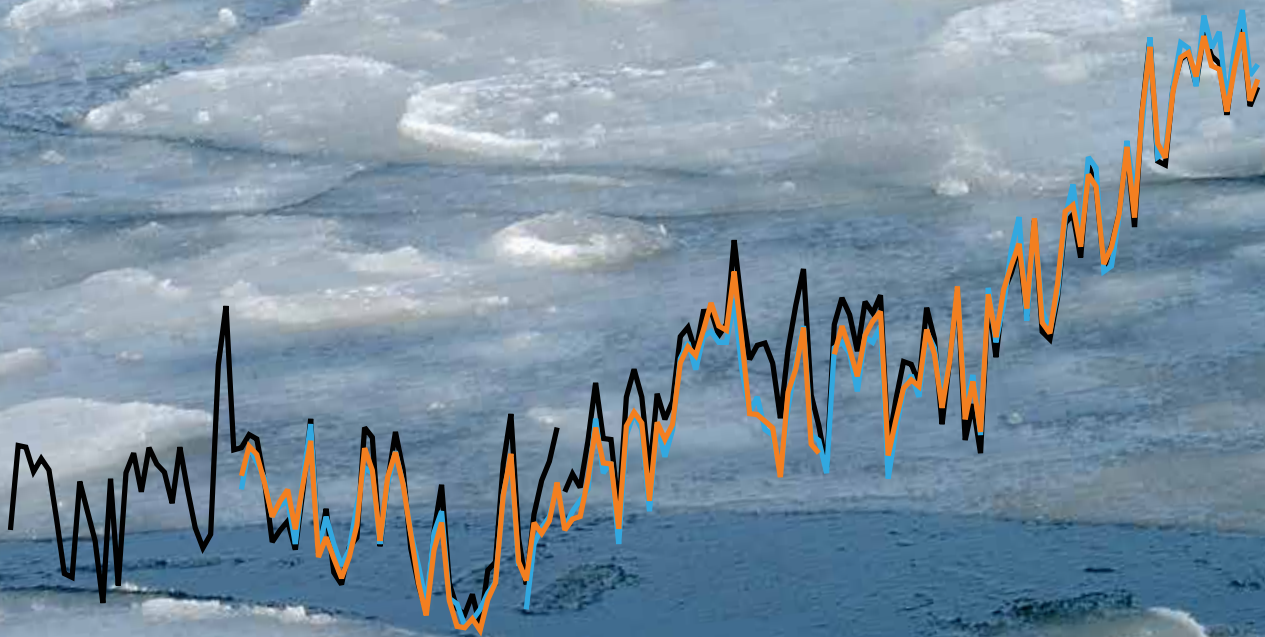


Klimaforandringer 2013: Det naturvidenskabelige grundlag Sammendrag for beslutningstagere



*Bidrag fra arbejdsgruppe I til
IPCC's femte hovedrapport*

© Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og DMI, 2013

ISBN: 978-87-7478-647-4

Oversættelse: GlobalDenmark

Layout: Innographic

Dette sammendrag udgør en uofficiel oversættelse foretaget for Danmarks Meteorologiske Institut (DMI).
IPCC's originale sammendrag findes på www.ipcc.ch.

Det er tilladt at kopiere og uddrage fra publikationen med kildeangivelse 'IPCC/DMI'.
Publikationen findes i elektronisk version på www.dmi.dk.



Sammendrag for beslutningstagere

Klimaforandringer 2013: Det naturvidenskabelige grundlag

Sammendrag for beslutningstagere

Dansk redaktion

Majken Salomon Hess, Tina Christensen, Synne Høyer Svendsen
Danmarks Meteorologiske Institut (DMI)

Oversat fra

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Baseret på udkast udarbejdet af

Lisa Alexander (Australien), Simon Allen (Schweiz/New Zealand), Nathaniel L. Bindoff (Australien), François-Marie Bréon (Frankrig), John Church (Australien), Ulrich Cubasch (Tyskland), Seita Emori (Japan), Piers Forster (UK), Pierre Friedlingstein (UK/Belgien), Nathan Gillett (Canada), Jonathan Gregory (UK), Dennis Hartmann (USA), Eystein Jansen (Norge), Ben Kirtman (USA), Reto Knutti (Schweiz), Krishna Kumar Kanikicharla (Indien), Peter Lemke (Tyskland), Jochem Marotzke (Tyskland), Valérie Masson-Delmotte (Frankrig), Gerald Meehl (USA), Igor Mokhov (Rusland), Shilong Piao (Kina), Gian-Kasper Plattner (Schweiz), Qin Dahe (Kina), Venkatachalam Ramaswamy (USA), David Randall (USA), Monika Rhein (Tyskland), Maisa Rojas (Chile), Christopher Sabine (USA), Drew Shindell (USA), Thomas F. Stocker (Schweiz), Lynne Talley (USA), David Vaughan (UK), Shang-Ping Xie (USA)

Bidragydere til udkastet

Myles Allen (UK), Olivier Boucher (Frankrig), Don Chambers (USA), Jens Hesselbjerg Christensen (Danmark), Philippe Ciais (Frankrig), Peter Clark (USA), Matthew Collins (UK), Josefino Comiso (USA), Viviane Vasconcellos de Menezes (Australien/Brasilien), Richard Feely (USA), Thierry Fichfet (Belgien), Arlene Fiore (USA), Gregory Flato (Canada), Jan Fuglestad (Norge), Gabriele Hegerl (UK/Tyskland), Paul Hezel (Belgien/USA), Gregory Johnson (USA), Georg Kaser (Østrig/Italien), Vladimir Kattsov (Rusland), John Kennedy (UK), Albert Klein Tank (Holland), Corinne Le Quéré (UK/Frankrig), , Gunnar Myhre (Norge), Tim Osborn (UK), Antony Payne (UK), Judith Perlwitz (USA/Tyskland), Scott Power (Australien), Michael Prather (USA), Stephen Rintoul (Australien), Joeri Rogelj (Schweiz), Matilde Rusticucci (Argentina), Michael Schulz (Tyskland), Jan Sedlá ek (Schweiz), Peter Stott (UK), Rowan Sutton (UK), Peter Thorne (USA/Norge/UK), Donald Wuebbles (USA)

A. Indledning

Arbejdsgruppe I's bidrag til IPCC's femte hovedrapport (AR5) sammenstiller nye vidnesbyrd om klimaforandringer baseret på talrige uafhængige videnskabelige analyser baseret på observationer af klimasystemet, palæoklimatiske arkiver, teoretiske studier omkring klimaprocesser og simuleringer ved hjælp af klimamodeller. Den bygger på arbejdsgruppe I's bidrag til IPCC's fjerde hovedrapport (AR4) og inddrager nye efterfølgende forskningsresultater. Som et led i processen omkring den femte hovedrapport udgør IPCC's Special Report on Managing the Risks of Extreme Events to Advance Climate Change Adaptation (SREX) en vigtig basis for oplysninger om forandringer i vejr og ekstreme klimahændelser.

Dette sammendrag for beslutningstagere følger strukturen i arbejdsgruppe I-rapporten. Beretningen understøttes af en række overordnede, fremhævede konklusioner, som tilsammen udgør et kortfattet resumé. Hovedafsnit indledes med en kort tekst i kursiv, som skitserer metodegrundlaget for vurderingen.

Angivelsen af usikkerheden for centrale resultater i denne rapport er baseret på forfatternes vurdering af den underliggende videnskabelige forståelse og udtrykkes kvalitativt som et konfidensniveau (fra *meget lavt* til *meget højt*) og, når det er muligt, med en sandsynlighedsangivelse (fra *exceptionelt usandsynligt* til *realiteten sikkert*). Tilliden til et resultats validitet er baseret på typen, mængden, kvaliteten og pålideligheden af den viden, der ligger til grund (f.eks. data, mekanistisk forståelse, teori, modeller, ekspertvurdering) og graden af enighed¹. Sandsynlighedsangivelsen for usikkerhedsintervallet for et resultat er baseret på statistiske analyser af observationer eller modelresultater, eller begge, samt ekspertvurdering². Hvor det er hensigtsmæssigt, udtrykkes resultater også som konstateringer uden usikkerhedsbestemmelse. (Se kapitel 1 og boks TS.1 for at få nærmere detaljer om den specifikke terminologi, IPCC benytter til at formidle usikkerhed).

Grundlaget for væsentlige punkter i dette sammendrag for beslutningstagere kan findes i kapitelafsnittene i den tilgrundliggende rapport og i det tekniske resumé. Referencer hertil angives i krøllet parentes.

B. Observerede ændringer i klimasystemet

Observationer af klimasystemet hviler på direkte målinger og telemålinger fra satellitter og andre platforme. Observationer på globalt plan fra instrumentelle målinger begyndte i midten af 1800-tallet for temperatur og andre variable, med mere omfattende og forskelligartede sæt af observationer tilgængelige fra 1950 og frem. Palæoklimatiske rekonstruktioner udvider nogle optegnelser flere hundrede til millioner år tilbage. Tilsammen giver de et omfattende indblik i variabiliteten af og de langsigtede ændringer i atmosfæren, havene, kryosfæren og jordoverfladen.

Klimasystemets opvarmning er utvetydig, og siden 1950'erne er mange af de observerede ændringer uden fortilfælde over årtier og helt op til årtusinder. Atmosfæren og havene er blevet varmere, mængderne af is og sne er reduceret, havniveauet er steget, og koncentrationen af drivhusgasser er øget (se figur SPM.1, SPM.2, SPM.3 og SPM.4). {2.2, 2.4, 3.2, 3.7, 4.2 - 4.7, 5.2, 5.3, 5.5 - 5.6, 6.2, 13.2}

¹ I dette sammendrag for beslutningstagere anvendes følgende terminologi til at beskrive dokumentationsgraden af tilgængelige vidnesbyrd: begrænset, middel eller solidt; og for enighedsgraden: lav, middel eller stor. Et konfidensniveau udtrykkes gennem fem betegnelser: meget lav, lav, middel, stor og meget stor, og skrives med kursiv, f.eks., middel sikkerhed. For et givet vidnesbyrd og en given enighedserklæring kan der angives forskellige konfidensniveauer, men stigende grader af dokumentation og enighed korrelerer med stigende sikkerhed (se kapitel 1 og boks TS.1 for at få nærmere detaljer).

² I dette sammendrag for beslutningstagere er der anvendt følgende betegnelser til at angive den vurderede sandsynlighed for et resultat: i realiteten sikkert 99 - 100 % sandsynlighed, meget sandsynligt 90 - 100 %, sandsynlig 66 - 100 %, lige så sandsynligt som usandsynligt 33 - 66 %, usandsynligt 0 - 33 %, meget usandsynligt 0 - 10 %, exceptionelt usandsynligt 0 - 1 %. Yderligere betegnelser (ekstremt sandsynligt: 95 - 100 %, overvejende sandsynligt >50 - 100 % og ekstremt usandsynligt 0 - 5 %) kan også anvendes ved behov. Vurderet sandsynlighed skrives med kursiv, f.eks. *meget sandsynlig* (se kapitel 1 og boks TS.1 for at få nærmere detaljer).

B.1 Atmosfære

Hvert af de seneste tre årtier har været tiltagende varmere ved Jordens overflade end noget forudgående årti siden 1850 (se figur SPM.1). På den nordlige halvkugle var 1983 - 2012 sandsynligvis den varmeste 30-års periode i de sidste 1400 år (*middel sikkerhed*). {2.4, 5.3}

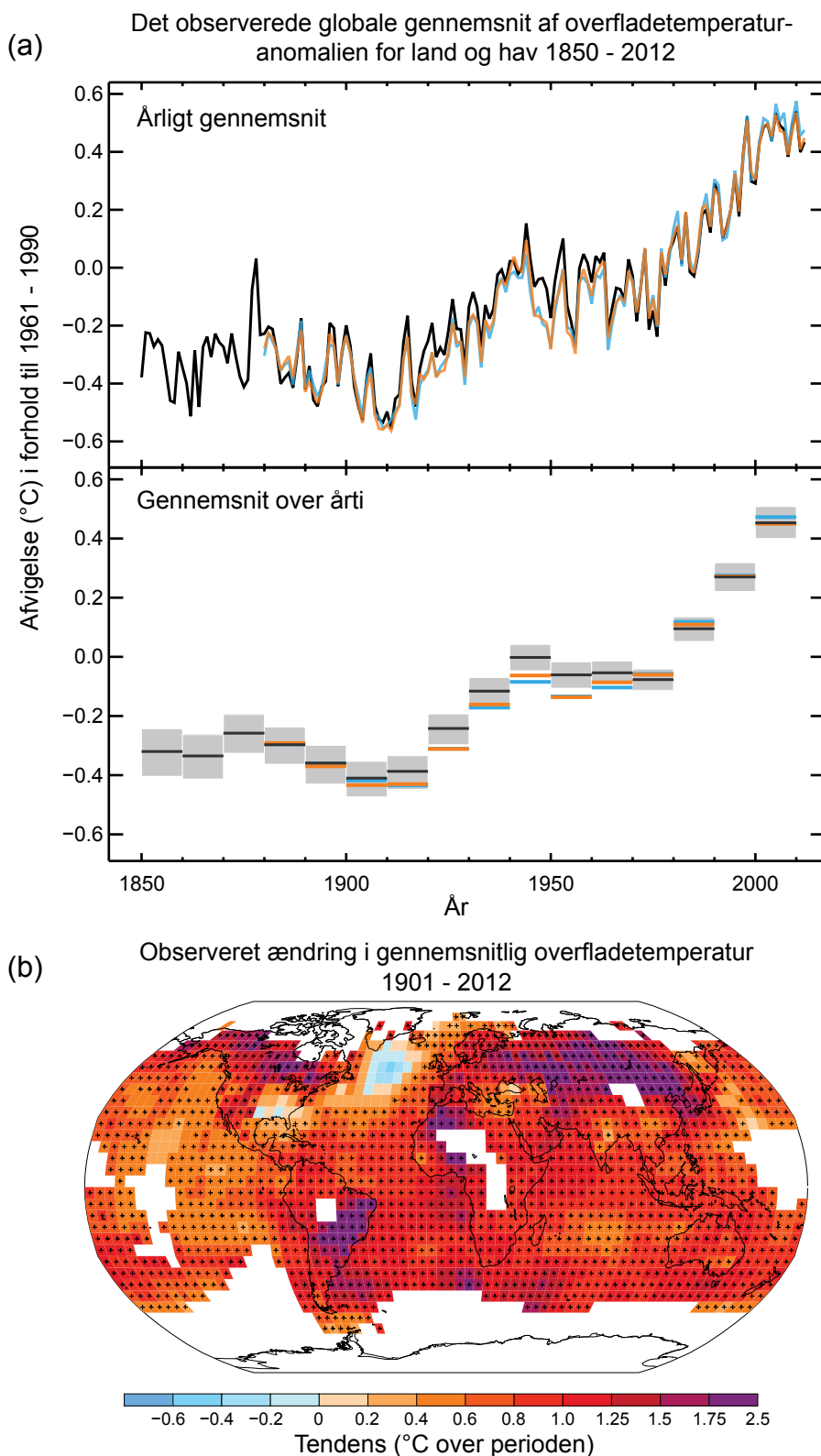
- De globale middelloverfladetemperaturdata kombineret for land og hav, beregnet som en lineær tendens, viser en opvarmning på 0,85 [0,65 til 1,06] °C³ i perioden 1880 - 2012, hvor der findes flere uafhængigt udarbejdede datasæt. Den samlede stigning i gennemsnittet for perioden 1850 - 1900 og perioden 2003 - 2012 er 0,78 [0,72 til 0,85] °C, baseret på det længste tilgængelige enkelte datasæt⁴. (Figur SPM.1a) {2.4}
- I løbet af den længste periode, hvor beregning af regionale tendenser er tilstrækkeligt komplet (1901 - 2012), har næsten hele kloden oplevet overfladeopvarmning. (Figur SPM.1 b) {2.4}
- Foruden tydelig opvarmning over flere årtier udviser den globale middelloverfladetemperatur store variationer mellem årtier og fra år til år (se figur SPM.1). På grund af den naturlige variabilitet er tendenser baseret på korte dataserier meget følsomme over for start- og sluttidspunkter og afspejler generelt ikke langsigtede klimatendenser. Som eksempel er opvarmningshastigheden gennem de seneste 15 år (1998 - 2012; 0,05 [-0,05 til +0,15] °C pr. årti), der indledes med en kraftig El Niño, mindre end den hastighed, der er beregnet siden 1951 (1951 - 2012; 0,12 [0,08 til 0,14] °C pr. årti). {2.4}
- Rekonstruktioner af overfladetemperaturer på kontinentalt plan viser med *stor sikkerhed* perioder på flere tiår under klimaanomalien i middelalderen (år 950 til 1250), som i nogle områder var lige så varme som i slutningen af det 20. århundrede. Disse regionale varmeperioder optrådte ikke så sammenhængende på tværs af regioner som opvarmningen i slutningen af det 20. århundrede (*stor sikkerhed*). {5.5}
- Det er i *realiteten sikkert*, at troposfæren på globalt plan er blevet varmere siden midten af det 20. århundrede. Mere fuldstændige observationer giver større sikkerhed for skøn af forandringerne i troposfæretemperaturen på den ikke-tropiske nordlige halvkugle end andre steder. Der er *middel sikkerhed* mht. hastigheden for opvarmningen og dens vertikale struktur på den nordlige halvkugles ikke-tropiske troposfære og *lav sikkerhed* øvrige steder. {2.4}
- *Sikkerhed* mht. nedbørsændringer midlet over globale landområder siden 1901 er lav før 1951 og *middel* derefter. Midlet over den nordlige halvkugles landområder på mellembreddegrader er nedbørsmængden øget siden 1901 (*middel sikkerhed* før og *stor sikkerhed* efter 1951). For andre breddegraders vedkommende har langsigtede positive eller negative tendenser midlet over landområder *lav sikkerhed*. (Figur SPM.2), {TS TFE.1, figur 2; 2.5}
- Der er observeret ændringer i mange ekstreme vejr- og klimahændelser siden ca. 1950 (se detaljer i tabel SPM.1). Det er *meget sandsynligt*, at antallet af kolde dage og nætter er faldet, og at antallet af varme dage og nætter er steget på globalt plan⁶. Det er *sandsynligt*, at hyppigheden af hedeølger er øget i store dele af Europa, Asien og Australien. Der er *sandsynligvis* flere landområder, hvor hyppigheden af kraftig nedbør er øget, end der er områder, hvor hyppigheden er dalet. Hyppigheden eller intensiteten af kraftig nedbør er *sandsynligvis* øget i Nordamerika og Europa. På andre kontinenter er sikkerheden for ændringer mht. kraftig nedbør højest *middel*. {2.6}

³ I arbejdsgruppe I's bidrag til AR5 er usikkerheden angivet med usikkerhedsintervaller på 90 %, medmindre andet fremgår. Usikkerhedsintervallet på 90 %, der er angivet i firkantede parenteser, forventes at have en sandsynlighed på 90 % for at dække den værdi, der skønnes. Usikkerhedsintervaller er ikke nødvendigvis symmetriske omkring det tilhørende bedste skøn. Hvor det er tilgængeligt, gives også et bedste skøn for den pågældende værdi.

