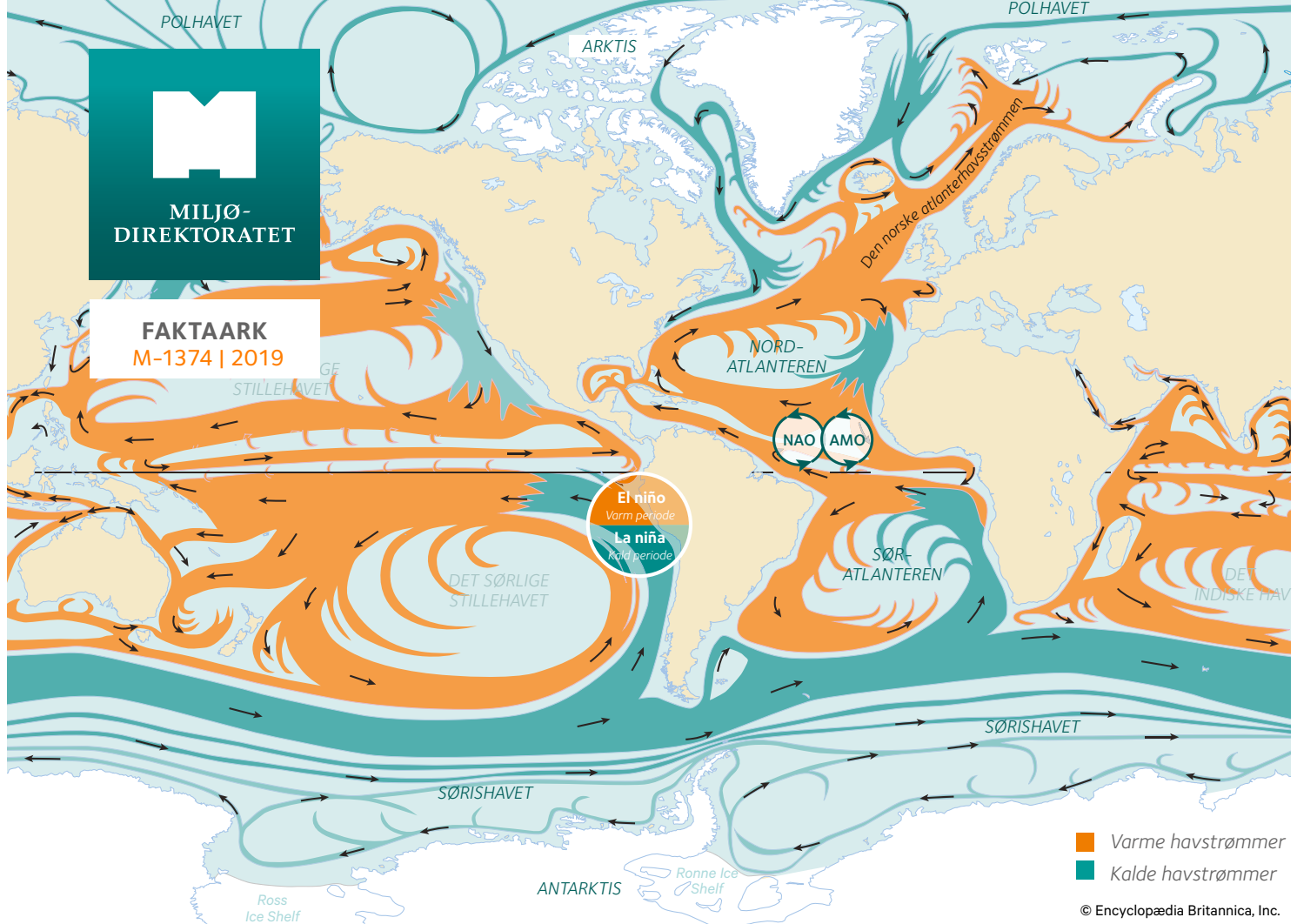




■ Varme havstrømmer
■ Kalde havstrømmer

© Encyclopædia Britannica, Inc.

Havets rolle i klimasystemet

Havet dekker over 70 prosent av jordas overflate, og er en sentral del av klimasystemet. Vann har stor varmekapasitet og havet tar derfor opp enorme mengder varme fra sola. Samtidig dytter vindsystemer på havoverflaten og setter i gang havstrømmer. Havstrømmene på sin side påvirker det globale klimaet ved å frakte store mengder energi rundt om på kloden. Ved havoverflaten utveksler atmosfæren og havet både varme, fuktighet og gasser som oksygen og karbondioksid (CO₂). Verdenshavene spiller derfor en hovedrolle i de evige kretsløpene av energi, vann og karbondioksid på jorda. Ikke minst er de habitat til et svært rikt dyre- og planteliv.

