



En framtid du ikke vil ha

Global oppvarming: Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser

Av Thomas Cottis



Forsiden:

Store nedbørsmengder sendte elva ut over sine bredder noe som førte til store skader på hus og eiendommer i Flåm i oktober 2014. Foto: Tore Meek, NTB scanpix

Gino Celli inspiserer en tørkerammet hveteåker i Califorina i mai 2015. Foto: Rich Pedroncelli, Scanpix/Ap

En internflyktning vandrer gjennom en støvsky i Pakistan like før monsunen i juli 2009. Pakistan har de siste årene vært åsted for en rekke ødeleggende varmebølger og kraftige monsuner. Foto: Akhtar Soomro, Scanpix/Reuters

Tittel: En framtid du ikke vil ha – Global oppvarming:

Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser

Forfattere: Thomas Cottis

Utgivelse 09/2015

Utgiver Framtiden i våre hender, Fredensborgveien 24 G, 0177 Oslo

Ansvarlig redaktør Arild Hermstad

Prosjektstyrer: Sigurd Jorde

Faglig kvalitetsikrer: Steffen Kallbekken

Det oppfordres til å sitere og bruke opplysninger fra denne rapporten. Framtiden i våre hender oppgis som kilde.

Denne rapporten er godkjent av Framtiden i våre henders forskningsinstitutt. Instituttet har til formål å engasjere eksterne fagfolk med den nødvendige vitenskapelige kompetanse til å utføre prosjekter innen miljø- og utviklingsspørsmål. Prosjektene skal frambringe vitenskapelige utredninger som skal publiseres i Framtiden i våre henders rapportserie og legges ut til offentlig debatt. Rapportene kvalitetssikres og godkjennes av instituttets styre, som består av:

Pål Strandbakken
Eva Langslet
Jørn Stave
Thomas Cottis
Ida Dokk Smith
Tone Smith Spash
Steffen Kallbekken



Innledning

Jeg er gårdbruker, sivilagronom og høyskolelektor.

Men viktigere enn alt; jeg er far til tre barn.

Hvordan vil verden bli for barna mine om 20 år? Om 40 år?

Hvordan vil det være for dem å dyrke korn og grønnsaker til deg og andre?

Hvordan vil skogene deres være? Hvordan er det ellers i verden?

Det er mye som påvirker framtida. Den kanskje viktigste forutsetningen for natur og mennesker, er klimaet lokalt og globalt. Og klimaet er allerede i forandring.

Heldigvis er det forsket mye på klimaendringene. Så mye at det er mulig å finne ut svært mye om hvordan endringer i klimaet vil påvirke våre barns framtid.

Jeg har lest tusenvis av sider klimaforskning, og jeg har intervjuet klimaforskere og samfunnsvitere.

Resultatet er denne rapporten som er skrevet på oppdrag for Framtiden i våre hender.

Rapporten viser sannsynlige konsekvenser av 2, 3 og 4 graders global oppvarming.

Det er vitenskapelig usikkerhet om noen av disse konsekvensene. Det betyr at det kan bli bedre, eller at utviklingen kan gå saktere. Men det kan også gå raskere, og bli mer dramatisk.

Jeg håper at denne rapporten kan bidra til diskusjon om konsekvensene av global oppvarming, og til motivasjon for å redusere utslippene av klimagasser.

Takk til alle klimaforskere og andre som har stilt opp til intervjuer.

Takk til Sigurd Jorde i FIVH-staben

En særlig takk til Steffen Kallbekken, forskningsleder i Cicero Senter for klimaforskning, for faglig kvalitetssikring av rapporten. Og takk til Kjersti, kona mi, som har støttet meg i arbeidet.

Thomas Cottis



Hvorfor lese denne rapporten?

Du bør lese denne rapporten for å få vite hvordan global oppvarming kan påvirke deg og dine barn.

Selv du som synes at du kan mye om klima, vil lære noe nytt.

Du får tallene som handlingslammede politikere ikke liker. Du får forståelsen. Noe vet du fra før, men du vil få mange overraskelser når du leser hva klimaforskerne sier – om konsekvensene, om risiko og om mulighetene for å unngå de virkelig store problemene.

Du får vite hvorfor den norske regjeringen har sagt at det blir lettere å dyrke mat i et varmere Norge. Men også; hvorfor dette ikke stemmer – allerede nå.

Du får nøkkelen til å forstå hvorfor klimaforskere kan svare forskjellig på et og samme spørsmål.

Du har sikkert hørt om de store tilbakekoblingene. Her får du dimensjonene på dem, og forskernes vurderinger av når de virkelig kan ta av – utenfor menneskelig kontroll.

Du får oversikten over hva global oppvarming har gjort med verden allerede.

Så kan du lese om hvor og hvorfor det blir vanskelig for menneskene, ved to graders global oppvarming. Du får eksempler på hva som vil skje med naturen, med havet, med landbrukets matproduksjon, og du får vite hvor det blir umulig for mennesker å bo og leve. Du får vite hva samfunnsforskeren tror nasjoner og mennesker kan gjøre med og mot hverandre, i togradersverden.

Når du forstår hva som høyst sannsynlig vil skje ved to graders global oppvarming, kan du lese om konsekvenser av tre grader. Da mister vi kontrollen.

Fire grader gir enda mer av det som natur og mennesker ikke har godt av. Det gjør vondt å lese om firegradersverden – særlig hvis du har barn som kan oppleve den.

Mot slutten av rapporten kan du lese om hva to, tre og fire graders global oppvarming vil gi av værproblemer i Norge. Og de er relativt små. Ikke fordi skadene av flom, tørke og ekstremvær blir små. Nei; de blir både voldsomme og kostbare. Men, relativt sett, så er disse problemene små – i forhold til det vi får som resultat av klimaproblemene i andre land.

Hvordan blir det å være menneske i Norge, i togradersverden; tanker og følelser? Det kan du kjenne på, når du leser brevet fra 2050.

Til slutt i rapporten finner du sammendraget av de faglige konklusjonene.



Innhold

INNLEDNING	3
HVORFOR LESE DENNE RAPPORTEN?	4
1 GRUNNLAGET FOR Å FORSTÅ KLIMAENDRINGENE	7
1.1 Temperaturøkningen til nå	7
1.2 Hva øker temperaturen	7
1.3 Utslippene av klimagasser	9
1.4 Hva betyr RCP og hvordan kan utslipp og temperatur utvikle seg fram mot 2100	9
1.5 Hva med temperaturen etter 2100?	11
1.6 Tror klimaforskerne på togradersmålet?	12
2 KLIMAFORSKNING: FORUTSETNINGER OG RISIKO	14
2.1 Klimaforskernes forutsetninger	14
2.1.1 Sir Nicholas Stern om forutsetningene for verdens klimaforskning	14
2.1.2 Et nært eksempel: Landbrukets matproduksjon i Norge	15
2.1.3 Landbrukets avlinger i Europa	18
2.2 Vitenskapelig usikkerhet og risiko	20
2.3 Gjennomsnittsverdier som forutsetning	21
2.4 Superforutsetning: De store tilbakekoblingsmekanismene	22
2.4.1 Tilbakekoblingene og risiko	25
3 KONSEKVENSER NÅ; AV 0,85 GRADER	28
3.1 Oversikt konsekvenser 0,85 grader	28
3.2 Hetebølger i Europa	30
3.3 Vær og temperatur 2015	32
3.4 2015-tørken i California og USA	33
3.5 Skogdød i Canada og nord i USA	34
3.6 Landbrukskrise i India	35
3.7 Den arabiske våren i 2011	35
3.8 Overforbruk av grunnvannsressurser.....	36
3.9 Skader på regnskogen i Afrika	37
3.10 Havet	37
3.11 Bo og leveområder	38
4 KONSEKVENSER AV TO GRADER	39
4.1 Gjennomsnittlige temperaturer	39
4.2 For mye og for lite regn	41
4.3 Mer vind	41
4.4 Hetebølger	42
4.5 Landbrukets matproduksjon	45
4.6 Natur på land	48
4.7 Havet	48
4.8 Bo og leveområder	51
4.8.1 Tre soner	51
4.8.2 Mennesker og høy temperatur	52
4.8.3 Klimaforskere og samfunnsvitere om bo og leveforhold ved to grader	53
4.9 De store tilbakekoblingsmekanismene og 2 grader	55
5 KONSEKVENSER AV TRE GRADER	56
5.1 Gjennomsnittlig temperatur	56
5.2 For mye og for lite regn	57
5.3 Mer vind	57
5.4 Hetebølger	58
5.5 Landbrukets matproduksjon	58
5.6 Natur på land	59
5.7 Havet	60
5.8 Bo og leveområder	60
5.9 De store tilbakekoblingene og 3 grader	61



6	KONSEKVENSER AV FIRE GRADER	62
6.1	Gjennomsnittlig temperatur.....	62
6.2	For mye eller for lite regn.....	63
6.3	Mer vind.....	63
6.4	Hetebølger.....	63
6.5	Landbrukets matproduksjon	64
6.6	Naturen på land.....	65
6.7	Havet.....	65
6.8	Bo og leveområder.....	65
6.9	De store tilbakekoblingene og 4 grader	65
7	KONSEKVENSER FOR NORGE	66
7.1	Temperaturøkningen i Norge fram til 2014	66
7.2	Værprognoser for Norge	67
7.2.1	Temperaturutvikling for Norge:.....	67
7.2.2	Endring i nedbør.....	68
7.2.3	Nedbørsintensiteten.....	69
7.2.4	Endring av ekstra varme dager i Norge.....	71
7.2.5	Tørke.....	71
7.2.6	Vind.....	72
7.3	Norge ved 2, 3 og 4 graders global oppvarming	72
7.3.1	Landbrukets matproduksjon.....	72
7.3.2	Naturen på land.....	73
7.3.3	Havet.....	73
7.3.4	Hus, veier og annen infrastruktur	74
7.4	Effekter for Norge av det som skjer i andre land og regioner	74
7.5	Livet i Norge ved 2 grader	75
	SAMMENDRAG	77
	KILDER:	80



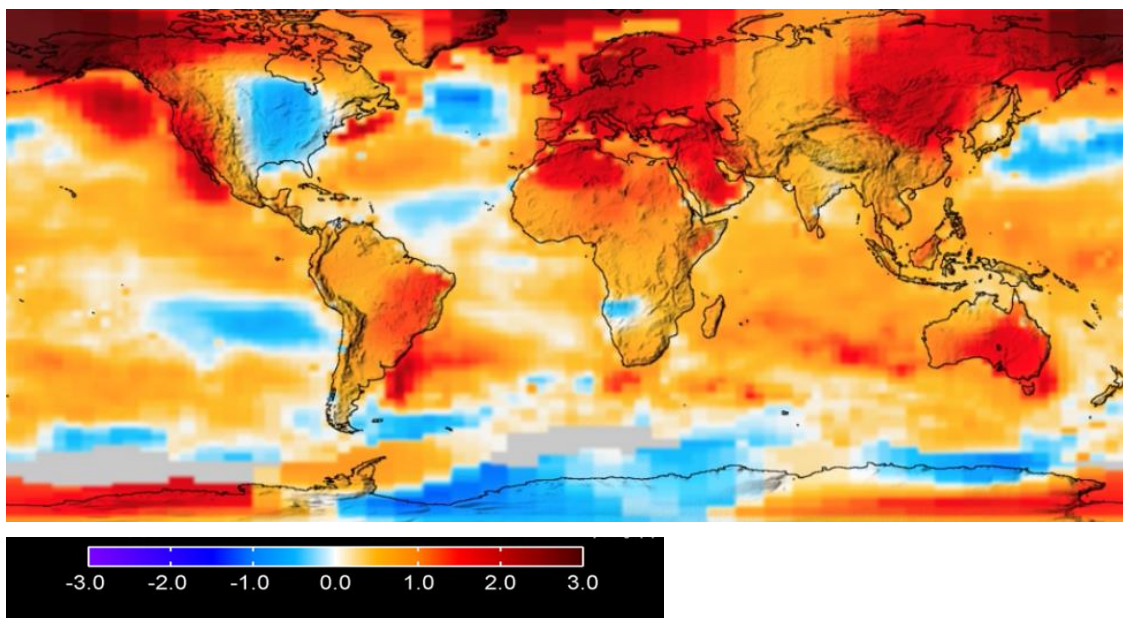
1 Grunnlaget for å forstå klimaendringene

I dette hovedkapitlet går jeg gjennom basiskunnskap om klima. Først viser jeg hvordan temperaturen på kloden har endret seg de siste 100 årene. Så viser jeg de forskjellige elementene som gir økning eller reduksjon i temperaturen. Omfanget av de globale utslippene av klimagasser beskrives i et eget kapittel, før du kan se hvordan den gjennomsnittlige temperaturen på kloden kan utvikle seg fram til år 2100, og ikke minst hva vi kan stille i stand av temperaturer etter 2100. I siste underkapittel her beskriver jeg *togradersmålet* og intervjuer klimaforskere om hva de mener om mulighetene for å holde oss på riktig side av to graders global oppvarming.

1.1 Temperaturøkningen til nå

Menneskenes utslipp av klimagasser har gitt det viktigste bidraget til at den gjennomsnittlige temperaturen over land og hav for hele kloden nå er 0,85 grader Celsius høyere enn normalen var i førindustriell tid. Med førindustriell tid menes perioden 1880-1920. [1] Den viktigste klimagassen er karbondioksid (CO₂). Forbrenning av kull, olje og gass er den viktigste kilden til CO₂.

Bildet nedenfor viser hvordan den gjennomsnittlige temperaturen var i 2014 i forhold til normalen i 1880-1920. [2] Som vi ser er temperaturøkningen høyere over landområder enn over hav, og høyere over land og hav i nord, enn over land og hav rundt ekvator og i sør. Årsaken til disse hovedtrekkene er at oppvarming av landmasser gir sterkere økning av lufttemperaturen, enn oppvarming av hav. Bildet er hentet fra en animasjon som viser utviklingen av temperaturene på jorda fra 1880 fram til i dag. Animasjonen er laget av professor Helge Drange ved Bjerknessenteret for klimaforskning, og du kan se hele animasjonen via denne lenken: <https://vimeo.com/117570726>



Figur 1 viser gjennomsnittlige temperaturer for årene 2013 og 2014 i forhold til normalperioden; 1880-1920. Kilde: Helge Drange

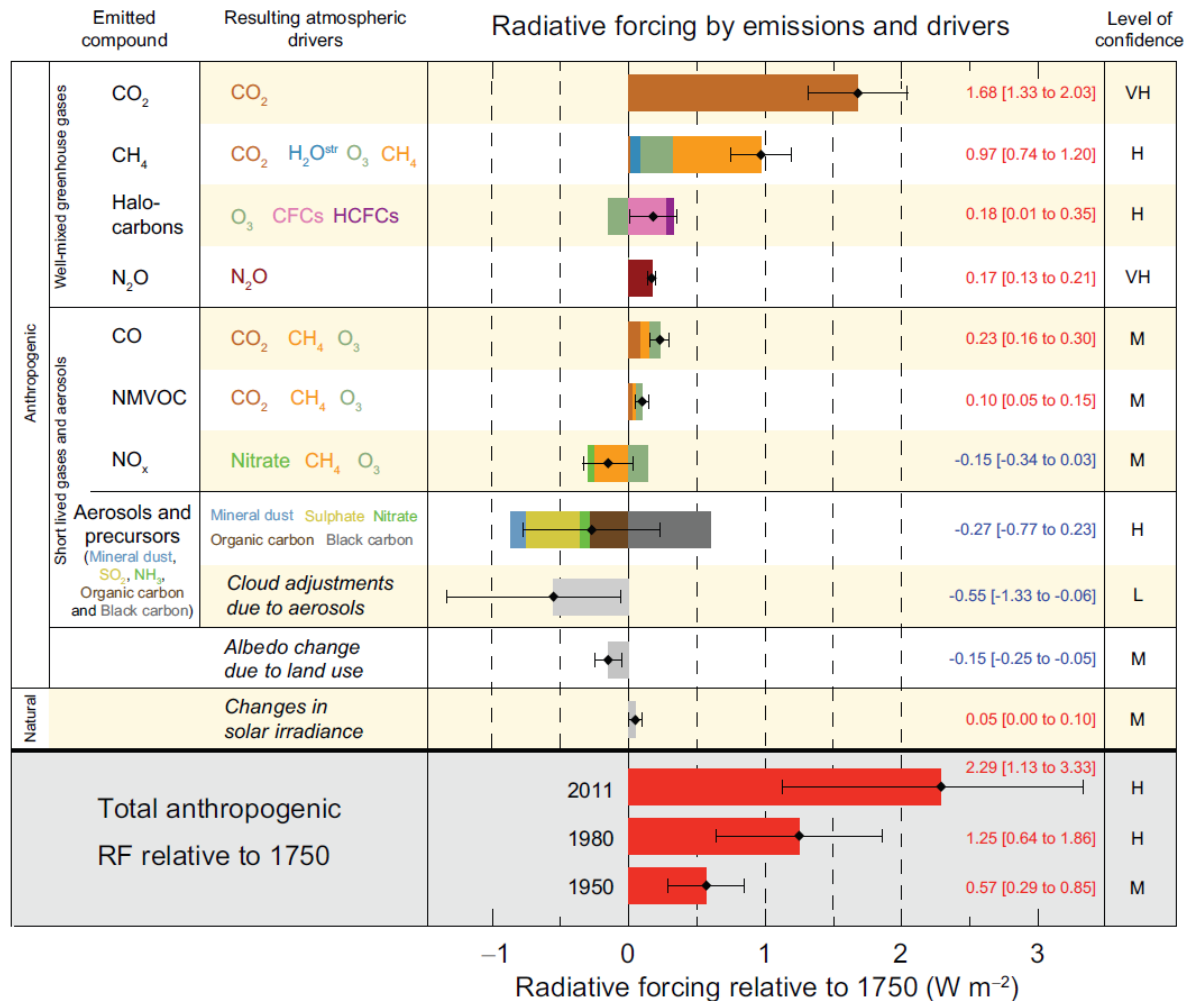
1.2 Hva øker temperaturen

Alle faktorene som gir økt eller redusert oppvarming på vår klode kan måles eller beregnes med relativt stor grad av nøyaktighet. I sin femte hovedrapport har FNs klimapanel (IPCC) laget figuren



nedenfor som viser alle disse faktorene, og deres årsaker. Økt eller redusert oppvarming måles i energienheten *Watt per kvadratmeter* og kalles for varmpådriv.

Alle søyler på høyre siden av akse viser størrelsen på det ekstra varmpådrivet. Det aller meste av våre utslipp og aktiviteter gir økt varmpådriv, men som vi ser er det noe som gir effekt på venstre siden av akse også. Det som er på venstre side av akse viser kjølede effekt. Det er særlig sot, støv og andre mikropartikler fra forbrenning som har en kjølede effekt.



Figur 2 viser alle de viktigste faktorene som gir økt eller redusert varmpådriv på kloden. Faktorenes effekt måles i Watt per kvadratmeter. De liggende søylene i figuren viser varmpådrivene slik de var i 2011, sett i forhold til slik de var i 1750. Tallene utenfor parentes viser beste estimat. Tallene innenfor parentesene viser spennet for sannsynlig laveste og høyeste verdi. Kilde [1]

Det kanskje aller viktigste med figur 2 er den nederste delen hvor IPCC har summert opp det økte varmpådrivet som skyldes menneskelig aktivitet, slik det var i 1959, 1980 og i 2011. I 1959 hadde vi mennesker gitt oss selv og kloden et ekstra varmpådriv på 0,57 Watt per kvadratmeter. I 1980 hadde vi økt vårt varmpådriv til 1,25 Watt pr kvadratmeter og i 2011 var det ekstra varmpådrivet på 2,29 Watt pr kvadratmeter. [3]

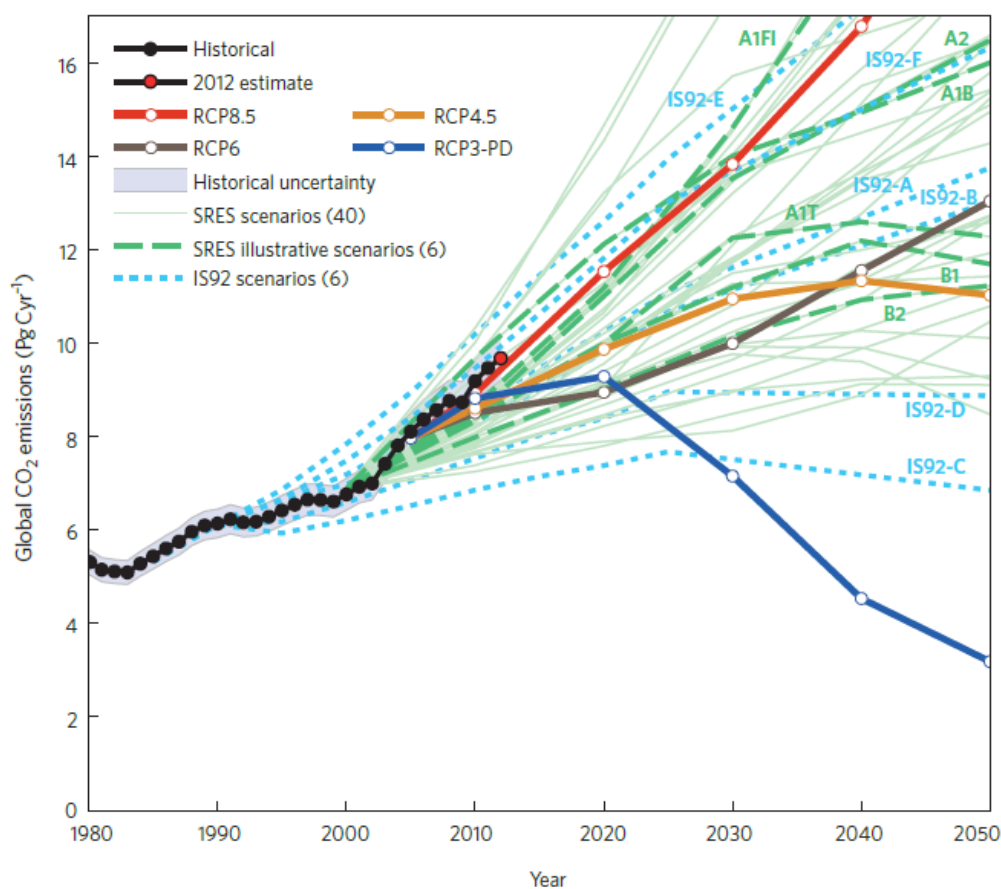
Hvor mye ekstra energi er egentlig dette? Jo, et varmpådriv på 2,29 Watt pr kvadratmeter blir like mye energi som det er i fire atombomber av Hiroshima-størrelse, som avfyres hvert sekund. [4] Siden 1988 har global oppvarming tilført jorda og atmosfæren like mye energi som det er i 2,1



millioner slike atombomber. Det er mye energi, og dermed er det ikke så rart at temperaturen på jorda stiger og været blir villere og mer ekstremt.

1.3 Utslippene av klimagasser

Det er altså vi mennesker som gjør vår eneste klode varmere, og det gjør vi ved å forurense atmosfæren med store mengder klimagasser – først og fremst CO₂. Hvordan er så disse utslippene? Figuren nedenfor viser med svarte kuler hvordan utslippene har vært fra 1980 fram til 2012 (svart kule med rødt fyll). [5] Som vi ser lå menneskenes utslipp i 2010, 2011 og 2012 over den kurven for utslipp som IPCC ser for seg som det verste scenariet: RCP 8,5. Dette scenariet innebærer en fortsatt økning i utslipp av klimagasser, også kalt «business as usual». [3] I neste kapittel forklares hva RCP-scenariene er.



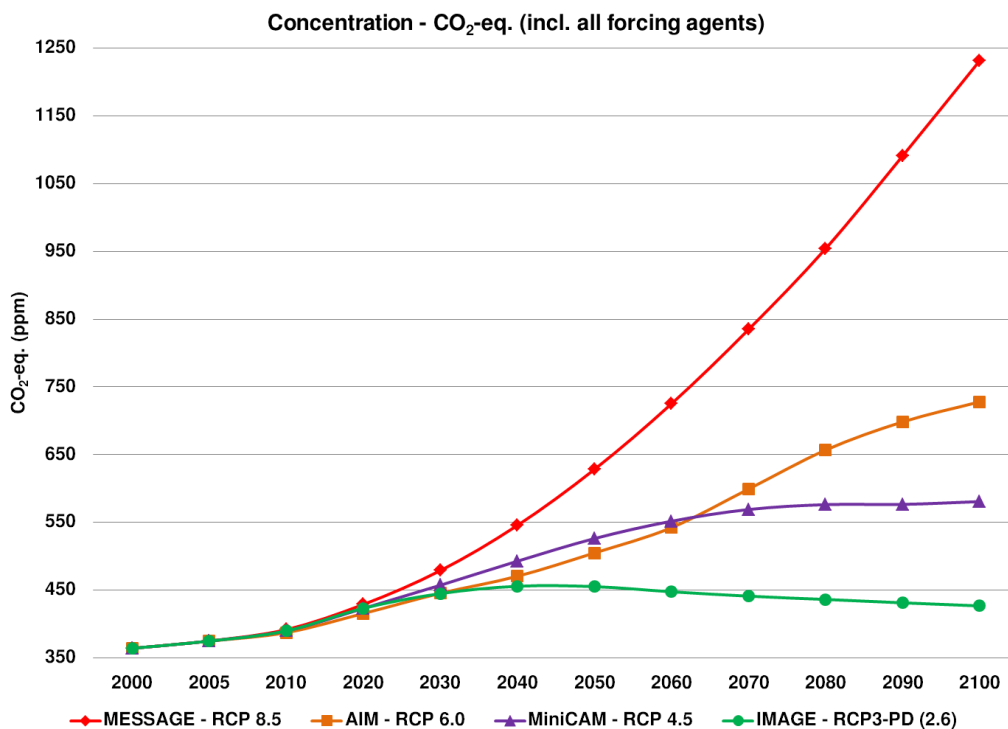
Figur 3 viser de totale globale menneskeskapt utslippene av klimagassen CO₂ fram til 2011 som svarte kuler, og 2012 som svart kule med rødt fyll. CO₂-utslippene er oppgitt som Pg karbon (C), som er det samme som Gt C. Strekene er de fire scenariene for videre utslipp av CO₂ som IPCC har laget i sin hovedrapport nr 5. Kilde: Glen P Peters. [5]

1.4 Hva betyr RCP og hvordan kan utslipp og temperatur utvikle seg fram mot 2100

Når IPCC skal beskrive hvordan temperaturen på jorda kan utvikle seg lager de først forskjellige scenarier for mengden klimagasser som menneskene slipper ut i atmosfæren direkte og indirekte. I den femte hovedrapporten som kom i 2013 og 2014 er disse kalt for RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways). De fire viktigste er RCP 2,6, RCP 4,5, RCP 6,0 og RCP 8,5. Figuren under

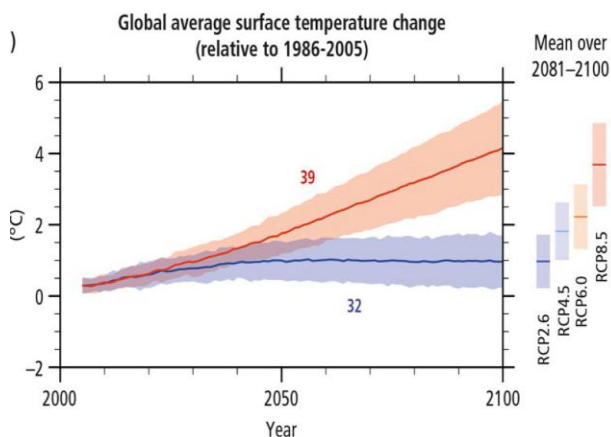


viser utslippsbanene for disse RCP-scenariene etter hvilken konsentrasjon av CO₂ de vil gi i atmosfæren fram mot år 2100.



Figur 4 viser hvordan de fire viktigste scenariene for utslipp av klimagasser gir forskjellige mengder i atmosfæren oppgitt som CO₂-ekvivalenter, utover i det 21. århundre. Kilde: IPCC [3]

Det neste spørsmålet er hvilke temperaturer disse scenariene for utslipp av klimagasser gir. For å finne ut av det, brukes store kompliserte datamodeller. Forskere rundt om i verden bruker forskjellige slike modeller. IPCC samler resultatene fra de senere års modellkjøringer og har laget den mye brukte figuren nedenfor.



Figur 5: Den røde og den blå hele linjen viser det IPCC mener er de mest sannsynlige temperaturbanene som konsekvens av CO₂-utslippene i scenariene RCP 8,5 og RCP 2,6. [1]



RCP 8,5 gir at temperaturen vil øke til mellom 2,8 og 5,5 grader, med 4,2 grader som beste estimat i perioden 2081-2100. IPCC har brukt perioden 1986-2005 som utgangspunkt her, så hvis man bruker temperaturen i førindustriell tid som normal, må vi legge til 0,6 grader som var oppvarmingen fram til 1986. Det vil si at IPCC egentlig sier at verden mest sannsynlig vil få 4,8 graders global oppvarming før år 2100, hvis vi fortsetter med utslipp av klimagasser omtrent som nå. Med et drastisk kutt i utslippene (RCP 2,6) er det en mulighet for at temperaturøkningen i 2100 blir på 0,2-1,7 grader, med 1 grad C som beste estimat. Hvis vi legger til 0,6 grad som forklart ovenfor, blir dette beste estimatet på 1,6 grader i forhold til førindustriell tid.

Til høyre for diagrammet er sannsynlig temperatur i 2100 også for de to andre scenariene: RCP 4,5 og RCP 6,0.

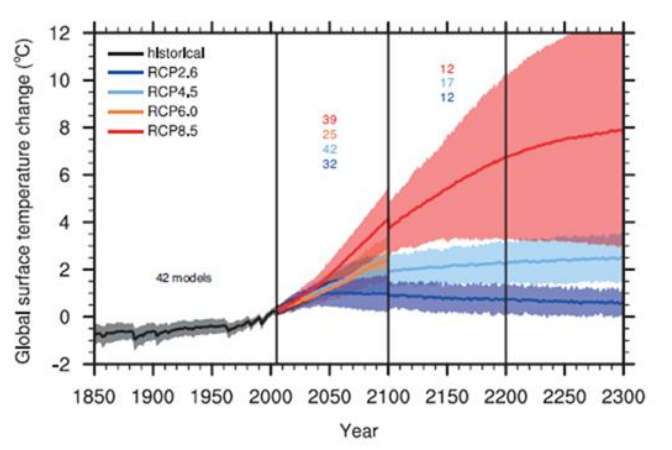
Men NB: Dersom man tar hensyn til de andre klimagassene enn CO₂, er det bare RCP 2,6 som FNs klimapanel mener vil gi oss mer enn 66 prosent sjanse for å stabilisere temperaturen på kloden på to grader. [6]

I tillegg til dette skal man være klar over at disse kurvene bare beskriver den globale gjennomsnittstemperaturen. Temperaturene stiger mer over land enn over hav, og mest i nordområdene. Vi mennesker bor på land. Her vil vi i det meste av verden oppleve temperaturer som øker 50 prosent mer enn det globale gjennomsnitt. I land og områder i nord som Alaska, Canada, Norden og Russland vil temperaturen stige dobbelt så raskt som den globale gjennomsnittstemperaturen. Svalbard og Grønland får enda høyere temperaturstigning. Temperaturen i havet i nordområdene forventes å stige tre ganger raskere enn i resten av verden. [7] Og husk; dette er bare årlige gjennomsnitt, så utslagene i enkeltår kan bli større.

1.5 Hva med temperaturen etter 2100?

Menneskenes utslipp av klimagasser vil påvirke klimaet på jorda i flere tusen av år. IPCC og medier verden over har valgt å fokusere på tiden fram til år 2100, [1] men for oss som lever i dag er det vel også interessant å vite hva menneskeheten, barnebarn eller oldebarn, kan få av temperaturer også etter 2100.

De samme modellene som viser temperaturutviklingen fram til 2100, kan kjøres for de neste århundrene. Dette er sjølsagt gjort og IPCC har samlet dem i en figur. Denne er ikke med i IPCC sin oppsummering til beslutningstakere (*Summary for policymakers*), men den som leter finner den på side 1054 i den 1500 sider store delrapporten til arbeidsgruppe 1:





Figur 6 viser temperaturutviklingen for de samme scenariene som i figur 7 pluss de to mellomliggende scenariene RCP 4,5 og 6,0 fram til år 2300, i forhold til perioden 1986-2005. Kilde: IPCC. [3]

Kurvene viser at temperaturen vil fortsette å stige også etter år 2100, med alle scenariene unntatt RCP 2,6. Sammenligningsgrunnlaget for kurven er perioden 1986-2005. Det betyr at vi må legge til 0,6 grader til alle verdier for å få dem i forhold til før-industriell normal. Hvis utslippene av klimagasser fortsetter som nå fram mot år 2100 (RCP 8,5), vil temperaturen i 2200 bli 7-8 grader over førindustriell normal, og temperaturen vil fortsette å stige i hundre år til.

1.6 Tror klimaforskerne på togradersmålet?

Det såkalte *togradersmålet* er en politisk vedtatt målsetting om at den globale temperaturen i 2100 ikke skal stige mer enn to grader i forhold til førindustriell tid. Togradersmålet ble diskutert på FNs klimatoppmøte i København i 2009, og vedtatt i Cancun året etter.

Med en viss forankring i vitenskapen mente politikerne i København at dersom menneskeheten klarer å holde seg under togradersmålet, er det mulig at alvorlige, ikke-opprettelige klimaendringer kan unngås de fleste steder i verden.

Det er teknisk mulig å nå togradersmålet. Vi har både kunnskapen, teknologien og de nødvendige ressursene.[8] Men, hvor realistisk er det så å håpe eller tro at menneskeheten vil det og klarer det? Når det spørsmålet skal besvares er det ikke lenge bare de tekniske mulighetene som gjelder. Da kommer politisk vilje, maktstrukturer og økonomiske interesser inn, og overstyrer det meste av ønsker og advarsler. Her må vi få ekspertenes vurderinger:

Klimaforsker og rådgiver for den tyske regjering Hans Joachim Schellingruber sa følgende på en FN-konferanse i 2009 som forberedte toppmøtet i København: Sannsynligheten for å begrense klimaendringene til to grader er mindre enn å overleve russisk rulett, altså mindre enn 5/6. [9]

Som vist i Figur 3 lå utslippene av klimagasser fram til 2012 over IPCC sitt *worst case*-scenario RCP 8,5. Denne figuren er publisert i artikkelen «*The challenge to keep global warming below 2°C*» i 2013. [5] Hovedforfatter er Glen Peters som er forsker ved Cicero – Norsk senter for klimaforskning. Peters sitt fagfelt er utslippsregnskap og klimapolitikk. Her skriver Peters og hans internasjonale forskergruppe: «Våre undersøkelser viser at dagens utslippstrend fører til de høyeste temperaturøkningene. Videre utsettelse av utslippskutt gjør det stadig vanskeligere å holde den globale oppvarmingen under to grader.»

Jeg intervjuet **Glen Peters** våren 2015, og ba han utdype hvorfor han mener det ser mørkt ut for togradersmålet:



– I en ideell verden hvor alle land innfører en pris eller avgift på karbon, og alle energiselskaper forholder seg lydig og rasjonelt til dette, og vi får på plass karbonfangst og lagring (CCS) i stor stil, særlig i kombinasjon med bioenergi for å hente karbon ut av atmosfæren; da er togradersmålet fortsatt mulig. Men i den ekte dagens verden; her er det ingenting som tyder på at vi får en felles karbonpris, og sterke interesser vil fortsette å brenne olje, kull og gass. Her i denne ekte verden tror jeg at togradersmålet bare kan nås dersom enten

*klimafølsomheten** er mye lavere enn vi tror, eller at det kommer et stort og uventet teknologisk gjennombrudd på fornybar energi eller CCS, svarte Glen Peters.



* **Klimafølsomhet** er den globale temperaturøkningen man antar blir resultatet av en dobling av mengden karbondioksid i atmosfæren; fra 280 ppm i 1750 til 560 ppm.



