

# Havsirkulasjonsendringer i Arktis gjennom nåværende mellomistid

Borekjerner fra havet omkring Spitsbergen viser store naturlige variasjoner i klimaet for Arktis gjennom de siste 10 000 år.

**Dorthe Klitgaard Kristensen og Nalân Koç, Tine Rasmussen, Marta Slubowska-Woldengen**

Instrumentelle observasjoner viser at Arktis har opplevd en kraftig oppvarming de siste tiårene og at sjøisen har minket betraktelig i den samme perioden (*Cicerone* 6-2004). Men instrumentelle observasjoner av oseanografiske forhold fra Arktis dekker kun en meget kort periode – om lag 50 år – og kan derfor ikke gi et fullstendig bilde av mulige naturlige endringer i havsirkulasjonen. Et av spørsmålene som paleoklimaforskere stiller seg, er derfor hvordan fortidens havsirkulasjon i Arktis har endret seg under forhold kun påvirket av naturlige klimapådrivere.

## Sedimentkjerner fra havbunn utenfor Svalbard

Transport av varme til Arktis skjer via atmosfæren og med havstrømmer. Vest-Spitsbergenstrømmen (figur 1) er en fortsettelse av Norskestrømmen, og en hovedbidragsyter til transport av varmt vann til Arktis. Det varme vannet stryker tett forbi Svalbards vestside før det dukker under det kalde overflatevannet i Polhavet og fortsetter som en strøm under overflatevannet på cirka 100 til 600 meters dyp. For å få kjennskap til fortidens havsirkulasjonsendringer har vi gjort detaljstudier av havbunnskjerner hentet fra de kystnære områder utenfor Svalbard (figur 1). Øygruppen har en kritisk beliggenhet i forhold til innstrømningen av varmt vann via Vest-Spitsbergenstrømmen



Foto: NOAA

**KORTE TIDSSERIER.** Instrumentelle observasjoner av oseanografiske forhold fra Arktis dekker kun en meget kort periode – om lag 50 år – og kan derfor ikke gi et fullstendig bilde av mulige naturlige endringer i havsirkulasjonen.

og er et nøkkelområde når det gjelder å kartlegge transporten av varmt vann til Arktis. Kjernene dekker den nåværende mellomistid og strekker seg cirka 11500 kalenderår tilbake i tid (figur 2). Forskningsresultatene er nylig publisert i internasjonale tidsskrifter (blant annet Slubowska m.fl., 2005) og gir den første pekepinn om havsirkulasjonsendringer rundt Svalbard de siste cirka 11500

kalenderår.

Forskningsresultatene som presenteres her, er oppnådd gjennom et samarbeidsprosjekt mellom Norsk Polarinstittutt, Institutt for Geologi ved Universitetet i Tromsø og Universitetssenteret på Svalbard over de senere år. Samarbeidet vil fortsette under forskningsprosjektet 'SciencePub' – som er ett av tre faneprojekter for International Polar Year (IPY) i forskningsrådet.

**Proksidata**

Rekonstruksjon av fortidens havsirkulasjon er basert på såkalte proksidata, og er tidligere beskrevet gjennom flere artikler i *Cicerone* (blant annet Sejrup m.fl., 2001; Hald m.fl., 2005). Proksidata er indirekte bestemmelser av fortidens miljøforhold, for eksempel temperatur og saltholdighet. De bygger på analyser av innholdet av ulike typer mikrofossiler eller deres geokjemiske sammensetning. For å gjenskape fortidens miljø, brukes kunnskap om de marine organismers utbredelse i dag og miljøforholdene de lever under i dag. Proksiene som vi har analysert i sedimentkjernene fra Svalbard, er faunavariasjoner av foraminiferer, både bunnlevende – bentiske – og gruppen som lever i de øvre vannmasser – planktoniske, samt stabile oksygen- og karbonisotoper i skallene på foraminiferer. Især bunnlevende foraminiferer er viktige fordi de reflekterer endringer i den varme Vest-Spitsbergenstrømmen som strømmer langs havbunnen like vest for Svalbard.

