortidsminnene i tre. For   bevare dem trengs det et tett samarbeid mellom forskere, kulturforvaltere, beslutningstakere og lokalsamfunn.

- Vi har etablert et sammenligningsgrunnlag, slik at vi gjennom langsiktig overvåking etter hvert kan si noe om hvordan klimaendringer påvirker kulturarven i nord, sier Gry Alfredsen. - Siden mange byggverk konstruksjonsmessig ligner Svalbards taubanemaster, gir tilstanden til disse mastene viktige holdepunkter hvordan det vil gå med slike sårbare kulturminner i framtiden. ■



Øverste foto: Forskerne Anne-Cathrine Flyen og Atle Wehn Hegnes i den tidligere gruvebyen London på Blomstrandhalv ya i Kongsfjorden på Svalbard, hvor turister ble intervjuet og observert i felt. Selv om hytta bak dem er fredet som kulturminne, er den fortsatt i bruk og derfor godt vedlikeholdt. Foto: Anne-Cathrine Flyen / Norsk institutt for kulturminneforskning

ArcticAlpineDecay (2021-2025)

Fullt navn: Foringelse og nedbrytning av kulturminner i tre i arktiske og alpine miljøer

Prosjektkoordinator
Gry Alfredsen / NIBIO

Prosjektpartnere: NIBIO, Norsk institutt for kulturminneforskning, Det Kongelige Danske Akademi, Mycoteam AS, Store Norske Spitsbergen Kulkompani, Kings Bay AS, Riksantikvaren, DNT Oslo og Omegn, Vestland fylkeskommune

Finansiering: Norges forskningsråd

Nettside: <https://www.nibio.no/en/projects/arctic-alpine-decay>

LES MER:

Alfredsen G, Altgen M, Austigard MS et al. (2005) Characterisation of wood decay and fungal diversity in cultural heritage cable car pylons in Svalbard. npj heritage science 13: 463, <https://www.nature.com/articles/s40494-025-02041-x>

Flyen AC, Flyen C, Hegnes AW (2003) Exploring vulnerability indicators: Tourist impact on cultural heritage sites in High Arctic Svalbard. Heritage 6(12): 7706–7726, <https://doi.org/10.3390/heritage6120405>

Nederste foto: Under feltarbeid på Svalbard er faren for isbjørner reell. Når hun sitter isbj rnvakt, må forsker Anne-Cathrine Flyen holde seg aktiv og våken. Her ved taubanemastene i Adventdalen, fra Gruve 6 til Longyearbyen. Foto: Brita Flyen Bolin

Line Rouyet, Elisabeth Angell, Lotte Wendt og Tom Rune Lauknes // NORCE Research AS
 Ionut Cristi Nicu, Lise Loktu og Alma E Thuestad // Norsk institutt for kulturminneforskning
 Lena Rubensdotter // Norges geologiske undersøkelse
 Anatoly Sinitsyn og Yared Bekele // SINTEF AS
 Hanne H Christiansen*, Maaïke F Weerdesteijn og Matthieu Leydier // Universitetssenteret på Svalbard



Tining av permafrost truer både kulturarv og moderne bygninger på Svalbard

FORSKERNE FORTELLER

Svalbards kulturarv og infrastruktur står overfor stadig større risikoer etter hvert som klimaendringer gjør at permafrosten tiner og gir ustabil grunn. I prosjektet PermaRICH har eksperter fra ulike fagområder analysert risiko og gitt råd til myndighetene.

Eksempler på kulturminner og moderne bygninger på Svalbard.

Venstre: Taubanesentralen, Longyearbyen.

Til høyre: Hus på pæler i permafrost, Longyearbyen.

SVALBARDS KULTURARV OG INFRASTRUKTUR står overfor stadig større risikoer etter hvert som klimaendringer gjør at permafrosten tiner og gir ustabil grunn. I prosjektet PermaRICH har eksperter fra ulike fagområder analysert risiko og gitt råd til myndighetene.

Svalbard har en rik kulturarv, med spor etter hvalfangst, pelsjakt, utvinning av naturressurser og militær virksomhet. Dette er blant de best bevarte historiske arkivene i det europeiske Høyarktis og gir unik innsikt i samspillet mellom mennesker og miljø i tidligere tider. Menneskelig aktivitet er fortsatt omfattende i dag, særlig i og rundt Longyearbyen, Barentsburg og forskningsstasjoner som Ny-Ålesund.

I landskapet på Svalbard finnes permafrost - jord som forblir frossen hele året typisk hvor der ikke er breer. Det øverste laget tiner hver sommer, og fryser igjen om høsten. Dette kalles det aktive laget. Etter hvert som Arktis blir varmere, blir dette øverste aktive laget tykkere. Dette kan gi potensielt farlige terrengbevegelser, både i skråninger og på flatmark.

I løpet av de siste tre årene har Framsenterets PermaRICH-prosjekt studert hvordan permafrostprosesser og terrengbevegelser kan påvirke kulturminner og moderne bygninger på Svalbard. I prosjektet deltar eksperter fra fagområder som

geologi, geografi, jordobservasjon, byggeteknikk, arkeologi og samfunnsvitenskap, som har bragt frem ny kunnskap om permafrostforhold og bakkedynamikk i og rundt Longyearbyen og Ny-Ålesund - og mulige konsekvenser av endringer i disse forholdene.

TINING AV PERMAFROST OG RISIKOSTYRING

Selv om den siste svalbardmeldingen (Meld. St. 26 (2023-24)) og noen få andre dokumenter nevner tining av permafrost, har nasjonale myndigheter kun viet temaet begrenset oppmerksomhet. Norge har ingen myndighet med overordnet ansvar for tining av permafrost. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har ansvar for overvåking av geofarar, Miljødirektoratet har ansvar for klimatilpasning og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har ansvar for beredskap. Statlige sektororganer har riktig nok ansvar for konsekvensene av tining av permafrost innenfor sine respektive ansvarsområder. For eksempel har Statsbygg ansvar for klimatilpasning av sine bygninger, Avinor har ansvar for tiltak for å sikre flyplasser og Riksantikvaren må sikre kulturminner mot skader fra klimaendringer.

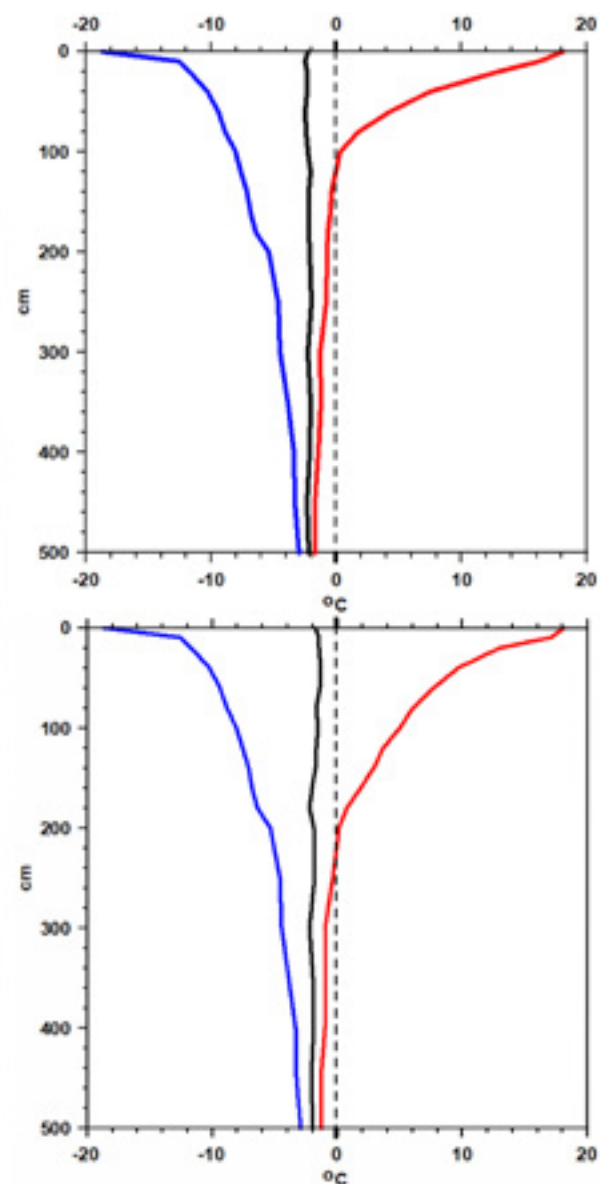
Myndighetene på Svalbard, Sysselmasteren og Longyearbyen Lokalstyre, tar hensyn til tining av permafrost i beredskapsarbeid og i arbeidet med klimatilpasning. Imidlertid fører stor utskiftning ? blant både innbyggere og offentlige ansatte til begrenset «institusjonelt minne». Denne utfordringen øker behovet for en helhetlig nasjonal tilnærming og støtte på dette området. Myndigheter og bedrifter med lang erfaring fra Svalbard har verdifull kunnskap som må tas vare på og deles. Bedre koordinering mellom etater og tydeligere oppfølging av ansvarsområder vil være til nytte for lokale aktører og bidra til en mer effektiv risikostyring.



© Kolibri Geo Services



© Kolibri Geo Services



PERMAFROSTFORHOLD I LONGYEARBYEN

I Longyearbyen ble det først i 2019 startet kontinuerlige målinger av temperaturer i permafrosten. Inntil da hadde ikke permafrosten forholdene i grunnen under noen infrastruktur blitt målt systematisk. I regi av PermaRICH ble det boret hull ned til 5 meters dybde ved én taubanebukk og ved den gamle taubanesentralen, som begge ligger sentralt i Longyearbyen i 2023.

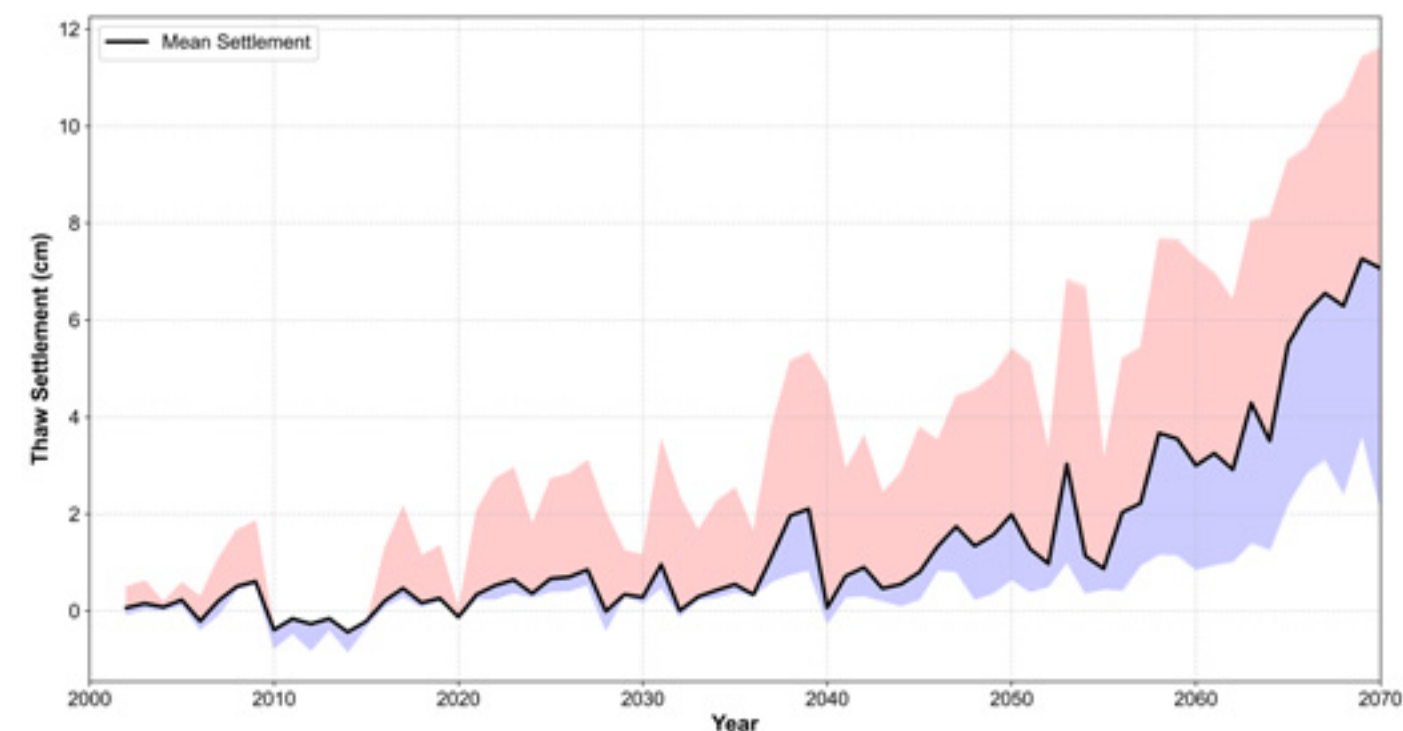
Målet vårt var å ta prøver av permafrosten disse stedene for å undersøke hvordan permafrosten vil reagere i et varmere klima. Bakken under kulturminnene virket mye løsere og mer

PermaRICHs overvåking av permafrosten i Longyearbyen.

Øverste rad: Boring ved siden av en taubanebukk våren 2023 (til venstre) og måling av jordtemperaturer i 2024–2025 (til høyre).

Nederste rad: Boring under den gamle taubanesentralen våren 2023 (til høyre) og måling av jordtemperaturer i 2024–2025 (til høyre). Maksimumsverdier (rød linje), gjennomsnittsverdier (svart linje) og minimumsverdier (blå linje). Horizontal akse: bakketemperatur; vertikal akse: dybde.

Grafer: Hanne H Christiansen / Aarhus Universitet og Universitetssenteret på Svalbard



Forventet utvikling av tinesetningen i Longyearbyen. Tinesetningen holder seg relativt lav og stabil frem til rundt 2040, hvoretter den begynner å øke jevnt, med en markant økning både i gjennomsnittsverdi (svart linje) og varians (skravert område). Innen 2070 kan setningen komme til å overstige 10 cm, basert på de mest ekstreme scenarioene.

Graf: Yared Bekele og Anatoly Sinitsyn / SINTEF AS

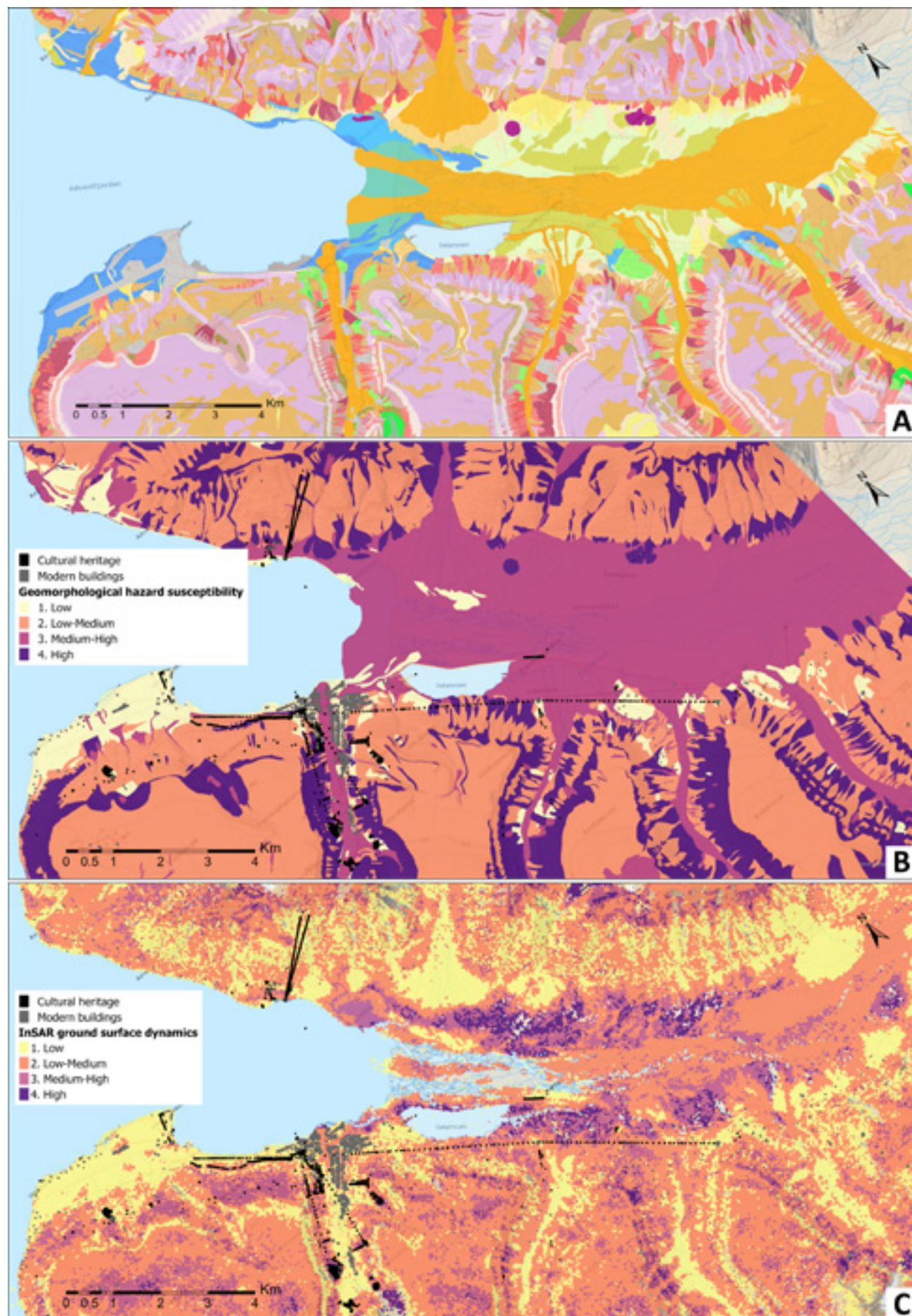
FREMTIDIG KLIMA OG TINESETNING

Vi har undersøkt hvordan klimaendringer, tinende permafrost og smeltende bakkeis kan påvirke stabiliteten til bygninger og kulturminner i Longyearbyen og Ny-Ålesund. Klimaprognoser tyder på en jevn oppvarming frem til 2070. Det vil gi tykkere aktive lag og høyere temperaturer i permafrosten. Vi undersøkte hvordan disse endringene kan påvirke to hovedtyper av prosesser: tinesetning, der bakken synker sammen fordi isen smelter, og kryptsetning, der frossen jord gradvis deformeres under vedvarende belastning. Disse effektene ble undersøkt på bygninger med ulike fundamenttyper.

Resultatene viser at det aktive laget har blitt tykkere, og at det derfor vil bli mer tinesetning. For bygninger på pæler vil den delen av pælene som forblir frossen hele året, bli kortere, noe som reduserer hvor stor belastning de trygt kan bære. Kryptsetningen er mindre, men bidrar likevel til den totale belastningen. Ved grunne fundamenter kan både tining og krypt føre til mer merkbar setning. Samlet viser studien at grunnbevegelser forårsaket av et varmere klima kan true den langsiktige stabiliteten til bygninger på Svalbard.

forstyrret enn naturlige sedimenter i de delene av Longyearbyen der det var blitt tatt kjerneprøver tidligere. Derfor klarte vi ikke å hente ut frosne kjerneprøver til analyse. At vi ikke lyktes med å ta kjerneprøver, tyder på at isinnholdet er relativt lavt, og at fremtidig permafrosttining neppe vil føre til omfattende innsynkning på disse stedene.

Det ble installert temperatursensorer i borehullene, og målingene viser at permafrosten i disse områdene er relativt varm, mellom $-1,3\text{ °C}$ og $-1,7\text{ °C}$ i 5 meters dybde. Det aktive laget er ca. 1-2 meter tykt, godt innenfor gjennomsnittet for tilsvarende målinger tatt i permafrost borehuller i andre dele av Longyearbyen.



Nye kart for farevurdering i Longyearbyen og Adventdalen.

A) Nytt geomorfologisk kart i henhold til den norske SOSI-standard for kvartærgeologiske kart, tilpasset arktiske forhold og PermaRICH-målene.

B) Fire nivåer av geomorfologisk sårbarhet for permafrostrelaterte farer (lav-høy).

C) Forenklet InSAR-kart som viser fire nivåer av bakkedynamikk (lav-høy) fra sesongmessige og årlige overflatebevegelser.

Kart: Lena Rubensdotter / Norges geologiske undersøkelse og Line Rouyet / NORCE

VURDERING AV NATURFARER

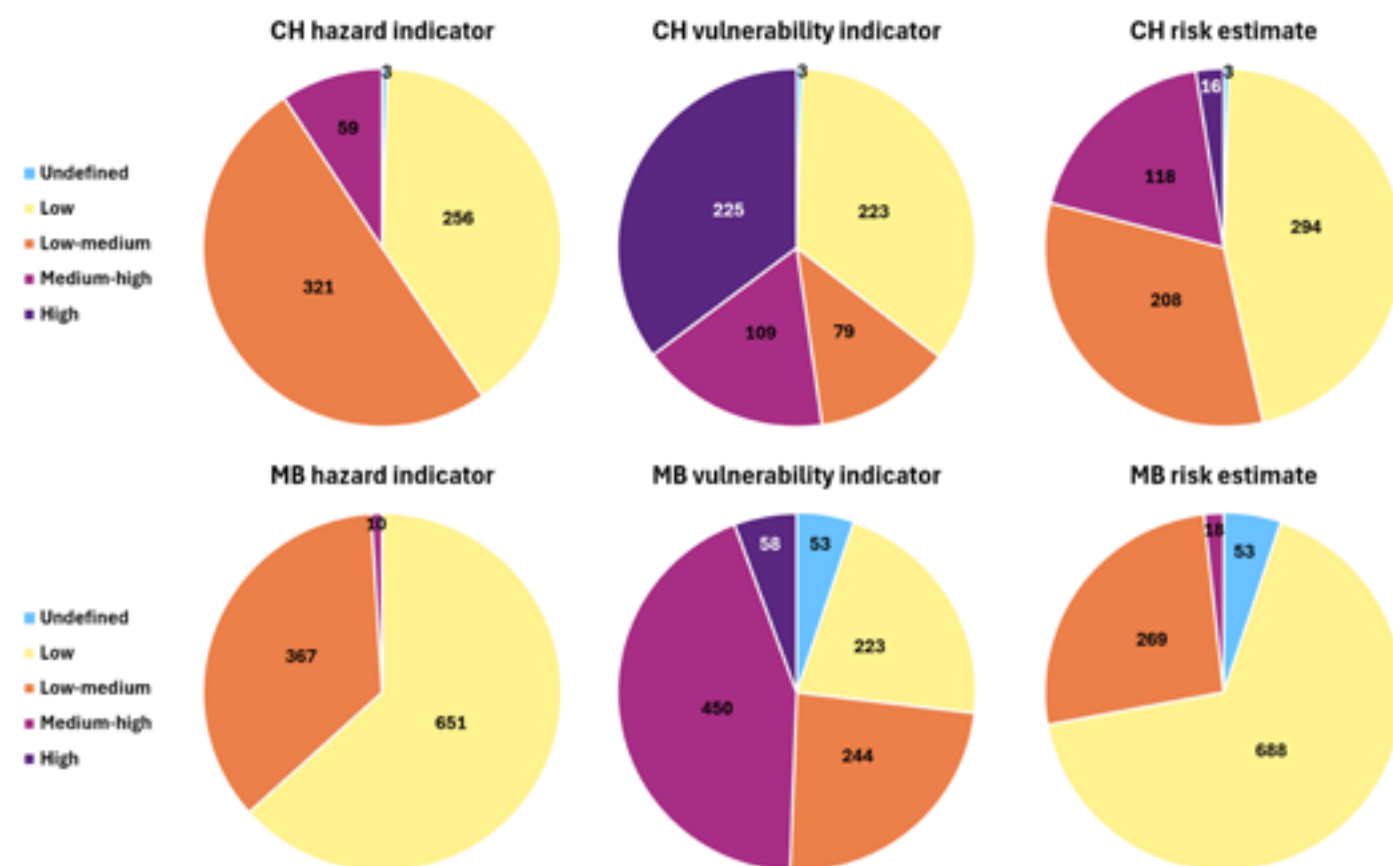
En rekke naturlige prosesser - som innsynkning som følge av ismelting i bakken, snøskred, steinsprang, flomskred, flom og erosjon langs elver og kystlinjer - kan true kulturminner og moderne bygninger i permafrostområder. I enhver fareanalyse må man først kartlegge hva slags farer man står overfor, hvordan ulike prosesser kan utgjøre en trussel, og hvordan prosesser og overflatemateriale fordeler seg i landskapet. Ved hjelp av moderne flyfoto, gamle kart og feltbesøk har vi laget nye, detaljerte geomorfologiske kart som viser fordelingen av landformer, prosesser og avsetninger. På grunnlag av disse kartene har vi deretter utarbeidet indikatorer som viser hvor permafrostrelaterte prosesser kan være en trussel mot kulturminner og bygninger.

I tillegg benyttet vi en avansert måleteknikk kalt InSAR, som sammenligner satellittbilder tatt på forskjellige tidspunkter, for å måle hvordan terrengoverflaten beveger seg gjennom tineperioden om sommeren, og fra år til år. Sammen danner de geomorfologiske kartene og InSAR-kartene over terrengbevegelser et grunnlag som gjør det mulig å foreta en samlet vurdering av potensialet for flere typer naturfarer. Kartene på side X viser noen av de nye dataene for området rundt Longyearbyen og Adventdalen. Lignende datasett er utarbeidet for Brøggerhalvøya og Ny-Ålesund.

SÅRBARHETSVALDERING

Sårbarhet defineres som sannsynligheten for at en person eller en gjenstand vil bli skadet når noe farlig inntreffer. Vi analyserte 639 kulturminner og 1028 moderne bygninger i og rundt Longyearbyen, samt 90 kulturminner og 128 moderne bygninger i Ny-Ålesund. I PermaRICH har vi utviklet en kvalitativ sårbarhetsskala fra 1 (lav) til 4 (høy) for å klassifisere sårbarheten til de undersøkte stedene og bygningene.

Kriteriene som brukes til å vurdere sårbarhet er forskjellige for kulturminner og moderne bygninger. Når det gjelder kulturminner analyserte vi type, form og materiale, og vurderte hvordan hver kategori ville bli påvirket av permafrostrelaterte farer. Når det gjelder moderne bygninger, ble sårbarheten kun vurdert ut fra bruksformål og samfunnsfunksjon. Kulturminner og moderne bygninger er til en viss grad overlappende kategorier. Noen gamle bygninger er fortsatt i bruk og ble derfor sårbarhetsvurdert med tanke på både historisk verdi og lokalbefolkningens bruk.



Kvalitative estimater av fare, sårbarhet og risiko i Longyearbyen. Slike resultater kan også vises på et kart, slik at man kan analysere bestemte steder eller fokusere på objekter med høyest skårer.

Øverste rad: Fordeling av indikatorene for 639 kulturminner (CH).

Nederste rad: Fordeling av indikatorene for 1028 moderne bygninger (MB). Det er utarbeidet tilsvarende estimater for Ny-Ålesund.

Grafikk: Ionut Cristi Nicu / Norsk institutt for kulturminneforskning, Line Rouyet / NORCE og Lena Rubensdotter / Norges geologiske undersøkelse

INTEGRERT RISIKOVURDERING

Risiko defineres som sannsynligheten for at noe uheldig skal skje, basert på hvor farlig en situasjon er, og hvor sårbare objektene er. I PermaRICH har vi utviklet en indikator som kombinerer resultatene fra den permafrostrelaterte fareanalysen og sårbarhetsvurderingen av bygninger og kulturminner. Risikoestimatet er kvalitativt og relativt. Det er en måte å oppsummere informasjonen på, som et supplement til lokal kunnskap og andre forvaltningskriterier, når konkrete tiltak skal prioriteres. Risikoestimatene er formidlet til de lokale interessentene, sammen med kartene som har blitt utarbeidet, og alle mellomliggende indikatorer, slik at resultatene kan skreddersys ulike bruksområder i kulturminneforvaltning og samfunnsplanering.

KONKLUSJONER OG FREMTIDSUTSIKTER

PermaRICH-prosjektet har samlet inn og analysert et bredt spekter av ny informasjon om permafrost, naturfarer og risiko på Svalbard. Alle data og resultater skal gjøres fritt tilgjengelige, slik at lokale brukere på Svalbard og andre kan benytte seg av dem. Vi håper at prosjektet vil bidra til bedre løsninger for forvaltningen av kulturminner og infrastruktur og bidra til reduserte farer og økt sikkerhet. ■

LES MER:

Nettsiden til PermaRICH-prosjektet:
<https://www.norcerecherche.no/en/projects/permarich-advanced-mapping-and-monitoring-for-assessing-permafrost-thawing-risks-for-modern-infrastructure-and-cultural-heritage-in-svalbard>

Bekele Y, Sinitsyn A (2025) Evaluation of foundation settlements for selected cultural heritage structures under climate change impacts. SINTEF-rapport 2025:00370. ISBN: 978-82-14-07476-5, <https://www.sintef.no/prosjekter/2023/permarich/>

Angell E (2024) Myndigheters policy om tining av permafrost og skred i Longyearbyen. Rapport nr. 1, NORCE. <https://hdl.handle.net/11250/3128621>

Akvaplan-nivas undervannsglider, Slocum G3 (Teledyne Webb Research), med en hydrofon montert på «ryggen».
Foto: Kypros Sub Sea / Akvaplan-niva

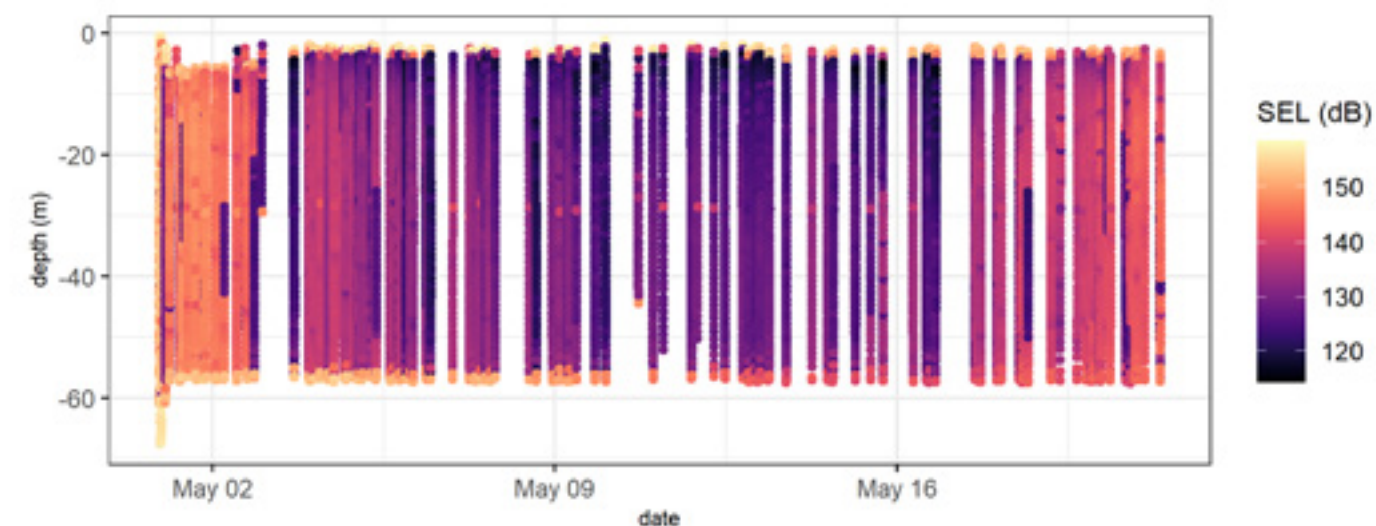


Virginie Ramasco og Katherine Dunning // Akvaplan-niva
Geir Pedersen og Tonje Nesse Forland // Havforskningsinstituttet

Kartlegger lydavtrykket fra marine seismiske undersøkelser ved hjelp av glidere

FORSKERNE FORTELLER

Ved marine seismiske undersøkelser benyttes kraftige, lavfrekvente undervannslydbølger for å kartlegge strukturer under havbunnen, for eksempel oljereservoarer. Siden lydbølgene sprer seg over store avstander, må man foreta målinger over store områder for å finne ut hvilken miljøpåvirkning de har, for eksempel i hvilken grad de forstyrrer den marine faunaen.



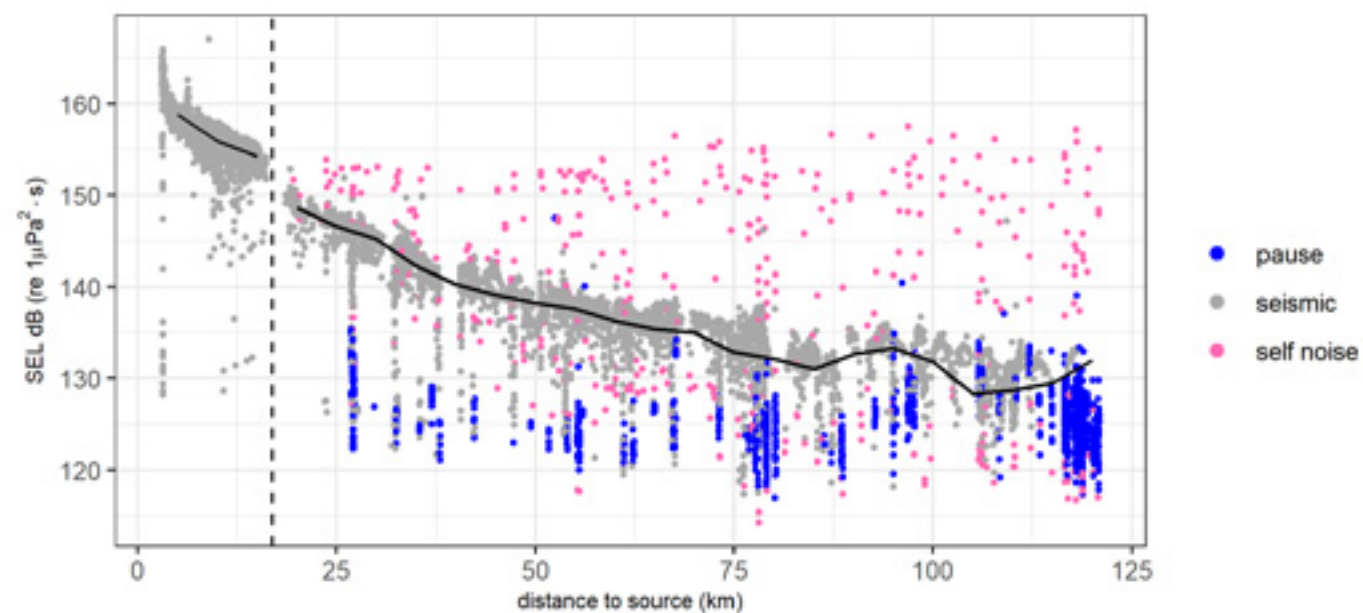
Estimerte lydeksponeringsnivåer (SEL) fra glideren før datarensing. De høyeste SEL-verdiene oppnås ved overflaten og ved maksimal dykkedybde, når glideren endrer helling og oppdrift. SEL-verdiene gikk også gradvis ned og deretter opp igjen etter hvert som glideren beveget seg bort fra lydkilden og tilbake for å måle støynivået på ulike avstander. Graf: Virginie Ramasco / Akvaplan-niva

SEISMISKE UNDERSØKELSER benyttes ofte i forbindelse med leting, utvinning og overvåking av olje og gass, ikke minst i Nordsjøen, hvor det også lever mange marine dyr. Glider II-prosjektet, som ble gjennomført av Akvaplan-niva i samarbeid med et olje- og gasselskap, hadde som mål å undersøke om bruk av autonome gliderplattformer til anvendt vitenskapelig forskning kunne bidra til å løse operasjonelle utfordringer i olje- og gassindustrien. Et av delmålene med prosjektet var å undersøke om glidere kunne brukes til passiv akustisk overvåking av seismiske operasjoner. Passive akustiske målinger kan være nyttig for å undersøke hvordan lyden brer seg fra kilden, hvor mye lyd den marine faunaen eksponeres for på forskjellige avstander, og hvilken virkning slik eksponering har.

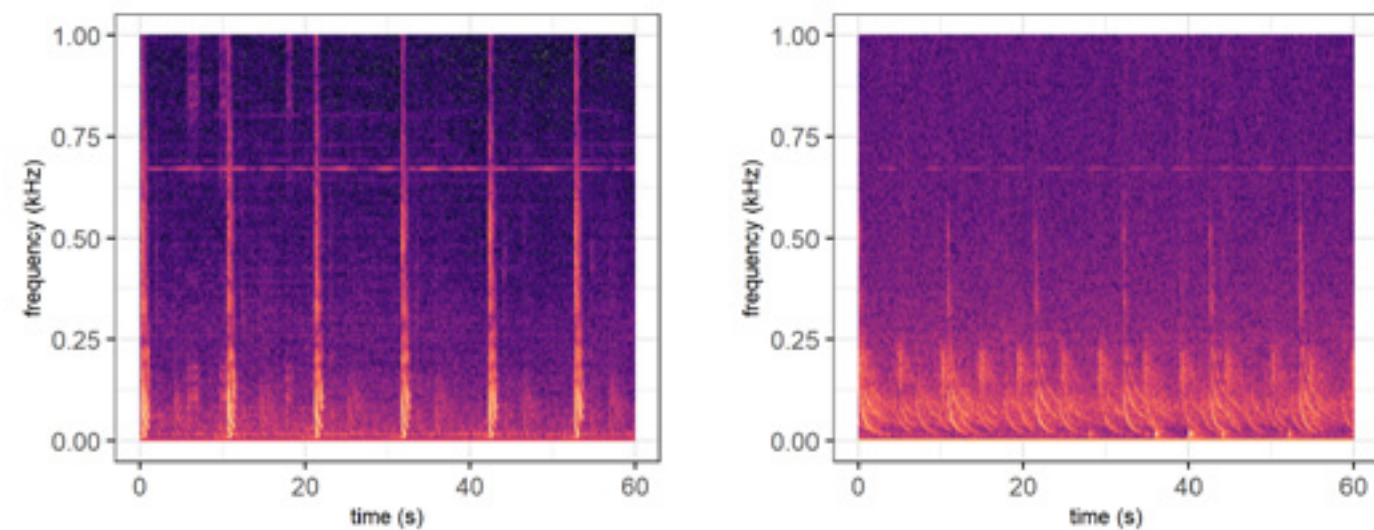
I denne sammenheng ble det satt ut en undervannsglider utstyrt med hydrofon under en av de regelmessige seismiske undersøkelsene som olje- og gassindustrien gjennomfører for å overvåke tilstanden til reservoarene ved et utvinningssted i Nordsjøen. Rundt disse olje- og gassinstallasjonene, i et område på ca. 12 x 8 km, gjennomføres det jevnlig seismiske undersøkelser. Under disse undersøkelsene seiler et seismisk fartøy frem og tilbake i flere uker langs parallelle undersøkelseslinjer og fyrer av seismikkudd hver 25. meter (ca. hvert 10. sekund) for å kartlegge de underjordiske reservoarene.

Under den seismiske undersøkelsen våren 2022 ble Akvaplan-nivas autonome undervannsglider brukt til å måle lydnivåene gjennom hele vannsøylen i en avstand på mellom ca. 20 og ca. 120 km fra det operative seismiske fartøyet (dvs. lydkilden). Målet var å vurdere om seismikkudd kunne påvises på en pålitelig måte over bakgrunnsstøyen på slike avstander. Vi ønsket også å teste om denne farkosten var en pålitelig plattform for dette formålet under operative forhold.

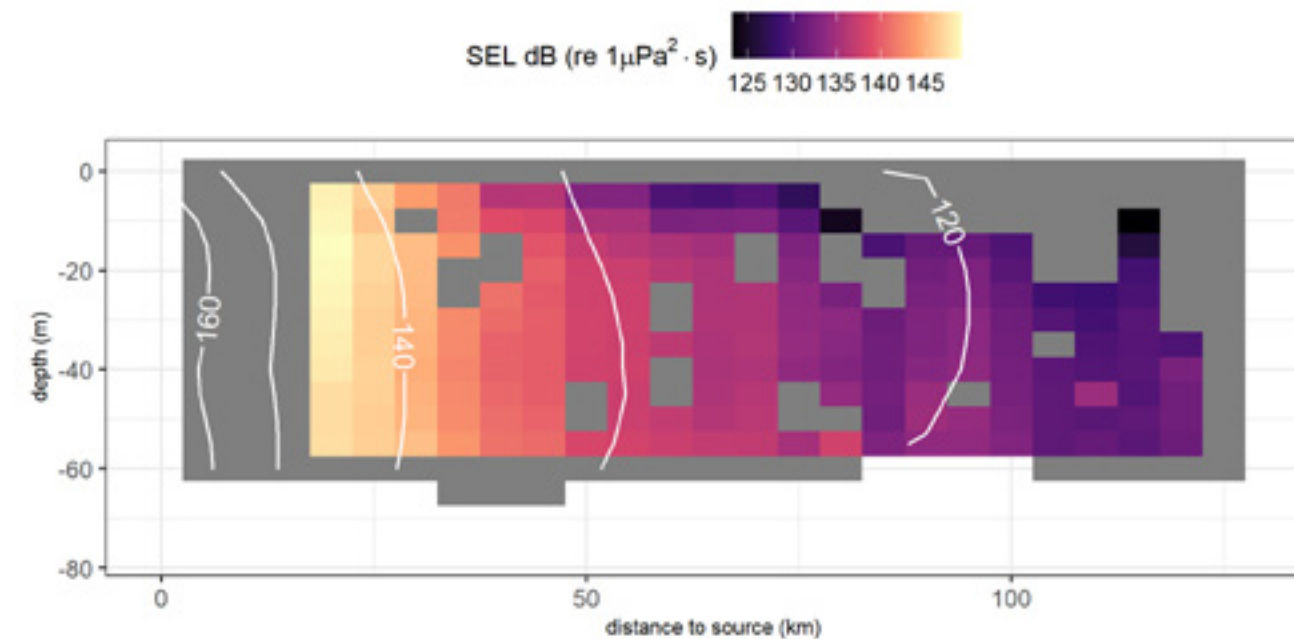
Etter at glideren var hentet opp, ble lydmålingene lastet ned og analysert for å kartlegge de viktigste kildene til støyforstyrrelser og for å skille ut lyden som kunne tilskrives de seismikkuddene. Undervannsglidere er svært stillegående plattformer som egner seg svært godt til passiv akustisk overvåking. Det avgis imidlertid noe støy fra interne komponenter når gliderne endrer oppdrift og helling for å bevege seg gjennom vannet. Støyen oppstår vanligvis når man skifter mellom nedadgående og oppadgående glidning, eller omvendt. Disse endringene skjer hovedsakelig nær havoverflaten og på de største dybdene; derfor forekom det meste av den interne støyen på bestemte dybder, noe som gjorde det lettere for forskerteamet å identifisere og eliminere støyen ved å filtrere bort dataene fra disse dybdene.



