

Hvor mye vil nedbøren øke i et varmere klima?

En god fysisk forståelse av den hydrologiske syklusen og gode framtidsestimater av nedbør er svært viktig for å vurdere konsekvensen av økte drivhusgasser i fremtiden.

ASGEIR SORTEBERG

Forsker, Bjerknessenteret for klimaforskning
(asgeir.sorteberg@bjerknes.uib.no)

NILS GUNNAR KVAMSTØ

Professor, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen
(nils.kvamsto@gfi.uib.no)

Observasjoner viser at global nedbør og nedbør i vår region har økt de siste tiårene. Det er imidlertid usikkert hvor mye av økningen som er knyttet til den menneskeskapte oppvarmingen og hvor mye som skyldes naturlige variasjoner. Dette gir også store usikkerheter i beregnet nedbørsendringer for tiden framover.

Mer nedbør

Økt drivhusgassnivå forstyrrer strålingsbalansen ved toppen av atmosfæren. Klimasystemet gjenoppretter balanse her ved bl.a. å varme opp atmosfærens nedre del, troposfæren. Isolert sett vil en varmere troposfære føre til et økt langbølget strålingstap fra denne delen av atmosfæren. Dette vil balanseres ved økt langbølget innstråling fra et varmere underlag samt en økt fordampning fra underlaget. Kort oppholdstid for vann i atmosfæren (typisk 10 dager) vil raskt gi global balanse mellom nedbør og fordampning. Forandring i global nedbør er derfor direkte knyttet til forandringer i drivhuseffekten. Økt drivhuseffekt vil altså gi økt global nedbør. Spørsmålet er: Hvor mye?

På grunn av dårlig datadekning (over hav) er det ikke før nylig, ved hjelp av satellittdata (Wentz m.fl., 2007), at man har fått pålitelige estimater av den globale nedbørsutviklingen. Wentz m. fl. rapporterte at i perioden 1987-2006 økte nedbøren med 7,4 prosent per grad oppvarming. Dette er omtrent fire ganger mer enn det globale klimamodeller estimerer (1-3 prosent per grad, se Soden og Held, 2006).

Om dette skyldes at globale klimamodeller er for konservative i sine estimater, eller at trenden er observert over for kort tid (og dermed sterkt påvirket av naturlige variasjoner) vet vi dessverre ikke noe sikkert om.

Nedbørsendring i Norge

Figur 1 viser nedbørsendringer over perioden 1901-2007 for ulike årstider og landsdeler. Figur

2 viser at nedbøren i Norge både har store år til år- og store tiårsvariasjoner. Men i tillegg finner vi en langtidstrend med en økning på rundt 18 prosent per 100 år. Dette er en betydelig økning som i hovedsak kommer etter 1970. Hva sier så klimamodellene? Det er kun globale simuleringer som er gjort over denne perioden og gjennomsnittet over 20 modeller gir en økning på 3-4 prosent. Den observerte trenden er altså 5-6 ganger større enn modellenes, og ingen enkeltmodell har en økning som tilsvarer den observerte. Dersom klimamodellene gir et realistisk bilde av økt drivhusgassnivå, indikerer dette at det er andre prosesser som ligger bak den observerte økningen. Alternativt kan en slutte at modellene systematisk underestimerer nedbøreffekten av global oppvarming i våre områder. Usikkerhetene er derfor betydelig større for nedbør enn for temperatur.

Fremtidige endringer

Bruker vi modellene for å se hva fremtiden bringer, viser de fleste at vi kan forvente oss et våtere klima. Figur 2 sammenstiller resultatene fra åtte regionale modeller og 20 globale modeller, i alt 58 simuleringer av nedbør over Norge. Vi ser at det gjennomsnittlige estimatet fra de regionale modellene er på rundt 14 prosent per 100 år sammenliknet med 17 prosent per 100 år for de globale, men spredningen er stor og simulert gjennomsnittlig økning over denne perioden ikke større enn den vi allerede har opplevd.

Hvorfor disse store usikkerhetene? Den største andel av nedbøren i Norge kommer med lavtrykkssystemer. Variasjoner og framtidig nedbørsutvikling i Norge er nært knyttet opp til forandringer i lavtrykksbanene. Vi har sett en tendens til at flere lavtrykk tar veien nordover langs Norskehavet mot Barentshavet vinterstid enn før (Sorteberg og Walsh, 2008). Dette kan forklare deler av den kraftige økningen i observert nedbør, men det er uklart om dette skyldes global opp-



MER REGN. De fleste klimamodeller viser at vi kan vente oss et våtere klima i framtiden.