⁴ Begge de metoder, der er fremlagt i dette punkt, er også benyttet i AR4. Den første beregner forskellen ved hjælp af den bedst bestemte lineære tendens for alle punkter mellem 1880 og 2012. Den anden beregner forskellen mellem gennemsnit for de to perioder 1850 til 1900 og 2003 til 2012. Derfor kan de beregnede værdier og deres 90 %-usikkerhedsintervaller ikke sammenlignes direkte (2.4).

⁵ Tendenser for 15-års perioder med start i hhv. 1995, 1996 og 1997 er 0,13 [0,02 til 0,24], 0,14 [0,03 til 0,24] og 0,07 [-0,02 til 0,18] °C pr. årti.

⁶ Se ordlisten vedrørende definitionen af disse begreber: kolde dage/kolde nætter, varme dage/varme nætter, hedeølger.



Figur SPM.1: (a) Den observerede globale middelværdi af temperaturanomali for land og havoverfladen for perioden 1850 – 2012 fra tre datasæt. Øverste diagram: årlige middelværdier. Nederste diagram: middelværdier over ti år inklusive usikkerhedsintervallet for ét datasæt (sort). Afvigelser er i forhold til middel for 1961 - 1990. (b) Kort over observerede ændringer i overfladetemperatur fra 1901 til 2012 baseret på temperaturtendenser bestemt ved lineær regression fra ét datasæt (orange linje i diagram a). Tendenser er beregnede, hvor datatilgængelighed tillader et solidt skøn (dvs. kun for gitterbokse med over 70 % komplette registreringer og mere end 20 % datatilgængelighed i de første og sidste 10 % af tidsperioden). Andre områder er hvide. Gitterbokse, hvor tendensen er signifikant ved 10 %-niveauet, er angivet med et +. Se en liste over datasæt samt yderligere tekniske detaljer i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {Figur 2.19 - 2.21; figur TS.2}

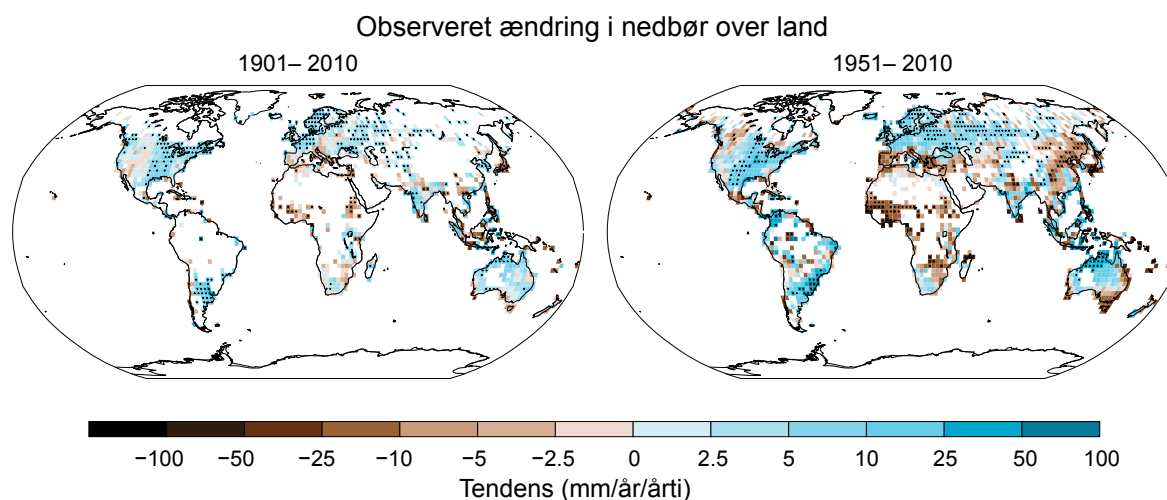
Tabel SPM.1: Ekstreme vejr- og klimahændelser: Global vurdering af nyligt observerede ændringer, menneskelige bidrag til ændringerne og forventede yderligere ændringer i den tidlige (2016 - 2035) og sene (2081 - 2100) del af det 21. århundrede. Fed skrift angiver, hvor AR5 (sort) fremlægger en revideret* global vurdering i forhold til SREX (blå) eller AR4 (rød). Fremskrivninger for den tidlige del af det 21. århundrede var ikke inkluderet i tidligere hovedrapporter. Fremskrivninger i AR5 relaterer til referenceperioden 1986 - 2005 og benytter de nye Representative Concentration Pathway-scenarier (RCP) (se boks SPM.1), med mindre andet er angivet. Se ordlisten vedrørende definitioner af ekstreme vejr- og klimahændelser.

| Fænomen og tendensretning | Vurdering af, om der er sket forandringer (typisk siden 1950, med mindre andet er angivet) | Vurdering af menneskets bidrag til observerede forandringer | Sandsynlighed for yderligere forandringer | |
|---|--|---|--|--|
| | | | Første del af det 21. århundrede | Sidste del af det 21. århundrede |
| Varmere og/eller færre kolde dage og nætter over de fleste landområder | Meget sandsynligt Meget sandsynligt Meget sandsynligt | {10.6} | Sandsynligt Sandsynligt Sandsynligt | {11.3} / realiteten sikkert / realiteten sikkert / realiteten sikkert |
| Varmere og/eller hyppigere varme dage og nætter over de fleste landområder | Meget sandsynligt Meget sandsynligt Meget sandsynligt | {10.6} | Sandsynligt Sandsynligt Sandsynligt (kun nætter) | {11.3} / realiteten sikkert / realiteten sikkert / realiteten sikkert |
| Varmerperioder/hedeølger. Hyppighed og/eller varighed øges over de fleste landområder | Middel sikkerhed på globalt plan Sandsynligt i store dele af Europa, Asien og Australien Middel sikkerhed i mange (men ikke alle) regioner Sandsynligt | {10.6} | Ikke formelt vurderet Overvejende sandsynligt | {11.3} Meget sandsynligt Meget sandsynligt Meget sandsynligt |
| Kraftige nedbørshændelser. Stigning af hyppighed, intensitet og/eller mængde af kraftig nedbør. | Sandsynligt flere landområder med øgning end med reduktion ^c Sandsynligt flere landområder med øgning end med reduktion Sandsynligt over de fleste landområder | {7.6, 10.6} | Middel sikkerhed Middel sikkerhed Overvejende sandsynligt | {7.6, 10.6} Meget sandsynligt over de fleste landmasser på mellembreddegrader og over våde tropiske regioner (12.4) Sandsynligt over mange områder Meget sandsynligt over de fleste landområder |
| Tørke øges i intensitet og/eller varighed | Lav sikkerhed på globalt plan Sandsynligt ændringer i nogle regioner ^d Middel sikkerhed i nogle regioner Sandsynligt i mange regioner, siden 1970 ^e | {10.6} | Lav sikkerhed ^g Middel sikkerhed ^f Overvejende sandsynligt | {11.3} Sandsynligt (middel sikkerhed) på regionalt til globalt plan ^h Middel sikkerhed i nogle regioner Sandsynligt ^e |
| Øgning af intens tropisk cyklonaktivitet | Lav sikkerhed for langsigtede ændringer (hundredårs) / realiteten sikkert i Nordatlanten siden 1970 Lav sikkerhed Sandsynligt (i nogle regioner, siden 1970) | {10.6} | Lav sikkerhed Lav sikkerhed Overvejende sandsynligt | {11.3} Overvejende sandsynligt i det vestlige Nord-Stillehav og Nordatlanten i Overvejende sandsynligt i nogle havområder Sandsynligt |
| Øget forekomst og/eller størrelsesorden af ekstremt højt havniveau | Sandsynligt (siden 1970) Sandsynligt (slutningen af det 20. århundrede) Sandsynligt | {3.7} | Sandsynligt ⁱ Sandsynligt ^k Overvejende sandsynligt [*] | {13.7} Meget sandsynligt ⁱ Meget sandsynligt ^m Sandsynligt |

* En direkte sammenligning af vurderingsresultaterne i rapporterne er vanskelig. For nogle klimavariabler er forskellige aspekter blevet vurderet, og den reviderede vejledningsnote vedr. usikkerheder er anvendt i SREX og AR5. Adgang til nye oplysninger, bedre videnskabelig forståelse, fortsat analyse af data og modeller og specifikke forskelle på de metoder, der er anvendt i de vurderede studier, bidrager alle til reviderede vurderingsresultater.

Noter:

- Tilskrivninger er baseret på tilgængelige casestudier. Det er sandsynligt, at menneskelig påvirkning har mere end fordoblet sandsynligheden for forekomsten af nogle observerede hedeølger flere steder.
- Modeller forudsiger øgning af varighed, intensitet og geografisk udbredelse af hedeølger og varmeperioder i den nære fremtid.
- På de fleste kontinenter er sikkerheden for tendenser ikke større end middel, undtagen i Nordamerika og Europa, hvor det er sandsynligt, at der har været en øgning af antallet af hyppigheeder eller intensiteten af kraftig nedbør med en vis årstidsmæssig og/eller regional variation. Det er meget sandsynligt, at der har været stigninger i det centrale Nordamerika.
- Det er sandsynligt, at hyppigheden og intensiteten af tørke er øget i Middelhavsområdet og Vestafrika og sandsynligt, at den er aftaget i det centrale Nordamerika og det nordvestlige Australien.
- AR4 vurderede området, der påvirkes af tørke.
- SREX anslag middel sikkerhed for, at menneskeskabt påvirkning har bidraget til nogle ændringer i tørkemønstrene, der er observeret i anden halvdel af det 20. århundrede, baseret på dens tilskrevne effekt på ændringer i nedbør og temperatur. SREX anslag lav sikkerhed mht. tilskrivningen af ændringerne i tørke på for enkelte regioner.
- Der er lav sikkerhed mht. fremskrivninger af ændringer i jordens fugtindhold.
- Fremskrevne regionale og globale reduktioner i jordens fugtindhold og øget landbrugstørke i nuværende tørre regioner er sandsynlige (middel sikkerhed) i slutningen af dette århundrede i RCP8.5-scenariet. Udtørringen af jordens fugtindhold i områderne ved Middelhavet, det sydvestlige USA og det sydlige Afrika stemmer overens med fremskrevne ændringer i Hadley-cirkulationen og højere overfladetemperaturer, så der er stor sikkerhed for en sandsynlig udtørring af overfladen i disse regioner ved slutningen af dette århundrede i RCP8.5-scenariet.
- Der er middel sikkerhed for, at en reduktion af aerosolpåvirkningen over Nordatlanten i det mindste delvist har bidraget til den observerede stigning i tropisk cyklonaktivitet siden 1970'erne i denne region.
- Baseret på ekspertbedømmelse og vurdering af fremskrivninger, der anvender et SRES A1 B-scenarie (eller lignende).
- Tilskrivning er baseret på den nære forbindelse mellem observerede ændringer i ekstrem vandstand og middelhavniveauet.
- Der er stor sikkerhed for, at denne øgning af ekstremt høj vandstand primært vil være et resultat af en stigning i middelhavniveauet. Der er lav sikkerhed mht. regionspecifikke fremskrivninger for storm og tilhørende stormfloder.
- SREX vurderede det som meget sandsynligt, at stigningen i middelhavniveauet vil bidrage til fremtidige opadgående tendenser for ekstreme højvandsniveauer ved kysterne.



Figur SPM.2: Kort over observeret ændring af nedbøren fra 1901 til 2010 og fra 1951 til 2010 (tendenser beregnet ud fra de samme kriterier som i figur SPM.1 b) fra ét datasæt. Se yderligere tekniske detaljer i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {TS TFE.1, figur 2; figur 2.29}

B.2 Havene

Opvarmning af havene dominerer forøgelsen af energi ophobet i klimasystemet og står for over 90 % af den energi, der er akkumuleret mellem 1971 og 2010 (stor sikkerhed). Det er i realiteten sikkert, at den øverste del af havene (0 - 700 m) blev varmere fra 1971 til 2010 (se figur SPM.3), og sandsynligvis blev varmere mellem 1870'erne og 1971. {3.2, boks 3.1}

- Globalt set er opvarmningen af havene størst nær overfladen og de øverste 75 m er blevet 0,11 [0,09 til 0,13] °C varmere pr. årti i perioden 1971 - 2010. Siden AR4 er systematiske fejl i registreringer af temperaturen i den øverste del af havene blevet fundet og reduceret, hvilket har øget sikkerheden i vurderingen af ændringerne. {3.2}
- Det er *sandsynligt*, at havene er blevet varmere på dybder mellem 700 og 2000 m fra 1957 til 2009. Der er tilstrækkelige observationer tilgængelige for perioden 1992 til 2005 til en global vurdering af temperaturændringen under 2000 m. Der blev *sandsynligvis* ikke observeret signifikante temperaturtendenser mellem 2000 og 3000 m for denne periode. Det er *sandsynligt*, at havene er blevet varmere på dybder fra 3000 m til bunden i denne periode, med den største opvarmning observeret i Det Sydlige Ishav. {3.2}
- Over 60 % af nettoenergiforøgelsen i klimasystemet er oplagret i den øverste del af havene (0 - 700 m) under den relativt velovervågede 40-års periode fra 1971 til 2010, og ca. 30 % er oplagret i havene på dybder under 700 m. Forøgelsen af varmeindholdet i den øverste del af havene i denne tidsperiode, skønnet ud fra en lineær tendens, er *sandsynligvis* 17 [15 til 19] x 10²² J⁷ (figur SPM.3). {3.2, boks 3.1}
- Det er *lige så sandsynligt som usandsynligt*, at øgningen af havenes varmeindhold ved dybder fra 0 - 700 m skete langsommere i årene 2003 - 2010 end i årene 1993 - 2002 (se figur SPM.3). Havenes varmeoptagelse ved dybder fra 700 - 2000 m, hvor årsvariationen er mindre, fortsatte *sandsynligvis* uformindsket fra 1993 til 2009. {3.2, boks 9.2}
- Det er *meget sandsynligt*, at områder med høj saltholdighed, hvor fordampning dominerer, er blevet mere saltholdige, mens områder med lav saltholdighed, hvor nedbør dominerer, er blevet ferskere siden 1950'erne. Disse regionale tendenser mht. saltholdighed giver indirekte bevis for, at fordampning og nedbør over havene har ændret sig (*middel sikkerhed*). {2.5, 3.3, 3.5}
- Der er ikke observationsvidnesbyrd for en tendens i den atlantiske cirkulation (AMOC) baseret på observationer af den fulde AMOC gennem de seneste 10 år og observationer af enkelte AMOC-komponenter længere tilbage i tiden. {3.6}

⁷ En konstant tilførsel af varme gennem havoverfladen med en hastighed på 1 W m² i 1 år vil øge havenes varmeindhold med 1,1 x 10²² J.