Hans Olav Hygen, klimaforsker ved Meteorologisk institutt, svarte slik om togradersmålet da jeg intervjuet han:

– Jeg tror ikke at verden klarer å unngå at det blir tre graders global oppvarming. Vi må sjølsagt jobbe for togradersverden, men forberede oss på at det blir minst tre grader.

En av Norges mest kjente og erfarne klimaforskere, **Knut Alfsen** ved Cicero, sa dette til meg om mulighetene for å holde togradersmålet:



– Hvis vi klarer å stabilisere på to grader har vi håndtert en potensiell katastrofe på en god måte. Vi har skrubbsår på knær og albuer, men vi er godt i live og kan se framtiden relativt lyst i møte. Jeg er enig med Glen Peters i at vi aldri i verden klarer å nå målet om maks to grader. To grader kan gi store problemer, konflikter og fare for at de store tilbakekoblingene tar av. Det kan være fornuftig å si at den risikoen burde vi ikke ta, men to grader er altså ikke til å unngå. [10]

Tre av våre fremste klimaforskere er altså tydelige på at de ikke tror menneskeheten vil klare å hindre at det blir to graders global oppvarming. De sier at det er praktisk mulig, men slik menneskeheten oppfører seg i den «ekte dagens verden», som Glen Peters kaller det, er konklusjonen at vi ikke klarer togradersmålet.

På bakgrunn av IPCC sine kurver for temperaturøkning (figur 5), og Peters, Hygen og Alfsen sine antagelser om menneskenes evne til å kutte utslipp av klimagasser, er det mest sannsynlig at verden har to graders global oppvarming i forhold til før-industriell tid, rundt år 2050. [3]

Men la oss legge menneskehetens svakheter litt til side og se på hva tallene sier:

I siste hovedrapport har IPCC beregnet at vi mennesker totalt kan slippe ut 1000 Gt C til atmosfæren for at vi skal ha mer enn 66 prosent sjanse for at kloden ikke blir varmere enn to grader.¹ Av disse 1000 Gt C har vi fram til 2015 forurenset atmosfæren med ca 550 Gt C. [6]

De årlige utslippene fra fossil energi og sement er på ca 10 Gt C per år. Men, vi slipper ut flere klimagasser enn CO₂. IPCC sier at når man tar hensyn til disse andre klimagassene, er den samlede kvoten for menneskenes utslipp av CO₂ ikke på 1000 Gt C, men på 790 Gt C.

Det betyr at vi mennesker har en karbonkvote på 790 Gt C minus 550 Gt C som allerede er sendt ut i atmosfæren, og vi sitter igjen med 240 Gt C, som kan slippes ut for at vi med 66 prosent sannsynlighet skal klare å unngå mer enn to graders global oppvarming.²

Hvis verden ikke lenger øker utslippene, men holder dem på samme nivå som nå (10 Gt C pr år) kan vi fortsette med det i 24 år. Fra og med 2040 må CO₂-utslippene dermed være null. Totalt sett vil det

¹ Gt C betyr gigatonn karbon. Et gigatonn er milliarder tonn. Et gigatonn karbon blir til 3,67 tonn CO₂ når karbonet bindes til oksygen

² Mer enn 95 prosent sannsynlighet for å klare togradersmålet er allerede for sent.



være mye enklere om verdenssamfunnet klarer å kutte utslippene betydelig hvert eneste år fra og med 2016.

2 Klimaforskning: Forutsetninger og risiko

Dette hovedkapitlet handler om klimaforskning. Først viser jeg hvor viktig det er å være bevisst på de *forutsetningene* som en forsker har lagt inn i sin modell, eller som grunnlag for sin analyse. Her viser jeg utviklingen av matproduksjonen i Norge og Europa, som eksempler på hvordan det å basere framtidsanalyser på bare noen få forutsetninger, kan gjøre at virkeligheten blir betydelig verre enn det analysen sa at den ville bli.

Så kommer en viktig påminnelse om hvor lite *gjennomsnittsverdier* egentlig sier om virkeligheten, før et kapittel om spennet mellom vitenskapelig sikkerhet og risiko.

Det store usikkerhetsmomentet og de virkelig alvorlige truslene mot natur og mennesker ligger i de store tilbakekoblingsmekanismene; når de starter og hvor kraftig varmpådriv de vil gi. Tilbakekoblingsmekanismene er dermed de mest avgjørende forutsetningene for klimamodellene, og det kommer til sist i dette hovedkapitlet.

2.1 Klimaforskernes forutsetninger

Som grunnlag for all forskning ligger erkjennelsen av at man sjelden har mulighet til å beskrive den hele og fulle sannhet, under alle mulige forutsetninger. Dette gjelder særlig når man skal la forskning vise vei inn i framtiden.

Måten forskningen håndterer dette på er å beskrive hva som er forutsetningene for en undersøkelse, et forsøk eller en analyse – og dermed forutsetningene for den eller de konklusjonene som arbeidet har gitt. Den som leser forskningsrapporter må alltid se nøye på hva som er forfatterens valg av forutsetninger.

2.1.1 Sir Nicholas Stern om forutsetningene for verdens klimaforskning

Tidligere Finansminister Gordon Brown i England ønsket å få vite hva global oppvarming gir av økonomiske konsekvenser. Den kjente britiske økonomiprofessoren Nicholas Stern fikk oppdraget og kom i oktober 2006 med den store og mye brukte rapporten «*Stern review on the economics of climate change*». Her konkluderte Stern med at det vil være betydelig større kostnader for verdenssamfunnet å tilpasse seg global oppvarming, enn å hindre oppvarmingen. [11]

I 2013 kom Stern med en ny rapport hvor han utfordrer alle klimaforskere og brukere av klimaforskning, til å være tydeligere på hvilke forutsetninger de velger å ta med i sine modeller og analyser. Klimaforskere har lenge vært smertefullt klar over at de har måttet utelate forutsetninger som de vet er viktige, men som er for lite utforsket til at man kan vite hvilke verdier de bør gis inn i modellene. [12] Stern sier:

«Det å utelate en ikke utforsket, men viktig forutsetning fra en modell er forståelig, og det kan være fornuftig. Men, det å utelate en eller flere forutsetninger fra modellene burde ikke følges av at man utelater å nevne de ikke medtatte forutsetningene i diskusjon og konklusjon».

For eksempel mener Stern at selveste IPCC har sviktet her når de i drøfting og konklusjon om framtidige temperaturendringer ikke har tatt med følgende særdeles viktige forutsetninger, fordi det er usikkerhet om dimensjonene og tidshorisonten for dem:

- Tining av permafrost og tundra med potensielt svært store utslipp av karbondioksid og metan i Sibir, Canada og Alaska.



- Kollaps av landbaserte polare ismasser (Grønland, Arktis og Antarktis).
- Utslipp av metan fra metanhydrater på havbunnen i arktiske havområder når vannet her blir varmere.
- Det komplekse samspillet innen og mellom økosystemene og artene av planter og dyr.

Ifølge Stern finnes det også andre nøkkelfaktorer som mange forskere og dermed også IPCC, har tatt med og vurdert, men trolig undervurdert. Det betyr altså at klimaforskning og rapporter må leses på en ekstra bevisst måte.

2.1.2 Et nært eksempel: Landbrukets matproduksjon i Norge

En viktig produksjon som er meget klima- og væravhengig er landbrukets matproduksjon.

Når man skal lage modeller som sier noe om hva slags avlinger landbruket kan gi i framtida, er valget av forutsetninger helt avgjørende. Vi starter med å se på hva norsk klimaforskning, og dermed også hva norske myndigheter, har sagt om avlingsmulighetene for norsk landbruk med global oppvarming.

En av hovedkonklusjonene fra det store forskningsprogrammet Nor klima, var at landbrukets matproduksjon i Norge vil øke med den globale oppvarmingen. [13] Det samme sa Asbjørn Aaheim (red) og en rekke andre klimaforskere i Cicero-rapporten: *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. [14] Denne var skrevet på oppdrag for Klimatilpasningsutvalget, og ble gitt ut i 2009. Hovedkonklusjonen om landbruket i rapporten lyder slik:

«Det norske landbruket kan komme styrket ut av en global oppvarming. Stigende temperatur forventes å forlenge vekstsesongen, øke vekstpotensialet og bedre mulighetene for å innføre nye arter. Det vil være regionale forskjeller i vekstpotensialet, og risikoen for tørkeskade kan øke om sommeren enkelte steder. Økt overflatestrømming og erosjon i områder med mer nedbør, økt nitrogenomsetning og økte angrep av sopp og skadedyr kan medføre økte skader noen steder.»

De fleste som leser dette vil forstå det dithen at global oppvarming vil gi økte avlinger i Norge. Mediedekningen i etterkant var også preget av dette budskapet.

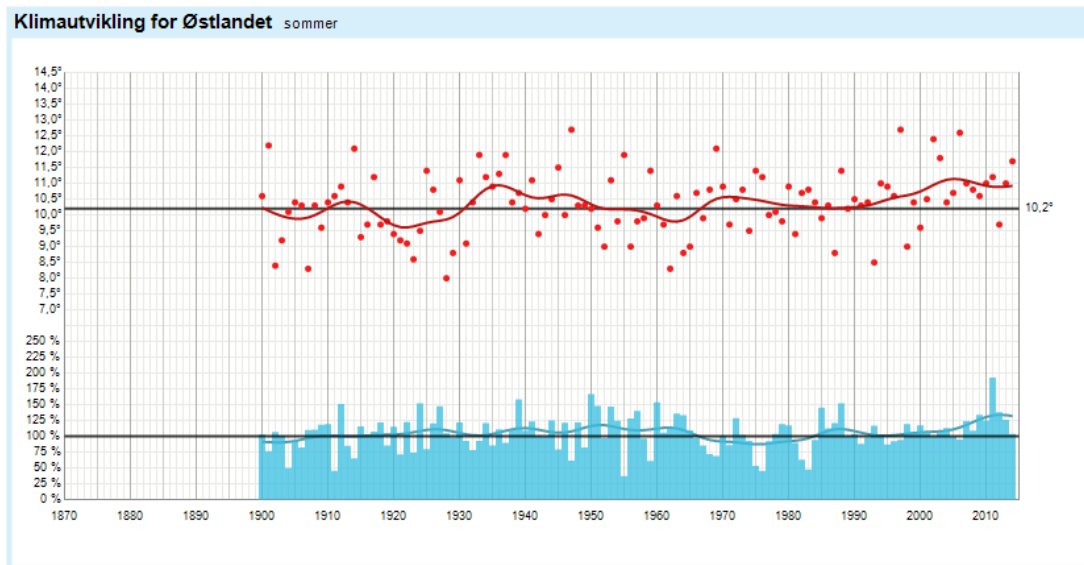
Klimatilpasningsutvalget (NOU 2010-10) skulle gi anbefalinger til nasjonal politikk. Utvalget konkluderte veldig kort og enkelt om landbruket i Norge: «Klimaendringene i Norge er venta å gi auka landbruksproduksjon». [15]

På bakgrunn av den nevnte klimaforskningen og Klimatilpasningsutvalget laget så Miljøverndepartementet Stortingsmelding 21: Norsk klimapolitikk. I denne Stortingsmeldingen sier Regjeringen følgende om forventningene til landbrukets matproduksjon: «Produktiviteten i jord- og skogbruk vil kunne øke på grunn av lengre vekstsesong og økt konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren. Høyere temperatur vil kunne øke utbredelsen av enkelte sykdommer. Smitterisikoen øker fordi noen arter sprer seg raskere og øker i antall ved høyere temperatur.» [16]

Som vi ser er hovedkonklusjonen den samme hos både forskerne, Klimatilpasningsutvalget, Miljøverndepartementet og Regjeringen: Det blir mer korn og poteter med global oppvarming.

Hvordan kan det da ha seg at bøndene erfarer det motsatte, nemlig at det har blitt vanskeligere å ta gode avlinger de senere årene, selv om den gjennomsnittlige temperaturen både per år og om sommeren, har gått opp med 1-2 grader?

Vår viktigste matvekst er korn, og det meste av korndyrkingen i Norge skjer på Østlandet. I figuren på neste side ser vi gjennomsnittlig temperatur for (røde prikker) og gjennomsnittlig årlig nedbør som blå stolper. Trendene siden 1900 til og med 2014 vises som rød kurve for temperatur og blå kurve for nedbør. I gjennomsnitt har både temperatur og nedbør økt på Østlandet.



Figur 7 viser klimautviklingen for Østlandet med gjennomsnittlig årstemperatur (røde prikker) og normalen (1961-1990) på 9,5 grader, og gjennomsnittlig nedbør (blå søyler). Trendene for temperatur og nedbør vises som heltrukket rød og blå kurve. Kilde: Yr.no.

Hvis det er så enkelt at økt temperatur gir økte avlinger, så burde vi altså høstet mer korn per arealenhet. Men det har vi ikke gjort. Hva er forklaringen på det?

Tabellen nedenfor viser avlingene i kg per daa de siste 5 årene og gjennomsnittlige avlinger for 20-året før dette. (1 daa = 1000 kvadratmeter) Norge er normalt selvforsynt med mathvete.

2010 var en relativt varm sommer på Østlandet med 0,8 grader over normalen. Nedbøren på Østlandet varierte fra normal nedbør til 75 prosent over normalen. Men kornavlingene ble bare litt over normalen. Mye regn i slutten av vekstsesongen og i innhøstingsperioden påvirket negativt og reduserte avlingspotensialet som lå i høy temperatur. [17]

Så kom 2011. Da var det enda varmere; med 0,9 grader over normalen på Østlandet, men hveteavlingene ble på elendige 385 kg per daa. Hovedårsaken til dette var regn hele sommeren – og høsten. Det regnet 93 prosent mer enn normalen i juni, juli og august i 2011. Kornet kom seg brukbart gjennom den våte sommeren, men da det fortsatte å regne i innhøstingsperioden gikk det galt. Det er ikke mulig å treske korn som har vanndråper på kornakset eller strået, og det er vanskelig kjøre på jordene med skurtresker når det er veldig våt jord. I tillegg skal det nevnes at kvaliteten av alle vekster raskt blir redusert når de ikke blir høstet når de er modne. Særlig utsatt er hvete. Hvete som blir stående i regn i 8-10 dager etter modning kan få ødelagt kvaliteten så mye at avlinga ikke kan brukes til mat for mennesker – bare til dyrefôr. Avlinga av den hveten som ble høstet var som sagt lav med 385 kg per daa i 2011, og kvaliteten ble elendig. Bare 15 prosent av hveten produsert i 2011 kunne brukes til mat for mennesker. Avlingene av bygg og havre ble også dårlige i 2011.

Hvordan gikk det med graset? Gras vokser jo godt når det er varmt og fuktig. Joda, graset vokste på Østlandet, men bonden måtte nøye seg med å se på. For om det er umulig å treske korn når det regner, så er det nesten like vanskelig å høste gras i regn. Og når man ikke kan høste gras når det er modent, da går kvaliteten her også raskt nedover. Og slik gikk det med graset i 2011 mange steder. Når det endelig var noen dager med oppholdsvær og man kunne høste gras, var allerede kvaliteten blitt middels eller enda dårligere.



I tillegg til problemene med regn var det store områder på Østlandet som fikk ødelagt avlinger på grunn av flom og oversvømmelser.

Kornart	Avling i kg per daa					
	Snitt 1990-2009	2010	2011	2012	2013	2014
Hvete	437	460	385	410	388	474
Bygg	358	370	334	366	323	382
Havre	375	393	323	335	326	385
Temperatur juni-juli-august avvik fra normalen Østlandet	0,5	0,8	0,9	- 0,5	0,8	1,5
Nedbør JJA avvik fra normalen Østlandet		+ 35 %	+ 93 %	+ 50 %	+ 26 %	+ 3 %

Tabell 1 viser avlinger i kg per daa for hvete, bygg og havre for årene 2010-2014, og gjennomsnittet for 1990-2009. Nederst i tabellen er oppgitt temperaturavvik i forhold til normalen for sommermånedene på Østlandet i 2010-2014. Kilde: SSB og Yr.no

2012 var det en kjølig sommer på Østlandet, så den sier lite om effekten av økt temperatur. Men deretter kom en ny varm sommer i 2013; 0,8 grader over normalen. Og det regnet betydelig mindre enn i 2011, bare 26,2 prosent over normalen. Men, kornavlingene ble allikevel dårlige; hvete med 388 kg per daa, og bygg og havre helt nede på 323 og 326 kg per daa. Hva hadde skjedd? Jo i 2013 regnet det litt hver dag, eller annenhver dag, i store deler av mai måned. Snøen var borte i april, og bøndene var klare til å så, men vet at når det er våt eller fuktig jord er det bortkastet tid å så korn, selv om det skulle være fysisk mulig å kjøre på jordet om du har traktor med firehjulstrekk og breie dekk. Frø sådd i fuktig jord spirer elendig. Dermed var det mye kornareal som ikke ble sådd før i slutten av mai eller i først i juni. Det gir dårlig avling.

Året 2014 var det varmeste som noensinne er målt i Norge. Sommeren var varm på Østlandet og det ble satt mange varmerekorder. Nedbøren var 3,8 prosent over normalen, og det var et godt gammeldags nedbørsmønster på Østlandet med en relativt tørr mai måned og deretter jevnt fordelt nedbør. I innhøstingsperioden for korn i august og september regnet det lite. Altså en perfekt sommer. 2014 burde være det perfekte eksempelet på hvordan høy temperatur og passe med nedbør gir store avlinger. Avlingene ble gode, men heller ikke noe mer. 37 kg per daa over gjennomsnittet for hvete er bra, men ingen rekord. Slik også for bygg og havre. Hvorfor ble det ikke bedre? Forklaring er at når det er varmt i slutten av vekstsesongen går modningen raskt. Det blir det mindre tid til å fylle kornene, og dermed blir avlingen mindre.

Det som her er beskrevet om korn på Østlandet de siste fem årene, viser at matproduksjon i landbruket er avhengig av mer enn sommertemperatur og lengden på vekstsesongen. Når det



regner, og hvor lange perioder det er med regn, er vel så viktig. Perioder med svært varme dager eller tørke likeså, og i tillegg kommer flom og ekstremvær som kan ødelegge avlinger fullstendig.

Dette materialet om matproduksjonen i Norge de siste årene er ikke noe bevis for global oppvarming og konsekvenser for landbruket. Men det viser at det er flere forhold enn gjennomsnittlig temperatur og gjennomsnittlig nedbør som påvirker landbrukets matproduksjon, nå og i framtida.

Hvilke forutsetninger har så norsk klimaforskning brukt i sine modeller for plantevekst når de ga grunnlaget for Klimatilpasningsutvalget og Stortingsmelding 21?

Jeg har lest de fleste av disse rapportene. De baserer seg på økt gjennomsnittlig temperatur, og lengre vekstsesong. Noen få har i tillegg med gjødseleffekten av høyere konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren. Risiko for nye skadedyr og plantesykdommer nevnes i rapportene, uten at man forventer at det skal gi reduserte avlinger. Men ingen har sett på forutsetninger av typen endret nedbørsmønster, ekstremregn, ekstra varme dager, flom eller tørke.

2.1.3 Landbrukets avlinger i Europa

IPCC sin hovedrapport av 2014 om konsekvenser av global oppvarming, har en fin tabell med oversikt over forventede avlinger i verden. [18] For Europa har de én rapport fra ett større prosjekt som hovedkilde. Førsteforfatteren er Ana Iglesias. [19] Tabellen nedenfor viser at Iglesias og hennes team har delt Europa inn i ni regioner. De har modellert forventede endringer i avlinger av hvete, mais og soyabønner etter to av IPCC 2007 sine temperatur-scenarier; A2 som gjelder for en meget moderat oppvarming opp mot 2,4 grader globalt. Og B2 som gjelder for en sterkere oppvarming til cirka 3,4 graders global oppvarming.

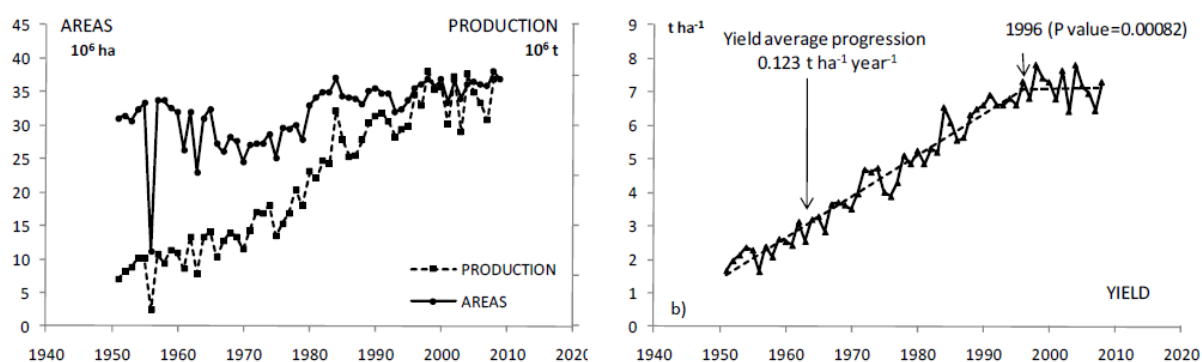
Region	Prosentvis endring i avlinger av hvete, mais og soyabønner i 2080 i prosent av avlinger i 2000-2010. A2 til B2
Sverige, Norge og Finland	+ 54 til + 34 %
Østerrike	+ 23 til + 20 %
England og Irland	+ 22 til – 5 %
Danmark, Tyskland, Belgia og Nederland	+ 19 til + 5 %
Frankrike og Portugal	- 7 til – 26 %
Estland, Latvia, Litauen, Polen	+ 4 til – 8 %
Ungarn, Romania	+ 33 til + 11 %
Italia, Hellas	0 til – 22 %
Spania, Kypros	+ 5 til – 27 %

Tabell 2: Prosentvis endring i avlinger av hvete, mais og soyabønner i Europa inndelt i ni dyrkingsregioner. Kilde: Ana Iglesias



Iglesias sin tabell er brukt direkte av IPCC arbeidsgruppe 2. Det er flere tall som viser økte avlinger, enn det er for avlingsreduksjon. Danmark, Tyskland, Belgia og Nederland kan for eksempel vente seg 19 prosent høyere avlinger av hvete, mais og soya ved 2,4 graders global oppvarming, og 5 prosent høyere avlinger ved 3,4 graders oppvarming.

Hvordan står det så til med avlingene i Europa i dag? Er det som i Norge at avlingene allerede har blitt skadet av oppvarming og ekstremvær? Her har vi et meget interessant arbeid av Nadie Brisson i 2011, med tittelen: *Why are wheat yields stagnating in Europe?* [20] Hennes utgangspunkt er Frankrike, og kurven nedenfor til venstre viser utviklingen i total produksjon og utviklingen i hvetearealet fra 1959 til 2010. Kurven til høyre viser hveteavlingene per arealenhet (hektar) for samme periode. Dette er altså ikke modeller for framtid. Dette er harde fakta om registrerte avlinger.



Figur 8: Kurvene til venstre viser total produksjon og totalt areal av hvete i Frankrike for årene 1950-2010. Kurven til høyre viser avlingene av hvete per hektar i samme periode. Kilde: Nadie Brisson.

Som vi ser av kurvene har både total produksjon av hvete og avlingene per arealenhet flatet ut fullstendig etter 1996.

Brisson har sett på statistikken for hveteavlinger i andre europeiske land og finner det samme bildet. I tabellen nedenfor har hun listet opp hvilke år som de forskjellige land har sitt «knekkpunkt». I de 40-50 årene før har både total produksjon og avlinger per arealenhet økt jevnt og trutt, men fra midten av 90-tallet har det ikke lenger vært noen økning.

Country	Year of stagnation
Denmark	1995 (**)
France	1996 (**)
Germany	1999
Italy	1994
Netherlands	1993 (**)
Spain	1989
Switzerland	1990 (**)
United Kingdom	1996 (**)

Tabell 3 viser hvilket år avlingene av hvete har sluttet å øke i åtte europeiske land. Med høyt signifikansnivå for fem av landene. Kilde: Nadie Brisson



Nadie Brisson sin konklusjon på hvorfor avlingsveksten har uteblitt er som følger: Endret klima har gitt dager med sterk varme. Dette skader hveteplantene direkte. Videre har flom, endret nedbørsmønster og ekstremvær skadet avlingene. Brisson gjør oppmerksom på at det stadig har kommet nye og bedre sorter av hvete, og bøndene ikke har sviktet med å gjødsle mindre eller bedrive dårligere agronomi de siste 15-20 årene. Dermed konkluderer Nadie Brisson at det er det endrede klimaet som er hovedårsaken til stagnasjonen i avlingene av hvete i Europa.

Statistikk viser altså at avlingene ikke lenger øker. Hvordan kan da Ana Iglesias sitt team og med dem IPCCs arbeidsgruppe 2, konkludere med at avlingene i Europa vil øke fram til 2,4 graders global oppvarming og reduseres noe fram mot 3,4 graders oppvarming? Svaret ligger i forutsetningene. Ana Iglesias sitt store prosjekt har tatt med følgende forutsetninger i sine avlingsmodeller:

- Fremtidig gjennomsnittlige temperaturer pr måned i regionene.
- Fremtidig gjennomsnittlig årstemperatur i regionene.
- Beregnet CO₂-konsentrasjon i atmosfæren.

De forutsetningene for plantevekst som Iglesias ikke har med er:

- Dager med ekstrem varme.
- Endret nedbørsmønster, for eksempel at det regner litt hver annen dag når bøndene skal så eller høste.
- Ekstremvær; vind og regn
- Mengden bakkenært ozon. (Bakkenært ozon er skadelig for plantevekst og mengden øker parallelt med mengde CO₂ i atmosfæren)

Man behøver ikke være sivilagronom for å forstå at de forutsetningene som Ana Iglesias ikke har med, faktisk betyr mer for avlinger, enn de hun har med.

2.2 Vitenskapelig usikkerhet og risiko

Klimaforskere snakker ofte om usikkerhet. Det de da mener er vitenskapelig usikkerhet. Hvis flere forskere har kommet til forskjellige resultater i sine rapporter, vil den forskeren som skriver en oppsummering av disse rapportene, si at det er vitenskapelig usikkerhet. Hvis en forsker har kommet til at det er mindre enn 90 prosent sannsynlighet for at noe kan skje, ja da også vil forskeren si at det er usikkert. Når kan da forskere si at noe er sikkert? Jo, det er når det er mer enn 90 prosent statistisk sannsynlighet for at noe vil skje. I forskningsverdenen er altså at det meste usikkert inntil det er 90 prosent eller større sjans/sannsynlighet, for at det vil kunne skje.

Men hva tror folk flest når de hører klimaforskere si for eksempel at det er usikkert om lynbrannene på Trøndelagskysten vinteren 2014 var et resultat av global oppvarming? Jo de fleste konkluderer med at de brannene var ganske så normale.

De fleste av oss planlegger etter langt lavere krav til sikkerhet enn 90 prosent. Vi forsøker så godt vi kan å ikke påføre oss selv risiko for det ene eller det andre. Hvis du har bilen din på verksted før du skal på langtur, og mekanikeren sier at det er 50 prosent sjans for at motoren tåler turen, da vil alle enten låne en annen bil, bytte bil eller bytte motor hvis du har tid til det. Vi gjør det vi kan for å unngå risiko.



Professor i atmosfæredynamikk **Asgeir Sorteberg** ved Bjerknessenteret for klimaforskning sier følgende om forholdet mellom vitenskapelig sikkerhet og risiko:



– Vi klimaforskere snakker om usikkerhet i stedet for å snakke om risiko. Vi sier for eksempel at det er usikkert om det blir 3 eller 5 grader. Vi burde heller sagt at mest sannsynlig blir det 4 grader, men det er risiko for at det blir 5. Folk flest oppfatter feil det som vi klimaforskere kaller usikkerhet. Folk forsikrer jo husene sine selv om det er svært liten risiko for at huset vil brenne. Det er dette som vi kaller High impact – low probability. Denne type risikovurdering burde vi tatt inn i klimasammenhengen – for å være på den sikre siden i forhold til de mulige ekstreme konsekvensene. Noen kan tenke at hvis risikoen for skikkelig alvorlige konsekvenser av global oppvarming er rundt 20 prosent – ja da er de villige til å ta den risikoen. Dette er en tankemåte som de færreste er villig til å gjøre hvis det dreier seg om egen økonomi, men når det gjelder klima er det snakk om å ta risiko på andres vegne. Vi tar høy risiko fordi det er de som kommer etter oss som eventuelt får føle konsekvensene av det vi gjør eller ikke gjør. Det er ikke du som kommer til å tape. Det er kanskje dine barn. De færreste er villig til å ta opp et høyt lån som barna våre må betale, men det med klima er en så stor og diffus greie. Da er folk villige til å ta høy risiko fordi det ikke er oss sjøl som skal betale tilbake. [21]

2.3 Gjennomsnittsverdier som forutsetning

Gjennomsnittsverdier er veldig vanlig brukt i forskningen. I klimaforskningen brukes slike verdier ekstra mye for å få håndterbare størrelser. Men et gjennomsnitt kan skjule det meste av virkelige farer. Vi har sett hvordan gjennomsnittlig helt fine temperatur og nedbørsforhold har rommet andre forutsetninger som har skadet landbrukets matproduksjon i Europa og Norge.

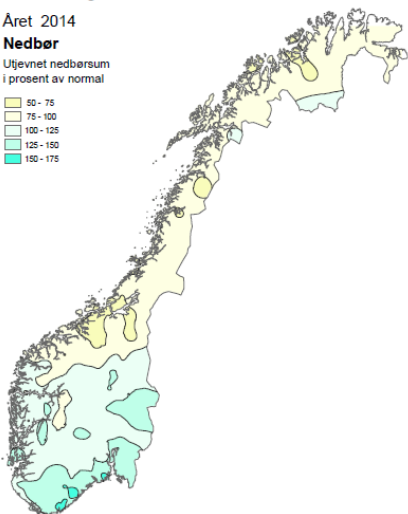
Hvis vi ser på gjennomsnittlig nedbør som Norge fikk i 2014, så er det ikke lett å se at nedbøren skulle gi betydelige naturkatastrofer. Nedbøren i Norge var jo helt normal, på bare tre prosent over normalen. Til og med når vi bryter årlig nedbør ned til områder i landet får vi et pent og relativt uskyldig bilde fra Met.no for 2014:

Klimatologisk månedsoversikt

Året 2014

Nedbør

Ujevnet nedbørsom i prosent av normal



Normalperioden er 1961 - 1990



Figur 9 viser relativ mengde nedbør i året 2014, i prosent av normalen fra tidsperioden 1961-1990.
Kilde: Met.no

Tenk deg at vi høsten 2013 viste innbyggerne i Voss, Lillehammer, Trysil, Odda, Flåm, Aurland eller Flatanger dette kartet som prognose for 2014. Hverken folk eller ordførere ville trodd at dette kartet over gjennomsnittlig nedbør i 2014 rommet nedbørsrelaterte katastrofer for dem alle.

Året startet med unormalt lite nedbør kombinert med østlig vind langs kysten av Nordmøre, Sør- og Nord-Trøndelag – inkludert kommunen Flatanger med flere. Denne spesielle værtypen varte i tre måneder. Resultatet ble kraftige lyngbranner som også ødela hus og annen infrastruktur. Gjennomsnittlig årsnedbør for Nord-Trøndelag i 2014 var på 75-100 prosent av normalen.

På Vestlandet var nedbøren for året 2014 på 100-125 prosent av normalen. Men, flommen i Voss, Flåm, Førde og mange andre steder på Vestlandet var svært ødeleggende med over 300 mm regn i løpet av et døgn. Da hjelper det lite at gjennomsnittlig nedbør for regionen var bare litt over normalen.

Tilsvarende var det i slutten av mai for Trysil og Kvam på Nord-Østlandet. Kombinasjonen av regn og snøsmelting ga flom i elvene og store skader. Gjennomsnittlig nedbør i regionen var i 2014 på 125-150 prosent av normalen. Selv det behøver ikke gi flomskader, men litt ekstra mye regn noen dager, kombinert med varme og snøsmelting – da var flomskadene en realitet.

Lillehammer fikk en regnværslom med store skader første uka i juli 2014. Gjennomsnittlig nedbør i regionen var likevel bare 100-125 prosent av normalen.

Dette viser at når vi leser klimaforskning og meteorologiske framskrivninger for vær i framtiden må vi huske at små endringer i gjennomsnitt rommer store potensialer for økninger i ekstremer. Og merk; med økte ekstremer kommer også økte variasjoner i været fra år til år. Det vil si at et område kan få en ekstremt tørr juni måned det ene året, mens det samme området neste år, eller året etter det igjen, får en juni måned med ekstremt mye nedbør. Med økt gjennomsnittlig temperatur kan mai måned et år være kjølig som dagens normaltemperatur, mens mai det neste året kan bli ekstremt varm. [22]

Variasjon i vær mellom år er naturlig, men med global oppvarming vil disse variasjonene bli større. En økning i ekstremer gir direkte skader på natur, økosystemer, landbrukets matproduksjon og infrastruktur. Når vi i tillegg får større variasjon i vær og ekstremer fra år til år gir dette ekstra problemer særlig for natur og landbrukets matproduksjon. La meg gi to eksempler: Gran og hvete.

Regn og fuktig vær i flere uker gjør det lettere for soppsykdommen granrust å etablere seg på grantrær. Et tre som er svekket av en soppsykdom det ene året vil være enda mer utsatt for skader av en tørkeperiode neste år. Svake og skadde trær er lett å drepe for insekter som granbarkbiller. [23]

I landbruket er det mulig å utvikle hvetesorter som tåler mere regn, men det året det blir tørke vil en slik regntilpasset sort gi elendig avling.

2.4 Superforutsetning: De store tilbakekoblingsmekanismene

Tilbakekoblingsmekanismer er reaksjoner i naturen som settes i gang av økt temperatur. Klimaforskerne kjenner dem alle svært godt, men det er vitenskapelig usikkerhet om hvor stort varmepådriv de forskjellige vil gi, og når.

Dette er de store tilbakekoblingsmekanismene:



1. **Økt temperatur på jorda på grunn av menneskenes utslipp gir mer vanndamp i atmosfæren.** Vanndamp er en drivhusgass, og det er den drivhusgassen det er mest av. Vanndamp er faktisk den drivhusgassen som har størst effekt på temperaturen på jorda. Det meste av vanndampen i atmosfæren er der bare noen få dager. Det er temperaturen på jorda som styrer fordampingen. Mengden vanndamp i atmosfæren stiger med 6-7,5 prosent for hver grad temperaturen på jorda stiger. [24]

2. **Sotpartikler virker avkjølede.** Ved forbrenning av trevirke, kull og olje blir det i tillegg til CO₂ også dannet store mengder sot. Sotpartiklene stiger opp i atmosfæren og bremser solstråler på vei inn til jorda. Sotpartiklene gir altså redusert varmedriv.

3. **Endring i skydekke påvirker.** Det jobbes mye med å forstå hvordan skydannelsen og skydekket endres med global oppvarming. Skyer har både avkjølede effekt ved å hindre lysstråler i å komme inn til jordoverflaten, og varmende effekt ved å holde igjen varmestråler. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til nettoeffekten av tilbakekobling fra skyer.

4. **Flater med is eller snø som smelter vekk og erstattes av varmeabsorberende overflater som vann, stein, jord eller planter.** Sollyset kommer til jorda som kortbølgede lysstråler. Når disse treffer is eller snø vil omtrent 90 prosent av lysstrålene reflekteres tilbake. De kortbølgede lysstrålene går relativt fritt både inn og ut gjennom atmosfæren. De bremses lite av drivhusgassene. Når det ikke lenger er is på en vannflate eller snø på en flate vil en større del av lysstrålene absorberes av denne overflaten og blir omdannet til varme. Deler av denne varmen reflekteres tilbake, men nå som langbølgete varmestråler. Disse blir holdt igjen av drivhusgassene, og resultatet er økt varmedriv for kloden.

