

Verdens Vanndag 2002

Klimascenarier

Av Eirik J. Førland

Eirik J. Førland er ansatt ved Meteorologisk institutt

Innlegg på seminar 21. mars 2002

Globaltemperaturen for år 2001 ble ca. 0.43 °C høyere enn normalverdien for perioden 1961-1990. År 2001 ble dermed det nest varmeste år i den globale temperaturserien som går tilbake til 1860, og det 23. år på rad med temperatur høyere enn normalen. Siden 1860 har globaltemperaturen øket med ca. 0.6°C. Det er store regionale forskjeller både i historiske temperaturvariasjoner og i scenarier for fremtidig temperaturutvikling. Både observasjoner for de siste 100 år og simulerte scenarier for de neste 50 år, indikerer store klimaendringer i vår region. Det er imidlertid viktig å være klar over at klima-effekter forårsaket av økende konsentrasjoner av drivhusgasser vil komme i tillegg til de naturlige og i stor grad uforutsigbare klimavariasjonene. Det må derfor presiseres at et klimascenario ikke er et klimavarsel. Et klimascenario er en internt konsistent realisering av hvordan klimaet kan bli under visse forutsetninger.

Det er sannsynlig at økende konsentrasjon av antropogene drivhusgasser har bidradd betydelig til den observerte temperatur-økningen de siste 50 år. Kvantitative estimat for

hvilke klimaendringer den globale oppvarmingen vil gi for vårt land beregnes i det norske prosjektet RegClim. Resultatene fra RegClim viser at både temperatur og nedbør har økt i mesteparten av Norge i de siste 100 år, og at trenden mot høyere temperatur og økende nedbør vil fortsette de neste 50 år.

Utslippscenarier fra IPCC-SRES benyttes nå til å simulere fremtidig global klimautvikling. Ifølge IPCC (2001) er global middeltemperatur projisert å øke med mellom 1.4 og 5.8°C i løpet av perioden 1990 til 2100. Disse resultat gjelder for hele skalaen av 35 SRES scenarier, og er basert på en rekke klimamodeller. I Norge benytter RegClim-prosjektet resultater fra en simulering (GSDIO) fra Max-Planck instituttets globale klimamodell ECHAM4/OPYC3. Denne simuleringen gir god overensstemmelse med observasjoner av global middeltemperatur gjennom de siste 50 år. GSDIO simuleringen gir en global oppvarming på ca 1°C - for de neste 50 år.

På grunn av begrenset regnekraft har de globale klimamodellene en grov romlig oppløsning. Beregningene blir -foretatt i et geografisk gitter der den horisontale avstanden

mellom beregningspunktene gjerne er rundt 300 km. Geografiske trekk som dalfører, fjell og fjorder blir ikke realistisk beskrevet av disse grov-maskede klimamodellene. Derfor kan man ikke uten videre anvende modell resultatene til regional/lokal beskrivelse av klimaet. For å estimere detaljerte klimaendringer i Norge basert på resultater fra globale klimamodeller bruker RegClim-prosjektet to ulike metodikker for *nedskalering*

Ved *dynamisk* nedskalering brukes en regional klimamodell som i prinsippet er ganske lik den globale, men som begrenser beregningene til et bestemt geografisk område hvor den har høyere oppløsning. Dermed forbedres de globale klimamodellenes beskrivelse av topografi, kystlinjer o.l. På de ytre geografiske rendene får modellen informasjon fra den drivende globale modellen.

