



ÅRSMELDING ANNUAL REPORT 2020

NORSK POLARINSTITUTT · NORWEGIAN POLAR INSTITUTE



Arktisk tundra
under press

Side 11

Et år i isødet
med MOSAiC

Side 14

Forskning og logistikk
i koronaens tid

Side 19

Leders beretning	4
Dette er Norsk Polarinstitut	5
Artikler:	
COAT dokumenterer klimaendringer på den arktiske tundraen	11
Et år i isødet med historiens største arktiske ekspedisjon	14
Marint verneområde i Kong Håkon VII Hav	15
Svalbards isbreer krymper	17
Forskning og logistikk i koronaens tid	19
Kunnskap	21
<i>English version</i>	35
Utgivelser/ <i>Publications</i>	53
Fagfellevurderte artikler/ <i>Peer-reviewed articles</i>	54

Norsk Polarinstitut forkortes flere steder til NP i årsmeldingen. I den elektroniske versjonen er det lenket til publikasjonene som det refereres til tekstene og i publikasjonsoversikten.
Please note that Norwegian Polar Institute is abbreviated to NPI in the annual report. In the on-line version of this annual report, there are links to the papers referred to in the publication overview.

© Norsk Polarinstitut 2020, Framsenteret, Postboks 6606, Langnes, 9296 Tromsø

Ansvarlig redaktør/ *Chief editor:*

Anja Kristine Salo, NP/NPI

Redaktør/ *Editor:*

Elin Vinje Jenssen, NP/NPI

Korrektur/ *Correction:*

Ivar Stokkeland, NP/NPI

Grafisk design og tegninger / *Graphic design and illustrations:*

Jan Roald, NP/NPI

Forsidefoto/ *Front cover photo:*

John Leithe, NP/NPI

Trykk/ *Print:*

Bodoni AS, Bergen

Leders beretning

2020 ble et svært annerledes år, men begivenhetsrikt i polar-Norges tjeneste.

I januar arrangerte polarinstituttet en studietur til Troll-stasjonen i Antarktis, som statssekretær Atle Hamar (V) i Klima- og miljødepartementet (KLD) inviterte til. Statssekretærer og ledere fra Utenriksdepartementet, Justis- og beredskapsdepartementet og Kunnskapsdepartementet deltok også. Hensikten med reisen var å øke kunnskapen om Troll og rollen den har i norsk antarktisforskning og politikk, samt å drøfte norsk- og internasjonalt forskningssamarbeid i Antarktis. Rektor ved Universitetet i Oslo og direktørene i NILU, NORSAR og Bjerknessenteret, alle viktige samarbeidspartnere, var også med på studieturen.

Men tidens tann har satt spor på Troll, som åpnet i 1990. I februar konkluderte Statsbygg med at «dette er en stasjon som nærmer seg slutten av sin levetid». Gledelige var derfor nyheten fra KLD på høsten om at Troll skal utredes for oppgradering. Det ble også bevilget et nytt og tiltrengt nødstrømsystem.

I mars spredte koronapandemien seg for alvor også til Norge, og tidlig morgen den 12. mars satte polarinstituttet krisestab. I tida som fulgte ble instituttet drevet med en strategisk og operasjonell ledelse. I Tromsø arbeidet vi fra hjemmekontor. Vi holdt kontakt med hverandre via digitale plattformer, slik at alle ansatte fikk være med, uansett hvor på kloden man befant seg.

Koronapandemien påvirket også vår felt- og toktaktivitet, både i nord og sør.

I Ny-Ålesund forskningsstasjon, hvor polarinstituttet har vertskapsrollen, gjorde pandemien det vanskelig for de fleste utenlandske aktørene å komme til stedet. Vårens feltarbeid ble i stor grad likevel gjennomført, med god hjelp av lokale ressurspersoner, og vi fikk samlet inn data og vedlikeholdt viktige tidsserier.

På senvinteren og våren ble tokt med forskningsskipet Kronprins Haakon kansellert. I slutten av juni tok vi opp igjen aktiviteten, med noe begrenset vitenskapelig besetning.

Gjennom hele året arbeidet vi med planleggingen av Antarktis-sesongen 20/21. Mye tid og mange ressurser ble brukt for unngå å bringe smitte til kontinentet. I tett samarbeid med Council of Managers of National Antarctic Programs laget vi protokoller for frakt av personer til Antarktis med fly og skip, som blant annet innebar karantene og korona-testinger før avreise. Protokollene ble nøye fulgt av det nye overvintringsteamet og sommerpersonellet, som ble fløyet i chartret fly direkte fra Gardermoen, via Kapp Verde, Falklandsøyene og så til Troll. Smittevernrutinene ble også praktisert da det vitenskapelige teamet gikk om bord i det isgående lasteskipet Malik

Arctica i Ålborg i november. Skipet fraktet mat og utstyr til Troll, samtidig med at forskere utførte observasjoner og målinger underveis i Sørishavet.

I 2020 var flerer av våre forskere engasjert i den tyskledete MOSAiC-ekspedisjonen, der forskningsskipet Polarstern drev over Polhavet, slik som polfarer Fridtjof Nansen gjorde med Fram for over 120 år siden.

Til tross for koronapandemien og utfordringene som fulgte, ble de fleste bestillingene våre levert i 2020. Den vitenskapelige produksjonen var god, og på rådgivningssiden leverte vi i henhold til våre oppdrag. Instituttet var sentral i formidlingen av rådene og de faglige premissene for fastsettelsen av iskantsonen i Barentshavet, som regjeringen konkluderte med skal følge 15 prosent isfrekvens.

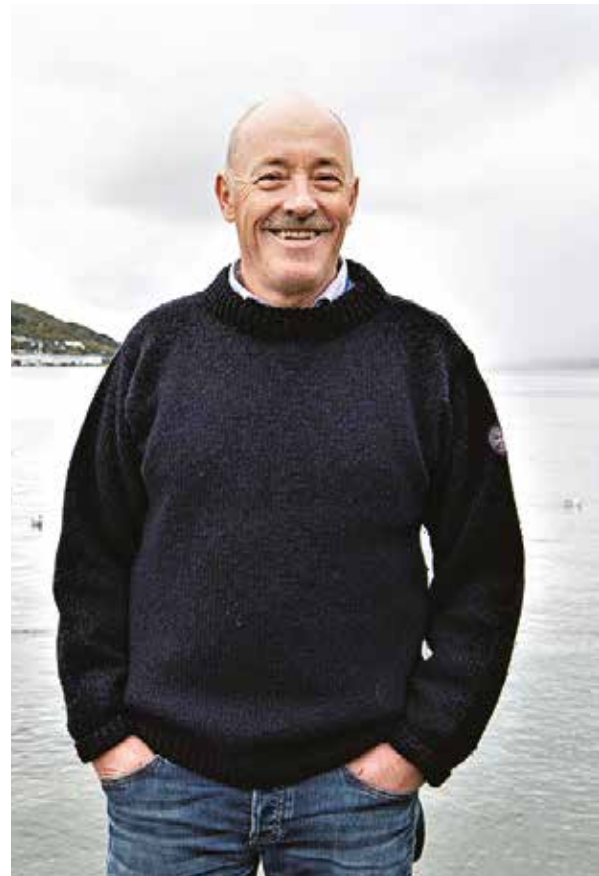
Norsk Polarinstitutt er en av de største aktørene i Framsenteret. I første halvdel av året ble en ny styringsgruppe for Framsenteret oppnevnt, med tidligere direktør for Norsk Romsenter, Bo Anderson, som formann og vår egen forskningsdirektør Nalân Koç som nestleder.

I september besøkte klima- og miljøminister Sveinung Rotevatn (V) instituttet. Statsråden fikk orienteringer om klimautviklingen i Arktis og åpnet is-laboratoriet i Framsenteret, som er oppkalt etter en av polarinstituttets første isforskere, Torgny Vinje.

Jeg vil takke medarbeiderne ved instituttet for stort engasjement og god innsats gjennom hele året, både faglig og kollegialt, og for stor forståelse for smittevern. De har stilt lojalt opp fra hjemmekontor, reist lite og fulgt opp tidvis krevende karantenebestemmelser. Mange av våre oppgaver har også vært løst med nært og godt samarbeid med en rekke aktører i inn- og utland. Vi ser frem til 2021, fylt med aktiviteter og engasjement for våre polarområder.

Ole Arve Misund
direktør

– Et svært annerledes år, men begivenhetsrikt på flere vis



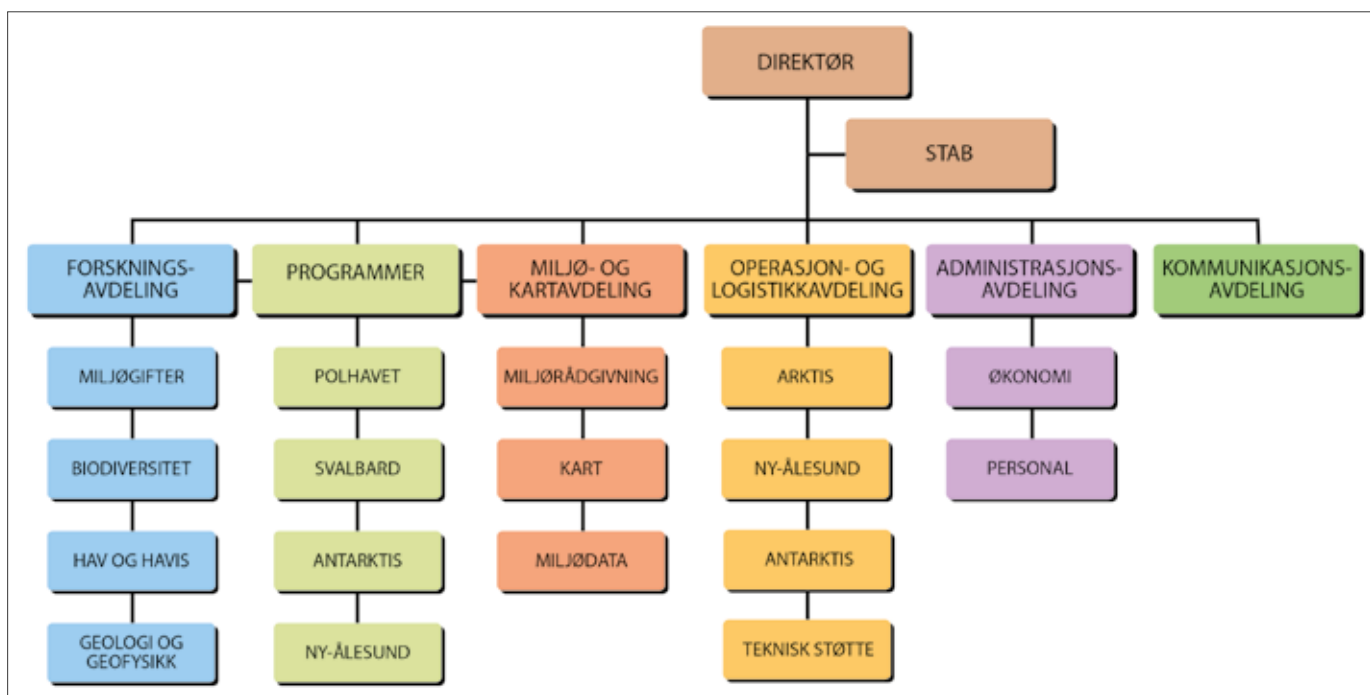
Direktør Ole Arve Misund. Foto: Ingunn Mæhlum

Dette er Norsk Polarinstitutt



LEDERGRUPPA I 2020 bestod ledergruppa av avdelingsdirektør for operasjon og logistikk John E. Guldahl (t.v.), forskningsdirektør Nalan Koç, direktør Ole Arve Misund, direktør for miljø og kart Evy Jørgensen, internasjonal direktør Kim Holmén, kommunikasjonsdirektør Anja Salo og administrasjonsdirektør/ assisterende direktør Geir Andersen. Foto: Ingun Mæhlum

Organisasjonen er delt inn i avdelinger, seksjoner og programmer:



NØKKELTALL	2020
Antall årsverk	165
Tildeling driftsutgifter post 01-50 jf. tildelingsbrev	356 701 000
Regnskapsførte driftsutgifter post 01-50	381 606 385
Lønnsandel av driftsutgifter	145 101 606
Lønnsutgifter pr årsverk	879 403
Lønnsandel i prosent	41 %
Samlede inntekter post 01-50 jf. tildelingsbrev	84 651 000
Regnskapsførte samlede inntekter post 01-99	111 629 694

Bevilgning jf. tildelingsbrev kap 1471/4471

Norsk Polarinstittutt har røtter tilbake til vitenskapelige ekspedisjoner til Svalbard i 1906–07, som var forløpere til institusjonaliseringen i 1928 og 1948. Instituttet holder til i Framsenteret i Tromsø – et nettverk av 20 institusjoner med kunnskap om nord- og polarområdene. Vi har i tillegg medarbeidere stasjonert i Ny-Ålesund og Longyearbyen på Svalbard og på Trollstasjonen i Dronning Maud Land i Antarktis. Instituttet hadde 194 ansatte fra 21 nasjoner ved utgangen av 2020.

Polarinstittuttet arbeider med naturvitenskapelig forskning, kartlegging og miljøovervåkning i Arktis og Antarktis. In-

stituttet er et direktorat under Klima- og miljødepartementet, er faglig og strategisk rådgiver for staten i polarspørsmål, og er Norges utøvende miljømyndighet i Antarktis.

Klima, miljøgifter, biologisk mangfold og geologisk og topografisk kartlegging er viktige arbeidsfelt. Det samme er overvåkning av naturmiljøet i polarområdene, samarbeid med Russland og sirkumpolart i Arktis og Antarktis.

Feltarbeid og datainnsamling er viktig for polarinstittuttet, gjennom blant annet studier av isbjørn, iskjerneboringer og målinger av

havis. Instituttet utstyret og organiserer også store ekspedisjoner til polarområdene.

Det er Klima- og miljødepartementet som gir rammer og oppdrag for polarinstittuttet, i samråd med de øvrige miljømyndighetene. I tillegg har instituttet oppdrag med finansiering gjennom andre departementer og miljøinstitusjoner, forskningsinstitusjoner, Norges forskningsråd og EU.

Polarinstittuttet representerer Norge i flere internasjonale fora og har samarbeid med forskningsinstitutter verden over. Resultater fra forsknings- og overvåkingsprosjekter formidles til statsforvaltningen, samarbeidspartnere, internasjonale forvaltningsprosesser, fagmiljøer, skoleverket og allmennheten. Utstillinger, bøker, rapporter og et vitenskapelig tidsskrift, Polar Research, produseres og utgis av instituttet.

Klima- og miljøpolitikken er delt inn i resultatområder med konkrete nasjonale mål. Polarinstittuttet skal bidra til å nå målene på disse miljøområdene:

- **Naturmangfold**
- **Klimaendringer**
- **Forurensning**
- **Polarområdene**



FORLØPERNE De norske vitenskapelige ekspedisjoner til Svalbard på starten av 1900-tallet ble opptakten til dannelsen av Norges Svalbard- og Ishavsundersøkelser i 1928, fra 1948 Norsk Polarinstittutt. På bildet ser vi botaniker Hanna Dieset (Resvoll-Holmsen), ingeniør Karl J. Haavim og geolog Adolf Hoel under feltarbeid på Svalbard sommeren 1907, sistnevnte regnes som polarinstittuttets grunnlegger. Foto: Gunnar Isachsen, NP

Naturmangfold

Norsk Polarinstittut arbeider etter det nasjonale målet om at økosystemene i polarområdene skal være i god tilstand. Instituttet er medlem i [Faglig forum](#) som leverer kunnskap til forvaltningsplanene for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten. I kunnskapsgrunnlaget for havområdene defineres iskantsonen som et særlig verdifullt og sårbart område. Vitenskapelig kunnskap om de fysiske, kjemiske og biologiske prosessene i iskantsonen ligger til grunn når vi anbefaler at grense for iskantsonen må settes til sørlig grense for maksimal isutbredelse, det vil si 0,5 prosent isfrekvens.

Flere prosjekter knyttet til havforvaltning kom i gang i 2020, deriblant arbeid med miljøverdivurderinger i [Særlig verdifulle og sårbare områder](#) hvor polarinstittutet stiller med åtte eksperter innenfor temaene fysisk og kjemisk miljø, isbiota, plankton, sjøfugl og sjøpattedyr. Overvåkningsgruppen i Faglig forum deltok også i arbeidet med miljøstatusrapporten for Barentshavet 2020.

Videre bidro vi med kart og faglig utsjekk i arbeidet med forvaltningsplanene for de norske havområdene. Nye observasjonsdata på blant annet havis, oseanografi og marine pattedyr er samlet inn og analysert til bruk i helhetlig havforvaltning. Flere vitenskape-



NYTT LABORATORIUM Statsråd Sveinung Rotevatn, polarrekruttene (her ved skoleelev Øyvor Johanne Gjerde) og direktør Ole Arve Misund fikk høre om den arktiske nøkkelarten hoppekreps av forsker Allison Bailey da ministeren åpnet [Torgny Vinjes is- og klimalaboratorium](#). Foto: Ann Kristin Balto, NP

lige arbeider ble publisert i 2020. Prøver av vingesnegl og plankton fra Barentshavområdet ble analysert av Japan Agency for Marine Earth Science and Technology.

Polarinstittutet arbeider videre med kunnskapsstatus om iskantsonen og marine pattedyrs utbredelse knyttet til seismikk og støypromatikk, sammen med flere institusjoner i inn- og utland. Instituttet deltar også i det løpende rådsarbeidet under [China Council](#).

Klimaendringer

Samfunnet skal forberedes og tilpasses klimaendringene lyder det nasjonale målet som polarinstittutet arbeider etter. I 2020 publiserte instituttet 23 fagfelleverderte artikler og en fagfelleverdert rapport om kryosfærens endringer og påvirkninger på det øvrige klimasystemet. Polarinstittutet er en viktig partner i en EU-søknad som ble sendt inn i 2020 om utvikling av et pan-arktisk observasjonssystem.

I løpet av året ble seks fagfelleartikler publisert innenfor temaet fysiske endringer i interaksjonen mellom hav og land for å finne ut hvordan dette kan innvirke på masseendringer på innlandsisen i Antarktis og påvirke havnivåprognosene. Forarbeidet for en fremtidig etablering av et atmosfærisk overvåkningsprogram på Troll i Antarktis ble videreført. Nye data fra blant annet det nordlige Barentshavet er analysert, og flere publikasjoner relatert til havområdet er under arbeid.

Forurensning

Norsk Polarinstittut arbeider etter den nasjonale ambisjonen om at forurensning i polarområdene ikke skal skade helse og miljø.

I 2020 fortsatte vi arbeidet med å utvikle metoder for overvåking av mikroplast i marine sedimenter, sjøvann, havis og sjøfugler i Arktis. Vi publiserte en Tema Nord-rapport om miljøovervåking av mikroplast i sedimenter på Grønland og Svalbard og om plastforurensning. Instituttet bidrar også til [AMAP](#) sine ekspertgrupper om plast i havene, herunder er det gjennomført en nasjonal høring av mikroplast-dokumentet som skal resultere i en rapport i 2021.

I 2020 deltok instituttet i [PAME](#) sine arbeidsgruppemøter. Her bidrar vi med kunnskap om plast i havene og gir innspill



OVERVÅKES I 2020 fikk fjellreven under middels med valper sammenlignet med de siste årene, noe som delvis skyldes at vinteren var bra for svalbardreinen, det vil si ingen ising av tundraen og det ble færre kadaver å forsyne seg av. Foto: Viltkamera, NP



TROLL TRANSEKT På høsten seilte skipet Malik Arctica til Antarktis med forsyninger til Troll-stasjonen, samtidig ble forskning utført underveis i Sørishavet. Ekspedisjonen fikk navnet [Troll Transekt 20/21](#). Foto: Christian H. Hansen, Royal Arctic Line

til handlingsplanen. Sammen med [NIVA](#) og [NILU](#) har instituttet samlet inn miljøgiftprøver fra Arktis for screeningsundersøkelser og til Miljøprøvebanken.

Seks artikler om effekter av miljøgifter på fugler og marine pattedyr ble publisert i 2020. På oppdrag fra AMAP deltar vi i arbeidet med å sammenstille en rapport om sammenhenger mellom klimaendringer og miljøgifter, og i prosjektet COPE arbeider vi med tidstrender av miljøgiftdata for artene krykkje og polarmåke.

Polarområdene

Det nasjonale målet for Arktis er at de villmarkspregede områdene på Svalbard skal opprettholdes og naturmangfoldet skal bevares tilnærmet upåvirket av lokal aktivitet.

Polarinstituttet jobber kontinuerlig med implementering av forskningsstrategien for Ny-Ålesund. En milepæl ble passert i desember med lanseringa av ei [nettside](#) for Ny-Ålesund forskningsstasjon. Nettsida beskriver mulighetene for forskning og miljøovervåking i området, og vil være et nyttig verktøy for de som skal planlegge og gjennomføre prosjekter på stedet.

I 2020 la polarinstituttet ned mye arbeid i å etablere gode rutiner for planlegging og gjennomføring av offisielle besøk i Ny-Ålesund. I dette inngikk dialog med relevante departement og Sysselmannen, og samarbeid med Kings Bay om praktisk tilrettelegging. I løpet av 2020 ble det gjennomført kun to offisielle besøk til Ny-Ålesund på grunn av koronapandemien, mot 31 året før.

Fjordisutbredelsen i Kongsfjorden (ved Ny-Ålesund) har de siste tjue årene vist en klar negativ trend, selv om det var fjordis der i 2020. I løpet av året ble flere vitenskapelige artikler publisert om temaene bremassebalanse, fjordisutbredelse og havsirkulasjon i Arktis. På økosystemnivå har vi arbeidet med vegetasjonsendringer på Svalbard og sirkumpolart, både ved å sammenstille status, utviklingstrender og å utvikle modeller for forventet endring. [COAT](#) Svalbard er nå etablert og operativ for økosystemene på land. Arbeidet med en overvåkingsprotokoll for Kongsfjorden er startet opp. En modell for fremtidig endring i vegetasjonen har identifisert nedbør som en av driverne for vegetasjonsendringer. I 2020 ble rapporter med kunnskap om effekten på miljøet av ferdsel og annen menneskelig aktivitet levert i forbindelse med regjeringens arbeid med reiseliv på Svalbard.

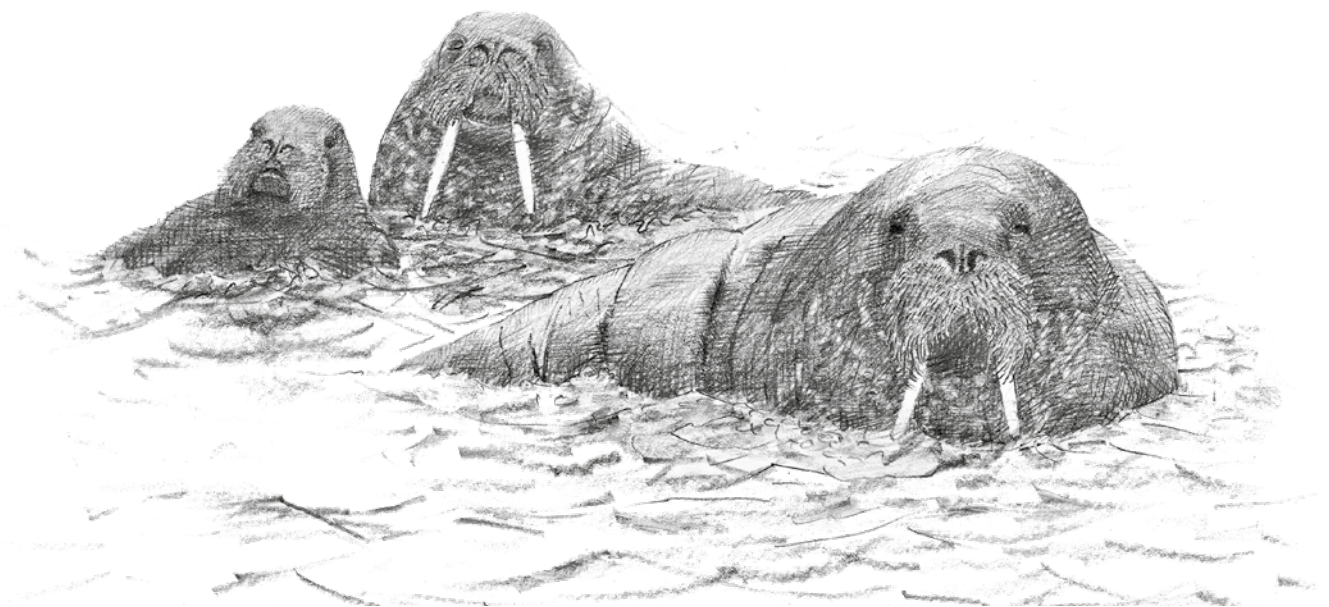
I Antarktis arbeider vi blant annet etter det nasjonale målet om å legge til rette for en forvaltning som reduserer risiko for negativ menneskelig påvirkning. Vi prioriterer å framskaffe miljøkunnskap om Kong Håkon VII Hav og deler av Weddellhavet (havområder i Sørishavet), herunder også kunnskapsgrunnlaget for fremtidige marine verneområder i disse havområdene. Det er en viktig satsing å legge til rette for at både interne og eksterne kan benytte Trollstasjonen til forskning.

I 2020 utvidet instituttet datainnsamlingskapasiteten i Antarktis ved å bruke forsyningskipet til Troll som observasjonsplattform. Sørsommeren 2019-20 var det flest eksterne prosjekter som benyttet Troll, blant annet NILU, Universitetssenteret på Svalbard og Universitetet i Oslo. Antall utenlandske gjestedøgn på Troll var noe høyere under sørsommersesongen enn foregående år.

NY-ÅLESUND Ny-Ålesund ligger ved Kongsfjorden på Svalbard. Hit kommer forskere fra mange land hver sommer for å studere naturmiljøet i området. Varmere globalt klima har ført til en betydelig oppvarming av vannet i Kongsfjorden, med et skifte fra kaldt til varmt i årene 2006-2008. Mesteparten av fjorden har siden den gang vært isfri gjennom hele vinteren, i motsetning til tidligere. Foto: Helge Tore Markussen, NP



Artikler



HVALROSS Hvalross ved Moffen på Svalbard. Tegning: Jan Roald, NP



HAVISFORSKNING Forskere i arbeid på isen foran forskningsskipet Kronprins Haakon i Arktis. Tegning: Jan Roald, NP

COAT dokumenterer klimaendringer på den arktiske tundraen



VÆRSTASJON Automatiske værstasjoner er kjerneinfrastruktur i COATs klimaovervåking av tundraen. Syv nye værstasjoner skal settes opp på Svalbard i prosjektperioden. Foto: Ketil Isaksen, met.no

Av Åshild Ø. Pedersen, Eva Fuglei, Jean-Charles Gallet, Jack Kohler, Jesper Mosbacher, Ingrid M. G. Paulsen, Stein Tore Pedersen og Virve Ravolainen, Norsk Polarinstitutt

Klimaøkologisk observasjonssystem for arktisk tundra ([COAT](#)) er Framsenterets svar på store internasjonale oppfordringer om å etablere vitenskapelige, robuste og langsiktige observasjonssystemer. Gjennom dette programmet registrerer, dokumenterer, forstår og forutsier vi konsekvenser fra klimaendringene på arktiske tundraøkosystemer.

COAT er et helhetlig økosystembasert, spørsmålsdrevet og adaptivt overvåkingsprogram. Programmet studerer klimasensitive arter og funksjonelle grupper i tundraøkosystemer i høy-Arktis (Svalbard) og lav-Arktis (Finnmark). På Svalbard bygger COAT videre på og utvider den eksisterende langsiktige overvåkingen i Miljøovervåking for Svalbard og Jan Mayen [MOSJ](#). COAT er iverksatt fra en fagfelleverdert vitenskapsplan som er basert på en omfattende gjen-

nomgang av vitenskapelig litteratur. Norsk Polarinstitutt leder COAT Svalbard og i 2020 ble tidsseriene brukt i den første operative *Panelbaserte vurderingen av økosystemtilstand for norsk arktisk tundra*.

Næringsnett

Variasjon i naturmiljøet og i bestander av dyr, fugler og planter gjør at langsiktig overvåking er avgjørende for kunnskapsbasert miljøvern, forvaltning og politikkutforming.

COAT Svalbard inneholder fem biotiske overvåkingsmoduler som handler om fjellrev, gås, svalbardrein, svalbardrype og vegetasjon og én abiotisk modul som handler om klima. Her er værstasjoner og et nettverk av målestasjoner for klimaovervåking sentralt. Modulene består av tett koplede arter og/

eller funksjonelle grupper som forventes å ha stor følsomhet for klimaendringene. Hver modul er beskrevet med forventede direkte og indirekte sammenhenger, og koplinger mellom de deler av økosystemet som er i fokus. Klima- og forvaltning inngår som de viktigste driverne for disse relasjonene.

Konseptmodeller, overvåkingsmål og tilstandsvariabler

Vitenskapsplanen til COAT beskriver den adaptive overvåkingsmetoden: Hvordan ny kunnskap, teknologi, vitenskapelige spørsmål og forvaltning kan forme og bli inkludert i modeller og overvåkingsdesign på en interaktiv måte – en prosess som involverer også interessenter og forvaltningsmyndigheter. Studiemetodene omfatter bakkebaserte observasjoner, automatisk dataregistrering og fjernmåling.

Viktige kjennetegn ved de fem biotiske overvåkingsmodulene

Fjellrevmodulen handler om fjellreven som har en viktig rolle som toppredator i det terrestriske næringsnett. Den er også vert for parasitter og sykdommer som kan smitte mennesker (rabies, toksoplasmose og parasitter som *Echinococcus multilocularis*). De viktigste påvirkninger på fjellrevbestanden er klimaendringer, endring i bytte-dyrbestander og utbredelsen av havis. Fjellreven er sterkt utsatt for bioakkumulering av miljøgifter.



Reinsdyrmodulen handler om svalbardreinen og plantesamfunnet som dyrene beiter på. Svalbardreinen har, i motsetning til mange andre villreinstander, økt kraftig og spredd seg til de fleste områder som ikke er dekket av isbreer på Svalbard. Studier har vist at svalbardreinen er følsom for klimaendringer. Den påvirker også plantesamfunn og har en sterk innvirkning på fjellrevens bestandsdynamikk.



Rypemodulen handler om svalbardrypa og rypenes beiteplanter. Rypa forventes å bli påvirket av klimaendringer på grunn av endringer i rypas matplanter og reproduksjon. I et bevaringsperspektiv er svalbardrypa en stedegen underart som fremstår med lav, men økende tetthet, i motsetning til de fleste andre rypebestander.



Gåsemodulen handler om kortnebbgås og hvitkinngås og plantene som de beiter på. Gjess har flere steder stor påvirkning på arktiske plantesamfunn og beiting kan føre til skader på vegetasjon. Fjellreven er en viktig predator og avgjør ofte hekkesuksess og overlevelse av gåseunger. Forvaltning kan skje ved hjelp av jakt under trekk og i overvintringsområdene.



Mosetundramodulen handler om mosetundra som kan forekomme i tre ulike tilstander; et tykt moselag, moselag dominert av urter og gress eller eroderte områder der det er sterkt redusert eller fravær av mose- og plantedekke. Overvåkingsvariablene måler hvorvidt det forekommer endringer mellom disse ulike tilstandene. Den viktigste klimapåvirkningen er økte sommertemperaturer som også indirekte kan påvirke utbredelsen av plante-spisere (reinsdyr og gjess). Det kan være press på mosetundra fra beiting, tråkk og gjødsling, og endringer kan skyldes tilførsel av næring fra sjøfugl eller gjess. Modulen overvåker også endringer i tørrere samfunn, der skiftende vintervær med milde perioder og is kan forårsake vinterskader på vegetasjonen. Modulen bruker også fjernmåling for å studere endringer i landskapet.



Foto fra øverst til nederst: 1) F. Sletten; 2, 3) N. Lecomte ; 4) T. Nordstad; 5) C. Jaspers



BRØGGERHALVØYA I mer enn fem tiår er det drevet forskning og overvåking på Brøggerhalvøya. COAT bygger på og utvider den eksisterende overvåkingen i området til å bli økosystembasert. Kart: Anders Skoglund, NP

I COAT identifiserer vi driver-respons-sammenhenger mellom komponenter i næringsnett på land, noe som er viktig for økosystemers funksjon og i naturforvaltning. Videre undersøker vi hvordan klima- og forvaltningstiltak påvirker disse sammenhengene. Sannsynlig retning og styrke for slike driver-responsammenhenger uttrykkes i konseptmodeller for hver overvåkingsmodul. Modellene omfatter tett koblede funksjonelle grupper og/eller arter som forventes å bli direkte eller indirekte påvirket av de samme klima- og forvaltningsdriverne. Formålet med konseptmodellene er å danne et rammeverk for datadrevne driver-responsanalyser og prognoser om klimaeffekter.

Hver konseptmodell skisserer (1) viktige økologiske interaksjoner mellom nivåene i næringsnett, (2) de mest sannsynlige klimapåvirkningene og (3) forvaltningens alternativer for å lette eller redusere negativ påvirkning.

Selv om klimaendringene er den viktigste driveren for økologiske endringer, kan andre drivere være viktige lokalt eller regionalt. Noen eksempler er jakt, utbygging av infrastruktur og menneskelige forstyrrelser, som kan håndteres gjennom lokale forvalt-

ningstiltak. I COAT blir overvåkingsmål (som fjellrev, rein og rype) gjenstand for forvaltningstiltak prioritert gjennom innsamling av tilstandsvariabler. Eksempel på slike tilstandsvariabler er bestandsstørrelser, dødelighet, reproduksjon, kroppsmasse og demografi hos dyr og fugler.

Fra modeller til ny kunnskap

For å legge til rette for datadrevne driver-responsanalyser og prognoser må konseptmodellene i COAT overføres til statistiske modeller. Et sentralt ledd i utformingen av modellene er å definere strukturen, det vil si skjelettet, av såkalte «dynamic structural equation models», som er et statistisk rammeverk som er velegnet for denne typen data.

COAT har sammen med forskningsprosjektet [SUSTAIN](#) analysert og testet slike økosystemmodeller der økologiske tilstandsvariable og deres interaksjoner påvirkes av flere ulike drivere, inkludert klima og forvaltning. Denne type informasjon er nødvendig for en kunnskapsbasert forvaltning av arktiske økosystemer. Konseptmodellene som omfatter fjellrev, svalbardrein, svalbardrype og gås har gått gjennom en slik analyse. Helhetlige

modellbaserte studier krever omfattende langsiktig økosystembasert overvåking, som COAT er et godt eksempel på.

COAT infrastruktur

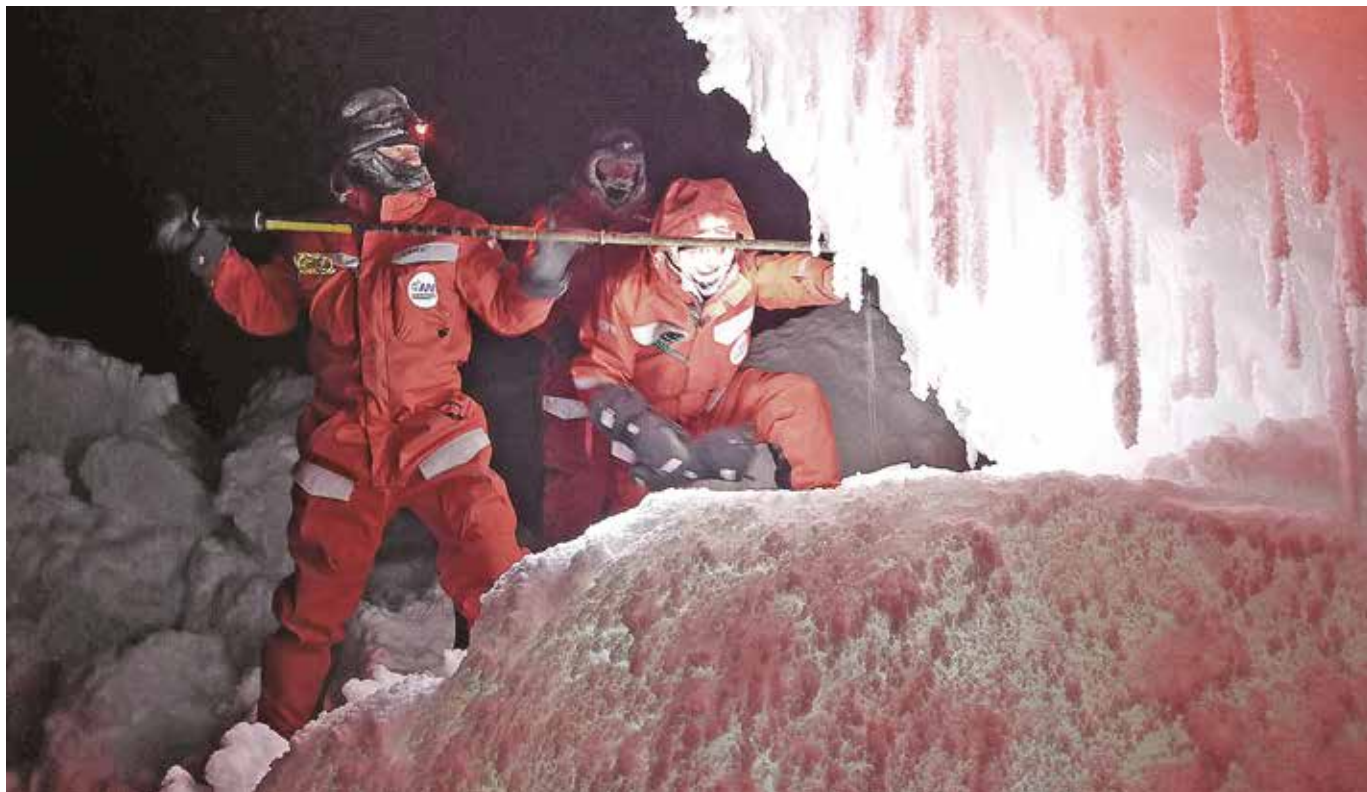
I 2016 startet COAT å etablere forskningsinfrastruktur knyttet til datainnsamling, feltlogistikk og databehandling. For å dekke variasjonen i klima, naturmiljø og forvaltning, ble datainnsamlingen fordelt geografisk utover Svalbard, med hovedregioner i Nordenskiöld Land og Brøggerhalvøya og omegn.

