

KlimaProg

Forskningsprogram om klima og klimaendringer

<http://program.forskningsradet.no/klimaprogram/>

Klimavariasjoner i Arktis - Sammenhenger og gåter

Observasjoner de siste hundre årene viser mer markante klimavariasjoner i Arktis enn på lavere breddegrader. Oppvarmingen i Arktis de siste tiårene, som er nært knyttet til en endring i den arktiske svingningen, er trolig delvis et resultat av den globale oppvarmingen. Andre variasjoner, som oppvarmingen opp til omkring 1945, er det vanskeligere å finne forklaring på.

Inger Hanssen-Bauer,
RegClim

I en fersk artikkel i *Science* (Moritz m. fl. 2002) sammenlignes den oppvarming som er målt i Arktis gjennom de siste tiårene med den oppvarmingen som klimamodellene gir. Det er både likhets-tegn og forskjeller mellom modell-resultater og observasjoner. En forskjell er at oppvarmingen vi har opplevd de siste 20-30 år ser ut til å ha vært ganske nært knyttet til den arktiske svingningen (AO), mens modellene gir sterk oppvarming i Arktis uten at vi ser noen sterk trend i AO. I lys av dette har jeg sett litt nærmere

på klimautviklingen i atlantiske deler av Arktis de siste 100 år. Klimadataene som er brukt er tatt fra settet kalt NARP, og det er gjort trendanalyser gjennom de mest markante variasjonene (se boks).

De siste 20-30 år

AO beskriver typiske variasjoner i den atmosfæriske sirkulasjon over Arktis (Grønås, *Cicerone* 3/2000, 5/2002). Når AO-indeksen er høy, betyr det at vestavindsfeltet er sterkt, og at vi har relativt stor transport av mild luft nordøstover mot østlige deler av atlantisk Arktis. Det er derfor nærliggende å knytte temperaturendringene i perioden 1976-1999 (tabell 1) til den positive trenden i AO.

Både oppvarmingen i mesteparten av området og tendensen til avkjøling på Vest-Grønland samsvarer med hva man forventer når AO er økende. Rigor m. fl. (2000) anslår at mer enn halvparten av oppvarmingen i østre deler av polhavet og avkjølingen over Labrador de siste 20 år kan knyttes til AO. Negative trender i isutbredelsen i De nordiske hav passer også inn i dette bildet.

Perioden 1910-1945

Oppvarmingen i atlantisk sektor av Arktis i perioden 1910-1945, og den påfølgende avkjølingen, kan definitivt ikke knyttes til variasjoner i AO. Som for de siste 20-30 år er utslagene i temperaturen større

KlimaProg-Forskningsprogram om klima og klimaendringer (2002-2011) dekker naturvitenskapelig forskning som sikter på å øke forståelsen av klimasystemet og klimaendringer. Programmet hører inn under Norges forskningsråd og finansierer blant annet de store, koordinerte forskningsprosjektene AerOzClim, NOCLim, NORPAST og RegClim.

KlimaProg har sin egen redaksjon for å informere om forskningen i samarbeid med CICERO Senter for klimaforskning, og har egne sider i hvert nummer av tidsskriftet *Cicerone*.

