

Klimaet i Norge: Hvordan er det og hvordan blir det?

Av Torill Engen-Skaugen og Inger Hanssen-Bauer

Torill Engen-Skaugen og Inger Hanssen-Bauer er begge forskere ved Meteorologisk Institutt.

Innlegg på seminar i Norsk vannforening 17. mars 2010.

Introduksjon

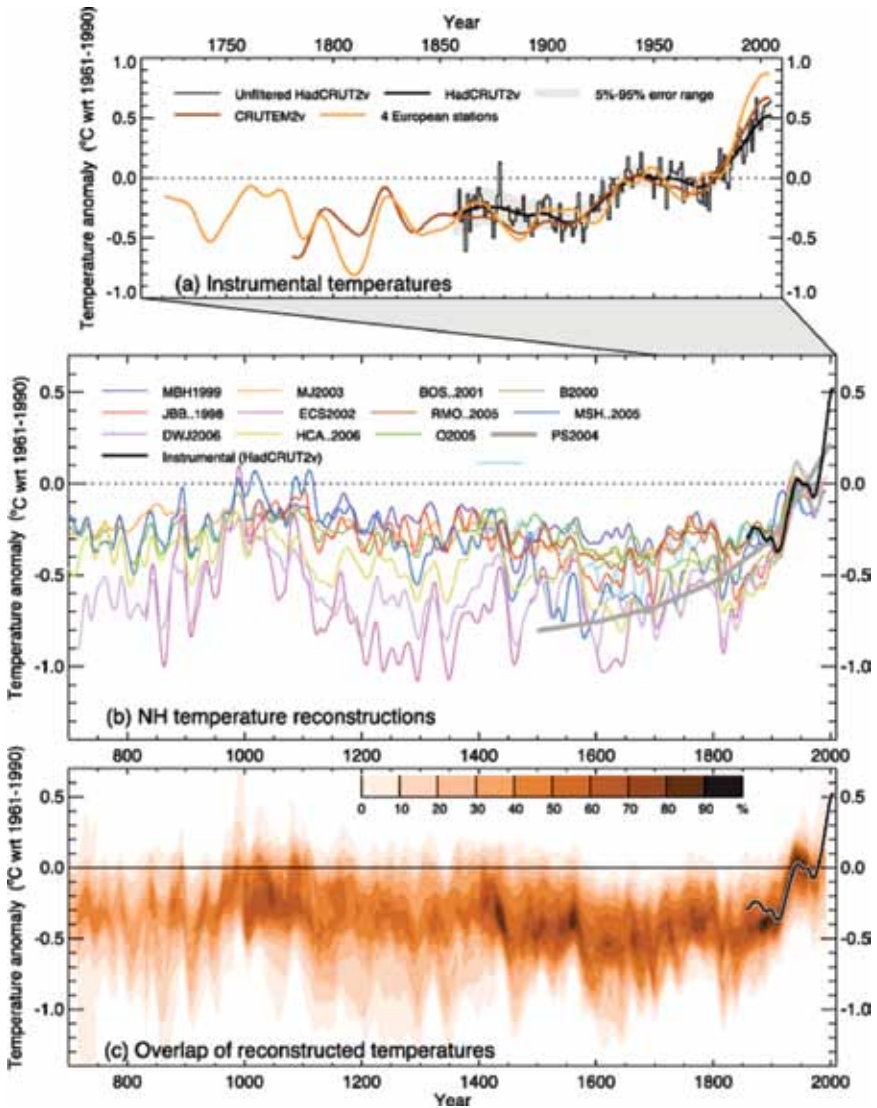
Som bakgrunnsmateriale til det nasjonale klimatilpasningsarbeidet (NOU Klimatilpasning, www.nou-klimatilpasning.no) ble det i fjor utarbeidet en rapport "Klima i Norge 2100" (Hanssen-Bauer et al., 2009). En oppsummering av bl.a. denne rapporten ble gitt på Vannforeningens seminar om "Klimaendringer og konsekvenser for vårt vannmiljø" den 17. mars 2010 i CIENS, Oslo. Dette foredraget er gjengitt i denne artikkelen.