Klassifisering av lydeksponeringsnivåer målt av undervannsglideren. De rosa prikkene viser SEL-verdiene som er identifisert som egenstøy. Disse verdiene avtar ikke i intensitet med avstanden fra den seismiske kilden og kan dermed ikke tilskrives seismikkskyting. Seismisk støy (grått) på avstander nærmere enn ca. 17 km (stiplet vertikal linje) ble målt av en forankret hydrofon. Bakgrunnsstøyen (blå) var relativt konstant uavhengig av avstand.
Graf: Virginia Ramasco / Akvaplan-niva



Spektrogrammer som viser seismikkskudd målt av gliderens hydrofon 20 km (til venstre) og 120 km (til høyre) fra lydkilden. Skalaen fra mørk til lys farge viser økende lydintensitet.
Graf: Virginia Ramasco / Akvaplan-niva



SEL-verdier vist langs avstand fra kilden og dybde. Legg merke til at lydintensiteten avtar med avstanden, og at utbredelsen er forskjellig ved overflaten og på dypet.
Graf: Virginia Ramasco / Akvaplan-niva

Lydeksponeringsnivåene (SEL-verdier) ble beregnet ut fra de rensede dataene. Dette er et mål på lydintensiteten integrert over en tidsperiode. I dette eksempelet ble det brukt 10 sekunder som integrasjonsperiode, noe som grovt sett tilsvarer tiden mellom to skudd. SEL er et mål på i hvilken grad det marine habitatet eksponeres for støy, og spiller en viktig rolle i miljøkonsekvensutredninger.

For å identifisere det generelle bakgrunnsstøynivået i området ble det beregnet SEL-verdier i perioder uten seismisk aktivitet. Dette skjedde jevnlig gjennom hele undersøkelsen. Lyd som var høyere enn bakgrunnsstøyen i perioder med aktiv seismikkskyting, ble tilskrevet seismisk aktivitet. Den resulterende klassifiseringen av estimerte SEL-verdier over tid ble sammenlignet med en nærliggende forankret hydrofon for kvalitetssikring. SEL-verdiene viste et realistisk avtagende mønster med avstanden fra lydkilden og stemte overens med de absolutte verdiene som ble målt av hydrofonen.

Seismikkskudd kunne identifiseres i spektrogrammene (dvs. bilder av lydintensiteten etter frekvens og tid) både på ca. 20 km og ca. 120 km avstand. Ved 20 km kan skuddene oppfattes som separate lyder med høyere intensitet med 10 sekunders mellomrom. Ved en avstand på 120 km når lydbølger fra samme skudd mottakeren (dvs. hydrofonen på glideren) på forskjellige tidspunkter på grunn av refleksjoner og brytninger underveis; derfor kan ikke hvert enkelt

skudd identifiseres klart i tid. Seismisk aktivitet er imidlertid fortsatt tydelig synlig på denne avstanden, og SEL-verdiene ligger over bakgrunnsstøyen.

Disse målingene kan brukes til å forstå eksponeringen av marine dyr i ulike avstander fra den seismiske kilden, til å validere lydutbredelsesmodeller og til å knytte eksponeringen til en potensiell effekt på dyrene. Det innovative ved undervannsgliderteknologien ligger i gliderens evne til å levere flerdimensjonal informasjon, ikke bare med avstand fra lydkilden, men også gjennom hele vannsøylen. Vår studie bekreftet at slike plattformer utgjør en effektiv, kostnadseffektiv og klimavennlig løsning for overvåking av støynivåer, både horisontalt og vertikalt.

Målingene viste at lyden spredte seg lenger på mellomstore havdyp, og ikke like langt langs bunnen og ved overflaten. Slik informasjon er verdifull når man skal validere modeller for lydutbredelse, særlig over store avstander, og gir dermed et viktig bidrag til kunnskapen vår om miljøpåvirkningen av seismiske undersøkelser. Disse målingene ble brukt til å sammenligne ulike lydutbredelsesmodeller og velge den modellen som gir den mest pålitelige beregningen av lydeksponering. Resultatene fra denne konkrete undersøkelsen er omtalt i en artikkel som for øyeblikket er under fagfelleevaluering. ■

Ane K Engvik, Håvard Gautneb og Janja K Solberg // Norges geologiske undersøkelse

Grafitt – et mineral for fremtiden

FORSKERNE FORTELLER

Norges geologiske undersøkelse utfører feltarbeid i Nord-Norge for å kartlegge gamle gneiser og granitter. Innimellom disse to svært vanlige bergartene finner vi også en annen bergart, skifer, som kan inneholde store mengder grafitt – et mineral som er avgjørende for vår moderne livsstil.



Grafitt kjennetegnes av at det farger tommelen grå.
Foto: Ane K Engvik / NGU

Rester etter gruvedrift i nærheten av Sortland, der det tidligere ble utvunnet grafitt. Foto: Ane K Engvik / NGU

Skinrende sølv-svarte krystaller av flakgrafitt.
Foto: Håvard Gautneb / NGU

GRAFITT, NORD-NORGES SVARTE SØLV, er ofte vanskelig å få øye på, siden det gjerne forekommer sammen med tett vegetasjon eller i forvitret form på strender langs kysten. Men geologenes trente øyne vet hva de skal se etter. Når skiferen er rik på grafitt, får den et sølv-svart, skinnende preg. Vi gnir tommelen mot en blank, svart bergflate, og hvis tommelen blir grå, vet vi at skiferen inneholder mye grafitt.

Grafitt består utelukkende av grunnstoffet karbon (C) og er et av de mykeste mineralene vitenskapen kjenner til. Dets fysiske egenskaper bestemmes av krystallstrukturen. Gitteret av karbonatomer i grafitt består av tynne lag som glir lett langs hverandre. Det er nettopp dette som skjer når vi skriver med blyant: «Blyet» i en blyant er egentlig grafitt, som avgir lag når den skraper mot papiret. Det samme skjer når vi bruker tommelen til å undersøke om det er grafitt på bergflaten.

ET VIKTIG RÅSTOFF

Grafittforekomstene i Nord-Norge har vært kjent i lang tid; noen av dem, som de i Vesterålen, ble nevnt allerede på 1850-tallet. Gamle gruvesjakter, værbitte trekonstruksjoner, forseglede borehull og gjengrodde slagghauger vitner om at det en gang har blitt drevet grafittutvinning. Men siden den gang har vår kunnskap om - og vår bruk av - mineralet endret seg.

I dag har grafitt blitt et attraktivt mineral som geologene igjen er på jakt etter. Det er blitt klassifisert som et kritisk råstoff fordi det har stor økonomiske betydning, og fordi endringer i de geopolitiske forholdene kan gjøre tilgangen usikker. På Senja i Troms ligger en av dagens viktigste grafittgruver i Europa.

Forløperen til grafitt er som oftest organisk materiale dannet gjennom fotosyntese. Grafittdannelse (grafittisering) er i korte trekk en termisk prosess i to trinn: Når temperaturen stiger, fjernes først ikke-karbonholdige komponenter (hydrogen og vann), og ved temperaturer over 700°C omdannes alt organisk materiale til grafitt. Hvis grafitt inngår i andre mineraler, som kvarts og feltspat, dannes det såkalt flakgrafitt. Vårt arbeid med mineral-karakterisering og isotopmålinger av grafitt i Nord-Norge bekrefter denne opprinnelsen. Dette geologiske miljøet finner vi i gneisområdene i Nord-Norge, der bergarten ble dannet og omdannet ved høye temperaturer dypt nede i jordskorpen for millioner og milliarder av år siden.

SPORBAR UNDER LAND OG VANN

Grafittforekomster ligger vanligvis skjult i områder med tett vegetasjon - ikke bare fordi grafittskiferen lett forvitrer, men også fordi den ofte forekommer sammen med karbonatbergarter, som gir gode vekstforhold. Det er derfor vi må lete for å finne grafitt. Heldigvis hjelper moderne metoder oss i letingen etter nye grafittforekomster.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har siden 2012 gjennomført en ny kartlegging av grafittforekomstene på Senja og i Vesterålen. Dette arbeidet er fortsatt svært aktuelt. Grafitt er en god elektrisk leder. Når man leter etter grafitt, utfører man derfor geofysiske undersøkelser med fly og helikoptre utstyrt med innretninger for måling av elektrisk ledningsevne. Potensielle grafittforekomster kan oppdages gjennom fjell, under myrer og over fjorder. Med støtte fra de berørte kommunene følges mineralprospekteringen opp nede på bakken med mer detaljerte undersøkelser, berggrunnsboring og innsamling av bergartsprøver. I dette arbeidet har NGU-ansatte innen geofysikk, mineralressurser, bergartsgeologi og laboratorievitenskap samarbeidet.

Kan det ikke dyrkes eller jakes på? Utvinn det! Helt siden tidlig i historien har berggrunnen vært brukt som ressurs og bidratt til sivilisasjonenes utvikling. I dag bruker vi råstoffer fra berggrunnen i alle deler av det moderne livet, ikke bare i bygninger og transport, men også i de mest hverdagslige gjøremål. Med dagens etterspørsel etter grønne energiløsninger er det behov for nye mineralressurser for å sikre videre utvikling av samfunnet vårt.

Grafitt brukes som smøremiddel, i metallurgisk industri og i de oppladbare batteriene som trengs for å realisere omleggingen til elektrisk transport. Dette skinnende sølv-svarte mineralet er avgjørende for det moderne samfunnet. ■

LES MER:

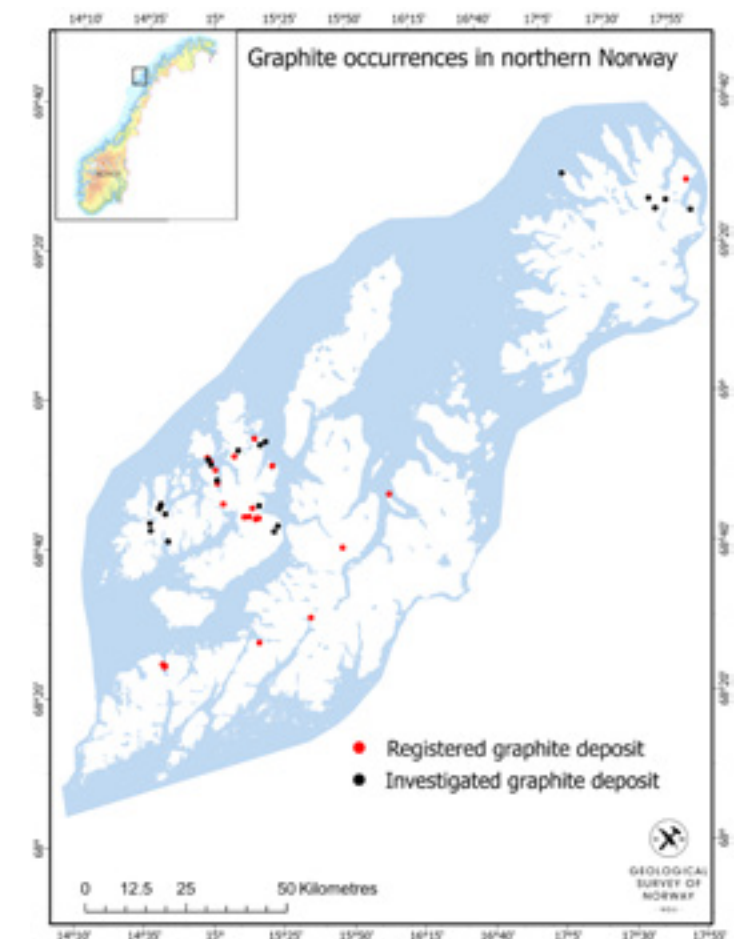
Nettside om grafitt: <https://www.ngu.no/en/geological-resources/graphite-norway>

Engvik AK, Gautneb H, Mørkved PT, Knežević Solberg J, Erambert M (2023) Proterozoic Deep Carbon—Characterisation, Origin and the Role of Fluids during High-Grade Metamorphism of Graphite (Lofoten–Vesterålen Complex, Norway). *Minerals* 13(10):1279, <https://doi.org/10.3390/min13101279>

Gautneb H, Rønning JS, Larsen BE (2023) A step towards meeting battery raw material demand: the geology and exploration of graphite deposits, examples from northern Norway. *Geological Society, London, Special Publications* 526: 251–265, <https://doi.org/10.1144/SP526-2021-180>



Blant de vanlige harde gneis- og granittbergartene i Vesterålen (den brune bergflaten til høyre) finner vi forvitret skifer med svarte grafittrike lag (den svarte bergarten under hammeren). Foto: Ane K Engvik / NGU



Kartlagte grafittforekomster i Nord-Norge. Kart: Norges geologiske undersøkelse (NGU)

Nær kysten: Et sidemontert multistråle-ekkolodd på det lille forskningsfartøyet RV Clione gjorde det mulig å kartlegge gassforekomster på grunt vann (juni 2021).
Foto: Nil Rodes / Universitetssenteret på Svalbard

Per Olav Solberg // Norges geologiske undersøkelse

Metan under Svalbard kan være en undervurdert klimarisiko

FORSKERNE FORTELLER

Forskere har oppdaget hundrevis av metanutslipp i fjordene rundt Svalbard. De arbeider nå med å finne ut hva som styrer denne aktiviteten, og hva funnene kan fortelle oss om fremtidige metanutslipp i et Arktis som blir stadig varmere.

LONGYEARBYEN har temperaturen steget med mer enn syv grader de siste 25 årene. Etter hvert som permafrosten tiner og landskapet endrer seg, begynner forskerne å observere geologiske dynamikker som lenge har blitt oversett. Under Svalbard ligger det betydelige mengder naturgass. Og i fjordene, der det ikke er noe «lokk» av permafrost, bobler gassen fritt opp til overflaten, hvor den potensielt kan bidra til ytterligere oppvarming.

HUNDREVIS AV GASSBLUSS

I 2021 leide masterstudenten Nil Rodes ved Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) og forskeren Peter Betlem (nå ved NGI, Norsk geoteknisk institutt) et lite forskningsfartøy. Målet var å gjennomføre de første naturgassundersøkelsene i Isfjorden siden 2015. Forventningene var lave, ettersom det ifølge den publiserte vitenskapelige litteraturen var dokumentert svært få gasslekkasjer i dette området. Data fra et forskningstokt i 2015 ledet av MARUM - senteret for marin

miljøvitenskap ved Universitetet i Bremen - tydet imidlertid på noe annet. Ved hjelp av enkle instrumenter og målinger finansiert av et Arctic Field Grant fra Norges forskningsråd kunne Betlem, Rodes og teamet deres bekrefte at fjorden faktisk var full av gasslekkasjer.

- Vi fant hundrevis av gassbluss spredt ut over hele fjorden. Det geologiske systemet under Svalbard er langt mer aktivt enn vi tidligere trodde, sier Betlem.

Resultatene satte ikke bare spørsmålstegn ved den eksisterende litteraturen, men reiste også en rekke grunnleggende spørsmål som ikke hadde blitt stilt tidligere. Betlem beskriver det slik:

- Vi så hundrevis av gassbluss, men vi hadde ingen anelse om hva som forårsaket dem. Hvor dypt kom gassen fra? Hvor mye slapp ut? Varierte utslippene over tid? Og hva var grunnen til at noen av blussene pulserte og forsvant i løpet av få timer?



Vårens feltarbeid: Nil Rodes (til venstre) og Peter Betlem i Bünsow Land. Landundersøkelser legger grunnlaget for de marine forskningstoktene. Foto: Nil Rodes / Universitetsenteret på Svalbard

ET SYSTEM I KONSTANT ENDRING

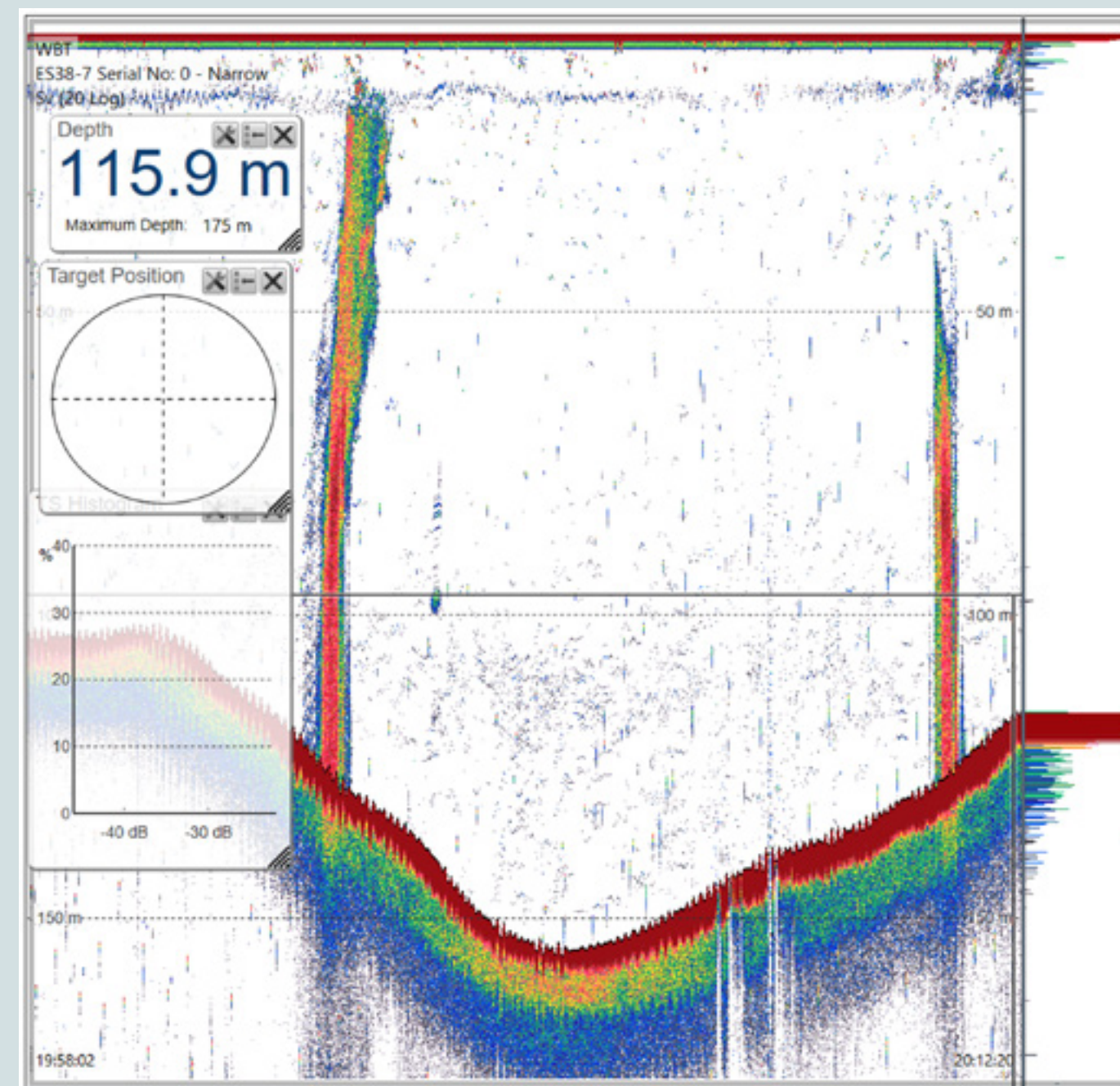
Forskerlaget hadde heller ikke svar på om variasjonene skyldtes temperaturendringer, trykkendringer, dissosiasjon av gasshydrater eller strukturer i berggrunnen. Disse kunnskapshullene gjorde det nødvendig med videre undersøkelser, og proof-of-concept-studien førte til et felles forskningstokt mellom MARUM og UNIS i september 2023 om bord på det tyske skipet Heincke - det samme fartøyet som hadde blitt brukt i 2015. Denne gangen var målet å systematisk kartlegge gasslekkasjer i Svalbards vestlige fjorder. Med utgangspunkt i data fra alle tre undersøkelsene har Rodes nylig satt i gang med et doktorgradsarbeid. Han skal undersøke hvor utbredt gasslekkasjene er, og hvorfor metanutslippene varierer så mye.

- Vi vet at det finnes store mengder gass, og vi vet at den slipper ut i fjordene. Men vi vet fortsatt ikke hva som styrer variasjonene i fjorden, sier Rodes.

LETTERE Å SE UNDER VANN

Rodes' doktorgradsarbeid er en del av et internasjonalt samarbeid mellom NGI, UNIS, MARUM, UiT Norges arktiske universitet og Universitetet i Barcelona. Målet er å forstå hva svingninger i fjordene avslører om prosessene som foregår under permafrosten på land.

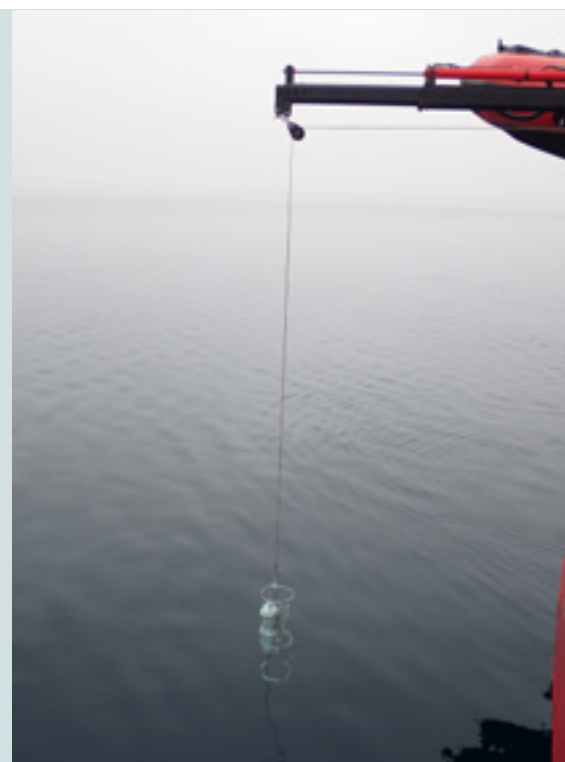
- Geologien er den samme, og petroleumssystemet er det samme. Men på land er det vanskelig å måle gassutslipp direkte, forklarer Rodes. I fjordene kan forskerne bokstavelig talt observere boblene som kommer opp av fjordbunnen. Denne aktive utstrømningen gjør det mulig å teste hypoteser om trykk, temperatur, gasshydrater og forkastninger som kan fungere som lekkasjeveier.
- Fjordene fungerer som et naturlig laboratorium. De hjelper oss med å forstå forholdene under permafrosten uten å måtte bore eller grave oss inn i tundraen, sier Betlem.



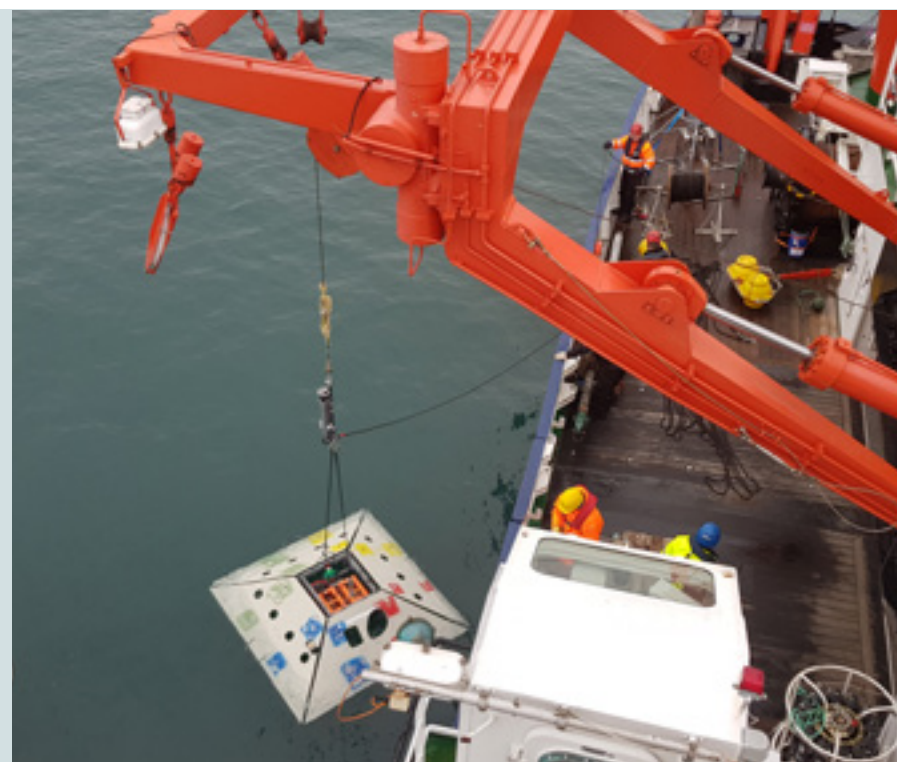
Avslørt av lyd: Ekkogrammet viser gassbobler (rødt/gult) som stiger opp fra havbunnen. Utslippet til venstre er så kraftig at det når helt opp til havoverflaten. Illustrasjon: Universitetsenteret på Svalbard



Sanntidsanalyse: Peter og Nil behandler hydroakustiske data om bord på forskningsfartøyet RV Heincke i Isfjorden, september 2023. Foto: Miriam Römer / Universitetet i Bremen



Profilering av vannet: En CTD-sonde senkes (juni 2021) for å måle saltholdighet, temperatur og dybde. Foto: Nil Rodes / Universitetssenteret på Svalbard



Overvåking av havbunnen: En «sonar lander» settes ut for å undersøke tidsmessige variasjoner i gassutslipp (september 2023). Foto: Max Marklein / Universitetet i Bremen

METAN I FJORDENE PÅ SVALBARD

Resultatene:

Det er registrert hundrevis av metanlekkasjer i fjordene rundt Longyearbyen. Drivhuseffekten av CH₄ er 25 ganger høyere enn for CO₂.

Hvorfor det oppstår utslipp til sjøs:

Permafrostlaget, som fungerer som en barriere mot oppadgående fluidmigrasjon på land, er i stor grad fraværende i fjordene, slik at gassen lettere slipper ut.

Situasjonen på land:

Borehull viser at det er betydelige mengder gass under permafrosten, men forskerne vet fortsatt lite om hvorvidt, hvordan og når denne gassen kan begynne å lekke ut.

Hvorfor det er viktig å studere fjorder:

Fjordene gir et unikt innblikk i prosesser som det er vanskelig å observere på land. Permafrosten fungerer som et tett lokk over tundraen; i fjordene finnes ikke denne barrieren, og gassen kan slippe ut.

HVA BETYR DETTE FOR KLIMAET?

Metan har 25 ganger så sterk drivhuseffekt som CO₂. I dype fjorder løses noe av metanet opp og reagerer med oksygenet i vannet, hvor det brytes ned, og dermed er det lite - om noe - av det som når atmosfæren. I grunnere områder, for eksempel nærmere kysten, skjer imidlertid det motsatte: Metanet slipper ut i luften fordi det ikke rekker å løse seg opp i vannsøylen.

I dag anslår forskere at metanutslipp fra grunnvannskilder som oppsto etter at isbreene trakk seg tilbake, allerede tilsvarer ca. 10% av Norges årlige utslipp fra energisektoren.

- Vi vet at det finnes metan under permafrosten på land; dette er bekreftet av en rekke borehull. Det store spørsmålet er hvordan en svekket permafrostbarriere vil påvirke potensielle lekkasjeveier, sier Betlem.

EN PRESSERENDE FORSKNINGSAUTFORDRING

Dette handler ikke om at hele permafrostsystemet vil kollapse på én gang. Selv i et Arktis i rask oppvarming forventes de tykkeste permafrostlagene i fjellene å forbli intakte i århundrer. Den virkelige risikoen ligger et annet sted: i de lokale svekkelsene som kan oppstå lenge før hovedmassen smelter.

- I dalene på Svalbard er permafrosten relativt tynn og ung, noen steder bare noen få tusen år gammel. Derfor er den mye mer sårbar for oppvarming og nedbrytning, sier Betlem.

Her kan det over flere år eller tiår dannes små punkteringer i permafrosten, og enda raskere foran breer i tilbaketrekning. Slike tidlige åpninger kan skape nye veier for metan og i verste fall utløse forsterkende lokale prosesser.

- Når nedbrytningen av kryosfæren begynner å bryte opp permafrostlokket, kan prosessen bli selvforsterkende og utløse en kjedereaksjon. Det er dette vi prøver å forstå før det skjer, forklarer han.

For Rodes handler doktorgradsprosjektet i siste instans om å gi både forskere og samfunnet et bedre beslutningsgrunnlag.

- Når vi får en bedre forståelse av fjordene, kan vi også forstå hva som kan skje på land, og hva vi risikerer i et Arktis som varmes opp raskt, avslutter Rodes. ■

LES MER:

Birchall T, Jochmann M, Betlem P, Senger K, Hodson A, Olausen S (2023) Permafrost trapped natural gas in Svalbard, Norway. *Frontiers in Earth Science* 11: 1277027, <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1277027>

Hodson A, Kleber G, Platt S, Kalenitchenk, D, Hensgens G, Fynn T, Senger K, Tveit A, Øvreås L, Ten Hietbrink S, Hollander J, Ammerlaan F, Damm E, Römer M, Fransson A, Chierici M, Delpech L-M, Pirk N, Sen A, Redeker K (2025) Methane in Svalbard (SvalGaSess). I: Runge et al. (Red) SESS report 2024, Svalbard Integrated Arctic Earth Observing System, Longyearbyen, s. 106–137, <https://doi.org/10.5281/zenodo.14425572>

Rodes N, Betlem P, Senger K, Römer M, Hodson A, Liira M, Birchall T, Roy S, Noormets R, Smyrak-Sikora A, Olausen S, Bohrmann G (2023) Active gas seepage in western Spitsbergen fjords, Svalbard archipelago: Spatial extent and geological controls. *Frontiers in Earth Science*, 11: 1173477, <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1173477>

Ann Eileen Lennert // UiT Norges arktiske universitet

Kunstbasert forskning kan gi en mer helhetlig forståelse av forholdet mellom samfunn og miljø

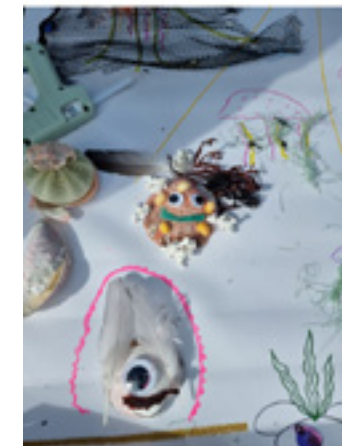
FORSKNING OG FOLK

Kunst og kreativitet kan bringe mennesker sammen og hjelpe dem å formidle ideer på tvers av sosiale grenser. Kunsten er et inkluderende rom hvor man kan utforske egne tanker og dele dem uten at det blir konfronterende. Det kan hjelpe oss med å finne nye måter å uttrykke oss på når ordene ikke strekker til.

KUNSTBASERT FORSKNING er kunsten ikke bare temaet, men et verktøy som brukes i alle ledd av forskningsprosessen – til å stille spørsmål, samle inn informasjon, forstå betydningen av informasjonen og presentere resultater. Kunst appellerer til menneskers fantasi, følelser og sanser og gjør det mulig å utforske komplekse, personlige og vanskelig målbare sider ved livet. Ved å gå ut over det kognitive bringer kunst frem uuttalt kunnskap. Kunsten gir ofte dypere og mer gjenkjennelige innsikter, den når et bredere publikum, og den avslører skjulte betydninger som tradisjonell forskning ikke klarer å avdekke.

Kunstbasert forskning kan også utvide vanlige tilnærminger til folkeforskning ved å åpne for kreativitet og lek – og ved å invitere folk til å tegne, ta bilder, synge, danse eller bare sitte sammen og strikke. I likhet med vitenskap er kunst et uttrykk for nysgjerrighet. Ved bevisst å bringe kunst og vitenskap sammen utvider vi måtene vi stiller spørsmål om verden på. Vi spør hvorfor ting er som de er, og nærmer oss virkeligheten med fantasi.

I denne artikkelen viser vi to prosjekter der vi har brukt kunst til å utforske lag av erfaring og kunnskap som ikke alltid lar seg uttrykke med ord, og der vi har samlet inn og formidlet kompleksiteten i spillet mellom mennesker og natur, og i de samfunnsmessige utfordringene vi står overfor i dag og i fremtiden.



3 Hvordan føler du deg når du tenker på havet?

 Veldig Glad	<input type="checkbox"/>	 Glad	<input type="checkbox"/>
 Nøytralt	<input type="checkbox"/>	 Usikker	<input type="checkbox"/>
 Tret			
<input type="checkbox"/>			

Hvorfor?

Kreative verksteder kan gi barn og unge rom til å uttrykke hvordan de forholder seg til havet, og hvordan de forstår betydningen av biologisk mangfold og menneskets innvirkning. Under disse workshopene sa 86 % at havet og kysten gjør dem veldig glade på grunn av alle dyrene og godbitene det skjuler. Flertallet ønsket at kysten skulle forbli slik den er i dag, slik at de kan nyte den sammen med sin egen familie i fremtiden. Kollasje: Ann Eileen Lennert



Under vår forskningsekspedisjon i november 2025 brukte vi tegneserier og fotografi for å utforske og formidle ulike måter å tilnærme seg, engasjere seg i og forske på ekstreme miljøer. Illustrasjoner: Jane Zimmermann og Ann Eileen Lennert. Fotografier: Valentina Lanci

TENK DEG DYPET

Havet og kystene har formet livene våre. De har vært et transportmiddel, de har vært et skattkammer av ressurser og mat, og de har preget mange kulturer som har slått seg ned langs grensen mellom land og hav. Likevel lengter vi etter å utforske mer, og takket være vårt nære bånd til havet lodder vi stadig dypere.

Historien viser at utforskning og utvinning lenge har gått hånd i hånd, ikke minst i dyphavet, som nå fremstilles som en enorm kilde til mineraler. Men hva om innsikt til naturen kan forandre oss og vårt forhold til og forståelse av naturen, i stedet for at vi omformer omgivelsene og tilpasser dem til våre behov?

I dypets mørke finnes hele økosystemer basert på den biokjemiske kraften til fargerike mikrober, ormer, bunnlevende dyr som hver dag beveger seg opp og ned i vannsøylen, og snegler med skinnende skjold - økosystemer som er viktige for artene og økosystemtjenestene vi er avhengige av. Ironisk nok kan dyphavet bli like tomt og livløst som vi en gang forestilte oss det, hvis vi ikke tar forholdsregler for fremtidig forvaltning.



Extremes-prosjektet og ekspedisjonen bidro også med innsikt til en barnebok om å forestille seg og utforske ekstreme miljøer. Illustrasjoner: Jane Zimmermann

I prosjektet Extremes bruker vi kunst til å vekke publikums fantasi og gi naturen en stemme. Gjennom fantasien kan vi oppfatte, formidle og tale naturens sak - en virkelighet som ikke lett lar seg uttrykke med menneskespråk. Vi har nå en mulighet til å skape et nytt forhold til den levende planeten, og vi ønsker å fremme kunnskap, bevissthet og omsorg for den unike verdenen dypt under vann. Dette erstatter ikke vitenskapen - det utfyller den ved å gjøre komplekse systemer forståelige, gjenkjennelige og moralsk relevante. Først når naturen får en stemme, blir vi klar over at handlingene våre alltid har konsekvenser for naturen. Mennesket har et tett bånd til naturen, og dette preger diplomatiske og politiske diskusjoner om havets fremtid.

Selv i dag er forestillingsbildene* våre av dyphavet fortsatt en blanding av vitenskapelige, kulturelle og fiktive ideer. Det var derfor viktig å sette sammen et tverrfaglig team av naturvitere, antropologer og kunstnere som kunne utvikle nye måter å sanse, forstå og forestille seg betydningen av disse ekstreme marine miljøene i Arktis på. Prosjektet Extremes forener naturvitenskap, lyd, bilder, skrevne ord, interaksjon, nysgjerrighet og ulike oppfatninger. Ved på denne måten å gå ut over det kognitive bringer det frem uuttalt kunnskap og legger til rette for innsikter som føles dypere, som er lettere å forholde seg til, og som når et bredt publikum.

* Et «forestillingsbilde» (engelsk: imaginary) er den måten en gruppe eller et samfunn oppfatter et bestemt fenomen på. Grupper skaper i fellesskap forestillingsbilder basert på myter, erfaringer, tro og fortellinger, som en måte å forstå den komplekse virkeligheten på.

CULTURE, TRADITION & LIVELIHOOD

What nature provides us with is so closely intertwined with culture. For many communities along the coast, what you harvest from nature is not only food, it also plays a key role in traditions, and creates important bonds between families, individuals and elders. It embodies people's symbolic ties to the environment and knowledge based on these environments throughout history.

-It is an identity, culture and lifestyle.

INFRASTRUCTURE & URBANISATION

CO2

IMPACTS + GROWING population leads to an increase of CO2

TIME

SNOW + ICE

CLIMATE

ADAPTATION

MELTING

SNOW + ICE

CLIMATE

ADAPTATION

MELTING

ECOSYSTEM SERVICES

the FOUNDATION for our WAY of LIFE

ABOUT 70% of the air we breathe comes from the ocean. People will have to recognise the benefits we get from nature?

Opportunity + Traditions

MAINTAIN BALANCE

CLIMATE MITIGATION

PROTECTS us from

See the exhibition here

the HARBOUR

the heart of the town

the LINK where PEOPLE & the MARINE ECOSYSTEMS connect. But as the generations change, the water is the main choice for transportation.

where GENERATIONS meet.

relying on STABLE CONDITIONS

MELTING ICE

EXTREME WEATHER - RISING SEA LEVELS

OIL SPILLS

Eksempler på visuelle oppsummeringer fra våre workshoper om kyster, elver og elvemunninger. Nøkkelordene var kommunikasjon, åpenhet, likestilling, rettferdighet, lydhørhet, felles mål, kompromissvilje, forståelse for mangfold, en følelse av tilhørighet, eierskap og det å skape en konstruktiv kobling mellom de ulike verdiene i samfunnet, sammen med det brede spekteret av mennesker med unik kunnskap, og å dra nytte av naturen og det naturen bidrar med.

Krediteringer: Ann Eileen Lennert, Luca Berti, Nikki Schmidt, deltakerne på workshopen og GreenFeedBack-konsortiet

Visual summary of the workshops



En utstilling koblet innsikter fra workshoper gjennomført rundt om i Arktis med den naturvitenskapelige forskningen som ble utført i prosjektet. Fotografier og skriftlige budskap ble brukt for å skape bevissthet og spre kunnskap og data. Illustrasjoner: Ann Eileen Lennert og Nikki Schmidt

På de store ekspedisjonene i det 18. og 19. århundre var det nærmest obligatorisk å ta seg en maler for å dokumentere oppdagelsene. Maleriene deres av naturfenomener, landskaper og hverdagsmiljøer ble både verdsatt som kunstverk og ansett som en del av den innsamlingen av viten ekspedisjonene handlet om.

Frits Andersen, intervjuet i avisen Information, 20. november 2025

OPPLEV NATURENS UNDERVERK

I et annet prosjekt, GreenFeedBack, reiste vi rundt i Norden og Arktis for å forstå og synliggjøre hvordan økosystemtjenester henger sammen med livene våre, valgene våre og kunnskapen vår, og hvordan verdensbildet vårt og håp vårt for fremtiden springer ut av vårt forhold til naturen.

Vi arrangerte kreative workshoper med ungdom og eldre, studenter, forskere, lokalbefolkning og urfolk og forvaltningsansatte. Mottoet vårt var: Jo mer mangfoldig desto bedre. Sammen diskuterte vi verdier, muligheter, utfordringer, prioriteringer og etiske måter å nå målene våre på. Vi lyttet, tegnet og skapte rom der folk kunne bli hørt. Kunstneriske verktøy bidro til å skape bevissthet og felles forståelse på tvers av oppfatninger.

Det er viktig å ha forståelse for ulike verdier, verdenssyn, oppfatninger og kunnskapssystemer når det gjelder forvaltning, politikk og beslutningstaking. Vi så store forskjeller når det gjaldt forhold til naturen og syn på dens tjenester: Grønn energi ble hyllet, men også satt spørsmålsteget ved; klimatilpasning ble ansett som avgjørende, men ikke hvis det går på bekostning av økologisk balanse. Økosystemtjenester må ses i sammenheng med sosiale forhold, og lokalsamfunn må involveres og få eierskap i styring.