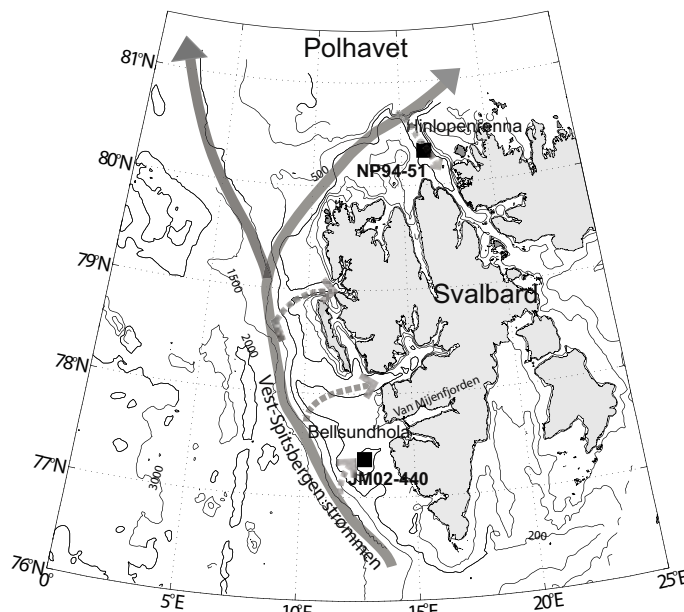
**Regionale endringer i havsirkulasjonen rundt Svalbard**

Vi har undersøkt to havbunnskjerner, én kjerne fra Hinlopenrenna som ligger nord for Spitsbergen, og en kjerne fra Bellsundhola, tatt fra et traue på kontinentalhyllene utenfor Van Mijenfjorden (Figur 1). Proksidataene fra begge havbunnskjernene er variasjoner i foraminiferarter, oksygenisotopsammensetning og innhold av materiale droppet fra isfjell. Figur 2c viser prosentinnhold av den bunnlevende foraminiferarten *Elphidium excavatum* som er analysert i begge kjerner og plottet mot tid i kalenderår før nåtid. De to kjernene viser generelt et veldig likt forløp over de siste cirka 11500 kalenderår. Likheten mellom de to kjernene betyr også at vi kan konkludere med at variasjonene vi observerer i kjernene, reflekterer endringer i den regionale havsirkulasjon rundt Svalbard.

**Hva betyr endringene i proksidataene?**

Foraminiferen *Elphidium excavatum* har i dag høy forekomst i Arktis, knyttet til områder hvor det er mye sjøis og lavere saltholdighet, det vil si i arktiske eller polare vannmasser. Den trives også nær breutløp hvor det er høyt innhold av fin-kornet materiale – breslam – i vannet. Våre data fra Svalbard viser at påvirkningen fra breene på Svalbard var på et minimum i perioden mellom 11 000 og 7000 kalenderår før vår tid, siden *Elphidium excavatum* nesten ikke finnes i kjernene i denne perioden (Figur 2c). Arter som derimot forekommer i kjernene, antyder at både saltholdigheten og temperaturen var høyere den gang enn i dag, noe som sannsynligvis skyldes sterkere innstrømming av varmt atlantisk vann til Svalbard og Polhavet. For cirka 7000 år siden ble forholdene forverret. Dette antydes av den grad-

Figur 1. Figuren viser lokalisering av kjerner (svart firkant) i Hinlopenrenna (NP94-51) og Bellsundhola (JM02-440) ved Svalbard. Grå pil viser Vest-Spitsbergenstrømmen, som transporterer varmt vann inn i Polhavet.



vise prosentstigningen i *Elphidium excavatum* fram til cirka 4500 kalenderår før vår tid. Etter cirka 4500 år før nåtid og fram til i dag er prosentinnholdet av *Elphidium excavatum* høyt sammenliknet med perioden før. Faunaendringene reflekter en gradvis avkjøling, som for cirka 5000 år siden nådde temperaturer som kan sammenliknes med situasjonen vi har i dag

**“Våre data fra Svalbard viser at påvirkningen fra breene på Svalbard var på et minimum i perioden mellom 11 000 og 7000 kalenderår før vår tid.”**