Klima er som kjent typisk fordeling av været over tid, ofte representert ved en 30-årsperiode. Man kan studere klima på ulik tidskala. Historisk klima, tusen år eller mer tilbake i tid, er basert på rekonstruksjoner basert på analyser av ulike proxy data (for eksempel iskjerneboringer, treringer, innhøstingslogg etc.). Analyser av nyere tids klima, ca 100 – 150 år tilbake i tid, er basert på instrumentelle målinger. Det er stor bekymring knyttet til utviklingen av senere års

klima. Globaltemperaturen har økt betraktelig de senere dekader. Det er derfor satt inn store resurser de senere år på utvikling av klimamodeller for å kunne etablere klimaprojeksjoner for fremtiden. Projeksjonene fremkommer ved at globale klimamodeller kjøres med ulike utslipsscenarioer av drivhusgasser og aerosoler basert på befolkningsvekst, samt økonomisk- og teknologisk utvikling. Modellene nedskaleres videre til regionale og lokale forhold ved ulik nedskaleringsmetodikk (e.g. empirisk-statistisk, dynamisk). Det er forståelig nok knyttet stor usikkerhet til slike resultater. Relativt sett er usikkerheten størst når det gjelder veldig nær fremtid (10 – 20 år frem i tid). Dette skyldes at naturlige klimavariasjoner til en stor grad dominerer over "klimasignalet" som skyldes økt drivhuseffekt. Det er ventet at menneskeskapte endringer i klimaet vil komme stadig sterkere til uttrykk i klimavariabel kommande år.

Historisk klima

Ulike rekonstruksjoner viser at middeltemperaturen på den nordlig halvkule i



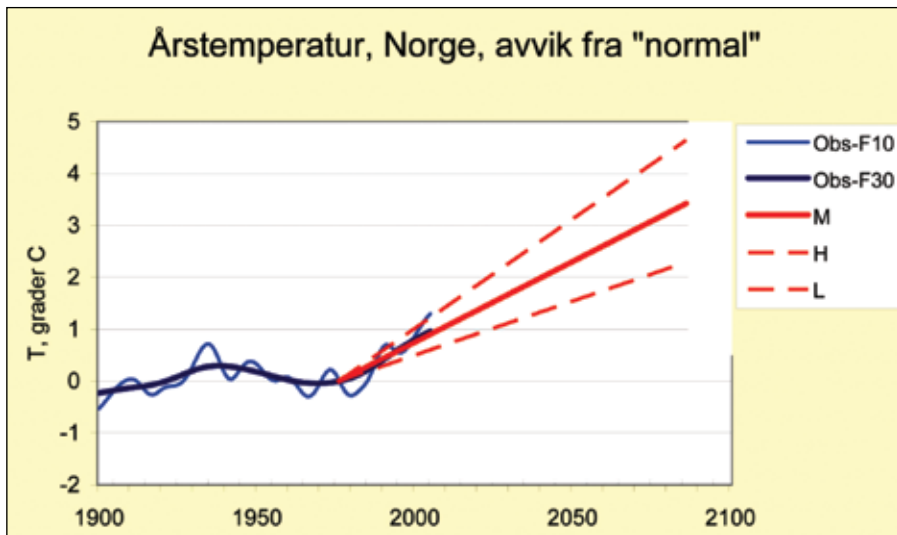
Figur 1. De to nederste figurene (b og c) viser rekonstruert middeltemperatur for den nordlige halvklule tilbake til ca år 0. Nederste figur viser overlappende rekonstruksjoner som tyder på at de fleste rekonstruksjoner er enige om at global middeltemperatur har fluktuert $\sim 0 - 1$ grader under normaltemperaturen for perioden 1961 - 1990. Figur a zoomer inn på perioden 1700 - 2000 og viser ulike gjennomsnittlige temperatur kurver for den nordlige halvklule. De representerer ulike metoder å beregne temperaturen på. De har imidlertid til felles at en markert økning i middeltemperaturen fremkommer.

perioden fra 1850 og ca 1000 år tilbake i tid trolig har fluktuert mellom +0.2 og -1.0 °C relativt til 1961 – 1990-normalen. Ved overgangen fra slutten av 1800-tallet til begynnelsen av 1900 begynte den industrielle revolusjon. Industrien skjøt fart og utslipp av klimagasser (som for eksempel CO₂) til atmosfæren tiltok, som følge av økt bruk av fossilt brennstoff. Global middel temperatur har siden dette steget med ca 0.8 °C, se figur 1.

