

Framtidige klimaendringer i Arktis

Ifølge forskningsrapporten "Arctic Climate Impact Assessment" (ACIA) kan vi vente oss dobbelt så stor temperaturøkning og større nedbørøkning nord for 60 °N enn for resten av verden. Store naturlige klimavariasjoner og store forskjeller mellom klimamodellene gir imidlertid stor usikkerhet.

Inger Hanssen-Bauer,
Regclim

Økte konsentrasjoner av drivhusgasser i atmosfæren vil ifølge IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sannsynligvis ha større innflytelse på klimaet i Arktis enn noe annet sted på kloden. For å anslå mulige framtidige klimaendringer benyttes fysisk baserte globale koplede klimamodeller for atmosfære, land og hav. Gitt en endring i konsentrasjonen av drivhusgasser, beregnes de resulterende endringer i klima. Såkalte "utslipps-scenarier" for drivhusgasser og aerosoler (partikler) i atmosfæren er anslått på bakgrunn av antagelser om framtidig demografisk, samfunnsøkonomisk og teknologisk utvikling. I regi av IPCC har et sett utslipps-scenarier blitt utviklet. I ACIA valgte man å benytte to av disse; "A2" og "B2", med B2 som hovedscenarium. A2 beskriver en raskere økning av konsentrasjonene av drivhusgasser enn B2, men begge ligger nær midten av IPCCs ulike utslipps-scenarier.

Bruk av flere globale klimamodeller anbefales for å kunne vurdere usikkerheten i modellresultatene. I ACIA benyttet man fem forskjellige modeller. Modellene ble valgt på bakgrunn av kvalitetskriterier og tilgjengelighet av modellresultater. Fra alle modellene er det hentet ut resultater for fire 20-års perioder: 1981-2000 representerer dagens klima, mens scenarieperiodene er 2011-30, 2041-60 og 2071-90.

Dagens klima i Arktis

Mulighetene for validering av klimamodeller over Arktis er begrenset av tilgangen på observasjoner i området. Arktis omfatter store vanskelig tilgjengelige områder med få observasjoner. I såkalte "reanalyser" er observasjoner benyttet i kombinasjon med værvarslingsmodeller, slik at de gir konsistente og komplette datasett. Slike data egner seg godt til modellevaluering, men inneholder en del systematiske feil. Både reanalyser og observasjoner ble benyttet i valideringen av ACIA-modellene for perioden 1981-2000. Valideringen viser meget store

forskjeller mellom modellene regionalt, men noe mindre sprik for gjennomsnittsverdier over hele Arktis. Ingen av de fem modellene skiller seg ut som "best" på alle vis. Oftest ligger gjennomsnittet mellom modellene nærmere observasjonene enn én enkelt modell.

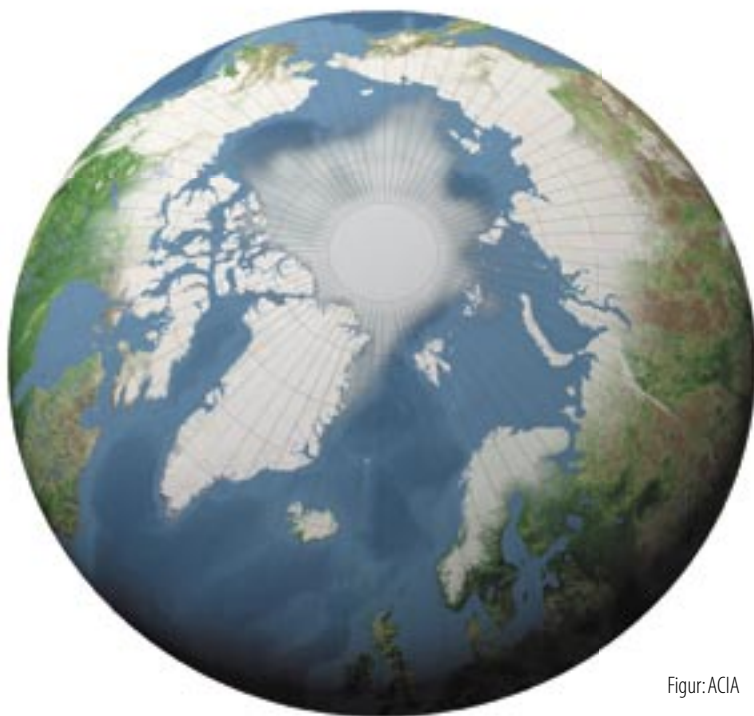
Både nivå og sesongvariasjon av gjennomsnittstemperaturen nær bakken i Arktis modelleres tilfredsstillende i gjennomsnitt, skjønt det er systematiske feil i visse områder. De fleste modellene gir i gjennomsnitt for mye nedbør i Arktis, særlig på vårparten. Gjennomsnittet mellom de fem modellene viser likevel en kvalitativt riktig sesongvariasjon i nedbør. Modellene gir i gjennomsnitt et nokså riktig mønster i trykket ved overflaten, men modellert lufttrykk sentralt over Polhavet er litt for høyt. Dette får konsekvenser for vindforhold og isdrift. Det er stort sprik mellom modellene når det gjelder skydekke, og selv om gjennomsnittet mellom modellene ligger nær det observerte gjennomsnittet på årsbasis, er sesongvariasjonen feil: Det modelleres for mye skyer om vinteren og for lite om

