

Værskapet Polarfront:

Klimaforskningens flaggskip

Observasjoner fra værskapet Polarfront er viktige for å lage gode værvarsler. Men i dag er værskapet vel så viktig når det gjelder å overvåke klimaet.

TOR GAMMELSRØD

Professor, Universitetet i Bergen og professor II, UNIS
(torg@gfi.uib.no)

INGUNN SKJELVAN

Forsker, Bjerknessenteret og førsteamanuensis,
Universitetet i Bergen
(ingunn.skjelvan@gfi.uib.no)

SVEIN ØSTERHUS

Forsker, Bjerknessenteret,
Universitetet i Bergen
(svein@gfi.uib.no)

ANN KRISTIN ØSTREM

Cand. Scient.,
Bjerknessenteret
(ann.ostrem@bjerknes.uib.no)

Lange tidsserier er det viktigste grunnlaget for all klimaforskning. Mens man i atmosfæren har noen tusen stasjoner som sender daglige observasjoner, er situasjonen mer skrøpelig når det gjelder klimaet i havet.

Etter andre verdenskrig ble det etablert 13 værskipstasjoner i Nord-Atlanteren. Stasjonene ble navngitt med bokstavene A til M. Stasjonen i Norskehavet fikk navnet værskipstasjon M og ble betjent med værskipene Polarfront I, II og dagens skip Polarfront. I alt var det 48 skip som betjente de 13 stasjonene. I tillegg til de meteorologiske observasjonene ble oseanografiske tidsserier målt fra flere av værskipene. Ett etter ett har imidlertid værskipene blitt nedlagt, og M/S Polarfront som måler fra en fast posisjon i Norskehavet (Stasjon M ved 66°N, 2°E) er nå det siste som sørger for å forlenge den eneste homogene, lange tidsserien fra verdens dyphav, se figur 1.

Stasjon M er strategisk plassert når det gjelder oseanografiske klimastudier. Varmt atlantehavsvann strømmer inn i Norskehavet og videre mot polare strøk hvor det blir avkjølt, synker ned i dypet og returnerer til verdenshavene som en kald, tung bunnstrøm. Dette er en del av den globale termohaline sirkulasjonen som beskriver vannmassers storskala-bevegelse. Ved å overvåke denne sirkulasjonen vil man også ha muligheten til å observere eventuelle endringer som oppstår.

Stasjon M er plassert slik at M/S Polarfront kan overvåke både innstrømningen av atlantehavsvannet og den kalde returstrømmen.

Klimavariasjoner i overflaten

I de om lag 300 øverste meterne ved stasjon M finner vi varmt og salt atlantehavsvann på vei nordover. Dette kommer fra Golfstrømmen som skifter navn til Den norske atlantehavsstrøm når den passerer Stasjon M og M/S Polarfront. I figur 1 viser vi avvik fra normal temperatur og

saltholdighet ned til 2000 meters dyp. Sesongvariasjonene er trukket fra.

Fra rundt 1960 var det en periode med varmt og salt atlantehavsvann i de øvre vannlagene. Den høye saltholdigheten varte til langt utpå 70-tallet da det brått kom en periode med relativt mye ferskt vann. Denne perioden var også kald. Dette var et kraftig klimasignal i Atlanterhavet og går under navnet «Den store saltanomali». Den startet sannsynligvis i Grønlandshavet på slutten av 60-tallet, og fulgte en syklonisk bane i Atlanterhavet før den passerte Stasjon M etter ca ti år.

Siden århundreskiftet har overflatelaget vært varmest og vannmassene har hatt de høyeste saltholdighetene siden målingene begynte i 1948, se figur 1. Dette henger trolig sammen med en omlegging av de store sirkulasjoncellene i Nord-Atlanteren, se Gammelsrød & Hjøllo (2005). De siste par årene viser imidlertid temperaturen og saltholdigheten i Atlanterhavsvannet en synkende tendens. Denne tendensen ser ut til å bre seg fra Rockall via Færøyane til Norskehavet (Holliday m.fl. 2008)



M/S Polarfront

Værskapet M/S Polarfront er leid av Meteorologisk Institutt for å gjøre meteorologiske og oseanografiske målinger ved Stasjon M i Norskehavet.