Faktaarket bygger på kunnskap fra IPCC 5.hovedrapport 2013/2014, IPCC spesialrapport om 1,5 °C global oppvarming, Arctic Monitoring and Assessment Programme rapport Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA), Store norske leksikon og miljøstatus.no

Havet tar opp og transporterer varme

Havet og atmosfæren mottar varme fra sola. Områdene rundt ekvator mottar mest varme, mens polområdene mottar minst, og er derfor dekket av is. Temperaturforskjeller fører til at hav og luft er i konstant bevegelse. Varmen fra sola setter vind og hav i bevegelse.

Havet har stor kapasitet til å holde på varmen den får fra sola, og fordeler varmen videre ved hjelp av havstrømmer fra ekvator mot polene. Havet avgir også varme til lufta. Havstrømmene fungerer som «varmetransportbelter» som bidrar til å opprettholde mange av jordas klimasoner.

En gren av Golfstrømmen, kalt Den norske atlantehavsstrømmen, tar med seg relativt varmt og salt vann opp til våre breddegrader. Uten den og den forholdsvis milde luften som kommer med vestavindsystemet, ville klimaet i Norge vært omtrent som på Grønland.

Klimasystemet

VINDSYSTEMER

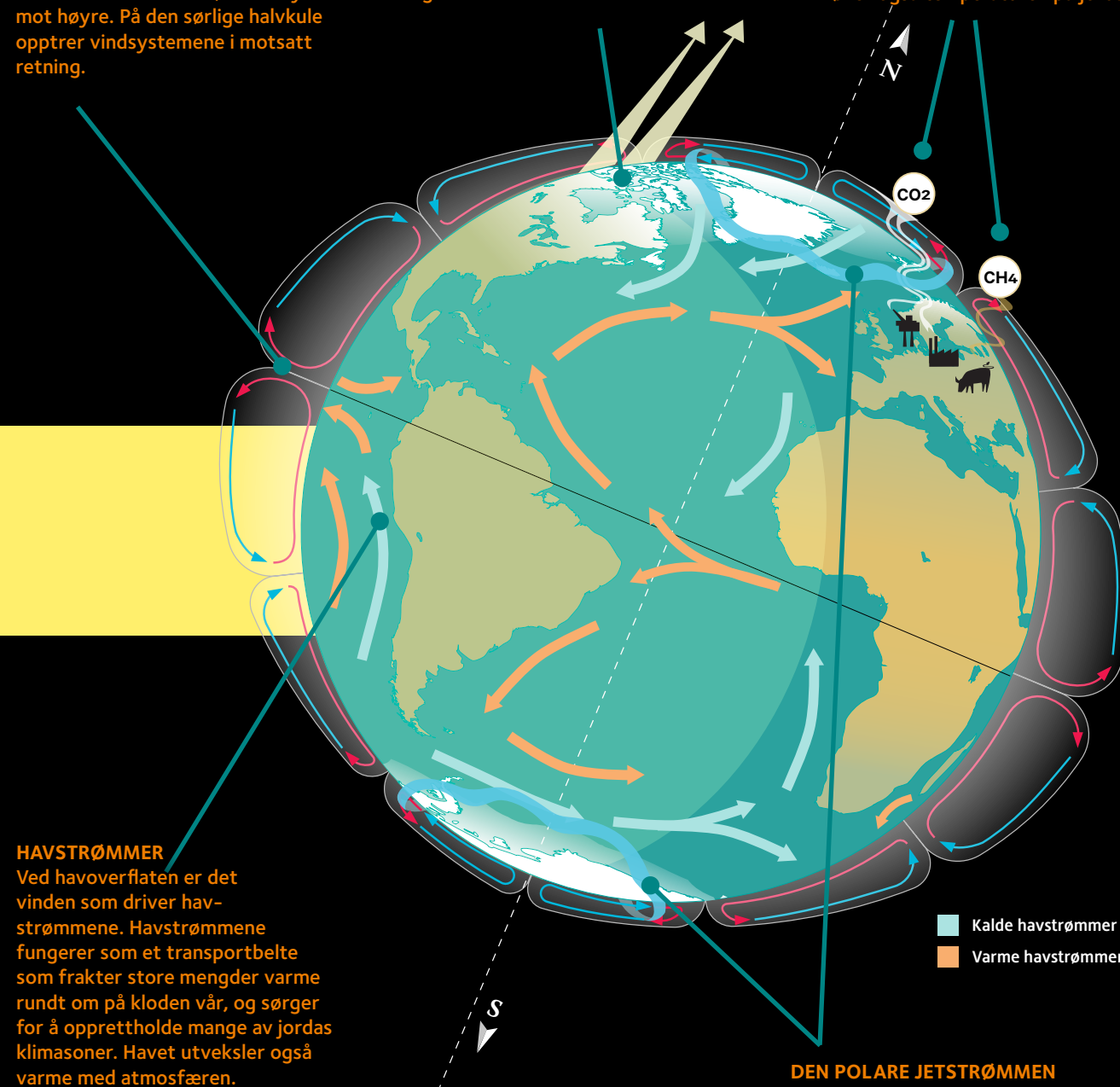
Når luften over tropene varmes opp, stiger den. I høyden blir luften avkjølt, beveger seg nordover og synker igjen ved subtropene. Der vil noe av luften blåse tilbake til tropene (kalt passatvind), mens resten fortsetter nordover. Slik sirkulerer luften, i et fast mønster. To slike sirkulasjonsmønstre til finner man nærmere polene. Fordi jorda roterer vil ikke vinden blåse rett nordover eller sørover, men bøye av mot høyre. På den sørlige halvkule opptrer vindsystemene i motsatt retning.