Alles kunnskap er verdifull - fisker, ungdom, samer, lærer, baker, du og jeg. Mange av deltakerne på workshopen fokuserte på forsyningstjenester (sikring av energi, mat, medisiner, materialer og andre ting vi trenger), og påpekte hvordan ikke-bærekraftig bruk skader andre økosystemtjenester. Fortellingene beskrev hvordan tråling ikke bare påvirker havbunnen, men også elver og innsjøer, og hvordan dette har konsekvenser for matsikkerhet, kultur og levebrød oppover elvene. Det ble konstatert at forsyningstjenester er svært kulturspesifikke: Det man høster fra naturen, gir næring til samfunn og tradisjoner, knytter familier sammen og bærer identitet. Regulerende og støttende - men ofte usynlige - tjenester, som ren luft, ble sjelden nevnt, men likevel anerkjent som avgjørende. GreenFeedBack-prosjektet viser hvordan både kunst og forskning har mye å bidra med når det gjelder klimatilpassing, tilpasning og håndtering av de samfunnsmessige utfordringene vi står overfor i dag! ■

LES MER:

Lennert AE, Berti L, Schmidt N, Bludd EC (2025) Art-based research can help us value nature in new ways. Kronikk i High North News, <https://www.highnorthnews.com/en/art-based-research-can-help-us-value-nature-new-ways>

Extremes Expedition 2025: <https://arcg.is/0G8rrD2>

GreenFeedBack: <https://eu-greenfeedback.com/>



En vill gråsteinbithann vokter en eggklump.
Foto: Erling Svensen, undervannsfotograf

Marianne Frantzen og Trude Borch // Akvaplan-niva
Camilla With Fagerli // Norsk institutt for vannforskning
Brian Tsuyoshi Takeda // Restorae
Øyvind Stråbø // Trefadder
Erling Natvig // Vår Energi

Kan gråsteinbit bidra til å gjenopprette taeskogen?

FORSKERNE FORTELLER

Overfiske av arter som beiter på kråkebolle, har ført til en økologisk ubalanse langs kysten av Nord-Norge. Uten disse predatorene kunne kråkebollene formere seg fritt og forvandle de en gang så frodige taeskogene til enorme «kråkebolleørkener». For å snu denne trenden kan et viktig virkemiddel være å gjenopprette bestanden av rovfisken gråsteinbit.

EN NATURLIG PREDATOR FOR KRÅKEBOLLE

Gråsteinbit (*Anarhichas lupus*) er en relativt stedfast bunnlevende art som er vanlig langs hele norskekysten, typisk på dybder under 150 meter. Den spiser hovedsakelig kråkebolle, men liker også blåskjell, snegler og krabber. Arten blir kjønnsmoden når den er 6-7 år gammel, og den kan leve i opptil 25 år.

Hanner og hunner danner i gyteperioden par og holder sammen på gyteplassen frem til gytingen. I motsetning til de fleste andre fiskearter har gråsteinbit indre befruktning. Etter at hunnen har lagt eggene, vokter hannen eggklumpen i 9-10 måneder, frem til klekkingen - et sjeldent eksempel på langvarig foreldreomsorg blant marine fisker.

I fangenskap forekommer ikke naturlig paringsatferd; der må det benyttes kunstig befruktning. Hunnene tas opp av vannet, bedøves og «strykes», det vil si tappes for egg. Deretter befruktes eggene med melke hentet fra hannene. Eggene ruges ut i sjøvannstanker, hvor de naturlig fester seg til hverandre mens de utvikler seg.

GJENOPPRETTE ØKOLOGISK BALANSE

Småskalaeksperimenter har vist at fjerning av kråkeboller gjør at tare vokser raskt tilbake. Men uten kontinuerlig bekjempelse vil kråkebollene raskt spre seg igjen og ødelegge tilveksten. I andre deler av verden har det vist seg å være avgjørende for en langsiktig gjenoppbygging av taeskogen å opprettholde bestandene av kråkebollens predatorer - fisk, krabber eller hummer.

Langs kysten av Nord-Norge har det (i henholdsvis Nordland sør for Lofoten og enkelte fjorder i Nord-Finnmark) etablert seg bestander av predatorene taskekrabbe (*Cancer pagurus*) og kongekrabbe (*Paralithodes camtschaticus*), og her har vi sett vedvarende gjenvekst av tare. I store deler av kystområdene i Troms og Finnmark er det imidlertid for få predatorene, som steinbit, torsk, hyse og store krabber, som spiser kråkeboller, og som kan være med på å opprettholde denne balansen.

Med tanke på fôringsvaner og tilpasningsevne til nordlige kystmiljøer er steinbiten en lovende kandidat med tanke på å gjeninnføre en naturlig «ovenfra-og-ned»-regulering av kråkeboller. En gjenopprettet tareskog vil i sin tur gi gyte- og oppvekstområder for torsk, hyse og mange andre arter som er avhengige av et sunt tareøkosystem.

PROSJEKTET BLUEREWILDING

Prosjektet BlueRewilding - finansiert av Restorae og Trefadder / Vår Energi - har som mål å styrke predatorbestandene og fremme en varig restaurering av tareskogene i Nord-Norge. Prosjektet skal utvikle teknikker for oppdrett av ungfisk av steinbit, herunder startfôring av larver, overvåking av yngelvekst og tilpasning til kråkebolle som byttedyr. Målet er å avle frem 500 utsettingsklare fisker for feltforsøk.

I juni 2025 fanget Akvaplan-niva og NIVA 30 gråsteinbiter som skulle brukes som stamfisk ved Akvaplan-nivas forskningsstasjon utenfor Tromsø. Med utgangspunkt i erfaringer fra mange års forskning og avlsarbeid med flekksteinbit (*Anarhichas minor*) ved Akvaplan-niva har forskerne lyktes med å omstille villfanget gråsteinbit fra kråkebolle til tørrfôr. Den første hunnen gytt 10. desember 2025, og i løpet av den påfølgende måneden gytt resten av hunnene. De befruktede eggene er nå under utruging, og klekkingen ventes å ville finne sted tidlig på sommeren 2026.

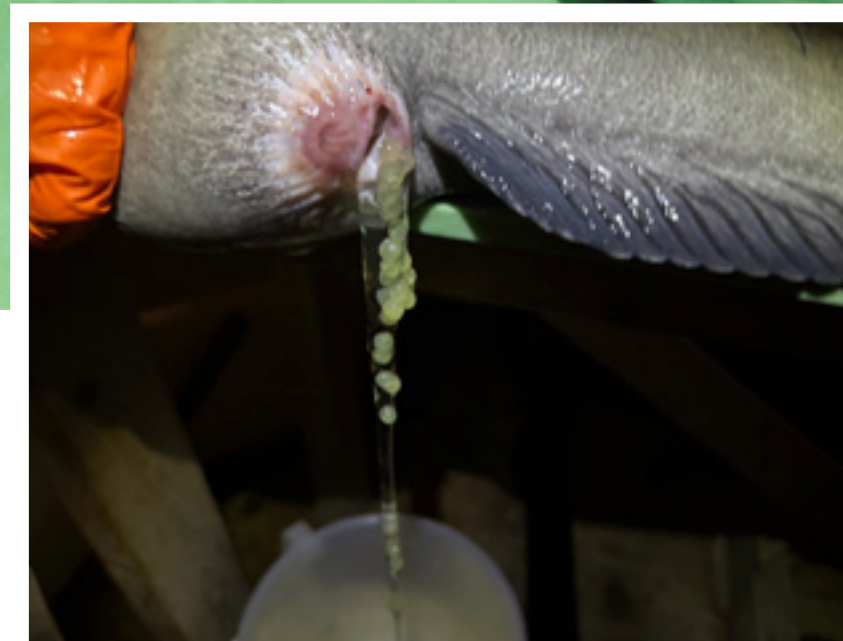
I tillegg til produksjonen av gråsteinbit vil BlueRewilding-prosjektet samle inn genetiske prøver fra ville bestander av gråsteinbit i fire til fem fjord- og kystområder i nærheten av Tromsø. Disse dataene vil danne grunnlag for fremtidige tiltak for bestandsforvaltning. Det utarbeides også søknader om utsettelsestillatelser, og det foretas undersøkelser for å fastslå hvilken utsettingsstørrelse, -alder og -hyppighet for gråsteinbit som er optimal med tanke på storskala restaurering.

SUNNERE KYSTØKOSYSTEMER

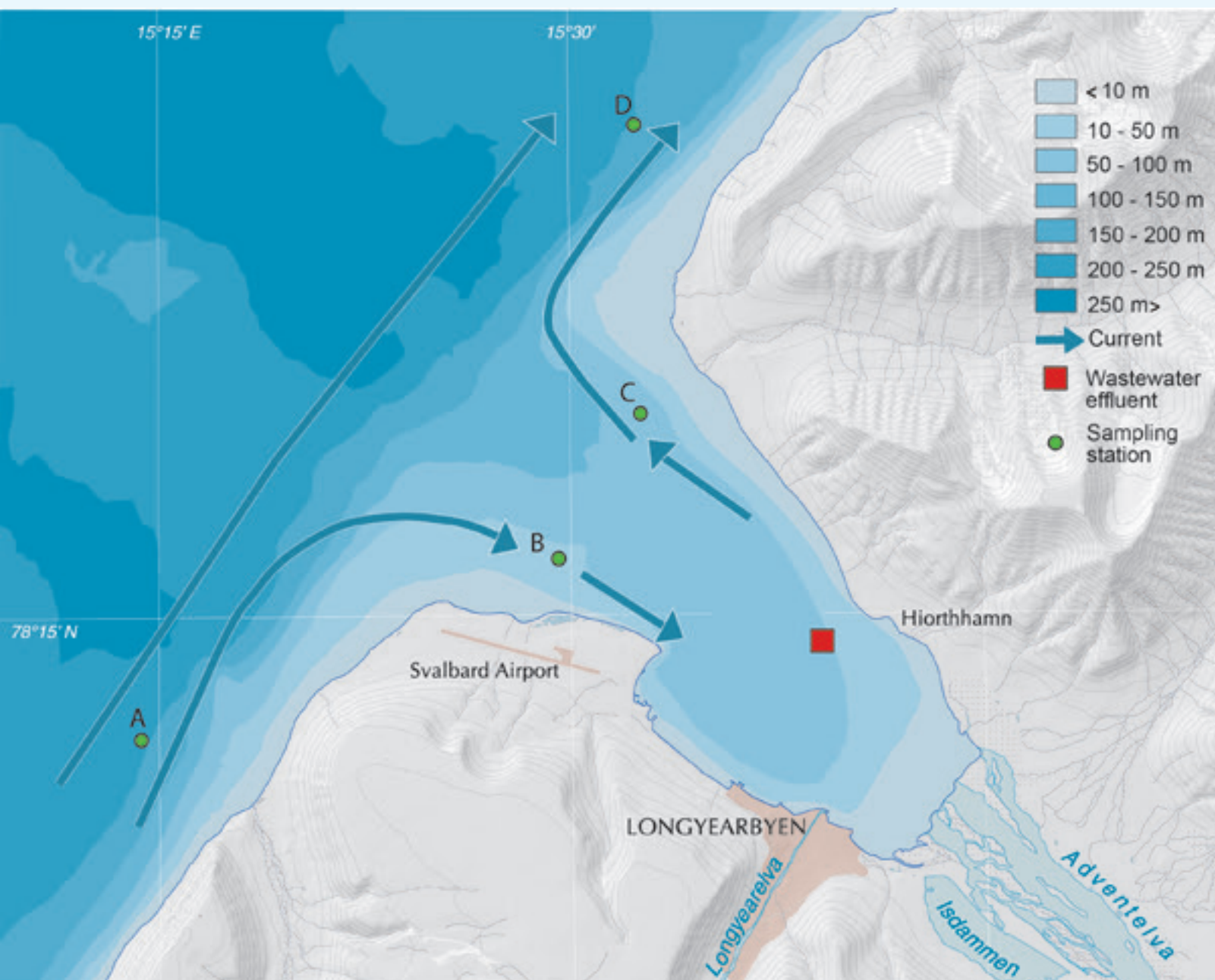
Ved å gjeninnføre gråsteinbit som nøkkelpredator har BlueRewilding-prosjektet som mål å gjenopprette den økologiske balansen og motstandskraften i taredominerte kystøkosystemer. Sunne tareskoger bidrar ikke bare til det marine biologiske mangfoldet, de lagrer også karbon, reduserer kysterrosjon og opprettholder verdifulle fiskebestander, noe som gjør dette tiltaket til et viktig skritt mot å revitalisere undervannsskogene langs den arktiske norskekysten. ■



Noen av de villfangede gråsteinbitene som ble samlet inn i juni 2025, og som holdes til avl på Akvaplan-nivas forskningsstasjon utenfor Tromsø.
Foto: David González Buendía / Buendía Media



Den første gyteklare hunnen ble strøket 10. desember 2025, og rundt 5000 egg ble befruktet og lagt i inkubator.
Foto: Terese Vollstad-Giæver / Akvaplan-niva



Vannprøvetakingssteder i og i nærheten av Adventfjorden.
A og B: prøvetaking av vann som strømmer inn fra Isfjorden;
C: prøvetaking i nærheten av avløpsrøret;
D: prøvetaking av vann som strømmer ut fra Adventfjorden.
 Kart: Norsk Polarinstitutt

Carolin Philipp-Sørensen, Katrine Husum, Geir W Gabrielsen, Louise K Jensen og Ingeborg G Hallanger
 // Norsk Polarinstitutt

France Collard // Norsk institutt for vannforskning

Claudia Halsband // Akvaplan-niva

Dorte Herzke // NILU

Giulia Vitale og Fabiana Corami // Institute of Polar Sciences, National Research Council of Italy (CNR-ISP)

Ute av syne, ute av sinn? Slik spres menneskeskapte partikler i Adventfjorden

FORSKERNE FORTELLER

Avløpsvann fra Longyearbyen slippes ubehandlet ut i Adventfjorden gjennom en rørledning. Mens mer kompakte menneskeskapte partikler bunnfelles nær utløpet, strømmer lettere partikler ut i Adventfjorden og videre ut i Isfjorden. Men hvor mange partikler er det, og hvor havner de??

EN STUDIE FRA 2017 viste at mengden menneskeskapte fibre i avløpsvannet fra Longyearbyen var på nivå med det man finner i rensed avløpsvann fra storbyer som Vancouver i Canada. I den samme studien ble det benyttet en modellbasert tilnærming for å forutsi fordelingen av fibre i fjorden. Fire år senere gjennomførte vi en ny feltstudie for å sammenligne mengden fibre i overflatevann med modellens beregninger. Vi ønsket også å undersøke in situ hvordan menneskeskapte partikler spres seg i Adventfjorden, og slik teste hvor godt modellen treffer. Partiklene, for eksempel plast, ble videre delt inn etter form i kategoriene fibre og fragmenter. Vi forventet å finne de høyeste konsentrasjonene av menneskeskapte partikler i Adventfjorden nærmest avløpsutløpet og i selve Longyearbyen.

I juni 2021 tok vi prøver av overflatevannet på fire steder: to ved innstrømningen fra Isfjorden, ett i nærheten av utløpet for ubehandlet avløpsvann fra Longyearbyen og ett ved utstrømningen fra Adventfjorden til Isfjorden. Prøvene ble tatt med en CTD-rosett utstyrt med 10-liters Niskin-flasker, som samlet inn vann fra de første 10-100 cm under overflaten.

Vi fant ut at sjøvannet som går inn i Adventfjorden, inneholder betydelige mengder menneskeskapte partikler. Det vi ikke hadde forventet, var at konsentrasjonen var mer enn dobbelt så høy, og at det var dobbelt så mange typer menneskeskapte partikler, på stedene før avløpsutløpet som på stedene etter. Mulige kilder til denne forurensningen i Isfjorden er blant annet

Barentsburg, skipstrafikk generelt (både turisme og godstransport) og langtransporterte partikler som fraktes med havstrømmer eller gjennom atmosfæren fra områder lenger sør.

Så hvorfor fant vi ikke en høyere konsentrasjon av menneskeskapt partikler i Adventfjorden, der vi forventet å finne lokal forurensning i tillegg til partikler fra ukjente kilder, slik modellen hadde forutsagt? Det er flere mulige forklaringer på disse overraskende resultatene. Det er viktig å merke seg at Longyearbyen og avløpsnettene der er kjente lokale forurensningskilder. Det faktum at vi ikke fant høyere konsentrasjoner i nærheten av byen, kan forklares med at vi kun tok prøver av overflatevann, og/eller at de utvalgte prøvetakingsstedene i fjorden påvirkes av ulike oseanografiske faktorer. Prøvene våre gir også bare et øyeblikksbilde av partikkelbelastningen. For å kunne velge et godt prøvetakingssted er det viktig med god kunnskap om hvordan vannet sirkulerer i fjorden. I Adventfjorden må vi finne ut hvordan sirkulasjonen påvirkes av sesongvannføringen i elvene, særlig den store Adventelva, og om vannbevegelsene i fjorden domineres av tidevannet eller av bakgrunnsstrømmene som styrer blandingen av vann i vannsøylen. Andre har påpekt at elvevann

som renner ut i havet, skyver menneskeskapt partikler foran seg, slik at overflatevannet i praksis ryddes for slike stoffer. Vi vet også at enkelte partikler vil synke ned under ferskvannslaget på grunn av massetetthetsforskjeller. Den lokale forurensningen vil også variere etter tidspunkt på dagen og dag i uka, i takt med menneskelig aktivitet.

For fremtidige prøvetakinger med sikte på å kartlegge og overvåke lokal forurensning er det svært viktig å kunne måle den lokale forurensningen og skille mellom lokale og fjerntliggende kilder. For å få pålitelige data om lokal forurensning fra sjøvann er det avgjørende å kjenne til hvordan vannet sirkulerer til ulike tider av året, og hvilken innvirkning elveavrenning har på det aktuelle stedet.

Avslutningsvis kan man si at Longyearbyen er en lokal kilde til menneskeskapt forurensning på Svalbard, selv om det er vanskelig å tallfeste omfanget på grunn av variasjoner gjennom døgnet og mellom årstidene. I fremtiden må økotoksikologer og oseanografer samarbeide om robuste prøvetakingsstrategier for å skaffe seg bedre kunnskap og overvåke lokal forurensning. ■

LES MER:

Herzke D, Ghaffari P, Sundet JH, Tranang CA, Halsband C (2021) Microplastic fiber emissions from wastewater effluents: abundance, transport behavior and exposure risk for biota in an arctic fjord. *Frontiers in Environmental Science* 9: 662168, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.662168>

Philipp C, Collard F, Halsband C, Herzke D, Vitale G, Corami F, Husum K, Gabrielsen GW, Hallanger IG (2026) Microplastic and other anthropogenic particles in surface waters of the Isfjorden system (Svalbard). *Environmental Pollution* 390: 127563, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.127563>



Prøvetaking av overflatevann fra CTD-en i hangaren om bord på FF Kronprins Haakon.
Foto: Ann Kristin Balto / Norsk Polarinstitutt

Eksempel på en polypropylenpartikkel.
Foto: Carolin Philipp-Sørensen / Norsk Polarinstitutt

Andy Lowther, Kit M Kovacs og Christian Lydersen // Norsk Polarinstitutt
 Rolf A Ims // UiT Norges arktiske universitet
 Marc Rams i Rios // Marine Mammal Institute, Oregon State University, USA
 Alberto Roldan Sastre // Universitetet i Akureyri, Island

Bruker droner og kunstig intelligens til å overvåke bestanden av ringsel på Svalbard

FORSKERNE FORTELLER

Å følge med på endringer i bestanden av arktiske arter har historisk sett vært et møysommelig og krevende arbeid. Nå tas moderne teknologi i bruk for å lette denne viktige oppgaven.

OVERVÅKING AV ARKTISKE INDIKATORARTER, som marine pattedyr, innebærer vanligvis regelmessige bestandsestimeringer, ofte basert på telling av individer på bilder tatt fra lufta. På Svalbard ble den siste flyundersøkelsen av ringsel gjennomført for nesten tjue år siden, ved hjelp av et bemannet fly som tok bilder over 18 fjorder rundt om i øygruppen. Denne undersøkelsen resulterte i over 20 000 bilder, som alle måtte behandles manuelt. Innsamling og analyse av flyfoto krever betydelig arbeidskraft og finansiering. Det er store mengder råbilder som skal bearbeides til data, det er krevende å gjøre dataene om til informasjon raskt nok til at informasjonen kan benyttes til forvaltningsformål.

Behovet for rask analyse av store bildedatasett har ført til fremskritt innen bruk av CV-modeller (Computer Vision, maskinsyn). Ettrinn eller optimaliserte CV-modeller har vist seg å være effektive verktøy for å redusere arbeidsbelastningen ved prosessering av flyfoto i overvåking av dyrebestander. De siste fem årene har Norsk Polarinstitutt utviklet teknikker, metoder og feltkompetanse for å kartlegge marine pattedyr ved hjelp av droner. Mellom 2023 og 2025 ble det gjennomført fullskala undersøkelser av ringsel på alle isdekte områder i Isfjorden (2023, 2024, 2025), Van Mijenfjorden (2024, 2025) og Kongsfjorden (2024), noe som resulterte i det første oppdaterte bestandsestimatet på tjue år (se Les mer). Over



Dronene tar av og lander vertikalt, slik at de kan brukes på havis eller små strandflater. I fastvingemodus kan de effektivt dekke et stort område. Foto: Marc Rams i Rios / Oregon State University

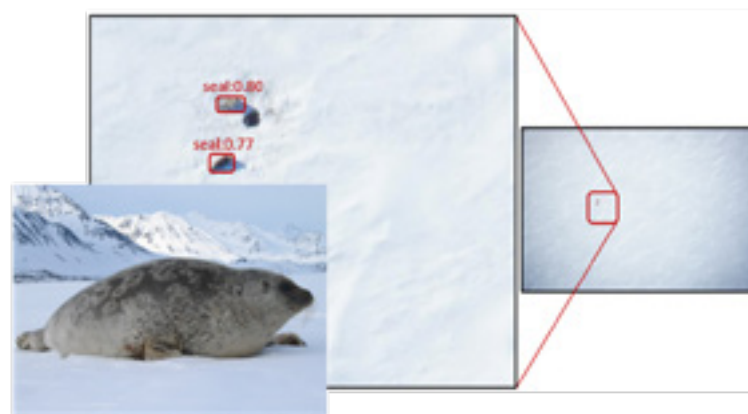


Mellom hver timelange flygning ble litiumionbatteriene og minnekortene til kameraet skiftet ut, og dronen var tilbake i luften i løpet av få minutter. Foto: Kit Kovacs / Norsk Polarinstitutt

Fallvind under landing gjorde at kameraet måtte rengjøres for snø før hver flygning. Takket være det lette skroget var dette en enkel oppgave. Foto: Christian Lydersen / Norsk Polarinstitutt



Til planlegging av flygningene trengtes det høyoppløselige kart. Starlink-tilkobling og PC-er koblet til dronen ga en strømlinjeformet prosess for datainnsamling, fra planlegging av flygning til sammenstilling av bilder. Alle bildene ble georeferert med en nøyaktighet på under 1 cm ved hjelp av Post Processing Kinematics. Foto: Marc Rams i Rios / Oregon State University



Skarpe bilder uten uskarphet resulterte i et datasett av høy kvalitet som kunne annoteres med opplysninger om forekomst av ringsel. Dette datasettet ble brukt til å trene vår Computer Vision-modell, som oppnådde høy (80–77 %) klassifiseringsnøyaktighet når den ble eksponert for nye bilder. Fotografier: Christian Lydersen / Norsk Polarinstitutt og Alberto Roldan Sastre / Universitetet i Akureyri



Dronens relativt store skrog, kombinert med fastvingemodus, ga større stabilitet over undersøkelsesområdet og gjorde bildene mindre uskarpe. Foto: Christian Lydersen / Norsk Polarinstitutt

32 000 flyfoto ble samlet inn og brukt til å trene og validere en avansert, optimalisert CV-modell for å strømlinjeforme bildeprosesseringsarbeidet.

Vi brukte en ettrinns CV-modell kalt YOLO8, som var trent på et stort delsett (70%) av de manuelt annoterte bildene fra undersøkelsene i Isfjorden. Resten av bildene fra Isfjorden-undersøkelsene ble brukt til å evaluere og justere modellen, for å fastslå om den generaliserer godt eller bare husker treningsdataene. Etter flere runder med forbedring av treningsprosessen testet vi til slutt modellen på et testsett bestående av bildene fra undersøkelsen i Van Mijenfjorden.

Den endelige modellen oppdaget 96% av selene i testdatasettet fra Van Mijenfjorden og reduserte mengden manuelt analysearbeid med 99,7%.

Sett fra et økologisk perspektiv viser studiene vi har gjennomført av ringsel de siste tre årene, en betydelig nedgang (ca. 50%) i bestanden de siste to tiårene i Kongsfjorden, Van Mijenfjorden og Isfjorden. Den årlige variasjonen i bestand som ble observert i fjordene i løpet av denne studien, understreker hvor viktig det er å gjennomføre overvåking over flere år for å fastsette rimelige bestandsestimater og forstå variasjonen. Med den etablerte analyseprosessen er det fullt mulig å utvide denne metoden til å omfatte estimering av bestand av steinkobbe og hvalross på Svalbard. Modellen som har blitt utviklet i ringselstudiene, vil bli trent om ved hjelp av egnede, annoterte artsspesifikke flyfoto. Samlet sett demonstrerer studien en effektiv, kostnadseffektiv metode for å innhente raske og pålitelige bestandsdata for sel i fremtidige overvåkingsundersøkelser. Den gir også innsikt i ringselens status og utbredelse i det vestlige Svalbard. ■

LES MER:

Rios MRI, Kovacs KM, Lydersen C, Ims RA, Lowther A (2025) Ringed Seal (*Pusa hispida*) Abundance in Isfjorden, Svalbard, After 20 Years of Climate Change and a Concomitant Survey Hiatus. *Marine Mammal Science* 42(1): e70076, <https://doi.org/10.1111/mms.70076>

Sastre A (2025) The Fjords of the Ringed Seal: Assessing the Status of Ringed Seals in Western Svalbard through Machine Learning. Masteroppgave, Universitetet i Akureyri, Island. https://skemman.is/bitstream/1946/51576/1/CMM_Alberto_Rold%C3%A1n_Sastre_MSc_thesis.pdf

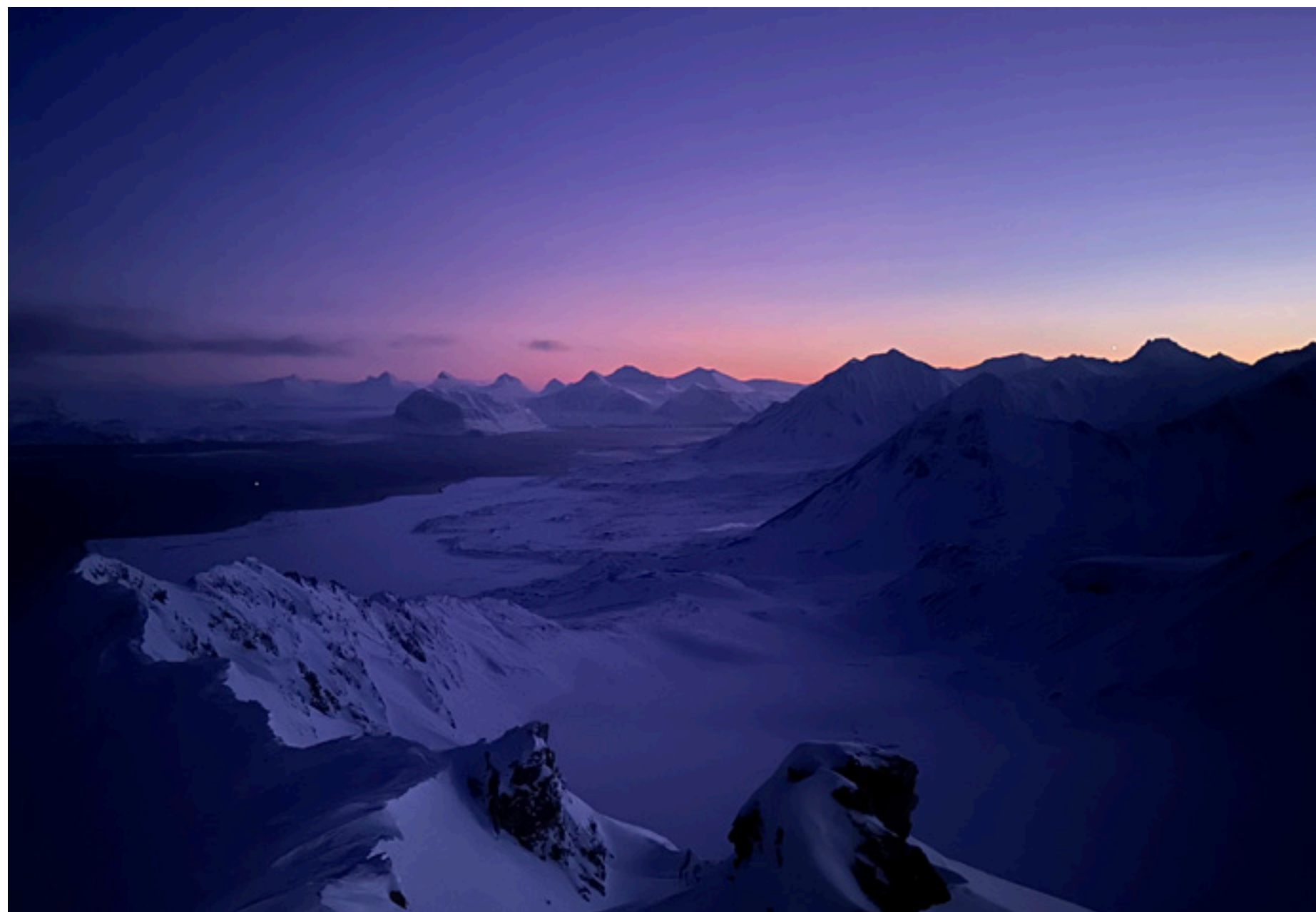
Allison Bailey, Philipp Assmy, Anette Wold, Fanny Cusset, Igor Eulaers, Agneta Fransson, Lucie Goragner, Marianna Pinzone og Mats Granskog // Norsk Polarinstitut
 Daniel Vogedes, Roberta Cardenas og Ricarda Runte // UiT Norges arktiske universitet
 Malin Daase* // Universitetssenteret på Svalbard
 Clara JM Hoppe, Sneha Sivaram og Max Willems // Alfred Wegener-instituttet, Tyskland
 Catarina Magalhaes og Eva Lopes // Interdisciplinary Centre of Marine og Environmental Research, Portugal
 Slawomir Kwasniewski, Józef Wiktor, Agnieszka Tatarek, Marta Gluchowska og Monika Zablocka // Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences
 Melissa Chierici // Havforskningsinstituttet
 Milan Beck // Universitetet i Bremen, Tyskland
 Lola Nader // Universitetet i Kiel, Tyskland
 Anand Jain og Divya David T // National Centre for Polar og Ocean Research, India
 Roberta Guerra // Universitetet i Bologna, Italia
 Carmen Rizzo // Stazione Zoologica Anton Dohrn, Italia
 JP Balmonte // Lehigh University, USA
 Manuel Bensi // National Institute of Oceanography og Applied Geophysics, Italia
 Francesco Paladini de Mendoza // Istituto di Scienze Polari, Consiglio Nazionale delle Ricerche

Årskontinuerlig overvåking av det marine økosystemet i Kongsfjorden

FORSKERNE FORTELLER

I noen få korte uker hvert år våkner Arktis til liv. De første oppdagelsesreisende undret seg ofte over kontrasten mellom de stille, mørke vintermånedene og den plutselige, glitrende livligheten under sommerens midnattssol. Denne dramatiske endringen kan spores tilbake til polenes ekstreme årlige lyssyklus – og den former ikke bare økosystemet, men også rytmene i den arktiske forskningen.

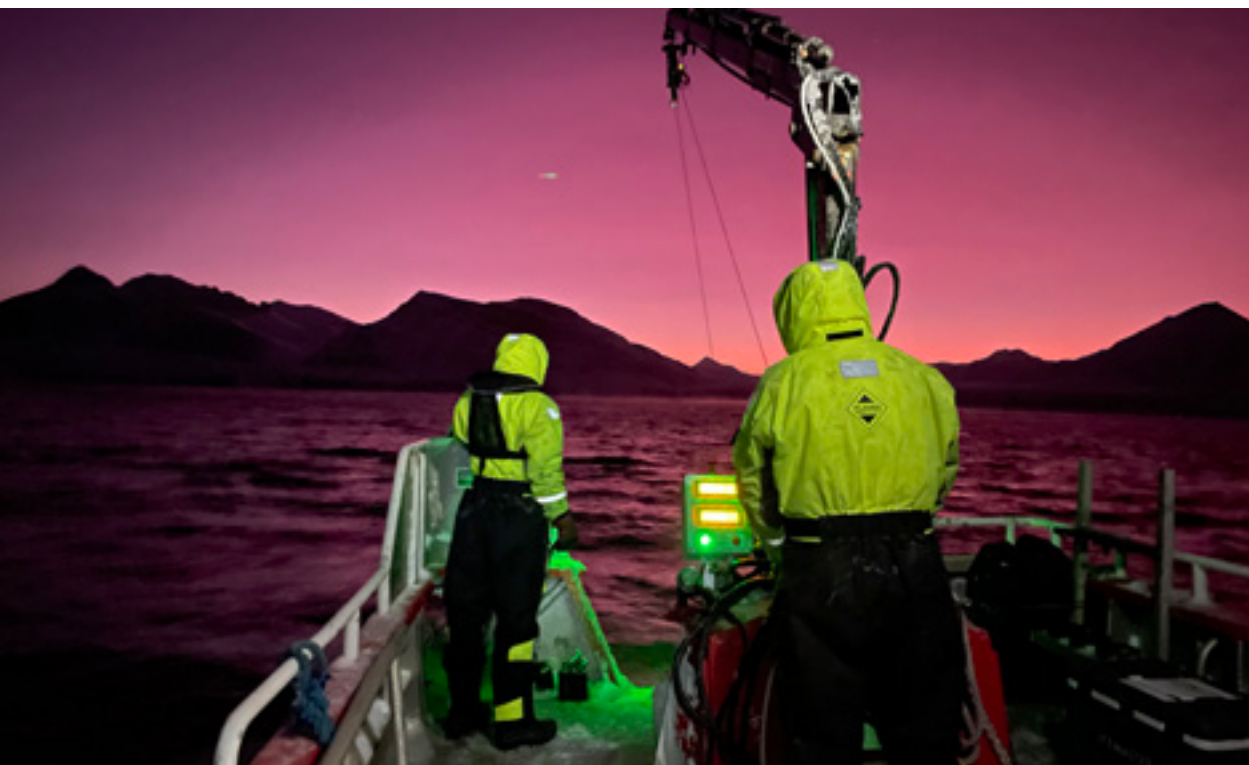
*Også tilknyttet UiT Norges arktiske universitet



Kongsfjorden sett fra Zeppelinobservatoriet på toppen av Zeppelifjellet ved Ny-Ålesund. Det svake lyset i den indre fjorden kommer fra Kings Bays forskningsbåt, MS Teisten, under transektundersøkelsen i januar. Foto: Ceslav Czyz / Norsk Polarinstitut

INOEN FÅ KORTE UKER HVERT ÅR våkner Arktis til liv. De første oppdagelsesreisende undret seg ofte over kontrasten mellom de stille, mørke vintermånedene og den plutselige, glitrende livligheten under sommerens midnattssol. Denne dramatiske endringen kan spores tilbake til polenes ekstreme årlige lyssyklus - og den former ikke bare økosystemet, men også rytmene i den arktiske forskningen.

Siden sommeren byr på midnattssol, det mildeste været, mest åpent vann og minst havis, er det også den årstiden vi kjenner best. Mye av det forskerne vet om havene i Arktis, stammer fra denne korte perioden, når skipene kan seile lengst og tryggest. I flere tiår antok forskere at det arktiske økosystemet speilet dette mønsteret: livlig og produktivt om sommeren, i dvale og stille om vinteren.



Et planktonnett hales opp i det svake januarlyset i Kongsfjorden ved -21 °C. For å øke sikkerheten under vinterarbeidet til sjøs fikk forskerne selskap av to medlemmer av Kings Bay-mannskapet. Vinsjen om bord på MS Teisten er avgjørende for å kunne bruke mange tunge marine prøvetakingsinstrumenter. Foto: Allison Bailey / Norsk Polarinstittutt

Men noen få sjeldne - og logistisk krevende - vinterkampanjer har snudd opp ned på dette synet. De viser at mange organismer forblir aktive gjennom hele polarnatten, at viktige livshistorie-hendelser utspiller seg utenfor sommersesongen, og at uventet biologisk aktivitet kan finne sted selv i mørket. Hvis vi begrenser forskningen vår til kun å omfatte sommeren, risikerer vi å overse disse avgjørende dynamikkene, som de klimasensitive stadiene og prosessene som finner sted om høsten, vinteren og våren. For å forstå hvordan Arktis reagerer på den raske oppvarmingen, trenger vi referansedata for hele året - ellers kan små endringer i tidspunktet for viktige økologiske hendelser (en dokumentert konsekvens av klimaendringer) tolkes feil, eller enda verre, overses.

Likevel gjør vanskelig tilgjengelighet at det er notorisk vanskelig å overvåke de marine økosystemene i Arktis året rundt. Det er for eksempel ingen store forskningsfartøy som ligger stasjonert ved Svalbard hele året, og bare ett enkelt, lite forskningsfartøy er i drift hele året. Autonome oseanografiske rigger - havbunnsforankrede undervannsobservatorier - bidrar til å fylle dette

kunnskapshullet ved å samle inn data i alle årstider uten menneskelig tilstedeværelse. Men de er begrenset til noen få steder og kan bare måle det sensorene deres er konstruert for, som temperatur, saltholdighet, strømforhold og akustiske signaler fra fiskebiomasse. Og mange av dem ser bort fra de øverste 20 meterne av vannsøylen for å unngå forstyrrelser fra skip og is, selv om det er nettopp der noen av de mest dynamiske biologiske prosessene finner sted.

For å bringe forskerne selv ut i vintermiljøet har flere ambisiøse ekspedisjoner latt store forskningsfartøy fryse fast i den drivende pakkisen og brukt dem som mobile baser i flere måneder av gangen. På disse drivende stasjonene både bor og arbeider forskerne. Her har de de laboratoriefasilitetene de trenger, og her har de tilgang til havet. Men fordi de beveger seg sammen med isen, passerer de gjennom skiftende vannmasser og habitater - og kan dermed ikke følge med på ett bestemt pelagisk økosystem hele året igjennom.

Når sola vender tilbake til Kongsfjorden, får det konsekvenser for hele systemet, fra planteplankton til kretsløpet av forurensende stoffer. Dette bildet ble tatt under prøvetaking langs et transekt i Kongsfjorden 24.-26. februar, ca. en uke etter at sola kom tilbake. Foto: Anette Wold / Norsk Polarinstittutt

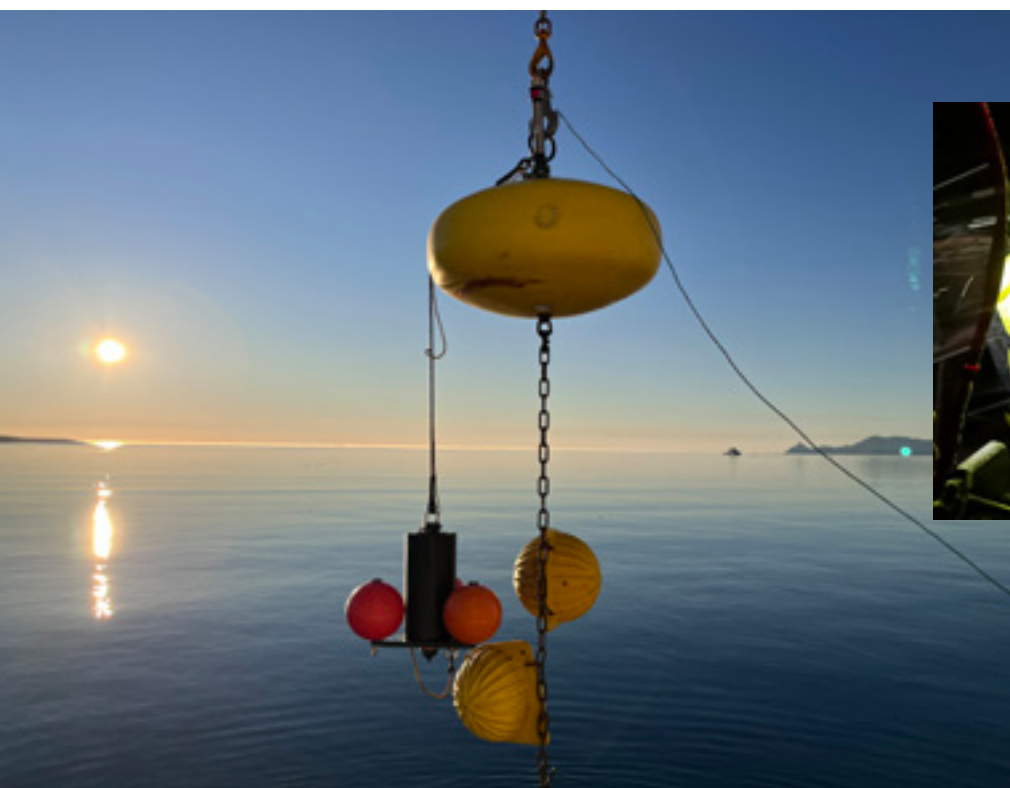


Havisen truet med å blokkere utseilingen for MS Teisten fra havnen i mai. Foto: Allison Bailey / Norsk Polarinstittutt



Apherusa er et ubemannet overflatefartøy (USV) som tilhører UiT Norges arktiske universitet. USV gjennomførte fire sesongbaserte hydroakustiske undersøkelser i Kongsfjorden i løpet av det internasjonale Kongsfjorden-året (IKY). Foto: Malin Daase / UiT Norges arktiske universitet og Universitetssenteret på Svalbard





Mørketid. Forskere fra Indias nasjonale senter for polar- og havforskning tar vannprøver og utfører CTD-målinger i polarnatten under det internasjonale Kongsfjorden-året. Foto: Emelia J Chamberlain / Wood Hole Oceanographic Institution

En vakker kveld å sette ut et havobservatorium i Kongsfjorden på. Det er ikke uten grunn at feltarbeid i Arktis vanligvis gjennomføres på sensommeren: Minimalt med havis, dagslys hele døgnet og mer stabile værforhold gjør logistikken enklere. Foto: Malin Daase / UiT Norges arktiske universitet og Universitetsenteret på Svalbard

Det ideelle scenarioet er altså enkelt, men krevende: å studere ett enkelt arktisk marint habitat kontinuerlig hele året.