De tre første COAT-værstasjonene, som er avgjørende for å måle viktige klimavariabler, ble opprettet i innlandsregioner på Svalbard i 2019–2020. Fremover skal det settes opp ytterligere fire værstasjoner frem til 2022. Andre typer infrastruktur som er etablert, er forsøksfelt avsperrt fra plantespisere, nettverk av kamerafeller og akustiske sensorer, telemetriutstyr, droner og nettverk av små instrumenter som registrerer klimaparametere. Forskningsinfrastrukturen egner seg til å studere økologiske interaksjoner og drivere i overvåkingsmodulene. Den nåværende innføringen av COAT sin forskningsinfrastruktur står sentralt i [SIOS](#) sin landmodul, og vil bli ferdigstilt i 2022.

Digital infrastruktur

En viktig del av COAT sin forskningsinfrastruktur er en digital dataportal som deles mellom lavarktiske og høyarktiske tundra-regioner. Dataportalen inneholder blant annet rådata og beregnede tilstandsvariabler, og er åpen for eksterne brukere. COAT etablerer nå standarder for dataformat, organiserer og dokumenterer datasett og utvikler gode løsninger for å laste ned data. En åpen versjon av dataportalen vil bli tilgjengelig i 2021.

Et år i isødet med historiens største arktiske ekspedisjon



SKRUGARDER I MOSAiC studeres skrugarder, disse dannes når isflak kolliderer, bryter opp og presses over hverandre. Skrugarder er viktige gjemmesteder for dyrene som lever der, som plankton og ringsel. Foto: Matthias Jaggi

Av Mats Granskog, Dmitry Divine og Benjamin Lange, Norsk Polarinstitutt

I 2020 fant den største arktiske forsknings-ekspedisjonen i Polhavet noensinne sted, [MOSAiC](#). Norsk Polarinstitutt deltok, med forskere til havs og fra våre kontorer.

I Nansens fotspor

MOSAiC-ekspedisjonen fulgte i sporene til polfarer Fridtjof Nansen, som i årene 1893-96 foretok Framekspedisjonen i Polhavet. Isforholdene, og teknologien, har derimot endret seg mye siden Nansens tid; MOSAiC brukte mindre enn ett år på å drifte over Polhavet.

Ekspedisjonen startet for alvor høsten 2019 da det tyske forskningsfartøyet Polarstern forlot Tromsø retning Polisen, etter nesten ti år med planlegging.

I månedene etterpå driftet Polarstern i pakkisen mens forskere fra ulike institusjoner arbeidet i og rundt skipet, til tross for at covid-19-pandemien brøt løs på land midtveis i ekspedisjonen. Da Polarstern klappet til kai i Bremerhaven sommeren 2020 var konklusjonen at ekspedisjonen var vellykket både faglig, og i lys av pandemien; korona nådde aldri besetningen.

Gjemmesteder i isen

Det største norske bidraget til ekspedisjonen var gjennom prosjektet [HAVOC](#), finansiert

av Norges forskningsråd, og ledet av Norsk Polarinstitutt ved Mats Granskog. HAVOC er et tverrfaglig samarbeidsprosjekt der flere norske institusjoner jobber på spreng for å forstå rollen til skrugarder i det arktiske havis-systemet, både i et fysisk og et økologisk perspektiv, og i et stadig tynnere isdekke i lys av den globale oppvarmingen.

Skrugarder dannes når isflak kolliderer, bryter opp og presses over hverandre. Som oftest blir dette tykk is, og egner seg som gjemmesteder for dyrene. Planteplankton, dyreplankton, polartorsk, ringsel, men også flere andre planter og dyr, finner ly i skrugarder. I MOSAiC er det plante- og dyreplankton som forskningen rettes mot.

HAVOC deltok med seks forskere fra fire norske institusjoner i ekspedisjonen, to av dem fra polarinstituttet. Forsker Dmitry Divine tilbrakte tre måneder i den mørkeste årstida på skipet, mens postdoktor Benjamin Lange var med på sommeren.

Arbeidsforholdene under polarnatten var spesielt utfordrende, fullstendig mørke, lave temperaturer og ustabil is gjorde arbeidet tidvis vanskelig. Men flere autonome målesystemer ble likevel utplassert, og sjeldne midtvinterobservasjoner av skrugarder ble samlet inn med stor innsats.

De fleste forskningsekspedisjoner rundt om i verden ble kansellert i 2020 på grunn av pandemien, men MOSAiC fortsatte arbeidet, med god logistisk støtte. Polarstern måtte forlate isen i noen uker på slutten av etappe tre av totalt fem. Mannskapsutveksling til etappe fire tok plass i Isfjorden på Svalbard på forsommeren, under strenge smittevern-tiltak.

Midtvinter-observasjoner

I løpet av sommersmeltingen ble isflakene oppstykket og prøvetakingssteder og instrumenter var vanskeligere å nå. Men med midnattssolen og varmere dager ble dyrelivet frodigere og det meste lå til rette for å samle inn stadig mer biologisk materiale. Gjentatte isbjørnbesøk og tett tåke ga tidvis dårlig sikt, og gjorde det krevende å arbeide på isen.

Til tross for utfordringene under ekspedisjonen, samlet HAVOC-teamet et enestående sett med fysiske og økologiske data fra skrugardene, med stor støtte fra internasjonale samarbeidspartnere. Den enorme mengden data under MOSAiC vil bli analysert i årene fremover og etter hvert presenteres i forskningsrapporter.

Marint verneområde i Kong Håkon VII Hav



UNDERVANNROBOT Undervannsfartøyet Ægir i arbeid på havbunnen under forskningstoktet med Kronprins Haakon i Kong Håkon VII Hav i 2019. Foto: Rudi Caeyers, NP

Av Gary Griffith, Birgit Njåstad og Cecilie von Quillfeldt, Norsk Polarinstittutt

Konvensjonen for bevaring av marine levende ressurser i Antarktis ([CCAMLR](#)), hvor 25 land (inkludert Norge) og EU er medlemmer, har i løpet av de siste tiårene arbeidet for å skape et nettverk av marine verneområder (MPAer). Målet med nettverket er å beskytte marine arter, biologisk mangfold, habitat, beite-, gyte- og yngleområder, og i enkelte tilfeller bevare områder av historisk og kulturell interesse. Dette vil være et betydelig bidrag til den globale innsatsen for å beskytte verdenshavene. Som en del av denne innsatsen arbeides det med å beskytte og bevare verdiene i Weddellhavet og i Kong Håkon VII Hav.

Überørt økosystem

Weddellhavet og det tilstøtende Kong Håkon VII Hav (utenfor kysten av Dronning Maud Land) i Antarktis er et uberørt økosystem. I dette området finner vi et enestående biologisk mangfold, deriblant pingviner, sel og hval. På havbunnen i Weddellhavet finnes det næringsrike bentske økosystemer med et biologisk mangfold helt

på høyde med korallrevene, i tillegg til en rekke unike skapninger som glassvamper og bentsk fisk som bygger reir og tar vare på avkommet. Ved klimaendringer kan regionen tjene som tilfluktssted for kuldetilpassede arter.

Det er enighet om å utvikle MPA-forslagene i dette området i to faser. Forslag til marint verneområde i Weddellhavet, WSMFA fase 1, ble presentert for CCAMLR i 2019, med Norge som medforslagsstiller. Norge spiller en sentral rolle i utviklingen av det vitenskapelige grunnlaget for WSMFA fase 2, som er en videreføring av fase 1 og dekker Kong Håkon VII Hav-området.

Norsk Polarinstittutt har, i samarbeid med forskere fra Havforskningsinstituttet, medlemsland i CCAMLR og andre vitenskapsmiljø, ledet arbeidet med kunnskapsgrunnlaget for WSMFA fase 2 (se figur 1). Prosjektet som for enkelthets skyld kalles MAUD, har vært et viktig prosjekt for NP i 2020.

Målene

I mai 2019 ble det arrangert en internasjonal workshop i Tromsø, med sikte på å diskutere eksisterende kunnskap og se hva som er nødvendig for å planlegge et MPA. På bakgrunn av disse diskusjonene formulerte vi tre mål; 1) dokumentere tilgjengelig informasjon for området, 2) identifisere kunnskapshullene og hvordan vi skal ta tak i dem og 3) bestemme tilnærming til datainnsamling, lagring og modellering for å oppnå best mulig resultat.

En av utfordringene vi har er å bevise at den vitenskapelige kunnskapen vi genererer er egnet for å utvikle et MPA-forslag. Dataene og analysene må være åpne og transparente og granskes nøye. Det må være tydelig for alle berørte parter, både forskere og andre aktører, hvordan vi kom frem til de vitenskapelige resultatene.

Digitalt atlas

Tilnæringsmåten vår har vært å lage et digitalt atlas som oppsummerer observasjonsdata og modellerte data, analyse og ekspertkunnskap. Dette gjør det mulig for folk med svært ulik kompetanse og bakgrunn innen CCAMLR og vitenskapsmiljøer for øvrig, å se den vitenskapelige kunnskapen vi samler inn. Atlaset har vist seg å være uvurderlig med hensyn til å oppsummere kunnskap og analyser som nå utgjør tusenvis av filer i mange land og institusjoner.

For å hjelpe oss med arealbasert planlegging i Kong Håkon VII Hav trenger vi et grunnlag med de viktige bentiske og pelagiske funksjonsområdene. Vi har benyttet en eksisterende bentisk regionalisering utviklet gjennom Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). Deretter samarbeidet vi med tyske kolleger for å identifisere spesifikke områder som for eksempel undervannsfjell, som kan være viktige med tanke på bevaring. Vi har utviklet vår egen pelagiske regionaliseringsmodell ved hjelp av en ny metode. Gjennom dette har vi identifisert viktige vannmasser og kyst- og dypvannspolynjaer. Polynjaer er områder med åpent vann omgitt av havis og svært viktig for livet i havet.

Nøkkelarter

Vi vet at det finnes noen arter som er essensielle som næringsgrunnlag i økosystemet, og som vi må beskytte. For å lykkes, må vi vite hvor det er sannsynlig at vi kan finne dem. Mange av disse artene har vi bare et

begrenset antall observasjoner av. Takket være støtte fra vitenskapsmiljøet har vi kunnet dra nytte av nye data, modeller og ekspertkunnskap som har bidratt til å fylle noen hull. For enkelte viktige arter som antarktisk krill, iskrill og antarktisk sølvfisk som er viktige energikilder, har vi utviklet våre egne modeller. Dette er romlige habitatmodeller som viser sannsynligheten for at en art forekommer i et område og hvor sikre vi er på resultatene våre.

Vi har også fokusert på arter som reflekterer i tilstanden til det omkringliggende marine miljøet, og som kan betraktes som en indikator eller sentinelart. Én slik art er de ikoniske keiserpingvinene som har store hekkekolonier i Weddellhavet. Vi har bidratt til en internasjonal innsats for å se på alle antarktiske pingviner, og resultatene har gitt oss viktig informasjon som er til hjelp i planleggingen vår, men som også sier noe om hvordan MPAer kan benyttes for å beskytte alle antarktiske pingviner.

I arbeidet vårt har vi også fokusert på dyrene som lever på havbunnen. Ferske resultater fra kolleger ved Sorbonne-universitetet har hjulpet oss med å identifisere andre viktige områder for dyr som for eksempel sjøstjerner. Nå har vi også en modell for å vise hvordan disse områdene kan endre seg med dagens klimaprognoiser. Museet i Bergen analyserer for øyeblikket videoopptak fra undervannsfartøyet *Ægir*, som ble utplassert på det NP-ledede forskningstoktet i 2019 for å hjelpe oss med havbunnsundersøkelsene.

Økologisk konektivitet

Gjennom noe av arbeidet vårt har vi fokusert på å undersøke hvordan larvestadiene til viktige arter som antarktisk krill og antarktisk tannfisk transporteres med havstrømmer i Kong Håkon VII Hav og regionalt i Antarktis. Dette vil hjelpe oss å med forstå hvordan larver forflytter seg innenfor planleggingsområdet for WSMPA P2 og rundt Antarktis. Kombinert med kunnskapen om biologien og økologien til disse artene kan dette hjelpe oss med å identifisere både viktige områder for larver og veiene mellom disse områdene. Vi har utført avanserte eksperimenter på en superdatamaskin i samarbeid med australske kolleger ved University of Queensland. Disse har identifisert potensielle «hotspots» hvor larver konsentreres, samt de viktigste veiene innenfor

og til området vårt, og har i tillegg reist noen svært interessante vitenskapelige spørsmål. Vi samarbeider nå med British Antarctic Survey for å undersøke de biologiske implikasjonene av resultatene våre.

Hva bør bevares?

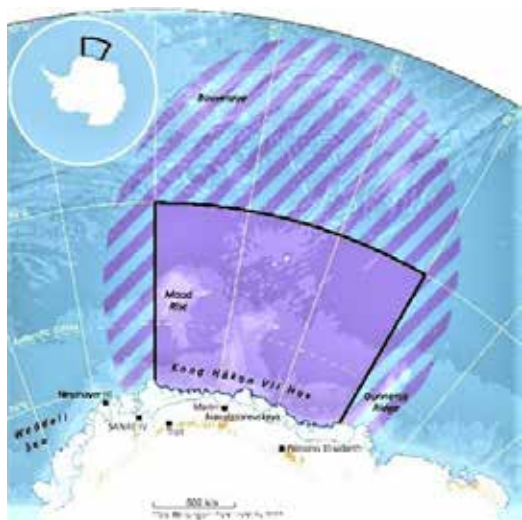
En viktig del av arbeidet vårt er å avgjøre hva som er beskyttelsesmålene i et MPA-forslag. Vi må så koble kunnskapsgrunnlaget til hvert enkelt mål, og vise at vi har nok kunnskap slik at CCAMLR-partene kan opprette dette som et marint verneområde. Vi har så langt identifisert et foreløpig sett med elleve beskyttelsesmål basert på resultatene våre. Det gjelder for eksempel beskyttelse av gyte- og reiområder for dypvannsfisk, inkludert de som tar vare på avkommet sitt. Vi vil i år presentere kunnskapsgrunnlaget vi har utviklet så langt for hvert beskyttelsesmål, for vitenskapsmiljøet i CCAMLR.

Hva bør planlegges?

Den vitenskapelige kunnskapen vi utvikler vil bli brukt i planleggingen av det marine verneområdet. Vi har samarbeidet med kolleger ved CSIRO / University of Queensland (Australia) og Princeton University (USA) for å utvikle en beslutningsstøttet tilnærming basert på nyvinninger innen matematikk og datateknologi, slik at vi raskt kan utforske og sammenligne ulike bevaringsscenarier. Vi benytter oss allerede av dette etter hvert som vi utvikler den vitenskapelige kunnskapen, for å se hvordan den vil påvirke ulike planleggingsscenarier.

Oppsummering

Vi har pekt på noe av det viktigste vi har arbeidet med og oppnådd i MAUD-prosjektet så langt. Fremgangen vi har gjort, har hatt sitt utspring i velviljen, samarbeidet og støtten vi har opplevd fra mange ulike hold. Vi vil gjerne takke for støtten vi har fått i dette komplekse prosjektet. Målet vårt er å legge fram det vitenskapelige grunnlaget for WSMPA fase 2 for vitenskapskomiteen i CCAMLR i 2021, og på det nåværende tidspunkt forventer vi at et endelig MPA-forslag for WSMPA fase 2 vil bli utviklet og sendt til CCAMLR-kommisjonen i løpet av 2022.



PLANLEGGINGSOMRÅDE Den lille boksen viser marint verneområde i Kong Håkon VII Hav. Ytterligere et område (skravert) er inkludert for å vurdere økologisk sammenheng, for eksempel bevegelsen til larver av viktige marine arter. Kart: NP

Svalbards isbreer krymper



BRØGGERBREEN Isbreforskere i arbeid på Brøggerbreen. Foto: Stein Tronstad, NP

Av Geir Moholdt og Jack Kohler, Norsk Polarinstitutt

Klima regnes som gjennomsnittværet over lange tidsperioder, fra årstider til år, eller helst tiår. For å overvåke klimaet kreves det normalt kontinuerlige værobservasjoner, noe som er utfordrende å få til i værharde og avsidesliggende polare strøk. Et annet alternativ er å studere klimaets avtrykk i naturmiljøet, og da er isbreer et av de mest intuitive eksemplene.

En isbre blir dannet i områder der det over lang tid faller mer snø om vinteren enn det som rekker å smelte igjen i løpet av sommeren. Dermed hopper snøen seg opp i tykke lag, og snøkornene blir pakket tett sammen. De små snøkrystallene vokser til større iskrystaller, og etter noen år er snøen blitt til is.

Hvis mengden is og snø er tilstrekkelig stor, vil breisen komme i "flyt". Normalt flyter isbreen nedover, selv om en isbre ikke trenger en nedoverbakke for bevegelse, siden den kan drives av en kontinuerlig opphoping av snø og is i det indre som presser isen ut mot kantene. Dette gjelder spesielt store platåbreer og innlandsis.

Massebalanse

For å overvåke klimaets påvirkning på isbreene, så måler vi noe som kalles massebalanse. Den klimatiske massebalansen er forskjellen mellom tilvekst på vinteren fra nedbør og reduksjon på sommeren fra smelting og avrenning. Den bestemmes ved å bore staker i breen og måle den relative høydeendringen på snø- eller isoverflaten fra sesong til sesong, i kombinasjon med tetthetsmålinger fra snøprofiler eller iskjerner. Disse målingene gjøres på våren

når snømengden er på sitt største og på sensommeren når smeltesesongen avsluttes, for å best beregne vinter- og sommerdelene av massebalansen.

Massebalansestakene plasseres vanligvis langs breenes midtlinje fra fronten til toppen for å dekke den klimatiske høydegradienten, og for å beregne den totale massebalansen av breen for vinter- og sommersesongen.

Lange tidsserier

Norsk Polarinstitutt overvåker massebalansen på fire breer ved Kongsfjorden og på iskappen Austfonna på Nordaustlandet.

De lengste tidsseriene av massebalanse vi har er fra Austre Brøggerbreen og Midtre Lovénbreen, to små dalbreer i nærheten av Ny-Ålesund. Disse målingene startet i henholdsvis 1967 og 1968, og er blant de lengste sammenhengende massebalansemålingene av isbreer i Arktis.

Begge breene har hatt en negativ massebalanse siden målingene startet, med kun to enkeltår med masseøkning.

Målingene viser at sommersmeltingen for disse to breene i gjennomsnitt er mer enn halvannen gang så stor som vinternedbøren, noe som har resultert i at de i snitt har blitt mer enn 20 meter tynnere siden målingene startet.

Høyden på breen der massebalansen er null, dvs. der veksten på grunn av nedbør på vinteren er lik avsmeltingen på sommeren, kalles likevektslinjen.

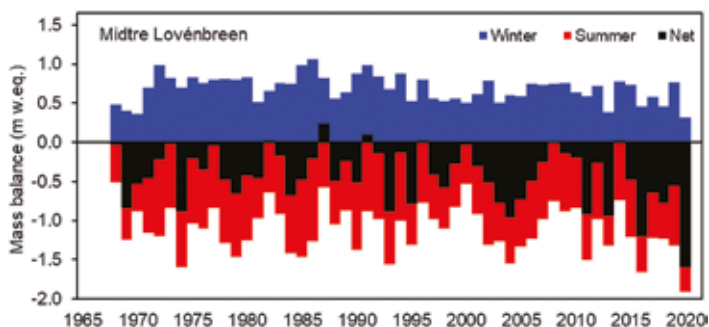
På Svalbard er trenden at likevektslinjen har steget de siste tiårene, og i noen år overgått toppen av de minste, lavtliggende isbreene. Disse breene kan ikke overleve under slike forhold, ettersom akkumulasjonsområdene ganske enkelt krymper og forsvinner.

Kalvende breer

De større isbreene og iskappene har fortsatt betydelige akkumulasjonsområder og kan virke bedre i stand til å takle et varmere klima, men selv på disse breene har det vært et skifte til stadig mer negativ massebalanse. Det store brearealet gjør dem også viktigere for det totale massetapet av breene på Svalbard og bidraget til havnivåstigning. Mange av disse større breene ender i havet, noe som fører til ytterligere massetap på grunn av marin smelting og kalving av is ved brefrontene.

Polarinstituttet startet å overvåke massebalansen av de større breene Kongsvegen i 1987 og Kronebreen / Holtedahlfonna i 2003, som begge ender i Kongsfjorden. Kongsvegen hadde en svakt positiv massebalanse til tidlig på 2000-tallet, og etter den tid har det skjedd en overveiende negativ utvikling av massebalansen.

Den klimatiske massebalansen til Kronebreen



BREOVERVÅKNING Vinter-, sommer- og nettomassebalanse for Midtre Lovénbreen nær Ny-Ålesund, en av de lengste breovervåkingsregistre i Arktis. Netto massebalanse har vært negativ i nesten alle år, med rekordminimum i 2020. Figur: NP

/ Holtedahlfonna har også vært negativ for det meste av måleperioden, men i tillegg er denne breen dynamisk veldig aktiv, med betydelig ekstra massetap ved kalvingsfronten; omtrent like mye is går tapt fra kalving og tilbaketrekning i sjøen som fra avsmelting på breoverflaten.

Ny bre-surge?

Nabobreen Kongsvegen har derimot ikke vært dynamisk aktiv på lang tid. Den er en av mange såkalte surge-breer som veksler periodisk mellom lange «hvilefaser», der brehastighetene er relativt langsomme, og korte surge-faser hvor brehastighetene øker raskt og brefronten rykker fram, noen ganger med flere kilometer.

Svalbard har størst tetthet av surgebreer i verden, med relativt lange gjentakelsesykluser som varer fra noen til mange tiår. Kongsvegen var sist i surge i 1948; siden da har den vært i en rolig fase. Men i 2015 viste stakemålingene at breen sakte hadde begynt å akselerere. Det er vanskelig å si når breen vil gå ut i full surge, men når det skjer, vil det skje en rask overføring av ismasse fra den øvre til den nedre delen av breen, og brefronten vil rykke ut i Kongsfjorden.

Negativ massebalanse

Kollegaer fra andre institusjoner overvåker massemassbalansen av flere andre breer på Spitsbergen, hovedsakelig mindre breer langs vestkysten. Alle målinger viser lignende resultater, med en dominerende negativ massebalanse og en mer negativ trend etter år 2000 (Schuler et al. 2020).

På østsiden av Svalbard er de eneste langtidsmålingene fra Etonbreen på Austfonna, en av de største iskappene i Arktis. Dette overvåkingsprogrammet ble initiert i 2004

i samarbeid med Universitetet i Oslo, og har blitt opprettholdt av feltarbeid hvert år i april-mai. Den klimatiske massebalansen på Etonbreen har svingt rundt null for mesteparten av perioden, men har blitt mer negativ de siste årene. Ytterligere masse går tapt ved kalvingsfronten som trekker seg gradvis tilbake.

Felles for alle måleseriene av massebalanse er at vinterakkumulasjonen er relativt stabil, med en svakt positiv trend, mens sommeravsmeltingen varierer mye mer fra år til år.

Sommersesongen dominerer derfor den totale massebalansen, selv i positive år, som er mer et resultat av kalde somrer og lite smelting enn snørike vintre. Det er også en trend mot mer negativ massebalanse de siste 1-2 tiårene, selv om dette er noe overskygget av den store variasjonen fra år til år. Den mest ekstreme negative massebalansen på isbreene i Kongsfjorden ble målt i 2020. Dette rekordtapet av ismasse skyldtes en kombinasjon av lite vintersnø og ekstrem sommersmelting, spesielt i slutten av juli, da temperaturer over 20 ° C ble målt i Longyearbyen. Det meste av vintersnøen smeltet bort og i de øvre delene av flere isbreer ble det avslørte sprekker som normalt er skjult under et tykt snødekke. Som et resultat er det nå større områder enn tidligere der man må være forsiktig ved beferdsel de kommende årene.

Avgjørende feltdata

Oppskalering av feltmålt massebalanse til hele Svalbard kan gjøres ved klimatisk modellering eller ved hjelp av fjernmålingsdata fra fly og satellitt. Van Pelt et al. (2019) utviklet en glasiologisk massebalansemodell, kalibrert mot feltmålt massebalanse og meteorologiske data, for å beregne den klimatiske massebalansen for alle breer på Svalbard for

perioden 1957-2018. De fant at den totale klimatiske massebalansen hadde gått fra å være svakt positiv i første del av perioden til å være dominerende negativ de siste to tiårene. Hvis man tar hensyn til ytterligere massetap fra kalvingsfrontene i sjøen, er den totale massebalansen negativ for hele perioden. Dette er i tråd med analyser av breenes høydeendring fra fly og satellitt som viser utbredt tynning av de fleste breene på Svalbard. Morris et al. (2020) fant at breene i snitt har blitt 0,5 m tynnere per år i perioden 2011-2017, en markant økning fra tidligere tiår, spesielt langs de sørlige og sørøstlige delene av Svalbard som vender mot Barentshavet.

Selv om glasiologiske modeller og fjernmålingsteknikker fortsetter å forbedres, er de fremdeles følsomme for systematiske feil som det trengs gode feltdata for å avsløre og korrigere. Dette er en viktig del av moderne massebalanseovervåkning, og det utføres derfor en rekke tilleggsobservasjoner, som automatiserte vær- og snøstasjoner, time-lapse-kameraer, radarprofilering og iskjerneboring av snø- og islag, og GPS-målinger av høydeendring og brehastighet. De viktigste observasjonene er likevel de gammeldagse stake- og tetthetsmålingene, utført på samme måte i mer enn 50 år ved Ny-Ålesund, og som gir unike måleserier av vinter- og sommerklima på Svalbard. De utgjør også en del av et globalt nettverk av lignende overvåkingsprogrammer som spenner fra Arktis til Rocky Mountains, Himalaya, Andesfjellene og isbreene Antarktis. Sett i en større sammenheng er disse måleseriene avgjørende for vår forståelse av polare og alpine klima og for å vurdere isbreenes bidrag til den globale havnivåstigningen.



ISBREEN KONGSVEGEN

Ansatte ved polarinstituttet går med bakkeradar over breisen for å sjekke om det er sprekker under isen. Dette er viktig for at forskere og andre kan arbeide trygt på isen. Foto: Stein Tronstad, NP

Forskning og logistikk i koronaens tid



FORSKNINGSSTØTTE Fastboende steppet inn i forskernes fravær da koronapandemien hindret dem fra å selv dra på feltarbeid til Svalbard. Her monterer en av beboerne i Ny-Ålesund en lytteboks som skal fange opp lyder fra svalbarddryper. Foto: Helge Tore Markussen, NP

Av sikkerhetsleder Roger Sundkjer, Norsk Polarinstittutt

Da koronapandemien slo ned verden over satte Norsk Polarinstittutt i gang en rekke tiltak for å hindre smittespredning til våre lokaliteter nord og sør på kloden.

– Vi har fulgt utviklingen av koronaviruset nøye, innført strenge smitteverntiltak og praktiske tilpasninger slik at instituttets ordinære aktiviteter i størst mulig grad har kunnet videreføres i det som har blitt en vedvarende beredskapssituasjon, sier polarinstittuttets direktør Ole Arve Misund.

I Norsk Polarinstittutt er det Logistikk- og operasjonsavdelingen som har hovedansvaret for tjenester knyttet til feltarbeid og annen aktivitet i Arktis og Antarktis.

Polarinstittuttet gjennomfører årlig omfattende logistikkoperasjoner, hvor det å ivareta sikkerheten og tryggheten til forskerne er av største betydning.

– Situasjonen med koronaviruset har gitt oss ytterligere utfordringer i de fra før krevende felt- og toktekspedisjonene. Dette gjelder både i gjennomføringen av tokt med FF Kronprins Haakon, men også i høy grad feltaktivitetene på Svalbard, og ikke minst driften av Troll og aktivitetene i Antarktis, sier avdelingsdirektør John E. Guldahl.

Longyearbyen

Hovedkontoret vårt på Svalbard ligger i Longyearbyen og er en viktig base for mange forskningsprosjekter. Kontoret gir logistisk støtte til besøkende forskere som

jobber i Arktis. I Longyearbyen ble flere prosjekter avlyst på grunn av faren for koronasmitte, og flere planlagte forskningsprosjekter løst på alternative måter.

– På grunn av reiserestriksjonene ble det vanskelig å få opp forskere og feltassistenter fra fastlandet, men ved å fokusere på å lære opp og bruke egne medarbeidere og lokale innbyggere, greide vi å videreføre flere av de lengre måleseriene, sier seksjonsleder Geir Ove Aspnes.

Polarinstittuttet rekrutterte personer som var permitterte som følge av situasjonen med koronaviruset, noe som også resulterte i medieomtaler.

– De nye arbeidsoppgavene egne ansatte og lokale innbyggere tok på seg i denne dugnaden, har vært en positiv erfaring og er absolutt noe vi vil kunne gjøre igjen, sier Aspnes.

Ny-Ålesund

Fra Ny-Ålesund forskningsstasjon ivaretar vi en rekke kort- og langtids måleserier. Forskningsstasjonen rommer aktiviteter fra institusjoner fra mange land. Norsk Polarinstittuttets aktivitet ligger under Sverdrup-enheten, som bidrar med logistisk støtte til forskere som jobber i området. Norsk Polarinstittutt er vertskap for det lokale forskningssamfunnet, mens det er Kings Bay AS som eier og drifter infrastrukturen, og som også har ansvaret for å regulere lokale smitteverntiltak.

Som følge av nedstengningen i mars fikk kun et fåtall forskere anledning til å reise inn i løpet av våren.

– Koronapandemien fikk umiddelbare konsekvenser for hele forskningssamfunnet i Ny-Ålesund, og spesielt for de utenlandske institusjonene. Men siden alle de tilreisende hadde vært i karantene, og vi lokalt fulgte opp de nasjonale reglene for smittevern,



SMITTEVERN Vi lagde en smittevernplan for å bringe personell fra Norge til Antarktis, det innebærer isolasjon i 14 dager på et hotell ved Gardermoen og isolasjon på Falklandsøyene. Foto: Sven Lidström, NP

kunne vi likevel fortsette å jobbe og fungere nærmest som normalt, forteller stedlig leder Helge T. Markussen.

Det førte til at normal rutineaktivitet på Zeppelinobservatoriet kunne opprettholdes. All prøvetaking av snø og luftprøver for både egne og andre forskere ble også ivare tatt. Grunnet smittesituasjonen på fastlandet, lot det seg ikke gjøre for Polarinstituttets ansatte å reise hjem på turnusfri som vanlig. Dermed fikk instituttet utvidet lokal kapasitet til å støtte de forskerne som ikke kunne reise til Svalbard. Slik var det mulig å bistå i overvåkning og prøvetaking til forskningen på havis i Kongsfjorden, snø og isbre, lyttebokser for rype og reinsdyrtelling. Alt dette er aktiviteter som inngår i Polarinstituttets programmer for langtidsovervåkning.

I tillegg ble det også gjennomført tilsyn på instrumenter og tatt luft- og vannprøvetaking for CNR (ITA). Polarinstituttet besørget også tilsyn på vegetasjonsplott for NERC (UK) i perioder der de ikke kunne ha eget personell til stede i Ny-Ålesund. Vi la også ned innsats for å opprettholde driften av de mange avanserte instrumentene på Zeppelinobservatoriet på vegne av andre lands institusjoner.

Samarbeid og gjensidig tilpasning, både internt og på tvers av institusjoner og nasjonaliteter, kjennetegner det lille samfunnet i Ny-Ålesund. Den lokale evnen til samvirke har vært av avgjørende betydning i koronaens tid. Reduksjonen i antall forskere som kan komme til Ny-Ålesund for å jobbe, har imidlertid ført til at inntektene til Kings Bay AS er tilsvarende redusert, noe som er en betydelig utfordring for muligheten til å drifte forskningssamfunnet Ny-Ålesund.

– Forhåpentligvis vil det økonomiske kunne finne sin løsning til felles beste slik at et bærekraftig samfunn i Ny-Ålesund fortsatt kan sikres når pandemien har kommet under kontroll, sier John E. Guldahl.

Troll

Forskningsstasjonen Troll i Jutulsessen er base og utgangspunkt for biologisk, glasiologisk og geologisk feltarbeid i sommersesongen, og er helårsbase for kontinuerlige, langtidsovervåkingsserier innenfor meteorologi, stråling, atmosfære, øvre atmosfære, miljøgifter og seismologi.

Personell-logistikken til Troll forskningsstasjon var komplisert og vanskelig i pandemåret 2020. Det som stod klart for oss alle før sesongen startet, var at ett eneste tilfelle av Covid-19 på Troll ville ha potensial i seg til å sette hele operasjonen ut av spill. Det ville vært dramatisk fordi det ikke finnes et medisinsk apparat i Antarktis til å håndtere denne type smittsom sykdom, forklarer Jon Hugo Strømseng, seksjonsleder i Antarktisseksjonen.

Norsk Polarinstitutt gjennomførte grundige risikovurderinger i forbindelse med planleggingen av transporten av nytt personell inn til Antarktis. Alle alternativer ble vurdert, også en full evakuering av stasjonen. Det ville i så fall ha medført at det ikke ville bli noen overvintring i 2021. Tidlig i prosessen ble det klart at dette ikke var et reelt alternativ. I tillegg til forskningsfaglige argumenter, har Norge også nasjonale interesser i det å ha en helårsbemannet forskningsstasjon i Dronning Maud Land. Derfor ville Polarinstituttet gjøre sitt ytterste for å utføre en trygg personelltransport til Troll uten å bringe smitte til Antarktis.

Polarinstituttet besluttet deretter å gjennomføre transporten på ordinær måte med fly, men med noen tilpasninger når det gjaldt mellomlanding. Dette for å unngå Cape Town, som vanligvis brukes som mellomlanding, på grunn av smittesituasjonen der.

Norsk Polarinstitutt laget en smittevernpåplan som regulerte alle detaljer ved forflytningen fra Norge til Troll. Etter nøye avveininger og innhenting av landingstillatelser ble den endelige reiseruten følgende: Tromsø - Oslo - Mount Pleasant (Falklandsøyene) - Troll.

Før avreise satt personell og flybesetning i isolasjon i 14 dager på et hotell ved Gardermoen. Personellet måtte også være isolert i 1-2 dager på Falklandsøyene etter pålegg fra lokale myndigheter. Det ble totalt gjennomført tre flyvninger i løpet av november og desember for å frakte alt nødvendig driftspersonell inn til Troll.

Etter at personellet var ankommet Troll, kunne nødvendige forsyninger sjøveien bli tatt imot. Forsyningene ble fraktet inn med containerskipet Malik Arctica. Lignende smitteverntiltak som ved flyoperasjonen ble gjennomført for å redusere risikoen for et avbrudd i forsyningene, noe som i praksis ville ha betydd nedstengning av forskningsstasjonen i 2021. Mannskapet satt 14 dager i karantene, og båten med cargo ble desinfisert før den forlot Aalborg i Danmark og satte kursen mot Antarktis.

– Jeg er veldig glad for og lettet over at vi unngikk å bringe inn smitte til Troll, og at det ikke har vært noen tilfeller av Covid-19 i sesongen. Det har vært en ekstra krevende operasjon i et fra før krevende område. All fysisk kontakt med andre stasjoner i Antarktis har vært utelukket i perioden, selv om vi har forutsatt at også disse har fulgt strenge smittevernprotokoller, sier Guldahl.

– Det er betryggende å vite at vårt samfunnsoppdrag ble ivarettatt til tross for de utfordringer pandemien har gitt oss, sier direktør Ole Arve Misund, og føyer til:

– Det er gledelig å konstatere at vi besitter sterk kompetanse innen logistikk og operasjoner, og særlig at vi har beredskap og et internasjonalt nettverk som gjør at vi har kunnet løse de helt spesielle utfordringene knyttet til Troll på en profesjonell og vellykket måte. Det har vært ekstraordinært ressurskrevende og jeg er stolt av alle ansatte som har gjort dette mulig i 2020.



ISKANTEN Forsyningene til Antarktis ble fraktet inn med containerskipet Malik Arctica. Ved iskanten i Dronning Maud Land ble mannskap og forskere møtt av besetningen ved Troll, klare til å bringe forsyningene videre til stasjonen. Foto: Julius Lauber, NP

Kunnskap

På de neste sidene forteller vi om høydepunkter fra året 2020, knyttet til forskning, forvaltning, kart og kartlegging, miljødata, logistikk og formidling.

Forskning i Arktis

Større forskningsprosjekter

- Arven etter Nansen

Det nasjonale forskningsprosjektet [Arven etter Nansen](#) undersøker hva som skjer med fysiske prosesser og levende ressurser når havisen smelter og det nordlige Barentshavet åpner seg. Fisk og næringsvirksomhet trekker nordover, til et havområde vi vet relativt lite om. Prosjektet skal gå fram til 2023 og ledes av UiT Norges arktiske universitet, sammen med NP og Universitetet i Bergen, og har deltakere fra ti norske institusjoner og universiteter. I 2020 ble to tokt i prosjektet utsatt, høstens tokt gikk derimot som planlagt.

- COAT

Klimaøkologisk observasjonssystem for arktisk tundra – [COAT](#), er et langsiktig økosystembasert overvåkningsprogram. Les mer om COAT på side 11.

- SEATRACK

[SEATRACK](#)-programmet kartlegger norske sjøfuglers arealbruk utenfor hekkeseongen, og følger bestander som kommer inn i norske havområder fra våre naboland. Fase 1 av programmet ble avsluttet i 2018. Fase 2 er utvidet til å omfatte kolonier i Irland, Vest-Skottland, Grønland og Canada, noe som betyr at alle landene rundt Nord-Atlanteren nå deltar i samarbeidet. 2020-sesongen var vellykket, men redusert som følge av koronapandemien, noe som spesielt rammet aktiviteter i Russland, Skottland og den arktiske delen av Canada, samt Jan Mayen og til en viss grad Svalbard (reduert feltbemanning). Mye arbeid ble lagt ned i produksjonen av et spesialnummer av tidsskriftet «Marine Ecology Progress Series» (MEPS). Heftet inneholder 12 artikler som skal puliseres høsten 2021.

Arktis blir varmere

I 2020 ble det satt ny varmerecord på Svalbard med 21,7 grader. Siden 1997 har alle somrene på Svalbard hatt middeltemperatur over den såkalte normalen ([Svehagen m.fl. 2020](#)).

Forskere laget også en håndbok for standardiserte felt- og laboratoriemålinger ved terrestre klimaeksperimenter og observasjoner av endringer på jord-vegetasjon-atmosfære-systemet, for å måle effektene av klimaendringen ([Halbritter m.fl. 2020](#)).