Foto: Stockxpert

varming. I våre områder kommer ikke lavtrykkene med jevne mellomrom, men har en tendens til å komme i puljer. Graden av slik puljedannelse har store konsekvenser for mer kortsiktige nedbørsvariasjoner. Høy grad av puljedannelse gir høy sannsynlighet for store nedbørsmengder over noen uker med tilhørende fare for skred og flom. Graden av puljedannelse og den ruten som de fleste lavtrykkene velger over Atlanteren varierer både fra år til år – og på tiårsskala. Det observasjonsgrunnlaget vi har, tyder på at klimamodellene har problemer med å gjenskape de naturlige variasjonene vi hittil har sett i disse forholdene.

Konsekvenser

Vår ufullstendige forståelse av de observerte trendene både i global og regional nedbør har konsekvenser. Trender over noen få tiår er summen av både global oppvarming og interne naturlige variasjoner som modellene simulerer, men som ikke er predikerbare med samme tidsforløpet som observasjonen. Trender i klimamodeller og observasjoner vil derfor verken være like eller direkte sammenlignbare over korte perioder. RegClim har vist at spesielt på nordlige breddegrader vil store interne naturlige variasjoner i klimasystemet både kunne forsterke og redusere trender knyttet til global oppvarming over tidsperioder på noen tiår (Sorteberg m.fl., 2005; Sorteberg og Kvamstø, 2006) og man skal være svært forsiktig med å tilskrive korttidstrender (trender over mindre enn 30-40 år) eller mangel av slike trender til forandringer i eksterne pådrag slik som økt CO₂,

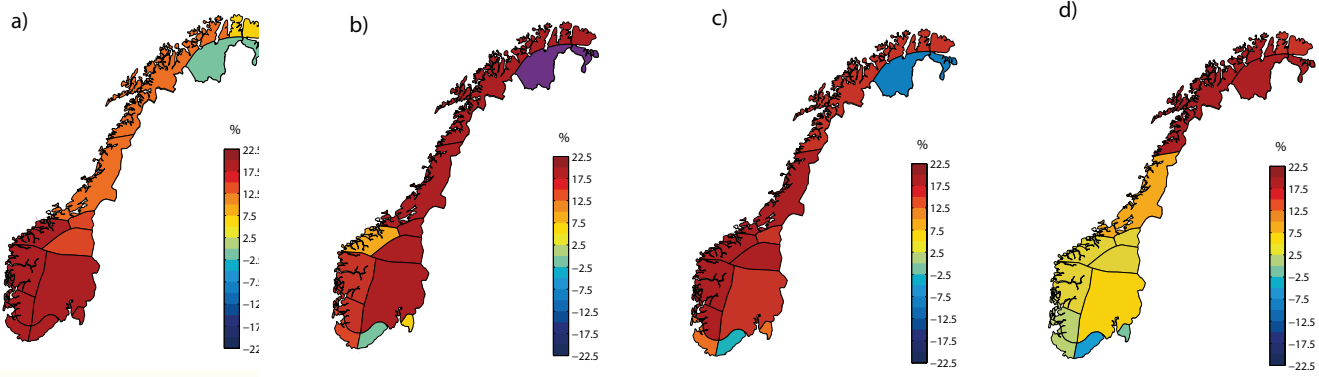
Den kraftige interne klimavariabiliteten på våre breddegrader har også betydning for arbeidet med konsekvensanalyser. Dette arbeidet har drevet fram beregninger av klimautviklingen med høy detaljeringsgrad i tid og rom, ut fra en antakelse om at dette kan redusere usikkerhetene. For nedbør holder antageligvis ikke dette. Vi har her pekt på at store usikkerheter og manglende forståelse av variasjoner i den storstilte hydrologiske syklusen og de storstilte trykkvariasjonene vil kunne dominere