På forskningsstasjonen i Ny-Ålesund, ved bredden av Kongsfjorden, blir dette mulig. Med en forskningsbåt tilgjengelig hele året, bolig- og laboratoriefasiliteter på stedet, flyavganger hver andre uke selv om vinteren og et aktivt internasjonalt forskermiljø har stasjonen unike forutsetninger for å huse koordinerte sesongstudier av høyarktiske marine økosystemer. Forskere innenfor Ny-Ålesund-flaggskipet Kongsfjorden System - et samarbeidsnettverk for marin forskning - så dette potensialet og utviklet en helårskampanje som nå er kjent som International Kongsfjorden Year (IKY).

Gjennom flere års diskusjoner på de årlige flaggskipmøtene tok kampanjen form. Det ble sendt inn flere søknader til nasjonale og internasjonale finansieringskilder, og team fra et stadig større antall land forpliktet seg til å delta.

Det største prosjektet under IKY-paraplyen var det tyske YESSS-prosjektet, ledet av Clara Hoppe. YESSS hadde to roterende forskerteam stasjonert i Ny-Ålesund i et helt år, hvor de sammen med samarbeidspartnere fra India og USA samlet inn ukentlige målinger både fra dype, pelagiske vannmasser midtfjords og fra tidevannssonen. I tillegg til

hyppig overvåking året igjennom av plankton, protister, mikrober og biogeokjemiske parametere undersøkte prosjektet hvordan sesongmessige forhold påvirker hvor sårbare fire sentrale organismegrupper - polartorsk, kråkeboller, tare og planteplankton - er for oppvarming av havet.

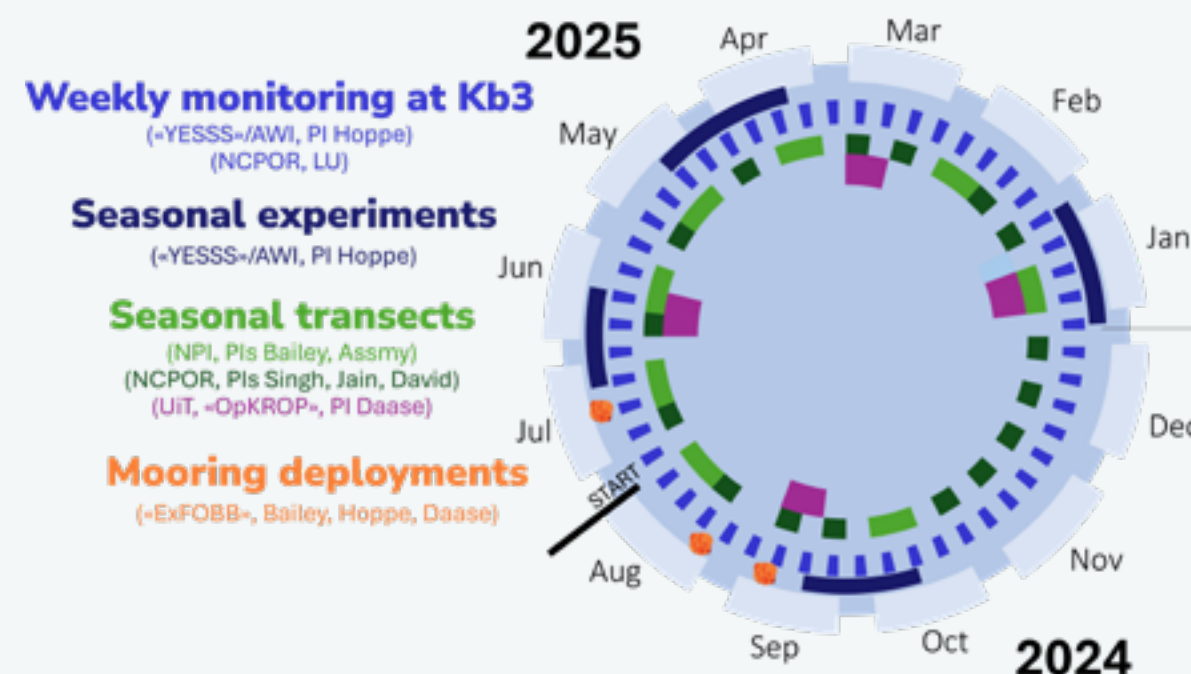
For å supplere de detaljerte observasjonene fra det sentrale fjordområdet samlet andre team inn data om tilsvarende parametere langs hele fjorden. Disse undersøkelsene kartla hvordan signalene som ble observert på det sentrale prøvestedet, varierer fra sted til sted, og hvordan prosesser som tilsig av smeltevann fra isbreer og innstrømmende atlantiske strømmer påvirker økosystemet gjennom året. Det norske OpKROP-prosjektet, ledet av Malin Daase, gjennomførte fire sesongbaserte transektundersøkelser, inkludert av optiske egenskaper og hydroakustikk, som et supplement til sitt langsiktige program Kongsfjorden Marine Observatory. Norsk Polarinstitutt gjennomførte åtte transektundersøkelser til ulike tider av året, og et indisk team gjennomførte CTD-undersøkelser annenhver måned.

Ni Arctic Field Grant-mottakere bidro med ytterligere innsikt, nye parametere, prøvetakingskapasitet og internasjonalt samarbeid. Samarbeidet mellom prosjektgruppene var omfattende: Teamene samlet inn prøver for hverandre,

delte utstyr, tok imot samarbeidspartnere i fartøyene sine og utvekslet informasjon om forholdene i fjorden i nær sanntid.

I mellomtiden satte prosjektet ExFOBB (Extending Fjord Observatories for Biogeochemistry and Biology), finansiert av Svalbard Integrated Arctic Observing System (SIOS), ut tre ytterligere instrumentrigger i Kongsfjorden: én profileringsrigg for å registrere dynamikken i overflatelaget, som tradisjonelle rigger ofte overser, og to innstrømningsrigger plassert slik at de detekterer atlantehavsvann før det strømmer inn i fjorden.

Sammen gjorde disse tiltakene IKY til et år uten sidestykke. I 2024-2025 ble det marine økosystemet i Kongsfjorden observert med en mye høyere temporal oppløsning enn tidligere. Det gjorde at man kunne fange hele sesongrytmen til en av de mest grundig studerte fjordene i Arktis. Neste fase er i gang: å analysere disse enorme datasettene og sammenfatte dem til en forståelse på økosystemnivå. Dette arbeidet vil resultere i omfattende synteser ledet av flaggskipprosjektet og en rekke mer målrettede publikasjoner på prosjektnivå som vil bidra til å avgrense viktige perioder for fremtidig overvåking og gi oss en dypere forståelse av hvordan økosystemene i Arktis fungerer - og endrer seg - gjennom året. ■



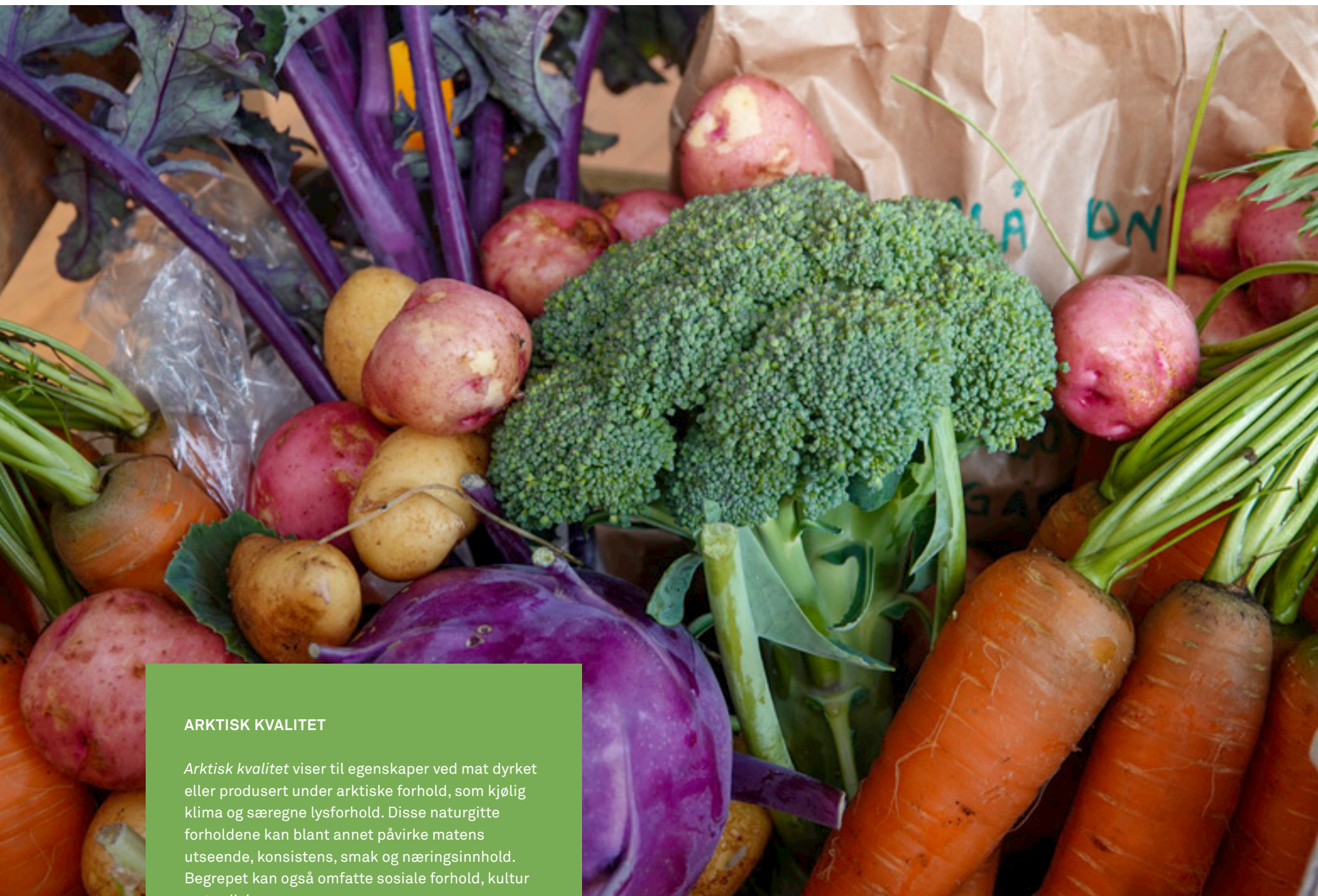
Årshjulet for de viktigste prøvetakingskampanjene i løpet av det internasjonale Kongsfjorden-året. Figuren viser ikke alle prosjektene eller alle de pågående tidsseriene som inngår i IKY-initiativet. Figur: Allison Bailey / Norsk Polarinstitutt

LES MER:

Om IKY:
<https://nyalesundresearch.no/2024/06/the-international-kongsfjorden-year-2024-2025/>

Om YESSS-prosjektet:
<https://yesss.science/>

Om OpKROP:
<https://www.mare-incognitum.no/opkrop/>



ARKTISK KVALITET

Arktisk kvalitet viser til egenskaper ved mat dyrket eller produsert under arktiske forhold, som kjølig klima og særegne lysforhold. Disse naturgitte forholdene kan blant annet påvirke matens utseende, konsistens, smak og næringsinnhold. Begrepet kan også omfatte sosiale forhold, kultur og tradisjon.

(Definisjon av *arktisk kvalitet* i undersøkelsen)

Prosjektet finansieres gjennom initiativet Bærekraftig matproduksjon og verdiskaping i nord, som forvaltes av fylkeskommunene i Nord-Norge.

Noen av grønnsakene som trives under midnattssolen, og som dermed fortjener å bli kalt *arktisk kvalitet*. Foto: Morten Günther / NIBIO

Jon Schärer // Norsk institutt for bioøkonomi

Arktisk kvalitet – hva mener forbrukerne?

FORSKNING OG FOLK

Hva betyr «arktisk kvalitet» for nordmenn? En undersøkelse blant over 1400 forbrukere viser at selve begrepet er lite kjent, men at de fleste har et positivt syn på nordnorsk mat og landbruk, først og fremst fordi lokalt landbruk fremmer lokal verdiskaping, lokal kultur og lokale naturkvaliteter.

SOM EN DEL AV ARBEIDET MED Å STYRKE LANDBRUKET i Nord-Norge kan begrepet *arktisk kvalitet* utvikles og brukes som et konkurransefortrinn.

- For å utnytte dette potensialet er det viktig å forstå hvordan forbrukerne oppfatter *arktisk kvalitet*, sier forsker Frøydis Gillund ved Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). Hun leder et prosjekt som nettopp har som mål å finne ut av dette.

De unike forholdene i nord, med lave temperaturer og helt spesielle lysforhold, påvirker utseende, smak og næringsinnhold, særlig hos planter.



Mange av sauene i Nord-Norge lever i naturskjønne omgivelser.
Foto: Morten Günther / NIBIO

- Dette gjør at grønnsaker og bær dyrket i nord ofte er søtere og har en sprøere konsistens enn de som dyrkes lenger sør. Dette er dokumentert for gulrøtter, kålrot, brokkoli og jordbær - og det er nettopp disse egenskapene vi kaller *arktisk kvalitet*, sier Gillund.

ARKTISK KVALITET

NIBIO har tidligere undersøkt og dokumentert hvordan natur- og klimaforhold påvirker egenskaper som smak, konsistens og innhold av bioaktive stoffer i produkter fra gårder, skoger og enger i Nord-Norge, særlig grønnsaker og bær. Nå står forbrukernes meninger og oppfatninger i fokus, og sammen med kollegene Atle Wehn Hegnes og Geir Wæhler Gustavsen har Gillund valgt en bred tilnærming.

- Vi begynte med å undersøke hvordan begrepet *arktisk kvalitet* beskrives i norsk og internasjonal forskningslitteratur, og hva litteraturen sier om hvordan forbrukerne forstår dette begrepet, sier Atle Wehn Hegnes. Han understreker at de ikke har gjennomgått all forskning på feltet systematisk, da det ligger utenfor prosjektets mandat. Likevel gir studien et klart inntrykk av at *arktisk kvalitet* som begrep i forbindelse med mat i Norge er lite kjent.

- Begreper som nordnorsk mat, mat fra Nord-Norge eller arktisk mat ser ut til å være mer utbredt, sier Hegnes.

Som en del av prosjektet ble også nordnorske aktører fra ulike deler av matverdikjeden invitert til fokusgruppeintervjuer. De som ble intervjuet,

representerte produsenter, serveringssteder, produsentnettverk, foredlingsbedrifter, salgskanaler og aktører fra virkemiddelapparat i landsdelen. Sammen med litteraturgjennomgangen dannet disse diskusjonene grunnlaget for temaene og spørsmålene i forbrukerundersøkelsen.

FORBRUKERNE KOMMER TIL ORDE

Resultatene fra undersøkelsen viser at de fleste ikke kjenner til begrepet *arktisk kvalitet* - ikke engang de som bor i Nord-Norge.

- Men når begrepet blir forklart, har folk sterke positive assosiasjoner til det, sier seniorforsker Geir Wæhler Gustavsen. - De tenker på renhet, naturlighet, lokale røtter, kulturarv (inkludert samiske tradisjoner) og miljøverdier. Mange ser på *arktisk kvalitet* som mer enn bare «mat fra Nord-Norge» - det gir en følelse av noe eksklusivt og unikt.

- Undersøkelsen viser tydelig at *arktisk kvalitet* fremdeles er et relativt ukjent begrep for de fleste, understreker Gustavsen. - Bare 28% av de spurte har hørt om eller er kjent med begrepet. I Nord-Norge er kjennskapen noe større, men selv der var det bare 43% som hadde hørt om eller kjente til begrepet. Dette betyr at over halvparten av de som bor i Nord-Norge, ikke har noe forhold til *arktisk kvalitet* som begrep.

HVOR GÅR GRENSEN?

Men hvor går grensen for hva som kan kalles *arktisk kvalitet*? Forbrukerne er uenige: 46% mener at bare mat som er produsert nord for polarsirkelen, kan kalles *arktisk kvalitet*; 33% mener at mat fra hele Nord-Norge er inkludert. Bare 3% mener at all mat som produseres i Norge, kan kalles *arktisk kvalitet*.

I Nord-Norge er det flere som mener at polarsirkelen er grensen, men selv her regner mange med hele regionen. Forskning har vist at enkelte nordlige produkter har særlige kvaliteter som påvirker smaken.



Jordbær dyrket i det høye nord er usedvanlig aromatiske. Foto: Morten Günther / NIBIO



Frøydis Gillund plukker blåbær med *arktisk kvalitet*.
Foto: Privat

UTVALGTE RESULTATER:

- Av de 1460 deltakerne i undersøkelsen var det 28 % (407 respondenter) som kjente til begrepet arktisk kvalitet, mens 72 % ikke kjente til det.
- Av de som bor i Nordland, Troms eller Finnmark, kjente 43 % til begrepet.
- Av flere alternative verdier var det «renhet og naturlighet» som oftest ble assosiert med arktisk kvalitet (64 % i utvalget under ett og 74 % blant de som bor i Nord-Norge).
- «Lokal forankring» var den nest mest nevnte verdien (54 %).

UTVALGTE UTTALELSER:

- Arktisk mat smaker bedre enn annen, tilsvarende mat: 34 % av utvalget er helt eller delvis enige. 55 % av de som er bosatt i Nord-Norge, er enige, og 61 % av de som kjenner til arktisk kvalitet, er enige.
- Arktisk mat er mer næringsrik enn annen, tilsvarende mat: 25 % er helt eller delvis enige.

- Arktisk mat er mer naturlig enn annen, tilsvarende mat: 43 % er helt eller delvis enige. 60 % av de som er bosatt i Nord-Norge, er enige, og 65 % av de som kjenner til arktisk kvalitet, er enige.
- Arktisk mat er for dyr sammenlignet med annen, tilsvarende mat: 39 % er helt eller delvis enige. 51 % av de som er bosatt i Nord-Norge, er enige, og blant de som kjenner til arktisk kvalitet, er 50 % enige.

VILLIGHET TIL Å BETALE MER:

- **Gulrøtter:** 27 % av utvalget er villige til å betale mer; 50 % av de som er bosatt i Nord-Norge; 44 % av de som kjenner til arktisk kvalitet.
- **Poteter:** 25 % totalt; 47 % bosatt i Nord-Norge; 40 % kjent med arktisk kvalitet.
- **Jordbær:** 31 % totalt; 57 % bosatt i Nord-Norge; 50 % kjent med arktisk kvalitet.
- **Lammekjøtt:** 33 % totalt; 51 % bosatt i Nord-Norge; 51 % kjent med arktisk kvalitet.



På et jorde bare noen minutter fra sentrum av Tromsø vokser poteter av arktisk kvalitet. Foto: Morten Günther / NIBIO

- Det er også interessant å merke seg at 34 % av de spurte er helt eller delvis enige i at mat fra Arktis smaker bedre enn annen, tilsvarende mat. Blant folk i Nord-Norge er andelen enda høyere; her er 55 % enige, sier Gustavsen.

LANDBRUK OG BEREDSKAP I ARKTIS

Både klimaendringer og internasjonale hendelser har ført til økt fokus på matsikkerhet og selvforsyning nasjonalt og regionalt. I dette perspektivet kan produksjonen i Nord-Norge få økt strategisk betydning, påpeker forskerne. Nord-Norge er

strategisk viktig for nasjonal sikkerhet. Store avstander, spredt bosetting og krevende klimatiske forhold gjør forsyningslinjene i regionen sårbare. Det er derfor avgjørende å opprettholde matproduksjonen i nord. *Arktisk kvalitet* kan dermed også knyttes til beredskap og selvforsyning - ikke bare til smak og identitet.

- Men for at begrepet *arktisk kvalitet* skal få gjennomslag, må det fylles med troverdig innhold, dokumenteres og kommuniseres på en måte som gir mening for både produsenter og forbrukere, sier Atle Wehn Hegnes.

TILLIT ER AVGJØRENDE

Frøydis Gillund mener det er viktig å ta på alvor at noen av respondentene sa at de var usikre på om begrepet egentlig sier noe om produktkvalitet. Noen mener for eksempel at merket er et markedsføringstriks eller et fancy navn rettet mot turister og internasjonale markeder.

- Diskusjonene på workshopen viste også at aktører i dagligvarebransjen ofte foretrekker å bruke begreper som *nordnorsk mat* eller *lokal mat* når de kommuniserer med lokale forbrukere, siden dette er begreper folk kjenner bedre.

- Tillit er avgjørende, understreker Gillund, som fortsatt er optimistisk på bakgrunn av prosjektet og undersøkelsen.

- Med tydelig dokumentasjon, kommunikasjon og samarbeid kan *arktisk kvalitet* bli et konkurransefortrinn for landbruket i nord. Begrepet kan også bidra til økt stolthet, verdiskaping og bærekraft i regionen, sier NIBIO-forskeren som ledet prosjektet om forbrukernes forståelse av *arktisk kvalitet*. ■

Anne Guro Nøkleby, Carl William Lund og Ole Magnus Grønli // Kartverket

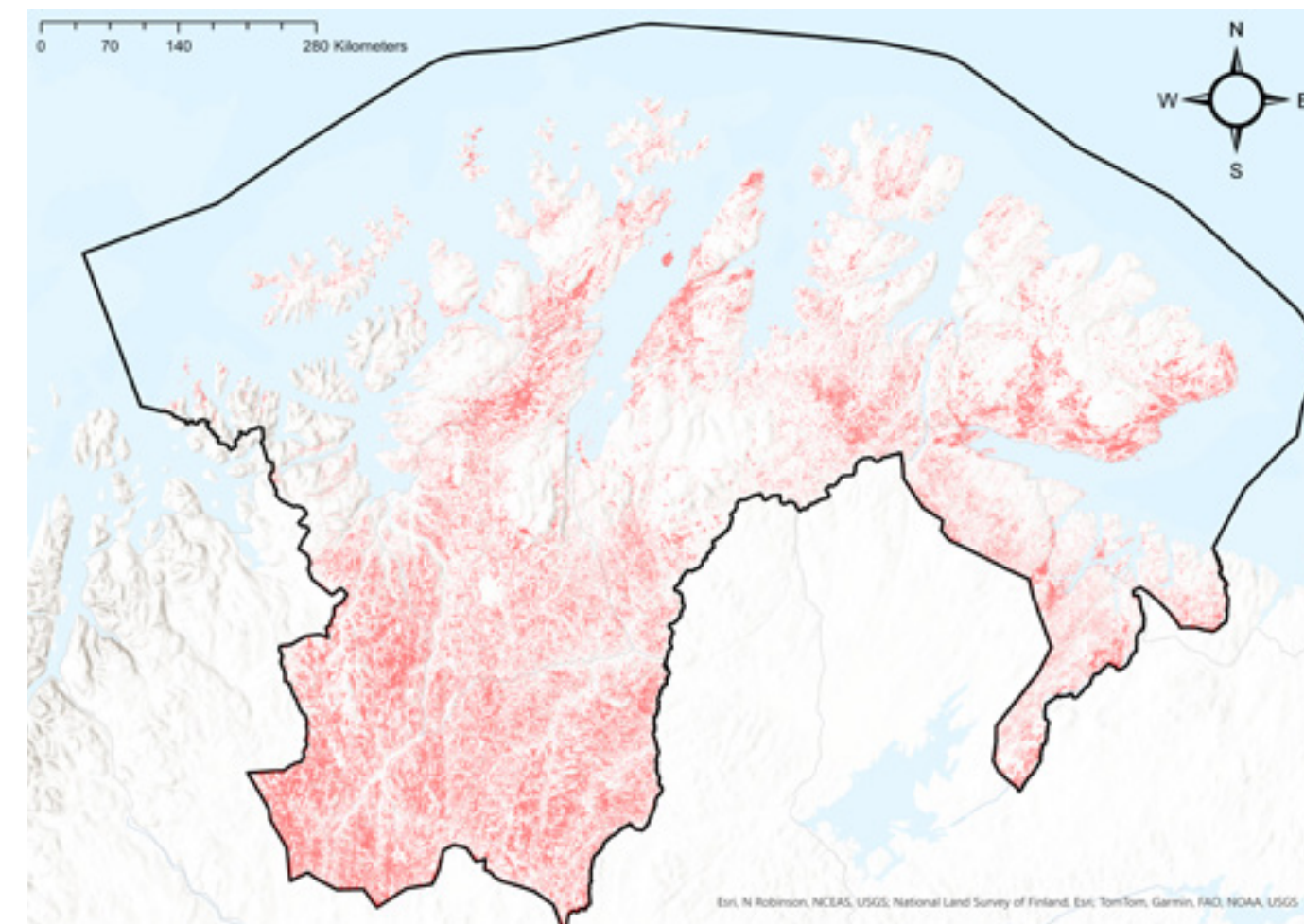
LAVDAS: Bedre kartlegging av norske våtmarker

FORSKERNE FORTELLER

Avansert teknologi gir et langt mer presist bilde av Norges våtmarker. LAVDAS-prosjektet tester nye metoder for kartlegging av Norges myrer og våtmarker.

NORDMENN TENKER VANLIGVIS på myrene sine som områder med myke og våte stier, utfordrende terreng og en karakteristisk lukt av langsom forråtnelse. Og mange forbinder dem nok først og fremst med multer - fjellets og skogens gull. Men multens naturlige vokseområder regnes også som en av Norges mest verdifulle naturressurser. Myrer og våtmarker lagrer store mengder karbon, renser vann og er habitater for en lang rekke dyr og planter. Den samlede økonomiske verdien av dette økosystemet anslås til flere milliarder norske kroner årlig.

For noen år siden fikk Norge sitt første pålitelige statistiske anslag over hvor mye våtmark landet har, men nøyaktig hvor våtmarksområdene ligger, er ikke kartlagt på landsbasis. De opprinnelige kartdataene har hull, og det mangler oppdaterte data for store områder - særlig de som ligger over tregrensen. LAVDAS, som står for Landsdekkende våtmarksdatasett, vil bidra til å fylle kunnskaps-hullene ved å bruke dype nevralt nettverk (KI) til å identifisere og avgrense våtmarker over hele Norge.



Oversikt over våtmarker i Finnmark basert på resultater fra LAVDAS.
Kart: Carl William Lund / Kartverket

FRA MÅL TIL RESULTATER

LAVDAS har som mål å forbedre de nasjonale kartdataene for Norges våtmarker. For å oppnå dette analyserer prosjektet store mengder geografiske data. De viktigste datakildene er satellittbilder som viser farger og vegetasjon, og høydedata som representerer landskapstrekk. De samlede dataene gjør det mulig å identifisere mønstre som er typiske for ulike landformer, for eksempel våtmarker.

Å utvikle en KI-modell som fungerer i hele Norge, er en krevende prosess. De store variasjonene i terreng, klima og årstider påvirker på ulike måter hvordan våtmarker rundt om i landet ser ut på satellittbilder. LAVDAS har derfor utviklet en rekke modeller, som hver tar for seg ulike utfordringer. Den opprinnelige modellen var basert på tidligere forskning utført av Norsk institutt for naturforskning. Norsk Regnesentral forbedret denne modellen ved hjelp av omfattende treningsdata og ved å justere parameterne. Googles



KARTDATA FOR MYR

De viktigste kartdataene om myr finnes i arealressurskart AR5 i målestokk 1 : 5000. Utenfor dekningsområdet til AR5 er N50-kartdataene den mest anvendelige kilden, og de danner grunnlaget for den nasjonale kartserien Norge 1:5000.

En typisk myr i Vang kommune.
Foto: Arvid Lillethun / Kartverket

AlphaEarth-modell, med sin innebyggingsteknologi, er blitt testet, og en modell fra Foundation Model for Climate and Society (FM4CS) har blitt testet for å forstå og analysere jordoverflaten.

NY INNSIKT MED SANNSYNLIGHETSKART

Den nyeste modellen, som er en kombinasjon av de ulike modellene basert på en optimalisert vektning, har gitt lovende resultater i form av et presist «sannsynlighetskart». Da det ble testet mot data fra prøvetakingsområder jevnt fordelt over hele Norge, fra et datasett fra Norsk institutt for bioøkonomi, identifiserte sannsynlighetskartet 97,6% av de forhåndsklassifiserte pikslene riktig. Hvis vi deretter sammenligner LAVDAS-resultatene med arealressurskart AR5 og topografisk norgeskart N50, er estimatene for utbredelsen av myr i Norge er svært annerledes.

I Finnmark er for eksempel detaljerte data kun tilgjengelig for små områder. Ifølge Kartverkets N50-kart består ca. 5% av Finnmark av myr. Samtidig viser AR5, det nasjonale arealressurskartet, at Finnmark bare har 0,8% myr. LAVDAS-modellen viser imidlertid 12,8% myr, men identifiserer også mye av det samme myrarealet som N50 og AR5. Dette tyder på at dagens kart gir et mangelfullt bilde av norske våtmarker, særlig i fjellområder og i regioner som Finnmark.

En annen viktig oppgave er å fastsette klare terskelverdier for sannsynlighetskartene. Det må for eksempel fastsettes når et område skal klassifiseres som myr, og når det skal merkes som ikke kartlagt. Oppgaven gir verdifull erfaring som senere kan brukes ved kartlegging av andre landformer.

BEDRE KART – BEDRE BESLUTNINGER

Et av målene med LAVDAS er å gjøre informasjon om Norges myrer og våtmarker mer tilgjengelig for naturressursforvaltningen. Med det for øye startet prosjektet med en omfattende kartlegging av brukerbehov. Etter hvert som prosjektet skrider frem, vil en løpende dialog med brukere sikre at dataene kan benyttes til naturforvaltning, klimatilpassing, arealplanlegging og bevaring av biologisk mangfold. Kartene vil bli gjort tilgjengelige via Geonorge, den nasjonale nettsiden for kartdata og annen stedfestet informasjon. Geonorge og de andre felles løsningene vil bli videreutviklet i løpet av de neste årene til en ny samarbeidsplattform, som forhåpentligvis vil gi tilgang til de forbedrede våtmarksdataene.

Utsiktene til et nasjonalt forbud mot nedbygging av myr gjør dette prosjektet enda mer aktuelt. Klima- og miljødepartementet og Kommunal- og distriktsdepartementet foreslår å innføre et forbud i plan- og bygningsloven mot nedbygging av myr, etter mønster av forbudet mot bygging i strandsonen. Dersom det foreslåtte endringsforslaget vedtas, vil LAVDAS bidra til å sikre at regelverket overholdes. Kartene gir ikke opplysninger om dybde eller tilstand på myrene, men kan peke ut områder som bør undersøkes nærmere før det fattes beslutninger.



Astrid Marie Flattum Muggerud, prosjekteier, og Carl William Lund, prosjektleder, ute i felten for å inspisere LAVDAS-resultater. Foto: Ole Magnus Grønli / Kartverket

LAVDAS I TIDEN FREMOMER

Selv om resultatene så langt er overbevisende, gjenstår det fortsatt utfordringer. Snø, skyer, skygger og hogstfelt kan føre til at data feiltolkes. For å motvirke dette og for å kunne levere mer presise resultater arbeider prosjektet med å inkludere radardata fra satellitter og innlemme flere og bedre treningsdata. Prosjektet har også som mål å skille mellom ulike typer myr, for eksempel mellom myrer som får hele sin vanntilførsel fra regnvann, og myrer som får tilført næringsstoffer gjennom grunnvannet. Dette vil gi et enda mer pålitelig vitenskapelig grunnlag for naturressursforvaltningen.

Selv med disse fremskrittene gjenstår det fortsatt viktig forskning. LAVDAS viser bare det som er synlig på overflaten. Det er fortsatt behov for ytterligere målinger og feltundersøkelser for å få en bedre forståelse av myrenes tilstand, dybde og struktur.

Fremtidige prosjekter på grunnlag av LAVDAS vil kunne gi et mer fullstendig bilde av norske våtmarker. ■

Eksempel på LAVDAS-resultater fra området rundt Kautokeino. Rød farge angir områder med > 60 % sannsynlighet for å være våtmark.
Kart: Carl William Lund / Kartverket

LES MER:

Norsk Regnesentral har mer informasjon om LAVDAS-prosjektet på sine nettsider: <https://nr.no/en/projects/using-deep-neural-networks-to-map-wetlands-lavdas/>

National Wetlands Geospatial Database presenteres på side 37 i EuroSDRs årsrapport for 2024, som er tilgjengelig på https://www.eurocdr.net/sites/default/files/uploaded_files/eurocdr_annual_report_2024_updated.pdf

Kart (på norsk) er tilgjengelige digitalt på: <https://norgeskart.no> og <https://kilden.nibio.no>

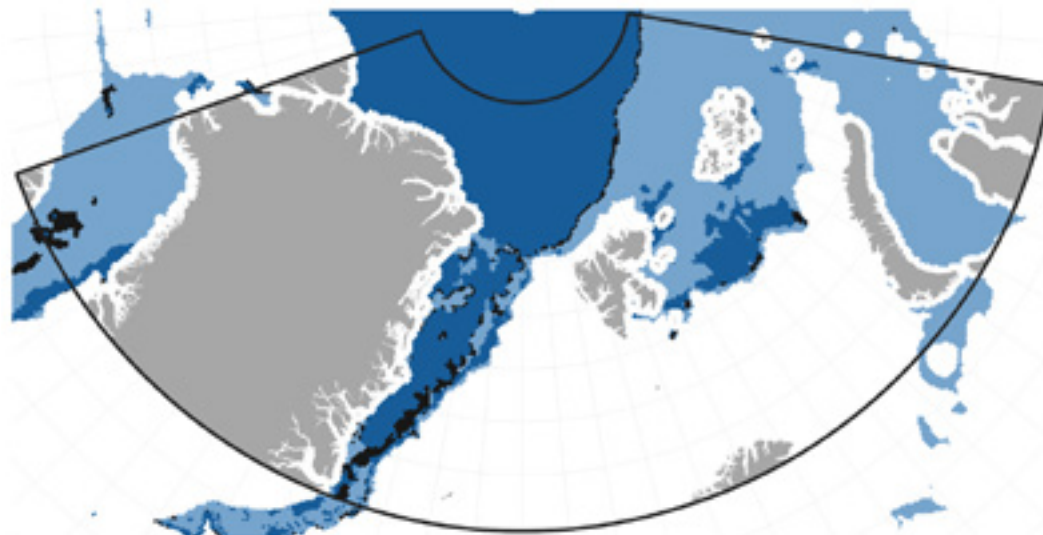
HVA ER ET SANNSYNLIGHETSKART?

Et sannsynlighetskart i LAVDAS viser hvor sannsynlig det er at et område tilhører en bestemt naturtype, i dette tilfellet våtmark. For å kunne bruke kartet i praksis, trengs det en terskelverdi for hva som skal klassifiseres som «myr», «ikke-myr» og «ikke kartlagt». Slike kart gir et mer nyansert bilde av usikre landformer enn konvensjonelle kart med entydige grenser («ja/nei»-kart).

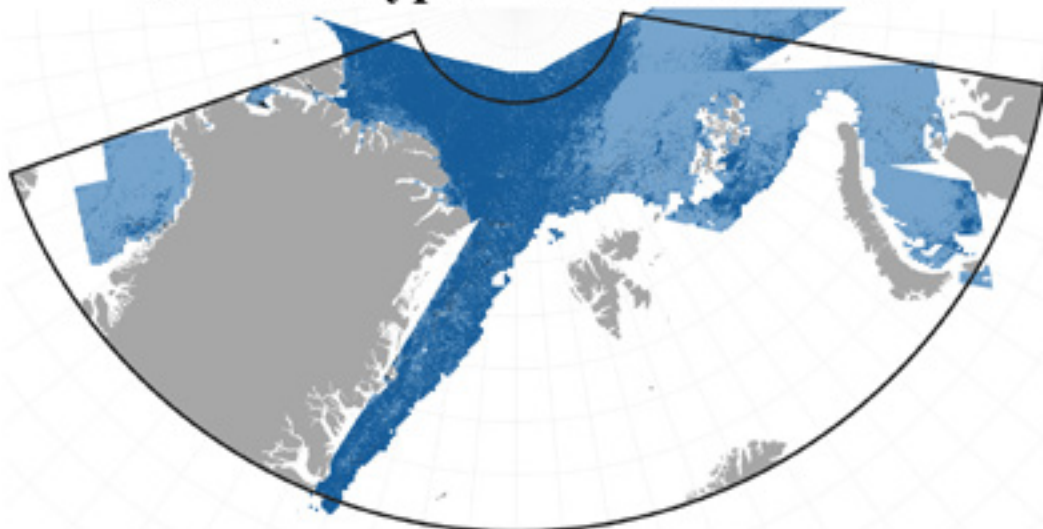
TAKK

LAVDAS-prosjektet (NFR 349504), finansiert av Norges forskningsråd og Miljødirektoratet, er et samarbeid mellom Kartverket, Miljødirektoratet, Institutt for bioøkonomi, Norsk institutt for naturforskning og Norsk Regnesentral.

OSI SAF ice type – 10km resolution



ASAR ice types – 100m resolution



■ Multi-year ice ■ First-year/young ice

Eksempler på kart over havistyper i den atlantiske delen av Arktis for 15. januar 2010, som viser forbedringen i spatial oppløsning sammenlignet med et typisk eksisterende produkt for global is basert på passive mikrobølgesatellitdata fra NASA (til venstre) og SAR-basert havisklassifisering (til høyre, ved bruk av Envisat ASAR-data).

Wenkai Guo og Jack Landy // UiT Norges arktiske universitet
Shiming Xu // Tsinghua-universitetet, Kina
Sebastian Gerland // Norsk Polarinstitutt

Norge og Kina samarbeider om fjernmåling i et Polhav i endring

FORSKERNE FORTELLER

Klimaet i Arktis er i rask endring, noe som ikke minst kommer til uttrykk gjennom at havisen forsvinner. Dette er et globalt problem som krever internasjonal innsats. Her beskriver vi et initiativ for å møte denne utfordringen: INTERAAC-prosjektet.

INTERAAC-PROSJEKTET (air-snow-ice-ocean INTERactions transforming Atlantic Arctic Climate) er et samarbeidsprosjekt finansiert av Norges forskningsråd og Kinas departement for vitenskap og teknologi. Prosjektet samler partnere fra de to landene: UiT Norges arktiske universitet og Norsk Polarinstitutt (NPI), begge i Tromsø; Tsinghua-universitetet og det kinesiske akademi for meteorologiske vitenskaper (CAMS), begge i Beijing; og det kinesiske polarforskningsinstituttet PRIC i Shanghai. Sammen håper de å kunne fremskaffe viktig ny kunnskap om endringene i det arktiske miljøet.

Målet med prosjektet er å beskrive endringene i havisen i den atlantiske sektoren av Arktis – en viktig regulator av det regionale klimasystemet – gjennom de siste tre tiårene. Det vil de gjøre ved å bruke jordobservasjonsdata fra satellitter og ved å trekke veksler på en rekke forskningsekspedisjoner til Arktis, som N-ICE2015, MOSAiC, Nansen Legacy – som leserne av Fram Forum allerede kjenner til – og FACE-kampanjene (Following Arctic sea iCE), som gjennomføres om bord på den kinesiske isbryteren *Xuelong 2*. Til syvende og sist er målet økt forståelse av samspillet mellom luft, snø, is og hav. Med denne kunnskapen vil vi kunne forutsi hvordan klimaet vil utvikle seg i Arktis, og hvilke implikasjoner utviklingen vil ha for innbyggerne i nordområdene.



INTERAACs aktiviteter: Norske forskere installerer et apparat for måling av snø- og ismassebalanse under forskningstoktet CIRFA2022. Foto: Christian Zoelly / Norsk Polarinstitutt

Deltakelse i Alfred Wegener-instituttets IceBird Summer-kampanje for fjernmåling av havis fra luften i august 2024, da AWI Polar 5 fløy over FF Kronprins Haakon i det sentrale Polhavet. Foto: Jack Landy / UiT Norges arktiske universitet

Xuelong 2, en av Kinas isbrytere.
Foto: Lin Long / Polar Research Institute of China

En kinesisk forsker setter ut en isbøye under en av de årlige arktiske ekspedisjonene som gjennomføres av Xuelong 2.
Foto: Lin Long / Polar Research Institute of China

EKSEMPLER PÅ FORSKNINGSAKTIVITETER

INTERAAC-prosjektet har utviklet forbedrede observasjonsdatasett for sentrale havisparametere i den atlantiske delen av Arktis, blant annet havisdekke, istyper og is- og snøtykkelse. Med støtte fra eksperter innen fjernmåling av havis fra Earth Observation Group måler UiT havistype og -tykkelse ved hjelp av satellittbasert syntetisk apertur-radar (SAR) og altimetri; NPI analyserer omfattende datasett fra in situ feltkampanjer for å avgrense havisprosesser observert i stor skala gjennom fjernmåling; Tsinghua-universitetet er eksperter på å samordne satellittobservasjoner fra ulike oppdrag og integrere dataene med havis- og klimamodellering; og CAMS og PRIC bidrar med unike felldata samlet inn under kinesiske polarforskningsekspedisjoner.

