

# KLIMAÆNDRINGER OVER DANMARK

Seniorforsker Ole Bøssing Christensen  
Danmarks Meteorologiske Institut

ATV MØDE  
KLIMAÆNDRINGERS BETYDNING FOR VANDKREDSLØBET

HELNAN MARSELIS HOTEL  
4. oktober 2006



## RESUME

Virkningen af den menneskeskabte drivhuseffekt på klimaet i Danmark i løbet af dette århundrede beregnes ofte ved hjælp af såkaldt dynamisk nedskalering, da globale klimamodeller har en rumlig opløsning på over 100km. Med udgangspunkt i globale modellers simulering af klimaet på stor skala, beregner en regional klimamodel vejrets udvikling i 10-50km opløsning i et integrationsområde, der typisk omfatter Europa. Med disse simuleringer kan man give bud på ændringer i gennemsnitsværdier af f.eks. temperatur og nedbør, men også på ændringer i ekstremværdier som kraftig nedbør, hedeølger osv. Output fra regionale klimamodeller bruges også som input til andre effektmodeller, eksempelvis hydrologiske modeller eller stormflodsmodeller.

## REGIONALE KLIMAMODELLER

I takt med udviklingen af computere er det blevet muligt at forøge detaljeringsgraden af globale numeriske klimamodeller. Dette indebærer, at gitteret, der lægges ned over jorden, bliver mere og mere finmasket. Det indebærer også, at det bliver muligt at lave simuleringer af længere perioder og at lave flere simuleringer af samme slags klima. Desværre er det stadig ikke muligt at nå ned på den slags gitterafstande, der er nødvendige for direkte at kunne sige noget om mindre områder, f.eks. om regional variation i Danmark. Det er endvidere svært at sige noget om ekstremvejr på grund af de store gitterbokse.

For at kunne ekstrahere relevant klimainformation på en mindre længdeskala end de godt 100 km, som moderne globale modeller kan nå ned på, benyttes ofte regionale klimamodeller, der kun beskriver en del af Jordens overflade. Disse områder, typisk omkring 5000km x 5000km i udstrækning, beskrives med gitterbokse på 10-50 km, og tidsskridt på ned til nogle få minutter. Som randbetingelser benyttes data fra en global model. Denne ”drivende” model bestemmer temperatur, tryk og vind på kanten af den regionale models integrationsområde.

I en række europæiske samarbejdsprojekter er der blevet samlet viden og data fra regionale klimasimuleringer, så andre modeller kan få input til en beskrivelse af klimaændringers effekter; det senest afsluttede og hidtil mest omfattende er PRUDENCE-projektet (<http://prudence.dmi.dk>), se f.eks. Christensen og Christensen (2006) eller i det hele taget artiklerne til et særnummer af *Climatic Change*, der er på vej; de kan læses på <http://prudence.dmi.dk/public/publications/PSICC>. Disse modeller kan være hydrologiske modeller, grundvandsmodeller, biologiske modeller eller andre kvantitative modeller, der benytter vejrdata som input.