Ved *empirisk* nedskalering utvikles det først statistiske sammenhenger mellom observerte storstilte atmosfæriske felt (for eksempel lufttrykkmønster i havsnivå) og

observerte lokale klimaelement (for eksempel temperatur). Deretter anvendes disse sammenhengene på storstilte felt simulert av globale klimamodeller for å simulere lokalt klima. I RegClim er både dynamisk og empirisk nedskalering benyttet til å modellere fremtidig temperatur- og nedbørutvikling i ulike områder i Norge

Resultatene fra empirisk nedskalering av GSDIO-kjøringen indikerer at årsmiddeltemperaturen i ulike deler av Norge de neste 50 år vil øke med 1.0-2.5 °C (Se tabell 1). For fastlands-Norge er økningen minst på kysten av Vestlandet og størst på Finmarksvidda. I Svalhard-området er økningen på over 3 °C. Temperaturen vil øke til alle årstider, men i de fleste områder ventes det at økningen blir størst om vinteren og minst vår og sommer. Temperatur scenariene fra empirisk og dynamisk nedskalering viser de samme hovedtrekk, men den empiriske nedskalering indikerer større oppvarming i områder som er utsatt for inversjoner vinterstid.

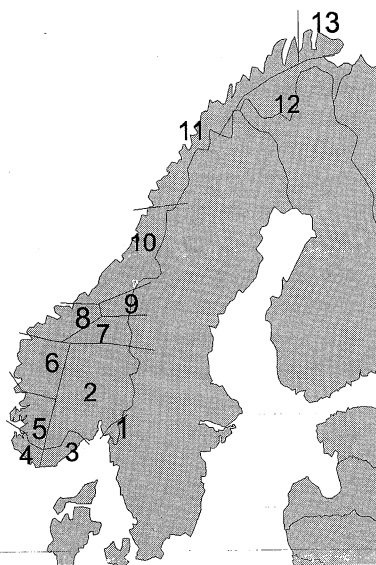
	1961-90					2021-2050					Diff [(2021-50)-(1961-90)]				
	VINT	VÅR	SOM	HØST	ÅR	VINT	VÅR	SOM	HØST	ÅR	VINT	VÅR	SOM	HØST	ÅR
Oslo	-3.8	5.0	15.6	5.9	5.7	-1.6	6.6	17.2	7.6	7.5	2.2	1.6	1.6	1.7	1.8
Lillehammer	-8.1	2.7	13.8	3.2	2.9	-5.7	4.5	15.5	5.1	4.9	2.4	1.7	1.7	1.8	1.9
Oksøy Fyr	0.7	5.1	14.6	8.9	7.3	2.6	6.5	15.9	10.4	8.8	1.9	1.3	1.3	1.4	1.5
Sola	1.2	6.0	13.8	8.4	7.4	3.2	7.7	15.4	10.1	9.1	2.0	1.6	1.6	1.8	1.7
Bergen	1.7	6.6	13.9	8.1	7.6	3.4	8.2	15.6	9.9	9.3	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Værnes	-2.5	4.3	13.2	5.2	5.0	-0.5	5.7	14.7	6.7	6.7	2.0	1.4	1.5	1.5	1.6
Bodø	-1.8	3.0	11.7	5.2	4.5	0.8	5.6	13.9	7.6	7.0	2.6	2.5	2.2	2.4	2.4
Tromsø	-4.0	0.8	10.6	2.8	2.5	-1.1	3.3	12.3	4.9	4.9	2.9	2.5	1.7	2.2	2.3
Karasjok	-15.9	-3.2	11.3	-1.8	-2.4	-11.2	-0.6	13.3	1.1	0.6	4.7	2.6	2.0	2.9	3.1

Tabell 1. Middelerverdier for års- og årstids-temperatur (°C) for normalperioden 1961-90 (observasjoner) og for perioden 2021-2050 (scenarier basert på empirisk nedskalering fra ECHAM4/OPYC3 GSDIO-kjøringen). "Diff" indikerer forskjellen mellom de to periodene.