Gjennom samarbeidet har teamet gjort betydelige fremskritt på flere viktige områder. Det er utviklet nye metoder for å sammenstille data fra eldre og moderne SAR-sensorer med C-båndsradarfrekvens, noe som gjør det mulig å beregne havisens type (for eksempel tynn is, flat is, deformert is og gammel is) ut fra et datagrunnlag som strekker seg over 35 år, fra 1991 til i dag. Selv om satellittbildedekningen over den atlantiske sektoren av Arktis var mindre rik på 1990-tallet enn den er i dag, har disse nye dataene på enkelte sentrale steder avdekket trender i havistyper - at gammel is har blitt erstattet av tynnere, yngre havis - med et mye høyere detaljnivå enn konvensjonelle datasett. SAR-datasettet er 100 ganger mer detaljert enn informasjonen som finnes i eksisterende klimadatabaser. Det gjorde at teamet kunne utvikle en statistisk modell for oppskalering av satellittaltimetrimålinger av havisens fribord og tykkelse.

FORSKNINGSBESØK OG SAMARBEID

Samarbeidet mellom de norske og kinesiske partnerinstitusjonene har blitt aktivt styrket gjennom en rekke gjensidige besøk og personlige utvekslinger. I 2023 besøkte prosjektpartnerne fra Beijing Tromsø, hvor det ble avholdt et fysisk seminar i Årdna, UiTs samiske kulturhus. I 2025 var prosjektmedlemmer fra UiT og NPI i Beijing for å delta på den andre fysiske workshopen. Disse workshopen ga prosjektteamet mulighet til i fellesskap å avgrense vitenskapelige spørsmål, samordne data og metoder og planlegge koordinerte forsknings- og formidlingsaktiviteter. I tillegg gjennomførte

den unge forskeren Wenkai Guo fra UiT to forskningsopphold ved Tsinghua-universitetet, mens førsteamanuensis Shiming Xu fra Tsinghua-universitetet gjennomførte et tilsvarende opphold ved UiT. Ved å styrke samarbeidet både mellom og innenfor Norge og Kina, og samarbeidet med andre internasjonale forskerteam og prosjekter (f.eks. EUs Arctic PASSION), legger INTERAAC grunnlaget for fremtidige initiativer som Polhavet 2050 og kommende jordobservasjonssatellittoppdrag. Dette har lagt et solid grunnlag for å opprettholde og utvide forskningssamarbeidet mellom Norge og Kina om polar- og klimaspørsmål i årene som kommer. ■

Terri Souster // UiT Norges arktiske universitet

Bernabé Moreno // Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences

Katherine M Dunlop // Havforskningsinstituttet

David KA Barnes // British Antarctic Survey, Cambridge, Storbritannia

Feltforsøk med oppvarmede bunnslåingsplater

Slik vil bunnlevende organismer reagere på et varmere Polhav

FORSKERNE FORTELLER

Kystfarvannene i Arktis varmes opp svært raskt sammenlignet med andre steder i verden. Laboratorieundersøkelser som simulerer økte havtemperaturer, tyder på at enkelte arter som lever på havbunnen i grunne polare farvann, er ekstremt følsomme for oppvarming. Nå ønsker vi å teste følsomheten deres under virkelige forhold.

DET ER MULIG Å UNDERSØKE hvordan oppvarmingen påvirker artssammensetningen i artenes naturlige habitat, uten å endre andre variabler. Til å undersøke kolonisering, rekruttering og suksessjon i inter- og subtidale habitater har man i nesten et århundre brukt kunstige plater som benthiske organismer kan bunnslå seg på. Ved hjelp av en strømkilde kan disse platene varmes opp, slik at det oppstår lite område med koloniserbar

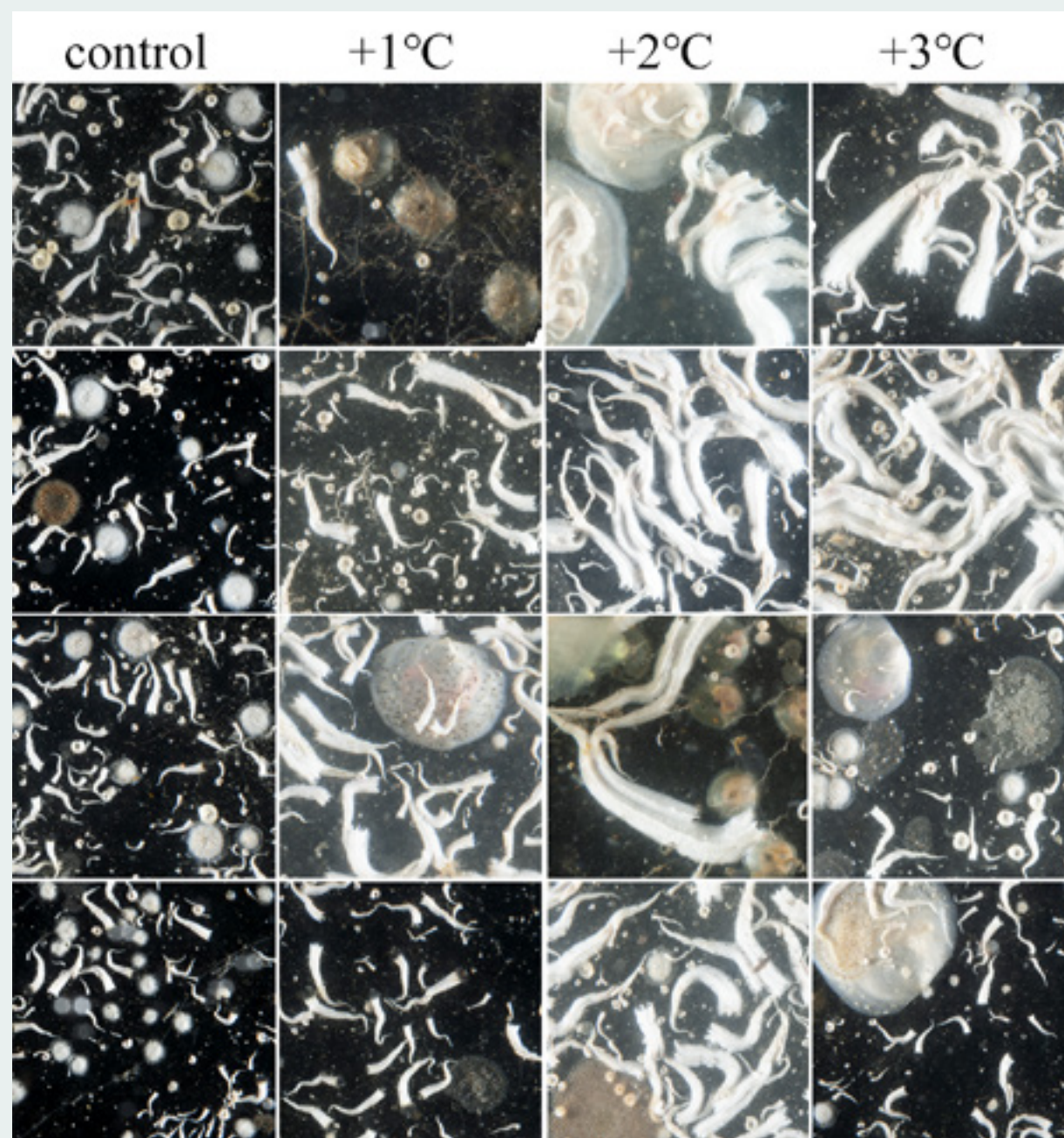
overflate med en temperatur over omgivelsestemperaturen. Denne metoden har blitt brukt med godt resultat i Vest-Australia, Vest-Antarktis og Storbritannia, der man har undersøkt hvordan makrobenthiske arter reagerer på vedvarende temperaturer mellom 1 og 2 °C over omgivelsestemperaturen. Uoppvarmede plater fungerer som kontrollenheter og viser hvordan artene reagerer på omgivelsestemperaturen.



Oppvarmede bunnslåingsplater (Heated Settlement Panel, HSPI) i eksperimentet i Andersdal i Tromsø.

Nederst til venstre: Metallramme på 10 meters dyp i den cirkalittorale sonen, med både oppvarmede plater og kontrollplater.

Nederst til høyre: Det elektriske kontrollpanelet var plassert på en gård i nærheten, som også leverte strøm. *Figuren er hentet fra Moreno et al. (2025).*



En mosaikk av oppvarmede bunnslåingsplater som har vært nedsenket i Arktis (69,5° N) i tolv måneder; nærbilder av ulike områder av interesse. Kolonnene viser resultatet av ulike behandlinger på ulike plater. Fotografier: Bernabé Moreno / Institute of Oceanology, Polish Academy of Sciences



HSPI-ene hentes opp fra 10 meters dyp i mars 2025. Platene ble fotografert i tidevannssonen og deretter senket til 10 meters dyp. Foto: Lea Burellier / UiT Norges arktiske universitet

Selv om man allerede vet mye om tidlig kolonisering, konkurranse og vekst på naturlige substrater og uoppvarmede subtidale bunnslåingsplater i Arktis, har oppvarmede bunnslåingsplater (HSPI) aldri tidligere blitt brukt der. Dermed ga vår studie den første muligheten til å undersøke oppvarmingseffekter in situ i Arktis. Feltforsøk på høye breddegrader er avgjørende for å forstå mekanismene bak økologiske endringsprosesser. Bedre kunnskap vil gjøre oss i stand til å forutse både hvordan ulike arter vil reagere på høyere havtemperaturer, og når ulike IPCC-scenarier vil gjøre at kaldtvannøkosystemer passerer kritiske vippepunkter.



Dr. Terri Souster (som ser absurd lykkelig ut) på plass i tidevannssonen for å fotografere oppvarmede bunnslåingsplater. Foto: Emily Venables / UiT Norges arktiske universitet

POLARE ORGANISMERS REAKSJONER PÅ VARME

Når man skal undersøke hvordan moser, lav og blomsterplanter, eller insekter og andre smådyr, vil reagere på ulike grader av oppvarming, bruker man gjerne varmekamre som man plasserer ut i terrenget. Tilsvarende eksperimenter i havet er mer krevende, ikke minst fordi de innebærer dykking. En studie med en identisk HSPI i nærheten av den britiske forskningsstasjonen Rothera på Antarktishalvøya viste imidlertid at dette utstyret fungerer godt under polare forhold. Denne studien, ledet av dr. Gail Ashton, gjorde mange viktige funn om hvordan arter i grunt vann reagerer på oppvarmingen i Antarktis.

I løpet av en ni måneder lang forsøksperiode førte temperaturer 1 °C over omgivelsestemperaturen til økt vekst hos enkelte pionerarter. Derimot førte en oppvarming på 2 °C til økt variasjon i veksten hos mange arter. Da man undersøkte den spatiale interferenskonkurransen mellom disse rekruttene ved de samme temperaturene, gjorde en oppvarming på 1 °C at sannsynligheten, tettheten og kompleksiteten av konkurranse om plass mellom konkurranter økte. Ved en oppvarming på 2 °C var det igjen hovedsakelig variasjonen i konkurranse som endret seg, snarere enn intensiteten, akkurat som for vekst. Imidlertid er havtemperaturen langs Antarktiskysten vanligvis lavere og langt mer konstant enn i Arktis, og det biologiske mangfoldets utviklingshistorie er svært annerledes. Vi håper at bruk av oppvarmede plater i en arktisk fjord vil gi viktig innsikt i hvordan kolonisering av nye områder vil foregå i en tid der verden varmes raskt opp.

FORVALTNING AV MARINE ØKOSYSTEMER

Etableringen av de oppvarmede platene medførte en rekke nye utfordringer, ikke minst når det gjaldt å ta høyoppløselige bilder i en sterk haloklin. Foreløpige resultater viser at selv små økninger i vanntemperaturen påvirker hvilke bentiske organismer som bunnslår seg og vokser; dette kan potensielt endre artssammensetningen i de bentiske samfunnene som etablerer seg og trives i arktiske kystfarvann.

Koloniseringen var preget av rørdannende flerbørstemarker, men det fantes også mange andre taksoner, som for eksempel muslinger og mosdyr. Variasjonen blant kolonistene - både innenfor og på tvers av behandlingene - var betydelig. Å identifisere dem vil kreve et grundig og møysommelig samarbeid. Når artene er identifisert, kan vi måle tettheter, størrelser og interaksjoner og begynne å kartlegge de viktigste effektene.

Det gjenstår fortsatt mange viktige spørsmål om hvordan oppvarmingen av havvannet vil påvirke bentiske samfunn. Vil oppvarmingen legge til rette for bunnslåing og vekst av invasive arter som kolonidannende kappedyr, og vil dette føre til økt begroing på oppdrettsanlegg og rørledninger? De oppvarmede bunnslåingsplatene kan hjelpe oss med å finne svar som er relevante for forvaltningen av kystøkosystemene i nordområdene.

Bærekraftig forvaltning og klimatilpasning i kystområder krever en bedre forståelse av den kumulative risikoen som flere antropogene stressfaktorer utgjør for økosystemets helse og tjenester.

For å oppnå en god marin arealplanlegging, og for å etterleve EUs vanndirektiv, er det viktig å vite hvilke konsekvenser menneskelig virksomhet og klimaendringer har for bentiske samfunn. Ved å bruke feltforsøk kan vi kvantifisere virkninger av klimaendringer in situ, og vi får det kunnskapsgrunnlaget vi trenger for å skalere opp prognoser til større, forvaltningsrelevante områder. Innsamling av data som gir økt forståelse av hvordan klimaendringer kan påvirke økologien i arktiske økosystemer, er også av stor samfunnsmessig interesse, og HSPI-prosjektet fikk sterk støtte fra lokalbefolkningen.

Den siste tidens tverrinstitusjonelle innsats, formalisert gjennom det Framsenter-finansierte HSPI-prosjektet, bidro at den første arktiske testen av oppvarmede bunnslåingsplater ble en suksess. I fremtiden vil eksperimenter med oppvarmede plater kunne kombineres med in situ-sensorer, maskinlæringsbasert bildeannotering og genetisk prøvetaking av tidlige kolonisatorer. Det vil gjøre det mulig å fange opp både økologiske og fysiologiske prosesser. ■

TAKK

Takk til Mark Preston ved British Antarctic Survey, som konstruerte, testet og produserte de oppvarmede platene, til innbyggerne i Indre Andersdal, som støttet prosjektet og leverte strøm, til UiT, som stilte småbåter til rådighet til feltarbeid, og til medlemmene av teamet, som alle har bidratt til et vellykket prosjekt. .



Denne QR-koden fører deg til en video som viser logistikken bak HSPI-eksperimentet i Arktis.

LES MER:

Ashton GV, Morley SA, Barnes DKA, Clark MS, Peck LS (2017) Warming by 1°C Drives Species and Assemblage Level Responses in Antarctica's Marine Shallows. *Current Biology* 27: 2698–2705, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.07.048>

Barnes DKA, Ashton GV, Morley SA, Peck LS (2021) 1 °C Warming Increases Spatial Competition Frequency and Complexity in Antarctic Marine Macrofauna. *Communications Biology* 4: 208, <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01742-w>

Moreno B, Peck LS, Clark MS, Dunlop KM, Barnes DKA, Bluhm B, Molis M, Ziegler A, Longsdon J, Hatt A, Jordà Molina È, Souster T (2025) Heated settlement plates (HSPI) in global experimentation: Experiences, research questions, future applications and collaborations. *Research Ideas and Outcomes* 11: e174994. <https://doi.org/10.3897/rio.11.e174994>

Lionel Camus, Kanchana Bandara og Pierre Priou // Akvaplan-niva

CliN-BluFeed – bærekraftig fiskefôr til akvakulturnæringen

FORSKERNE FORTELLER

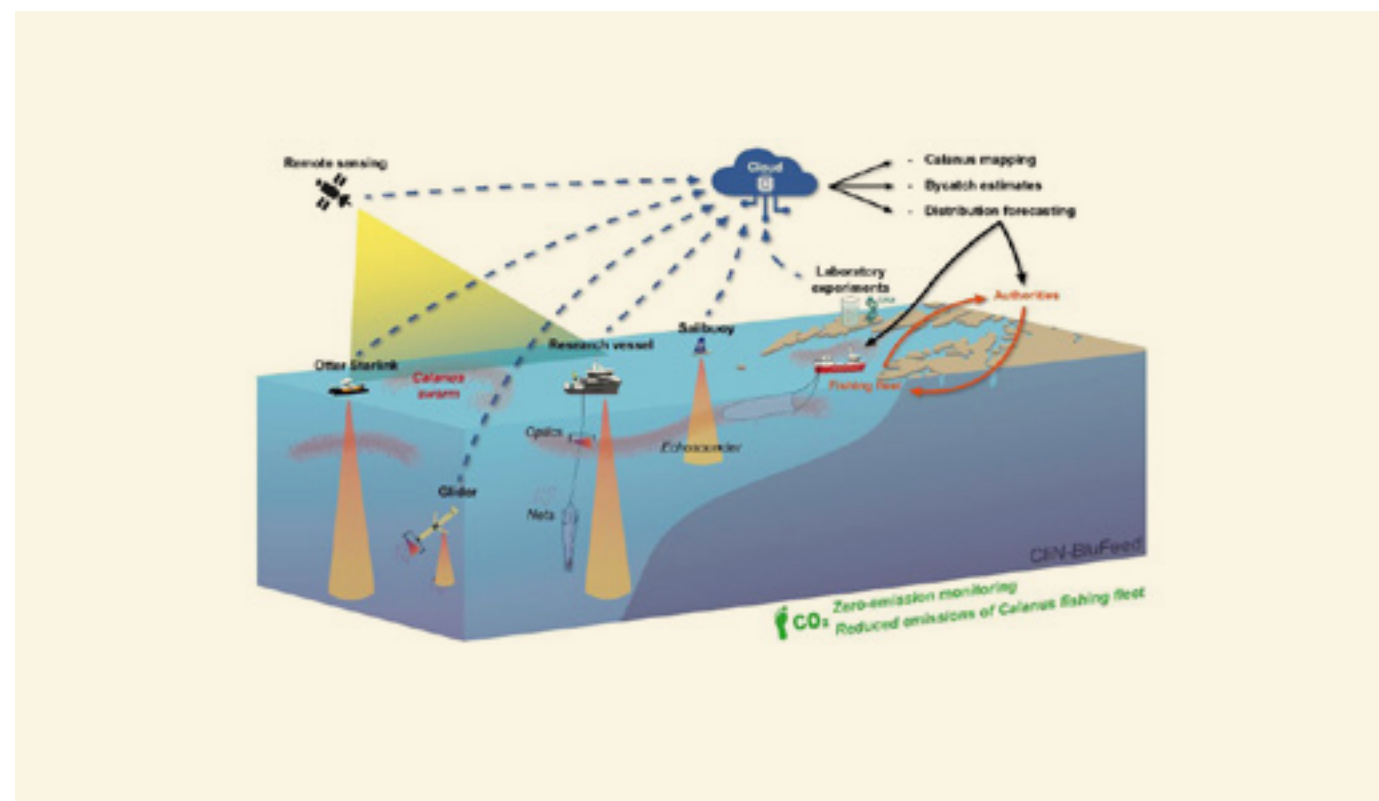
Den globale etterspørselen etter mat øker. For å dekke dette behovet har også akvakulturnæringen vokst, og det forventes at den vil stå for 60 % av all fisk til menneskelig konsum innen 2030. Dette betyr at akvakulturnæringen må finne bærekraftige kilder til fiskefôr. Én mulighet er hoppekrepsen raudåte (*Calanus finmarchicus*).

IDAG KOMMER MYE AV FÔRET som brukes i fiskeoppdrett, fra fanget villfisk, noe som gjør at man kan stille spørsmål ved bærekraften i akvakultur. Derfor er akvakulturnæringen på utkikk etter bærekraftige førkilder. Hoppekrepsen raudåte er ca. 1-2 mm lang og finnes i store mengder i Norskehavet. Den utgjør en lett tilgjengelig ressurs på lavere trofisk nivå. Raudåte inneholder mye fett, noe som gjør arten til en energirik

matkilde for mange planktonetende fisker – og til en attraktiv føringrediens i fiskeoppdrett. For tiden bearbeider og distribuerer det norske selskapet Calanus AS raudåte høstet i kystfarvannene nordøst i Norge. Dagens fangst anslås til om lag 0,5% av den årlige kvoten fastsatt av Havforskningsinstituttet og utgjør bare 0,00004% av den anslåtte raudåtebestanden i Norskehavet.



Sailbuoyen utstyrt med et ekkolodd, og to Seaglidere utstyrt med en optisk bildesensor for plankton (UVP6) og et ekkolodd. Foto: Pierre Priou / Akvaplan-niva



CLIN-BLUFEED-PROSJEKTET

Fullstendig tittel:

A low-CO₂ smart autonomous multiplatform system to monitor and forecast *Calanus finmarchicus* stock—a new sustainable climate-neutral blue fish feed

Partnere:

Akvaplan-niva (Norge)

Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences (Polen)

Atlantic International Research Centre (Portugal)

Cyprus Subsea Consulting and Services (Kypros)

Alfred Wegener-instituttet (Tyskland)

Forskningsaktivitetene i CLiN-BluFeed-prosjektet omfatter in situ planktonprøvetaking fra skip, autonome farkoster med sensorer, rombaserte målinger av havfarge og havhøyde og ex situ eksperimenter av hoppekrepsens atferd. Dataene legges inn i en 3D-prognosemodell for å vurdere raudåtebestanden og -utbredelsen. Resultatene kan formidles i sanntid til interessenter for å utvikle et klimanøytralt og bærekraftig fiskefôr for akvakulturnæringen.

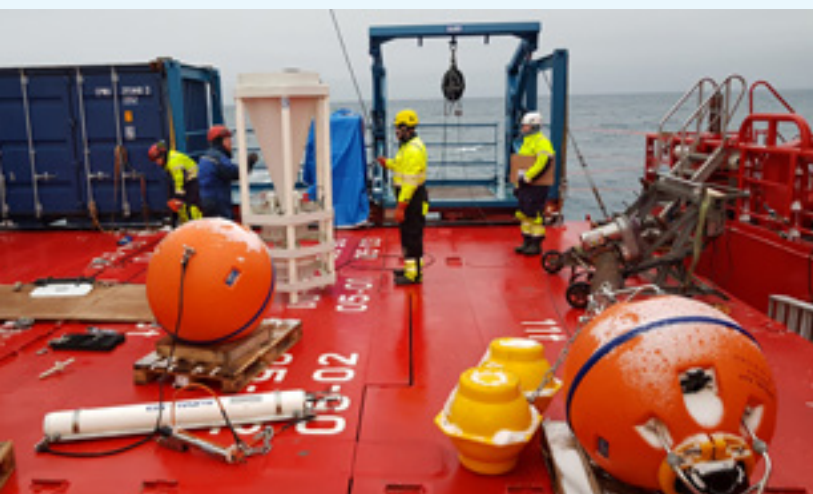
Med utvidelsen av akvakulturnæringen er potensialet for vekst i fisket av raudåte stort. Det tilsier at bestanden av denne svært verdifulle marine ressursen bør forvaltes på en måte som sikrer et bærekraftig fiskeri. I den forbindelse har EUs Sustainable Blue Economy Partnership finansiert prosjektet CLiN-BluFeed. Hovedmålet er å utvikle metoder som fremmer fiske etter raudåte i Norskehavet som en bærekraftig, klimanøytral blå ressurs for akvakulturnæringen. Dette skal skje ved å utnytte potensialet i banebrytende, lavutslipps teknologier for autonom marin overvåking, kombinert med fjernmåling, kunstig intelligens, simuleringmodeller og eksperimentelle undersøkelser (se faktaboks).



Calanus samlet inn i felt. Foto: Pierre Priou / Akvaplan-niva

I 2024 ble det gjennomført to vellykkede feltundersøkelser i samarbeid med prosjektet Migratory Crossroads, som er finansiert av Norges forskningsråd. I disse undersøkelsene ble autonome undervannsfarkoster (AUV-er) utstyrt med avanserte sensorer satt ut fra et forskningsfartøy. Arbeidet fortsatte i 2025, da teamet viste at AUV-en kunne settes ut og hentes inn fra land uten hjelp fra et forskningsfartøy. AUV-ene var én Sailbuoy utstyrt med et ekkolodd og to Seaglidere utstyrt med den optiske bildesensoren UVP6 og et ekkolodd. Ekkoloddet detekterer og kvantifiserer planktonbiomasse, og UVP6 brukes til å visualisere, identifisere og kvantifisere planktonarter. Samtidig som AUV-ene samlet inn data i løpet av en måned til sjøs, innhentet teamet satellittbilder

fra Den europeiske romfartsorganisasjonens Copernicus-program for å samle inn informasjon om havets farge, og fra en NASA-satellitt med en LIDAR-sensor som kan trenge gjennom de øverste 20-30 meterne av havet. I tillegg ble det gjennomført laboratorieeksperimenter for å undersøke hoppekrepsens atferd. Alle innsamlede data ble deretter brukt til å utvikle og underbygge en bestandsmodell som kan forutsi forekomsten og tettheten av hoppekreps over tid og havrom. Kunnskapen, de banebrytende metodene og de teknologiske løsningene som CLiN-BluFeed-prosjektet bidrar med, vil gi oss et kunnskapsgrunnlag som vil bidra til styrket forvaltning av vårt marine økosystem og til økt verdiskaping for både næringsliv og samfunn. ■



Lasteskipet ved iskanten, under lossing av forsyninger til Troll i 2021.
Foto: Stein Tronstad / Norsk Polarinstittutt

Utstyr gjøres klart til forankring på dypt vann i Kong Haakon VII Hav.
Foto: Tore Hattermann / Norsk Polarinstittutt

Tore Hattermann, Sebastien Moreau, Kristen Fossan, Heidi Ahonen, Sebastien Descamps, Agneta Fransson, Sebastian Gerland og Katrine Husum // Norsk Polarinstittutt
Melissa Chierici // Havforskningsinstituttet
Terri Souster og Monica Winsborrow* // iC3: Centre for ice, Cryosphere, Carbon and Climate

TrollTransect:

Å forske om bord på et forsyningsfartøy

FORSKERNE FORTELLER

Når det røde forsyningsfartøyet legger ut fra Cape Town rundt juletider med kurs for Troll i Dronning Maud Land i Antarktis, har det ikke bare drivstoff og proviant om bord. Mellom containerne har man også funnet plass til spesialbygde laboratorier, instrumenter og sensorer – det hele en del av observasjonsplattformen TrollTransect.

HVER SØRSOMMER siden den helårsåpne forskningsstasjonen Troll i Antarktis ble åpnet i 2005, har Norge gjennomført forsyningsoperasjoner. I 2020, da verden befant seg midt i covid-pandemien, ble imidlertid denne logistiske nødvendigheten omgjort til en vitenskapelig mulighet: Et lite tverrfaglig team av forskere ble med på forsyningsfartøyet på den lange reisen fra det høye nord til kysten av Antarktis. Siden den gang har TrollTransect-toktene gjort systematiske observasjoner og samlet inn data i Kong Haakon VII

Hav, som tidligere var et av de minst undersøkte områdene i Sørishavet. Ved å integrere forskning i de årlige forsyningsoperasjonene har man skapt et kostnadseffektivt og bærekraftig rammeverk for innsamling av klimarelevante data fra Antarktis. Programmet, som ledes av Norsk Polarinstittutt og Centre for ice, Cryosphere, Carbon and Climate (iC3), er et viktig bidrag til Framsenterets arbeid med å forstå samspillet mellom kryosfæren, havet og atmosfæren i et klima i endring.

* Begge tilknyttet UiT Norges arktiske universitet



En mikrostruktur-profiler settes ut for å studere turbulens under havisen.
Foto: Sebastien Moreau / Norsk Polarinstittutt

FRA FRAKTREISER TIL VITENSKAP

Reisen mellom Cape Town og Antarktis' isdekkede kyst følger en stram koreografi, der oseanografiske målinger, biologisk prøvetaking, arbeid med havis og økologiske undersøkelser må koordineres med nødvendige logistiske gjøremål. Målet med prosjektet er å få mer kunnskap om hvordan havet virker inn på iskappen og havnivået i Antarktis, hva som vil skje med havisen i Sørishavet, og hvordan det marine økosystemet fungerer - et økosystem som ikke bare er hjem for et rikt dyreliv, men som også bidrar vesentlig til det globale karbonkretsløpet. For å svare på disse spørsmålene bruker forskerne en rekke typer data:

- **Oseanografiske data** innhentet gjennom gjentatte CTD-undersøkelser (konduktivitet-temperatur-dybde), profilering av turbulensmikrostruktur og vedlikehold

av Troll observasjonsnettverks multidisiplinære havriggobservatorium (TONE MOMO). Måleinstrumentene i TONE MOMO samler inn fysiske, biogeokjemiske og biologiske data langs kontinentalskråningen utenfor Dronning Maud Land, og bidrar dermed til langsiktig overvåking av det sirkumpolare dypvannet og dets innvirkning på isbremsmeltingen og havnivåstigningen. De øverste 200 meterne av riggkonstruksjonen er utstyrt med innovativ «weak-link»-teknologi, som gjør det mulig å plassere sensorer nær det isfjellfylte overflativannet og dermed skaffe unike data og økt forståelse av havisjonen i Antarktis.

- **Sedimentdata** fra feller som settes ut og hentes inn under vedlikehold av forankrede instrumenttrigge. Fellene fanger opp den vertikale strømmen av organisk materiale og måler mengde og sammensetning (isalger,



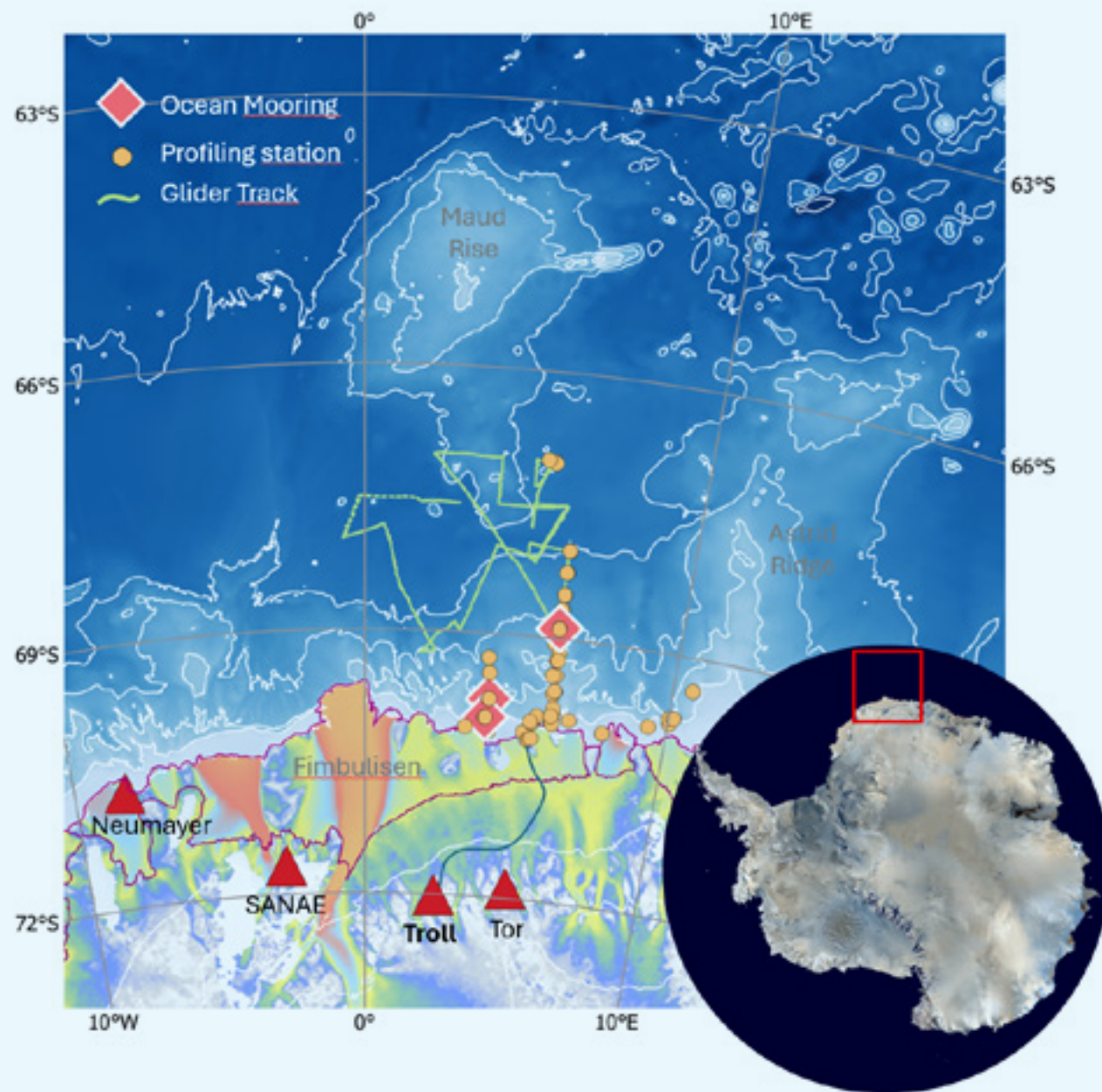
En nysgjerrig adeliepingvin følger med på hva som skjer.
Foto: Sebastien Moreau / Norsk Polarinstittutt

planteplankton, eksoskjeletter fra dyreplankton, ekskrementer, marin snø osv.), og gir innsikt i biologisk karboneksport og havets evne til å binde karbon, en særlig viktig prosess i Sørishavet.

- **Havisdata** fra standardisert overvåking fra skip, fra isstasjoner på både drivende og landfast havis (et bidrag til Antarctic Fast Ice Network, AFIN), fra målinger av snø- og istykkelse og fra innsamling av haviskjerneprøver.
- **In situ-prøver** av is, hav og sedimenter. Disse prøvene avslører hvilke prosesser som former det regionale fysiske og økologiske miljøet og karbonkretsløpet. Iskjerne og sjøvann analyseres med hensyn til fysiske, biologiske og biogeokjemiske egenskaper. Det samles inn en rekke tverrfaglige indikatorer, som isens fysiske egenskaper og krystallstruktur, klorofyll a (det

viktigste algepigmentet) og algearter, partikulært organisk karbon og nitrogen, biogen silika, næringsstoffkonsentrasjoner, oppløst uorganisk karbon og total alkalinitet, samt stabilt isotopforhold for edelgasser og oksygen. Til sammen gir disse indikatorene grundig innsikt i systemdynamikken og hvordan denne endrer seg. Strategisk innsamling av sedimentkjerner gir ytterligere innsikt i iskappens oppførsel og i karbon- og næringsstoffkretsløp både i tidligere tider og i dag.

- **Data om marine dyrearter** fra systematiske observasjoner fra skipets bro og fra passive og aktive akustiske sensorer på TONE MOMO-riggene. Disse dataene etablerer en referanse ved å dokumentere ikke bare sjøfugl- og sjøpattedyrbestander, men også bestanden av fisk og dyreplankton langs en stor breddegrad-gradient, og gir dermed viktig informasjon i en



Kart over undersøkelsesområdet for TrollTransect med posisjoner for kontinuerlig havprofilering og instrumenttrigger. De hvite konturlinjene er 1000-meters-isobater; de lilla konturlinjene avgrensner den flytende isbremmen.

Figur: Tore Hattermann / Norsk Polarinstittutt.
Kartverktøy: Quantarctica (se Matsuoka et al., *Environ Model Softw* 140:105015, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105015>).
Innfelt: NASA

region som det fra før finnes lite data om. De viser hvor viktige habitatene i havisen og iskannten er som beiteområder for fugler og pattedyr, og understreker den økologiske betydningen av disse dynamiske miljøene. Årlige undersøkelser avdekker endringer i vilttetthet, artssammensetning og samlet biologisk mangfold over tid, og gir innsikt i hvordan disse marine økosystemene reagerer på pågående miljøendringer.

- **Data fra glidere og isforsterkede BGC-Argo-bøyer.** Disse instrumentene utvider dekningsområdet langs skipets rute i havisjonen, nord for Maud Rise, eller til og med i farvannene til Sørishavsstrømmen.

Sammen gir disse dataene et helhetlig bilde av samspillet mellom iskappen, havet, havisen, økosystemene og karbonkretsløpet i ytterkantene av Antarktis. I tillegg stimulerer den unike plattformen forskere som er i begynnelsen av sin karriere, til å delta på forskningstokt og publisere artikler. Artiklene som publiseres, vekker internasjonal oppmerksomhet i forskningsmiljøet og utgjør et grunnlag for søknader om ekstern finansiering.

Å FORSKE PÅ EN FORSYNINGSREISE: FORDELER OG ULEMPER

Å bruke et forsyningsfartøy som forskningsplattform har både klare fordeler og praktiske begrensninger. TrollTransects styrke ligger i regelmessigheten og bærekraften - toktene legges til nødvendige forsyningsreiser, og man trenger ikke å leie dyre forskningsfartøy. Dermed kan man arbeide over tid med å bygge klimarelevante tidsserier, som det finnes lite av fra Sørishavet, men som er avgjørende for å oppdage endringer og forstå prosesser.

Bruk av containerlaboratorier som kan settes opp på lukede dekslene på containerskipet, har vist seg å være svært effektivt. En spesialbygd vinsjcontainer og en A-ramme gir sikre og fleksible løsninger for vannprofilering og prøvetaking og for utplassering av instrumenttrigger på havbunnen. Selvforsynte, oppvarmede og isolerte containere rommer et våtlaboratorium for vannprøvetaking, laboratoriebord, et kontrollrom for instrumenter og et elektrisk verksted. Dermed har forskerne tilgang til funksjonelle arbeidsområder selv på et

skip som ikke er bygd for forskningsaktiviteter. Men, som det heter på engelsk: «There is no free ride.» Det oppsummerer utfordringene på en god måte. Formålet med reisen er fortsatt å komme med forsyninger til Troll, og forskningsaktivitetene må passes inn i den logistiske tidsplanen. Forskerne får vanligvis tildelt én uke til datainn-samling i løpet av den 40 dager lange toktet, og tidsplanene må tilpasses vær, isforhold og operasjonelle behov. Siden skipet ikke er beregnet på mange passasjerer, utføres arbeidet av et lite team - vanligvis fem til syv forskere og teknikere - som fyller flere roller for å utnytte den begrensede tiden på en effektiv måte. Selv om de er egnet for formålet, er de tekniske løsningene i vår «containerby» langt fra feilfrie, noe som stiller strenge krav til brukerne når det gjelder bevissthet og improviseringsevne. Men forskerteamene, som har arbeidet på tre forskjellige forsyningsfartøy de siste årene, har alltid opplevd kapteinen og mannskapet som svært støttende og hjelpsomme. Arbeidet er krevende, plassen er begrenset, og tidsplanen er stram - men gevinsten er stor, da arbeidet bidrar til kunnskap om klima- og økosystemdynamikk som er av global interesse, og som legger til rette for bærekraftig forvaltning av avsidesliggende, men viktige havområder. Hver ekspedisjon legger til et nytt kapittel i vår forståelse av Sørishavet og bekrefter en enkel sannhet: Det finnes kanskje ingen «free ride» i Antarktiskforskningen, men det er mye kunnskap å hente. ■

LES MER:

Lowther A et al. (2022) A review of the scientific knowledge of the seascape off Dronning Maud Land, Antarctica. *Polar Biol* 45:1313–1349, <https://doi.org/10.1007/s00300-022-03059-8>
Moreau S et al. (2023) Wind-driven upwelling of iron sustains dense blooms and food webs in the eastern Weddell Gyre. *Nat Commun* 14:1303, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36992-1>
<https://ic3.uit.no/news/hidden-under-the-ice-why-antarctic-sea-ice-algae-matter-more-than-you-think>

Halfdan Pascal Kierulf og Carl William Lund // Kartverket
Thomas Vikhamar Schuler // Universitetet i Oslo

Isbresmelting reduserer presset på landjorden – men øker presset på samfunnssystemene

FORSKERNE FORTELLER

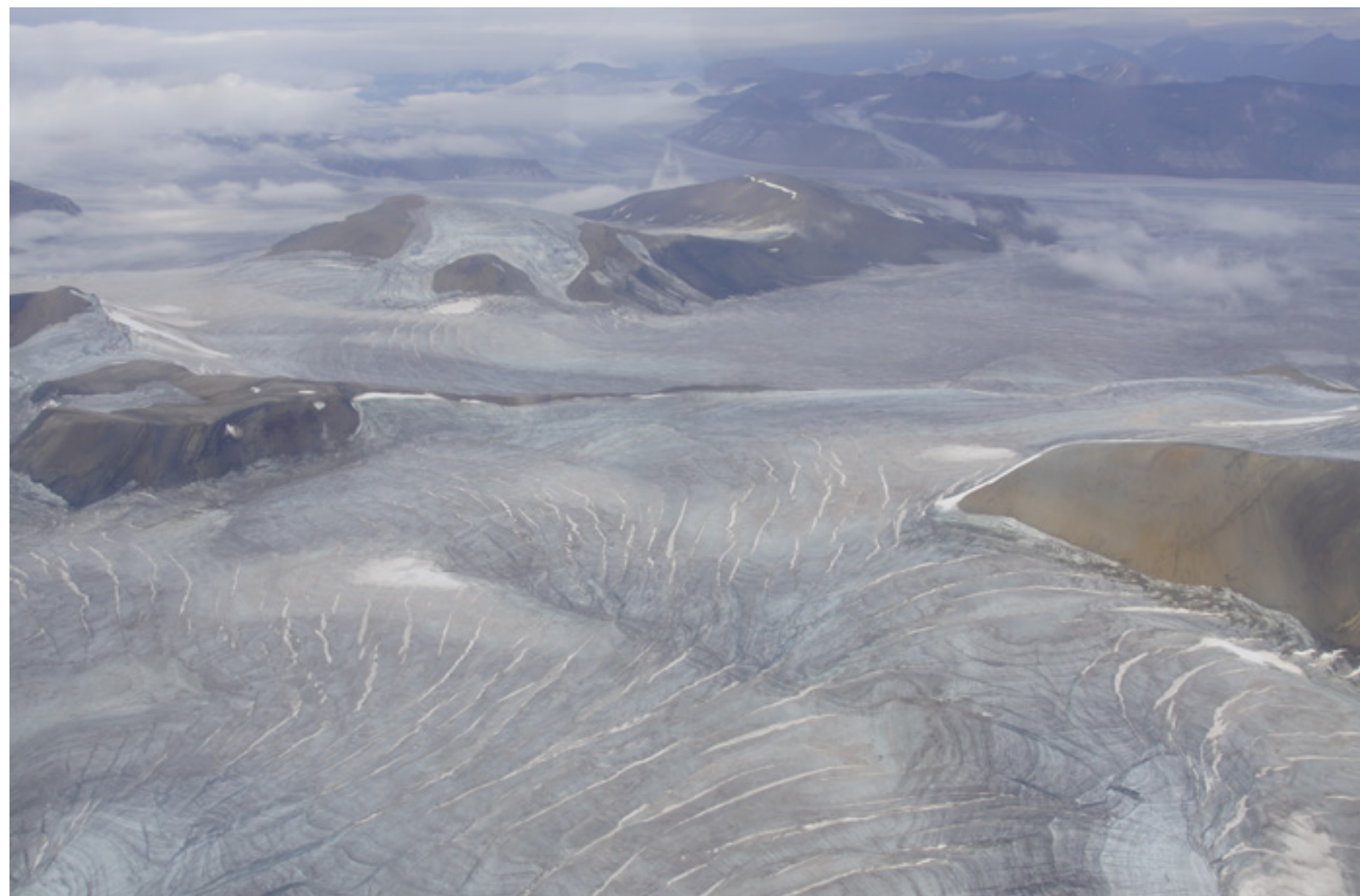
Sommeren 2024, den varmeste noensinne, utfordret grensene for hva vi trodde var mulig i Arktis. På Svalbard smeltet isbreene mer enn noensinne: Over hele øygruppen forsvant rundt 1 % av den totale ismassen. Hva betyr det for Svalbard – og for oss?

