

2°C

STATUS FRA KLIMAVITENSKAPEN

2014

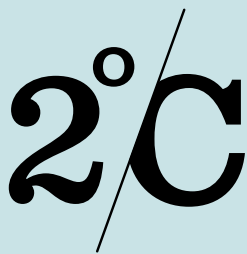


VANN OG KLIMA

EKSTREMNEBØR | ISSMELTING | VANN OG MAKT
HAVFORSURING | ØYER UNDER VANN

UTGITT MED STØTTE FRA:





ANSVARLIG REDAKTØR:

ANDERS BJARTNES

REDAKTØR:

OLAV ANDERS ØVREBØ

POST@TOGRADER.NO | TOGRADER.NO

DENNE UTGAVEN AV 2°C ER UTGITT MED STØTTE FRA:

**MILJØDIREKTORATET | UNIVERSITETET I BERGEN
NTNU | TEKNA | ENERGI NORGE | GC RIEBER FONDENE**

REDAKSJON:

GUÐRUN SYLTE | BJERKNESSENTERET FOR KLIMAFORSKNING

ELISE SÆLE DAHLE | HALTENBANKEN

LARS-HENRIK PAARUP MICHELSEN | NORSK KLIMASTIFTELSE

ANSVARLIG UTGIVER:

NORSK KLIMASTIFTELSE

DESIGN | **HALTENBANKEN**

TRYKK | **BODONI AS**

TYPESNITT | **FREIGHT | SENTINEL | METRIC**

PAPIR | **MUNKEN POLAR ROUGH**

OPPLAG | **10 000**

FORSIDEFOTO | **BÅRD EK**

REDAKSJONSSLUTT | **31.10.2014**



ISSN 2387-3418

VÅRE DISTRIBUSJONSPARTNERE:

**DNV | DEN NORSKE KIRKE | HOVEDBIBLIOTEKENE I OSLO,
BERGEN, TRONDHEIM, STAVANGER OG TROMSØ |
HORDALAND FYLKESKOMMUNE | VENSTRES HUS AS |
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET | NORGESGRUPPEN |
CHRISTIAN MICHELSEN RESEARCH AS |
FYLKESMANNEN I HORDALAND | ASPLAN VIAK |**

VI VIL OGSÅ TAKKE KLIMASTIFTELSENS STØTTESPILLERE:

SPAREBANKEN VEST | BKK | UMOE AS | KAVLIFONDET

I SAMARBEID MED:



UNIVERSITETET I BERGEN



Kunnskap for en bedre verden



UTGITT AV:



Norsk Klimastiftelse ble opprettet i 2010. Stiftelsen arbeider for kutt i klima-gassutslippene gjennom overgang til fornybar energi og andre lavutslipp-løsninger. Stiftelsen er basert i Bergen og har støtte fra et bredt nettverk i næringsliv, akademia, organisasjoner og offentlige institusjoner. Stiftelsens styre ledes av Pål W. Lorentzen.

Togradersprosjektet består av magasinene 2°C og 2°C Ny Energi og nettstedet tograder.no. Klimastiftelsen har inngått et langsiktig samarbeid med Universitetet i Bergen og NTNU om dette prosjektet. Bjerknessenteret er hovedleverandør av det faglige innholdet i 2°C - status fra klimavitenskapen

BIDRAGSYTERE FRA BJERKNESSENTERET

ØVRIGE BIDRAGSYTERE



WILLEM VAN DER BILT

STIPENDIAT, FORTIDSKLIMA,
UIB



PETRA LANGEBROEK

FORSKER, KLIMADYNAMIKK,
UNI RESEARCH



ROBERT GRAFF BAKKEVOLD

PRAKSISSTUDENT, UIB



JO BRENDRYEN

POSTDOKTOR, FORTIDSKLIMA, UIB



ISELIN MEDHAUG

POSTDOKTOR, KLIMADYNAMIKK,
UIB. NÅ VED ETH ZÜRICH



MARIE HAUGE

KOMMUNIKASJONSRÅDGIVER,
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET



TORE FUREVIK

DIREKTØR, BJERKNESSENTERET
OG PROFESSOR I OSEANOGRAFI, UIB



INGRID HUSØY ONARHEIM

STIPENDIAT, OSEANOGRAFI, UIB



EDVARD HVIDING

PROFESSOR, SOSIALANTROPOLOGI,
UIB



EYSTEIN JANSEN

PROFESSOR, FORTIDSKLIMA, UIB



SVETLANA SOROKINA

FORSKER, KLIMAVARIABILITET,
NANSENSENTERET



SVEIN SUNDBY FORSKER,

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
OG HJORTSENTERET



TRULS JOHANNESSEN

PROFESSOR, KJEMISK
OSEANOGRAFI, UIB



ASGEIR SORTEBERG

PROFESSOR, METEOROLOGI, UIB



ERLEND MOSTER KNUDSEN

STIPENDIAT, KLIMADYNAMIKK, UIB



ELLEN VISTE

POSTDOKTOR, METEOROLOGI, UIB

ANDERS BJARTNES
DAGLIG LEDER
NORSK KLIMASTIFTELSE

TORE FUREVIK
DIREKTØR
BJERKNESSENTERET

FORORD

UTVIKLINGEN I DE GLOBALE CO₂-UTSLIPPENE PEKER FORTSATT FEIL VEI.