De empirisk nedskalerte nedbørs-scenariene indikerer en økning i årsnedbør over hele landet (Tabell 2). Nedbørendringene er gitt som prosent av 1961-1990 normalverdien per dekade. Økningen er statistisk signifikant i alle deler av landet, unntatt de i de sydøstlige regionene 13, og den overstiger 2%/dekade i de vestlige og nordvestlige regionene 6,8,9, 10 og 11. Den projiserte **vinter**-nedbøren viser statistisk signifikant økning over hele landet. Økningen er størst i region 1-6, hvor den overstiger

2.5% per dekade. For **våren** indikerer scenariene signifikante nedbørendringer bare i de nordlige regioner 11 og 12. I alle de sydlige regioner er det (statistisk ikke-signifikante) negative trender. Den projiserte **sommer**-nedbøren viser statistisk signifikante negative trender i de sydøstlige regioner 2 og 3, og statistisk signifikante positive trender i regionene 6, 8, 9, 10 og 13. Scenariene indikerer øket **høst**-nedbør over hele landet. Økningen er statistisk signifikant i alle regioner, unntatt region 1 (Østfold).

Region	ÅR	VINT	VÅR	SOM	HØST
1	+0.4	+2.9	-0.9	-0.7	+0.8
2	+0.3	+2.7	-0.8	-1.2	+1.2
3	+0.6	+2.9	-1.1	-1.3	+1.3
4	+1.3	+2.6	-1.1	+0.1	+2.4
5	+1.7	+3.2	-1.4	+0.2	+2.9
6	+2.5	+3.2	-0.4	+1.7	+3.9
7	+1.0	+2.1	+0.7	+0.1	+1.6
8	+2.2	+2.1	+0.1	+2.9	+3.0
9	+2.0	+2.5	+1.3	+1.7	+2.7
10	+2.4	+2.2	+1.5	+1.0	+4.0
11	+2.7	+2.0	+1.9	-0.3	+5.9
12	+1.4	+1.8	+2.7	+0.2	+2.7
13	+1.5	+1.8	-0.3	+0.8	+3.2



Tabell 2. Projiserte trender frem til år 2050 i års- og årstids-nedbør (%/dekade) Signifikante trender (5% nivå) er uthevet.

Usikkerhet i klimascenarier

Det er en rekke usikkerhetsfaktorer heftet til klimascenariene, bl.a. vedrørende

- Fremtidige utslipp av drivhusgasser og aerosoler, fremtidige bidrag fra variasjoner i solaktivitet og vulkanutbrudd

- Beskrivelse av prosesser og pådriv i de globale klimamodellene (bla. skydannelse, havsirkulasjon & sjøis)
- Naturlig variabilitet
- Forskjell i resultat fra ulike modeller

- Grov romlig oppløsning, forskjell mellom ulike nedskaleringsmetoder.
- Forskjell mellom dynamisk og empirisk nedskalering
- Ukjent(e) joker(e) ?

Det må derfor presiseres at scenarier ikke er klimavarsler !

Oppsummering av scenarier fra RegClim frem til år 2050

Temperatur

- *Betydelig oppvarming i alle regioner og til alle årstider*
- *Årsmiddeltemperaturen øker med 0.2 til 0.5C per dekade. Scenariene gir minst økning langs kysten av Sør-Norge, og størst økning på Finnmarksvidda*

Nedbør

- *Årsnedbøren øker i alle deler av*

Norge (0.3 - 2. 7 % per dekade)

- *Mest markant økning (>2%/dekade) i nordvestlige regioner, minst på Østlandet*
- *Høst- og vinter-nedbøren øker i alle regioner*
- *For våren gir nedskaleringene tendens til mindre nedbør i de sydlige regioner, mens det er en økning i de nordlige regioner*
- *For sommeren viser scenariene en tendens til mindre nedbør i de østlige regioner, og en økning i de vestlige regioner. For de nordlige regioner er det bare små endringer.*
- *Økningen i nedbør på Vestlandet de siste dekader har skjedd med en høyere rate enn i scenariene*
- *Scenariene indikerer økende intensitet og større hyppighet av ekstreme nedbør-episoder*