



Ellen Elverland

# Det arktiske system

2007 ♦ 2008  
**POLARÅRET**



*Midnatt over Framstredet, iAOOS-tokt, 2007 - Foto: Rudi Caeyers, NFH/UIT.*

© Norsk Polarinstitut, Polarmiljøseneteret, NO-9296 Tromsø  
www.npolar.no  
post@npolar.no

Teknisk red./Bilred.: E. Elverland, A.K. Balto, G.S. Jaklin,  
Norsk Polarinstitut  
Design/Lay-out: Rudi Caeyers  
Foto, forside: Odd-Harald Hansen (krykkje), Fredrik Broms (agurkmanet), Jon Aars (isbjørn), Ann Kristin Balto (rødsildre), Hallvard Strøm (lundefugl), alle Norsk Polarinstitut (NP).  
Foto, bakside: Rudi Caeyers (sjøis), Fredrik Broms (hvalåte), NP, Jon Aars (fjellrev), NP.  
Trykk: Grafisk Nord AS, september 2008  
ISBN 978-82-7666-250-4

## INNHOOLD

Det arktiske system.....	8
Et politisk viktig område.....	9
Arktis AS.....	9
Hovedkvarteret.....	11
Barentshavet.....	13
Primærprodusentene – Gutta på gølvet.....	13
Plantelivet i havet.....	14
Svalbards landvegetasjon.....	16
Primær- og sekundærkonsumentene – Mellomledernivået.....	17
Predatorer og topp-predatorer – Sjefene og direktøren.....	24
Omverdenen – rammebetingelser og arbeidsforhold.....	25
Klima.....	25
Ti raske om klimaendringer.....	28
Klimaet blir varmere.....	30
Hvorfor.....	30
Hva skjer med livet i Arktis?.....	31
Sollyset.....	31
Mengden UV-stråling til Arktis øker.....	32
Hvorfor.....	32
Hva skjer.....	33
Havet og havstrømmer.....	34
Havet blir varmere.....	34
Hvorfor.....	34
Hva skjer.....	35
Sjøisen.....	36
Sommerisen forsvinner.....	37
Hvorfor.....	37
Hva skjer.....	38
Isbreer.....	43
Isbreene mister masse og trekker seg tilbake.....	44
Hvorfor.....	44
Hva skjer.....	45
Kartlegging i Arktis.....	48
Svalbards geologi.....	49
Permafrosten tiner.....	50
Hvorfor.....	50
Hva skjer.....	50
Søppel og miljøgifter – en ny utfordring.....	53
Hvorfor.....	53
Hva skjer.....	54
Fugler.....	56
Isbjørn.....	57
Når kan vi slutte å si sannsynligvis?.....	59
Forskningsprosjekter, Det internasjonale polaråret.....	62



Et typisk arktisk fjordlandskap med isbreer, nakne fjell, havis og sjøfugl. Arktis har tradisjonelt vært kjent for sine enorme områder med urørt natur, men det er bare tilsynelatende. Menneskene har lenge spilt, og spiller fremdeles, en viktig rolle i Arktis. I tidligere tider besøkte vi området for å høste av det enorme matfatet, men i de seinere år har vi også begynt å påvirke Arktis uten selv å være der. Foto: Tor Ivan Karlsen, Norsk Polarinstitutt (NP).

## Det arktiske system

Arktis kan beskrives som en selvmotsigelse – variert og robust, men likevel et område som er sårbart for klimaendring og miljøpåvirkninger. På grunn av mye energi som transporteres fra sør med den nordatlantiske strømmen, Golfstrømmen, er klimaet i norsk Arktis annerledes enn på samme breddegrad andre steder.

De norske arktiske områdene er varierte, samtidig som de er sammensatte. Her finnes isbreer, store tundraområder, høye fjell, øyer, skjær, fjorder og enorme havområder. Forandringer i ett område av Arktis innvirker på forholdene i andre områder og gir ringvirkninger i hele systemet. Det arktiske samfunn er et system der alt henger sammen, og mange dyre- og plantearter er spesialtilpasset livet i de barske omgivelsene. Faktisk har noen blitt så spesialiserte at de bare kan eksistere her.

Arktis gir oss et tidlig varsel om klimaendringer, og området spiller en viktig rolle i det globale klimasystemet. Etter hvert som

klimaet blir varmere trekker isen seg tilbake, og det kommer stadig flere holmer og skjær til syne. Tundraen tiner, og livsgrunnlaget endres for mennesker og dyr.

Økosystemet på Svalbard, i Barentshavet og andre steder i Arktis er ikke bare under økende press av klimaendringer som forandrer naturen, men også av menneskelig aktivitet som for eksempel mer ferdsel (cruiseturisme, båttransport mm), økt påvirkning fra fiskeri, utvinning av naturressurser og nye miljøgifter. I Norge er det et politisk mål at ressursutnyttelsen ikke skal føre til at arter trues eller utrykkes, men en rekke rødlistearter i Norge er fremdeles truet.

Selv om Arktis er langt borte er det likevel nært. Hendelser i andre deler av verden får konsekvenser her, og forandringer i Arktis har styrke og størrelse til å virke direkte inn på vår hverdag. Og det er egentlig ikke så rart siden de arktiske områdene opptar omtrent 25 av totalt 90 breddegrader. Bare havområdene i Arktis er 1,5 ganger større enn

USA, og i tillegg kommer de store landområdene på Grønland, i Canada, USA, Russland og Norge.

### Et politisk viktig område

Den norske regjeringen (Stoltenberg II) har gjort nordområdene til sitt viktigste strategiske satsingsområde. Dette begrunnes med at regionen representerer enorme muligheter, og også utfordringer.

Barentshavet er på flere områder av strategisk betydning, spesielt når det gjelder energi, ressursforvaltning og miljø. I fiskerivernsonen rundt Svalbard er det internasjonal uenighet om fiske, og utvinning av olje og gass i nord får oppmerksomhet blant politikere i mange land. Anslag indikerer at hele 25% av verdens gjenværende petroleumsressurser kan befinne seg i Arktis – hovedsakelig på russisk side, men også i norsk Arktis. Dessuten er Nordvest-Russland militærstrategisk viktig. Sikkerhetsmessig er interessemotsetninger i forhold til Russland den største utfordringen for Norge (Statssekretær Barth Eide, Forsvarsdep. 2006).

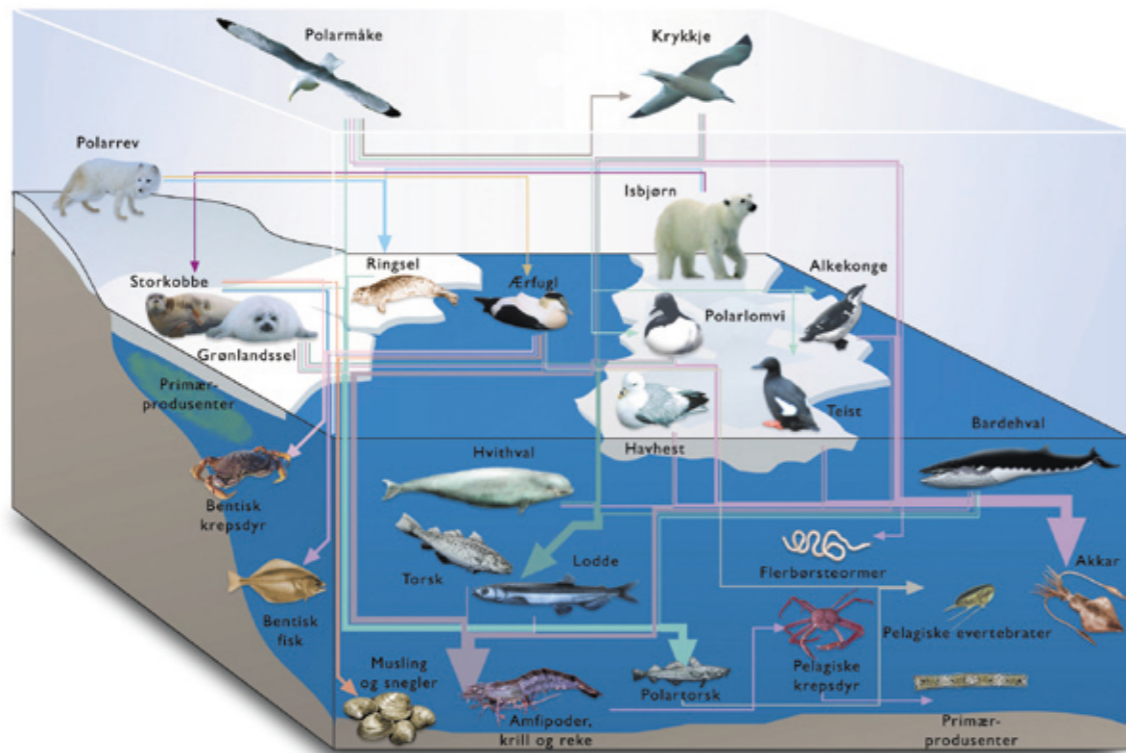
Globalt sett bidrar smeltingen av is i Arktis til økt havnivå og til mulige endringer av havsirkulasjonen som er av stor betydning for jordas klima. Regionen er også indikator på jordas miljøtilstand, da det finnes liten egen forurensning her, og hoveddelen er miljøgifter som transporteres med luft og hav fra land langt borte. For å kunne følge med på utviklingen og gjøre tiltak, er det viktig å ha god kunnskap om det arktiske system.

## Arktis AS

Vi kan sammenlikne det arktiske økosystem med et firma, en stor arbeidsplass kalt "Arktis AS". Firmaet er en velfungerende organisasjon med lange tradisjoner. Alle kjenner sin plass i systemet og bidrar på sitt lille vis til organisasjonen – hver art er en liten brikke i det store puslespillet som til sammen utgjør helheten.

Det er ofte de store gutta på toppen, isbjørnen, selen og hvalen, som er organisasjonens ansikt utad, men det er på ingen måte de som alene styrer firmaet. De er prisgitt arbeiderne under seg og må stole på dem for sin egen eksistens.





Arktisk marin næringskjede. Næringskjeden starter med de minste, fotosyntetiserende organismene i havet og på land. Så følger organismer som spiser plantematerial, mens leddet over består av kjøttende organismer. Næringskjedene i Arktis er korte, og har relativt få ledd fra organismene i bunnen til isbjørnen på toppen, men selv om kjeden er kort kan hvert ledd i kjeden utgjøres av mange millioner organismer av samme art. Figur: ACIA.

Økosystemet i Arktis kjennetegnes ved korte næringskjeder som involverer få arter, det vil si at det er få ledd fra plantene nederst i næringskjeden, til rovdirene øverst i næringskjeden. Derfor er Arktis også en sårbar organisasjon. Om noe går galt i et ledd finnes det ikke så mange alternative matkilder for de som lever i leddet over. Men selv om artsdiversiteten er lav, er det en stor organisasjon og hver art kan representeres med flere millioner, om ikke milliarder individer. Dette gjelder spesielt for de artene som befinner seg langt ned i næringskjeden, mens antallet individer per art avtar lenger opp mot toppen.

Arktis AS er en konservativ, gammeldags og tradisjonell arbeidsplass som har fungert på samme måte i flere tusen år. Her tar ting tid, og sammenliknet med sine søsken i varmere strøk går alt litt saktere i Arktis. Mange organismer vokser saktere, de når kjønnsmoden alder seinere, de føder færre barn, og de

beveger seg saktere. Til gjengjeld lever de ganske lenge, og både fuglearten havhest og grønlandshvalen er gode eksempler på akkurat dette. Havhesten kan bli opptil 50 år gammel, mens grønlandshvalen blir nesten 250 og innehar verdensrekorden i alder. Det forbrukes mer energi til å holde varmen og overleve i Arktis enn tilfellet er for de organismene som lever i varmere strøk, og overskuddet som kan brukes på reproduksjon er derfor mindre. Man kan si at kulda både fører til barnebegrensning og sinker aldringsprosessen.

Siden Arktis AS er en litt gammeldags organisasjon reagerer den dårlig på forandringer. Disse forandringene blir oftest påtvunget organisasjonen av de eksterne rammebetingelsene, ytre ikke-biologiske påvirkninger, som legger grunnlaget for firmaets eksistens og utvikling – det være seg både på godt og vondt.

Selv om det er fysisk krevende å jobbe i og drive Arktis AS, har arbeidsmiljøet generelt vært godt, sykefraværet er moderat og samholdet er sterkt. Utskifting av arbeidsstokken har skjedd som følge av alderdomssvakhet, eller naturlig død fordi noen har havnet på andres middagsbord. Men nå skjer det noe alvorlig. Arbeidsstokkens arbeidsevne reduseres og ytelsen går ned. Ytre påvirkninger truer med å forandre Arktis AS.

Klimaet er den faktoren som legger hardest føring på livet i Arktis, og med et stadig varmere klima står Arktis AS nå foran store utfordringer. Isen trekker seg tilbake og truer bokstavelig talt med å rive grunnen under føttene for firmaet. Sammen med de stadig økende temperaturene flytter sørlige arter inn i området og truer med å ta over hovedkvarteret. Nye arter kan også føre med seg virus og bakterier som tidligere ikke kunne overleve i det kalde nord, og medarbeiderne i Arktis blir utsatt for sykdommer de ikke har immunforsvar mot.

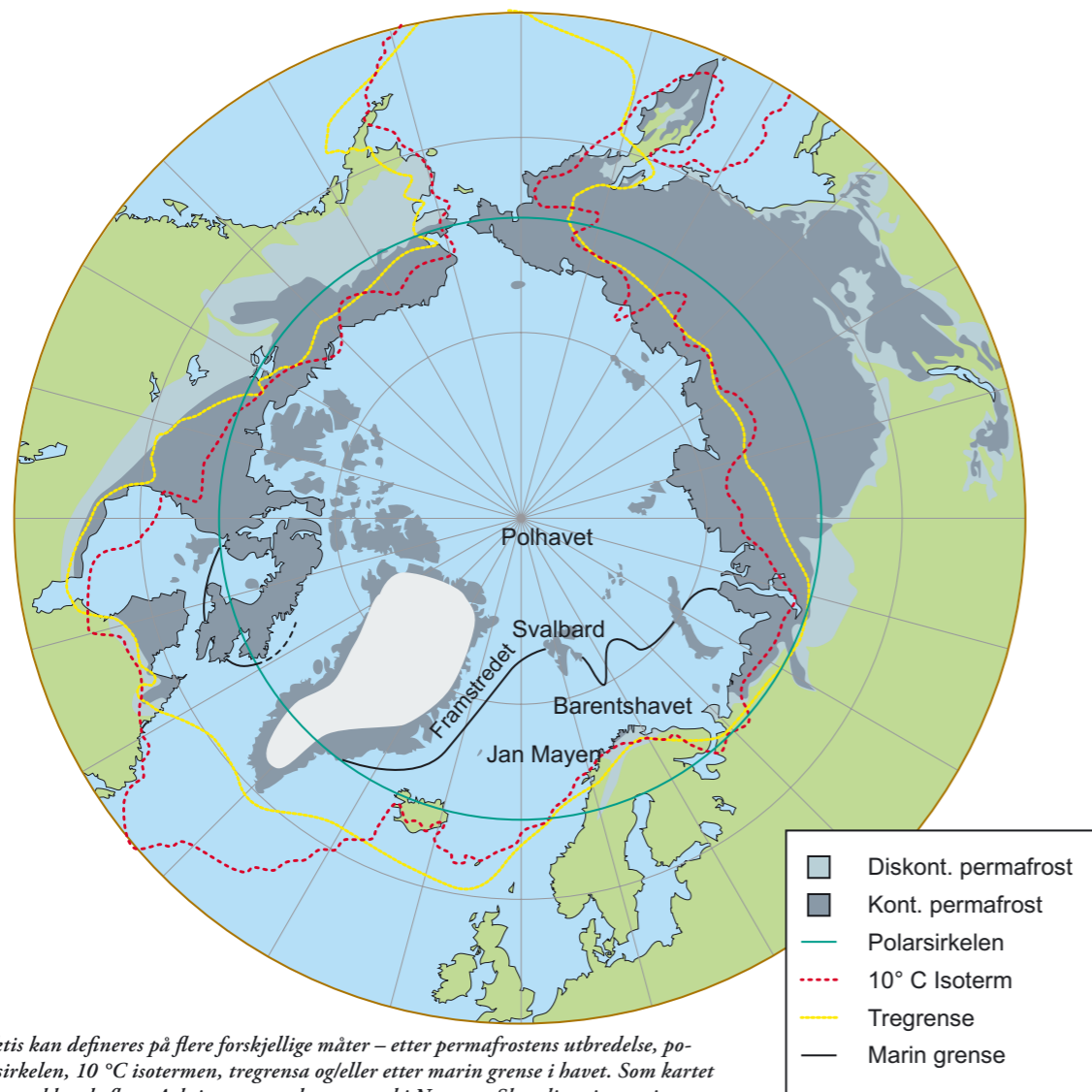
Men ikke nok med det, Arktis kjemper mot farer på flere fronter. Sammen med raske klimaendringer er miljøgiftene den verste trusselen og truer nå med å ødelegge organisasjonen innenfra. Miljøgiftene følger næringskjeden, de tas opp i de aller minste organismene, akkumuleres oppover og påvirker evnen til overlevelse og reproduksjon på toppen av næringskjeden.

### Hovedkvarteret

Ikke uventet ligger hovedkvarteret til Arktis AS i Arktis. At det ligger langt mot nord vet alle, men hvordan det avgrenses mot sør er kanskje ikke så kjent. En mulighet for sørlig avgrensning av Arktis er etter breddegrad – og vanligst brukt er polarsirkelen. Polarsirkelen markerer breddegraden der det er minimum en dag mørketid ved vintersolverv, altså at sola ikke kommer over horisonten ca. 21. desember, og minimum en natt med midnattssol ved sommersolverv ca. 20. juni.



Svalbardreinen er en underart av den reinen vi kjenner fra fastlandet. Den finnes bare på Svalbard og har spesialtilpasset seg det kalde og ugjestmilde klimaet ved at den har korte bein og et relativt kort og rundt hode. Reinenes pels er brun over ryggen og lys i buken. Om vinteren er pelsen lysere enn om sommeren og framstår ofte som lysegrå eller gullvitt. Den tykke pelsen får selv utsultede dyr til å se fete ut, og den bidrar også til at reinen virker ekstra kortbeint. Foto: Ronny Aanes, NP.



Arktis kan defineres på flere forskjellige måter – etter permafrostens utbredelse, polarsirkelen, 10 °C isoterme, tregrensa og/eller etter marin grense i havet. Som kartet viser trekkes de fleste Arktis-grensene lenger nord i Norge og Skandinavia enn i resten av verden. Dette er fordi den varme Golfstrømmen strømmer nordover langs kysten av Norge og videre mot Svalbard og polområdene. Figur: NP.

Men siden de fleste organismene i Arktis ikke er avhengige bare av lys for å kunne eksistere er klima en mer relevant definisjon, og da blir gjerne utbredelsen av permafrost eller området nord for 10 °C- juli isoterme brukt. Isoterme er grensa der gjennomsnittstemperaturen for juli måned er maksimum 10°C ved havnivå. Det er også mulig å bruke vegetasjonen og den nordlige tregrensa for å avgrense Arktis.

Det er ikke bare på landjorda vi trenger en grense for Arktis. I havet blir grensa dratt der det kalde, saltfattige sjøvannet fra nord

møter det varmere, salte vannet fra Atlanterhavet. På grunn av Golfstrømmen som sender det atlantiske vannet mye lenger nord enn for eksempel rundt Canada og Grønland, går den grensa i havet på rundt 80°N vest for Svalbard, mens den på østkysten av Grønland ligger rundt 65°N.

I tillegg til disse rent geografiske og klimatiske avgrensningene spiller også politikk og kultur inn, og man kunne like gjerne ha føyd inn flere linjer for å illustrere politiske og kulturelle definisjoner av Arktis.

Den norske delen av Arktis defineres som Svalbard, Jan Mayen og fastlandet nord for polarsirkelen. Av praktiske grunner er et lite område sør for polarsirkelen også inkludert, for å få med Saltfjellet-Svartisen nasjonalpark og hele Rana kommune.

Selv om norsk Arktis også inkluderer fastlands-Norge, fokuserer vi her på Svalbard og havområdene rundt, inkludert deler av Barentshavet. Øygruppen Svalbard består av åtte store øyer og alle små øyer, holmer og skjær mellom 74° og 81° nordlig bredde og 10° og 35° østlig lengde. Den største av øyene er Spitsbergen, som også er den eneste øya der det bor mennesker hele året.