Regionalt er temperaturvariasjonene større enn globalt. For 6000 til 9000 år siden var sommertemperaturen i Norge antagelig 1,5 til 2 °C høyere enn i normalperioden 1961–90. Dette skyldes at jorda

var nærmere sola om sommeren, og at jordaksens helning var større enn den er i dag. I middelalderen (ca. år 500–1500) lå temperaturen i Skandinavia antagelig 0,5 til 1 °C høyere enn i perioden 1961–90. Årsaken kan ha vært en kombinasjon av høy solaktivitet og få vulkanutbrudd.

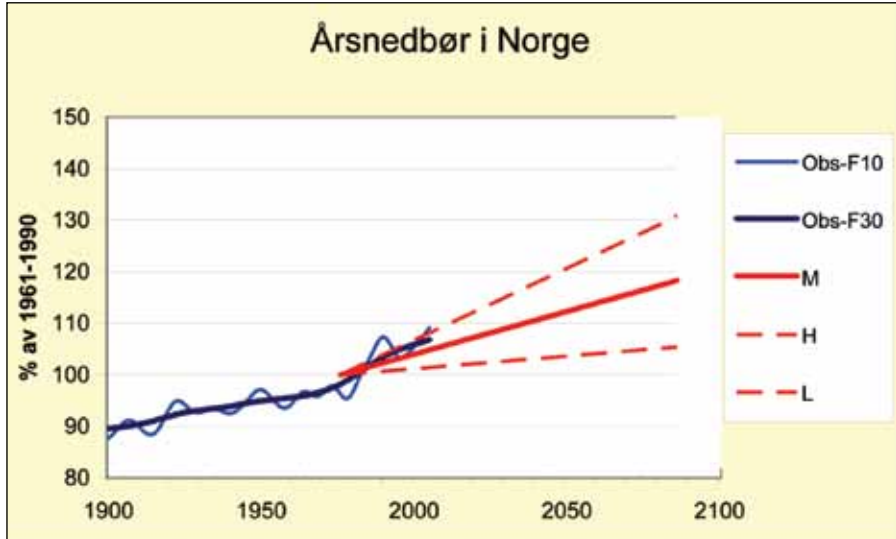
Årsmiddeltemperaturen for fastlands-Norge har økt med ca. 0,8 °C de siste hundre årene, og mest om våren, se figur 2. Det har vært perioder med både stigende og fallende temperatur, men siden 1965 har temperaturen økt med ca. 0,4 °C per tiår. Vekstsesonen har blitt lengre over hele landet, og fyringsgrad-dagsummen har avtatt.



Figur 2. Observert temperaturutvikling i Norge gjennom det 20. århundret og beregnede framskrivinger for det 21. århundret. Verdiene er avvik fra observert middeltemperatur i perioden 1961 – 1990. Observert temperaturutvikling er glattet og viser variasjoner på 10-års (lys blå) og 30 års (mørk blå) tidsskala. Framskrivingene er vist som beregnet gjennomsnittlig trend (heltrukket rød) samt høy og lav framskrivning (stiplet rød).

For fastlands-Norge har årsnedbøren økt med nesten 20 % siden år 1900, med størst økning om vinteren og minst om sommeren, se figur 3. Årsnedbøren har

økt mest på Vestlandet. For stormhyppighet i våre hav og kystområder er det ingen klar trend siden 1880. Snøsesongen er blitt kortere de fleste steder.