I år er tredje gang vi utgir klimamagasinet 2°C. Norsk Klimastiftelse er utgiver, mens Bjerknessenteret er leverandør av det faglige innholdet og garantist for at stoffet vi presenterer i dette magasinet holder høy faglig standard.

Vårt felles mål er å formidle vitenskapens budskap på en lettfattelig måte, samtidig som en sikrer den nødvendige faglige tyngde og uavhengighet.

Det er gjentatt gang på gang, og blir stadig mer åpenbart: Klimatrusselen er den største utfordringen vår generasjon står overfor. Utslippskurven peker fortsatt feil vei. Det haster med tiltak som kan vende utviklingen. Tidsvinduet vi har til rådighet er krympende. Jo lengre vi venter, desto mer alvorlige blir konsekvensene.

2015 blir et viktig år. Oppunder jul vil verdens ledere møtes i Paris for å forsøke å komme frem til enighet om et nytt globalt klimaregime. København-toppmøtet i 2009 mislyktes. Hvert år siden har utslippene økt. Siste år var de 14 prosent høyere enn i toppmøteåret 2009.

Samtidig kommer effektene av klimaendringer tydeligere til uttrykk. Mer ekstremvær, flom og tørkeperioder, smelting av snø og is i polområdene, stigende havnivå; det blir synlig at klimaet ikke er som før. Opplevde forandringer gir varslere om en klode som kan bli dramatisk annerledes enn vi kjenner den.

Men det er også lyspunkter. Fornybar energi, som kan bidra til kraftige utslippskutt i energisektoren, har blitt dramatisk billigere. Det er ikke lenger et seriøst standpunkt å hevde at en overgang til et globalt lavutslippssamfunn er en teknologisk umulighet. Det er heller ikke slik at dette vil få dramatiske negative konsekvenser for verdensøkonomien. Tvert imot vil en riktig klimapolitikk kunne gi mange positive virkninger i form av nye arbeidsplasser, bedre bomiljø og bedre helse. En omlegging i riktig retning vil gi betydelige fordeler – og de verste konsekvensene av klimaendringene vil kunne unngås.

Vårt mål er at 2°C skal bli et referansedokument som når bredt ut til opinionsdannere i det norske samfunnet – politikere, næringslivsledere, tillitsvalgte i fagbevegelsen, akademikere og studenter, aktivister, journalister og andre informasjonsformidlere.

Et felles – og stadig bedre – kunnskapsgrunnlag er en nødvendig forutsetning for å forstå klimaendringene.

Vi håper leserne oppfatter 2°C som et godt bidrag i så måte.

Isfjell utenfor Diskoøya, Grønland, i august 2014.

Foto: Bradley Markle





ODDA 29. OKTOBER 2014: Flommen i elva Opo gjør stor skade på flere hus. FOTO: Jan Kåre Ness / NTB scanpix

INNSIKT: FRA SIDE

18 | VANN

SELV OM DET TIL TIDER BLIR FOR MYE AV DET GODE: VANN MÅ VI HA. UTEN H₂O, INTET LIV. I DENNE TEMADELEN BETRakter vi VANN OG KLIMA FRA MANGE FORSKJELLIGE FAGLIGE STÅSTEDER.

Basert på studier av fortidens og nåtidens klima forsøker forskerne å forutsi vannets oppførsel i fremtiden. Hvordan påvirker utslipp av klimagasser ismelting, nedbørsmønstre, havsirkulasjon – og hva vil endringene bety for økosystemer og samfunn?

«Vi lever i vannusikkerhetens tidsalder»

VANNETS RENNENDE MAKT
– INTERVJU MED TERJE TVEDT, SIDE 18

KOMMENTAR

16 | «PAUSEN» I DEN GLOBALE OPPVARMINGEN

Det er lite som tyder på falsk alarm
fra klimaforskningen – dessverre.

INNSIKT

22 | ØYER UNDER VANN

Havnivåstigningen truer eksistensen til de
lavtliggende øynasjonene.

INNSIKT

24 | MER EKSTREMT REGNVÆR

Klimamodellene varsler mer intens nedbør
i fremtiden, og allerede nå ser vi konsekvensene.

INNSIKT

28 | VARIABLE HAVNIVÅ

Hvorfor stiger ikke havet like mye over alt?



NEDSMELTING. Briksdalsbreen er en av de norske breene som har trukket seg tilbake i høy hastighet. På 1990-tallet dekket breen hele vannet.
Foto: Atle Nesje

AKTUELT

- 6 | MER SJØIS I ANTARKTIS
- 7 | SKATTEJAKT I SMELTENDE FONNER
- 8 | KLIMA-ALARM I PENTAGON
- 9 | DER VANN ER STORPOLITIKK

DATA

- 10 | KLIMASTATUS 2014
- 12 | KLODENS UTSLIPPSBUDSJETT
- 14 | ISSMELTING I ARKTIS
- 15 | HETE KLIMAENDRINGER

INNSIKT: GRØNLAND

- 34 | NÅR DEMNINGEN BRISTER
- 36 | DE ARKTISKE BREENE
- 38 | HVORDAN SMELTER GRØNLAND?