Vegetasjon i endring

[Ravolainen m.fl. \(2020\)](#) oppsummerer vegetasjonsendringer i høy-Arktis og foreslår



JAKTER KLIMASVAR Hva skjer med det levende livet og de fysiske prosessene i havet når isen smelter og det nordlige Barentshavet åpner seg, er spørsmål som opptar deltakerne i prosjektet Arven etter Nansen. Foto: Øyvind Lundesgaard, NP

en økosystem-modell for mosetundravegetasjon som identifiserer viktige drivere av systemet. Denne modellen er implementert i COAT. [Taylor m.fl. \(2020\)](#) forklarer utviklingstrendene for arktisk biodiversitet og biodiversitetsovervåking. [Christensen m.fl. \(2020\)](#) diskuterer status og trender i arktisk biodiversitet og forklarer hvordan det sirkumpolare overvåkningsprogrammet [CBMP](#) tar i bruk økosystembasert overvåking.

Isavhengig art i nedgang

Ismåke, i likhet med isbjørn, er avhengig av havis for å finne mat. Bestanden av ismåke på Svalbard ble kartlagt i perioden 2009-

2019. Forskerne fant at bestanden talte mellom 1500-2000 par i 2019, noe som er mer enn tidligere antatt. Bestande har imidlertid gått tilbake med 40 prosent over samme tidsperiode ([Strøm m.fl. 2020](#)).

Marin oppvarming

Oppvarmingen er godt merkbar i det marine miljøet. Forskere finner strukturelle økosystemendringer der det kommer inn arter som er vanlige lengre sør. De siste tiårene har det også vært store endringer i havisdekket. Isbreene på Svalbard er generelt mindre og trekker seg gradvis mer opp på land. Breisbitene er viktig erstatning for havis



FÆRRE ISMÅKER Ismåkebestanden på Svalbard ble redusert med hele 40 prosent i perioden 2009-2019. Foto: Vegard B. Fjeldheim, NP

når storkobbene skal føde og die ungene. Til tross for disse endringene ser det ut til at veksten til storkobbeunger frem til nå ikke er redusert ([Kovacs m.fl. 2020](#)). Forskning viser også at dietten til ringsel fortsatt hovedsakelig består av arktiske arter som polartorsk ([Bengtsson 2020 m.fl.](#)).

Risikerer genetisk isolasjon

Manglende is på fjordene påvirker svalbardrein. Dyrene får redusert spredningssmulighet som i neste runde kan lede til større genetisk isolasjon, redusert genetisk mangfold og adaptasjon, viser studien til [Peeters m.fl. \(2020\)](#). For hvitkinngås er bildet litt mer nyansert siden kroppskondisjonen har gått ned hos hekkende hvitkinngås på Svalbard, samtidig som det overraskende nok ser ut til å ikke påvirke bestanden negativt ([Layton-Matthews m.fl. 2020](#)).

Virus hos fjellrev og sjøfugler

Effektene av virus hos fjellrev er lite kjent, likedan hvordan viruset kan overføres mellom bestander. I en ny studie ble det oppdaget relativt høy forekomst av det nyoppdagede *canine circo*-viruset i fjellrevbestanden på Svalbard. Det ble også dokumentert at viruset sirkulerte i bestanden allerede i 1996 ([Urbani m.fl. 2020](#)). En annen studie viste at sjøfuglene krykkje og polarmåke har antistoffer for fugleinfluenza ([Lee m.fl. 2020](#)).

Isbjørnbinner og hi

[Merkel m.fl \(2020\)](#) laget en modell som indikerer hiområder for isbjørn, og som stemmer bra med observerte isbjørnhi og hiposisjoner.

Forskere har dokumentert at isbjørnbinner som holder til på Svalbard hele året bruker mindre energi enn binner som vandrer over store områder mellom øyene og iskanten. Til tross for dette er lokale binner i noe dårligere kondisjon på våren enn andre binner, trolig fordi de som lever langs iskanten jakter og fanger sel året rundt ([Blanchet m.fl 2020](#)). Forskning viser også at binner velger å gå i hi på spesielle plasser med riktig snødekke.

Miljøgifter hos isbjørn

Isbjørn som lever i drivisen, har høyere nivåer av miljøgifter enn bjørn som lever langs kysten viser [Blévin m.fl. \(2020\)](#). Dette skyldes sannsynligvis at isbjørn fanger byttedyr på høyere trofisk nivå i næringskjeden og at de bruker mye energi som gjør at de spiser mer føde enn kystnære bjørner. Til tross for generelt høye miljøgiftnivåer har isbjørn i Barentshavet lavere nivåer av kvikksølv enn isbjørn fra Canada og USA (Alaska), men det er likevel en økende trend av kvikksølv i isbjørn fra Barentshavet ([Lippold m.fl. 2020](#)). Nivåer av fettløselige miljøgifter i blodsirkulasjon hos isbjørnunger to og en halv gang høyere enn hos mødrene.

[Herst m.fl \(2020\)](#) viser at mødre og unger reagerer forskjellig på miljøgiftksporing. Utrykk av genene, som var relatert til miljøgiftnivåene hos bjørnene, var involvert i metabolske prosesser, noe som kan bety at prosesser innen stoffskiftet er påvirket av miljøgifter fra tidlig alder.

Plast hos stormfugler

[Kühn m.fl \(2020\)](#) benyttet to metoder for å identifisere plastpolymerer i magene til stormfugler fra Nordsjøområdet og fra nordlige og sørlige halvkule. Resultatene viser at mengden av polymertyper i magene til disse sjøfuglene er nært knyttet til de plasttyper som de spiser.

Miljøgifter i isbreer

Til tross for restriksjoner mot mange kjemiske forbindelser finner vi flere av dem i den arktiske atmosfæren, avsatt med snø på isbreene. 43 sprøytemidler og industrielle stoffer basert på klororganiske forbindelser ble funnet i snø fra fire Svalbard-breer ([Hermanson m.fl. 2020a](#)), noe som antyder en kombinasjon av langtransport og lokale kilder. Nervegiften *chlorpyrifos*, som kan påvirke helsen hos dyr, var mest utbredt. [Hermanson m.fl. \(2020b\)](#) viste at tre ganger mer PCB er deponert på Svalbard enn hva som er registrert i Antarktis.

TETT PÅ DRIVISEN Breis er blitt viktig leveområde for storkobbene etter at det ble mindre havis som følge av varmere klima. På breisen føder og dier selene ungene. Men klimaendringene gjør at også isbreene krymper og trekker mot land. Foto: Kit Kovacs & Christian Lydersen, NP





MILJØGIFTER VIA MATEN Isbjørn som lever i drivisen er utsatt for høyere nivåer av miljøgifter enn bjørn som lever langs kysten. Her sover en isbjørn ut etter at den har forsynt seg av fugleegg på en holme i Kongsfjorden på Svalbard. Foto: Geir Wing Gabrielsen, NP

Mer PFAS i isbjørn enn i hvithval

Perfluorerte kjemikalier (PFAS) har vært produsert i store mengder i områder langt sør for Arktis før de transporterte nordover. Det finnes lite kunnskap om PFAS hos hval, men [Villanger m.fl \(2020\)](#) fant at nivåene av PFAS var betydelig lavere i hvithval sammenlignet med isbjørn fra Svalbard, og omtrent halvparten av det vi finner hos noen selarter.

Miljøgifter i hav og sedimenter

[Von Friesen m.fl. \(2020\)](#) kartla antropogene mikropartikler (AMP) i sjøvann og havis nord for Svalbard og i Kongsfjorden. De fant utsmelting av AMP fra havisen til sjøvannet, noe som bidrar til å eksponere marine organismer for nano- og mikroplast. Konsentrasjonen av AMP i Kongsfjorden var 6-7 ganger høyere enn funn nord for Svalbard. Sammensetningen av AMP i Kongsfjorden indikerer at det lokale avløpsvannet er en kilde.

Miljøgifter i gruppen organofosfor flammehemmere (PFR) er antatt farlig for naturmiljøet. [Gao m.fl \(2020\)](#) undersøkte ferskvann, sjøvann og sedimenter fra fire steder i og nær Ny-Ålesund for PFR. Syv forskjellige PFR ble funnet oppløst i vann. Det høyeste nivåene av stoffet ble funnet i ferskvann. Bosetting, industriell aktivitet, atmosfærisk avsetning og lokal fordeling innad i Ny-Ålesund bidrar til ulike PFR-nivåer. Sammensetningen av stoffet i havneområdet påvirkes også av lokal båttrafikk og langtransport via sjøveien.

Isalgenes rolle under lupen

Isalgene vokser på undersiden av havisen og dens betydning for det arktiske økosystemet er ikke godt kjent. Forskere har analysert fettsyrer og stabile isotopforhold i partikulært organisk karbon for utvalgte fettsyre-markører fra en arktisk oppblomstring av havisalger. Resultatet viser ulikheter mellom forskjellige metoder og oppblomstringskarakterer, som kan gi motstridende og varierende resultater mellom forskjellige indikatorer. Forskerne viser at årsaken til den betydelige variasjonen henger sammen med ulike miljøfaktorer, som lys, temperatur, næringsstoffer

og uorganisk karbon ([Leu m. fl. 2020](#)). De understreker at i studier av klimaendringer og effekter på det arktiske marine økosystemet er det viktig å vurdere betydningen av primærproduksjon basert på havisalger.

Sjøgugler og miljøgifter

Polarmåker fra Svalbard som er eksponert for høyere nivåer av miljøgiften perfluorerte kjemikalier (PFAS) viste den tregeste telomer-forkortning (en markør for fuglenes fysiologiske kvalitet) og høyere overlevelse ([Sebastiano m.fl.2020](#)). Disse overraskende resultatene er de første til å vise en sammenheng mellom PFAS, telomerer og overlevelse i en frittlevende sjøfuglpopulasjon.

PFAS er assosierte med flere forstyrrelser av fysiologiske og hormonelle parametre. Studier viser at stoffet kan påvirke thyroidhor-

mon-nivåene i blodet. [Ask m.fl. \(2020\)](#) studerte assosiasjonene mellom konsentrasjoner av PFAS, thyroidhormoner og kroppskondisjon hos krykkje. Det fant at hanner hadde stort sett høyere nivåer av PFAS enn hunner.

Alkekongen hekker i hele det atlantiske Arktis og foretar store forflytninger mot vinterområdene i sørvest. [Renedo m.fl \(2020\)](#) kombinerte data fra fjær/blod og sporing ved hjelp av lysloggere fra flere hekkekolonier. Forskere fant at alkekongen akkumulerte mest metylkvikksølv i den vestlige delen av Nord-Atlanteren, og at eksponeringen var størst utenom hekkesesongen.

Endringer i temperatur og havis

[Dahlke m. fl. \(2020\)](#) undersøkte sammenhengen mellom overflatetemperatur og havisutbredelse på Svalbard, og anslår at fjordene i



LIVSVIKTIG FØDE De ørsmå hoppekrepsene er viktig mat for marine arter som polartorsk, atlantisk torsk, hval og sjøfugl. Foto: Ann Kristin Balto, NP

nord og øst framover vil ha mindre is og mer marint preg. [Johansson m. fl. \(2020\)](#) viser at sesongen med havis i Kongsfjorden og Rijpfjorden på Svalbard har blitt kortere etter 2002, og at etter 2006 har det vært stadig mindre is i Kongsfjorden.

2012 var et relativt mildt år på Svalbard med mye drivis i Tempelfjorden. Drivisen bestod i stor grad av smeltevann fra breene med innhold av karbonatmineraler fra berggrunn, mens i det kaldere 2013 i hovedsak var frossent sjøvann i fjorden ([Fransson m. fl. \(2020\)](#)).



ISALGER Isalger vokser på undersiden av havisen. Det er lite kjent hvilken betydning algene har for det arktiske økosystemet. Foto: Jenny Ross

Plankteplanktonsamfunnet - nøkkelarter i havet

Organismer i havet påvirkes av menneskeskapt endringer, som klimaendringer og havforsuring. [Bailey m. fl. \(2020\)](#) viser hvordan marine organismer (som planteplankton og hoppekreps) sin sårbarhet for endringer forandres gjennom året. Sammenstillingen av planteplankton er en viktig brikke i forståelsen av hvor mye organisk karbon som synker til havbunnen. Dette viser at det er viktig å inkludere planktonsamfunnet for å beregne effektiviteten til den biologiske karbonpumpen fastslår [Wiedmann m. fl. \(2020\)](#).

Marin flora og fauna

[Al-Hababeh m. fl. \(2020\)](#) har, basert på en unik tidsserie (1980-2017), studert suksjonsmønstre av makroalger og bunndyr på hardbunn i Kongsfjorden og Smeerenburgfjorden på Nordvest-Svalbard. Flatene i disse fjordene ble skrapet for all flora og fauna i 1980. Analyser av fotografier viser ulik tilbakekomst av artsgrupper, og variasjon i tettheter av arter over tid. Det tok henholdsvis 13 og 24 år for hardbunn-samfunnene å gjenetablere seg i Kongsfjorden og Smeerenburgfjorden. Analyser av egenskaper hos organismer, etter at makroalgene hadde økt i omfang, viste en reduksjon i størrelse og livslengde av artsgrupper, og et skifte mot små og mellomstore dyr.

Mosdyr (bryozoa) er små, akvatiske dyr. Vanligvis er de mindre enn 1 mm, og danner ofte kolonier. De lager et skallskjelett som bærende struktur og som beskyttelse mot trusler. [Iglirkowska m. fl. \(2020\)](#) studerte innholdet av magnesium i skjelettet til arktiske mosdyr fra forskjellige stasjoner og dyp. Det ble ikke påvist effekter av endret karbonatmetning i vannmassene over sesongen, men forskjeller mellom stasjoner og dyp indikerer påvirkninger fra miljøet.

[Brown m. fl. \(2020\)](#) studerte stoffskifte og energiopptak hos den (sub)arktiske amfipoden *Gammarus setosus*, i området Kongsfjorden-Krossfjorden på Svalbard. De målte metabolisme og energiopptak i felt og laboratoriet, hvor de også utsatte amfipodene for varierende grad av havforsuring. I felt hadde alle populasjonene omtrent samme metabolisme, men de som levde i områder med lavere saltholdighet hadde lavere opptak av energi. Hvis amfipodene i mindre grad kan nyttiggjøre seg energi under forhold med lavere saltholdighet, kan dette få konsekvenser for energikrevende prosesser som vekst og reproduksjon. Ingen av disse studiene påviste direkte effekter av havforsuring på marine bunndyr.

Planktonoppblomstringer

[Ardyna et al. \(2020\)](#) samlet data fra syv store forskningsprosjekter i polhavet og identifiserte de viktigste miljødriverne bak dynamikken til oppblomstringer av plankton under havis. Observasjonene viser at silikatkonsentrasjonen og lysforholdene under isen er hovedfaktorene som påvirker størrelsen og artssammensetningen. Resultatene er viktige, siden forskjeller i størrelse og sammensetning får konsekvenser for de arktiske næringsnettene og karbon-eksporten.

Isamfipoden i og utenfor isen

Isamfipoden *Aphersusa glacialis* er tilknyttet havisen i og rundt Polhavet, men finnes også i vannmassene. [Kunisch m. fl. \(2020\)](#) har satt

sammen data fra en periode på 71 år og fant at arten har blitt observert i vannmassene på forskjellige dyp rundt om i Polhavet, både vinter og sommer. Data om størrelse og kjønn indikerer at arten reproducerer én gang i løpet av en 2-års livssyklus, og at den ikke tilbringer hele livet i tilknytning til isen.

Metannivåer i plankton og vingesnegle

[Ofstad m.fl. \(2020\)](#) studerte kalkskall-dannende dyreplankton-foraminiferer og vingesneglen *Limacina helicina* i Barentshavet. De fant at i havområder med metanutslipp fra havbunnen er det ingen direkte sammenheng mellom konsentrasjonen av metan eller karbondioksid og den romlige fordelingen av planktoniske foraminiferer og vingesnegl.

Plankton og karbon

Mikroalger omdanner oppløst atmosfærisk CO₂ til organisk karbon i overflaten av havet, og mens alger synker i vannsøylen, beiter mikrober og dyreplankton på den. Det har blitt antydnet at disse organismene reduserer mengden av synkende organisk karbon mer i varme enn i kalde vannmasser. [Wiedmann m. fl. \(2020\)](#) fant imidlertid at mengden av synkende organisk karbon noen ganger er sterkt og noen ganger svakt redusert i kalde arktiske vannmasser. De konkluderer med at temperatur ikke er en svært viktig faktor for hvor sterkt mengden av synkende organisk karbon reduseres med dybden. I stedet ser de ut til at sammensetningen av planteplankton er viktig. Partikler av hurtig synkende (store) alger bruker bare kort tid i den øverste delen av vannsøylen sammenliknet med de sakte synkende (små) algepartiklene. Forskerne argumenterer også for at det er viktig å inkludere planteplanktonsamfunnet i modellingsstudier for å kunne forutsi den korrekte styrken av den biologiske karbonpumpen. [Kohlbach m. fl. \(2020\)](#) undersøkte karbon- og matkilder til 24 dyreplanktonarter fra Barentshavet på sensommeren. De fant at næringsnettet generelt var sterkt avhengig av heterotrofiske matkilder (organisk næring) og lite avhengig av matkilder fra isen.

Metylkvikksølv i alkekonge

[Renedo m. fl. \(2020\)](#) kartla forekomsten av metylkvikksølv i sjøfuglen alkekonge og hvor/når gjennom året arten ble utsatt for stoffet. Forskere analyserte fjær og blod hos fuglene og sporet dem ved hjelp av lysloggere (SEATRACK) i en rekke kolonier i Arktis. Studien viste at alkekongen akkumulerte mest metylkvikksølv i den vestlige delen av Nord-Atlanteren og at eksponeringen var størst utenom hekkesesongen. Dette kan henge sammen med at fuglene endrer



LABORATORIEARBEID I forskningsskipet Kronprins Haakon finnes flere laboratorier. Her er forskere i arbeid i et av dem under MOSJ-toktet på Svalbard sommeren 2020. Under toktet ble det tatt prøver av vann og dyre- og planteplankton, i tillegg til fisk og andre organismer. Foto: Kristin Heggland, NP

diett fra hovedsakelig hoppekreps om sommeren til krill, fiskelarver og annen føde høyere i næringskjeden om vinteren.

Isbreer taper ismasse

Samtlige isbreer som polarinstituttet overvåker på Svalbard har tapt ismasse siden de første målingene startet på 1960-tallet.

[Morris m.fl. \(2020\)](#) analyserte høydemålinger fra CryoSat-2-satellitten for å beregne massetap fra alle isbreene på Svalbard i perioden 2011-2017. De finner at alle regioner på Svalbard har mistet bremasse. Sammenlignet med 2000-tallet fortsetter breene i Vest-Spitsbergen å miste masse, men nå har dette også spredt seg til breene sørøst mot Barentshavet, noe som gjør at det totale massetapet for Svalbard har økt. [Noël m.fl. \(2020\)](#) bekrefter massetapet og utvider smelteperioden til å gjelde årene 1957 – 2018. [Schuler m.fl. \(2020\)](#) oppsummerte kunnskap om isbreenes massebalanse og kombinerte tilgjengelige måleserier for å avlede et nytt og forbedret estimat for hele øygruppen. De finner at breene generelt har tapt masse siden 1960-tallet, med en tendens til økte tap etter årtusenskiftet.

Daglige prøver av snøpakken på Austre Brøggerbreen fra mars til mai 2015 viste at *Methanesulphonic acid*, som stammer fra biologisk aktivitet i havet, avsettes på snøen kun på slutten av sesongen, mens den biologiske aktiviteten har toppen som ikke nødvendigvis korresponderer med avsetningen ([Spolaor m.fl. \(2020\)](#)).

Ferskvann fra snøsmelting, avrenning og isbreer preger det biokjemiske miljøet i fjordene. I løpet av våren, når snøen smelter, er elver en kilde til oppløst organisk karbon. [McGovern m. fl. \(2020\)](#) viste at permafrost og smeltevann fra isbreer var kilde til uorganiske næringsstoffer, inkludert nitrogen, i august måned, med konsentrasjoner 12 ganger høyere i elvene enn i fjorden. Mens marint organisk materiale dominerte i mai etter vårphytoplanktonblomstringen, var landbasert organisk materiale til stede i hele Isfjorden i juni og august. Hvis det blir økende avsmelting i framtiden vil det kunne resultere i en mer intensiv land-hav-tilkobling, noe som gir store endringer i biogeokjemi og økologi i Svalbard-fjordene.

Glasiologer ved polarinstituttet bistod også den amerikanske romorganisasjonen NASA med utprøving av en bakkeradar som skal brukes på den planlagte romferden til planeten mars i 2021 ([Hamran m.fl. \(2020\)](#)).

Miljøgifter i hval

Fleire hvalarter er eksponert for høye nivåer av miljøgifter, men negative helseeffekter av disse stoffene er lite kjent. [Lühmann m. fl. \(2020\)](#) undersøkte hvordan miljøgifter i spekk fra finnhval kan forstyrre disse hvalenes kjernereseptorer (proteiner som regulerer gener). Reseptorene er viktige for å regulere blant annet metabolisme, stressrespons (proteiner) og energibalanse. Forskerne fant at miljøgiftene DDT og DDT-metabolitter hemmer aktiviteten til de studerte reseptorene, mens PCB aktiverte noen reseptorer.

torer og hemmet de andre. Studien bidrar til å forstå mekanismene bak miljøgiftenes påvirkning av helsen og energitilstanden til finnhval og andre pattedyr.

[Tartu m. fl. \(2020\)](#) målte miljøgiftnivåene i spekk fra 18 blåhvaler og 12 finnhvaler ved Svalbard somrene 2014–2018. De fant at fettløselige miljøgifter var dominert av DDT, PCB og toksafene, og at nivåene av miljøgifter var 1,6 til 3 ganger høyere hos finnhval enn hos blåhval. Det kan forklares ved at finnhval spiser på et høyere trofisk nivå. Hanner hadde dobbelt så høye miljøgift-nivåer som hunner, noe som tyder på at hunner overfører store mengder av giftstoffene via melka til kalvene sine. Miljøgiftnivåene i finnhval og blåhval fra Svalbard var generelt lavere enn hos artsfrender fra Middelhavet eller Californiabukta, men høyere enn hva som er rapportert fra Antarktis.

Hvalens levevis og vandringer

Grønlandshval fra Spitsbergen-bestanden ble tidligere fangstet i verdens første kommersielle hvalfangstforetak, helt til den nesten var utryddet. I en artikkel av [Kovacs m. fl. \(2020\)](#) dokumenteres utbredelse, vandringsmønstre og habitatpreferanser til denne truede hvalbestanden. Arbeidet er basert på sporingsstudier der hvalene ble merket fra helikopter. Selv om bestanden er kraftig redusert, spredte de merkede hvalene seg ut over hele det historiske utbredelsesområdet fra Øst-Grønland til Frans Josefs land. Om våren beveget de seg sørover fra vinterområdene i nord, i et motsatt vandringsmønster sammenliknet med andre bestander av arten. Hvalene oppholdt seg mesteparten av tiden inne i drivisen, men denne sterke istilknytningen er bekymringsfull i lys av pågående klimaendringer og ditto havissmelting.

[Lydersen m. fl. \(2020\)](#) studerte vandringsmønstre og atferd hos 25 finnhval fra Svalbard som alle var utstyrt med ARGOS-satellittsendere. Studiet dokumenter at; 1) ikke alle finnhvaler vandrer sørover til lavere breddegrader om vinteren; 2) hvalene som vandrer sørover spiser underveis; 3) hvalene kan holde svært stor fart over lange perioder; og 4) et yngleområde for denne arten er antakelig i dype, varme havområder noen 100 km vest for Marokko.

Narhval og hvithval finnes i store deler av Arktis og enkelte sub-arktiske områder. Begge artene jaktes på av urbefolkninger. Enkelte av bestandene er kraftig redusert av tidligere tiders harde, kommersielle beskatning. Hvalene påvirkes også i økende grad av menneskelig aktivitet i Arktis, som skipstrafikk, industriell virksomhet, seismiske undersøkelser, fiskerier og klimarelaterte endringer.

[Hobbs m. fl. \(2020\)](#) laget en global oversikt som viser at det finnes 21 ulike bestander

av hvithval, samt en ved sørøst-Grønland. For narhval er det 12 ulike bestander. Narhvalene antas å være et av de marine pattedyrene som er mest sensitive for dagens klimaendringer siden de lever innenfor et begrenset temperaturregime, er svært avhengige av sjøis, har en relativ begrenset utbredelse og er generelt følsomme for undervannsstøy og andre former for menneskeskapt forstyrrelse. [Louis m. fl. \(2020\)](#) fant at narhval har lav genetisk diversitet, at den i lange perioder av sin historie har hatt lav effektiv populasjonsstørrelse, og at de først økte i antall etter siste istids maksimum. Dette skjedde som respons på en markant forbedret tilgang til gode habitater, noe som vekker bekymring for artens skjebne i et stadig varmere Arktis. [Heide-Jørgensen m. fl. \(2020\)](#) konkluderer med at forvaltning av narhval må gjøres på lokalt bestandsnivå, siden hver og en bestand har sin egen fangsthistorie og egne miljøforhold de lever under.



VAR NESTEN UTRYDDET Hvithvalbestanden på Svalbard er en av de minste i verden, etter at den nesten ble utryddet på 1950 og 60-tallet. Foto : Kit Kovacs & Christian Lydersen, NP

Hvithvalene på Svalbard ble jaktet til de var kommersielt utryddet på 1950-60-tallet. Deretter ble de fredet. Vi vet ikke om eller hvordan bestanden hentet seg inn igjen. [Vacquié-Garcia m.fl. \(2020\)](#) beregnet et bestandsoverslag på 549 hvithval på Svalbard sommeren 2018, noe som tyder på at hvithvalbestanden der er en av de minste i verden. Videre er hvithval sosiale dyr som lever i grupper man har antatt er i familie via beslektede hunner, slik det er hos spekkhuggere og spermhval. [O'Corry-Crowe m.fl. \(2020\)](#) viser derimot at flokkstrukturen er ganske dynamisk og utgjøres av og til av beslektede individer. Er slektskapet i en flokk nært, er dette ofte via patriarkalske linjer. Den høye levealderen til hvithvalene og den utstrakte og dynamiske flokkstrukturen gjør at hvalene antakeligvis drar fordeler av gjensidig, langsiktig samarbeid. Ved å fjerne eldre individer (f.eks. ved fangst) risikerer man tap av essensiell økologisk kunnskap som kan være kritisk, særlig for små bestander.

Havisutvikling i Arktis

Havisen i Arktis, slik den var i 2019 og utviklingen over tid, blir omtalt av [Perovich m. fl. \(2020\)](#) i den omfattende årlige rapporten «State of the climate». Et viktig trekk er at trendene fortsatt er negative for isutbredelsen i Arktis, både om vinteren og sommeren. Utbredelsen i september 2019 var, sammen med 2007 og 2016, den nest laveste, årlige minimumsutbredelsen siden oppstarten av observasjoner fra satellitt i 1979. En annen viktig parameter for å beskrive havisens status er isens alder; havisen har i gjennomsnitt blitt betydelig yngre i løpet av de siste tiårene. Nye tall viser at førsteårsis, altså is som er mindre enn ett år gammel, representerte ca. 70 prosent av isen i mars 2019. Dette er mye, sammenliknet med en tilsvarende andel på 35 – 50 prosent på 1980-tallet.

[Wang m. fl. \(2020a\)](#) ga ny innsikt i prosessene som styrer utviklingen av fastis ved

kysten av Nordøst-Grønland. Autonome instrumentoppsett blir stadig oftere brukt til forskning i polarområdene. Sammen med bemannede ekspedisjoner og fjernmåling er de blitt viktige redskap for å undersøke klimasystemet og klimaendringene i områder som fortsatt er lite tilgjengelige.

Haviseksport via Framstredet

Endringer i eksporten av havis fra Polhavet gjennom Framstredet, er med på å regulere mengden havis i Polhavet. [Spreen m. fl. \(2020\)](#) kombinerte data om havistykkelse fra sonarmålinger fra fire rigger i Østgrønlandsstrømmen med satellittdata om driftshastighet og havisareal. Tidsserien viser at eksporten av havis har avtatt med 27 prosent per tiår mellom 1992 og 2014. I denne perioden har eksporten ikke bidratt til reduksjon av havisvolumet i Polhavet, med unntak av i 2007 og 2012.



FRAMSTREDET Hver sensommer drar polarinstituttet på tokt til Framstredet, havområdet mellom Svalbard og Grønland. På denne tiden av året pleier isen å nå årets minimumutbredelse, før den igjen legger på seg når været blir kjøligere. Det er også da havet her er mest tilgjengelig å utføre forskning i. Foto: Lawrence Hislop, NP

Første studie av «platelet ice» i Polhavet

[Katlein m. fl. \(2020\)](#) leverer den første, omfattende observasjonen av dannelse av «platelet ice» i arktisk dravis i Polhavet om vinteren, gjort i forbindelse med MOSAiC-ekspedisjonen, og det NP-ledete prosjektet HAVOC. «Platelet ice» er noen millimeter til centimeter store isplater og vokser på undersiden av havisen. I motsetning til tilsvarende observasjoner i Antarktis har «platelet ice» vært vanskelig å se i iskjernerprøver fra Polhavet. Den nye kunnskapen må inngå i grunnlaget for scenarier om fremtidig havis- og klimautvikling i Arktis.

Måling av istykkelse og isdrift

Luftbårne elektromagnetiske sensorer er et viktig verktøy for å måle istykkelse på lokal til regional skala. Det er likevel ikke alltid enkelt å overføre resultatene om istykkelse og isegenskaper langs et enkelt transekt til isforhold i et større område. Dette er fordi det er uregelmessige variasjoner i havisdekket, som betyr at isens egenskaper varierer avhengig av retning, også kalt anisotropi. [Negrel m.fl. \(2020\)](#) viser hvordan anisotropi i isen påvirker resultater til en luftbåren undersøkelse. Her beskrives en metode der det analyseres tilgjengelige radarsatellittbilder for det aktuelle område, noe som hjelper med å bestemme den mest representative flyrutene for området. Metoden ble testet for syv ulike radarsatellittbilder, og ga lovende resultater i å finne optimale flyruter før en overflyvning. Slike metodeforbedringer effektiviserer verdifulle flytimer, og toktid, og reduserer risikoen for feiltolkning av målinger.

I et arbeid av [Yu m.fl. \(2020\)](#) ble havisen i Arktis simulert for perioden 2003-2014 med den arktiske klimamodellen HIRHAM-NAOSIM 2.0. Studien undersøkte forholdet mellom simulert isdriftehastighet og vindhastighet nær overflaten under forskjellige havisforhold. Gode klima- og havismodeller er viktige for både klimaforskningen og for tryggere aktivitet inne i isen. En kjent metode for å bestemme snøtykkelse på havis er bruk av data fra passive mikrobølgesatellitter, men usikkerheten for metoden er ikke godt kjent. [Rostosky m. fl. \(2020\)](#) viser i en studie der også snødata fra [N-ICE2015](#)-ekspedisjonen ble brukt, at snøtykkelse basert på passive mikrobølgesatellittdata har en usikkerhet på 11-19 prosent, avhengig av hvilke mikrobølgefrequenser som blir brukt. For lavere frekvenser spiller ukjente snøegenskaper størst rolle, mens for høyere frekvenser er det havis-, snø- og skyegenskaper som bidrar mest.

Studier av snø på havis

En studie av [Merkouriadi m.fl. \(2020a\)](#) undersøkte snødekkets betydning for havisen i Polhavet. Snø på is hemmer tilveksten av is fordi snøen isolerer godt. I tillegg vil vekten av et tykt snølag presse isen ned, slik at vann flommer opp på isen. Sørpen som da blir dannet, kan fryse til og danne snøis («snow ice»), og i slike tilfeller vokser isen i tykkelse oppover i stedet for nedover. Under [N-ICE2015](#) ble det observert nesten dobbelt så mye snø på is som fra tidligere observasjoner, i tillegg til mye snøis på drivisen i Polhavet. Forskerne fant at det er potensiale for snøisdannelse i nesten hele Polhavet, særlig når isdekket er tynnere. Det er likevel

store, regionale forskjeller. I området øst for Grønland, nord for Svalbard og nord for Barentshavet er potensialet langt større enn i det øvrige Polhavet. I disse områdene er det mer nedbør på grunn av flere lavtrykk som kommer fra Atlanterhavet. På lengre sikt betyr det at snøisdannelse kan bli et mer utbredt fenomen i Polhavet, i takt med at isen blir tynnere.

Stormer gir langsom isvekst

[Merkouriadi m.fl. \(2020b\)](#) brukte unike vinterobservasjoner fra [N-ICE2015](#) og fant at snødybden i Polhavet nord for Svalbard er større enn i andre deler av Polhavet. Forskerne slo fast at høyere lufttemperatur som følge av stormer og snø på isen kan begge bidra til langsommere isvekst. [Duarte m. fl. \(2020\)](#) dokumenterte via observasjoner fra [N-ICE2015](#), satellitter og numerisk modellering, den kraftige ismeltingen som foregår over Yermakplataet (nordvest for Svalbard). Dette arbeidet er viktig for å forstå hvilke kombinasjoner av havtemperatur og overflatesjiktning som skal til for å holde et område isfritt.

Ny innsikt om havstrømmer

Transporten av varmt atlantisk vann inn i Polhavet gjennom Framstredet reguleres blant annet av hvor mye vann som forlater Vestspitsbergenstrømmen og går vestover mot Øst-Grønland, og sørover igjen uten å gå helt inn i Polhavet. I Vestspitsbergenstrømmen dannes mange virvler som kan rives løs fra hovedstrømmen og bidra til at mindre av det varme vannet fortsetter nordover og inn i selve Polhavet. [Wekerle m.fl.](#)

(2020) sammenlignet to ulike høyopløste, regionale havmodeller for å se hvor godt de gjenskaper slike virvler. Arbeidet viser at modellene gir svært like resultater for hovedtrekkene i dynamikken i området, og står seg godt når de sammenliknes med observasjoner.

I Polhavet påvirkes isdekket av turbulent blanding av vannmassene, som bringer varme fra dypere vannlag opp mot overflaten. Slik turbulent blanding er sterkest langs kontinentalsokkelskråningene, der tidevannsstrømmen er kraftig og topografien er bratt. Prosessene som overfører energi fra tidevannsstrøm til blandingsenergi i Polhavet er lite utforsket. [Fer m.fl. \(2020\)](#) gjorde målinger fra skråningen nord for Svalbard, og dokumenterer en blandingshendelse drevet av tidevannsstrøm. Energien «fanges» og akkumulerer i løpet av tidevannssyklusen. Når tidevannet snur, slippes energien løs slik at hele vannsøylen blir sterkt turbulent. Det nye datasettet dokumenterer at tidevannsdrevet strøm er en viktig kilde til blanding og varmeutveksling i Polhavet.

[Menze m. fl. \(2020\)](#) viser et høyere nivå av akustisk ekko fra fisk i målinger i Hinlopen-renna enn fra andre undersøkte lokaliteter rundt Svalbard. Dette sammenfaller med en jevn tilstrømning av næringsstoffer, biomasse og varme som følger med atlantehavsvannet inn i Hinlopenrenna. [Kolås m. fl. \(2020\)](#) sin undersøkelse bygger

på data samlet inn fra forskningsfartøy og en autonom undervannsfarkost – glider – fra sommer og høst 2018. Målingene viser struktur og sirkulasjon i området med atlantisk innstrømning nord for Svalbard. Om sommeren og høsten ble det observert en vestlig atlantisk strøm nord for hovedinnstrømningen, som går østover langs kontinentalsokkelskråningen. Datamaterialet viser også en tidligere ubeskrevet kald, dyp strøm som går østover inn i Polhavet.

[Koenig m. fl. \(2020\)](#) kartla temperatur, saltholdighet, strøm og turbulens ved en front i Nansenbassenget i september 2018. Fronten, som var nær iskanten, skilte kaldt og relativt ferskt smeltevann fra et varmere og saltere blandingslag. Analyse av datamaterialet viser varmetap fra havet til atmosfæren og overflatetransport over fronten. [Charette m. fl. \(2020\)](#) viser betydningen av den transpolare strømmen for transport av næringsalter og sporstoff av betydning for primærproduksjonen i Polhavet. Her dokumenteres en høyere konsentrasjon av disse i strømmen enn i andre vannmasser i det sentrale Polhavet, fordi ellevann fra Sibir transporteres med strømmen tvers over Polhavet. Den transpolare strømmen kan komme til å ha stor betydning for primærproduksjonen i et fremtidig, isfritt Polhav.

[Gonçalves-Araujo m. fl. \(2020\)](#) brukte langtidssdata fra havrigger og vannprøver i Framstredet til å lage det første estimatet av den årlige transporten av organisk karbon

med Østgrønlandsstrømmen, og beskrev rollen denne havstrømmen spiller for karbonsyklusen i Polhavet og Atlanterhavet. Resultatene viser at eksporten av organisk karbon var relativt stabilt mellom 2009 og 2015. I årene etterpå har dette minket noe, sammen med en reduksjon i transport av arktisk overflatevann.

Grønlandsisens bevegelser

[Olsen m. fl. \(2020\)](#) undersøkte Grønlandsisens bevegelser etter siste istid, og finner at isdekke kan ha trukket seg tilbake med 80 - 400 meter i året. Isdekket har også stått stille under tilbaketrekkingen, opptil flere hundre år, og bygget opp havbunnsformer.

Rekonstruerte temperaturvariasjoner

I løpet av de siste tiårene er overflatetemperaturen i Labradorhavet blitt stadig varmere. [Orme m. fl. \(2020\)](#) studerte rekonstruerte temperaturvariasjoner på havoverflaten i det sørvestlige Labradorhavet gjennom holocen (perioden fra slutten av siste istid til i dag, som kjennetegnes av jevne, milde temperaturer) ved å analysere fossile kiselalger, diatomeer, fra en marin sedimentkjerne. Dette ga innsikt i regionale klima- og havforhold fra de siste sju tusen år. Resultatene viste at den varmeste perioden i holocen i studieområdet varte til ca. 5, 200 år før vår tid og ble fulgt av en gradvis nedkjøling med temperatursvingninger på 1–2 ° C.