I perioden 1948–1976 ble stasjonen betjent av to fregatter som ble kjøpt fra Storbritannia etter andre verdenskrig. I 1976 ble M/S Polarfront bygd. Den opereres av rederiet Misje AS i Bergen. Mannskapet består av åtte personer, og det er sjøfolkene som utfører alle de vitenskapelige observasjonene i tillegg til pliktene om bord. Observasjonene fra stasjon M er av svært høy kvalitet, og mannskapets innsats har vakt internasjonal oppsikt.



MÅLER HAVET. Mannskapet på M/S Polarfront utfører viktige målinger for værvarsler og klimaforskning.



Trender i dyphavet

Temperaturutviklingen i tre observasjonsdyp er vist i figur 2. Det mest karakteristiske med denne måleserien er en oppvarming som startet rundt 1985 på 2000 meters dyp. Deretter bredte denne oppvarmingen seg til 1500 m og så til 1200 meter med omtrent samme amplitude og fart i alle tre dyp.

Denne oppvarmingen er satt i sammenheng med at dannelse av bunnvann i Grønlandshavet stoppet, eller ble sterkt redusert, etter 1970. Strøm-

målinger i Jan Mayen-kanalen, den dypeste forbindelsen mellom Grønlandshavet og Norskehavet, viste at strømmen fra dype deler av Grønlandshavet og sørover ble sterkt redusert i 1992, og at den til og med snudde i en periode.

Dette er et signal om at den termohaline sirkulasjon er i ferd med å endre karakter. Dypvannet i Norskehavet har tradisjonelt vært en blanding av bunnvann dannet i Grønlandshavet og dypvann fra Polhavet. Nå, når det ikke lenger blir dannet bunnvann i Grønlandshavet om vinteren, blir den



Oseanografiske målinger på Stasjon M

Målinger i hele vannkolonna			Målinger i havoverflata		
Parameter	Oppstart	Målefrekvens	Parameter	Oppstart	Målefrekvens
Temperatur	1948-	5 ganger/uke	CO ₂ i hav	2005	hvert 5. Min
Salt	1948-	5 ganger/uke	Temperatur	1948	4 ganger/døgn
Oksygen	1953-	ukentlig	Temperatur	2005	hvert 5. Min
Næringssalt	1990-	ukentlig	Salt	2006	hvert 5. Min
Klorofyll	1991	ukentlig	Oksygen	2007	hvert 5. Min
Plankton	1992	ukentlig, sommer			
Uorganisk karbon	2001-	månedlig			
Alkalinitet	2001-	månedlig			
¹³ C-isotop	2006-	månedlig			





relative andelen av dypvann fra Polhavet større. Dette vannet er varmere (og saltere) enn dypvann fra Grønlandshavet og derfor stiger temperaturen i dypet av Norskehavet.

Bunnvannet som tidligere ble dannet i Grønlandshavet hadde forholdsvis lav salt-holdighet. Figur 1 viser at siden rundt 1990 har vannmassene høyere oppe i vannkolonnen (400–1500 m) blitt ferskere. Dette kan tyde på at konveksjonen i Grønlandshavet fortsatt er viktig, men at den nå ikke når til bunnen.

Figur 2 viser at temperaturøkningen i dyphavet de siste årene er på ca 0,15 °C. Dette kan synes lite, men tar man i betraktning at vannlaget som