B.3 Kryosfæren

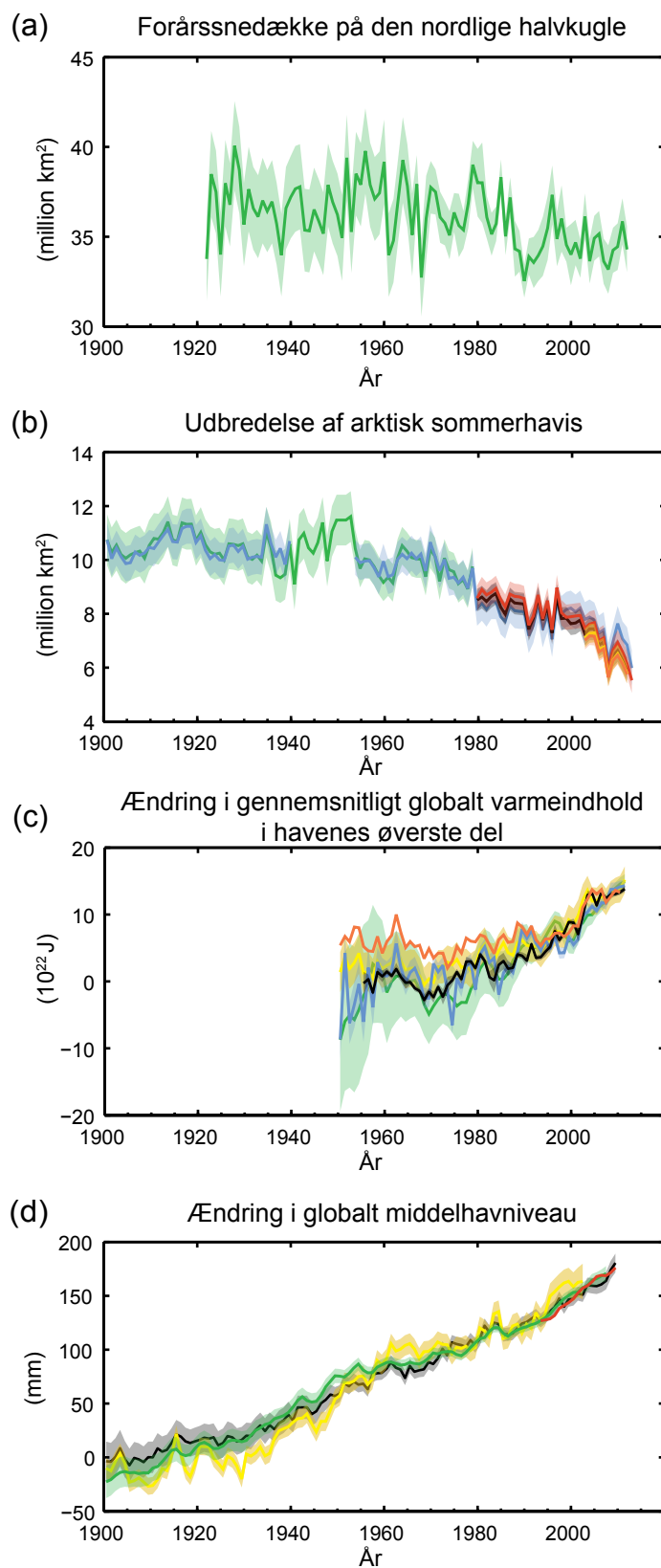
Gennem de seneste to årtier har iskapperne i Grønland og Antarktis mistet masse, gletsjere er fortsat med at svinde ind over næsten hele verden, og udbredelsen af den arktiske havis og den nordlige halvkugles forårssnedække er blevet stadig mindre (*stor sikkerhed*) (se figur SPM.3). {4.2 - 4.7}

- Den gennemsnitlige hastighed, hvormed istabet finder sted⁸ fra gletsjere over hele verden, undtagen gletsjere omkring iskapperne⁹, var *meget sandsynligt* 226 [91 til 361] Gt år¹ i perioden 1971-2009, og *meget sandsynligt* 275 [140 til 410] Gt år¹ i perioden 1993-2009. {4.3}
- Den gennemsnitlige tabsrate fra Grønlands iskapper er *meget sandsynligt* øget betydeligt fra 34 [-6 til 74] Gt år¹ i perioden 1992 - 2001 til 215 [157 til 274] Gt år¹ i perioden 2002 - 2011. {4.4}
- Den gennemsnitlige tabsrate fra Antarktis' iskapper er *sandsynligvis* øget fra 30 [-37 til 97] Gt år¹ i perioden 1992 - 2001 til 147 [72 til 221] Gt år¹ i perioden 2002 - 2011. Der er *meget stor sikkerhed* for, at disse tab overvejende er fra den nordlige Antarktiske Halvø og Amundsenhavet-sektoren af Vestantarktis. {4.4}
- Den årlige middeludbredelse af den arktiske havis aftog i perioden 1979 - 2012 med en hastighed, som *meget sandsynligt* lå i størrelsesordenen 3,5 til 4,1 % pr. årti (et område på 0,45 til 0,51 millioner km² pr. årti) og *meget sandsynligt* i størrelsesordenen 9,4 til 13,6 % pr. årti (et område på 0,73 til 1,07 millioner km² pr. årti) for havisminimum om sommeren (flerårig havis). Det gennemsnitlige fald i tiårs midler af den arktiske havisudbredelse har været størst om sommeren (*stor sikkerhed*); den geografiske udbredelse er aftaget på alle årstider og i hvert årti siden 1979 (*stor sikkerhed*) (se figur SPM.3). Der er fra rekonstruktioner *middel sikkerhed* for, at tilbagetrækningen af den arktiske sommerhavis gennem de sidste tre årtier er uden fortilfælde, og at havoverfladens temperaturer var anormalt høje i mindst de seneste 1450 år. {4.2, 5.5}
- Det er *meget sandsynligt*, at den årlige middeludbredelse af den antarktiske havis forøgedes med en hastighed i størrelsesordenen 1,2 til 1,8 % pr. årti (et område på 0,13 til 0,20 millioner km² pr. årti) mellem 1979 og 2012. Der er *stor sikkerhed* for, at der er store regionale forskelle i denne årlige hastighed, med forøget udbredelse i nogle områder og en reduktion i andre. {4.2}
- Der er *meget stor sikkerhed* for, at udbredelsen af snedækket på den nordlige halvkugle er aftaget siden midten af det 20. århundrede (se figur SPM.3). Udbredelsen af snedækket på den nordlige halvkugle aftog med 1,6 [0,8 til 2,4] % pr. årti for marts og april og med 11,7 [8,8 til 14,6] % pr. årti for juni i perioden 1967 - 2012. I denne periode viste snedækkets udbredelse på den nordlige halvkugle ikke en statistisk signifikant forøgelse i nogen måned. {4.5}
- Der er *stor sikkerhed* for, at permafrosttemperaturerne er blevet højere i de fleste områder siden begyndelsen af 1980'erne. Den observerede opvarmning var op til 3 °C i dele af Nordalaska (begyndelsen af 1980'erne til midten af 2000-tallet) og op til 2 °C i dele af den nordlige del af det Europæiske Rusland (1971 - 2010). I sidstnævnte område er der observeret en betydelig reduktion i permafrostlagets tykkelse og arealmæssige udbredelse i perioden 1975 - 2005 (*middel sikkerhed*). {4.7}
- Adskillige vidnesbyrd understøtter meget kraftigt opvarmning ved Arktis siden midten af 1900-tallet. {Boks 5.1, 10.3}

⁸ Alle referencer til 'istab' eller 'massetab' henviser til nettoistab, dvs. akkumulation minus afsmeltning og isbjerges kælning.

⁹ Af metodemæssige grunde inkluderer denne vurdering af istab for iskapperne i Antarktis og Grønland ændringer for gletsjerne omkring iskappen. Disse omkringliggende gletsjere er således ikke medtaget i de værdier, der angives for gletsjere.

¹⁰ 100 Gt år¹ istab svarer til ca. 0,28 mm år¹ stigning i det globale middelhavniveau.



Figur SPM.3: Forskellige observerede indikatorer for globale klimaforandringer: (a) den gennemsnitlige udbredelse af (forårs-) snedækket på den nordlige halvkugle i marts-april, (b) den gennemsnitlige udbredelse af den arktiske havis i juli-august-september (sommer), (c) ændring i det globale gennemsnitlige varmeindhold i den øverste del af havene (0 - 700 m) afstemt til 2006 - 2010 og i forhold til gennemsnittet for alle datasæt for 1970, (d) globalt middelhavniveau i forhold til 1900 - 1905-gennemsnittet i det længstvarende datasæt og med alle datasæt afstemt til den samme værdi i 1993, det første år med satellitaltimetridata. Alle tidsserier (farvede linjer angiver forskellige datasæt) viser årlige værdier, og hvor de er vurderet, angives usikkerheder med farvet skyggelægning. Se en liste over datasæt i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {Figur 3.2, 3.13, 4.19 og 4.3; FAQ 2.1, figur 2; figur TS.1}

B.4 Havniveau

Hastigheden af stigningen i havniveauet siden midten af det 19. århundrede har været større end den gennemsnitlige hastighed i de to foregående årtusinder (stor sikkerhed). I perioden 1901 - 2010 steg middelniveauet på globalt plan med 0,19 [0,17 til 0,21] m (se figur SPM.3). {3.7, 5.6, 13.2}

- Proxydata og måledata for havniveauet viser en overgang fra relativt lave gennemsnitlige stigningsrater gennem de forudgående to årtusinder til højere stigningsrater omkring skiftet mellem det 19. og 20. århundrede (stor sikkerhed). Det er sandsynligt, at stigningsraten for middelhavniveauet på globalt plan til stadighed er øget siden begyndelsen af 1900-tallet. {3.7, 5.6, 13.2}
- Det er meget sandsynligt, at den gennemsnitlige stigningsrate for det globale havniveau var 1,7 [1,5 til 1,9] mm år⁻¹ mellem 1901 og 2010, 2,0 [1,7 til 2,3] mm år⁻¹ mellem 1971 og 2010 og 3,2 [2,8 til 3,6] mm år⁻¹ mellem 1993 og 2010. Data fra tidevandsmålere og fra satellitaltimetre er konsistente mht. den højere stigningsrate fra den sidstnævnte periode. Det er sandsynligt, at der har været tilsvarende høje rater mellem 1920 og 1950. {3.7}
- Siden begyndelsen af 1970'erne står gletsjermassetab og varmeudvidelse af havene tilsammen for ca. 75 % af den observerede stigning af det globale middelhavniveau (stor sikkerhed). I perioden 1993 - 2010 er stigningen af det globale middelhavniveau med stor sikkerhed konsistent med summen af de observerede bidrag fra termisk varmeudvidelse af havene som følge af opvarmningen (1,1 [0,8 til 1,4] mm år⁻¹), gletsjerændringer (0,76 [0,39 til 1,13] mm år⁻¹), Grønlands iskappe (0,33 [0,25 til 0,41] mm år⁻¹), iskapen på Antarktis (0,27 [0,16 til 0,38] mm år⁻¹) og ferskvandsreservoirer (0,38 [0,26 til 0,49] mm år⁻¹). Summen af disse bidrag er 2,8 [2,3 til 3,4] mm år⁻¹. {13.3}
- Der er meget stor sikkerhed for, at det maksimale middelhavniveau i den sidste mellemistid (for 129.000 til 116.000 år siden) var 5 m højere end nu gennem adskillige tusinde år, og stor sikkerhed for, at det ikke nåede højere end 10 m over det nuværende niveau. I den sidste mellemistid bidrog Grønlands iskappe meget sandsynligt med mellem 1,4 og 4,3 m til det højere globale middelhavniveau, hvilket med middel sikkerhed indikerer et ekstra bidrag fra iskapen på Antarktis. Denne ændring af havniveauet skete på et tidspunkt, hvor påvirkningen fra Jordens baneparametre var anderledes, og hvor overfladetemperaturen på høje breddegrader midlet over flere tusinde år, var mindst 2 °C varmere end nu (stor sikkerhed). {5.3, 5.6}

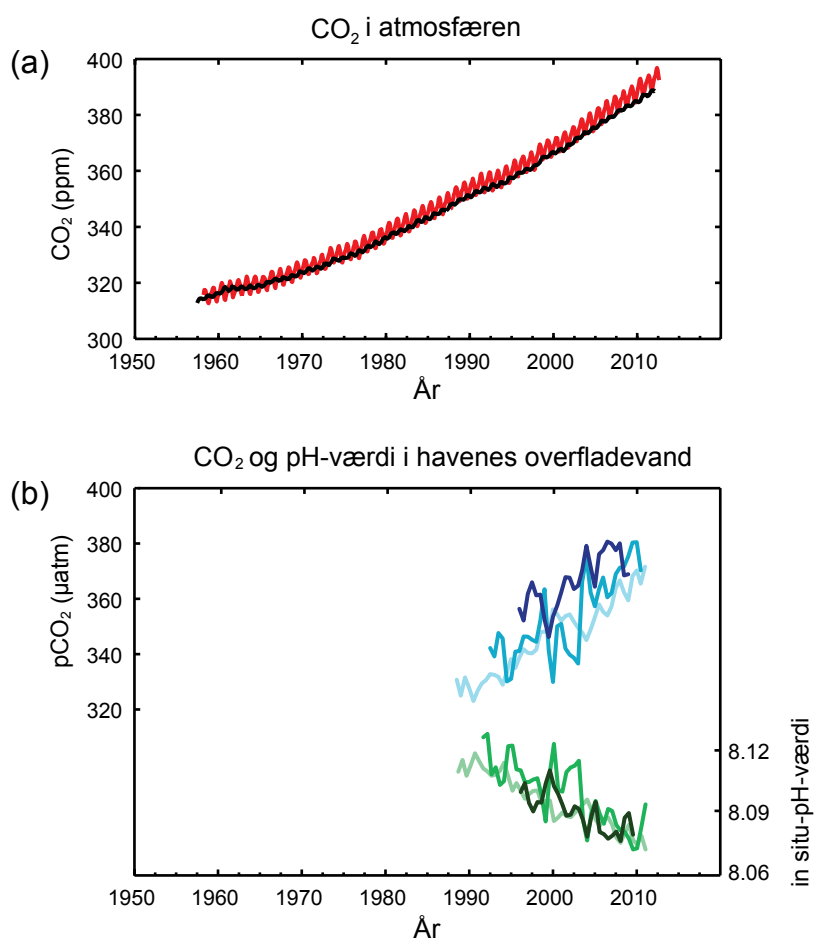
B.5 Kulstof og andre biogeokemiske kredsløb

De atmosfæriske koncentrationer af kuldioxid (CO₂), metan og lattergas er steget til niveauer, der er uden fortilfælde gennem de seneste 800.000 år eller mere. CO₂-koncentrationen er steget med 40 % siden industrialiseringens begyndelse, primært pga. udledninger fra fossile brændstoffer, og sekundært fra udledninger pga. ændringer i udnyttelsen af landjorden. Havene har absorberet ca. 30 % af den menneskeskabte kuldioxidudledning, hvilket har medført forsuring af havene (se figur SPM.4). {2.2, 3.8, 5.2, 6.2, 6.3}

- De atmosfæriske koncentrationer af drivhusgasserne kuldioxid (CO₂), metan (CH₄) og lattergas (N₂O) er alle steget siden 1750 som følge af menneskelig aktivitet. I 2011 var koncentrationerne af disse drivhusgasser hhv. 391 ppm¹¹, 1803 ppb og 324 ppb og oversteg de førindustrielle niveauer med hhv. ca. 40 %, 150 % og 20 %. {2.2, 3.8, 5.2, 6.1, 6.2}
- Koncentrationerne af CO₂, CH₄ og N₂O ligger nu betydeligt over de højeste koncentrationer, der er målt i iskerner gennem de sidste 800.000 år. De gennemsnitlige stigningsrater i atmosfæriske koncentrationer gennem de seneste hundrede år er med meget stor sikkerhed uden fortilfælde gennem de sidste 22.000 år. {5.2, 6.1, 6.2}

¹¹ ppm (parts per million, andele pr. million) eller ppb (parts per billion, andele pr. milliard, 1 milliard = 1.000 millioner) er antallet af molekyler af en given gasart i forhold til det samlede antal molekyler i tør luft. F.eks. betyder 300 ppm 300 molekyler af en given gasart pr. million molekyler i tør luft.

- De årlige CO₂-udledninger fra afbrænding af fossile brændstoffer og cementproduktion var 8,3 [7,6 til 9,0] GtC¹² år⁻¹ midlet over perioden 2002 - 2011 (*stor sikkerhed*) og var 9,5 [8,7 til 10,3] GtC år⁻¹ i 2011, 54 % over 1990-niveauet. De gennemsnitlige årlige netto-CO₂-udledninger fra menneskeskabte ændringer i arealanvendelse var 0,9 [0,1 til 1,7] GtC år⁻¹ i perioden 2002 til 2011 (*mid-del sikkerhed*). {6.3}
- Fra 1750 til 2011 har CO₂-udledninger fra afbrænding af fossile brændstoffer og cementproduktion frigivet 375 [345 til 405] GtC til atmosfæren, mens skovrydning og andre ændringer i arealanvendelsen skønnes at have frigivet 180 [100 til 260] GtC. Dette giver samlede menneskeskabte udledninger på 555 [470 til 640] GtC. {6.3}
- Af disse samlede menneskeskabte CO₂-udledninger er 240 [230 til 250] GtC ophobet i atmosfæren, 155 [125 til 185] GtC er optaget af havene, og 160 [70 til 250] GtC er ophobet i naturlige terrestriske øko-systemer (jf. landjordens akkumulerede residualoptag). {Figur TS.4, 3.8, 6.3}
- Havenes forsurening angives ved fald i pH-værdien¹³. PH for havenes overfladevand er faldet med 0,1 siden begyndelsen af industrialiseringen (*stor sikkerhed*), hvilket svarer til en stigning på 26 % i hydrogenionkoncentration (se figur SPM.4). {3.8, boks 3.2}



Figur SPM.4: Forskellige observerede indikatorer for ændringer i det globale kulstofkredsløb: (a) atmosfæriske koncentrationer af kuldioxid (CO₂) fra Mauna Loa (19°32'N, 155°34'V – rød) og Sydpolen (89°59'S, 24°48'V – sort) siden 1958; (b) partialtrykket fra opløst CO₂ ved havoverfladen (blå kurver) og in situ-pH (grønne kurver), et mål for forsuringen af havvandet. Målingerne er fra tre stationer i Atlanterhavet (29°10'N, 15°30'V – mørkeblå/mørkegrøn; 31°40'N, 64°10'V - blå/grøn) og Stillehavet (22°45'N, 158°00'V - lyseblå/lysegrøn). De fulde detaljer om de viste datasæt findes i den bagvedliggende rapport og det supplerende materiale til det tekniske resumé. {Figur 2.1 og 3.18; figur TS.5}

¹² 1 gigaton kulstof = 1 GtC = 10¹⁵ gram kulstof = 1 petagram kulstof = 1 PgC. Dette svarer til 3,67 GtCO₂.

¹³ pH er et mål for surhedsgraden angivet på en logaritmisk skala: et fald i pH på 1 svarer til en dobbelt stigning i hydrogenionkoncentrationen eller forsuringen.