ISFRIE HAVOMRÅDER Varmt atlantisk vann og vinterstormer holder havet nordvest for Svalbard isfritt gjennom hele året, til tross for bitende kulde og fravær av sol om vinteren. Trenden går nå også mot isfrie områder i andre deler av Polhavet, året rundt. Foto: Marcos Porcires, NP

2000 år med klimadata

[Konecky m.fl. \(2020\)](#) presenterer en omfattende database med hydroklimatiske tidsserier fra både terrestriske og marine områder fra alle verdenshav og kontinenter. Databasen er egnet for undersøkelser av globale og regionale variasjoner i nedbørmengde over de siste 2000 år, og er et viktig bidrag til klimaforskning og klimamodellering.

Øker opptaket av klimagasser

I en artikkel av [Lannuzel m. fl. \(2020\)](#) har et stort internasjonalt samfunn av havisforskere vurdert og definert forventede endringer i arktisk havisfysikk, biologi, biogeokjemi og de tilknyttede økosystemene, ved hjelp av fremtidige scenarier for endringen i havisdekning og -egenskaper. Økende lysinntrengning starter den sesongbaserte primærproduksjonen tidligere. Denne tidligere oppblomstringssesongen kan lede til flere isalger og økt planteplanktonbiomasse, som øker opptak av klimaaktive gasser som CO₂. Nettoeffekten på atmosfære-hav CO₂-utvekslingen er imidlertid vanskelig å forutsi. [Sert m.fl. \(2020\)](#) studerte hvordan metangassutslipp påvirker sammensetning av organisk materiale i vannsøylen i Spitsbergen og i Barentshavet, og konkluderte med at det er mer mangfold i sammensetningen av organisk materiale ved steder med metangassutslipp.

Albedo i Polhavet

«Geoengineering» har på norsk blitt kalt «klimafiksing». Innenfor dette feltet har det blitt foreslått å øke albedoen i Polhavet ved å gjenopprette tapt havis, for å skjerme havet under og begrense absorpsjon av solstråling. [Miller m. fl. \(2020\)](#) undersøkte to slike forslag og konkluderer med at slike store prosjekter må først undersøkes for effekter på biogeokjemi i havisen, det underliggende vannet og den overliggende atmosfæren.

Forskning i Antarktis

Marine verneområder

[Hindell m fl. \(2020\)](#) har sammenstilt et stort datasett med sporingsresultater for toppredatorer for å identifisere viktige økologiske områder i Sørishavet. Studien viste at eksisterende og foreslåtte marine verneområder omfatter mindre enn en tredjedel av de viktige økologiske områdene som ble identifisert, og er et viktig bidrag til det pågående arbeidet med et marint verneområde utenfor kysten av Dronning Maud Land.

Pelsselens næringsjakt

For første gang er det beskrevet hvor antarktiske pelsselhanner (nær den vestlige Antarktishalvøya) jakter mat ute på havet ([Lowther m.fl., 2020](#)). Forskerne brukte satellittsendere i kombinasjon med data av hvor krillfiskerier foregår, for å få innsyn i hva som kan forårsake nedgangen i antall ringpingviner i regionen. Voksne pelsselhanner overlapper betydelig i områdene hvor fiskerier foregår og der hvor ynglende pingviner finner mat. Felles for både selene og pingvinene, er at de jakter på krill. Forskerne understreker at i områder hvor fiskerier, pelssel og pingviner lever side om side, har det ikke foregått noen overvåkning av pingviner på 30 år, slik at det er vanskelig å si noe om fiskeriens eventuelle effekt på ynglingen til disse pingvinene.

[Pajmans m.fl. \(2020\)](#) viser at minst fire bestander av pelssel i Antarktis gikk gjennom kraftige bestandsreduksjoner etter den kommersielle selfangstperioden, uten tap av genetisk diversitet. De effektive bestandsstørrelsene var redusert helt ned til 150-200 individer. I en studie av [Peart m.fl. \(2020\)](#) ble effektiv bestandsstørrelse (et vik-



KRILL 90 prosent av planteplanktonet i Sørishavet blir konsumert av beitedyr som krill, som igjen er mat for større dyr som fisk, sjøfugler, sel og hval. På bildet studerer forskere krill. Foto: Rudi Caeyers

tig mål for genetisk diversitet) beregnet for 17 ulike selarter. Sammenlikning av effektiv bestandsstørrelse med faktiske, nåværende bestandsestimater, viste seg å være nyttig for å identifisere bestander og arter som trenger økt oppmerksomhet om bevaring.

Høye nivåer av algebiomasse

Forskere har identifisert prosesser som driver CO₂-dynamikken i hvert sjøslag (overflate, indre og bunn) fra McMurdo-sundet i Ross-havet, fra senvinteren til sommeren, og de fant et av de høyeste nivåene av algebiomasse som noensinne er rapportert fra et marint miljø ([Van der Linden m.fl. 2020](#)).

Planktonoppblomstring etter brekalving

[Liniger m.fl. \(2020\)](#) på sin side undersøkte hvordan kalving av en større bretunge i Mertz polynja påvirket oppblomstringen av planteplankton. Betydelige endringer skjedde etter kalvingen, inkludert en økning i klorofyll, som indikerer stigning av planteplanktonbiomasse.

Antarktispetrell er isavhengige hele året

[Delord m.fl. \(2020\)](#) dokumenterer at antarktispetrell flytter seg nordover til iskantsonen i Weddellhavet etter hekkesesongen, hvor de overvintrer fra april til august, noe som bekrefter artens isavhengighet gjennom

hele året. [Tarroux m.fl. \(2020\)](#)

viser imidlertid at antarktispetrell kan beite i både tette og åpne sjøis-habitater uten noen åpenbar effekt på fysiologi eller diett. En slik individuell variasjon i beitestrategier kan øke motstanddyktigheten mot det forventede sjøistapet.

Nitrat og isalgevekst

Is og havis har betydning for primærproduksjonen i Sørishavet, men det er store kunnskapshull når det gjelder detaljene. [Duprat m.fl. \(2020\)](#) antyder at nitrat er det viktigste næringsstoffet som kontrollerer isalgeveksten i sjøis på sommeren, og ikke jern. Studiet fant også jernrik «platelet ice» under isen foran Moskva Universitet-isen, en smal isbrem i Øst-Antarktis.

Algenes mat- og klimarolle

[Moreau m.fl. \(2020\)](#) undersøkte algeoppblomstringer i Sørishavet med data fra syv ARGO-bøyer (selvstyrte havforskningsroboter) og finner at 90 prosent av

planteplanktonet blir konsumert av beitedyr som krill. De resterende 10 prosentene transporteres til bunnen. Dette mønsteret var konsistent i hele studieregionen over en periode på tre år, og dekket to av de tre største leveområdene for krill i Sørishavet. Funnet



MARINT FUGLELIV Sjøfuglene i Antarktis er nært knyttet til det marine miljøet og henter all sin næring her. På bildet er en ringpingvin-familie foreviget under feltarbeid i Vest-Antarktis. Foto: Audun Narvestad, NP

understreker algenes viktige betydning i Sørishavet, de er føde for krill, som igjen er mat for større dyr som fisk, sjøfugler, sel og hval. Alger har også den unike evnen til å fjerne CO₂ fra atmosfæren.

Gruppeforsvar mot predatorer

En studie av [Busdieker et al. \(2020\)](#) viste at sjøfuglen sørjo sitt uttak av antarktispetrell er lavere i områder med høy petrelltetthet. Dette kan sannsynligvis forklares med at petrellungene lykkes med gruppeforsvar.

Transporterer nitrat og silikat

En mesoskalavirvel etterlater et markant avtrykk på havoverflaten, og mønsteret er så kraftig at det vises på satellittbilder. [Patel m.fl. \(2020\)](#) viste at to mesoskalavirvler fra Sørishavet transporterer vann med høy nitrat- og lav silikatkonsentrasjon inn i den sub-antarktiske sonen. Denne transporten har ubetydelig påvirkning på lokal biologisk produksjon, men har potensial til å endre næringsinnholdet i vann som blir eksportert fra Sørishavet til lavere breddegrader.

Næring til havbunnen

[Ziegler m. fl. \(2020\)](#) benyttet tidsserie-fotografier tatt på havbunnen i en fjord på Antarktishalvøya gjennom ti måneder for å vise sesongutviklingen i tilgangen på næring (i form av synkende organisk materiale).

Studien viser at tilførselen av næring til havbunnen skjer over korte, intense perioder mens fjorden er isfri. Disse avsetningsperiodene genererer et «matlager» for benthiske organismer (arter som lever i den nederste økologiske delen av vannmassen) gjennom vintersesongen. Både små organismer og større megafauna deltok i prosesseringen på havbunnen.

Ekstrømisen er dypere enn antatt

Antarktis er i stor grad omgitt av flytende isbremmer. Disse spiller en avgjørende rolle i å regulere strømmen av is fra kontinentet til havet. Ekstrømisen er en av mange relativt små isbremmer ved kysten av Dronning Maud Land. Forskning har vist at isbremmene kan smelte på grunn av varmen i havvannet under dem, og derfor er kunnskap om formen og dybden på havbunnen under isbremmene viktig for en bedre forståelse av denne smeltingen. [Smith m. fl. \(2020\)](#) viste at Ekstrømisen har mye større dybde enn tidligere kjent. Studien presenterer også nye målinger av vannmassene under bremmen,

og diskuterer hva den kartlagte geometrien betyr for tilgang på varmt vann og hvordan den observerte havbunnen har blitt dannet av historiske isstrømningsregimer.

Innsyn i kystområdene

[Zhou og Hattermann \(2020\)](#) utviklet en ny modell for å inkludere isbredynamikken i den numeriske havmodellen FVCOM. Utviklingen anses som et viktig mellomsteg for å bedre forståelsen av vekselvirkningen



MØTER MOTSTAND I REIRET Sørjoens fangst av antarktispetrell er lavere i områder med høy petrelltetthet, sannsynligvis grunnet petrellungenes gruppeforsvar. Foto: Sebastián Descamps, NP



HAVSØPPEL PÅ ØDE ØY Selv på verdens mest isolerte øy, Bouvetøya, finnes det havsøppe. Denne pelsselen var heldig og ble berget av forskere som fikk fjernet garnet fra dyrekroppen. Menneskeskapte påvirkninger som fiskeri trekkes frem som en av farene i en ny vurdering av trusler mot fugler og marine pattedyr i Sørishavet. Foto: Chris Oosthuizen

mellom den antarktiske og den grønlandske landisen og havet, og for å utvikle regionale modellsystemer til forvaltning av antarktiske kystområder. [Jourdain m.fl. \(2020\)](#) på sin side beregnet smeltemønstrene på undersiden av isbremmene, som stikker ut i havet fra den antarktiske innlandsisen.

[Nowicki m.fl. \(2020\)](#) beskriver det eksperimentelle oppsettet for en samling av frittstående dynamiske modeller for innlandsisen på Grønland og i Antarktis. [Barthel m.fl. \(2020\)](#) analyserte resultater fra globale klimamodeller for å velge ut inngangsdata til simuleringene av innlandsisens utvikling. En annen studie viser simuleringer fra dynamiske ismodeller som anslår at den antarktiske innlandsisen sitt bidrag til havnivåendring etter oppvarming i perioden 2015–2100 kan variere fra –7,8 til 30 cm ([Seroussi m.fl. \(2020\)](#)).

Trusler mot dyrelivet

[Bestley m.fl. \(2020\)](#) gir en detaljert vurdering av de direkte og indirekte truslene mot fugler og marine pattedyr i Sørishavet. Dette gjør de ved å samle tilgjengelige vitenskapelig informasjon og plassere det i sammenheng med a) framtidige klimaendringer og b) direkte menneskeskapte påvirkninger som fiskeri.

Sensitive isbremkanaler

[Drews m. fl. \(2020\)](#) brukte radar til å analysere is-stratigrafi og kanaler i Roi Baudouin-isbremen i Dronning Maud

Land. De fant at kanalene er sensitive for anomalier (avvik) i massebalansen på overflaten, og at de tenderer mot å forskyve seg mot vindretningen.

Strukturer i berggrunnen

[Morlighem m.fl. \(2020\)](#) laget en topografisk modell for grunnen under innlandsisen over hele Antarktis ved å bruke alle tilgjengelige geofysiske data og en ny metode som baserer seg på brehastighetsdata og prinsippet om massekonservering, tidligere utviklet for bruk på Grønland. Det nye datasettet avslørte mange tidligere ukjente strukturer i berggrunnen, for eksempel fjellrygger under isen som kan stabilisere isstrømmingen i en region. Studien gir viktig innsikt i stabiliteten til ismassene rundt omkring i Antarktis.

Vinddrevet vann påvirk-er sommeroppvarmingen

[Hahn-Woernle m. fl. \(2020\)](#) viser hvordan sommeroppvarmingen i en antarktisk fjord styres av vinddrevet utveksling av vann mellom fjorden og havet utenfor, i tillegg til varmetilførsel fra atmosfæren. Klimaendringer kan dermed ha både varmende og nedkjølende effekt på overflatelaget gjennom henholdsvis økt lufttemperatur og økt tilførsel av smeltevann.

Isbremmens sårbarhet

[Daae m.fl. \(2020\)](#) undersøkte sårbarheten til verdens nest største isbrem, Filchner-Ronne isbrem, som strekker seg ut i det sørlige Weddellhavet. Tidligere studier tyder på at det er et vippepunkt i klimasystemet som kan føre til en kraftig økning av smelting under denne isbremen. Resultatene fra studien tilsier at utviklingen av kyststrømmen i oppstrømsområdet øst for Weddellhavet og sjøisproduksjonen i sørlige deler av dette havet, er avgjørende for om et slikt vippepunkt vil bli nådd i et framtidig klima. [Hausmann m. fl. \(2020\)](#) presenterer et nytt havmodelloppsett som simulerer sirkulasjonen og smeltingen under Filcher-Ronne. Modellen viser hvordan tidevannsbølger under isbremen, gjennom økt smelting og vannutskiftning, påvirker bunnvannsdannelsen på kontinentalsokkelen i Weddellhavet.

Database om klimatidsserier

[Konecky m.fl. \(2020\)](#) presenterer en stor ny database med hydroklimatiske tidsserier fra både terrestriske og marine områder fra alle verdenshav og kontinenter. Databasen er eg-

net for undersøkelser av globale og regionale variasjoner i nedbørmengde over de siste 2000 år, og er et viktig bidrag til klimaforskning og klimamodellering.

Rekonstruerte temperaturer

Gjennom å rekonstruere temperaturvariasjoner på havoverflaten i Sørishavet med data fra marine sedimenter, dokumenterer [Orme m.fl. \(2020\)](#) økt variabilitet gjennom epokene midtre til sen holocen. Studien indikerer hundreårsvariabilitet i havoverflatetemperaturen knyttet til endringer i atmosfærisk sirkulasjon og konveksjon i Sørishavet. Teknologisk utvikling er et viktig element knyttet til utforskningen av innlandsisen i Antarktis og vår mulighet til å innhente data om tidligere klima. [Rodriguez-Morales m.fl. \(2020\)](#) beskriver et nytt isradarsystem og dets anvendelse ved Dome Fuji på Antarktiskplatået, der formålet er å lokalisere den eldste isen ved bunnen av innlandsisen for studier av tidligere klima.

Geologi

[Wang m.fl. \(2020b\)](#) har ved hjelp av radiometrisk datering og isotopanalyser av eldre gneiser fra sentrale deler av Dronning Maud Land vist at gneisene ble dannet ved kontinental øybue-magmatisme i tidsrommet fra 1160 til 1070 millioner år siden. Et annet studie av [Wang m.fl. \(2020c\)](#), som også baserer seg på radiometrisk datering og isotopanalyser, konkluderer at yngre granitiske bergarter fra Dronning Maud Land ble dannet både under og etter sammenstillingen av Gondwana i perioden 640 - 485 millioner år siden. [Elvevold m.fl. \(2020\)](#) har gjennom studier av mineralreaksjoner og -teksturer, samt modellering basert på kjemiske analyser, dokumentert at gneiser fra fjellkjeden Mühlig-Hofmannfjella gjennomgikk høy-temperatur metamorfose, etterfulgt av tektonisk strekning og dekompresjon. Radiometrisk datering indikerer at metamorfosen fant sted i tidsrommet fra 570 til 525 millioner år siden.

Logistikk

Troll i Antarktis

Høysesongen for forskning og logistikk i Antarktis og virksomheten på Troll-stasjonen er knyttet til sørsommeren, fra tidlig i november til mars. Troll har et overvintringsteam på seks personer som driver stasjonen og infrastruktur for forskning og samarbeidende institusjoner i perioden tidlig mars til november. I løpet av året ble det gjennomført nødvendig vedlikehold av Troll og annen infrastruktur, uten større ombygginger. Statsbygg gjorde en befaring på stasjonen som resulterte i en rapport som konkluderer med at den tekniske tilstanden til basisin-



SMELTEHULL Glasiologer på feltarbeid på isen ved Troll, i regi av prosjektet BIOICE. Forskerne undersøkte de fysiske forholdene i smeltehull i blåisen, også kjent som "kryokonitthull", som gjør at lys kan trenge gjennom og produsere vannforsyning til økosystemene. Foto: Elisabeth Isaksson, NP

frastrukturen ikke er tilfredsstillende, med høy risiko for havari på strøm- og energiproduksjonen med påfølgende nedstengning. I rapporten kommer det blant annet fram at kraftforsyningen er i kritisk stand. I revidert nasjonalbudsjett ble det bevilget midler til et nødaggregat på bakgrunn av rapporten.

Feltstøtte til forskere

Under sjøfuglarbeidet på Svarthamaren i Dronning Maud Land ble som vanlig Tor-stasjonen brukt. Feltarbeidet ble støttet

med logistikk, sikkerhetsopplæring og proviant, og ble avsluttet tidlig i februar da deltakerne ble hentet tilbake til Troll. Glasiologi-prosjektet [BIOICE](#) fikk også logistikkstøtte, i tillegg til at det var ettersyn på deres instrumentering til atmosfæreforskning på Troll.

Sprekker i isbremmen

Det er oppdaget bevegelser og større sprekker på isbremmen nærheten av Sledeneset,

der forsyningskipet til Troll legger til. Måling av sprekken fra februar til desember viser at den har utvidet seg med 2,8 km. Tiltak er satt inn i form av overvåking, men på ett eller annet tidspunkt vil en del av isbremmen brekke av. Depotet for mellomlagring av containere er etablert i trygg avstand på innlandssiden av sprekken.

I 2020 ble det gjennomført to transporttraverser tur/retur Troll – Sledeneset, en travers med varighet på om lag fem dager.

Vær-rapport fra Troll

I 2020 ble det etablert et formelt samarbeid med Meteorologisk institutt om daglig vær-rapportering fra Troll. Været rapporteres kl. 06:00, 12:00 og 18:00 alle dager, året rundt.

Fartøylogistikk

DROMSHIP er et norsk initiativ der nasjoner og institusjoner deler fartøy og kostnader for forsyning av stasjoner i Dronning Maud Land. I 2020 var kun Norsk Polarinstittutt deltaker i DROMSHIP, og vi betalte dermed alle kostnadene. I løpet av året gjennomførte vi et pilotprosjekt på fartøyet vi årlig leier til forsyning av Troll, Malik Arctica. Deler av konteinerfartøyet ble bygd om for å kunne drive med enkel forskning og overvåking,

JUL PÅ TROLL Sommerpersonell og overvintreere på Troll-stasjonen samlet til bilde på julaften 2020. Foto: Øyvind Nesvaag, NP





TIL STEINARKIVET Bergartsprøver inneholder «ferdsskrivere» i form av mineraler, teksturer og kjemisk sammensetning, og blir lagret i steinarkivet. Geologene analyser prøvene for å blant annet avdekke bergartenes alder og utviklingshistorie. Dette bildet viser en breksje fra Snøfjella på Svalbard. Foto: Per Inge Myhre, NP

slik at vi kan vi få regelmessige data fra området.

Flyoperasjoner

Vedlikehold og oppgradering av Troll flystripe fortsatte i 2020. Ni interkontinentale flyvninger knyttet til virksomheten i Antarktis ble gjennomført i løper av året. I januar og februar gikk flyrutene Cape Town - Troll – Cape Town. Foran oppstart av sommersesongen i november ble det, på grunn av sterkt smittetrykk i Cape Town, utredet forskjellige alternative flyruter til Troll. Vi bestemte oss for ruten via Falklandsøyene som siste stopp før avreise Troll. Totalt i 2020 ble det fraktet 119 passasjerer (en vei) og 7,3 tonn gods via Troll.

Ny-Ålesund på Svalbard

Norsk Polarinstitutt driver Sverdrup og Zeppelinobservatoriet som en del av [Ny-Ålesund forskningsstasjon](#). Sverdrup er i tillegg vertskap for forskere fra norske og utenlandske institusjoner som ikke har egne langtidsprogram på stedet. Koronapandemien førte til en betydelig nedgang i både den norske og utenlandske aktiviteten ved Sverdrup. I 2020 hadde Sverdrup totalt 1559 forskerdøgn, noe som er en reduksjon på om lag 65 prosent fra 2019. Lavere forskningssaktivitet ga også mulighet til å rydde lagre og vedlikeholde materiell og bygningsmasse.

Forskning- og utsettingstokt

Koronapandemien og nødvendig arbeid på skroget til FF Kronprins Haakon, førte til at tokt ble kansellert i 2020. Første tokt dette året startet først i mai. Siste halvår gikk derimot etter planen. FF Kronprins Haakon gjennomførte totalt ni tokt, der to av disse var i regi av polarinstituttet. Effekten av koronatiltak var ikke fullt så merkbar i siste del av 2020, men det var nødvendig å endre avgang og ankomststeder siden Svalbard på dette tidspunktet stengte ned.

Det tradisjonelle utsettingstoktet på Svalbard ble gjennomført på sommeren, med støtte fra

KV Svalbard og Airlift. Toktet er NP-ledet, men med oppdragsgivere og deltakere fra Kystverket, Fyrtjenesten, Kartverket, SIOS og Meteorologisk institutt.

Kart/kartlegging

Geologisk kartlegging

Geologiske kart publisert i hovedkartserien er gjort tilgjengelig som en kart-tjeneste på nett, sammen med en visning av dette og andre geologiske kart og data kalt GeoSvalbard. Arbeidet med å katalogisere instituttets store steinsamling startet i 2017, og pr i dag er nærmere 3000 prøver katalogisert i Norsk arkiv for polare geologiske prøver med tilgjengelig informasjon om hver enkelt prøve. Polarinstituttet har i 2020 jobbet videre med kvalitetssikring og digital tilrettelegging av instituttets database for geologiske kart og tilknyttede data. Vi har lagt til rette for å produsere og publisere et geologisk og geomor-

fologisk kart i skala 1:50 000 over Jutulsesen i Dronning Maud Land. I tillegg jobbet vi med arkivet for geologisk prøvemateriale innsamlet under forskningsekspedisjoner til Arktis og Antarktis.

Topografisk kartlegging

Kartproduksjonen på Svalbard baserer seg på digitale flybilder etter nyfotografering av hele øygruppen i perioden 2008-2012. I tillegg produserer vi digitale ortofoto fra disse seriene. Kvitøya og Kong Karls Land er områdene som nå gjenstår før vi har nykartlagt hele Svalbard digitalt. Det jobbes også med å nykonstruere de gjenstående eldre digitale kartdata på sørlige Spitsbergen, som ble konstruert på flybilder i hovedsak fra 1990.

Ortofoto og nye terrengmodeller produseres fortløpende i kartkonstruksjonsprosessen og blir publisert blant annet i TopoSvalbard. Ortofoto over hele Nordaustlandet og Sørkapp Land ble produsert og utgitt i 2020. I tillegg skanner vi fortløpende gamle flybilder som i stor grad også gjøres tilgjengelige i kart-tjenesten [TopoSvalbard](#). Ved slutten av 2020 jobbet vi med skanning av bildeseriene fra 1958 og 1990.

Vi har tilrettelagt og overlevert et digitalt kartdatasett over Svalbard til Eurogeographics, som en del av Norges bidrag til EU. I 2020 fikk Forsvaret digitale trykkefiler av alle våre papirkart i hovedkartserien (S100) til sitt beredskapslager.

En heldigital produksjonsløype for å lage topografiske kart fra satellittbilder i Antarktis er etablert, og som ble benyttet til nykartleggingen av Jan Mayen. Kartdata innmålt for Troll og flyplassområdet i 2018 har også blitt ferdigstilt. Dette er viktige verktøy for



SØRKAPP LAND Terrengmodell for 3D-visualisering i kartprogramvare. Her fra østlige Sørkapp Land på Svalbard, med den nylig navngitte Telegrafbukta foran og Hornsundtind i bakgrunnen. Kart: Anders Skoglund, NP

planlegging, drift og vedlikehold av stasjonssområdet. Polarinstittuttet er navnemyndighet i de norske polarområdene, og godkjente i 2020 en rekke [nye stedsnavn](#) på Svalbard og i Dronning Maud Land.

Formidling

Digital fortelling og polarrekrutter

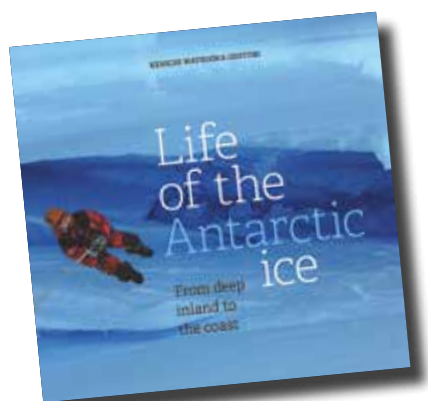
I 2020 fortsatte vi utviklingen av nettsiden [npolar.no](#), blant annet med en digital fortelling om livet i iskantsonen. Satsingen på utvalgte nøkkelarter (isbjørn og havhest) viste effekter av klimaendringer og miljøgifter, og satte artene inn en historisk sammenheng. Vi laget prosjektet polarrekruttene for elever i 9. klasse i Tromsø-skolen, der hovedpremien var deltakelse for to elever på sommerens plasttokt med forskningsskipet Kronprins Haakon. Koronapandemi og vedlikeholdsarbeid på skipet førte imidlertid til at toktet ble utsatt til 2021.

Etablerte debattserie

Vi opprettet også debattserien «Polarisert», hvor vi inviterer samarbeidspartnere, frivillige organisasjoner, myndigheter og journalister til å delta i dagsaktuelle problemstillinger. Den første debatten ble arrangert på verdens miljødag 5. juni, og temaet var “Lærdommer fra pandemien – takler vi en klimakrise?”.

Media i nord og sør

Medias søkelys ble rettet mot våre overvintre på Troll da koronapandemien slo ned i mars. Nyhetsbyråer fra inn- og utland rapporterte om de seks overvintre, som da hadde vært på stasjonen i flere måneder, og som delte råd om hvordan de taklet tilværelsen som fysisk isolert. Polarinstittuttet var også synlig i media innenfor en rekke andre områder; vi fortalte om den utrydningstruede hvithvalen, om økende smelting på Brøggerbreen på Svalbard, jakten på verdens eldste is i Antarktis og vi delte råd knyttet til iskantsonen, for å nevne noe. En breulykke



NY BOK Vi gir ut bøker, rapporter og kart. Boka “Life on the Antarctic ice” kom ut høsten 2020.



POLARISERT Vi lanserte debattserien «Polarisert» i 2020. Første tema ut var Norge og klimautfordringene. Panelet bestod av direktør Ole Arve Misund, Kent Gudmundsen (stortingsrepresentant fra Høyre), Silje Ask Lundberg (leder av Naturvernforbundet) og Skjalg Fjellheim (politisk redaktør Nordlys). Debatten ble ledet av kommunikasjonsdirektør Anja Kristine Salo. I bakgrunnen veggportrett av polarforsker Hanna Resvoll Holmsen. Foto: Ann Kristin Balto, NP

på Holtedahlfonna på Svalbard der personell fra oss var involvert, ble også omtalt i media. Gjennom året har ansatte levert kronikker til ulike norske medier, i tillegg til at vi jevnlig publiserer populærvitenskapelige artikler til nettstedet [forskning.no](#).

Bok, utstilling og nettsending

På høsten startet arbeidet med oppbygging av en tverrfaglig database over norsk antarktislitteratur. Glasiolog Kenichi Matsuoka var redaktør av boka «Life of the Antarctic ice», som vi ga ut på høsten. Vi bistod i ferdigstillingen av utstillingen om den norske polarforskeren Hanna Resvoll-Holmsen og den samiske polarfareren Per Savio, i foajeen på Framsentret. I forbindelse med Antarktisdagen 1. desember, produserte vi en nettsending for å rette oppmerksomhet mot forskning i sør, Troll og traktatsamarbeidet.

Miljødata

Norsk Polarinstittutt er det sentrale datasenteret for miljøkunnskap om polarområdene. Vi gjør egne miljø- og forskningsdata tilgjengelige for bruk gjennom maskinlesbare tjenester (API, WMS, cache), kartløsninger, visualiseringer og datakatalog. Dette skjer via [data.npolar.no](#) og [geodata.npolar.no](#). Datasenteret forvalter i øyeblikket 434 datasett, hvorav 243 er direkte tilgjengelige. I alt ble 32 nye datasett publisert i 2020. Geodata videreformidles gjennom Geonorge, og forsknings- og overvåkingsdata gjennom nasjonale fellesløsninger som NMDC (Norwegian Marine Data Centre), Norddatanet og SIOS dataportal. Instituttets datakatalog blir høstet av internasjonale datakataloger. Tema-data på kart formidles til brukerne gjennom [svalbardkartet.npolar.no](#) I 2020 ble data-serien for isfrekvens i Barentshavet oppdatert med nye data fram til og med 2018. Et nytt informasjonssystem for isforhold rundt Svalbard er under utvikling.

Director's Report

2020 proved to be a very different, but eventful, year in many ways in the service of Polar Norway.

In January, the Norwegian Polar Institute arranged a study trip to Troll Research Station in Antarctica, to which Secretary of State Atle Hamar (Liberal Party) of the Ministry of Climate and Environment was invited. The Secretary of State and senior officials from the Ministry of Foreign Affairs, the Ministry of Justice and Public Security and the Ministry of Education and Research also took part. The aim of the trip was to raise awareness of Troll and the role it plays in Norwegian Antarctic research and politics, as well as to discuss Norwegian and international research cooperation in Antarctica. The rector of the University of Oslo and the directors of NILU, NORSAR and the Bjerknnes Centre for Climate Research, all important partners, also took part in the study trip.

The ravages of time have left their mark on Troll Research Station, which opened in 1990. In February, the Norwegian Directorate of Public Construction and Property (Statsbygg) concluded that "this is a station which is approaching the end of its lifespan". In the autumn, the Institute received the pleasing news from the Ministry of Climate and Environment that an assessment of Troll was to be carried out with a view to upgrading the station. A new and much-needed emergency power supply system was also included in the revised National Budget.

In March, the COVID-19 pandemic spread to Norway in earnest, and the Institute established an emergency staff unit in the early morning of 12 March. In the time that followed, the Institute was run by a strategic and operational management team. In Tromsø, we worked from home. We kept in touch with each other via digital platforms, enabling all employees to participate, regardless of where they were on the planet.

However, the COVID-19 pandemic affected our field and cruise operations in both the Arctic and Antarctic.

At Ny-Ålesund Research Station, where the Institute has the role of host, the pandemic made it difficult for most foreign operators to reach the site. However, the spring field-work programme was largely carried out as planned, aided by local resource persons who stepped in, enabling us to collect data and maintain vital time series.

Research cruises with the research ship "Kronprins Haakon" were cancelled in the late winter and spring. At the end of June, we resumed our operations with a somewhat limited crew.

Throughout the year, we worked on the planning of the 2020/2021 Antarctic season. A lot of time and resources were put into efforts to avoid bringing infection to the Antarctic continent. In close cooperation with the Council of Managers of National Antarctic Programs, we created protocols for transporting people to Antarctica by air and ship, which included quarantine and COVID-19 testing prior to departure. These protocols were closely followed by the new overwintering team and the summer personnel, who were flown in on a chartered flight directly from Gardermoen via Cape Verde, the Falkland Islands and then on to Troll. The same infection control routines were followed when the scientific team boarded the ice-class cargo ship "Malik Arctica" in Aalborg in November. The ship transported food and equipment to Troll, and the researchers made observations and took measurements in the Southern Ocean during the voyage.

In 2020, the Institute was involved in the German-led MOSAiC expedition, which involved the research ship "Polarstern" drifting across the Arctic Ocean, just as polar explorer Fridtjof Nansen had done on the Fram more than 120 years ago.

Despite the COVID-19 pandemic and the operational challenges that followed, most of our orders were fulfilled in 2020 as planned. Scientific production was strong and we completed our consultancy assignments as agreed. The Institute was pivotal to the dissemination of the scientific advice and premises for defining the marginal ice zone in the Barents Sea, which the Government concluded should follow a 15 percent ice frequency.

The Norwegian Polar Institute is one of the largest operators at the Fram Centre. During the first half of the year, a new steering group for the Fram Centre was appointed, with former director of the Norwegian Space Agency, Bo Anderson, as chairman and our own research director Nalân Koç as deputy director.

In September, Minister of Climate and Environment Sveinung Rotevatn (Liberal Party) visited the Institute. The Minister was briefed on climate change in the Arctic and opened

the ice laboratory at the Fram Centre, which is named after one of the Institute's first ice scientists, Torgny Vinje.

I would like to take this opportunity to thank the staff of the Norwegian Polar Institute for their strong commitment and hard work throughout the year, both professionally and collegially, and for their considerable understanding regarding the infection control measures. They have turned up loyally from their home offices, restricted their travel and followed what at times were demanding quarantine regulations. Many of our assignments have been completed thanks to close and excellent collaboration with many other operators, both in Norway and abroad. We look forward to a hectic 2021 and to displaying the same level of commitment to our polar regions once again.



Ole Arve Misund, Director

Annual Report

The organisation

In 2020, the management of the Norwegian Polar Institute (NPI) consisted of Director Ole Arve Misund, Head of Administration/Deputy Director Geir Andersen, Head of Research Nalân Koç, Head of Environmental Management and Mapping Evy Jørgensen (from 1 March), Head of Operations and Logistics John E. Guldahl, and Communications Director Anja Salo. The International Director (Kim Holmén) is also a member of the management group.

This is the NPI

The Institute can trace its origin back to the scientific expeditions to Svalbard in 1906–1907 that led to the founding of the Institute in 1928 and 1948. The Institute is based at the Fram Centre in Tromsø, a network of 20 institutions with specialist knowledge concerning the High North and polar regions. In addition, the Institute has staff at offices in Ny-Ålesund and Longyearbyen in Svalbard, and at the Troll Research Station in Dronning Maud Land in the Antarctic. We also run the Fram Laboratory in St. Petersburg. At the end of 2020, the Institute had 194 employees from 21 nations.

The Norwegian Polar Institute is involved in scientific research, mapping and environmental monitoring in the Arctic and Antarctic. The Institute is a directorate under the Ministry of Climate and Environment, provides the Norwegian State with expert and strategic advice concerning polar issues, and acts as Norway's environmental authority in the Antarctic.

Climate, pollutants, biodiversity and geological and topographic mapping are key tasks for the Institute. The same can be said of environmental monitoring in the polar regions, cooperation with Russia and circumpolar cooperation in the Arctic and Antarctic.

Fieldwork and data collection are vital for NPI: examples include studies of polar bears in and around Svalbard, drilling of ice cores in the Arctic and Antarctic, and measurement of sea ice in the Arctic Ocean. The Institute also equips and launches major expeditions to the polar regions.

The Ministry defines the scope and remit of the Institute, in consultation with the other environmental authorities. In addition, the Institute undertakes tasks financed by other ministries, environmental authorities and research institutes, the Research Council of Norway, and the European Union.

The Institute represents Norway in numerous international forums and collaborates with research institutes around the world. The

results of research and monitoring projects are submitted to Norway's central administration, research partners, international management processes, expert groups, schools and the general public. The Institute arranges exhibitions and produces books, reports and the scientific journal Polar Research.

Climate and environmental policy is divided into a number of result areas with specific national goals. The Institute is required to contribute to attainment of the goals in the following environmental areas:

- Biodiversity
- Pollution
- Climate
- The polar regions

Biodiversity

The Norwegian Polar Institute is working to achieve the national goal of ensuring that ecosystems in the polar regions are in good condition.

The Institute is a member of the [Expert Forum](#), which provides the knowledge base for the management plans for the Barents Sea and the marine areas off the coast of Lofoten. In the knowledge base for the marine areas, the marginal ice zone is defined as a particularly valuable and vulnerable area. Scientific knowledge concerning the physical, chemical and biological processes in the marginal ice zone lay behind the Institute's recommendation that the boundary of the marginal ice zone, as a particularly valuable and vulnerable area, be set to the southern boundary of the maximum ice distribution, i.e. 0.5% ice frequency.

A number of projects linked to marine management began in 2020, including work on environmental value assessments in [Particularly valuable and vulnerable areas](#), where the Institute is providing eight experts within the disciplines of physical and chemical environment, ice biota, plankton, seabirds and marine mammals. The monitoring group in the Expert Forum participated in the work relating to the environmental status report for the Barents Sea 2020.

The Institute also contributed maps and scientific verification in the work on the management plans for the Norwegian marine areas. New observation data concerning sea ice, oceanography and marine mammals, for example, has been collected and analysed for use in holistic marine management. Numerous scientific works were published in 2020. Samples of sea butterfly and plankton from the Barents Sea region were analysed by the Japan Agency for Marine Earth Science and Technology, which has developed

a method for monitoring the effects of ocean acidification.

The Institute continues to work on the knowledge status regarding the marginal ice zone and the distribution of marine mammals linked to seismics and noise issues, in partnership with a number of other institutions both in Norway and abroad. The Institute is also participating in the ongoing council work under the [China Council](#).

Pollution

The Norwegian Polar Institute is working towards the national ambition that pollution in the polar regions should not harm health and the environment.

In 2020, we continued our work to develop methods for monitoring microplastics in marine sediments, seawater, sea ice and seabirds in the Arctic. We published a "TemaNord" report on the environmental monitoring of microplastics in sediments in Greenland and Svalbard and on plastic pollution. The Institute is also a contributor to [AMAP's](#) expert groups on plastic in the oceans, including a national consultation on the microplastics document, which will lead to the publication of a report in 2021.

In 2020, the Institute participated in [PAME's](#) working group meetings. Here, we contribute knowledge about plastic in the oceans and provide specific input to the action plan. Together with [NIVA](#) and [NILU](#), the Institute has collected samples of pollutants from the Arctic for screening surveys and the Environmental Specimen Bank.