Figur 3. Observert nedbørutvikling i Norge gjennom det 20. århundret og beregnede framskrivinger for det 21. århundret. Verdiene er avvik fra observert middeltemperatur i perioden 1961 – 1990 i prosent. Observert temperaturutvikling er glattet og viser variasjoner på 10-års (lys blå) og 30 års (mørk blå) tidsskala. Framskrivningene er vist som beregnet gjennomsnittlig trend (heltrukket rød) samt høy og lav framskriving (stiplet rød).

Klimautvikling i nær fortid og nær framtid

Perioden 1961–90 er en internasjonalt vedtatt referanseperiode, som blir brukt til beregning av dimensjonerende verdier for planleggingsformål, og som kan bli brukt for slike beregninger helt fram til 2021. Det har imidlertid vært betydelige endringer når man sammenlikner denne perioden med en ny trettiårsperiode 1979–2008: Årsmiddeltemperaturen for

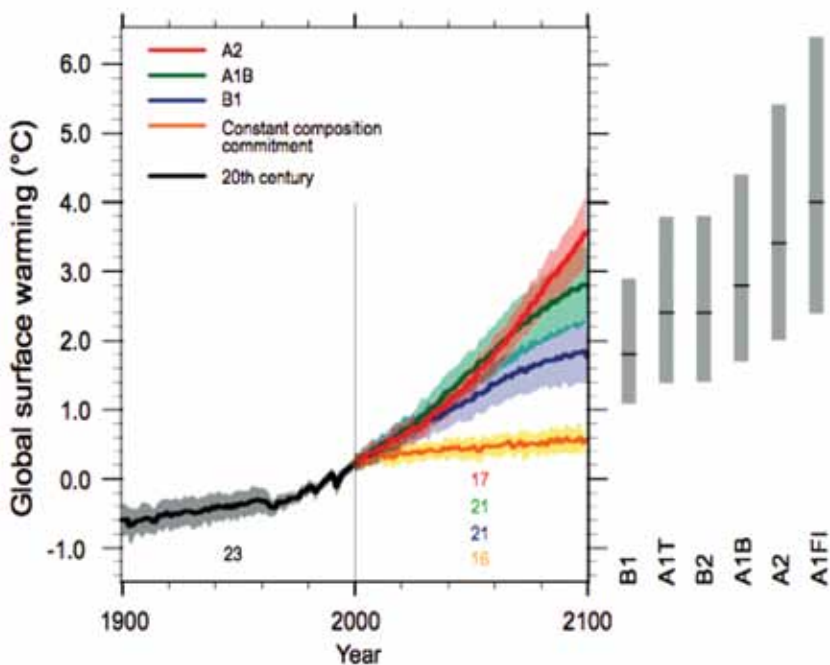
fastlands-Norge har økt med 0,5 til 0,6 °C i alle landets regioner. Økningen har vært størst om vinteren og minst om sommeren og høsten. Årsnedbøren har i gjennomsnitt økt med 5 %. Den har særlig økt om vinteren (17 %), men også om våren (10 %). Høstnedbøren har avtatt med 3 %. Årsavrenningen for Norge anslås å ha økt med 2,5 %. For vinteren er

økningen i gjennomsnitt på 23 %, med store regionale variasjoner. Om sommeren er det i gjennomsnitt en liten reduksjon, mens avrenningen i breelver har økt noe sommer og/eller høst. Det er sannsynlig at endringer fra perioden 1961–90 til perioden 1979–2008 i betydelig grad er forårsaket av naturlig klimavariabilitet, men at også menneskelig aktivitet har bidratt til disse endringene. Fordi ”klimasignalet” som følge av menneskeskapt oppvarming er ventet å komme sterkere til uttrykk i fremtiden, kan det anbefales at man framfor å bruke data for perioden 1961–90 for planleg-

gingsformål de kommende tiårene i stedet bruker data for perioden 1979–2008, og i tillegg vurderer de signaler man ser i klimaframskrivninger.

Regionale fremskrivninger

De regionale framskrivningene er, som skissert innledningsvis, basert på: 1) scenarier for menneskeskapt utslipp av drivhusgasser og -partikler, 2) globale beregninger av klimasystemets respons på disse, se figur 4, og 3) metoder for å regionalisere disse beregningene med større geografisk detaljrikdom (nedskalering).