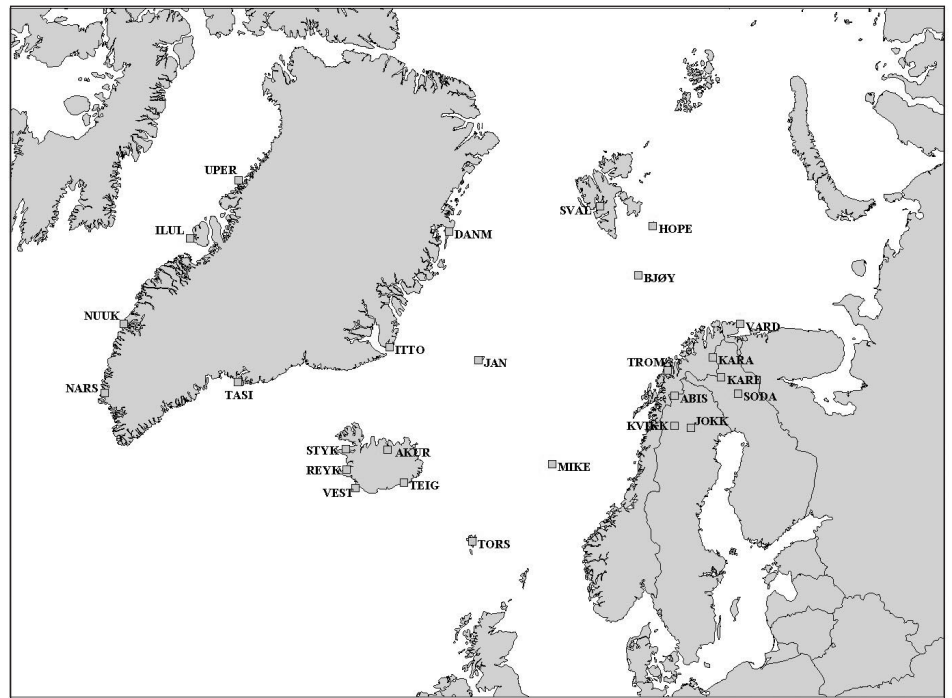
i Arktis enn på lavere bredder. Dette henger trolig sammen med den spesielle tilbakekoplingen som isutbredelsen gir. Avtakende utbredelse ved en oppvarming gir mindre hvite flater som reflekterer innstrålingen fra sola. Dette fører til at klimasystemet opptar mer varme. Den motsatte tilbakekoplingen får vi når utbredelsen av is øker. På denne måten får en gjerne tydelige klimavariasjoner i Arktis. Alle typer ytre klimapådriv vil kunne gi slike tilbakekoplinger.

Sammenheng mellom temperatur og sjøis

Både i perioden 1910-45 og 1946-75 er det samsvar mellom temperaturvariasjoner ved NARP-stasjonene og utbredelsen av sjøis i det vestlige området. Sjøisen i det østlige området ser derimot ut til være nærmere knyttet til AO. Tabell 2 viser korrelasjonskoeffisienter mellom AO og serier av temperatur og sjøis i forskjellige perioder. Denne tabellen bekrefter både at AO er nærmere knyttet til isutbredelsen i Barentshavet enn i Grønlandshavet, og at sammenhengen mellom AO og temperatur/sjøis er sterkere i perioden etter 1976 enn tidligere.

Fysiske årsaker

Selv om oppvarmingen i store deler av Arktis de siste tiårene delvis kan knyttes til variasjoner i den atmosfæriske sirkulasjon slik den beskrives ved AO, betyr ikke det at vi kjenner den fysiske årsaken til oppvarmingen. Vi kjenner nemlig ikke



Figur 1. NARP-stasjoner. Månedlige klimadata for disse stasjonene finnes på internett.

årsaken til den positive trenden i AO. Både i perioden 1910-1945 og i perioden 1976-1999 foregikk det en global oppvarming. I en artikkel i *Nature* konkluderer Tett m.fl (1999) med at variasjoner i naturlige klimapådriv (vulkanaktivitet og

solstråling) kan forklare oppvarmingen før 1945, mens slike pådriv alene ikke kan forklare oppvarmingen etter 1970. Økende konsentrasjoner av drivhusgasser kan derimot forklare denne siste globale oppvarmingen. Men kan økende konsen-

Datagrunnlag

Et sett av klimadata som stort sett dekker atlantisk sektor av Arktis, er nå tilgjengelig på internett (NARP datasettet, <http://projects.met.no/~narp>). Figur 1 viser stasjonene som er med i NARP.