Six articles on the impacts of pollutants on birds and marine mammals were published in 2020. On behalf of AMAP, the Institute participates in the work to compile a report on the links between climate change and pollutants, while in the COPE project, we are working on time trends concerning pollutant data relating to kittiwake and glaucous gull. A number of articles concerning the effects of pollutants on polar bears were published.

Climate change

Society must prepare itself and adapt to climate change, according to the national goal which the Norwegian Polar Institute is working towards. In 2020, the Institute published 23 peer-reviewed articles and a peer-reviewed report on changes in the cryosphere and impacts on the rest of the climate system. The Institute is an important partner in an EU application which was submitted in 2020 concerning the development of a pan-Arctic observation system.

Six peer-reviewed articles were published under the topic of physical changes in the interaction between sea and land and how

these changes could impact on mass changes in the Antarctic ice sheet, and influence sea level forecasts in the future. Preparations for the future establishment of an atmospheric monitoring programme at the Troll station in Antarctica continued. New data from the northern Barents Sea and elsewhere has been analysed, and several publications relating to the marine area are in preparation.

The polar regions

The national goal for the Arctic is to protect the wilderness areas in Svalbard and ensure that biodiversity remains virtually unaffected by local activity.

The Institute is continually working to implement the research strategy for Ny-Ålesund. A milestone was passed in December with the launch of a [website](#) for Ny-Ålesund Research Station. This website describes in detail the opportunities for research and environmental monitoring in the area, and will provide a useful tool for those planning and carrying out projects in Ny-Ålesund.

In 2020, the Institute put considerable effort into establishing appropriate procedures for the planning and execution of official visits to Ny-Ålesund. This included a dialogue with the relevant ministries and the Governor of Svalbard, along with cooperation with Kings Bay concerning practical arrangements. During 2020, only two official visits to Ny-Ålesund took place, compared with 31 during the previous year, due to the COVID-19 pandemic.

The distribution of sea ice in Kongsfjorden (near Ny-Ålesund) has shown a markedly negative trend over the past twenty years, even though there was fjord ice there in 2020. During the year, a number of scientific articles were published on the topics of glacier mass balance, fjord ice distribution and ocean circulation in the Arctic. At ecosystem level, we have studied vegetation changes in Svalbard and the circumpolar region, both by comparing status and development trends and by developing models for anticipated changes. In addition, [COAT](#) – Svalbard was established and operationalised as regards onshore ecosystems. Work began on a monitoring protocol for Kongsfjorden, but was delayed due to the COVID-19 measures. A model of future changes in vegetation has identified precipitation as one of the drivers behind vegetation changes. In 2020, reports containing data on the environmental impact of traffic and other human activity in Svalbard were submitted in connection with the Government's work relating to tourism in Svalbard.

In Antarctica, we are working towards the national goal of facilitating management which reduces the risk of negative human impacts. We are prioritising the acquisition of environmental knowledge concerning the King Håkon VII Sea and parts of the Weddell Sea (marine areas in the Southern Ocean), including the knowledge base for future marine protected areas in these marine areas. Enabling both internal and external parties to use the Troll Station for research purposes is an important initiative.

In 2020, we expanded our data acquisition capacity in the Antarctic by using Troll Research Station's supply vessel as an observation platform. During the southern summer of 2019-20, it was mostly external projects which were using Troll, including NILU, the University Centre in Svalbard and the University of Oslo. The number of foreign guest days at Troll was somewhat higher during the southern summer season than in previous years.

Climate-Ecological Observatory for Arctic Tundra (COAT)

By Åshild Ø. Pedersen, Eva Fuglei, Jean-Charles Gallet, Jack Kohler, Jesper Mosbacher, Ingrid M. G. Paulsen, Stein Tore Pedersen and Virve Ravolainen, Norwegian Polar Institute

The *Climate Ecological Observatory for Arctic Tundra* ([COAT](#)) is a FRAM Centre response to the urgent international calls for the establishment of scientific and robust long-term observation systems. The programme enables the detection, documentation, understanding and predictions of climate impacts on Arctic tundra ecosystems.

COAT is a holistic ecosystem-based, question-driven, adaptive monitoring programme. The programme studies climate-sensitive species and functional groups in Arctic tundra ecosystems in the High Arctic (Svalbard) and Low Arctic (Finnmark). In Svalbard, COAT builds on and expands the existing long-term monitoring system under *Environmental Monitoring for Svalbard and Jan Mayen* ([MOSJ](#)). COAT has been implemented from a peer-reviewed science plan based on a comprehensive review of scientific literature. The Norwegian Polar Institute is leading the COAT Svalbard programme and, in 2020, the time series were used in the first operational *Panel-based Assessment of Ecosystem Condition for the Norwegian Arctic tundra*.

Food web modules

The high level of variability in the natural environment and amongst populations of animals, birds and plants makes long-term monitoring essential for environmental conservation, management and policy-making. COAT Svalbard contains five biotic monitoring modules which cover Arctic fox, goose, Svalbard reindeer, Svalbard rock ptarmigan and vegetation, and one abiotic module which concerns climate. Weather stations and a network of measuring stations for climate monitoring are pivotal in this regard. The modules consist of closely linked species and/or functional groups which are expected to be highly sensitive to climate change. Each module is described with expected direct and indirect relationships, and links between the components of the ecosystem being studied. Climate and management are the key drivers in these relationships.

Conceptual models, monitoring targets and state variables

The COAT science plan describes the adaptive monitoring method that has been adopted: How new knowledge, technology, scientific questions and management intervention can shape and be incorporated into models and monitoring designs in an iterative manner – a process that will also engage stakeholders and management authorities. The study methods include ground-based observations, automatic data recording and remote sensing.

In COAT, we identify driver-response relationships between components of the onshore food web, which are important for ecosystem functioning and management. We also examine how climate and management actions impact on these relationships. The likely paths for such driver-response relationships are expressed in terms of conceptual models for each monitoring module. These models encompass tightly linked functional groups and/or species which are expected to be directly or indirectly affected by the same set of climate and management drivers. The purpose of the conceptual models is to form a framework for data-driven driver-response analyses and predictions of climate effects.

Each conceptual model outlines (1) key ecological interactions between levels in the food web, (2) the most likely pathways for impacts of climate change, and (3) the options and pathways for management to alleviate or mitigate negative pressure impacts. Although climate change is the main driver of ecological change, other drivers can be locally or regionally important. Some examples are harvesting, infrastructure development and human disturbance, which can be managed through local management actions. In COAT, monitoring targets (e.g. Arctic fox, reindeer and ptarmigan) that are subject to management actions are prioritised through the acquisition of state variables. Examples of such state variables are abundance, mortality, reproduction, body mass and the demographics of animals and birds.

From conceptual models to new knowledge

To facilitate data-driven driver response analyses and predictions, COAT's conceptual models must be translated into statistical models. A key aim behind the formulation of the conceptual models is to define the structure, i.e. the skeleton, of dynamical structural equation models, which is a statistical framework well-suited to this type of data. Together with the research project [SUSTAIN](#), COAT has analysed and tested such ecosystem models, where ecological state variables and their interactions are affected by a number of different drivers, including climate and management. This type of information is essential for the knowledge-based management of Arctic ecosystems. The conceptual models that include Arctic fox, Svalbard reindeer, Svalbard rock ptarmigan and goose have already undergone such an analysis. Holistic model-based studies require extensive long-term ecosystem-based monitoring, of which COAT is a good example.

COAT infrastructure

In 2016, COAT began the process of implementing research infrastructure linked to data capture, field logistics and data processing. To cover the range of variation in climate, natural environment and management contexts, data capture was distributed geographically throughout Svalbard, with the main regions being located in Nordenskiöld Land and Brøggerhalvøya and surroundings. The first three COAT weather stations, essential for quantifying key climatic variables, were set up in inland regions of Svalbard in 2019–2020. A further four weather stations will be set up in Svalbard during 2021–2022. Other types of infrastructure that have been set up are herbivore enclosures, networks of camera traps and acoustic sensors, telemetry equipment, drones and networks of small instruments that log climate parameters. The research infrastructure is suitable for studying ecological interactions and drivers in the monitoring modules.

The current implementation of COAT's research infrastructure is pivotal to [SIOS's](#) land module and will be completed in 2022.

Digital infrastructure

A data portal is a crucial part of the COAT infrastructure and is shared between the Low Arctic and High Arctic tundra regions.

The data portal contains primary data and associated state variables, and is open to external users. At present, the COAT team is establishing data format standards, organising and documenting data sets and developing appropriate solutions for downloading data. An open version of the data portal will be available in 2021.

The year of MOSAiC – participation in the largest Arctic expedition

By Mats Granskog, Dmitry Divine, Benjamin Lange, Norwegian Polar Institute

In 2020 the largest Arctic research expedition ever, [MOSAIC](#) (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate), took place, following in the 'footsteps' of the Fram drift expedition from 1893-96. The expedition started in late 2019 when the German research vessel Polarstern left Tromsø for the ice. This after nearly a decade of planning. The ship spent most of 2020 drifting in the ice pack of the Arctic Ocean, and despite the emergence of the covid-19 pandemic in the midst of the expedition, the final phase of the drift was successfully completed. This time it took less than a year to drift across the Arctic Ocean compared to the 3 years of the Fram.

The largest Norwegian contribution to the expedition was through the HAVOC (Safe HAVens for ice-associated Flora and Fauna in a Seasonally ice-covered Arctic Ocean) project, funded by the Norwegian Research Council, and led by the Norwegian Polar Institute (PI Mats Granskog). HAVOC is a large interdisciplinary collaborative project with several Norwegian institutions, with

the aim to better understand the role of sea ice ridges in the Arctic sea-ice system, both from a physical and an ecological perspective. Ridges are the most under sampled component of the sea ice system, due to the difficulty in working with these enormous features.

In total, HAVOC had six researchers, representing four Norwegian institutions, join the expedition on two different legs (out of five in total) of the full-year expedition. With two of them from the Norwegian Polar Institute. Scientist Dmitry Divine spent the polar night on board the research vessel Polarstern, while post doc Benjamin Lange joined for a summer leg, both together HAVOC colleagues from other Norwegian institutions.

The conditions during the polar night were challenging, complete darkness, low temperatures and mobile ice made the work difficult. But several autonomous measurement systems were deployed, and rare mid-winter observations of sea ice ridges were collected with great effort.

When nearly all other research expeditions around the world had been cancelled due to the pandemic, MOSAiC was able to continue with immense logistical efforts to make the operations safe during the pandemic. This meant that Polarstern had to leave the ice at end of leg 3 and depart to Svalbard, to make a safe crew exchange in Isfjorden in early summer 2020. When Leg 4 arrived at the MOSAiC floe during the onset of summer melt, the MOSAiC ice floe had broken up and many sampling locations and instruments were more difficult to reach. But with the midnight sun life had returned to the sea ice and ocean. Poor visibility, due to fog, and the recurring visits from many polar bears, multiple visits on the same day sometimes, added additional challenges.

Despite these challenges, the HAVOC team collected an unprecedented set of physical and ecological data from sea ice ridges, with great support from international collaborators. The immense amount of data during MOSAiC will certainly be worked on for decades to come.

Marine Protected Area in Kong Håkon VII Hav

By Gary Griffith, Birgit Njåstad and Cecilie von Quillfeldt, Norwegian Polar Institute

The Commission of Antarctic Marine Living Resources ([CCAMLR](#)), currently with a membership of 25 countries (including Norway) and the European Union, has over the last couple of decades worked toward creating a network of Marine Protected Areas (MPAs) that aims to provide protection to marine species, biodiversity, habitat,

foraging and nursery grounds, and in some cases to preserve historical and cultural sites. The network of planned MPAs will be a significant contribution to the global effort to protect the world's oceans. As part of this effort, work is underway to protect and conserve the values of the Weddell Sea and Kong Håkon VII Hav.

The Weddell Sea and the neighboring Kong Håkon VII Hav (outside the coast of Dronning Maud Land) in Antarctica is a pristine ecosystem. The area has outstanding biodiversity including emperor penguins and many species of seals and whales. The seabed of the Weddell Sea has nutrient rich benthic ecosystems that rival the biodiver-

sity of coral reefs with an array of unique creatures such as glass sponges, and benthic fish that build nests and care for their young. With climate change, the region may serve as a refugia for cold-adapted species.

It has been agreed to develop the MPA proposals for this area in two phases. A proposal for the Weddell Sea MPA - WSMMPA Phase 1 - was presented to CCAMLR in 2019 – with Norway as a co-sponsor. Norway plays a key role in developing the scientific foundation for WSMMPA Phase 2, which is a continuation of WSMMPA Phase 1 and covers the Håkon VII Hav area.

Challenges

The Norwegian Polar Institute in collaboration with the Institute of Marine Research and interested scientists from CCAMLR member countries and the broader science community has been leading the development of scientific knowledge for WSMMPA Phase 2. The project for simplicity known as MAUD, has been a key project for NP in 2020. Earlier, an International Workshop was held in Tromsø in May 2019 with the aim to discuss the existing knowledge of the area and see what additional knowledge was required to plan an MPA.

From the workshop discussions we decided on three aims. First, documenting the available information for the area. Second, identifying the knowledge gaps and how to address them. Third, deciding on an approach to data collection, storage and modelling to achieve the best outcomes.

We were fortunate that colleagues, from the Alfred-Wegener Institute (Germany) the British Antarctic Survey (UK) already had data and models that we could use as a starting point. Even so it was clear that the area had relatively little data. The 2019 research cruise of the RV Kronprins Haakon on its maiden voyage to Kong Håkon VII Hav has proven invaluable in providing new data. The 2020/21 Troll Transect (utilizing the Troll resupply vessel as a research and observation platform) will also help with additional important oceanographic data.

Knowledge is key

One of the challenges we have is to prove that the scientific knowledge we generate is suitable for developing a MPA proposal. The data and analysis must be open and transparent and undergo intense scrutiny. Anyone of the interested parties, from the scientists to stakeholders, needs to be able to clearly see how we reached a scientific conclusion.

We approached this problem by creating an on-line Atlas that summarizes observational and modelled data, analysis and expert knowledge. This allows people across a broad range of expertise and backgrounds within CCAMLR and the broader

science community to view the scientific knowledge we are collecting. The Atlas has proven to be invaluable in summarizing knowledge and analysis that now runs to thousands of files across many countries and institutions

A base to start

To help us with spatial planning of Kong Håkon VII Hav we need a foundation of the important benthic and pelagic features. We have used an existing benthic regionalization developed through the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). We then worked with German colleagues to identify those specific features such as seamounts that are important conservation features. We have developed our own pelagic regionalization model using a new method. This has identified the important water masses and coastal and deep-water polynyas. The polynyas are areas of open water surrounded by sea ice and very important for marine life.

Species to conserve

We know that there are some species that are vital to the ecosystem as a food source, and we must protect. To do so we need to know where they are likely to occur. For many of these species we have only a limited number of observations. Thanks to support from the science community, we have been provided with new data, models and expert knowledge that have helped fill some gaps. For certain key species such as Antarctic krill, Ice krill and Antarctic silverfish that are important energy sources, we have developed our own models. These are spatial habitat models that show the probability of a species occurring in an area and how certain we are of our results.

We have also been focusing on species that provide critical insights on the state of their surrounding marine environment and can be considered as indicator, or sentinel species. One such species are the iconic emperor penguins that have significant breeding colonies in the Weddell Sea. We contributed to an international effort looking at all Antarctic penguins and the results have provided important information to help with our planning, but also on how MPAs can be used to for protection efforts aimed at all Antarctic penguins.

The animals that live on the sea floor have also been a focus of our work. Recent results from colleagues at the Sorbonne University have helped us identify other important areas for animals such as starfish. We now also have a model to show how these areas may change with current climate change forecasts. The Museum in Bergen is currently analyzing video footage from the underwater vehicle *Ægir* deployed on the NPI led 2019 Research cruise to help us with our benthic work.

Connectivity

We have focused some of our work on looking at how the larval stages of key species such as Antarctic krill and Antarctic toothfish are transported by ocean currents within Kong Håkon VII Hav and regionally around Antarctica. This will help us understand how larvae move within the planning area for WSMMPA P2 and around Antarctica. Combined with knowledge on the biology and ecology of these species this can help us identify important areas for larvae as well as the pathways between these areas. We have conducted some sophisticated experiments on a supercomputer with Australian colleagues at the University of Queensland. These have identified potential “hotspots” where the larvae may concentrate, the key pathways within and to our area and raised some very interesting scientific questions. We are now working with the British Antarctic Survey to investigate the biological implications of our results.

What to conserve?

An important part of our work is to decide what are the Protection Objectives for an MPA proposal. We then need to take all our scientific knowledge to match each objective and show that we have enough knowledge to allow the CCAMLR members to transform this into an MPA. We have identified a preliminary set of eleven Protection Objectives based on our results so far. For instance, protection of spawning areas and nesting sites of demersal fish species including those exhibiting parental care. We will this year present the scientific knowledge we have developed so far for each Protection Objectives to the CCAMLR science community.

What to plan?

The scientific knowledge we are developing will be used to help ultimately plan the MPA. We have been working with colleagues at CSIRO/University of Queensland (Australia) and Princeton University (USA) to develop a decision support approach based on recent mathematical and computer advances to allow us to quickly explore and compare different conservation scenarios. We are already using this to see how our scientific knowledge as we develop it will impact planning scenarios.

Summary

We have highlighted some of the key work and achievements of the MAUD Project so far. The progress we have made has been due to the goodwill, collaboration and support of many people. We like to thank and acknowledge that support on a complex project. It is our aim to put forward the scientific basis for WSMMPA Phase 2 to the CCAMLR system in 2021 and it is currently our expectation that a final MPA proposal for WSMMPA Phase 2 would be developed and submitted to CCAMLR in 2022.

The glacier climate of Svalbard

By Geir Moholdt and Jack Kohler, Norwegian Polar Institute

Climate is what we call the average of weather over long timescales, ranging from seasons to years, or preferably, decades. Monitoring climate requires near-continuous measurements of rapidly-varying meteorological parameters, which is challenging in harsh and remote polar environments. An alternate way to gain insight into climate change in such locations is to study phenomena which are impacted by climate, with glaciers representing perhaps the most intuitive example. Glaciers are formed by annual layers of snow that gradually become compressed into ice, which flows by gravity downslope, where it is lost through melt, due to warmer temperatures at lower elevations, or if a glacier ends in water, by calving. Glaciers strive to attain a stable equilibrium geometry, balancing accumulation and ablation, but this rarely occurs, due both to changes in climate and to the long timescales required for dynamic adjustments.

Climatic mass balance is the difference between glacier growth in winter due to precipitation and glacier reduction in summer due to melting and runoff. This can be determined locally by measuring the seasonal change in snow/ice level height relative to reference stakes drilled into the glacier and combining that with density measurements from snow pits or cores. These measurements are ideally done at the point of maximum snow accumulation in spring and at the end of the melt season in late summer to determine the winter and summer parts of the mass balance. The reference stakes are typically placed along the glacier centerline from the front to the top to capture the altitudinal climate gradient and to be able to derive a total mass balance of the glacier which forms an integrated record of winter and summer climate.

The Norwegian Polar Institute monitors mass balance at four glaciers in the Kongsfjorden area and one glacier basin of the Austfonna ice cap on Nordaustlandet. The longest records are those of the two small valley glaciers, Austre Brøggerbreen and Midtre Lovénbreen, near Ny-Ålesund. These records, which started in 1967 and 1968, respectively, are among the longest uninterrupted mass balance records in the Arctic. Both glaciers have been in a state of negative mass balance since measurements started, with only two years with any mass gain. Typically, there is more than 1.5 times as much mass lost from summer melt than that gained from winter precipitation, resulting in an average vertical elevation change of more than 20 meters for the two glaciers. The altitude on the glacier at which the mass

balance is zero, where winter gains equal summer losses, is called the equilibrium line altitude (ELA). Over the recent decades, the ELA has been rising, exceeding in some years the highest elevations of the smallest, low-lying glaciers. These glaciers cannot survive under such conditions, as their accumulation areas simply shrink and disappear.

Conditions on the larger and higher altitude icefields and ice caps may seem better able to tackle the warming climate, but even on these glaciers, there has been a shift to increasingly more negative mass balance. Furthermore, their larger size makes them more important for the total glacier mass loss of the archipelago and its resultant contribution to sea-level rise. Many of these larger glaciers terminate into ocean water, which causes additional mass loss due to ice-front calving and submarine melting. NPI began to monitor mass balance on the larger glaciers Kongsvegen and Kronebreen/Holtedahlfonna, both of which terminate into Kongsfjorden, 1987 and 2003, respectively. Kongsvegen had a slightly positive climatic mass balance until the early 2000s, when it began to have a predominantly negative mass balance. The climatic mass balance of Kronebreen/Holtedahlfonna has also been negative for more most of the measurement period, but in addition, this glacier is dynamically very active, with substantial additional ice mass loss at its calving front; roughly as much ice is lost from calving and frontal retreat as from surface melt. Neighboring Kongsvegen, in contrast, has not been dynamically active, since it is a surge-type glacier.

Surging glaciers periodically alternate between long quiescent phases, in which surface velocities are relatively slow, and short surge phases, in which surface velocities rapidly increase, and glacier fronts advance, sometimes by several kilometers or more. Svalbard has the densest population of surge-type glaciers in the world, with relatively long repeat cycles lasting several to many decades. Kongsvegen last surged in 1948; since then, it has been in its quiescent phase. However, in 2015, our monitoring showed that the glacier had slowly begun to accelerate. It is difficult to say when the full surge will occur, but when it does, there will be a rapid transfer of ice mass from the highest to the lower parts of the glacier, and the glacier front will advance out into Kongsfjorden.

Colleagues from other institutions monitor glacier mass balance at several other locations on Spitsbergen, mainly smaller glaciers

along the west coast. All measurements show consistent results, with dominantly negative mass balance and an increasingly negative trend after 2000 ([Schuler et al. 2020](#)). On the eastern side of Svalbard, the only longer-term record is from Etonbreen of the Austfonna ice cap, one of the largest glaciers in the Arctic. This monitoring program was initiated in 2004 in collaboration with the University of Oslo, and has been maintained by annual field campaigns in April-May each year. Field campaigns are conducted each spring, aided by GPS and snow-radar profiling with snowmobiles. The climatic mass balance at Etonbreen has fluctuated around zero in the early years, but has become more negative recently. Additional mass is lost at the calving front, which is retreating steadily.

Common for all mass balance records is that winter accumulation is relatively stable, with only a weakly positive trend, while summer ablation is more variable from year to year. Summer balances exert most of the control on the total mass balance, even in positive years, which are more the result of cold summers and low melt than with snow-rich winters. There is also a trend of more negative mass balance during the last 1-2 decades, although this signal is somewhat masked by the high year-to-year variability. The most extreme negative mass balance was measured on the Kongsfjorden glaciers last year, in 2020. This record loss was due to a combination of little winter snow and extreme summer melt, especially in late July, when temperatures over 20°C were observed in Longyearbyen. Most of the winter snow melted away, revealing crevasses in the upper parts of glaciers which are normally hidden beneath a thick snow-cover; as a result, there is a larger area than usual where caution needs to be exercised in glacier travel in coming years.

Extrapolating the small scale in-situ mass balance measurements to the larger scale of all Svalbard glaciers can be done by modeling or by remote-sensing data. [Van Pelt et al. \(2019\)](#) used a glacier mass balance model, constrained by field-measured mass balance and meteorological data, to make a Svalbard-wide climatic mass balance record for the period 1957-2018. They found that the spatially averaged balance had shifted from being slightly positive in the first part of the period to being dominantly negative during the last two decades. If additional mass loss from calving and submarine melting at the glacier fronts is accounted for, the total mass balance is negative for the whole period.

This is in line with analysis of airborne and satellite data of surface elevation changes, which show widespread thinning along the margins of most Svalbard glaciers. [Morris et al. \(2020\)](#) found that Svalbard glaciers have thinned by an average of 0.5 m/yr over the period 2011-2017, a marked increase from previous decades, especially along the south and southeastern parts of Svalbard which face the Barents Sea.

Although models and remote sensing techniques keep on improving, they are still sensitive to biases and errors that can only

be resolved by high-quality in situ data from the glaciers. This is an important aspect of modern mass balance programs, and a series of add-on observations are therefore carried out, like automated weather/snow stations, time lapse cameras, ground-penetrating radar and coring for snow/ice properties, and GPS for surface elevation changes and ice velocity. Nevertheless, the most essential observables are still the old-fashioned stake readings and density measurements, carried out consistently after more than 50 years in Ny-Ålesund and providing unique records of

winter and summer climate on Svalbard, as well as being a part of a global network of similar monitoring programs ranging from the Arctic to the Rockies, Himalayas, Andes and Antarctic. Put together, these glacier-climate records are essential for our understanding of polar and alpine climates and for assessing glacier contributions to global sea level rise.

Research and fields in the face of the COVID-19 pandemic

Roger Sundkjer, Chief Security Office, Norwegian Polar Institute

On 30 January 2020, the World Health Organization (WHO) declared that the COVID-19 (coronavirus) outbreak had become a global public health crisis. The Norwegian Government and government agencies implemented a raft of measures to limit the spread of the virus. The Norwegian Polar Institute monitored developments closely.

We introduced strict infection control measures and made practical adjustments along the way, so that we could continue to carry out our work wherever possible in what has become a protracted preparedness situation, says Ole Arve Misund, Director of the Norwegian Polar Institute about the extraordinary “COVID-19 year”.

Every year, the Norwegian Polar Institute carries out logistical operations in both the Arctic and Antarctic. The safety and security of everyone involved is at the forefront.

COVID-19 presented us with additional hurdles in organising what were already challenging expeditions to the polar regions. We had to think outside the box as regards research cruises using the research vessel Kronprins Haakon, fieldwork in Svalbard and the operation of Troll and the other work being carried out in Antarctica, says Department Director John E. Guldaahl.

The Operations and Logistics Department has primary responsibility for the work linked to fieldwork and other operations in the polar regions.

Longyearbyen

The Norwegian Polar Institute’s head office in Svalbard is located in Longyearbyen and is an important base for research projects. The provision of logistical support for visiting researchers is a key task. In 2020, several projects had to be cancelled due to the risk of COVID-19 infection, although a number of projects did go ahead, albeit using alternative approaches.

The travel restrictions made it difficult to bring researchers and field assistants up from the mainland, but by training and using our own employees and local residents, we were able to continue many of the longer measurement series, says Section Leader Geir Ove Aspnes.

Some of the local residents who were hired had been laid off as a result of the COVID-19 pandemic.

The local Svalbardposten newspaper took an interest in the situation, writing articles explaining how the Norwegian Polar Institute was using local labour who had stepped up in the absence of the researchers.

We may well repeat this approach if it proves to be necessary in the future. Both the locals and our employees performed their tasks in an exemplary manner,” says Aspnes.

Ny-Ålesund Research Station – Sverdrup

The Norwegian Polar Institute is carrying out both short- and long-term studies at Ny-Ålesund Research Station, and is placed

under the Sverdrup unit. From here, we provide logistical support to researchers from Norway and elsewhere who work in the region. The peak season for research extends from late winter to early autumn.

Close cooperation and mutual adaptation, both internally and across institutes and nationalities, are a strong feature of the research community. This also became important when the COVID-19 outbreak struck in March 2020.

Kings Bay AS owns and operates the infrastructure in Ny-Ålesund and is also responsible for regulating local infection control measures. The lockdown had immediate consequences for the entire research community, especially for researchers at the foreign institutes who were not permitted to travel. Those researchers who did manage to travel came from Norwegian institutes and had to go into quarantine before they were permitted to interact with the other residents.

The restrictions led to virtually normal operations and enabled routine work at the Zeppelin Observatory to continue.

All collection of snow and air samples for both our own researchers and others was also taken care of. Due to the infection situation on the mainland, it was not possible for the Norwegian Polar Institute’s employees to travel when off duty in the normal way. We managed to expand the local capacity available to support the researchers who were unable to travel to Svalbard, says local leader Helge Tore Markussen.

The support provided by the local workforce enabled the Norwegian Polar Institute's work relating to both monitoring and sampling for the research being conducted on sea ice, snow and glaciers, acoustic recorders for ptarmigan and reindeer counts to be completed.

Inspections were carried out on instruments and air and water samples were taken for CNR (an Italian institute). The Norwegian Polar Institute also arranged for inspections to be carried out on vegetation plots for NERC (a UK institute) at times when their own staff were unable to travel. Considerable effort was made to maintain the operation of the instruments at the Zeppelin Observatory on behalf of other countries' institutes.

However, the fact that fewer researchers were able to travel to Ny-Ålesund in order to work led to a corresponding reduction in Kings Bay AS's income. This has created challenges for the operation of the research community.

"Once the pandemic has been brought under control, we hope and believe that the economics will improve as regards operation of the research activities in Ny-Ålesund," says John E. Guldahl.

Troll - Norway's national research station in Antarctica

Troll Research Station in Dronning Maud Land is the base for biological, glaciological and geological fieldwork during the Antarctic summer. The station operates year-round continuous, long-term monitoring series within the fields of meteorology, radiation, atmosphere, upper atmosphere, contaminants and seismology.

The transfer of personnel to and from Troll became a complicated and challenging process during the pandemic year 2020.

What was clear to us before the start of the season was that even a single case of COVID-19 at Troll could put a stop to everything. If this had happened, there would have been dramatic consequences because there is no medical apparatus in Antarctica to deal with this type of infectious disease," says Jon Hugo Strømseng, Section Leader for the Antarctic Section.

Ahead of the summer seasons, the Norwegian Polar Institute prepared risk assessments in connection with the transporting of new personnel to Antarctica. Several options were considered, including complete evacuation of the station.

The evacuation of Troll would have meant that there would be no overwintering in 2021. It soon became clear that this was not a desirable option. In addition to research-related arguments, Norway also has national interests in having a year-round manned research station in Dronning Maud Land.

The Norwegian Polar Institute would do its utmost to transport personnel without bringing infection to Troll. Consideration was given to using a longer transport route by sea from Tromsø to Antarctica, including use of the research vessel Kronprins Haakon.

The Norwegian Polar Institute drew up an infection control plan, which set out all the details of the transfer from Norway to Troll. Following careful trade-offs and the acquisition of landing permits, the final itinerary adopted was as follows: Tromsø - Oslo - Mount Pleasant (Falkland Islands) - Troll. Prior to departure, personnel and flight crew went into isolation for 14 days at a hotel near Gardermoen. The personnel also had to go into isolation for 1-2 days in the Falkland Islands at the request of the local authorities. A total of three flights were carried out in November and December to transport all essential personnel to Troll.

Once the personnel had arrived in Troll, essential supplies could be received by sea. The supplies were transported by the container ship Malik Arctica. Similar infection control measures to those used during the air operation were implemented. The crew spent 14 days in quarantine, and the vessel carrying cargo was disinfected before it left Aalborg in Denmark and headed for Antarctica. *I'm very pleased and relieved that we did not bring infection to Troll. However, it was a very challenging operation,* says Department Director John E. Guldahl.

With the aim of preventing the spread of COVID-19, there was no physical contact with other stations in Antarctica, although the institute has assumed that these stations have also followed infection control measures.

We believe that the Norwegian Polar Institute has managed its societal mission of operating the Troll Station in the best possible way, despite the challenges that the pandemic has thrown at us, says Director Ole Arve Misund, adding:

It is pleasing to note that we possess strong expertise in logistics and operations, and that we have both emergency preparedness and an international network in place which has enabled us to successfully overcome the unique challenges linked to Troll in a professional manner. It has been an extraordinarily resource-intensive process and I am extremely proud of all the staff who made this possible in 2020.

Knowledge

The work of the Norwegian Polar Institute is focussed on strengthening the knowledge base in areas where the environmental administration has direct management responsibility in the High North and polar regions, or where it plays a pivotal driving role in national and international processes. This chapter briefly explains new research, other knowledge production and other work being carried out by the Institute during 2020.

Environmental monitoring

The Institute is continually working to monitor the natural environment in the polar regions. In the Arctic, we are contributing monitoring via [MOSJ](#), [holistic marine management](#), [the environmental cooperation with Russia](#), and [AMAP's reports to OSPAR](#). In the Antarctic, we are supplying data to CCAMLR's [CEMP](#) ecosystem monitoring programme and to the Southern Ocean Observing System. In 2020, we collected data concerning many marine (sea ice, zooplankton, seabirds etc.) and terrestrial ecosystem components (Svalbard reindeer, Arctic fox, Svalbard rock ptarmigan and vegetation).

Major research projects

– The Nansen Legacy

The national [Nansen Legacy](#) project is investigating what will happen to physical processes and live resources when the sea ice melts and the northern Barents Sea opens up. Fish and commercial activity are shifting northwards to a marine area about which we know relatively little. This project will continue until 2023 and is being led by UiT–The Arctic University of Norway, assisted by the Norwegian Polar Institute and the University of Bergen. The project has participants from ten Norwegian institutes and universities. In 2020, two research cruises planned as part of the project were postponed, although the autumn cruise went ahead as planned.

– COAT

Climate-ecological Observatory for Arctic Tundra – [COAT](#) is a long-term ecosystem-based monitoring programme which is focusing on two drivers of ecosystem changes: climate and management. During the period 2016 to 2021, research infrastructure for adaptive ecosystem monitoring will be established in Svalbard. Seven full-scale meteorological stations on Nordenskiöld Land and in the Forlandssundet area are to be established, but start-up of the project has been delayed due to the scaling back of fieldwork in 2020. The establishment of field sites (measuring stations for vegetation, grazing animals and ice damage), the development of new methods (including drones, camera stations and listening stations for ptarmigan) and the procurement of equipment are all proceeding as planned. Find out more about COAT on page XX.

– SEATRACK

The [SEATRACK](#) programme is mapping the spatial distribution and movements of Norwegian seabirds outside the nesting season and monitoring populations that enter Norwegian waters from neighbouring countries. Phase 1 of the programme ended in 2018. Phase 2 has been expanded to cover colonies in Ireland, Western Scotland, Greenland and Canada, meaning that all the countries around the North Atlantic are now participating in the cooperation. The 2020 season was successful, but was scaled back as a result of the COVID-19 pandemic, which particularly affected the work being carried out in Russia, Scotland and the Arctic part of Canada, as well as Jan Mayen and to some extent Svalbard (reduced field staffing). Considerable effort was put into the preparation of a special issue of the journal “Marine Ecology Progress Series” (MEPS). The booklet contains 12 articles which will be published in autumn 2021.

The Arctic

The Arctic is getting warmer

In 2020, a new temperature record was set in Svalbard when a temperature of 21.7°C was recorded. Since 1997, every summer in Svalbard has had a mean temperature above the ‘normal temperature’ ([Svehagen et al. 2020](#)). To measure the effects of climate change, an international group of researchers has produced a handbook for standardised field and laboratory measurements in connection with terrestrial climate experiments and observations of changes in the soil-vegetation-atmosphere system ([Halbritter et al. 2020](#)).

Changing vegetation

[Ravolainen et al. \(2020\)](#) summarise vegetation changes in the High Arctic and propose an ecosystem-specific model for moss tundra vegetation which identifies key drivers of the system. This model has been implemented in COAT. [Taylor et al. \(2020\)](#) explain the development trends for Arctic biodiversity and biodiversity monitoring. [Christensen et al. \(2020\)](#) discuss the status and trends in Arctic biodiversity and explain how the [CBMP](#) circumpolar monitoring programme is using adaptive, ecosystem-based monitoring.

Marine warming

Warming is also evident in the marine environment. We are seeing structural ecosystem changes, where species which are common further south are moving northwards. Recent decades have also seen major changes in the sea ice cover. The glaciers in Svalbard are generally smaller and are increasingly retreating more on land. Fragments of glacier

are an important substitute for sea ice when the bearded seal give birth and suckle their pups. Despite these changes, the growth rate of bearded seal pups does not appear to have declined ([Kovacs et al. 2020](#)). Research also shows that the diet of ringed seals still consists mainly of Arctic species such as Arctic cod ([Bengtsson 2020 et al.](#)).

Ice-dependent species in decline

Like polar bears, ivory gulls rely on sea ice to find food. The population of ivory gulls in Svalbard was surveyed during the period 2009-2019. The research scientists found that the population numbered between 1,500-2,000 pairs in 2019, more than previously thought. However, the population has declined by 40% over the same period ([Strøm et al. 2020](#)).

At risk of genetic isolation

The lack of ice in the fjords is impacting on Svalbard reindeer. The reindeer will have less scope to disperse, which in turn could lead to greater genetic isolation, reduced genetic diversity and adaptation, according to the study by [Peeters et al. \(2020\)](#). In the case of barnacle geese, the picture is slightly more nuanced, as body condition has declined in breeding barnacle geese in Svalbard, yet surprisingly this it does not seem to have had a negative impact on the population ([Layton-Matthews et al. 2020](#)).

Viruses in Arctic foxes and seabirds

The impact of viruses in Arctic foxes is poorly understood, as is how the virus can be transmitted between populations. In a recent study, a relatively high incidence of the recently discovered *canine circo* virus was detected in the Arctic fox population of Svalbard. It has also been documented that the virus was circulating in the population as long ago as 1996 ([Urbani et al. 2020](#)). Another study showed that kittiwakes and glaucous gulls have antibodies against bird flu ([Lee et al. 2020](#)).

Female polar bears and denning areas

Female polar bears resident in Svalbard all year round use less energy than females which migrate across extensive areas between the islands and the marginal ice zone. Despite this, local females are in somewhat poorer condition in the spring than other females, probably because those living along the marginal ice zone hunt and catch seals all year round ([Blanchet et al. 2020](#)). Research also shows that females choose to hibernate in specific places with the right snow cover. [Merkel et al. \(2020\)](#) produced a model which indicates denning areas for polar bears, which corresponds well with observations of polar bears and denning areas.

Pollutants in polar bears

Polar bears which live amongst drift ice have higher levels of pollutants than bears which live along the coast, according to [Blévin et al. \(2020\)](#). This is probably due to polar bears catching prey at higher trophic levels in the food chain and expending more energy, with the consequence that they eat more food than coastal bears. Despite generally high levels of pollutants, polar bears in the Barents Sea have lower levels of mercury than those from Canada and the USA (Alaska), although there is a rising trend in mercury concentrations in polar bears from the Barents Sea ([Lippold et al. 2020](#)). Levels of fat-soluble pollutants in blood circulation in polar bear cubs are two and a half times higher than in their mothers. A study by [Herst et al. \(2020\)](#) suggests that mothers and cubs respond differently to pollutant exposure. Expression of the genes, which was linked to pollutant levels in the bears, was involved in metabolic processes, which may mean that metabolic processes are affected by pollutants from an early age.