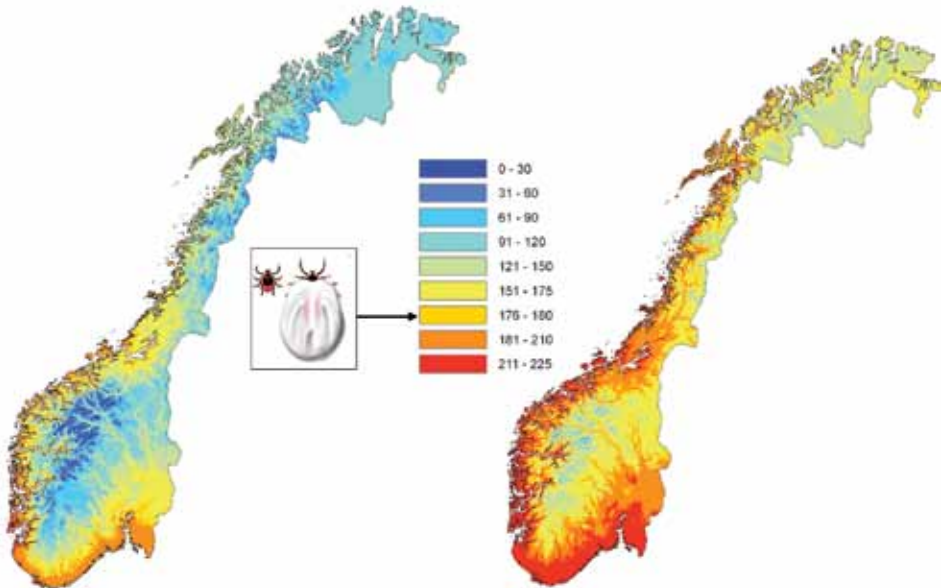
Figur 4. Figuren viser globale beregninger for lufttemperatur som respons på ulike scenarier for menneskeskapt utslipp av drivhusgasser og -partikler. Disse utslippsscenarioene kalles SRES-scenarier, og er utgitt i en Special Report on Emission Scenarios (IPCC, 2000) og har navn som A2, B2, A1B.

Manglende kjennskap til framtidige utslipp av klimagasser og -partikler, kombinert med mangler og forenklinger i klimamodellene, gjør klimaframskrivninger usikre. Usikkerhetene er større på lokal enn global skala. Modellering av den menneskeskapte påvirkningen av klimasystemet gir likevel indikasjoner på hva slags endringer vi risikerer å få i Norge i det 21. århundret. For temperatur og nedbør er det beregnet både en lav, en middels og en høy framskrivning. Disse er basert på alle tilgjengelige modellkjøringer for Norge. Middeles fremskriving er middelverdien for alle proeksjonene frem til perioden 2071 – 2100. Høy og lav er definert hhv av 90 og

10 persentilen av hele datasettet. Utdrag av beregnede utviklingstrekk presenteres under.

Lufttemperatur og vekstsesong

Det blir varmere i alle landsdeler og for alle årstider. Årsmiddeltemperaturen i Norge anslås å øke med 2,3 til 4,6 °C innen 2100 (se figur 2). Beregningene gir størst temperaturøkning i vinterhalvåret, og minst om sommeren. Årsmiddeltemperaturen anslås å øke mest i Finnmark, der beregningene gir en økning på 3,0 til 5,4 °C. På Vestlandet er tilsvarende tall 1,9 og 4,2 °C. Vekstsesongen blir betydelig lengre. Det beregnes en økning på 1–2 måneder over store deler av landet, og på 2–3



Figur 5. Figuren viser vekstsesong for perioden 1961 – 1990 (venstre) og et eksempel på fremskriving av denne for perioden 2071 – 2100 (høyre). Økt temperatur fører til betraktelig lengre vekstsesong over hele landet. Flåtten ser ut til å kunne etablere seg permanent i områder der vekstsesongen er minst 176-180 dager.