NÅR ISEN PÅ BREENE SMELTER, avtar trykket på jordkorpen, og bakken hever seg. Dette skjer raskere enn tidligere, og målinger fra Kartverkets geodetiske jordobservatorium viser at bakken rundt Ny-Ålesund steg med nesten to centimeter mellom juli og oktober 2024.

Bevegelser på noen få millimeter kan være umerkelige for en tilfeldig observatør, men har store konsekvenser for kart, eiendomsgrenser og et globalt navigasjonssystem som er avhengig av millimeterpresisjon. Landhevingen som følge av den ekstreme smeltingen av isbreene på Svalbard sommeren 2024 var så kraftig at den påvirket

den globale referanserammen, det vil si koordinatsystemet som brukes til å beskrive nøyaktige posisjoner på jorda, og dermed også global jordobservasjon.

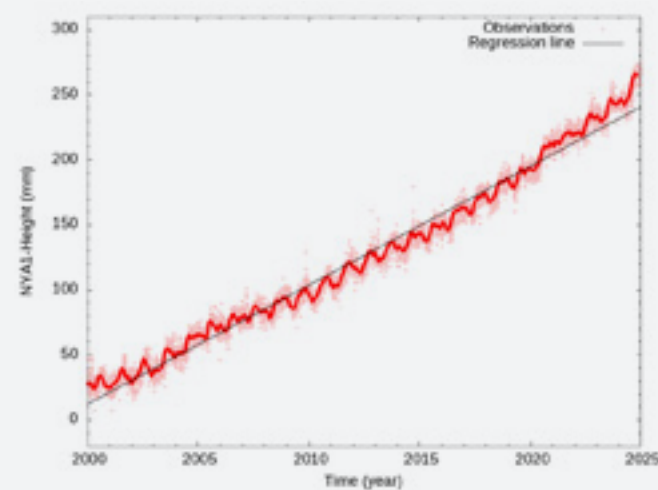
Landhevingen som ble observert i 2024, var i bunn og grunn en naturlig reaksjon på en unormal situasjon. Men når et landskap i endring kommer i konflikt med samfunnets behov for faste grenser, nøyaktige kart og pålitelige navigasjonssystemer, må nasjonale myndigheter gripe inn. Svalbard minner oss om at klimaendringene ikke bare smelter is, men også endrer de forutsetningene vi bygger systemene våre på.



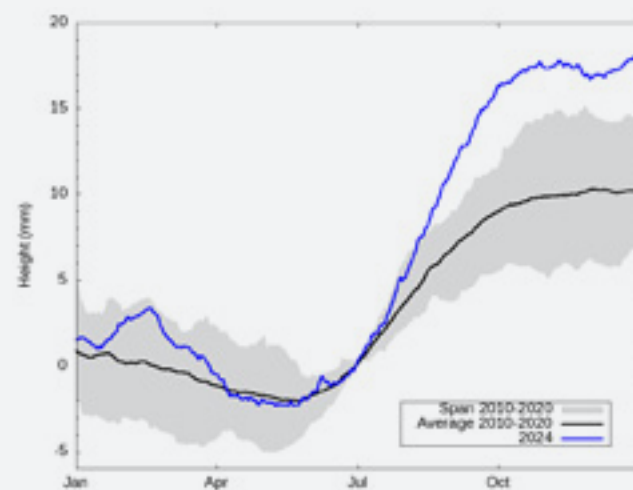
Pekepinn på forholdene ved neste århundreskifte. Hetebølgen på Svalbard sommeren 2024 førte til betydelig smelting av isbreene. Ismassetapet ble kvantifisert ved hjelp av en kombinasjon av bakkeobservasjoner, modellering og fjernmåling. Resultatene viste et tap av ismasse på rundt 61,7 gigatonn, hvorav 42,1 gigatonn skyldtes overflate-smelting (differansen mellom snøfall og smelting), mens de resterende 19,6 gigatonnene gikk tapt i form av kalvende isfjell. Totalt tilsvarer dette ca. 1% av Svalbards samlede isbremasse, og kan sammenlignes med det totale tapet av ismasse fra Grønlands iskappe i 2024, selv om sistnevnte er femti ganger større. Nedsmelting av isbreer bidrar til global havnivåstigning og kan få konsekvenser for fjordsirkulasjon og marin økologi, og for mennesker og dyr i regionen.

I august 2024 var store breområder over 600 meter over havet uten det vanlige snødekket. Bildet ble tatt over Sveabreen med utsikt mot Sefstrømbreen, mellom Longyearbyen og Ny-Ålesund på Svalbard. Foto: Thomas Vikhamar Schuler / Universitetet i Oslo

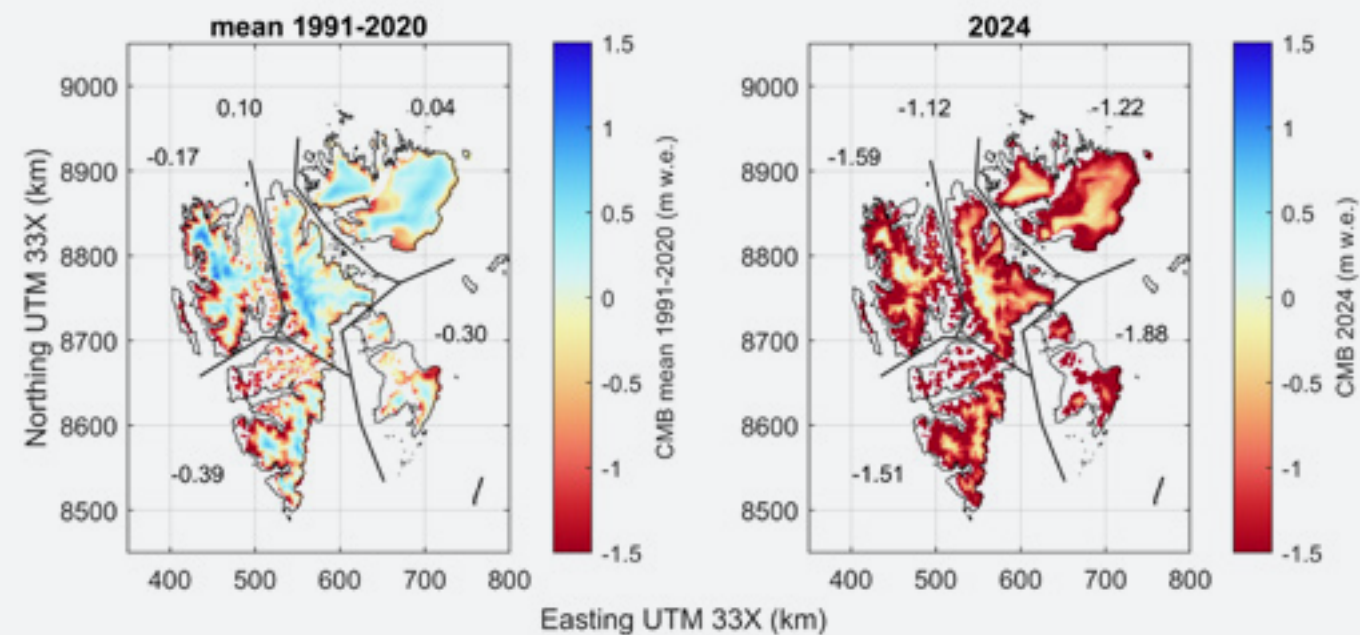
Nedsmeltingen overgikk alle tidligere rekorder med god margin. Alle deler av Svalbard opplevde ismassetap på et nivå som i dagens klima (1991-2020) forventes å forekomme bare én gang i løpet av noen hundre eller kanskje tusen år. Den kraftige landhevingen som ble målt i Ny-Ålesund sommeren 2024, har tilsvarende sannsynlighet og ble brukt som uavhengig bekreftelse av det enorme massetapet.



Landheving i Ny-Ålesund siden 2000. Daglige verdier er lysrøde, 60-dagersgjennomsnittet høyrøde. Totalt har Ny-Ålesund steget mer enn 25 cm siden 2000. Graf: Halfdan Pascal Kierulf / Kartverket



Sesongvariasjoner i landheving i Ny-Ålesund, Svalbard. Blått representerer året 2024; svart er gjennomsnittet for årene 2010–2020. Graf: Halfdan Pascal Kierulf / Kartverket



Den estimerte overflatebalansen (klimamassebalansen) for isbreene på Svalbard (i meter vannekvivalent) for referanseperioden 1991–2020 (til venstre) og i 2024 (til høyre). Blått angir områder der breen bygger opp masse, mens rødt angir områder med massetap. I 2024 skjedde det et massetap over nesten hele området. Graf: Thomas Vikhamar Schuler / Universitetet i Oslo

Mye av smeltingen skjedde i løpet av en seks ukers periode da et stabilt værmønster førte til temperaturer godt over normalen. Selv om slike forhold er ekstremt sjeldne under dagens klimatiske forhold, tyder klimamodeller på at så høye temperaturer kan bli vanlig mot slutten av det 21. århundret. Sommeren 2024 på Svalbard er dermed et forvarsel om omfattende smelting av arktiske isbreer i kommende tiår.

GEODESI PÅ ET DYNAMISK SVALBARD

I Skandinavia er landheving et velkjent fenomen. Da isen trakk seg tilbake ved slutten av forrige istid, reagerte landmassene med å heve seg. Denne langsomme prosessen, som fremdeles kan observeres 10 000 år etter at isen forsvant, kalles isostatisk landheving. De enorme endringene i ismassene som vi ser på Svalbard i dag, skjer raskere. Når isbreene smelter, frigjøres trykket

på berggrunnen, og landet hever seg. Sommeren 2024 steg bakkenivået med to centimeter på tre måneder, dobbelt så mye som i løpet av en vanlig sommer. Gjennom vinteren ser vi det motsatte: Bakken presses noen millimeter ned når snøen legger seg.

Disse endringene har en direkte konsekvens. Landheving påvirker selve grunnlaget for måling av jorden, det såkalte geodetiske grunnlaget. Det geodetiske jordobservatoriet i Ny-Ålesund, nord-vest på Svalbard er et av verdens viktigste observatorier for overvåking av jordens rotasjon og av bevegelser i jordskorpen. Her mottar vi signaler fra kvasarer milliarder av lysår unna, her sender vi laserpulser til satellitter, og her bruker vi GPS og lignende teknikker til kontinuerlig å registrere bevegelser i jordoverflaten. Når bakken plutselig hever seg raskere enn normalt, må vi korrigere for endringene. Ellers kan avvikene forplante seg

til hele jordobservasjonssystemet og føre til at posisjonering og navigasjon blir mindre nøyaktig. For at vi skal få bedre kunnskap om endringene som skjer, arbeider Kartverket med å utvide nettverket av globale navigasjonssatellittsystemer på Svalbard.

GPS brukes i mange viktige systemer, som luftfart, skipsfart, strømforsyning, beredskapstjenester, mobilkommunikasjon og miljøovervåking. Stabilitet og presisjon er ikke bare noe som er greit å ha, men også en avgjørende del av samfunnets infrastruktur. Dette gjør Svalbard, med sitt raske og målbare tap av ismasse, til et av de beste stedene i verden for å få innsikt i hvordan jordskorpen reagerer på klimaendringer, og for å generere kunnskap som er avgjørende for den globale nøyaktigheten vi alle er avhengige av.



Måling av landheving ved hjelp av GPS. Foto: Bjørn-Owe Holmberg



Illustrasjon av eksperimentet med å beregne hvor mange fotballbaner Svalbard har vokst med. Her vises bare noen få av de anslagsvis 148 banene. Bilde generert ved hjelp av OpenAI.

SMÅ HEVINGER, STORE KONSEKVENSER

Ved hjelp av detaljerte terrengmodeller for Svalbard gjennomførte vi et eksperiment for å visualisere den målte landhevingen. Ved å beregne den gjennomsnittlige hellingen langs Svalbardkysten, er det mulig å beregne hvor mye nytt landareal som steg opp av havet rundt Svalbard sommeren 2024. Hvis man antar at landhevingen var jevn langs hele kysten, kan øygruppen ha fått nytt landareal tilsvarende nesten 150 fotballbaner. Dette er ikke et faktisk fremtidsscenario, men illustrerer hvordan klimaendringene kan forandre kystlinjer.

Endringer i en kystlinje kan få langsiktige konsekvenser for kart, men et landskap i endring

medfører også juridiske og administrative problemer. Eksempler fra andre steder i Norden utgjør nyttige paralleller: På Island har vulkanutbrudd skapt nytt land og medført diskusjoner om hvem som eier det nye landet. I Danmark har kraftig erosjon ført til at private eiendommer har mistet landarealer, mens kartet i eiendomsregisteret har forblitt uendret, med det resultat at eiendomsgrenser går langt ute i sjøen.

Dette viser at selv små landhevinger kan ha stor betydning. Strandlinjer endrer seg, grunner tørker ut, og elvedeltaer renner ut i nye sideelver. Når permafrosten møter havnivået i nye konfigurasjoner, får strender og skråninger en annen form. Summen av alle slike små justeringer vil forme morgendagens Svalbard. ■



Det geodetiske jordobservatoriet ligger helt ytterst i Brandallaguna i Ny-Ålesund på Svalbard. Observatoriet har nå fått sin endelige silhuett, med den nye kuppelen på SLR-bygningen plassert mellom de to antennene. Foto: Bjørn-Owe Holmberg

DET NORSKE GEODETISKE JORDOBSERVATORIET, NY-ÅLESUND, SVALBARD

Det geodetiske jordobservatoriet i Ny-Ålesund er det nordligste anlegget av sitt slag og inngår i et verdensomspennende nettverk for geodetisk observasjon og forskning. Fra det nye observatoriet måler Kartverket jordens bevegelser og posisjon ved hjelp av flere geodetiske måleteknikker på samme sted.

LES MER:

Schuler TV, Benestad RE, Isaksen K, Kierulf HP, Kohler J, Moholdt G, Schmidt LS (2025) Svalbard's 2024 record summer: An early view of Arctic glacier meltdown? *Proceedings of the National Academy of Sciences* 122(34): e2503806122, <https://doi.org/10.1073/pnas.2503806122>

Kierulf HP, Kohler J, Boy J-B, Geyman EC, Mémin A, Omang OC, Steffen H, Steffer R (2022) Time-varying uplift in Svalbard – an effect of glacial changes. *Geophysical Journal International* 231(3): 1518–1534, <https://doi.org/10.1093/gji/ggac264>

Kierulf HP, Lund CW (2025) Svalbard kan ha vokst med 148,5 fotballbaner. Kartverket. <https://www.kartverket.no/om-kartverket/nyheter/forskning-og-utvikling/2025/juni/issmelting-pa-svalbard-breer-gir-raskere-landheving>.

TAKK

Denne artikkelen oppsummerer funnene som presenteres i Schuler et al. 2025, som ble skrevet av forskere fra Institutt for geofag ved Universitetet i Oslo, Meteorologisk institutt (MET), Kartverket og Norsk Polarinstitut. Studien ble finansiert av Norges forskningsråd gjennom prosjektene Nansen Legacy (NFR 276730), MAMMAMIA (NFR 301837) og LIQUIDICE (EUs forsknings- og innovasjonsprogram Horizon Europe, tilskudd 101184962). Deler av studien ble finansiert gjennom prosjektet BarentsCryoClim (Miljødirektoratet) og FRAM CLEAN (Cumulative Impact of Multiple Stressors in High North Ecosystems).



Prøvetaking av mose i nærheten av Hammerfest midt på natten. Foto: Jenny Jensen / Akvaplan-niva

Tore Flatlandsmo Berglen, Christine Forsetlund Solbakken og Hilde Uggerud // NILU
 Jenny Jensen og Guttorm Normann Christensen // Akvaplan-niva
 Tone Roksvåg Aandahl // Norsk institutt for bioøkonomi (Svanhovd)

Mose som miljøindikator

FORSKERNE FORTELLER

Visste du at etasjemose kan brukes til å måle luftforurensning? Forskere ved NILU har ved flere anledninger samlet inn denne typen mose og undersøkt den for metaller og andre miljøgifter..

ETASJEMOSE (*Hylocomium splendens*) brukes ofte som indikatorplante for avsetning av luftforurensning. Den har ikke noe rotsystem og får all sin næring fra nedbør og avsetninger fra luften.

Som forurensningsmåler trenger etasjemose verken strøm eller tilsyn. Den danner en ny «etasje» hvert år, noe som gjør den lett å kjenne igjen i felt. Dette vekstmønsteret gjør det også enkelt å finne ut hvilke år hver plante representerer.



En etasjemoseplante med sine karakteristiske «etasjer»; hvert år får planten et nytt slikt segment. Etasjer som representerer de siste 2–3 årene, blir samlet inn og analysert for miljøgifter. Merk at deler av bladene som er mer enn tre år gamle, allerede har begynt å gå i oppløsning.

Foto: Tore Flatlandsmo Berglen / NILU

Utsikt mot sør fra Korp fjell 9. Denne stasjonen ligger ca. 15 km nord for Zapoljarnyj og bare noen få hundre meter fra den norsk-russiske grensen. Holmene og nesene på bildet er russisk territorium. Dette området var den første delen av Norge som ble frigjort i oktober 1944. Broen som Den røde armé brukte til å krysse Jakobselva ligger noen hundre meter til venstre utenfor kanten av bildet. Foto: Tore Flatlandsmo Berglen / NILU

MOSE-METODEN

Teknikken med å bruke mose til å undersøke miljøgifter ble først foreslått i 1968 av Åke Rühling og Germund Tyler ved Lunds universitet i Sverige.

Metoden er enkel: Mosen samles inn, tørkes, renses manuelt for rusk og andre mosearter og analyseres deretter for forurensende stoffer. Ved å sammenligne resultater fra ulike steder kan man få et overblikk over avsetningen av forurensende stoffer via luft og nedbør de siste 2-3 årene.

Med andre ord er mosen en forurensningsmåler som ikke bare er enkel og kostnadseffektiv, men som også gir et godt estimat over forurensningsnivået på et bestemt sted. Siden moser finnes praktisk talt overalt, egner de seg godt til studier av forurensning på både lokalt, regionalt og europeisk nivå, forutsatt at man velger prøvetakingsstasjoner med god geografisk spredning.

EUROPEISK MOSEKARTLEGGING

ICP Vegetation er et langvarig, koordinert europeisk overvåkingsprogram. Det bruker moser til å kartlegge atmosfærisk avsetning av forurensende stoffer i 25-35 land hvert femte år. Prosjektet fokuserer på tungmetaller, nitrogen, persistente organiske miljøgifter (POP og POP-lignende stoffer) og, i nyere tid, mikroplast, ved hjelp av harmoniserte felt- og analyseprotokoller.

NASJONALT OVERVÅKINGSPROGRAM

Fra 1987 til 2015 hadde Norge et nasjonalt moseovervåkingsprogram. Dette var et samarbeid mellom Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) i Trondheim og NILU, ledet av dr. Eilif Steinnes. Antallet stasjoner varierte, og i det siste undersøkelsesåret (2015) ble etasjemose samlet inn fra 230 lokasjoner og analysert for 56 ulike grunnstoffer.

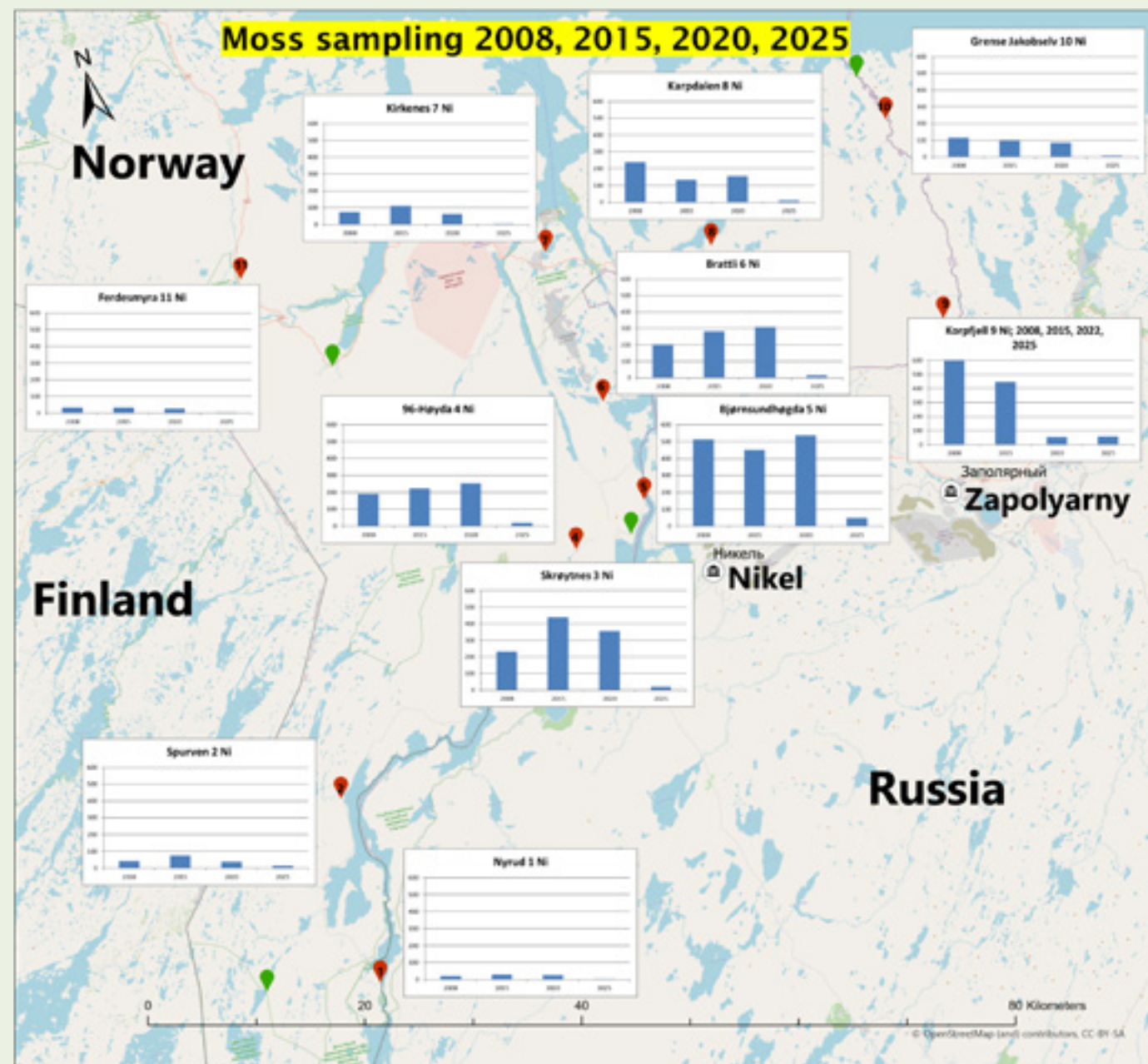
Samlet utgjør moseovervåkingsprogrammet en utrolig verdifull tidsserie for tilførsel av miljøgifter fra 1977, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 og 2015.

Det nasjonale programmet ble avsluttet på grunn av manglende finansiering, men prøvetakingen og analysene ble gjentatt for Finnmark i 2020, og resultatene ble publisert i ICP Vegetations rapport.

I 2025 tok NIBIO Svanhøvd jordprøver over hele Norge. Denne kampanjen var en del av overvåkingen av radioaktivitet etter atomulykken i Tsjernobyl i 1986. Stasjonene der det nå ble samlet inn jord, var de samme som det hadde blitt tatt prøver av mose på under mosekartleggingsprogrammet, og i Troms og Finnmark ble det i tillegg til jord også samlet inn etasjemose.

ICP Vegetation (International Cooperative Program) er et internasjonalt forskningsprogram som undersøker virkningene av luftforurensning på avlinger og (semi-)naturlig vegetasjon. Det rapporterer til Working Group on Effects (WGE) under UNECEs konvensjon om langtransportert grenseoverskridende luftforurensning (LRTAP). Programmet fokuserer på virkningene av ozonforurensning på vegetasjon og atmosfærisk avsetning av tungmetaller, nitrogen og persistente organiske miljøgifter til vegetasjonen.

<https://icpvegetation.ceh.ac.uk/>



Nikkel er et spormetall som stammer fra smelteverksvirksomheten i Zapolyarnyj / Заполярный og Nikel / Никель i det nordvestlige Russland, nær grensen til Norge. Kolonnene viser resultatene fra undersøkelsene i 2008, 2015, 2020 og 2025 ved elleve norske prøvetakingsstasjoner i grenseområdene. Legg merke til de lave verdiene oppvinds for de russiske smelteverkene (Nyrud 1, Spurvev 2) og de høye konsentrasjonene ved stasjonene i nærheten av Nikel (Skråtynes 3, 96-Høyda 4, Bjørnsund 5 og Brattli 6) og nedvinds for Zapolyarnyj (Korpjell 9). Legg også merke til den brå nedgangen mellom 2020 og 2025 som følge av nedleggelsen av Nikel-smelteverket i desember 2020. Enhet: µg metall / g tørr mose. Maksimumsverdien er 600, og skalaen er den samme i alle diagrammer.

Kart: © OpenStreetMap, overleggstekst og grafer: Tore Flatlandsmo Berglen / NILU

PRØVETAKING AV MOSE I NÆRHETEN AV INDUSTRIOMRÅDER

Mellom 2000 og 2015 gjennomførte NILU og NTNU en mosekartlegging av atmosfærisk avsetning av tungmetaller rundt industribedrifter i Norge. I 2015 finansierte 22 bedrifter på 17 ulike steder sin egen deltakelse. Ved den første målingen ble det samlet inn prøver fra ti målepunkter rundt industribedriftene for å få et helhetlig bilde av spredningsmønsteret. Ved senere målinger ble det tatt prøver fra de fem mest informative målepunktene.

Generelt viste resultatene at avsetning av tungmetaller i nærheten av industriområder henger sammen med de industrielle prosessene som benyttes. Forurensningen avsettes ofte lokalt, siden metallene er bundet til partikler.

Akvaplan-niva og NILU har et felles prosjekt for Equinor ved Hammerfest LNG. Mose er en av miljøindikatorerne som undersøkes i prosjektet.

GRENSEREGIONEN MOT RUSSLAND

I 2008 fikk NILU og NIBIO Svanhovd bevilgninger til å samle inn prøver av etasjemose fra 11 stasjoner langs den norsk-russiske grensen. Målet var å undersøke bidraget fra smelteverksvirksomhet i byene Zapolyarnyj og Nikel nær grensen, med særlig fokus på spormetallene nikkel, kobber, kobolt og arsen. Den vanligste vindretningen i grenseområdene er fra sør om vinteren. De 11 stasjonene ble nøye utvalgt på bakgrunn av meteorologiske forhold og avstanden til smelteverkene; to stasjoner lå oppvinds for de russiske smelteverkene, fire stasjoner lå i nærheten av Nikel, to stasjoner lå i nærheten av Kirkenes, to stasjoner lå nedvinds, og én stasjon ble brukt som bakgrunnsstasjon.

Prøvetakingen ble gjentatt i 2015, 2020 og 2025. Resultatene for nikkel viser tydelig hvordan forurensningen fra smelteverkene påvirker områdene rundt, både i nærheten av smelteverkene og nedvinds.

Nikkel-smelteverket stengte i desember 2020, da produksjonen ble flyttet til Montsjegorsk, 150 km sør for Murmansk. Og moseanalysen viser tydelig en plutselig og brå nedgang i forurensningsnivåene mellom 2020 og 2025. For målestasjonene i nærheten av Nikel sank nikkelkonsentrasjonene med 90-95% fra 2020 til 2025.

HOVEDPUNKTER

- Etasjemose (*Hylocomium splendens*) er en svært pålitelig og kostnadseffektiv biomonitor for luftforurensning, spesielt metaller.
- Både nasjonale og internasjonale mosekartlegginger gir lange og verdifulle tidsserier for luftforurensning, fra 1970-tallet og frem til i dag.
- Selv om den nasjonale mosekartleggingen ble avsluttet i 2015, fortsetter prøvetakingen i de nordligste fylkene Troms og Finnmark, samt langs grensen til Russland.
- Moseprøvetakingsprogrammet i grenseområdene mot Russland viser en kraftig nedgang i konsentrasjonene av nikkel, kobber, kobolt og arsen etter at smelteverket i Nikel ble stengt i desember 2020. ■

LES MER:

Berglen TF, Uggerud HT, Schlabach M, Enge EK, Bjørklund M, Pfaffhuber KA, Aandahl TR, Fjelldal E (2025) Metaller, PCB, PAH og dioksiner i mose i Sør-Varanger. Moseundersøkelser 2008, 2015 og 2020 (NILU rapport 2/2025). Kjeller: NILU, <https://kudos.dfo.no/documents/356506/files/45890.pdf>.

Hayes F, Sharps K og deltakere i mosekartleggingen (2025) Mosses as biomonitors of air pollution: 2020/2021 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. Rapport fra ICP Vegetation Coordination Centre, UK, 134 s. ISBN 978-1-906698-92-8, https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/moss%20report%202020%20survey_lowresolutionforweb.pdf

TAKK

Moseprøvetakingen har mottatt støtte Miljødirektoratet, Klima- og miljødepartementet, Interreg Aurora-prosjektet *Our Precious Waters* og Equinor Hammerfest LNG. I tillegg har prosjektpartnerne bidratt med finansiering.

Harald Dag Jølle // Norsk Polarinstitutt

Politikk og vitenskap på Grønland

RETROSPEKTIV

Donald Trump er ikke den første som har vært fristet av den store isøya nordvest i Atlanterhavet. Norge har også sin imperialistiske arv. Og i den norske kampen om Grønland, spilte vitenskapsmenn en sentral rolle.



Under fredsforhandlingene etter første verdenskrigen i 1919, tok den danske utenriksministeren kontakt med sin norske kollega, Nils Claus Ihlen. Danmark var i gang med å skaffe internasjonal støtte for å utvide sin suverenitet til å gjelde *hele* Grønland, og ikke bare over koloniene på vest- og sørøstkysten. I 1916 hadde USA gitt danskene en slik velsignelse, som en del av oppgjøret da de kjøpet Dansk Vestindia i Karibia. Nå ville danskene vite hvordan Norge forholdt seg til en slik suverenitetsutvidelse.

Den norske utenriksministeren slo fast at Norge ikke ville motsette seg dette, så lenge Danmark støttet Norges ønske om at Spitsbergen skulle falle på norske hender. Noe øygruppa også gjorde, gjennom traktaten som ble signert året etter.

I 1921, da danskene feiret at det var 200 år siden Hans Egede hadde kommet til Grønland og startet koloniseringa, kunne Danmark forkynne at landet nå hadde utvidet sin suverenitet til å gjelde hele øya. Samtidig erklærte de at det danske monopolet, slik det var praktisert i koloniene på vestkysten, også skulle gjelde på østkysten.

Danmark hadde forsøkt at Norge skriftlig skulle bekrefte utenriksminister Ihlen sin uttalelse, men norske myndigheter hadde svart at de ikke kunne akseptere en dansk suverenitetsutvidelse – så lenge det innebar at nordmenn mistet retten til fangst og fiske på Øst-Grønland. En slik innrømmelse ville ikke danskene gi. Derfor la de til grunn at Ihlens muntlige erklæring fra 1919 var et tilstrekkelig løfte på den norske posisjonen.

Noen av mennene som representerte Norge i Haag i saken Danmark reiste mot den norske okkupasjonen. Sittende fra venstre til høyre: historiker Oluf Kolsrud, juristene Helge Klæstad og Gustav Smedal, samt leder for Norges Svalbard- og Ishavsundersøkelser, Adolf Hoel. Foto: Norsk Polarinstitutt

FØLELSEN AV HISTORISK URETT

I Norge var det mange som ble provosert av den danske suverenitetserklæringa. Her i landet var det en klar oppfatning at Norge hadde blitt snytt under unionsoppløsningen i 1814 – da koloniene fra det såkalte Norgesveldet i middelalderen hadde endt opp i Danmark. Dette var en urett enkelte mente måtte gjøres opp ved at Norge fikk tilbake hele Grønland.

De færreste argumenterte riktignok for å gå så drastisk til verks. Professor i historie Halvdan Koht sa for eksempel at Norge i erstatningsoppgjøret med Danmark i 1821 hadde godtatt at koloniene på Vest-Grønland ble danske. Det var bittert og urettferdig, men lite en nå, rent folkerettslig, kunne gjøre noe med. Øst-Grønland, derimot, var ifølge Koht et «herrelaust land». Men dersom danskene opprettholdt sitt krav om suverenitet over hele Grønland, sa Koht, var det utvilsomt Norge som hadde «fyrsteretten til herredøme» over Øst-Grønland.

Danmark og Norge startet å forhandle om spørsmålet, og Koht, som senere ble norsk utenriksminister, var med i den dansk-norske kommisjonen som i 1924 ble enig om en foreløpig løsning: Nordmennene kunne drive næring på Øst-Grønland i 20 år, fram til 1944, men selve spørsmålet om suvereniteten over området skulle de vente med å avgjøre.

ØKT FORSKNINGSAKTIVITET

Denne midlertidige og uavklarte løsningen førte til at både Norge og Danmark økte sin økonomiske og vitenskapelige aktivitet på nordøstkysten av Grønland.

I 1924 ledet for eksempel den danske polarforskeren Ejnar Mikkelsen en flytteoperasjon, hvor 70 kvinner, menn og barn fra Ammassalik på Sørøst-Grønland emigrerte 1000 kilometer lenger nord, til det området som nordmenn hadde erklært for folketomt. Etableringen av en slik koloni ved innløpet til Scoresbysund-fjorden hadde riktignok være planlagt lenge, men at den plutselig ble gjennomført var utvilsomt en direkte følge av



Dette kartet over Grønland, brukt under saken i Haag, viser den delen av østkysten som Norge gjorde krav på suverenitet over – Eirik Raudes Land. Kart fra arkivet til Norsk Polarinstitut

striden med Norge – og at danskene ville vise effektiv suverenitetsutøvelse.

Norge på sin side startet med årlige forskningsekspedisjoner til Nordøst-Grønland, som fra 1928 ble organisert av det nyetablerte Norges Svalbard- og Ishavs-undersøkelser (forløperen til Norsk Polarinstitut), under ledelse av Adolf Hoel. Det ble samtidig utrustet flere overvintrende fangstekspedisjoner. Geofysisk institutt i Tromsø fortsatte den bemannet meteorologisk stasjon i Myggbukta, som hadde blitt satt opp i 1922. Og



Oppføring av fangsthytter var en effektiv måte å demonstrere at et område ble brukt av nordmenn. Dette bildet viser hytta på Kap Herschell, bygget av medlemmer av Hird-ekspedisjonen i 1927. Foto: Norsk Polarinstitut

i 1929 grunnla Norge et eget næringsselskap for Øst-Grønland. Det samme gjorde Danmark.

I 1930 gikk Norges Svalbard- og Ishavsråd inn for at Norge skulle okkupere det området av Øst-Grønland som de mente var et «ingenmannsland». Dette gikk ikke regjeringa med på, men de ga tre personer, deriblant Adolf Hoel, politimyndighet over de nordmenn som oppholdt seg i området. Like etter ble det kjent at Danmark skulle sende nordover en omfattende treårig vitenskapelig ekspedisjon, under Lauge Kochs ledelse. Denne danske storsatsinga gjorde norske forskere og grønlandsaktivister nervøse. De fryktet at en slik storstilt ekspedisjon ville tydeliggjøre danskernes interesse for området, og dermed gi landet et markant fortrinn i den rettssaken mange mente måtte komme for å avgjøre suverenitetsspørsmålet. Men til tross for sterk oppfordring, sto den norske regjeringa på vedtaket om å ikke okkupere landområder.

Men nå var tålmodigheten over for de norske aktivistene, med Hoel i spissen. De ville ikke sitte stille og se Danmark vinne det området de mente var norsk land. Og for å sette ytterligere press på regjeringa, sendte de et kodet telegram til Myggbukta. Resultatet ble at fem norske

Det norske flagget vaier i Myggbukta 27. juni 1931 og signaliserer at Eirik Raudes Land er okkupert. Fangstmennene fra venstre mot høyre: Hallvard Devold, Eiliv Herdal, Ingvald Strøm, Søren Richter og Thor Halle. Foto: Norsk Polarinstitut

fangstmenn den 27. juni 1931 okkuperte et landområde nord for Scoresbysund.

EIRIK RAUDES LAND

Selve okkupasjonen var ikke mer avansert enn at karene gikk ut av hytta og heiste det norske flagget og tok av seg lua. Ved hjelp av ei snor festa til fotografiapparatet tok de en selfie, slik at alle fem okkupantene ble med på bildet. Deretter gikk de inn i stasjonen og satt navnene sine under følgende erklæring: «I dag, kl. 5 eftermiddag har vi heist det norske flagg og tatt landet fra Carlsbergfjorden i syd til Besselfjorden i nord i besiddelse i H.M. Kong Haakon den 7.s navn, og kalt dette området Eirik Raudes Land.» Denne ble telegraferte til en rekke norske aviser.

Det var en stor begivenhet for de fem overvinterne, men det ble ingen utagerende fest i Myggbukta. Den toårige ekspedisjonen nærmet seg slutten – og de var tomme for alle godsaker. Til og med kaffe.

Den legendariske fangstmannen Henri Rudi fra Tromsø hadde tilbrakt 20 vintre på Svalbard før han kom til Grønland i 1928. Han ble overveldet av det storslåtte landskapet: «Svalbard er ingenting i forhold til dette; alt her er i en uendelig mye større skala.» Foto: Norsk Polarinstitutt



Telegrammet fra Myggbukta førte til en voldsom debatt hjemme i Norge. Men pressmidlet hadde utvilsomt virket. Etter to uker – 10. juni 1931 – gikk regjeringa til en statsrettslig okkupasjon av det definerte området. Dagen etter stevnet Danmark Norge inn for Den faste domstol for mellomfolkelig rettspleie i Haag.

RETTSSAKEN I HAAG

Norge mente at okkupasjon var folkerettslig gyldig. Og argumentasjonen for dette var i hovedsak slik: I 1814 hadde vestkysten av Grønland blitt kolonialisert fra sørspissen og til 73 grader nord. I 1894 ble kolonien Angmagssalik på sørøstkysten inkludert, og i 1905 hadde det danske herredømmet på vestkysten blitt utvidet nordover til 74° 30'. «Ellers: Ingen dansk kolonisasjon», som det stod formulert i et notat til rettssaken i Haag. Ifølge de norske juristene som førte saken, måtte følgelig alt som ikke var kolonialisert regnes som «ingenmannsland». Dette mente de var allment akseptert: Hvordan skulle en ellers forstå at Danmark i 1916 startet sin diplomatiske aksjon for å få anerkjent suverenitetsutvidelsen, spurte de retorisk. Hva utenriksminister Ihlen hadde sagt, påsto de videre, kunne ikke tilegnes mer betydning enn

at det var en «underhåndsuttalelse». Samtidig hevdet de at danskene hadde vært uetterrettelige: De hadde ikke orientert om at de ville innføre monopolet også på østkysten.

I følge det norske resonnementet var okkupasjonen derfor ikke bare berettiget, den var også *nødvendig*: Suverenitetsspørsmålet hadde ikke blitt løst i østgrønlandsavtalen fra 1924, og området kunne ikke fortsette å være et ingenmannsland – «fordi striden da vilde bli permanent». Dessuten var en norsk okkupasjon nødvendig for å hindre at Lauge Koch sin ekspedisjon skulle føre til en dansk okkupasjon. Den norske handlemåten var med andre ord, ble det understreket, den eneste muligheten for å sikre de norske fangstinteressene for framtida.