5. **Smelting av tundraen i Sibir, Alaska og Canada vil gi store utslipp av drivhusgassene metan og CO₂.** Det er cirka 2300 milliarder tonn karbon i tundraen. Dette er tre ganger så mye karbon som i atmosfæren. Det er vitenskapelig usikkerhet om hvor raskt smeltingen av tundraen vil skje og om hvor stor andel av det organiske karbonet som vil slippes ut som CO₂ eller som metan. [25] Når organisk materiale brytes ned uten tilgang til oksygen vil en stor del av karbonet slippes ut som metangass. Metan er 23 ganger sterkere klimagass enn CO₂.

6. **Utslipp av metan fra metanhydrater i arktiske havområder når vanntemperaturen stiger.** I kaldt vann i Arktis ligger det store mengder frossen metan i form av metanhydrater. Det er fare for at disse metanhydratene smelter og metan stiger til overflaten og ut i atmosfæren når temperaturen på vannet stiger. Mengden metanhydrater er beregnet å være i samme størrelsesorden som alle kjente reserver av olje, kull og gass til sammen.
 - | PCC anslår at oppvarming mot fire grader kan føre til et samlet utslipp av CO₂ og metan fra arktisk permafrost og metanhydrater tilsvarende 350 Gt C, men dette er så usikkert at det enda ikke er regnet inn i klimamodellene. [26])



7. **Økt frigjøring og redusert binding av CO₂ i karbonsyklusen.** Karbonsyklusen er selve basen for alt liv på jorda. Gjennom fotosyntesen henter alle grønne planter og plankton CO₂ fra atmosfæren og med sollyset som energikilde, omdanner de CO₂ og vann til energirik karbohydrater og oksygen. Alle andre organismer på jorda – dyr, mennesker og planter får så sin energi fra disse karbohydratene. Det er store mengder karbon som på denne måten sirkulerer mellom CO₂ og karbohydrater. I jord og planter på landjorda er det til sammen 2500 Gt C. Når temperaturen på jorda øker vil fotosyntesen i planter kunne øke – dersom det er tilstrekkelig med vann og plantenæringsstoffer. Dersom det blir for tørt og/eller for varmt for plantene, stanser fotosyntesen. Plantene vil allikevel forsøke å overleve tørken og gjør det da med å forbrenne karbohydrater som de sjøl har produsert. I en slik tørkesituasjon går plantene fra å binde CO₂ til å slippe ut CO₂. Alt organisk materiale i jord og alt dødt plantemateriale brytes ned av naturlige prosesser. Resultatet er alltid CO₂ til atmosfæren. Når temperaturen i et område øker går denne nedbrytingen raskere. Regnskogen i Amazonas står for ti prosent av verdens fotosyntese. Det er bred enighet om at store økosystemer som for eksempel regnskogen i Amazonas kan kollapse ved økt temperatur og mindre nedbør ved 2-4 graders global oppvarming.

- F
ram til 2015 har karbonsyklusen på land og i havet totalt sett økt sitt opptak av CO₂. Det er bred enighet om at karbonsyklusen på land kan snu til å gi større utslipp enn binding av CO₂, men det er vitenskapelig usikkerhet om når dette vil skje.

Som beskrevet i kapittel 1.2 er det mengden klimagasser som vi mennesker bidrar med til atmosfæren, som er det viktigste grunnlaget for å finne ut hvordan temperaturen på kloden vil utvikle seg. IPCC har i siste hovedrapport basert temperaturmodellene på forskjellige scenarier for menneskelige utslipp. Når temperaturen på jorda stiger skjer det endringer i tilbakekoblingsmekanismene sin produksjon eller binding av klimagasser og varmepådriv. De fleste av disse gir i sum økt varmepådriv til jordkloden.

Tilbakekobling nr 1 (vanndamp) og 2 (sot) kalles ofte for raske tilbakekoblinger, og de har ganske lineær effekt. Disse to tilbakekoblingene er godt forstått og dermed lagt inn som sikre faktorer i klimamodellene for fremtidig temperaturutvikling.

Tilbakekobling nr 3 (skyene) er ikke godt nok forstått enda, og er derfor bare delvis inne i klimamodellene som IPCC baserer seg på.

Tilbakekobling nr 4 (mindre snø og is), 5 (tundra) og 6 (metanhydrater) er saktevirkende. De er delvis inne i klimamodellene som IPCC baserer seg på, men det er mange klimaforskere som hevder at IPCC undervurderer effektene av disse store tilbakekoblingene.

Tilbakekobling nr 7 (karbonsyklusen) er med i IPCC sine klimamodeller, men det er mange som hevder at karbonsyklusen på land og i havet kan gi større og raskere netto frigjøring av CO₂ enn det IPCC har som forutsetning i sine modeller.

Det er høy vitenskapelig sikkerhet om at alle de store tilbakekoblingsmekanismene vil gi kraftig økning i varmepådrivet på kloden når de kommer i gang, men på grunn av vitenskapelig usikkerhet om når og hvor kraftig effekten av dem vil bli, har IPCC tatt dem inn på den forsiktige måten som beskrevet ovenfor.

Det som imidlertid er veldig sikkert – det er at de store tilbakekoblingene har svært store dimensjoner når de kommer i gang. Vi mennesker gir årlig et utslipp på snau 10 Gt C. Tundraen i nordområdene inneholder 2300 Gt C. Jord og planter ellers på jorda har ca 2500 Gt C. [3] Hvis karbonsyklusen med alt organisk materiale på land og hav vipper over og gir større utslipp av CO₂ enn den binder, ja da vil det føre til økende temperatur og enda mer CO₂ fra denne tilbakekoblingen. Hvis tundraen i nord begynner å smelte er det tilsvarende store mengder karbon som kan strømme opp i



atmosfæren, enten som CO₂ eller som metan. De frosne metanhydratene i havet i nord kan hvis de smelter, gi både CO₂ og metan til atmosfæren.

2.4.1 Tilbakekoblingene og risiko

Rundt om i verden jobber forskere på spreng med å forutsi hvordan tilbakekoblingene vil utvikle seg med økt temperatur. FNs klimapanel samler alt dette og lager det de mener er det vitenskapelig sikreste estimatet de kan komme med. IPCC sine kurver for temperaturutvikling er vist i kapittel 1.2 og 2.5.

Togradersmålet er som beskrevet tidligere, et politisk vedtatt mål – delvis basert på vitenskap.

Som vist i kapittel 2.6 viser IPCC sine beregninger i siste hovedrapport at vi mennesker ikke kan slippe ut mer klimagasser enn 1000 Gt C, for at det skal være 66 prosent sjanse for å holde den globale temperaturøkningen under to grader. Denne tograderskvoten sier IPCC at er på 790 Gt C når vi tar hensyn til de andre klimagassene enn CO₂ som vi forurenses med, og når vi trekker fra de 550 Gt C som vi allerede har sendt ut i atmosfæren, så har vi altså igjen bare 240 Gt C før 2-graderskvoten er sprengt. [6]

Men så var det dette med risiko: 66 prosent sjanse for å klare togradersmålet betyr 34 prosent sjans for ikke å klare det. IPCC kommenterer dette slik i sin oppsummering til politiske beslutningstagere (*Summary for policymakers 2014*): «Et lavere mål for temperaturøkning enn to grader, eller større sjanse for å holde temperaturen under et spesifikt temperaturmål vil kreve lavere utslipp. Tar man hensyn til økt varmepådriv av økning i andre klimagasser enn CO₂, reduksjon i mengden sotpartikler eller utslipp av metan og CO₂ fra permafrost, må menneskenes totale utslipp av CO₂ reduseres for at man skal kunne holde seg innenfor et spesifikt temperaturmål.» [1]

En av verdens mest kjente klimaforskere, James Hansen og mange med han, har i flere år sagt at det er for stor risiko for skadelige klimaendringer og at de langsomme tilbakekoblingene blir satt i gang for alvor, hvis temperaturen på kloden stiger med noe særlig over en grad i forhold til førindustriell normal.

Sammen med 17 andre klimaforskere – de fleste fra USA, kom Hansen med en større rapport i 2013 med tittel (oversatt til norsk): «*Vurdering av farlige klimaendringer: Nødvendige reduksjoner i karbonutslipp for å beskytte unge mennesker, fremtidig generasjoner og naturen*». [27] Her kommer Hansen og de andre i teamet med følgende konklusjon:

«Det er nødvendig å begrense menneskelige samlede utslipp av karbondioksid til 500 Gt C og sørge for at 100 Gt C bindes i biosfæren, for å holde verdens klima innenfor rammene av Holocen temperatur. Det er den temperatur som menneskeheten og dagens arter av planter og dyr er tilpasset. Et samlet utslipp på 1000 Gt C, som mange mener vil gi to graders global oppvarming, vil sette i gang de saktevirkende og store tilbakekoblingene, som igjen kan føre til en global oppvarming på 3-4 grader C med katastrofale konsekvenser. Det er nødvendig med rask reduksjon i utslippene av klimagasser for å gjenopprette klodens energibalanse og for å unngå ytterligere varmeopptak i havet som garantert vil føre til irreversible effekter. Fortsatte utslipp fra fossile energikilder vil ut i fra dagens kunnskap om konsekvensene, være en handling av særdeles forsettlig urettferdighet mellom generasjoner».

Hansen og de andre sin konklusjon er basert på beregninger av jordas energibalanse, kombinert med vitenskapelige data om klima og klimaendringer på jorda i tidligere tider. Deres anbefaling om å holde verden innenfor rammene av Holocen temperatur, henviser til den tidsepoken etter siste istid, det vil si de siste 11.500 år. Holocen har vært en periode med relativt konstant klima og milde temperaturer over store deler av kloden. Dette har gitt grunnlaget for stabile naturforhold og

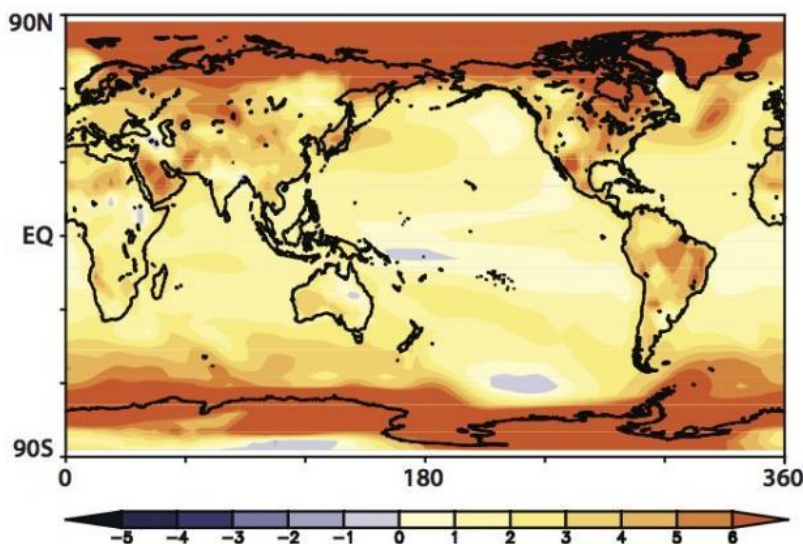


framveksten av den menneskelige sivilisasjon. I Holocen har temperaturen på kloden aldri vært så varm som den er allerede nå, i 2015 – hvor vi har 0,85 graders global oppvarming.

James Hansen tar utgangspunkt i det som finnes av klimaforskning, men legger til risikoen for hva de store tilbakekoblingene kan gjøre. Det er dette valget av forutsetninger som er hovedforskjellen på det James Hansen og IPCC sier. IPCC forutsetter at de store saktevirkende tilbakekoblingsmekanismene ikke gir særlig oppvarmende effekt, før det har blitt mer enn 2 graders global oppvarming. Hansen mener at tilbakekoblingene kan akselerere oppvarmingen allerede før 1,5 grad.

Som nevnt ovenfor har vi mennesker allerede sendt 550 Gt C ut i atmosfæren og CO₂-konsentrasjonen er på 400 ppm. Det betyr at James Hansen sin grense på 500 Gt C for at vi skal klare å holde kloden innenfor den relativt trygge Holocen temperatur – allerede er sprengt.

Da jeg forberedte meg til å reise til Bergen for å intervju klimaforskere ved Bjerknessenteret til denne rapporten, så jeg en ny artikkel lagt ut på deres nettsider. Artikkelen heter «*Het klode – gammel nytt*» og er skrevet av Øyvind Paasche og Kerim H. Nisancioglu. [28] De beskriver en periode i jordens historie som gir interessante opplysninger i forhold til usikkerheten om hvordan temperaturen kan utvikle seg på jorda med stigende mengder CO₂ i atmosfæren. Perioden kalles for Mid-Pliocen som varte fra 5-3 millioner år siden. I denne perioden var det ca 400 ppm CO₂ i atmosfæren. Økningen av CO₂ i atmosfæren gikk trolig sakte opp til 400 ppm over flere tusen år. Den globale gjennomsnittlige temperaturen steg til to grader varmere enn vår førindustrielle normal i løpet av det samme lange tidsrommet. I Arktis var temperaturen seks grader over, og det var ikke is på Nordpolen om sommeren. Havnivået var 15-20 meter over dagens. På grunn av de svært sakte endringene klarte naturen på land og i havet å tilpasse seg. Jorda fikk en ny energibalanse. Kartet under viser temperaturene på jorda i Mid-Pliocen.



Figur 10 viser temperaturene på jorda for 5-3 millioner år siden i forhold til førindustriell normal. Kilde Paasche [28]

Paasche og Nisancioglu skriver at vel så sikkert som å forutse utviklingen av klima på jorda i framtida gjennom datamodeller, kan det være å se bakover i tid til virkelige hendelser som i Mid-Pliocen. [28] Paasche og Nisancioglu forutsetter at det er innholdet av CO₂ i atmosfæren som i hovedsak bestemmer temperaturen på kloden. 400 ppm CO₂ ga en to grader varmere klode, ingen is om sommeren på Nordpolen og 15-20 meter høyere vannstand.



Paasche og Nisancioglu gir dermed full støtte til James Hansen sine konklusjoner; 400 ppm CO₂ i atmosfæren kan gi 2 graders global temperaturøkning.

Ved Bjerknes møtte jeg senterets direktør **Tore Furevik**. Han er professor i havforskning. Med utgangspunkt i artikkelen av Paasche og Nisancioglu, stilte jeg han følgende spørsmål:

– Hvis vi skulle være like sikre for våre barn når vi sender dem inn i en klimafremtid som når vi sender dem avgårde i en bil – ville du da tatt sjansen på å sende dem inn i en atmosfære med 1000 Gt C eller 500 Gt C? Furevik svarte:



– Hvis vi skulle være like sikre på å gi våre barn en trygg framtid, har vi egentlig allerede passert det vi burde passere. Vi har ikke gode nok modeller, ikke nok informasjon til å kjenne risikoen av mengde klimagasser i atmosfæren. Togradersmålet er basert på et gjennomsnitt av modellene. Hvis man tar worst case scenariene til grunn så har vi allerede mer enn nok CO₂ i atmosfæren til å overstige to graders global oppvarming.

Fra havforsker Furevik i Bergen tok jeg turen til den mest kjente biologen i Norge; Professor **Dag Olav Hessen**, og spurte om han tror James Hansen har rett i at et samlet utslipp på 500 Gt C er det eneste trygge. Han svarte ivrig:



– Her er jeg helt på linje med James Hansen. To graders global oppvarming er for sent – for mye. 1000 Gt C gir for stor risiko for natur og mennesker. Vi ser allerede rapporter som indikerer en nedgang i primærproduksjonen i Amazonas. Havet vil ta opp mindre CO₂ etterhvert som det blir varmere og surere. Karbonsyklusen kan raskere enn vi tror gi mer utslipp av CO₂ enn den binder. Smelting av tundraen kan gi dramatiske utslipp av CO₂ og metan. I det hele tatt tror jeg det er stor risiko for at de store tilbakekoblingene som gir mer karbon til atmosfæren vil være i gang før to grader, sa Dag Hessen. [29]

Oppsummering:

IPCC sier at temperaturen på kloden – med 66 prosent sannsynlighet ikke vil stige over 2 grader, dersom utslippene av karbondioksid fra og med 2015, begrenses til 240 Gt C totalt. Hvis vi fordeler denne «restkvoten» på de 35 årene fra nå til 2050 blir det 6,8 Gt C pr år, og null utslipp av C til atmosfæren etter 2050. Dagens utslipp globalt er på 10 Gt C pr år.

I kapittel 2.6. så vi hvordan klimaforskerne Glen Peters og Hans Olav Hygen argumenterte for at det er svært lite realistisk at verdenssamfunnet vil klare å redusere utslippene så mye og så raskt at 2 graders kritisk grense ikke krysses.

For at temperaturen ikke skal stige videre når den har kommet til to grader rundt år 2050, er man avhengig av at James Hansen, Dag Hessen og mange andre forskere, ikke har rett i at de store tilbakekoblingsmekanismene vil gi ustoppelige utslipp av klimagasser og økende oppvarming, allerede før to graders global oppvarming.

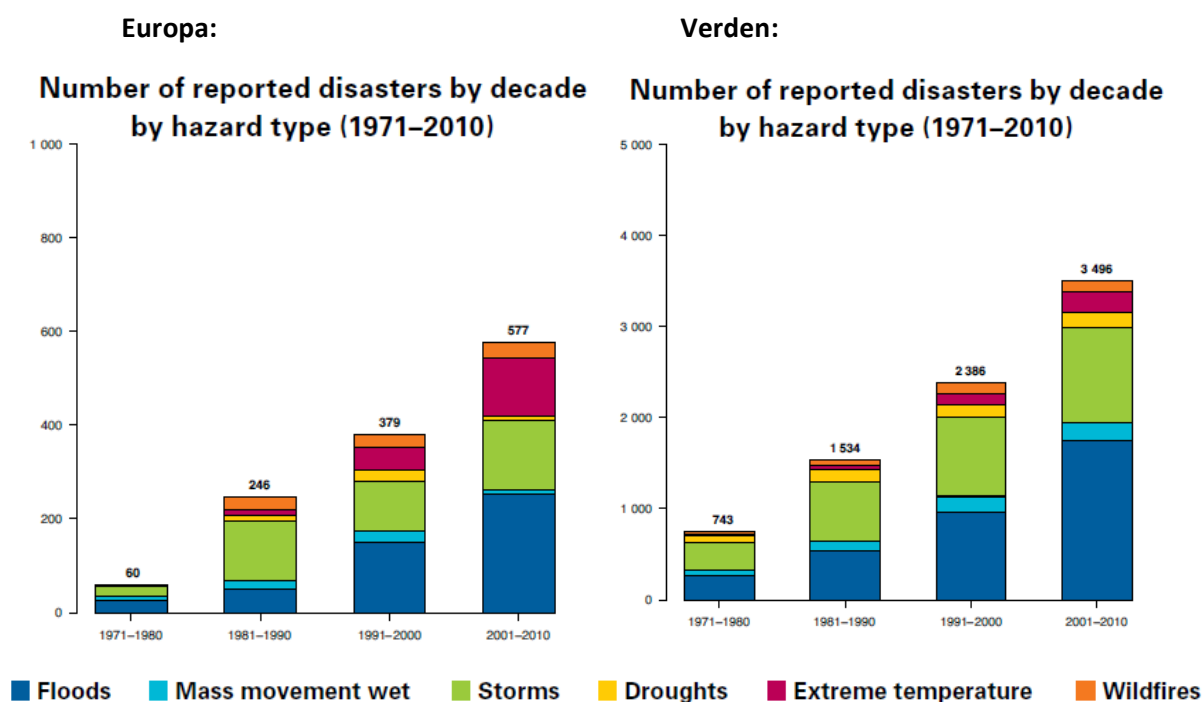


3 Konsekvenser nå; av 0,85 grader

Global oppvarming er allerede i 2015 på 0,85 grader globalt gjennomsnitt over land og hav, i forhold til førindustriell tid. Dette gir konsekvenser for natur og mennesker i alle verdens land.

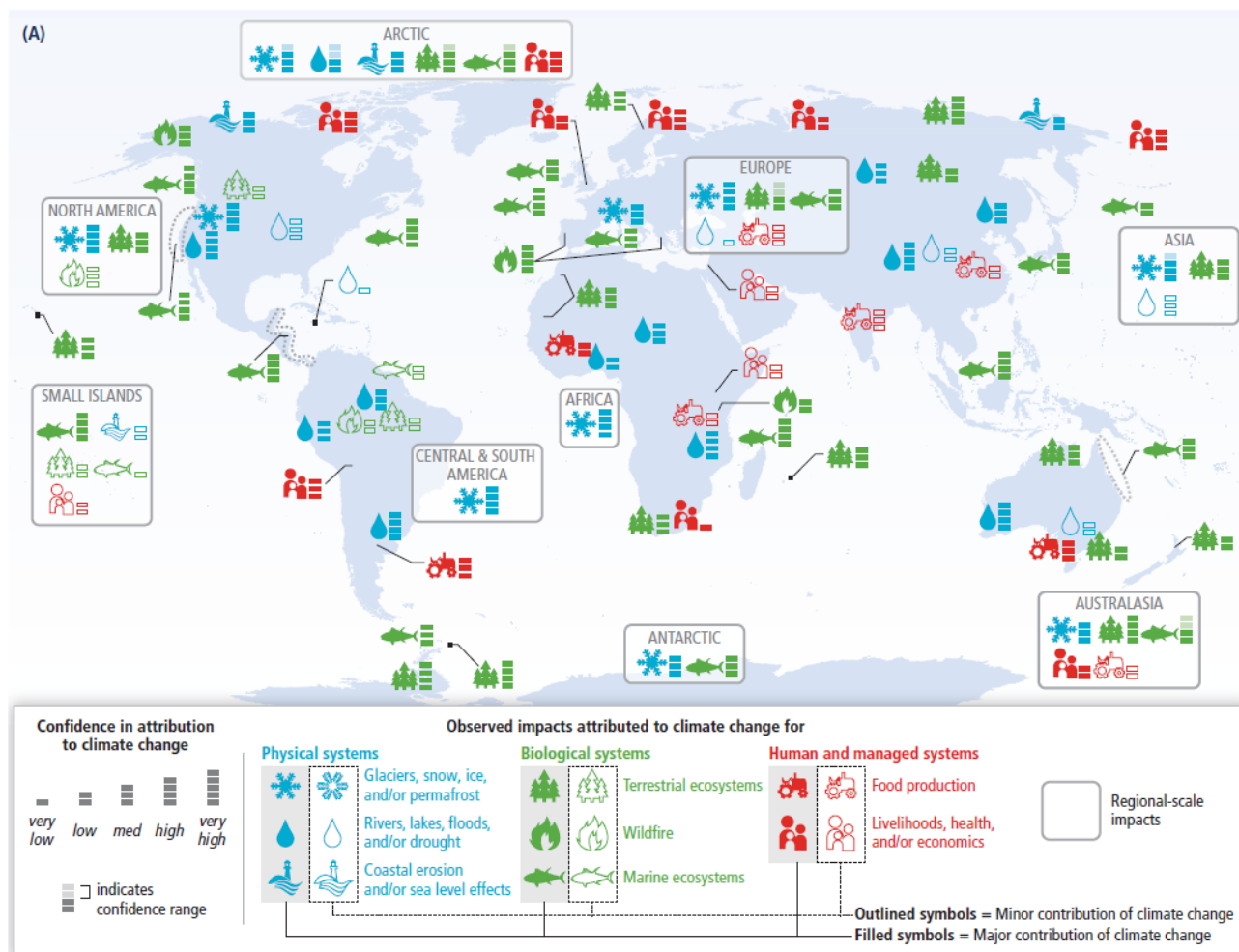
3.1 Oversikt konsekvenser 0,85 grader

Verdens meteorologiske organisasjon WMO ga i 2014 ut *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes*. Figuren nedenfor er hentet herfra og viser hvordan antall naturkatastrofer har økt både i Europa og i verden. [30] Både i Europa og i verden som helhet er det flom og storm som har økt med flere hundre prosent fra 1970 til 2010. Katastrofer på grunn av ekstremt høye temperaturer og skogbranner har også økt betraktelig.



Figur 11 viser utviklingen i antall naturkatastrofer i Europa til venstre og verden som helhet til høyre. Kilde: WMO [30]

I figuren på neste side gir IPCC 2014 (arbeidsgruppe 2) en visuell oversikt over registrerte konsekvenser av global oppvarming fram til 2100. Global oppvarming gir negative konsekvenser over hele verden. Jeg lar figuren tale for seg selv:



Figur 12: IPCC sin oversikt over hvordan global oppvarming har påvirket natur og mennesker fram til ca 2012. [18]

IPCC sin Arbeidsgruppe 2 beskriver [18] konsekvensene av 0,85 graders global oppvarming, altså det verden har erfart så langt, i følgende hovedpunkter:

- De siste tiårene har global oppvarming gitt konsekvenser for natur og mennesker på alle verdens kontinenter og hav.
- I mange regioner har endringene i mengde nedbør, nedbørsmønstre og ekstremregn gitt problemer med tilførsel og kvalitet av vann, samt flom og eller tørke.
- Isbreer smelter over hele verden, noe som påvirker vannføring og vanntilførsel til store landområder. Når breene minker blir det mindre vann i elvene om sommeren. Etter hvert som temperaturen i verden øker vil stadig mer nedbør falle som regn, og ikke snø, i fjellene. Det betyr at når det kommer nedbør vil en økende andel av dette komme raskt til elvene og gi flomsituasjoner. Dette gjelder for store deler av Asia, vestkysten av USA og i Sør-Amerika.
- Mange arter av ville dyr og fisk i hav og ferskvann har beveget seg vekk fra sine vanlige leveområder, eller de endrer sine sesongmessige vandringsmønstre. Dette påvirker det økologiske samspillet mellom arter. Når en art ikke lenger er i et område, blir det lite mat for de som fortsatt er her og som tidligere hadde disse som næringsgrunnlag.
- Global oppvarming har ført til tining av permafrost nord i verden og i fjellområder lenger sør.



- Generelt for landbrukets matproduksjon er det registrert mer avlingsreduksjon enn større avlinger. Verdens avlinger av hvete og mais, som er de viktigste matvekstene, har blitt negativt påvirket av den globale oppvarmingen, endret nedbør og ekstremvær. Avlingene av ris og soyabønner er mindre påvirket. I løpet av de siste ti årene har det vært flere tilfeller av raske prisøkninger på mat etter at ekstremvær har redusert avlinger i viktige matekporterende land.
- Det er registrert økt omfang av varmerelaterte dødsfall og færre dødsfall på grunn av kulde, men foreløpig er den negative innvirkningen på verdensbefolkningens helse av global oppvarming relativt liten. Regionale endringer i temperatur og nedbør har ført til en del vann- og vektorbårne sykdommer som f.eks. malaria i nye områder.
- Fattige mennesker med små ressurser, er de som foreløpig har fått flest skader på liv og eiendom.

Verdensbanken ga i 2014 ut en rapport under tittelen *Turn down the heat*. I tillegg til de punktene IPCC nevner ovenfor her har Verdensbanken følgende dokumenterte hendelser og fenomener som allerede har skjedd på grunn av global oppvarming fram til i dag i 0,85-graders verden [31]:

- Siden 1960-årene er det registrert en statistisk sikker økning i antall dager med, og styrke på, ekstreme varmeperioder.
- Frekvens og intensitet i de sterkeste tropiske syklonene har økt signifikant i Nord-Atlanteren siden 1970-tallet.
- Signifikant økning i både frekvens og intensitet av ekstrem nedbør er registrert over østre deler av USA, Asia, Øst-Europa og Sør-Amerika. I Middelhavslandene, Sørøst-Asia og nordvest i USA er antall hendelser med ekstrem nedbør redusert.
- Monsunen i Asia har endret seg. Nedbøren kommer ikke til samme tider som før. Mer av regnet kommer som store mengder på kort tid, og det er lengre perioder uten regn. Dette har ført til lavere avlinger i land som India.
- Antall klimarelaterte katastrofer er økt over hele verden fra cirka 30 per år i 1960-åra til over 300 per år i starten på inneværende århundre.
- Menneskelig aktivitet som avskoging og økt temperatur og tørkeperioder øker risikoen for nedbryting av regnskogen i Amazonas. Tørkeperiodene som Amazonas hadde i 2005 og 2010 ga en reduksjon i binding av CO₂ på henholdsvis 1,6 og 2,2 Gt C i forhold til normale år.

3.2 Hetebølger i Europa

Siden år 2000 har vi hatt to hetebølger i Europa som viser hva ekstremtilfeller av varme kan gi av konsekvenser. Disse to hetebølgene kom allerede på 0,8 graders global oppvarming. Vi snakker om hetebølgen i Russland i 2010 og i Vest-Europa i 2003.

Hetebølgen i Russland i 2010 er den kraftigste og med størst utbredelse som moderne mennesker og naturen i området noensinne har opplevd. Ifølge Verdensbanken var denne hetebølgen tre standardavvik over normalen. Slikt kan skje hvis bare naturlige variasjoner er årsak, men da ville det være så sjelden som en gang hvert 740 år. [31]

Hetebølgen startet i Pakistan i slutten av mai hvor det ble målt tidenes varmeste med 54 grader C langs elva Indus. I juni lå varmen over Midtøsten. I Kuwait, Irak og Saudi-Arabia ble det målt varmerekorder på 53 grader C. Basra i Irak fikk dager med 53 grader C og når strøm- og vannforsyningen brøt sammen, ble det opprør i byen. Mot slutten av juni hadde det ekstremvarme været beveget seg nordover til vestlige deler av Russland. [32] Varmen, kombinert med tørke holdt seg i området i hele juli og august. Verden fikk se tidenes verste hetebølge. [33]



Hetebølgen drepte 55.000 mennesker i Russland, og ødela eiendom og skadet helse for hundretusener av mennesker. [34] I de åtte ukene som hetebølgen varte var gjennomsnittstemperaturen 5-9 grader over normalen.

80 prosent av dødsfallene skyldtes den ekstreme varmen. 20 prosent skyldtes kombinasjon av varme og luftforurensing. Det var flest eldre og syke blant de døde. [35] President Medvedev erklærte unntakstilstand i sju regioner på grunn av branner, og i 28 andre områder på grunn av avlingssvikt i landbruket.

Aftenposten rapporterte at byen Mokhovoye og 77 andre byer og landsbyer ble ødelagt av brannene. Moskva opplevde en maksimumstemperatur på 38 grader C i august 2010. [36] Normal temperatur for Moskva i juli og august er 22 og 24 grader C. [37]

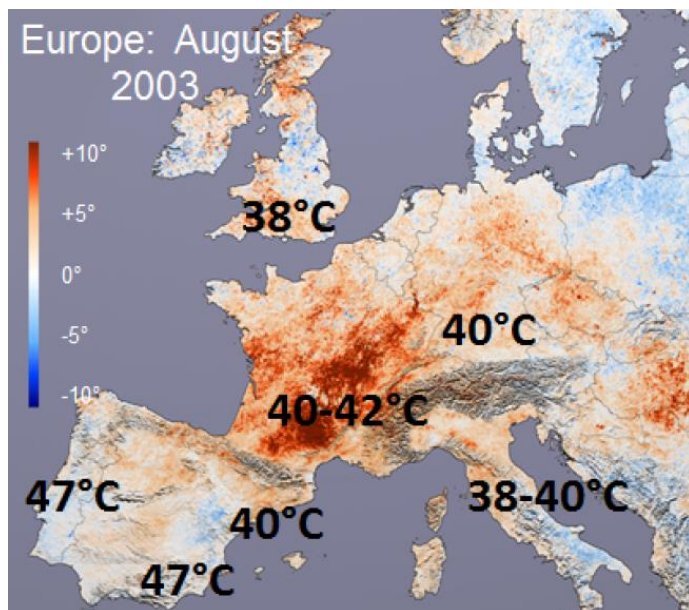
Skogbrannene ødela 110 millioner dekar skog i Russland.

Russland har siden år 2000 forbedret sitt landbruk og har etter hvert kunnet selge cirka 20 millioner tonn hvete på verdensmarkedet. Dette er så mye som 17 prosent av de 129 millioner tonn hvete som tilbys internasjonalt. Russland innførte forbud mot eksport av alle typer korn i august 2010, og bidro til en kraftig prisøkning på hvete i verdensmarkedet. [38] [39]

Syv år tidligere, i 2003, var temperaturen over det europeiske kontinent i gjennomsnitt 2,3 grader over normalen. [40] Over store deler av Sør-Europa steg temperaturene med 5-10 grader over normalen, og det utviklet seg til en hetebølge i juli og august. Hetebølgen i Vest-Europa drepte mer enn 30.000 mennesker. [41] Noen rapporter sier at det døde 70.000 flere mennesker enn normalt i løpet av hetebølgen. [42] Sammen med hetebølgen var det lite nedbør, og dermed ble det også alvorlig tørke. De samlede økonomiske kostnadene ble på mer enn 130 milliarder kroner. [41] Hetebølgen og tørken i Vest-Europa i 2003 ga store skader i jordbruket. Kornproduksjonen ble redusert med 23 millioner tonn, men verst gikk det ut over gras og grovfor til husdyr. Tyskland, Østerrike og Spania fikk 30 prosent lavere avlinger av gras. Italia 40 prosent og Frankrike hele 60 prosent lavere grasavlinger. Det ble registrert 25.000 skogbranner i Europa og totalt ble det ødelagt over 6,5 millioner daa skog. Verst gikk det ut over skogene i Portugal hvor skogsverdier til ti milliarder kroner gikk tapt. [41] Store elver som Po i Italia, Rhinen i Tyskland og Lire i Frankrike hadde rekordlav vannføring og svært høy vanntemperatur, noe som førte til oppblomstring av giftige alger mange steder.

Kartet nedenfor viser utbredelsen av hetebølgen, og fargene viser hvor mange grader de høyeste temperaturene var i forhold til normalen. Tallene viser de høyeste registrerte temperaturene.

Det var Frankrike som ble hardest rammet, med de største områdene med temperaturer 5-10 grader over normalen. Også England, Tyskland og Spania og Ungarn hadde store områder med temperaturer opp mot 10 grader over normalen.



Figur 13 viser hetebølgen i Europa i 2003. Fargene viser antall grader over normalen. Tallene viser de høye temperaturene i hetebølgen. Kilde: Vikøyr [42]

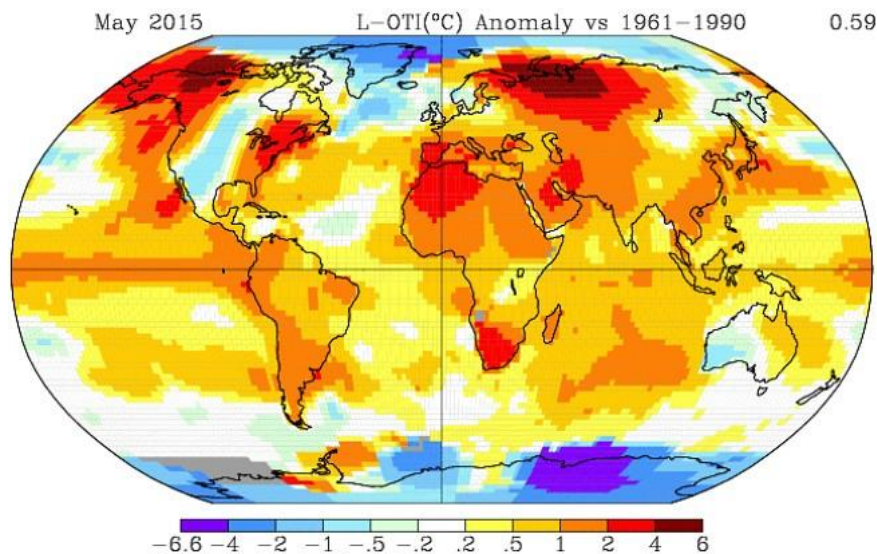
En meget alvorlig konsekvens av hetebølgen og tørken i Vest-Europa 2003 var at det førte til at planter og trær i store deler av Europa stanset sin vekst. Biologer målte at primærproduksjonen i planter og trær ble redusert med 30 prosent på grunn av at fotosyntesen stanset helt opp på grunn av hete og tørke. En plante eller et tre som ikke har fotosyntese forsøker å overleve allikevel, og gjør det med å hente energi fra egen opplagsnæring. Det vil si at planter og trær i en slik situasjon gjør akkurat som et dyr eller oss mennesker; de forbrenner karbohydrater og slipper ut CO₂ og vanddamp. Planter og trær skal jo binde CO₂, men sommeren 2003 ga planter og trær i Europa et totalt utslipp på cirka 1,8 Gt CO₂. Karbonsyklusen på land var altså negativ. De ekstra karbonutslippene fra naturen i Vest-Europa i 2003 var like store som 1/3 av hele Europa sitt årlige utslipp av CO₂ fra forbrenning av olje, kull og gass. [43] [44]

Professor Nikolaos Christidis ved det engelske Met Office viste i en rapport i Nature Climate Change, at menneskelige utslipp av klimagasser hadde doblet sannsynligheten for en hetebølge som Vest-Europa opplevde i 2003. [40] Og at ekstreme værhendelser som tidligere kunne forekomme en gang hvert femtiende år i Europa, de vil ved 0,85 graders global oppvarming kunne komme igjen hvert femte år. [40]

3.3 Vær og temperatur 2015

I Norge hadde vi en mild vinter og en tidlig vår i det meste av landet. Så ble det kjølig og mye regn. Men verden er varm i 2015: Rekordvarm.