HVORFOR BLIR DET MER SJØIS I ANTARKTIS?

22. september 2014 var Antarktis omgitt av 20,11 millioner kvadratkilometer sjøis. Det er ny rekord siden satellittmålingene begynte på slutten av 1970-tallet, og videreføring av en langsiktig tendens. Men burde ikke global oppvarming heller føre til at mindre av havvannet utenfor Antarktis fryser til? Kontrasten er stor til Arktis, der tendensen er at stadig mer av sjøisen smelter (se side 14).

– Mens sjøisen smelter i Arktis, vokser den overraskende i Antarktis. Det er noe som blir fulgt av forskerne, og en mulig forklaring kan ligge i vestavindsbeltet rundt kontinentet. Observasjoner viser at vindbeltet har blitt sterkere rundt selve kontinentet. Da blir sjøis drevet ut i havet, og det blir mer åpent vann, som igjen gir rom for større dannelse av sjøis. Husk at det er svært kaldt her, og det er langs kysten det blir produsert mest sjøis, sier førsteamanuensis Kerim Nisancioglu ved Bjerknessenteret.

Forskere peker på flere mulige forklaringer.

- Endring i vindmønstre: Kald luft fra kontinentet kan ha blitt trukket ut mot Rosshavet, der mesteparten av økningen i isareal har funnet sted. Sterkere vinder kan også ha bidratt til mer isproduksjon. Mange peker på hullet i ozonlaget over Antarktis som mulig årsak. Dette kan ha ført til kraftigere lavtrykk og sterkere vinder.
- Kaldere overflatevann: Temperaturen i havet kan falle som følge av endringer i havsirkulasjonen. Havet er generelt ventet å bli varmere, men endringer i atmosfærens sirkulasjonsmønstre gjør at en ikke kan vente en jevn økning over hele kloden. Utenfor Antarktis-kontinentet foregår det også en storstilt oppstrømning av vann fra dypet, og dette vil også bidra til å holde området kaldt tross en økt drivhuseffekt.
- Iskappen smelter: Iskappen som dekker landområdet Antarktis smelter. Smeltevannet blander seg med sjøvannet i overflaten og skaper et stabilt overflatelag som lett vil kunne fryse. Denne effekten ser en godt om vinteren hos oss, da fjordarmer med stor vanntilførsel fra elver fryser mye lettere enn fjorder uten vanntilførsel. På denne måten kan altså global oppvarming paradoksalt nok være en av faktorene som bidrar til mer sjøis rundt Antarktis.

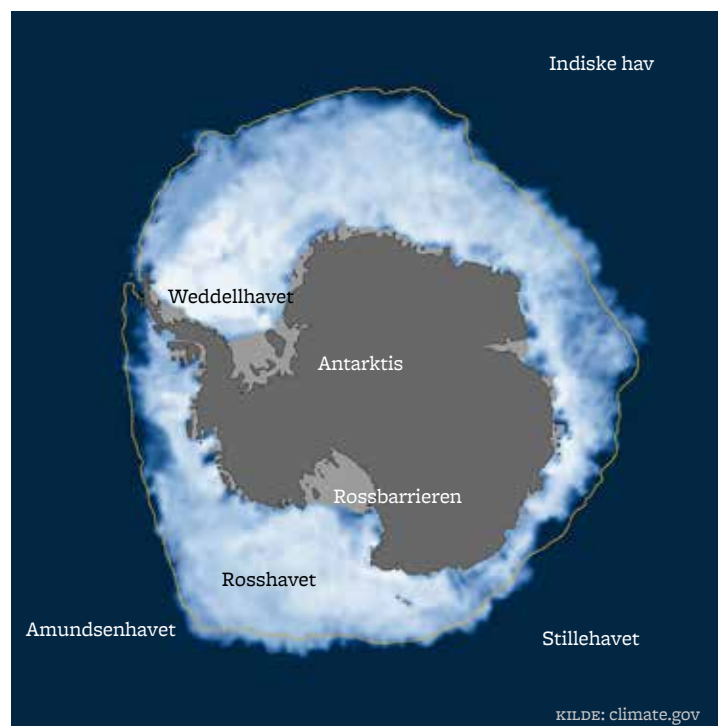
På lang sikt er det grunn til å vente at også sjøisen i Antarktis blir påvirket av effektene av global oppvarming, mener NASA-forsker Joey Comiso.

– Når regionen blir varmere og mer varme lagres i havet, venter vi at isarealet vil begynne å minke og reversere trenden, sier han til NASAs nettsted.

