

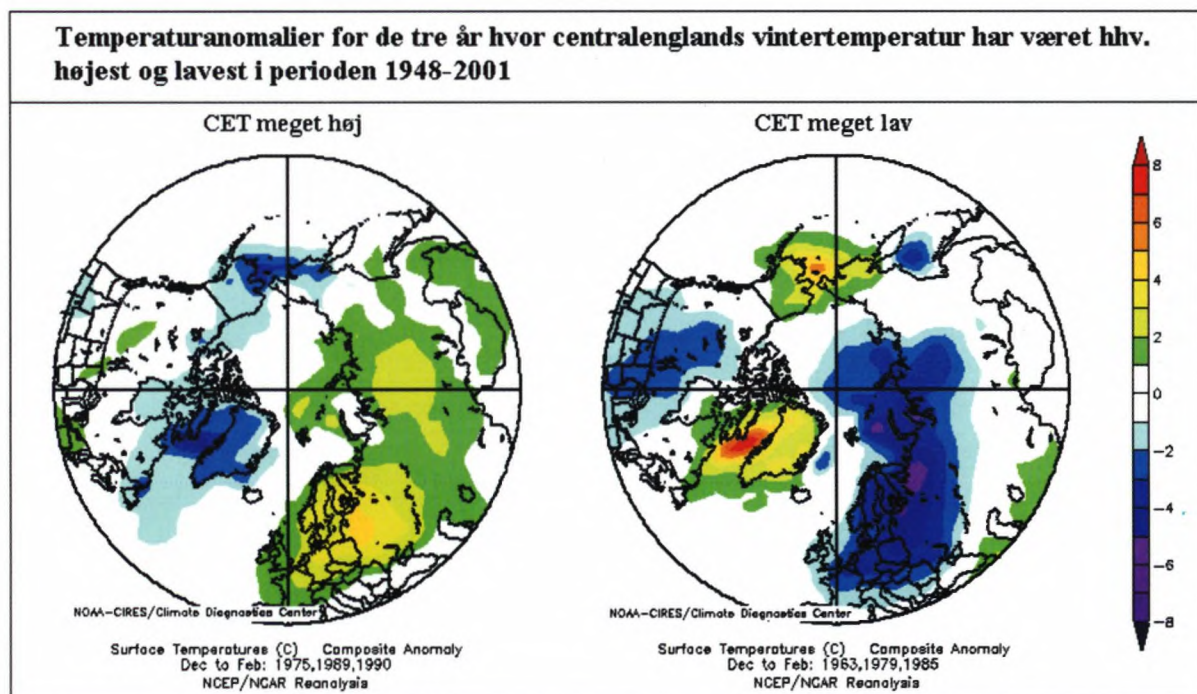
Den lille istid – NAO eller fakta? En vigtig brik i forståelsen af den globale opvarmning

Aksel Walløe Hansen, Bo Møllesøe Vinther og Rune Vildhøj, *Geofysik Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, Københavns Universitet.*

“I morgen forventes den nordatlantiske oscillation (NAO) at være i lavindeksfasen, så det bliver koldt og klart vejr, mens der senere på ugen antageligt vil ske et omslag til højt indeks, således at vi kan forvente mildning med en del nedbør.”

Dette er unægtelig en spøjs vejrudsigt, men ikke

desto mindre kunne man lige så godt lade NAO-indeksets værdi indgå i vejrudsigten som så meget andet såsom temperatur og tryk. Faktisk er NAO-indekset ikke andet end et udtryk for trykforskellen mellem en station på Island og en station på Azorerne eller i Lisabon/Gibraltar.



Figur 1. Vintertemperaturen over Centralengland [1] og temperaturanomalierne [3] er givet ved gennemsnittet af december, januar og februars temperaturer/anomalier.

Er lufttrykket lavt ved Island og højt ved Azorerne er NAO-indekset således højt, mens en situation med en sydligere placering af lavtrykket vil give et lavt NAO-indeks. Hermed er den indledende vejrudsigt mere forståelig - alt hvad der menes er, at et lavtryk som

passerer i nærheden af Island vil trække fronter og mildning op over landet. Almindeligvis finder man dog ikke i NAO-sammenhæng de daglige udsving særligt interessante. Det man bruger NAO-indekset til er gennem-

Fortsættes side 29.