### Barentshavet

Barentshavet er en viktig og stor del av Norsk Arktis. Det strekker seg fra kysten av Nord-Norge i sør til Polhavet i nord, avgrenset av Svalbard i vest og Novaja Semlja i øst. Barentshavet er over fire ganger så stort som Norge og et ekstremt produktivt havområde fordi det er relativt grunt, i gjennomsnitt bare 230 meter, men også fordi her møtes kalde vannmasser fra Polhavet og varmt atlantisk vann som fraktes nordover med Golfstrøm-

men. Få andre havområder kan fremvise en tilsvarende rikdom når det gjelder hekkende sjøfugl, og minst 20 millioner sjøfugl har tilhold i Barentshavet sommerstid. Disse fordeler seg på 40 ulike arter og 1600 hekkkolonier. Den enorme fuglerikdommen er et resultat av at fuglene finner rikelig med mat i form av fisk og plankton. Mye av fisken som vokser opp i Barentshavet har kommet hit som egg og yngel med havstrømmer fra gyteområdene lenger sør, og Barentshavet er helt avhengig av denne tilførselen for å opprettholde sin produktivitet.

### Primærproducentene – Gutta på golv

Primærproducentene eller "Gutta på golv" er de egentlige verdiskaperne i Arktis. Det er de som gjør gråstein om til gull – eller i dette tilfellet solenergi til karbohydrater. Uten en solid arbeidstokk i bunnen er det lite å bygge videre på for organismene høyere opp i be-driften.

Sollyset er nøkkelen for primærproducentene (planteplanktonet og landplantene) i havet og på land fordi de er organismer som driver fotosyntese – de lager karbohydrater som brukes til vekst og formering, og de er



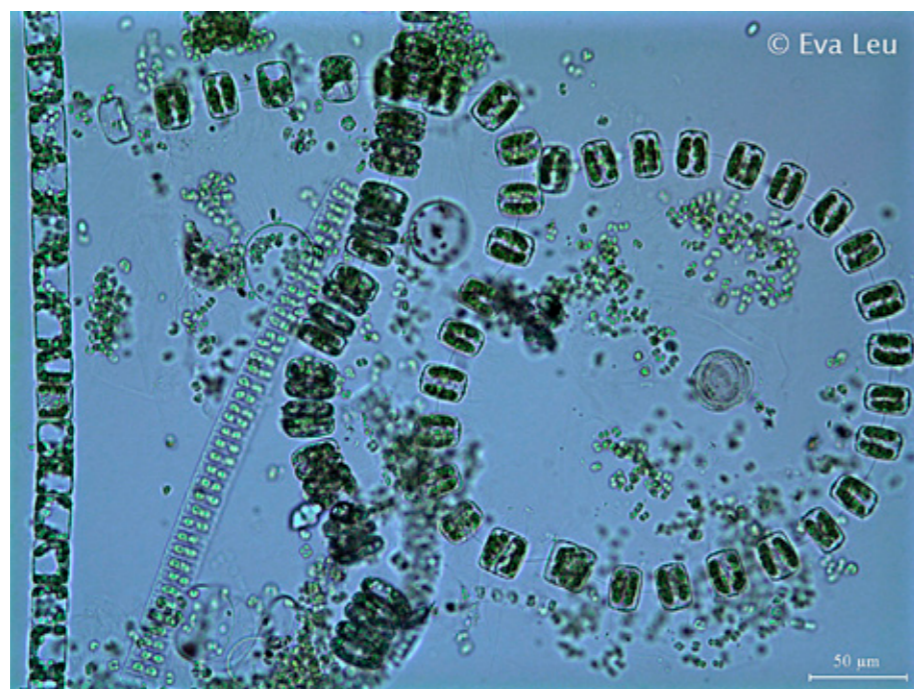
Store deler av Barentshavet er tilfrosset om vinteren og bare den sørligste delen mot kysten av Nord-Norge og Russland forblir isfri gjennom hele året. Etter hvert som sommeren kryper nordover tiner også Barentshavet. Dyre- og fugleliv forflytter seg nordover med iskanten. Foto: Sebastian Gerland, NP.

**Visste du at:**  
 I 1920 ble en traktat (en bindende avtale mellom stater) kalt Svalbardtraktaten undertegnet av Norge, USA, Danmark, Frankrike, Italia, Japan, Nederlandene, Sverige, Storbritannia og Irland og de britiske oversjøiske besittelser. I følge Svalbardtraktaten har Norge ikke bare rett, men også en internasjonal plikt, til å påse at naturen på Svalbard og tilhørende områder bevares og ikke ødelegges som følge av menneskelig påvirkning.

viktige for de andre organismene i Arktis som ikke lager egne karbohydrater. Disse spiser primærproduktene og er avhengig av dem for å leve, vokse og formere seg. Dette er det første trinnet i den arktiske næringspyramiden.

### Plantelivet i havet

Planteplankton er en samlebetegnelse på flere arter mikroskopiske alger, som alle har klorofyll og driver fotosyntese. De viktigste faktorene som styrer planteplanktonets liv er næringstilgangen i vannet og lyset.



Slik kan planteplankton se ut gjennom et mikroskop. Den grønne fargen inne i planktonet er klorofyll som algerne bruker i fotosyntesen. Planteplanktonartene på bildet danner lange kjeder, de heter kiselalger eller diatomeer. Dette er encellede alger der celleveggen er dannet av kiseltsyre. Celleveggen er formet av to skall slik at kiselalgen ser ut som en liten eske med lokk. Skallet til kiselalgen er ekstremt motstandsdyktige mot nedbrytning. Når kiselalgen dør sedimenteres skallet ned i havbunnen, og dersom forholdene ligger til rette kan de oppbevares der i mange tusen år. Foto: Eva Leu, NP.

Planteplanktonet trives i de øvre vannmassene fordi det her er best tilgang på lyset som de trenger til fotosyntesen, men de fleste planteplankton er prisgitt sirkulasjonen i vannet der de driver viljeløst omkring. På grunn av den vertikale blandinga av vannmassene, der næringsrikt vann fra bunnen kommer opp til overflata, varierer tilgangen på næringsstoffer sterkt gjennom sesongen. Om vinteren overvintrer enkelte arter inne i isen eller på havbunnen, men når lyset kommer tilbake og havet blir varmere rundt april måned, eksploderer produksjonen av planteplankton i havområdene i og rundt Arktis.

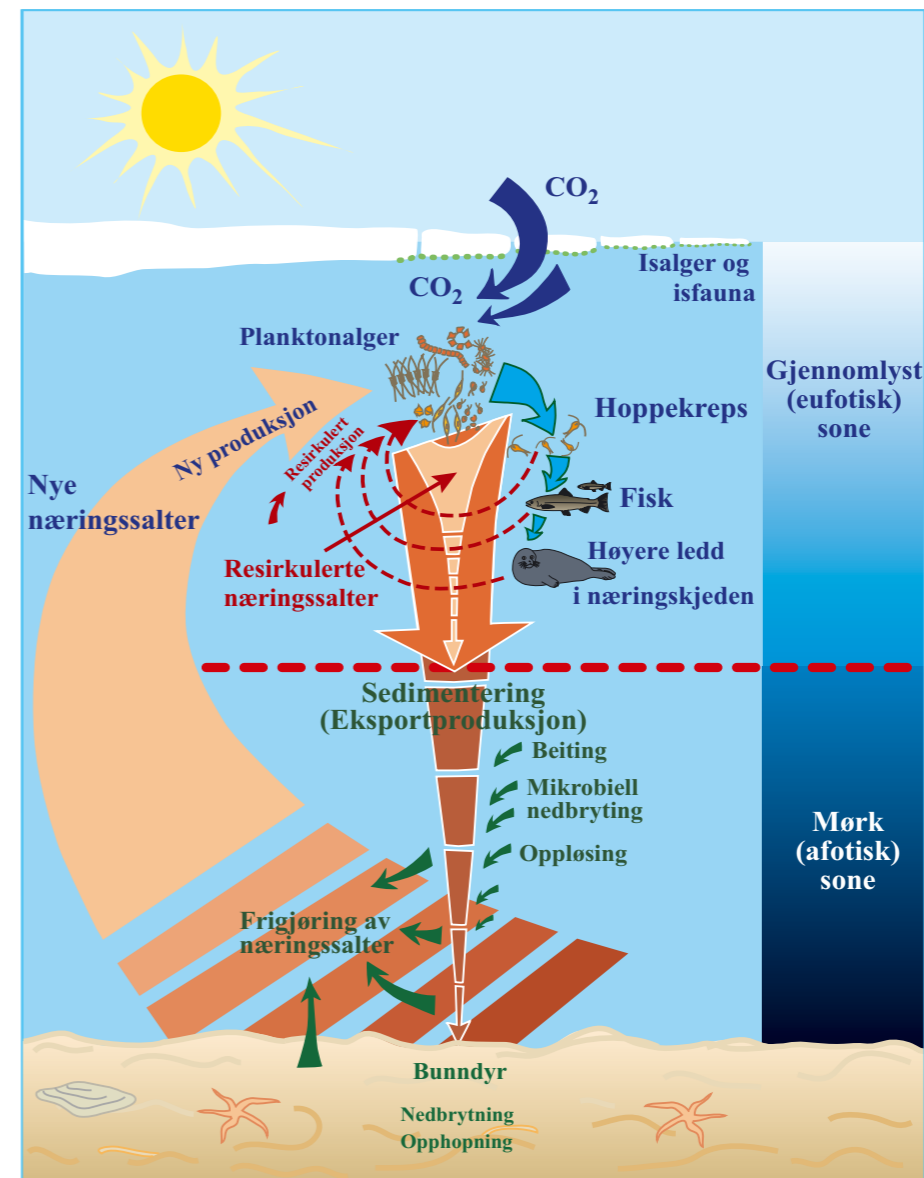
Det er særlig i tilknytning til iskanten at planktonet finner best levevilkår, her møtes åpent vann og is og det oppstår en gunstig vekslning mellom stabile vannmasser og dyp vertikalblanding der næringsalter bringes opp til overflata. Det er her grunnlaget for de rike fiskeforekomstene i Barentshavet ligger.

Isalger er mikroskopiske alger som lever

i eller like under isen. Algene som inngår i et isalgesamfunn rekrutteres fra forskjellige områder rundt isen – for eksempel sjøbunnen, eller forskjellige nivåer i vannsøyla. Dersom forholdene ligger til rette for det kan algemattene under isen bli flere titalls centi-

meter tykke med algetråder på opptil flere meters lengde – et festmåltid for de dyrene som spiser alger.

Planteplanktonet bruker karbon som kommer fra CO<sub>2</sub> i lufta, og bidrar slik til å



Når lyset er tilbake og forholdene øverst i vannsøyla danner et gunstig vekstmiljø, skyter planktonalgeproduksjonen fart. Sola smelter isen og et varmere og ferskere overflatelag dannes oppå det kaldere og tyngre vannlaget under. I dette overflatelaget kan planteplanktonproduksjonen nå vårens høyder, og på grunn av den fysiske lagdelingen av vannmassene forblir biomassen (plankton, fisk og dyr) i den eufotiske sonen (der det er lys nok). Planktonproduksjonen drives av tilgangen på næringsalter; "nye" næringsalter som gjennom vinteren er frigjort fra bunnsamfunnet og i den afotiske sonen (der det er mørkt) blir blandet oppover i vannsøyla under vinterens omrøring av vannmassene. Figur: Wassmann et al. (2006), modifisert av Frøydis Strand, NFH, Universitetet i Tromsø (UiT).



Bildet viser forskere som tar prøver av isalger som vokser på undersiden av isen. Algalagene kan bli veldig tykke, de krever lite lys for å starte sin produksjon og kan starte blomstringa, flere uker før de frittlevende algene våkner til liv. På grunn av at isalgene er fulle av flerumettede fettsyrer, er de ekstremt næringsrike for andre dyr – de er havets kraftfôr. Et forskningsprosjekt viste at isalgene utgjør 5-25 % av fødegrunnlaget for organismene i neste ledd i næringskjeden, og utgjorde opptil hele 50 % av maten tidlig i sesongen før de andre planktonorganismene våknet til liv. Foto: Josef Wiktor/Eva Leu, NP.

fjerne store mengder CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Det er ikke alt planktonet som blir spist av andre organismer, noen dør en naturlig død og synker ned til bunnen. Der begraves de og bidrar slik til å lagre CO<sub>2</sub> i uoverskuelig framtid. Dette er en av grunnene til at havet fungerer som et gigantisk karbonlager.

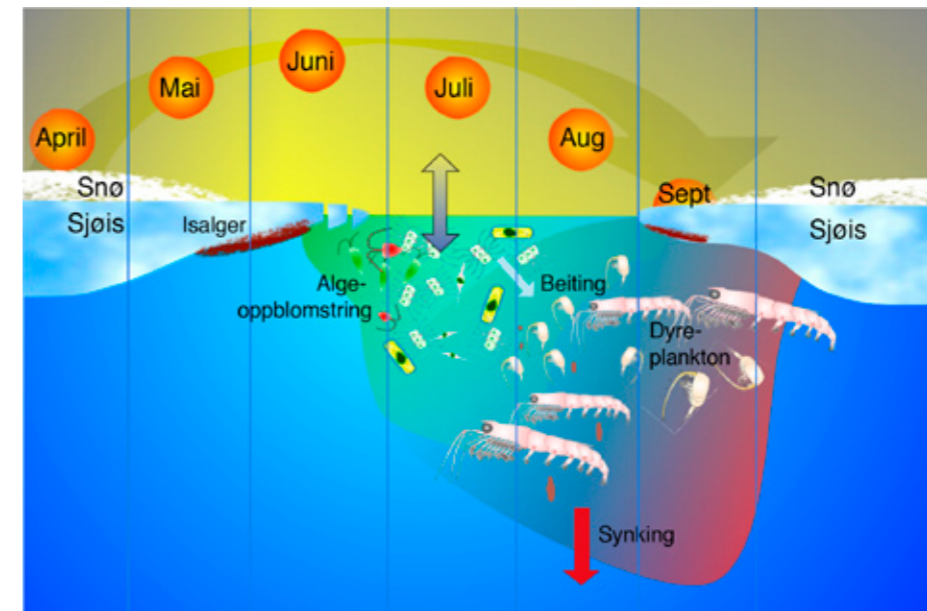
#### Svalbards landvegetasjon

Veksts sesongen i Arktis er kort og hektisk, og de lave temperaturene forklarer at ingen trær kan vokse der – i sentrale deler av Svalbard er de største plantene dvergbusker, og lengst i nord er det ingen vedaktige planter. For å overleve i det harde klimaet har flere arter utviklet egne triks. De fleste er flerårige slik

at de slipper å begynne hver sesong som små frø. Siden de vokser veldig sakte er det heller ikke sikkert at de har ressurser til å sette frø og formere seg hvert år, og derfor er det mange arter som formerer seg med utløpere eller yngleknopper.

Et særtrekk for Svalbard er de milde havstrømmene og som også gir livsgrunnlag for store fuglekolonier. Fuglene gjødsler bakken under fuglefjellene og frigir næringsstoff til vegetasjonen nedenfor. På Svalbard ligger fuglefjellene lenger nord enn andre steder i Arktis, og på grunn av det kalde klimaet blir vegetasjonen dominert av moser i motsetning til urter og gress lenger sør. Mose-tundraen danner, særlig ved den kjølige kysten, store sammenhengende tepper som isolerer så godt mot varme at permafrosten fins allerede på 20-30 centimeters dyp, og man kan faktisk ta på den. Disse faktorene, gjør Svalbards mose-tundra enestående i verdenssammenheng.

Svalbard er inndelt i tre bioklimatiske soner etter temperaturforholdene, mellommark-



I april dukker sola over horisonten og gir lys til isalge- og planteplanktonvekst. Når sola står på sitt høyeste i juni er produksjonen på sitt mest intense, og dyreplanktonarter nyter godt av overfloden. Etter hvert som planteplanktonet bruker opp næringsstoffene i vannet avtar produksjonen utover i sesongen, og når sola igjen forsvinner under horisonten går planktonet i dvale til neste veksts sesong. Figur: Alexander Keck & Paul Wassmann (1993), modifisert av Frøydis Strand, NFH, UiT.

tisk tundra, nordarktisk tundra og arktisk polarørken. Utenom temperaturen er det også mange andre avgjørende faktorer for vegetasjonsutvikling på Svalbard: langt eller kort snødekke, rik eller fattig berggrunn, stabile eller ustabile vokseunderlag, fugle- og reingjødsling, etc. Vegetasjonskartet viser de ulike vegetasjonsutformingene på Svalbard i grov målestokk. De 15 dominerende hovedtypene som er med her (i lokal målestokk er variasjonen mye større) er faktisk ulike i hver av de tre bioklimatiske sonene på øygruppen.

Vegetasjonsutforminga er veldig varierende på Svalbard, fra knusktørre stepper i Wijdefjorden, og nesten steril, grusdominert polarørken i de kaldeste områdene, til tundra-landskapet en vil oppdage langs bosettingene. I alt finnes det ca. 165 arter høyere planter på Svalbard, omtrent 370 arter moser og ca. 600 arter lav. Så selv om plantene kan virke små og anonyme er de dominerende i antall.

#### Primær- og sekundærkonsumentene – Mellomledernivået

Det finnes flere forskjellige mellomledernivå i Arktis AS og det laveste av dem utgjøres av primærkonsumentene. Dette er organismer som lever av plantemateriale. Nivået over utgjøres av sekundærkonsumentene, dyr som spiser dyr som spiser planter.

Av landlevende dyr i norsk Arktis er det bare svalbardrein, svalbardrype og østmarkmus som er overvintrende planteetere, men når de store gåsetrekkene kommer om våren hender det at de snauspiser hele våtmarksområder på jakt etter plantemateriale. I tillegg til reinbeiting er dette den beiteaktiviteten som øver mest press på Svalbards landvegetasjon.

I havet blir planteplanktonet spist av dyreplankton. Dyreplanktonartene gyter på våren samtidig med oppblomstringa av planteplanktonet – det er da tilgangen på mat er best. Siden iskantsonen er et produktivt sted for planteplankton gjelder også dette for dyreplanktonet, og etter hvert som iskanten trekker seg mot nord i løpet av sesongen øker også dyreplanktonproduksjonen nordover.



#### Visste du at:

Det er daglengden som er avgjørende for når planteplanktonet spirer etter den mørke vinteren. Laboratorieforsøk viser at de fleste planteplankton-artene trenger minst 12 timer dagslys for å spire. Det betyr at det ikke er mye planktonvekst i havet før etter vårjevndøgn den 21. mars, først da blir det lyst nok.





Fjellsmella er en liten plante som på Svalbard vokser i tette, halvkuleformede tuer. Den har utviklet sitt eget system for å få best nytte av sollyset; blomstene på sørsida av tua blomstrer nemlig først fordi solinnstrålinga er størst her. Utover i sesongen blomstrer den på nordsida. Den kalles også for kompassplanten fordi det er mulig å gjenkjenne himmelretningene dersom en studerer tua som blomstret mot sør først. Tueformen er forøvrig en tilpasning til å holde bedre på varmen. Foto: Arve Elvebakk, Tromsø Museum.