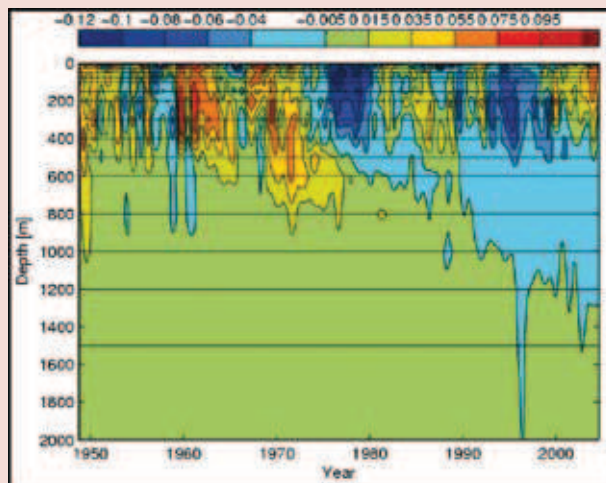
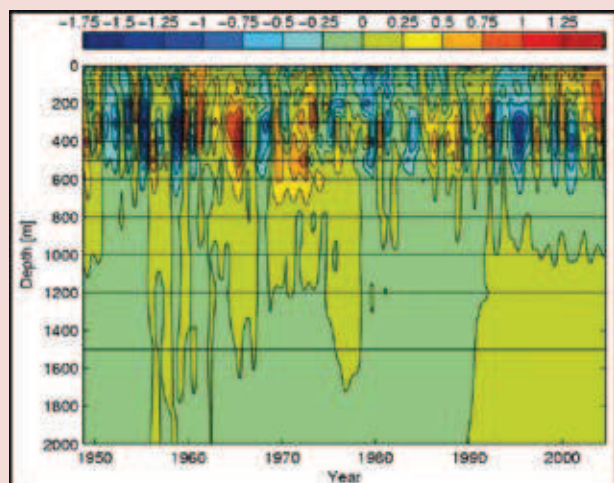
varmes opp er 1000 meter tykt (se figur 1) og at havet har en enorm varmekapasitet, tilsvarer dette faktisk en oppvarming av hele atmosfæresøylen på 40 °C! Dette viser at det er havet som «husker» klimavariasjoner; atmosfæren husker knapt fra en dag til den neste, her er det strålingsbalansen som fullstendig dominerer svingninger i temperaturen.

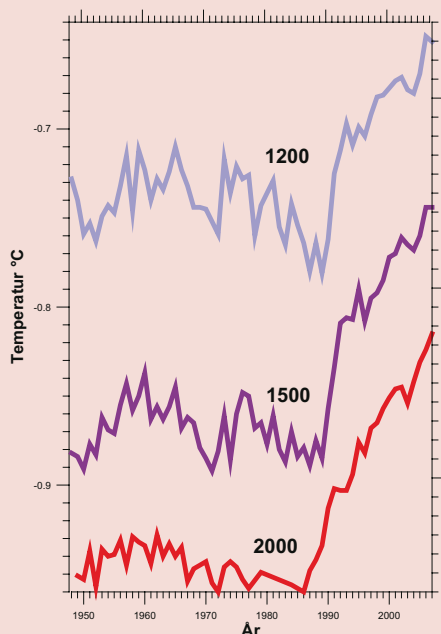
Måling av karbonopptak i havet

Målinger av uorganisk karbon på stasjon M er relativt nytt. Oppstarten var i 2001 og siden da har vi dokumentert sesongvariasjoner gjennom året og påvist endringer i havets overflatelag og dyphav.

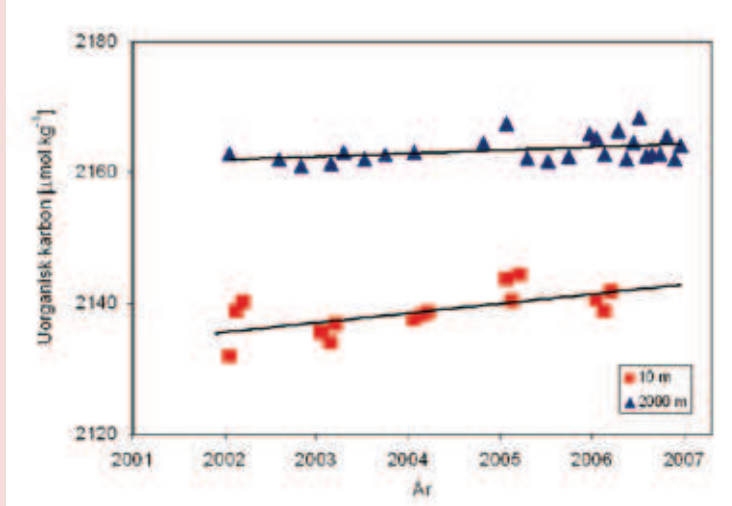
Disse målingene, sammen med isotopmålinger,

Figur 1. Temperatur (venstre) og saltanomalier (høyre) målt ved Stasjon M.