Higher levels of PFAS in polar bears than in beluga whales

Perfluorinated alkylated substances (PFAS) have been produced in large quantities in areas far south of the Arctic before being transported northwards. Little is known about PFAS in whales, but [Villanger et al. \(2020\)](#) have measured levels of the substances in plasma from beluga whales from Svalbard. They found that PFAS levels were significantly lower in beluga whales compared with polar bears from Svalbard, and about half of the level found in some species of seal.

Plastic in petrels

[Kühn et al. \(2020\)](#) used two methods to identify plastic polymers in the stomachs of petrels from the North Sea region and from the northern and southern hemispheres. The results show that the quantities of polymer types in the stomachs of these seabirds are closely linked to the types of plastic that they eat.

Pollutants in glaciers

Despite restrictions on many chemical compounds, many of them can be found in the Arctic atmosphere, deposited with snow on the glaciers. A total of 43 pesticides and industrial substances based on chlororganic compounds were found in snow from four Svalbard glaciers ([Hermanson et al. 2020a](#)), suggesting a combination of long-distance transport and local sources. The nerve agent chlorpyrifos, which can affect the health of animals, was most widespread. [Hermanson et al. \(2020b\)](#) showed that three times more PCBs have been deposited in Svalbard than have been recorded in the Antarctic.

Pollutants in seawater, sea ice and sediments

[Von Friesen et al. \(2020\)](#) mapped anthropogenic microparticles (AMP) in seawater and sea ice north of Svalbard and in Kongsfjorden. This study shows that AMP are released from sea ice into seawater as the ice melts, exposing marine organisms to nano- and microplastics. Concentrations of AMP in Kongsfjorden were six to seven times higher than those found north of Svalbard. The composition of AMP in Kongsfjorden also indicates that local wastewater is a source.

Pollutants in the organophosphorus flame retardants (PFR) group are thought to be harmful to the natural environment. [Gao et al. \(2020\)](#) studied freshwater, seawater and sediments from four locations in and around Ny-Ålesund in Svalbard for PFR. Seven different PFRs were found dissolved in the water. The highest concentrations of the substance were found in fresh water. Human settlement, industrial activity, atmospheric deposition and local distribution within Ny-Ålesund all contribute to different PFR levels. The composition of the substance in the port area is influenced by local boat traffic and long-distance transport via the sea.

Seabirds and pollutants

Glaucous gulls from Svalbard exposed to higher levels of perfluorinated chemicals (PFAS) showed the slowest telomere shortening (an indicator of the physiological quality of birds) and higher survival rates ([Sebastiano et al.](#)). These surprising results are the first to show a link between PFAS, telomeres and survival rates in a wild seabird population.

PFAS is associated with a number of abnormalities in physiological and hormonal parameters. Studies show that PFAS can affect thyroid hormone levels in the blood. [Ask et al. \(2020\)](#) studied the associations between concentrations of PFAS, thyroid hormones and body condition in kittiwakes. Males generally had higher levels of PFAS than females. However, the reason for this difference is unknown and more research is needed on the topic.

Little auk breed throughout the Atlantic Arctic and carry out mass migrations from the breeding colonies to the wintering grounds in the southwest. [Renedo et al. \(2020\)](#) combined data from feathers/blood and tracking using light loggers from a number of breeding colonies. They found that the little auk accumulated most methyl mercury in the western part of the North Atlantic, and that exposure was highest outside the breeding season.

Changes in temperature, sea ice and CO₂ uptake

The ice cover in the fjords of Svalbard is expected to change as temperatures rise. [Dahlke et al. \(2020\)](#) studied the link between surface temperature and sea ice extent in Svalbard, and estimated that, in the future, the fjords in the north and east will have less ice and greater marine influence on the climate. [Johansson et al. \(2020\)](#) show that the season with sea ice in Kongsfjorden and Rijpfjorden in Svalbard has been shorter since 2002, and that there has been less ice in Kongsfjorden since 2006. A warmer climate is leading to changes in salinity and carbonate chemistry in Arctic and subarctic ecosystems.

2012 proved to be a relatively mild year in Svalbard, with extensive drift ice in Tempelfjorden. The drift ice largely consisted of meltwater from the glaciers which contained carbonate minerals from bedrock, while there was mainly frozen seawater in the fjord in the colder 2013 ([Fransson et al. 2020](#)). The differences in temperature and supply of fresh water between years affect the ability of seawater to absorb CO₂.

The role of ice algae under the magnifying glass

Ice algae grow on the underside of the sea ice, and its importance to the Arctic ecosystem is not well understood. Scientists have analysed fatty acids and stable [isotope ratios](#) in particulate organic carbon for selected fatty acid markers from an Arctic bloom of sea ice algae. The results show differences between different methods and bloom characteristics, which can produce contradictory and variable results between different indicators. The research scientists have shown that the cause of the significant variation is linked to a number of environmental factors, including light, temperature, nutrients and inorganic carbon ([Leu et al. 2020](#)). They emphasise that, in studies of climate change and effects on the Arctic marine ecosystem, it is important to consider the significance of primary production based on sea ice algae.

The phytoplankton community - key species in the ocean

Organisms in the ocean are affected by anthropogenic changes, such as climate change and ocean acidification. [Bailey et al. \(2020\)](#) showed how the vulnerability of marine organisms (such as phytoplankton and copepods) to changes alters during the year. The composition of phytoplankton is an important factor in understanding how much organic carbon sinks to the seabed. This shows that it is important to include the phytoplankton community in order to calculate the

effectiveness of the biological carbon pump, according to [Wiedmann et al. \(2020\)](#).

Changes in marine flora and fauna

Based on a unique time series (1980–2017), [Al-Hababbeh et al.-Hababbeh et al. \(2020\)](#) studied succession patterns of macroalgae and hard-bottom benthic animals in Kongsfjorden and Smeerenburgfjorden in Northwest Svalbard. Surfaces in these fjords were scraped for all flora and fauna in 1980. Analyses of photographs have shown different rates of return between species groups, as well as variations in the density of species over time. It took 13 and 24 years for the hard-bottom communities to become re-established in Kongsfjorden and Smeerenburgfjorden respectively. Analyses of the characteristics of organisms, after the macroalgae had increased in extent, showed a decrease in the size and life-span of species groups, and a shift towards small and medium-sized animals.

Bryozoa are small aquatic animals. They are normally less than 1 mm in size and often form colonies. They produce an exoskeleton as a supporting structure, which also provides protection against threats. [Iglirkowska et al. \(2020\)](#) studied magnesium concentrations in the skeletons of Arctic bryozoa from different stations and depths, in both summer and winter. No effects of changes in carbonate saturation were detected in the water masses over the course of the season, but differences between stations and depths indicate environmental impacts.

[Brown et al. \(2020\)](#) studied metabolism and energy uptake in the (sub)arctic amphipod *Gammarus setosus* in the Kongsfjorden-Krossfjorden area of Svalbard. They measured metabolic rates and energy uptake both in the field and in the laboratory, where they also exposed the amphipods to varying degrees of ocean acidification. In the field, all populations had approximately the same metabolic rates, but those in areas with lower salinity had lower energy uptake. If the amphipods are less able to utilise energy in conditions with lower salinity, this could have consequences for energy-intensive processes such as growth and reproduction. None of these studies demonstrated any direct effects of ocean acidification on marine benthic animals.

The dynamics of plankton blooms

[Ardyna et al. \(2020\)](#) collected data from seven major research projects in the Arctic Ocean and identified the main environmental drivers behind the dynamics of phytoplankton blooms under sea ice. The observations show that silicate concentrations and light conditions under the ice are the key factors

that determine size and species composition. These results are important, as differences in size and composition have consequences for Arctic food webs and carbon export.

Ice amphipods do not just live in the ice

The ice amphipod *Aphersusa glacialis* is associated with sea ice in and around the Arctic Ocean, but it is also found in the water masses. [Kunisch et al. \(2020\)](#) compiled data from a period spanning 71 years and found that the species has been observed in the water masses at various depths around the Arctic Ocean in both winter and summer. Data concerning size and sex indicates that the species reproduces once during a two-year life cycle, and that it does not spend its entire life in or around the ice.

Methane levels in zooplankton and sea angels

In a new study, [Ofstad et al. \(2020\)](#) studied calcium carbonate shell-forming zooplankton foraminifera and the sea angel *Limacina helicina* in the Barents Sea. They found that, in marine areas with methane emissions from the seabed, there is no direct link between concentrations of methane or carbon dioxide and the spatial distribution of planktic foraminifera and sea angels.

Plankton and carbon

Microalgae convert dissolved atmospheric CO₂ into organic carbon at the surface of the ocean and, as algae sink through the water column, microbes and zooplankton graze on them. It has been suggested that these organisms reduce the amount of sinking organic carbon more in warm water masses than in cold water masses. [Wiedmann et al. \(2020\)](#) found however that the amount of sinking organic carbon is sometimes high and sometimes slightly lower in cold Arctic water masses. They concluded that temperature is not a particularly important factor in determining how sharply the amount of sinking organic carbon decreases with depth. Instead, it appears that the composition of the phytoplankton is important. Particles of rapidly sinking (large) algae spend only a short period of time in the upper part of the water column compared with the slowly sinking (small) algae particles. The authors also argue that it is important to include the phytoplankton community in modelling studies in order to predict the correct strength of the biological carbon pump. [Kohlbach et al. \(2020\)](#) studied carbon and food sources of 24 zooplankton species from the Barents Sea in late summer. They found that the food web was generally strongly dependent on heterotrophic food sources (organic nutrients) and not very dependent on food sources from the ice.

Methyl mercury in little auk

[Renedo et al. \(2020\)](#) mapped the occurrence of methyl mercury in little auk and where and when during the year the species was exposed to this substance. To do this, they analysed feather/blood samples from the birds and tracked the birds using light loggers (SEATRACK) in a number of colonies in the Arctic. The study showed that the little auk accumulated most methyl mercury in the western part of the North Atlantic, and that exposure was greatest outside the breeding season. This may be linked to the fact that the diet of the birds changes from predominantly copepods during the summer to krill, fish larvae and other prey that are further up the food chain in winter.

Glaciers losing ice mass

All glaciers being monitored by the Norwegian Polar Institute in Svalbard have lost ice mass since the first measurements were taken back in the 1960s. Mass balance is the difference between how much glaciers grow in winter due to precipitation and how much they shrink in summer due to melting.

[Morris et al. \(2020\)](#) analysed repeated elevation measurements from the CryoSat-2 satellite to calculate mass loss from all glaciers in Svalbard during the period 2011–2017. They found that glaciers in every region of Svalbard have lost mass. Compared with the 2000s, the glaciers in West Spitsbergen are continuing to lose mass, but this trend has now also spread to glaciers in the southeast towards the Barents Sea, which means that the total mass loss for Svalbard has accelerated. [Noël et al. \(2020\)](#) confirm the loss of mass and extend the melting period to cover the period 1957–2018. [Schuler et al. \(2020\)](#) summarised the current knowledge available concerning the mass balance of the glaciers and the combined available measurement series to derive a new and more accurate estimate for the entire archipelago. They found that glaciers have generally lost mass since the 1960s, with a tendency for the mass loss to accelerate since the turn of the millennium.

Daily samples taken from the snowpack on the Austre Brøgger glacier from March to May 2015 showed that *methanesulphonic acid*, which originates from biological activity in the ocean, is only deposited on the snow at the end of the season, while biological activity has peaks which do not necessarily correspond with the timing of deposition ([Spolaor et al. 2020](#)).

Freshwater from snowmelt, runoff and glaciers characterizes the biochemical environment in the fjords. When the snow melts during the spring, rivers are a source of dissolved organic carbon. [McGovern et](#)

[al. \(2020\)](#) showed that permafrost and melt-water from glaciers were sources of inorganic nutrients, including nitrogen, during the month of August, with concentrations a factor of 12 times higher in the rivers than in the fjord. While marine organic matter dominated in May after the spring phytoplankton bloom, land-based organic matter was present throughout Isfjorden in both June and August. Accelerated melting in the future could result in a more intensive link between land and ocean, leading to major changes in biogeochemistry and ecology in the fjords of Svalbard. Glaciologists from the Institute assisted NASA during the testing of a ground radar system to be used on the planned space mission to Mars in 2021 ([Hamran et al. 2020](#)).

Pollutants in whales

Many whale species are exposed to high levels of pollutants, but the negative health effects of these substances are poorly understood. [Lühmann m. fl. \(2020\)](#) investigated how pollutants in the blubber of fin whales could interfere with the core receptors of these whales (proteins which regulate genes). Receptors are important for regulating metabolism, stress responses (proteins) and energy balance, amongst other things. The research scientists found that the pollutants DDT and DDT metabolites were inhibiting the activity of the receptors that were studied, while PCBs activated certain receptors and inhibited others. The study has helped us to understand the mechanisms that lie behind the impact of the pollutants on the health and energy state of fin whales and other mammals.

[Tartu et al. \(2020\)](#) measured pollutant levels in the blubber of 18 blue whales and 12 fin whales in Svalbard in the summers of 2014–2018. They found that fat-soluble pollutants were dominated by DDT, PCBs and toxaphene, and that levels of pollutants were a factor of 1.6 to 3 times higher in fin whales than in blue whales. This can be explained by the fact that fin whales feed at a higher trophic level. Males had twice the pollutant levels of females, suggesting that females transfer large quantities of the pollutants to their calves via their milk. Pollutant levels in fin whales and blue whales from Svalbard were generally lower than in individuals of the same species from the Mediterranean or Gulf of California, but higher than what has been reported from the Antarctic.

The lifestyle and migrations of whales

Bowhead whale from the Spitsbergen population was hunted almost to extinction by the world's first commercial whaling enterprises. An article by [Kovacs et al. \(2020\)](#) documents the distribution, migration patterns and hab-

itat preferences of this endangered whale population. This work is based on tracking studies where the whales were tagged from a helicopter. Although the population has been greatly reduced, the tagged whales dispersed throughout their historical distribution range from Eastern Greenland to Franz Josef Land. During the spring, the whales moved southwards from their wintering grounds in the north, in the opposite migration pattern to other populations of the species. The whales remained inside the drift ice for much of the time, but this strong link to the ice is of some concern given the ongoing climate changes and sea ice melting.

[Lydersen et al. \(2020\)](#) studied migration patterns and behaviour in 25 fin whales from Svalbard, all of which were fitted with ARGOS satellite transmitters. The study documents that: 1) not all fin whales migrate south to lower latitudes during the winter; 2) the whales that do migrate southwards feed during their migration; 3) the whales can maintain very high speeds over long periods of time; and 4) there is probably a breeding ground for this species in the deep, warm seas around 100 km west of Morocco.

Narwhal and beluga whale inhabit much of the Arctic region and certain subarctic areas. Both species are hunted by indigenous peoples. Some of the populations have been greatly reduced as a result of the severe commercial exploitation which took place in the past. These two whale species are also increasingly being affected by human activity in the Arctic, such as shipping, industrial activity, seismic surveys, fisheries and climate-related change.

[Hobbs et al. \(2020\)](#) produced a global overview showing that there are 21 different populations of beluga whale, as well as one in southeast Greenland. In the case of narwhal, there are 12 different populations. Narwhal are believed to be one of the most sensitive marine mammals to the current climate change, as they live within a limited temperature regime, are highly dependent on sea ice, have a relatively limited distribution and are generally sensitive to underwater noise and other forms of man-made disturbances.

[Louis et al. \(2020\)](#) found that narwhal have low genetic diversity, that they have had a low effective population size for much of their history, and that they only increased in number after the last ice age maximum. This occurred in response to a marked improvement in access to good habitats, which raises concerns about the fate of the species in a steadily warming Arctic. [Heide-Jørgensen et al. \(2020\)](#) conclude that narwhal must be managed at local population level, as each population has its own hunting history and environmental conditions under which they live.

Beluga whales in Svalbard were hunted until they were “commercially extinct” in the 1950s–60s. They were subsequently protected. It is not known whether or how the population recovered. [Vacquié-Garcia et al. \(2020\)](#) estimated that the population of beluga whales in Svalbard in the summer of 2018 amounted to 549, indicating that the beluga whale population is one of the smallest in the world. Furthermore, beluga whales are very social animals, living in groups that are thought to be related via related females, as is also the case with orca and sperm whales. However, [O’Corry-Crowe et al. \(2020\)](#), show that the herd structure is relatively dynamic and sometimes consists of related individuals. If the blood relationship in a herd is close, this will often have arisen via patriarchal lines. As a result of the high life expectancy of beluga whale and the extensive and dynamic herd structure, the whales probably benefit from mutual, long-term cooperation. Removing older individuals (e.g. through hunting) leads to a risk of losing essential ecological knowledge which can be critical, particularly for small populations.

Sea ice development in the Arctic

The sea ice in the Arctic as it was in 2019 and its development over time is discussed by [Perovich et al. \(2020\)](#) in the comprehensive annual report entitled “State of the climate”. An important feature is that the trends are still negative as regards the distribution of ice in the Arctic, during both the winter and the summer. The distribution in September 2019 was, together with 2007 and 2016, the second lowest annual minimum distribution since satellite observations began in 1979. Another important parameter for describing the status of sea ice is the age of the ice; on average, sea ice has become significantly younger in recent decades. New figures show that first-year ice, i.e. ice less than one year old, accounted for about 70 percent of the ice in March 2019. This is a lot, especially compared with a corresponding proportion of 35 – 50 percent in the 1980s.

[Wang et al. \(2020a\)](#) provided new insight into the processes that govern the development of fast ice along the coast of Northeast Greenland. Autonomous instrument setups are increasingly being used for research in the polar regions. Together with manned expeditions and remote sensing, they have become vital tools for investigating the climate system and climate change in areas that are relatively inaccessible.

Reduction in the export of sea ice via the Fram Strait

Changes in the export of sea ice from the Arctic Ocean through the Fram Strait, the marine area between Svalbard and Greenland, help to regulate the volume of sea ice in the Arctic Ocean. [Spread et al. \(2020\)](#) combined data concerning sea ice thickness from sonar measurements from four rigs in the East Greenland Current with satellite data concerning drift speed and sea ice area. The time series shows that the export of sea ice declined by 27 percent per decade between 1992 and 2014. During this period, exports did not contribute to any reduction in sea ice volume in the Arctic Ocean, except in 2007 and 2012.

First study of platelet ice

[Katlein et al. \(2020\)](#) present the first comprehensive observation of the formation of platelet ice in Arctic drift ice in the Arctic Ocean during the winter, produced in connection with the MOSAiC expedition (read more about MOSAiC on page XX), and the Norwegian Polar Institute-led HAVOC project. Platelet ice consists of sheets of ice ranging in size from a few millimetres to centimetres which grow on the underside of sea ice. Unlike similar observations in the Antarctic, platelet ice has been difficult to observe in ice core samples from the Arctic Ocean. This new knowledge must be used in the development of scenarios for future sea ice and climate change in the Arctic.

Methods for measuring ice thickness and ice drift velocity

Airborne electromagnetic sensors are an important tool for measuring ice thickness on a local to regional scale. However, it is not always easy to transfer the results concerning ice thickness and ice characteristics along a single transect to ice conditions across a wider area. This is because there are irregular variations in the sea ice cover, which means that the characteristics of the ice vary depending on direction, known as 'anisotropy'. [Negrel et al. \(2020\)](#) show how anisotropy in the ice affects the results of an airborne survey. It describes a method for analysing available radar satellite images for the area in question, which helps to determine the most representative flight route for the area. The method was tested for seven different radar satellite images, and produced promising results in determining optimal flight routes in advance of a flight. Such improvements in methods enable more efficient use to be made of valuable flying hours and cruise time, and reduce the risk of measurements being misinterpreted.

In a study by [Yu et al. \(2020\)](#), Arctic sea ice was simulated for the period 2003-2014

using the HIRHAM-NAOSIM 2.0 Arctic climate model. The study examines the relationship between simulated ice drift velocity and wind speed close to the surface under different sea ice conditions. Accurate climate and sea ice models are important for both for climate research and to improve safety when working inside the ice. A well-known method for determining the thickness of snow on sea ice is to use data from passive microwave satellites, but the level of uncertainty associated with this method remains poorly understood. [Rostosky et al. \(2020\)](#) used snow data from the [N-ICE2015](#) expedition to show that snow thickness based on passive microwave satellite data is subject to an uncertainty of 11-19 percent, depending on which microwave frequencies are used. At lower frequencies, unknown snow characteristics play the most important role, while sea ice, snow and cloud characteristics contribute the most at higher frequencies.

Studies of snow on sea ice

A study by [Merkouriadi et al. \(2020a\)](#) investigated the importance of snow cover for sea ice in the Arctic Ocean. The presence of snow on ice inhibits the growth of ice because of the snow's excellent insulating properties. In addition, the weight of a thick layer of snow will push the ice downwards, causing water to flood onto the surface of the ice. The slush that subsequently forms can freeze and form snow ice. In such cases, the ice will increase in thickness upwards, instead of downwards. During N-ICE2015, almost twice as much snow was observed on ice compared with previous observations, in addition to considerable thicknesses of snow ice on the drift ice in the Arctic Ocean. The scientists found that there is potential for snow ice formation across almost the whole of the Arctic Ocean, particularly when the ice sheet is thinner. Nevertheless, there are substantial regional variations. The potential is far greater in the area east of Greenland, north of Svalbard and north of the Barents Sea than elsewhere in the Arctic Ocean. Precipitation is higher in these areas due to the greater number of low pressure systems coming in from the Atlantic Ocean. In the longer term, this means that snow ice formation may become a more widespread phenomenon in the Arctic Ocean, as the ice becomes thinner.

Storms in the Arctic Ocean

More and more storms are moving into the Arctic Ocean during the winter, most of which originate from the Atlantic Ocean. These are contributing to shorter periods of warmer air temperatures and precipitation. The effect of the storms on the sea ice is poorly understood. [Merkouriadi et al. \(2020b\)](#) used unique winter observations

from N-ICE2015 and found that snow depth is greater in the Arctic Ocean north of Svalbard than it is elsewhere in the Arctic Ocean. The scientists concluded that both warmer air temperatures caused by the storms and the presence of snow on the ice can inhibit ice growth. [Duarte et al. \(2020\)](#) used observations from N-ICE2015, satellites and numerical modelling to document the rapid ice melting which occurs across the Yermak Plateau (northwest of Svalbard). This study is an important contribution to understanding the combinations of ocean temperature and surface layering that are needed to keep an area ice-free.

New insight into ocean currents

The transport of warm Atlantic water into the Arctic Ocean through the Fram Strait is partly regulated by the volume of water leaving the West Spitsbergen Current and heading west towards East Greenland, and south again without reaching all the way to the Arctic Ocean. In the West Spitsbergen Current, many vortexes are formed which can be torn free from the main current and reduce the volume of warm water which continues northwards and into the Arctic Ocean itself. [Wekerle et al. \(2020\)](#) compared two high-resolution regional ocean models to see how well they recreate such vortexes. The study shows that the models produce very similar results as regards the key features of the dynamics in the region, and stand up well in comparison with observations.

In the Arctic Ocean, the ice cover is affected by turbulent mixing of the water masses, which brings deeper layers of warm water up to the surface. Such turbulent mixing is strongest along the slopes of the continental shelf, where the tidal current is powerful and the topography steep. The processes that transfer energy from tidal currents to mixing energy in the Arctic Ocean are little studied. [Fer et al. \(2020\)](#) took measurements from the slope north of Svalbard and documented a mixing event driven by tidal currents. The energy is "captured" and accumulates during the tidal cycle. When the tide turns, the energy is released, causing the entire water column to become very turbulent. The new data set provides evidence that tidal currents are an important source of mixing and heat exchange in the Arctic Ocean.

[Menze et al. \(2020\)](#) show a higher level of acoustic echo from fish in measurements taken in the Hinlopen Strait compared with other study sites around Svalbard. This coincides with a steady influx of nutrients, biomass and heat which accompanies the Atlantic water into Hinlopen Strait. The [Kolås et al. \(2020\)](#) study is based on data collected from research vessels and an autonomous underwater vehicle – a glider – during the

summer and autumn of 2018. The measurements show structure and circulation in the area of Atlantic inflow north of Svalbard. In the summer and autumn, a westerly Atlantic current was observed north of the main inflow, which extends east along the continental slope. The data also show a previously undescribed cold, deep current flowing eastwards into the Arctic Ocean.

[Koenig et al. \(2020\)](#) mapped temperature, salinity, current and turbulence conditions along a front in the Nansen Basin in September 2018. The front, which was close to the marginal ice zone, separated cold and relatively fresh meltwater from a warmer and more saline mixed layer. Analysis of the data shows heat loss from the ocean to the atmosphere and surface transport across the front. [Charette et al. \(2020\)](#) show the importance of the Transpolar Drift Stream as regards the transport of nutrient salts and trace elements of importance for primary production in the Arctic Ocean. The study documents higher concentrations of these salts and elements in the stream than in other water masses in the central Arctic Ocean, because river water from Siberia is transported by the stream across the Arctic Ocean. The Transpolar Drift Stream could come to have a major impact on primary production in a future, ice-free Arctic Ocean.

[Gonçalves-Araujo et al. \(2020\)](#) used long-term data from ocean rigs and water samples from the Fram Strait to produce the first estimate of the annual transport of organic carbon via the East Greenland Current, and described the role that this ocean current plays in the carbon cycle in the Arctic Ocean and Atlantic Ocean. The results show that the export of organic carbon remained relatively stable between 2009 and 2015. In the years since then, this has decreased somewhat, as has the transport of Arctic surface water.

Movements of the Greenland ice sheet

In order to understand how the Greenland ice sheet will react to climate warming in the future, [Olsen et al. \(2020\)](#) studied the movements of the ice since the last ice age. The study shows that the ice sheet may have retreated by 80-400 metres per year. The ice sheet has also remained stationary during the retreat, for up to several hundred years, and built up seabed forms.

Reconstructed temperature variations

Surface temperatures in the Labrador Sea have risen steadily over the past few decades. [Orme et al. \(2020\)](#) studied reconstructed temperature variations on the surface of the sea in the southwestern Labrador Sea

through the Holocene (the period from the end of the last ice age to the present day, which is characterised by even, mild temperatures) by analysing fossil silica algae, diatoms, from a marine sediment core. This study has provided an insight into regional climate and ocean conditions over the last seven thousand years. The results showed that the warmest period during the Holocene in the study area lasted until about 5,200 years before present and was followed by a gradual cooling with temperature fluctuations of 1–2°C.

2,000 years of climate data

[Konecky et al. \(2020\)](#) present an extensive database of hydroclimatic time series from both terrestrial and marine areas from all the world's oceans and continents. The database is ideal for studies of global and regional variations in precipitation over the last 2,000 years and constitutes an important contribution to the field of climate research and modelling.

Increase in the uptake of greenhouse gases

In an article by [Lannuzel et al. \(2020\)](#), a large international community of sea ice scientists has assessed and defined expected changes in Arctic sea ice physics, biology, biogeochemistry and associated ecosystems, using future scenarios for the change in sea ice cover and properties. Increasing light penetration is leading to seasonal primary production starting earlier. This earlier bloom season can lead to an increase in both ice algae and phytoplankton biomass, in turn leading to an increase in the uptake of greenhouse gases such as CO₂. However, the net impact on the atmosphere-ocean CO₂ exchange is difficult to predict. [Sert et al. \(2020\)](#) studied how methane gas emissions affect the composition of organic matter in the water column in Spitsbergen and the Barents Sea. The study concludes that there is greater variation in the composition of organic matter in locations with methane gas emissions.

Proposal to increase albedo in the Arctic Ocean under review

'Geoengineering' is sometimes referred to as 'climate engineering'. Proposals have been put forward by experts within this field to increase the albedo in the Arctic Ocean by restoring lost sea ice, in order to protect the ocean below and limit the absorption of solar radiation. [Miller et al. \(2020\)](#) examined two such proposals and concluded that such major projects must first be investigated as regards the impacts on the biogeochemistry of the sea ice, the underlying water and the overlying atmosphere.

Antarctica

Marine protected areas

[Hindell et al. \(2020\)](#) compiled an extensive database of tracking results for apex predators in order to identify key ecological areas in the Southern Ocean. The study showed that existing and proposed protected marine areas comprise less than one third of the important ecological areas that were identified, and represent an important contribution to the ongoing work concerning a protected marine area off the coast of Dronning Maud Land.

Nitrate controls ice algae growth

Ice and sea ice are important factors in determining primary production in the Southern Ocean, but there are substantial gaps in our knowledge concerning the details. [Duprat et al. \(2020\)](#) suggest that nitrate is the main nutrient that controls the growth of ice algae in sea ice during the summer, rather than iron. The study also found iron-rich platelet ice under the ice in front of the Moscow University Ice Shelf, a narrow [ice shelf](#) in East Antarctica.

High levels of algal biomass

Scientists have identified processes which drive the CO₂ dynamics in each layer of sea ice (surface, interior and bottom) from the McMurdo Strait in the Ross Sea, from the late winter through to the summer. They found one of the highest levels of algal biomass ever reported from a marine environment ([Van der Linden et al. 2020](#)).

Plankton bloom

[Liniger et al. \(2020\)](#) investigated how the calving of a large glacier tongue in Mertz polynia impacted on the phytoplankton bloom. Substantial changes occurred after the calving, including an increase in chlorophyll, which is indicative of an increase in phytoplankton biomass.

Antarctic petrel is ice-dependent all year round

[Delord et al. \(2020\)](#) document that Antarctic petrel move northwards to the marginal ice zone in the Weddell Sea after the end of their breeding season, where they overwinter from April to August, confirming the ice-dependency of the species throughout the year. However, [Tarroux et al. \(2020\)](#) show that Antarctic petrel can forage in both dense and open sea ice habitats without any obvious impact on their physiology or diet. This individual variation in foraging strategies can increase the resilience of the species to the anticipated loss of sea ice.

Group defence against predators

A study by [Busdieker et al. \(2020\)](#) showed that the predation of Antarctic petrel by south polar skua is lower in areas with high petrel densities. This can probably be explained by the success of the group defence strategy used by young petrel.

The food and climate role of algae

[Moreau et al. \(2020\)](#) studied algal blooms in the Southern Ocean using data from seven ARGO buoys (autonomous marine research robots) and found that 90 percent of phytoplankton are consumed by grazing animals such as krill. The remaining 10 percent are transported to the bottom. This pattern was consistent throughout the study region over a period of three years, covering two of the three largest habitats for krill in the Southern Ocean. This finding underlines the importance of algae in the Southern Ocean: they are a source of food for krill, which in turn are food for larger animals such as fish, seabirds, seals and whales. Algae also have the unique ability to remove CO₂ from the atmosphere. This takes place through billions of algae absorbing CO₂ and then later dying and sinking down into the depths, taking the carbon with them. It can take hundreds of years for the carbon to come into contact with the atmosphere again.

Nitrate and silicate transport

A *mesoscale vortex* leaves behind a marked imprint on the surface of the sea, with a pattern so large that it is visible on satellite images. [Patel et al. \(2020\)](#) showed that two mesoscale vortices from the Southern Ocean transport water containing high nitrate and low silicate concentrations into the sub-antarctic zone. This transport has a negligible impact on local biological production, but it does have the potential to alter nutrient concentrations in water which is exported from the Southern Ocean to lower latitudes.

Nutrients to the seabed

[Ziegler et al. \(2020\)](#) used time series photographs taken of the seabed of a fjord on the Antarctic Peninsula over a period of ten months to show seasonal changes in the supply of nutrients (in the form of sinking organic matter). The study shows that the supply of nutrients to the seabed occurs over short, intense periods of time while the fjord is ice-free. These periods of deposition create a “larder” for benthic organisms (species which live in the lower ecological part of the water mass) throughout the winter season. Both small organisms and larger megafauna were involved in the processing which occurs on the seabed.

Threats to birds and marine mammals in the Southern Ocean

[Bestley et al. \(2020\)](#) present a detailed assessment of the direct and indirect threats to birds and marine mammals in the Southern Ocean. The assessment involved collating available scientific data and placing it in the context of: a) future climate change and b) direct, man-made impacts such as fisheries.

Fur seals – commercial hunting and population development

The hunting grounds of male Antarctic fur seals at sea have been determined for the first time using satellite transmitters fitted to the seals ([Lowther et al., 2020](#)). The tracking data was studied and linked to locations where krill fisheries take place, in order to describe, in a more appropriate way, what could be causing the decline in the number of chinstrap penguins in the region. Male adult fur seals significantly overlap in areas where fisheries take place and where juvenile penguins find prey. Common to them all is that they hunt for krill. The scientists have stressed that, in areas where fisheries, fur seals and penguins co-exist, there has been no monitoring of penguins for 30 years. It is therefore difficult to draw any firm conclusions regarding the potential impact of fisheries on the breeding of these penguins.

[Paijmans et al. \(2020\)](#) show that at least four populations of fur seals in Antarctica experienced sharp population reductions after the commercial seal hunting period without any loss of genetic diversity. The effective population sizes were reduced to as low as 150-200 individuals. In a study by [Peart et al. \(2020\)](#), the effective population size (an important indicator of genetic diversity) was determined for 17 different seal species. Comparing effective population size with actual current population estimates proved to be useful in identifying the populations and species which are in need of a stronger focus as regards conservation.

The Ekström Ice Shelf is deeper than previously thought

Almost the whole of Antarctica is surrounded by floating ice shelves which play a crucial role in regulating the flow of ice from the continent to the sea. The Ekström Ice Shelf is one of many relatively small ice shelves along the coast of Dronning Maud Land. The ice shelves could melt due to the heat energy in the ocean water beneath them, and a knowledge of the form and depth of the seabed beneath the ice shelves is an important factor in better understanding this melting process. [Smith et al. \(2020\)](#) shows that the *Ekström Ice Shelf* is much deeper than previously believed. The study also presents new measurements from the water masses beneath the shelf, and discusses the

implications of the mapped geometry as regards access to warm water and how the observed seabed has been shaped by historical ice flow regimes.

Vulnerability of the ice shelf

[Daae et al. \(2020\)](#) investigated the vulnerability of the world’s second largest ice shelf, the *Filchner-Ronne Ice Shelf*, which projects out into the southern Weddell Sea. Previous studies suggest that there is a tipping point in the climate system which could lead to a sharp increase in melting beneath this ice shelf. The results of the study indicate that the development of coastal currents in the upstream area east of the Weddell Sea and sea ice production in southern parts of this ocean will be crucial in determining whether such a tipping point is reached in a future climate. [Hausmann et al. \(2020\)](#) presents a new ocean model setup which simulates the circulation and melting taking place beneath the Filchner-Ronne Ice Shelf. The model shows how tidal waves beneath the ice shelf impact on bottom water formation on the continental shelf of the Weddell Sea through increased melting and water exchange.

Ice shelf dynamics and inland ice development

[Zhou and Hattermann \(2020\)](#) developed a new model to include the ice shelf dynamics in the numerical ocean model FVCOM. The development is seen as an important intermediate step in efforts to improve our understanding of the interaction between the Antarctic and Greenlandic land ice and the ocean, and in the development of regional model systems for the management of Antarctic coastal areas. [Jourdain et al. \(2020\)](#) calculated the melting rates on the underside of the ice shelves, which protrude into the ocean from the Antarctic ice sheet.

[Nowicki et al. \(2020\)](#) describe the experimental setup for a set of standalone dynamic models of the ice sheet on Greenland and in Antarctica. [Barthel et al. \(2020\)](#) analysed results from global climate models to select input data for simulations of developments in the ice sheet. Another study showed simulations from dynamic ice models which estimate that the Antarctic ice sheet’s contribution to sea level change after warming during the period 2015–2100 could vary from –7.8 to 30 cm ([Seroussi et al. 2020](#)).

Sensitive ice shelves

[Drews et al. \(2020\)](#) used radar to analyse ice stratigraphy and channels in the Roi Baudouin Ice Shelf in Dronning Maud Land. They found that the channels are sensitive to anomalies (deviations) in the mass balance on the surface, and that they tend to shift in the direction of the wind.

Unknown structures in the bedrock revealed

[Morlighem et al. \(2020\)](#) produced a topographic model for the ground beneath the ice sheet across the whole of Antarctica using all available geophysical data and a new method based on glacier velocity data and the principle of mass conservation, previously developed for use in Greenland. The new data set revealed many previously unknown structures in the bedrock, such as ridges beneath the ice that can stabilise the flow of ice in a region. The study provides an important insight into the stability of the ice masses around Antarctica.

Wind-driven water affects summer warming

[Hahn-Woernle et al. \(2020\)](#) show how summer warming in an Antarctic fjord is controlled by the wind-driven exchange of water between the fjord and the ocean offshore, in addition to heat input from the atmosphere. Climate change could thus have both warming and cooling effects on the surface layer, through higher air temperatures and an increase in the supply of meltwater respectively.

Database on climate time series for the ocean

[Konecky et al. \(2020\)](#) present a major new database containing hydroclimatic time series from both terrestrial and marine areas from all the world's oceans and continents. The database is ideal for studies of global and regional variations in precipitation over the last 2,000 years and constitutes an important contribution to the field of climate research and modelling.

Reconstructed temperature variations for the Southern Ocean

By reconstructing temperature variations on the surface of the Southern Ocean using data from marine sediments, [Orme et al. \(2020\)](#) document an increase in variability from the Middle Holocene through to the Late Holocene. The study indicates century-scale variability in ocean surface temperature linked to changes in atmospheric circulation and convection in the Southern Ocean. Technological advances are a key element in the exploration of the Antarctic ice sheet and our ability to acquire data concerning historical climates. [Rodriguez-Morales et al. \(2020\)](#) describe a new ice radar system and its application to Dome Fuji on the Antarctic Plateau, with the aim of locating the oldest ice at the bottom of the ice sheet for studies of historical climates.

Geology

[Wang et al. \(2020b\)](#) used radiometric dating and isotope analyses of ancient gneisses

from central parts of Dronning Maud Land to show that the gneisses were formed through continental arc magmatism which occurred between 1,160 and 1,070 million years ago. Another study by [Wang et al. \(2020c\)](#), which is also based on radiometric dating and isotope analyses, concludes that younger granitic rocks from Dronning Maud Land were formed both during and after the formation of Gondwana during the period 640 - 485 million years ago. [Elvevold et al. \(2020\)](#) studied mineral reactions and textures and produced models based on chemical analyses to document that gneisses from the Mühlig-Hofmannfjella Mountains underwent high-temperature metamorphism, followed by tectonic extension and decompression. Radiometric dating indicates that the metamorphism occurred between 570 and 525 million years ago.