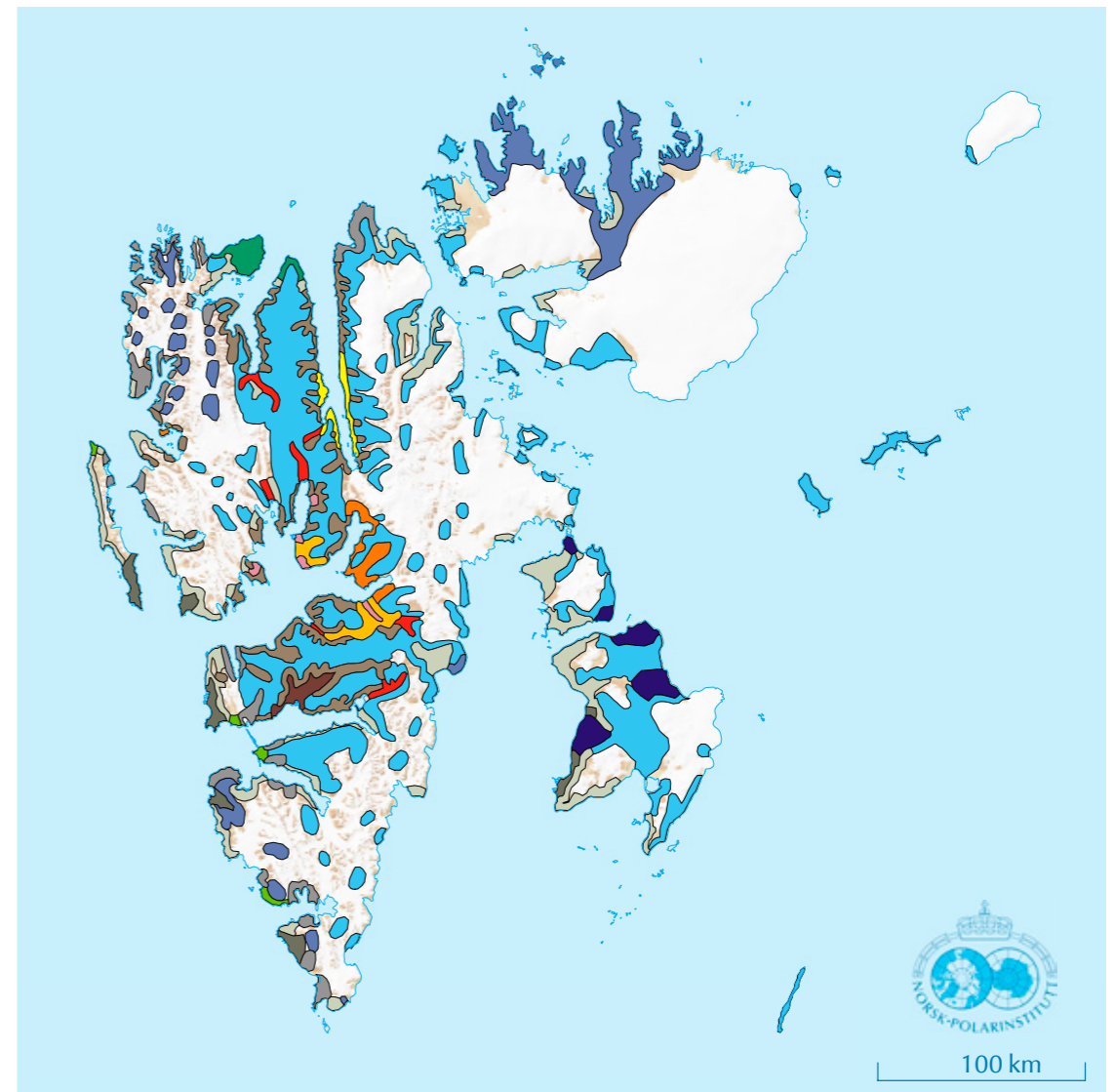
Flere andre arter vet å benytte seg av dette enorme matfatet, og i sommersesongen blir iskantsonen et område med et yrende dyre- og fugleliv. Dyreplanktonet blir hardt beita på av en mengde større arter, i hovedsak forskjellige fiskeslag og reker, men også noen fugler. Polartorskens hovedføde er dyreplankton og andre småfisk, mens den selv står på menyen for større fisk og sjøfugl, og utgjør sammen med lodde hovedføden for større fiskearter, sjøfugl, hval og sel.

**Visste du at:**  
Innenfor botanikken betegner en hotspot et område der artsmangfoldet er høyere enn i området ellers. Dette er fordi mikroklimaet og/eller berggrunnen er bedre akkurat der enn i området rundt. En slik hotspot finnes i Colesdalen i Isfjorden, her vokser det polarbløkkebær, molte, blåklokke og dvergbjørk. Det er arter som ellers ikke finnes på Svalbard.

Siden de fleste dyr finner sin mat i forskjellige nivåer i næringspyramiden, er det vanske-

lig å rangere dem etter hverandre i kjeder, og vi snakker da om næringsnett. For eksempel finner fjellreven og polarmåken maten sin i

mange forskjellige nivåer i næringspyramiden. De er generalister som spiser omtrent alt de kommer over, til og med søppel.



#### Vegetation classes

- |                          |                    |                        |                           |
|--------------------------|--------------------|------------------------|---------------------------|
| 1) Pot. pulch. steppes   | 5) Unstable sedim. | 9) Mesic Luz. conf.    | 13) Pap. polar des.       |
| 2) Dry dryas ridges      | 6) Calc. fens      | 10) Poa alp. snow beds | 14) Luz. conf. polar des. |
| 3) Mesic Dryas-Tom. nit. | 7) Acidic mires    | 11) Desch. alp. mires  | 15) Manured polar des.    |
| 4) Cass. tetr.           | 8) Mesic Luz. niv. | 12) Moss tundras       |                           |

Hovedvegetasjonstyper på Svalbard. De med gule til rødbrune fargekoder fins i den varmeste mellomarktiske tundrasonen i fjordstrøkene, de grå og grønne i nordarktisk tundrasone langs kystene, og de blå og fiolette i polarørkensonen lengst mot nord og øst. 1) Høyarktiske stepper dominert av tuemure. 2) Tørre rygger dominert av reinrose. 3) Halvfuktige områder dominert av reinrose og gullmose. 4) Områder dominert av kantlyng. 5) Ustabile sedimenter. 6) Kalkrike myrer. 7) Sure og næringsfattige myrer. 8) Halvfuktige områder dominert av snøfrytle. 9) Halvfuktige områder dominert av vardefrytle. 10) Snøleier dominert av fjellrapp. 11) Myr dominert av fjellbunke. 12) Mosetundra. 13) Polarørken dominert av svalbardvalmue. 14) Polarørken dominert av vardefrytle. 15) Fuglegjødset polarørken. Figur: Arve Elvebakk, Universitetet i Tromsø, Tromsø Museum, modifisert av NP.



*Den vakre polarflokk vokser på næringsrik grunn på vestsiden av Svalbard. Den er relativt sjelden på Svalbard og finnes bare én plass i fastlandsnorge. Den er i den norske rødlista listet som kritisk truet og er fredet i Norge. Foto: Odd Harald Hansen, NP.*

Dyr som har spesialisert seg på bare én art som føde kalles spesialister. Men fordi mattilgangen i Arktis i perioder kan være svært ujevn, er det godt å ha alternative kilder å ty til. Derfor finnes det ikke så mange rene spesialister. Noen få av artene på mellomledernivå kan imidlertid nesten kalles for spesialister fordi de langt på vei foretrekker bare én matkilde der den er tilgjengelig. Grønlandshvalen spiser stort sett bare dyreplankton, og hvalrossens livrett er en liten musling.

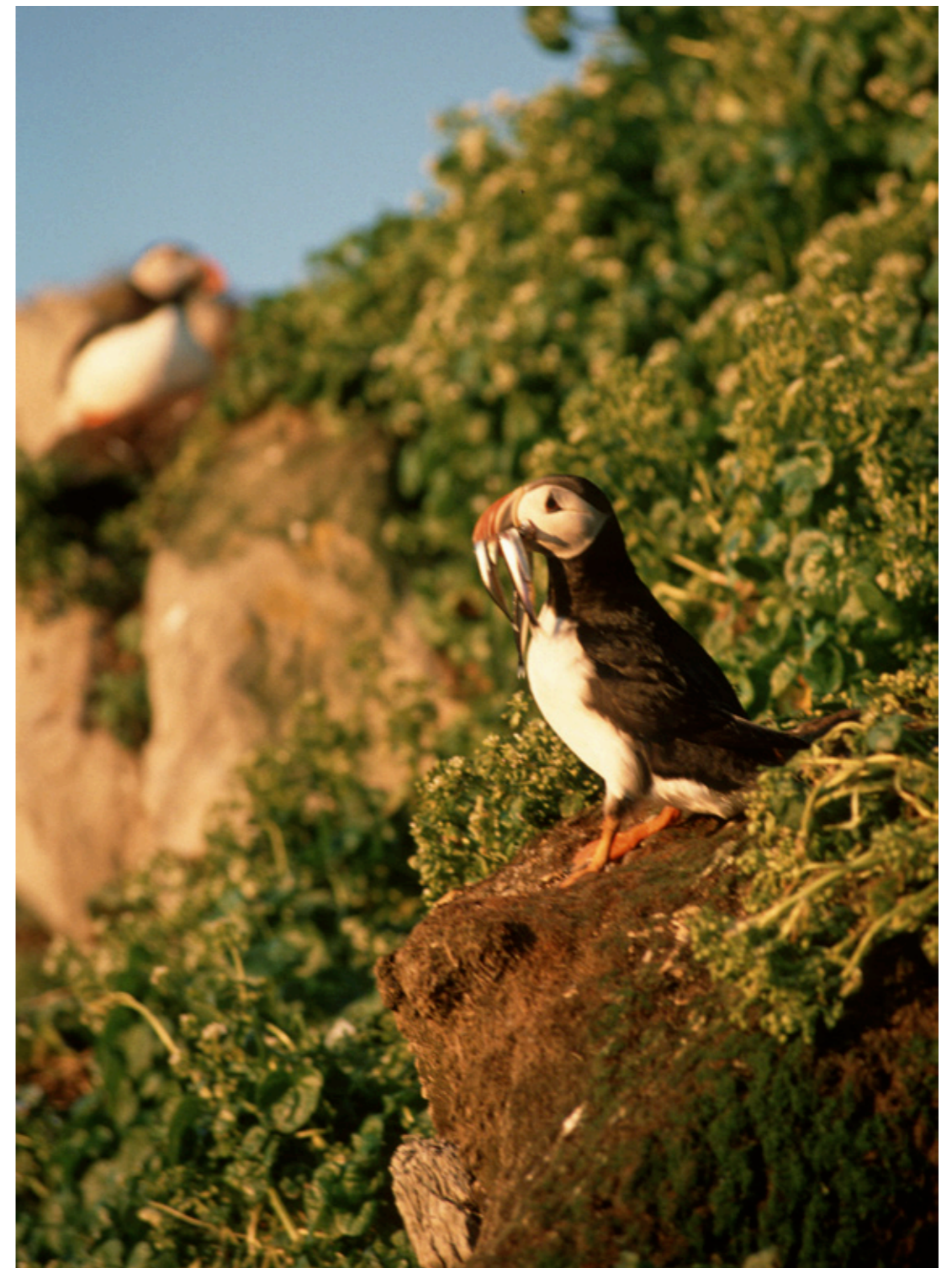
Fordi alt liv er tett knyttet til hverandre gjennom næringskjeden kan en kollaps i ett ledd virke sterkt inn på leddene over. Sesongen 1986-87 kollapset lomvikoloniene på Bjørnøya som en direkte følge av at lodde-

stammen kollapset samme år. På Bjørnøya har lomvi spesialisert seg på lodde og lever nesten utelukkende av den. Hekkebestanden ble redusert med nesten 90 % og tusenvis av avmagrede, døde lomvi ble skyllet i land langs Finnmarksysten.

Lomvibestanden har nå tatt seg opp igjen, men den er fremdeles ikke kommet opp på samme nivå som i 1986. Lomviens "søsterart" polarlomvien er derimot ikke så spesialisert og overlevde loddekrakket relativt greit. I årene etter lomvikrakket økte bestanden av polarlomvi som en følge av at det ble mindre konkurranse om maten – den enes død, den andres brød.



Skapningen til venstre er vingesneglen hvalåte, som betyr mat for hvalen. Hvalåta beiter på mindre planktonarter, og forflytter seg opp og ned i vannmassene etter byttedyrene. Bildet til høyre viser stor raudåte, en hoppekreps som hovedsakelig lever i arktiske farvann. Stor rauåte er ekstremt næringsrik mat for sjøfugl, den beiter på planteplankton og opplagsnæringa dens er en energirik olje, som den lagrer i en oljesekk inni seg (oljesekken ses tydelig på bildet). Det er denne oljesekken som gjør stor rauåte til den reineste kraftkost for andre dyr. Foto: Tor Ivan Karlsen, NP (hvalåte) og Eva Leu, NP (stor raudåte).



En lunde i redet sitt med nebbet fylt av småfisk. Næringsstoffene som gjør fuglefjellene ekstra grønne har sin opprinnelse i havet. Fuglene finner mat i havet og tar den med til redet. Ekskrementer fra fuglene er glimrende gjødsel for plantene i Arktis som ellers vokser på rimelig mager grunn. Lunden er en typisk kolonihekker som graver ut reiret i gressbevokst jord på øyer og holmer. Der hvor jord mangler, slik som på Svalbard, hekker den i sprekker og hulrom i bergvegger eller mellom steiner. På Svalbard består de fleste koloniene av mer eller mindre spredte par i bratte klippevegger hvor den hekker sammen med havhest, krykkje og polarlomvi. Lundene livnærer seg hovedsakelig av små stimpfisk. Utenfor hekkesesongen opptrer lundene nesten utelukkende på åpent hav og henter all sin næring her. Foto: Geir Wing Gabrielsen, NP.

**Visste du at:** Fiskeproduksjonen i arktiske farvann og i Barentshavet er ikke bare viktig for det interne livet i Arktis AS. Årlig blir flere 100 000 tonn fisk og reker "eksportert" fra Arktis og til oss på fastlandet. Flere av fiskeslagene som vi i Norge driver kommersiell fangst på lever nemlig hele eller deler av livet sitt i arktiske farvann. Det viktigste fisket Norge driver i Barentshavet og rundt Svalbard er etter torsk, reker, blåkveite, hyse og lodde.

### Predatorer og topp-predatorer – Sjefene og direktøren

I ledelsen i Arktis AS troner de marine pattedyrene – hval, sel og spekkhogger med fjellrev, joer og polarmåker som landlige sjefer. Disse artene finner stort sett sin føde på mellomledernivå, men de spiser gjerne hverandre om det skulle knipe. Topp-predatorene har ingen naturlige fiender i sitt miljø. De spiser det de kommer over og finner mat fra flere forskjellige kilder – fisk, fugl, kadavre eller søppel.

Mens betingelsene for livet i havet mye er bestemt av temperaturen i havstrømmene, iskanten og næringstilgangen har de landlevende dyra også andre eksterne forhold å ta hensyn til. De er sterkt påvirket av lufttemperatur og nedbør, de trenger en egnet plass til å føde sine unger og de er avhengige av isfrie områder for å finne sin mat.

Toppsjefen og direktøren i Arktis AS er isbjørnen. Den er verdens største landlevende kjøtteter, har ingen naturlige fiender og troner på toppen av næringspyramiden. Livretten er sel, men den spiser nesten hva som helst når den er sulten – fugleegg, hval, reinsdyr og kadavre.

Isbjørnen er et marint pattedyr fordi den tilbringer store deler av livet i havet og på havisen på jakt etter sel. De fleste følger iskanten nordover om sommeren mens andre blir igjen på land og lever av det de finner der og venter på at isen skal komme tilbake. Disse bjørnene blir ofte veldig sultne før sommeren er over. Isbjørnen er med andre ord svært avhengig av havis som den kan leve og jakte på.



En flokk hvalross på tur opp av vannet. Hvalrossen var en gang svært vanlig på Svalbard, men 350 år med intens fangsting gjorde at bestanden nesten ble utryddet. De ble fredet på øygruppen i 1952, og da var det bare et par hundre dyr igjen. Etter over 50 år med fredning er bestanden fortsatt lav, og arten er på den norske rødlisten over truede dyrearter. Antallet hvalross har vært stigende de senere årene, og de har gradvis begynt å bruke gamle liggeplasser på land hvor det ikke har vært sett dyr på mange årtier. Foto: Tor Ivan Karlsen, NP.

## Omverdenen – rammebetingelser og arbeidsforhold

Store organisasjoner som "Arktis AS" er styrt av eksterne rammebetingelser, som de må forholde seg til. Dette er de abiotiske faktorene – påvirkninger som ikke er biologiske, men som likevel er med på å bestemme levestedet og livsgrunnlaget til dyrene og plantene i området. I Arktis er de eksterne rammebetingelsene klima, havstrømmer, lyset, havisen, isbreene og berggrunnen, der klimaet legger sterke føringer for hvordan de andre rammebetingelsene skal opptre.

### Klima

Arktis er så stort at det er umulig å gi klare definisjoner på nøyaktige temperatur- og nedbørsintervaller. Men fordi noen av grensene for regionen trekkes nettopp ut i fra klima, finnes det noen kriterier for hva et arktisk klima er: et område der gjennomsnittstemperaturen er lavere enn +10 °C i juli, et område med så lave temperaturer at det ikke vokser trær der, eller et område med permafrost i bakken.

Siden variasjonene i temperatur og nedbør i Arktis er store, er det mest hensiktsmessig å forholde seg til gjennomsnittsverdier.

Men ekstremer i begge retninger kan forekomme. For å kunne snakke om klima på en meningsfull måte må de forskjellige værobservasjonene måles og standardiseres. Dette kalles normaler. En normalperiode er gjennomsnittsverdien av en værmåling (eks. temperatur, nedbør) over en gitt periode. I Norge, og ellers i verden, er gjennomsnittet av været i årene 1971-2000 betegnet som den siste og gjeldene normalperioden.

Siden Arktis har få innbyggere finnes det ikke nøyaktige værmålinger for hele regionen, men Svalbard er ett av områdene der det har vært gjort værobservasjoner over et lengre tidsrom. Målingene viser at det ved Svalbard lufthavn gjennomsnittlig faller 190 millimeter nedbør i løpet av ett år, mens gjennomsnittlig temperatur er -6,7 °C.

**Visste du at:** I hele Arktis finnes det mellom 20 000 og 25 000 isbjørn. Norsk Polarinstittutt har ved en flytelling estimert at det finnes nærmere 3000 isbjørn i norsk Arktis, og sporing med satellittsendere har avslørt at Norge og Russland deler en felles bestand.



Bildene viser lomvikolonien på Feitnacken på Bjørnøya. Bildet t.v. viser kolonien for loddekrakket i 1986. Hele området er dekket av bekkende lomvi som sitter tett sammen på klippeutspringet. Bildet t.h. viser kolonien etter loddekrakket i 1987, bare en liten del av klippen er nå bebodd og over store områder vises den nakne vegetasjonsløse bakken, et resultat av lang tids lomvikolonisering. Foto: Vidar Bakken (1986) og Olof Olsson (1987).



*En mett isbjørn tar en strekk etter et godt selmåltid, mens en ismåke tar seg av restene. Isbjørnene foretrekker selspekket, som er den mest næringsrike delen av selen. Er det mye mat tilgjengelig i området kan isbjørnen forlate selkadaveret uten å spise alt kjøttet – helt sikkert til stor glede for fugler og andre åtseletere som tålmodig venter på tur. Foto: Magnus Andersen, NP.*

### Visste du at:

Den laveste temperaturen som er målt på Svalbard lufthavn er  $-46,3^{\circ}\text{C}$ , målt i mars i 1986. Normalen for mars er  $-15,7^{\circ}\text{C}$ .

Til sammenlikning er laveste temperatur i mars i Tromsø  $-14,3^{\circ}\text{C}$  målt i 1978 (normal  $-2,3^{\circ}\text{C}$ ), Trondheim,  $-12,0^{\circ}\text{C}$  målt i 1981 (normal  $+0,1^{\circ}\text{C}$ ), Bergen  $-7,0^{\circ}\text{C}$  målt i 1965 (normal  $+2,3^{\circ}\text{C}$ ) og Oslo  $-15,2^{\circ}\text{C}$  målt i 1987 (normal  $-0,2^{\circ}\text{C}$ ).

### Ti raske om klimaendringer

Disse ti faktapunktene om klima og klimaendringer er skrevet av Norsk Polarinstitutt direktør og klimaforsker, Jan Gunnar Winther.

**1** *Vær kontra klima.* Vær er variasjoner over korte tidsrom mens klima er endringer i vær-situasjonen over mange år. Man kan si at klima er gjennomsnittsværet over lang tid. Dermed kan man ikke knytte enkelte episoder med spesielle vær-situasjoner, som en kald, snørik mai dag i Tromsø eller varmere korder på Svalbard, direkte til klimaendringer.

**2** *Klimaet har alltid variert.* Ja, klimaet varierer naturlig både på lange tidsskalaer (istider kontra mellomistider) på grunn av jordas stilling i forhold til sola, og over korte tidsrom på grunn av dynamikk i hav og atmosfære som skaper stormer, ekstremnedbør og flom. Men klimaendringene vi opplever nå er svært raske sammenlignet med de som har opptrådt historisk og mønsteret tyder på at våre utslipp av drivhusgasser utgjør en stor del av forklaringen på dette.

**3** *CO<sub>2</sub>-innholdet i atmosfæren og temperaturen har vært høyere tidligere.* Ja, hvis vi går millioner av år tilbake i tid har vi hatt perioder med høyere temperaturer. Da var imidlertid de astrofysiske og klimatiske forholdene helt forskjellige fra i dag. Blant annet var plasseringen av kontinentene helt annerledes. Forskere har sikre data som viser at CO<sub>2</sub>-innholdet i atmosfæren nå er 30 % høyere enn det vi har hatt under mellomistider de siste 700 000 år.