Argumentene var likevel ikke gode nok til å overbevise dommerne i Haag. 5. april 1933 falt dommen. Samme dag, på fangststasjonen Antartichavn, på østkysten av Grønland – hvor den berømte pelsjegeren, forfatteren og juristen Helge Ingstad hadde regjert som norsk sysselmann siden 1932 – tikket det inn et telegram: «Norge for Haag-domstolen tapt grønlandssaken i alle punkter.»



Adolf Hoel og Anders Orvin forbereder seg på å gjøre krav på et område i Øst-Grønland 25. juli 1930. Skiltet de maler på, lyder: «Landområdet rundt K Stosch er i dag annektert av A/S Arktisk Næringsdrift, Oslo, for utnyttelse av kullforekomstene.» Foto: Norsk Polarinstitutt

HVORDAN SKAL VI FORSTÅ GRØNLANDSSAKEN?

Hva var den norske grønlandspolitikken et uttrykk for? Skal vi forstå den som at Norge var en aggressiv stat mot et naboland? Eller må vi heller se både den danske og den norske framferden som to imperialiststater som ville frarøve grønlanderne deres land? Og var den norske posisjonen – at denne kysten var folketom, og følgelig et ingenmannsland – mer urimelig enn danskernes påståtte rett til å utvide sitt koloniale herredømme over heile Grønland?

Jeg skal ikke sette meg til doms over hvem som hadde rett i konflikten. Det gjorde Haag-dommerne i 1933. Poenget mitt, er at grønlandssaka ikke er så spesiell som mange i ettertid har forsøkt å gjøre den til. De ledende norske folkerettseksperterene i samtida mente at Norge hadde rett til å gå til okkupasjon i det herreløse området, og fram



Norge tapte saken i Haag i 1933, men Øst-Grønland-avtalen fra 1924 tillot nordmenn å fortsette med ulike former for næringsvirksomhet fram til 1944. I dette bildet får Henry Rudi og Schjølberg Nilsen besøk av geolog Brit Hofseth, som deltok på en ekspedisjon med «Polarbjørn» i 1939. Foto: Norsk Polarinstitutt

mot okkupasjonen hadde Norge stort sett fulgt samme framgangsmåte som på Svalbard, på Jan Mayen, i Antarktis og forsøksvis på Frans Josefs land. Det var et samrøre av vitenskap, politikk og næring – som ofte har blitt karakterisert som *ishavsimperialisme*. En strategi som Adolf Hoel ga følgende oppskrift på: «Det første som gjøres er å utsende forskningsekspedisjoner.» Dernest opprette «vitenskapelige og humanitære stasjoner og anlegg som f.eks. meteorologiske stasjoner». Videre oppmuntre og støtte «økonomiske foretagender». Til sist måtte en drive «agitasjon i innland og utland for å fremme sine formål. Det reklameres da med det som er utført av arbeider til landets opkomst.»

Det spesielle med grønlandssaken i norsk polarpolitisk historie, er at en privat okkupasjon førte til en statlig okkupasjon – som deretter havnet i Haag-domstolen, for en endelig avgjørelse. ■

Carl William Lund, Noortje Dijkstra Haugstvedt og Kathrin Bögelsack

// Kartverket

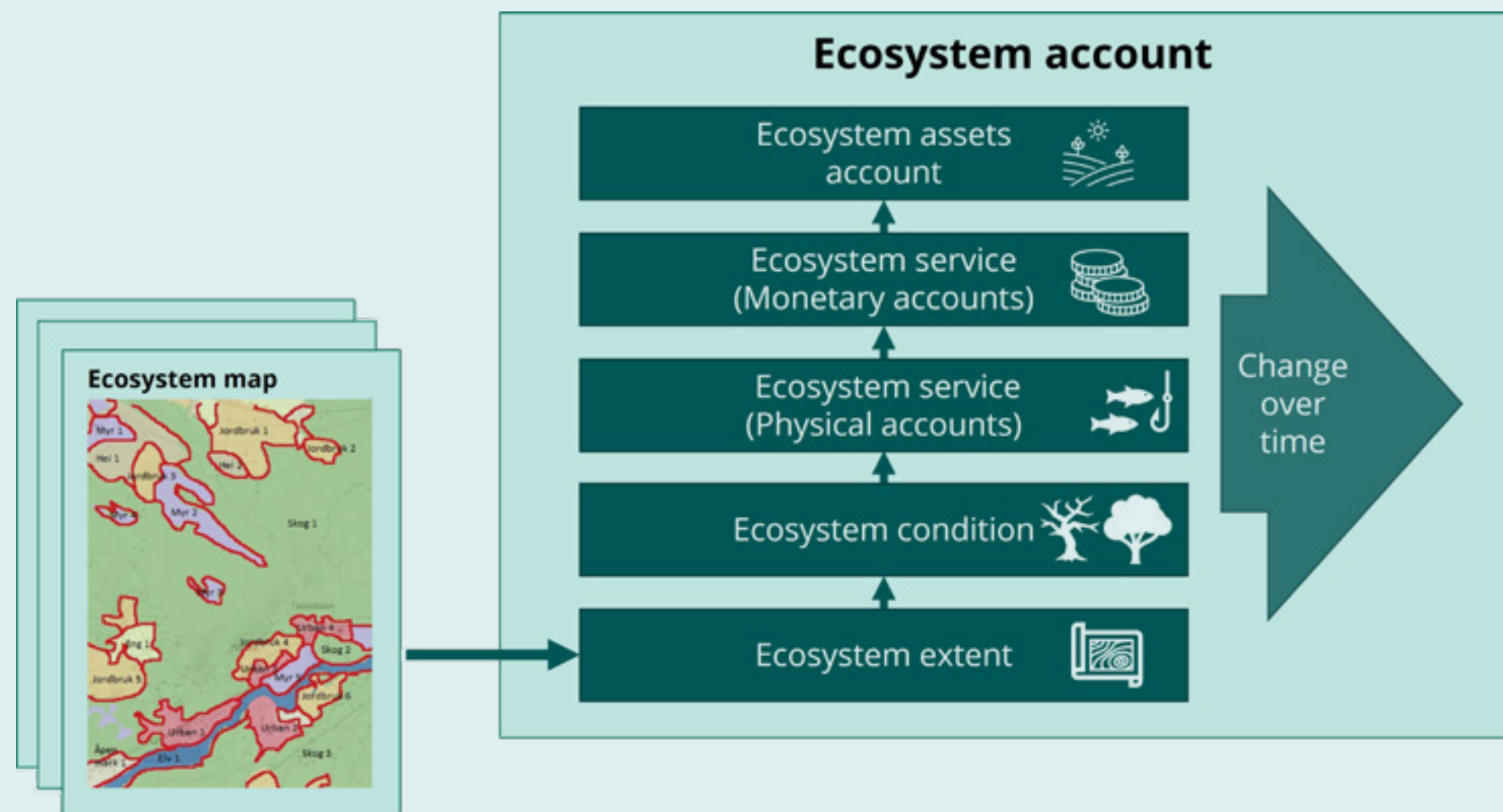
Norges marine økosystemer:

Et puslespill med manglende brikker

FORSKERNE FORTELLER

Hvor står det egentlig til med Norges marine økosystemer? For å besvare spørsmålet trenger vi et regnskap over det marine økosystemet som gir en oversikt over økosystemene, deres tilstand og de tjenestene de yter. Et slikt regnskap vil bidra til at beslutningstakere kan forvalte havressursene på en mer bærekraftig måte og ivareta Norges havområder.

EU INNFORTE NYLIG EN FORORDNING som pålegger medlemslandene å rapportere om naturens tilstand, herunder også marine arealer. Naturregnskap er én måte å gjøre det på, og Norge må delta aktivt i å forme prosessen. Vi har derfor undersøkt hvordan man kan lage digitale kart over Norges marine økosystemer ved å sette sammen eksisterende data. Vårt mål? Å utnytte kunnskapen vi allerede har på best mulig måte, samtidig som vi avdekker hull som hindrer oss i å se hele bildet.



Marint naturregnskap er en strukturert metode for å måle hav- og kystøkosystemers utbredelse, tilstand og økonomiske verdi. Den kombinerer data om habitater, arter, økosystemets helse og de tjenestene disse systemene yter, som fiskeri, beskyttelse av kyst, karbonlagring og rekreasjon. Ved å koble dette til sosioøkonomiske data gjør naturregnskap det mulig for oss å kvantifisere havets bidrag til samfunnet og følge med på hvordan menneskelig aktivitet påvirker den marine naturen. *Figur: Miljødirektoratet*

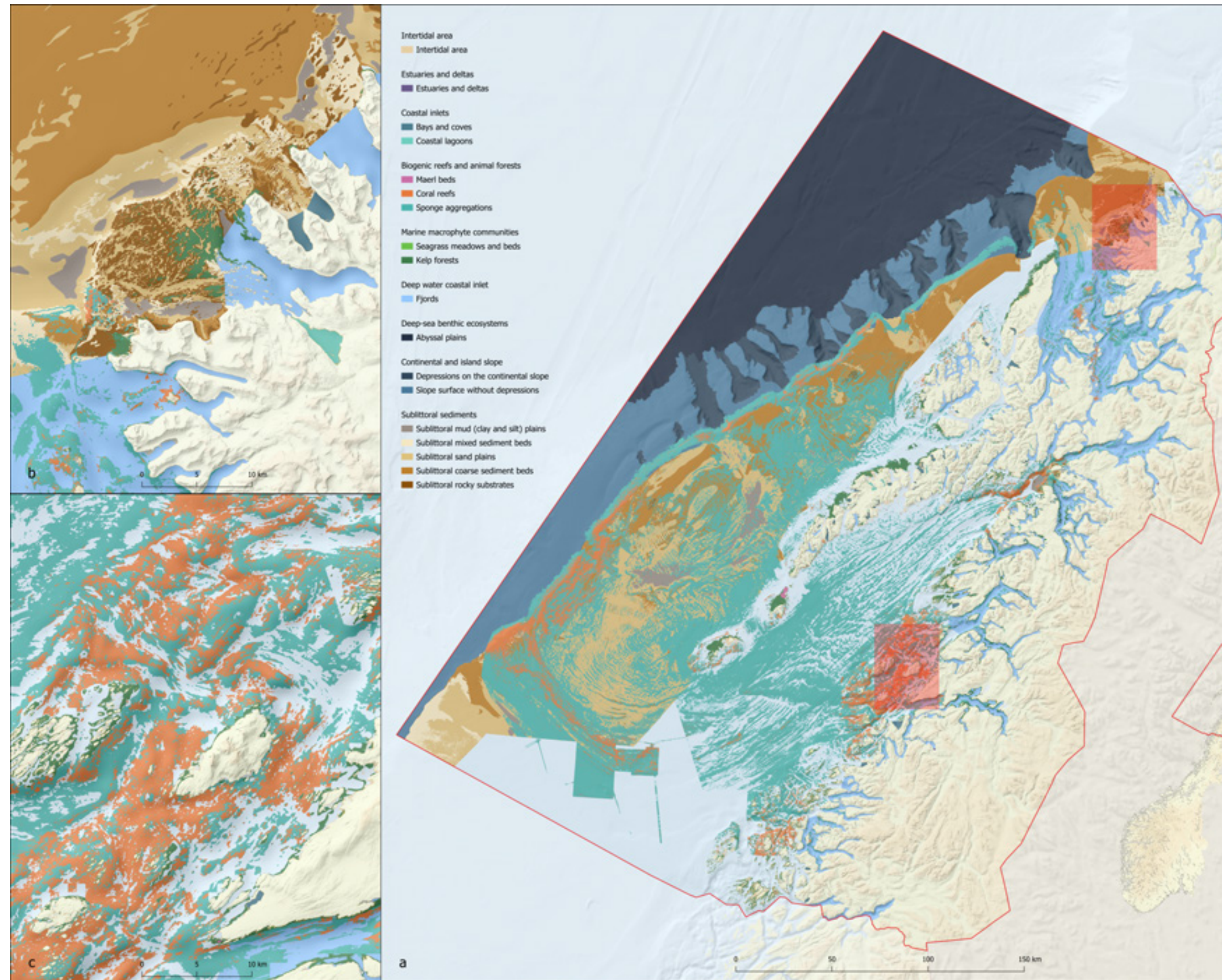
UJEVN DATADEKNING

Vi begynte med å gjennomgå over 100 tilgjengelige datasett, herunder både rådata, bearbejdede data og modellerte data om dybde, substrat, geomorfologi, vanntemperatur, salinitet, turbiditet og artsfordeling. I tillegg er data om menneskelige påvirkninger som forurensning, forstyrrelser av havbunnen og ressursutvinning avgjørende for å forstå hvordan menneskelig aktivitet påvirker økosystemets tilstand og dermed økosystemtjenestene.

Resultatene ble et godt utgangspunkt, men gir langt fra et fullstendig bilde. Datadekningen er ujevn, og mange områder er kun kartlagt én gang, noe som begrenser muligheten til å følge endringer over tid. Grove datasett har bedre dekning enn detaljerte, men gir mindre nøyaktighet. I tillegg mangler viktige data for modellering av artsutbredelse, som havbunnsubstrat og batymetri, for store områder, samt at sentrale habitater for virvelløse dyr, som ruglbunn, fortsatt i stor grad ikke er kartlagt.

Tilgang til data er en annen utfordring. Mange relevante datasett er ikke lett tilgjengelige gjennom nasjonale portaler som Geonorge. Det finnes også flere versjoner av datasettene; mange datasett mangler kvalitetsstandarder, og metadata som er avgjørende for integrering og gjenbruk er ofte fraværende. For eksempel medfølger det sjeldent opplysninger om undersøkelsens dekningsgrad, noe som svekker tilliten til dataene.

Kart over økosystemtyper i pilotområdet (a). Kartutsnitt b viser mindre enheter som bukter og laguner, men også hvordan ulike økosystemtyper overlapper substratinformasjon i bakgrunnen. Dette kommer også tydelig frem i utsnitt c, hvor det er et stort overlapp mellom korallrev og svamphager, mens tareskogen forekommer i grunnere vann som et tynt belte langs kysten. Kart: Kathrin Bögelsack og Ådne Brandtzæg / Kartverket



Mesh av naturen i Lofoten. Et mesh er en 3D-overflate som genereres ved å kombinere et ortofoto med en høydemodell.
Bilde: Kartverket og Geodata AS



UTFORDRINGER VED KLASSIFISERING AV ØKOSYSTEMER

Naturregnskap er ikke bare avhengig av nøyaktige og tilgjengelige data, men også av en veldefinert økosystemtypologi. Dette sikrer en ensartet klassifisering, kartlegging og rapportering av økosystemets utbredelse, tilstand og tjenester. EUs typologi passer ikke alltid med norske forhold. Vår kystlinje, med alle sine sund, fjorder, bukter og skjærgårder, er langt mer kompleks enn i mange andre europeiske land. De begrensede definisjonene av disse kystformene i EUs typologi gjør det vanskelig å anvende dem på den norske kysten. Det er dermed en viktig oppgave å utarbeide slike definisjoner og tilpasse EUs typologi til nasjonal rapportering.

DET BEGYNNER MED LOVE

Til tross for disse utfordringene gjøres det frem-skrutt. En nasjonal pilot for marint naturregnskap ble lansert rundt Lofoten og Vesterålen (LoVe), et kystområde som er klassifisert som «særlig verdifullt og sårbart». Det utvikles nå digitale økosystemkart for pilotområdet for å undersøke hvilket potensial slike kart kan ha i norsk havforvaltning. Piloten vil styrke Norges evne til å bidra til, og til å påvirke, internasjonale rammeverk og krav.

Robuste naturregnskap er viktige beslutnings-verktøy for bærekraftig havforvaltning. De bidrar til å overvåke sårbare områder, spore endringer i økosystemets utbredelse og vurdere virkningene av menneskelig aktivitet. For å lykkes må vi fylle hullene og fortsette å legge puslespillet, helt til vi får et fullstendig bilde av Norges marine økosystemer. ■

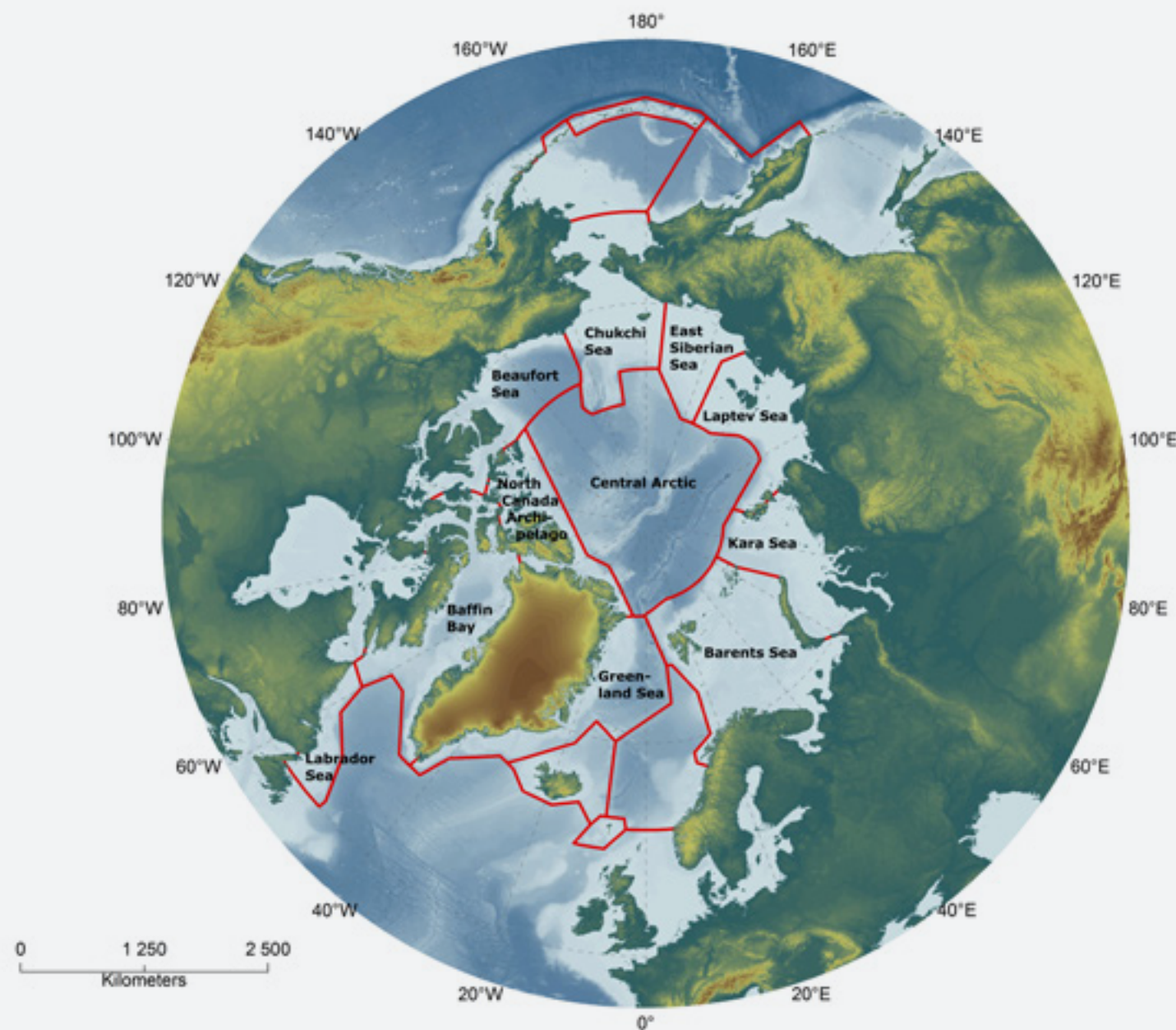
TAKK:

Prosjektet finansieres av Miljødirektoratet og er et samarbeid mellom Kartverket, Havforskningsinstituttet, Norges geologiske undersøkelse, Norsk institutt for vannforskning, Norsk institutt for naturforskning, Fiskeridirektoratet og Statistisk sentralbyrå.

LES MER:

Eurostat (2025) Ecosystem accounts – measuring the contribution of nature to the economy and human wellbeing. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/> Søk etter «økosystemregnskap».

Meld. St. 29 (2020–2021) Heilskapleg nasjonal plan for bevaring av viktige område for marin natur. <https://www.regjeringen.no/en/find-document/white-papers-/id1754/> Søk etter «marine biodiversity», og begrens tidsperioden til 2020–2021. Kapittel 2 i meldingen beskriver «særlig verdifulle og sårbare område» i Norge.



Havområder i Høyarktis definert som store marine økosystemer (LME). LME-ene som vises her med navn, tilsvarer de som er vist i de andre grafene. Kart: Beskyttelse av det arktiske marine miljøet (PAME) / Arktisk råd

Gunnar Sander // Norsk institutt for vannforskning
Eirik Mikkelsen // Nofima

Skipstrafikken øker i Høyarktis, men svært ujevnt

FORSKERNE FORTELLER

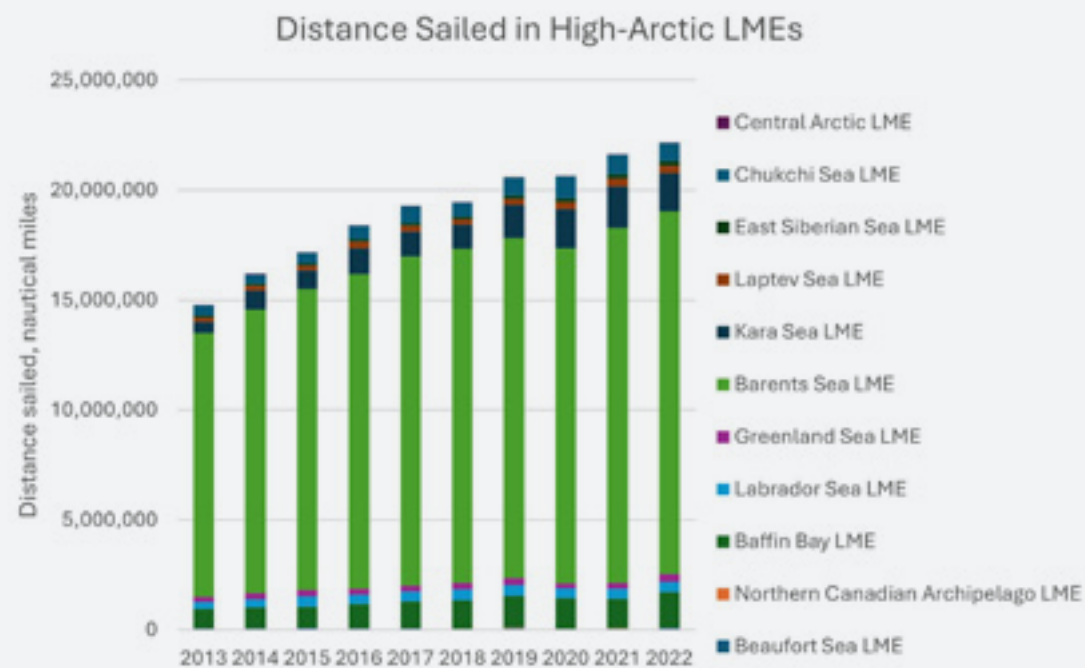
Skipstrafikken i Høyarktis økte mellom 2013 og 2022. Det er store forskjeller mellom ulike havområder i Arktis når det gjelder samlet aktivitet, vekstrater, sesongvariasjon og fartøytyper.

SIGNALER FRA SENDERE med automatisk identifisering av skip (AIS) frambringer enorme datasett som har revolusjonert mulighetene for å analysere skipstrafikk. Arktisk råd har utviklet en database for skipstrafikk i Arktis (ASTD) basert på et system fra Kystverket. Dette gir vanlige brukere mange muligheter til å få statistikk over trafikken i ulike områder, over passeringslinjer og i havner. Kjernen i disse geografiske definisjonene er et resultat av arbeid som forfatterne av denne artikkelen utførte i et samarbeid mellom Kystverket og Framsenteret. Ved å analysere data fra ASTD-basens første ti år i drift, har vi både testet nytten av systemet slik det er satt opp og analysert trafikkutviklingen.

Det er en vanlig antagelse at redusert havisdekke vil føre til økt skipstrafikk. Skal man etterprøve det ved å se på hvor mye trafikken endres, blir de geografiske definisjonene viktige. En svært

relevant avgrensning er området som dekkes av Polarkoden til FN's sjøfartsorganisasjon (IMO), som tar for seg de spesielle utfordringene for skip som opererer i ispåvirkede farvann. Skip innenfor dette området økte sin utseilte distanse fra 6,1 millioner nautiske mil (nm) per år i 2013 til 12,1 millioner nm i 2022, eller i gjennomsnitt 8,7 % per år.

Dessverre er det ikke mulig å analysere de store forskjellene innad i Polarkode-området, siden det ikke foreligger noen omforent definisjon av hvordan området skal deles inn. For å forstå den geografiske variasjonen måtte vi nøye oss med å sammenligne trafikken i de store marine økosystemene (LME) i Høyarktis. Da inkluderes dessverre områder sør for grensen til Polarkoden. Det er grunnen til at den samlede trafikken i figuren vi viser her, var 22,2 nm mil i 2022, nesten dobbelt så mye som i Polarkode-området.



Skipstrafikk i store marine økosystemer (LME-er) i Høyarktis, total distanse i nautiske mil. Graf: Eirik Mikkelsen / Nofima

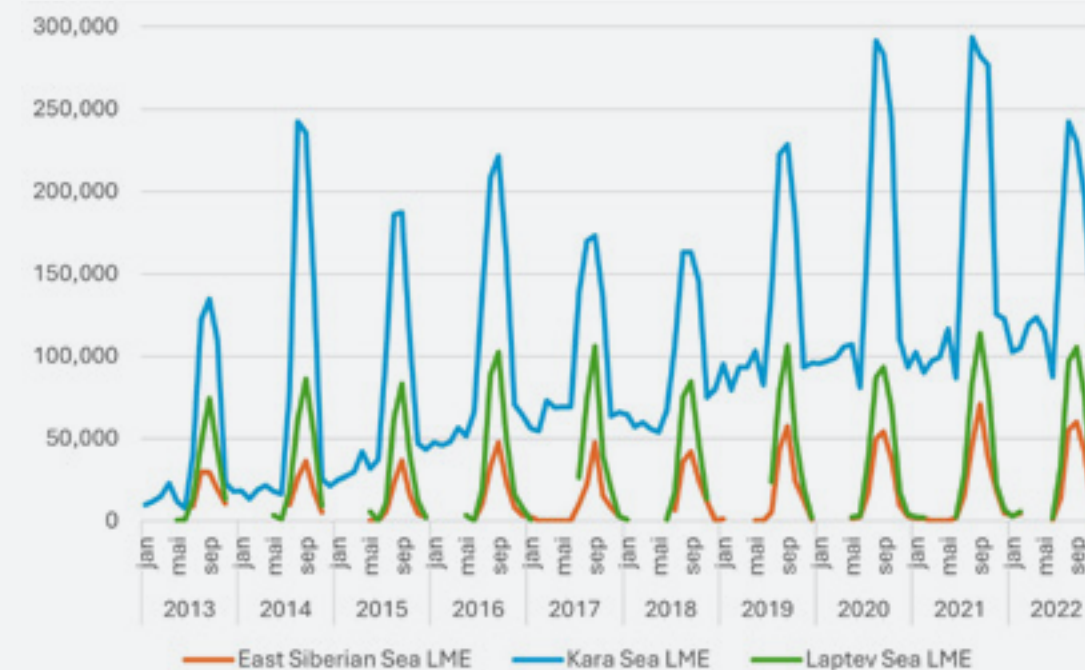
Fartøy i Barentshavet sto for hele 74% av den totalt seilte distansen i de høyarktiske LME-ene i 2022! I kontrast var trafikken i den nordligste delen av det canadiske arkipelet lavest med 0,01% av totalen, mens det sentrale Polhavet hadde en andel på 0,1%.

I tiårsperioden 2013-2022 økte trafikken i alle LME-ene, men i svært ulik grad. I Barentshavet seilte fartøyene 4,5 millioner nm lenger i 2022 enn ti år tidligere, slik at veksten der har vært størst. Til sammenligning økte trafikken i det nordlige canadiske arkipelet med bare 0,002 millioner nm. Trafikken i det sentrale Polhavet økte også, men var først og fremst preget av store variasjoner fra år til år. En bemerkelsesverdig endring var at den tilbakelagte distansen i Karahavet ble tredoblet, slik at området fikk nest mest trafikk i 2022 med en andel på 7,8% av den tilbakelagte distansen, like foran Baffinbukta med 7,3%.

Når vi ser på hva slags fartøy som opererer, får vi en pekepinn på hvilke typer aktiviteter som skaper trafikken. Det gir også en første indikasjon på hvilke konsekvenser og risikoer som er involvert. For å få en grundig forståelse av dette

må trafikkdata suppleres med kunnskap om blant annet utslipp, fangstmengder og risiko for ulykker som involverer mange mennesker (cruiseskip), eller som kan føre til omfattende forurensning (oljetankere).

Det er stor forskjell i hva slags skip som seiler i de ulike regionene. I Barentshavet utgjør fiskefartøyene en så stor del av trafikken at de blir den dominerende skipstypen for alle de høyarktiske LME-ene. Fiskerier er også viktig i Baffinbukta. Der består trafikken også av en betydelig andel mellomstore containerskip som betjener bosetningene på Grønland og i Nord-Canada, og av større bulkskip som frakter jernmalm fra ei stor gruve på Baffinøya, som åpnet i 2015. I Karahavet har det vært en jevn økning i trafikken med lasteskip som brukes til transport av varer og utstyr til bygging av olje- og gassprosjekter med tilhørende infrastruktur. Når de store petroleumsprosjektene på Jamalhalvøya har blitt satt i drift, har det kommet råolje- og gasstankere av størrelser og typer som aldri tidligere har operert i Arktis. Det er små andeler fiskefartøy, cruiseskip og containerskip i havområdene nord for Russland.



Skipstrafikk per måned i tre store marine økosystemer (LME-er) nord for Russland, total distanse i nautiske mil. Trafikkøkningen i Karahavet er eksepsjonell, selv i vintermånedene. Graf: Eirik Mikkelsen / Nofima

For at skipstrafikken i Arktis skal kunne øke betydelig, må hindringene som vinterforholdene medfører, overvinnes. Til tross for klimaendringene er trafikken fortsatt svært sesongbetont; den er konsentrert til noen få sommermånedene og faller til nesten null om vinteren i områdene med det tøffeste klimaet. Igjen utgjør Karahavet et bemerkelsesverdig unntak (figur). Russerne har oppgradert sin flåte av isbrytere og infrastruktur som skal støtte skipstrafikken, og flåten av skip som transporterer olje og gass har isklasse så de kan seile utenom sommersesongen.

Visjonen om at Arktis skal bli en korridor for interkontinental trafikk, først og fremst mellom Europa og Asia, er en viktig årsak til den offentlige og politiske interessen for skipsfart i Arktis. ASTD måler ikke dette direkte, men indikerer at få skip seiler igjennom. Andre kilder opplyser at selv før de vestlige sanksjonene ble innført etter Russlands fullskalaangrep på Ukraina, tilsvarte transittrafikken gjennom Russlands Nordlige sjørute mindre enn én dags trafikk gjennom Suezkanalen. Antallet transittreiser sank fra 85 i 2021 til 43 i 2022, mest sannsynlig på grunn av sanksjonene. Så lenge krigen og sanksjonene fortsetter, er det

lite sannsynlig at vestlige skip vil foreta gjennomseilinger gjennom russiske farvann.

Det ser dermed ikke ut til at interkontinental skipsfart vil kunne medføre en vekst i arktisk skipsfart i nær fremtid. Likevel viser vår analyse at alle typer økonomisk virksomhet i Arktis kan bidra til vekst innen skipsfarten, både internt i Arktis, og mellom destinasjoner i Arktis og havner utenfor Arktis. ■

LES MER:

Sander G, Mikkelsen E (2025) Arctic shipping 2013–2022: the traffic has grown, with big variation between regions, seasons and ship types. *Polar Research* 44, <https://doi.org/10.33265/polar.v44.10978>

Om databasen for skipstrafikk i Arktis: <https://arctic-council.org/projects/arctic-ship-traffic-data-astd/>

Ellen Kathrine Bludd // UiT Norges arktiske universitet
Karine Nigar Aarskog* // Norsk Polarinstittutt

Hvorfor er det viktig å bruke samiske stedsnavn?

FORSKNING OG FOLK

Store områder i Arktis har blitt gjort krav på og gitt navn som om de var blanke, hvite lerreter. Men urfolksnavn - som eksisterte lenge før disse navnene ble gitt - bærer med seg historie, kultur og identitet.

– Urfolksstedsnavn er ikke bare rene geografiske betegnelser; de er uttrykk for en levende tradisjon som knytter lokalsamfunn til omgivelsene. Likevel har disse navnene gjennom en historie med kolonialisme blitt erstattet, fjernet og feilaktig oversatt på kart, sier Ekaterina Mikhailova, førsteamanuensis i grensestudier ved UiT Norges arktiske universitet.

Hun mener at gjeninnføringen av urfolksstedsnavn på kart og i dagligspråket er et viktig skritt mot sosial rettferdighet.

*Også tilknyttet UiT Norges arktiske universitet



Fotografi tatt på Håkøya, Tromsø, ca. 1890. Foto: JJ Wickstrøm

NAVNGIVING SOM MAKTUTØVELSE

– Å gi navn er aldri en nøytral handling; det er alltid politisk og knyttet til makt, sier Mikhailova.

Hun forklarer at uansett om det dreier seg om en herskende elite, en privilegert klasse, en konge eller en diktator, har visse samfunnsgrupper og enkeltpersoner makt til å gi steder navn i tråd med sine verdier, mens andre ikke har det.

Slik gjenspeiles maktforskjellene i våre fysiske omgivelser.

– Koloniale kartografiske tradisjoner så på nye landområder som *terra nullius*, et sted blottet for historie og kultur som «ventet» på å bli navngitt og kartlagt, sier Ekaterina Mikhailova.

Ved å slette urfolksstedsnavn – både fra kartene og fra den kollektive hukommelsen – kuttet den koloniale kartleggingen båndet mellom urfolk og deres landområder, og dette bidro til marginaliseringen av urfolk og deres kulturer.

Mikhailova nevner som eksempel *Cambridge Bay* i Nunavut, Canada. Dette navnet ble gitt av britiske og kanadiske oppdagelsesreisende på 1880-tallet og gjenspeiler ikke området historie eller dets betydning for de opprinnelige innbyggerne.

– Det opprinnelige navnet, *Iqaluktuuttiaq*, betyr «den gode fiskeplassen» og forteller en helt annen historie – en historie om landskapet, ressursene og menneskene som har kjent og brukt disse områdene i generasjoner, sier Mikhailova.

Vi finner lignende eksempler over hele Arktis.

NAVNE VEKKER ASSOSIASJONER TIL LANDSKAP OG AREALBRUK

Lene Antonsen, professor i samisk språk ved UiT, forklarer hvordan samiske stedsnavn i Sápmi har oppstått:

– Det er typisk for samiske stedsnavn at de beskriver stedets naturlandskap eller hvordan området brukes. Mange navn handler om jakt, fiske, bærplukking, ferdsel, reindrift og husdyrhold. Noen navn handler om mennesker som har hatt en tilknytning til akkurat dette stedet. Andre navn har sin opprinnelse i spiritualitet og mytologi.

Det finnes flere samiske språk, noe som også gjenspeiles i stedsnavnene.

– Noen navn er i dag uforståelige og tolkes som rester av språk som ble snakket i området før det skjedde et språkskifte til samisk. En stor del av ordforrådet i samisk har en annen opprinnelse enn de andre uralske språkene, forklarer Antonsen.

– Urfolksstedsnavn utgjør et system der navnene henger sammen som en kjede av opplevelser og fortellinger. Navnene som har blitt overlevd muntlig fra generasjon til generasjon gjennom hundrevis av år, er et viktig hjelpemiddel for å orientere seg i landskapet og for å videreformidle opparbeidet kunnskap, forklarer Ekaterina Mikhailova.

Njárggat Vuonat ja Sullot. Kunstneren Hans Ragnar Mathisen har laget samiske kart siden 1974. Kartene er kunstnerisk utformet, og alle navnene er på samisk. Gjennom sin kunst har Mathisen bidratt til at samiske stedsnavn er blitt bevart og riktig angitt på kart. Kart: Hans Ragnar Mathisen





FORNORSKING AV SAMISKE NAVN

I Norge førte myndighetene en fornorskingspolitikk overfor samer og kvener fra 1850-årene til rundt 1963. I denne perioden forsøkte man aktivt å fjerne samiske stedsnavn fra offentlig bruk. En forskrift om tomtsalg fra 1876 krevde at eiendommer skulle ha norske navn, med samiske eller kvenske navn i parentes. Senere oversatte Kartverket samiske navn til norsk dersom det ikke fantes et norsk navn.

Denne praksisen fikk konsekvenser for de samiske navnene på landkartene, der stedsnavnene ble fornorsket – ofte med feilaktige oversettelser. Der både samiske og norske navn var i bruk, skulle som regel bare det norske navnet føres opp på kartet.

I 1937 ble politikken endret slik at samiske navn måtte tas med på kartene. Til slutt ble det i en lov fra 1990 fastsatt at samiske og kvenske stedsnavn skal brukes offentlig på kart, på skilt og i registre, enten alene eller sammen med norske navn.

VIKTIG Å BRUKE SAMISKE NAVN I DAG

– Noen steder har bare samiske navn, særlig i naturen utenfor tettstedene. Det ville derfor være en forfalskning av stedets historie hvis man begynner å erstatte et samisk navn med et nylaget norsk navn, sier Lene Antonsen.

Hun forklarer at også der det finnes parallelle samiske og norske navn, er det viktig at de samiske navnene er synlige – på kart, på skilt og i databaser. Synlige navn viser at språkene er likeverdige, og hindrer at navnene går i glemmeboken.

Samisktalende utgjør en minoritet, bortsett fra i Indre Finnmark. I enkelte områder har det samiske språket nesten forsvunnet, og særlig i disse områdene fungerer de samiske navnene som en viktig del av kulturarven.

– De samiske stedsnavnene vitner om det samiske språket som har vært i bruk i området. I tillegg kan de være en motivasjon for dem som ønsker å lære språket, sier Antonsen.

Noen ganger har samiske og norske navn helt forskjellige betydninger, og derfor vil de to navnene til sammen gi mer informasjon om et sted enn det norske navnet alene. Dette har igjen stor kulturhistorisk verdi.

Mange norske navn er fonetiske tilpasninger av det samiske navnet, og hvis det samiske navnet er angitt på kart og skilt, forstår man hvordan det norske navnet oppsto.

– Men det viktigste er, sier Antonsen, at Norge har anerkjent de samiske språkene som likeverdige språk som norsk, og også som urfolkspråk, og dette gjelder også samiske stedsnavn. Samiske navn kan ikke bringes til taushet.

GJENINNFØRING AV URFOLKSSTEDSNAVN

– Urfolksstedsnavn har ofte sitt utspring i erfaringer, sanseinntrykk og en dyp kjennskap til landskapet. De gir oss et innblikk i et annet verdensbilde, et annet forhold mellom naturen og mennesket: et forhold preget av sameksistens, der mennesket er en del av naturen og ikke står over den, forklarer Ekaterina Mikhailova.

Å gjeninnføre disse navnene er derfor et viktig skritt på veien mot sosial rettferdighet.

– Å ha urfolksstedsnavn på kartet handler om synlighet, anerkjennelse og å utfordre koloniale maktstrukturer som fortsatt preger samfunnet, sier hun.

– Det er imidlertid ikke lett å få urfolksstedsnavn i aktiv bruk. Urfolksstedsnavn er ofte på språk som er ukjente for majoritetsbefolkningen.

Dette kan gjøre det vanskelig å ta dem i bruk på kart og gjøre dem til en del av dagligspråket.

Som en mulig løsning sier Mikhailova at man kan lage interaktive kart der det forklares hva navnene betyr, og hva som er historien bak dem. Slike kart kan bidra til å bygge bro mellom kulturer og øke forståelsen for urfolks perspektiver.

USYNLIG SAMISK SPRÅK

– Det samiske språket har vært ganske usynlig for norsktalende. For dem som har vokst opp med bare norske stedsnavn, kan samiske navn gi dem ny kunnskap og kanskje gi en ny oppfatning av stedet, sier Lene Antonsen.

At samiske navn er synlige på skilt, gir også samiske språk status.

– For noen av de som ikke snakker samisk, kan dette vekke nysgjerrighet, og de vil kanskje ønske å finne ut mer om navnene og språket, sier Antonsen. – Men for andre kan samiske navn på skilt oppleves som provoserende, siden det samiske språket dermed får en status som strider mot det de har lært gjennom oppveksten.

Jeg tror også at en del av årsaken er at det samiske språket har vært eksklusivt knyttet til det samiske folket og ikke vært et nasjonalt språk. Derfor er kunnskapen om språket svært liten blant norsktalende, sier Lene Antonsen.

De fleste norsktalende har ikke lært noe samisk på skolen, og all bruk av samisk har blitt undertrykt, og dermed kan de fleste norsktalende ikke engang hilsninger på samisk.

Ekaterina Mikhailova hevder at den nåværende prosessen med å gjeninnføre urfolksstedsnavn er et levende bevis på at disse stedsnavnene ikke bare er en del av fortiden; de er en nøkkel til å forstå nåtiden og forme fremtiden.

– Ved å gjeninnføre og verdsette disse navnene kan vi bidra til å skape et samfunn som er mer rettferdig, inkluderende og respektfullt overfor dem som kom før oss, sier hun.

