

## Går oppvarmingen langsommere enn tidligere antatt?

I et par tiår har det vært angitt at klimafølsomheten – temperaturendring ved en dobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren – sannsynligvis er mellom 2 og 4,5 grader. Nye resultater kan tyde på at verdien er i nedre del av intervallet, kanskje enda litt lavere. Dette kan gi oss litt mer tid, men det er likevel all grunn til å intensivere arbeidet med å begrense utslipp av klimagasser.

### Hans Martin Seip

Artikkelen "Oppvarmingen går saktere enn antatt" i Aftenposten 31 oktober har vakt en viss oppmerksomhet. Artikkelen bygger på arbeider ved CICERO Senter for klimaforskning. Det hevdes at en dobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen ifølge en ny studie vil gi en oppvarming på mellom 1,3 og 2,9 grader. I den siste hovedrapporten fra FNs klimapanel er intervallet angitt som 2,0 til 4,5 grader.

### Hva er klimafølsomhet

Temperaturøkningen når en ny likevekt er nådd ved en dobling av CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren blir gjerne kalt klimafølsomheten. Dette er en svært viktig størrelse når framtidens klimaendringer skal vurderes. Den direkte virkningen av endret CO<sub>2</sub>-konsentrasjon, når en tenker seg alle andre egenskaper ved atmosfæren og jordoverflaten uendret, kan beregnes ganske nøyaktig. Endret temperatur vil imidlertid medføre andre endringer som kan forsterke eller svekke den direkte endringen. Dette betegnes som tilbakekoblinger. Det er størrelsene på tilbakekoblingene som skaper den store usikkerheten i klimafølsomheten.

Klimafølsomheten avhenger av hvor lang tid en antar det tar før likevekt har innstilt seg. I et hundreårsperspektiv vil tilbakekopling som skyldes nedsmelting i Antarktis og på Grønland, ha neglisjerbar virkning på global temperatur. Men studerer en variasjoner over mye lengre perioder (mer enn 1000 år), kan slike langsomme prosesser være av stor betydning. En kan derfor skille mellom "korttids klimafølsomhet" og "langtids-" eller "jordas system-følsomhet".

Klimafølsomheten kan studeres på flere måter. En kan benytte grunnleggende kunnskap om hvordan CO<sub>2</sub> absorberer og sender ut stråling kombinert med klimamodeller. Flere nye studier anvender klimaberegninger for senere år, opp til ca 150 år, der en tar inn konsentrasjoner eller utslipp av viktige gasser og aerosoler. Beregnede og observerte temperaturer, noen ganger også verdier for jordens energibalanse, sammenliknes. En kan også benytte data for klimagasskonsentrasjoner og temperatur fra tidligere perioder i jordas historie. Det siste betegnes gjerne paleoklimatiske metoder. ("Paleo" kommer av det greske ordet for gammel.) Det er betydelige usikkerhet knyttet til alle metodene.

Mer informasjon finnes i KLIMA 1-2012, se

<http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=9330>

## Korttids-klimafølsomhet fra data for senere år

Arbeidene som artikkelen i Aftenposten bygger på, hører til denne kategorien. I tillegg til CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner, benyttes verdier for partikler, som for det meste har en avkjølende virkning, og energiopptak i havet. Forfatterne finner da at klimafølsomheten er mellom 1,2 og 2,6 grader. (I Aftenposten angis 1,3 til 2,9 grader. Ifølge en av forfatterne, Terje Berntsen, kan dette være et bedre estimat hvis en tar hensyn til tilbakekoblinger i karbonkretsløpet.) Det er utviklingen fra år 2000 som trekker ned verdien i denne studien. De beregnet også den transiente klimaresponsen som er temperaturøkningen når CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen er doblet ved en økning i CO<sub>2</sub> på én prosent per år. Den transiente klimaresponsen er noe lavere enn klimafølsomheten siden likevekt ikke er nådd. Verdien ble funnet å være mellom 1 og 2 grader. Dette er innen IPCCs estimat, men på den lave siden.

Et annet arbeid av Gillett og medarbeidere, også publisert i år, ga liknende resultater. De finner at den transiente klimaresponsen er mellom 1,3 til 1,8 grader. Verdien er betydelig høyere dersom de bare benytter data frem til 2000.