Fortsat fra bagsiden:

snit, man kan f.eks. spørge om vinteren 2000/01 i middel var en høj- eller lavindeks vinter.

Hele ideen bag indekset er, at det beskriver væsentlige forhold ved vestenvindstrømningen over Nordatlanten. Som vist på figuren på forsiden af dette nummer af Kvant giver en situation med højt NAO-indeks en kraftig vestenstrømning mod Nordvesteuropa, hvorimod lavt indeks giver en svækket vestenstrømning rettet mod Sydeuropa, mens Nordeuropa får vind fra øst og nordøst.

Vestenstrømningen er især betydningsfuld for Nordvesteuropa om vinteren, hvor indstrålingen fra solen er så begrænset, at vedvarende mildt vejr kræver advektion af lun luft fra vest. Således vil en mild vinter i Nordvesteuropa kræve, at NAO-indekset er højt, mens en lavindeks vinter vil være domineret af kold luft fra øst – se figuren på forsiden. Derimod gør solindstrålingen, at indekset siger mindre om vejret på de andre årstider.

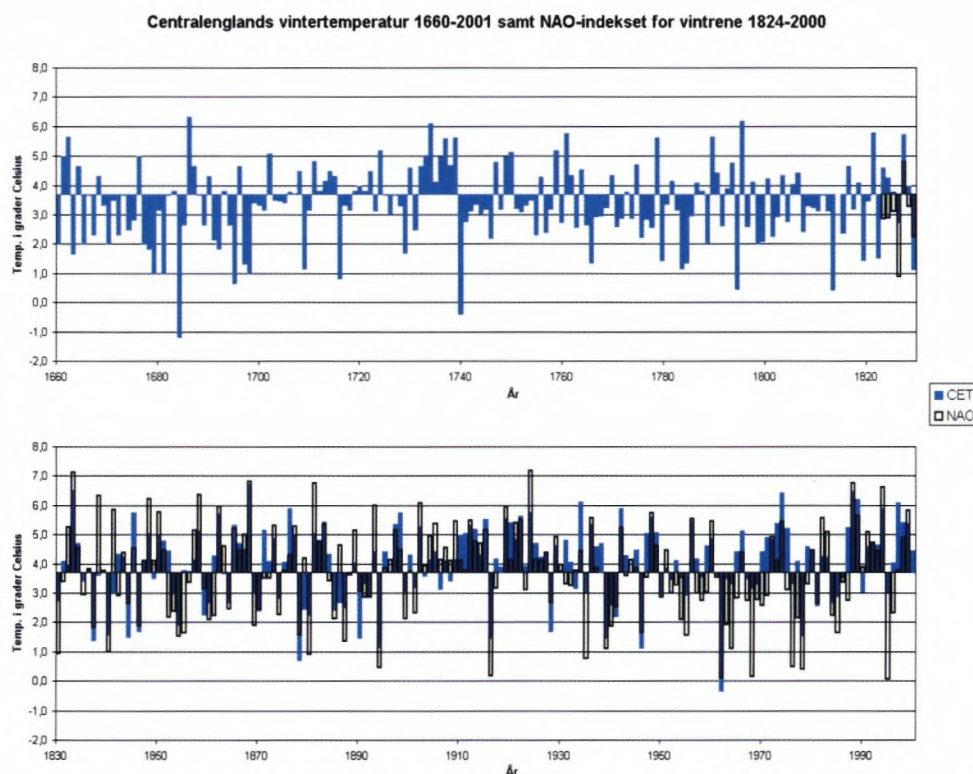
NAO-indekset rummer imidlertid information om langt mere end det Nordvesteuropæiske vejr. Betragter man figuren på forsiden af Kvant nøjere, ser man et af NAO'ens særlige kendetegn - den såkaldte temperaturvippe mellem Nordvesteuropa og Grønland. Er NAO-indekset højt, således at Nordvesteuropa har en

mild vinter, får Grønland en køligere vinter end normalt. Lavt indeks giver den omvendte situation, hvor kulden befinder sig over Nordeuropa. Som illustreret på figuren kan NAO-indeksets fase spores i anomalier for vintertemperaturen så langt væk som det nordlige Stillehav, således at det har betydning helt op på hemisfærisk skala. Overraskende når man ved, at indekset blot er baseret på to nordatlantiske stationer.

