

Når vi nå nettopp har lagt året 2003 bak oss, må det i ekstrem sammenheng nevnes at det i dette året (som i følge NOAA globalt sett ble den nest varmeste i perioden med instrumentelle målinger fra 1860) ble satt en rekke spektakulære temperaturrekorder i Norge og ellers rundt i verden. For eksempel er månedstemperaturen for Norge i juli 2003 den høyeste som er registrert siden Meteorologisk Institutt startet sine målinger i 1866. Og den 6. november ble det målt +21.8 °C i Tafjord og +21.6 °C i Sunndalsøra. Den nye rekorden er mer enn 3 °C høyere enn den forrige novemberrekorden for både Tafjord (Figur 3) og Norge!

Som nevnt innledningsvis kan ikke en enkelt ekstremepisode settes i sammenheng med klimaendring. Men når nye temperaturrekorder kommer tettere etter hverandre, underbygger det hypotesen om at vi nå ser en oppvarming. Det er derfor mye som tyder på at oppfatningen om at man ikke med sikkerhet kan si om det er noen trend i ekstremvær/klima, kan ha gått ut på dato.

Referanser:

- Benestad, R.E. (2003) How often can we expect a record-event? *Climate Research*, **23**, 3-13
- Frei, C. and C. Schär (2001), Detection of Trends in Rare Events: Theory and Application to Heavy Precipitation in the Alpine Region, *J. Climate*, **14**, 1568-1584.
- Frich, P., L.V. Alexander, P. Della-Marta, B. Gleason, M. Haylock, A.M.G. Klein Tank and T. Peterson (2002), Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Climate Research*, **19**, 193-212.

Rasmus E. Benestad

(rasmus.benestad@met.no) er forsker på prosjektet RegClim. Han er knyttet til Meteorologisk institutt og arbeider bl. a. med statistisk nedskalering av klimascenarier.

Eirik J. Førland

(eirik.forland@met.no) er forsker ved Klimaavdelingen, Meteorologisk institutt og leder for nedskalering i RegClim.

Større variasjoner i været fra år til år

Det er ventet at global oppvarming vil gi langt flere alvorlige varmebølger om sommeren over Sentral-Europa. Varmebølgen sommeren 2003 kan være det første signalet om at endringene er på gang. Forskere finner at samtidig som somrene blir varmere, vil variasjonene fra år til år øke.

Sigbjørn Grønås, RegClim

Østkysten av USA har opplevd en streng januar med kulde og snø. Folk vitser med at det skyldes global oppvarming. Klimaforskere forsikrer om at kaldt vær ikke kan utelukkes selv med økt drivhuseffekt. Likevel, de står igjen med et viktig spørsmål uten klare svar: Kan global oppvarming føre til en større variasjon i været fra år til år? Er det med andre ord slik at samtidig som det generelt blir varmere, noteres ikke bare varmerekorder, men også like kalde perioder som tidligere?

Perioder med uvanlig og ekstremt vær i tråd med global oppvarming, har vært mer interessante for klimaforskerne enn perioder med kaldt vær. Et eksempel var den regnfulle høsten 2000 over Østlandet (Benestad & Melsom 2002). For stasjonen Bjørnholt i Nordmarka falt det 564 mm bare i november. Det var 470 prosent over gjennomsnittet for perioden 1961-90. Basert på 118 år med data var 291,5 mm i 1929 og 291,1 mm i 1970 de observasjonene

som kom nærmest. Det ble beregnet et forventet tidsintervall mellom slike hendelser (returperiode) på omlag 600 år. Sannsynligheten for at så store nedbørsmengder inntreffer er derfor svært liten. Det er ventet at global oppvarming vil gi mer nedbør over Nord-Europa. Var nedbøren høsten 2000 derfor et tegn på en klimaendring forårsaket av global oppvarming? Dette har det vært vanskelig å svare tilfredsstillende på. En av flere grunner er at nedbørsøkningen i beregninger til nå ikke viser store endringer på Østlandet, men heller på Vestlandet.