Forskningsprogrammet NORKLIMA har som hovedmål å "gi nødvendig, ny kunnskap om klimasystemet, klimaets utvikling i fortid, nåtid og framtid, samt direkte og indirekte effekter av klimaendringer på natur og samfunn som grunnlag for samfunnsmessige tilpasningstiltak". NORKLIMA omfatter de allerede pågående programmene KlimaProg - med de koordinerte prosjektene RegClim, NOCLim, NORPAST og AerOzClim - KlimaEffekter og fondssatsingen Polar klimaforskning.

Resultatene fra NORKLIMA skal formidles videre til allmennheten for å gi innsikt om årsakene til, og mulige konsekvenser av klimaendringer. En del av denne informasjonen formidles i samarbeid med CICERO Senter for klimaforskning, gjennom tidsskriftet *Cicerone*.

Redaksjon: Sigbjørn Grønås (red.), RegClim (sigbjorn@gf.uib.no), Michael Gauss, AerOzClim (michael.gauss@geofysikk.uio.no), Solfrid Sætre Hjøllo, NOCLim (Solfrid.Hjollo@gf.uib.no), Øyvind Nordli, NORPAST (oyvind.nordli@met.no).

www.program.forskningsradet.no/norklima/



Figur:ACIA

FÅ OBSERVASJONER. Mulighetene for validering av klimamodeller over Arktis er begrenset av tilgangen på observasjoner i området. Arktis omfatter store vanskelig tilgjengelige områder med få observasjoner.

koblingsmekanismer (knyttet til snø, is og havsirkulasjon) som har særlig stor betydning i Arktis. Slike mekanismer er ofte vanskelig å modellere.

Modelleringen av arktisk klima kan ventelig forbedres ved bruk av finere romlig oppløsning både i hav og atmosfære, og ved mer spesifikke beskrivelser av prosesser knyttet til skyer, luftlaget nærmest bakken, is, snø og ferskvannsbudsjett. Modellfeil er likevel ikke den eneste kilden til forskjeller mellom observert og modellert klima. Naturlig klimavariasjon fører til store forskjeller i værforhold fra et år til et annet og fra et tiår til et annet. I Arktis er disse variasjonene spesielt store, og 20-års perioder (som er benyttet i ACIA) er ikke lange nok til at de tilfeldige variasjonene jevnes ut. De store forskjellene (spesielt regionalt) mellom de fem modellene, og mellom modellene og det virkelige klimaet, skyldes delvis slik naturlig klimavariasjon. Ved å sammenstille resultatet fra alle modellene sikrer man at bredden av den naturlige klimavariasjon blir bedre representert. Dette er noe av forklaringen på at dagens klima stort sett beskrives bedre ved gjennomsnittet av alle modellene enn ved en enkelt modell. Det er også en av årsakene til at klimascenarier basert på flere modellkjøringer regnes som mer robuste enn scenarier basert på en enkelt klimasimulering.