KILDER: nasa.gov, climate.gov, nsidc.org, yr.no

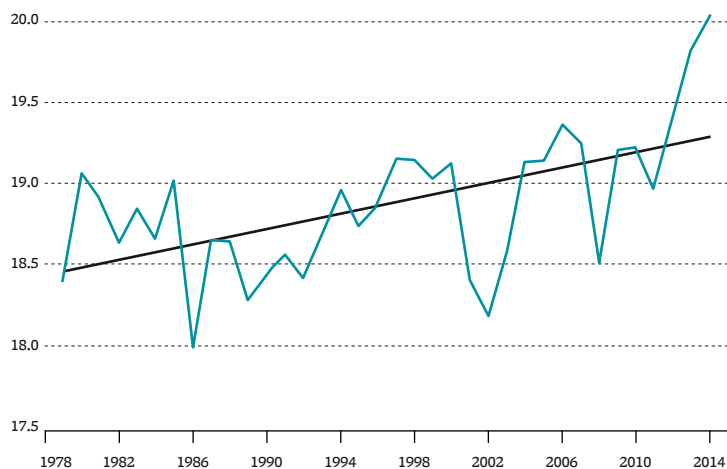
SJØISEN I ANTARKTIS

Utbredelsen av sjøis 22. september 2014. Den gule linjen viser gjennomsnittlig utbredelse 22. september 1981–2010.



Konsentrasjon av sjøis (%)

0 15 100



Gjennomsnittlig utbredelse av sjøis i Antarktis i september 1979–2014
Millioner kvadratkilometer

KILDE: National Snow and Ice Data Center

SKATTEJAKT I SMELTENDE FONNER

En 1700 år gammel kjortel av ull. En 5900 år gammel pilspiss. Et 2100 år gammelt reinsdyrgevir. I varme somre smelter isbreer og eldgamle snø- og isfonner i den norske fjellheimen. Frem dukker mengder av gjenstander, både menneskeskapte og naturlige, ofte i glimrende tilstand, bevart av snø og is som har ligget i hundre- og tusenvis av år. For arkeologer og klimaforskere er det blitt et kappløp med tiden å finne og ta vare på gjenstandene før de går i oppløsning og informasjonen de bærer med seg om fortiden forsvinner.

De mange funnene av gevirer kan gi gode kunnskaper om skiftende klima opp gjennom historien – de fungerer som markører for breenes bevegelse og størrelse fra fortid til nåtid, ifølge Atle Nesje, professor i geovitenskap ved UiB og Bjerknnessenteret.

For å sikre funnene og posisjonsbestemme dem på best mulig måte, ønsker Nesje et systematisk samarbeid mellom Statens naturoppsyn og representanter fra det naturvitenskapelige forskningsmiljøet.

KILDER: Science Magazine, bjerknnes.uib.no



Atle Nesje med et 1400 år gammelt gevir som nylig dukket fram av isen. Felles for gevirene som er funnet nå, er at de må ha blitt ganske raskt fanget av isen. – Ellers ville vær og vind ha ødelagt dem, sier Nesje. FOTO: Gudrun Sylte

TIDENES VARMESTE SEPTEMBER

September 2014 var den varmeste september måned som er målt siden 1880 – det året en fikk tilstrekkelig mange temperaturmålinger til at et globalt gjennomsnitt kan beregnes. Den kombinerte temperaturen over land og hav var i september i år 0,72°C over gjennomsnittet for det 20. århundre, som var 15,0°C. Tilsvarende månedsrekorder fikk en i mai, juni og august, og gjennomsnittstemperaturen over 12 måneder har aldri vært observert så høy som perioden oktober 2013 til september 2014.

Forskere venter på at værphenomenet El Niño skal dukke opp igjen i Stillehavet. Det rekordvarme året 1998 kom som resultat

av en veldig sterk El Niño. Foreløpig har ikke dette skjedd, og nettopp derfor er 2014-målingene verdt å merke seg, sier klimaforsker Eystein Jansen ved Bjerknnessenteret i Bergen til yr.no. Selv uten noen sterk El Niño har vi nå temperaturer som er like høye som i et rekord-El Niño-år, fremholder han.

2014 kan ende med å bli et rekordvarmt år. Det vil trolig påvirke debatten om hvorvidt vi er inne i en pause i den globale oppvarmingen (se side 16).

KILDER: yr.no, climate.gov, noaa.gov

Europa klimatilpasser seg

Erfaringer med ekstremvær motiverer europeiske land til å gjøre mer for å tilpasse seg et endret klima, viser en rapport utarbeidet av Det europeiske miljøbyrået (EEA). Av 30 EU- og EØS-land, blant dem Norge, sier halvparten at det er sterk vilje til å utforme en nasjonal politikk for klimatilpassing. 13 land har allerede iverksatt konkrete tiltak. Norge er et av få land som har kommet så langt at effekten av innførte tiltak er under evaluering.

Klimaendringer ventes å påvirke europeiske land med bl.a. flere flommer, tørkeperioder, hetebølger og havstigning. Hendelser knyttet til slike trender er allerede observert.

Selv om politisk oppmerksomhet ofte fokuseres på tiltak for å redusere klimagassutslippene, er det ingen vei utenom tilpassing, slår EEA fast. Sterkere vilje til å utforme tiltak kan ha sammenheng med økt offentlig interesse for klimaspørsmål i Europa de siste årene.