Maps and mapping

In 2020, the Norwegian Polar Institute carried out new mapping in Svalbard, Jan Mayen and the area around Troll in Dronning Maud Land, and produced new thematic maps for both internal and external users.

Map production in Svalbard is based on digital aerial images following the re-photographing of the entire archipelago during the period 2008-2012. We also produce digital orthophotos from these series. Kvitøya and Kong Karls Land are the only areas remaining before we will have digitally re-mapped the whole of Svalbard. We are also working to reconstruct our remaining older digital map data for southern Spitsbergen, which was originally constructed using aerial images, mainly dating from 1990.

Orthophotos and topographic models are produced on an ongoing basis as part of the map production process and published in the interactive topographical map of Svalbard [TopoSvalbard](#), and elsewhere. Orthophotos for the whole of Nordaustlandet and Sørkapp Land were produced and published in 2020. In addition, we scan old aerial photographs on an ongoing basis, many of which are also made available via [TopoSvalbard](#). At the end of 2020, the Institute worked to scan the photo series from 1958 and 1990.

We have adapted and handed over a digital map data set of Svalbard to Eurogeographics, as part of Norway's contribution to the EU. In 2020, the Norwegian Armed Forces received digital print files of all our paper maps in the main map series (S100) for its emergency preparedness store.

We have established a fully digital production trail to create topographic maps from satellite imagery of Antarctica. This was also used for the re-mapping of Jan Mayen. Map

data surveyed for Troll and the airport area in 2018 has also been completed. These are important tools for the planning, operation and maintenance of the station area.

The Norwegian Polar Institute is the naming authority in the Norwegian polar regions, and the Institute approved a number of [new place names](#) in Svalbard and Dronning Maud Land during 2020.

Geological maps published in the main map series have been made available as an [online map service](#), along with a presentation of this and other geological maps and data called GeoSvalbard. The task of cataloguing the Institute's extensive rock collection began in 2017 and, to date, almost 3,000 samples have been catalogued in [the Norwegian polar geological sample archive](#) with the information available about each sample. In 2020, the Institute has continued its work relating to quality assurance and digital facilitation of the Institute's database for geological maps and associated data. We have completed preparations for the production and publication of a geological and geomorphological map at a scale of 1:50,000 covering Jutulssessen in Dronning Maud Land. The Institute also continued to develop the archive of geological samples collected during research expeditions to the Arctic and Antarctic.

Data management

The Norwegian Polar Institute is the central data centre for environmental knowledge concerning the polar regions. We make our own environmental and research data available for use through machine-readable services (API, WMS, cache), map solutions, visualisations and data catalogues. This is done through [data.npolar.no](#) and [geodata.npolar.no](#). The data centre currently manages 434 data sets, of which 243 are directly available. A total of 32 new data sets was published in 2020. Geodata is disseminated through Geonorge, and research and monitoring data through national joint solutions such as the Norwegian Marine Data Centre (NMDC), Nordatanet and the SIOS data portal. The Institute's data directory is harvested by international data directories. Thematic data on maps is disseminated to users through [svalbardkartet.npolar.no](#). In 2020, the data series for ice frequency in the Barents Sea was updated with new data up to and including 2018. A new information system concerning ice conditions around Svalbard is under development.

Logistics

Ny-Ålesund

The Norwegian Polar Institute operates Sverdrup Station and the Zeppelin Observatory as part of the [Ny-Ålesund Research Station](#). Sverdrup also hosts researchers from Norwegian and foreign institutions which do not have their own long-term programmes on site. The COVID-19 pandemic led to a significant decline in both Norwegian and foreign activity at Sverdrup. In 2020, Sverdrup had a total of 1,559 research days, a reduction of around 65 percent compared with 2019. The lower level of research activity also provided an opportunity to tidy up storage facilities and carry out maintenance on equipment and buildings.

Research and launch cruises

The COVID-19 pandemic and essential work on the hull of FF Kronprins Haakon led to cruises being cancelled in 2020. The first cruise this year did not start until May. However, the last six months went according to plan. FF Kronprins Haakon completed a total of nine cruises, two of which were under the auspices of the Norwegian Polar Institute. The impact of COVID-19 measures was not as apparent in the latter part of 2020, but it was still necessary to change both departure and arrival points, as Svalbard shut down around this time.

The traditional deployment cruise to Svalbard was completed during the summer, with support from KV Svalbard and Airlift. The cruise is led by the Norwegian Polar Institute, but with clients and participants from the Norwegian Coastal Administration, the Norwegian Lighthouse Service, the Norwegian Mapping Authority, SIOS and the Norwegian Meteorological Institute.

Troll

The peak season for research and logistics in Antarctica and operations at Troll station falls during the southern summer, which runs from early November to March. Troll has a six-person overwintering team which operates the station and adjacent infrastructure for research and collaborating institutions during the period early March to November. During the year, essential maintenance was carried out on Troll and other infrastructure, without any major alterations. The Norwegian Directorate of Public Construction and Property (Statsbygg) conducted an inspection of the station, which led to a report which concluded that the technical condition of the basic infrastructure was unsatisfactory, with a high risk of failure of the electricity and energy production systems and consequent shutdown. Amongst other things, the report stated that the power supply system was in a critical condition. As a result of the report, the revised national budget included funding for an emergency generator.

Field support for researchers

During the seabird work at Svarthamaren in Dronning Maud Land, Tor Station was used, as usual. The fieldwork was supported by logistics, safety training and provisions, and was completed in early February, when the participants were brought back to Troll. The [BIOICE](#) glaciology project also received logistical support, in addition to an inspection of their atmospheric research instrumentation at Troll.

Fractures discovered in the ice shelf

Movement and major fractures have been detected in the ice shelf near Sledneset, where the supply ship for Troll moors. Measurements of the fractures from February to December show that they have widened by 2.8 kilometres. Measures have been put in place in the form of monitoring, but part of the ice shelf will inevitably break off at some point. A depot for the temporary storage of containers was established at a safe distance on the inland side of the fractures.

In 2020, two return transport traverses were carried out from Troll to Sledneset and back, a traverse which lasts about five days.

Reporting the weather from Troll

In 2020, a formal cooperation was also established with the Norwegian Meteorological Institute concerning weather reports from Troll. The weather is reported at 06.00, 12.00 and 18.00, 365 days a year.

Vessel logistics

DROMSHIP is a Norwegian initiative for sharing vessels and costs for provisioning stations in Dronning Maud Land. In 2020, only the Norwegian Polar Institute was a participant in DROMSHIP, and we therefore covered all the costs. During the year, we carried out a pilot project on Malik Arktica, the vessel that we hire every year to supply Troll. The container vessel was modified to enable basic research and monitoring to be carried out, enabling us to obtain regular data from the area.

Flight operations

Maintenance and upgrading of Troll Airfield continued during 2020. The Norwegian Polar Institute conducted nine intercontinental flights linked to operations in Antarctica. In January and February, the air routes Cape Town - Troll – Cape Town were operating. Ahead of the start of the summer season in November, various alternative air routes to Troll were considered due to the high infection rates in Cape Town. We eventually decided on the route via the Falkland Islands as the final stop prior to departure for Troll. During 2020, a total of 119 passengers (one way) and 7.3 tonnes of goods were transported via Troll Airfield.

Communication

In 2020, we continued to develop the website [npolar.no](#), partly through the addition of a digital story about life in the marginal ice zone. The focus on selected key species (polar bear and fulmar) showed the impacts of climate change and pollutants, and placed the species in a historical context. We created the ‘polar recruits’ project for students in year 9 at Tromsø school, where the main prize was participation for two students on this summer’s ‘plastic cruise’ on the research ship Kronprins Haakon. However, the COVID-19 pandemic and maintenance work on the ship led to the cruise being postponed until 2021.

We also created the ‘Polarised’ debate series, where we invite collaboration partners, NGOs, government agencies and journalists to debate topical issues within our working area. The first debate was held on World Environment Day on 5 June 2020, with the theme of “Lessons from the pandemic – are we tackling a climate crisis?”.

The media spotlight was directed at Troll Research Station when the COVID-19 pandemic struck in March. News agencies from both Norway and abroad reported on the six overwinterers, who had been at the station for months, sharing advice on how to cope with life in physical isolation. The Institute was also visible in the media in many other areas; we explained about the endangered beluga whale, about accelerating melting of the Brøggerbreen glacier in Svalbard and the hunt for the world’s oldest ice in Antarctica, and we shared advice relating to the marginal ice zone, to mention just a few topics. An accident on the Høltedahlfonna glacier in Svalbard involving personnel from the Institute was also discussed in the media. Throughout the year, employees have submitted articles to various Norwegian media, in addition to regularly publishing popular science articles on the [forskning.no](#) website.

In the autumn, work began on the construction of a multidisciplinary database of Norwegian Antarctic literature. Glaciologist Kenichi Matsuoka acted as editor for the book “Life of the Antarctic ice”, which the Institute published in the autumn. We assisted in the completion of the exhibition on Norwegian polar explorer Hanna Resvoll-Holmsen and Sami polar explorer Per Savio, in the foyer of the Fram Centre. In connection with Antarctica Day on 1 December, we produced a 25-minute webcast to draw attention to research in the south, Troll Research Station and the treaty cooperation.

Utgivelser / Publications

Norsk Polarinstituttets internettside npolar.no gir oversikt over publiseringer ved instituttet. I det elektroniske arkivet Brage finnes publikasjonene tilgjengelige i fulltekst helt tilbake til den eldste fra 1922. *The institute's website npolar.no provides an updated overview of maps and other publications issued by the Norwegian Polar Institute. Our archive Brage provides full-text access to publications from 1922 to the present.*

Rapportserien / Report series

Rapportserien inneholder vitenskapelige og miljøfaglige rapporter (til dels presentert i en popularisert form). Én rapport ble utgitt i serien i 2020.

The Report Series presents scientific papers and environmental management advisory reports (some in popular form). One title in this series was published in 2020.

#152: Notes on the geology of Prins Karls Forland: review and results of geological mapping and investigations in 2012-14 / by Winfried K. Dallmann

Kortrapporter / Brief Report Series

I kortrapportserien blir det publisert faglige/vitenskapelige arbeider i et avgrenset format. I 2020 kom det ut én kortrapport.

The brief reports series presents scientific articles/reports in a shorter format. One title was published in 2020.

#54: Vegetation monitoring in Svalbard: implementation plan / by Virve Ravolainen

Datsett / Dataset

Vitenskapelige og andre datsett publiseres på data.npolar.no på nedlastbar form eller gjennom digitale tjenestegrensesnitt (API). Alle publiserte data kan gjenbrukes fritt under lisensen CC-BY, med korrekt kreditering. I alt 32 nye datsett ble publisert i 2020. Alle publiserte datsett har persistente og unike identifikatorer (DOI) for enkel sitering.

Scientific and other datasets are made available at data.npolar.no, as downloads or through web services (API). All published data can be freely reused under a CC-BY license, with proper attribution. A total of 32 new datasets were published in 2020. All published datasets have persistent and unique identifiers (DOI) allowing citation.

Polar Research

[Polar Research](#) er Norsk Polarinstituttets internasjonale fagfelleurderte tidsskrift. Publikasjonen fremmer vitenskapelig og tverrfaglig kunnskap om Arktis og Antarktis. Bidragsyterne kommer fra ulike forskningsmiljøer i mange land. Polar Research var den første publikasjonen rettet mot polarområdene som ga leserne åpen tilgang. De tre mest leste artiklene i 2020 var om en lang lufttemperatur-serie på Svalbard, en fjellrev som vandret fra Svalbard til Canada og en ny fossil hummerart som lever i Antarktis. Artikler som er publisert i tidsskriftet har gjennom årenes løp blitt plukket opp av både norske og internasjonale medier.

Polar Research is the international, peer-reviewed journal of the Norwegian Polar Institute. It was the first all open-access polar journal. Reflecting the journal's broad topical scope and bipolar geographical coverage, the three most frequently viewed/downloaded articles in Polar Research in 2020 concerned a very long air-temperature series in Svalbard, the migration of a female Arctic fox from Svalbard to Canada and a new fossil lobster species found in the Antarctic. Articles published in the journal have over the years been picked up by both Norwegian and international media

Kart / Maps

Kart fra Norsk Polarinstitutt omfatter kartverk fra Svalbard, Jan Mayen, Dronning Maud Land, Peter I Øy og Bouvetøya. Hovedkartserien for Svalbard har målestokk 1: 100 000. I 2020 ble det utgitt seks topografiske kart.

Maps produced by the Norwegian Polar Institute include maps from Svalbard, Jan Mayen, Dronning Maud Land, Peter I Øy and Bouvetøya. The main map series for Svalbard is in the scale of 1: 100,000. In 2020, six topographic maps were released.

F2 – Repøyane

F3 – Duvefjorden

G2 – Foyneøya

G3 – Leighbreen

H3 – Storøya

C13 – Sørkapp

Ortofoto over hele Nordaustlandet og Sørkapp (Svalbard) ble produsert og utgitt i 2020.

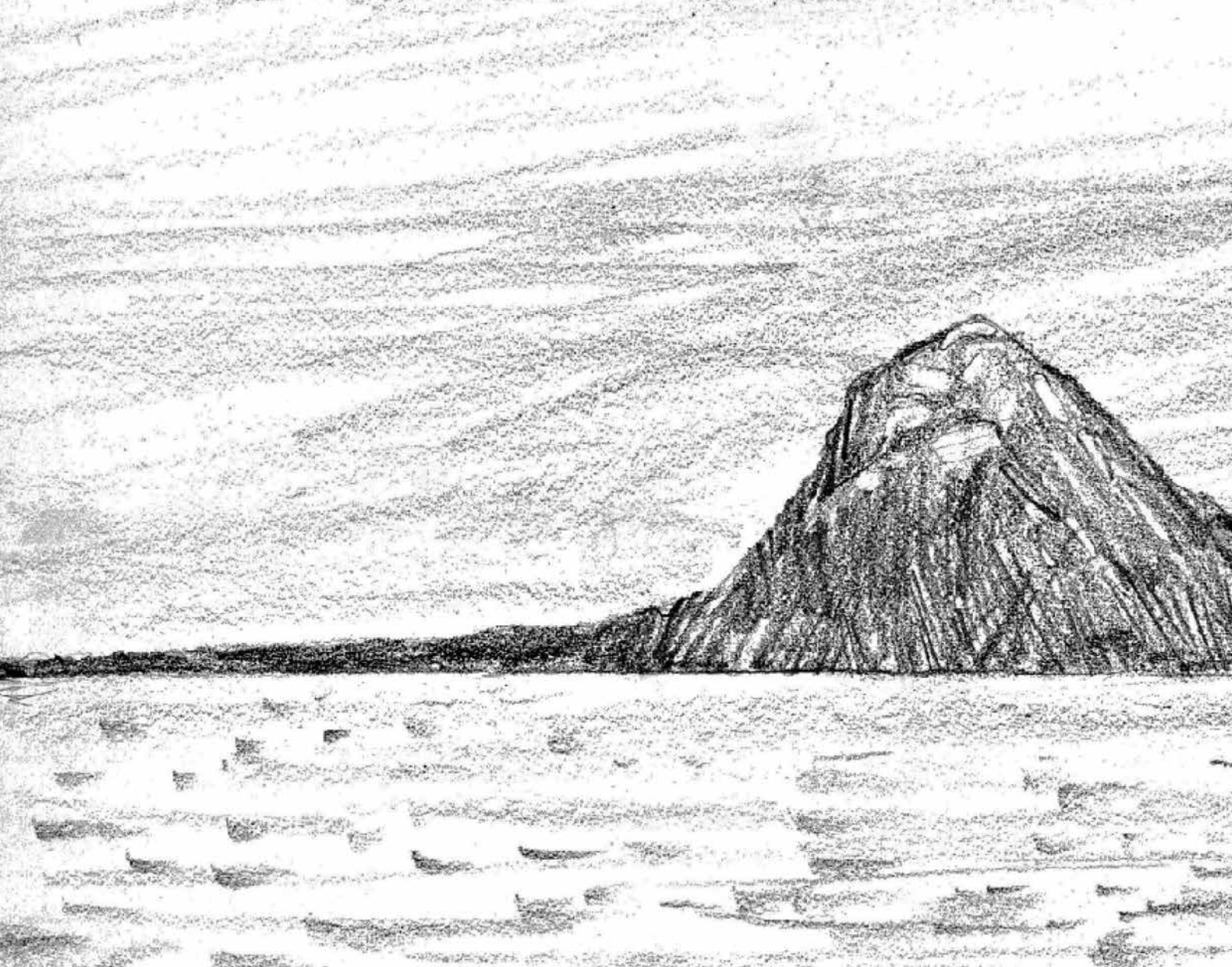
Orthophoto all over Nordaustlandet and Sørkapp (Svalbard) was produced and published in 2020.



Fagfelleverderte artikler / Peer-reviewed articles

- Al-Hababeh A. K., Kortsch S., Bluhm B. A., Gulliksen B., Ballantine C., Domiziana C., Primicerio R., Beuchel F. (2020) [Arctic coastal benthos long-term responses to perturbations under climate warming](#), *Philosophical Transactions of The Royal Society A*, 378. DOI: [10.1098/rsta.2019.0355](#)
- Albert C., **Helgason H.H.**, Brault-Favrou M., Robertson G.J., **Descamps**, Amélineau F. et al. (2020) [Seasonal variation of mercury contamination in Arctic seabirds: A pan-Arctic assessment](#), *Science of the Total Environment*, 750. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.142201](#)
- Ardyna M., Mundy C. J., Mayot N., Matthes L. C., Oziel L., Horvat C., Leu E., **Assmy P.**, Hill V., Matrai P. A., Gale M., Melnikov I. A., Arrigo K. R. (2020) [Under-Ice Phytoplankton Blooms: Shedding Light on the “Invisible” Part of Arctic Primary Production](#), *Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: [10.3389/fmars.2020.608032](#)
- Ardyna M., Mundy C. J., Mills M. M., Oziel L., Grondin P., Lacour L., Verin G., Van Dijken G., Ras J., Alou-Font E., Babin M., Gosselin M., Tremblay J., Raimbault P., **Assmy P.**, Nicolaus M., Claustre H., Arrigo K. R. (2020) [Environmental drivers of under-ice phytoplankton bloom dynamics in the Arctic Ocean](#), *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8. DOI: [10.1525/elementa.430](#)
- Ask A., Kühn S., van Oyen A., Rebolledo E. L. B., van Franeker J. A. (2020) [Polymer types ingested by northern fulmars \(*Fulmarus glacialis*\) and southern hemisphere relatives](#), *Environmental Science and Pollution Research*, 28. DOI: [10.1007/s11356-020-10540-6](#)
- Bachmann L., Cabrera A.A., Heide-Jørgensen M.P., Shpak O.V., **Lydersen, C.**, Wiig Ø., **Kovacs K.M.** (2020) [Mitogenomics and the genetic differentiation of contemporary *Balaena mysticetus* \(Cetacea\) from Svalbard](#), *Zoological Journal of the Linnean Society*, 191: 1192-1203. DOI: [10.1093/zoolinnean/zlaa082](#)
- Barthel A., Agosta C., Little C. M., **Hattermann T.**, Jourdain N. C., Goelzer H., Nowicki S., Serroussi H., Straneo F., Bracegirdle T. J. (2020) [CMIP5 model selection for ISMIP6 ice sheet model forcing: Greenland and Antarctica](#), *The Cryosphere*, 14: 855-879. DOI: [10.5194/tc-14-855-2020](#)
- Bengtsson O., **Lydersen C.**, **Kovacs K. M.**, Lindström U. (2020) [Ringed seal \(*Pusa hispida*\) diet on the west coast of Spitsbergen, Svalbard, Norway: during a time of ecosystem change](#), *Polar Biology*, 43: 773-788. DOI: [10.1007/s00300-020-02684-5](#)
- Bestley S., Ropert-Coudert Y., Bengtson Nash S., Brooks C. M., Cotté C., Dewar M., Friedlaender A. S., Jackson J. A., Labrousse S., **Lowther A.**, McMahon C. R., Phillips R. A., Pistorius P., Puskic P. S., Reis A. O. d. A., Reisinger R. R., Santos M., Tarsisz E., Tixier P., Trathan P. N., Wege M., Wienecke B. (2020) [Marine Ecosystem Assessment for the Southern Ocean: Birds and Marine Mammals in a Changing Climate](#), *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8. DOI: [10.3389/fevo.2020.566936](#)
- Blanchet M.**, **Aars J.**, **Andersen M.**, **Routti H.** (2020) [Space-use strategy affects energy requirements in Barents Sea polar bears](#), *Marine Ecology Progress Series*, 639: 1-19. DOI: [10.3354/meps13290](#)
- Blévin P.**, **Aars J.**, **Andersen M.**, **Blanchet M.**, **Hanssen L.**, **Herzke D.**, **Jeffreys R. M.**, **Nordøy E. S.**, **Pinzone M.**, **del la Vega C.**, **Routti H.** (2020) [Pelagic vs Coastal—Key Drivers of Pollutant Levels in Barents Sea Polar Bears with Contrast-ed Space-Use Strategies](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 985-995. DOI: [10.1021/acs.est.9b04626](#)
- Blévin P.**, **Shaffer S. A.**, **Bustamante P.**, **Angelier F.**, **Picard B.**, **Herzke D.**, **Moe B.**, **Gabrielsen G. W.**, **Bustnes J. O.**, **Chastel O.** (2020) [Contaminants, prolactin and parental care in an Arctic seabird: Contrast-ed associations of perfluoroalkyl substances and organochlorine compounds with egg-turning behavior](#), *General and Comparative Endocrinology*, 291. DOI: [10.1016/j.ygcen.2020.113420](#)
- Brown J.**, **Whiteley N. M.**, **Bailey A.**, **Graham H.**, **Hop H.**, **Rastrick S. P.** (2020) [Contrasting responses to salinity and future ocean acidification in Arctic populations of the amphipod *Gammarus setosus*](#), *Marine Environmental Research*, 162. DOI: [10.1016/j.marenvres.2020.105176](#)
- Castellani G.**, **Schaafsma F. L.**, **Arndt S.**, **Lange B. A.**, **Peeken I.**, **Ehrlich J.**, **David C.**, **Ricker R.**, **Kruppen T.**, **Hendricks S.**, **Schwegmann S.**, **Massicotte P.**, **Flores H.** (2020) [Large-Scale Variability of Physical and Biological Sea-Ice Properties in Polar Oceans](#), *Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: [10.3389/fmars.2020.00536](#)
- Chambers C.**, **Greve R.**, **Altena B.**, **Lefevvre P.M.** (2020) [Possible impacts of a 1000 km long hypothetical subglacial river valley towards Petermann glacier in northern Greenland](#), *The Cryosphere*, 14: 3747-59. DOI: [10.5194/tc-14-3747-2020](#)
- Charette M. A.**, **Kipp L. E.**, **Jensen L. T.**, **Dabrowski J. S.**, **Whitmore L. M.**, **Fitzsimmons J. N.**, **Williford T.**, **Ulfssbo A.**, **Jones E.**, **Bundy R. M.**, **Vivancos S. M.**, **Pahnke K.**, **John S. G.**, **Xiang Y.**, **Hatta M.**, **Petrova M. V.**, **Heimbürger-Boavida L.**, **Bauch D.**, **Newton R.**, **Pasqualini A.**, **Agather A. M.**, **Amon R. M. W.**, **Anderson R. F.**, **Andersson P. S.**, **Benner R.**, **Bowman K. L.**, **Edwards R. L.**, **Gdaniec S.**, **Gerringa L. J. A.**, **González A. G.**, **Granskog M. A.**, **Haley B.**, **Hammerschmidt C. R.**, **Hansell D. A.**, **Henderson P. B.**, **Kadko D. C.**, **Kaiser K.**, **Laan P.**, **Lam P. J.**, **Lamborg C. H.**, **Levier M.**, **Li X.**, **Margolin A. R.**, **Measures C.**, **Middag R.**, **Millero F. J.**, **Moore W. S.**, **Paffrath R.**, **Planquette H.**, **Rabe B.**, **Reader H.**, **Rember R.**, **Rijkenberg M. J. A.**, **Roy-Barman M.**, **Rutgers van der Loeff M.**, **Saito M.**, **Schauer U.**, **Schlosser P.**, **Sherrell R. M.**, **Shiller A. M.**, **Slagter H.**, **Sonke J. E.**, **Stedmon C.**, **Woosley R. J.**, **Valk O.**, **Ooijen J.**, **Zhang R.** (2020) [The Transpolar Drift as a Source of Riverine and Shelf-Derived Trace Elements to the Central Arctic Ocean](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015920](#)
- Christensen T.**, **Barry T.**, **Taylor J. J.**, **Doyle M.**, **Aronsson M.**, **Braa J.**, **Burns C.**, **Coon C.**, **Coulson S.**, **Cuyler C.**, **Falk K.**, **Heiðmarsson S.**, **Kulmala P.**, **Lawler J.**, **MacNearney D.**, **Ravolainen V.**, **Smith P. A.**, **Soloviev M.**, **Schmidt N. M.** (2020) [Developing a circumpolar programme for the monitoring of Arctic terrestrial biodiversity](#), *Ambio*, 49: 655-665. DOI: [10.1007/s13280-019-01311-w](#)
- Dahlke S.**, **Hughes N. E.**, **Wagner P. M.**, **Gerland S.**, **Wawrzyniak T.**, **Ivanov B.**, **Maturilli M.** (2020) [The observed recent surface air temperature development across Svalbard and concurring footprints in local sea ice cover](#), *International Journal of Climatology*, 40: 5246-65. DOI: [10.1002/joc.6517](#)
- de Jong M. F.**, **de Steur L.**, **Fried N.**, **Bol R.**, **Kritsotakis S.** (2020) [Year-Round Measurements of the Irminger Current: Variability of a Two-Core Current System Observed in 2014–2016](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016193](#)
- Delord K.**, **Kato A.**, **Tarroux A.**, **Orgeret F.**, **Cotté C.**, **Ropert-Coudert Y.**, **Cherel Y.**, **Descamps S.** (2020) [Antarctic petrels ‘on the ice rocks’: wintering strategy of an Antarctic seabird](#), *Royal Society Open Science*, 7. DOI: [10.1098/rsos.191429](#)
- Descamps S.**, **Merkel B.**, **Strøm H.**, **Choquet R.**, **Steen H.**, **Fort J.**, **Gavrilo M.**, **Grémillet D.**, **Jakubas D.**, **Jerstad K.**, **Karnovsky N.J.**, **Krasnov Y.V.**, **Moe B.**, **Welcher J.**, **Wojczulanis-Jakubas K.** (2020) [Sharing wintering grounds does not synchronize annual survival in a high Arctic seabird, the little auk](#), *Marine Ecology, Progress Series*, DOI: [10.3354/meps13400](#)
- Drews R.**, **Schannwell C.**, **Ehlers T. A.**, **Gladstone R.**, **Pattyn F.**, **Matsuoka K.** (2020) [Atmospheric and Oceanographic Signatures in the Ice Shelf Channel Morphology of Roi Baudouin Ice Shelf, East Antarctica, Inferred From Radar Data](#), *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125. DOI: [10.1029/2020JF005587](#)
- Duarte P.**, **Sundfjord A.**, **Meyer A.**, **Hudson S. R.**, **Spreen G.**, **Smedsrud L. H.** (2020) [Warm Atlantic Water explains observed sea ice melt rates north of Svalbard](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015662](#)
- Duprat L.**, **Corkill M.**, **Genovese C.**, **Townsend A.**, **Moreau S.**, **Meiners K.**, **Lannuzel D.** (2020) [Nutrient distribution in East Antarctic summer sea ice: a potential iron contribution from glacial basal melt](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016130](#)
- Daae K.**, **Hattermann T.**, **Darelius E.**, **Mueller R. D.**, **Naughten K. A.**, **Timmermann R.**, **Hellmer H. H.** (2020) [Necessary Conditions for Warm Inflow Toward the Filchner Ice Shelf, Weddell Sea](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2020GL089237](#)
- Elvevold S.**, **Engvik A. K.**, **Abu-Alam T. S.**, **Myhre P. I.**, **Corfu F.** (2020) [Prolonged high-grade metamorphism of supracrustal gneisses from Mühlhög-Hofmannfjella, central Dronning Maud Land \(East Antarctica\)](#), *Precambrian Research*, 339. DOI: [10.1016/j.precamres.2020.105618](#)

- Engvik A., Mertens C., Trepmann C.A. (2020) [Episodic deformation and reactions in mylonitic high-grade metamorphic granulites from Dronning Maud Land, Antarctica](#), *Journal of Structural Geology*, 141. DOI: [10.1016/j.jsg.2020.104196](#)
- Fer I., Koenig Z., Kozlov I. E., Ostrowski M., Rippeth T. P., Padman L., Bosse A., Kolås E. (2020) [Tidally forced lee waves drive turbulent mixing along the Arctic Ocean margins](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2020GL088803](#)
- Fransson A., Chierici M., Nomura D., Granskog M. A., Kristiansen S., Martma T., Nehrke G. (2020) [Influence of glacial water and carbonate minerals on wintertime sea-ice biogeochemistry and the CO₂ system in an Arctic fjord in Svalbard](#), *Annals of Glaciology*, 1-21. DOI: [10.1017/aog.2020.52](#)
- Gao X., Xu Y., Ma M., Huang Q., Gabrielsen G. W., Hallanger I., Rao K., Lu Z., Wang Z. (2020) [Distribution, sources and transport of organophosphorus flame retardants in the water and sediment of Ny-Ålesund, Svalbard, the Arctic](#), *Environmental Pollution*, 264. DOI: [10.1016/j.envpol.2020.114792](#)
- Goel V., Matsuoka K., Berger C.D., Lee I., Dall J., Forsberg R. (2020) [Characteristics of ice rises and ice rumples in Dronning Maud Land and Enderby Land, Antarctica](#), *Journal of Glaciology*, 66: 1064-78. DOI: [10.1017/jog.2020.77](#)
- Gonçalves-Araújo R., Stedmon C. A., de Steur L., Osburn C. L., Granskog M. A. (2020) [A decade of annual Arctic DOC export with Polar Surface Water in the East Greenland Current](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2020GL089686](#)
- Griffith G. (2020) [Closing the gap between causality, prediction, emergence, and applied marine management](#), *ICES Journal of Marine Science*, 77: 1456-62. DOI: [10.1093/icesjms/fsaa087](#)
- Gunnlaugsson T., Vikingsson G. A., Halldorsson S. D., Elvarsson B. Þ., T. H., Lydersen C. (2020) [Body mass, muscle, blubber and visceral fat content and their seasonal, spatial and temporal variability in North Atlantic common minke whales](#), *Journal of Cetacean Research and Management*, 21: 59-70. DOI: [10.47536/jcrm.v21i1.150](#)
- Hahn-Woernle L., Powell B., Lundsgaard Ø., van Wessem M. (2020) [Sensitivity of the summer upper ocean heat content in a Western Antarctic Peninsula fjord](#), *Progress in Oceanography*, 183. DOI: [10.1016/j.pocan.2020.102287](#)
- Hamran S., Paige D. A., Amundsen H. E. F., Berger T., Brovoll S., Carter L., Damsgård L., Dypvik H., Eide J., Eide S., Ghent R., Hellenen Ø., Kohler J., Mellon M., Nunes D. C., Plette-meier D., Rowe K., Russell P., Øyan M. J. (2020) [Radar Imager for Mars' Subsurface Experiment—RIMFAX](#), *Space Science Reviews*, 216. DOI: [10.1007/s11214-020-00740-4](#)
- Harris S. M., Descamps S., Sneddon L. U., Cairo M., Bertrand P., Patrick S. C. (2020) [Personality-specific carry-over effects on breeding](#), *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287. DOI: [10.1098/rspb.2020.2381](#)
- Hausmann U., Sallée J., Jourdain N., Mathiot P., Rousset C., Madec G., Deshayes J., Hattermann T. (2020) [The role of tides in ocean-ice-shelf interactions in the southwestern Weddell Sea](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015847](#)
- Heide-Jørgensen M. P., Garde E., Hansen R., Tervo O. M., Sinding M. S., Witting L., Marcoux M., Watt C., Kovacs K. M., Reeves R. R., Sills J. (2020) [Narwhals require targeted conservation](#), *Science*, 370: p. 416. DOI: [10.1126/science.abe7105](#)
- Hermanson M.H., Isaksson E., Divine D.V., Teixeira C., Muir D.C.G. (2020) [Atmospheric deposition of polychlorinated biphenyls to seasonal surface snow at four glacier sites on Svalbard, 2013–2014](#), *Chemosphere*, 243. DOI: [10.1016/j.chemosphere.2019.125324](#)
- Hermanson M.H., Isaksson E., Hann R., Teixeira C., Muir D.C.G. (2020) [Atmospheric Deposition of Organochlorine Pesticides and Industrial Compounds to Seasonal Surface Snow at Four Glacier Sites on Svalbard, 2013–2014](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 9265-73. DOI: [10.1021/acs.est.0c01537](#)
- Hermanson M.H., Isaksson E., Hann R., Teixeira C., Muir D.C.G. (2020) [Deposition of Polychlorinated Biphenyls to Firn and Ice Cores at Opposite Polar Sites: Site M, Dronning Maud Land, Antarctica, and Holtedahlfonna, Svalbard](#), *ACS Earth and Space Chemistry*, 4: 2096-2104. DOI: [10.1021/acsearthspacechem.0c00227](#)
- Herst P. M., Aars J., Joly Beauparlant C., Bodein A., Dalvai M., Gagné D., Droit A., Bailey J. L., Routti H. (2020) [Adipose Tissue Transcriptome Is Related to Pollutant Exposure in Polar Bear Mother–Cub Pairs from Svalbard, Norway](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 11365-11375. DOI: [10.1021/acs.est.0c01920](#)
- Hindell M. A., Reisinger R. R., Ropert-Coudert Y., Hückstädt L. A., Trathan P. N., Bornemann H., Charrassin J., Chown S. L., Costa D. P., Danis B., Lea M., Thompson D., Torres L. G., Van de Putte A. P., Alderman R., Andrews-Goff V., Arthur B., Ballard G., Bengtson J., Bester M. N., Blix A. S., Boehme L., Bost C., Boveng P., Cleeland J., Constantine R., Corney S., Crawford R. J. M., Dalla Rosa L., de Bruyn P. J. N., Delord K., Descamps S., Double M., Emmerson L., Fedak M., Friedlaender A., Gales N., Goebel M. E., Goetz K. T., Guinet C., Goldworthy S. D., Harcourt R., Hinkle J. T., Jerosch K., Kato A., Kerry K. R., Kirkwood R., Kooyman G. L., Kovacs K. M., Lawton K., Lowther A., Lydersen C., Lyver P. O., Makhado A. B., Márquez M. E. I., McDonald B. I., McMahon C. R., Muelbert M., Nachtsheim D., Nicholls K. W., Nordøy E. S., Olmastroni S., Phillips R. A., Pistorius P., Plötz J., Pütz K., Ratcliffe N., Ryan P. G., Santos M., Southwell C., Staniland I., Takahashi A., Tarroux A., Trivelpiece W., Wakefield E., Weimerskirch H., Wienecke B., Xavier J. C., Wotherspoon S., Jonsen I. D., Raymond B. (2020) [Tracking of marine predators to protect Southern Ocean ecosystems](#), *Nature*, 580: 87-92. DOI: [10.1038/s41586-020-2126-y](#)
- Hop H., Cottier F., Berge J. (2020) [Autonomous marine observatories in Kongsfjorden, Svalbard](#), *Advances in Polar Ecology*, 2: 515-533. DOI: [10.1007/978-3-319-46425-1_13](#)
- Hop H., Vihtakari M., Bluhm B. A., Assmy P., Poulin M., Gradinger R., Peeken I., von Quillfeldt C., Olsen L. M., Zhitina L., Melnikov I. A. (2020) [Changes in Sea-Ice Protist Diversity With Declining Sea Ice in the Arctic Ocean From the 1980s to 2010s](#), *Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: [10.3389/fmars.2020.00243](#)
- Hopwood M., Carrol D., Dunse T., Hodson A., Holding J., Iriarte J., Ribeiro S., Achterberg E., Cantoni C., Carlson D., Chierici M., Clarke J., Cozzi S., Fransson A., Juul-Pedersen T., Winding M.S., Meire L. (2020) [How does glacier discharge affect marine biogeochemistry and primary production in the Arctic?](#), *Cryosphere*, 14: 1347-83. DOI: [10.5194/tc-14-1347-2020](#)
- Houlihan E.P., Espinel-Velasco N., Cornwall C.E., Pilditch C.A., Lamare M.D. (2020) [Diffusive Boundary Layers and Ocean Acidification: Implications for Sea Urchin Settlement and Growth](#), *Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: [10.3389/fmars.2020.577562](#)
- Iglikowska A., Krzeminska M., Renaud P. E., Berge J., Hop H., Kuklinski P. (2020) [Summer and winter MgCO₃ levels in the skeleton of Arctic bryozoans](#), *Marine Environmental Research*, 162. DOI: [10.1016/j.marenvres.2020.105166](#)
- Johansson A. M., Malnes E., Gerland S., Cristea A., Doulgeris A. P., Divine D., Pavlova O., Lauknes T. R. (2020) [Consistent ice and open water classification combining historical synthetic aperture radar satellite images from ERS-1/2, Envisat ASAR, RADARSAT-2 and Sentinel-1A/B](#), *Annals of Glaciology*, 61:82: 40-50. DOI: [10.1017/aog.2019.52](#)
- Jourdain E., Andvik C.M., Karoliussen R., Ruus A., Vongraven D., Borgå K. (2020) [Isotopic niche differs between seal and fish-eating killer whales \(*Orcinus orca*\) in northern Norway](#), *Ecology and Evolution*, 10: 4115-27. DOI: [10.1002/ece3.6182](#)
- Jourdain N. C., Asay-Davis X., Hattermann T., Straneo F., Seroussi H., Little C. M., Nowicki S. (2020) [A protocol for calculating basal melt rates in the ISMIP6 Antarctic ice sheet projections](#), *The Cryosphere*, 14: 3111-3134. DOI: [10.5194/tc-14-3111-2020](#)
- Karwinkel T., Pollet I.L., Vardeh S., Kruckenberg H., Glazov P., Loshchagina J., Kondratyev A., Merkel B., Bellebaum J., Quillfeldt P. (2020) [Year-round spatiotemporal distribution pattern of a threatened sea duck species breeding on Kolguev Island, south-eastern Barents Sea](#), *BMC Ecology*, 20. DOI: [10.1186/s12898-020-00299-2](#)
- Katlein C., Mohrholz V., Sheikin I., Itkin P., Divine D., Stroeve J., Jutila A., Krampe D., Shimanchuk E., Raphael I., Rabe B., Kuznetov I., Mallet M., Liu H., Hoppmann M., Fang Y., Dumitrascu A., Arndt S., Anhaus P., Nicolaus M., Matero I., Oggier M., Eicken H., Haas C. (2020) [Platelet Ice Under Arctic Pack Ice in Winter](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2020GL088898](#)