Temperaturserier fra dette settet er analysert av Førland m. fl. (2001). Sjøisutbredelsen i De nordiske hav gjennom det 20. århundre er analysert av Vinje (2001). Vinje angir utbredelsen av sjøis basert på observasjoner i april i et vestre område mellom Grønland og Svalbard (30°W-10°E) og et østre område i Barentshavet (10-70°E). Vi vil nå se på variasjoner i temperatur og sjøis i forhold til variasjoner i den arktiske svingningen (AO) i perioden desember-mars. AO er omtalt i Cicerone tidligere (Grønås, *Cicerone* 3/2000, 5/2002).

Trendanalyser

Tabell 1 viser beregnede lineære trender i middeltemperatur over året ved de fleste av stasjonene i NARP for perioden 1910-1999 (høyre kolonne) og for tre delperioder. Årsaken til at denne inndelingen er valgt, er at den på global skala avgrensner to perioder med sterk temperaturøkning (den første og den siste) fra en periode uten signifikant trend. Inndelingen ble benyttet i siste IPCC-rapport, og trendene for nordhalvkulen er også gjengitt i Tabell 1. Vi kan merke oss at alle stasjoner i NARP viste statistisk sikker temperaturøkning i den første perioden, og at oppvarmingen da var sterkere i atlantisk sektor av Arktis enn i gjennomsnitt for nordhalvkulen. Sjøisen mellom Svalbard og Grønland viste samtidig en statistisk sikker negativ trend. Sjøisen lenger øst viste en ubetydelig trend i denne perioden, og det samme gjorde AO-indeksen. I den midterste perioden viste samtlige stasjoner negativ trend, men bare ¼ av stasjonene viste statistisk sikre trender. Også i denne perioden er imidlertid de lokale trendene forsterket i forhold til trenden for nordhalvkulen. Verken isutbredelsen eller AO viste statistisk sikre trender i denne perioden. I den tredje perioden ser vi en statistisk sikker oppvarming på halvparten av stasjonene i Tabell 1. Også de andre stasjonene viser positiv trend, bortsett fra stasjonene på Vest-Grønland. I denne perioden finner vi negativ trend i isutbredelsen, og statistisk sikker positiv trend i AO-indeksen. For perioden som helhet finner vi statistisk sikre trender kun i isutbredelsen. Det har blitt mindre is både i vestlige og østlige områder.

trasjoner av drivhusgasser være årsak til den positive trenden i AO? Grønås (*Cicerone* 5/2002) påpeker at AO er en naturlig svingning i atmosfæren, og at den kan reagere på alle typer klimapådriv, blant annet øket drivhuseffekt. Selv om mange klimamodeller gir en viss økning i AO som respons på økende konsentrasjoner av drivhusgasser, er det imidlertid ennå ingen fullt koplet klimamodell som gir like sterk positiv trend i AO som den som er observert de siste 20 år. Moritz m. fl. (2002) mener at det kan skyldes at klimamodellene har dårlig vertikal oppløsning høyt oppe i atmosfæren (stratosfæren), og at de derfor ikke kan reprodusere en selvforsterkende mekanisme mellom troposfære og stratosfære som er en del av AO (se artikkel av Grønås, *Cicerone* 5/2002). Mer forskning gjenstår før man kan trekke endelige konklusjoner om dette.

Stor forskningsinnsats

De historiske dataene viser at oppvarming i atlantisk sektor av Arktis kan forekomme også uten noen positiv trend i AO. Oppvarmingen før 1945 var av global karakter, men absolutt sterkest på høye nordlig breddegrader. Hvorfor fikk oppvarmingen denne spesielle geografiske signaturen? Også dette er foreløpig et ubesvart spørsmål. Klimamodeller som har vært kjørt med mest mulig realistiske variasjoner i klimapådriv gjennom det 20. århundre har gitt globale temperaturvariasjoner som ligner de observerte, men ennå ikke med den observerte geografiske signatur. Det er i dag tunge forskningsmiljøer som forsøker å finne årsakene til at oppvarmingen i første del av århundret artet seg som den gjorde.