En studie av Foster og Rahmstorf (se [stacks.iop.org/ERL/6/044022](https://stacks.iop.org/ERL/6/044022)), basert på data fra 1979 til 2010, benyttet en noe annen fremgangsmåte. De viktigste kjente faktorer som påvirker temperaturen over kortere perioder, er partikler fra vulkanutbrudd, skiftingen i hav- og luftstrømmer kjent som El Niño og La Niña forhold og variasjoner i innstrålingen fra sola. Dersom virkningen av disse faktorene på global temperatur fjernes, blir den gjenværende temperaturøkningen temmelig konstant i hele perioden, mellom 0,014 og 0,018 grader per år. Dette tyder på at bidraget fra klimagassutslipp til temperaturendringene er nokså konstant, men at virkningen av korttidsfaktorene, spesielt skifte mellom El Niño og La Niña forhold, varierer.

## Korttids-klimafølsomhet fra langtidsendringer

Korttidsfølsomheten kan bestemmes fra data som spenner et langt tidsrom. Klimapåvirkning som skyldes langsomme prosesser, må da anslås separat. Flere studier har for eksempel benyttet forskjellen i global temperatur og drivhusgasser mellom perioden da siste istid hadde sitt maksimum (LGM: last glacial maximum) for vel 20 000 år siden og i førindustriell tid. Til dette trengs strengt tatt ingen klimamodell. Det finnes en rekke studier der temperaturen under LGM er bestemt på ulike steder. Også endringer i drivhusgasskonsentrasjonene er bestemt fra observasjoner. Dermed kan klimavirkningen fra disse bestemmes.

Slike beregninger har gitt noe varierende resultater, med en klimafølsomhet rundt 3 grader som en nokså typisk verdi. Et arbeid publisert i fjor av Schmittner og medarbeidere (se artikkelen i KLIMA 1-2012) ga en noe lavere verdi. Det ble angitt med 66 prosent sannsynlighet at klimafølsomheten ligger mellom 1,7 og 2,6 grader. Den øvre grensen er altså betydelig lavere enn IPCC angir. Det har imidlertid vært stilt spørsmål om usikkerhetene er for lave, spesielt når det gjelder mulighetene for høy klimafølsomhet. Årsaken er først og fremst at ikke alle feilkilder er inkludert. I september i år ble det i tidsskriftet Science publisert en kritikk av arbeidet der forfatterne mente å påvise at metoden

benyttet av ville gi for lav verdi for klimafølsomheten. I et svar innrømmer Schmittner og medarbeidere at det er noe i deler av kritikken.

### **Langtids-klimafølsomhet**

Resultater av en studie av endringer i temperatur og CO<sub>2</sub> konsentrasjoner for omtrent 3,3 og omtrent 4,2 millioner år siden er et eksempel på såkalt langtids-klimafølsomhet. Konklusjonen var at hvis endringer i CO<sub>2</sub> og tilknyttede tilbakekoblinger var de viktigste klimafaktorer på disse tidsskalaene, og anslagene av globale temperaturer er korrekte, er langtidsklimafølsomheten for disse periodene svært høye, henholdsvis 7 – 9 grader og omtrent 10 grader.

### **Menneskeskapt og naturlig oppvarming**

Som nevnt i artikkelen i Aftenposten, tyder arbeidet ved CICERO på at oppvarmingen på slutten av 1900 tallet skyldes en kombinasjon av naturlige og menneskeskapt årsaker. Dette har vært diskutert i andre arbeider tidligere; problemet har vært å kvantifisere bidragene. Et arbeid som virker grundig, konkluderte med at opptil en tredjedel av oppvarmingen på slutten av 1900-tallet skyldes naturlig variasjon. Dette er nærmere omtalt i KLIMA 1-2012, se

<http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=9335>

### **Betydning**

Det er fortsatt stor usikkerhet i klimafølsomheten. Den viktigste konklusjonen en kan trekke av de nye studiene er at det er mindre sannsynlighet for umiddelbar ekstrem klimaendring enn tidligere antatt. Det sentrale her er den reduserte sannsynligheten for høye verdier sammenliknet med IPCC. I en kommentar fra RealClimate angis at med en klimafølsomhet på 3 grader, vil det ta omtrent 24 år med dagens vekst i utslippene (3 prosent) før det er mer enn 50 prosent sjanse for at stigningen i global temperatur vil overstige 2 grader i forhold til førindustriell temperatur. Med en klimafølsomhet på 2,3 grader ville det ta omtrent 11 år mer, noe som betyr lite for vurdering av tiltak.