Yr.no melder at 2014 var det varmeste året som er målt av mennesker. 2015 ligger an til å bli enda varmere. De globale temperaturene i januar-mai er de høyeste målt noensinne. Juni ble varmeste juni på kloden. Det samme med juli. Klimaforsker Rasmus Benestad ved Meteorologisk institutt sier at den kjølige sommeren i Norge skiller seg ut fra verden for øvrig. Forklaringen er jetstrømmer fra nord som har gitt kald luft over Norge, sier han. [45] Yr.no har følgende bilde for gjennomsnittstemperaturene på jorda for mai måned i forhold til normalen.



Figur 14 viser gjennomsnittlige temperaturer i verden i forhold til normalen i mai 2015. Kilde: Yr.no [45]

Gjennom sommeren 2015 har det blitt meldt om ekstrem varme i mange land og byer over hele verden.

3.4 2015-tørken i California og USA

California er i 2015 inne i sitt femte år på rad med tørke og kronisk vannmangel. 5. august 2015 kunne vi lese følgende NTB-artikkel i avisa Nationen: Seks av ti innbyggere i California sier at vannmangelen er Californias største problem. Det har aldri blitt målt mindre regn i delstaten enn i 2014. I 2015 får bøndene i California 30 prosent mindre vann fra elver og overflate vannmagasiner. Dette blir delvis kompensert med å pumpe opp grunnvann, for de som har råd til det. I 2014 ble måtte bøndene la være å så eller plante på 1,6 millioner daa på grunn av for liten tilgang til vann. I 2015 økte dette til 2,2 millioner daa. Dette går særlig ut over produksjonen av ris, bomull, havre og hvete. Landbruket kommer til å ansette 19.000 færre sesongarbeidere i 2015, enn normalt. [46]

California har en stor andel av USAs landbruksproduksjon. Landbruket i delstaten er avhengig av vann fra elver og vannmagasin. Madelyn Glickfield er vannforsker ved Universitetet i Los Angeles. Hun sier følgende om vannproblemene i California: – Selv om vi nå skulle få masse regn, vil våre vannproblemer bestå. Klimaendringene har nemlig ført til at temperaturen har steget i innlandet, noe som innebærer at nedbøren ikke lenger kommer som snø i fjellene. Dermed blir ikke vannet lagret her som før. Vi er avhengig av breene som sørger for jevn tilførsel av vann til elver og dammer. Klimaendringene innebærer en kronisk vannmangel for California, avslutter Glickfield i Nationen.

Bildet nedenfor er hentet fra en egen nettside med dag-til-dag oppdateringer om tørken, vannsituasjonen og skogbrannene i California (CADrought.com) Bildet viser gradene av tørke den 11. august 2015. Vi ser at det meste av California har mørkeste farge som betyr at det var eksepsjonell tørke her. [47]

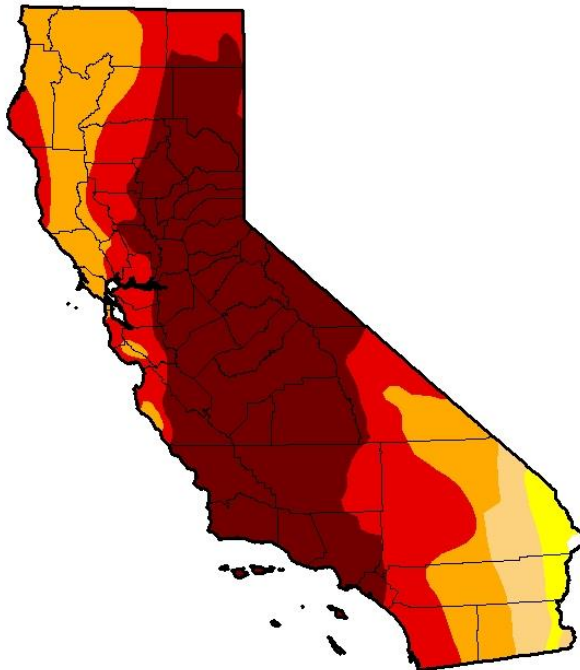


U.S. Drought Monitor California

August 11, 2015

(Released Thursday, Aug. 13, 2015)

Valid 8 a.m. EDT



Drought Conditions (Percent Area)

	None	D0-D4	D1-D4	D2-D4	D3-D4	D4
Current	0.14	99.86	97.35	92.36	71.08	46.00
Last Week 8/4/2015	0.14	99.86	97.35	94.59	71.08	46.00
3 Months Ago 5/12/2015	0.14	99.86	98.28	93.91	66.60	46.77
Start of Calendar Year 12/20/2014	0.00	100.00	98.12	94.34	77.94	32.21
Start of Water Year 8/30/2014	0.00	100.00	100.00	95.04	81.92	58.41
One Year Ago 8/12/2014	0.00	100.00	100.00	99.80	81.92	58.41

Intensity:

D0 Abnormally Dry	D3 Extreme Drought
D1 Moderate Drought	D4 Exceptional Drought
D2 Severe Drought	

The Drought Monitor focuses on broad-scale conditions. Local conditions may vary. See accompanying text summary for forecast statements.

Author:

Brian Fuchs

National Drought Mitigation Center



<http://droughtmonitor.unl.edu/>

Figur 15 viser tørkesituasjonen i California pr 11. august 2015. Fra nettstedet CADrought.com [47]

For øvrig kan nevnes at Dagens Næringsliv den 15. juni 2015 rapporterte at det ikke bare er California som har tørke i 2015: Hele 75 prosent av USAs totale landareal var rammet av tørke på forsommeren 2015. Selv den ellers så regnrrike staten Washington har innført unntakstilstand på grunn av tørken. [48] Det skal bli interessant å se hvordan dette påvirker avlingene i USA – et av verdens største mat- og kornproduserende land.

3.5 Skogdød i Canada og nord i USA

I nordvestlige og nordlige USA og sørvest i Canada er enorme furuskoger døde eller døende på grunn av global oppvarming. Det er ikke varmen som dreper, men det gjør den fem millimeter store Mountain Pine Beetle – en furubarkebille som nå på grunn av høyere temperatur, har fått en betydelig lengre beitesesong og dermed også to generasjoner hver sommer. [49] Grensen for skadeutbredelse er nå flyttet videre vestover til Alberta i Canada. [50] Bare i Britisk Colombia er 374.000 km² i skadet. Til sammenligning er det totale norske landarealet på 385.000 km². Werner Kurz sin forskergruppe har beregnet at skadene av Mountain Pine Beetle gjør at skogen bare i Britisk Colombia går fra å binde CO₂ fra atmosfæren til å bli et stort utslipp av klimagassen. 990 millioner tonn CO₂ forventer de at døde trær vil tilføre atmosfæren i perioden 2000-2020. [51] Dette tilsvarer omkring 18 år med norske klimagassutslipp. I tillegg til det som skjer i Britisk Colombia kommer skadene i omtrent samme størrelsesorden i USA, og etter hvert også lenger øst i Canada.

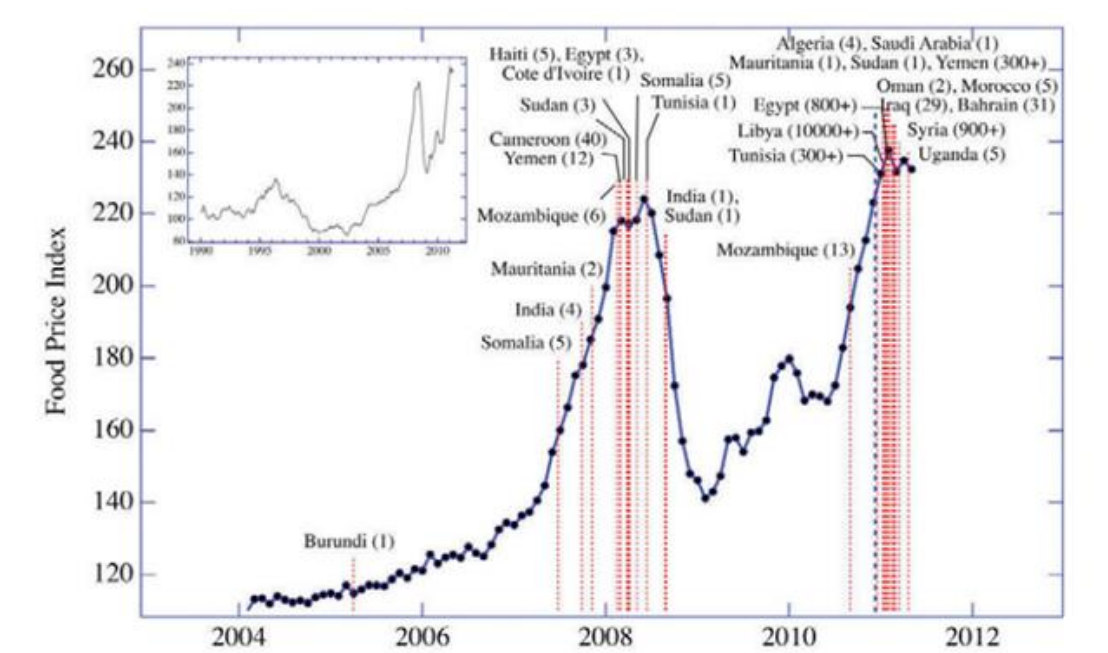


3.6 Landbrukskrise i India

Ifølge avisa Dagens Næringsliv har 600 jordeiere i India, begått selvmord i løpet av de første tre månedene av 2015. Årsaken er store tap – særlig i bomullsproduksjon over de siste årene. Bomull blir ødelagt av regn i innhøstingstiden. Derfor dyrkes bomull i områder med høy sikkerhet for tørt vær i denne perioden. I år har store mengder regn og hagl ødelagt store avlinger. Bare i delstaten Maharashtra har bomullsavlinger for over en milliard kroner blitt ødelagt. Den indiske landbruksministeren forklarte følgende: «Sen start på regntiden og kortere varighet, kombinert med lange perioder uten regn før det plutselig kommer haglstormer og ekstremregn, tyder på klimaendringer. I fjor hadde vi 53 prosent av normal gjennomsnittlig nedbør». [52]

3.7 Den arabiske våren i 2011

Raskt økende matpriser kan føre til folkelig misnøye og opprør. Verdensbanken viser kurven nedenfor i sin rapport *Turn down the heat* fra 2014. [31] Kurven viser de internasjonale matprisene fra 2004 til 2011 i relative tall, og antall opprør med antall døde i parentes i de forskjellige landene i Nord-Afrika og Midtøsten. 2008 og 2010 var år med lave avlinger i enkelte land med stor mateksport, slik som Ukraina. Russland og Ukraina stanset all eksport av hvete for å sikre egen befolkning, og med det steg matprisene. For nordlige deler av Afrika og Midtøsten er dette særlig alvorlig da regionen importerer 50 prosent av hveteforbruket, 40 prosent av risen og 70 prosent av forbruket av mais. Da matprisene steg første gang i 2008 ble det opprør i mange land, men myndighetene klarte å håndtere protestene. Men da prisene på mat steg igjen i 2011 ble uroen mer organisert og myndighetene hadde lite å stille opp med. Resultatet ble Den arabiske våren i 2011, som igjen avfødte konfliktene i Syria og Libya. Dette viser ikke at global oppvarming og stigende matvarepriser var eneste årsaken til den arabiske våren, men matprisene ga et viktig element av misnøye i befolkningen.



Figur 16 viser kurven for globale matvarepriser i relative tall og folkeopprør i forskjellige land i Nord-Afrika og Midtøsten. Tallene i parentes viser antall døde i hver konflikt. Kilde: World bank 2014.



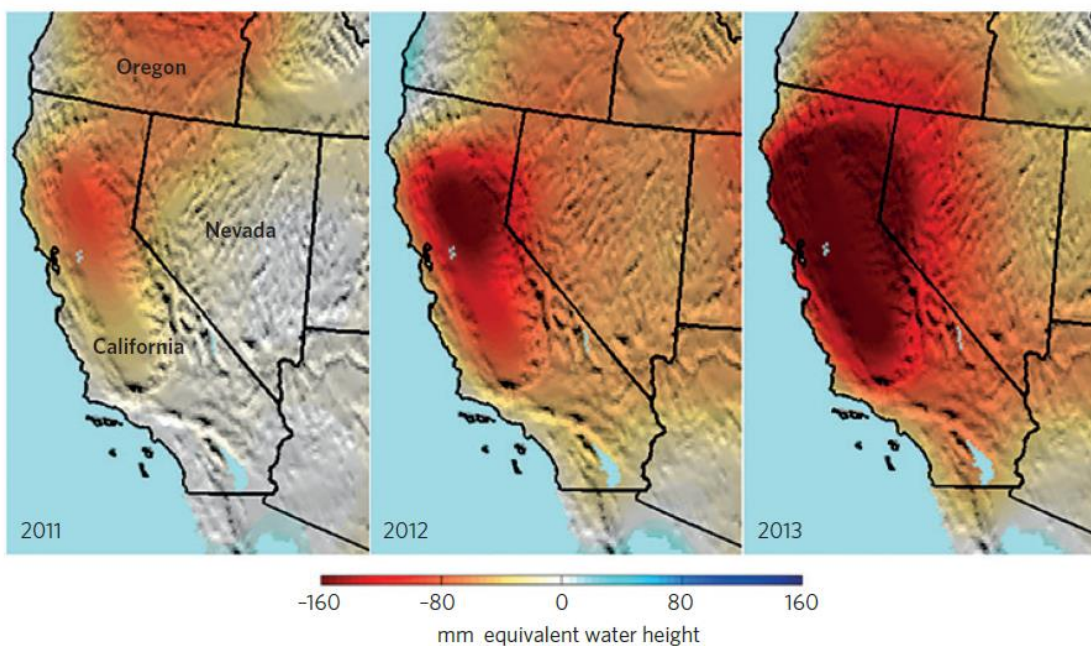
Jeg viste figuren ovenfor til klimaforsker **Hans Olav Hygen** ved meteorologisk institutt. Han sa seg helt enig i Verdensbankens vurdering av hvetepreisens påvirkning på Den arabiske våren, og føyde til:



– Misnøye i store befolkningsgrupper er helt klart en farlig konsekvens av global oppvarming. For Norge sin del er det relativt sikkert at vi kan takle de fleste konsekvensene her, men vil vi klare å takle misnøye og problemer i andre land? Problemer i for eksempel Brasil sitt jordbruk vil gi problemer for norsk matproduksjon. Spania jobber allerede med nye metoder for vannforsyning. Deler av Spania og Italia, Hellas og Frankrike står i fare for ørkenannelser. Det kan gi problemer for Norge raskere enn vi tror. [53]

3.8 Overforbruk av grunnvannsressurser

I rapporten *The global groundwater crisis* fra 2014, skriver J. S. Famiglietti at grunnvannet nå synker med alarmerende hastighet i mange av verdens viktige jordbruksområder. Over to millioner mennesker er avhengig av grunnvann til eget forbruk og til jordbruksformål. Global oppvarming har de seneste tiårene gitt redusert nedbør i tørre og halvtørre områder. Bildene under viser hvordan tørken og forbruket av grunnvann i 2011-2013 senket grunnvannet i California med ca 40 millimeter per år. Det er en klar sammenheng mellom nivå på grunnvannet og mengde vann i elver og sjøer. Når grunnvannet synker blir det enda mindre vann i overflateressursene. Mange av verdens største elver som for eksempel Coloradoelven, Indus, Murray og Den gule flod når ikke lenger havet. De tømmes av forbruk og tap ned i grunnen. Famiglietti sier om dette: «Grunnvann som forsvinner vil føre til alvorlig reduksjoner i landbrukets matproduksjon, med potensiale for å skyte matprisene og undergrave økonomien og politisk styre». Og: «I Nord-Afrika og Midtøsten er det allerede nødvendig å borre over to kilometer dypt for å kunne pumpe opp grunnvann. De færreste har råd til dette. Videre reduksjoner i grunnvannsreservene kan raskt føre til opprør og voldelige konflikter i og mellom land i områder som allerede har problemer med lite vann.» [54]



Figur 17 : Satellittbilder tatt av NASA viser hvor raskt grunnvannsnivået i California har blitt senket i tørkeperioden fra 2011-2013. Kilde: Famiglietti



I tabellen nedenfor vises utviklingen i noen av verdens viktigste grunnvannsressurser. Nedgangen beskrives som dramatisk.

Table 1 | Annual rates of groundwater depletion in the major aquifers of Earth's arid and semi-arid mid-latitudes.

Aquifer	Country	Estimated recent depletion rates		Time period	Reference
		(mm yr ⁻¹)	(km ³ yr ⁻¹)		
Northwest Sahara	Algeria, Libya, Tunisia	2.8	2.7	2003–2013	18
California Central Valley	USA	20.4	3.1	2003–2010	3
High Plains (Ogallala)	USA	27.6	12.5	2003–2013	11
Guarani	Argentina, Brazil, Paraguay, Uruguay	0.6	1.0	2003–2009	18
Northern Middle East	Iran, Iraq, Syria, Turkey	17.3	13.0	2003–2009	12
Arabian	Iraq, Jordan, Oman, Qatar, Saudi Arabia, UAE, Yemen	9.1	15.5	2003–2013	18
Northwestern India	India, Pakistan	40.0	17.7	2002–2008	4
North China Plain	China	22.0	8.3	2003–2010	10
Canning Basin	Australia	9.4	3.60	2003–2013	18

All rates derived from the NASA GRACE satellite mission.

Tabell 4 viser viktige grunnvannsområder i tilhørende land og hvor mye disse har blitt senket per år og i antall kubikk-kilometer per år for aktuelle tidsperioder. Kilde: Famiglietti.

3.9 Skader på regnskogen i Afrika

I Afrika er det en stor regnskog. Det meste av denne ligger i Den demokratiske republikken Kongo. Liming Zhou og en gruppe forskere har studert utviklingen her de senere årene, og konkluderer med redusert plantevekst og fotosynteseaktivitet, som følge av økt temperatur og redusert nedbør, særlig i nord. [55]

3.10 Havet

Verdens hav og vann er en viktig ressurs for mat til oss mennesker. Til sammen gir hav, vann og elver 18,6 kg fisk per verdensborger og år. Dette er i hovedsak villfisk, men tallet inkluderer oppdrettsfisk også.

For å gi et bilde av hva som skjer i havet kan vi ta med litt fra våre egne nærområder. Havet er stort og dypt, men på grunn av større oppvarming i nord enn det globale gjennomsnittet har Barentshavet allerede blitt 0,8 grader varmere siden 1980 fram til i dag. Dette har gitt forflytning av både dyreplankton og fisk. De fleste av våre kommersielle fiskebestander har økt nord i Norskehavet og i Barentshavet. Bestandene av torsk og hyse i Barentshavet er rekordhøye, summen av boreale pelagiske fiskebestander, det vil si sild, kolmule og makrell, har økt. I de sørligste områdene av Nord-Atlanteren har mengden av boreale bestander avtatt, mens det er kommet sterkere innslag av tempererte og mer eksotiske arter fra enda lenger sør. [56]

Verdenshavene har tatt opp cirka 35 prosent av all den CO₂ som vi mennesker har sluppet ut siden år 1900. [57] Mer karbon gjør havet surere og det blir mindre metning av kalsiumkarbonat (kalk, CaCO₃). Begge deler kan skade organismer i havet med kalkskall. Nå i 0,85 graders global oppvarming har enda ikke den noe senkede pH i havet gitt særlig skade.

Havet har ifølge IPCC steget med ca 20 cm fram til nå. Denne havstigningen gir problemer ved springflo og stormflo fordi vannstanden blir ekstra høy. Elvedeltaer er mange steder blant verdens beste jordbruksområder og dermed svært tett befolket. Alle områder i verden har slike produktive og folkerike deltaer. Havstigningen har ført til at saltvann har trengt inn i grunnvannet i mange av disse områdene. Dette ødelegger drikkevannet, som igjen gir helseskader. Land som India eller



Bangladesh har store elvedeltaer med millioner av mennesker og stor landbruksproduksjon, og de har ikke ressurser til å gi menneskene i disse områdene tilstrekkelig hjelp. [21]

3.11 Bo og leveområder

Har 0,85 graders oppvarming ført til at mennesker har måttet forlate områder? Dette er et vanskelig spørsmål fordi det er sjelden at det bare er en årsak til at folk må flytte fra sine kjente områder. Men jeg stilte spørsmålet til **Tore Furevik** – direktøren ved Bjerknessenteret for klimaforskning. Han svarte slik:



– Klimaendringene har allerede ført til vanskeligere levevilkår og folkeforflytting for mange mennesker i Midtøsten og Afrika. Mange av tørkekatastrofene vi har sett i Afrika henger sammen med et endret klima, og vi vet at dette blir det mer av i en varmere verden. Befolkningsøkningen i disse områdene gjør problemene og med dem også konfliktpotensialene, enda større. [58]

Vi ser altså store og kostbare konsekvenser av den globale oppvarmingen allerede nå i 0,85 graders global oppvarming. Og mye av det vi har sett allerede, er eksempler på det som blir mer og sterkere etter hvert som temperaturen stiger.



4 Konsekvenser av to grader

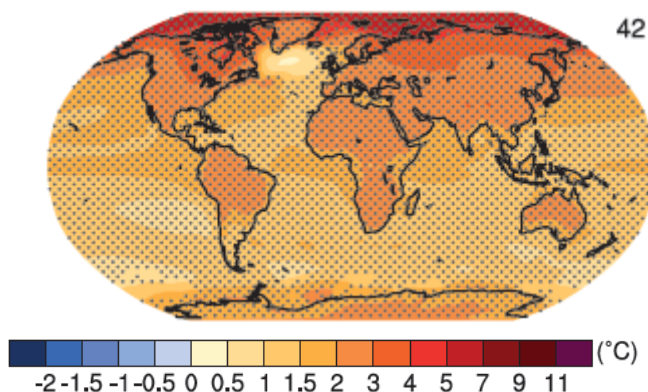
To graders global oppvarming er som vi har sett tidligere, trolig det beste vi kan håpe på. Professor Kevin Anderson ved Tyndall centre for climate change research sier at to grader er «terskelen mellom farlige og ekstremt farlige klimaendringer» [59] I dette hovedkapitlet viser jeg eksempler på hva klimaforskningen sier om hva vi kan forvente av utfordringer ved to graders global oppvarming. Når du har lest kapitlet kan du selv vurdere om du er enig med Kevin Anderson.

Først kommer tre kapitler hvor jeg viser forventede endringer i gjennomsnittsverdier for temperatur, nedbør og vind. Som vi så i kapittel 3.3 vil gjennomsnittsverdier alltid skjule ekstremene; de farlige utslagene.

4.1 Gjennomsnittlige temperaturer

Den gjennomsnittlige temperaturen over verdens landområder vil øke mellom 1 og 4 grader når klodens samlede temperaturøkning er på to grader. Temperaturen vil stige mest i nord og i de store landmassene. Kystområdene varmes også, men mindre enn innlandet. [6] [31]

Verdenskartet på neste viser økningen i gjennomsnittstemperaturene for store områder i hele verden, ved to graders global oppvarming, i forhold til førindustriell normal. Kartet er hentet fra IPCC sin femte hovedrapport, del 1, år 2013. Kartet er ikke detaljert nok til å vise forskjellene mellom innlandsområder og kyst. Innlandet blir jevnt over varmere enn kystområdene på grunn av havets nedkjølede effekt.



Figur 18 viser hvordan gjennomsnittlige temperaturer vil øke ved to graders global oppvarming i forhold til førindustriell normal temperatur. Etter IPCC [6]

Hvis vi setter IPCC sine framskrivninger sammen med Verdensbanken sine store rapporter fra 2013 og 2014, får vi følgende tall for økningen i årlige gjennomsnittstemperaturer for kontinentene ved 2 graders global oppvarming:

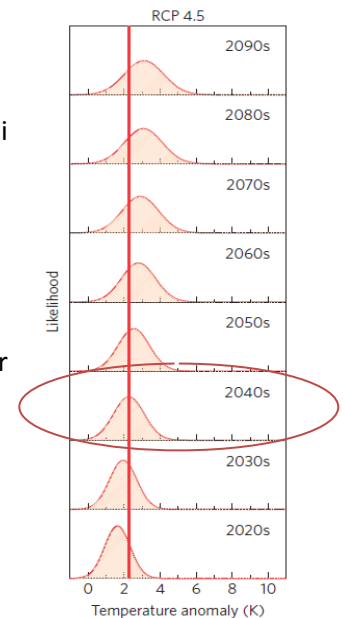
Latin-Amerika:	2,5 grader i innlandet, noe mindre i kystområder.
Nord-Amerika:	3 grader varmere i nord og i midten. De sydlige delene av USA blir 2-2,5 grader varmere.
Vest-Europa:	2-4 grader varmere, mest i nord.
Midtøsten og Nord-Afrika:	3 grader varmere.
Afrika sør for Sahara:	2 grader varmere.



Øst-Europa og Sentral-Asia:	4 grader varmere i nord. 3 grader varmere i sør.
Sør- og Sørøst-Asia:	2 grader varmere.

For å illustrere hva som ligger bare i disse gjennomsnittstallene vil jeg vise fire eksempler:

1. Ved 2 graders global oppvarming vil sommertemperaturene i Oslo bli som dagens normale sommertemperatur i Paris og Lyon.
2. Moskva får sommertemperaturer som Marseille i Sør-Frankrike har i dag.
3. Ved 2 graders global oppvarming vil annenhver sommer være ekstremt varme i hele USA, sett i forhold til dagens normaltemperatur.
4. Europa: Med en kraftig reduksjon i utslippene av klimagasser de nærmeste årene, kan verden komme inn på utslippsbanen RCP 4,5. Denne vil gi 2 graders global oppvarming mellom 2040 og 2050. Figuren til høyre har en rød strek som viser temperaturen i Europa sommeren 2003. Denne var 2,3 grader over normalen. Normal sommertemperatur for Europa er satt til null i figuren. Vi ser at allerede i 2040 (med rød ring rundt) vil toppen på normalfordelingskurven for sannsynlig sommertemperatur, være identisk med temperaturen sommeren 2003. Dette betyr at omkring 2 graders global oppvarming vil normal sommertemperatur i Europa være lik den ekstremvarme sommeren 2003, og kan dermed gi grunnlag for tilsvarende hetebølge og tørke. En varm sommer i europeisk togradersverden vil være varmere enn sommeren 2003. Figuren og kunnskapen er hentet fra Dr Nikolaus Christidis ved det Engelske Met Office med flere. [40]



For områder som er noe varmere kan vi se på noen interessante tall for sju millionbyer i Midtøsten og Nord-Afrika i tabellen nedenfor. Kolonne 2 viser normal gjennomsnittlig dagtemperatur for de tre varmeste månedene i året i byene. Kolonne 3 viser antall svært varme dager de siste 10 årene. Kolonne 4 viser antall svært varme dager ved 2 graders global oppvarming.

By og land	Gjennomsnittlig normal dag-temperatur for de tre varmeste månedene i året nå i 2015	Antall svært varme dager per år de siste ti årene:	Antall svært varme dager per år ved to graders global oppvarming
Teheran (Iran)	35 °C	5 dager	92 dager
Amman (Jordan)	32 °C	4 dager	62 dager
Bagdad (Irak)	43 °C	8 dager	90 dager
Jerusalem (Israel/Palestina)	29 °C	7 dager	46 dager
Riyad (Saudi-Arabia)	37 °C	3 dager	132 dager
Tripoli (Libya)	29 °C	3 dager	22 dager
Abodan (Iran)	44 °C	6 dager	82 dager

Som vi ser er de fleste av disse byene helt på grensa av hva som er behagelig uten luftkjøling, allerede med dagens normal. Ved to graders global oppvarming ser vi at antall dager med svært høy temperatur øker 10-40 ganger. [31] [37] Maksimaltemperaturen på ekstremt varme dager kan i mange av disse byene komme opp i over 55 °C.



4.2 For mye og for lite regn

Vi fortsetter med grove gjennomsnittstall. Nå for regn og tørke. Tallene er fra IPCC og Verdensbanken. [18, 31, 60, 61]

Mindre nedbør og tørke i kombinasjon med økt temperatur skader både landbrukets matproduksjon og plantevekst i naturen i de fleste områder i verden. Mer regn og mer ekstremregn skader landbrukets matproduksjon og ødelegger infrastruktur som hus og veier.

Og det blir det i togradersverden; mer av både tørke og ekstremregn:

Vest-Europa: Middelhavslandene, Portugal og Frankrike får betydelige tørkeproblemer på grunn av økt temperatur og 5 prosent mindre regn. I resten av Europa blir det 10-20 prosent mer regn og mer ekstremregn.

Asia stresses av tørkeperioder i dagens klima. Det forventes ingen stor økning i tørkeproblemene, men Asia får en drastisk økning i ekstremregn, da det i gjennomsnitt for hele verdensdelen vil komme 10 prosent mer regn, når det regner.

Midtøsten og Nord-Afrika får betydelig mer tørke på grunn av økt temperatur og 25 prosent mindre nedbør.

Afrika sør for Sahara: I nord-øst er det nok nedbør i dag. Her forventes 10 prosent mer, og mer ekstremregn. I midten, i vest og i sør blir det mer tørke på grunn av økt temperatur og 10 prosent mindre regn.

Øst-Europa: Ukraina, Kasakhstan og Sør-Russland vil få mer tørke. Nordlige deler av Russland får 20-30 prosent mer regn, og mer ekstremregn.

Sør- og Latin-Amerika: Opp til 10 prosent mer regn og mer ekstremregn i vest. Ellers forventes mindre nedbør og økende tørkeproblemer.

Nord-Amerika: 5-10 prosent mindre regn i sør. Her blir det økende tørkeproblemer. 10 prosent mer regn og mer ekstremregn i nord.

I togradersverden vil Sør-Europa og Middelhavsområdet ha to til seks uker med stor skogbrannfare hvert eneste år på grunn av varme og tørke. [44] [31]

Slik økt skogbrannfare vil det være i alle deler av verden i varme og tørre perioder.

4.3 Mer vind

Vind er det værphenomenet som er vanskeligst å modellere for framtiden med vitenskapelig sikkerhet. Det er årsaken til at de fleste mener å oppleve mer vind og stormer i sine nærområder og ellers i verden, samtidig som klimaforskningen med sine krav til vitenskapelig sikkerhet, ikke kan bekrefte at det øker med vind. [53]

Endringer i gjennomsnittsverdier for de virkelig ekstreme vindene kan forskningen allikevel si noe om. Og det vitenskapelig sikre globale bildet for to graders global oppvarming er slik ifølge IPCC og Verdensbanken:

Sør- og Latin-Amerika vil få 40 prosent flere av de sterkeste tropiske syklonene. De tropiske syklonene er allerede svært ødeleggende værphenomener for byer, infrastruktur og befolkning i kystområder. 40 prosent flere og trolig også sterkere tropiske sykloner vil skade oftere og mye mer. [31]

Sørøst-Asia vil få 10 prosent mer av tropiske sykloner. Bangladesh og andre lavtliggende områder i Asia er utsatt for ekstremt skadelig flom på grunn av økt havnivå i kombinasjon med sterkere tropiske sykloner. [62]



For Europa er det eneste vitenskapelig sikre når det gjelder vind, at det blir mer ekstremvind og sterkere stormer i vest; Nederland, Tyskland og Danmark. Stormer kommer som oftest sammen med ekstremregn. [18] [31, 61] Vi har allerede sett betydelige skader på hus, veier og annen infrastruktur av ekstremvind i disse områdene av Europa.

4.4 Hetebølger

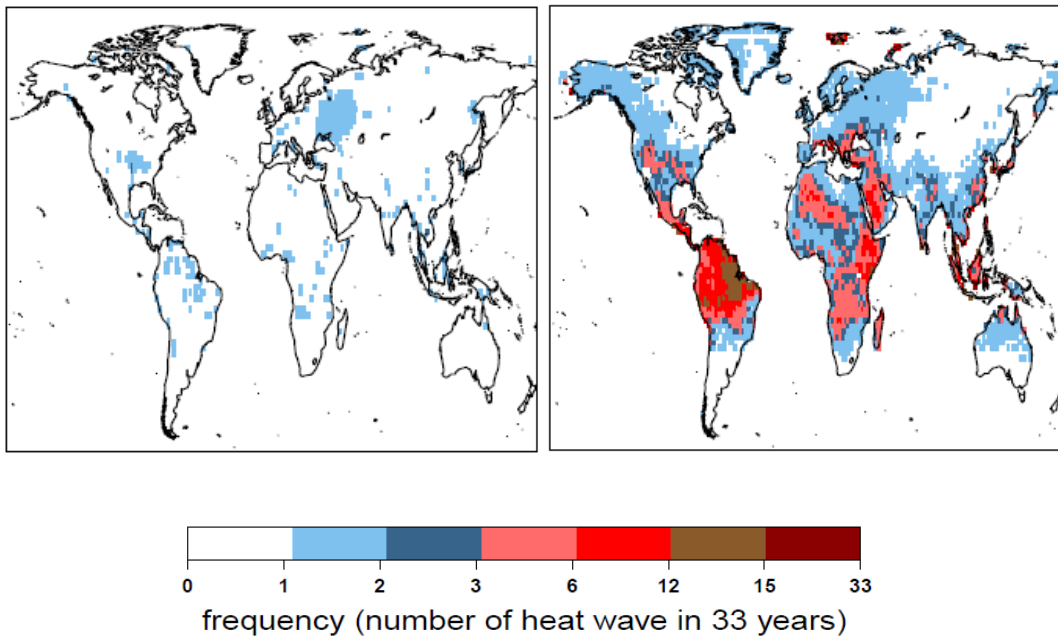
En av de virkelig alvorlige konsekvensene av global oppvarming, er økningen i hetebølger. I forrige hovedkapittel så vi hvor sterkt skadelige hetebølger kan være for mennesker, natur og landbrukets matproduksjon. Ifølge Verdensbanken og andre som har studert varmeperioder, var hetebølgen i Russland i 2010 den desidert kraftigste som er målt av moderne mennesker. [31] Hetebølgen i Europa i 2003 var også lagt utenfor normalen. Hvis det blir mer av slike hetebølger vil de dramatiske konsekvensene som vi så at de hadde, være eksempler på hva vi har i vente med stigende temperaturer.

Den norske klimaforskeren Jana Sillmann ved Cicero, har sammen med en internasjonal forskergruppe laget en ny og bedre måte å tallfeste styrken av hetebølger. Arbeidet har vært ledet av den italienske fysikeren Simone Russo. I deres Hetebølgeindeks HWMI (Heat Wave Magnitude Index) får de får de tallfestet den totale styrken av en hetebølge slik at styrken eller skadeligheten, kan sammenlignes fra sted til sted i verden.