Havstrømmenes indflydelse på NAO

Det er netop NAO-indeksets evne til at beskrive vintervejret på store dele af den nordlige halvkugle, der gør det så interessant. Kunne man finde eventuelle årsager til skift i NAO'en, ville det give mulighed for forudsigelse af specielt vintervejret på nordlige breddegrader. Man kunne forestille sig, at havstrømsændringer i Nordatlanten kom forud for et skift i NAO-indekset – altså en situation som ENSO (El Niño – Southern Oscillation), men det er i den sammenhæng værd at erindre, at NAO modsat ENSO kan udvise lige så stor variation fra dag til dag som fra år til år – de to indekser er af helt forskellig natur.

Desuden er havstrømmene i oceanerne og herunder også Nordatlanten i høj grad vinddrevne. En ændring i NAO-indekset og dermed tryk- og vindmønsteret over Nordatlanten vil derfor igen påvirke havstrømmene.



Figur 2. Vintertemperaturen over Centralengland [1] skal her forstås som gennemsnittet af december, januar og februars temperaturer. NAO-indekset [2] er ligeledes givet ved middelen gennem de tre vintermåneder. Bemærk at NAO-indekset er normaliseret til at have samme middel og udsving som CET, men ikke har grader Celsius som enhed.

Det mest sandsynlige er derfor, at det gennemsnitlige NAO-indeks over en tidsskala som eksempelvis en vinter er koblet til, men ikke styret af, de Nordatlantiske havstrømme; en stor del af overfladestrømmene er drevet af vinden, men middelvindens styrke og retning bestemmes af trykfordelingen i atmosfæren. Da oceanerne imidlertid er et langt større og trægere varmereservoir end atmosfæren, vil dennes temperatur og dermed trykfordeling set over længere tidsskala være bundet til havene.

På nuværende tidspunkt tyder det dog ikke på, at vekselvirkningen mellem ocean og atmosfære udviser en form for systematik, der muliggør forudsigelse af NAO-indekset langt frem i tiden.

NAO og den globale opvarmning

Den væsentligste følge af NAO er en omfordeling af varme og kulde på den nordlige halvkugle. Dette ændrer ikke ved den globale middeltemperatur, men ved den præcision hvormed den kan bestemmes tilbage i tiden. Dette skyldes, at antallet af målestationer er ujævnt fordelt over klodens overflade; dækningsgraden af Europa og Nordamerika er langt større end de øvrige landmasser, for ikke at tale om oceanerne, hvor der stort set ikke er målestationer i de centrale dele. En inhomogenitet i placeringen af målestationer, der har været langt mere udtalt før i tiden. En NAO-højindeks situation, hvor de europæiske landmasser oplever en opvarmning, mens området ved Beringstrædet og de nordøstligste egne af Canada vil have koldere vejr end normalt, vil f.eks. registreres som en "global opvarmning", hvis man kun har målinger til rådighed fra Europa og det østlige USA.

Det er i dette lys, man skal betragte målte temperaturserier, som er mere end et århundrede gamle; selvom de er uden fejl, så giver de *ikke* et fyldestgørende billede af temperaturen på globalt endside hemisfærisk plan, fordi fænomener som NAO har en regionalt opvarmende/nedkølede effekt hvis mønster dækker en hel halvkugle.