måneder i en del områder, fram mot 2100. Dette kan ha heldige effekter siden vi da kan dyrke marka lenger, men også uheldige effekter slik som at flåtten kryper lenger nord. Det ser nemlig ut til å være en nær sammenheng mellom vekstsesongens lengde og flåttens mulighet til å etablere seg. Flåtten var i 1960-1990 vanligst på Sørlandet, men har de senere år i økende grad blitt registrert i Oslofjordområdet og et stykke inn i indre deler av Østlandet, langs kysten av Vestlandet og nordover til Brønnøysund (se www.flattogflue.no). Med et varmere klima kan flåtten migrere enda lengre nordover og lenger inn i landet. Et eksempel på dette er vist i figur 5.

Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret. Hyppigheten av høyere vindstyrker kan øke, men grunnet systematiske svakheter i klimamodellene er det for tidlig å konkludere om dette.

Nedbør

Det blir mer nedbør i hele landet. I gjennomsnitt for Norge beregnes årsnedbøren å øke med 5 til 30 prosent mot slutten av århundret, se figur 3. Vinternedbøren kan øke med over 40 prosent i deler av Øst-, Sør- og Vestlandet mot slutten av århundret. Sommernedbøren på Sør- og Østlandet anslås å avta mot slutten av århundret. For øvrig beregnes nedbøren å øke for alle årstider og i alle regioner. Den store naturlige variabiliteten kan likevel føre til at man lokalt kan oppleve perioder fra noen år til noen tiår med redusert nedbør. Det blir flere dager

med mye nedbør, og gjennomsnittlig nedbørmengde for disse dagene blir høyere i hele Norge og for alle årstider.

Forsuring

Forsuringen av havet beregnes å akseletere, og i våre norske farvann forventes en nedgang på minst 0,5 pH-enheter i dette århundret.

Sjøis

Både tjukkelse og utbredelse av det arktiske isdekket vil fortsette å avta utover i det 21. århundret. Arktis kan bli isfritt om sommeren fra rundt midten av dette århundret, men det forventes betydelig variasjon i utbredelse fra år til år.

Havnivå

I løpet av det 21. århundret kan havnivået langs norskekysten forventes å stige med rundt 70 cm langs kysten av Sør- og Vestlandet, rundt 60 cm i Nord-Norge og rundt 40 cm innerst i Oslo- og Trondheimsfjorden. Grunnet usikkerheter knyttet til de ulike bidragene til framtidig havstigning, kan havstigningen bli fra 20 cm lavere til 35 cm høyere enn verdiene gitt over.

Litt om usikkerhet

Det finnes ulike typer usikkerhet knyttet til klimafremskrivninger på global og regional skala. Noen av usikkerhetskildene lar seg tallfeste, andre kan bare estimeres. Grovt sagt kan usikkerhet inndeles i fire kategorier:

Naturlig klimavariasjon; Naturlige og tilfeldige variasjoner i klima, som kan ha

utstrekning fra et lite geografisk område til store deler av jorden, og som typisk varer fra noen år til opptil ett til to tiår. I noen tilfeller kan naturlig klimavariasjon vare i hundre år og mer.

Naturlig klimapådriv; Endringer i klimapådriv som menneskeheten ikke har kontroll over, for eksempel vulkanutbrudd eller endring knyttet til stråling fra solen.

Menneskeskapt pådriv; Endringer i klimapådriv som skyldes samlet effekt av menneskeaktivitet, i hovedsak utslipp av klimagasser og -partikler fra forbren-

ning av kull, olje eller gass, men også skogshogst, endring i bruk av land og sementproduksjon.

Ufullstendig kunnskap; Klimaet er komplisert, og vi vil aldri kunne opparbeide fullverdig kunnskap om hvordan klimaet fungerer. Det vil derfor alltid være usikkerheter, for eksempel knyttet til prosesser i atmosfæren, på landjorden og i havet – og til vekselvirkninger mellom disse. Det er også forenklinger, svakheter og mangler ved klimamodelene som brukes for å beskrive dagens og framtidig klima. Disse kildene gir alle opphav til usikkerheter.