PRINS KARLS FORLAND Del av Prins Karls Forland, Svalbard. Tegning: Jan Roald, NP

Koenig Z., Fer I., Kolås E., Fossum T. O., Norgren P., Ludvigsen M. (2020) [Observations of Turbulence at a Near-Surface Temperature Front in the Arctic Ocean](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015526](#)

Kohlbach D., Duerksen S. W., **Lange B. A.**, Charette J., Reppchen A., Tremblay P., Campbell K. L., Ferguson S. H., Michel C. (2020) [Fatty acids and stable isotope signatures of first-year and multiyear sea ice in the Canadian High Arctic](#), *Elementa: Science of the Anthropocene*, 8. DOI: [10.1525/elementa.2020.054](#)

Kohlbach D., **Lange B. A.** (2020) [How melting Arctic sea ice can lead to starving polar bears](#), *Frontiers for Young Minds*, 8. DOI: [10.3389/frym.2020.00111](#)

Kolås E. H., **Koenig Z.**, Fer I., Nilsen F., Marnela M. (2020) [Structure and transport of Atlantic Water north of Svalbard from observations in summer and fall 2018](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016174](#)

Konecky B. L., McKay N. P., Churakova (Sidorova) O. V., Comas-Bru L., Dassié E. P., DeLong K. L., Falster G. M., Fischer M. J., Jones M. D.,

Jonkers L., Kaufman D. S., Leduc G., Managave S. R., Martrat B., Opel T., Orsi A. J., Partin J. W., Sayani H. R., Thomas E. K., Thompson D. M., Tyler J. J., Abram N. J., Atwood A. R., Cartapanis O., Conroy J. L., Curran M. A., Dee S. G., Deininger M., **Divine D.**, Kern Z., Porter T. J., Stevenson S. L., Gunten L. v., Iso2k Project Members I. P. M. (2020) [The Iso2k database: a global compilation of paleo- \$\delta^{18}O\$ and \$\delta^{2}H\$ records to aid understanding of Common Era climate](#), *Earth System Science Data*, 12: 2261-2288. DOI: [10.5194/essd-12-2261-2020](#)

Kovacs K. M., **Krafft B. A.**, **Lydersen C.** (2020) [Bearded seal \(*Erignathus barbatus*\) birth mass and pup growth in periods with contrasting ice conditions in Svalbard, Norway](#), *Marine Mammal Science*, 36: 276-284. DOI: [10.1111/mms.12647](#)

Kovacs K. M., **Lydersen C.**, **Vacquiè-Garcia J.**, Shpak O., Glazov D., Heide-Jørgensen M. P. (2020) [The endangered Spitsbergen bowhead whales' secrets revealed after hundreds of years in hiding](#), *Biology Letters*, 16. DOI: [10.1098/rsbl.2020.0148](#)

Kristoffersen Y., **Ohta Y.**, Hall J.K. (2020) [On the the origin of the Yermak Plateau north of Svalbard, Arctic Ocean](#), *Norwegian Journal of Geology*, 100: 1-33. DOI: [10.1785/njg100-1-5](#)

Kunisch E. H., Bluhm B., Daase M., Gradinger R., **Hop H.**, Melnikov I. A., Varpe Ø., Berge J. (2020) [Pelagic occurrences of the ice amphipod *Apherusa glacialis* throughout the Arctic](#), *Journal of Plankton Research*, 42: 73-86. DOI: [10.1093/plankt/fbz072](#)

Kvamsdal S.F., Sandal L.K., **Poudel D.** (2020) [Ecosystem wealth in the Barents Sea](#), *Ecological economics*, 171. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2020.106602](#)

Lange B. A., Flores H., Bowman J. S., Rintala J., Castellani G. (2020) [Editorial: Sea Ice: Bridging Spatial-Temporal Scales and Disciplines](#), *Frontiers in Earth Science*, 8. DOI: [10.3389/feart.2020.00119](#)

Lannuzel D., Tedesco L., van Leeuwe M., Campbell K., Flores H., Delille B., Miller L., Stefels J., **Assmy P.**, Bowman J., Brown K., Castellani G., Chierici M., Crabeck O., Damm E., Else B., **Fransson A.**, Fripiat F., Geilfus N., Jacques C., Jones E., Kaartokallio H., Kotovitch M., Meiners K., **Moreau S.**, Nomura D., Peeken I., Rintala J., Steiner N., Tison J., Vancoppenolle M., Van der Linden F., Vichi M., Wongpan P. (2020) [The future of Arctic sea-ice biogeochemistry and ice-associated ecosystems](#), *Nature Climate Change*, 10: 983-992. DOI: [10.1038/s41558-020-00940-4](#)



Layton-Matthews K., Grøtan V., Hansen B. B., Loonen M. J. J. E., **Fuglei E.**, Childs D. Z., Hodgson D. (2020) [Environmental change reduces body condition, but not population growth, in a high-arctic herbivore](#), *Ecology Letters*, 24: 227-238. DOI: [10.1111/ele.13634](#)

Le Paih N., **Hattermann T.**, Boebel O., Kanzow T., Lüpkes C., Rohardt G., Strass V., Herbetts S. (2020) [Coherent seasonal acceleration of the Weddell Sea boundary current system driven by upstream winds](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016316](#)

Lee M. M., Jaspers V. L. B., **Gabrielsen G. W.**, Jenssen B. M., Ciesielski T. M., Mortensen Å., Lundgren S. S., Waugh C. A. (2020) [Evidence of avian influenza virus in seabirds breeding on a Norwegian high-Arctic archipelago](#), *BMC Veterinary Research*, 16. DOI: [10.1186/s12917-020-2265-2](#)

Leu E., Brown T. A., Graeve M., Wiktor J., Hoppe C., Chierici M., **Fransson A.**, Verbiest S., Kvernvik A. C., Greenacre M. J. (2020) [Spatial and Temporal Variability of Ice Algal Trophic Markers—With Recommendations about Their Application](#), *Journal of Marine Science and Engineering*, 9. DOI: [10.3390/jmse8090676](#)

Liniger G., Strutton P. G., Lannuzel D., **Moreau S.** (2020) [Calving event led to changes in phytoplankton bloom phenology in the Mertz polynya, Antarctica](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016387](#)

Lippold A., **Aars J.**, **Andersen M.**, Aubail A., Derocher A. E., Dietz R., Eulaers I., Sonne C., Welker J. M., Wiig Ø., Routti H. (2020) [Two Decades of Mercury Concentrations in Barents Sea Polar Bears \(Ursus maritimus\) in Relation to Dietary Carbon, Sulfur, and Nitrogen](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 7388-97. DOI: [10.1021/acs.est.0c01848](#)

Louis M., Skovrind M., Samaniego Castruita J. A., Garilao C., Kaschner K., Gopalakrishnan S., Haile J. S., **Lydersen C.**, **Kovacs K. M.**, Garde E., Heide-Jørgensen M. P., Postma L., Ferguson S. H., Willerslev E., Lorenzen E. D. (2020) [Influence of past climate change on phylogeography and demographic history of narwhals, Monodon monoceros](#), *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287. DOI: [10.1098/rspb.2019.2964](#)

Lowther A., Staniland I., **Lydersen C.**, **Kovacs K. M.** (2020) [Male Antarctic fur seals: neglected food competitors of bioindicator species in the](#)

[context of an increasing Antarctic krill fishery](#), *Scientific Reports*, 10. DOI: [10.1038/s41598-020-75148-9](#)

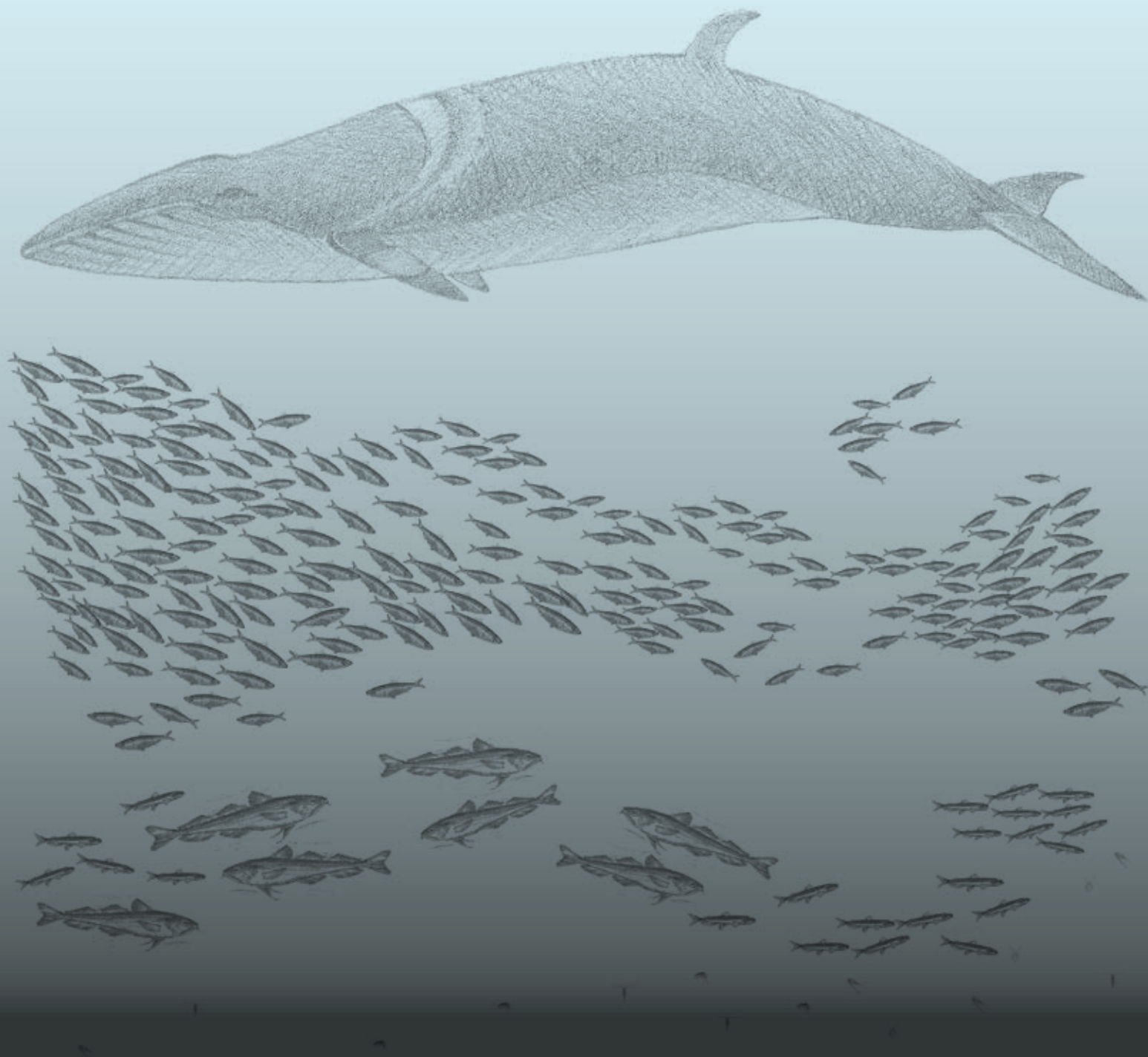
Lydersen C. (2020) [Global Review of the Conservation Status of Monodontid Stocks](#), *Marine Fisheries Review*, 81: 1-53. DOI: [10.7755/MFR.81.3-4.1](#)

Lydersen C., **Vacquié-García J.**, Heide-Jørgensen M. P., Øien N., Guinet C., **Kovacs K. M.** (2020) [Autumn movements of fin whales \(Balaenoptera physalus\) from Svalbard, Norway, revealed by satellite tracking](#), *Scientific Reports*, 10. DOI: [10.1038/s41598-020-73996-z](#)

Lühmann K., Lille-Langøy R., Øygarden L., **Kovacs K. M.**, **Lydersen C.**, Goksøy A., **Routti H.** (2020) [Environmental Pollutants Modulate Transcriptional Activity of Nuclear Receptors of Whales In Vitro](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 5629-39. DOI: [10.1021/acs.est.9b06952](#)

McGovern M., Pavlov A. K., Deininger A., **Granskog M. A.**, Leu E., Søreide J. E., Poste A. E. (2020) [Terrestrial Inputs Drive Seasonality in Organic Matter and Nutrient Biogeochemistry in a High Arctic Fjord System \(Isfjorden, Svalbard\)](#),

- Frontiers in Marine Science*, 7. DOI: [10.3389/fmars.2020.542563](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.542563)
- Mackay A.I., Baillieu F., Carroll E.L., Andrews-Goff V., Baker C.S., Bannister J., Boren L., Carlyon K., Donnelly D.M., Double M., Goldsworthy, S.D., Harcourt R., Holman D., **Lowther, A.**, Parra G.J., Childerhouse, S.J. (2020) [Satellite derived offshore migratory movements of southern right whales \(*Eubalaena australis*\) from Australian and New Zealand wintering grounds](#), *Plos one*, 15. DOI: [10.1371/journal.pone.0231577](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231577)
- Martinez-Levasseur L.M., Simard M., Furgal C., Burness G.P., **Bertrand P.**, Suppa S., Avard E., Lemire M. (2020) [Towards a better understanding of the benefits and risks of country food consumption using the case of walrus in Nunavik \(Northern Quebec, Canada\)](#), *Science of the Total Environment*, 719. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.137307](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137307)
- Menze S., Ingvaldsen R. B., Nikolopoulos A., **Hattermann T.**, Albretsen J., Gjøsaeter H. (2020) [Productive detours – Atlantic water inflow and acoustic backscatter in the major troughs along the Svalbard shelf](#), *Progress in Oceanography*, 188. DOI: [10.1016/j.pocean.2020.102447](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102447)
- Merkel B.**, Descamps S., Yoccoz N., Grémillet D., Daunt F., Erikstad K.E., Ezhov A.V., Harris M.P., Gavrilov M., Lorentsen S.H., Reiertsen T.K., **Steen H.**, Systad G.H.R., Þórarinnsson Þ.L., Wanless S., **Strøm H.** (2020) [Individual migration strategy fidelity but no habitat specialization in two congeneric seabirds](#), *Journal of Biogeography*, 48: 263-275. DOI: [10.1111/jbi.13883](https://doi.org/10.1111/jbi.13883)
- Merkel B.**, Aars J., Liston G. E. (2020) [Modelling polar bear maternity den habitat in east Svalbard](#), *Polar Research*, 39. DOI: [10.33265/polar.v39.3447](https://doi.org/10.33265/polar.v39.3447)
- Merkouriadi I.**, Cheng B., **Hudson S. R.**, **Granskog M. A.** (2020) [Effect of frequent winter warming events \(storms\) and snow on sea-ice growth – a case from the Atlantic sector of the Arctic Ocean during the N-ICE2015 campaign](#), *Annals of Glaciology*, 61:82: 164-170. DOI: [10.1017/aog.2020.25](https://doi.org/10.1017/aog.2020.25)
- Merkouriadi I.**, Liston G. E., **Graham R.**, **Granskog M. A.** (2020) [Quantifying the Potential for Snow-Ice Formation in the Arctic Ocean](#), *Geophysical Research Letters*, 47: e2019GL085020. DOI: [10.1029/2019GL085020](https://doi.org/10.1029/2019GL085020)
- Miller L., Fripiat F., **Moreau S.**, Nomura D., Stefels J., Steiner N., Tedesco L., Vancoppenolle M. (2020) [Implications of Sea Ice Management for Arctic Biogeochemistry](#), *Eos*, 101. DOI: [10.1029/2020EO149927](https://doi.org/10.1029/2020EO149927)
- Moreau S.**, Boyd P., Strutton P. (2020) [Remote assessment of the fate of phytoplankton in the Southern Ocean sea-ice zone](#), *Nature Communications*, 11. DOI: [10.1038/s41467-020-16931-0](https://doi.org/10.1038/s41467-020-16931-0)
- Morlighem M., Rignot E., Binder T., Blankenship D., Drews R., Eagles G., Eisen O., Ferraccioli F., Forsberg R., Fretwell P., Goel V., Greenbaum J. S., Gudmundsson H., Guo J., Helm V., Hofstede C., Howat I., Humbert A., Jokat W., Karlsson N. B., Lee W. S., **Matsuoka K.**, Millan R., Mougnot J., Paden J., Pattyn F., Roberts J., Rosier S., Ruppel A., Seroussi H., Smith E. C., Steinhage D., Sun B., Broeke M. R. v. d., Ommen T. D. v., Wessem M. v., Young D. A. (2020) [Deep glacial troughs and stabilizing ridges unveiled beneath the margins of the Antarctic ice sheet](#), *Nature Geoscience*, 13: 132-7. DOI: [10.1038/s41561-019-0510-8](https://doi.org/10.1038/s41561-019-0510-8)
- Morris A.**, **Moholdt G.**, Gray L. (2020) [Spread of Svalbard Glacier Mass Loss to Barents Sea Margins Revealed by CryoSat-2](#), *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125. DOI: [10.1029/2019JF005357](https://doi.org/10.1029/2019JF005357)
- Mortensen Å., Mæhre S., Kristiansen K., Heimstad E.S., **Gabrielsen G.W.**, Jenssen B.M., Sylte I. (2020) [Homology modeling to screen for potential binding of contaminants to thyroid hormone receptor and transthyretin in glaucous gull \(*Larus hyperboreus*\) and herring gull \(*Larus argentatus*\)](#), *Computational Toxicology*, 13. DOI: [10.1016/j.comtox.2020.100120](https://doi.org/10.1016/j.comtox.2020.100120)
- Mueter F., Bouchard C., **Hop H.**, Laurel B., Norcross B. (2020) [Arctic gadids in a rapidly changing environment](#), *Polar Biology*, 43: 945-9. DOI: [10.1007/s00300-020-02696-1](https://doi.org/10.1007/s00300-020-02696-1)
- Nandan V., Scharien R. K., Geldsetzer T., Kwok R., Yackel J. J., Mahmud M. S., Rosel A., Tonboe R., **Granskog M. A.**, Willatt R., Stroev J., Nomura D., Frey M. (2020) [Snow Property Controls on Modeled Ku-Band Altimeter Estimates of First-Year Sea Ice Thickness: Case Studies From the Canadian and Norwegian Arctic](#), *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13: 1082-96. DOI: [10.1109/JSTARS.2020.2966432](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2020.2966432)
- Negrel J.**, **Divine D.**, **Gerland S.** (2020) [Impact of Arctic sea ice floe-scale anisotropy on airborne electromagnetic surveys](#), *Annals of Glaciology*, 61. DOI: [10.1017/aog.2020.61](https://doi.org/10.1017/aog.2020.61)
- Noël B., Jakobs C. L., van Pelt W., Lhermitte S., Wouters B., **Köhler J.**, Hagen J. O., Luks B., Reijmer C. H., van de Berg W. J., van den Broeke M. R. (2020) [Low elevation of Svalbard glaciers drives high mass loss variability](#), *Nature Communications*, 11. DOI: [10.1038/s41467-020-18356-1](https://doi.org/10.1038/s41467-020-18356-1)
- Nowicki S., Goelzer H., Seroussi H., Payne A. J., Lipscomb W. H., Abe-Ouchi A., Agosta C., Alexander P., Asay-Davis X. S., Barthel A., Bracegirdle T. J., Cullather R., Felikson D., Fettweis X., Gregory J. M., **Hattermann T.**, Jourdain N. C., Kuipers Munneke P., Larour E., Little C. M., Morlighem M., Nias I., Shepherd A., Simon E., Slater D., Smith R. S., Straneo F., Trusel L. D., van den Broeke M. R., van de Wal R. (2020) [Experimental protocol for sea level projections from ISMIP6 stand-alone ice sheet models](#), *The Cryosphere*, 14: 2331-2368. DOI: [10.5194/tc-14-2331-2020](https://doi.org/10.5194/tc-14-2331-2020)
- Núñez-Egido S., **Lowther A.**, Nymo I. H., Klein J., Breines E. M., **Tryland M.** (2020) [Pathogen surveillance in Southern Ocean pinnipeds](#), *Polar Research*, 39. DOI: [10.33265/polar.v39.3841](https://doi.org/10.33265/polar.v39.3841)
- O’Corry-Crowe G., Suydam R., Quakenbush L., Smith T. G., **Lydersen C.**, **Kovacs K. M.**, Orr J., Harwood L., Litovka D., Ferrer T. (2020) [Group structure and kinship in beluga whale societies](#), *Scientific Reports*, 10. DOI: [10.1038/s41598-020-67314-w](https://doi.org/10.1038/s41598-020-67314-w)
- Ofstad S., Meilland J., Zamelczyk K., Chierici M., **Fransson A.**, Gründger F., Rasmussen T. (2020) [Development, productivity and seasonality of living planktonic foraminiferal faunas and *Limacina helicina* in an area of intense methane seepage in the Barents Sea](#), *Biogeosciences*, 125. DOI: [10.1029/2019JG005387](https://doi.org/10.1029/2019JG005387)
- Olsen I. L., Rydningen T. A., Forwick M., Laberg J. S., **Husum K.** (2020) [Last glacial ice sheet dynamics offshore NE Greenland – a case study from Store Koldewey Trough](#), *The Cryosphere*, 14: 4475-94. DOI: [10.5194/tc-14-4475-2020](https://doi.org/10.5194/tc-14-4475-2020)
- Oosthuizen W.C., Krüger L., Jouanneau W., **Lowther A.D.** (2020) [Unmanned aerial vehicle \(UAV\) survey of the Antarctic shag \(*Leucocarbo bransfieldensis*\) breeding colony at Harmony Point, Nelson Island, South Shetland Islands](#), *Polar Biology*, 43: 187-191. DOI: [10.1007/s00300-019-02616-y](https://doi.org/10.1007/s00300-019-02616-y)
- Orme L.**, Crosta X., **Miettinen A.**, **Divine D.**, **Husum K.**, **Isaksson E.**, Wacker L., Mohan R., Ther O., Ikehara M. (2020) [Sea surface temperature in the Indian sector of the Southern Ocean over the Late Glacial and Holocene](#), *Climate of the Past*, 16: 1451-1467. DOI: [10.5194/cp-16-1451-2020](https://doi.org/10.5194/cp-16-1451-2020)
- Orme L.**, **Miettinen A.**, Seidenkrantz M., Tuominen K., Pearce C., **Divine D.**, Oksman M., Kuijpers A. (2020) [Mid to late-Holocene sea-surface temperature variability off north-eastern Newfoundland and its linkage to the North Atlantic Oscillation](#), *The Holocene*, 31: 3-15. DOI: [10.1177/0959683620961488](https://doi.org/10.1177/0959683620961488)
- Pajmans A. J., Stoffel M. A., Bester M. N., Cleary A., De Bruyn P. J. N., Forcada J., Goebel M. E., Goldsworthy S. D., Guinet C., **Lydersen C.**, **Kovacs K. M.**, **Lowther A.**, Hoffman J. I. (2020) [The genetic legacy of extreme exploitation in a polar vertebrate](#), *Scientific Reports*, 10. DOI: [10.1038/s41598-020-61560-8](https://doi.org/10.1038/s41598-020-61560-8)
- Patel R., Llorc J., Strutton P., Philips H., **Moreau S.**, Conde Pardo P., Lenton A. (2020) [The biogeochemical structure of Southern Ocean mesoscale eddies](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2020JC016115](https://doi.org/10.1029/2020JC016115)
- Peart C. R., Tusso S., Pophaly S. D., Botero-Castro F., Wu C., Auriolles-Gamboá D., Baird A. B., Bickham J. W., Forcada J., Galimberti F., Gemmell N. J., Hoffman J. I., **Kovacs K. M.**, Kunnasranta M., **Lydersen C.**, Nyman T., de Oliveira L. R., Orr A. J., Sanvito S., Valtonen M., Shafer A. B. A., Wolf J. B. W. (2020) [Determinants of genetic variation across eco-evolutionary scales in pinnipeds](#), *Nature Ecology & Evolution*, 4: 1095-1104. DOI: [10.1038/s41559-020-1215-5](https://doi.org/10.1038/s41559-020-1215-5)
- Peeters B., Le Moullec M., Raeymaekers J. A. M., Marquez J. F., Roed K. H., **Pedersen Å. Ø.**, Veiberg V., Loe L. E., Hansen B. B. (2020) [Sea ice loss increases genetic isolation in a high Arctic ungulate metapopulation](#), *Global Change Biology*, 26: 2028-2041. DOI: [10.1111/gcb.14965](https://doi.org/10.1111/gcb.14965)



MARINE ARTER Vågehval, sild, lodde, polartorsk og plankton. Tegning: Jan Roald, NP

Perovich D., Meier W., Tschudi M., Wood K., Farrell S. L., Hendricks S., Gerland S., Kaleschke L., Ricker R., Tian-Kunze X., Webster M. (2020) [Sea ice \[in “State of the Climate in 2019”\]](#), *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101: S251-S253. DOI: [10.1175/BAMS-D-20-0086.1](#)

Ravolainen V., Soininen E. M., Jónsdóttir I. S., Eischeid I., Forchhammer M., van der Wal R., Pedersen Å. Ø. (2020) [High Arctic ecosystem states: Conceptual models of vegetation change to guide long-term monitoring and research](#), *Ambio*, 49: 666-677. DOI: [10.1007/s13280-019-01310-x](#)

Renedo M., Amouroux D., Albert C., Bérail S., Bråthen V. S., Gavriilo M., Grémillet D., Helgason H. H., Jakubas D., Mosbech A., Strøm H., Tessier E., Wojczulanis-Jakubas K., Bustamante P., Fort J. (2020) [Contrasting Spatial and Seasonal Trends of Methylmercury Exposure Pathways](#)

[of Arctic Seabirds: Combination of Large-Scale Tracking and Stable Isotopic Approaches](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 13619-29. DOI: [10.1021/acs.est.0c03285](#)

Rodriguez-Morales F., Braaten D., Trong Mai H., Paden J., Gogineni P., Yan J., Abe-Ouchi A., Fujita S., Kawamura K., Tsutaki S., Van Lieferinge B., Matsuoka K., Steinhage D. (2020) [A Mobile, Multichannel, UWB Radar for Potential Ice Core Drill Site Identification in East Antarctica: Development and First Results](#), *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13: 4836-47. DOI: [10.1109/JSTARS.2020.3016287](#)

Robert-Coudert Y., Van de Putte A. P., Reisinger R. R., Bornemann H., Charrassin J., Costa D. P., Danis B., Hückstädt L. A., Jonsen I. D., Lea M., Thompson D., Torres L. G., Trathan P. N., Wotherspoon S., Ainley D. G., Alderman R.,

Andrews-Goff V., Arthur B., Ballard G., Bengtson J., Bester M. N., Blix A. S., Boehme L., Bost C., Boveng P., Cleeland J., Constantine R., Crawford R. J. M., Dalla Rosa L., Nico de Bruyn P. J., Delord K., Descamps S., Double M., Emmerson L., Fedak M., Friedlaender A., Gales N., Goebel M., Goetz K. T., Guinet C., Goldsworthy S. D., Harcourt R., Hinke J. T., Jerosch K., Kato A., Kerry K. R., Kirkwood R., Kooyman G. L., Kovacs K. M., Lawton K., Lowther A., Lydersen C., Lyver P. O., Makhado A. B., Márquez M. E. I., McDonald B. I., McMahon C. R., Muelbert M., Nachtsheim D., Nicholls K. W., Nordøy E. S., Olmastroni S., Phillips R. A., Pistorius P., Plötz J., Pütz K., Ratcliffe N., Ryan P. G., Santos M., Southwell C., Staniland I., Takahashi A., Tarroux A., Trivelpiece W., Wakefield E., Weimerskirch H., Wienecke B., Xavier J. C., Raymond B., Hindell M. A. (2020) [The retrospective analysis of Antarctic tracking data project](#), *Scientific Data*, 7. DOI: [10.1038/s41597-020-0406-x](#)

- Rostovsky P., Spreen G., **Gerland S.**, Huntemann M., Mech M. (2020) [Modeling the Microwave Emission of Snow on Arctic Sea Ice for Estimating the Uncertainty of Satellite Retrievals](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015465](#)
- Schuler T. V., **Kohler J.**, Elagina N., Hagen J. O. M., Hodson A. J., Jania J. A., Kääb A. M., Luks B., Małecki J., **Moholdt G.**, Pohjola V. A., Sobotta I., Van Pelt W. J. J. (2020) [Reconciling Svalbard Glacier Mass Balance](#), *Frontiers in Earth Science*, 8. DOI: [10.3389/feart.2020.00156](#)
- Sebastiano M., Angelier F., Blévin P., Ribout C., Sagerup K., **Descamps S.**, Herzke D., Moe B., Barbraud C., Bustnes J. O., **Gabrielsen G. W.**, Chastel O. (2020) [Exposure to PFAS is Associated with Telomere Length Dynamics and Demographic Responses of an Arctic Top Predator](#), *Environmental Science & Technology*, 54: 10217-26. DOI: [10.1021/acs.est.0c03099](#)
- Seroussi H., Nowicki S., Payne A.J., Goelzer H., Lipscomb W.H., Abe-Ouchi A., Agosta C., Albrecht T., Asay-Davis X., Barthel A., Calov R., Cullather R., Dumas C., Galton-Fenzi B.K., Gladstone R., Golledge N.R., Gregory J.M., Greve R., **Hattermann T.** et al. (2020) [ISMIP6 Antarctica: a multi-model ensemble of the Antarctic ice sheet evolution over the 21st century](#), *The Cryosphere*, 14: 3033-70. DOI: [10.5194/tc-14-3033-2020](#)
- Sert, M.F., D'Andrilli J., Gründger F., Niemann H., **Granskog M.**, Pavlov A.K., Ferré B., Silyakova A. (2020) [Compositional differences in dissolved organic matter between Arctic cold seeps versus non-seep sites at the Svalbard continental margin and the Barents Sea](#), *Frontiers in Earth Science*, 8. DOI: [10.3389/feart.2020.552731](#)
- Smith E. C., **Hattermann T.**, Kuhn G., Gaedicke C., Berger S., Drews R., Ehlers T. A., Franke D., Gromig R., Hofstede C., Lambrecht A., Läufer A., Mayer C., Tiedemann R., Wilhelms F., Eisen O. (2020) [Detailed seismic bathymetry beneath Ekström Ice Shelf, Antarctica: Implications for glacial history and ice-ocean interaction](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2019GL086187](#)
- Spreen G., de Steur L., Divine D., Gerland S., Hansen E.**, Kwok R. (2020) [Arctic Sea Ice Volume Export through Fram Strait from 1992 to 2014](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC016039](#)
- Strøm H.**, Bakken V., **Skoglund A., Descamps S., Fjeldheim V., Steen H.** (2020) [Population status and trend of the threatened ivory gull *Pagophila eburnea* in Svalbard](#), *Endangered Species Research*, 43: 435-445. DOI: [10.3354/esr01081](#)
- Sun Y., Lu Z., Xiao K., Zeng L., Wang J., **Gabrielsen G. W.** (2020) [Antarctic Adélie penguin feathers as bio-indicators of geographic and temporal variations in heavy metal concentrations in their habitats](#), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206. DOI: [10.1016/j.ecoenv.2020.111135](#)
- Tarroux A.**, Chérel Y., Fauchald P., Kato A., Love O. P., Ropert-Coudert Y., **Spreen G.**, Varpe Ø., Weimerskirch H., Yoccoz N. G., Zahn S., **Descamps S.**, Grémillet D. (2020) [Foraging tactics in dynamic sea-ice habitats affect individual state in a long-ranging seabird](#), *Functional Ecology*, 34. DOI: [10.1111/1365-2435.13632](#)
- Tartu S.**, Fisk A. T., Götsch A., **Kovacs K. M., Lydersen C., Routti H.** (2020) [First assessment of pollutant exposure in two balaenopterid whale populations sampled in the Svalbard Archipelago, Norway](#), *Science of The Total Environment*, 718. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.137327](#)
- Taylor J. J., Lawler J. P., Aronsson M., Barry T., Bjorkman A. D., Christensen T., Coulson S. J., Cuyler C., Ehrich D., Falk K., Franke A., **Fuglei E.**, Gillespie M. A., Heiðmarsson S., Høye T., Jenkins L. K., **Ravolainen V.**, Smith P. A., Wasowicz P., Schmidt N. M. (2020) [Arctic terrestrial biodiversity status and trends: A synopsis of science supporting the CBMP State of Arctic Terrestrial Biodiversity Report](#), *Ambio*, 49: 833-847. DOI: [10.1007/s13280-019-01303-w](#)
- Urbani L., **Tryland M.**, Ehrich D., **Fuglei E.**, Battilani M., Balboni A. (2020) [Ancient origin and genetic segregation of canine circovirus infecting arctic foxes \(*Vulpes lagopus* \) in Svalbard and red foxes \(*Vulpes vulpes* \) in Northern Norway](#), *Transboundary and Emerging Diseases*. DOI: [10.1111/tbed.13783](#)
- Vacquié-García J., Lydersen C., Marques T., Andersen M., Kovacs K. M.** (2020) [First abundance estimate for white whales *Delphinapterus leucas* in Svalbard, Norway](#), *Endangered Species Research*, 41. DOI: [10.3354/esr01016](#)
- van der Linden F., Tison J., Champenois W., **Moreau S.**, Carnat G., Kotovitch M., Fripiat F., Deman F., Roukaerts A., Dehairs F., Wauthy S., Lourenço A., Vivier F., Haskell T., Delille B. (2020) [Sea ice CO2 dynamics across seasons: impact of processes at the interfaces](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015807](#)
- Villanger G. D., Kovacs K. M., Lydersen C., Haug L. S., Sabaredzovic A., Jenssen B. M., Routti H.** (2020) [Perfluoroalkyl substances \(PFASs\) in white whales \(*Delphinapterus leucas*\) from Svalbard – A comparison of concentrations in plasma sampled 15 years apart](#), *Environmental Pollution*, 263. DOI: [10.1016/j.envpol.2020.114497](#)
- von Friesen L. W., Granberg M. E., **Pavlova O.**, Magnussen K., Hassellöv M., **Gabrielsen G. W.** (2020) [Summer sea ice melt and wastewater are important local sources of microplastic to Svalbard waters](#), *Environment International*, 139. DOI: [10.1016/j.envint.2020.105511](#)
- Wang C., Jacobs J., Elburg M. A., Läufer A., **Elvevold S.** (2020) [Late Neoproterozoic–Cambrian magmatism in Dronning Maud Land \(East Antarctica\): U–Pb zircon geochronology, isotope geochemistry and implications for Gondwana assembly](#), *Precambrian Research*, 350. DOI: [10.1016/j.precamres.2020.105880](#)
- Wang C., Jacobs J., Elburg M., Läufer A., Thomas R., **Elvevold S.** (2020) [Grenville-age continental arc magmatism and crustal evolution in central Dronning Maud Land \(East Antarctica\): Zircon geochronological and Hf–O isotopic evidence](#), *Gondwana Research*, 82. DOI: [10.1016/j.gr.2019.12.004](#)
- Wang C., **Negrel J., Gerland S., Divine D., Dodd P. A., Granskog M. A.** (2020) [Thermodynamics of Fast Ice off the Northeast Coast of Greenland \(79°N\) Over a Full Year \(2012–2013\)](#), *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125. DOI: [10.1029/2019JC015823](#)
- Wekerle C., **Hattermann T.**, Wang Q., Crews L., von Appen W., Danilov S. (2020) [Properties and dynamics of mesoscale eddies in Fram Strait from a comparison between two high-resolution ocean–sea ice models](#), *Ocean Science*, 16: 1225-46. DOI: [10.5194/os-16-1225-2020](#)
- Wiedmann I., Ceballos-Romero E., Villa-Alfageme M., Renner A. H., Dybwad C., Jagt H., Svensen C., **Assmy P.**, Wiktor J. M., Tatarok A., Różańska-Pluta M., Iversen M. H. (2020) [Arctic Observations Identify Phytoplankton Community Composition as Driver of Carbon Flux Attenuation](#), *Geophysical Research Letters*, 47. DOI: [10.1029/2020GL087465](#)
- Yu X., Rinke A., Dorn W., Spreen G., Lüpkes C., **Sumata H.**, Gryanik V. M. (2020) [Evaluation of Arctic sea ice drift and its dependency on near-surface wind and sea ice conditions in the coupled regional climate model HIRHAM – NAO-SIM](#), *The Cryosphere*, 14: 1727-46. DOI: [10.5194/tc-14-1727-2020](#)
- Zhou Q., **Hattermann T.** (2020) [Modeling ice shelf cavities in the unstructured-grid, Finite Volume Community Ocean Model: Implementation and effects of resolving small-scale topography](#), *Ocean Modelling*, 146. DOI: [10.1016/j.ocemod.2019.101536](#)
- Ziegler A., Cape M., **Lundesgaard Ø.**, Smith C. (2020) [Intense deposition and rapid processing of seafloor phytodetritus in a glaciomarine fjord, Andvord Bay \(Antarctica\)](#), *Progress in Oceanography*, 187. DOI: [10.1016/j.pocean.2020.102413](#)

Andre / Others:

- Granskog M. A., Assmy P., Koç N., Prem Shankar G., Ravindra R., Chattopadhyay S.** (2020) [Emerging Traits of Sea Ice in the Atlantic Sector of the Arctic](#), I: *Climate Change and the White World* / ed. P.S. Goel et al. Springer. DOI: [10.1007/978-3-030-21679-5_1](#)



Kulturminner fra Smeerenburgodden 11. juli

kl. 16.38

J. Rostad 2003



RØDNEBBTERNER Rødnebbterner i flukt. Tegning: Jan Roald, NP



ÅRSMELDING

ANNUAL REPORT 2020

Norsk Polarinstitutet, Framsenteret
Postboks 6606, Langnes, 9296 Tromsø

*Norwegian Polar Institute, Fram Centre
P. O. Box 6606, Langnes, NO-9296 Tromsø, Norway*

Svalbard:

Norsk Polarinstitutet, 9171 Longyearbyen
Norwegian Polar Institute, NO-9171 Longyearbyen, Norway

Tel.: +47 77 75 05 00

post@npolar.no, sales@npolar.no, www.npolar.no