Med deres metode fant Sillmann at hetebølgen i Russland hadde en Hetebølgeindeks (HWMI) på 5,37 i gjennomsnitt for det rammede arealet. Den hetebølgen som Europa opplevde i 2003 hadde enkelte områder med Hetebølgeindeks over 4, men gjennomsnittet for arealene med hetebølge var på 3,53. Hetebølgen i USA i 2012 hadde også noen områder med Hetebølgeindeks over 4, men snittet var på 2,96. [33]

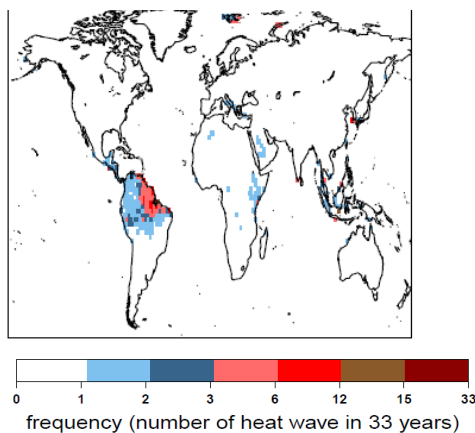
I figur 23a nedenfor ser vi hvor mange hendelser det var med hetebølger over Hetebølgeindeks 4 i perioden 1980-2012. Vi ser at Russland hadde den klart største, vist med blå farge. Det som ga hetebølgen i Russland så høy indeks som 5,37, var den svært store utbredelsen, i tillegg til temperatur, mangel på nedbør og varigheten på det hele. Vi ser noen klart mindre blå flekker i Frankrike og Tyskland, og de viser de mest intense delene av hetebølgen der i 2003. På samme måte ser vi lyseblå markeringer for de mest intense delene av en og delvis to hetebølger i USA, og noen andre enkelthendelser av hetebølger på mindre områder i Latin-Amerika, Afrika og Asia i perioden 1980-2012.

Russo og Sillmann sin gruppe har så gått videre og beregnet hvordan økt global oppvarming vil påvirke forekomsten av hetebølger. Det totale bildet for to graders global oppvarming ser vi i figur 23b under. Alle de lyseblå områdene vil altså oppleve 1-2 hetebølger i løpet av 33 år med styrke i nærheten av hetebølgen i Russland i 2010. Men de røde områdene; Sør-USA, Mellom-Amerika, Nordlige halvdel av Sør-Amerika, Store deler av Afrika, Midtøsten og Sør-Europa og Asia, inkludert betydelige deler av Kina, de får hetebølger i retning av Russland 2010-styrke hvert tredje til hvert femte år. Østre halvdel av Brasil får slike hetebølger hvert annet år.

a: 1980-2012 ≥ 4 HWMIb: 2 graders global oppvarming ≥ 4 HWMI

Figur 19 a og b: Verdenskartet til venstre viser antall hetebølger med styrke lik eller over 4 i hetebølgeindeks (HWMI) i perioden 1980-2012. Kartet til høyre viser antall hetebølger med styrke lik eller over 4 HWMI i løpet av 33 år, ved 2 graders global oppvarming. Etter Russo og Sillmann m.fl. [33]

Figur 24 viser hvilke områder som i tograders-verden får hetebølger på mer enn Hetebølgeindeks 8, og det i tillegg til det de får av HWMI 4 hetebølger. HWMI-8 hetebølger er kraftigere enn det nåtidens mennesker eller natur har opplevd. Vi ser at det er tropiske områder som får mest av dette svært skadelige varme været. Her vil det forekomme hetebølger av styrke 8 hvert femte til hvert femtende år. Svalbard og den russiske øya Novaja Semlja vil få slike hetebølger hvert tredje år.

2 graders global oppvarming ≥ 8 HWMI

Figur 20: Dette verdenskartet viser antall hetebølger med styrke lik eller over 8 i hetebølgeindeks (HWMI) ved to graders global oppvarming. Kilde: Russo og Sillmann m fl [33]



Men hva betyr så dette? Har slike hetebølger mye å si for menneskene som bor der?

Våren 2015 fikk jeg anledning til å intervju klimaforsker **Jana Sillmann** på Cicero i Oslo. Hun forklarte meg dette med den nye Hetebølgeindeksen HWMI og den forventede utviklingen av hetebølger i årene som kommer – avhengig av hvor kraftig den globale oppvarmingen blir. For å få det hele litt mer konkret stilte jeg så spørsmålet: Hvor i verden blir det vanskelig for mennesker å bo og leve på grunn av ekstrem temperatur ved to graders global oppvarming. Svaret kom overraskende fort:



– Det er i de tropiske delene av Asia, Afrika, Sør-Amerika og Latin-Amerika. Her er det varmt allerede. Hetebølgene vil i framtiden gjøre det vanskelig å drive jordbruk, leve og arbeide utendørs i disse områdene. [63]

Hun forklarte at for mennesker og natur i tropene, så er det bare små temperaturendringer og små økninger i ekstremtemperaturene som skal til for å vippe natur og samfunn utenfor det de tåler, fordi de er tilpasset til små variasjoner i temperatur. [63] I tropene er det ingen årstider. Temperaturen er jevn og varierer bare noen få grader mellom varmt og veldig varmt, hele året.

For å få et inntrykk av dette viser jeg her hva som er normal temperatur i 2015 i de tre varmeste månedene i året i store byer i noen land. Kystbyene er kjøligere enn byer i innland:

Land	Normal temperatur i de største byene i de tre varmeste månedene i året:
Egypt	38-41 °C
Saudi-Arabia	37-43 °C
Irak	40-43 °C
Sudan	40-43 °C
Tsjad	40-43 °C
Libya	35-41 °C
Brazil	29-32 °C
India	32-41 °C
Vietnam	32-33 °C

Figur 21 viser temperaturspennet i grader Celsius i de tre varmeste månedene i året for de største byene i landene. Tallene er hentet fra nettstedet iten-online.ch [37] Her finner du data for normalvær for alle store byer i verden.

Verdensbanken bruker en litt annen måte å beregne styrken på hetebølger enn det Russo og Sillmann gjør. På bakgrunn av sine beregningsmetoder sier Verdensbanken i sine rapporter av 2012 og 2014, at de tropiske områdene i verden vil få hetebølger av tilsvarende styrke som Russland 2010 og Europa 2003, over 20-50 prosent av sitt landareal hvert år ved to graders global oppvarming. I Sør-Øst Asia forventer de at 70 prosent av landarealene får slike hetebølger eller verre, hvert år. [61] [31]

Som vi så i kapittel 5.1 er det svært sannsynlig at den ekstremt varme sommeren Europa opplevde i 2003, vil bli normalen eller gjennomsnittssommeren, ved to graders global oppvarming. [40] Og hetebølgen i 2003 var meget skadelig. Når normalen er som 2003 vil de varme somrene i



togradersverden, være enda varmere og enda mere skadelig for mennesker, avlinger og natur i Europa. [40]

4.5 Landbrukets matproduksjon

Landbrukets matproduksjon er som vi har sett tidligere, meget sterkt utsatt for endringer i temperatur, nedbør, endret nedbørsmønster og ekstremvær. Verdensbanken sier det slik: «Landbruket er en av de mest klima-avhengige menneskelige aktivitetene». [31]

Landbrukets matproduksjon er avhengig av mange forutsetninger. De vanligste modellene som er brukt for å beregne framtidig avlinger, er imidlertid bygget på bare noen få.

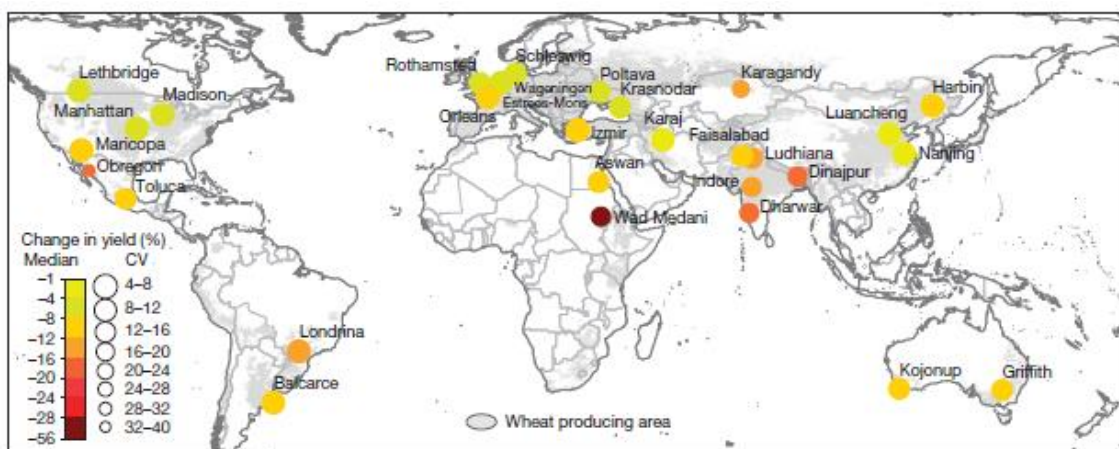
Jeg vil først vise to av verdens mest brukte rapporter for avling ved to graders global oppvarming: En for alle avlinger i verdens mest folkerike regioner: Asia og Afrika, og en for avlingene av hvete i hele verden:

Jerry Knox og en gruppe forskere innen landbruk og klima har gjort beregninger for avlinger i Afrika og Asia ved to graders global oppvarming i 2050. Knox sine resultater er brukt som hovedkilde i IPCC sin hovedrapport i 2014, for avlinger i Asia og Afrika ved to graders global oppvarming. [18]

Deres modeller for plantevekst er i hovedsak basert på følgende forutsetninger: Forventede endringer i gjennomsnittlig temperatur og gjennomsnittlig nedbør i vekstsesongen, samt økt mengde CO₂ i atmosfæren.

De publiserte sine resultater i 2012, og de viser at Asia og Afrika vil få en samlet nedgang i alle avlinger på 8 prosent i forhold til i dag. I Sør-Afrika forventer Knox at avlingene vil gå ned med hele 15 prosent. [64]

Professor Asseng ved universitetet i Florida har sammen med et stort internasjonalt team vurdert hvordan forutsetningen økende gjennomsnittlig temperatur vil påvirke verdens produksjon av hvete. [65] Deres hovedkonklusjon er at den samlede produksjonen av hvete vil gå ned med seks prosent for hver grad global oppvarming. Kartet nedenfor viser hvordan Asseng mener at hveteproduksjonen i viktige områder vil bli påvirket av to graders global temperaturøkning: I midtre og nordlige deler av USA og Europa forventes de minste avlingsreduksjonene med 4-8 prosent. I Frankrike og Nord-Kina vil avlingene bli 8-12 prosent lavere enn i dag, mens India og Ukraina kan få 12-20 prosent lavere produksjon av hvete. (Store sirkler betyr høy statistisk sikkerhet.)





Figur 22 viser hvordan produksjonen av hvete vil være i verden ved to graders global oppvarming.
Kilde: Asseng [65]

Asseng sine beregninger viser at verdens produksjon av hvete vil bli redusert med 12 prosent ved to graders global oppvarming.

Hvor mye er så det? Jo, det er 84 millioner tonn, og det er så mye som 56 prosent av den mengde hvete som nå i 2015 tilbys på det internasjonale markedet.

Det er mange land i verden som er avhengig av importert hvete. Og prisen er viktig. Særlig for land med liten kjøpekraft. I dagens verden er det de to milliarder menneskene som bor i området fra Marokko i vest, via Egypt, Midtøsten, Østen og videre til Asia og Afghanistan. I disse landene er det hvete som er den viktigste matråvaren. Og ingen av landene er selvforsynt. Egypt har 90 millioner mennesker og forventes en befolkningsvekst til 150 millioner mot 2050. Egypt er verdens største hveteimportør med 10,7 millioner tonn hvete importert i 2015. [66]

Hvis pris er viktig så er det nyttig å vite hvordan vi kan forvente at prisen på for eksempel hvete vil utvikle seg når avlinger og tilbud går ned samtidig som etterspørselen stiger fram mot to graders global oppvarming rundt 2050. For å få en bedre forståelse av prisdannelse på hvete intervjuet jeg **Christian Anton Smedshaug** som er daglig leder ved det norske Agri Analyse. Han sier at prisene på korn i verdensmarkedet bestemmes av mange faktorer, knyttet til tilbud og etterspørsel. Høy oljepris og stort forbruk av korn til dyrefor og biodrivstoff påvirker prisene oppover, og det samme gjør antall mennesker med god kjøpekraft. Men om oljeprisen skulle holde seg lav og kjøpekraften avta, kan etterspørselsveksten synke. Jeg spurte så hva han mener vil skje med verdensmarkedsprisen på hvete hvis Asseng sitt anslag om tolv prosent lavere produksjon av hvete i en togradersverden med to milliarder flere mennesker enn i dag, skulle slå til?

– Da vil prisene stige voldsomt, men pris-stigningen vil sannsynligvis bli stanset på en dobling eller firedobling, slik som i riskrisen i 2008, ved at de landene som har hvete å selge tar full kontroll over eksporten og prisene. Pris og hvilke land som får kjøpt vil da avgjøres ut i fra politiske vurderinger, sa Smedshaug. [67]

Dette betyr at hvete spesielt og mat generelt er en så viktig vare når det er underskudd, at markedsmechanismene blir satt til side. Realpolitikk og strategiske interesser vil avgjøre hvilke land og folk som får kjøpe.

Så tilbake til forutsetningene. Knox sine beregninger for avlinger i Asia og Afrika er basert på forventede endringer i gjennomsnittlig temperatur, gjennomsnittlig nedbør og gjødseleffekten av økt konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren. Asseng sine modeller for verdens produksjon av hvete har bare økt gjennomsnittlig temperatur i regionene som forutsetning.

Vi har sett at allerede nå i 0,85 graders verden blir avlinger skadet eller redusert på grunn av mange andre forutsetninger for plantevekst enn bare gjennomsnittlig temperatur og gjennomsnittlig nedbør.

Professor Tim Wheeler arbeider for det Engelske *Walker institute of Climate change research*. Han skrev en meget interessant artikkel i *Nature Climate Change* i 2012, om hvorfor de vanligste modellene for plantevekst er for optimistiske. Wheeler sine hovedpoeng var: Gjennomsnittlig høyere temperatur i vekstsesongen kan skade avlinger ved at modningen går for raskt. De gjennomsnittlige høyere temperaturene er inne i de vanligste modellene. Men, perioder med ekstrem varme kan skade enda mer, skriver Wheeler. I vekstsesongen vil bladverket på selv de mest varmetolerante hvetesortene ta skade av enkeltdager med temperaturer over 34 grader. Og, en eneste dag med temperatur over 32-35 grader, når hvete, mais eller ris er i blomstringsfasen, kan skade pollineringen. Dårlig pollinering gir betydelig færre korn på hver plante og avlingen blir elendig. [68]



W. Schlenker og M. Roberts i USA har laget modeller som er et hakk nærmere virkeligheten. I 2009 kom de med en meget interessant rapport om forventede endringer i avlingene av mais og soyabønner i USA. Rapporten heter «*Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change*» Her har de beregnet aktuelle temperaturer for hver enkelt dag i vekstsesongen ved to graders global oppvarming. Dermed har de fått inn det som forventes av ekstra varme dager, i tillegg til gjennomsnittlig temperatur i vekstsesongen. Schlenker og Roberts kom fra til at mais- og soya-avlingene i USA vil reduseres med 30-46 prosent ved to graders global oppvarming. [69] De så ikke på andre forutsetninger som økning i skadedyr og sykdommer, tørke, ekstremregn eller ekstrem vind. Men bare det å ta med forutsetningen; forventede varme enkeltdager, så blir avlingene av soya og mais kraftig redusert.

Dette betyr at det skal godt gjøres om USA klarer å unngå at deres avlinger av soya og mais går ned med 40 prosent eller mer i den virkelige togradersverden. USA produserer i dag 41 prosent av all mais og 38 prosent av all soya som brukes i verden.

Men hva med å flytte produksjonen av mais og soya lenger nord? Til arealer der slike vekster ikke dyrkes i dag? Det er sjølsagt en mulighet. Hvis man flytter like mye soya og mais lenger nord, som man ikke kan dyrke mais og soya lenger på i sør – ja da kan man langt på vei opprettholde produsert mengde mais og soya. Ulempen med dette er at det er noe som dyrkes på disse arealene lenger nord nå i dag. For eksempel hvete, bygg, rug eller havre. Flyttes dyrkingen av soya og mais nordover, vil det redusere produksjonen av de vekstene som er der i dag. Enda mer alvorlig er den realiteten at de arealene som blir uegnet for dyrking av mais eller soya; der er det ingen av de andre viktige matvekstene som kan dyrkes heller.

Og det er andre realiteter eller forutsetninger som kan skade matproduksjonen i andre regioner: Det indiske subkontinent, Kina og Afrika er avhengig av alle de forutsetningene vi har drøftet ovenfor. Men i tillegg er de avhengig av den årlige monsunsyklusen. I Kina er denne slik at det om sommeren blåser fuktige luftmasser inn fra havet og gir kraftig nedbør sør i landet. Om vinteren snur mønsteret og kalde vinder blåser ned fra nord og fører med seg lave temperaturer. Når den globale temperaturen nærmer seg to grader vil Kina bli delt i to ekstreme soner som vil ramme både matproduksjon og hverdagen for folk flest. Det blir lite nedbør og tørke i nord og altfor mye regn i sør. Kina er allerede i gang med verdens største vannprosjekt som går ut på å transportere milliarder av kubikkmeter vann fra Yantze-elven i sør til de største byene i nord. Selv dette gigantprosjektet vil ha problemer med å sikre vann til befolkningen i nord når den monsun-styrte tørken øker i styrke rundt to graders global oppvarming. India har ingen planer, kanskje heller ingen muligheter til å hjelpe regioner som får problemer i landbruket på grunn av endringene i nedbørmønsteret. Den kjente engelske klimajournalisten Mark Lynas beskriver dette i sin bok *6 grader* utgitt på Gyldendal forlag i Norge [44]. Klimaforsker Knut Alfsen ved Cicero har flere store klimaprosjekter i Kina, og han bekreftet disse monsunutfordringene for Kina, da jeg intervjuet han våren 2015. [10]

Endringene i monsunsyklusen og økt temperatur til kritiske grenser omkring to graders global oppvarming, vil meget sannsynlig redusere matproduksjonen i verdens to mest folkerike land; India og Kina.

Høyere temperatur og mer tørke, vil som vi så i kapittel 4.1 og 4.2, gi økende problemer for matproduksjonen i USA, Latin-Amerika, Øst-Europa, Middelhavslandene, Midtøsten, Asia og Afrika.

Verdensbanken sine rapporter med tittel *Turn down the heat* av 2014, 2013 og 2012 beskriver store avlingsreduksjoner ved to graders global oppvarming: Hvete i Brasil; 40-50 % lavere avling. Hvete i Mellom-Amerika; over 50 % lavere avling. Mais i Brasil; 15-30 % lavere avling. Mais i Mexico: 45 % lavere avling. Soyabønner i Brasil: Opptil 70 % lavere avling. For sukkerrør i Brasil kan det bli en viss avlingsvekst. Hvete i Middelhavslandene og landene på Balkan; opptil 50 % lavere



avling. Ukraina og Sentral-Asia kan få 20-50 % lavere avlinger av de fleste vekster. Afrika sør for Sahara: 10-15 % lavere avlinger for alle vekster. [31] [62]

Jeg har lest gjennom de fleste av rapportene som Verdensbanken har brukt som kilder for de ovenfor nevnte tallene for reduserte avlinger ved to graders global oppvarming. Det er gjennomgående at disse rapportene har tatt i betraktning flere forutsetninger enn bare forventede endringer i gjennomsnittlig temperatur og nedbør, og økt mengde CO₂ i atmosfæren. Økt variasjon i været, endring i plantesykdommer og økning i ekstremer er tatt med. Rapportene har også lagt inn en positiv effekt av bøndenes tilpasning av dyrkingspraksis til endret klima. [70] [71]

Hvor stor nedgang det blir i landbrukets matproduksjon ved to graders oppvarming, er det ingen som kan si helt sikkert. At den kan være 20 prosent lavere enn i dag er meget sannsynlig. Den største reduksjonen vil komme i tropiske land, men også store områder nord og sør for tropene som sør-USA og Sør-Europa vil mest sannsynlig få kraftig redusert matproduksjon.

Verden vil med dagens utvikling ha ni milliarder mennesker når to graders oppvarming inntreffer rundt år 2050.

4.6 Natur på land

IPCC konkluderte allerede i 2007 at 20 til 30 prosent av alle arter av ville planter og dyr er truet med utryddelse med en global oppvarming på 1,5 til 2,5°C. [26] 20-30 prosent av alle arter av planter og dyr i naturen er et enormt tall. Begrepet «truet med utryddelse» rommer mye. Det er særlig to momenter ved dette begrepet som er viktig å forstå. Det fatale er selvfølgelig det endelige tapet av enkeltarter av planter, dyr og insekter. Men vel så alvorlig er tiden da antallet av en art er på vei ned. Denne perioden starter lenge før en art nærmer seg utryddelse. Den funksjon en art har i et økosystem er for eksempel en helt annen når en art er halvert i antall. Dersom antallet individer av viktige arter reduseres og 20 prosent nærmer seg utryddelse rundt to graders global oppvarming, vil naturen bli ugjenkjennelig. Om naturen ved to graders global oppvarming vil være i stand til å gi alle de økosystemtjenester som vi mennesker er avhengig av, er høyst usikkert.

De store regnskogene i Amazonas og i Afrika skades av den forventede kombinasjonen av økt temperatur og redusert nedbør. Verdensbanken og forskere som Peter Cox ved Met Office/Hadley Centre i England, har kommet til at Amazonsjungen vil få et tap på 14 prosent av sin biomasse på grunn av global oppvarming i togradersverden. Med fortsatt rovdrift på skogene vil tapet komme opp i 43-58 prosent av biomassen. En 14 prosent reduksjon av Amazonas vil gi et utslipp av 35 Gt CO₂. 50 prosent reduksjon gir et utslipp på 125 Gt CO₂ i løpet av en 20-års periode. Dette vil øke den globale oppvarmingen direkte, samtidig som verden mister den verdifulle karbonbindingen i de skogarealene som dør. [31] [72] [73]

Som vi har sett tidligere førte hetebølgen i 2003 i Europa, til at planter og trær ga fra seg mer CO₂ gjennom ånding enn de bandt gjennom fotosyntese. Hele 1,8 milliarder tonn CO₂ ble netto tilført atmosfæren på grunn av varme og tørke. Ved to graders global oppvarming vil normal sommertemperatur i Europa være like høy som i 2003. Det betyr at naturen selv i tempererte Europa da kan ha perioder i året med betydelig mer frigjøring enn binding av CO₂.

Hvis du syns at dette ligner på tilbakekobling nr 7: Økt frigjøring og redusert binding av CO₂ i karbonsyklusen, beskrevet i kapittel 3.4, så er det helt riktig.

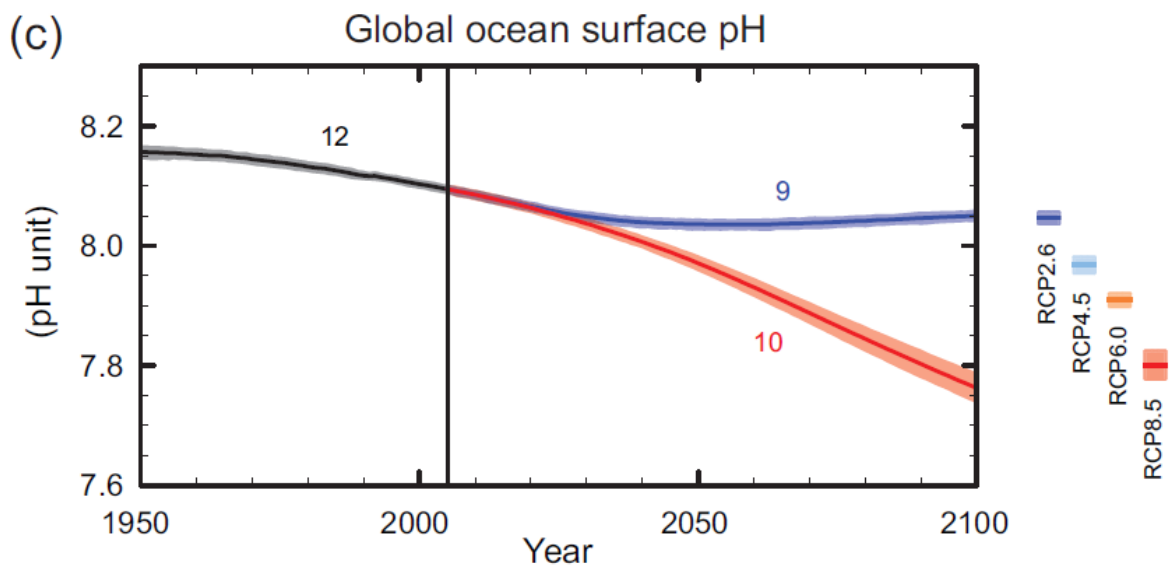
4.7 Havet

Når det blir mer karbondioksid i atmosfæren, blir mer av dette tatt opp i havet. Kjølig hav tar opp mer CO₂ enn varmt hav. Derfor bindes det mer CO₂ i havene mot Arktis og Antarktis, enn langs



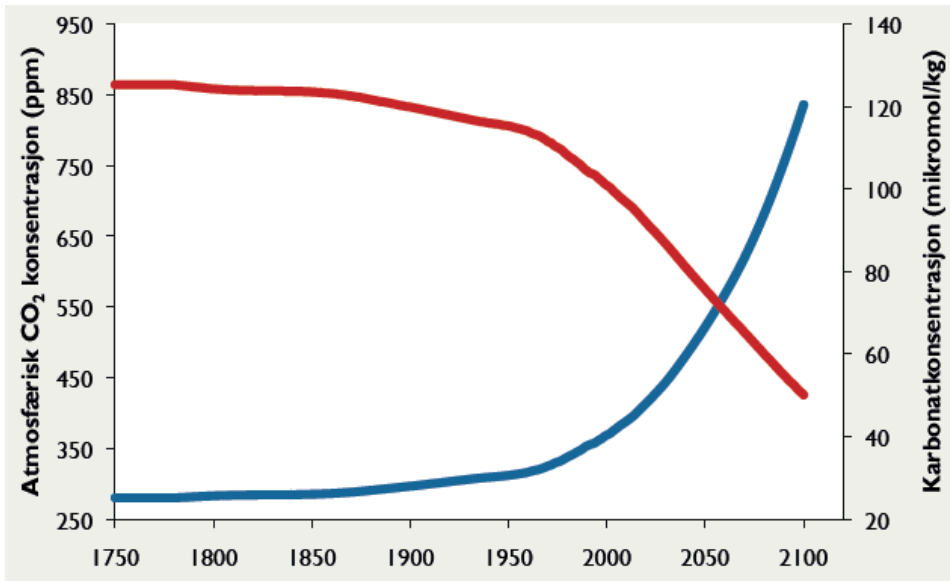
ekvator. Mer CO₂ i havet har to primæreffekter. 1: Det blir lavere pH i havet, og 2: Det blir mindre kalsiumkarbonat. Den første figuren nedenfor viser hvordan pH vil endre seg framover mot år 2100 dersom menneskeheten klarer å holde seg til utslipps-scenarior RCP 2,6 (blå strek), eller om vi gir oss sjøl til utslipps-scenarior RCP 8,5 (rød strek). Til høyre for figuren er pH for RCP 4,5 og 6,0 i år 2100. [6] Som vi ser er det smale feltet med lyseblå eller lyserøde farge. Bredden på disse feltene viser spennet fra høyeste til laveste sannsynlige pH. Dette viser at det er en veldig direkte og sikker sammenheng mellom mengden CO₂ i atmosfæren og pH i havet.

Figur
23



Figur 24 viser hvordan pH vil endre seg framover mot år 2100 dersom menneskeheten klarer å holde seg til utslipps-scenarior RCP 2,6 (blå strek), eller til utslipps-scenarior RCP 8,5 (rød strek). Til høyre for figuren er pH for RCP 4,5 og 6,0 i år 2100. Kilde: IPCC [6]

Lavere pH er i seg selv skadelig for mange organismer i havet. Mange arter i havet tåler ikke lav pH når de er på egg- eller larvestadiet. Enkelte fiskearter mister sin evne til å orientere seg når pH synker. Men, mest alvorlig er allikevel at surere hav flytter havet fra den normale tilstanden med overmetning av kalsiumkarbonat i havet, til at det blir undermetning av kalsiumkarbonat. Kalsiumkarbonat utgjør hovedbestanddelen av skjell, skall og plater på svært mange viktige arter i havet, fra planteplankton som har fotosyntese og dermed er basis-arter for alt annet liv i havet, til sjøsnegler og krill som er viktige byttedyr for mange fiskearter, til krepsdyr og korallrev. Når havet går fra overmetning til undermetning av kalsiumkarbonat vil det bli stadig vanskeligere for disse organismene å danne sitt livsviktige kalkskall, -skjell eller -plater. Og kalkskall, -skjell og -plater som allerede er dannet vil gå i oppløsning. Havene i nord og sør har i utgangspunktet lavere innhold av kalsiumkarbonat enn andre havområder. Derfor er det i havområdene i nord og sør at vi først vil merke konsekvensene av en undermetning av kalsiumkarbonat. Figuren under viser hvordan konsentrasjonen av kalsiumkarbonat i havet (rød strek) vil utvikle seg i takt med stigende mengde CO₂ i atmosfæren (blå strek). Den blå kurven for CO₂-konsentrasjon i atmosfæren ligger mellom RCP 6,0 og RCP 8,5. [57]



Figur 25 viser hvordan konsentrasjonen av kalsiumkarbonat i havet (rød strek) vil utvikle seg i takt med stigende mengde CO₂ i atmosfæren (blå strek). Den blå kurven for CO₂-konsentrasjon i atmosfæren ligger mellom RCP 6,0 og RCP 8,5. Kilde: Olsen A. [57]

Havforsuring vil trolig ikke gi negative effekter på de fleste kalkdannende organismer i havet før to graders global oppvarming. Ved temperaturstigning over to grader kan havforsuring og undermetning av kalsiumkarbonat skade mange arter i alle andre verdenshav. [57]

Både IPCC og Verdensbanken sier at korallrevene i verdens hav kan bli utryddet før to graders global oppvarming. Dette vil skje fordi korallrevene i tillegg til å svekkes av lavere pH, også blir skadet direkte av høyere temperatur i vannet, forurensing og trålfiske. 25 prosent av havets arter lever på, i og av korallrevene. I tropiske farvann har korallrevene størst betydning. Korallrevene er bygd opp av kalkdannende organismer som lever i symbiose med alger som har fotosyntese. Hvis temperaturen i vannet rundt et korallrev kommer over 33 grader dør algene og korallene mister sin farge. Herav betegnelsen korallbleking. Etter en slik blekingsepisode kan det ta flere år før korallene har blitt invadert av nye alger, og igjen blir en levende struktur. Når korallene ikke har aktiv symbiose kan de ikke vokse og de er utsatt for nedbryting. [18] [31]

Svein Sundby er forsker ved det Norske Havforskningsinstituttet. I en artikkel i Havforskningsrapporten av mars 2015 skriver han at produksjonen av matfisk fra norsk og arktisk farvann vil endre seg, men trolig holde seg brukbart oppe til omkring to graders global oppvarming. På grunn av at oppvarming går raskere i nord enn ellers i verden vil to graders globalt gjennomsnitt etter hvert gi fire grader varmere vann i Barentshavet. Alt over fire grader varmere vann i Barentshavet vil redusere de viktige fiskebestandene her betydelig, sier Sundby. [56]

For havet som for livet på land er det mange som har kommet til at summen av de enkelte stressfaktorene er betydelig verre enn faktorene hver for seg. Organisasjonen *International Programme on the State of the Oceans* (IPSO) hadde et større seminar i 2011 for mange av verdens ledende havforskere. De studerte alle de store faktorene som nå påvirker verdenshavene, og konkluderte slik: «Vi ser allerede alvorlige reduksjoner i mange kommersielt viktige arter i havet, og vi er i ferd med å miste marine arter og store økosystemer i havet – slik som korallrevene, i løpet av de neste 20-30 årene. Hvis det ikke gjøres drastiske tiltak nå vil menneskelig aktivitet som global oppvarming, havforsuring, forurensing og overfiske føre til global utryddelse av det meste av liv i havet.» [74]



Hvordan går det så med havnivået: Jo: IPCC sier at havnivået vil stige med 20-30 cm innen 2050. Men;



– *Havnivået vil fortsette å stige i flere hundre år selv med en stabilisering av den globale temperaturen på to grader, sa **Tore Furevik**, professor i havforskning og direktør ved Bjerknessenteret, da jeg intervjuet han våren 2015. [58]*

– *Vi måler allerede netto avsmelting av Grønlandsisen, sier han og utdyper videre: – Mellom 200 og 300 kubikk-kilometer is smelter nå hvert år mer enn isen legger på seg. Smeltingen av Grønland og Vest-Antarktis gir foreløpig bare 1 mm havstigning per år. Det som skremmer er økningen i smeltingen. Vi vet at havet vil stige. Usikkerheten går på hvor raskt det skjer. Det beste vi kan håpe på er at den globale temperaturen ikke stiger mere enn to grader. Dette vil over tid gi en ny energibalanse for kloden og med den en ny likevekt med 4-6 meters høyere havnivå enn nå, men om vi har 4-6 meter høyere havnivå om 200, eller 500 eller 1000 år – det vet vi ikke. At vi har 0,5 til 1 meter havstigning før år 2100 – det er ganske så sikkert, sier han.*

En havstigning på 0,5 til 1 meter vil få store negative konsekvenser for kystnære landbruksarealer, byområder og infrastruktur.

4.8 Bo og leveområder

Mye tyder på at to graders global oppvarming vil påvirke hvor og hvordan mennesker kan leve og bo.

4.8.1 Tre soner

På bakgrunn av det vi har gått gjennom om endringene i temperatur, regn, vind, hetebølger og andre ekstremer kan det være aktuelt å dele verden inn i tre grove soner for bo og leveområder:

Sone 1: Canada, Alaska, Nord-USA, sørlige deler av Sør-Amerika, Nord-Europa, Russland, New Zealand, og sydlige deler av Australia.

Sone 2: Alle områder i tropene: Mellom-Amerika, Nordlige halvdel av Sør-Amerika, Midtøsten, Nord- og sentral-Afrika, Asia sør, og Asia sør-øst.

Sone 3: Mellom Sone 1 og Sone 2 har vi områder som Sør-USA, Mexico, Sør-Europa eller sydlige deler av Øst-Europa.

Hvordan vil det være å bo og leve i disse sonene ved 2 graders global oppvarming?

Sone 1:

I sone 1 vil natur og mennesker bli belastet med 3-4 grader høyere gjennomsnittlig temperatur, mer regn og/eller tørke. I tillegg vil det meste av sone 1 få mer ekstremregn og en del områder får mer og kraftigere stormer. Jeg mener at det vi har gått gjennom om dette viser at sone 1 vil være godt egnet for bosetting og matproduksjon, men det vil være kostbare utfordringer med å tilpasse landbrukets matproduksjon til et varmere og mer varierende klima. Skadene på hus, veier og annen infrastruktur, av ekstremregn og stormer gir betydelige kostnader. Skogbranner skader både natur, liv og helse. Det er mye som tyder på at naturen og økosystemene vil bli negativt påvirket av to graders global oppvarming. De fleste mennesker og nasjoner i sone 1 tilhører det man kan kalle rike, ressurssterke og velfungerende. De vil ha gode muligheter til å tilpasse seg temperatur og ekstremvær ved to graders global oppvarming. Det som kan gi store problemer for mennesker og nasjoner i sone 1 er hva som skjer i sone 3 og i sone 2.



Sone 2:

Ved 2 graders global oppvarming vil høye temperaturer, hetebølger, vannmangel og kraftig redusert matproduksjon, gjøre det vanskelig å leve og bo i store deler av sone 2. I høyereliggende områder innenfor sonen, vil det være områder som er aktuelle for bosetting. Det bor cirka 3 milliarder mennesker i sone 2 i dag, og vanlige prognoser for befolkningsutvikling tilsier at disse blir til om lag 4 milliarder mennesker, når verden har 2 graders global oppvarming. Jeg mener at hovedkonklusjonen for sone 2 er at mellom 1 og 2 milliarder mennesker vil måtte forlate sine hus og eiendeler i tropiske land, fram mot 2 graders global oppvarming.