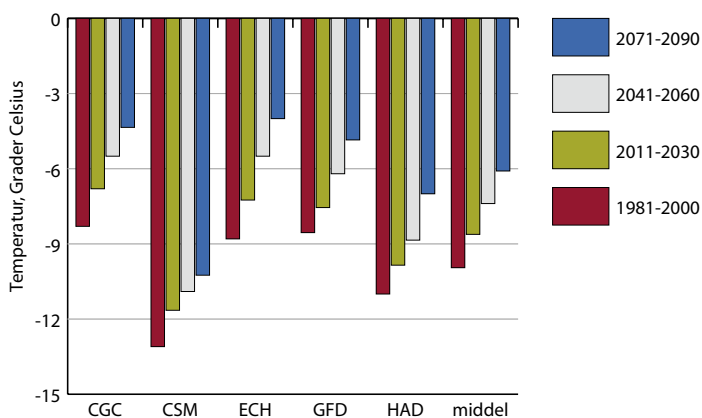
sommeren. Gjennomsnittlig utbredelse av sjøis varierer mye fra modell til modell, men i gjennomsnitt viser modellene nokså realistisk isutbredelse både sommer og vinter.

Forskjeller mellom modellert og virkelig klima

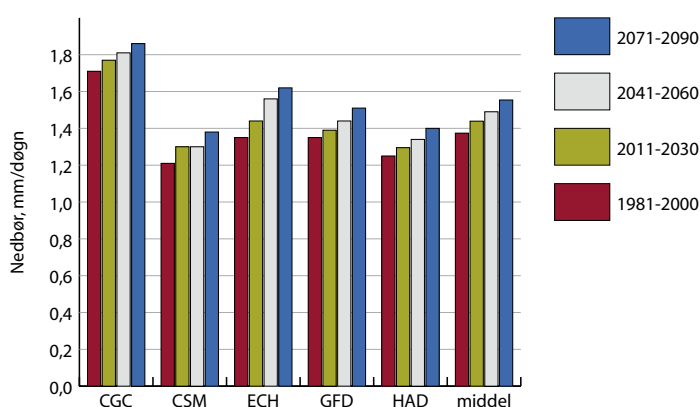
Delvis må forskjellene mellom modeller og virke-

lighet forklares ved feil og mangler i modellene. Grov romlig oppløsning i de globale modellene medfører både feil i beskrivelsen av topografi og fordeling mellom land og hav. Dette gjør at mange viktige prosesser ikke kan modelleres direkte, men må beskrives på forenklet vis. De forenklete prosessbeskrivelsene som

benyttes i klimamodellene er oftest utviklet ved lavere breddegrader, der klimaet er svært annerledes enn det er i Arktis. Både når det gjelder det bakkenære luftlag og skyforhold har Arktis særtrekk som gjør at forenklinger som er hensiktsmessig andre steder ikke nødvendigvis passer her. I tillegg er det flere viktige tilbake-



Figur 1. Middeltemperatur 2 meter over bakken (°C) i området nord for 60° N beregnet ved hjelp av de fem ACIA-modellene, samt middeltverdi for alle modellene. Modellert temperatur er gitt for de fire 20-års periodene som ble utvalgt i ACIA, under utslippsscenarioet B2.



Figur 2. Gjennomsnittlig nedbør (mm per døgn) i området nord for 60° N beregnet ved hjelp av de fem ACIA-modellene, samt middeltverdi for alle modellene. Modellert nedbør er gitt for de fire 20-års periodene som ble utvalgt i ACIA, under utslippsscenarioet B2.



Foto: NOAA

STORE VARIASJONER. Naturlig klimavariasjon fører til store forskjeller i værforhold fra et år til et annet og fra et tiår til et annet. I Arktis er disse variasjonene spesielt store.

