

# Klimaendringer kan fylle vannmagasinene

Beregninger av hvordan vannføringen kan endre seg i Norge i framtiden viser til dels store økninger i tilsig til vassdrag både på års- og sesongbasis.

**Torill Engen Skaugen og Lars A. Roald,**  
*RegClim*

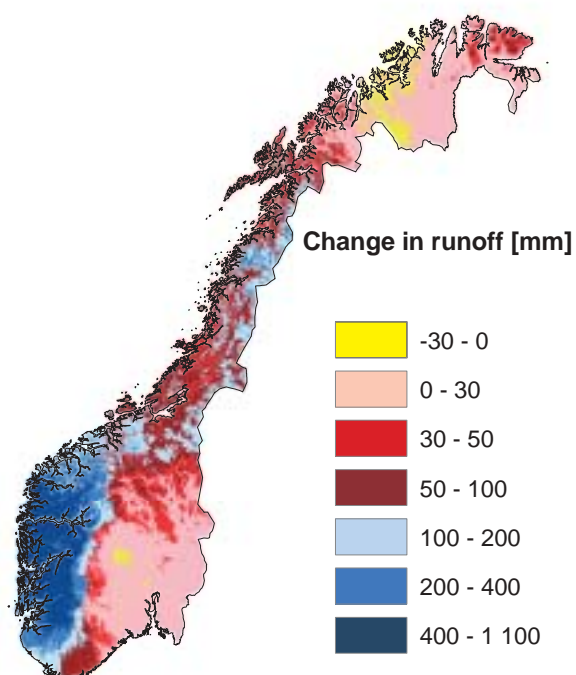
Elektrisitet i Norge produseres i all hovedsak fra vannkraft (97 prosent). Gjennomsnittsproduksjonen over et år er på 118 TWh, men varierer mellom 80 og 150 TWh. Tilsiget i vassdragene og produksjonen har økt siden 1960, men

variasjonene fra år til år er fortsatt store. Således hadde vi tørrår som 1996 og 2003 med kraftunderskudd og skyhøye strømpriser landet over. På oppdrag fra energibransjen (EBL-Kompetanse AS) og Norges forskningsråd har Meteorologisk institutt (met.no) i nært samarbeid med Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) utarbeidet et scenario for hvordan vannføringen kan endre seg i

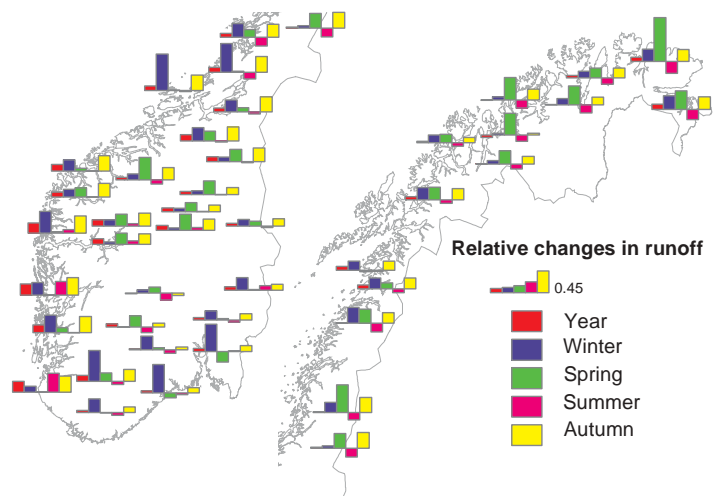
Norge i fremtiden.

Scenariet skal benyttes til beregninger av kraftproduksjon, det vil si et scenario for tilgjengelighet av vannkraft i fremtiden. Videre vil en studere endringer i hydrologiske forhold, for eksempel om vårfloppen vil endres og komme senere/tidligere enn i dagens klima, eller om en får mindre snø i fjellet og jevnere tilsig gjennom året. Slike prob-

Figur 1. Gjennomsnittlig endring i årsavrenning for perioden 2030-2049 sammenlignet med perioden 1980-1999.



Figur 2. Relativ endring (prosent) i gjennomsnittlig årsavrenning og sesongavrenning i de utvalgte nedbørfelt for perioden 2030-2049 sammenlignet med perioden 1980-1999. Vinter: desember-februar, vår: mars-mai, sommer: juni-august, høst: september-november.



