

2 KLIMASCENARIER

Inger Hansen-Bauer og Jan Erik Haugen, Meteorologisk institutt

2.1 Globale klimascenarier

I følge FNs klimapanel vil økte konsentrasjoner av drivhusgasser i atmosfæren antagelig føre til en global oppvarming på mellom 1,4 og 5,8 °C fra 1990 til 2100. Oppvarmingen ventes å føre med seg en økning i globalt midlet fordampning og nedbør. Det ventes imidlertid store regionale forskjeller, og i flere områder ventes mindre nedbør. Også når det gjelder endringer i frekvensen av ekstreme værforhold ventes store forskjeller fra region til region.

For å anslå fremtidige klimaendringer benyttes fysisk baserte globale klimamodeller. Gitt en endring i konsentrasjonen av drivhusgasser, beregnes de resulterende endringer i klima. Slike utslippsscenarioer for drivhusgasser og partikler i atmosfæren er anslått på bakgrunn av antagelser av fremtidig demografisk, samfunnsøkonomisk og teknologisk utvikling. Bruk av forskjellige utslippsscenarioer og forskjellige klimamodeller gir ulike klimascenarier. Vi vet ikke hvilket utslippsscenario eller hvilken modell som er best. Validering av klimamodellene tyder imidlertid på at resultater fra kombinasjoner av mange modellkjøringer ligger nærmere virkeligheten enn resultater fra en enkelt kjøring. Følgende kvalitative resultater med relevans for Norge er robuste ut fra et slikt perspektiv:

- Oppvarmingen over landområder på høye nordlige breddegrader ser ut til å bli større enn gjennomsnittlig global oppvarming, spesielt i vinterhalvåret.
- I et område i den nordlige Nord-Atlanteren blir oppvarmingen antagelig mindre enn den globale oppvarmingen.
- I Nord-Europa ventes øket nedbør i vinterhalvåret.
- I Syd- og Mellom-Europa ventes minkende sommernedbør. Beregninger fra en del modeller tyder på at også Syd-Skandinavia kan få mindre sommernedbør.
- Modellresultatene er sprikende med hensyn til endringer i bakketrykkfelt, og gir ikke klare signaler med hensyn til endringer i gjennomsnittlig vindstyrke over Nord-Europa.

2.2 Klimascenarier for Norge

Regionale klimascenarier for Norge er utarbeidet i prosjektet RegClim ved å nedskalere resultater fra flere globale modeller og utslippsscenarioer.

De globale klimamodellene har dårlig romlig oppløsning, og for å studere klimaendringer på regional skala er det nødvendig å nedskalere scenariene. I Norge er flere metoder benyttet. Statistisk nedskalering er anvendt på en rekke globale scenarier. Dessuten er en regional klimamodell nøstet inn i de globale klimamodellene fra det tyske Max-Planck Instituttet (MPI) og det engelske Hadley Senteret (Hadley). Figurene i dette kapitlet viser kombinerte resultater fra MPI og Hadley under utslippsscenarioet B2, som er et ganske moderat scenario.

2.2.1 Temperatur

Temperaturscenarier for Norge viser større oppvarming i innlandet enn langs kysten, større i nord enn i syd, og i nordlige områder større oppvarming vinter enn sommer. Det kombinerte Hadley-MPI-scenarioet under B2 gir gjennomsnittlige oppvarmingsrater mellom 0,2 og 0,4 °C per tiår fra perioden 1961 1990 til perioden 2071 2100.

Det kombinerte scenarioet Hadley-MPI under B2 gir minst økning i årets middeltemperatur i sydvestlige kyststrøk – størst i indre Finnmark. Scenarioet for sesongtemperaturer tyder på at det geografiske mønsteret for temperaturøkning vil variere gjennom året (Figur 1, øverste rad). Vinter, vår og høst har det geografiske mønsteret likhetstrekk med det vi ser på årsbasis, men forskjellen i oppvarming mellom sydvestlige kyststrøk og nordlige innlandsstrøk er størst om vinteren. Om sommeren viser scenarioet størst temperaturøkning på Østlandet og minst langs kysten av Trøndelag/Nordland. Ifølge det kombinerte scenarioet ventes sterkest oppvarming om vinteren helt i nord, mens det i andre landsdeler ventes større oppvarming om høsten og mange steder også om våren. Det kombinerte scenarioet gir i alle landsdeler minst oppvarming om sommeren.