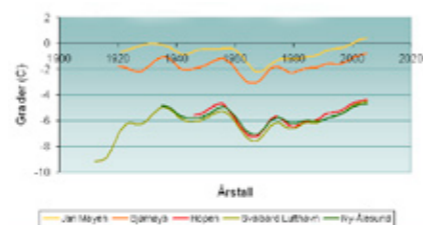
**4** *Vanndamp er en viktigere drivhusgass enn CO<sub>2</sub>.* Ja, vanndampens bidrag til drivhuseffekten utgjør ca. tre ganger mer enn bidraget

fra CO<sub>2</sub>. Den viktige forskjellen er imidlertid at mens vanndampen finnes naturlig i atmosfæren, gir menneskeskapte utslipp av CO<sub>2</sub> en drivhuseffekt på toppen av den naturlige.

**5** *Menneskeskapte CO<sub>2</sub>-utslipp utgjør årlig bare 1-2 % av den naturlige CO<sub>2</sub>-syklusen.* Dette er riktig, men på grunn av langsom nedbrytning skjer det en opphopning av CO<sub>2</sub> i atmosfæren, og derfor har vi i dag et CO<sub>2</sub>-innhold i atmosfæren som er 30 % høyere enn før den industrielle revolusjon. I tillegg reduseres havets evne til å ta opp CO<sub>2</sub> etter hvert som vannmassene blir varmere, en såkalt positiv tilbakekoplingsmekanisme som forsterker oppvarmingen.

**6** *Sola styrer klimaet på jorda.* Sola har naturligvis en avgjørende effekt for klimaet på jorda. Men dagens globale klimamodeller som forutsier utviklingen av klimaet tar hensyn til bidraget fra variasjoner i solas intensitet. Og den er langt fra nok til å forklare den observerte oppvarmingen.

**7** *Forskningsresultatene spriker.* Det ligger i forskningens natur at resultatene er ulike. Det er først når man setter sammen et stort utvalg av forskningsresultater, mange av dem lokale og regionale studier, at man kan studere den globale trenden. Mange klimaforskere er overrasket over hvor raskt klimaendringene har inntruffet. Nye forsk-



*Grafen viser årlig gjennomsnittstemperatur for noen av målestasjonene i Arktis. Som grafen viser er middeltemperaturene på Jan Mayen og Bjørnøya gjennomgående varmere enn målestasjonene lenger nord, Hopen, Svalbard lufthavn og Ny-Ålesund. Det er likevel verdt å legge merke til at middeltemperaturene for alle målestasjonene ligger under  $0^{\circ}\text{C}$ . Det vil si at når man legger sammen alle temperaturene gjennom hele året og deler på antall dager er summen et negativt tall. Figur: Miljøstatus Svalbard, NP.*

ningsresultater går i retning av en raskere oppvarming enn det man trodde for bare 5-10 år siden.

**8** *Klimaforskerne er uenige.* Det fremmes stadig påstander om at klimaforskerne er svært uenige om vi i dag opplever menneskeskapte klimaendringer. Virkeligheten er at det er en svært liten minoritet av klimaforskere som betviler menneskeskapte klimaendringer, og at diskusjonen blant det store flertallet går på hvor stor andel av klimaendringene som er menneskeskapte – og ikke på om de eksisterer.

**9** *FNs klimapanel.* Det hevdes at FNs klimapanel er sammensatt slik at klimaskeptikere ikke slipper til. Noen går så langt som å antyde en konspirasjon. FNs klimapanel består av mer enn 2000 høyt meritterte forskere. Det er de forskerne som har bidratt mest gjennom vitenskapelige, kvalitetssik-

rede arbeider som inviteres som forfattere i klimapanelet, med andre ord; ekspertene blant ekspertene. I tillegg kvalitetssikres panelets rapporter av et stort antall uavhengige eksperter, såkalte "reviewers".

**10** *Lille Norge gjør ingen forskjell.* Det er riktig at Norges utslipp utgjør en liten andel av verdens samlede utslipp. Men hvordan kan vi møte den globale klimautfordringen hvis ansvaret deles opp slik at ingen nasjon ser nytten av å bidra? Eller om Kina eller USA hevdet at hver enkelt provins eller stat ga et så lite bidrag at det ikke monnet? Tvert imot: søkkrike Norge bør gå i front for å vise verden veien. En nasjon med prosentvis liten andel av verdens utslipp av drivhusgasser kan ha stor betydning for de globale utslippene ved å være en foregangsnaasjon med hensyn til framtidsrettet produksjon og utnyttelse av energi.



*Livet i Arktis er hardt også for menneskene som besøker området. Dette bildet ble tatt under en ekspedisjon på isbreen Austfonna på Svalbard i mai, 2005. Forskerne ble overrasket av en snøstorm og både telt og snublebluss ("isbjørnfelle", gjerdet i forgrunnen) snodde delvis ned. Foto: Andrea Taurisano, NP.*

## Klimaet blir varmere

### Hvorfor

Klimaet endrer seg fordi systemer på og utenfor jordkloden endrer seg. Klimaendringer har pågått på jorda til alle tider, men dette har skjedd som følge av naturlige forandringer, som for eksempel endringer i jordaksens helning, jordas bane rundt sola og variasjoner i solinnstråling. Naturlige endringer skjer fortsatt.

Etter den industrielle revolusjon økte bruken av fossile brenslers kraftig. Forbrenning av fossile brenslers øker konsentrasjonen av drivhusgasser, deriblant CO<sub>2</sub> i atmosfæren, og det er denne økningen som i dag bidrar til et varmere klima i Arktis. Målinger viser at temperaturene har økt over hele verden, og at i løpet av de siste 100 årene har gjennomsnittstemperaturene i Arktis økt dobbelt så hurtig som gjennomsnittet ellers i verden. Årsaken til dette er innviklede tilbakekoblingsmekanismer mellom atmosfæren, havet

og isen. Det er derfor vanskelig å forutsi hvor raskt endringene skjer, og hittil har de skjedd i et raskere tempo enn de fleste forskere hadde forventet.

Målinger viser at temperaturen over land-områdene har steget mer enn i havet, og at temperaturøkningen har vært størst på vinteren. Klimamodeller som kalkulerer klimautviklinga framover i tid viser at temperaturene vil fortsette å stige, og innen århundreskiftet vil økningen være ca. 3-5 °C over land og opp til 7 °C over havområdene. Vintertemperaturene forventes å stige enda mer.

Observasjoner viser at nedbøren i de arktiske områdene har økt med nesten 10 %, men manglende data og vanskeligheter med målingene gjør resultatene noe usikre. Det forventes at den totale årsnedbøren vil øke med rundt 20 % innen slutten av dette århundret. Mesteparten av nedbøren vil komme som

regn på sommeren, mens den største økningen vil skje på vinteren, der det er forventet opptil 30 % mer nedbør i løpet av vinterhalvåret.

I dag besitter menneskene teknologi som kan forandre klima, miljø og natur. Dessverre er kunnskapen om hvordan og hvorfor vi forandrer dette enda mangelfull, og for en del av de arktiske områdene har vi liten kunnskap om hvordan det var før vi begynte å forandre dem. For å få bedre kunnskap om hva som har skjedd, hva som skjer og hva som kommer til å skje trenger vi forskning. Forskerne samler data og gjør detaljerte studier av problemstillinger som for eksempel den naturlige klimautviklinga siden siste istid og utbredelsen av havis i polarområdene. Denne kunnskapen hjelper blant annet politikere og andre beslutningstakere til å ta rette og viktige avgjørelser. Den hjelper oss å ta vare på og bevare natur som er sårbar for plutselige forandringer som er et resultat av vår teknologiske framgang.

### Hva skjer?

Arktis AS tenker ikke så mye på hvorfor klimaendringer skjer. De er mer opptatt av hvordan de skal forholde seg til dem.

Arktiske dyr er godt isolerte mot kulda, og lite varme slippes ut gjennom hud og pels. Faktisk sies det at isbjørnen er så godt isolert at den vil være usynlig på bilder tatt med infrarødt kamera. Den enestående evnen til å holde på varmen kan være et problem dersom dyra blir stressa og varme – når lite varme slippes ut fra kroppen er faren for overoppheting stor, og de kan omkomme. Men dette er nok et større problem hvis de blir jaget av fotointeresserte turister på snøscooter enn i forbindelse med klimaendringer.

Med en økende varme kan en invasjon av mer sørlige arter etter hvert utgjøre et stort problem. Nye områder blir tilgjengelige for organismer fra sør som ikke tåler sterk kulde. Disse er gjerne hurtigere enn mange av organismene i Arktis, de formerer seg oftere og beveger seg fortere, og de kan sannsynligvis lett utkonkurrere de trege arktiske artene. Med en sørlig invasjon til Arktis finner også små mikroorganismer veien nordover. Dette er bakterier og virus som har med seg nye syk-



### Visste du at:

Teknologisk utvikling kan bidra til store forbedringer i menneskelige utslipp som påvirker klimaet. Men teknologisk utvikling alene er ikke nok. Vi mennesker må også vise måtehold i vårt forbruk av energi. For eksempel forurenses dagens biler mindre enn de gjorde tidligere, men det er mange flere biler i dag, så forurensningstrenden er likevel negativ.

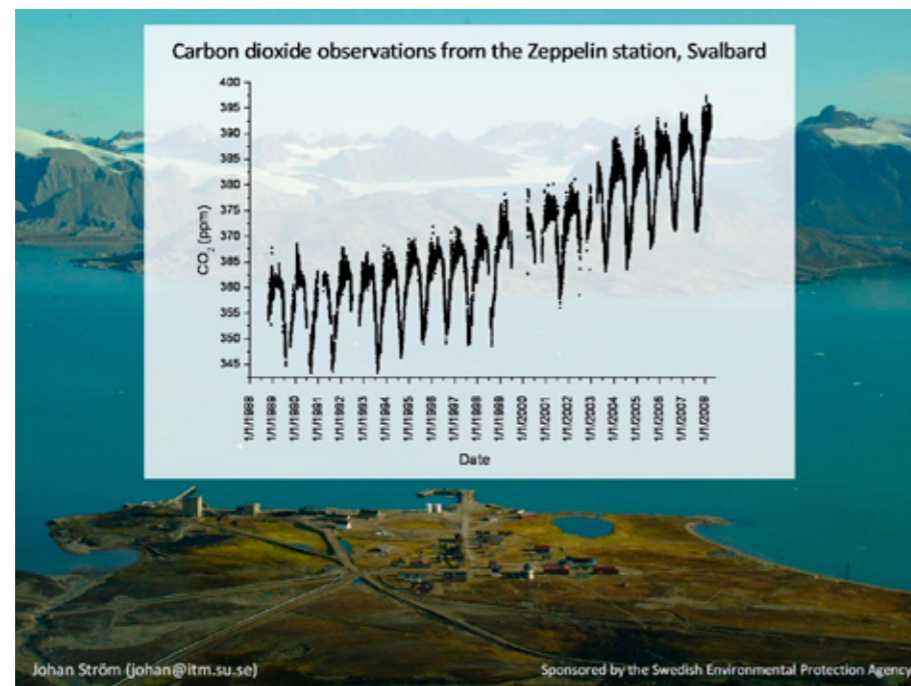
dommer som arktiske dyr hittil har vært forsånt mot og derfor ikke har immunforsvar mot. En introduksjon av nye sykdommer kan føre til epidemier og massedød hos arktiske arter.

### Sollyset

Det er sollyset som styrer tempoet i Arktis AS, også når sola ikke lyser. Om sommeren når lyset er på hele døgnet, er det et yrende liv, produksjonen går på høygir, og innleid arbeidskraft fra sørlige egner ankommer i tusentall. Om vinteren når lyset er borte går alt på sparebluss, og bare det helt nødvendigeste vedlikeholdsarbeidet utføres.

Helningen på jordaksen gjør at dess lenger mot nord man kommer, dess lenger varer mørketiden. Heldigvis er det slik at midnattssola også varer lenger. Som tabellen på s.34 viser har Nordpolpunktet mørketid fra ca. 25. september til 18. mars, seks hele måneder. Til gjengjeld er det midnattssol fra ca. 20. mars til 23. september, også seks måneder. Det vil si at på nordpolen er det omtrent fire dager i året med "vanlig" lysrytme, med lys om dagen og mørke på natta, to dager på våren mellom mørketid og midnattssol og to dager på høsten ved overgangen til mørketid igjen. En ganske brå endring!

Mørketiden kalles polarnatten. Det vil si at det er mørkt mer eller mindre hele døgnet i denne perioden. Men når lyset kommer tilbake, kommer det for fullt. Svalbard har fire måneder med midnattssol, og da er det om å gjøre å utnytte lyset maksimalt til vekst og formering. Det er flere grunner til at de arktiske områdene forblir kalde selv om sola kan skinne hele døgnet. Som figuren av jordkloden på s.33 viser, har solstrålene lang vei å dra for å komme til Arktis, mye lenger enn til ekvator. Mer stråling blir derfor stoppet i



CO<sub>2</sub> er en av de viktigste drivhusgassene, og den finnes naturlig i atmosfæren. Når planter og trær tar opp CO<sub>2</sub> til bruk i fotosyntese, minker CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen om sommeren. Om vinteren frigis CO<sub>2</sub> et igjen når løv og andre plantedeler dør og råtner. Men hvert år kan det observeres en øking i CO<sub>2</sub>, og dette er en følge av en økende bruk av fossile brenslers som olje og gass. Denne grafen viser innholdet av klimagassen CO<sub>2</sub> i atmosfæren over Svalbard. Hver "bue" viser CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i løpet av ett år. Toppen på buen indikerer CO<sub>2</sub> midt på vinteren, mens bunnen på buen er konsentrasjonen på sommeren. Buemønsteret gjentas hvert år, mens den totale konsentrasjonen av CO<sub>2</sub> i atmosfæren øker. Figur: Johan Ström, Stockholms Universitet.



Bildet viser en krasser som er en parasittisk orm som snylter i tarmsystemet på fugler og pattedyr. Krasserne blir 1-3 cm store og kroppen har en snabel med kroker som dyret bruker til å feste seg til vertens tarmvegg. Her lever den av mat som passerer forbi den i tarmen. I en studie av ærfugl fant forskerne hele 152 krasser i tarmen til en eneste fugl som faktisk så helt frisk ut. I tillegg fant de 24 bendelmark, som kan bli flere 10-talls centimeter lange. Foto: Sveinn Are Hanssen, NINA (krasser) og Dag Rydmark, NP (ærfugl).

atmosfæren og mindre slipper inn til de arktiske områdene. Når sollyset treffer den hvite isen reflekteres dessuten mye stråling rett tilbake til atmosfæren igjen og bidrar ikke til oppvarming.

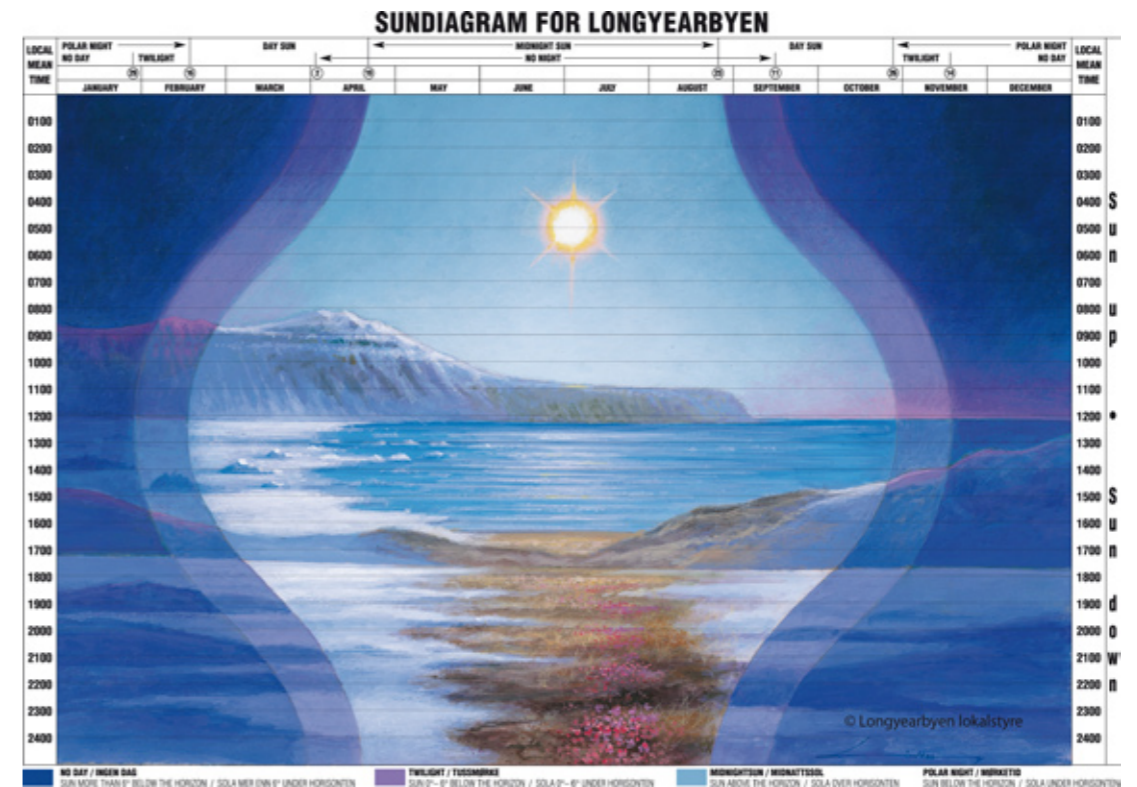
### Mengden UV-stråling til Arktis øker

#### Hvorfor:

Sola sender ut ultrafiolette stråler (UV-stråler) som i store doser er skadelige for mennesker, dyr og planter. Økt UV-stråling kan forårsake immunforsvarsforstyrrelser, grå stær og kreft hos mennesker. Den har skadelige virkninger hos fisk og amfibier og kan også

forstyrre fotosyntesen hos planter både i havet og på land.

Ozonlaget er avgjørende for hvor stor mengde UV-stråling som slipper ned til jorda. Et tykt, velfungerende ozonlag slipper gjennom mindre skadelige UV-stråler enn det et skadet ozonlag gjør. Verden ble klar over problemene med en tynning av ozonlaget og økende mengde UV-stråling til jorda for flere tiår siden. Det var utslipp av de nå forbudte klorfluorkarbonene (KFK-gasser) som brøt ned ozonlaget. Ozontynninga var mest markant over polområdene, og ozonhullene her er fortsatt store.



Soldiagram for Longyearbyen. Diagrammet viser antall soltimer i Longyearbyen gjennom året. Desember og januar er de mørkeste månedene i året, da det ikke er noe daglys i det hele tatt. Fra slutten av april til slutten av august er sola over horisonten hele døgnet og gir fire hele måneder med midnattssol. Figur: Longyearbyen lokalstyre.

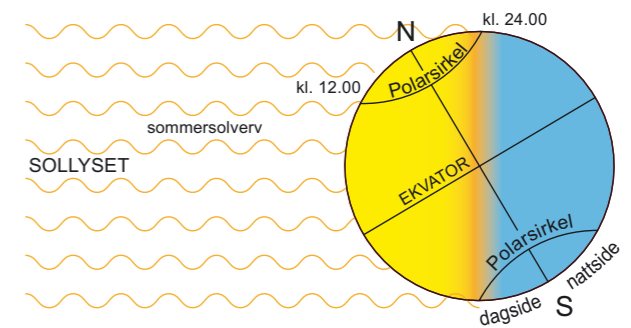
Ozonhullet og klimaforandringene henger sammen. Den økende drivhuseffekten varmer opp den laveste delen av atmosfæren, mens den øvre delen kjøles ned. Det er i den øvre delen, som blir kaldt, at ozonlaget finnes. Når temperaturene er lave nok i denne delen av atmosfæren dannes det vakre perlemorskyer, og disse perlemorskyene forsterker ozonnedbrytningen kraftig. Dette skjer fordi reaksjoner i skyene gjør at sollyset danner klorforbindelser som igjen bryter ned ozonlaget.

#### Hva skjer:

Det kalde klimaet og den lave sola gjør polarlivet ekstra sårbart. De arktiske områdene mottar det meste av økningen i UV-stråling på våren når organismene er mest sårbare. Dersom snø- og islaget i tillegg forsvinner på grunn av økt oppvarming, øker UV-eksponeringen for arter som vanligvis er beskyttet av snø og is.

Noen organismer har utviklet spesielle strategier for å beskytte seg mot UV-stråling

og kan også reparere noen UV-skader. Lave temperaturer gjør imidlertid at reparasjonene går langsomt. I et økosystem kan UV-skader hos planteplankton forandre planktonsamfunnene og igjen påvirke høyere nivå i næringskjeden fordi mattilgangen og -kvaliteten til disse artene endres. Slik vil endringer i ett ledd i næringskjeden gi en effekt i samfunnet som helhet.