IS OG ALBEDO

Snø- og isdekkede overflater reflekter det meste av solens stråler tilbake til verdensrommet, mens havet er mørkere og absorberer mer varme fra sola.

DRIVHUSEFFEKTEN

Klimagassene karbondioksid (CO₂) og metan (CH₄) fanger opp varme i atmosfæren, og sender noe av den tilbake til overflaten. Dette kalles drivhuseffekten, og er en naturlig prosess som gjør temperaturen på planeten vår levelig. Når konsentrasjon av klimagasser øker, øker også temperaturen på jorda.



HAVSTRØMMER

Ved havoverflaten er det vinden som driver havstrømmene. Havstrømmene fungerer som et transportbelte som frakter store mengder varme rundt om på kloden vår, og sørger for å opprettholde mange av jordas klimasoner. Havet utveksler også varme med atmosfæren.

CORIOLISEFFEKTEN

Grunnen til at hav- og luftstrømmer bøyer av mot høyre på den nordlige halvkule er på grunn av at jorda roterer. Dette kalles Corioliseffekten.

DEN POLARE JETSTRØMMEN

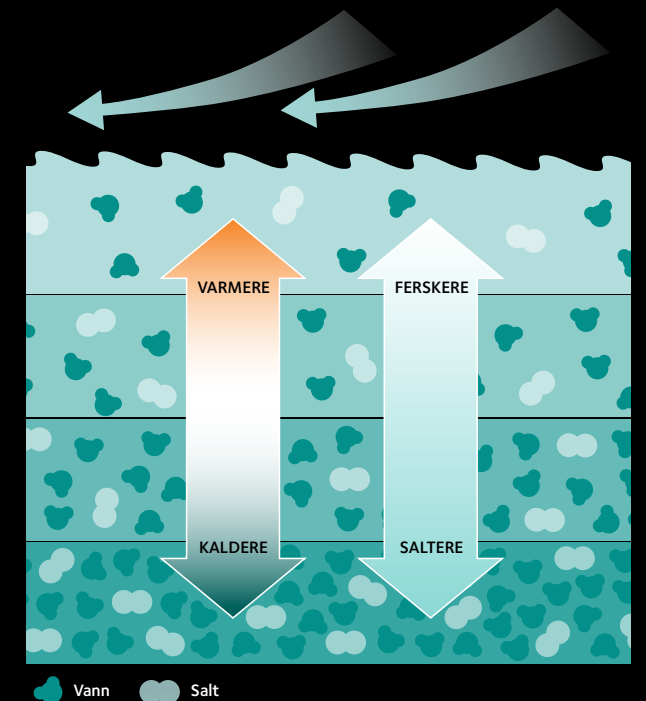
Den polare jetstrømmen er et belte av kraftig vind som oppstår i skillet mellom kald polarluft og mildere luft lenger sør.

Hva driver havstrømmene?

Overflatestrømmene i havet er i hovedsak drevet av vind. Vind skaper bølger som etter hvert setter overflatevannet i bevegelse. Fordi de store vindsystemene på jorda er relativt konstante fører det til et jevnt dytt på havoverflaten som holder havstrømmene i gang.

Et par hundre meter under havoverflaten er det horisontale tetthetsforskjeller i vannet som driver havstrømmene. Når kaldt, salt vann synker, strømmer varmere overflatevann inn fra siden for å erstatte vannet som har sunket, og det blir dermed horisontal bevegelse i vannmassene. Nedsynking av kaldt vann skjer hovedsakelig omkring polområdene. Svært forenklet kan vi si at når vannet når havbunnen, strømmer det tilbake mot tropiske områder. Derfor er vannmassene kalde i dypet, selv i tropene. Man kan se for seg at vannet blir presset rundt i et globalt transportbånd av kalde dyphavsstrømmer og varmere overflatestrømmer. Alle havområder henger sammen og et tenkt vannmolekyl bruker om lag 500 til 1000 år på å fullføre en runde på dette store transportbåndet.

Intensiteten til den norske atlantehavsstrømmen påvirkes hovedsakelig av to drivkrefter. Den ene er vind som driver det varme og salte atlantehavsvannet nordover. På veien nordover blir vannmassene avkjølt og dermed tyngre slik at de synker og gir plass for mer tilstrømning sørfra. Dette utgjør den andre drivkraften.



LAGDELING I HAVET

Stratifisering eller lagdeling i vannsøylen oppstår mellom vannmasser med ulik tetthet. Kaldt og salt vann er tyngre enn varmere og ferskere vann, og vil derfor synke og legge seg nærmere havbunnen, mens vannet nærmere overflaten vil være varmere og ferskere. Slik oppstår lagdelinger av havet. Når forskjellene i tetthet er store nok, skaper dette en slags barriere mellom vannmassene. Lagdelingen er med på å styre hvor dypt ulike vannmasser fordeler seg, og har der med betydning for sirkulasjonen i dyphavet.