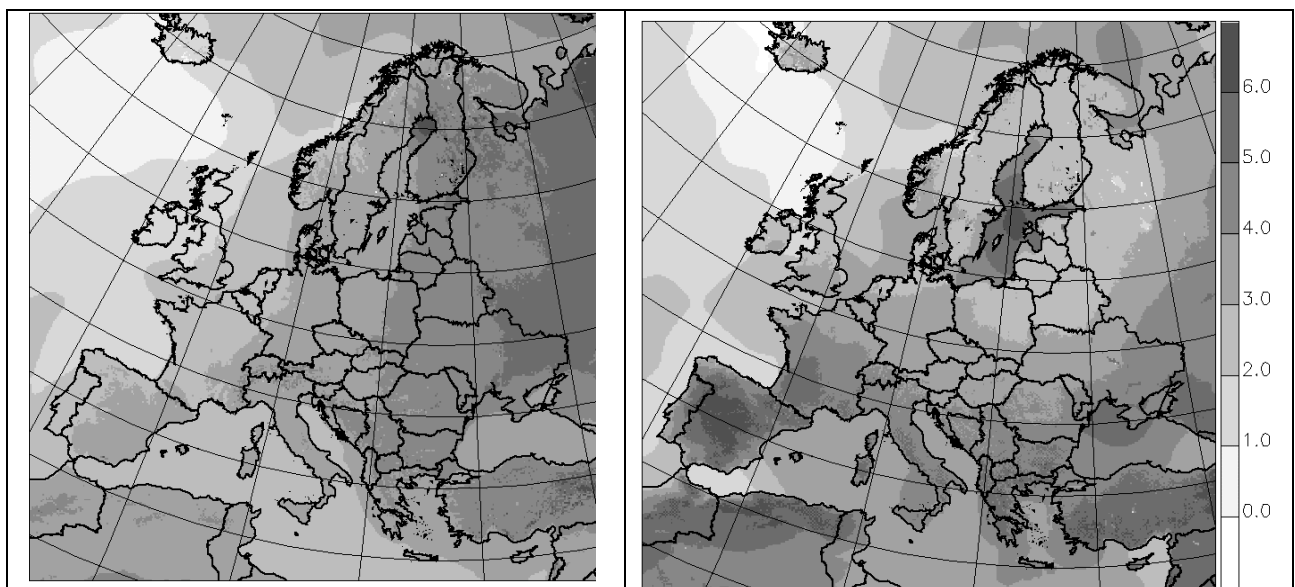
De regionale simuleringer, der vil blive brugt nedenfor og i foredraget, stammer fra PRUDENCE-projektet. Her er blandt andre den danske HIRHAM model blevet brugt med randbetingelser fra en global atmosfæresimulering med den britiske HadAM3H-model. Der er simuleret 30 års ”kontrol” med observerede havtemperaturer fra 1961-1990 og med den periodes atmosfæriske sammensætning. Derudover er der bl.a. blevet simuleret en periode svarende til 2071-2100 efter SRES-scenariet A2; her er havtemperaturerne blevet reguleret med klimaændringer som simuleret med atmosfære-hav-modellen HadCM3, og atmosfæren er igen beskrevet med HadAM3H modellen. De klimaændringer, som vil blive præsenteret

her, vil være forskelle mellem disse to 30-årsperioder. Data stammer fra en simulering med 12km gitterafstand.

### ÆNDRINGER I MIDDELFELTER

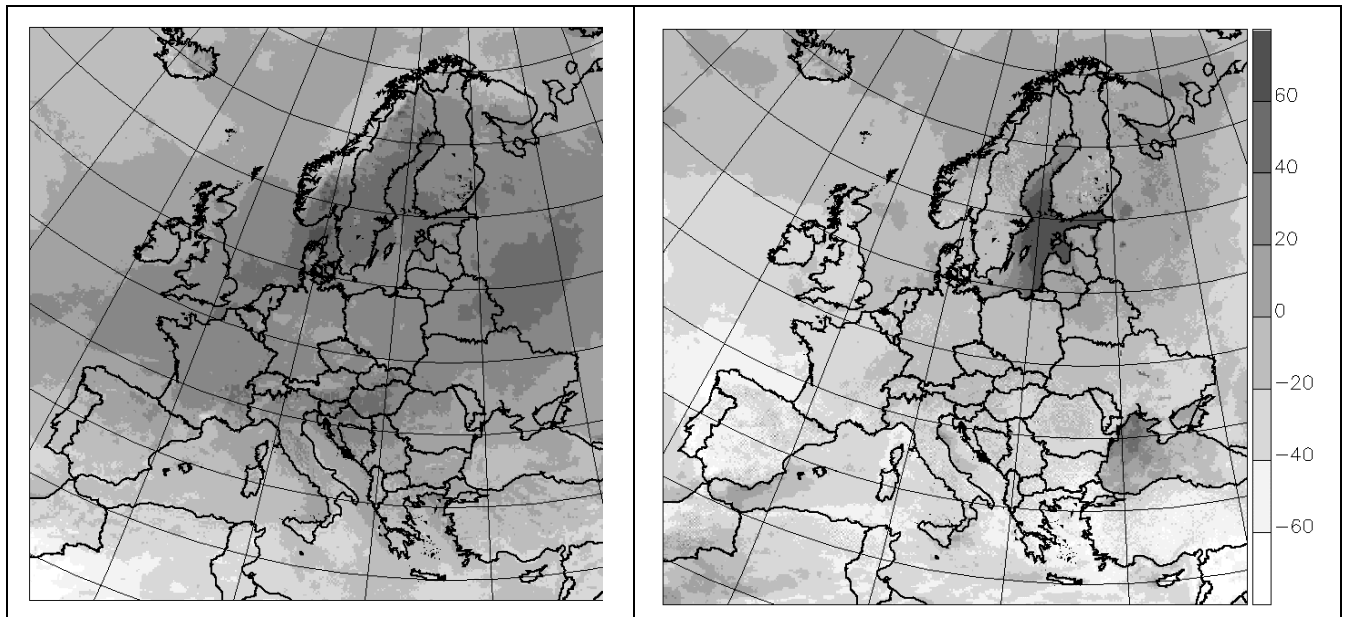
Danmark ligger på grænsen mellem de områder på høje breddegrader, hvor den allerstørste opvarmning typisk forekommer i globale simuleringer om vinteren, og Sydeuropa, hvor der er en usædvanlig stærk opvarmning om sommeren. Nettoresultatet er en begrænset årlig variation i opvarmningen. I Figur 1 vises middelopvarmningen sommer og vinter.