C. Påvirkningsfaktorer, der leder til klimaforandringer

Naturlige og menneskeskabte stoffer og processer, som ændrer Jordens energibudget, er påvirkningsfaktorer, der leder til klimaforandringer. Strålingspåvirkning¹⁴ (RF) kvantificerer ændringen i energifluxe forårsaget af ændringer i disse påvirkningsfaktorer for 2011 i forhold til 1750, medmindre andet er angivet. Positiv RF leder til overfladeopvarmning, negativ RF leder til overfladeafkøling. RF er skønnet på basis af in-situ- og fjernobservationer, drivhusgassers og aerosolers egenskaber og beregninger ved hjælp af numeriske modeller, som repræsenterer observerede processer. Nogle udledte kemiske forbindelser påvirker den atmosfæriske koncentration af andre stoffer. RF kan angives på basis af koncentrationsændringerne for hvert enkelt stof. Alternativt kan den udledningsbaserede strålingspåvirkning fra et stof angives, hvilket giver en mere direkte forbindelse til menneskelige aktiviteter. Den indbefatter bidrag fra alle stoffer, der påvirkes af den pågældende udledning. De to metoders samlede menneskeskabte strålingspåvirkning er identiske, når alle påvirkningsfaktorer tages i betragtning.

Selv om begge metoder er anvendt i dette sammendrag, er hovedvægten lagt på udledningsbaserede strålingspåvirkninger.

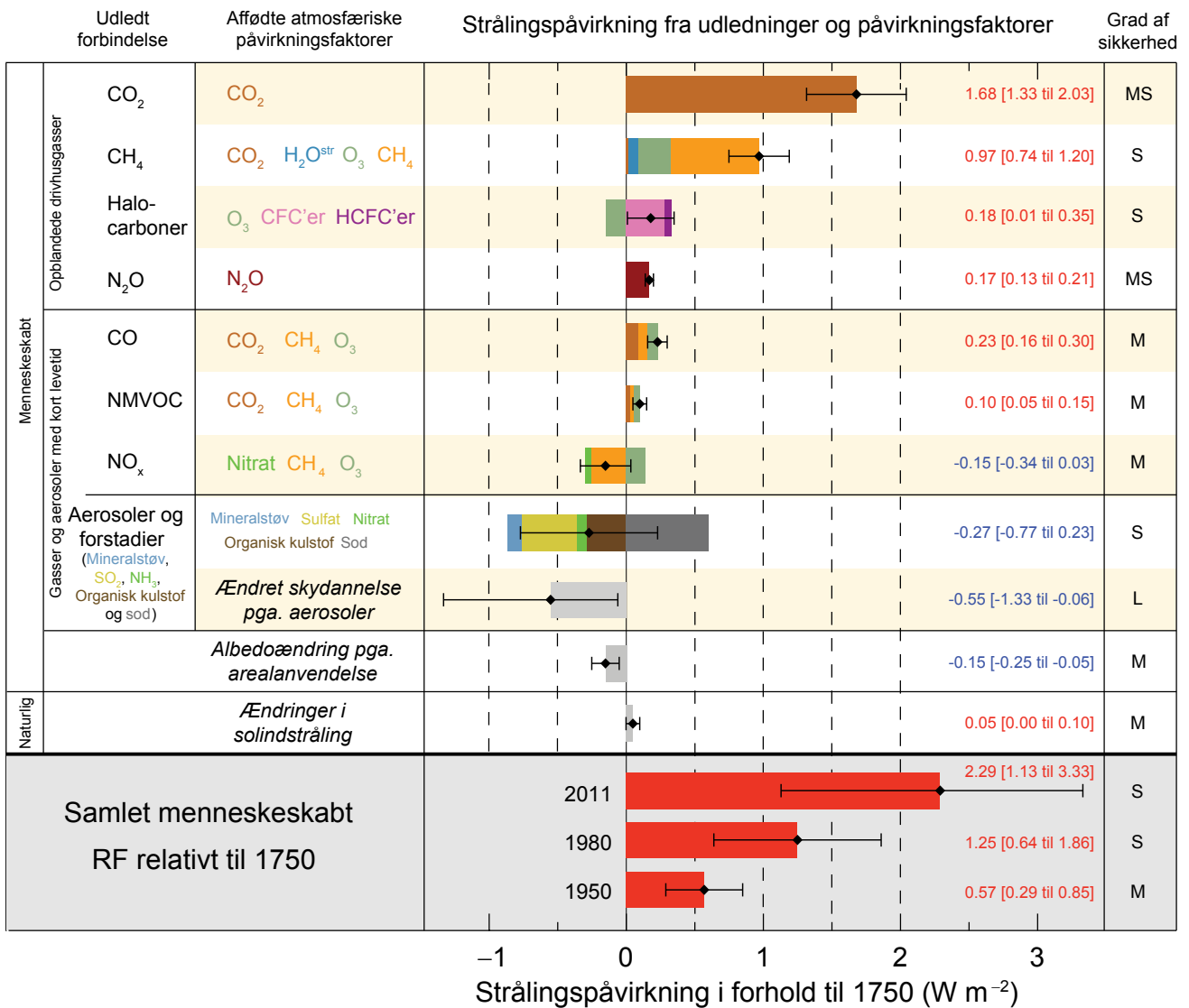
Den totale strålingspåvirkning er positiv og har ført til en optagelse af energi i klimasystemet. Det største bidrag til den totale strålingspåvirkning skyldes stigningen i atmosfærens koncentration af CO₂ siden 1750 (se figur SPM.5). {3.2, boks 3.1, 8.3, 8.5}

- Den samlede menneskeskabte RF i 2011 i forhold til 1750 er 2,29 [1,13 til 3,33] W m² (se figur SPM.5), og den er steget hurtigere siden 1970 end i tidligere årtier. Det bedste skøn for den samlede menneskeskabte RF i 2011 er 43 % højere, end hvad der blev rapporteret for året 2005 i AR4. Dette skyldes en kombination af fortsatte stigninger i de fleste drivhusgaskoncentrationer og forbedrede skøn af RF fra aerosoler, der indikerer en svagere nettoafkølingseffekt (negativ RF). {8.5}
- RF fra udledninger af opblandede drivhusgasser (CO₂, CH₄, N₂O og halocarboner) i 2011 i forhold til 1750 er 3,00 [2,22 til 3,78] W m² (se figur SPM.5). RF fra ændringer i koncentrationer af disse gasser er 2,83 [2,26 til 3,40] W m². {8.5}
- CO₂-udledninger alene har forårsaget en RF på 1,68 [1,33 til 2,03] W m² (se figur SPM.5). Inklusive udledninger af andre kulstofholdige gasser, som også har bidraget til stigningen i CO₂-koncentrationer, er RF af CO₂ 1,82 [1,46 til 2,18] W m². {8.3, 8.5}
- CH₄-udledninger alene har forårsaget en RF på 0,97 [0,74 til 1,20] W m² (se figur SPM.5). Dette er meget større end det koncentrationsbaserede skøn på 0,48 [0,38 til 0,58] W m² (uændret fra AR4). Denne forskel i skøn skyldes koncentrationsændringer i ozon og stratosfærisk vanddamp på grund af CH₄-udledninger og andre udledninger, som indirekte påvirker CH₄. {8.3, 8.5}
- Udledninger af stratosfærisk ozon-nedbrydende halocarboner har forårsaget en positiv netto-RF på 0,18 [0,01 til 0,35] W m² (se figur SPM.5). Deres egen positive RF har mere end opvejet den negative RF fra den ozon-nedbrydning, de har forårsaget. Den positive RF fra alle halocarboner er lig værdien i AR4, med en reduceret RF fra CFC'er, men en øget RF fra mange af deres erstatningsstoffer. {8.3, 8.5}
- Udledninger af kortlivede gasser bidrager til den samlede menneskeskabte RF. Det er i *realiteten sikkert*, at udledninger af kulilte har forårsaget en positiv RF, mens udledninger af kvælstofilter (NO_x) sandsynligvis har forårsaget en negativ netto-RF (se figur SPM.5). {8.3, 8.5}
- RF af den samlede effekt af aerosoler i atmosfæren, som indbefatter ændringer i skydannelsen på grund af aerosoler, er -0,9 [-1,9 til -0,1] W m² (middelt sikkerhed) og er et resultat af en negativ påvirkning fra de fleste aerosoler og et positivt bidrag fra sodpartiklers absorption af solindstrålingen. Der er stor sikkerhed for, at aerosoler og deres vekselvirkning med skyer har opvejet en betydelig del af den gennemsnitlige globale påvirkning fra opblandede drivhusgasser. De giver fortsat det største bidrag til usikkerhed af skønnet over den samlede RF. {7.5, 8.3, 8.5}

¹⁴ Påvirkningsfaktorernes styrke kvantificeres som strålingspåvirkning (RF) i watt pr. kvadratmeter (W m²) som i tidligere IPCC-rapporter. RF er ændringen i energifluxen forårsaget af en påvirkningsfaktor og beregnes ved tropopausen eller øverst i atmosfæren. I det traditionelle RF-koncept, der er anvendt i tidligere IPCC-rapporter, holdes alle overflade- og troposfærebetingelser konstante. I denne rapport tillades det, at fysiske variable, undtagen for havene og havis, reagerer på forstyrrelser med hurtige justeringer i beregninger af RF for opblandede drivhusgasser og aerosoler. Den resulterende påvirkning benævnes Effective Radiative Forcing, effektiv strålingspåvirkning (ERF), i den bagvedliggende rapport. Denne ændring afspejler det videnskabelige fremskridt i forhold til tidligere rapporter og sikrer en bedre angivelse af den endelige temperaturrespons for disse påvirkningsfaktorer. For alle andre påvirkningsfaktorer end opblandede drivhusgasser og aerosoler er hurtige justeringer mindre velbeskrevne og formodes at være små, hvorfor den traditionelle RF anvendes. {8.1}

¹⁵ Denne metode blev anvendt til rapportering af RF i AR4 SPM.

- Påvirkningen fra vulkanske aerosoler i stratosfæren kan have stor indflydelse på klimaet i nogle år efter vulkanudbrud. Adskillige mindre udbrud har medført en RF på $-0,11$ [$-0,15$ til $-0,08$] $W m^{-2}$ i årene 2008 - 2011, hvilket er omtrent dobbelt så meget som i årene 1999 - 2002. {8.4}
- RF på grund af ændringer i solindstråling skønnes til $0,05$ [$0,00$ til $0,10$] $W m^{-2}$. Satellitobservationer af de samlede ændringer i solindstrålingen fra 1978 til 2011 indikerer, at det seneste solpletminimum var lavere end de to foregående. Det fører til en RF på $-0,04$ [$-0,08$ til $0,00$] $W m^{-2}$ mellem det seneste minimum i 2008 og minimum i 1986. {8.4}
- Den samlede naturlige RF fra ændringer i solindstrålingen og vulkanske aerosoler i stratosfæren bidrog kun med en lille del til nettostrålingspåvirkningen i det seneste århundrede, bortset fra korte perioder efter store vulkanudbrud. {8.5}



Figur SPM.5: Skøn over strålingspåvirkningen for 2011 i forhold til 1750 og akkumulerede usikkerheder for de vigtigste påvirkningsfaktorer, der leder til klimaforandringer. Værdierne er den globale gennemsnitlige strålingspåvirkning (RF), opdelt efter de udledte forbindelser eller processer, der resulterer i en kombination af påvirkningsfaktorer. De bedste skøn over nettostrålingspåvirkningen vises som sorte romber med tilhørende usikkerhedsintervaller; de numeriske værdier er angivet i figurens højre side sammen med nettopåvirkningens grad af sikkerhed (MS – meget stor, S – stor, M – middel, L – lav, ML – meget lav). Effekten på albedo på grund af sort kulstof på sne og is er indregnet i bjælken for sodpartikler. Små påvirkninger pga. kondensstriber ($0,05 W m^{-2}$ inklusive cirruskyer som følge af kondensstriber) og HFC'er, PFC'er og SF₆ (i alt $0,03 W m^{-2}$) er ikke vist. Koncentrationsbaserede strålingspåvirkninger for gasser kan findes som summen af bjælkerne med samme farve. Påvirkningen fra vulkanudbrud er ikke medtaget, da dens forbigående natur gør det vanskeligt at sammenligne den med andre påvirkningsmekanismer. Samlet menneskeskabt strålingspåvirkning angives for tre forskellige år i forhold til 1750. Yderligere tekniske detaljer, herunder usikkerhedsintervaller for enkeltkomponenter og -processer, kan findes i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {8.5; figur 8.14 - 8.18; figur TS.6 og TS.7}

D. Forståelsen af klimasystemet og dets seneste ændringer

Forståelsen af de nylige ændringer i klimasystemet beror på en kombination af observationer, studier af feedbackmekanismer og model-simuleringer. Vurderingen af klimamodellers evne til at simulere nylige ændringer kræver overvejelser om tilstanden af alle modellerede dele af klimasystemet ved simuleringens start og de naturlige og menneskeskabte påvirkninger, der anvendes til at fremskrive modellerne. Sammenlignet med AR4 gør mere detaljerede og længerevarende observationer samt forbedrede klimamodeller det nu muligt at tilskrive et menneskeligt bidrag til påviste ændringer i flere af klimasystemets komponenter.

Menneskets indflydelse på klimasystemet er tydelig. Dette fremgår klart af de stigende koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren, den positive strålingspåvirkning, den observerede opvarmning og forståelsen af klimasystemet. {2-14}

D.1 Vurdering af klimamodeller

Klimamodeller er blevet bedre siden AR4. Modeller reproducerer observerede overfladetemperaturmønstre og -tendenser på kontinentalt plan over mange årtier, herunder den hurtigere opvarmning siden midten af det 20. århundrede og afkølingen, der følger umiddelbart efter store vulkanudbrud (meget stor sikkerhed). {9.4, 9.6, 9.8}

- De langsigtede klimamodelsimuleringer viser en tendens for den gennemsnitlige globale overfladetemperatur fra 1951 til 2012, som stemmer overens med den observerede tendens (*meget stor sikkerhed*). Der er dog forskelle mellem simulerede og observerede tendenser over perioder så korte som 10 til 15 år (f.eks. 1998 til 2012). {9.4, boks 9.2}
- Den observerede reduktion i tendensen af overfladeopvarmningen i perioden 1998 - 2012 sammenlignet med perioden 1951-2012 skyldes i stort set lige høj grad en reduceret tendens i strålingspåvirkningen og et afkølede bidrag fra intern variabilitet, som inkluderer en mulig omfordeling af varme i havene (*middel sikkerhed*). Den reducerede tendens i strålingspåvirkning skyldes hovedsageligt vulkanudbrud og tidspunktet for den 11-årige solcyklus' nedadgående fase. Der er dog *lav sikkerhed* mht. kvantificeringen af ændringerne i strålingspåvirkningens rolle som årsag til den reducerede opvarmningstendens. Der er *mid-del sikkerhed* for, at forskellene mellem observationer og simuleringer for en stor dels vedkommende skyldes intern dekadisk variabilitet, idet simuleringer ikke kan forventes at reproducere den præcise timing af denne. Der kan også være et bidrag fra mangelfuld beskrivelse af påvirkninger og, i nogle modeller, en overvurdering af reaktionen på øgningen af drivhusgasser og anden menneskeskabt påvirkning (domineret af effekten af aerosoler). {9.4, boks 9.2, 10.3, boks 10.2, 11.3}
- Sikkerheden i modellers evne til at simulere overfladetemperaturer er mindre på regionalt plan, end når der er tale om større skala. Der er dog *stor sikkerhed* for, at overfladetemperaturen på regionalt plan simuleres bedre, end da AR4 blev udarbejdet. {9.4, 9.6}
- Der har været væsentlige fremskridt med hensyn til vurderingen af ekstreme vejr- og klimahændelser siden AR4. Simulerede tendenser af det globale middel af hyppigheden af ekstremt varme og kolde dage og nætter i sidste halvdel af 1900-tallet stemmer generelt overens med observationer. {9.5}
- Siden AR4 er der sket en vis forbedring af simuleringen af nedbørsmønstre på kontinentalt plan. På regionalt plan simuleres nedbør ikke lige så godt, og vurderingen hæmmes af usikkerhederne i observationerne. {9.4, 9.6}
- Modeller gengiver nu nogle vigtige klimafænomener bedre. Der er *stor sikkerhed* for, at statistikkerne for monsunen og El Niño - Sydlig Oscillation (ENSO) baseret på multimodel-simuleringer er blevet bedre siden AR4. {9.5}
- Klimamodeller omfatter nu flere sky- og aerosolprocesser og deres vekselvirkninger, end da AR4 blev udarbejdet, men der er fortsat *lav sikkerhed* i repræsentationen og kvantificeringen af disse processer i modeller. {7.3, 3.8, 7.6, 9.4, 9.7}

- Der er solidt bevis for, at den nedadgående tendens af udbredelsen af den arktiske sommerhavis siden 1979 nu gengives af flere modeller, end da AR4 blev udarbejdet, og ca. en fjerdedel af modellerne viser en tendens, der er lige så stor som eller større end tendensen i observationerne. De fleste modeller simulerer en lille nedadgående tendens for udbredelsen af den antarktiske sommerhavis, omend med stor spredning modellerne imellem, i modsætning til den lille opadgående tendens i observationerne. {9.4}
- Mange modeller reproducerer de observerede ændringer i varmeindholdet i den øverste del af havene (0 - 700 m) fra 1961 til 2005 (*stor sikkerhed*), og tidsserier af varmeindholdet midlet over adskillige modeller falder inden for intervallet over de tilgængelige observationsbaserede skøn gennem det meste af perioden. {9.4}
- Klimamodeller, der omfatter kulstofkredsløbet (Earth System Models), simulerer det globale mønster for CO₂-transport mellem atmosfæren og havene, med afgivelse af CO₂ til atmosfæren i troperne og optag på mellem og høje breddegrader. I de fleste af disse modeller ligger størrelsen af det simulerede globale kulstofoptag for henholdsvis landjorden og havene igennem den sidste halvdel af 1900-tallet inden for intervallet af de observationsbaserede skøn. {9.4}

D.2 Kvantificering af klimasystemets respons

Observations- og modelbaserede studier af temperaturændringer, klima-feedbackmekanismer og ændringer i Jordens energibudget giver tilsammen sikkerhed mht. størrelsesordenen af den globale opvarmning som reaktion på tidlige og fremtidig påvirkning. {Boks 12.2, boks 13.1}