Slik stråler sollyset inn til jorda. Som illustrasjonen viser har strålene mye lengre vei til de polare områdene, og helningen på jordaksen gjør i tillegg at områdene nord for polarsirkelen opplever mørketid i vinterhalvåret. Figur: NP.



Sted	Breddegrad	Midnattssol	Mørketid
Nordpolen	90.0	20.03 – 23.09	25.09 – 18.03
Longyearbyen	78.0	21.04 – 21.08	26.10 – 16.02
Nordkapp	71.2	14.05 – 29.07	18.11 – 24.01
Tromsø	69.7	20.05 – 23.07	25.11 – 17.01
Bodø	67.3	04.06 – 08.07	15.12 – 28.12

Tabellen viser oversikt over tidsrom med midnattssol og mørketid på noen utvalgte steder i Arktis og i på fastlands-Norge.

#### Visste du at:

Selv om sola er borte under mørketiden i Arktis bidrar den likevel med lys på himmelen, nemlig Nordlyset (Aurora Borealis). Sola sender ut elektrisk ladde partikler, og disse blir påvirket av jordas magnetfelt som styrer dem rundt de magnetiske polene. Partiklene kolliderer med luftmolekyler i den øvre atmosfæren, og vi kan se det som lys på himmelen. Dette lyset kan ses ved begge polene, både i Arktis og Antarktis. I Antarktis kalles det Sørlys (Aurora Australis).

#### Havet og havstrømmer

Det heter at havet er verdens største spiskammers, men for medarbeiderne i Arktis AS er det så uendelig mye mer – fødestue, lekegrind, transportåre og arbeidsplass. Det er i havet mesteparten av produksjonen skjer, og det er havet som legger grunnlaget for firmaets verdiskapning.

Sollyset bidrar noe til varmen i de arktiske områdene, men varme kommer også nordover med havstrømmer. En del av Golfstrømmen, kalt Norskestrømmen, går langs kysten av Norge og helt opp til Polhavet. Nesten 60 % av alt vannet som kommer inn i Polhavet kommer med Norskestrømmen, men noe av vannet strømmer også inn gjennom Beringstredet og som ferskvann fra de store elvene i Russland og Canada, og nett opp på grunn av ferskvannet fra elvene er de øverste 45 meterne av havet mindre salt enn vannet under.

#### Visste du at:

Dersom planktonet utsettes for UV-stress reduseres fotosynteseaktiviteten. Det vil si at en økende UV-stråling reduserer havets evne til å ta opp CO<sub>2</sub>.

I Polhavet er det bare overflatevannet som skiftes ut ved hjelp av havstrømmer. Dyp-havsvannet blir innelåst av undersjøiske rygger, og dyphavet over Nordpolen er derfor et basseng med kaldt, stillestående vann.

Framstredet mellom Grønland og Svalbard er den store transportåren av havvann til og fra polområdet. Varmt Atlanterhavsvann strømmer nordover langs vestkysten av Svalbard, og kaldt vann strømmer sør langs kysten av Øst-Grønland, men også på østsiden av Svalbard og inn i Barentshavet.

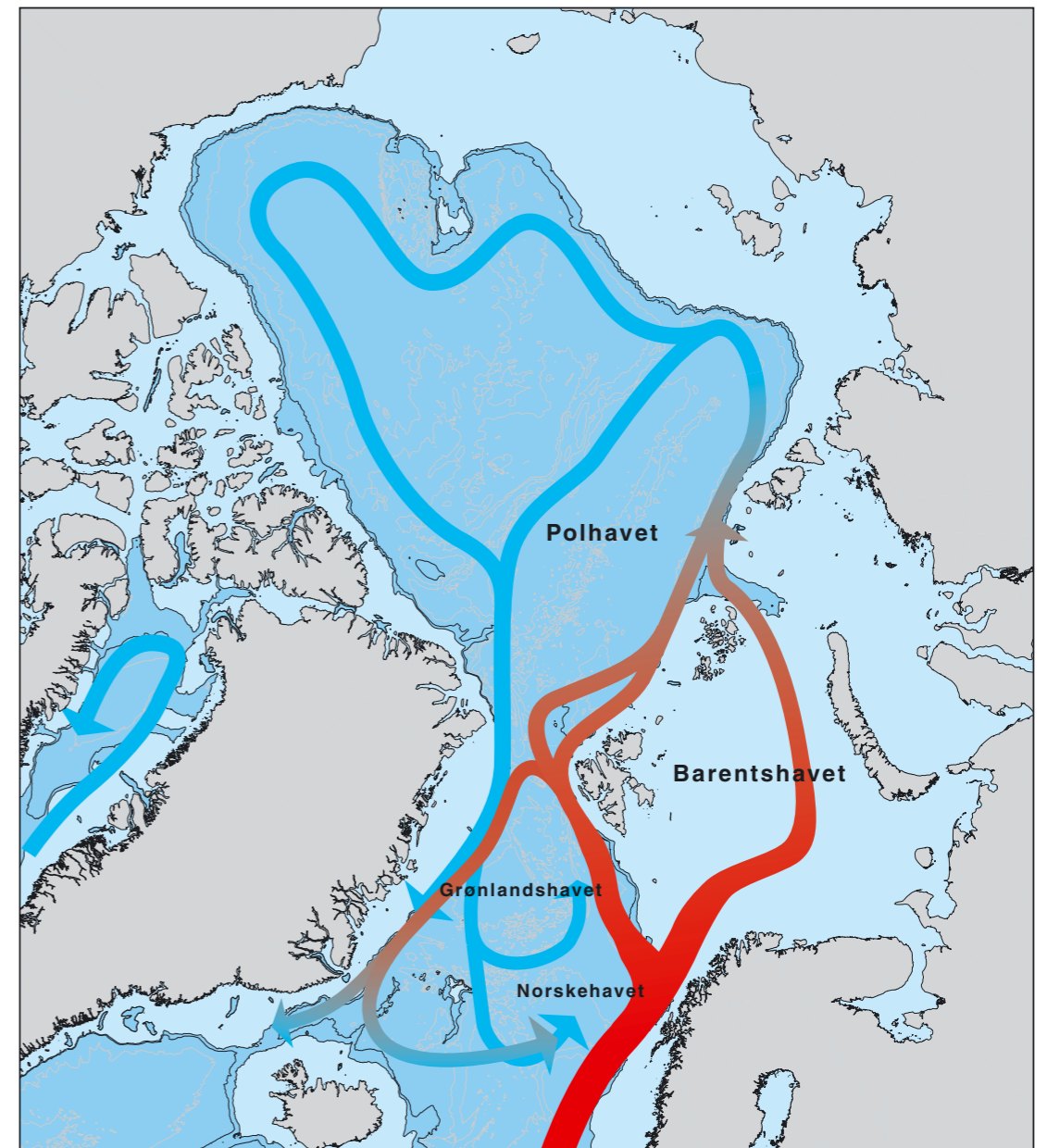
Området i Barentshavet der det kalde, saltfattige arktiske vannet møter det varme, saltholdige atlantiske vannet kalles for polarfronten. Polarfronten ligger ikke på et bestemt geografisk sted, men kan flytte seg år for år.

#### Havet blir varmere

##### Hvorfor:

En økende drivhuseffekt gjør at havet på sørlige breddegrader varmes mer opp enn tidligere. Det varme vannet blir fraktet nordover med Golfstrømmen og Arktis varmes også mer opp. Målinger viser at selv om Golfstrømmen har blitt betydelig varmere i løpet av de siste årene, har den ikke blitt svakere.

Det er kjent at like etter siste istid forårsaket plutselige utslipp av kaldt, ferskt smeltvann i Arktis en midlertidig stopp i Golfstrømmen og satte naturen tilbake til istidsforhold igjen. Dagens is-smelting i Arktis er ikke kraftig nok til å stoppe Golfstrømmen, heldigvis. Men dersom Grønlandsisen begynner å smelte hurtigere enn den gjør i dag, kan tilførselen av ferskvann herifra ut-



Slik beveger havstrømmene seg i de arktiske områdene. Den varme Golfstrømmen, med varmt atlantisk vann, beveger seg nordover langs kysten av Norge. Den deler seg i to hovedgrener og fortsetter nordover, med en gren på hver side av Svalbard. I Polhavet kjøles det atlantiske vannet ned, det blir tyngre og synker. Etter en runde i polbassenget kommer det nå kalde og arktiske vannet ut av Polhavet som en bunnstrøm, hovedsakelig gjennom Framstredet mellom Svalbard og Grønland. Figur: NP.

gjøre en reell trussel for dens styrke. Dermed kan, paradoksalt nok, et varmere globalt klima føre til et kaldere Norge.

##### Hva skjer:

Selv om det ikke er grunn til bekymring for at havstrømmene skal stoppe opp eller kol-

lapse, fører mengden av ny varme til store forandringer både lokalt i Arktis og globalt. På grunn av molekylbevegelsen har et varmt hav større volum enn et kaldt hav og når havet varmes opp, vil det øke i volum og føre til endringer i havnivået (termisk utvidelse).



### Visste du at:

Den dominerende vindretningen over Polhavet roterer overflatevannet i en stor sirkel. Denne sirkelbevegelsen, kjent som Beaufort gyre, gjør at polisen også beveger seg sakte i samme retning. Havis som ligger nært sentrum av Beaufort gyre kan gjøre en full 360° sirkel i løpet av 2 år, mens den sjøisen som befinner seg lengst unna sentrum bruker 7-8 år på samme sirkelen. I tillegg til Beaufort gyre er overflatesirkulasjonen i polhavet dominert av den transpolare drift som er vind- og havstrømmer som går tvers over polhavet fra Sibir og ut gjennom Framstredet på østsiden av Grønland. Det var Fritjof Nansen som oppdaget denne strømmen og beviste at den eksisterte ved i 1893 å la skipet Fram fryse inn i isen i Sibir for å bli frigjort fra isen nord for Svalbard 3 år seinere i 1896. I 2006 gjorde skonnerten Tara det samme, men denne gangen tok ferden halvparten av tiden, 16 måneder.

Verdenshavene er store og enorme energisluk. De varmes sakte opp og holder på varmen lenge, også lenge etter at oppvarmingen har sluttet. Det tar lang tid å transportere



Figuren viser hvordan det er ventet at forskjellige fiskearter flytter seg etter hvert som havet blir varmere – torsk og lodde migrerer lenger nord i Barentshavet. Dette har ikke bare konsekvenser for dyrene som beiter på disse fiskebestandene, men også for oss mennesker som driver fiske etter dem. Om få år kan det tradisjonelle Lofotfiske være en saga blott, mens fisket langs kysten av Troms og Finnmark kan oppleve et oppsving. Figur: NP, etter ACIA.

varme ned til dyphavet, og havets evne til å holde på og lagre varme gjør at det oppstår en forsinket effekt på havnivåendringene. Halvparten av dagens havnivåendringer kommer av termisk utvidelse, og målinger viser at mellom 1993 og 2003 steg havet med ca. 1,6 mm per år på grunn av termisk utvidelse alene. På toppen av denne utvidelsen kommer tilførselen av smeltevann fra isbreer. Havet stiger altså både som følge av at det varmes opp og fordi breene på land smelter.

I et varmere hav forandres vannsøylas sammensetning, og dette får betydning for planktonproduksjonen i Arktis. Når havet blir varmere og saltholdigheten endres, vil det kunne føre til forandringer i vertikalblandinga og ha en negativ effekt på planktonorganismene. En forandring i sirkulasjonsmønsteret vil påvirke planktonproduksjonen som igjen vil påvirke livet høyere opp i næringskjedene.

På den andre siden er det er mulig at et varmere hav, og en mindre utbredelse av sjøis vil gi mer planktonproduksjon og øke fiskebestandene i området fordi leveområdene blir større. Det er ventet at både torsk, lodde og sild vil flytte lenger nordover dersom isdekket blir mindre. Oppdrettsnæringa vil også merke at en økning i vanntemperatur vil gi økte vekstrater på fisken. Men det finnes også negative utsikter selv om fiskeriene vil merke en oppgang. Ved en økende temperatur er det sannsynlig at rekebestanden vil gå ned, dermed kan den viktige rekefangsten oppleve markante nedgangstider. Samtidig er reker viktig kost for torsken, og dersom maten forsvinner for torsken hjelper det ikke at den har fått varmere vann og utvidete leveområder. Hvis vannet blir mye varmere vil oppdrettsnæringa også oppleve en negativ virkning ved at temperaturtoleransen til laks og ørret overskrides og anlegg må flyttes, noe som betyr store kostnader. Dessuten er det sannsynlig at sykdommer og giftige alger som er uheldige i oppdrettsnæringa kommer inn.

### Havisen

Havisen er brygga til Arktis AS, den er en direkte forlengelse av land og er knutepunkt



For å finne ut hvor varmt og salt havet er, bruker forskerne et instrument som heter CTD. CTD er en forkortelse for Conductivity, Temperature, Depth. Den måler vannets saltholdighet og temperatur i forskjellige dybder på sin ferd ned gjennom havdypet. Slik kan forskerne finne ut hvordan havstrømmene beveger seg i forskjellige nivåer i vannsøyla. Foto: Tor Ivan Karlsen, NP (CTD settes ut) og Sebastian Gerland, NP (CTD i vannet).

tet mellom havet og landjorda. For noen dyr gir havisen hvile og beskyttelse, mens den for andre gir økte jaktmuligheter.

Størstedelen av Arktis består av havområder, og siden temperaturene er lave dannes det hver vinter store mengder havis. Fordi den ikke smelter fullstendig bort hver sommer, er polisen som ligger over Nordpolen dannet over flere år. I gjennomsnitt er det 7 millioner km<sup>2</sup> flerårsis som blir liggende på og rundt polpunktet år etter år. I løpet av høsten og vinteren mer enn doubles arealet av havis til nærmere 15 millioner km<sup>2</sup>.

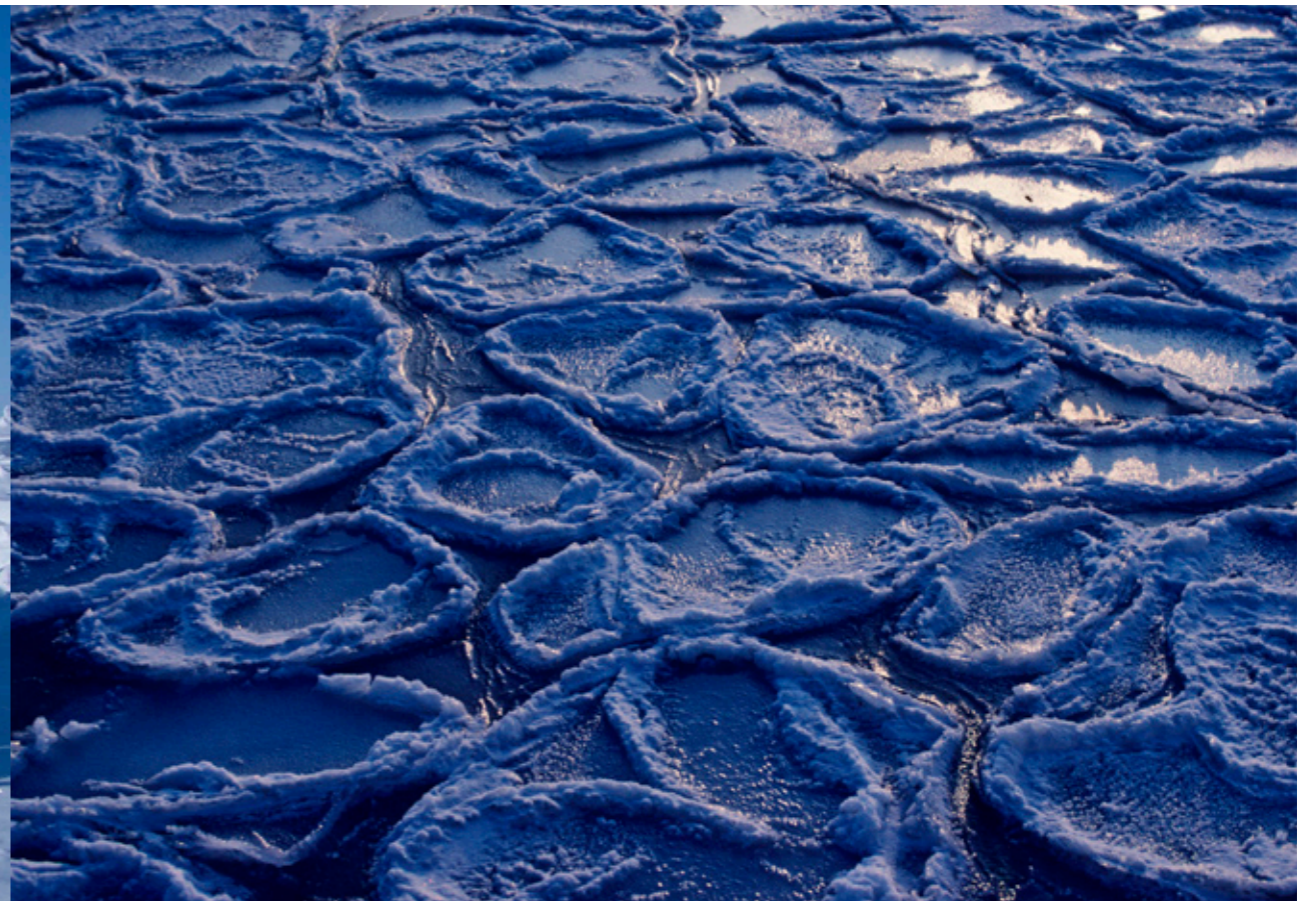
havisdannelsen og smeltinga er avhengig av mange faktorer. Vanntemperatur og lufttemperatur spiller den mest åpenbare rollen, men vindfrekvens og -styrke er også viktig. Ny is dannes ikke så lett hvis vinden brykker den opp og frakter isflakene av gårde. Dessuten spiller havets saltinnhold også en viktig rolle. Saltvann har et lavere frysepunkt enn ferskvann, og dess saltvannet er dess lavere må temperaturen være før det fryser. Saltinnholdet i havet henger sammen med nedbøren i området, smelting av havis, men også sommersmelting og avrenning fra omkringliggende landområder.

### Sommerisen forsvinner

#### Hvorfor:

Havisen forsvinner blant annet som en konsekvens av at havet og klimaet blir varmere, og det er når isen forsvinner og det blir åpent hav at temperaturøkninga i Arktis virkelig skyter fart. Åpent hav og land absorberer mye solenergi og varmes hurtig opp. Oppvarmingen bidrar til at det blir mindre og mindre snø og is, og det absorberes stadig mer energi. Oppvarmingen er en selvforsterkende effekt, og den går hurtigere og hurtigere etter hvert som isen smelter bort. Nettopp dette er en av grunnene til at Arktis nå varmes mye hurtigere opp enn resten av verden.

Fra 1970-tallet og fram til i dag har satellitter blitt brukt til å overvåke isutbredelsen i Arktis. I tiden før dette er kunnskapen mer vilkårlig og baserer seg på historiske opptegnelser som fangstdagbøker, forskningstokt og andre mer eller mindre tilfeldige rapporteringer. Etter at satellitter ble tatt i bruk har vi fått et mye mer detaljert bilde av den årlige isutbredelsen, og slik er det at det med sikkerhet kan sies at det har skjedd store forandringer de siste årene.



Bildet viser et flak av havis som har blitt flyttet opp på et annet havisflak ved hjelp av isdynamiske prosesser. Dette isflaket er enten dannet av tykk ettårsis eller tynn flerårsis. Det øverste laget, litt over forskerens hånd, er mest sannsynlig snø som har falt på toppen av havisen. Foto: Sebastian Gerland, NP.

En helt annen type sjøis er tallerkenis, eller pannekakeis. Denne istypen består stort sett av nesten sirkulære flak med en størrelse mellom 30 centimeter og 3 meter, de kan bli opptil 10 centimeter tykke. Den forhøyede "tallerkenkanten" dannes fordi isflakene stadig støter borti hverandre. Foto: Hallvard Strøm, NP.

På bakgrunn av de endringene som allerede har skjedd, bruker forskerne klimamodeller til å forutsi hva som kommer til å skje. Resultatene viser at Arktis kan være isfritt på sommeren mellom 2070 og 2100 – altså om ca. 60 til 90 år, men på bakgrunn av den hurtige ismeltinga som er observert de siste årene tror noen forskere nå at Polhavet kan være isfritt lenge før.