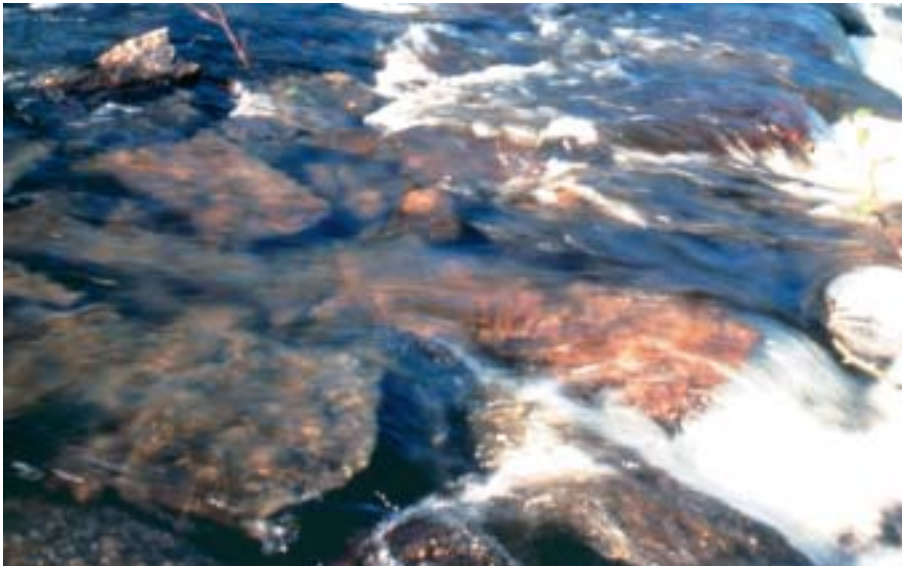


Foto: Audiovisual Library European Commission

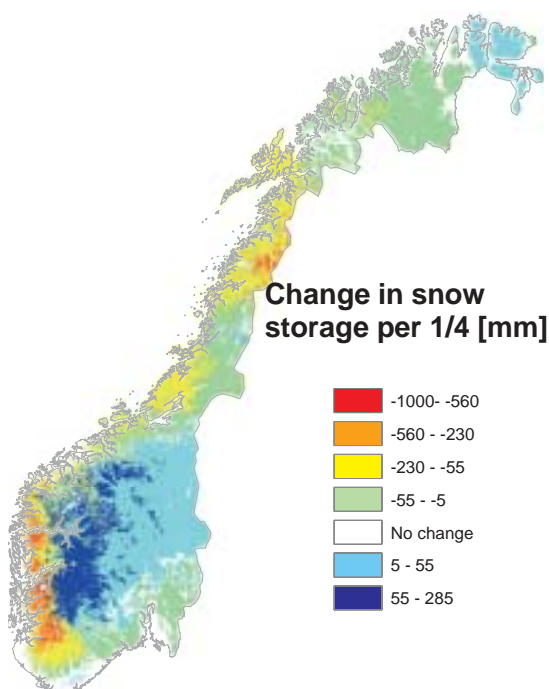
**MER VANN:** Tilsiget vil ifølge modellberegninger øke i hele Norge i framtiden, med unntak av områder i Finnmark og indre deler av Sør-Norge.

lemstillinger har stor interesse for kraftselskapene i forhold til de reglement for regulering som er knyttet til hvert enkelt kraftmagasin.

Vi har her valgt å fokusere på hvordan gjennomsnittlige års- og sesongverdier ser ut til å endre seg for perioden 2030-2049, sammenlignet med en kontrollperiode 1980-1999. Vi presenterer også

et anslag på endring i vannmengden i snødekket (vannekvivalenten i mm) pr 1. april. Studiet som her oppsummeres er ytterligere dokumentert i Roald m fl (2003). I arbeidet er det benyttet en hydrologisk modell for avløp av nedbør kalt HBV (Bergström 1976; se faktaboks). Det må presiseres at beregningene kun er utført på grunnlag av RegClims første scenario.

**Figur 3.** Gjennomsnittlig endring i snøens vanninnhold pr. 1. april for perioden 2030-2049 sammenlignet med perioden 1980-1999.