- Nettoresponsen på den kombinerede effekt af ændringer i vanddampindholdet og forskelle mellem opvarmningen af atmosfæren og overfladen er *ekstremt sandsynligt* positiv og forstærker derfor ændringer i klimaet. Det er *sandsynligt*, at nettostrålingsresponsen som følge af kombination af alle skytyper er positiv. Usikkerhed med hensyn til fortegnet og størrelsen af feedback fra skyerne skyldes primært fortsat usikkerhed om opvarmnings indflydelse på lave skyer. {7.2}
- Ligevægtsklimafølsomheden kvantificerer klimasystemets respons på en konstant strålingspåvirkning på en tidsskala på flere århundreder. Den defineres som ændringen i den gennemsnitlige globale ligevægtstemperatur ved overfladen forårsaget af en fordobling af CO₂-koncentrationen i atmosfæren. Det er *sandsynligt*, at ligevægtsklimafølsomheden ligger i området 1,5 °C til 4,5 °C (*stor sikkerhed*), *ekstremt usandsynligt*, at den er under 1 °C (*stor sikkerhed*) og *meget usandsynligt*, at den er over 6 °C (*middel sikkerhed*)¹⁶. Den nedre temperaturgrænse i det vurderede sandsynlige interval er således under de 2 °C i AR4, mens den øvre grænse er den samme. Denne vurdering afspejler en bedre forståelse, de udvidede temperaturmålinger i atmosfæren og havene og nye skøn over strålingspåvirkning. {TFE6, figur 1; boks 12.2}
- Hastigheden og omfanget af globale klimaforandringer bestemmes af strålingspåvirkning, klima-feedbackmekanismer og energiindholdet i klimasystemet. Skøn over disse størrelser for de seneste årtier stemmer overens med det vurderede *sandsynlige* interval for ligevægtsklimafølsomheden inden for de vurderede usikkerheder og giver et stærkt vidnesbyrd om vores forståelse af menneskeskabte klimaforandringer. {Boks 12.2, boks 13.1}
- Den transiente klimarespons kvantificerer klimasystemets reaktion på en stigende strålingspåvirkning på en tidsskala fra tiår til århundreder. Den defineres som ændringen i global middelloverfladetemperatur på det tidspunkt, hvor CO₂-koncentrationen i atmosfæren er fordoblet i et scenarie med en koncentrationsstigning på 1 % om året. Det er *sandsynligt*, at den transiente klimarespons ligger i området 1,0 °C til 2,5 °C (*stor sikkerhed*), og det er *ekstremt usandsynligt*, at den er højere end 3 °C. {Boks 12.2}
- En relateret størrelse er den transiente klimarespons på akkumuleret kulstofudledning (TCRE). Den kvantificerer klimasystemets transiente respons på akkumulerede kulstofudledninger (se afsnit E.8). TCRE defineres som den gennemsnitlige overfladetemperaturændring pr. 1000 GtC udledt til atmosfæren. Det er *sandsynligt*, at TCRE ligger i området 0,8 °C til 2,5 °C pr. 1000 GtC og gælder for kumulative udledninger på op til ca. 2000 GtC, indtil det tidspunkt hvor temperaturen topper (se figur SPM.9). {12.5, boks 12.2}

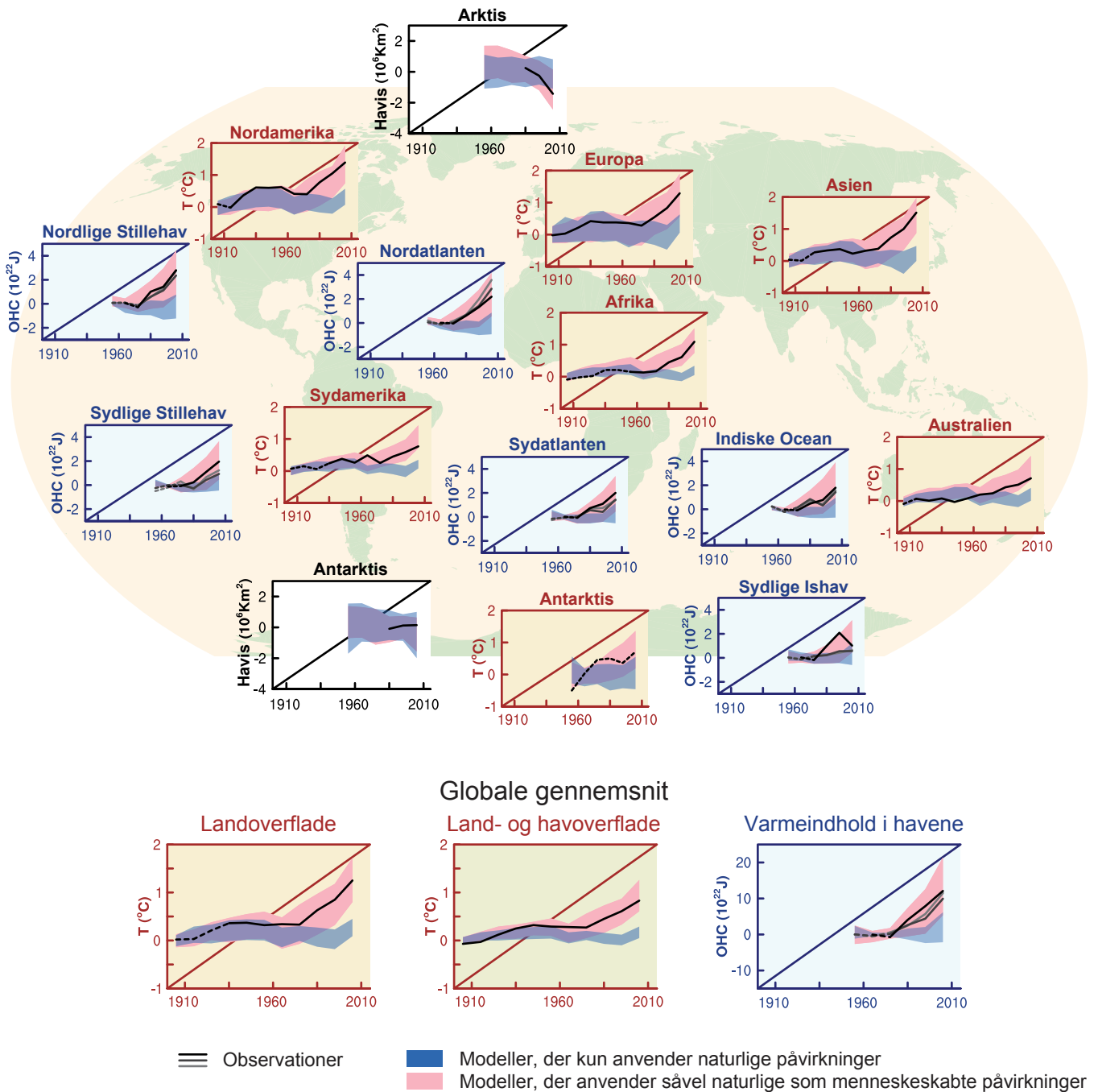
¹⁶ Der kan ikke på nuværende tidspunkt gives et bedste skøn for ligevægtsklimafølsomheden, da der mangler overensstemmelse mellem værdier på tværs af de betragtede vidnesbyrd og studier.

- Der kan anvendes flere omregningsmetoder til at sammenligne bidraget til klimaforandringer fra forskellige udledte stoffer. Den mest hensigtsmæssige metode og tidshorisont afhænger af, hvilke aspekter af klimaforandringer der anses for at være de vigtigste i en given sammenhæng. Ingen enkelt omregningsmetode kan nøjagtigt sammenligne alle konsekvenser af forskellige udledninger, og alle har begrænsninger og usikkerheder. Potentialet for global opvarmning er baseret på den kumulative strålingspåvirkning over en given tidshorisont, og potentialet for global temperaturændring er baseret på ændringen i den gennemsnitlige globale overfladetemperatur på et givent tidspunkt. Denne rapport indeholder opdaterede værdier. {8.7}

D.3 Påvisning af og årsager til klimaforandringer

Menneskelig påvirkning er påvist i opvarmningen af atmosfæren og havene, ændringer i det globale vandkredsløb, reduktionerne af sne og is, stigningen i det globale middelhavniveau og ændringer i nogle klimaekstremer (figur SPM.6 og tabel SPM.1). Disse vidnesbyrd om menneskets påvirkning er øget siden AR4. Det er ekstremt sandsynligt, at menneskelig påvirkning har været den dominerende årsag til den observerede opvarmning siden midten af det 20. århundrede. {10.3 - 10.6, 10.9}

- Det er *ekstremt sandsynligt*, at over halvdelen af den observerede stigning i den gennemsnitlige globale overfladetemperatur fra 1951 til 2010 var forårsaget af den menneskeskabte stigning i drivhusgaskoncentrationer og andre menneskeskabte påvirkninger tilsammen. Det bedste skøn over det menneskeskabte bidrag til opvarmningen svarer til den observerede opvarmning i denne periode. {10.3}
- Det er *sandsynligt*, at drivhusgassers bidrag til den gennemsnitlige globale overfladeopvarmning ligger i intervallet fra 0,5 °C til 1,3 °C i perioden 1951 - 2010, mens det er *sandsynligt*, at bidragene fra andre menneskeskabte påvirkninger, inklusive afkølings-effekten fra aerosoler, ligger i intervallet fra -0,6 °C til 0,1 °C. Det er *sandsynligt*, at bidraget fra naturlige påvirkninger ligger i intervallet fra -0,1 °C til 0,1 °C, og det er *sandsynligt*, at bidrag fra intern variabilitet ligger i intervallet fra -0,1 °C til 0,1 °C. Tilsammen stemmer disse vurderede bidrag overens med den observerede opvarmning på ca. 0,6 °C til 0,7 °C i denne periode. {10.3}
- I alle kontinentale områder undtagen Antarktis er det *sandsynligt*, at menneskeskabte påvirkninger har ydet et væsentligt bidrag til stigningen i overfladetemperaturene siden midten af det 20. århundrede (se figur SPM.6). For Antarktis medfører store observationsusikkerheder *lav sikkerhed* for, at menneskeskabte påvirkninger har bidraget til den observerede opvarmning midlet over de tilgængelige målestationer. Det er *sandsynligt*, at der har været et menneskeskabt bidrag til den meget store opvarmning i Arktis siden midten af det 20. århundrede. {2.4, 10.3}
- Det er *meget sandsynligt*, at menneskeskabt påvirkning, især drivhusgasser og nedbrydningen af ozonlaget i stratosfæren, har ført til et påviseligt observeret mønster af troposfærisk opvarmning og en tilsvarende afkøling i den nedre stratosfære siden 1961. {2.4, 9.4, 10.3}
- Det er *meget sandsynligt*, at menneskeskabte påvirkninger har ydet et væsentligt bidrag til stigningen i det globale varmeindhold i den øverste del af havene (0 - 700 m), der er observeret siden 1970'erne (se figur SPM.6). Der er vidnesbyrd om menneskelig påvirkning i særskilte dele af oceanet. {3.2, 10.4}
- Det er *sandsynligt*, at menneskeskabte påvirkninger har øvet indflydelse på det globale vandkredsløb siden 1960. Menneskeskabte påvirkninger har bidraget til observerede stigninger i vanddampindholdet i atmosfæren (*middel sikkerhed*), globale ændringer i nedbørsmønstre over land (*middel sikkerhed*), intensivering af kraftig nedbør over landområder, hvor der er tilstrækkelige data (*middel sikkerhed*) og ændringer i havenes saltindhold ved og under havoverfladen (*meget sandsynligt*). {2.5, 2.6, 3.3, 7.6, 10.3, 10.4}
- Der er sket en yderligere styrkelse af vidnesbyrdene om menneskelig påvirkning af temperaturekstremer siden SREX. Det er nu *meget sandsynligt*, at menneskelig påvirkning har bidraget til de observerede globale ændringer i hyppigheden og intensiteten af daglige temperaturekstremer siden midten af det 20. århundrede, og det er *sandsynligt*, at menneskelig påvirkning har mere end fordoblet sandsynligheden for forekomsten af hedeølger visse steder (se tabel SPM.1). {10.6}



Figur SPM.6: Sammenligning af observerede og simulerede klimaforandringer baseret på tre storskalaindikatorer i atmosfæren, kryosfæren og havene: ændring i de kontinentale landoverfladetemperaturer (gule diagrammer), udbredelsen af havisen ved Arktis og Antarktis i september (hvide diagrammer) samt varmeindholdet i den øverste del af de store oceaner (blå diagrammer). Desuden vises de gennemsnitlige globale ændringer. Anomalier angives relativt til 1880 - 1919 for overfladetemperaturer, relativt til 1960 - 1980 for varmeindholdet i havene og relativt til 1979 - 1999 for havis. Alle tidsrækker er tiårsgennemsnit, plottet midt i årtiet. I temperaturdiagrammerne vises observationer som stiplede linjer, hvis den geografiske dækning af undersøgte områder er under 50 %. I diagrammerne for varmeindhold i havene og for havis angiver den fuldt optrukne linje, hvor datadækningen er god og af høj kvalitet, og den stiplede linje, hvor datadækningen kun er tilstrækkelig og usikkerheden derfor større. De viste modelresultater er Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) modelensemblets intervaller, hvor skraverede bånd angiver 5 til 95 % konfidensintervallerne. Se yderligere tekniske detaljer, herunder områdedefinitioner, i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {Figur 10.21; figur TS. 12}

- Menneskeskabt påvirkning har *meget sandsynligt* bidraget til istabet ved Arktis siden 1979. Der er *lav sikkerhed* i den videnskabelige forståelse af den lille observerede stigning i udbredelsen af havisen ved Antarktis på grund af ufuldstændige og modstridende videnskabelige forklaringer af årsagerne til ændringerne og *lav sikkerhed* for estimater af den interne variabilitet i denne region (se figur SPM.6). {10.5}
- Det er *sandsynligt*, at menneskeskabt påvirkning har bidraget til tilbagetrækningen af gletsjere siden 1960'erne og til det øgede massetab fra Grønlands iskappe siden 1993. På grund af et lavt niveau af videnskabelig forståelse er der *lav sikkerhed* med hensyn til at fastslå årsagerne til det observerede massetab fra iskappen ved Antarktis over de seneste to årtier. {4.3, 10.5}
- Det er *sandsynligt*, at der har været et menneskeskabt bidrag til observerede reduktioner i forårssnedækket på den nordlige halvkugle siden 1970. {10.5}
- Det er *meget sandsynligt*, at der er et væsentligt menneskeskabt bidrag til stigningen i det globale middelhavniveau siden 1970'erne. Dette er baseret på den *store sikkerhed* for en menneskeskabt påvirkning af de to største bidragydere til stigningen i havniveauet, nemlig varmeudvidelse og massetab fra gletsjere. {10.4, 10.5, 13.3}
- Der er *stor sikkerhed* for, at ændringer i den samlede solindstråling ikke har bidraget til stigningen i den gennemsnitlige globale overfladetemperatur i perioden 1986 til 2008, baseret på direkte satellitmålinger af den samlede solindstråling. Der er *middel sikkerhed* for, at solens 11-års cyklus påvirker dekadiske klimafluktuationer i nogle områder. Der er ikke konstateret nogen robust forbindelse mellem ændringer i kosmiske stråler og skydækket. {7.4, 10.3, boks 10.2}

E. Fremtidige klimaforandringer globalt og regionalt

Fremskrivninger af ændringer i klimasystemet er foretaget ved hjælp af et hierarki af klimamodeller rangerende fra simple klimamodeller til modeller med intermediær kompleksitet til omfattende klimamodeller og Earth System Models. Disse modeller simulerer ændringer på basis af et sæt af scenarier for menneskeskabt påvirkning. Der er benyttet et nyt sæt scenarier, Representative Concentration Pathways (RCP'er), til de nye klimamodellsimuleringer, der blev foretaget i regi af CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5) under klimaforskningsprogrammet WCRP (World Climate Research Programme). I alle RCP'er er CO₂-koncentrationerne i atmosfæren højere i 2100 end i dag som resultat af en yderligere stigning i akkumulerede udledninger af CO₂ til atmosfæren i det 21. århundrede (se boks SPM.1). Fremskrivninger i dette sammendrag for beslutningstagere gælder for slutningen af det 21. århundrede (2081 - 2100) i forhold til 1986 - 2005, medmindre andet er angivet. For at sætte sådanne fremskrivninger ind i en historisk kontekst er det nødvendigt at tage observerede ændringer mellem forskellige perioder i betragtning. Baseret på det længste tilgængelige datasæt over den globale overfladetemperatur er den observerede ændring mellem gennemsnittet i perioden 1850 - 1900 og AR5's referenceperiode 0,61 [0,55 til 0,67] °C. Der er dog sket en opvarmning udover AR5-referenceperiodens gennemsnit. Derfor er dette ikke et skøn over historisk opvarmning til dato (se kapitel 2).