Grafikk: Tibe T. Kilde: Miljødirektoratet

Is og albedo

Albedo er et uttrykk for en overflates evne til å reflektere sollys (varmeenergi). Hvite overflater, som for eksempel is, reflekterer det meste av solinnstrålingen tilbake til verdensrommet. Sett fra verdensrommet er havene relativt mørke og absorberer derfor mye av innstrålingen fra sola. Vi sier at isen har en høyere albedo enn havet.

VERDT Å MERKE SEG

Når havet og atmosfæren blir varmere, smelter mer av den flytende sjøisen i Arktis. Da vil store arealer gå fra å være hvite og høyt reflekterende områder med is til å bli mørke og mer absorberende havområder. Dermed vil slike havområder i nord bli enda varmere, som igjen fører til at enda mer is smelter. Slik får vi en selvforsterkende effekt.

Havet har en viktig rolle i karbonkretsløpet

Havet har en viktig rolle i det globale karbonkretsløpet fordi havet tar opp, frigir, transporterer og lagrer CO₂. Omtrent en fjerdedel av alle menneskelige utslipp av CO₂ til atmosfæren er tatt opp av havet.

Havet fungerer som et «karbonsluk» som tar opp karbon gjennom fysiske, kjemiske og biologiske prosesser. Ved havoverflaten blir CO₂ fra atmosfæren løst opp i havet. Havet kan også slippe fra seg karbon, f. eks. i form av CO₂ eller metan, og vil da fungere som en kilde til klimagasser i atmosfæren.

Planteplankton, og annen marin vegetasjon som ålegras, mangroveskog, tang og tareskog som vokser langs kysten av alle kontinenter, bruker CO₂ i sin fotosyntese. Dermed blir CO₂ omdannet til biologisk karbon. Opptak av CO₂ i marin vegetasjon omtales ofte som «blått karbon» og utgjør 50 prosent av karbonet som blir tatt opp av levende organismer på verdensbasis¹. Når vegetasjonen blir spist blir karbonet herfra enten pustet ut eller ført videre oppover i næringskjeden. Døde marine organismer synker og bringer karbonet til havbunnen. I dypet vil karbon som ikke blir brutt ned av bakterier, langtidslagres i sedimentene og tas ut av karbonkretsløpet. Over svært lang tid har dette gjort havbunnen til verdens største karbonlager.