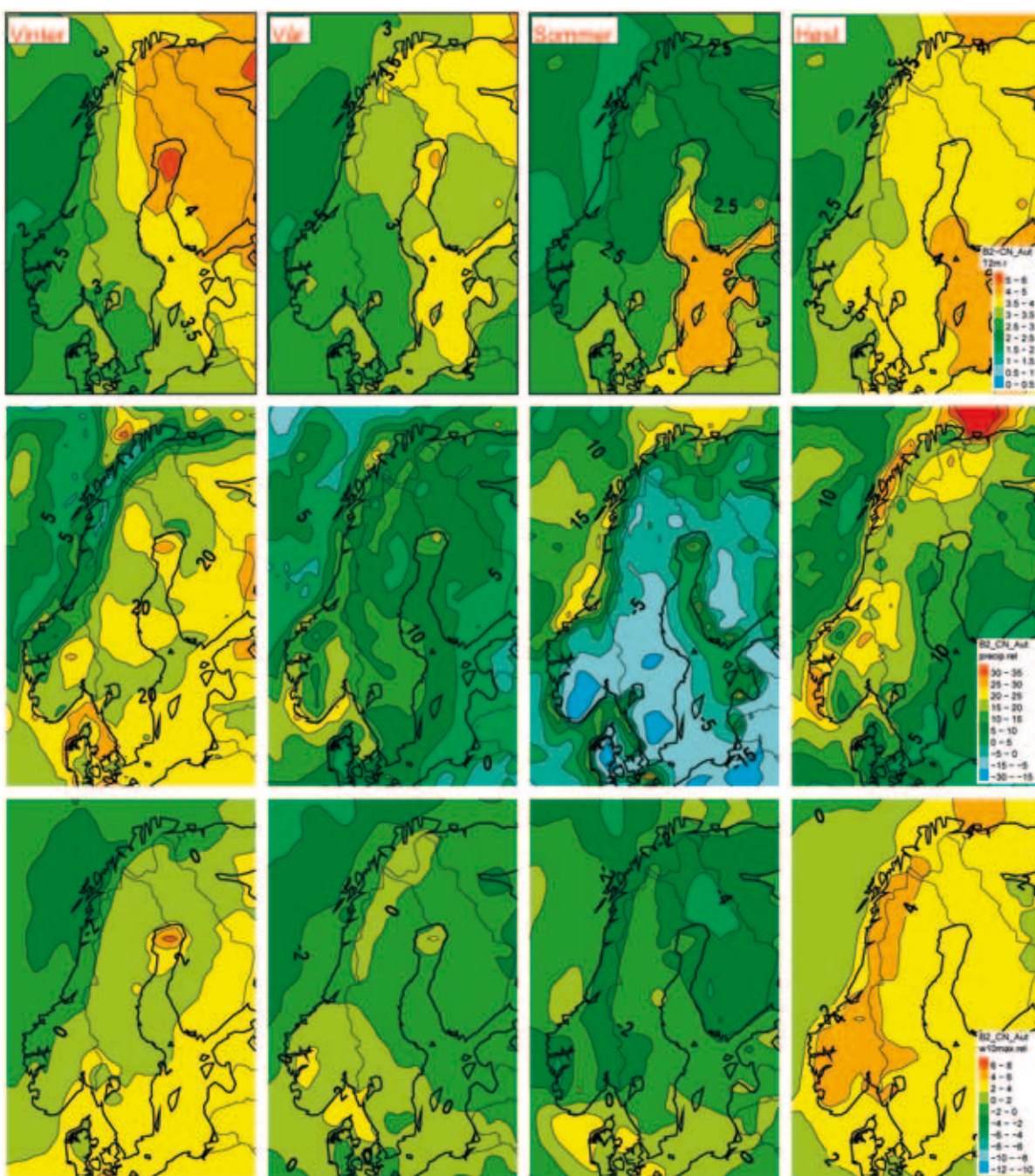
Fordi det er en treghet i klimasystemet er temperaturscenariene for de første 30–50 årene ikke så veldig avhengige av utslippsscenarioet. Mot slutten av det 21. århundret ser vi imidlertid at mer ekstreme utslippsscenarioer enn B2 fører til betydelig større oppvarming enn det som her er vist. Forskjellige glo-

bale modeller gir forskjellige oppvarmingsrater for Norge, men statistisk nedskalering fra et knippe modeller tyder på at resultatene fra Hadley og MPI er nokså «midt på treet» i forhold til andre modeller.