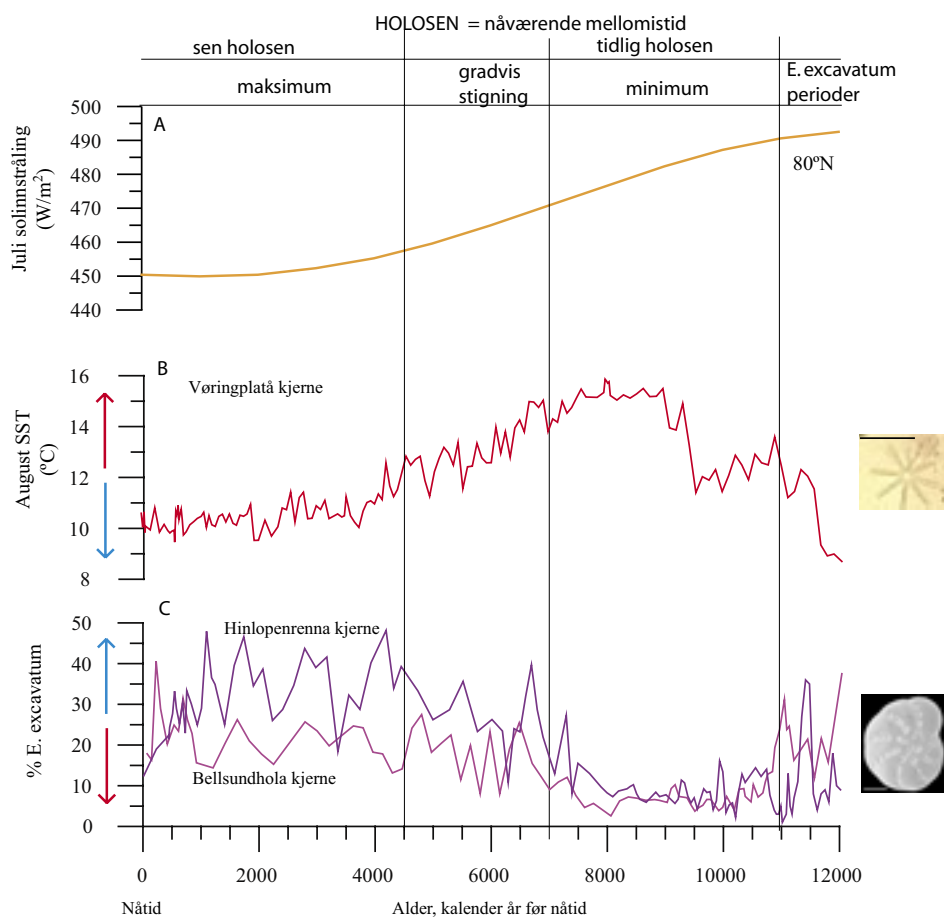
rundt Svalbard. Resultatene fra de marine kjernene kan sammenliknes med studier foretatt på land, som viser at breene på Svalbard var betydelig mindre enn i dag i perioden fra cirka 10000 til 6000 år siden, det vil si omtrent i samme periode som havvannet var varmere. Breene begynte å vokse igjen for cirka 5000 år siden, kort tid etter at havtemperaturen begynte å avta.

Studier av havbunnskjerner viser også at mengden av is-droppet materiale har økt både i Hinlopenrenna og i Bellsundområdet de siste cirka 5000 kalenderår.

Dette stemmer overens med en samtidig vekst i breene på Svalbard gjennom den samme perioden.

**Hva skyldes endringene i havsirkulasjonen?**

I tidlig holosen, for omkring 9000 år siden, var solinnstrålingen om sommeren åtte prosent høyere ved 80 grader nord sammenliknet med i dag (Berger, 1978) (Figur 2a), og sommertemperaturen i Arktis var cirka to grader celsius høyere enn i dag (Kutzbach and Guetter, 1986). Langs norskekysten viser andre proksidata fra marine sedimentkjerner at perioden i tidlig holosen var kjennetegnet av bedre klimatiske forhold. Basert på forskjellige typer data fra ulike kjerner, er det beregnet at overflatetemperaturen i Norskehavet om sommeren var cirka fire til to grader høyere enn i dag i tidlig holosen (bl.a. Andersen m.fl., 2004). Figur 2b viser et eksempel på beregning av sommeroverflatetemperaturer fra Vøringplatået (67 grader nord) (Andersen m.fl., 2004) og viser høyere temperaturer i tidlig holosen fulgt av en gradvis avkjøling fram til cirka 4000 kalenderår før nåtid, hvoretter temperaturen har ligget omtrent på dagens nivå. I motsetning til disse dataene, viser proksidata (foraminifer) kalde temperaturer i overflatevannet i kystnære områder langs den vestlige og nordlige del av Svalbard, mens bunnforholdene langs Svalbards vestlige (Bellsund) og nordlige (Hinlopenrenna) kystnære områder var under sterk innflytelse av atlantisk vann. Resultatene antyder dermed at oppvarmingen



Figur 2.