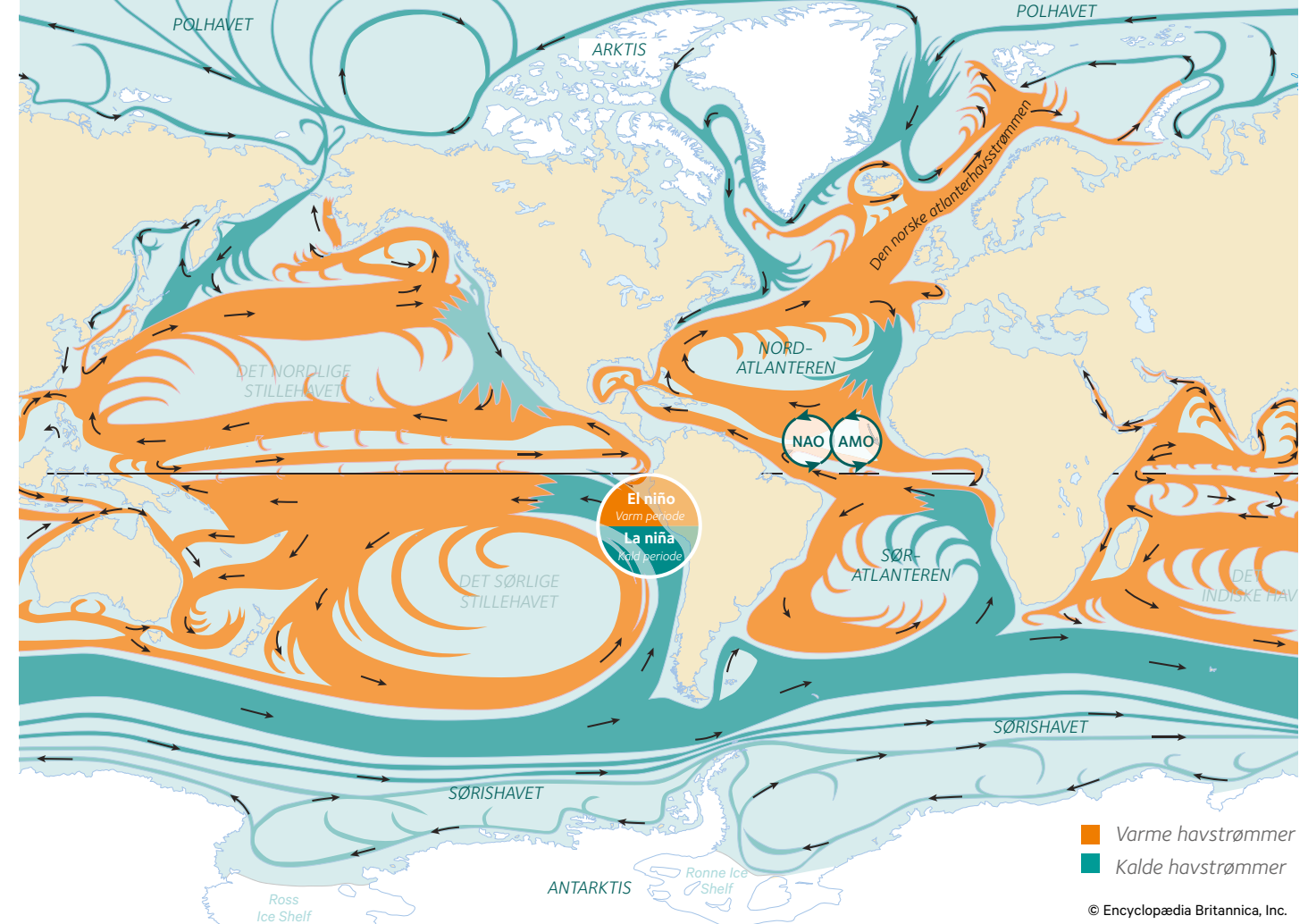
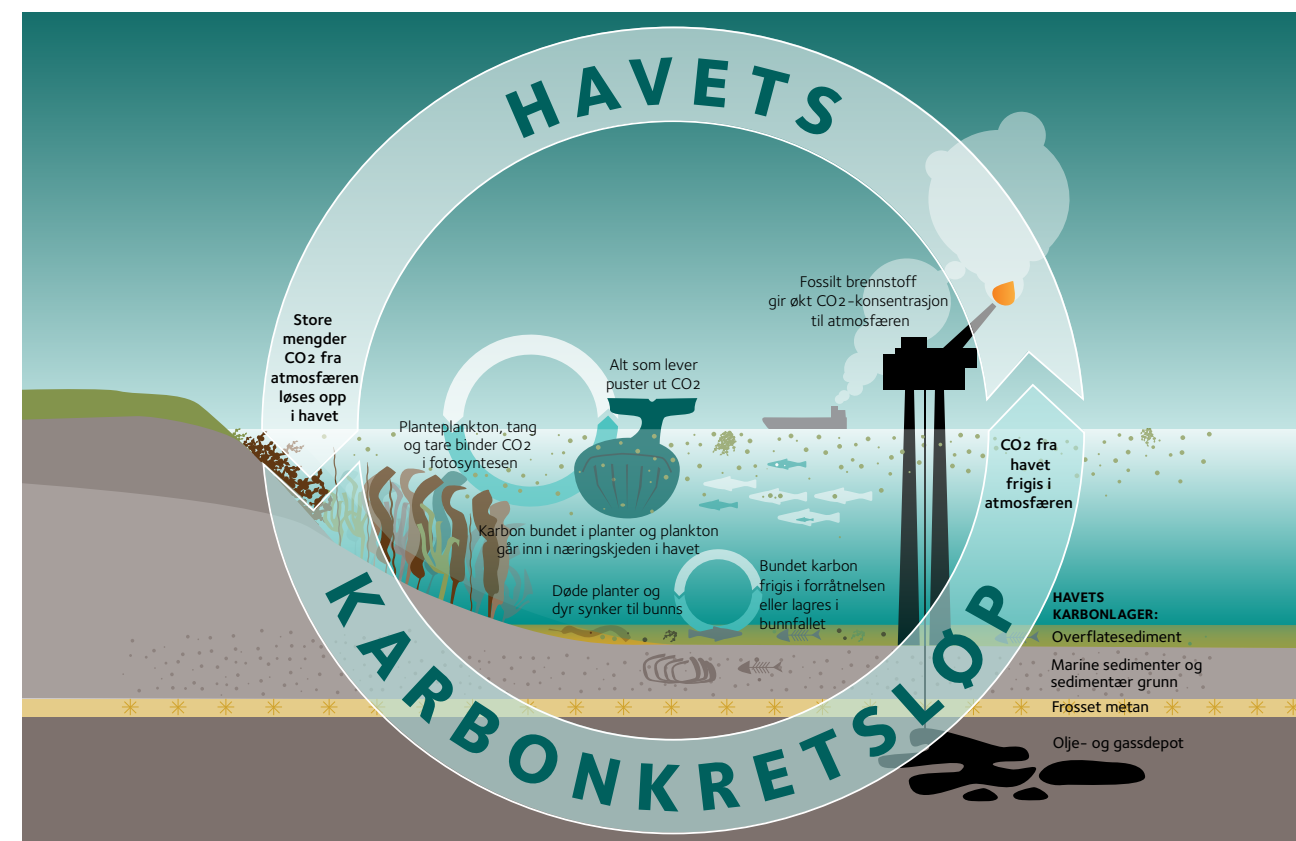
Tareskog dominerer hardbunn langs kysten ved midlere breddegrader, og det er anslått at 25 prosent av kystarealet på verdensbasis er dekket av tareskog². Det er usikkerheter knyttet til hvor mye av karbonet fra tare som blir langtidslagret på grunn av at karbonet ikke lagres der vegetasjonen vokser, men fraktes til dypet. Tareskog utgjør sannsynligvis en stor del av karbonet som lagres i marine sedimenter i dyphavet³. Norsk forskning anslår at mengden karbon fra tareskog som til slutt havner i sediment i våre havområder kan motsvare mengden karbon som lagres i norsk skogsjord^{4,5}.