Klimaet i det 21. århundre

Klimaprojeksjoner beregnet ved hjelp av de fem ACIA-modellene viser i gjennomsnitt en global oppvarming på 1,4 °C ved midten av det 21. århundre både for A2 og B2 scenariet. Mot slutten av århundret gir A2 og B2 scenariene en globalt gjennomsnittlig oppvarming på henholdsvis 3,5 °C og 2,5 °C. Nord for 60 °N beregnes i gjennomsnitt en oppvarming på 2,5 °C fram til midten av det 21. århundre både for A2 og B2, mens beregnet oppvarming frem til slutten av århundret er henholdsvis 7 °C og 5 °C. Figur 1 viser beregnet middeltemperatur i Arktis under B2 for de forskjellige modellene og tidsperiodene som er benyttet. Det modelleres store regionale forskjeller i oppvarming. Ved slutten av århundret projiseres under B2 scenariet en gjennomsnittlig oppvarming på cirka 3 °C i Skandinavia og Øst-Grønland, ca 2 °C for Island og opp til 5 °C i det Kanadiske Arkipelag og Russisk Arktis. De fem modellenes gjennomsnittlige oppvarming over Polhavet er størst høst og vinter (opp til 9 °C ved slutten av det 21. århundre under B2), ettersom lufttemperaturen påvirkes sterkt av det reduserte isdekket. Om sommeren projiseres derimot en gjennomsnittlig oppvarming på under 1 °C i den samme perioden. Også i landområdene i Arktis gir modellene større oppvarming høst og vinter enn sommer, men forskjellen er ikke så stor som over Polhavet. Alle modellresultatene tyder på en betydelig mindre oppvarming over den nordlige Nord-Atlanteren enn i noen annen del av området.

Ved slutten av det 21. århundret projiseres en gjennomsnittlig nedbørøkning nord for 60°N på ca 15 prosent under B2 og nesten 20 prosent under A2. Figur 2 viser beregnet nedbør i Arktis under B2 for de forskjellige modellene og tidsperiodene. Gjennomsnittlig nedbørøkning varierer fra under 10 prosent i deler av Atlantisk sektor til hele 35 prosent på visse høyarktiske lokaliteter. I likhet med temperaturøkningen, er også den projiserte nedbørøkningen størst høst og vinter og minst om sommeren. De modellerte endringene i skydekket

“Projeksjonene som er presentert i ACIA-rapporten er basert på den beste kunnskap vi i dag har om klimaendringer.”

over Arktis er små men systematiske: I perioden 2070–2090 gir 5-modell gjennomsnittet en økning i årsmidlet skydekke. For bakketrykket projiseres i gjennomsnitt en svak reduksjon i den polare regionen. Dette antyder en svak tendens mot mer positive faser av den Arktiske svingningen.

ACIA-modellene gir også en betydelig reduksjon i utstrekningen av snø- og sjøisdekket over det meste av Arktis mot slutten av det 21. århundre. Størst reduksjon i sjøisdekket projiseres om sommeren, da ACIA-modellene i gjennomsnitt gir en reduksjon på mer enn 50 prosent, mens enkelte simuleringer åpner muligheten for isfri somre.

Scenarier og usikkerhet

Det kan virke selvmotsigende å på den ene side hevde at vi venter større klimaendringer i Arktis enn noe annet sted, og på den annen side påpeke at usikkerheten knyttet til klimaendringer i Arktis er særlig stor. Statistisk sett er det imidlertid slik at dersom det er mye ”støy”, kreves et sterkt ”signal” for å trenge igjennom støyen. I Arktis tilsier modellene at ”klimasignalet” vil bli sterkt. Samtidig er det sterk ”støy”, forårsaket både av naturlig klimavariasjon og av modellfeil. Støyen kan, særlig på kort sikt, maskere signalet. Arktis er derfor antagelig ikke den region der vi først vil finne det vi kaller ”statistisk sikre” bevis på at en menneskeskapt klimaendring faktisk har begynt. Likevel tilsier modellresultatene at vi bør være forberedt på store klimaendringer i Arktis. Rett nok kan vi aldri være sikre på at alle klimarelevante prosesser er inkludert i modellsimuleringene våre, og det vil fortsatt kunne forekomme overraskelser. Projeksjonene som er presentert i ACIA-rapporten er imidlertid basert på den beste kunnskap vi i dag har om klimaendringer.

Inger Hanssen-Bauer

(i.hanssen-bauer@met.no) er seniorforsker ved Meteorologisk Institutt, og var medforfatter av ACIAs kapittel om klimascenarier.