Den største vinteropvarmning vil forekomme på steder, hvor der er sne, og hvor der er en begrænset indflydelse fra åbent hav. Om sommeren ses effekten af, at jorden i høj grad tørrer ud i fremtidssimuleringen. Den tørre jord vil have en meget begrænset afkølede fordampning.



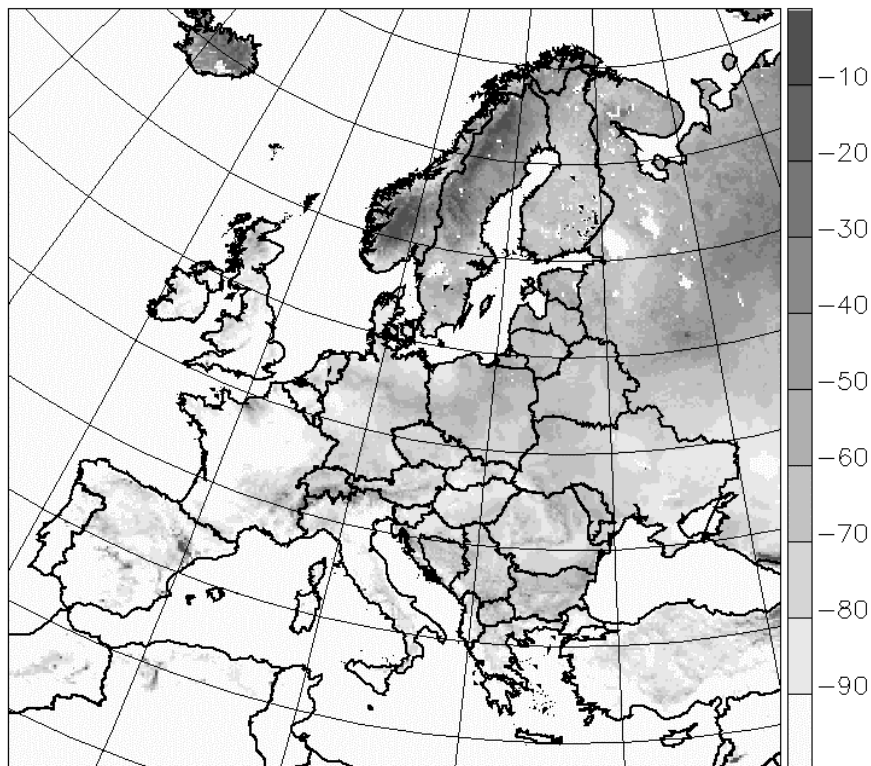
Figur 1. Opvarmning i grader Celsius fra 1961-1990 til 2071-2100 iflg. A2 scenariet simuleret med HadAM3H og HIRHAM. Venstre: Vinter (DJF), højre: Sommer (JJA)

Tilsvarende vises de procentuelle ændringer i middelnedbør i Figur 2. Over det meste af Europa vil der være en forøget nedbør om vinteren, således også i Danmark. Om sommeren følges den sydeuropæiske opvarmning med en kraftig reduktion af nedbøren, mens der i det nordligste Europa stadig er en forøgelse. Danmark ligger her i et grænseområde, hvor der er en svag reduktion.



Figur 2. Procentuel ændring i nedbør fra 1961-1990 til 2071-2100 iflg. A2 scenariet simuleret med HadAM3H og HIRHAM. Venstre: Vinter (DJF), højre: Sommer (JJA)

Et af de felter, hvor man ser den største ændring er vinterens middelsnedække, som vises i Figur 3. Kun de allerkoldeste bjergegne, hvor der vil være frost det meste af tiden, selv i fremtidssceneriet, ser en begrænset reduktion i den gennemsnitlige snedybde.