Figur 2. Temperaturutviklingen i 1200, 1500 og 2000 meters dyp på Stasjon M 1948 – 2007.



Figur 3. Viser hvordan det uorganiske karboninnholdet i havoverflaten (røde firkanter) og på 2000 m dyp (blå trekkanter) har økt over år. Overflatedata er fra vintermånedene januar, februar og mars. I dypet er organisk materiale brutt ned i sine enkelte bestanddeler (inkludert uorganisk karbon), og derfor er karbonverdiene der høyere enn i overflaten.

målinger av oksygen, næringssalt, klorofyll og plankton, hadde ikke vært mulig uten at tålmodige sjeler uke etter uke henter opp og analyserer vann fra ulike dyp.

Uorganisk karbon er blant de måleparametre det ikke finnes lettvinde sensorløsninger for, og som derfor er avhengig av en båt, et mannskap og et vannhentesystem. Allerede nå, etter bare seks år, ser vi at innholdet av uorganisk karbon i hele vannkolonna øker jevnt og trutt; mer i overflaten enn i de dype vannlagene. Økningen vi ser i overflatevannet (figur 3, røde firkanter), har sammenheng med at innholdet av karbondioksid i atmosfæren øker. Karbonøkningen i de dype vannlagene (figur 3, blå trekkanter) mener vi å kunne knytte til modifikasjoner i strømningsmønsteret i hele det dype Nordiske hav som beskrevet ovenfor.

Ny teknologi og framtidsutsikter

Stasjonen er blitt brukt til testing av nye metoder for måling av vindstyrke og retning samt nedbør fra sensorer som er plassert på 100 meters dyp. I dag er Polarfront en viktig plattform for testing av nye måle metoder. I år skal Geofysisk institutt sette ut en avansert målerigg på 2000 meters dyp i nærheten av stasjon M. Riggeren er utstyrt med instrumenter for måling av blant annet havstrømmer, bølger, temperatur, salt og oksygen. Disse målingene ønsker vi å overføre akustisk til Polarfront. Riggeren blir også viktig ved uttesting av nye sensorer og måleutstyr.

På europeisk nivå arbeides det nå for å etablere et globalt stasjonsnett for havobservasjoner og stasjon M er en av i alt ti stasjoner i det nye pros-

jektet EuroSITES der vi skal demonstrere at vi er i stand til å operere slike observatorier på europeisk nivå og videreutvikle måle metodene slik at de kan brukes i et globalt nettverk.

Referanser

- Gammelsrød og Østerhus (2007), Havstrømmene spiller en nøkkelrolle i klimautviklingen. *Klima* 4-2007
- Gammelsrød og Hjøllo (2005), Stabiliteten til Golfstrømssystemet. *Cicerone* 5-2005
- Holliday m. fl., (2008): Reversal of the 1960s and 1990s freshening trend in the northeast. North Atlantic and Nordic Seas, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L03614, doi:10.1029/2007GL032675
- Schlosser, P., G. Bönsch, M. Rhein and R. Bayer (1991): Reduction of deepwater formation in the Greenland Sea during the 1980s: evidence from tracer data, *Science* **251**, 1054-1056
- Østerhus og Gammelsrød (1999): The abyss of the Nordic Seas is warming. *J. Clim.*, **12**, 3297-3304

«.. målingene hadde ikke vært mulig uten at tålmodige sjeler uke etter uke henter opp og analyserer vann fra ulike dyp.»