Som det burde være enhver bekendt, er der i disse år megen opmærksomhed på global opvarmning. Der hersker ingen tvivl om, at den globale middeltemperatur er steget over de seneste årtier. Det store spørgsmål er, hvorvidt denne stigning skyldes naturlige årsager og/eller er en antropogen effekt (udledning af drivhusgasser). For at kunne vurdere om temperaturstigningen er usædvanlig er det derfor væsentligt at vide om tilsvarende temperaturændringer er forekommet under tiden siden seneste istid.

Inden for historisk tid kendes begrebet "den lille istid" som har sat sit præg på Europa fra 1600- til 1800-tallet. Særligt huskes det, at vinteren 1683/84 i England var tilstrækkeligt kold til, at Themsens i London frøs til så man kunne holde marked på den.

Gennem årene har mange derfor argumenteret for, at der skulle være tale om kold periode i det globale

klima, hvilket i givet fald ville være et tegn på, at klimaet også havde varieret kraftigt, før udledningen af drivhusgasser begyndte.

At kunne rekonstruere det globale klima i denne periode er altså vigtigt for den aktuelle forståelse af klimaet og dets udvikling.

Har Centralenglands vintertemperatur været bestemt af NAO'en?

På globalt plan foreligger der som sagt kun et rimeligt antal målinger for de seneste godt hundrede år, men for det Nordatlantiske område strækker målingerne sig længere tilbage. Da man i NAO-sammenhæng kan nøjes med mindre end global dækning, kan det lade sig gøre at føre NAO-indekset godt 175 år tilbage i tiden [1].

Man kan sammenligne NAO-indekset med andre meteorologiske oplysninger, for at undersøge mulige korrelationer. Der er i denne forbindelse én meteorologisk tidsserie, der er særegen, hvad angår længde og kontinuitet – Centralenglands temperatur (CET). Gennem de sidste 342 år har man pålidelige temperaturmålinger fra det centrale England [2].

Betragtes forsiden nok en gang ses det, at vintertemperaturen i England er høj ved et højt NAO-indeks og lavere ved et lavt indeks. På figuren på Kvants bagside (figur 1) ser man da også, at vintre med høj henholdsvis lav CET på hemisfærisk skala udviser samme temperaturanomali som år med højt henholdsvis lavt NAO-indeks. Dette viser sig ikke at være et tilfælde, idet de valgte år, hvor CET har været høj henholdsvis lav, også er år hvor NAO-indekset har været højt eller lavt. I figur 2 ses CET og NAO plottet mod hinanden for samtlige vintre, hvor der findes pålidelige målinger. For de 177 vintre, hvor der findes pålidelige data for både CET og NAO, har man en korrelation på 0,74, svarende til at NAO'en er årsag til over halvdelen af variationen i CET.

Den lille istid – et NAO fænomen?

Et interessant perspektiv er, hvorvidt kulminationen på den lille istid i slutningen af 1600-tallet var et NAO fænomen. Som det fremgår af figur 2, er perioden 1660–1700 præget af en overvægt af kolde vintre, om end der dog også er enkelte ret varme vintre. Såvel den koldeste vinter, 1683/84, som den femte varmeste, 1685/86 forefindes i netop denne periode.

Det er også interessant, at CET-kurven viser, at selvom vintrene under den lille istid var kolde, så har der ikke været tale om ekstremer, idet den koldeste vinter kun var 0,9 grader Celsius koldere end vinteren 1962/63, som var en typisk NAO-lavindeks vinter. Desuden er det kun to vintre der er koldere end vinteren 1962/63. Selv under den lille istid var det altså en usædvanlig begivenhed, at Themsens frøs til. Det er måske netop derfor, at så mange har valgt at forevige markedet på Themsens – man maler det ekstraordinære,

ikke almindeligheder.

Vintrene under kulminationen på den lille istid var dermed ikke væsentligt forskellige fra f.eks. det 20. århundredes vintre, der var blot flere kolde vintre i slutningen af 1600-tallet. Ydermere var det under den lille istids kulmination muligt at have meget varme vintre. Det forekommer mærkeligt, at man pludselig kan få år med så varme vintre under en global kuldeperiode.