Kilde: eea.europa.eu



Solcellepaneler produserer strøm til militærbasen Fort Benning i Georgia, USA.
Foto: US Army Corps of Engineers. Creative Commons

ET SPØRSMÅL OM NASJONAL SIKKERHET

Klimaendringene utgjør en nasjonal sikkerhetsrisiko, slår det amerikanske forsvarsdepartementet (Pentagon) fast i en fersk rapport. Følgene av global oppvarming vil påvirke de fleste deler av virksomheten til verdens mest slagkraftige militærmakt, og dette må forsvarsgrenene forberede seg på. Dette er et lite utvalg av de mange ventede endringene rapporten peker på:

- Behov for økt militær tilstedeværelse i Arktis
- Økt helse- og sikkerhetsrisiko for militært personell
- Flere skader på bygninger og miljø grunnet flom og erosjon
- Redusert tilgang til materiell og ressurser som trengs i produksjon av våpen og forsyninger
- Redusert eller endret tilgang til mat- og vannressurser
- Mer ustabile forhold internt i og i forholdet mellom land

Forsvaret skal planlegge for endringene. Vurderinger av risiko knyttet til klimaendringer skal integreres i alle aspekter av forsvarsdepartementets virksomhet.

Rapporten tar for seg tilpasning til klimaendringer. Tidligere har Pentagon også utarbeidet planer for å redusere utslippene virksomheten forårsaker gjennom mer bruk av fornybar energi og energi-effektivisering. Forsvaret har bl.a. investert i utvikling av biodrivstoff for flyvåpenet, og styrker bruker solcelledrevet utstyr i felten.

KILDE: Department of Defense: 2014 Climate Change Adaptation Roadmap



Skifergassanlegg i Pennsylvania, USA. Foto: Beyond Coal and Gas. Creative Commons: by

Tvil om positiv gass-effekt

Er naturgass egnet som bro på veien til lavutslippssamfunnet? Bruk av gass til kraftproduksjon kan under bestemte forutsetninger gi betydelig lavere utslipp enn brenning av kull. Men flere studier sår tvil om den positive klimaeffekten ved utstrakt bruk av gass. En gruppe forskere har simulert økning av gassforbruket med 170 prosent innen 2050. De fant at effekten på CO₂-utslipp var liten, og varierte mellom -2 og +11 prosent. I de fleste modellene som ble brukt var resultatet en økning og ikke nedgang i utslippene.

Andre studier har tatt for seg problemer med lekkasje av gass i forbindelse med produksjon, distribusjon og bruk av naturgass. Lekkasje av metan fra den hurtig voksende amerikanske produksjonen av skifergass har fått særlig oppmerksomhet. Lekkasje kan annullere klimafordelen ved en overgang fra kull til gass, og i verste fall lede til høyere utslipp. KILDER: McJeon og kolleger: Limited impact on decadal-scale climate change from increased use of natural gas, Nature 2014; energioklima.no

CO₂-atlas for verdenshavene

Kvalitetskontrollerte data over CO₂-nivåer i havoverflaten er viktig for klimaforskerne. Det internasjonale prosjektet Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT), der flere forskere fra Bjerknessenteret er involvert, samler data fra flere institusjoner og gjør dem tilgjengelig i et felles format. Prosjektet utvikles stadig med nye sammenstillinger og ny presentasjon av dataene. Dataene dekker nå perioden 1968–2011. Nettstedet socat.info tilbyr også interaktive verktøy for å utforske dataene.

KILDE: socat.info; Earth System Science Data



Beas-elven i Himalaya i det nordlige India. Foto: Lu Li

VANSKELIGE INDISKE VANNVEIER

SVETLANA A. SOROKINA | NERSC OG BJERKNESSENTERET

MONSUNEN ER BARE EN AV BARRIERENE SOM MØTER FORSKERNE SOM REGNER PÅ REGIONALE VANNRESSURSER I HIMALAYA.

– Vi må ta i betraktning både storskala og regionale forandringer i klima og hydrologi for å gi nøyaktig informasjon om fremtidens vannressurser, sier Michel Mesquita, forsker ved Uni Research og Bjerknessenteret.

Han leder forskningsprosjektet NorIndia, et samarbeid mellom norske og indiske forskere. Prosjektet undersøker hvordan fremtidige vannressurser i India og Himalaya påvirkes av forhold som smeltende breer i Himalaya og skiftende monsuner. Metoden de benytter er utvikling av regionale hydrometeorologiske modeller.

Det er et stort og tett befolket område i Sør-Asia som er avhengig av vann fra elver med kilder i Himalaya. Bare i områdene rundt Indus, Ganges og Brahmaputra, elver som forskningsprosjektet undersøker, bor det 800 millioner mennesker som er direkte påvirket av eventuelle endringer i tilgang på ferskvann fra nedbør og bresmelting.

Vann og vannressurser er storpolitikk i India. Derfor er det en stor utfordring å få tilgang på hydrologiske data for å kalibrere modellen, forteller Mesquita og hans kollega ved Bjerknessenteret Lu Li. Prosessen er både dyr og tidkrevende.