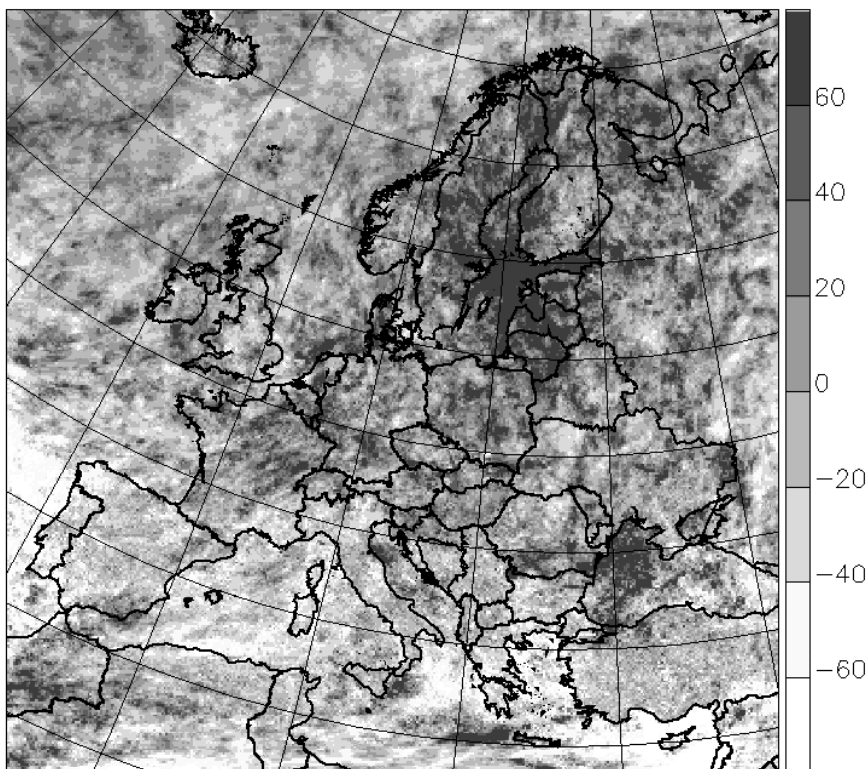
Figur 3. Procentuel ændring i den gennemsnitlige snedybde (DJF) fra 1961-1990 til 2071-2100 iflg. A2 scenariet simuleret med HadAM3H og HIRHAM.

## ÆNDRINGER I EKSTREMER

Med regionale simuleringer i høj opløsning både i tid og rum, bliver det muligt at give en mere realistisk beskrivelse af kraftige nedbørsepisoder, end det ellers har været muligt. Fremgangsmåden er i princippet enkel: I hver gitterboks sorteres 30-årsperiodens regnskyl efter styrke enten på døgn- eller timebasis. Dermed kan alle returværdier op til 30 år aflæses direkte. Imidlertid er der selvfølgelig en del statistisk støj på de meget høje returværdier, idet det er forekomsten af enkelte kraftige nedbørsepisoder, der bestemmer dette felt. Det er derfor betydeligt sværere at sige noget om klimaændringers størrelser eller regionale mønstre, end det er tilfældet for middelfelter, der bygger på daglige data gennem 30 år.

Som eksempler vises i Figur 4 ændringen i percentil 99.9 for døgnnedbør svarende til tiårshændelsen for månederne juni, juli og august, altså regnmængden på den tredjekraftigste nedbørsdag i hvert punkt i disse måneder for hver 30-årsperiode.

Det bemærkes, at der er en mængde støj, men at der tydeligvis er et meget mere positivt signal, end det sås for middelværdien af sommernedbør i Figur 2. Se også Christensen og Christensen (2003).



Figur 4. Ændringen i den tredjekraftigste daglige nedbørsmængde for juni, juli og august i perioderne 1961-1990 og 2071-2100 iflg. A2 scenariet simuleret med HadAM3H og HIRHAM.

## **SAMMENFATNING**

Moderne regionale klimamodeller kan reproducere statistiske egenskaber af klimaet med en rimelig nøjagtighed og har en rumlig opløsning på 10-50 km. Med disse modeller som værktøj til at nedskalere viden om klimaændringer på større skala, er det blevet muligt at give bud på regionale effekter af klimaændringer, dels på mindre skala som f.eks. karakteristika for Danmark, dels på ekstremvejr, selv om sidstnævnte skal behandles med forsigtighed på grund af den iboende statistiske usikkerhed.

Danmark vil ifølge den her benyttede numeriske simulering blive varmere med et beløb, der ikke afviger meget fra det globale gennemsnit. Som en konsekvens af dette, vil der komme betydeligt mindre sne om vinteren. Nedbøren vil stige om vinteren, men aftage en smule om sommeren. Kraftig nedbør vil generelt blive endnu kraftigere.

## **REFERENCER**

Severe summertime flooding in Europe. Jens Hesselbjerg Christensen and Ole Bøssing Christensen, *Nature*, **421**, 805-806, 2003.

A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. Jens Hesselbjerg Christensen and Ole Bøssing Christensen, *Climatic Change (in press)*, 2006