Den regionale modellen gir få lokale detaljer, men resultater fra statistisk nedskalering tyder på at det særlig i innlandsstrøk kan bli forskjeller i oppvarmingsrater mellom frittliggende steder (koller o.l.) og fordypninger i terrenget: På grunn av redusert omfang av inversjon kan oppvarmingen om vinteren skje raskere i dalførene enn i fjellet. Kartene i

Figur 1 er antagelig mest representative for frittliggende steder.

Hadley-MPI-scenariet gir fra perioden 1961–1990 til perioden 2071–2100 en økning i antall vinterdager per år med minimumstemperatur over 0 °C. Minst økning (<4 dager per vinter) ventes i innlandet nordpå og i fjellstrøk sydpå, mens økningen ventes å bli størst (+24 dager) langs kysten av Troms og Finnmark. Også langs resten av kysten og i store deler av Syd-Norge ventes store endringer (+12–24 dager).



Figur 1. Forventet endring i sesongmiddeltemperatur (øverst), sesongnedbør (midten) og sesongmidlet døgnlig maksimumvind (nederst) fra perioden 1961–1990 til perioden 2071–2100.

2.2.2 Nedbør

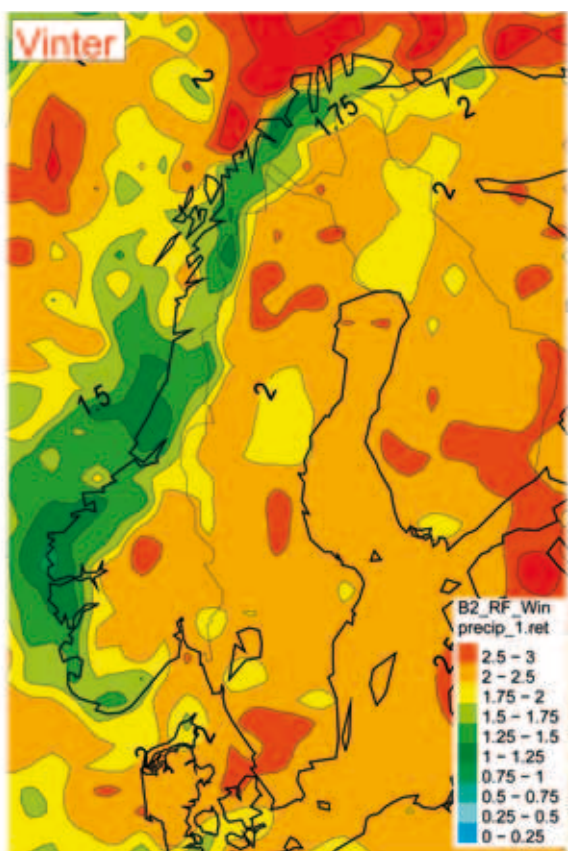
Nedbørscenarier for Norge varierer mer fra modell til modell enn temperaturscenarier. Hadley-MPI-scenariet viser økning i årsnedbør over hele landet. I de fleste landsdeler ligger den ventede nedbørøkningen fra perioden 1961-1990 til perioden 2071-2100 mellom 10 og 15 %, men i enkelte kyst- og fjordstrøk ventes en økning på mer enn 15–20 %.

Det er store forskjeller mellom nedbørscenariene for de forskjellige årstidene (Figur 1, annen rad). Størst nedbørøkning (landsgjennomsnitt ca. 20 %) ventes om høsten, skjønt projeksjonene viser økning også om vinteren og våren de aller fleste steder i Norge (landsgjennomsnitt ca. 13 %). Om sommeren ventes i landsgjennomsnitt liten endring, men regionalt er bildet annerledes: I Nord-Norge ventes en gradient fra små endringer i indre strøk til 15–20 % økning ved kysten, mens det i Syd-Norge ventes redusert sommernedbør over store områder. På deler av Sørlandet og Østlandet ventes en reduksjon på minst 15 %.