Den nyvalgte indiske regjeringen ønsker å blåse nytt liv i det omstridte gigantprosjektet River Link som går ut på å knytte sammen Indias vannveier, inkludert 14 elver som renner fra Himalaya. Målet er å bringe vann fra områder med overskudd til deler av landet med knapphet.

I NorIndia-prosjektet studerer forskerne hvor nedbøren i India egentlig kommer fra, hvordan monsunsystemet blir påvirket av endringer i snødekket i Himalaya, og hvor ømfintlige isbreene og nedbørsystemene er for en varmere atmosfære. Alt dette skal til slutt kunne ut i en unik regional hydrometeorologisk modell for forskning og værvarsling kalt WRF-Hydro. Den skal hjelpe indiske myndigheter med å planlegge for endringer i vannforsyningen.

WRF-Hydro er mye mer nøyaktig enn de globale klimamodellene og tradisjonelle hydrologiske modeller. Forskere håper at WRF-Hydro i fremtiden vil bidra til forståelsen av hydrologiske konsekvenser og klimatilpasning også i Norge, spesielt på Vestlandet.



FORSKEREN

DRÅPENS FERD MOT HAVET

LU LI TAR HENSYN TIL ALT SOM KAN SKJE MED EN REGNDRÅPE.

Lu Li har doktorgraden ved Chinese Academy of Science i Beijing. Helt siden hun tok master har hun jobbet med hydrologiske modeller og hvordan man kan bruke dem til å beregne hvordan klimaendringer og menneskelige aktiviteter vil påvirke vanntilgang.

– I det hydrologiske kretsløpet kan vi se for oss at vi følger en vannråpes ferd fra atmosfæren til den renner ut i havet igjen. Det er mye som kan skje på veien. Noe av dråpen kan gå ned i jorden, bli tatt opp av en plante og fordampe. Noe av dråpen kan gå ned i grunnvannet og flyte langsomt avgårde over lang tid. Bevegelsene går både horisontalt og vertikalt. Faller dråpen på en isbre, kan den bli fanget av isen og bli liggende i noen tusen år. Faller dråpen i overflatevannet, kan den raskt følge vannet nedover og ut i havet igjen.

Det er mange muligheter, hvordan får dere modellene til å gjøre dette?

– Det er alltid noe man kan utvikle i modeller. Det er som å bygge Lego, det er alltid noe annet, noe nytt eller en justering man kan gjøre for å få modellen til å beskrive studieområdet bedre. Når vi får modellen til å gi bedre resultat, blir vi glade!

Hva er et godt resultat for en hydrologisk modell?

– Normalt trenger vi observerte data over vannføring for å justere modellen. Noen ganger passer ikke modellsimuleringen helt med dataene. Da må vi gå dypere inn i modellen for å se hvordan vi kan forbedre resultatet. Det gjør vi for å få modellen til å representere det vi vet har skjedd tidligere, som vi kan lese ut fra dataene. Målet er å få modeller som er gode nok til å kunne si noe om framtidig vannføring.

Hvordan får dere med alle detaljene?

– Det vi jobber med nå, er nybrottsarbeid i et hydrometeorologisk modellsystem. Modellen vi bruker kobler atmosfæren og landoverflaten med hydrologiske prosesser, i en svært høy oppløsning. Jeg bruker tre områder med skalering helt ned til 300 meter i et område med avsmelting fra isbreer i den indiske Himalaya-regionen. Vi kjører i supercomputeren Hexagon, som bruker rundt 180 timer å regne ut hvert modellår. Jeg begynte å jobbe med modellen i mars 2013 og nå holder jeg på å avslutte to tiårige modellsimuleringer, fra 1996 til 2005.



LU LI

Forsker på hydrologiske modeller

HYDROLOG

UNI RESEARCH OG BJERKNESSENTERET

KLIMASTATUS 2014

TEKST: TORE FUREVIK | UIB OG BJERKNESSENTERET
ILLUSTRASJON: HALTENBANKEN

CO₂ I ATMOSFÆREN SEPTEMBER 2014

395,28 PPM
+ 1,97 FRA SAMME MÅNED 2013

Øker stadig: Innholdet av CO₂ i atmosfæren måles i deler per million (engelsk: parts per million - ppm). På grunn av planteveksten i sommerhalvåret, er nivået høyest om våren og lavest om høsten. I april 2014 ble det for første gang målt verdier over 400 ppm på Hawaii, sannsynligvis det høyeste på flere millioner år. Nivået er nå mer enn 40 prosent høyere enn det var i 1750, og øker for hvert år. Tallene er hentet fra Mauna Loa-observatoriet på Hawaii.