En advarsel

Når det gjelder fremtidig oppvarming i Arktis som følge av øket drivhuseffekt, vet man altså ikke om den delvis vil være knyttet til en trend i AO slik den har vært de siste 20-30 år, eller om den vil arte seg mer som oppvarmingen før 1945. Både AO og den nordatlantiske svingning (NAO) har blitt populære klimaindikatorer blant biologer. Mange forskere ville nok derfor anse et mer pålitelig fremtidsscenario for AO som et nyttig grunnlag for virkningsstudier. Tabell 1 og 2 bør imidlertid mane til en viss forsiktighet: Sammenhengene mellom AO (eller NAO) og andre klimavariabler kan variere i tid. En rekke analyser der biologiske variable kombineres med klimadata begrenser seg til de siste 20-30 år. Dette ser ut til å være en periode med usædvanlig sterk samvariasjon mellom temperaturrelaterte variable og AO

Tabell 1. Lineære trender i årsmiddeltemperatur, sjøisutbredelse i de nordiske hav i april og AO vinterindeksen (des-mar middelverdi) i forskjellige tidsperioder. Temperaturtrender er gitt i °C per tiår, sjøistrender i 1000 km² per tiår og AO-trender som endring i indeks per tiår. Statistisk sikre trender (5%-nivå, Mann-Kendall test) er merket med *.

	Stasjon/område	1910-45	1946-75	1976-99	1910-99
Temperatur	Torshavn (Færøyene)	+0.26*	-0.13	+0.11	+0.02
	Sodankylä (Finland)	+0.40*	-0.16	+0.69*	0.00
	Nuuk (Grønland)	+0.48*	-0.27	-0.24	-0.08
	Narsarsuaq (Grønland)	+0.33*	-0.54	-0.25	-0.04
	Tasiilaq (Grønland)	+0.54*	-0.76*	+0.25	-0.07
	Reykjavik (Island)	+0.45*	-0.17	+0.31*	0.00
	Teigarhorn (Island)	+0.37*	-0.31*	+0.29*	+0.02
	Tromsø (Norge)	+0.34*	-0.12	+0.35*	+0.03
	Vardø (Norge)	+0.23*	-0.06	+0.34	+0.03
	Bjørnøya (Norge)	X	-0.29	+0.42	X
	Svalbard Lufthavn (Norge)	+1.20*	-0.48	+0.63*	+0.14
	Jan Mayen (Norge)	X	-0.71*	+0.51*	X
Nord-halvkulen (fra 1900)	+0.14*	-0.04	+0.31*	+0.07*	
Sjøis (april)	vest	-48.9*	+13.5	-56.4*	-24.1*
	øst	-7.0	-23.8	-29.3	-21.1*
AO (des-mar)		-0.17	+0.06	+0.50*	+0.03

Tabell 2. Korrelasjonskoeffisienter mellom AO-indeks og temperatur eller sjøisutbredelse gjennom forskjellige tidsperioder.

	Stasjon	1910-45	1946-75	1976-99	1910-99
Temperatur/AO	Bjørnøya	X	.29	.36	.30
	Svalbard lufthavn	.23	.23	.32	.25
Sjø-is/AO	Vest	.00	-.21	-.33	-.17
	Øst	-.39	-.59	-.59	-.49

(NAO) i deler av Arktis. Det kan derfor lede til feilaktige konklusjoner om man anvender de sammenhengene man har funnet til å anslå virkninger av fremtidige klimaendringer.

Litteratur:

- Førland, E.J. m. fl. 2002. *Polar Record*, **38** (206), 203-210.
- Moritz, R.E. m. fl., 2002. *Science*, **297**, 1497-1502.
- Rigor, I.G. m. fl. 2000. *J. of Climate*, **13**, 896-907.

- Tett, S.B.F. m. fl. 1999. *Nature*, **399**, 569-572.

- Vinje, T. 2001. *J. of Climate*, **14**, 255-267.

Inger Hanssen-Bauer

er forsker ved Meteorologisk Institutt og arbeider med empirisk nedskalering av klimascenarier i RegClim (i.hanssen-bauer@met.no).