A: Varierende solinnstråling ved 80° (nordlige Svalbard) gjennom de siste 12 000 år (fra Berger 1978).

B: Overflatetemperatur for sommeren fra Vøringplatået, Norskehavet. Rekonstruksjon for siste 12 000 år, basert på kiselalger (diatomeer, se bilde; svart strek = 0,01 mm) i havbunnskjerne. Pilene (rød og blå) indikerer temperaturrendringer.

C: Prosentinnhold av den bunnlevende foraminifer *Elphidium excavatum*, plottet mot alder, i to havbunnskjerne; fra Hinlopenrenna og Bellsundhola. Bilde av foraminifer ved siden av kurvene, hvit strek tilsvarer 0,1 mm.

av overflatevannet i Norskehavet og bunnvannet i grunnere områder av Polhavet i tidlig holosen kunne skje som en konsekvens av både høyere solinnstråling og sterkere innstrømming av atlantisk vann.

Data fra havbunnskjerne viser, i tillegg til langtidsendringer, også indikasjoner på raske og kortvarige klimaendringer av tusen til hundreårs varighet. Noen av disse raske og kortvarige endringene i tidlig holosen er allerede kjent både fra Svalbard og andre marine klimaarkiver fra Norskehavet. Men ennå gjenstår å få bedre kartlagt og dokumentert disse gjennom resten av holosen i havbunnskjerne fra Svalbard. Nettopp disse endringene er spesielt viktige for å få innblikk i raske og kortvarige naturlige klimaendringer i Arktis som har skjedd før industriell, menneskelig påvirkning.

## Referanser

• Andersen, C., Koc, N., Jennings, A. E. and Andrews, J. T.

2004. Non-uniform response to the major surface currents in the Nordic Seas to insolation forcing: Implications for the Holocene climate variability. *Paleoceanography*, 19, doi: 10.1029/2002PA000873.

• Berger, A. L., 1978. Long-term variations of caloric insolation resulting from Earth's orbital elements. *Quaternary Research* 9 (2), 139-167.

• Cicerone (temanummer) 2004. Et varmere arktisk. *Cicerone*, 6, 39 pp..

• Hald, M., Andersson, C., Ebbesen, H., Jansen, E., Klitgaard-Kristensen, D., Risebrobakken, B., Salomonsen, G. R., Sejrup H. P. og Telford, R. 2005. Havtemperatur utenfor norskekysten de siste 12 000 år. *Cicerone*, (3): pp.21-21.

• Sejrup, H. P., Kristensen, D. K., Birks, J., Berstad, I., Bryn, P., Grøsfjeld, K., Haflidason, H., Mikalsen, G., Nordli, Ø. og Vikebø, J. 2001. Temperaturfor-

hold langs Norskekysten gjennom de siste 400 år. *Cicerone (NORPAST)*, (6): pp.19-21.

• Kutzbach, J.E., Guetter, P.J., 1986. The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18 000 years. *Journal of Atmospheric Science* 43, 1726-1759.

• Slubowska, M.A., Koç, N., Rasmussen, T.L., Klitgaard-Kristensen, D., 2005. Changes in the flow of Atlantic water into the Arctic Ocean since the last deglaciation: Evidence from the northern Svalbard continental margin, 80° N. *Paleoceanography* 20, PA4014, doi:10.1029/2005PA001141.

## Dorthe Klitgaard Kristensen

(Dorthe@npolar.no) er forsker i maringeologi ved Norsk Polarinstittutt og har deltatt i NORPAST-2.

## Nålan Koç

(nalan.koc@npolar.no) er forsker i maringeologi ved Norsk Polarinstittutt og har deltatt i NORPAST-2. Nålan er også leder av Polarklima gruppen ved Norsk Polarinstittutt.

## Tine L. Rasmussen

(Tine.Rasmussen@ig.uit.no) er professor i maringeologi ved Institutt for Geologi, Universitetet i Tromsø.

## Marta Slubowska-Woldengen

(marta.woldengen@npd.no) har vært stipendiat på UNIS, Svalbard og studert marine kjerne fra Svalbard. Hun jobber nå på Oljedirektoratet, Harstad.

Alle tre er involvert i IPY prosjektet 'SciencePub'.