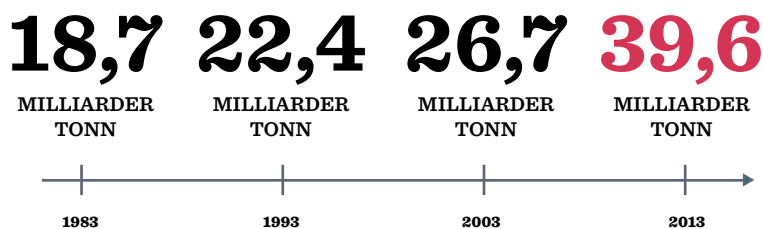
ÅRLIG CO₂-UTSLIPP

FRA FOSSILE BRENSLER, SEMENT OG ENDRING I VEGETASJON, TIL SAMMEN:

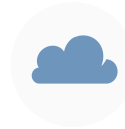
39,6 MILLIARDER TONN

MENNESKESKAPTE ENDRINGER I VEGETASJON PÅ LANDJORDA BIDRAR MED:

3,3 MILLIARDER TONN



Fossil utslippsvekst: Økningen i utslipp fra fossile brenslere og sement ble i 2013 særlig drevet opp av økende energiproduksjon og velstandsnivå i Kina, India og andre raskt voksende økonomier. I Europa fortsetter utslippene å minke, mens de økte noe i USA. Målt i utslipp per innbygger har Kina nå passert Europa og nærmer seg halvparten av USAs utslipp.



44%

CO₂ LAGRES I ATMOSFÆREN, OG BIDRAR TIL GLOBAL OPPVARMING (2004-2013)

Hvor blir CO₂-utslippene av?



30%

CO₂ TAS OPP AV PLANTER PÅ LANDJORDA (2004-2013)



26%

CO₂ TAS OPP AV HAVET (2004-2013)



TEMPERATUREN I DE NEDRE LUFTLAG

CA **+0,5°C**

SIDEN 1979

Med høyere karboninnhold i lufta, slipper mindre av varme-strålingen fra jordoverflaten tilbake til atmosfæren. Resultatet er at de nederste luftlag varmes opp, mens det høyere oppe kjøles ned. Denne kombinasjonen av oppvarming i nedre deler av atmosfæren og avkjøling i de øvre delene er målbar og et fingeravtrykk fra menneskeskapt oppvarming.

SNØDEKKET I JUNI PÅ DEN NORDLIGE HALVKULE

-13%

UTVIKLING PER TIÅR 1967-2014

Klimaendringene medfører at snøen smelter raskere om våren. Det har vært en dramatisk tilbakegang i snødekket i sommerhalvåret på hele den nordlige halvkule. Størst reduksjon har det vært i juni måned.

AVSMELTING FRA VERDENS BREER

-16,5 METER

I PERIODEN 1980-2012

Breer i hele verden har tilbakegang som følge av klimaendringene. Det har i 23 år vært sammenhengende negativ massebalanse. Oppgitt tall er i vannekvivalenter og regner ikke med de store isdekkene på Grønland og i Antarktis.

TEMPERATUREN OVER LAND

+0,99°C

AVVIK I 2013 I FORHOLD TIL MIDDEL
8,5°C I PERIODEN 1901-2000

Temperaturøkningen over land er det vi mennesker erfarer direkte. Temperaturfordelingen over land er fordelt ulikt over kloden. Oppvarmingen er størst på den nordlige halvkule, og særlig stor i nordområdene.

TEMPERATUREN I HAVOVERFLATEN

+0,48°C

AVVIK I 2013 I FORHOLD TIL MIDDEL
16,1°C I PERIODEN 1901-2000

Det meste av den globale oppvarmingen fanges av havet. Store vannmasser skal varmes opp, så prosessene går langsomt. Havet holder til gjengjeld lenge på varmen.

SJOISEN I ARKTIS

-13,2%

MÅLT I SEPTEMBER (VED MINIMUM),
UTVIKLING PER TIÅR 1979-2013

Grunnet høyere luft- og havtemperaturer, smelter isen i Arktis. Når is smelter, reflekteres mindre av solstrålingen tilbake, og luft og hav varmes opp ytterligere. Resultatet er tynnere is, tidligere åpent vann om våren og senere tilfrysing om høsten.