Sone 3:

Her vil det definitivt bli store utfordringer med hetebølger og tørke. I sone 3 er flertallet av mennesker og nasjoner relativt sett økonomisk velstående og statene fungerer godt. Det gir dem ressurser for tilpasning. Det store spørsmålet blir allikevel om mennesker i sone 3, som i Spania eller Italia, eller sør i USA, vil bruke sine ressurser på å tilpasse seg til et vanskelig klima – særlig hvis de etter hvert vil vite at den globale oppvarmingen vil fortsette å øke. Jeg mener det er betydelig risiko for at flere millioner mennesker fra sone 1 vil forsøke å flytte til høyereliggende områder i eget land, eller til land i sone 1 når temperaturøkningen på kloden nærmer seg to grader. I tillegg er sone 3 de områdene hvor mennesker fra sone 2 først vil forsøke å flytte til. Dette gir migrasjonsutfordringer.

4.8.2 Mennesker og høy temperatur

To graders global oppvarming gir ekstra stress på mennesker, natur og matproduksjonen gjennom endringer i temperatur, nedbør og vind. Før jeg utfordrer klimaforskere og samfunnsvitere om dette vil jeg først si litt om hvordan høy temperatur i seg selv, påvirker mennesker.

I dag bor det mennesker på alt fastland i verden. Også under de mest ekstreme forhold som for eksempel på Sydpolen. Men det er kostbart og meget ressurskrevende å gi levelige forhold for mennesker i Antarktis. På samme måte går det mer ressurser til hus og varme for mennesker i land som Norge enn i Egypt. Men, med stigende temperaturer i tropiske land går det stadig mer ressurser her, til å holde behagelige temperaturer. I tropelandet Kuwait brukes det nå mer strøm til avkjøling i husholdningene, enn det vi nordmenn bruker til oppvarming. Kuwait er dermed det landet i verden som bruker mest strøm pr person med 7900 kWh. Norge er på andreplass i verden med 7600 kWh. [75]

Altså hvor man bor er et ressursproblem. Og vi har behov for mer enn strøm til varme eller kjøling. Professor Jürgen Schefran ved Universitetet i Hamburg, oppsummerer de grunnleggende behovene for en befolkning slik: Mat, vann, bosted, trygghet, helsevesen og medisiner, energi, arbeid og inntekt. [76] For at en befolkningsgruppe skal ha dekket disse behovene må følgende fungere: Vanntilførsel, landbruk eller fiske eller import av mat, natur-ressurser fra land og hav/ferskvann, produksjon eller tilgang til nødvendige forbruksvarer, samt energiproduksjon. I tillegg må samfunnet fungere. Myndigheter må ha kontroll, og befolkningen må være tilstrekkelig fornøyd.

Men først litt mer om varmen i forhold til menneskers ve og vel: Som kjent er normale kroppstemperaturen for mennesker på 37°C. Hvis temperaturen i kroppen vår er på 42 grader vil vi få heteslag, og vi dør i løpet av få timer, dersom vi ikke blir kjølt ned til under 40 grader. IPCC har drøftet dødelige temperaturer og konsekvensene av dette. Men, Tord Kjellstrom ved Universitetet i Canberra i Australia mener at de har i altfor liten grad vurdert de negative effektene på helse, produktivitet og velvære av høye temperaturer selv om de er lavere enn de dødelige. Kjellstrom og hans internasjonale team sin forskning, viser at dersom kroppstemperaturen til mennesker kommer over 38 grader vil individet føle utmattelse og redusert fysisk og psykisk kapasitet. Over 39 grader kan de fleste få heteslag.



Mennesker har evne til å kjøle ned seg selv gjennom svetting. Temperaturen rundt oss, pluss fysisk arbeid øker temperaturen i kroppen. Og med høyere luftfuktighet tåler vi mindre varme fordi svetting har mindre effekt. Bekledning og vind påvirker også. [77] [78]

Subharis Sahu fra Universitetet i Kalynai i India registrerte produktivitet og helseeffekter på landarbeidere i India. Han fant at produktiviteten gikk ned med 5 prosent for hver grad høyere temperatur enn 30°C. (30°C i normalt tørr luft tilsvarer 26°C med fuktig luft). Arbeiderne fortalte at de fikk smerter i kroppen og økende utmattelse når temperaturen der de arbeidet, var fra 30 til 38°C. Sahu registrerte betydelig helsebelastning, særlig på hjertet og blodsystemet hos arbeiderne. Sahu avslutter med følgende i sin rapport: Vi konkluderer med at eksponering for høy temperatur for landbruksarbeidere gir helseplager og redusert arbeidsproduktivitet. Slik redusert arbeidsproduktivitet vil det bli mer av med klimaendringene og det vil skade den lokale økonomien. [79]

Rebeca Lucas ved *Centre for global health research* ved Universitetet i Umeå i Sverige konkluderer med at ved to graders global oppvarming vil det i årets varmeste måned være for varmt til å gjøre fysisk hardt arbeid utendørs i 40-60 prosent av tiden med dagslys i tropiske land som Thailand og Kambodsja. I byer vil temperaturene stige enda mer enn i åpent lende. Fysisk arbeid i byer vil bli vanskelig ved lavere temperatur enn på landsbygda. Lucas konkluderer slik i sin rapport: «Arbeidere i fattige og middels-inntekts tropiske land er de som har høyest risiko for skadelig hete da disse landene er tett befolket, har uregulerte arbeidsforhold og vil få betydelig økte temperaturer med global oppvarming. [80]

4.8.3 Klimaforskere og samfunnsvitere om bo og leveforhold ved to grader

Nå i 2015 bor det omtrent tre milliarder mennesker i de tropiske delene av verden: Cirka 650 millioner bor i tropiske deler av Afrika, over to milliarder bor i tropiske deler av Asia, og i tropiske deler av Latin-Amerika bor det cirka 300 millioner mennesker. I 2050 er det mest sannsynlig 2 graders global oppvarming, og da vil som nevnt ovenfor denne befolkningen på 3 milliarder i 2015, være på cirka 4 milliarder. Mitt anslag er som nevnt ovenfor at 1 til 2 milliarder mennesker ikke lenger kan leve og bo der de bor i dag i tropiske land, ved 2 graders global oppvarming.

Hvordan vil mennesker i tropiske land oppføre seg – når de innser at hetebølger, og eller ekstremregn og flom, og eller vannmangel, og eller sviktende avlinger, og eller mangel på penger til å kjøpe mat; gjør det umulig å bli boende der de er? Hva vil deres myndigheter gjøre? Hva kan vi forvente at folk og politikere i verdens rike land vil gjøre med klimakrisen i tropene? Dette er viktige og vanskelige spørsmål å svare på.

Først luftet jeg problemstillingen med to klimaforskere: Knut Alfsen ved Cicero og Hans Olav Hygen ved Meteorologisk institutt.

Klimaforsker **Knut Alfsen** svarte slik:



– Både stigende matpriser, hetebølger og vannmangel gir voldsomt stress på et samfunn. Det er en sjokkerende livserfaring å vite hvor fort et samfunn kan bryte sammen. Det å legge økende stress et samfunn, på sivilisasjonen, er skummelt.

Knut Alfsen oppsummerer slik det han mener blir den største utfordringen i togradersverden:

– Det er helt klart at fra og med to graders global oppvarming er alle menneskers ve og vel avhengig av at vi klarer å unngå krig og at vi deler på de stadig minkende ressursene.



Og Klimaforsker **Hans Olav Hygen** ved meteorologisk institutt sier det slik:



– Fra nå og framover mot to graders global oppvarming kan vi få en serie av sosial uro blant folk som ikke lenger kan bo der de bor. De flytter på seg og vi får kulturkræsje.

Det var klimaforskerne. Og de var ikke særlig optimistiske.

Men hva sier de som har forsket på politisk tenkning og samhandling mellom nasjoner?

Willy Østreng er professor i Statsvitenskap. Han er tidligere direktør ved Fridtjof Nansens Institutt og vitenskapelig leder ved Senter for grunnforskning. Østreng har gitt ut en rekke bøker og artikler om internasjonal politikk, politikk og forskning, og politikk og klima. Jeg spurte om han ville stille opp til et intervju og det ville han gjerne.

Willy Østreng ser problemene som kommer i de tropiske landene og etter en kort samtale rundt tematikken kom hans konklusjoner:



– Jeg tror dessverre at verdens politikere verken har mulighet, vilje enn si innflytelse, til å gjøre noe for nasjoner og mennesker i tropiske områder, før katastrofene og flyktningestrømmene en realitet. Til det er interessemangfoldet for stort og beslutningsprosessene for langsomme. Muligens er deler av dagens flyktningestrøm fra Nord-Afrika og Midtøsten påvirket av endringer i klima. Allerede nå ser vi at land som kan ta imot flyktninger motsetter seg dette. For eksempel europeiske land. Allerede nå går debatten om at det vil være bedre å hjelpe mennesker der de er. Når mennesker ikke lenger kan være der de er på grunn av heten, vil dette føre til at rike land kan tenke seg å bruke penger på det jeg vil kalle Bistandsfasen. Her blir nasjoner enige om hvilke områder som mennesker

kan få reise til, og så gis det penger til å hjelpe mennesker til og i bistandssoner. Slike soner kan være i levelige områder i samme land som flyktningene kommer fra, eller det kan være i naboland eller i land lenger unna. Problemet med Bistandsfasen er at den høyst sannsynlig vil komme for sent, og det vil bli lite bærekraftige løsninger som vil kunne ligne mer på interneringsleirer enn på bosetting. I tillegg vil det kunne bli problemer av at flere bistandssoner vil bli etablert i svake stater med korrupte politikere. Når så klimaproblemene øker både i tropene, i randsonelandene til tropene, og i de rike landene i nord – mellom 1,5 og 2 graders global oppvarming – da ser jeg for meg at en ny politisk bevegelse vil bre om seg. Man går over i «Enhver seg selv nok»-fasen: Når veier, hus og strømledninger skades hvert år, og ekstremvær gjør livet vanskelig også i de rike landene. Trolig blir også verdensøkonomien påvirket negativt. Da vil det bli vanskeligere å sende penger og mat til andre land – til bistandssonene – selv om behovene her bare øker.

Og hva blir resultatet av det, spør jeg?

– Da kommer vi muligens over i en tragisk fase av massedød. Den blir lite trivelig, og kan gi uante konsekvenser for de fleste mennesker på jorda, avslutter Willy Østreng.

Det var statsviter Østreng. Hva sier en som jobber direkte med flyktningeproblematikken i dag? Jeg henvendte meg til den norske Flyktninghjelpen, og fikk et intervju med deres ekspert på klima og flyktningeproblematikk. Hun heter Nina Birkeland.



Nina Birkeland er meget klar over de problemene som mennesker i tropiske land står overfor med økende global oppvarming.

– Dette vil føre til at mennesker først vil forsøke å flytte fra de ubeboelige områdene som vil være i lavlandet, og til levelige områder i høyereliggende strøk i eget land. Hvis det ikke er mulig, vil de forsøke å komme seg til levelige områder i andre land, sier Birkeland.

Jeg presenterte etter hvert Willy Østreng sin konklusjon om at bistandsfasen med bistandssoner er den mest realistiske første reaksjonen vi kan forvente når klimaproblemene øker i tropiske

land. Nina Birkeland er enig i at dette er realistisk, men hun mener at det ikke vil være klokt av verdens politikere å vente til katastrofen er en realitet:

– Erfaring fra andre katastrofer som man har visst ville komme, viser at det er langt billigere og mer bærekraftig å flytte mennesker planmessig før katastrofen inntreffer. Å hjelpe desperate mennesker på flukt koster mer penger, og det er vanskelig å få til nye bærekraftige løsninger for bosted og videre liv. Det betyr at verdens politikere må snarest mulig samarbeide om et opplegg for planmessig flytting av mennesker fra de klimautsatte områdene i tropene, til områder hvor de kan bo, leve og produsere i – også ved to graders global oppvarming, avslutter Nina Birkeland.

Med dette mener jeg at det er grunnlag for å si følgende: Enten verdens politikere gjør som Nina Birkeland sier at de bør gjøre, eller de gjør som Willy Østreng antyder at de kommer til å gjøre, så vil den store økningen i ulevelige områder i tropene, og klimaproblemene i resten av verden, utgjøre en eksepsjonell utfordring for hele menneskeheten ved 2 graders global oppvarming.

4.9 De store tilbakekoblingsmekanismene og 2 grader

Som vi så i kapittel 2.3 om de store tilbakekoblingsmekanismene, så det liten usikkerhet om at disse vil gi både store ekstra utslipp av klimagasser og økt varmpådriv. Usikkerheten går på når de starter, og hvor kraftig varmpådriv de etter hvert vil gi. Både James Hansen og Dag O. Hessen er tydelige på at det er stor risiko for at karbonsyklusen på land kan være negativ ved to grader, og at risikoen er stor for at også de andre tilbakekoblingene som gir mer CO₂ og metan til atmosfæren vil være i gang, allerede før to graders global oppvarming er en realitet. [27] [29]

Alt av utslipp av klimagasser og ekstra varmpådriv som tilbakekoblingene eventuelt gir, må kompenseres for gjennom gigantprosjekter for å hente CO₂ ut fra atmosfæren, eller for å redusere solinnstrålingen til jorda.



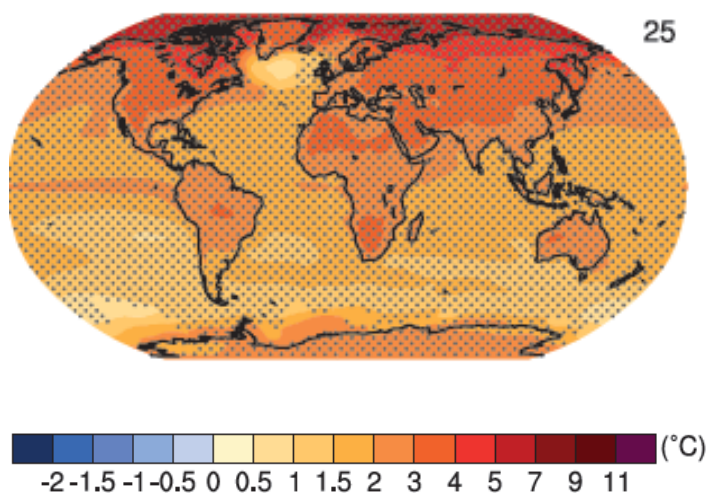
5 Konsekvenser av tre grader

Dersom professor Kevin Anderson har rett i at to graders global oppvarming er grensen mellom farlige og ekstremt farlige klimaendringer, da vil 3 grader definitivt være ekstremt farlig for natur og mennesker.

5.1 Gjennomsnittlig temperatur

Kartet under er fra IPCC sin siste hovedrapport og viser gjennomsnittlig temperaturøkning ved ca 2,5 graders global oppvarming i forhold til førindustriell normal.

Temperaturene stiger som ved to grader, mest i nord og i innlandet av kontinentene.



Figur 26 viser gjennomsnittlig temperaturøkning i verden ved cirka 2,5 graders global oppvarming. Etter IPCC [6]

Fra Verdensbanken og IPCC har jeg hentet følgende tall for gjennomsnittlig temperaturøkning i tregradersverden:

Nord-Amerika og Øst-Europa får 4 grader varmere årsgjennomsnitt i sør, og 6-7 grader varmere årsgjennomsnitt i nord.

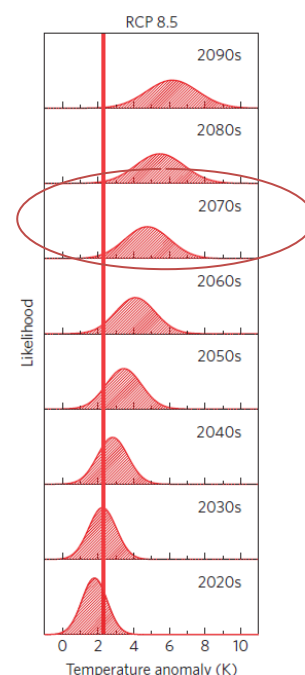
Sør-Amerika får i gjennomsnitt 4 grader økt temperatur i innlandet.

Midtøsten og Afrika får 4-4,5 grader varmere normaltemperatur.

Sør-Europa blir 3 grader varmere, mens nordlige deler og Norden blir 4-5 grader varmere.

Asia blir 3 grader varmere i midt og i sør, mens nordlige deler blir 4-5 grader varmere. [31, 61]

Ved å ta en ekstra kikk på Vest-Europa, kan vi få et bilde av hva 3 graders global oppvarming betyr. Her kan vi igjen sammenligne med hetesommeren i 2003. Figuren til høyre er tilsvarende den vi så på for 2 graders global oppvarming, men nå er det utslippsbanen RCP 8,5 som viser den mest sannsynlige sommertemperaturen ved 3 graders global





oppvarming. Tre graders global oppvarming vil inntreffe rundt år 2070 med RCP 8,5. Vi ser at i 2070 (med rød ring rundt) er det bare de svært få og kaldeste somrene som har samme temperatur som i 2003 (den røde horisontale linjen). Gjennomsnittstemperaturen i Europa sommeren 2003, lå 2,2 grader over normalen for tiårene før 2003. Med 3 graders global oppvarming vil normal gjennomsnittlig sommertemperatur ligge to grader over denne igjen. De somrene man «bare» har en gjennomsnittstemperatur som i 2003, vil med tre graders global oppvarming oppleves som en meget kjølig sommer. [40]

5.2 For mye og for lite regn

Her kommer gjennomsnittsverdiene for forventede endringer i nedbør for verdensdelene i tregraders-verden, sett i forhold til normalen for perioden 1980-2010. Ved å sammenligne tallene her med tilsvarende kapittel 5.2 for to graders global oppvarming, vil du se en betydelig økning enten det er i retning av enda mindre eller enda mer regn og ekstremregn. [18, 31, 61]

Latin-Amerika: De allerede nedbørfattige og varme områdene får mindre regn. I Amazonas blir det 25 % mindre regn. De fra før våte områdene i regionen får 10-20 % mer. Og det blir kraftigere regn når det regner.

Midtøsten og Nord-Afrika får 30-40 % mindre regn i nordlige områder. Afrika sør for Sahara får 20 % mindre nedbør. De nord-østlige områdene av Afrika får problematisk mye nedbør og ekstremregn.

I Øst-Europa og Sentral-Asia vil nordlige deler få 20-50 % mer regn og mer ekstremregn, men det blir mindre regn i sør.

I Vest-Europa vil Middelhavslandene, samt Portugal og Frankrike få 10 % mindre regn. I resten av Vest-Europa blir det 10-20 % mer regn, og mer ekstremregn. Nederland vil være særlig utsatt for kombinasjonen av havstigning og store nedbørsmengder. Det vil ikke være mulig å bli kvitt alt vannet på innsiden av dikene i slike situasjoner. [44] Halvparten av Nederlands befolkning bor i dag under havets nivå.

Nord-Amerika og Mexico får 10 % mindre regn. Nord i USA og Canada får 20 % mer regn i årlig gjennomsnitt.

Sør-Øst Asia får trolig små endringer i gjennomsnittlig årlig nedbør, men det blir 30 % mer ekstremregn.

Asia sør får 5 % mer nedbør i regntiden, og halvparten av den årlige nedbøren vil komme som ekstremregn.

5.3 Mer vind

Sør- og Latin-Amerika går fra 40 prosent flere av de sterkeste tropiske syklonene ved 2 graders global oppvarming til 60 % flere av dette ved 3 graders oppvarming. [31]

Sørøst-Asia går fra 10 prosent mer av tropiske sykloner ved 2 graders global oppvarming til 20 % flere ved 3 graders oppvarming. Og syklonene øker i styrke. [61]

For Europa er forventningene at det blir enda mer ekstremvind og sterkere stormer i nordvest; England, Nederland, Tyskland og Danmark, enn ved 2 graders global oppvarming. [18] [31, 61]



5.4 Hetebølger

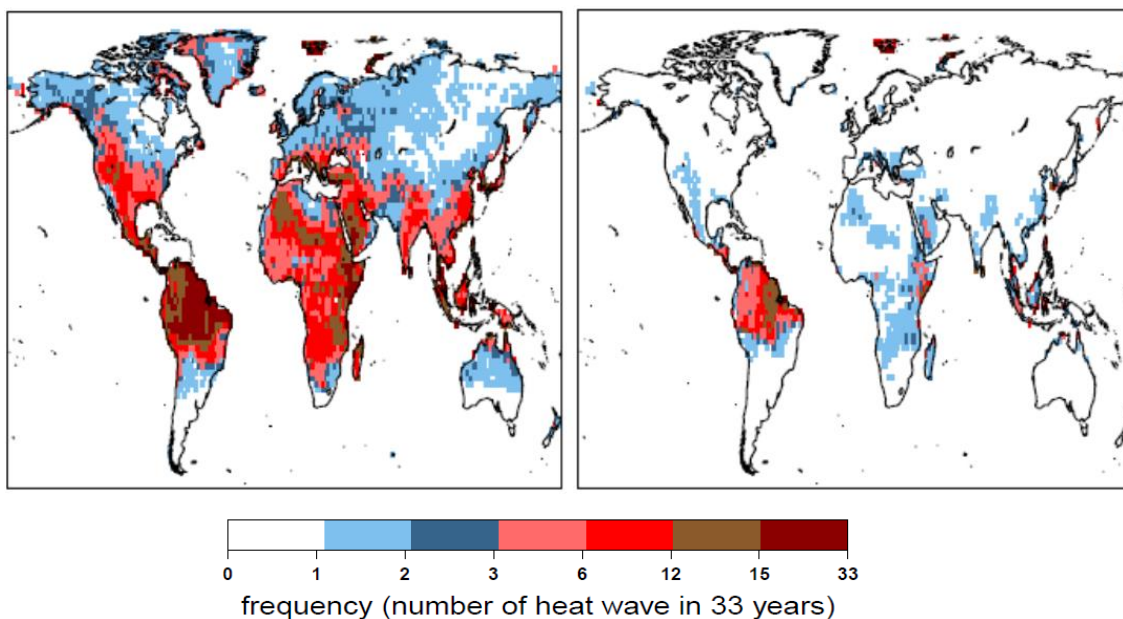
Kartene nedenfor er hentet fra Russo og Sillmann sin forskning om hetebølger. Kartet til venstre viser antall ganger i løpet av 33 år som de forskjellige områdene i verden vil oppleve hetebølger med hetebølgeindeks (HWMI) større eller lik 4. En HWMI på over 4 gir skadeomfang opp imot det Russland opplevde i 2010.

Det meste av verden vil få hetebølger opp mot Russland 2010-styrke, hvert femtende til hvert trettiende år. Hele USA, de sydligste delene av Europa og det meste av tropiske land får slike hetebølger hvert tredje til hvert femte år. Sør-Øst Asia, betydelig områder i Afrika og tropiske deler av Latin-Amerika får det hvert eneste år eller hvert annet år.

Kartet til høyre viser hvor mange ganger i løpet av 33 år som områder i verden kan få hetebølger med styrke 8 eller mer i HWMI, og det er som vist tidligere, hetebølger som vår tids natur og mennesker aldri har opplevd. I tregradersverden vil Sør-Europa, USA, tropiske deler av Latin-Amerika og Afrika, Midtøsten og Asia få en til to slike hvert trettiende år. Noen av disse områdene kan få hetebølger med styrke 8 så ofte som hvert tredje år. Nord-Østre deler av Brasil får slik ekstremt skadelig hetebølge hvert tredje til hvert annet år.

3 graders global oppvarming ≥ 4 HWMI

3 graders global oppvarming ≥ 8 HWMI



Figur 27: Kartet til venstre viser antall tilfeller av hetebølger med styrke 4 HWMI i løpet av 33 år. Kartet til høyre viser antall tilfeller av hetebølger med styrke 8 HWMI i løpet av 33 år. Begge ved 3 graders global oppvarming. Etter Russo og Sillmann m.fl. [33]

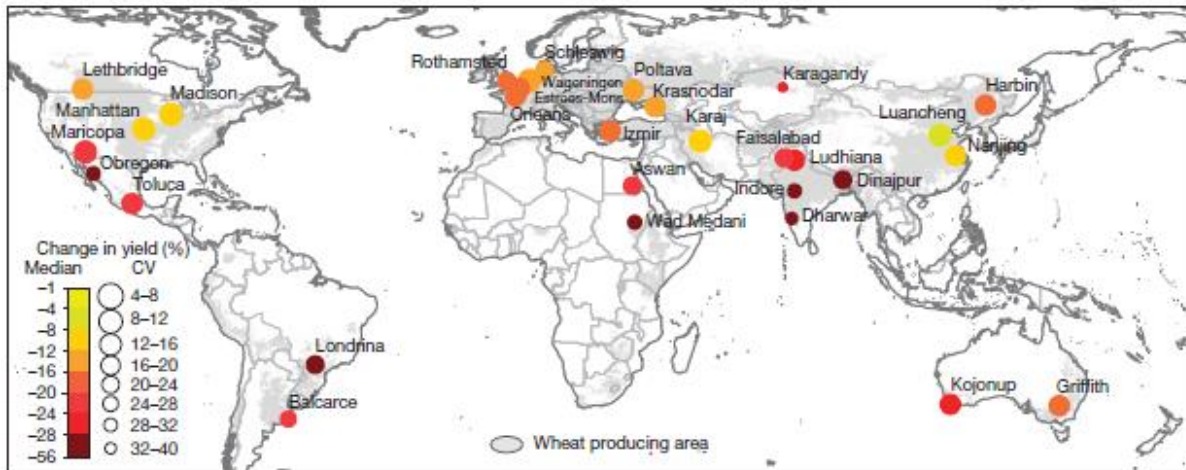
5.5 Landbrukets matproduksjon

Hovedbildet fra de fysiske klimaeffektene; temperatur, regn og vind er at om det var vanskelig å dyrke mat med to graders global oppvarming, er det betydelig vanskeligere ved tre grader.

Vi har tidligere omtalt Asseng sin forskning som viser at verdens produksjon av hvete vil gå ned med seks prosent per grad oppvarming. Nå i tregradersverden vil Asseng sine estimater tilsi 18 prosent mindre hvete produsert. [65] Kartet nedenfor er fra Asseng sin rapport fra desember 2014. Her ser vi hvordan hveteproduksjonen i områder som Asseng har vurdert vil bli påvirket av tre



grader globalt. Vi ser at det i tropiske land er fra 25 til 60 prosent lavere avlinger. Og vi husker at Asseng i liten grad har sett på hvordan andre faktorer enn økt gjennomsnittlig temperatur påvirker hveteproduksjonen. Produksjonen av hvete vil derfor mest sannsynlig bli redusert mye mer enn 18 prosent.



Figur 28 viser hvordan produksjonen av hvete vil være i verden ved tre graders global oppvarming. Kilde: Asseng [65]

Fra Verdensbanken sine rapporter *Turn down the heat* 2013 og 2014 har vi følgende vurderinger for avlinger ved tre graders global oppvarming: Hvete i Brasil; - 50 %, Hvete i Mellom-Amerika; - 58-67 %. Hvete i Chile og Argentina; - 10 %. Mais i Brasil; - 35 %. Soya i Brasil; - 70 %. Soya i Argentina; - 14 %. Ris med tilstrekkelig vanning i Sør- og Latin-Amerika kan få økte avlinger. Nedgang i alt husdyrhold i hele Sør- og Latin-Amerika. Ikke lenger mulig å dyrke hvete i land som Kasakhstan på grunn av for høy temperatur. Dette kan også gjelde for områder i de store hveteproduserende land som Ukraina, Australia og sør i USA. Afrika sør for Sahara: 10-20 prosent lavere produksjon av alle vekster, og kraftig reduksjon i antall beitende husdyr. [31] [62]

På bakgrunn av dette mener jeg det er grunnlag for å si at landbrukets matproduksjon i verden kan bli 30-50 % lavere enn dagens produksjon, ved 3 graders global oppvarming.

5.6 Natur på land

IPCC 2007 anslår at 21-52 prosent av arter av planter og dyr i naturen er truet med utryddelse ved 2,9 graders global oppvarming. [26] Verdensbanken bekrefter dette gjennom sin oppsummering av forskning for flere arter av pattedyr, fugl og insekter for hele verden, i rapporten *Turn Down the heat* fra 2014, [31]

Amazonas er trolig død og omdannet til savanne eller ørken, ved tre graders global oppvarming. Dersom Amazonas kolliderer vil verden miste ti prosent av sin fotosyntese, og halvparten av verdens ville arter av planter og dyr. [72] Utslippene fra en døende Amazonas vil totalt bli på omkring 70 Gt C eller 252 Gt CO₂ i løpet av 20-30 år.

De boreale skogene i Russland har enorme dimensjoner. De dekker 8820 millioner dekar. Dette er 62 ganger så mye skog som vi har totalt i Norge. De russiske skogene binder i dag 1,5 (+/- 0,15) Gt C hvert år. Dette er halvparten av alt karbon som bindes av skog og planter på land i verden pr år. [31] Netto binding av karbondioksid har gått noe ned i de boreale skogene de senere årene. Ved



tre graders global oppvarming er det stor fare for at de boreale skogene har mistet mye og vil miste resten av sine store trær. De boreale skoger blir til de boreale gras-sletter. [81] Når skogen dør gir det store utslipp av CO₂. Og; gras gir minimalt med karbonbinding i forhold til skog.

Tilsvarende sammenbrudd i økosystemer er sannsynlig verden over, når temperaturen nærmer seg 3 grader.

5.7 Havet

Tre graders global oppvarming kan inntreffe mellom 2060 og 2080 avhengig at hvor store utslippene av klimagasser blir. Dersom det er tre graders global oppvarming rundt 2070 vil havstigningen da være på 60-80 cm. Dette havnivået vil oversvømme verdifulle jordbruksarealer, byområder og bosettinger. I tillegg kommer kombinasjoner av økt havnivå med økning i stormer, sykkloner, ekstremnedbør og springflo. Dette vil gi svært store skader i kystområder. Dersom temperaturen på kloden ikke stiger videre fra 3 grader, vil havet allikevel fortsette å stige 0,5 til 1 meter hvert århundre – kanskje enda mer, til et nytt havnivå er stabilisert 8-10 meter over dagens.

Ved tre graders global oppvarming er livet i havet belastet av økt temperatur, surt vann, undermetning av kalsiumkarbonat i enkelte områder – særlig i nord og sør, forurensing og overfiske. Områder i havet kan være uten liv på grunn av oksygenmangel. Den helhetlige belastningen som dette innebærer er større enn summen av enkeltdelene. Ved tre graders global oppvarming kan vi være på vei mot utryddelse av store deler av liv i havet. [74]

Ved tre graders global oppvarming er det mellom 650 og 850 ppm med CO₂ i atmosfæren. Som vi så i kapitlet om havet ved to graders global oppvarming vil mer CO₂ i atmosfæren gi både lavere pH og lavere metning av kalsiumkarbonat i havet. Dette påvirker livet i havet på mange måter. De to tyske havforskerne Astid Wittmann og Hans Pörtner har samlet store mengder forskning om effektene på fem store dyregrupper i havet av lavere pH og lavere metning av kalsiumkarbonat. Denne rapporten viser at det er betydelig negative konsekvenser ved tre graders global oppvarming for et stort antall arter i alle de store dyregruppene. For den store og viktige dyregruppen fisk er så mye som 70 prosent av artene negativt påvirket av lavere pH og lavere metning av kalsiumkarbonat ved tre graders global oppvarming. [82]

Wittmann og Pörtner kommer for eksempel fram til at blant korallene er det 40 prosent av artene som blir negativt påvirket av de to forutsetningene de har studert effektene av. Som vi har sett tidligere er de tropiske korallrevene enda mer utsatt for økt havtemperatur og forurensing. Det er derfor ikke så rart at IPCC og mange andre sier at korallrevene i tropiske farvann er døde eller døende i tre graders verden. [18]

Her er det nødvendig å minne oss på dette med forutsetninger for forskningen igjen: Wittmann og Pörtner har bare sett på effektene av lavere pH og lavere metning av kalsiumkarbonat. Forurensing, overfiske, høyere vanntemperatur, artenes vandring til nye områder, og arter som reduseres i antall eller utryddes; alle disse andre forutsetningene kan påvirke livet i havet mer negativt enn bare lavere pH og mindre metning av kalsiumkarbonat.

De norske havområdene i vest og i nord er 4-7 grader varmere enn normalt ved 3 graders global oppvarming. Det innebærer betydelig risiko for at bestandene av torsk, hyse, sild, kolmule og makrell kan bli kraftig redusert. [56]

5.8 Bo og leveområder

Jeg bruker her samme soneinndeling som i kapittel 5.8.1.



Sone 1: De beste områdene for mennesker vil mest sannsynlig være de nordligste delene av USA, Alaska, Canada, Nord-Europa, Norden, Russland, de sydlige delene av Sør-Amerika og Australia, samt New Zealand.

Sone 2: Ved 3 graders global oppvarming er det meget sannsynlig at problemene med høye temperaturer, hetebølger, tørke og ekstremregn gjør det definitivt umulig å bo og leve i tropiske land, uten gode hus med kjøling det meste av året, og med sikker tilførsel av mat fra andre områder.

Sone 3: Store deler av Sør-Europa, sør i USA, sydlige deler av Øst-Europa, Midtøsten, Kina og Australia vil være vanskelig å bo, leve og livnære seg i, unntagen i høyreliggende strøk.

Hvor mange som kan bo og leve i de brukbare områdene ved tre graders global oppvarming er avhengig av matproduksjonen og hvor godt de som er samlet her klarer å dele på ressursene og å leve i fred med hverandre.

5.9 De store tilbakekoblingene og 3 grader

På bakgrunn av den kunnskapen om de store tilbakekoblingene som ble presentert i kapittel 2.3, mener jeg det er grunnlag for å si følgende om de store tilbakekoblingene ved tre graders global oppvarming:

- Flater med is eller snø som erstattes av varmeabsorberende overflater som vann, stein, jord eller planter, gir nå betydelig økt varmepådriv.
- Karbonsyklusen på land er ganske sikkert negativ (Det vil si at det slippes ut mer karbon fra naturen – planter og jord, enn det bindes). Karbonsyklusen i havet tar opp mindre CO₂.
- Smelting av tundraen i Sibir, Alaska og Canada gir store utslipp av drivhusgassene metan og CO₂.
- Utslipp av metan fra metanhydrater i arktiske havområder kan ha startet, fordi temperaturen i havet i nordområdene nå er 4-7 grader varmere enn førindustriell normal.

Alt dette ekstra varmepådriv og økte utslipp av klimagasser fra tilbakekoblingene må nøytraliseres gjennom svært store og kostbare systemer for å hente klimagasser ut fra atmosfæren – for at temperaturen på jorda ikke skal stige videre. Utslippene av klimagasser fra menneskenes egne aktiviteter må i tillegg være lik null.

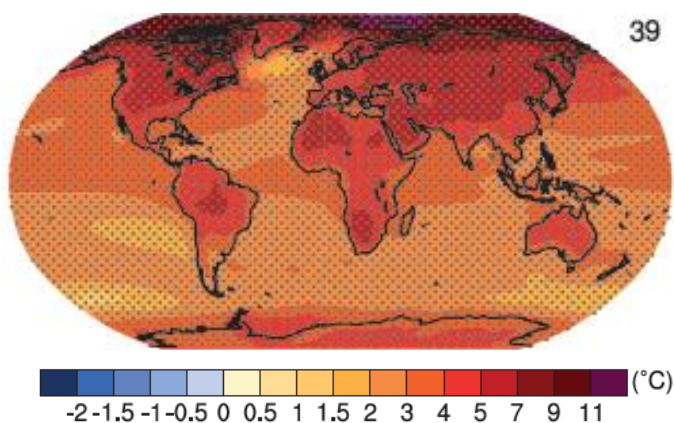


6 Konsekvenser av fire grader

Dette hovedkapitlet for 4 graders global oppvarming er bygd opp på samme måte som kapitlene for 2 og 3 grader.