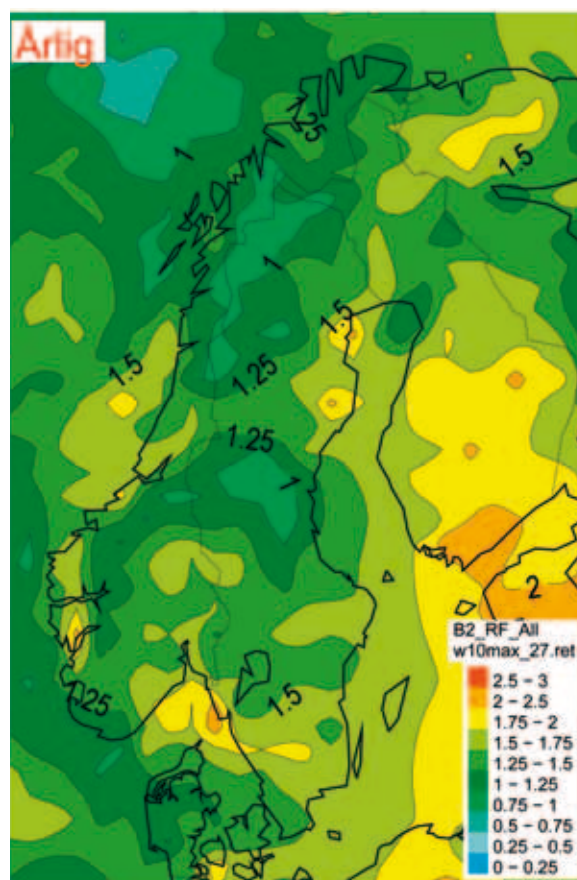
Det er betydelige forskjeller lokalt mellom sesongscenariene fra Hadley og MPI. Resultater fra statistisk nedskalering viser at forskjellene mellom

resultater fra ulike modeller generelt er større for nedbør enn for temperatur. Lokalt kan projeksjonene variere fra å vise en reduksjon til å vise stor økning. Resultater fra en rekke modeller tyder likevel på at signalet om øket årsnedbør i Skandinavia er robust. I nordre regioner gir de fleste modeller nedbørøkning i alle årstider. I sydøstlige regioner (inkludert Østlandet) gir mange modeller redusert sommernedbør.

Analyser av døggnedbør i Hadley-MPI-scenariet tyder på at døgn med store nedbørmengder vil forekomme hyppigere i perioden 2071–2100 enn i perioden 1961–1990. Døggnedbør som nå forekommer kun én gang per vinter vil – ifølge scenariet – om 100 år forekomme hyppigere over hele landet, og to-tre ganger per vinter på store deler av Østlandet (Figur 2). Også om sommeren indikerer scenariet en hyppigere forekomst av høy døggnedbør over hele landet. På Østlandet ventes imidlertid også en økning i antall dager med oppholdsvær om sommeren. I denne landsdelen må vi følgelig være forberedt både på øket risiko for tørke og øket risiko for flom.



Figur 2. Forventet hyppighet i perioden 2071–2100 av den døggnedbøren som i perioden 1961–1990 forekom i snitt én gang per vinter (Tall større enn 1 innebærer hyppigere forekomst av store døggnedbørverdier).



Figur 3. Forventet forekomst per år i perioden 2071–2100 av den vindstyrke som i perioden 1961–1990 forekom én gang per år.

2.2.3 Vind

Vindscenarier for Norge er mindre konsistente enn både temperatur- og nedbørscenarier. Hadley-MPI-scenarier gir svake signaler når det gjelder endringer i gjennomsnittlig vindstyrke i Norge. Mange steder ventes det likevel en viss økning i frekvensen av høye vindstyrker.

Det kombinerte Hadley-MPI-scenariet gir kun små endringer fra perioden 1961–1990 til perioden 2071–2100 både i gjennomsnittlig døgnlig maksimumvindstyrke i Norge for alle årstider (Figur 1, siste rad). Både vinter, vår og sommer ligger de pro-

jiserte endringene innenfor $\pm 2\%$. Om høsten ventes imidlertid en økning på 2–6% over hele landet.

Resultater så langt tyder på at endringene i frekvensen av høye vindstyrker kan endre seg noe mer enn middelverdiene. Det ventes for eksempel en viss økning i frekvensen av døgn med vindhastighet >15 m/s de aller fleste steder. En analyse av forekomsten av den vindhastighet som i perioden 1961–1990 har forekommet i snitt én gang per år, viser at denne vindstyrken mot slutten av århundret vil forekomme mellom 1 og 1,75 ganger per år de aller fleste steder i landet (Figur 3).