NORKLIMA
Klimaendringer og konsekvenser for Norge

NORKLIMA
Et av Norges
forskningsråds
Store programmer

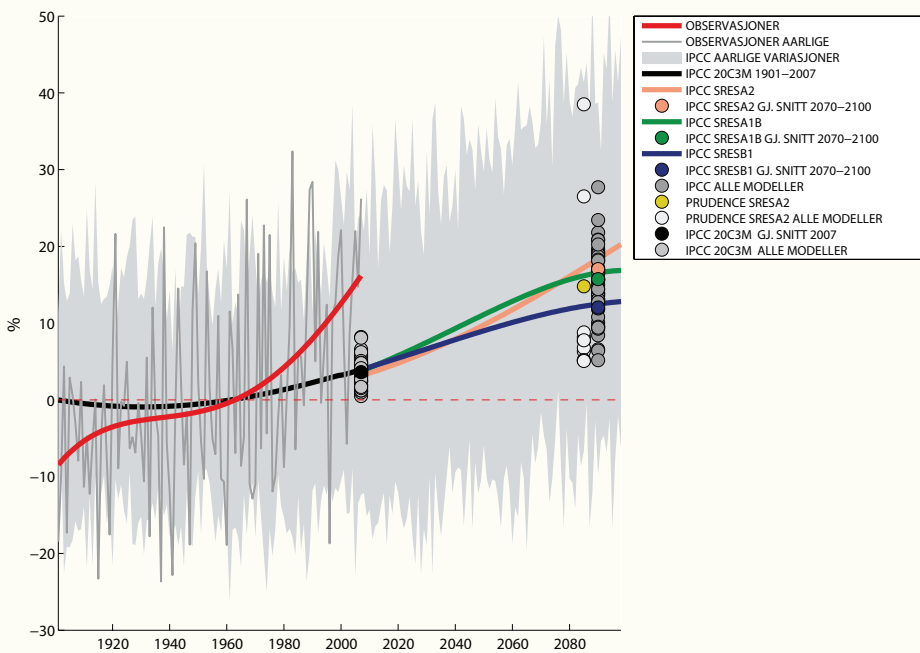
NORKLIMA (2004-2013) er en nasjonal satsing på klimaforskning og er et av Norges forskningsråds «Store programmer». Klimaforskningen vil bidra med kunnskap til internasjonalt samarbeid om klimaproblematikken, og til alle samfunnssektorer og næringer i Norge som forventes å bli betydelig berørt av klimaendringer. Utfordringene fremover er å stimulere til økt satsing på effektforskning, økt tverrfaglighet i forskningsprosjektene, kobling mellom grunnforskning og anvendt forskning, samt god dialog og samarbeid med aktuelle samfunnssektorer og næringer.

 **Forskningsrådet**
www.forskningsradet.no/norklima



Figur 1. Observerte nedbørsforandringer fra 1901 - 2007 i % per 100 år for (a) høst, (b) vinter, (c) vår og (d) sommer.

Datakilde: met.no



Figur 2. Avvik fra 1901-2000 gjennomsnittet i nedbør i % . Rød kurve angir langtidssvariasjoner i observasjonene mens grå angir år-til-år variasjonene. Svart er gjennomsnittlig utvikling (1901-2000) for 20 IPCC modeller kjørt med observerte forandringer i drivhusgasser, partikler, solintensitet og vulkanutslipp. Tre mulig fremtidsscenarier er gitt (lys rød: høye utslipp (SRESA2), grønn: middels (SRESA1B) og blå: lave (SRESB1)). Mørke grå punkter gir langtidssforandringene for de forskjellige modellene og gråblå skravering viser maksimal spredning i år-til-år nedbør (den modellen som har mest og minst nedbør det året).

Resultater fra regionale modeller (fra EU prosjektet PRUDENCE) er gitt som punkter rundt 2085 (grønn for gjennomsnittlig forandring og lys grå for de forskjellige modellene) og ikke som kurver. Grunnen til dette er at de simulerer klima i gitte tidsvinduer over 30 år og ikke over hele perioden. Siden en del av de regionale modellene er avhengig av samme globale modell er middelet et vektet middel. Se detaljer i Sorteberg og Andersen (2008)

de endringene som skjer på lokal skala. Det er derfor viktig at konsekvensutredninger ikke bygger på noen få utvalgte scenarier med høyest mulig oppløsning, men faktisk spenner det usikkerhetsrommet som genereres av de mange globale scenariene som produseres.

Referanser

- Soden, B. J., og I. M. Held, 2006: An assessment of climate feedbacks in coupled ocean-atmosphere models. *Journal of Climate*, 19(14), 3354-3360.
- Sorteberg A. og Walsh J. (2008): Seasonal Cyclone Variability at 70N and its Impact on Moisture transport into the Arctic. *Tellus A*, Vol. 60 Issue 3, P. 570 - 586
- Sorteberg, A. og Kvamstø, N. G., (2006): The Effect of Internal Variability on Anthropogenic Climate Projections (2006). *Tellus A*, Vol 58, Issue 5 p. 565-574.
- Sorteberg, A., Furevik T., Drange H. og Kvamstø, N.G. (2005): Effects of simulated natural variability on Arctic temperature projections (2005). *Geophysical Research Letter*, Vol. 32, L18708, doi:10.1029/2005GL023404
- Sorteberg, A. og Andersen M. S. (2008). Regional Precipitation and Temperature Changes for Norway 2010 and 2025 - Results from 11 simulations using 8 different regional models. Report Series of the Bjerknes Centre for Climate Research. BCCR Report No 28.
- Wentz F., Ricciardulli L., Hilburn K., og Mears C. (2007). How Much More Rain Will Global Warming Bring? *Science* 317 (5835), 233. [DOI: 10.1126/science.1140746]