#### Økning i nesten hele landet

Figur 1 viser endringer i vannføringen i Norge som årsgjennomsnitt for perioden 2030-2049 sammenlignet med kontrollperioden 1980-1999. Det fremgår at tilsiget vil øke over hele landet med unntak av områder i Finnmark og indre deler av Sør-Norge. Disse områdene har lavest tilsig (mindre enn 500 mm/år) i dag, og endringer i nedbør er minst i scenariet. Vestlandet og kystområdene i Nordland har i dag høyt tilsig (over 2000 mm/år), først og fremst på grunn av mye nedbør. Disse områdene vil få en ytterligere, markert økning i vannføring (over 400 mm/år).

Et tilsvarende mønster for vannføring over året får en i resultatene for nedbørfelt i figur 2 (rød stolpe). Resultatene er her presentert som relative endringer. (Lengden på den gule stolpen i tegnforklaringen tilsvarer en økning på 45 prosent). Gjennomsnittlige endringer i

### Tilsig

Med tilsig menes avrenning fra uregulerte (naturlige) vassdrag. Vannføring fra vannmerker som er plassert i regulerte elver er derfor korrigert for å være representative for naturlige forhold.

### Datagrunnlaget

De hydrologiske beregningene er gjort med modellen HBV. Inngangsdata til HBV-modellen er observert nedbør og temperatur på en rekke stasjoner med en tidsoppløsning på et døgn. Beregnede data fra RegClim for nedbør og temperatur har en døgnetlig tidsoppløsning i et romlig rutenett med oppløsning på omlag 55 km x 55 km (Bjerge m fl 2000). Disse bygger på såkalt dynamisk nedskalering (se artikkel av Førland i *Cicerone* 6-1999). For at verdiene i rutenettet fra den dynamiske nedskaleringen skal være representative for værstasjonene som benyttes i HBV-modellen, er verdiene justert. Denne justeringen har imidlertid ikke vært helt optimal. Videre arbeid med dette vil fortsette i RegClim.

### HBV-modellen

HBV-modellen er en enkel modell for å beregne avrenning for et avløpsområde. Den er svært mye brukt i Norden, men også i mange andre land. HBV-modellen kan brukes på to måter: for et nedbørfelt og for et rutenett (GWB-modell; Beldring m fl. 2002). For nedbørfelt kalibreres modellen med nedbør- og temperaturverdier fra representative værstasjoner. Statistiske analyser av samvariasjonen mellom modellerte og observerte verdier for vannføring benyttes så til å vurdere om ulike kriterier er oppfylt. På denne måten kan modellens pålitelighet bestemmes. Utvalget er gjort med tanke på å dekke alle regioner og er basert på eksisterende kalibrerte HBV-modeller. Årsverdier samt sesongverdier er beregnet for alle nedbørfeltene. Modellen med rutenett er tilsvarende kalibrert for den siste normalperioden (1961-1990). Modellen har en oppløsning på 1 km x 1 km og er landsdekkende. Den er her kun kjørt på årsbasis.

sesongverdier er også presentert i figur 2. De viser at avrenningen vil øke mest i kystnære områder på Vestlandet om vinteren og om høsten. I Finnmark og indre deler av Sørlandet vil økningen være størst om våren, om sommeren ser det ut til å bli en reduksjon i tilsiget. En av årsakene kan være at dette er nordlige eller høyereliggende områder der snøsmelting forekommer langt inn i sommermånedene. Med et varmere klima vil snøen smelte tidligere.

Et gjennomsnittlig anslag for hvordan vanninnholdet i snødekket pr 1. april vil endre seg er beregnet i en vannbalansmodell (GWB, se faktaboks) og presentert i figur 3. Figuren viser at i høyereliggende områder i Sør-Norge og områder lengst nord i landet vil få en økning i vanninnholdet om våren. De øvrige områder vil få en reduksjon, mest i høyfjellet på Vestlandet og i Nordland (over 560 mm). Kystnære områder vil få liten eller ingen endring, med unntak av områder i Nordland.