VERDT Å MERKE SEG

Havets evne til å ta opp CO₂ er ikke likt i alle havområder. For eksempel tar Nord-Atlanteren opp mer CO₂ enn Stillehavet, ifølge Bjerknessenteret⁶. I Nord-Atlanteren transporteres overflatevann med høyt innhold av CO₂ til dyphavet, og erstattes av nytt vann som kan ta opp CO₂. Derfor øker havets evne til karbonopptak i overflaten her.

Havets opptak av oksygen fra atmosfæren skjer også ved overflaten. Ved polene føres oksygenrikt vann ned i dypet. Når kaldt vann bringes opp igjen til overflaten tar det med seg næringsstoffer fra dypet som kan utnyttes i fotosyntesen.

Grafikk: Tibe T



Klimaet i Arktis har global betydning

Arktis spiller en svært viktig rolle i å holde vær og klima på resten av kloden stabilt. Hvordan? Gjennom å være en viktig drivkraft bak de store havstrømmene og vind-systemene. Forskjellen mellom hav- og lufttemperatur i Arktis og midlere breddegrader er med på å drive jetstrømmer som former og forflytter værmønstrene rundt på den nordlige halvkule. Det kalde og fjerne Arktis har faktisk en innvirkning på monsunen i Sørøst-Asia⁷. Endringer i hav- og lufttemperatur og isutbredelse i Arktis vil derfor ha stor betydning for regional klimautvikling i store deler av verden. Slike meteorologiske sammenhenger mellom områder som ligger fjernt fra hverandre, kalles fjernkoblinger eller teleconnections på engelsk.

VERDT Å MERKE SEG

De siste årene har man økt forskningsinnsatsen for å forstå hvordan temperaturøkning og redusert isutbredelse i Arktis påvirker vær og klima i andre deler av verden. I 2017 ga Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) ut rapporten Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA), som viser at endringer i Arktis kan påvirke været på midlere breddegrader⁷.

Noe forskning tyder på at mindre is i Arktis kan endre bevegelsen til jetstrømmen, slik at vi kan få lengre vedvarende perioder med varme, kulde, tørke eller nedbør på våre breddegrader⁸.

Naturlige klimatiske svingninger som El niño

El niño og La niña er to alternerende klimatiske svingninger i Stillehavet som fører til endringer i nedbørsmønstre og havsirkulasjoner i området. El niño kjennetegnes som en "varmperiode", mens La niña er en "kaldperiode". At vær, vind og hav påvirker hverandre blir ekstra tydelig når det oppstår en El niño-hendelse i det østlige Stillehavet. Med to til sju års mellomrom blir overflatetemperaturen i Stillehavet utenfor Peru uvanlig høy. Dette skyldes en betydelig svekkelse i passatvinden. Svak passatvind klarer ikke skyve varmt overflatevann vekk fra vestkysten av Sør-Amerika, og det varme vannet i vest vil strømme tilbake mot øst og dermed hindre at kaldt, næringsrikt vann trenger opp i vannsøylen ved kysten av Sør-Amerika. El niño-hendelser har store konsekvenser for været i stillehavsregionen, men også andre steder på jorden.

I tillegg til El niño og La niña har man lengre naturlige

varme og kalde perioder i Stillehavet hvor gjennomsnittstemperaturen er varmere eller kaldere enn normalt. Disse periodene varer i omtrent 20 år, og temperaturavvikene i disse periodene strekker seg lenger nord og sør i Stillehavet enn El Niño som hovedsakelig er et tropisk fenomen.

Tilsvarende forløp som forårsaker El Niño finner også sted langs ekvator i Atlanterhavet, og gir klimatiske svingninger som påvirker Nord-Atlanteren. Atlanterhavet har ikke stor nok utstrekning ved ekvator til at de klimatiske svingningene utvikler seg på samme måte som i Stillehavet.

Den atlantiske multidekadiske oscillasjonen (AMO) er en naturlig svingning i vanntemperaturen ved havoverflaten i Nord-Atlanteren. AMO har varme og kalde faser som varer i 20–40 år av gangen og siden rundt 1995 har vi vært i en varm fase.