Det virker mere sandsynligt, at selve kulminationen på den lille istid kan forstås som en periode med tendens til hyppige situationer med lavt NAO-indeks, og dermed en temperaturfordeling på halvkugleplan med plusser og minusser, som ofte favoriserer koldt vintervejr i Nordvesteuropa. Hvis den lille istid er stærkt NAO-relateret, må man derfor forvente, at temperaturgennemsnittet over den nordlige halvkugle ikke vil vise fænomenet så tydeligt (se Mann's rekonstruktion af de seneste 1000 års temperaturer [4]). Omvendt, hvis der er nogle dybereliggende og mere hemisfærisk dækkende årsager bag den lille istid, så skal vi netop forvente, at de slår kraftigt igennem i rekonstruktionerne.

Eller sagt på en anden måde: Forstås den lille istid som et NAO fænomen, så fremstår temperaturstigningen i løbet af det tyvende århundrede i højere grad som noget ekstraordinært i klimakurven for de seneste 500 år, hvilket styrker ideen om, at denne stigning er menneskabt.

Referencer:

- [1] P. D. Jones, T. Jónsson og D. Wheeler (1997) "Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observation from Gibraltar and South-West Iceland", *Int. J. Climate*, bind 17, side 1433–1450. Data stammer fra hjemmesiden: www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm
- [2] Temperaturserien for Centralengland: G. Manley (1974) "Central England Temperatures: monthly means 1659 to 1973". *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.*, bind 100, side 389–405. D. E. Parker, T. P. Legg og C. K. Folland (1992) "A new daily Central England Temperature Series, 1772–1991". *Int. J. Climatol.*, bind 12, side 317–342. Data stammer fra Hadley Centre for climate prediction and research's hjemmeside: www.metoffice.com/research/hadleycentre/obsdata/CET.html
- [3] Figurene er udarbejdet vha. følgende hjemmeside oprettet af NOAA-CIRES Climate Diagnostics Center Boulder, Colorado: www.cdc.noaa.gov/composite

- [4] Rekonstruktionen af den nordlige halvkugles middeltemperatur gennem de seneste 1000 år er udarbejdet af M. E. Mann, R. S. Bradley og M. K. Hughes og kan ses på følgende hjemmeside hos World Data Center for Paleoclimatology, Boulder, Colorado, USA: www.ngdc.noaa.gov/paleo/pubs/mann_99.html



Aksel Walløe Hansen er lektor ved Geofysik Afdeling Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, og arbejder med klimaproblemer med en faglig baggrund inden for meteorologi.



Bo Møllesø Vinther er geofysik-studerende ved Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik og har i foråret 2001 sammen med Rune Vildhøj skrevet bachelorprojekt om sammenhængen mellem de troposfæriske canadiske vintervortexer og den nordatlantiske oscillation med Aksel Walløe Hansen som vejleder.



Rune Vildhøj er også geofysikstuderende ved Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik og medforfatter til bachelorprojektet ovenfor.

Nyt fra Dr. N.P. Wieth-Knudsen Observatoriet

Der er nu bedre muligheder for at besøge Wieth-Knudsen Observatoriet, idet Astronomisk Selskabs medlemmer i Tisvilde og Helsingør har dannet en kreds, der varetager drift og vedligeholdelse af observatoriet. Kredens formand er: Carl-Otto Jakobsen, Tisvilde Bygade 70, 3220 Tisvilde, e-mail: coj47@ofir.dk, tlf: 48 70 80 89.

Dermed er der nu åbent hus to gange om måneden. Den anden og den sidste lørdag hver måned kan man gratis og

uden forudbestilling besøge observatoriet uanset vejret. Det er naturligvis kun ved klart vejr at man kan se stjerner og andre himmellegemer gennem kikkerten, men observatoriet selv er da også et besøg værd.

Medlemmer af Astronomisk Selskab kan som hidtil bo nogle dage i observatoriet og have teleskop mv. til rådighed. Det koster 150 kr. i døgnnet og man får naturligvis den nødvendige instruktion i brug af udstyret. Der er to sengepladser samt to løse madrasser til at lægge på gulvet. Se også artiklen om observatoriet på side 26.