6.1 Gjennomsnittlig temperatur

Kartet under er fra IPCC sin siste hovedrapport og viser gjennomsnittlig temperaturøkning ved 4 graders global oppvarming i forhold til førindustriell normal.



Figur 29 viser økningen i gjennomsnittlige temperaturer ved 4 graders global oppvarming, i forhold til førindustriell normaltemperatur. Kilde: IPCC [6]

Som for 2 og 3 graders global oppvarming har vi her tallene for gjennomsnittlig temperaturøkning i firegradersverden:

Nord-Amerika og Øst-Europa får 4-6 grader varmere årsgjennomsnitt i sør, og 6-9 grader varmere årsgjennomsnitt i nord.

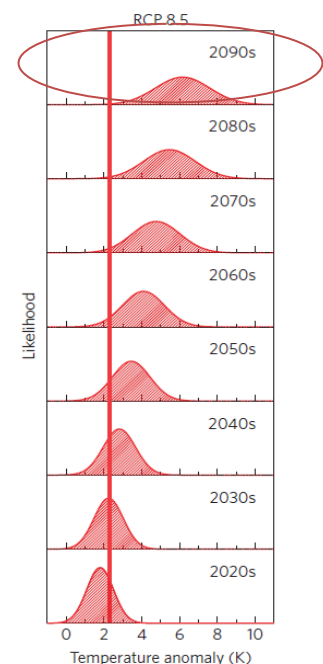
Sør-Amerika får i gjennomsnitt 6 grader økt temperatur i innlandet.

Midtøsten og Afrika får 6-8 grader varmere normaltemperatur.

Sør-Europa blir 4 grader varmere, mens nordlige deler av Vest-Europa og Norden, blir 5-8 grader varmere.

Asia blir 4 grader varmere i midt og i sør, mens nordlige deler blir 5-7 grader varmere. [31, 61]

Vi gjør det samme som ved 2 og 3 grader og ser hvordan sommeren i Europa ved 4 graders global oppvarming, vil være i forhold til hetesommeren 2003. Figuren til høyre er den samme som vi så på for 3 graders global oppvarming. 4 graders global oppvarming vil inntreffe rundt år 2090 hvis utslippene fortsetter som de er i dag. Vi ser at med 4 graders global oppvarming (med rød ring rundt) er det ingen somre som er så «kjølige» som sommeren 2003 (den røde horisontale linjen). Med 4 graders global oppvarming vil normal gjennomsnittlig sommertemperatur ligge 4 grader over temperaturen den ekstremt varme sommeren i 2003. [40]





6.2 For mye eller for lite regn

Her er gjennomsnittsverdiene for forventede endringer i nedbør for verdensdelene i firegraders-verden, sett i forhold til normalen for perioden 1980-2010. Ved å bla tilbake til tilsvarende kapittel 4.2 og 5.2 for henholdsvis 2 og 3 graders global oppvarming, vil du se at det er betydelige endringer i regn og ekstremregn ved 4 grader. [18, 31, 61]

Latin-Amerika: De allerede nedbørfattige og varme områdene får 10-40 % mindre regn. I Amazonas blir det 50 % mindre regn vinterstid. De fra før våte områdene i regionen får 20-30 % mer. Og det blir kraftigere regn når det regner. Det forventes 22 % flere dager med tørke i gjennomsnitt for Sør-Amerika.

Midtøsten og Nord-Afrika får 40 % mindre regn i nordlige områder. Det forventes tørke 6 måneder i året.

Afrika sør for Sahara får 30 % mindre nedbør, og fare for ekstrem tørke. De nord-østlige områdene av Afrika får 20-30 % mer regn og mer ekstremregn.

I Øst-Europa og Sentral-Asia vil nordlige deler få opp mot 60 % mer regn og mer ekstremregn. I sør blir det mindre regn og betydelig tørke i sommerhalvåret.

I Vest-Europa vil Middelhavslanene, samt Portugal og Frankrike få 15-25% mindre regn, og tørkeperioder på 1 måned. I resten av Vest-Europa blir det 15-30 % mer regn, og mer ekstremregn, men også stor fare for tørkeperioder i sommerhalvåret.

Sør og midt i USA og Mexico får 10-30 % mindre regn, og svært tørre somre. Nord i USA og Canada får 20-30 % mer regn i årlig gjennomsnitt, men også her fare for tørkeperioder i sommerhalvåret.

Sør-Øst Asia får trolig små endringer i gjennomsnittlig årlig nedbør. De økte temperaturene gir mer tørke. Områdene får i gjennomsnitt 50 % mer ekstremregn.

Asia sør får 10 % mer nedbør i regntiden, og 70 % av den årlige nedbøren vil komme som ekstremregn. Mellom regntidene blir det betydelige tørkeperioder.

6.3 Mer vind

Sør- og Latin-Amerika går fra 60 prosent flere av de sterkeste tropiske syklonene ved 3 graders global oppvarming til 80 prosent flere slike ved 4 grader. [31]

Sørøst-Asia får trolig ikke så mange flere tropiske sykloner ved 4 graders global oppvarming enn ved 3 grader, men de som kommer blir enda sterkere. [61]

For Europa er forventningene at det blir mer ekstremvind og sterkere stormer i nordvest; England, Nederland, Tyskland og Danmark, enn ved 3 graders global oppvarming. [18] [31, 61]

6.4 Hetebølger

Om det er gjennomsnittlig veldig varmt de fleste steder på jorda ved fire graders global oppvarming, er hetebølgene desto mye verre og de kommer ofte, veldig ofte. Vi tar igjen utgangspunkt i hetebølgeforskningen til Simone Russo og Jana Sillmann m.fl.

Kartet under til venstre viser hvor mange år i løpet av en periode på 33 år, det blir hetebølger av styrke som den i Russland i 2010 (≥ 4 i hetebølgeindeks/HWMI) ved fire graders global oppvarming. Hele Afrika, alle andre tropiske land, Sør-Europa, Grønland og hele USA får en hetebølge med styrke 4 eller mer i hetebølgeindeks, mellom hvert annet og hvert eneste år. Nord USA og sør

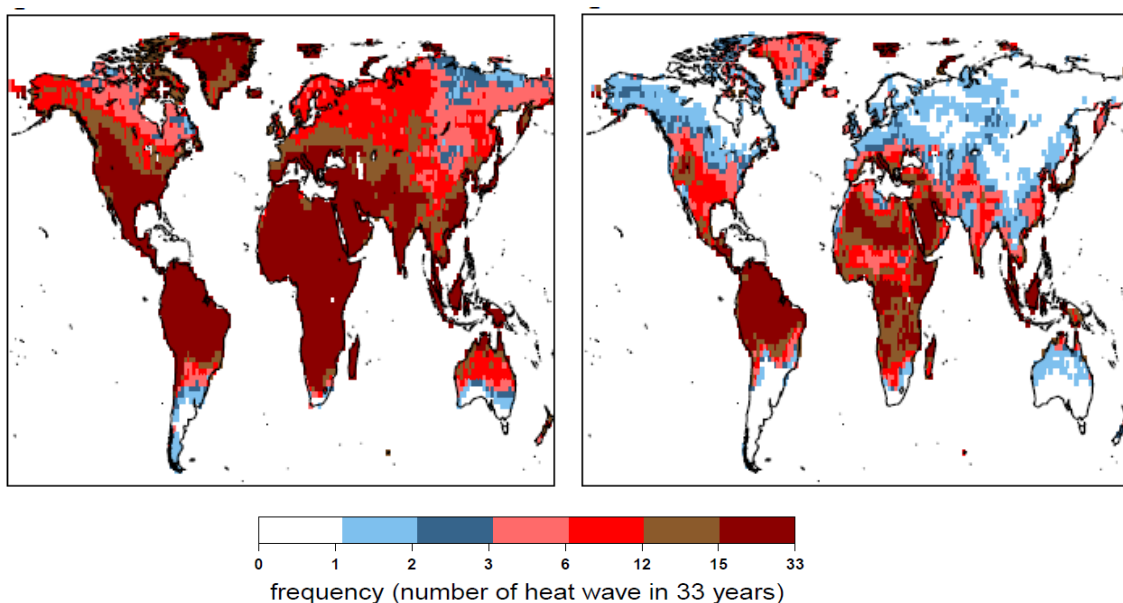


Canada får slik hetebølge hvert tredje til hvert annet år. Resten av Canada, Alaska, Nord-Europa, Norden, Øst-Europa og det meste av Australia får slik hetebølge hvert tiende til hvert tredje år.

Kartet til høyre viser områdene som får hetebølger av styrke 8 eller mer i hetebølgeindeks. Jeg minner om at dette er en styrke på hetebølge som ingen mennesker i verden noensinne har opplevd. Det meste av Afrika, USA, Sør-Europa og de fleste land i tropene får hetebølge med styrke 8 eller mer mellom hvert femte og hvert eneste år. Nord-Europa får slik hetebølge, Alaska og halve Canada får det en til tre ganger i løpet av 33 år.

4 graders global oppvarming ≥ 4 HWMI

4 graders global oppvarming ≥ 8 HWMI



Figur 30: Kartet til venstre viser antall tilfeller av hetebølger med styrke 4 HWMI i løpet av 33 år. Kartet til høyre viser antall tilfeller av hetebølger med styrke 8 HWMI i løpet av 33 år. Begge ved 4 graders global oppvarming. Kilde: Russo og Sillmann m.fl. [33]

6.5 Landbrukets matproduksjon

Store deler av Nord-Afrika, Asia, Asia sør, Latin-Amerika, Mexico, Sør-Europa, Sentral-Asia, Afrika sør for Sahara, Sør-USA og Australia har ved fire graders global oppvarming, bare matproduksjon basert på landbruksarealer i høyereliggende områder. Landbruksarealer lavere ned, og hvor det fortsatt ikke er for varmt, kan brukes til matproduksjon forutsatt at de kan vannes. Østlige deler av Afrika kan ha for mye regn til rasjonelt landbruk. Amazonasjungelen vil være død og erstattet av savanne eller ørken. Dette gjør store deler av Brasil for tørt og varmt til å drive jordbruk uten kunstig vanning. [31] [62]

Lengst nord i USA, Canada, Midt- og Nord-Europa, Russland og sør i Sør-Amerika kan det være gunstige temperaturer for matproduksjon. Hvorvidt det blir gode eller dårlige avlinger i enkeltår avgjøres av ekstremvarme, tørke, ekstremregn, flom, uvær og variasjoner i nedbørsmønster fra år til år. [62] [31]



6.6 Naturen på land

Regnskogene i Amazonas og Kongo er døde. De boreale skogene i Russland, Norden, Canada og Alaska er døde og blitt til et landskap med gras og buskvegetasjon. Flertallet arter av planter og dyr er utryddet. Store økosystemer kollapser. Karbonsyklusen på land er kraftig negativ. Det vil si at naturen gir betydelig større utslipp av CO₂ gjennom nedbrytning, ånding og skogbranner, enn den binder gjennom fotosyntesen.

6.7 Havet

Arter av alle typer i havet er enten utryddet eller står i fare for utryddelse på grunn av høy temperatur, havforsuring, undermetning av kalsiumkarbonat, oksygenmangel, forurensing og overfiske. Havet i nordområdene er ni grader varmere enn normalen.

6.8 Bo og leveområder

Ved fire graders global oppvarming er det de nordligste delene av USA, Alaska, Canada, Nord-Europa, Norden, Russland, de sydlige delene av Sør-Amerika og Australia, samt New Zealand, som er brukbare områder for mennesker. (sone 1)

Det kan trolig også bo mennesker i høyereliggende områder i andre regioner.

På samme måte som ved 3 graders global oppvarming er det menneskenes evne til å dele på nå enda mindre leveområder, og enda mindre mat og andre ressurser, som avgjør hvor mange mennesker som finnes.

6.9 De store tilbakekoblingene og 4 grader

På bakgrunn av den kunnskapen om de store tilbakekoblingene som ble presentert i kapittel 2.3, mener jeg det er grunnlag for å si følgende om de store tilbakekoblingene ved fire graders global oppvarming:

- Flater med is eller snø som erstattes av varmeabsorberende overflater som vann, stein, jord eller planter, gir betydelig mer varmepådriv enn ved tre grader.
- Karbonsyklusen på land er sterkt negativ (Det vil si at det slippes ut mer karbon enn det bindes). Karbonsyklusen i havet tar opp mindre CO₂ og kan også være negativ.
- Smelting av tundraen i Sibir, Alaska og Canada gir svært store utslipp av drivhusgassene metan og CO₂.
- Utslipp av metan fra metanhydrater i arktiske havområder er startet og gir store utslipp av metan og CO₂.

Det er betydelig risiko for at mennesker ikke vil ha mulighet til å stanse ytterligere oppvarming fra fire graders global oppvarming, på grunn av de store utslippene av klimagasser og ekstra varmepådriv fra de store tilbakekoblingene.



7 Konsekvenser for Norge

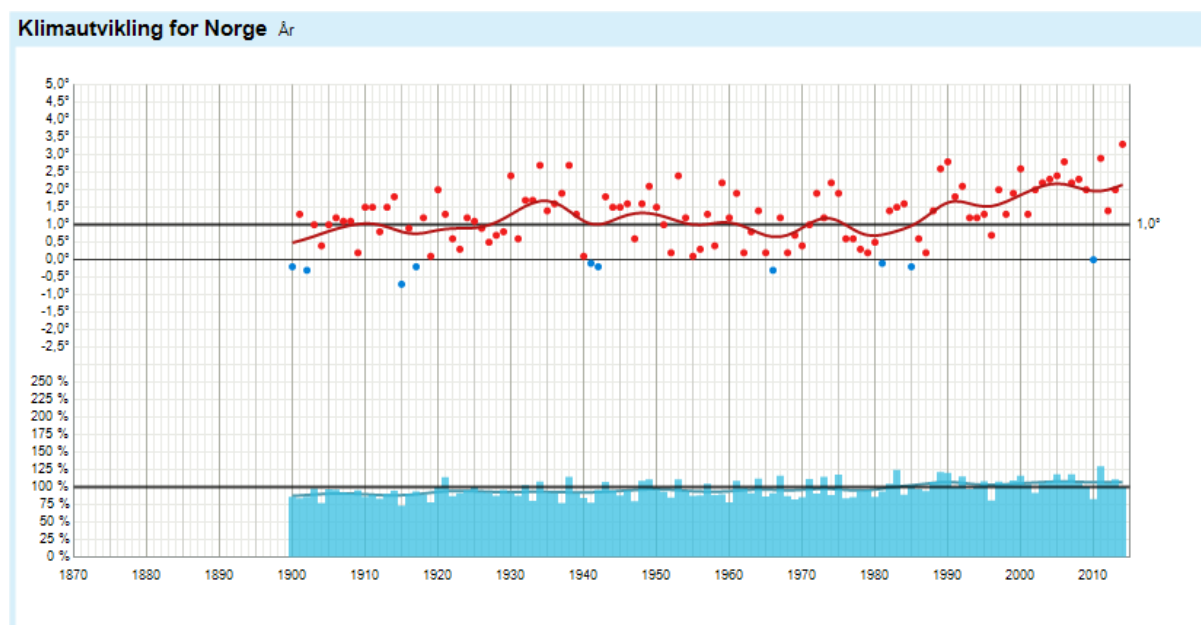
For Norge har vi allerede fått merke betydelig økt temperatur med årlige varmerekorder, og rekorder for varme dager og måneder. Nedbøren har økt og alle deler av landet har erfart mer ekstremvær med store nedbørsmengder og endret nedbørsmønster. Ekstremvær med skadelig sterk vind ser også ut til å komme oftere enn tidligere. Flere områder har opplevd unormalt langvarig tørke, og branner i naturen som også har ødelagt hus og infrastruktur.

Norge er definitivt en del av verden. Det som er vist i tidligere kapitler skulle tyde på at de viktigste konsekvensene av global oppvarming for Norge, kommer fra det som skjer med mennesker og samfunn i andre land og regioner. I og med at denne rapporten er skrevet for et norsk publikum er det allikevel nyttig å beskrive hvordan Norge vil bli direkte påvirket av 2, 3 og 4 graders global oppvarming.

Det er minimalt med forskning på konsekvenser i Norge for mer enn to grader. Det beste vi har er meteorologiske framskrivninger for temperatur, nedbør, tørke og delvis også vind. Dette blir beskrevet først i dette hovedkapitlet. På bakgrunn av de meteorologiske framskrivningene vil jeg ta med leseren på resonnementer om hvordan de direkte konsekvensene av global oppvarming blir for Norge. Deretter drøfter jeg hvilke effekter Norge kan få av det som er beskrevet av konsekvenser for andre regioner i hovedkapittel 5, 6 og 7. Til slutt i dette hovedkapitlet gjør jeg et forsøk på å beskrive hvordan mennesker i Norge – kanskje ditt barn, kan oppleve to graders global oppvarming.

7.1 Temperaturøkningen i Norge fram til 2014

Verden er i 2015 blitt 0,85 grader varmere enn normalen, og Norge er også blitt tydelig varmere. Kurven under viser temperaturutviklingen fra 1900 til 2014. 2014 var det varmeste året i Norge noensinne målt av mennesker.



Figur 31 viser klimautviklingen for Norge med gjennomsnittlig årstemperatur (røde og blå prikker) og normalen (1961-1990) på 1,0 grader, og gjennomsnittlig nedbør (blå søyler). Heltrukne linjer viser trendene for temperatur og nedbør. Kilde: Yr.no



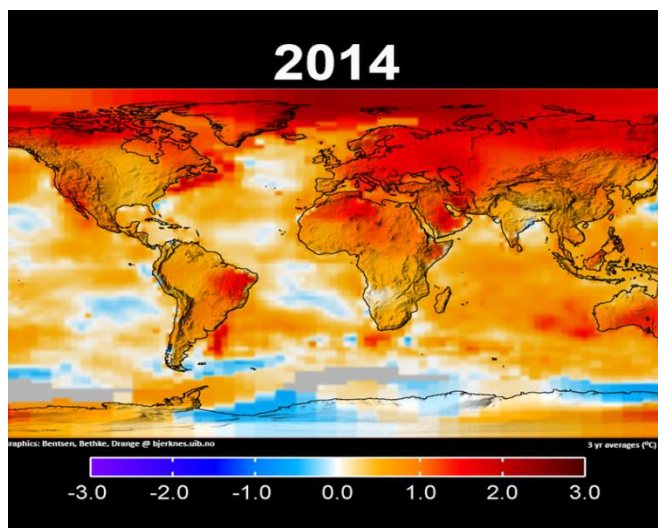
Et tydelig tegn på den økende temperaturen i Norge, er at norske isbreer har blitt elleve prosent mindre i omkrets de siste 30 årene. Dette blir til sammen 362 kvadratkilometer mindre isbreer i landet vårt. [83]

7.2 Værprognoser for Norge

Når klimaet endrer seg i takt med den globale oppvarmingen, er det været som blir annerledes. Enkleste måten å beskrive klimaendringene på er å vise endringene i temperatur og nedbør. Men som vi har sett tidligere, så er ekstremutslagene for været det som er det farligste.

7.2.1 Temperaturutvikling for Norge:

I kapittel 2.1 har jeg vist bildet av den globale gjennomsnittstemperaturen i forskjellige deler av verden i 2014. For at du skal slippe å bla tilbake viser jeg dette bildet igjen her:



Figur 32: Kart over gjennomsnittstemperaturer i verden for perioden 2012-2014 i forhold til gjennomsnittet for 1955-1980. Kilde: Helge Drange [2]

Som vi ser av Helge Drange sin figur har det meste av Norge en temperatur de siste tre årene på i gjennomsnitt ca 2,5 grader over perioden 1955-1980.

Hva er så forventede temperaturer i resten av dette århundret i Norge? Jeg velger da å gå til rapporten *Klima Norge 2100* med redaktør Inger Hanssen-Bauer. Denne rapporten kom ut i 2009. [84] Hanssen-Bauer sin basisperiode er 1961-1990. Fra slutten av 1800-tallet og fram til den perioden har temperaturen i Norge økt med ca 0,2 grader. Jeg har derfor lagt til 0,2 grader på tallene fra Hanssen-Bauer, for at tallene skal vise økningen i temperatur siden det vanligste utgangspunktet for temperaturstigning, nemlig slutten på 1800-tallet. Temperaturene for 3° C global oppvarming har jeg interpolert fra 2 og 4 graders-verdiene. Som vi ser av tabellen under forventes den årlige gjennomsnittstemperaturen i Norge ved 2 graders global oppvarming, å være 2,7 grader varmere enn normalen. Ved 4 grader global oppvarming forventes et 4,8 graders varmere Norge. Ved 3 graders global oppvarming har vi ca 3,7 grader varmere Norge på årsbasis. Temperaturene om vinteren forventes å stige mer enn sommertemperaturene.



Periode:	2 graders global temperaturøkning	3 graders global temperaturøkning	4 graders global temperaturøkning
Gjennomsnitt år	2,7	3,7	4,8
Gjennomsnitt vinter	3,5	4,7	6,2
Gjennomsnitt vår	2,8	3,8	5,0
Gjennomsnitt sommer	2,1	2,9	3,7
Gjennomsnitt høst	2,8	3,9	5,0

Tabell 5 viser gjennomsnittlige temperaturer i Norge i forhold til førindustriell tid, ved 2,3 eller 4 graders global oppvarming. Temperaturene for 2 og 4 graders global temperaturøkning er hentet fra rapporten Klima Norge 2100. Temperaturene for 3 graders global temperaturøkning er interpolert fra 2 og 4 grader. Kilde: Hansen Bauer [84]

Hansen-Bauer forventer en noe høyere temperaturøkning i Nord-Norge enn resten av landet, med 2,8 grader og 5,2 grader ved henholdsvis 2 og 4 graders global oppvarming. Temperaturen i Norge i 2014 var på 2,23 grader over normalen. Dette var 0,4 grader over forrige rekord som var året 2011. Det at vi allerede i 2014 ved 0,85 graders global oppvarming har fått så varme år, kan tyde på at Bauer-Hansen har vært noe forsiktig i sine vurderinger av fremtidig temperatur.

Klimaforsker **Hans Olav Hygen** ved Meteorologisk institutt har denne kommentaren til det varme året 2014:



– Norge 2014 var et ekstrem-år for Norge med 2,2 grader over normalen. Det kan se ut som at Norge ligger 1 grad over det globale snittet; Det betyr at ved 2 graders global oppvarming vil Norge være 3 grader over førindustriell normal, i snitt. Ekstremåret i 2 graders verden vil ligge 2 grader over den globale snitt-temperaturen – altså på 4 grader. Temperaturen i Norge vil stige raskere enn det globale gjennomsnittet på grunn av at isen i nord trekker seg raskt unna. Og fordi nordområdene generelt vil varmes opp mer på grunn av en større andel landmasser. [53]

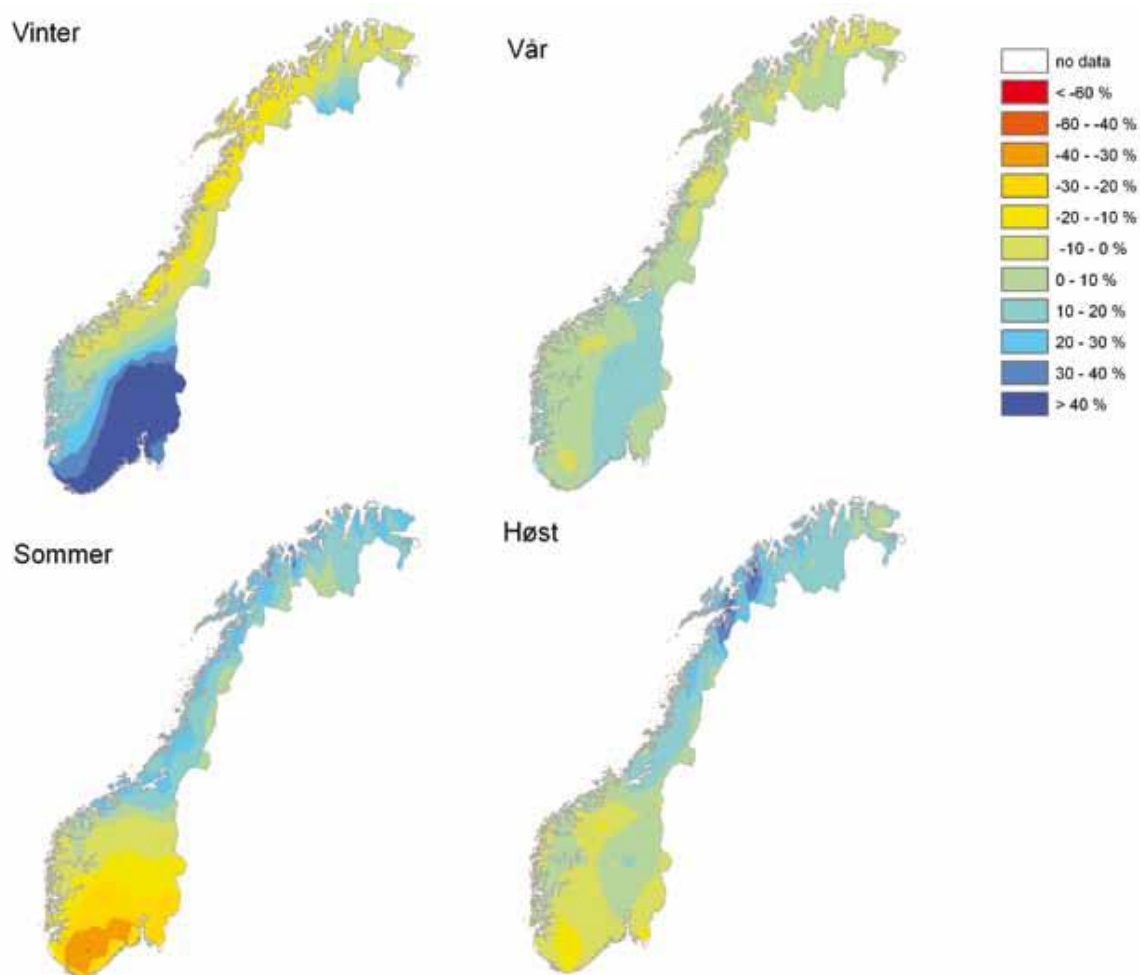
7.2.2 Endring i nedbør

Hva sier så Hans Olav Hygen om utviklingen i nedbør framover for Norge?:

– Det blir betydelig mer og kraftigere regn. Allerede nå det ingen tvil om økning i nedbør og ekstrem-nedbør. Dette er enkel fysikk: Vannets kretsløp går raskere på grunn av økt varme. Det blir mer vann som fordampes og dermed mer vann som kommer ned igjen som regn. Noe av dette regnet kommer som lengre perioder med regn og mer regn når det regner. Og ekstremene blir mer ekstreme. Dette ser vi allerede. Og økt temperatur gir tørke når det ikke regner; Vi står allerede nå på terskelen av at tørkeperioder blir avbrutt av ekstremregn. 300 mm har vi allerede fått i løpet av et døgn i Voss. 350 mm i løpet av et døgn kan vi få, eller kommer vi til å få. 200 mm på en time kan vi få. Det er absolutt maks av hva norsk natur og infrastruktur kan takle. Da går veien. Da står de fleste kjellere fulle. [53]



Kartene nedenfor viser endret nedbør i Norge ved cirka tre graders global oppvarming i forhold til perioden 1961-1990. Vi ser at vinterne nedbøren forventes å øke med i gjennomsnitt over 40 prosent på det meste av Øst- og Sørlandet, mens det blir mindre nedbør om vinteren fra Møre og nordover langs kysten. Østlandet får noe mer nedbør om våren. Men om sommeren blir det betydelig mindre nedbør – opptil 30 prosent mindre. Litt inn fra kysten på Sørlandet forventes 30-40 prosent mindre regn.



Figur 33: Kart som viser prosentvis endring i nedbør fra normalen for 1961-1990, i Norge ved cirka 3 graders global oppvarming. Kilde: Hanssen-Bauer

7.2.3 Nedbørsintensiteten

Som vi har sett de senere årene er mengde nedbør i løpet av et år eller en sommer, en faktor. Men så lenge det regner eller snør jevnt og forsiktig, så kan det komme mye nedbør uten at det blir noe problem. Derimot – hvis det kommer store nedbørsmengder i løpet av kort tid, ja da kommer problemene. De siste fem årene har vi også i Norge fått mange skader på veier, bruer, hus, jord, og avlinger; av store nedbørsmengder på kort tid. I tabellen nedenfor har jeg hentet tall fra Hanssen-Bauer som viser hvor mange prosent endring det blir i antall dager med mye nedbør i Norge ved fire graders global oppvarming, og hvor mange prosent endring det blir i nedbøren disse dagene det regner mye. [84]



Som vi ser blir det 139 prosent, det vil si over dobbelt så mange dager med mye nedbør per år i Norge. De dagene det regner mye vil det komme 23 prosent, eller omtrent en firedel så mye nedbør som på dager med mye nedbør før tusenårsskiftet. Går vi ned på årstidene blir bildet enda verre: 250 prosent flere dager med mye nedbør om vinteren og over 190 prosent flere slike dager om våren. Om sommeren derimot blir ikke økningen fullt så stor, men allikevel 86 prosent flere dager med mye nedbør for landet som gjennomsnitt.

Hva da med regionene? På Østlandet blir det over tre ganger så mange dager med mye nedbør som det vi har nå. De dagene det regner eller snør mye, så ser vi i tabellen at det kommer mer regn per døgn; hele 34,6 prosent mer. Selv om sommeren blir det 81 prosent flere dager med mye regn, og disse dagene kommer det over 20 prosent mer nedbør enn i dag. For Sogn og Fjordane og Nord-Hordaland blir det 160 til 217 prosent flere dager med mye regn enn nå og det blir jevnt over ca 30 prosent mer regn på de regnfulle dagene. Omtrent de samme tallene for prosent endring i kraftig nedbør som vises for Østlandet i tabell 9 vil gjelde for Sørlandet og Sørvestlandet. De andre regionene i Norge har omtrent den samme økningen og sesongfordelingen av denne som Sogn og Fjordane og Nord-Hordaland.

Område	Sesong	Økning i antall dager med mye nedbør ved cirka 4 graders global oppvarming	Økning i mengde nedbør på dager med mye nedbør , ved cirka 4 graders global oppvarming
Norge	År	139,9 %	23,1 %
	Vinter	250,9 %	32,3 %
	Vår	193,1 %	29,1 %
	Sommer	86,9 %	21,5 %
	Høst	192,5 %	26,4 %
Østlandet	Vinter	335,5 %	34,6 %
(Sørlandet og Sørvestlandet får omtrent de samme)	Vår	199,9 %	32,4 %
	Sommer	81 %	20,4 %
	Høst	150,9 %	25,6 %
Sogn og Fjordane og Nord-Hordaland	Vinter	180,5 %	27,2 %
	Vår	171,3 %	32,6 %
(Møre, Trøndelag og Nord-Norge får omtrent det samme)	Sommer	161,9 %	30,0 %
	Høst	217,5 %	27,9 %

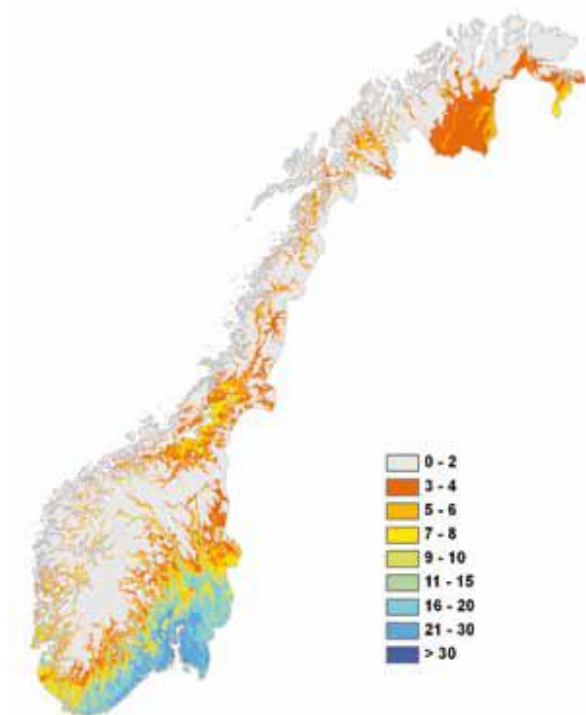


Tabell 6 viser prosentvis økning i antall dager med mye nedbør i Norge og i 2 regioner av landet ved cirka 4 graders global oppvarming. Den høyre kolonnen viser hvor mye mer det forventes å komme av nedbør på disse dagene med mye nedbør.

7.2.4 Endring av ekstra varme dager i Norge

Døgn med gjennomsnittlig temperatur over 20 grader er ikke hverdagskost i Norge. I perioden 1961-1990 var det bare noen små områder på Østlandet som hadde slike døgngjennomsnitt i mer enn et par dager.

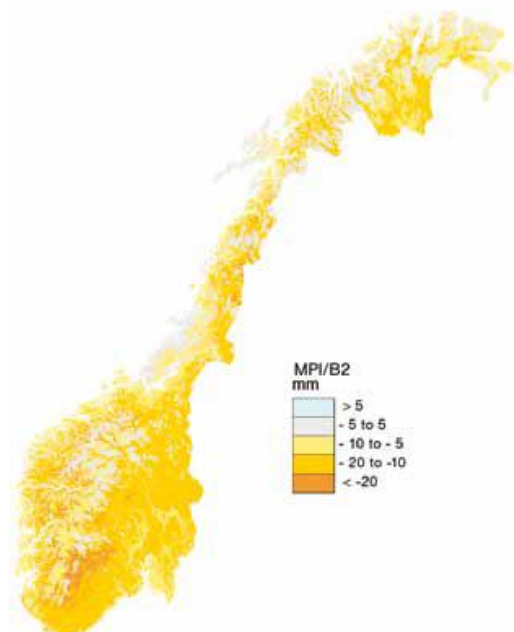
Kartet nedenfor viser antall døgn i året med mer enn 20 grader i Norge med 3-4 graders global oppvarming. Det meste av lavlandet og kysten av Øst- og Sørlandet vil få 20-30 døgn i året varmere enn 20 grader. Finnmark får 3-4 dager i året med slike temperaturer.



Figur 34 viser antall dager hvor gjennomsnittlig temperatur vil være over 20 grader, noe som var meget sjeldent før den globale oppvarmingen startet. Figuren gjelder for en global oppvarming på 3-4 grader. Kilde: Hanssen-Bauer.

7.2.5 Tørke

Hydrologene bruker begrepet markvannsunderskudd for å beskrive graden av tørke. I kartet under ser vi hvordan store deler av Norge vil ha perioder med underskudd på vann i øvre jordlag ved tre graders global oppvarming. Økt markvannsunderskudd om sommeren er den sikre oppskriften på alvorlig tørke og dermed problemer for landbruk, skog og naturen for øvrig. Faren for skogbrann er åpenbart større med markvannsunderskudd.



Figur 35 viser hvordan markvannsunderskuddet i Norge vil være ved cirka tre graders global oppvarming. Kilde: Hanssen-Bauer.

7.2.6 Vind

Det har vært en del usikkerhet om det blir mer vind etter hvert som temperaturen i Norge øker. *Klima Norge 2100* sier at antall dager med moderat vind trolig ikke vil endre seg, men at styrke og antall dager med sterk vind som storm og orkan vil øke med stigende temperatur. [84] Klimaforsker Hans Olav Hygen ved Meteorologisk institutt sier at det er vanskelig å måle vind sikkert over tid; man setter opp en vindmåler, så vokser skogen eller det bygges hus eller andre endringer skjer. Det gir usikre resultater. [53] Når man får usikre resultater fører det til at klimaforskerne sier at det er usikkert om det blir mer vind eller mer sterkere stormer.