Fortsatte udledninger af drivhusgasser vil medføre yderligere opvarmning og ændringer i alle klimasystemets komponenter. Begrænsning af klimaforandringerne vil kræve betydelige og vedvarende reduktioner i udledningen af drivhusgasser. {Kapitel 6, 11, 12, 13, 14}

- Fremskrivninger for de nærmeste årtier viser geografiske mønstre af klimaforandringer, som ligner de forandringer, der er beregnet for slutningen af det 21. århundrede, men med mindre styrke. Intern variabilitet vil fortsat øve stor indflydelse på klimaet, især på kort sigt og på regionalt plan. Fra midten af det 21. århundrede påvirkes styrken af de beregnede ændringer i høj grad af valget af udledningsscenarie (boks SPM.1). {11.3, boks 11.1, Annex I}
- Forudsagte klimaændringer baseret på RCP'er ligner AR4 både mht. mønstre og styrke, når der er taget højde for forskellen mellem scenarier. Den generelle spredning i fremskrivninger for de høje RCP'er er mindre end for sammenlignelige scenarier anvendt i AR4, idet RCP'erne i AR5 i modsætning til SRES-udledningsscenarierne i AR4 er defineret som fremskrivninger af drivhusgaskoncentrationen, og usikkerheder i kulstofkredsløbet, der påvirker CO₂-koncentrationer i atmosfæren, er derfor ikke taget i betragtning i de koncentrationsdrevne CMIP5-simuleringer. Fremskrivningerne af stigningen i havniveauet er højere end i AR4, primært på grund af forbedret modellering af bidrag fra landis. {11.3, 12.3, 12.4, 13.4, 13.5}

E.1 Atmosfære: Temperatur

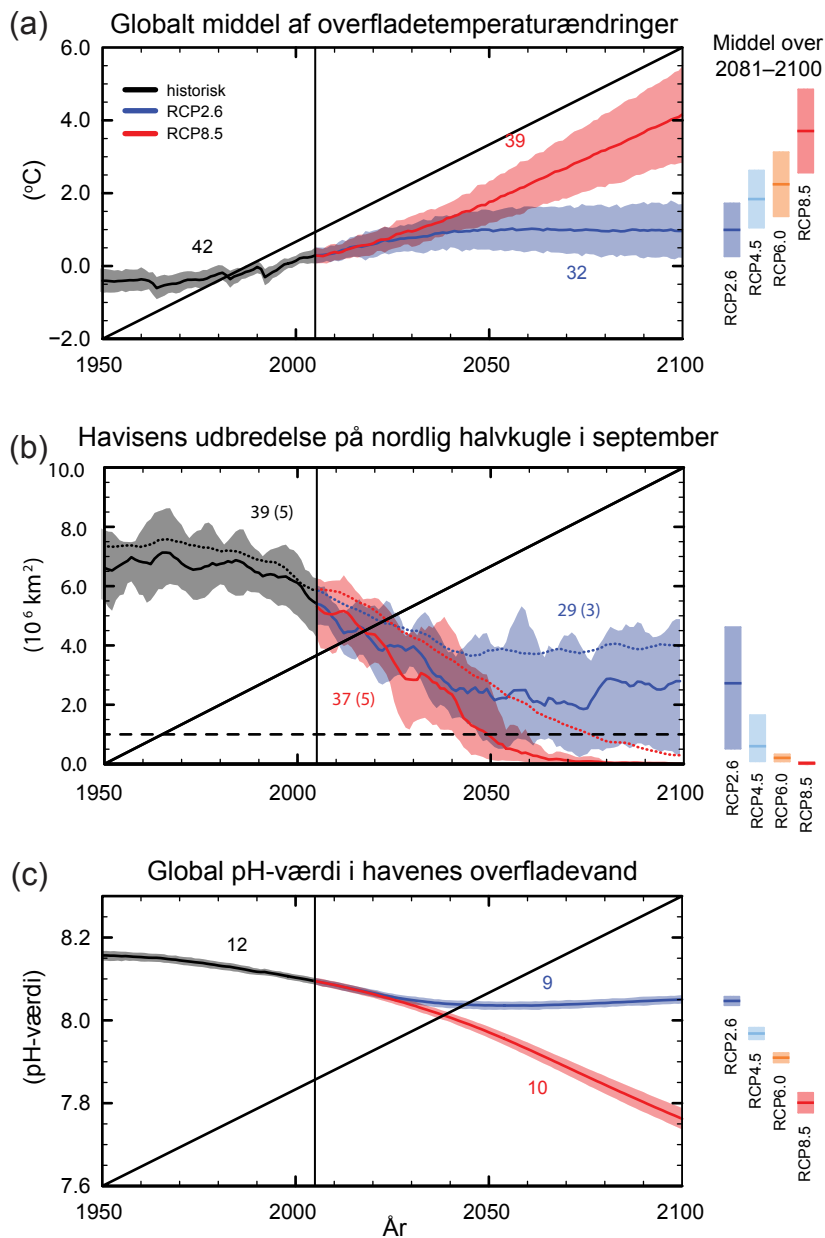
Den globale ændring i overfladetemperaturen i slutningen af det 21. århundrede vil *sandsynligvis* overstige 1,5 °C relativt til 1850 - 1900 i alle RCP-scenarier undtagen RCP2.6. Den vil *sandsynligvis* overstige 2 °C ved RCP6.0 og RCP8.5 og *overvejende sandsynligt* overstige 2 °C ved RCP4.5. Opvarmningen vil fortsætte efter år 2100 i alle RCP-scenarier undtagen RCP2.6. Opvarmningen vil fortsat udvise variabilitet fra år til år og fra tiår til tiår og vil ikke være ensartet geografisk set (se figur SPM.7 og SPM.8). {11.3, 3.8, 12.3, 12.4, 14.8}

- Ændringen i det globale middel af overfladetemperaturen i perioden 2016 - 2035 relativt til 1986 - 2005 vil *sandsynligvis* ligge i intervallet fra 0,3 °C til 0,7 °C (*middel sikkerhed*). Denne vurdering er baseret på adskillige vidnesbyrd og antager, at der ikke vil være større vulkanudbrud eller længerevarende ændringer i den samlede solindstråling. I forhold til den naturlige interne variabilitet forventes de kortsigtede stigninger i sæsonmiddeltemperaturer og årsmiddeltemperaturer at være større i de tropiske og subtropiske områder end ved mellembreddegrader (*stor sikkerhed*). {11.3}
- Stigningen i de globale middeloverfladetemperaturer for 2081 - 2100 relativt til 1986 - 2005 forudses *sandsynligt* at ligge inden for de intervaller, der er udledt af de koncentrationsdrevne CMIP5-modelsimuleringer, dvs. 0,3 °C til 1,7 °C (RCP2.6), 1,1 °C til 2,6 °C (RCP4.5), 1,4 °C til 3,1 °C (RCP6.0), 2,6 °C til 4,8 °C (RCP8.5). Det arktiske område vil opvarmes hurtigere end det globale gennemsnit og den gennemsnitlige opvarmning over land vil være større end over havene (*meget stor sikkerhed*) (se figur SPM.7 og SPM.8 og tabel SPM.2). {12.4, 14.8}
- Relativt til gennemsnittet for årene 1850 til 1900 forudses ændringen i den globale overfladetemperatur i slutningen af det 21. århundrede *sandsynligvis* at overstige 1,5 °C i RCP4.5, RCP6.0 og RCP8.5 (*stor sikkerhed*). Opvarmningen vil *sandsynligvis* overstige 2 °C i RCP6.0 og RCP8.5 (*stor sikkerhed*), *overvejende sandsynligt* overstige 2 °C i RCP4.5 (*stor sikkerhed*), men *sandsynligvis ikke* overstige 2 °C i RCP2.6 (*middel sikkerhed*). Opvarmningen vil *sandsynligvis ikke* overstige 4 °C i RCP2.6, RCP4.5 og RCP6.0 (*stor sikkerhed*) og det er lige så *sandsynligt som usandsynligt*, at den overstiger 4 °C i RCP8.5 (*middel sikkerhed*). {12.4}
- Det er i *realiteten sikkert*, at der vil være hyppigere varme og færre kolde temperaturekstremere over de fleste landområder på daglige såvel som sæsonmæssige tidsskalaer, efterhånden som de globale middeltemperaturer stiger. Det er *meget sandsynligt*, at hedeølger vil forekomme med større hyppighed og varighed. Der vil fortsat optræde sporadiske kolde vinterekstremer (se tabel SPM.1). {12.4}

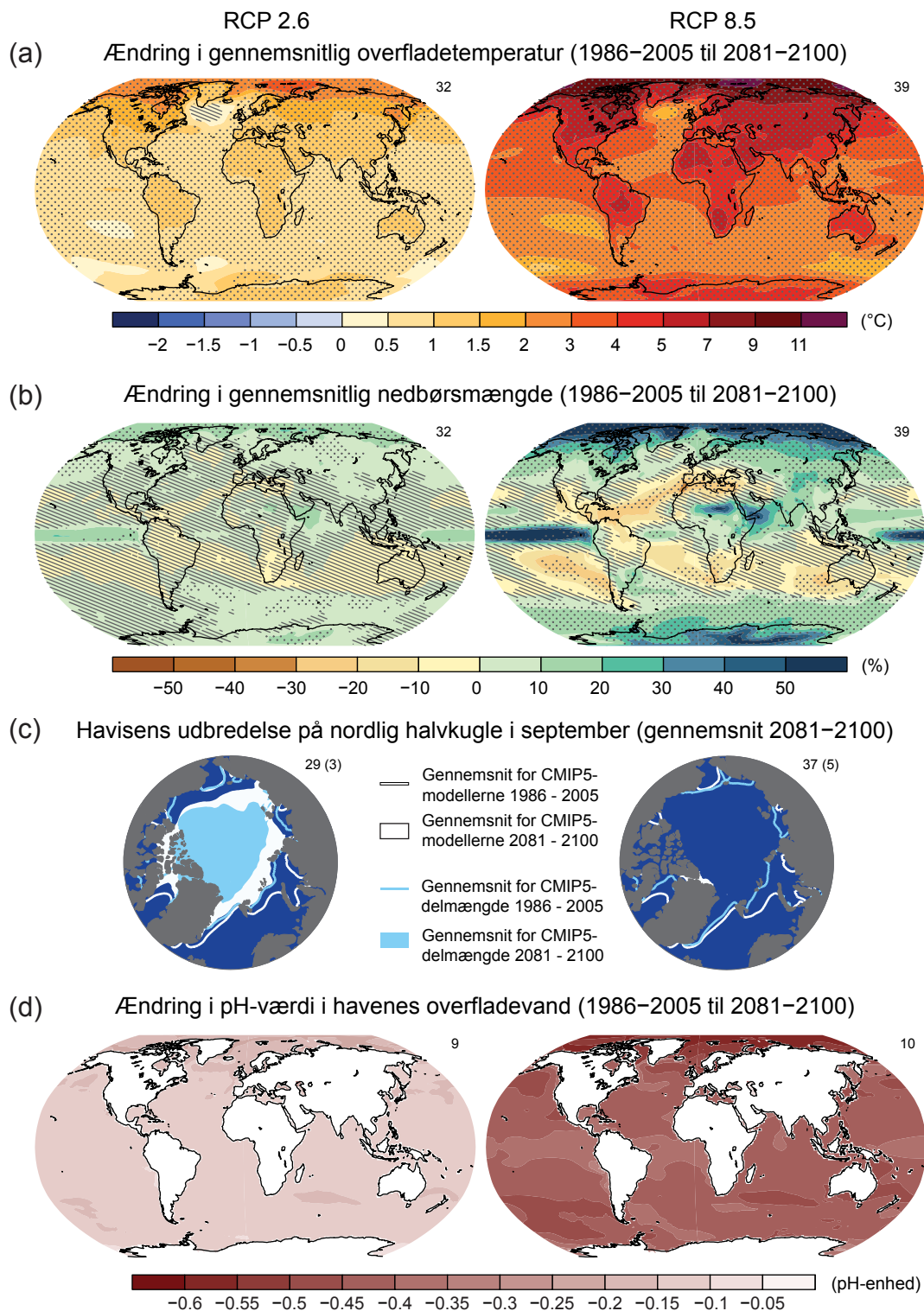
E.2 Atmosfære: Vandkredsløb

Ændringer i det globale vandkredsløb som reaktion på opvarmningen i det 21. århundrede vil ikke være ensartet. Kontrasten i nedbør mellem våde og tørre regioner og mellem våde og tørre årstider vil blive større, selvom der kan være regionale undtagelser (se figur SPM.8). {12.4, 14.3}

- Fremskrevne ændringer i vandkredsløbet for de næste få årtier viser storskalamønstre svarende til dem fra slutningen af århundredet, men af mindre størrelsesorden. Ændringer på kort sigt og på regional skala vil være kraftigt påvirket af naturlig intern variabilitet og kan påvirkes af menneskeskabte aerosoludledninger. {11.3}
- Det er *sandsynligt*, at de høje breddegrader og Stillehavet omkring Ækvator vil opleve en stigning i den årlige middelnedbør imod slutningen af dette århundrede i henhold til RCP8.5-scenariet. I henhold til RCP8.5-scenariet (se figur SPM.8) er det *sandsynligt*, at middelnedbøren vil aftage i mange subtropiske tørre regioner på mellembreddegrader i slutningen af dette århundrede, mens det er *sandsynligt*, at den vil stige i mange våde regioner på mellembreddegrader. {7.6, 12.4, 14.3}
- Ekstreme nedbørshændelser over de fleste landområder på mellembreddegrader og over våde tropiske egne vil *meget sandsynligt* blive mere intense og hyppigere i slutningen af dette århundrede, efterhånden som den globale middeloverfladetemperatur stiger (se tabel SPM.1). {7.6, 12.4}



Figur SPM.7: CMIP5-modellernes tidsserier fra 1950 til 2100 for (a) ændring i det globale årlige middel af overfladetemperaturen relativt til 1986 - 2005 (se tabel SPM.2 vedr. andre referenceperioder), (b) udbredelsen af havis i september på den nordlige halvkugle (løbende 5-års gennemsnit) og (c) det globale middel af pH-værdien for havoverfladen. Tidsserier for fremskrivninger og et mål for usikkerheden (skyggelægning) er vist for scenarierne RCP2.6 (blå) og RCP8.5 (rød). Sort (grå skygge) er den modellerede historiske udvikling ud fra historiske, rekonstruerede påvirkninger. For alle RCP-scenarier vises middelværdien og tilhørende usikkerheder i gennemsnit for 2081 - 2100 som farvede lodrette bjælker. Antallet af anvendte CMIP5-modeller til beregning af gennemsnittet over modelensemblet er angivet. For udbredelsen af havis (b) angives den beregnede middelværdi og usikkerhed (minimum-/maksimumområde) for den delmængde af modellerne, der bedst gengiver den klimatologiske middeltilstand og 1979 - 2012-tendensen for havisen ved Arktis (antallet af modeller angivet i parentes). For fuldstændighedens skyld er CMIP5-modelensemblets middelværdi også vist med prikkede linjer. Den stiplede linje repræsenterer næsten isfri tilstande (dvs. når havisens udbredelse er under 106 km² i mindst fem år i træk). Se yderligere tekniske detaljer i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {figur 6.28, 12.5 og 12.28 - 12.31; figur TS.15, TS.17 og TS.20}



Figur SPM.8: Kort over midlet af CMIP5-modelensemblets resultater for scenarierne RCP2.6 og RCP8.5 i 2081 - 2100 for (a) ændringen i det årlige middel af overfladetemperaturen, (b) gennemsnitlig procentvis ændring i den årlige middelnedbør, (c) udbredelsen af havis i september på den nordlige halvkugle og (d) ændring i havoverfladens pH-værdi. Ændringer i oversigtsgrafik (a), (b) og (d) vises relativt til 1986 - 2005. Antallet af anvendte CMIP5-modeller til beregning af modelensemblets gennemsnit er angivet øverst til højre i hver oversigtsgrafik. Ved oversigtsgrafik (a) og (b) angiver skraverede områder, hvor middelværdien for modelensemblet er lille sammenlignet med den interne variabilitet (dvs. mindre end én standardafvigelse af den interne variabilitet for 20-års middelværdier). Stiplede områder angiver regioner, hvor middelværdien for modelensemblet er stor sammenlignet med de interne variabilitet (dvs. større end to standardafvigelser af den interne variabilitet for 20-års middelværdier), og hvor 90 % af modellerne er enige om fortegnet på ændringen (se boks 12.1). I oversigtsgrafik (c) er linjerne de modelbaserede middelværdier 1986 - 2005; de farvede områder er for slutningen af århundredet. Middelværdien af CMIP5-modelensemblet vises med hvidt, den beregnede gennemsnitlige udbredelse af havisen i den delmængde af modeller (antal modeller angivet i parentes), der bedst gengiver det klimatologiske middel og 1979 - 2012-tendensen for havisens udbredelse ved Arktis, vises med lyseblåt. Se yderligere tekniske detaljer i det supplerende materiale til det tekniske resumé. (Figur 6.28, 12.11, 12.22 og 12.29; figur TS.15, TS.16, TS.17 og TS.20)

- På globalt plan er det *sandsynligt*, at de områder, der er omfattet af monsunsystemerne, vil øges i løbet af det 21. århundrede. Alt imens det er *sandsynligt*, at monsunvindene bliver svagere, er det *sandsynligt*, at monsunnedbøren vil intensiveres på grund af stigningen i atmosfærens vanddampindhold. Det er *sandsynligt*, at monsunens starttidspunkter kommer til at ligge tidligere eller ikke ændres meget. Det er *sandsynligt*, at monsunens sluttidspunkter vil ligge senere og derved forlænge monsunperioden i mange regioner. {14.2}
- Der er *stor sikkerhed* for, at El Niño'en/den Sydlige Oscillation (ENSO) vil forblive den dominerende år-til-år variabilitet i det tropiske Stillehav med globale effekter i det 21. århundrede. På grund af den større tilgængelighed af vanddamp er det *sandsynligt*, at den ENSO-relaterede variabilitet i nedbøren på regionalt plan vil intensiveres. Der er store naturlige variationer i styrken af og det geografiske mønster for ENSO, og derfor vedbliver *sikkerheden* med at være lav for en hvilken som helst fremskrevet ændring i ENSO samt dertil knyttede regionale fænomener for det 21. århundrede. {5.4, 14.4}