En artikkel i *Nature* 22. januar i år tar på lignende måte for seg den ekstreme varmebølgen over store deler av Europa sist sommer (Schär med flere 2004). Varmebølgen dekket det meste av Sentral-Europa med sommertemperaturer opp til 4 °C over gjennomsnittet for perioden 1961-90 (figur 1 a). Avvikene representerte over 5 standardavvik fra

samme gjennomsnitt (se faktaboks). For Sør-Norge var det tilsvarende avviket mellom 1,5 og 3 standardavvik (figur 1 a). I likhet med høstnedbøren i 1999 over Østlandet, fant de at varmebølgen var ekstremt usannsynlig i et uforandret klima. Når de tilpasset temperaturmålinger i Sveits siden 1864 til en Gausskurve (normalfordelingen, se faktaboks), fant de at temperaturen for 2003 lå 5,1 °C og 5,4 standardavvik fra gjennomsnittet (figur 1 b, c, d, e). 2003 var derfor langt varmere enn det nest varmeste året, som var 1947 med et avvik på 2,7 °C. Forskerne prøvde å beregne en returperiode for en slik hendelse og fant 46 000 tusen år. Slike beregninger har stor usikkert og må tas med en stor klype salt, men tallet illustrerer hvor unormal sommeren 2003 var.

Det er vel kjent at slike varmebølger om sommeren er forventet i det samme området i en framtidig global oppvarming (IPCC 2001). Derfor er det nærliggende å undersøke om sommeren 2003 var et første tegn på det som kan komme. Forskerne satte en hypotese om at varmebølgen kan skyldes en endring i temperaturfordelingen mot en flatere Gausskurve. For å undersøke dette brukte de data fra en klimamodell på regional skala og sammenlignet perioden 2071-2100 med data fra en kontrollkjøring uten drivhusoppvarming som representerer perioden 1961-90. Utslipps scenariet var IPCC A2 – som gir relativt store framtidige utslipp - og data fra flere globale modeller ble brukt som randbetingelser for den regionale modellen. Figur 2 a, b viser temperaturfordelingen for de tre



Foto: NASA

HETT. Hetebølgen i Sentral-Europa i fjor sommer var ekstremt unormal. Likevel drar forskerne ingen bastant konklusjon om at heten skyldes global oppvarming. Til det har de for lite data. Mørk rød farge viser områder med opptil 10 grader varmere vær i juli 2003 i forhold til samme måned i 2001. Blåfargen viser kaldere områder enn i 2001.

Gausskurve

Klimamålinger over lang tid på et sted av variable som middeltemperatur over en årstid, tilpasses ofte til en Gausskurve (klokkekurve), også kalt normalfordeling. Kurven viser sannsynlighet for at ulike temperaturer skal inntreffe. Fordelingen karakteriseres ved to parametre: middeltal, som gir den mest hyppige forekomst (forventet verdi) og standardavvik, som karakteriserer formen på kurven slik den blir flatere når standardavviket øker. Området mellom pluss/minus et standardavvik fra midlet omfatter 68 prosent av alle tilfeller, pluss/minus to standardavvik 95 prosent og pluss/minus tre standardavvik 99,7 prosent.

sommermånedene for et modellpunkt over Sveits for perioden 2071-2100 og for 1961-90. Oppvarmingen er i gjennomsnitt på 4,6 °C, men enda mer viktig: den framtidige fordelingen er mye flatere, det vil si større variasjoner fra år til år. Således øker standardavviket i fordelingen med over 100 prosent. Om en plasserer året 2003 i dette scenariet, ligger det nær midten av den framtidige fordelingen, der lignede varmebølger kan forventes nesten annethvert år. Den geografiske fordelingen av oppvarmingen viser maksimale endringer i det samme området som for varmebølgen i 2003 (figur 2 c,d). Over det meste av Norge er temperaturendringene og økningen i standardavviket vesentlig mindre (2-3 °C og 20-40 prosent).

Selv om analysen virker overbevisende, drar forskerne ingen bastant konklusjon om at sommeren 2003 skyld-

es global oppvarming. Til det har de for få data. Det er ikke enkelt å forstå hvorfor den framtidige fordelingen er flatere enn dagens fordeling av sommertemperaturer. Når forskerne samtidig ser på nedbøren, finner de også en økning i antall år med mye nedbør. Et eksempel på et slikt år var kanskje året 2002 da det var store oversvømmelser i de samme områdene (Christensen & Christensen 2002).

Sommerværet i Sentral-Europa bestemmes av styrken på Azorerhøytrykket som om sommeren har en rygg inn over området. Denne ryggen forsterkes i et varmere klima. Dette gir mer varmt vær. Under slike forhold tørkes jorda ut, noe som gir en tilbakekopling til enda varmere vær og mindre sannsynlighet for byger. I andre år når høytrykket er svakere, blir denne tilbake-

koplingen fraværende. Jorda tørker ikke ut og sannsynlighet for byger er mye større.