7.3 Norge ved 2, 3 og 4 graders global oppvarming

Det aller meste av forskning på konsekvenser for Norge av global oppvarming, har tatt utgangspunkt i at norske og verdens politikere har vedtatt at den globale temperaturen ikke skal stige med mer enn to grader. Derfor er det gjort lite forskning på konsekvenser for Norge av mer enn to graders global oppvarming. Dette er meget uheldig, da det allerede i mange år har vært tydelig at det ikke er politisk vilje hverken i Norge eller i verden ellers til å innføre de nødvendige virkemidlene til at det vedtatte togradersmålet kan holdes.

Der det mangler konkret forskning er det allikevel mulig å drøfte mulige konsekvenser basert på de fysiske forandringene i norsk klima som forskerne har klarlagt.

7.3.1 Landbrukets matproduksjon

Ved to graders global oppvarming vil *potensialet* for matproduksjon i norsk landbruk øke på grunn av høyere gjennomsnittlig temperatur og lengre vekstsesong. Imidlertid er det som vi har sett i kapittel 3.1.2 mye som tyder på at det ikke er så mye å hente i avling av økt gjennomsnittlig temperatur og lengre vekstsesong, dersom det blir mer uforutsette varmeperioder,



ekstremnedbør, flom, endret nedbørsmønster eller tørke. Som vi har sett av forventede endringer i været i Norge foran her, er det nettopp slikt det blir mer av.

På bakgrunn av dette kan vi konkludere med at avlingsnivået for alle landbruksvekster i Norge vil variere veldig fra år til år ved 2-4 graders global oppvarming, avhengig av hvor mye regn det blir om våren og mengde ekstremregn ellers i vekstsesongen. Landbruket i Sør-Norge unntatt Vestlandet vil være avhengig av kunstig vanning de fleste år. Det blir generelt vanskeligere å drive landbruksbasert matproduksjon i Norge ved stigende temperatur.

Det kan hende det er mulig, men det blir meget ressurskrevende å opprettholde landbrukets matproduksjon på dagens nivå i Norge, ved 2, 3 og 4 graders global oppvarming.

I denne sammenheng er det viktig å huske på at norsk landbruk de siste årene har produsert under halvparten av matforbruket til det norske folk. Det meste av maten vår kommer altså fra andre land. [85]

7.3.2 Naturen på land

Det er mye som tyder på at naturen i Norge ikke behøver å skades like raskt av global oppvarming som i mange andre land i verden. Men, at også vår natur vil bli endret og at mange viktige arter av planter og dyr vil få problemer – det er meget sannsynlig.

Et eksempel på noe som allerede har skjedd i Norge ved 0,85 graders global oppvarming er følgende: I Nord-Norge, Nord-Sverige og Nord-Finland har ca 10 millioner dekar med bjørkeskog blitt drept av nye arter av sommerfuglen Bjørkemåler i perioden 2000 til 2009. Høyere temperatur er hovedårsaken til at nye arter av Bjørkemåler har etablert seg på Nordkalotten. Der bjørka dør – der endres vegetasjonen fra bjørk og lyng, til gras. Reinsdyr trekker unna områdene der bjørka er død. [86]

Av de klimatiske framskrivningene vi har sett i kapitlene ovenfor er det økt temperatur, og mer eller mindre og nedbør, som vil gi de største påvirkningene på naturen. Mindre nedbør totalt, økt temperatur og markvannsunderskudd om sommeren på Østlandet vil gi betydelige problemer med skogbranner.

Grana er en meget viktig art i Norge. Med de temperaturøkninger som forventes i Norge ved to graders global oppvarming er det sannsynlig at all norsk granskog vil være utsatt for to generasjoner av granbarkbiller. I kombinasjon med varme- og tørkeperioder vil den norske grana trolig ikke overleve to graders global oppvarming. I hvert fall ikke tre grader. [87]

Det er lite med forskning for andre arter i vår natur for mer enn to graders global oppvarming. Det som er beskrevet ovenfor om endringer i vær, temperatur og økning i ekstremer, vil meget sannsynlig også skade mange andre arter i Norsk natur.

7.3.3 Havet

Ved to graders global oppvarming er det trolig små endringer i havene utenfor Norge. En del fiskearter har beveget seg nordover, men de kan ha økt i mengder. Fra 3-4 graders global oppvarming stiger temperaturen i havet nord for Norge opp til ni grader. Dette i kombinasjon med surere hav og undermetning av kalsiumkarbonat, vil skade livet i våre havområdene dramatisk. Mengden fisk av viktige arter som torsk, sild, hyse, kolmule og makrell blir kraftig redusert mellom tre og fire graders global oppvarming. [56]



7.3.4 Hus, veier og annen infrastruktur

I kapittel 3.3 så vi på hvordan gjennomsnittlige verdier kan skjule mye av det som kan bli virkelighet. Statistikken og kartet (figur 9) for Norge i 2014 viser et år med bare 3,6 prosent mer nedbør enn normalt for Norge som helhet. Men alle husker hvordan det gikk i Voss, Odda, Lillehammer, Trysil, Flatanger, Flåm eller Aurland.

Det var ekstremvær innenfor det uskyldige gjennomsnittet som ga skader på hus, veier og annen infrastruktur.

De største skadene i 2014 kom på grunn av flom, men på Møre- og Trøndelagskysten var det ingen nedbør i tre måneder om vinteren. Dette ga de skremmende lynngbrannene som også ødela hus og hjem.

Værkartene for Norge i tregraders-verden (figur 37) viser at det er særlig om vinteren at Østlandet vil være mest utsatt for problemer av nedbør. Økt temperatur vil flytte snøgrensen oppover, men der det kommer snø, vil det komme svært store mengder. Der nedbøren kommer som regn vil det bli mer flom og erosjon. Økningen i nedbør om våren i det meste av landet og særlig på Østlandet og Trøndelag blir en farlig sak i år hvor mye nedbør om våren sammenfaller med kraftig smelting av store snømengder i høyereliggende strøk.

Men, ekstremregnet vil gi de største og mest kostbare skadene. Tabell 9 viser økningen i antall dager med mye nedbør, og økningen i mengden nedbør på slike dager i Norge ved 3-4 graders global oppvarming. Dette er egentlig skremmende lesing når man ser dette opp imot det vi har hatt av flom i Norge de senere årene. Vinterstid på Østlandet: 335 prosent flere dager med mye nedbør og 34,6 prosent mer nedbør når det kommer. Tilsvarende tall for Østlandet om våren: + 199 % og + 32,4 %. Selv om sommeren blir det mer ekstremregn, og om høsten blir det nesten like mye ekstremregn som om våren. Dette er oppskriften på mye flomskader på Østlandet – hvert år.

Sør- og Sørvestlandet er mer utsatt for flomskader enn Østlandet på grunn av flere smale dalstrøk med elver som har sitt utspring i store nedbørsfelt. Her viser tabell 9 at klimaforskerne forventer den samme økningen i ekstremregn i de fire årstidene som på Østlandet.

For Sogn og Fjordane, Nord-Hordaland, Møre, Trøndelag og Nord-Norge blir det litt mindre ekstremregn vinterstid med «bare» 180,5 prosent flere dager med slikt. Våren vil ha omtrent samme nedbørsekstremer som resten av landet, men sommeren blir vanskelig med 161,9 prosent flere dager med mye nedbør. I tillegg skal vi huske kartet i figur 29 som viser at Norge nord for Møre vil få 10-30 % mer regn i gjennomsnitt om sommerhalvåret.

Med økende global oppvarming vil vi i Norge oppleve stadig flere og mer alvorlige skader på hus, veier og annen infrastruktur. Klimatilpassning blir meget kostbart for hele samfunnet.

7.4 Effekter for Norge av det som skjer i andre land og regioner

Professor Helge Drange ved Bjerknessenteret for klimaforskning, sa i et foredrag i Steinkjer for mange år siden at Norges største klimautfordringer kommer fra konsekvenser av global oppvarming i andre land og regioner.

Det er det fokusert skremmende lite på dette i norsk klimaforskning, og i den politiske debatten. Det aller meste av vitenskapelige og politiske rapporter og planer som omhandler klima-konsekvenser for Norge, gjør akkurat som Cicero-rapporten av 2009 til Klimatilpassningsutvalget. Rapporten har tittelen: *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. De fleste som leser rapporten vil jo tro at man i denne rapporten vil få vite alle konsekvensene, men rapporten sier ingenting om hva det som Helge Drange mener er det mest alvorlige. Rapporten nevner følgende forbehold et godt stykke ned i sammendraget: «Mulige konsekvenser for Norge av



ulike virkninger i andre land er ikke vurdert i denne rapporten.» [14] Det er kanskje rapportens viktigste melding, men den er det nok ikke mange som har sett.

Klimatilpasningsutvalget kom med sin store rapport i 2010 og de sier følgende om hvordan de har vurdert konsekvensene av Norge av det som skjer i andre deler av verden: «Mange andre land vil både bli hardare ramma og ha mindre ressursar til å handtere konsekvensane. Denne utgreiinga handlar først og fremst om korleis Noreg blir påverka av klimaendringar. Konsekvensar av klimaendringar i Noreg må likevel sjåast i lys av dei utfordringane andre og meir sårbare delar av verda står ovafor.» [15] Men Klimatilpasningsutvalget gjorde ikke noen øvelse på det å se konsekvensene for Norge i lys av de utfordringene andre og mer sårbare deler av verden står ovenfor.

Dette betyr at norsk klimapolitikk og myndighetenes informasjon til folket i svært liten grad har tatt i betraktning de utfordringene Norge vil få av det som skjer i andre land og regioner.

Det som er beskrevet tidligere i denne rapporten viser svært tydelig at selv om Norge får store og økende problemer med hus, veier og annen infrastruktur, med skader på natur og landbruksressurser og negative endringer i havet og fiskebestander, vil de største problemene komme fra det som skjer i andre land og regioner.

7.5 Livet i Norge ved 2 grader

Som vi så i kapitlet om togradersmålet tyder det meste på at temperaturen på kloden vil stige med minst to grader. To graders global oppvarming vil gi betydelige utfordringer for alle mennesker og samfunn.

Jeg tror at de fleste lesere har dannet seg et bilde av sannsynlige konsekvenser for Norge av to graders global oppvarming. Men hvordan vil det være å være menneske? Jeg avslutter denne rapporten på en utradisjonell måte.

På bakgrunn av hva klimakunnskapen viser, har jeg skrevet det som kan være et brev fra et menneske, om det å være menneske i togradersverden; et brev fra en nordmann i 2050. En nordmann som var fem år gammel i 2015:

Kjære du

Du kan være min far. Du kan være min mor, eller kanskje jeg bare visste hvem du var når jeg var 5 år gammel i 2015. Jeg skriver dette brevet til deg. Jeg skriver det fra Norge i 2050. Det er et annerledes Norge. Det er viktig at du får vite hvordan jeg har det.

Jeg har det ikke verre enn andre. Nei, i forhold til de fleste på jorda, så har jeg det bra. Det er store forskjeller mellom mennesker, men bekymringene har blitt veldig like for alle i løpet av de siste ti årene. Vi bekymrer oss litt for våre daglige problemer, og de daglige problemene er forskjellige. Men, vi bekymrer oss mest for framtida – og våre bekymringer for framtida er veldig like.

Jeg ble født i din by i 2010. Jeg er 40 år gammel nå. Jeg er utdannet siviløkonom, men har ikke hatt arbeid innen faget mitt på mange år. Nå jobber jeg tre dager i uka på kommunens tiltakssenter. Jeg har en liten leilighet. Her bor jeg sammen med kjæresten min. Vi har bestemt oss for ikke å få barn. Det er mange årsaker til våre problemer nå, men basis for alt er at temperaturen på jorda har steget med to grader. Det var først i 2030 at verdens nasjoner klarte å bli enige om å kutte i utslippene av klimagasser. Konsekvensene av global oppvarming var da for lengst blitt tydelige og



alvorlige. Verden har klart å halvere utslippene av klimagasser fra da til nå, men det var altfor sent. Konsekvensene av det, ser vi hver eneste dag.

Jeg kan ikke forstå hvorfor du og dine politikere ikke gjorde mer for å kutte utslipp rundt år 2000. Da hadde dere spart oss for mye – veldig mye.

Allerede da jeg var ungdom steg matprisene i verden, og i Norge. I Sør-Europa ble det stadig varmere somre, og hetebølgene ble vanskelige å holde ut for mange på slutten av 20-årene. Over to million mennesker flyttet til Norge før arbeidsinnvandring ble forbudt i 2032. I tillegg har det økt voldsomt med klimaflyktninger og andre fortvilte mennesker fra land med krig eller kaos. Vi er nå drøye 10 millioner mennesker i Norge. 1,5 millioner bor i rømnings sikre arbeidsleirer. Vi får billig arbeidskraft, og de får mat og brakkeplass.

Mellom to og tre milliarder mennesker i Asia, Midtøsten, sørlige Afrika og deler av Sør-Amerika er utsatt for sult og vannmangel. Hetebølgene dreper mange. Det er skikkelig stygt i tropene; mennesker dør som fluer i interneringsleirene, etter at rike land ikke lenger kan eller vil finansiere dem.

Matproduksjonen i India og Kina ble lenge holdt oppe med masse ny teknologi, men nå går den nedover for hvert år. Det er fare for krig mellom Kina og Russland fordi Kina hevder at de har rett på store områder i østlige deler av Russland. Her vil kineserne bygge opp landbruket og bruke det til egen matproduksjon. Jeg og mange med meg håper at FN klarer å komme opp med et kompromiss, slik at det ikke blir krig. De to landene har våpen nok til å skade mer enn sine egne folk.

Mange mennesker forstår nå hvor avhengig vi egentlig er av naturen. Det er svært mange arter av planter og dyr som ikke klarer å tilpasse seg det nye klimaet på landjorda, eller i det stadig varmere og surere havet. Mange økosystemer kollapser fullstendig. Det er så innmari trist og skremmende; særlig når jeg tenker på hvordan det vil bli framover.

Ekstremvær, flom, tørke og skogbranner gir store skader i Norge og i de fleste av verdens land. I Sør-Norge sliter vi med varme og tørre somre. Når det regner kommer det ofte i store mengder. Om vinteren må vi høyt til fjells for å finne snø. Naturen endres. Store skogsområder har bare døde trær. Skogbrannene er skremmende. På Vestlandet og i Nord-Norge har de mye regn og flom hvert eneste år. Stormene er sterkere og kommer oftere.

Men det verste er altså bekymringene. Bekymringene for det som kommer. Tilbakekoblingene er i gang. Smeltingen av tundraen i Sibir, Canada og Alaska kan ingen stanse. Utslippene av metan og karbondioksid herfra, stiger for hvert år. Regnskogen i Amazonas er i ferd med å dø på grunn av tørke. Det gir store nye utslipp. De store skogene i Russland er heller ikke helt i form sies det. Det er mange år siden det var is på Nordpolen om sommeren. Det gir mere varme.

Myndighetene i en del land som Norge har bygd store anlegg for å hente ut igjen klimagasser fra atmosfæren. Politikerne vil vi skal tro at dette skal hjelpe. Jeg tviler. Politikere prøver å berolige. Det har de alltid gjort.

Jeg og mange med meg tror at verden blir fire grader varmere enn normalt før jeg blir 80 år. Det blir håpløst. I det hele tatt – jeg er bekymret for framtida, men jeg nekter å være med på de gale festene som mange driver med.

Jeg går heller en tur sammen med kjæresten min. Vi er glade for at vi ikke har satt barn til denne verden.

Med vennlig hilsen – Din sønn eller venn



Sammendrag

Den gjennomsnittlige temperaturen på jorda er nå i 2015, på 0,85 grader over normalen for førindustriell tid. Konsekvenser av denne globale oppvarmingen merkes i alle verdens land. *Se kapittel [1.1](#) og [3](#)*

Det er teknisk mulig for menneskene å unngå at det blir 2 graders global oppvarming. Det krever store og raske kutt i utslipp av klimagasser, først og fremst karbondioksid fra fossile energikilder. *Se kapittel [1.6](#)*

Men, det mest sannsynlige er at det blir minst to graders global oppvarming i forhold til førindustriell normaltemperatur. To graders global oppvarming vil mest sannsynlig inntreffe rundt år 2050.

Se kapittel [1.6](#)

Ved all lesing av klimaforskning er det avgjørende viktig å være bevisst på hvilke forutsetninger som er valgt for scenarier og modeller. *Se kapittel [2.1](#)*

For at temperaturen ikke skal stige videre når den har kommet til to grader, er man avhengig av at James Hansen, Dag O Hessen og mange andre forskere, ikke har rett i at de store tilbakekoblingsmekanismene vil gi ustoppelige utslipp av klimagasser og økende oppvarming, allerede før 2 graders global oppvarming. *Se kapittel [2.4](#)*

På grunn av global oppvarming er havstigningen allerede i gang. Får vi to graders økt gjennomsnittstemperatur på jorda, vil havet i gjennomsnitt stige med cirka en meter per århundre i flere hundre år framover. Hvor lenge og hvor mye havet stiger totalt, avhenger av hvilken global temperaturtemperaturøkningen stanser på. *Se kapittel [4.7](#)*

Den forskningen som blir presentert i rapporten mener jeg gir grunnlag for å gi følgende oppsummering av konsekvenser for verden og for Norge ved 2, 3 og 4 graders global oppvarming:

Verden ved 2 grader:

- Gjennomsnittlig årstemperatur øker med 1-4 grader. Størst økning i nord og i sentrale deler av kontinentene. Normal sommertemperatur i Europa vil være lik den som utløste hetebølgen og tørken i 2003. *Se kapittel [4.1](#)*
- Tørre områder i verden får mindre nedbør. Fuktige områder får mer regn. Det blir mer skadelig ekstremregn, og mer skadelig vind i store områder av verden. *Se kapittel [4.2](#) og [4.3](#)*
- Antall skadelige hetebølger øker over hele verden, men mest i tropene. *Se kapittel [4.4](#)*
- Landbrukets matproduksjon blir mest sannsynlig redusert med rundt 20 prosent på verdensbasis, med størst nedgang i tropene. Variasjonene i avlinger fra år til år øker i alle verdensdeler. *Se kapittel [4.5](#)*



- 25 prosent av alle arter av planter og dyr i naturen er betydelig redusert; så redusert at mange arter er i ferd med å bli utryddet. Menneskene må bruke store ressurser på å rydde opp i skader på for eksempel skog, og å hjelpe økosystemer og nøkkelarter til å overleve. Det er betydelig risiko for store utslipp av CO₂ fra naturen. *Se kapittel [4.6](#)*
- Lavere pH i havet og undermetning av kalsiumkarbonat vil sammen med overfiske, gi betydelig skade på økosystemer og viktige arter av matfisk i verdenshavene. *Se kapittel [4.7](#)*
- Ekstrem varme, vannmangel og redusert matproduksjon, gjør at mellom 1 og 2 milliarder mennesker ikke lenger kan bo eller livnære seg i de tropiske landene. *Se kapittel [4.8](#)*
- Dersom verden får to graders oppvarming, og utslippene av klimagasser ikke har gått kraftig ned siden 2015, vil konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren, og trolig også de store tilbakekoblingsmekanismene, gjøre det svært krevende å hindre videre oppvarming av kloden. *Se kapittel [4.9](#)*

Verden ved 3 grader:

- Gjennomsnittlig årstemperatur øker med 2-8 grader. Størst økning i nord og i sentrale deler av kontinentene. Normal sommertemperatur i Europa vil være to grader høyere den som utløste hetebølgen og tørken i 2003. *Se kapittel [5.1](#)*
- Mengde og alvorlighetsgrad av mye og lite regn, ekstremregn og vind, er betydelig større enn ved 2 graders global oppvarming. *Se kapittel [5.2](#) og [5.3](#)*
- Det meste av tropiske områder får hetebølger av samme styrke som den ekstremhetebølgen Russland opplevde i 2010 eller sterkere, hvert femte til hvert eneste år. Resten av verden får slike hetebølger mellom hvert femte og hvert trettiende år. *Se kapittel [5.4](#)*
- Verdens landbaserte matproduksjon er mest sannsynlig redusert med 30-50 prosent, og det er store variasjoner i avlinger fra år til år. *Se kapittel [5.5](#)*
- Opptil halvparten av alle arter av planter og dyr er betydelig redusert i antall, er i ferd med å utryddes, eller er utryddet. Regnskogen i Amazonas er død. De boreale skogene i verdens nordområder er omgjort til gras- og buskvegetasjon. Dette har gitt og gir store utslipp av klimagasser. *Se kapittel [5.6](#)*
- Store deler av livet i havet kan være på vei mot utryddelse. Betydelige havområder er trolig uten liv på grunn av oksygenmangel. Et flertall av havets fiskebestander er nå sterkt negativt påvirket. *Se kapittel [5.7](#)*
- Det bor svært få mennesker i tropiske land. *Se kapittel [5.8](#)*
- Store deler av Sør-Europa, sør i USA, sydlige deler av Øst-Europa, Midtøsten, Kina og Australia vil være vanskelig å bo, leve, og livnære seg i, unntatt i høyere liggende strøk. *Se kapittel [5.8](#)*
- De fleste av de store tilbakekoblingsmekanismene er i gang for fullt. Hvor kraftig effekten av tilbakekoblingene vil bli ved tre graders global oppvarming vet vi ikke, men at de vil gi problematisk store og ustoppelige utslipp av klimagasser og ekstra varmepådriv – det er svært sannsynlig. *Se kapittel [5.9](#)*

Verden ved 4 grader:

- Gjennomsnittlig årstemperatur øker med 3-11 grader. Størst økning i nord og i sentrale deler av kontinentene. Normal sommertemperatur i Europa vil være fire grader høyere den som utløste hetebølgen og tørken i 2003. *Se kapittel [6.1](#)*
- Mye og lite regn, vind og ekstremregn gir større skader enn ved tre graders global oppvarming. *Se kapittel [6.2](#) og [6.3](#)*



- Det meste av tropiske områder får hetebølger av samme styrke som den ekstremhetebølgen Russland opplevde i 2010 eller sterkere, hvert femte til hvert eneste år. Resten av verden får slike hetebølger mellom hvert femte og hvert trettiende år. *Se kapittel [6.4](#)*
- Nord i USA, Canada, Nord-Europa, Russland og sør i Sør-Amerika er trolig de eneste områdene i verden som kan ha rasjonell landbruksproduksjon. Avlingene vil variere mye fra år til år. *Se kapittel [6.5](#)*
- Naturen på land og i hav er svært ødelagt. *Se kapittel [6.6](#) og [6.7](#)*
- Brukbare bo og leveområder for mennesker er mest sannsynlig Nord-Europa, Russland, Nord-USA, Canada, Alaska og Argentina, samt enkelte fjellområder i andre regioner. *Se kapittel [6.8](#)*
- De store tilbakekoblingene styrer den videre oppvarmingen av kloden. *Se kapittel [6.9](#)*

Norge ved 2-4 graders global oppvarming:

- Det blir mer ressurskrevende å produsere mat i norsk landbruk, og avlingene vil variere mye fra år til år og område til område. *Se kapittel [7.3.1](#)*
- Norsk natur blir kraftig og negativt påvirket på samme måte som naturen i resten av verden. Den norske grana er en av mange arter som trolig ikke overlever to graders global oppvarming. I våre havområder vil det også skje store forandringer. Viktige fiskearter vil bli sterkt redusert ved 3-4 graders global oppvarming. *Se kapittel [7.3.2](#) og [7.3.3](#)*
- Norge vil oppleve kraftig økning i skader på hus, veier og annen infrastruktur av mer og kraftigere nedbør, flom, tørke og trolig også kraftigere vind. *Se kapittel [7.3.4](#)*
- Denne rapporten viser at norsk klimapolitikk og norske myndigheters informasjon til folket, i svært liten grad har tatt i betraktning de store utfordringene Norge vil få, av det som skjer i andre land og regioner med global oppvarming. *Se kapittel [7.4](#)*

**Kilder:**

1. IPCC, *CLIMATE CHANGE 2014 SYNTHESIS REPORT*. 2014.
2. Sylte, G. *Se utviklingen av den globale temperaturen*. 2014; Available from: <http://www.bjerknes.uib.no/artikler/global-temperature-1880-2014>.
3. IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for policymakers*. 2014: Cambridge University Press.
4. ScepticalScience. *Global warming at 4 Hiroshima bombs per second*. 2015; Available from: <http://4hiroshimas.com/>.
5. Peters, G., *The challenge to keep global warming below 2 degrees C*. Nature Climate Change, 2013: p. 4-6.
6. IPCC, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2013: Cambridge University Press.
7. New, M., et al., *Four degrees and beyond: the potential for a global temperature increase of four degrees and its implications*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2011. **369**(1934): p. 6-19.
8. Rapp, O.M., *En grønn verden er mulig - men prisen er enorm*, in *Aftenposten*. 2015: Oslo. p. 8-9.
9. Fahlvik, A.K. *Klimamendringene - det er nå det gjelder*. 2010; Available from: http://www.forskningsradet.no/no/KronikkerOgKommentarer/Klimaendringene_det_er_n_det_gjelder/1238627816185.
10. Alfsen, K., *Intervju på hans kontor 25 mars*. 2015.
11. Stern, N., *The economics of climate change: the Stern review*. 2007: cambridge University press.
12. Stern, N., *The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models*. Journal of Economic Literature, 2013. **51**(3): p. 838-859.
13. Alfsen Knut, H.D., Jansen Eystein, *Klimaendringer i Norge*. 2013: Oslo.
14. Aaheim, A., *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. 2009.
15. Flæte, O., *Tilpasning til eit klima i endring NOU 2010:10*. 2009, Miljøverndepartementet.
16. Miljøverndepartementet, *Stortingsmelding 21: Norsk klimapolitikk*. 2012, Det norske Storting og Regjeringen.
17. Meteorologisk, I. *Klimastatistikk Været i Norge*. 2015; Available from: www.met.no/klima/varet_i_Norge/.
18. IPCC, *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 2014.
19. Iglesias, A., et al., *A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe*. Climatic Change, 2012. **112**(1): p. 29-46.
20. Brisson, N., et al., *Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France*. Field Crops Research, 2010. **119**(1): p. 201-212.
21. Sorteberg, A., *Intervju på hans kontor 17 mars 2015*. 2015.
22. Sala, O.E., L.A. Gherardi, and D.P. Peters, *Enhanced precipitation variability effects on water losses and ecosystem functioning: differential response of arid and mesic regions*. Climatic Change, 2015: p. 1-15.
23. Solberg, S., *3 EFFEKTER AV KLIMAENDRINGER*.
24. Bjørke, Å. *Klimaendringer i tall og fakta*. 2015; Available from: <http://ufbutv.com/2013/04/14/klimaendringene-i-tall-og-fakta/>.
25. Hannah, L., *Intervju med Hannah Lee 17 mars 2015*. 2015.



26. IPCC, *The AR4 Synthesis Report*. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.
27. Hansen, J., et al., *Assessing "dangerous climate change": required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature*. PloS one, 2013. **8**(12): p. e81648.
28. Paasche, Ø. *Het klode - gammelt nytt*. 2015; Available from: <http://www.bjerknes.uib.no/artikler/het-klode-gammelt-nytt>.
29. Hessen, D., *Telefonintervju*. 2015.
30. WorldMetherologicalOrganisation, *Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970-2012)*. 2014.
31. WorldBank, *Turn down the heat: confronting the new climate normal*. 2014.
32. Vasquez, T., *The Russian inferno of 2010*. Weatherwise: THE POWER, THE BEAUTY, THE EXCITEMENT, 2011. **64**(2): p. 20-25.
33. Russo, S., et al., *Magnitude of extreme heat waves in present climate and their projection in a warming world*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2014. **119**(22): p. 12,500-12,512.
34. Hannah, H., *Russian summer tops 'universal' heatwave index*. Nature, 2014. **30**/10.
35. Shaposhnikov, D., et al., *Mortality related to air pollution with the Moscow heat wave and wildfire of 2010*. Epidemiology (Cambridge, Mass.), 2014. **25**(3): p. 359.
36. Akerhaug, L., *Her var det en gang en by*, in *Aftrenposten*. 2010.
37. Iten, K. *Iten Online*. 2015; Available from: <http://www.iten-online.ch/klima/klimatabellen.htm>.
38. Kramer, A.E., *Russia, crippled by drought, bans grain exports*, in *The New York Times*. 2010.
39. Brown, L.R., *Rising temperatures raise food prices—Heat, drought and a failed harvest in Russia*. Plan B Updates, 2010.
40. Christidis, N., G.S. Jones, and P.A. Stott, *Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heatwave*. Nature Clim. Change, 2015. **5**(1): p. 46-50.
41. De Bono, A., et al., *Impacts of summer 2003 heat wave in Europe*. 2004.
42. Vikøyr, I., *Her er tallene som skremmer klimaforskerne*, in *Verdens Gang*. 2014: Oslo.
43. Ciais, P., et al., *Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003*. Nature, 2005. **437**(7058): p. 529-533.
44. Lynas, M., *6 grader Vår fremtid på en varmere planet*. 2007: Gyldendal Norsk Forlag AS.
45. Rommetveit, A. *Så langt er 2015 rekordvarmt*. 2015; Available from: <http://www.yr.no/artikkel/-sa-langt-er-2015-rekordvarmt-1.12413690>.
46. Reese, P., *Study: Californian farmers to fallow 560.000 acres of crops this year*, in *The Sacramento Bee*. 2015.
47. partnership, C.N. *CA drought.com*. 2015; Available from: <http://www.cadrought.com/>.
48. Bertelsen, M., *135 millioner rammet av tørke*, in *Dagens Næringsliv*. 2015.
49. Mitton, J.B. and S.M. Ferrenberg, *Mountain pine beetle develops an unprecedented summer generation in response to climate warming*. The American Naturalist, 2012. **179**(5): p. E163-E171.
50. Cullingham, C.I., et al., *Mountain pine beetle host-range expansion threatens the boreal forest*. Molecular Ecology, 2011. **20**(10): p. 2157-2171.
51. Kurz, W.A., et al., *Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change*. Nature, 2008. **452**(7190): p. 987-990.
52. Iversen, M., *Landbrukskrise bak selvmordsbølge*, in *Dagens Næringsliv*. 2015: Oslo.
53. Hygen, H.O., *Intervju 25 februar 2015*. 2015.
54. Famiglietti, J.S., *The global groundwater crisis*. Nature Clim. Change, 2014. **4**(11): p. 945-948.
55. Zhou, L., et al., *Widespread decline of Congo rainforest greenness in the past decade*. Nature, 2014. **509**(7498): p. 86-90.



56. Sundby, S., *FNs klimapanel: Virkningene av klimaendringene i våre havområder*. Havforskningsrapporten, 2015. **Mars**.
57. Olsen, A., *Arktis – først og mest utsatt for havforsuring*. Havforskningsrapporten, 2010.
58. Furevik, T., *Intervju på hans kontor 17 mars 2015*. 2015.
59. Anderson, K. and A. Bows, *Beyond 'dangerous' climate change: emission scenarios for a new world*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2011. **369**(1934): p. 20-44.
60. IPCC, *Climate change 2014. Impacts, adaptation and vulnerabilities. Part B Regional*.
61. Schellnhuber, H.J., et al., *Turn down the heat: why a 4 C warmer world must be avoided*. 2012, World Bank.
62. Schellnhuber, H.J., et al., *Turn down the heat: climate extremes, regional impacts, and the case for resilience*. Turn down the heat: climate extremes, regional impacts, and the case for resilience, 2013.
63. Silmann, J., *Intervju på kontoret hos Cicero 12 mars*. 2015.
64. Knox, J., et al., *Climate change impacts on crop productivity in Africa and South Asia*. Environmental Research Letters, 2012. **7**(3): p. 034032.
65. Asseng, S., et al., *Rising temperatures reduce global wheat production*. Nature Clim. Change, 2015. **5**(2): p. 143-147.
66. Mundi, I. *Index Mundi*. 2015; Available from: <http://www.indexmundi.com/agriculture/?country=eg&commodity=wheat&graph=imports>.
67. Smedshaug, C.A., *Telefonintervju 20 april*. 2015.
68. Wheeler, T., *Agriculture: Wheat crops feel the heat*. Nature Clim. Change, 2012. **2**(3): p. 152-153.
69. Schlenker, W. and M.J. Roberts, *Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change*. Proceedings of the National Academy of sciences, 2009. **106**(37): p. 15594-15598.
70. Fernandes, E., et al., *Climate Change and Agriculture in Latin America, 2020-2050: Projected Impacts and Response to Adaptation Strategies*. 2012.
71. Sutton, W.R., J.P. Srivastava, and J.E. Neumann, *Looking Beyond the Horizon: How Climate Change Impacts and Adaptation Responses Will Reshape Agriculture in Eastern Europe and Central Asia*. 2013: World Bank Publications.
72. Cox, P.M., et al., *Amazonian forest dieback under climate-carbon cycle projections for the 21st century*. Theoretical and Applied Climatology, 2004. **78**(1-3): p. 137-156.
73. Nepstad, D.C., et al., *Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2008. **363**(1498): p. 1737-1746.
74. Rogers, A.D. and D.d.A. Laffoley, *International Earth System Expert Workshop on Ocean Stresses and Impacts: Summary Workshop Report*. 2011: DIANE Publishing.
75. Christine, B.A., *På verdenstoppen i bruk av strøm*. Samfunnsspeilet, 2014. **4**.
76. Scheffran, J., et al., *Climate change and violent conflict*. Science(Washington), 2012. **336**(6083): p. 869-871.
77. Kjellstrom, T., *Climate change, direct heat exposure, health and well-being in low and middle-income countries*. Global Health Action, 2009. **2**.
78. Kjellstrom, T., I. Holmer, and B. Lemke, *Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change*. Global Health Action, 2009. **2**.
79. Sahu, S., M. Sett, and T. Kjellstrom, *Heat exposure, cardiovascular stress and work productivity in rice harvesters in India: implications for a climate change future*. Industrial health, 2013. **51**(4): p. 424-431.
80. Lucas, R.A., Y. Epstein, and T. Kjellstrom, *Excessive occupational heat exposure: a significant ergonomic challenge and health risk for current and future workers*. Extrem Physiol Med, 2014. **3**(1): p. 14.



81. Lenton, T.M., et al., *Tipping elements in the Earth's climate system*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008. **105**(6): p. 1786-1793.
82. Wittmann, A.C. and H.-O. Pörtner, *Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification*. Nature Climate Change, 2013. **3**(11): p. 995-1001.
83. Winsvold, S.H. *Breendringer i hele Norge*. 2015; Available from: http://www.cicero.uio.no/webnews/index.aspx?id=12181&utm_source=apsis-anp-3&utm_medium=email&utm_content=unspecified&utm_campaign=unspecified.
84. Hanssen-Bauer, I., et al., *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing*. 2009.
85. Aase, B.B., *Kraftig fall i norsk mat- og sjølforsyning*, in *Nationen*. 2014.
86. Amundsen, B. *Sommerfuglen bjørkemåler ødela bjørkeskogen*. 2014; Available from: <http://forskning.no/skog-klima-naturvern-planteverden/2014/05/sommerfuglen-bjorkemaler-odela-bjorkeskogen>.
87. KroKene, P., *Klimaeffekter på granbarkbillen*.

Framtiden i våre henders siste rapporter:

Grønnsaksspiserne sponser kjøttspiserne

Dagligvarekjedene selger kjøtt med langt lavere fortjeneste enn andre matvarer

Jakten på den siste olje

Et klimaperspektiv på Statoils internasjonale satsing

Kindereggeffekten

Kutt i norsk kjøttproduksjon kan hjelpe miljø, selvforsyning og matsikkerhet

Forvaltning for fremtiden?

Om endringer i etikk- og bærekraftsarbeidet hos norske fondsforvaltere

Ren utvikling eller ren business

Hvorfor er Nepal så sinte på det norske vannkraftverket Khimti?

Mind the gap

En undersøkelse av arbeids- og sosiale forhold for fabrikkarbeidere i India

Mer fritid i stedet for mer lønn?

Sammendrag av intervjuer med norsk fagbevegelse

Godt brasiliansk

En kartlegging av soyaforbruket i norsk landbruk og oppdrettsnæring

Ikke gull alt som glimrer

Menneskerettighetsbrudd og miljøskade ved Oljefondets gull- og sølvgruver i Latin-Amerika

Se alle våre rapporter og arbeidsnotater på:

www.framtiden.no/rapporter