#### Usikkerhet

Resultatene som er presentert er basert på ett scenario med én koblet klimamodell for atmosfære/hav/is og ett utslippsscenario (IS92a). Disse resultatene er nedskalert til våre områder og videre justert for å tilpasses lokale forhold. Scenariene for avløp er så beregnet med en vannbalansmodell (se faktaboks). Når man gjør beregninger for fremtiden på denne måten, er det viktig å være oppmerksom på at det er betydelig usikkerhet forbundet med alle nivåene i beregningene. Resultatene fra de ulike globale klimamodellene spriker hva gjelder økning i temperatur og nedbør på våre breddegrader. Imidlertid er det en felles trend i alle modeller at det vil bli varmere og mer nedbør.

#### Litteratur

- Beldring S, LA Roald & A Voksø (2002). NVE-Dokument 2-2002, 49 pp.
- Bergström S (1976). Report RH07, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping.
- Bjørge D, JE Haugen & TE Nordeng (2000). DNMI Research report No. 103, 41 pp.
- Førland EJ, LA Roald, OE Tveito & I Hanssen-Bauer (2000). DNMI Report 19/00 KLIMA, 77 pp.
- Hanssen-Bauer I & Nordli PØ (1998). DNMI-Report 25/98 KLIMA, 29 pp.
- Roald L, TE Skaugen, S Beldring, T Væringstad & EJ Førland (2003). Oppdragsrapport A nr. 10-2002 / met.no Report 19/02 KLIMA, 56 pp.

#### Torill Engen Skaugen

(engen.skaugen@met.no) er forsker ved Meteorologisk Institutt (met.no). I RegClim arbeider hun blant annet med nedskalering fra globale klimamodeller.

#### Lars A. Roald

(lars.roald@nve.no) er forsker ved Norges Vassdrags og Energi-direktorat (NVE) med bred erfaring innen hydrologi i norske vassdrag. Han er ikke direkte knyttet til RegClim.

# Samsvar mellom himmel og jord

Mens bakketemperaturene stiger, har man hittil ikke målt noen tilsvarende oppvarming av atmosfæren (troposfæren). Nå viser en ny analyse oppvarming også av atmosfæren siden 1979.

**Sigbjørn Grønås,**  
*RegClim*

Tidligere anslag av temperatur basert på satellittdata siden 1979 for troposfæren - luftlaget nærmest jordoverflaten under stratosfæren, har ikke vist samme globale oppvarming som observasjoner ved bakken (se artikkel av Grønås i *Cicerone* 2/2000). Denne uoverensstemmelsen har vært et viktig argument for skepsis mot FNs klimapanel (IPCC) konklusjon om at global oppvarming på grunn av økt drivhuseffekt alt er påvist med stor sannsynlighet. Nye analyser av satellittdataene samsvarer med modellberegninger og observasjoner ved bakken.

Å analysere strålingsdata fra i alt 12 forskjellige satellitter og omgjøre dem til temperatur for atmosfæren, er ingen enkel oppgave. Metodene skal ta hensyn til forskjellige systematiske feil i data fra ulike satellitter, usikkerhet i instrumentenes kalibreringskonstanter, endringer i instrumentenes temperatur, endringer i anslag av døgnlige temperaturvariasjoner og endringer i satellittenes høyde. Analysene har til nå blitt gjort av en gruppe ved Universitetet i Alabama, men en uavhengig analyse av de samme data er nylig utført av Remote Sensing Systems i California. Begge analyser gir anslag for middeltemperatur i midtre og øvre del av troposfæren (laget opp til ca 10 km på våre bredder) og for stratosfæren.

Resultatene er nylig presentert i en artikkel i *Science* av Santer m fl (2003). Analysene samsvarer med tidligere data for stratosfæren og er i overensstemmelse med modellberegninger. For troposfæren viser det nye anslaget en positiv trend i global temperatur på 0,1 °C per tiår, mens det gamle anslaget ikke viste noen trend. Den nye analysen er i samsvar med modellberegninger som tar med både naturlige og menneskeskapt pådriv på klimasystemet. Undersøkelsen indikerer at ulikheten mellom observasjoner ved bakken og satellittobservasjoner for troposfæren er en følge av usikkerhet i dataene.

#### Referanse:

- Santer med flere 2003. Influence of Satellite Data Uncertainties on the Detection of Externally Forced Climate Change. *Science*, 300, 23 mai 2003.