Tabel SPM.2: Fremskrevet ændring i det globale middel af lufttemperaturen ved overfladen og det globale middel af stigningen i havniveauet for den midterste og sidste del af det 21. århundrede relativt til referenceperioden 1986 - 2005. {12.4; tabel 12.2, tabel 13.5}

| | | 2046 - 2065 | | 2081 - 2100 | |
|--|----------|-------------|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|
| | Scenarie | Middel | Sandsynligt interval ^c | Middel | Sandsynligt interval ^c |
| Ændring i den globale middelovertemperatur (°C)^a | RCP2.6 | 1,0 | 0,4 til 1,6 | 1,0 | 0,3 til 1,7 |
| | RCP4.5 | 1,4 | 0,9 til 2,0 | 1,8 | 1,1 til 2,6 |
| | RCP6.0 | 1,3 | 0,8 til 1,8 | 2,2 | 1,4 til 3,1 |
| | RCP8.5 | 2,0 | 1,4 til 2,6 | 3,7 | 2,6 til 4,8 |
| | Scenarie | Middel | Sandsynligt interval ^d | Middel | Sandsynligt interval ^d |
| Stigning i det globale middelhavniveau (m)^b | RCP2.6 | 0,24 | 0,17 til 0,32 | 0,40 | 0,26 til 0,55 |
| | RCP4.5 | 0,26 | 0,19 til 0,33 | 0,47 | 0,32 til 0,63 |
| | RCP6.0 | 0,25 | 0,18 til 0,32 | 0,48 | 0,33 til 0,63 |
| | RCP8.5 | 0,30 | 0,22 til 0,38 | 0,63 | 0,45 til 0,82 |

Noter:

- a Baseret på CMIP5-modellerne; anomalier beregnet i forhold til 1986 – 2005. Ved brug af HadCRUT4-datasættet og dets anslåede usikkerhed (5 - 95 % sikkerhedsinterval) er den observerede opvarmning op til referenceperioden 1986 - 2005 0,61 [0,55 til 0,67] °C for 1850 - 1900 og 0,11 [0,09 til 0,13] °C for 1980 - 1999, AR4-referenceperioden for fremskrivninger. Sandsynlige intervaller er ikke blevet vurderet her i forhold til tidligere referenceperioder, fordi der generelt ikke findes metoder til at kombinere usikkerheden i modeller og observationer i litteraturen. Sammenlægn af fremskrevne og observerede ændringer tager ikke højde for potentielle effekter af modellernes bias i forhold til observationerne og for intern variabilitet i løbet af observationernes referenceperiode. {2.4; 11.2; tabel 12.2 og 12.3}
- b Baseret på 21 CMIP5-modeller; anomalier beregnet i forhold til 1986 – 2005. I tilfælde, hvor der ikke var CMIP5-resultater til rådighed for en særskilt AOGCM med scenarie, er der foretaget skøn som forklaret i kapitel 13, tabel 13.5. Bidragene fra hurtige dynamiske forandringer i iskapperne og menneskeskabt vandlagring på landjorden behandles, som om de har ensartede sandsynlighedsfordelinger og overvejende er uafhængige af scenarie. Denne behandling indebærer ikke, at de nævnte bidrag ikke vil afhænge af det scenarie, der følges, men blot at den aktuelle viden ikke tillader en kvantitativ vurdering af afhængigheden. Ud fra den aktuelle forståelse er det kun et sammenbrud af marine gletsjere på Antarktis, der, hvis det udløses, vil kunne få det globale middelhavniveau til at stige væsentligt over det sandsynlige interval i løbet af det 21. århundrede. Der er middel sikkerhed for, at dette ekstra bidrag ikke vil overstige adskillige decimeters stigning i havniveau i løbet af det 21. århundrede.
- c Beregnet ud fra fremskrivninger som 5 - 95 % modelintervaller. Disse intervaller anslås derefter at være sandsynlige intervaller under hensyntagen til ekstra usikkerhed eller forskellige grader af sikkerhed ved modellerne. Ved fremskrivninger af ændringen i den globale middelovertemperatur i 2046 - 2065 er sikkerheden middel, eftersom den relative vigtighed af intern variabilitet og usikkerheden vedrørende påvirkningen fra og reaktionen på ikke-drivhusgasser er større end for 2081 - 2100. De sandsynlige intervaller for 2046 - 2065 tager ikke højde for den mulige påvirkning fra faktorer, der fører til det vurderede interval for ændringen i den globale middelovertemperatur på kort sigt (2016 - 2035), som er lavere end 5 - 95 % modelintervallet, eftersom påvirkningen fra disse faktorer på mere langsigtede fremskrivninger ikke er blevet kvantificeret på grund af utilstrækkelig videnskabelig forståelse. {11.3}
- d Beregnet ud fra fremskrivninger som 5 - 95 % modelintervaller. Disse intervaller vurderes derefter at være sandsynlige intervaller under hensyntagen til ekstra usikkerhed eller forskellige grader af sikkerhed ved modellerne. Ved fremskrivninger af stigningen i det globale middelhavniveau er sikkerheden middel for begge tidshorisonter.

E.3 Atmosfære: Luftkvalitet

- De forskellige fremskrivninger af luftkvaliteten (ozon og PM_{2.5}¹⁷ i luft tæt på jordens overflade) er primært styret af udledninger (herunder CH₄) frem for af fysiske klimaforandringer (*middel sikkerhed*). Der er stor sikkerhed for, at opvarmningen globalt set reducerer baggrundsværdien for ozon tæt på jordens overflade. Høje CH₄-niveauer (RCP8.5) kan udligne denne reduktion, hvorved baggrundsværdien for ozonen tæt på jordens overflade vil øges med i gennemsnit ca. 8 ppb (25 % af nuværende niveauer) i forhold til scenarier med små CH₄-ændringer (RCP4.5, RCP6.0) (*stor sikkerhed*). {11.3}
- Vidnesbyrd fra observationer og modeller indikerer, at hvis alle øvrige forhold lades uændrede, vil højere lokale overfladetemperaturer i forurenede områder udløse regionale feedbackmekanismer, hvad kemi og lokale emissioner angår, der vil øge de maksimale niveauer af ozon og PM_{2.5} (*middel sikkerhed*). Klimaforandringer kan både ændre naturlige aerosolkilder og udvaskningen via nedbør for PM_{2.5}, men der knyttes ikke et udsagn om graden af sikkerhed til klimaforandringernes generelle indflydelse på PM_{2.5}-forekomster. {11.3}

E.4 Havene

Den globale opvarmning af havene vil fortsætte i det 21. århundrede. Der vil trænge varme fra overfladen ned til dybhavet og påvirke havcirkulationen. {11.3, 12.4}

- Den kraftigste opvarmning af havene forventes at finde sted i overfladevandene i de tropiske områder og den nordlige halvkugles subtropiske områder. På større dybde vil opvarmningen være mest udtalt i Sydhavet (*stor sikkerhed*). De bedste skøn for opvarmningen af havene ved slutningen af det 21. århundrede i de øverste hundrede meter er ca. 0,6 °C (RCP2.6) til 2,0 °C (RCP8.5), og ca. 0,3 °C (RCP2.6) til 0,6 °C (RCP8.5) ved en dybde på ca. 1000 m. {12.4, 14.3}
- Det er *meget sandsynligt*, at den atlantiske termohaline cirkulation (AMOC) vil blive svagere i løbet af det 21. århundrede. De bedste skøn og interval¹⁸ for reduktionen iht. CMIP5 er 11 % (1 til 24 %) i RCP2.6 og 34 % (12 til 54 %) i RCP8.5. Det er *sandsynligt*, at AMOC vil være aftaget noget omkring 2050, men der kan være nogle årtier, hvor AMOC øges på grund af stor intern variabilitet. {1 1.3, 12.4}
- Det er *meget usandsynligt*, at AMOC vil gennemgå en brat forandring eller et kollaps i det 21. århundrede i henhold til de betragtede scenarier. Der er *lav sikkerhed* med hensyn til vurderingen af AMOC's udvikling efter det 21. århundrede på grund af det begrænsede antal analyser og flertydige resultater. Ved en stor vedvarende opvarmning kan et kollaps efter det 21. århundrede dog ikke udelukkes. {12.5}

E.5 Kryosfæren

Det er meget sandsynligt, at udbredelsen af den arktiske havis fortsat vil mindskes i såvel areal som tykkelse, og at forårssnedækket på den nordlige halvkugle reduceres i løbet af det 21. århundrede, i takt med at den globale middelloverfladetemperatur stiger. Den globale gletsjermasse vil mindskes yderligere. {1 2.4, 13.4}

- Baseret på gennemsnittet over en række modeller forventes der reduktioner i udbredelsen af den arktiske havis året rundt ved slutningen af det 21. århundrede. Disse reduktioner ligger i intervallet fra 43 % for RCP2.6 til 94 % for RCP8.5 i september og fra 8 % for RCP2.6 til 34 % for RCP8.5 i februar (*middel sikkerhed*) (se figur SPM.7 og SPM.8). {12.4}
- Baseret på en vurdering af den delmængde af modeller, som bedst gengiver det klimatiske middel og 1979 - 2012-tendensen for havisens udbredelse ved Arktis, er det i henhold til RCP8.5 *sandsynligt*, at de arktiske havområder er næsten isfri¹⁹ i september inden midten af århundredet (*middel sikkerhed*) (se figur SPM.7 og SPM.8). For de øvrige scenarier kan der ikke med sikkerhed angives en vurdering af, hvornår Arktis kan være næsten isfri i september. {11.3, 12.4, 12.5}

¹⁷ PM_{2.5} henviser til partikelmateriale med en diameter på under 2,5 mikrometer, et mål for aerosolkoncentrationen i atmosfæren.

¹⁸ Intervallerne i dette afsnit indikerer en CMIP5-modelspredning.

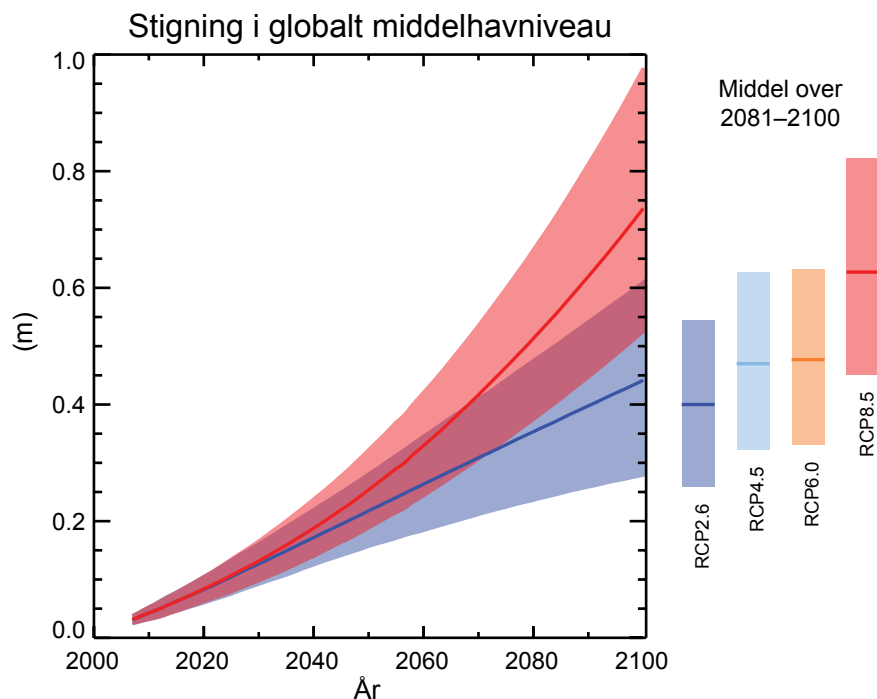
- I Antarktis forudsiges en reduktion af havisens udbredelse og masse med *lav sikkerhed* for slutningen af det 21. århundrede, i takt med at den globale middelloverfladetemperatur stiger. {12.4}
- Mod slutningen af det 21. århundrede fremskrives den globale gletsjermasse, fraregnet gletsjere ved udkanten af Antarktis, til at mindskes med 15 til 55 % for RCP2.6 og med 35 til 85 % for RCP8.5 (*middel sikkerhed*). {13.4, 13.5}
- Arealet af forårssnedækket på den nordlige halvkugle forventes at mindskes med 7 % for RCP2.6 og med 25 % i RCP8.5 mod slutningen af det 21. århundrede for modelgennemsnittet (*middel sikkerhed*). {12.4}
- Det er i *realiteten sikkert*, at udbredelsen af den overflade-nære permafrost på høje nordlige breddegrader reduceres, i takt med at den globale middelloverfladetemperatur stiger. Ved slutningen af det 21. århundrede forudsiges det, at arealet af den overflade-nære permafrost (de øverste 3,5 m) vil være mindsket med mellem 37 % (RCP2.6) og 81 % (RCP8.5) for modelgennemsnittet (*middel sikkerhed*). {12.4}

E.6 Havniveau

Det gennemsnitlige globale havniveau vil fortsætte med at stige i løbet af det 21. århundrede (se figur SPM.9). Ifølge alle RCP-scenarier er det *meget sandsynligt*, at stigningshastigheden for havniveauet vil blive større end observeret i perioden 1971 - 2010, på grund af øget opvarmning af havene og øget tab af masse fra gletsjere og iskapper. {13.3 - 13.5}

- Sikkerheden i forudsigelser om stigningen i det gennemsnitlige globale havniveau er øget siden AR4 på grund af en bedre fysisk forståelse af bidragene til havniveauet, en bedre overensstemmelse mellem procesbaserede modeller og observationer samt inddragelsen af dynamiske forandringer i iskapper. {13.3 - 13.5}
- Det er *sandsynligt*, at stigningen i det globale middelhavniveau for 2081 - 2100 relativt til 1986 - 2005 vil ligge inden for intervallet 0,26 til 0,55 m for RCP2.6, 0,32 til 0,63 m for RCP4.5, 0,33 til 0,63 m for RCP6.0 og 0,45 til 0,82 m for RCP8.5 (*middel sikkerhed*). For RCP8.5 er stigningen i år 2100 0,52 til 0,98 m, med en hastighed i løbet af 2081 - 2100 på 8 til 16 mm år⁻¹ (*middel sikkerhed*). Disse intervaller er udledt på baggrund af CMIP5-klimamodelkørsler kombineret med procesbaserede modeller og en vurdering af bidraget fra gletsjere og iskapper ud fra litteraturen (se figur SPM.9, tabel SPM.2). {13.5}
- I RCP-fremskrivningerne står varmeudvidelse for 30 til 55 % af det 21. århundredes stigning i det globale middelhavniveau, og gletsjere står for 15 til 35 %. Stigningen i overfladesmeltning af den grønlandske iskappe vil overgå stigningen i snefald og medføre et positivt bidrag fra ændringer i overflademassebalancen til det fremtidige havniveau (*stor sikkerhed*). Alt imens overfladesmeltningen vil forblive lille, forventes en stigning i snefaldet over den antarktiske iskappe (*middel sikkerhed*), hvilket vil resultere i et negativt bidrag til det fremtidige havniveau som følge af ændringer i overflademassebalancen. Det er *sandsynligt*, at ændringer i afstrømningen fra begge iskapper tilsammen vil give et bidrag inden for intervallet fra 0,03 til 0,20 m i 2081 - 2100 (*middel sikkerhed*). {13.3-13.5}
- Ud fra den nuværende forståelse vil kun et eventuelt sammenbrud af marine gletsjere på Antarktis kunne få det globale middelhavniveau til at stige væsentligt over det *sandsynlige* interval i løbet af det 21. århundrede. Dog er der *middel sikkerhed* for, at dette ekstra bidrag ikke vil overstige adskillige decimeters stigning i havniveauet i løbet af det 21. århundrede. {13.4, 13.5}
- Grundlaget for at forudsige større stigninger i det globale middelhavniveau i det 21. århundrede er blevet overvejet, og det konkluderes, at der i øjeblikket er utilstrækkelige vidnesbyrd til at evaluere sandsynligheden for bestemte niveauer over det vurderede *sandsynlige* interval. Mange semiempiriske modelfremskrivninger af stigningen i det globale middelhavniveau er større end procesbaserede modelfremskrivninger (op til ca. dobbelt så store), men der er ikke videnskabelig konsensus om deres pålidelighed, og der er således *lav sikkerhed* for disse fremskrivninger. {13.5}
- Stigningen i havniveauet vil ikke være ensartet. Mod slutningen af det 21. århundrede er det *meget sandsynligt*, at havniveauet vil stige over mere end 95 % af havenes areal. Ca. 70 % af kystlinjerne verden over forventes at opleve en ændring i havniveau, der ligger inden for 20 % af ændringen i det globale middelhavniveau. {13.1, 13.6}

¹⁹ Tilstandene i de arktiske havområder betegnes som næsten isfrie, når havisens udbredelse er mindre end 106 km² i mindst fem år i træk.



Figur SPM.9: Forudsigelser af stigningen i det globale middelhavniveau i det 21. århundrede relativt til 1986 - 2005 ud fra en kombination af CMIP5-ensemblet og procesbaserede modeller for RCP2.6 og RCP8.5. Det beregnede sandsynlige område vises som et skraveret bånd. De beregnede sandsynlige områder for gennemsnittet over perioden 2081 - 2100 for alle RCP-scenarier vises som lodrette farvede bjælker, mens den tilsvarende medianværdi vises som en vandret linje. Se yderligere tekniske detaljer i det supplerende materiale til det tekniske resumé. {tabel 13.5, figur 13.10 og 13.11; figur TS.21 og TS.22}

E.7 Kulstof og andre biogeokemiske kredsløb

Klimaforandringer vil påvirke processerne i kulstofkredsløbet på en måde, der vil forstærke stigningen af CO₂ i atmosfæren (stor sikkerhed). Yderligere optag af kulstof i havene vil øge forsyningen af havene.