Vi vil helt sikkert oppleve uvanlig og ekstremt vær i tiden som kommer. I tilfeller med høyere temperatur, mer nedbør og sterkere vind, vil en spørre om årsaken til hendelsene er global oppvarming. Svaret vil vel enda en tid være at vi ikke er sikker (se artikkel av Benestad og Førland i dette nummer av *Cicerone*). I tilfeller med kaldt vær, slik som det aktuelle tilfellet over østkysten av USA, vil det naturlig nok bli stilt spørsmål om global oppvarming er en realitet. Klimaet i våre områder er

karakterisert med store variasjoner fra år til år og fra tiår til tiår. Derfor må en om det kommer kalde perioder ikke glemme hva vi vet som faktum om global oppvarming: at konsentrasjonene av drivhusgasser øker fra år til år som følge av menneskers utslipp, at dette gir økt drivhuseffekt som gir global oppvarming. Det er mulig at global oppvarming vil øke variasjonene i været fra år til år slik som for sommertemperaturen over Sentral-Europa. Dette vet vi lite om enda, men dersom det skulle vise seg å være tilfelle, er det enda større grunn til å holde hodet kaldt om kuldeperioder setter inn.

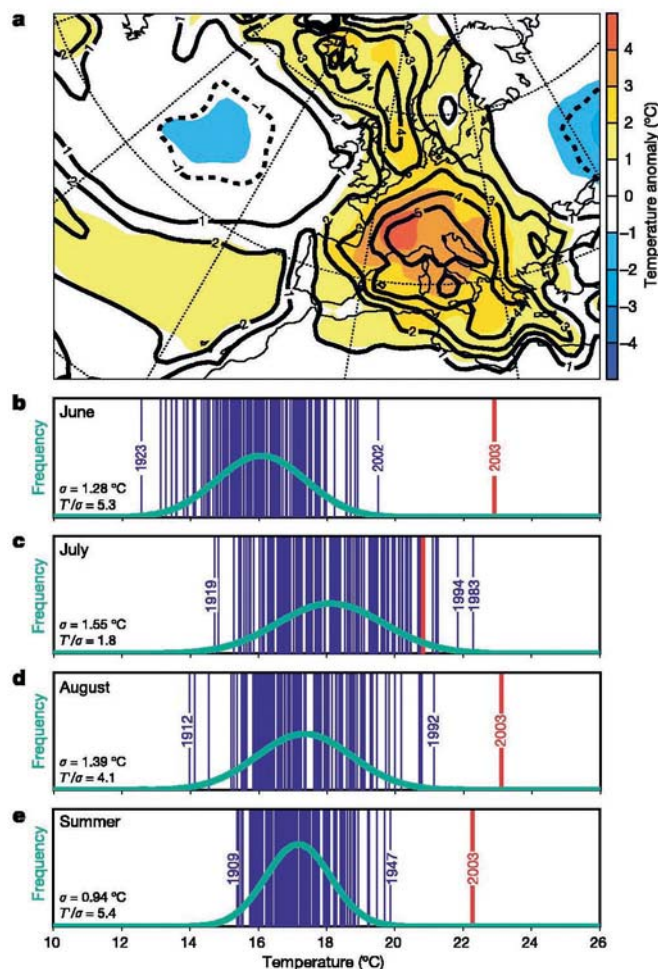
Referanser

- Benestad R.E. & A. Melsom 2002. *Clim. Res.* **23**, 67-79.
- Christensen, J.H. & O.B. Christensen 2002. *Nature* **421**, 805-806.
- Schär, C. med flere 2004. *Nature*, **427**, 22. januar, 332-336.

Sigbjørn Grønås

(sigbjorn@gfi.uib.no) er professor ved Geofysisk institutt, UiB, tilknyttet Bjerknessenteret for klimaforskning og med i ledergruppen for RegClim.

Figur 1. Fra varmebølgen over Sentral-Europa sommeren 2003. a) Avvik i temperatur for månedene juni, juli og august. Fargekode: avvik fra et middel 1961-90. Svarte koter: avvik i antall standardavvik. b-e) Temperaturfordeling for juni, juli, august og for månedene samlet for noen stasjoner i Sveits i perioden 1864-2003. Dataene er tilpasset en Gausskurve og hver strek gir årlige verdier. Året 2003 er markert med rødt. (Etter Schär m fl 2004).



Figur 2. Et scenario for klimaendringer i en regional klimamodell for perioden 2071-2100 i forhold til en kontrollkjøring for 1961-90. a og b) Statistisk fordeling av sommertemperatur (juni, juli, august) for et gitterpunkt over Sveits for de to periodene. c, d) Tilsvarende geografisk fordeling av temperaturendringen og standardavviket i prosent. (Etter Schär m fl 2004).