En annen faktor som forsterker ismeltinga ytterligere er sot. Sotpartikler frigis til luft når for eksempel fossile brennstoffer

eller biomasse ikke blir fullstendig forbrent. Sotpartiklene følger luftstrømmene til Arktis der de lander på isen. Den hvite snøen reflekterer det meste av solstrålene, men når den blir mørkere av sotpartiklene absorberer den mer varmestråler, og smelter derfor hurtigere også fra oversiden.

#### Hva skjer:

Havisen er veldig viktig for livet i Arktis, men også for det fysiske miljøet. Havis er dannet av frossent havvann. Når isen fryser avsøltes den, og saltet blir liggende i lommer eller kanaler inne i isen – og selve isen består nesten bare av ferskvann. I løpet av vinteren legger det seg snø på isen, og det dannes et stort reservoar av ferskis. Når den ferske isen smelter danner det lettere ferskvannet et lokk som legger seg oppå det tyngre saltvannet. Dette ferskvannet kan i likhet med ferskvann fra breer og elver føre til at havsirkulasjonen forandres, og dersom ekstrem smel-

ting skulle forekomme, føre til forandringer i havstrømmene.

Havisen har en viktig betydning for de fleste organismene i Arktis. Planktonproduksjonen er spesielt kraftig i iskantsonen og påvirker alt liv i området. Mindre havis kan gi et større potensial for plankton som lever i de frie vannmassene. Men det er biokjemiske forskjeller mellom isalgene og planktonet i åpent hav – isalger har et høyere innhold av flerumettede fettsyrer og disse er viktige for organismene som lever av isalger. En omlegging av kostholdet vil derfor kunne gi mindre energiutbytte og nedsatt evne til overlevelse, vekst og reproduksjon – og en nedsatt evne til overlevelse vil forplante seg oppover gjennom næringskjeden, og bidra til at fiske-, fugle- og pattedyrbestander berøres.

Men det er for de store pattedyrene at nedsmeltinga av havisen kan bli katastrofal. Det er på havisen de finner sin mat, føder sine unger og finner hvileplasser. Ringselen er spesielt avhengig av isen, og da spesielt landfast is for å kunne opprettholde sitt levesett. Den føder ungene i huler som den graver ut i snøen over pustehullene sine. Ungene veier bare 3-4 kilo ved fødselen og uten den beskyttelsen som ishula gir, blir mange unger offer for predatorer som isbjørn, fjellrev og polarmåke.



#### Visste du at:

90 % av all isen som forlater Polhavet kommer ut gjennom Framstredet mellom Svalbard og Grønland. Dette kan i perioder by på problemer for skipstrafikken lenger sør i Europa. Isfjellet som Titanic traff i 1912 kom ut gjennom Framstredet. Riktignok var dette isfjellet is fra en isbre og ikke sjøis.

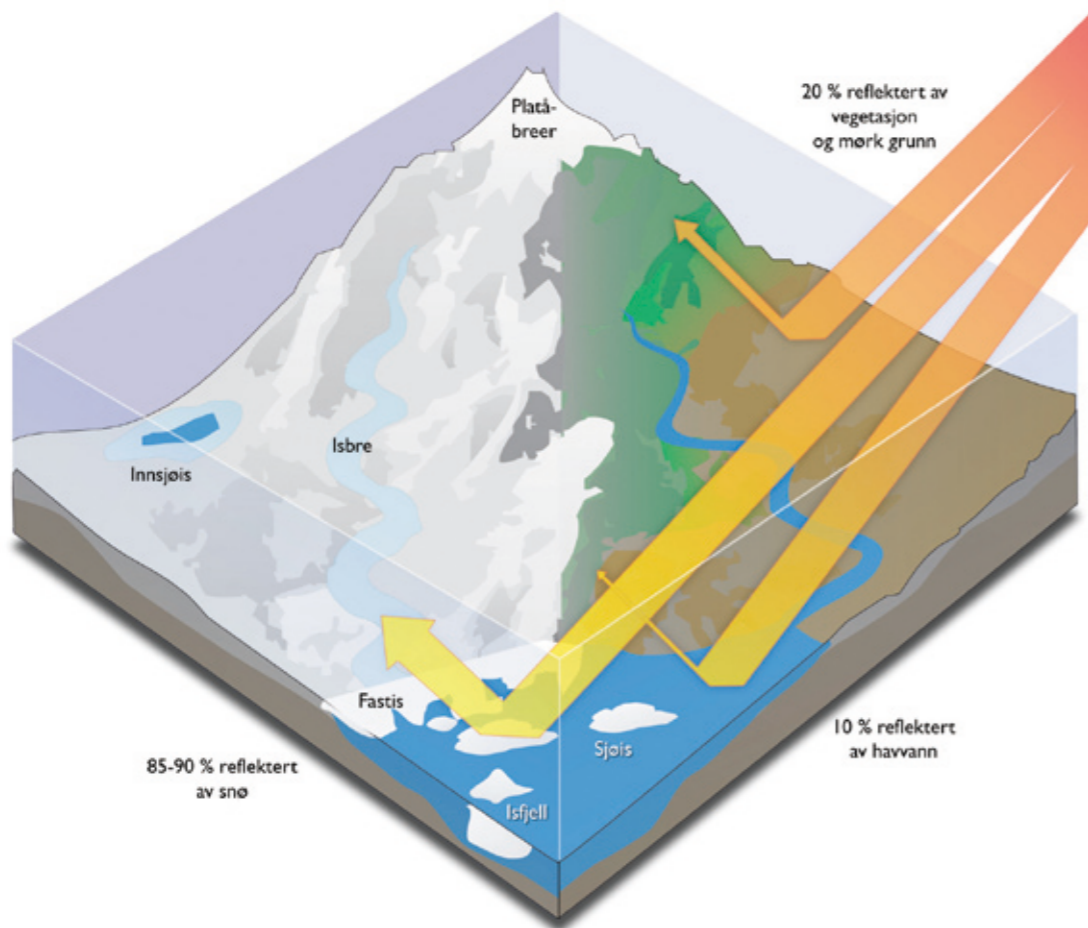


#### Visste du at:

Åpninger i havisen som er større enn 10 km<sup>2</sup> kalles polynya. Dette er et russisk ord som har blitt "adoptert" i norsk og engelsk språk fordi det ikke fantes dekkende ord på disse språkene. En polynya kan dannes fordi vind og havstrømmer driver isen av gårde slik at området ikke får ro til å fryse til, eller de kan også dannes av varmt vann som strømmer opp fra dypet slik at overflatevannet aldri når frysepunktet.



*Sol gjennom is, Framstredet, iAOOS-tokt 2007 - Foto: Rudi Caeyers, NFH/UIT*



Figuren viser at havis som er dekket av snø sender mye sollys tilbake til atmosfæren igjen. Havoverflaten, som er mye mørkere enn isen, reflekterer mindre sollys og tar opp mer av varmen (absorberes). Etter hvert som sollyset absorberes blir havet varmere, mer av havoverflaten kommer til syne og igjen mer sollys kan absorberes. Dette er en av de komplekse mekanismene som gjør at oppvarmingen av Arktis går hurtigere enn i andre deler av verden. Figur: ACIA.

Når de skal føde, holder de fleste ringselene til i fjordene rundt Svalbard, på fastis som henger fast i land eller isbreer. Den er den eneste selarten som graver ut pustehull i isen og har derfor tilgang til store områder under isen som andre pattedyr ikke kan nå. Dersom isen forsvinner må den konkurrere med de andre artene om leveområder og mat, og uten is vil ungedødeligheten øke dramatisk.

Isbjørnen har blitt selve symbolarten på klimaforandringene i Arktis, og det er ikke uten grunn. Den lever hele livet i isen og har ringsel øverst på spiseseddelen, og når ringselen får problemer, får isbjørnen det også. Isbjørnen følger helst iskanten nordover om

sommeren. Her finner den mat nok til å overleve en lang vinter når mattilgangen er liten. Bjørner som blir landfaste om sommeren finner lite mat på land, og de må vente til høsten når isen legger seg for å bunkre opp reserver til vinteren. For eksempel trenger ei isbjørnbinne å legge på seg omtrent 200 kilo i løpet av sommersesongen for å overleve høsten og vinteren i hi med ungene sine. Drektige binner legger seg i hi om høsten, de føder rundt nyttår og blir ved hiet til mars/april før de forlater området og begir seg ut på matleiting. Siden ungene er små og ikke kan bevege seg over store avstander, jakter binner med unger på sommerisen rundt Svalbard, men siden isen nå forsvinner tidligere



En flokk krykkjer bader i en smeltevanddam som har dannet seg i havisen. Krykkja hekker i kolonier langs kysten. Fuglene søker ofte næring i flokk. Og maten hentes i havoverflaten eller like under, enten i flukt eller liggende på sjøen. Krykkja søker også næring i isfylte farvann og i oppvelling-soner foran isbreer, hvor ferskt smeltevann møter saltvann. De bruker smeltevannsdammer i havisen som rekreasjonsområder og vannreservoar. Foto: Andrea Taurisano, NP.

i sesongen blir binna og ungene henvist til et magert liv på land. Når is-sesongen hvert år blir kortere, blir "feitesesongen" for dyra også kortere, og noen få ukers forskjell kan utgjøre flere titalls kilo.

Også enkelte fuglearter er svært isavhengige, som ismåken. Den oppholder seg i isfylte farvann hele året og lever av småfisk og dyreplankton. Men den er også en åtseleter og spiser mer enn gjerne opp det isbjørnen ikke klarer. Ismåken finnes bare i de arktiske områdene av Canada, Norge og Russland, og er sjelden på globalt nivå. Forskere ved Norsk Polarinstitutt fant ut at det i 2007 hekket ca. 3500 ismåkepar i Norge og Russland. Dette er bare 1/3 av en telling i de samme områdene i 1995. På 12 år har altså antallet ismåkepar blitt redusert med omtrent 7000 par. Grunnen til dette er at isutbredelsen har minket og gjort det vanskelig for ismåken å finne mat. Samtidig er den også truet av en økende mengde miljøgifter i Arktis.

### Isbreer

Selv om man kanskje ikke skulle tro det faller det generelt lite nedbør i de arktiske områdene. Isbreene fungerer derfor som vannreservoaret til Arktis AS. De fleste dyr er avhengige av ferskvann for å slukke tørsten eller til renhold, og isbreene bidrar med dette i form av smeltevann. I tillegg fungerer de som Arktis AS' termostat. Isbreene reflekterer solstråler, er med på å styre nedbøren og passer på at det er en behagelig lav temperatur i produksjonslokalene.

Mesteparten av Svalbard er dekket av isbreer – det finnes mer enn 2100 små og store isbreer her og nesten 60 % av alt landarealet er dekket av is. De største breene kalles iskapper og finnes hovedsakelig på østsiden av Svalbard. Den største iskappen er Austfonna på øya Nordaustlandet. Den er omtrent 8450 km<sup>2</sup> og er den største iskappen i verden, om man ser bort fra de enorme innlandsisene i Antarktis og på Grønland.



Næringsgrunnlaget for en landfast isbjørn er relativt magert. Av og til kan man høre historier om isbjørner som på sommeren har spist snøscooterseter, gjort innbrudd i hytter eller i verste fall angrepet mennesker. Sultne isbjørner er ofte farlige bjørner. Etter en sommer på land var denne bjørnen tydelig avmagret. Men den hadde ikke gitt opp, og den forsøkte å fange noen forskere som tilfeldigvis befant seg i nærheten. Foto: Kit Kovacs, NP.

I sentrale deler av Spitsbergen er breene mye mindre enn lenger øst. Dette er fordi klimaet er tørrere og det faller mindre snø om vinteren. Disse breene kalles kalde breer fordi de er fastfrosset i fjellet under og beveger seg lite, bare 1-2 meter per år. Ute ved kysten finnes derimot varme breer som ikke er frosset fast til underlaget og som kan bevege seg mye i løpet av kort tid.

Mange av breene på Svalbard er såkalte surgebreer. Det vil si at de kan foreta hurtige breframstøt der brefronten beveger seg flere meter om dagen før de stopper og smelter sakte tilbake. Surgebreer finnes bare på Sval-

bard, på øyene i arktisk Canada og i Alaska. Man vet lite om hva som utløser et slikt fremstøt og hvor lang tid det går mellom hver gang en bre surger, men på Svalbard ser det ut som om hvilefasen kan være mellom 30 og 500 år.

### Isbreene mister masse og trekker seg tilbake

#### Hvorfor:

Forskning viser at breene på Svalbard nå smelter og blir mindre. Denne prosessen er uavhengig av surgeprosessene som er en naturlig del av breenes sykklus, og grunnen til at breene smelter og trekker seg tilbake er fordi klimaet blir varmere.

Når en bre minker betyr det at den mister mer masse i løpet av sommeren enn det den legger på seg om vinteren. Det er hovedsakelig temperaturen og nedbøren som styrer dette forholdet. Målinger av massebalanse fra tre isbreer på Svalbard viser at to av breene som ligger i lavlandet, hadde en negativ massebalanse fra 1967 til i dag. Mens den



Isbreer kan fungere som enorme klimaarkiv. Over tid faller det mer og mer snø på breen. Dersom snøen ikke tiner bort, lagres den dypere og dypere ned i breen etterhvert som ny snø kommer på toppen. Når man borer i en isbre kan iskjernene som hentes opp forstås som ei tidslinje der bunnen er eldst og toppen yngst. Gjennom å analysere små gassbobler og andre partikler inne i isen kan forskerne si noe om hvordan klimaet og forholdene rundt breen har forandret seg gjennom breens liv, som kan være flere 100 000 år. Foto: Elisabeth Isaksson, NP.



Ismåken er en av de sjøfuglartene vi vet minst om i verden i dag. Den globale hekkebestanden er anslått til ca. 14 000 par, hvorav 80 % antas å hekke i Russland. Det foreligger ikke noe sikkert estimat bare for svalbardbestanden, men antall hekkende par ligger antageligvis mellom 200 og 750. På grunn av artens sterke tilknytning til drivisen, og dens rolle som åtsel fugl, kan ismåkene være sårbare for endringer i forekomst og utbredelse av havis, og for å akkumulere høye nivåer av miljøgifter i kroppen. Foto: Cecilie Miljeteig, NP.

tredje breen som ligger høyere hadde en positiv massebalanse, den la på seg inntil tusenårs-skiftet, men siden det har også den hatt en negativ utvikling.

#### Hva skjer:

Smeltende havis øker ikke vannstanden, det gjør derimot is som ligger på land – isbreer. Prognoser sier at en eventuell nedsmelting av de store isdekkene i Antarktis og på Grønland kommer til å gi de største havnivåendringene, men i løpet av de nærmeste årene er det forventet at nedsmelting av mindre breer, som de på Svalbard, vil bidra mest til et økt havnivå. Det er beregnet at havet kan stige med opptil én meter langs kysten av Norge i løpet av de første 100 årene.

Dersom en hurtig nedsmelting av isbreene skjer, kan det i ekstreme tilfeller påvirke havstrømmene, men dagens smelting er ikke

kraftig nok til det. Derimot kan en økt tilførsel av ferskvann til havet påvirke dyrelivet. Flere planktonorganismer er sensitive for endringer i saltinnhold, og forandringer forårsaket av smeltevann kan forandre artssammensetninga og dermed næringsgrunnlaget for flere organismer i området. Denne type forandring gjelder også når havisen smelter, men smelting fra isbreer representerer gjerne veldig brå endringer fordi plutselige strømmer med mye smeltevann kan "kvele" mikrolivet i havet.



#### Visste du at:

Målinger viser at den gjennomsnittlige utbredelsen av havis siden 1978 har blitt redusert med 8 %, eller 1 million km<sup>2</sup>. Det tilsvarer et område nesten på størrelse med Norge, Sverige og Finland til sammen. Havisen minker ikke bare i størrelse men også i tykkelse. På øya Hopen på Svalbard, har isen blitt 40 cm tynnere i løpet av de siste 40 år, og den er nå under 1 meter tykk om sommeren, iflg. Norsk Polarinstitutt.



#### Visste du at:

Mellom 1937 og 1938 opplevde Bråsvellbreen, som er en utløper av breen Austfonna på Svalbard, et hurtig breframstøt. I løpet av litt over ett år rykket breen hele 20 kilometer frem. Det var nettopp å grunn av dette framrykket at breutløperen fikk navnet Bråsvellbreen (brå = plutselig, svell = svulme opp).



*Isbreer beveger seg som sakterennende elver. Dersom hellinga på grunnen under blir brattere, eller andre forhold får breen til å bevege seg fortere framover, sprekker den opp slik som bildet viser. Det er de øverste 50 meterne av breen som sprekker opp, lenger ned i dypet blir trykket så stort at breen oppfører seg mer plastisk og flytende. Sprekkområder kan være farlige både for mennesker og dyr, spesielt dersom sprekkene dekkes av sno slik at de blir vanskelige å se. Foto: NP*



Relieffkart over Svalbard. Her kommer det tydelig frem at store deler av Svalbard er dekket av massiv is. Kartet viser tydelig at den store iskappen Austfonna på Nordaustlandet utmerker seg med sin enorme størrelse. Figur: NP.

Det er ikke bare fra overflata breene smelter ned. Etter hvert som smeltevann dannes på overflata finner det veien ned til bresålen gjennom kanaler i isen. Vannet under isen gjør at den glir raskere på underlaget, det blir mer kalving av isfjell, og mer masse forsvinner hurtigere ut i havet. Når isen beveger seg på underlaget eroderer den berggrunnen under seg. Dette materialet transporteres til havet med elver og avsettes på havbunnen i fjordene. Dersom påbygginga av sedimenter på havbunnen skjer veldig fort, kan det begrave de organismene som ikke kan flytte seg. Er det flere eroderende breer som munner ut i en fjord kan hele fjordsystemer legges øde fordi næringsgrunnlaget til dyra som lever av bunnlevende organismer forsvinner.

#### Kartlegging i Arktis

Svalbards landskap er i stadig forandring. Isbreer rykker fram eller smelter tilbake, de flytter med seg enorme mengder grus og sand og elver dannes eller forsvinner. I sjøen kommer nye skjær og øyer til syne og havet flytter løsmasser og danner sandbanker der det før var dypt vann. For mennesker som ferdes på Svalbard, både til lands og til vanns, er det viktig at kartet stemmer med terrenget, og kartlegginga av Svalbard er derfor en viktig prosess.

Blomstrandhalvøya på Svalbard er et godt eksempel på et landskap i kontinuerlig forandring. Blomstrandhalvøya var inntil for noen få år siden en halvøy som stakk ut i havet under Blomstrandbreen som munnet i

fjorden. I løpet av de siste årene har isbreen smeltet flere hundre meter tilbake, og plutselig har det blitt klart at Blomstrandhalvøya er en øy, ikke en halvøy.

#### Svalbards geologi

Arktis AS står på solid grunn. Ingen andre steder i Nord-Europa finnes så mange geologiske tidsepoker bevart i stein. Her er lite eller ingen vegetasjon, så berggrunnen kan observeres over store områder. Den geologiske lagrekken på Svalbard kan deles inn i tre hovedenheter: det gamle grunnfjellet (urtiden og tidlig oldtid), ikke omdannede avsetningsbergarter (sen oldtid til tertiær), og unge, løse avsetninger (kvartær).

Grunnfjellet utgjør det eldste fjellet. På Svalbard er dette bergarter som har gjennomgått den kaledonske fjellkjededannelsen og er eldre enn 410 millioner år. Disse grunnfjellsbergartene har gjennomgått sterke bevegelser og forandringer; de ble foldet, forskjøvet og kjemisk omdannet under høyt trykk og høy temperatur i dypet. Det som ligger i overflaten i dag, ble dannet opp til 80 km under overflaten den gangen.

I løpet av Devontiden eroderte fjellet og det ble dannet store mengder sand, grus og slam som ble avsatt på elvesletter og i havet. Senere fulgte perioder da landet lå under havet, og det ble dannet marine avsetningsbergarter. Disse periodene ble avbrutt av kortere intervaller hvor landet ble hevet opp av havet. Svalbardområdet var ofte et grunt hav. I perioder dukket øyer opp av dette havet, her levde det blant annet svaneøgler og iguanodon, og havet var befolket av fiskeøgler.

I krittiden sprakk jordskorpa opp og et riftsystem som senere skulle bli Atlanterhavet ble dannet, og i senkritt ble hele Svalbard fastland. I tidlig tertiær begynte havbunns-spredningen for godt. Det nordvestlige hjørnet av Europa ble skåret av fra Grønland langs en enorm forkastning, og under denne prosessen ble den vestlige delen av Spitsbergen foldet opp til en ny fjellkjede.