Den nord-atlantiske oscillasjonen (NAO) skyldes forskjellene i lufttrykk mellom Island og Asorene. Lufttrykkforskjellene varierer naturlig. Mellom disse trykksystemene blåser det en hovedsakelig vestlig luftstrøm. Vindhastigheten avhenger av trykkforskjellen. Denne luftstrømmen påvirker blant annet intensiteten på Den norske atlanterhavstrømmen. Forskere har foreløpig ikke full forståelse av hva som i hovedsak styrer NAO, men det er grunn til å tro at både minkende isdekke og økt lufttemperatur i Arktis påvirker NAO og dermed også havstrømmene i Nord-Atlanteren. Både NAO og AMO har stor betydning for været og klimaet i vår del av verden.

VERDT Å MERKE SEG

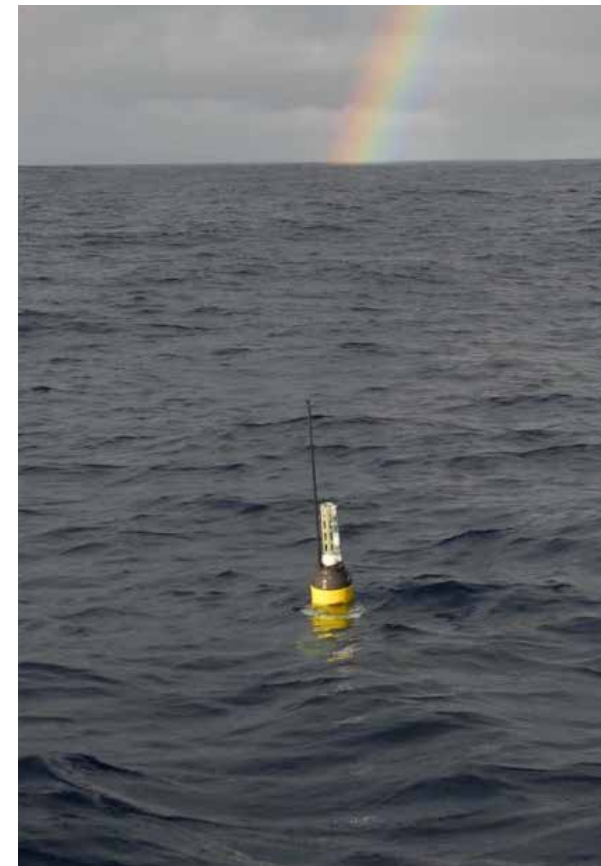
En ny, norsk studie⁹ viser at klimatiske sykluser i Stillehavet påvirker Arktis mer enn forskere tidligere har trodd. Den første halvdelen av 1900-tallet kjennetegnes som en varm periode i Stillehavet. Studien avdekker at varmeperioden i Stillehavet var en av hovedgrunnene til stigende sjøtemperatur i Arktis i samme periode. Dette betyr at når vi går inn i en ny varm periode i Stillehavet, kan oppvarmingen av Arktis eskalere som følge av dette. Samtidig har Nord-Atlanteren vært i en varm periode i omkring 25 år. Varme og kalde faser av AMO kan også påvirke havisen i Arktis.¹⁰ Dette viser at det er viktig å forstå sammenhengene mellom de globale klimatiske syklusene både i Atlanterhavet og Stillehavet for å forutsi omfang og hastigheten av global oppvarming. Det er behov for mer kunnskap om disse sammenhengene.

Å følge med på havet

Det er få målinger av klimaparametre i havet sammenliknet med målinger over land og i atmosfæren. Det skyldes at havområdene er mindre tilgjengelig for oss, det stiller større krav til utstyr, og det er krevende og kostbart å gjennomføre undersøkelser. Satellitter har revolusjonert måten vi kan observere jordas overflate og tyngdefelt. De siste tiårene har satellitter gitt oss målinger av ismassene i Arktis og Antarktis med et detaljnivå vi aldri tidligere har vært i stand til å oppnå. Dette er til stor hjelp for å bedre forstå hvordan de store ismassene i polområdene endrer seg. Den europeiske romfartsorganisasjonen (ESA) og EUs Copernicus program har nylig skutt opp nye miljosatellitter som har som oppgave å følge med på europeiske havområder. Satellittene samler inn data på flere klimaparametre som havnivå, havfarge, isutbredelse, klorofyll, oksygen og sjøtemperatur. Disse gir oss data fra områder vi tidligere ikke har hatt tilgang til, men de klarer ikke å fange opp data fra vannmassene under isen og nedover i dypet.

ARGO-BØYER

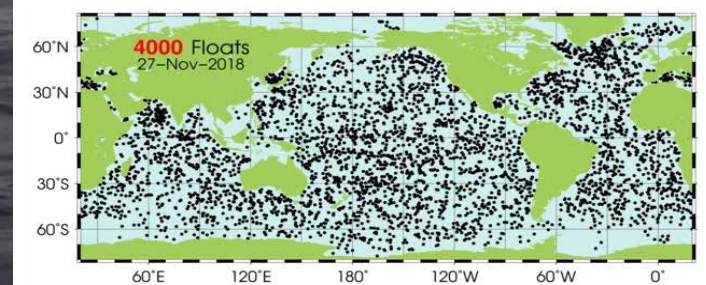
I 2005 startet det globale havobservasjonssystemet Argo opp. Dette er en samling på nesten 4000 bøyer satt ut i alle verdens hav, bortsett fra i isdekte deler av Arktis. Bøylene foretar automatiske målinger av klimaparametre som sjøtemperatur og saltholdighet ned til 2000 meters dyp. 15 norsk finansierte Argo-bøyer er satt ut i Norskehavet, Grønlandshavet, Islandshavet, Barentshavet og Arktis. Dette vil gi oss bedre kunnskap om naturlige svingninger i havet og hvilke virkninger global oppvarming har på havet.