Ekaterina Mikhailova avslutter med en oppfordring: – Å lære seg urfolksstedsnavn er en måte å orientere seg på, ikke bare geografisk, men også kulturelt og historisk. Det er en måte å utfordre koloniale maktstrukturer på og bidra til en mer rettferdig og inkluderende verden. ■

Karley Campbell, Anne Braakmann-Folgmann, Zoe Koenig, Christien Laber, Rosalie McKay og Catherine Taelman // UiT Norges arktiske universitet
 Polona Itkin og Megan Lenss // Norsk Polarinstitut
 Michele Fabris og Luca Morelli // Syddansk Universitet
 Janina Osanen // Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
 Benjamin Lange // Norges Geotekniske Institutt

Polhavets skjulte hager

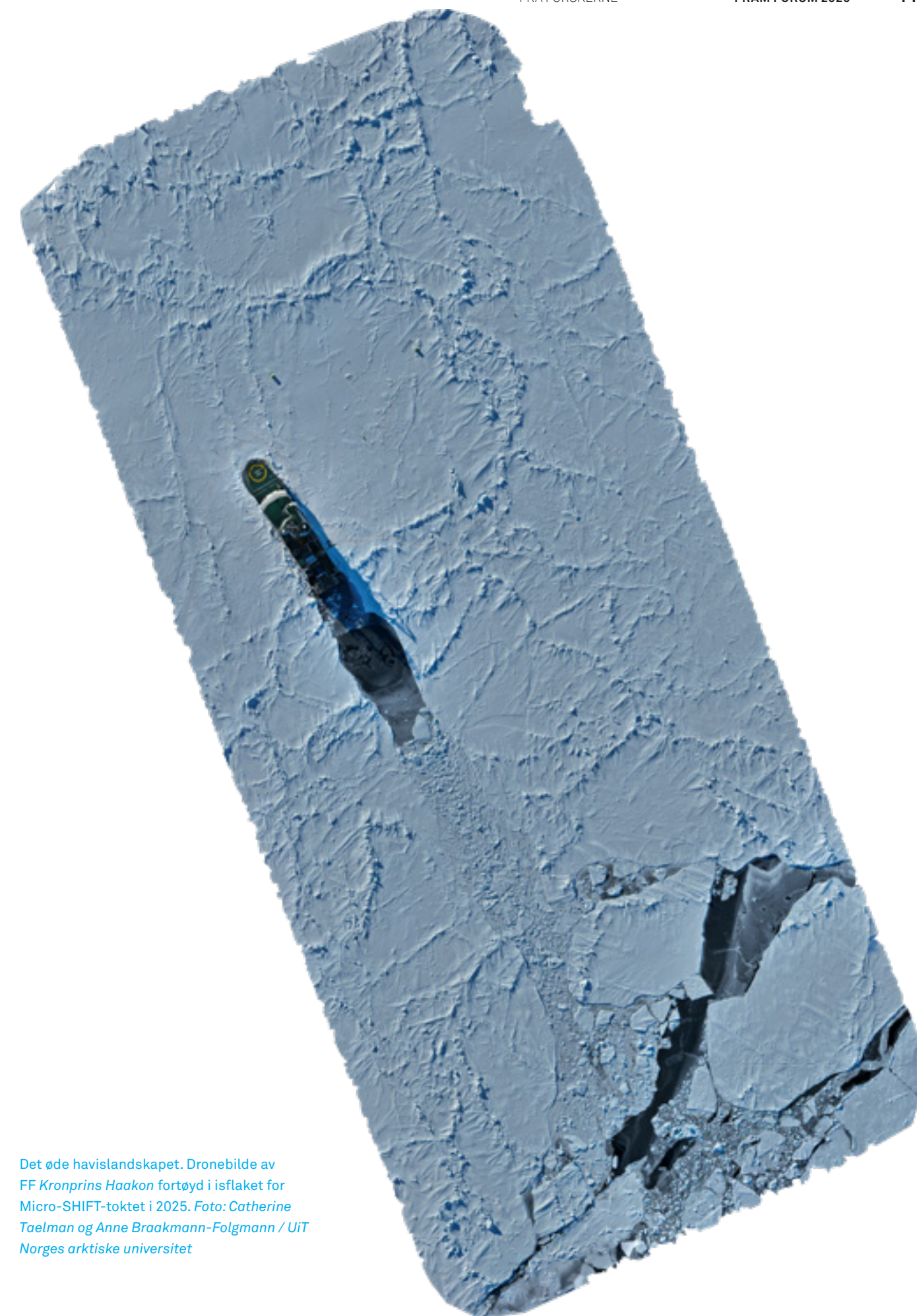
FORSKERNE FORTELLER

Algene som lever i havisen, er avgjørende for livet i hele Polhavet. Men hvordan vil deres frosne verden reagere på et varmere klima? Drivstudier om bord på FF *Kronprins Haakon* hjelper oss med å finne svaret.

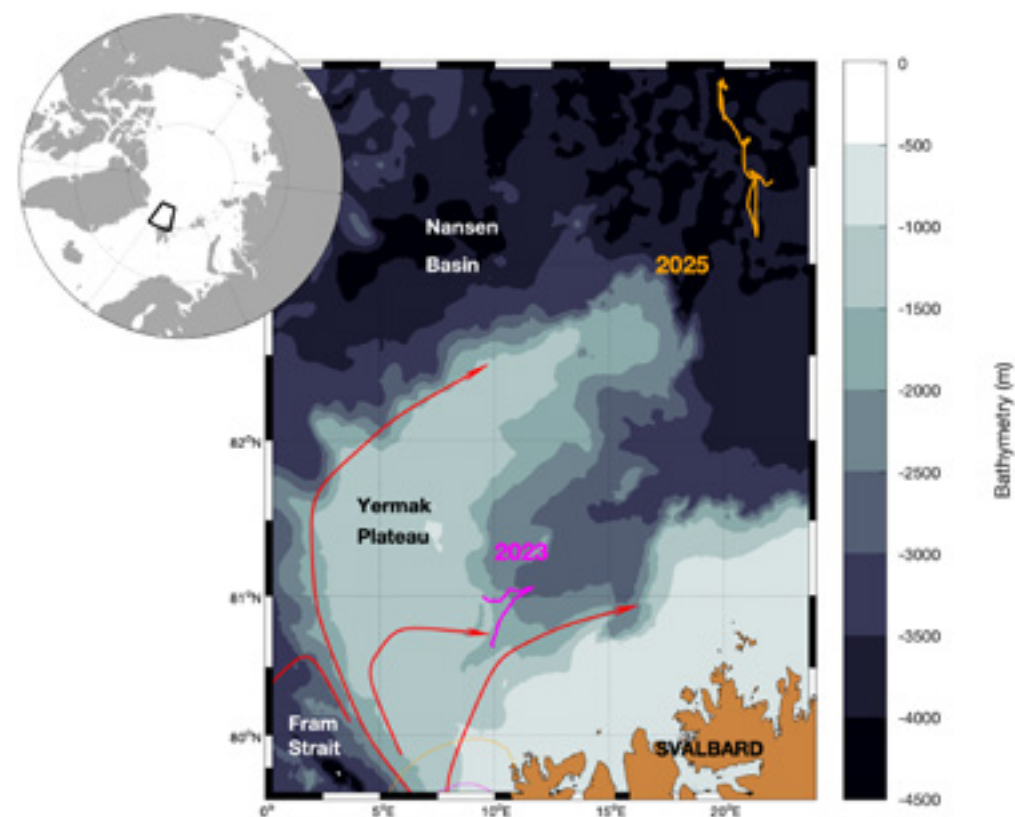
HAVISEN SOM DEKKER POLHAVET, kan virke øde, men ser du nærmere etter - mye nærmere - vil du oppdage at det yrer av mikroorganismer. De unikt tilpassede algene i havisen driver fotosyntese, og produserer dermed de næringsstoffene som danner grunnlaget for alt annet liv i havet - fra svømmende dyreplankton og helt opp til den mektige isbjørnen. Men havisen er et dynamisk landskap. Den er en blanding av snø, is og flytende saltlake som reagerer på sesongmessig oppvarming og forholdene i havet under. Dette har gjort det vanskelig å forstå de komplekse sammenhengene mellom isalger og deres miljø. Samtidig fører de pågående

klimaendringene i Arktis til raske endringer i islandskapet. Hvordan ser fremtiden ut for isalger i det arktiske marine økosystemet?

Dette spørsmålet har stått sentralt i prosjektene BREATHE (Bottom-sea ice Respiration and nutrient Exchanges Assessed for THE Arctic) og Micro-SHIFT (Microbial life of Sea ice Habitats Investigated for The Arctic), ledet av Karley Campbell ved UiT Norges arktiske universitet. Sammen med kolleger som forsker på havis, har hun gjennomført de første «drivstudiene» med FF *Kronprins Haakon* for å bidra til å finne svar.



Det øde havislandskapet. Dronebilde av FF *Kronprins Haakon* fortøyd i isflaket for Micro-SHIFT-toktet i 2025. Foto: Catherine Taelman og Anne Braakmann-Folgmann / UiT Norges arktiske universitet



Pilene viser hvordan FF *Kronprins Haakon* drev under BREATHE 2023 (rosa) og Micro-SHIFT 2025 (oransje). Kart: Zoe Koenig / UiT Norges arktiske universitet

PÅ JAKT ETTER SVAR OM HAVISEN

- I en drivstudie fortøyer man skipet til et isflak og lar i praksis naturen bestemme hvor man havner, sier Campbell.

Å drive rundt i Polhavet, i stor grad etter vindens forgodtbefinnende, kan virke bortkastet sammenlignet med å sette kurs mot bestemte steder, slik man vanligvis gjør på forskningstokt.

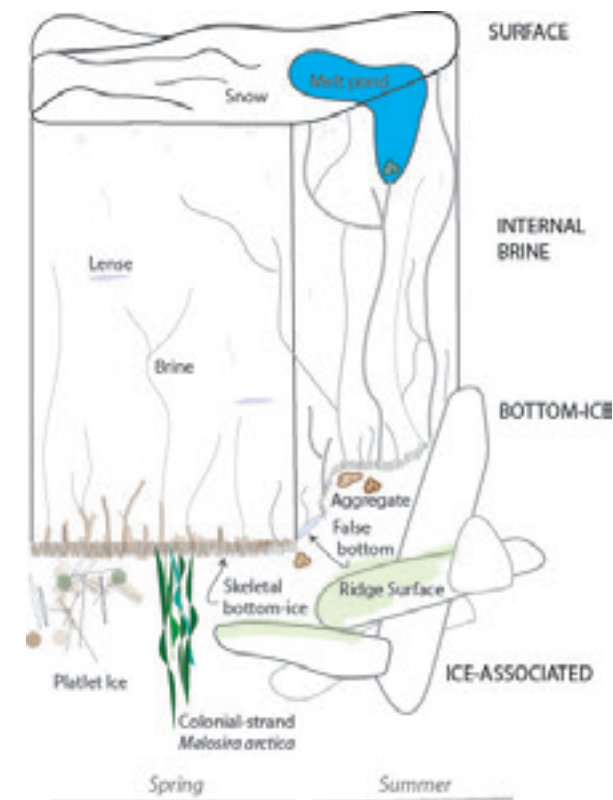
- Tvert imot, sier Campbell, når vi driver sakte rundt, får vi tid til å utføre grundig arbeid på tvers av tid og rom som rett og slett ikke er mulig på andre tokt.

Prosjektene BREATHE og Micro-SHIFT på FF *Kronprins Haakon* har vært relativt korte, med en varighet på noen uker. Men med optimalisert prøvetaking med sikte på et forstørret bilde av biologiske prosesser har de likevel gitt viktige innsikter. For eksempel fant teamet mange *Pseudo-nitzschia*-alger i havisen under

Micro-SHIFT-toktet i 2025. Disse algene kan produsere et nevrotoksin som påvirker andre livsformer i økosystemet, men analysen som hittil er utført i laben til Michele Fabris, har vist at dette kanskje ikke skjer inne i isen - i hvert fall ikke under forholdene som var til stede under dette toktet.

PÅ ALGEJAKT I HØYARKTIS

Det meste av forskningen på alger i havis har konsentrert seg om de få centimeterne med is som er i kontakt med havet. Det er her det samler seg svært produktive kiselalger om våren, når dagslyset vender tilbake til Arktis. Men under jomfruturen til FF *Kronprins Haakon* til Nordpolen i 2022 la Campbell og kollegaen Benjamin Lange merke til noe. De fleste algene befant seg ikke i bunnisen. I stedet var algene konsentrert i flytende opphopninger under isen, eller i skrugarder, rygger av skruis som dannes når isflak støter mot hverandre, og som kan være flere meter tykkere enn den omliggende isen.



Havisens kompleksitet. Alger lever på overflaten av havisen, inne i saltlaken og på undersiden. Bilde: Karley Campbell / UiT Norges arktiske universitet

Disse ofte oversette biologiske hotspotene - Arktis' skjulte hager - kan spille en viktig rolle for å fastslå havisalgers biodiversitet og produktivitet.

- Å vite at hagene var der, var én ting. Å ta prøver av dem var en helt annen sak, sier Lange.

Ved å være snarrådige - og ved å bruke et fjernstyrt undervannsfartøy (en såkalt ROV) for å se der Lange ikke kunne se - klarte de å pumpe prøver av de skjulte algene opp til overflaten. Målinger om bord på fartøyet viste snart at disse skjulte hagene hadde helt andre algearter og produksjonshastigheter enn bunnisen. De var i live og så ut til å ha det ganske bra. At det dreier seg om andre algearter enn de som finnes i bunnisen, kan bety at de er bedre egnet for fremtidige forhold i Polhavet. Dette blir nå testet i laboratorieeksperimenter ved UiT, ved hjelp av alger som er samlet inn under toktene.

EN NY GENERASJON HAVISFORSKERE LÆRES OPP

Drivstudiene på FF *Kronprins Haakon* bidrar med mer enn unike datasett.

I 2023 gikk SiDrift-prosjektet sammen med BREATHE for å opprette et flytende klasserom som en del av drivstudien. Totalt deltok 23 unge forskere fra over 20 land på en feltskole. Kursledere i biologi, fysikk og oseanografi fra UiT Norges arktiske universitet og Norsk Polarinstittutt flyttet regelmessig undervisningen ut på isen for å sette teori ut i praksis. Deltakerne fikk opplæring som vil bidra til å fremme havisforskningen i fremtiden.



Forskere under opplæring. Polona Itkin lærer studentene på BREATHE-ekspedisjonen i 2023 hvordan man lager snøgroper. Foto: Rosalie McKay / UiT Norges arktiske universitet

Oppdagelsen av «havishager» under toktet til Nordpolen har muliggjort målrettet prøvetaking i de etterfølgende drivstudiene. Pumper, droner og ROV-er inngår nå i havisbiologens arsenal, ved siden av det velprøvde iskjerneboret. Takket være denne prøvetakingsstrategien og den tiden man får til rådighet når man driver med isen, ble flere skrugardhager effektivt undersøkt under toktene med FF *Kronprins Haakon* i 2023 og 2025. Å fortsette å øke vår forståelse av alger i havisen generelt, ikke bare bunnisen, er et viktig mandat for Micro-SHIFT-prosjektet.



Benjamin Lange bruker VR-briller for å suge opp isalgeoppnopninger observert av det fjernstyrte undervannsfartøyet. *Fotografier: Megan Lenss / Norsk Polarinstitutt og Pedro De La Torre / Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*

ANDRE DRIVENDE FORSKNINGSPROSJEKTER

Det tidligste forskningsprosjektet som involverte å drive med isen, var kanskje Nansens ekspedisjon med *Fram* (1893–1896). Selv om hovedmålet var å nå Nordpolen, samlet ekspedisjonsteamet inn data om vanntemperatur, saltholdighet, dybde og strømmer. Skipets lege, Henrik Blessing, dokumenterte at det var alger i pakkisen.

Sovjetunionen etablerte sin første drivende forskningsstasjon på pakkisen i 1937 og hadde en serie slike stasjoner under den kalde krigen. Etter et opphold gjenopptok Russland bruken av isstasjoner i 2003. Etter hvert som isdekket i Polhavet har blitt tynnere, har det blitt stadig vanskeligere å finne egnet is.

Nyere drivforskning fra skip har gitt unike øyeblikksbilder som bidrar til å belyse hvordan havisen og vannmassene under fungerer i Polhavet. Her er noen av prosjektene:

- Surface Heat Budget of the Arctic Ocean (SHEBA, 1997–1998) om bord på det kanadiske kystvaktfartøyet Des Groseilliers, ledet av Universitet i Seattle
- Norwegian young sea ICE cruise 2015 (N-ICE2015) på FF Lance, ledet av Norsk Polarinstitutt
- Det tverrfaglige drivende Observatory for the Study of Arctic Climate (MOSAIC, 2019–2020), om bord på den tyske isbryteren Polarstern, ledet av Alfred Wegener-instituttet



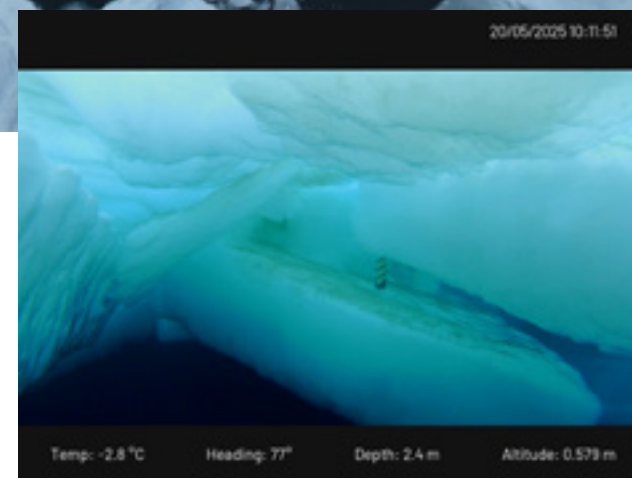
Dronebilde av forskeren Karley Campbell idet hun tar prøver fra en blottlagt skrugard, som ble tilgjengelig da det oppsto en råk under BREATHE-toktet i 2023. *Foto: Polona Itkin / Norsk Polarinstitutt*

FROSSENT LANDSKAP – ET KLIMA UNDER OPPVARMING

Havisen i Arktis endrer seg på grunn av global oppvarming. Den blir stadig tynnere, og det blir færre skrugarder. Isen dekker en mindre del av Polhavet, og den blir liggende en kortere periode av året. Havisen er imidlertid fortsatt et karakteristisk trekk ved polarområdene, og den vil fortsette å være et viktig habitat for mikroorganismer i årtusener fremover. Det er avgjørende at vi forstår endringene som havishager står overfor, slik at vi kan ta vare på dem på en hensiktsmessig måte og sikre at de blir integrert i vår økosystembaserte forvaltning av det fremtidige Polhavet. ■

TAKK

Prosjektene BREATHE (325405) og SiDRIFT (287871) har fått støtte fra Norges forskningsråd (RCN). Micro-SHIFT (101162830) har fått oppstartsmidler fra Det europeiske forskningsrådet. Drivstudien i 2025 mottok også støtte fra RCN-prosjektet DIAMOND (352217), ledet av Zoe Koenig.



En isprøve tas ut av en skrugard, lokalisert og filmet her av en ROV. *Foto: Emily Venables / UiT Norges arktiske universitet*

LES MER:

N-ICE special issue

[https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/\(ISSN\)2169-9291.NICE1](https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/toc/10.1002/(ISSN)2169-9291.NICE1)

Mosaic

<https://online.ucpress.edu/elementa/article/10/1/000046/119791/Overview-of-the-MOSAIC-expedition-Snow-and-sea-ice>

Blogg om Micro-SHIFT

<https://en.uit.no/project/microshift>
Klikk på Blogg, helt til høyre i banneret midt på siden.

Ann Kristin Balto // Norsk Polarinstitut

Kvinnelig polarflyger

RETROSPEKTIV

«Selve flyturen over Nordpolen var ingen bragd, slik jeg ser det. Men ferden ga meg selvtillit, noe jeg ikke hadde for mye av».

Ingrid Pedersen intervjuet i Dagbladet i oktober 1996

Ved søk i Norsk Polarinstituttts bildearkiv på polare flygninger dukker opp noen bilder av en rødhåret kvinne under vingen på et grønt og svart propellfly av typen Cessna 205. Hun skal ut og fly!

Kvinnen på bildet er flygeren Ingrid Pedersen (født Liljegren) som i 1963 ble den første kvinne som egenhendig fløy over Nordpolen. Dette gjorde hun sammen med sin mann Einar Sverre Pedersen i et fly av typen Cessna 205 som lød navnet «Snow goose». Ingrid fikk instruksjoner om at hvis motoren skulle kutte ut rett etter start: «så må du senke snuten kraftig, sørge for å holde farten, og bare håpe at du treffer et noenlunde jevnt sted...». En rød brannbil sto i beredskap. Starten fra Fairbanks i Alaska gikk bra, men flyet var tungt

lastet og det var nødvendig med godt vær, for ising på flyet betydde ytterligere vekt.

Endelig i luften på tur mot Nordpolen. Ingrids mann sto for navigeringa som ikke var uproblematisk ved flygning nær den magnetiske nordpol, - som gir avvik på instrumentene. Av sikkerhetsutstyr hadde de med seg svømmevester og en flåte om de måtte nødlande, og de har med en ekstra radio. De flyr over isøya T-3 ute i Polhavet hvor det var etablert en amerikansk forskningsstasjon. Da de passerte Nordpolen etter 17 timer i luften sendte de følgende posisjonsrapport over radioen: «Resolute Bay, November Eight Three Five Seven Zulu, posisjon 90 grader nord, høyde 3000 fot. Over».



Så fortsatte flyturen til Stasjon Nord på Grønland hvor ekteparet fikk en overdådig middag sammen med nesten hele besetninga på 35 mann, - bare én mann manglet. Han hadde vært der i hele ti år, og var redd for kvinner fikk Ingrid beskjed om. Etter en god natts søvn gikk turen videre til Bodø, men de møtte på tåke og flyet mistet høyde grunnet ising. Det ble plussgrader da flyet mistet høyde og islaget smeltet, og de landet trygt i Bodø.

Ingrid og Einar Sverre Pedersen skulle siden etablere seg på Svalbard hvor Ingrid blant annet jobbet for selskapet Lufttransport, og tok oppdrag for Norsk Polarinstitut. ■

Ingrid Pedersen i Ny-Ålesund, våren 1970.
Foto: Tor Killie, Norsk Polarinstituttts Bildearkiv.

Kjetil Rydland // UiT Norges arktiske universitet

John P Smol – Arktis' arkivar

FORSKNING OG FOLK

Mohn-prisen for 2026 er tildelt John P. Smol for den banebrytande forskinga hans innan paleoøkologi og den leiande rolla hans i forståinga av miljøendringane i Arktis. Forskinga hans på «minnet» til arktiske innsjøar har gjeve oss viktige verktøy for å oppdage forureining, klimaendringar og tap av biologisk mangfald.

VITSKAPLEG DETEKTIV

Mohn-prisen vert delt ut kvart anna år for å anerkjenne framifrå arktisk forskning som har hatt betydeleg internasjonal innflytelse. Professor Smol får prisen for arbeidet sitt som «vitskapeleg detektiv». Åstadane hans er arktiske innsjøar, og spora er mikroskopiske restar av liv, bevarte i lag i botnen under vatnet.

Sidan desse sedimentslaga har samla seg gjennom hundreår, fungerer dei som sider i ei historiebok. Ved å «lese» desse sidene kan Smol vise korleis økosystema såg ut for hundretusenvis av år sidan, og dermed gjere det mogleg å måle kor mykje dei har endra seg på grunn av menneskeleg aktivitet.

KORLEIS MÅLER EIN HELSA TIL NATUREN?

Ei av hovudårsakene til at styringskomiteen for Mohnprisen valde Smol, er at han har utvikla

indikatorar for å måle miljøhelsa. Smols metodar tolkar signal for å oppdage sur nedbør og industriforureining, klimaavhengige endringar i biologiske samfunn og tidlege teikn på økologiske forstyrringar før desse tinga vert irreversible.

Forskinga hans er ikkje berre akademisk; ho har praktisk verdi. Funna hans har ført til kunnskapsbaserte tiltak for å få bukt med forureining og har vore eit viktig bidrag til den internasjonale debatten om berekraftig utvikling og urfolk sine rettar i nordområda.

EIN LEIAR OG SAMARBEIDSPARTNAR

Komiteen framheva òg Smol sin rolle som global leiar og mentor. I 1991 grunnla han PEARL (Palaeoecological Environmental Assessment and Research Laboratory), eit laboratorium i verdsklasse der over 100 akademikarar har fått opplæring i viktig miljøforskning.

Smol sin karriere vert kjenneteikna av ein eineståande produktivitet og innflytelse. Han har bidratt til meir enn 700 vitskapelege artiklar og over 20 bøker. Arbeidet hans har vorte publisert i leiande tidsskrift som Science og Nature, og han er ein utrøyttelig formidlar som hjelper både allmenta og avgjerdstakarar med å forstå komplekse klimadata.



Ved hjelp av eit mikroskop «les» Smol informasjonen i bitte små fragment av organisk materiale henta frå sedimentslag under arktiske innsjøar. Foto: Sylvie Li

FORSKING ER VIKTIG FOR FRAMTIDA

Arktis står for tida overfor eit enormt press frå global oppvarming og menneskeleg aktivitet. Styringskomiteen for Mohnprisen understreka at Smols arbeid er avgjerande, sidan framtida for ferskvatnet i Arktis er svært usikker. Utan verktøya han har utvikla, ville forskarar og avgjerdstakarar famla i blinde når dei skal setje mål for forvaltning, bevaring og restaurering.

Ved å tildele professor Smol denne prisen anerkjenner det internasjonale samfunnet at dei små, ofte oversette innsjøane i Arktis faktisk er kjenslevare arkiv over helsa til planeten. Forskinga hans sikrar at vi, når vi går inn i ei uviss framtid, har eit klart vitskapeleg grunnlag for å verne vatnet og økosystema vi er avhengige av. ■

John P. Smol har fått ei rekkje æresdoktorat, medaljar, stipend, prisar og utmerkingar. Mellom dei fremste utmerkingane og prestasjonane hans kan nemnast:

- Æresprofessor, Queen's University, Canada
- Grunnleggjar og meddirektør ved Palaeoecological Environmental Assessment and Research Laboratory (PEARL) ved Queen's University
- President for Royal Society of Canadas naturvitskapsakademi (2019–2022)
- Canada Research Chair i miljøendringar (2001–2022)
- Grunnleggjar og redaktør av Journal of Palaeolimnology
- Sjefredaktør for Environmental Reviews



John Smol ein stad i Nordvestpassasjen. Foto: Joshua Theinpont

Espen Viklem Eidum og Martí Amargant-Arumí // UiT Norges arktiske universitet

Til Nordpolen for å lære mer om et isfritt Arktis

FORSKNING OG FOLK

Tirsdag 2. september 2025 nådde FF *Kronprins Haakon* Nordpolen med et internasjonalt team av forskere ledet av UiT Norges arktiske universitet, NORCE og Universitetet i Bergen.

Ekspedisjonen var en del av prosjektet i2B – Into the Blue, et ambisiøst samarbeid mellom flere europeiske institusjoner finansiert gjennom Det europeiske forskningsrådets finansieringsordning Synergy Grant.

– Å nå Nordpolen med FF *Kronprins Haakon* er en historisk milepæl for UiT og for prosjektet i2B Into the Blue, sier ekspedisjonsleder Jochen Knies ved Institutt for geovitenskap, UiT. – For tretti år siden sto jeg her for første gang, under helt andre forhold. Der isen en gang lå tykk og ubrutt, kunne vi nå seile rett igjennom. – Den dramatiske endringen understreker hvorfor arbeidet vårt er så viktig.

Ifølge Knies kan det være avgjørende for å forutsi fremtiden for Arktis å undersøke hvordan Polhavet har reagert i tidligere varmeperioder – der sommerisen kan ha forsvunnet helt.

Forskerne som var med på ekspedisjonen, har

- hentet inn høyoppløselige sedimentkjerner for å rekonstruere temperatur, havis, oseanografi og økosystemer i tidligere varmeperioder

- sammenlignet dataene med moderne observasjoner for å forstå overgangen til et isfritt Polhav

- undersøkt om fortiden kan gi et forvarsel om fremtidige vippepunkter i klimasystemet

Knies mener at det var kombinasjonen av en helhetlig tilnærming, en vilje til å tilpasse seg og et ønske å styrke Arktis' klimaarkiv som til slutt gjorde at ekspedisjonen fikk støtte fra i2B Into the Blue. Han er glad for at han og teamet hans holdt ut tross flere avslag på det han mente var en god idé.



Forskerteamet, bestående av 25 deltakere tilknyttet UiT Norges arktiske universitet, Universitetet i Bergen, NORCE og Alfred Wegener-instituttet i Tyskland, samlet på Nordpolen. Foto: Tim Kalvelage

Knies ledet ekspedisjonen sammen med Stijn De Schepper fra Universitetet i Bergen og NORCE. Så vidt professor Matthias Forwick, leder for Institutt for geovitenskap, vet, er dette den første UiT-ledede ekspedisjonen som har nådd Nordpolen.

– Vi gleder oss over ekspedisjonen, fordi den vil gi oss innsikt i hvordan Polhavet så ut under tidligere varmeperioder. Dette vil gi oss en bedre forståelse av hva som skjer i dag – og hva vi kan forvente i fremtiden. Prosjektet Into the Blue er et viktig bidrag til Polhavet 2050, sier Forwick. Polhavet 2050 er et ambisiøst tiårig prosjekt som Norge gjennomfører som forberedelse til det kommende internasjonale polaråret 2032–2033. ■



Forholdene har endret seg dramatisk siden Jochen Knies var på Nordpolen for første gang. Foto: Henry Patton / UiT Norges arktiske universitet

LES MER:

Om i2B-ekspedisjonen til Polhavet:
<https://in2blue.eu>

Om Polhavet 2050:
<https://arcticocoon2050.no>

Jørgen Berge og Bodil Bluhm // Polhavet 2050

Hva vil skje når det ikke lenger er is i Polhavet?

FORSKNING OG FOLK

Polhavet er i ferd med å endre seg fundamentalt. En gang i løpet av de neste 25 årene vil Polhavet være uten sommeris. Hvordan vil dette påvirke økosystemer, dyreliv og klima, og hvordan vil samfunnet reagere?



Havisutbredelsen i Polhavet i september, definert som områder med en haviskonsentrasjon på over 15 %, sammenlignet med en situasjon typisk for 1980-årene (5,5 millioner km²), det siste tiåret (3,3 millioner km²) og den praktisk talt isfrie tilstanden spådd for Polhavet innen 2050 (< 1 million km²). Basert på data fra Jahn et al. (2024) Nat Rev Earth Environ 5: 164–176. Diagram: Are Olsen / Universitetet i Bergen



Representanter fra noen av medlemsinstitusjonene i Polhavet 2050. Bak, fra venstre: Roar Skålin (Meteorologisk institutt), Jostein Mårdalen (Norges geologiske undersøkelse), Tore Furevik (Nansensenteret), Andreas Østhagen (Fridtjof Nansens Institutt), Are Olsen (Universitetet i Bergen), Jørgen Berge (UiT Norges arktiske universitet) og Tor Eldevik (Universitetet i Bergen). Første rad, fra venstre til høyre: Camilla Stoltenberg (NORCE) og Camilla Brekke (Norsk Polarinstitut). Foto: Kjetil Rydland / UiT Norges arktiske universitet

Polhavet er det minste av verdenshavene, men spiller likevel en avgjørende rolle for klimaet, miljøet og det politiske systemet. Vannet i dette havet er avgjørende for den globale havsirkulasjonen. Varmeutvekslingen mellom Polhavet og atmosfæren påvirker globale værmønstre. Havisen i Arktis regulerer jordens temperatur, og Polhavet er hjem for et mangfold av marine arter og unike, sårbare økosystemer.

På grunn av sin strategiske beliggenhet, sine rike naturressurser og nye skipsruter spiller Polhavet en viktig geopolitisk rolle, på omskiftelige, stadig mer intense og sammenkoblede måter. Vi ser nå at klimaendringene påvirker alt fra dypet av havet til atmosfæren og gir en kaskade av konsekvenser for både natur og samfunn.

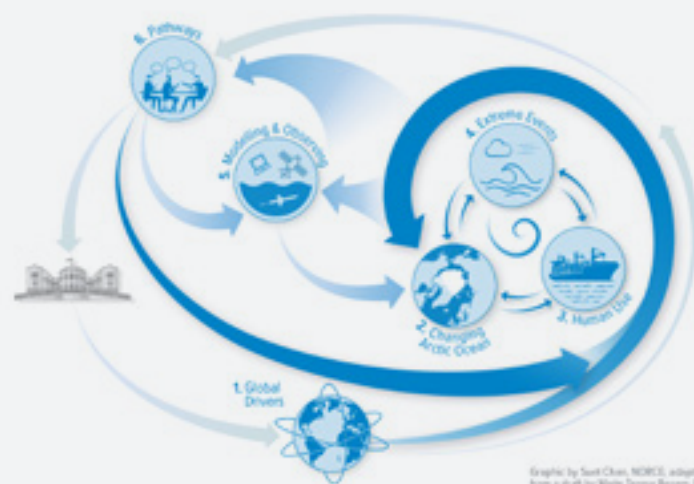
I tillegg er det sentrale Polhavet svært utilgjengelig med sin mørketid og sin vinteris. Det er svært vanskelig å studere det, for ikke å snakke om dyrt.

Derfor gjenstår det fortsatt mye forskning – også grunnforskning. Vi vet for lite, og nå er havet i endring, med uforutsigbare utfall.

Endringer i utbredelsesområdet til viktige kommersielle fiskebestander, økt oppvarming og forsuring av havet, endringer i økosystemene av ukjent omfang – alt dette kan skje, og vi har behov for å vite på forhånd hva som vil skje. Bare da kan vi planlegge og iverksette nødvendige tiltak.

POLHAVET 2050 I TALL

- 1 hav
- 2 milliarder kroner (50 % egenfinansiering fra de 18 partnerne)
- 10 år
- 18 institusjoner
- Hundrevis av deltakere
- Tverrfaglig og integrert
- Både grunnforskning og anvendt forskning
- Inngår i Det internasjonale polaråret og FNs havtiår



Polhavet 2050 vil fokusere på seks forskningstemaer. Illustrasjon: Suet Chan / NORCE, bearbejdet etter et utkast av Maite Teresa Bezem / Universitetet i Bergen



Dette er bakgrunnen for at norske myndigheter nå setter i gang det største enkeltstående forskningsprogrammet som noensinne er gjennomført i Norge. Fra og med 2026 vil totalt 18 norske forskningsinstitusjoner, hvorav ti er medlemmer av Framsenderet, samarbeide over en tiårsperiode innenfor forskningsprogrammet

POLHAVET 2050.

Polhavet 2050 skal ta for seg problemstillinger knyttet til samspillet mellom hav, is, atmosfære, økosystemer og menneskelig aktivitet – problemstillinger som har vært viktige lenge, men som har blitt stadig mer aktuelle som følge av globale miljømessige, geopolitiske og teknologiske endringer.

Programmet seks forskningstemaer spenner over natur- og samfunnsvitenskap og genererer omfattende prøvesamlinger, data og kunnskap til støtte for en bærekraftig forvaltning av Polhavet.

Ved å koordinere innsatsen gjennom Polhavet 2050 kan Norge legge et solid grunnlag for fremtidig forvaltning og beredskap – både miljømessig, økonomisk og politisk. Programmet Polhavet 2050 vil være en unik tverrfaglig innsats sentrert rundt vitenskapelig teamarbeid. ■

LES MER:

Les mer om Polhavet på <https://arcticcocean2050.no>

FRAM – Nordområdesenter for klima og miljøforskning

FRAM– Nordområdesenter for klima og miljøforskning, i dagligtale Framsenderet, skal gjennom samarbeide utøve tverrfaglig forskning av høy internasjonal standard og som er viktig for forvaltningen av nordområdene.

FORSKNINGSSAMARBEIDET BESTÅR AV FØLGENDE INSTITUSJONER:

- Akvaplan-niva/NIVA
- CICERO
- Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet
- Havforskningsinstituttet
- Kartverket
- Kystverket
- Meteorologisk institutt
- NGI – Norges geotekniske institutt
- NGU – Norges geologiske undersøkelse
- NIKU – Norsk institutt for kulturminneforskning
- NILU
- NINA – Norsk institutt for naturforskning
- Nofima
- NORCE
- NIBIO – Norsk institutt for bioøkonomi
- Norsk Polarinstitutt
- SINTEF
- UNIS – Universitetssenteret på Svalbard
- UiT Norges arktiske universitet
- Veterinærinstituttet
- Assosiert medlem: Polaria

Utgiver

Framsenderet Drift AS, på vegne av FRAM – Nordområdesenter for klima- og miljøforskning

Ansvarlig redaktør

Helge M. Markusson
Framsenderet
// helge.markusson@framsenteret.no

Redaktør, engelsk utgave

Janet Holmén

Redaksjonskomite

Ellen Kathrine Bludd
UiT Norges arktiske universitet
// ellen.kathrine.bludd@uit.no

Trude Borch

Akvaplan-niva
// trude.borch@akvaplan.niva.no

Morten Günther

NIBIO
// morten.gunther@nibio.no

Elin Vinje Jenssen

Norsk Polarinstitutt
// elin.vinje.jenssen@npolar.no

Bente Kristin Rundereim Kjøllesdal

Havforskningsinstituttet
// bente.kjoellesdal@hi.no

Christine F Solbakken

NILU
// christine.solbakken@nilu.no

Forsidefoto

Tommy Dahl Markussen

Layout

Tank Design Tromsø AS
www.tank.no

Trykk

Lundblad Media AS

Norsk utgave i pdf-format og engelsk versjon

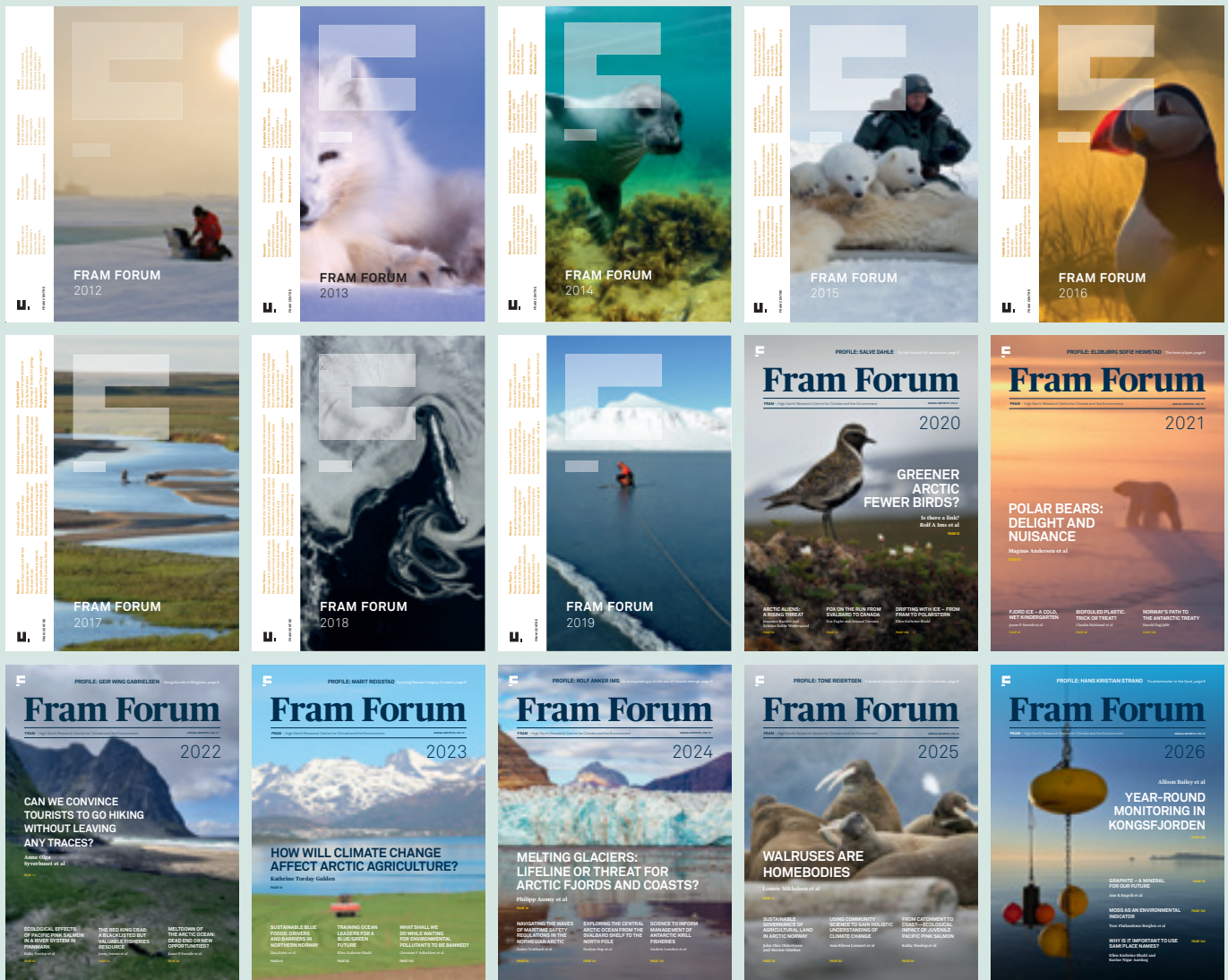
www.framforum.com

Kontaktinformasjon

FRAM Forum
Framsenderet Drift AS
POB 6606 Stakkevollan, N-9296 Tromsø

www.framsenderet.no

post@framsenteret.no



For flere historier, se vår nettside:
framforum.com



Framcenteret
 Framcenteret drift AS
 Postboks 6606 Langnes
 9296 Tromsø

E-post: post@framcenteret.no
 Nettside: framcenteret.no

ISSN 1893-5532