Det øverste bildet ble tatt i 1922. I 2002 ble det nederste bildet tatt. Isbreen som på det første bildet lå langt ute i fjorden har trukket seg så langt tilbake at hele fjorden ligger isfri. Foto: NP (øverst) og Christian Åslund (Greenpeace), 2002.

Den geologiske epoken vi er inne i nå heter kvartær og er den første tidsalderen siden perm for 245 millioner år siden hvor det har vært virkelige istider. De tunge ismassene på land førte til at jordskorpa ble presset ned og havnivået steg. Etter isavsmeltinga steg landet igjen.

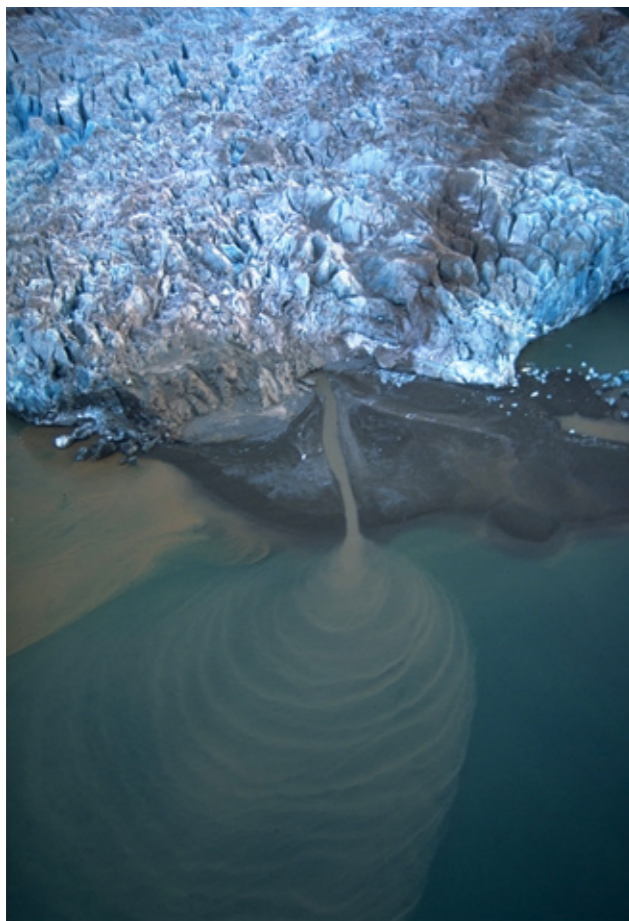
Nåværende geologiske prosesser på Svalbard er sterkt preget av permafrost og isbreer.



#### Visste du at:

Breene på Svalbard ikke bare trekker seg tilbake, de blir tynnere også. Målinger viser at breene taper mellom 60 og 70 centimeter i tykkelse hvert år. Ettersom ismengden som tynger Svalbard ned minker, heves landet. Landhevinga er ikke spesielt hurtig men er faktisk målbar med moderne instrumenter.





*Erosjonsmateriale som sand og silt følger med en breelv og avsettes ut i fjorden. Etter hvert som en isbre vokser, graver den seg ned i grunnen. Den plukker med seg stein, sand og grus og blir som et gigantisk sandpapir på undersiden. Når breene beveger seg framover skurer sandpapiret grunnen under seg og sliper løs materiale fra selv de hardeste bergartene. Dersom man tilsetter vann til denne slipeprosessen går den enda fortere. Rennende vann mellom bresålen og berggrunnen virker som glidemiddel på breen. Den glir fortere, erosjonen blir kraftigere og mer materiale avsettes foran breen eller følger med breelver ut i havet. Foto: Bjørn Frantzen, NP.*

### Permafrosten tiner

#### Hvorfor:

Selvfølger kommer det ikke til å skje noe med Svalbards berggrunn på grunn av klimaendringer – det måtte enormt høye temperaturer til for å klare det. Det som derimot ser ut til å skje, er at temperaturøkning i arktiske områder får permafrosten til å tine.

Permafrost er definert som et område der gjennomsnittlig årlig bakketemperatur ligger under trykksmeltepunktet to år på rad. For å kunne måle dette uten å grave seg ned i bakken, tilsvarende permafrostområdene oftest områder der gjennomsnittlig årlig lufttemperatur er lavere enn  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . På Svalbard finnes det permafrost overalt, bortsett fra under de store breene som isolerer mot kulda slik at bakken ikke fryser.

Permafrosten kan være ca. 100 meter dyp ute ved kysten og hele 4-500 meter dyp i høyereliggende områder. Jordlaget er ikke så dypt i Arktis, så det betyr at selve grunnfjellet er frossent. På sommeren tiner det øverste laget og gir livsgrunnlag for planter og dyr. På Svalbard er dette laget ca. 1 meter dypt.

#### Hva skjer:

En tinende permafrost har innvirkning både på lokale og globale faktorer. En opptining forandrer vegetasjonsdekket og gir også forandringer for dyrene som er avhengig av denne vegetasjonen. Sumpområder, som er viktige for flere fuglearter, kan tørke ut fordi permafrosten ikke lenger er en barriere for overflatevannet, og det dreneres ned i grunnen. Viktige beite- og hekkeplasser kan forsvinne. For menneskene vil veier og hus som



*Blomstrandhalvøya på Svalbard. Kartutsnittet til venstre er fra 1927 og viser hele Blomstrandhalvøya dekket av isbre. Kartutsnittet til høyre viser brefronten slik den sto i 1998. Blomstrandhalvøya har nå smeltet helt fram fra isbreen og blitt en øy. Figur: NP.*

er anlagt på permafrost ødelegges og synke ned i grunnen.

På den globale skalaen vil en tinende grunnfrigi store mengder karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) og metan ( $\text{CH}_4$ ) som tidligere var innefrosset i bakken. Disse gassene vil forsterke drivhuseffekten og bidra til å øke temperaturene enda mer. Slik gir et varmere klima en selvforsterkende effekt.

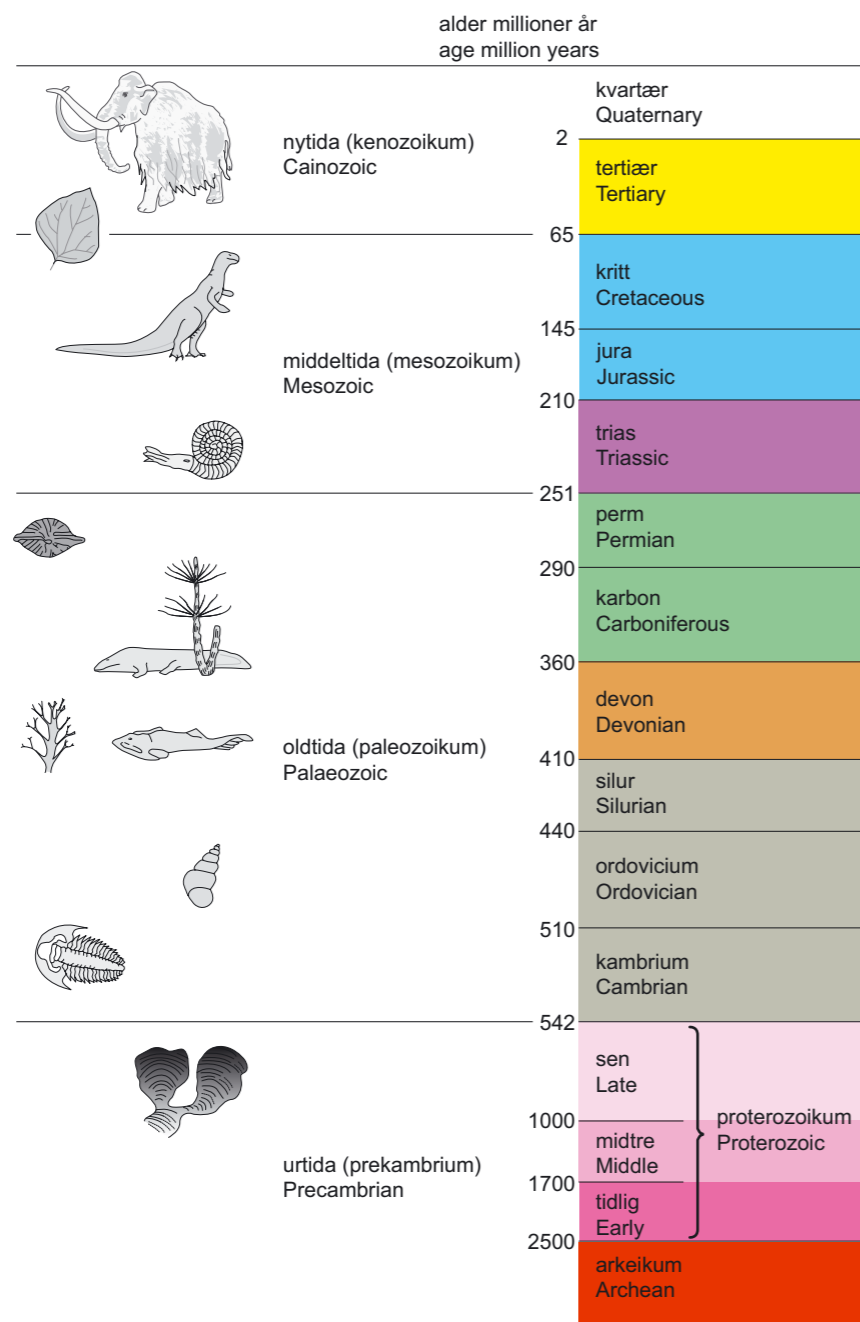
**Visste du at:**  
 Det sørlige grensen for permafrost kan bevege seg mange hundre kilometer nordover i dette århundret. Tiner de enorme myrområdene i Sibir og Nord-Amerika vil de slippe ut store mengder karbon til atmosfæren. Det er vanskelig å si hvor store utslippene blir, siden det avhenger av mye forskjellig, bl.a. jordfuktighet.



*Bildet viser et fjell med kalkstein (hvit) og doleritt (mørk). De mørke lagene er gangbergarter, doleritt, som har trengt inn i yngre horisontale lag av kalkstein. Kalksteinen er av karbon alder mens doleritten er av mesozoisk alder. Foto: Dierk Blomeier, NP.*

**Visste du at:**  
 I 2006 "oppdaget" den engelske kunstneren Alex Hartley en ny øy, på størrelse med en fotballbane utenfor Svalbard. Han døpte den Nymark, krevde suverenitet og at den skulle løsrives fra kongeriket Norge. Han utlyste konkurranser om øyas fremtidige arkitektur og flaggdesign. På grunn av Svalbardtraktaten, og fordi Norsk Polarinstutt hadde sett den på satellittbilder allerede i 1998, ble kravet avvist. Kunstneren ville imidlertid ikke gi opp håpet om en egen stat siden den var en fysisk synliggjøring av hvordan effektene av global oppvarming fikk breen som tidligere hadde dekket Nymark til å trekke seg ca. 1,6 kilometer tilbake i løpet av få år. Navnet Nymark ble forøvrig ikke godkjent og "øya" heter nå Nyskjeret.

## GEOLOGISK TIDSSKALA | GEOLOGICAL TIME SCALE



Geologisk tidsskala. Dannelsen av det som i dag er Svalbard begynte i oldtida og urtida for over 410 millioner år siden. Tidsepoken vi befinner oss inne i nå heter kvartær og har vart de siste 2 millioner år. Mennesket, eller *Homo sapiens*, oppsto for rundt 200 000 år siden. Menneskets tidsalder befinner seg derfor helt øverst i tidsaksen og børster så vidt håret på mammutens hode. Figur: NP.

## Søppel og miljøgifter – en ny utfordring

### Hvorfor:

Den menneskelige teknologien har kommet til Arktis AS, og det er ikke positivt. I stedet for nyttige ting sender vi nordover alt vi ikke vil ha lenger – søppel, tungmetaller og miljøgifter.

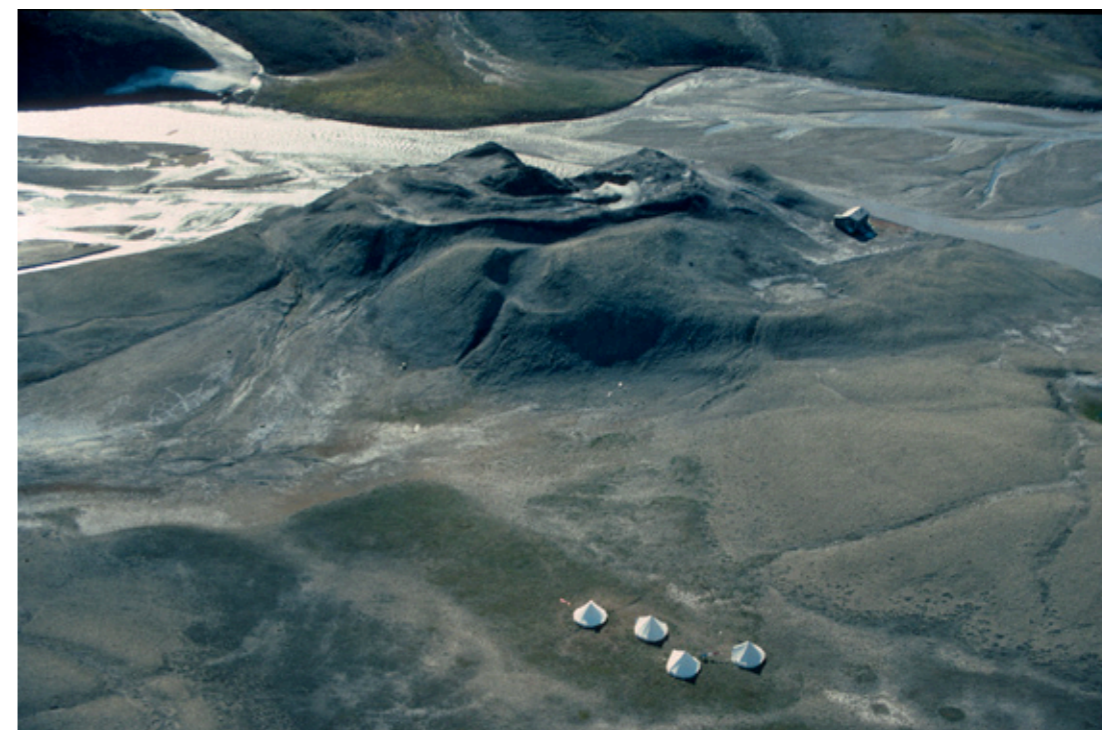
Mange hav- og luftstrømmer beveger seg fra sør og opp mot Arktis. Disse strømmene fører dessverre ikke bare med seg rein luft og reint vann, men også søppel og giftstoffer fra utslipp lenger sør. I tillegg til at det ikke er spesielt vakkert, utgjør søppelet også en trussel for dyrelivet i området, og hvert år dør flere titalls rein fordi de setter seg fast i garnrester. På grunn av de lave temperaturene brytes søppelet sakte ned og blir liggende til det fjernes fysisk. Plastmateriale brytes opp i mindre og mindre biter til de kan tas opp av mikroorganismer som lever i fjæresonen. Virkningen av plastmaterialet i disse organismene er dårlig kjent.



### Visste du at:

Jotunkjeldene og Trollkjeldene er to varme kilder på Svalbard. Vannet i kildene er grunnvann som er oppvarmet slik at temperaturen ved overflaten er 20 °C eller varmere hele året. Kildevannet inneholder oppløste mineraler fra berggrunnen som avsettes når vannet kommer til overflaten. Rundt kildene har det bygget seg opp terrasser, hovedsakelig av kalkavsetninger. I kildene finnes moser og alger som ellers ikke vokser på Svalbard.

Men søppelet på strendene representerer bare den forurensinga vi kan se, i tillegg kommer også miljøgiftene som ikke kan registreres med det blotte øyet, men som utgjør en enda større fare for Arktis AS enn det søppelet gjør. Miljøgifter er kjemikalier eller tungmetaller som produseres eller oppkonsentreres på grunn av menneskelig aktivitet. Flere av disse stoffene er lite nedbrytbare i naturen, men de er ofte lett fettløselige slik at de hekter seg på dyrets fettreserver. Det betyr at de kan tas opp av små og store organismer, og mengden miljøgifter øker i en enkelt organisme etter hvert som den vokser, men



Pingoer er gigantiske is-svulster som oppstår i tilknytning til vannkilder. De ser ut som store grushauger, og noen har et lite tjern, eller en periodisk aktiv vannkilde på toppen. Kjernen av pingoen er dannet av en stor isklump. Se teltleiren og hytta som målestokk. Foto: Winfried Dallmann, NP.

øker også oppover i næringskjeden fordi ett stort dyr må spise mange små dyr som hver inneholder noe miljøgift.

Tungmetaller er naturlig forekommende grunnstoffer i naturen, men de oppkonsentreres av menneskelig virksomhet. Det finnes mest av tungmetallene kvikksølv og kadmium i arktiske systemer. Bly var tidligere en stor miljøtrussel, men siden 1980-årene har blyutslippene til naturen blitt betydelig redusert, og målinger viser at blykonsentrasjonene i dyr og planter har gått ned de siste årene. Slik ser vi at forskernes anstrengelser for å dokumentere skadelige stoffer og politikernes vilje til å fatte internasjonale vedtak fører fram.

Vi mennesker lager flere typer stoffer som ikke er vanlig forekommende i naturen, og som virker som miljøgifter når de slippes ut i den. Et samleuttrykk for noen av dem er POP (tungt nedbrytbare organiske stoffer, på engelsk: persistent organic pollutants = POPs). POP-ene kan deles inn i tre grupper:



Illustrasjon: Audun Igesund, NP.

insektmidler, industrikjemikalier og uønskede biprodukter fra industrien.

Polyklorete bifenyler (PCB) inngår i gruppen av POP-forbindelser og er en av de farligste gruppene av miljøgifter vi kjenner til. I 1980 ble ny bruk av PCB forbudt i Norge, men utslipp til naturen skjer fremdeles via lekkasje fra kasserte produkter, fra forurenset grunn og i forbindelse med restaureringsarbeider. Også for PCB ser vi at etter at det ble internasjonal enighet om forbud, har nivåene i dyra gått ned. Men i løpet av de siste par årene har forskerne igjen registrert at nedgangen av PCB har stagnert eller er på tur opp igjen. Årsaken til dette er ikke helt klarlagt, men det er sannsynlig at dette kan være et resultat av større påvirkning fra sørlige vinder som med større kraft og over et lengre tidsrom fører mer PCB med seg til Svalbardområdet.

Bromerte flammehemmere er en annen gruppe stoffer med uheldig virkning på livet i Arktis. Dette er organiske stoffer som alle inneholder brom som virker brannhemmende, og som derfor brukes i TV-apparater, datamaskiner, bilinteriør og møbler. De er lite nedbrytbare i naturen og konsentreres oppover i næringskjeden. I Arktis er nivået av enkelte bromerte flammehemmere økende, og stoffene er påvist de fleste dyra.

Hva skjer: Forandringer i luft- og havtemperatur kan føre til økt transport av miljøgifter til Arktis. I tillegg vet vi at det ligger miljøgifter innfrosset i isen som frigis til hav og land. Disse giftene var tidligere utilgjengelige, men når de nå smelter ut av isen kan de igjen inngå i Arktis' kretsløp.

#### Hva skjer:

Forandringer i luft- og havtemperatur kan føre til økt transport av miljøgifter til Arktis. I tillegg vet vi at det ligger miljøgifter innfrosset i isen som frigis til hav og land. Disse giftene var tidligere utilgjengelige, men når de nå smelter ut av isen kan de igjen inngå i Arktis' kretsløp.