ARGO-BØYER:

Argoprogrammet har frem til i dag satt ut omtrent 4000 bøyer i alle verdens hav for å overvåke klimaparametre i havet. Bøylene er utstyrt med instrumenter som blant annet måler trykk, temperatur, saltholdighet, oksygen og klorofyll. Dataene skal være tilgjengelig til bruk innen 24 timer etter at målingene er tatt.

Foto og grafikk: Argo Program. <http://www.argo.ucsd.edu>



Global oppvarming påvirker havet

Temperaturen på jorda påvirkes i stor grad av mengden klimagasser, som karbondioksid (CO₂), i atmosfæren. Uten klimagasser ville den globale gjennomsnittstemperaturen ikke ligge på 15 °C som i dag, men være helt nede i -19 °C. Utslipp av CO₂ og andre klimagasser som følge av menneskelig aktivitet gjør at mengden klimagasser i atmosfæren øker, og dermed stiger temperaturen – både i atmosfæren og i havet.

VERDT Å MERKE SEG

Havet har tatt opp mer enn 90 prosent av overskuddsvarmen fra global oppvarming, siden 1970¹¹. Uten havets opptak av menneskeskapt CO₂, ville jordens gjennomsnittlige temperatur vært to grader høyere enn den er i dag⁶.

For atmosfæren har temperaturen i gjennomsnitt steget 1 °C siden den industrielle revolusjon. Verdens hav spenner over store områder og de ulike havområdene og -dypene varmes opp i ulik grad. Dette gjør det vanskelig å sette et tall for en gjennomsnittlig global temperaturøkning av havet. I tillegg var det først relativt nylig at man fikk på plass presise måleinstrumenter som dekker alle verdens hav, gjennom det globale havobservasjonssystemet Argo (se faktaboks om Argo-bøyer). Man forventer derfor innen få år å ha bedre kunnskapsgrunnlag om oppvarming av havet.

Du kan lese mer om virkninger av menneskeskapt klimaendringer på havet i Miljødirektoratets faktaark M-1375 | 2019 «Vi endrer havet».

Referanser

1.
Blue carbon the role of healthy oceans in binding carbon, Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C. M., Valdés, L., De Young, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Eds). 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, www.grida.no
2.
Norwegian Blue Forest Network, Mobilizing Norwegian expertise for sustainable management of the blue forests in Norway and abroad.
Nettadresse: <http://nbfn.no/>
3.
Krause-Jensen & Duarte 2016. Substantial role of macroalgae in marine carbon sequestration. Nature Geoscience- 2016/09/12/online.
<https://doi.org/10.1038/ngeo2790>
4.
Gundersen, H., Christie, H., de Wit, H., Norderhaug, K., Bekkby, T. og Walday, M. 2011. Utredning om CO₂-opptak i marine naturtyper.
NIVA-rapport nr. 6070-2010. 25 s.
5.
Gundersen H, Bryan T, Chen W, Moy FE, Sandman AN, Sundblad G, Schneider S, Andersen JH, Langaas S, Walday MG. 2016. Ecosystem Services in the Coastal Zone of the Nordic Countries. TemaNord 2016:552
København: Nordisk Ministerråd. 130 s.
6.
UN Foresight brief July 2018 issue 009–Olsen, A., Lauvset, S., Goris, N., and Skjelvan, I., of Bjerknes Centre for Climate Research, University of Bergen, Norway (<https://bjerknes.uib.no>): [Lenke https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25797/Foresight_Brief_009_July.pdf?sequence=1&isAllowed=y]
7.
Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 269 pp. Lenke til rapport: <https://www.amap.no/documents/download/2987>
8.
Francis, Jennifer A., and Stephen J. Vavrus. "Evidence for a wavier jet stream in response to rapid Arctic warming." Environmental Research Letters 10.1 (2015): 014005.
9.
Svendsen, Lea.; Keenlyside, N.; Bethke, I.; Gao, Y. and Omrani, N-E (2018): Pacific contribution to the early twentieth century warming in the Arctic. Nature Climate Change 8, side 793–797 (2018). [Lenke til artikkel:<http://www.nature.com/articles/s41558-018-0247-1>]
10.
Day, J. J., et al. "Sources of multi-decadal variability in Arctic sea ice extent." Environmental Research Letters 7.3 (2012): 034011. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/7/3/034011/meta>
11.
IPCC 5.hovedrapport 2013/2014