{6.4}

- Havenes optag af menneskeskabt CO₂ vil fortsætte under alle fire RCP'er frem til 2100, med større optag for større koncentrationsudviklinger (*meget stor sikkerhed*). Den fremtidige udvikling i kulstofoptaget fra jorde og skov er mindre sikker. Et flertal af modellerne forudsiger et fortsat kulstofoptag fra land under alle RCP'er, men nogle modeller simulerer en afgivelse af kulstof fra land på grund af den kombinerede effekt af klimaforandringer og ændringer i arealanvendelsen. {6.4}
- Ifølge Earth System Models er der *stor sikkerhed* for, at feedback-mekanismen mellem klima og kulstofkredsløbet er positiv i det 21. århundrede; dvs. at klimaforandringerne på grund af stigende indhold af CO₂ i atmosfæren delvist vil udligne stigningen i landjordens og havenes kulstofoptag. Som følge heraf vil mere af den udledte menneskeskabte CO₂ forblive i atmosfæren. En positiv feedback mellem klima og kulstofkredsløbet på en tidsskala fra århundreder til årtusinder understøttes af palæoklimatiske observationer og modeller. {6.2, 6.4}
- Earth System Models forudsiger en global stigning i havenes forsyning for alle RCP-scenarier. Det tilsvarende fald i pH-værdien i havenes overfladevand ved slutningen af det 21. århundrede er inden for intervallet¹³ fra 0,06 til 0,07 for RCP2.6, 0,14 til 0,15 for RCP4.5, 0,20 til 0,21 for RCP6.0 og 0,30 til 0,32 for RCP8.5 (se figur SPM.7 og SPM.8). {6.4}
- Kumulative CO₂-udledninger²⁰ for perioden 2012 - 2100 svarende til RCP-scenariernes koncentrationer af atmosfærisk CO₂ spænder ifølge¹⁵ Earth System Models fra 140 til 410 GtC for RCP2.6, 595 til 1005 GtC for RCP4.5, 840 til 1250 GtC for RCP6.0 og 1415 til 1910 GtC for RCP8.5 (se tabel SPM.3). {6.4}

Tabel SPM.3: Kumulative CO₂-udledninger for perioden 2012 - 2100 svarende til RCP-scenariernes atmosfæriske koncentrationer simuleret af CMIP5's Earth System Models. {6.4, tabel 6.12}

| Scenarie | Kumulative CO ₂ -udledninger 2012 - 2100 ^a | | | |
|----------|--|---------------|-------------------|---------------|
| | GtC | | GtCO ₂ | |
| | Middel | Interval | Middel | Interval |
| RCP2.6 | 270 | 140 til 410 | 990 | 510 til 1505 |
| RCP4.5 | 780 | 595 til 1005 | 2860 | 2180 til 3690 |
| RCP6.0 | 1060 | 840 til 1250 | 3885 | 3080 til 4585 |
| RCP8.5 | 1685 | 1415 til 1910 | 6180 | 5185 til 7005 |

Noter:

^a 1 gigaton kulstof = 1 GtC = 10¹⁵ gram kulstof. Dette svarer til 3,667 GtCO₂

- I 2050 er den årlige CO₂-udledning beregnet af Earth System Models under RCP2.6 mindre end udledningen i 1990 (14 % til 96 % mindre) (se figur TS.19). Ved slutningen af det 21. århundrede forudsiger ca. halvdelen af modellerne en udledning på lidt over nul, mens den anden halvdel forudsiger en nettofjernelse af CO₂ fra atmosfæren. {6.4}
- Frigivelsen af CO₂ eller CH₄ til atmosfæren fra den tøende permafrosts kulstoflagre i løbet af det 21. århundrede vurderes at være inden for intervallet fra 50 til 250 GtC for RCP8.5 (lav sikkerhed). {6.4}

E.8 Klimastabilisering, uundgåelige klimaforandringer og klimaforandringernes irreversibilitet

Kumulative udledninger af CO₂ er i høj grad bestemmende for den gennemsnitlige globale overfladeopvarmning i det sene 21. århundrede og derefter (se figur SPM.10). De fleste aspekter af klimaforandringerne vil være ved i mange århundreder, selvom udledningen af CO₂ standses. Dette medfører betydelige, uundgåelige klimaforandringer over flere århundreder, skabt af tidligere, nuværende og fremtidige udledninger af CO₂. {12.5}

- Der er en tilnærmelsesvis lineær sammenhæng mellem de kumulative totale udledninger af CO₂ og den gennemsnitlige globale respons af overfladetemperaturen (se figur SPM.10). En vilkårlig grad af opvarmning kan forbindes med en lang række forskellige kumulative CO₂-udledninger²¹, og derfor vil eksempelvis højere udledninger i tidligere årtier indebære lavere udledninger senere. {12.5}
- En begrænsning af den opvarmning, der skyldes menneskeskabte CO₂-udledninger alene, til mindre end 2 °C siden perioden 1861-1880²² med en sandsynlighed på hhv. >33 %, >50 % og >66 % vil kræve, at de kumulative CO₂-udledninger fra alle menneskeskabte kilder bliver mellem hhv. 0 og ca. 1570 GtC, 0 og ca. 1210 GtC samt 0 og ca. 1000 GtC siden den pågældende periode²³. Disse øvre grænser reduceres til hhv. ca. 900 GtC, 820 GtC og 790 GtC, når man tager højde for andre påvirkninger end CO₂ som i RCP2.6. En mængde på 515 [445 til 585] GtC var allerede udledt i 2011. {12.5}
- Et mål om mindre opvarmning eller en højere sandsynlighed for at forblive under et bestemt opvarmningsmål vil kræve lavere kumulative CO₂-udledninger. Hvis man tager højde for den opvarmende effekt af stigningen i andre former for drivhusgasser, reduktioner i aerosoler eller frigivelsen af drivhusgasser fra permafrost, vil det også sænke de kumulative CO₂-udledninger hørende til et specifikt opvarmningsmål (se figur SPM.10). {12.5}

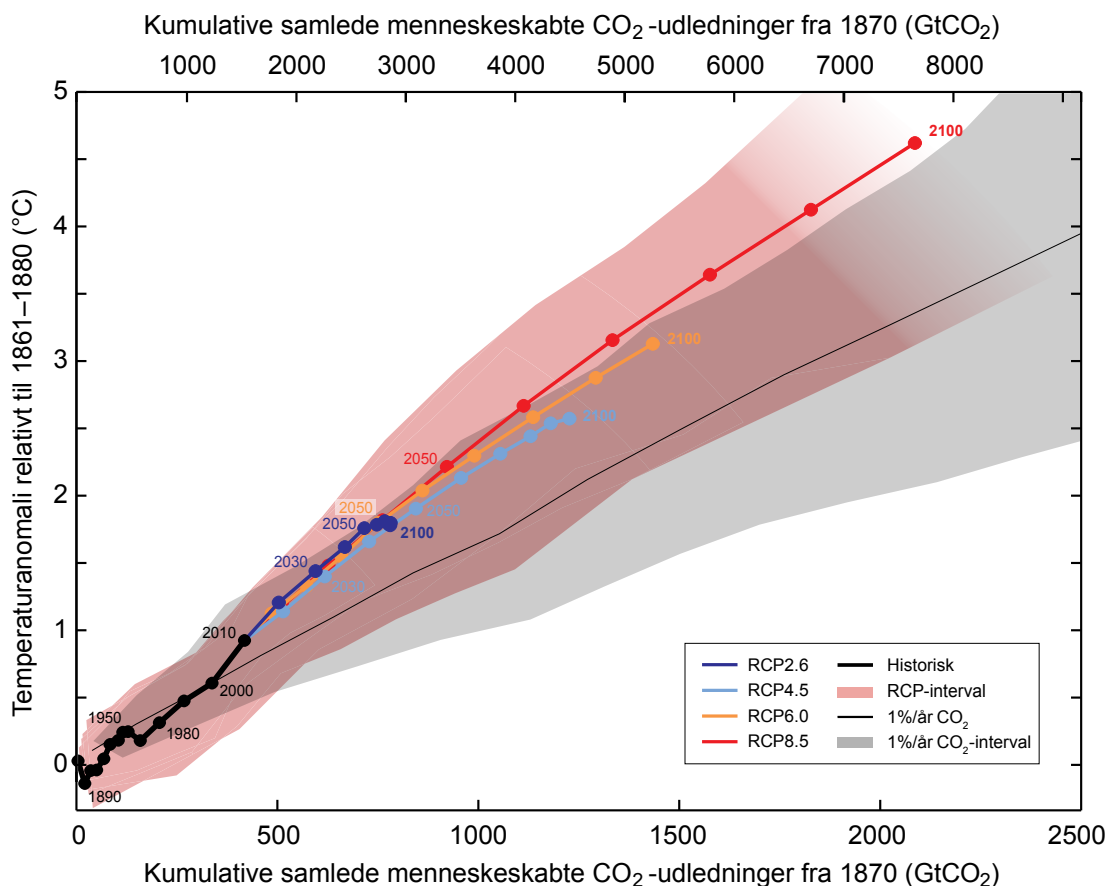
²⁰ Fra fossile brændsler samt cement-, industri- og affaldssektoren.

²¹ Kvantificering af dette spektrum af CO₂-udledninger kræver, at man tager højde for påvirkningsfaktorer ud over CO₂.

²² Den første 20-års periode, som fremgår af modellerne.

²³ Dette baserer sig på en vurdering af den transiente klimarespons på kumulative kulstofudledninger (TCRE) (se afsnit D.2).

- En stor del af de menneskeskabte klimaforandringer som følge af CO₂-udledninger er irreversible over en tidshorisont fra flere hundrede til tusinde år, undtagen i tilfælde af en stor fjernelse af CO₂ fra atmosfæren over en vedvarende periode. Overfladetemperaturerne vil forblive nogenlunde konstante på et forhøjet niveau i mange århundreder efter et fuldstændigt stop for menneskeskabte netto-CO₂-udledninger. På grund af den lange tidshorisont for varmetransport fra havoverfladen til dybet vil opvarmningen af havene fortsætte i århundreder. Alt afhængigt af scenariet vil ca. 15 til 40 % af den udledte CO₂ forblive i atmosfæren længere end 1000 år. {Boks 6.1, 12.4,12.5}
- Det er i *realiteten sikkert*, at stigningen i det globale middelhavniveau vil fortsætte efter 2100, og stigningen i havniveau på grund af varmeudvidelse vil fortsætte i mange århundreder. De få tilgængelige modelresultater, der går videre end til 2100, indikerer, at stigningen i det globale middelhavniveau i forhold til det førindustrielle niveau i 2300 vil være på under 1 m ved en strålingspåvirkning, der svarer til CO₂-koncentrationer, som topper og falder og forbliver under 500 ppm, som i RCP2.6-scenariet. Ved en strålingspåvirkning der svarer til en CO₂-koncentration, som er over 700 ppm men under 1500 ppm som i RCP8.5-scenariet, er den forventede stigning fra 1 m til over 3 m (*middel sikkerhed*). {13.5}



Figur SPM.10: Stigning i den globale middelloverfladetemperatur som funktion af kumulative totale globale CO₂-udledninger ud fra forskellige vidnesbyrd. Resultater baseret på et hierarki af klima-kulstofkredsløbsmodeller for hver enkelt RCP frem til 2100 vises med farvede linjer, og 10-års midler vises med prikker. Nogle 10-års gennemsnit angives for klarhedens skyld (f.eks. angiver 2050 årtiet 2041 - 2050). Modelresultater over den historiske periode (1860 - 2010) angives med sort. Den farvede fane illustrerer spændvidden blandt de forskellige modeller for de fire RCP-scenarier og fortøner sig med det faldende antal tilgængelige modeller i RCP8.5. Gennemsnittet og spændvidden i CMIP5-modellerne i simuleringer drevet med en årlig stigning i CO₂-koncentrationen på 1 % er markeret med henholdsvis den tynde sorte linje og den grå skyggelægning. For en given størrelse af den kumulative CO₂-udledning udviser simuleringerne med 1 % årlig stigning i CO₂ en lavere opvarmning end de simuleringer, der drives af RCP'er, som indeholder påvirkningsfaktorer ud over CO₂. Alle værdier angives relativt til referenceperioden 1861 - 1880. 10-års gennemsnit er forbundet med rette linjer. {figur 12.45; TFE.8, figur 1}

- Vedvarende massetab fra iskapper vil forårsage en større stigning i havniveauet, og en del af massetabet vil muligvis være irreversibelt. Der er *stor sikkerhed* for, at vedvarende opvarmning over en vis tærskelværdi vil føre til et næsten fuldstændigt tab af den grønlandske iskappe i løbet af et årtusinde eller mere og forårsage en stigning i det globale middelhavniveau på op til 7 m. Aktuelle skøn peger på, at denne tærskelværdi er over ca. 1 °C (*lav sikkerhed*), men under ca. 4 °C (*middel sikkerhed*) gennemsnitlig global opvarmning i forhold til det førindustrielle niveau. Et brat og irreversibelt tab af is på grund af en potentiel ustabilitet i marine gletsjere på Antarktis som reaktion på klimapåvirkninger er muligt, men de tilgængelige data og den nuværende forståelse er utilstrækkelige til at foretage en kvantitativ vurdering. {5.8, 13.4, 13.5}
- Metoder, der sigter mod bevidst at ændre klimasystemet for at imødegå klimaforandringer, kaldet geoengineering, er blevet foreslået. Begrænsede vidnesbyrd tillader ikke en omfattende kvantitativ vurdering af hverken solindstrålingsreduktioner (SRM) eller fjernelse af CO₂ fra atmosfæren (CDR) eller disses indvirkning på klimasystemet. CDR-metodernes potentiale er biogeokemisk og teknologisk begrænset i en global målestok. Der er utilstrækkelig viden til at kvantificere, i hvor høj grad CO₂-udledningerne delvist kan udlignes af CDR over en tidshorisont på et århundrede. Modeller tyder på, at SRM-metoderne, hvis de kan realiseres, har potentialet til i væsentlig grad at udligne en global temperaturstigning, men de vil også ændre det globale vandkredsløb og vil ikke reducere forsureningen af havene. Hvis SRM af den ene eller anden grund bliver bragt til ophør, er der *stor sikkerhed* for, at de globale overfladetemperaturer meget hurtigt vil stige til værdier svarende til påvirkningen fra drivhusgasserne. CDR og SRM er forbundet med bivirkninger og langsigtede konsekvenser på global skala. {6.5, 7.7}

Boks SPM.1: Representative Concentration Pathways (RCP'er)

Forudsigelser af klimaforandringer i arbejdsgruppe I (WGI) kræver oplysninger om fremtidige udledninger eller koncentrationer af drivhusgasser, aerosoler og andre faktorer, der påvirker klimaet. Disse oplysninger udtrykkes ofte som et scenarie af menneskelige aktiviteter, der ikke er vurderet i denne rapport. IPCC WGI-scenarier har fokuseret på menneskeskabte udledninger og omfatter ikke ændringer i naturlige påvirkningsfaktorer såsom påvirkning fra solen eller vulkaner eller naturlige udledninger af f.eks. CH₄ og N₂O.

I IPCC's femte hovedrapport har det videnskabelige samfund defineret et sæt på fire nye scenarier, betegnet Representative Concentration Pathways (RCP'er, se ordlisten). De er kendetegnet ved deres anslåede samlede strålingspåvirkning i år 2100 i forhold til år 1750: 2,6 W m² for RCP2.6, 4,5 W m² for RCP4.5, 6,0 W m² for RCP6.0 og 8,5 W m² for RCP8.5. Hvad resultaterne fra Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) angår, skal disse værdier kun opfattes som vejledende, eftersom klimapåvirkningen som følge af alle påvirkningsfaktorer varierer modellerne imellem på grund af specifikke modelkarakteristika og behandlingen af kortlivede klimakomponenter. Disse fire RCP'er omfatter et modvirkningsscenarie, der leder til et meget lavt påvirkningsniveau (RCP2.6), to stabiliseringsscenarier (RCP4.5 og RCP6) og et scenarie med meget store drivhusgasudledninger (RCP8.5). Dermed kan RCP'erne repræsentere en række af klimapolitikker i det 21. århundrede til sammenligning med de ingen-klimapolitik-scenarier (SRES – Special Report on Emissions Scenarios), der er anvendt i den tredje og den fjerde hovedrapport. I RCP6.0 og RCP8.5 topper strålingspåvirkningen ikke i år 2100; i RCP2.6 topper den og bliver mindre og i RCP4.5 stabiliseres den i 2100. Alle RCP'er giver geografisk opløste datasæt vedrørende ændring i arealudnyttelsen og sektorbaserede udledninger af luftforurenende stoffer, og de specificerer årlige koncentrationer af drivhusgasser og menneskeskabte udledninger frem til år 2100. RCP'erne er baseret på en kombination af integrerede vurderingsmodeller, simple klimamodeller, atmosfærisk kemi og globale kulstofkredsløbsmodeller. Selvom RCP'erne spænder over et bredt interval af totale påvirkningsværdier, dækker de ikke det fulde spektrum af udledninger i litteraturen, især ikke for aerosolers vedkommende.

De fleste af CMIP5- og Earth System Model-simuleringerne er foretaget med fastsatte udviklinger af CO₂-koncentrationer frem mod værdier i år 2100 på hhv. 421 ppm (RCP2.6), 538 ppm (RCP4.5), 670 ppm (RCP6.0) og 936 ppm (RCP 8.5). Inkluderes også de foreskrevne koncentrationer af CH₄ og N₂O, bliver de kombinerede CO₂-ækvivalente koncentrationer hhv. 475 ppm (RCP2.6), 630 ppm (RCP4.5), 800 ppm (RCP6.0) og 1313 ppm (RCP8.5). I RCP8.5 er der foretaget ekstra CMIP5 ESM-simuleringer med fastsatte CO₂-udledninger, leveret af de integrerede vurderingsmodeller. I alle RCP'er er der foretaget yderligere beregninger med opdaterede data og modeller for atmosfærisk kemi (herunder CMIP5-komponenten atmosfærisk kemi og klima) under anvendelse af de RCP-fastsatte udledninger af de kemisk reaktive gasser (CH₄, N₂O, HFC'er, NO_x, CO, NMVOC). Disse simuleringer muliggør undersøgelser af usikkerheder i forbindelse med kulstofkredsløbsfeedback og atmosfærisk kemi.



Dmi

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL OF
climate change