Plankton og fisk tar opp miljøgiftene direkte fra vannet de lever i. Størstedelen av opptaket skjer gjennom mat, men også gjennom gjellene. Studier viser at arter som lever av planteplankton har de laveste nivåene av miljøgifter, mens de som spiser mest dyreplankton og dødt materiale har de høyeste



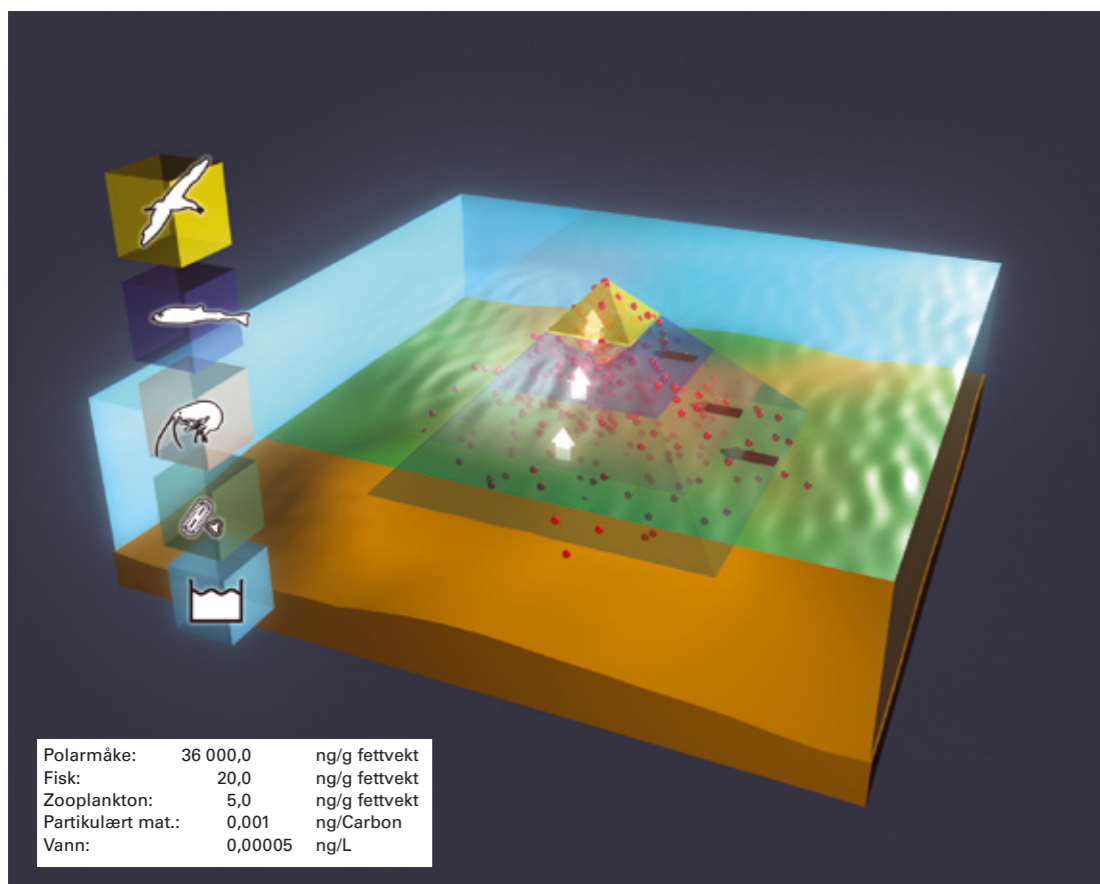
Hvert år arrangerer Sysselmannen på Svalbard en strandopprydning for å fjerne noe av søppelet som driver i land der. Mesteparten stammer fra fiskeflåten, og i 2006 ble det fjernet hele 100 tonn søppel fra bare 33 kilometer strandlinje. Foto: NP.

Ren luft med lavt toksafennivå

Forurenset luft med toksafener fra Canada og USA



Vindstrømmene følger det samme mønsteret som havstrømmene: de beveger seg fra sør til nord, ikke bare over havområdene, men også over kontinentene. Luftforurensing fra rundt om i verden følger disse luftstrømmene og havner i Arktis. Figuren over presenterer noen av stoffene som er funnet i dyr og andre organismer i norsk Arktis. Toksafener er plantevernmidler for bekjempelse av skadedyr. De brukes ikke i Norge, men fordampes på sydlige breddegrader og transporteres til Arktis der de tas opp i dyr og planter. Her kan de fremkalle kreft og forårsake mutasjoner. Klordan er en blanding av flere forbindelser og ble mye brukt til insektmiddel fram til 1970-årene. Klordan spres lett med luftmassene og brytes sakte ned i naturen. Klordan er kreftfremkallende og kan blant annet skade nerve- og immunsystemet. HCH ble også mye brukt som insektmiddel. HCH-er kan blant annet gi skader på lever, nyrer og nerver og er dessuten mulig kreftfremkallende. HCH blir ikke lengre brukt i plantevernmidler, og EU godkjenner ikke plantevernmidler som inneholder HCH. Figur: NP.



Konsentrasjonen av PCB øker kraftig fra vann og partikulært materiale som faktisk ikke er begynnelsen på næringskjeden en gang siden det ikke er levende, via plankton og fisk på bunnen av næringskjeden og opp til polarmåken på toppen. Figur: NP.

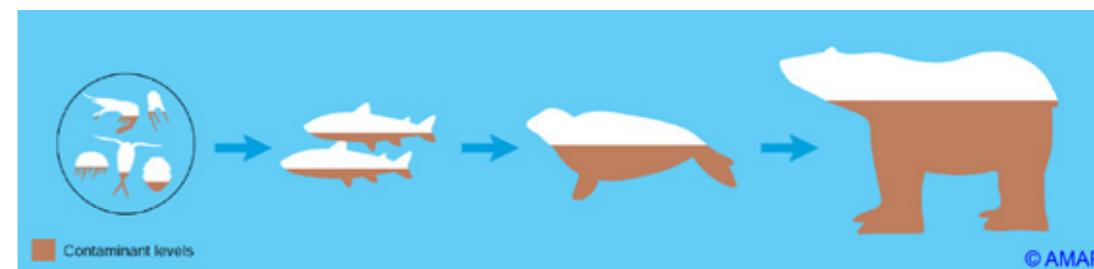
verdiene. Store og eldre individer har høyere verdier enn små og unge. Det er i rovdyra på land vi finner de høyeste verdiene, og også hos dem at skader og sykdommer registreres.

Generelt er nivået av giftstoffer mye lavere i fisk enn i fugl og pattedyr. Grunnen til dette er at pattedyr er varmblodige og trenger mye energi for å holde kroppsvarmen stabil. De må spise mer og inntar derfor mer miljøgifter som lagres i kroppen. I motsetning til fisk og flere andre organismer i havet som kan skille ut miljøgifter over gjellene, har pattedyr og fugl kun mulighet til å kvitte seg med dem gjennom avføring, eller ved å overføre dem til sine barn gjennom eggeplomme eller morsmelk.

### Fugler

En studie av døde og syke fugler på Bjørnøya viste at fuglene inneholdt skyhøye nivåer av bromerte flammehemmere og PCB. For å finne mulig dødsårsak ble fuglene obdusert, og resultatene viste at bare 13 % av fuglene hadde dødd en naturlig død, mens for hele 87 % var dødsårsaken ukjent. Nesten halvparten av fuglene var sterkt avmagret, og unormal atferd blant de syke fuglene ble observert. Foreldrene forlot reir med egg, de hadde dårlig balanse og vanskeligheter med å fly.

Fordi de er bundet til redet og ikke har anledning til å "fille på", tærer fuglene mye på fettreservene sine under egglegging og i rugeperioden. Mesteparten av miljøgiftene ligger lagret i fettvevet. Når fuglene tærer på fettreservene, frigis miljøgiftene til resten av kroppen og havner i hjerne og lever.



Miljøgiftene oppkonsentreres i næringskjeden. Plankton i havet har de laveste nivåene, mens isbjørn og andre predatorer har de høyeste nivåene. Figur: AMAP.

I hjernen virker miljøgiftene inn på fuglens evne til å ta seg av avkommet og finne mat, aktiviteter som er avgjørende for fuglens evne til overlevelse og reproduksjon. Forsøk viser også at polarmåker som i hekkesesongen spiser egg fra lomvi og krykkje har høyere nivå av miljøgifter enn sine artsfrender noen kilometer unna som lever av fisk, krepsdyr og skaldyr – jo lenger ned i næringskjeden dyra finner maten sin, dess mindre miljøgifter akkumulerer de.

### Isbjørn

Siden isbjørnen lever på toppen av næringspyramiden er den spesielt utsatt for miljøgifter, den blir endestasjonen. Isbjørner med høye nivåer av miljøgifter har unormale verdier av hormoner og liten produksjon av antistoffer som er viktige for at bjørnene skal kunne vokse, utvikle seg og føde unger som normalt. Videre viser forskning at nyfødte unger er spesielt utsatte for miljøgifter, og dersom mordyret har høye nivåer av miljøgifter



En død polarmåke med tre små unger. Trolig har det høye innholdet av miljøgifter i kroppen til måken tatt livet av den rett etter at den hadde klekket ut kyllingene sine. Foto: Hallvard Strøm, NP.



En isbjørnforsker undersøker ei bedøvet isbjørnbinne, mens satellitthalsbåndet ligger klart. Forskninga på isbjørn har vært intensiv i mange arktiske områder de siste tiårene. På Svalbard prioriteres nå forskning på miljøgifter, sykdom, demografi og effekter av klima. Mellom 50 og 100 isbjørn merkes eller gjenfanges hvert år. Fra disse tas det prøver for ulike analyser, og flere merkes med satellittsendere som forteller hvordan de vandrer gjennom året. Foto: Magnus Andersen, NP.

i morsmelka, overføres disse lett til ungen. Mange av miljøgiftene virker forstyrrende og ødeleggende på bjørnens kjønns hormoner, stoffskifte hormoner og også på immunfunksjonen. Effekter på kjønns hormonene kan gjøre at reproduksjonen reduseres – dyrene kommer i brunst til feil tidspunkt og føder unger til feil tidspunkt. Hormonforstyrrende

miljøgifter kan også medføre beinskjørhet hos isbjørn.

En hurtig oppvarming av de arktiske områdene vil føre til store og hurtige endringer i isbjørnens miljø, og den blir tvunget til å endre sin atferd på ganske kort tid. Dette trenger den friske og velfungerende hormoner for å kunne gjøre.



## Når kan vi slutte å si sannsynligvis?

Når noen uttaler seg om klimaendringene i Arktis følger det ofte med en ”sannsynligvis vil...”. De fleste liker ikke å uttale seg for basant, når noe ikke kan fastslås helt sikkert. Når blir vi ferdige med å si sannsynligvis da? Når kan vi si ”helt sikkert”? Det vet vi ikke. Vi har aldri vært her før, vi vet ikke sikkert hva som kommer til å skje. Vi kan ikke være helt sikre på at klimaendringene kommer til å skje med den kraften og farten forskerne tror – kanskje blir det raskere, kanskje saktere. Men basert på vitenskapelige undersøkelser kan vi med stor sannsynlighet anta. Og er det så viktig å vite helt sikkert? Vi kan likevel handle!

Hva kan vi tape på å ikke gjøre noe? Dersom vi krisemaksimerer litt er svaret: Alt! Arter forsvinner, ørkenen spres, havet stiger, land kriger over vannreserver, millioner av mennesker tvinges på flukt. Men vi vet ikke sikkert at det kommer til å skje – ikke før vi kommer dit.

Selv om du gir loddrett blaffen i om nesten tre tusen isbjørn nær Nordpolen blir borte, kan det være nyttig å vite at isbjørnen kan betraktes som en eksempelart. Den er rett og slett en indikator på at noe er feil et sted. Og slik er det med mye i det arktiske natursystemet. For å redusere problemer, må vi handle ut fra ”sannsynligvis” og føre-var-prinsippet.

### Vil du vite mer ?

Se [www.arcticsystem.no](http://www.arcticsystem.no). Her finner du innholdet i dette heftet, pluss lenker til mer informasjon om Arktis og miljø.



Illustrasjon: Jody Barton at Big Active



*Mordor, Framstredet, iAOOS-tokt, 2007 - Foto: Rudi Caeyers, NFH/UIT*

# 2007 2008 POLARÅRET

## Det internasjonale polaråret 2007-2008

Hjemmeside: [www.polaryear.no](http://www.polaryear.no)

Under det internasjonale polaråret er det gjennomført samlet forskning i polare strøk som ingen enkelt nasjon klarer å utføre alene. Over 50.000 forskere og teknikere fra ca. 60 land gjør Polaråret 2007-2008 til det største internasjonale forskningsprogrammet noensinne. Over 200 samarbeidsprosjekter ble godkjent som Polarårsprosjekter og Norge deltar i omtrent halvparten av dem. De åtte prosjektene presenterer her, har bidratt til "The Arctic System"-prosjektet med forskningsresultater, kunnskap, illustrasjoner, ideer og forelesninger. Les mer om prosjektene på internett.

### Arctic Predators



Foto: Christian Lydersen, NP

hovedmål å utvikle moderne forskningsmetoder for å overvåke endringer i tundraens struktur og funksjon. Siden rovdyr på toppen av næringskjeden kan være særlig følsomme for tidlige endringer, undersøker forskerne om rovdyrene kan brukes som en indikator på økosystemets tilstand.

#### Arctic Predators as Indicators of Tundra Ecosystem State

Hjemmeside: [www.arctic-predators.uit.no/](http://www.arctic-predators.uit.no/)

Prosjektleder: Nigel Yoccoz

Prosjektansvarlig institusjon: Universitetet i Tromsø

På det smale tundrabeltet langs kysten av Eurasia er rovdyrene spesielt følsomme for klimaendringer og andre forstyrrelser. Tundraen preges vanligvis av sterke svingninger både i bestanden av byttedyr og rovdyr, og spesielt kan svingninger i rovdyrbestanden gi et tidlig varsel om endringer i økosystemet. Prosjektet har som

### BearHealth



Foto: Jon Aars, NP

fordi den ligger på toppen i næringskjeden. Miljøgiftene påvirker kjønnshormoner, stoffskiftehormoner og immunfunksjon hos isbjørn, noe som gjør den dårligere rustet til å møte klimaendringene. Forskerne undersøker miljøgiftbelastning, kondisjon, helsetilstand og hormonstatus i isbjørn på Svalbard og i Barentshavet. Dyrene merkes med satellittsendere, som gir informasjon om hvor de befinner seg slik at forskerne kan studere atferd og klimaforhold.

#### Polar bear circumpolar health assessment in relation to toxicants and climate changing

Hjemmeside: [www.biologi.no/bearhealth.htm](http://www.biologi.no/bearhealth.htm)

Prosjektleder: Bjørn Munro Jensen

Prosjektansvarlig institusjon: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Global oppvarming gjør at isen smelter i Arktis og isbjørnen opplever store endringer i sitt naturlige miljø. Tilpasninger til et varmere klima krever riktige fysiologiske og atferdsmessige responser. Samtidig påvirkes isbjørn sterkt av langtransporterte miljøgifter

### BIRD-HEALTH



Foto: Sebastian Gerland, NP

kan gjøre at disse organismene er ekstra sårbare for det nye menneskeskaptet stresset som kommer fra klimaendringer og miljøgifter. Økte nivåer av miljøgifter kan forstyrre hormoner og immunforsvar, mens et varmere klima kan øke forekomstene av parasitter og infeksjonsorganismer. I dette prosjektet undersøker forskerne hvordan ærfugl, en fugleart som både finnes i Arktis og lenger sør, takler stress fra miljøgifter og parasitter mens de allerede er stresset av ruging og ungepass.

#### Mapping threats to arctic bird populations. The effect of infectious organisms and pollution on bird health

Hjemmeside: [www.birdhealth.nl/](http://www.birdhealth.nl/)

Prosjektleder: Sveinn Are Hanssen

Prosjektansvarlig institusjon: Norsk institutt for naturforskning

Dyrelivet i nord er tilpasset en kort og hektisk sommer ved at de raskt bygger opp kroppsreserver om våren som de så kan bruke på å få fram unger som er store nok før vinteren setter inn igjen. Dette

### COPOL

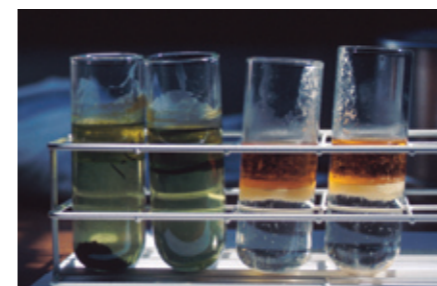


Foto: Katrine Borgå, NIVA

av miljøgifter. Hos arter som isbjørn, polarev og polarmåker kan høye nivå av organiske miljøgifter gi alvorlige effekter. Forskerne i COPOL skal undersøke hvordan klimaet påvirker eksponering, opptak og effekter av menneskeskapt miljøgifter i marine næringsnett i Arktis. En viktig oppgave er å dokumentere variasjonen av miljøgiftnivå i næringskjeden, både i løpet av året, og mellom år. Prosjektet øker vår forståelse av hvordan miljøgifter transporteres og taes opp i marine næringskjeder i polare områder.

#### Contaminants in Polar Regions – Dynamic range of contaminants in polar marine ecosystems

Hjemmeside: [www.copol.net/](http://www.copol.net/)

Prosjektleder: Geir Wing Gabrielsen

Prosjektansvarlig institusjon: Norsk Polarinstitut

Organiske miljøgifter lagres i fettvevet til dyr. De overføres fra byttedyr til rovdyr og derfor blir de høyeste nivå av miljøgifter funnet hos arter på toppen av den marine næringskjeden. Endring i luft- og havtemperatur kan føre til økt tilførsel og høyere nivå

### GLACIODYN



Foto: Geir Wing Gabrielsen, NP

bare smelter mer på overflaten, men i mange områder glir de raskere, det blir mer kalving av isfjell og resultatet er mer transport av is fra land ut i havet. Forskerne beregner framtidige endringer i ferskvannstransporten fra isbreene og kan dermed gi bedre estimat, også på globale havnivåendringer.

#### The dynamic response of Arctic glaciers to global warming

Hjemmeside: [www.geo.uio.no/glaciodyn/](http://www.geo.uio.no/glaciodyn/)

Prosjektleder: Jon Ove Hagen

Prosjektansvarlig institusjon: Universitetet i Oslo

Nedsmelting av isbreene på kloden er en av de viktigste kildene til globale havnivåendringer. I de nærmeste hundre årene er det forventet at de største bidragene til økt havnivå vil komme fra mindre breer og iskapper og ikke fra de store ismassene i Antarktis og Grønland. I de siste 10-15 årene er det observert at breene ikke

## iAOOS



Foto: Sebastian Gerland, NP

### Integrated Arctic Ocean Observing System: Closing the loop

Hjemmeside: [www.iaaos.no](http://www.iaaos.no)

Prosjektleder: Cecilie Mauritzen

Prosjektansvarlig institusjon: Meteorologisk institutt

De siste årene har Arktis opplevd en mye større oppvarming enn resten av kloden og isdekket har samtidig blitt kraftig redusert. Slike endringer har stor innvirkning på klima og miljø, både lokalt og globalt. Til tross for denne globale innvirkningen er datadekningen i Arktis dårligere enn på lavere breddegrader. Forskerne i iAOOS bidrar med kunnskap til hav-, is- og værvarsling og driver studier som vil være med på å forbedre de matematiske modellene

som står for slike varsler. Dette inkluderer flere fagområder og målet er å bidra til et bedre observasjonssystem som kan "ta pulsen på" utviklingen i arktiske strøk.

## MEOP



Foto: Kit Kovacs, NP

### Marine Mammals Exploring the Oceans Pole to Pole

Hjemmeside: [www.ipy.no/prosjekter/MEOP](http://www.ipy.no/prosjekter/MEOP)

Prosjektleder: Kit Kovacs

Ansvarlig institusjon: Norsk Polarinstitutt

Polarårs- prosjektet MEOP bruker sel i polare strøk som forskningsassistenter. Fire selarter er utstyrt med nyutviklede satellittsendere som sender informasjon om dyrenes posisjon og dykkeatferd og rapporterer de oseanografiske forholdene selene svømmer og dykker i. Selene gir oss dermed ny informasjon om sine egne habitatpreferanser, samtidig som de samler oseanografiske data fra steder på kloden hvor slike er vanskelige å fremskaffe. Dataene sendes fra senderne når selene er oppe i overflaten. Informasjonen går via satellitt og blir umiddelbart brukt til værvarsling! De innsamlede data er viktige for modellering av klima og havstrømmer, og de vil øke vår innsikt om hvordan selartene lever i de isfylte polare områdene av kloden vår.

## SciencePub



Foto: Bjørn Fossli Johansen, NP

### Arctic Natural Climate and Environmental Changes and Human Adaptation: From Science to Public Awareness

Hjemmeside: [www.ngu.no/sciencepub](http://www.ngu.no/sciencepub)

Prosjektleder: Eiliv Larsen

Ansvarlig institusjon: Norges geologiske undersøkelse

Det er viktig å forstå samspillet mellom land, hav og isdekket, og derfor studeres den naturlige klimautviklingen i Arktis gjennom de siste 130.000 år. For å få ny viten om dagens og fortidens land- og havmiljø skal forskerne se nærmere på Golfstrømmens variasjoner og hvilken betydning den har for isdekkene i Arktis. De ser

også på endringer av ferskvannstilførselen ved hurtig tapping av store isdemte innsjøer, i tillegg til menneskenes immigrasjon, bosetting og tilpasninger til de hurtige miljøendringene på slutten av siste istid. Prosjektet har en egen stab som jobber med formidling og undervisning i forhold til miljø og klima i polare strøk.