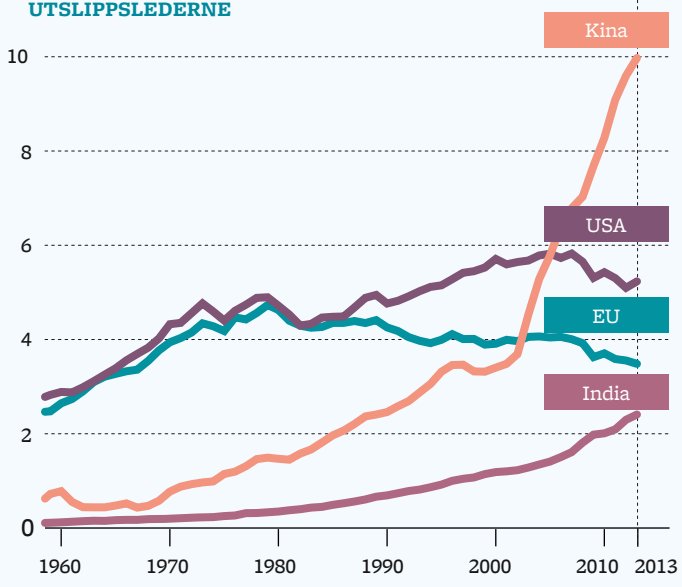
+26%

ØKNING AV HYDROGEN-
IONER SIDEN FØR
INDUSTRIALISERINGEN

HAVFORSURING

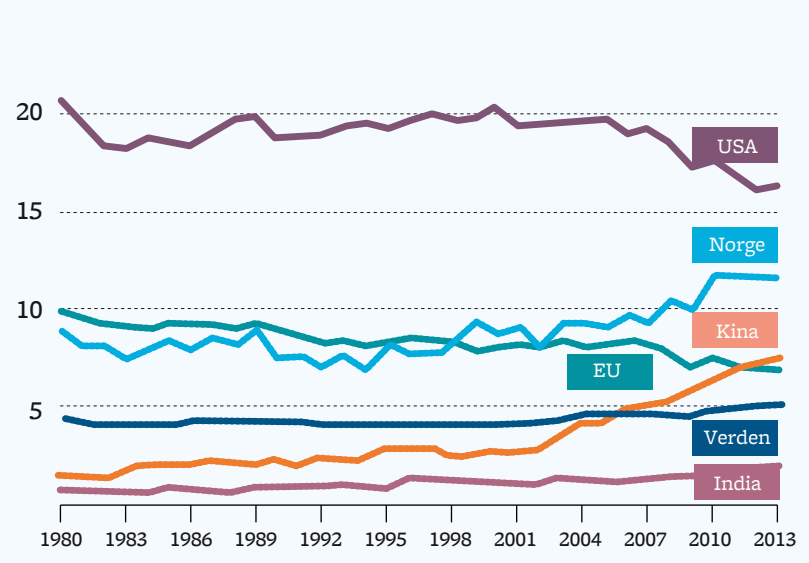
Når CO₂ tas opp av havet, dannes det kullsyre som umiddelbart splittes i ioner. Resultatet er at pH-verdien synker. Havet - som i utgangspunktet er basisk - har fått redusert pH-verdi med 0,1 pH-enheter. Forsuringen går raskere enn jorden har opplevd på 55 millioner år. Man har allerede observert at skjell og koraller tar skade, da lavere pH gjør at kalk går i oppløsning. I et klimaperspektiv betyr lavere pH også at havets fremtidige evne til å ta opp CO₂ reduseres. Dette kan medføre at mer av CO₂-utslippene blir værende i atmosfæren, noe som igjen kan bidra til raskere klimaendringer i fremtiden.

FIGUR 1
UTSLIPPSLEDERNE



Utslipp av CO₂ i gigatonn per år. Fire største land/regioner.
KILDE: CDIAC/GC

FIGUR 2
RETTFERDIG FORDELING?

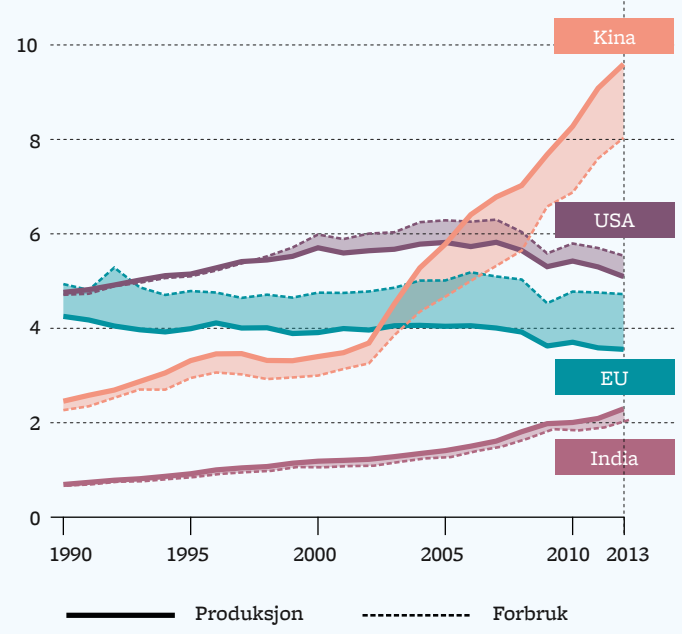


Utslipp i tonn CO₂ per innbygger per år.
KILDE: CDIAC/GCP

KLODENS UTSLIPPSBUDSJETT

I 2013 BLE DET SLUPPET UT 36 GIGATONN CO₂ I VERDEN, EN ØKNING PÅ 2,3 PROSENT FRA 2012. TALLENE KOMMER FRA FORSKNINGSPROSJEKTET GLOBAL CARBON PROJECT, SOM HVERT ÅR GIR UT EN RAPPORT OM DET GLOBALE «KARBONBUDSJETTET».

FIGUR 3
DET EN LAGER FOR ANDRE



Differansen mellom territoriale utslipp (produksjon) og utslipp når eksport er trukket fra (forbruk), gigatonn CO₂ per år.
KILDE: CDIAC/GCP/Peters et al 2011

Kinas betydning for de globale utslippene er mer iøynefallende enn noen gang. Kina sto for hele 28 prosent av utslippene i verden i fjor (figur 1). Nest størst var USA med 14 prosent. Kina sto også for over halvparten av økningen i utslipp fra 2012 til 2013.

Kinas andel av utslippene har økt dramatisk de siste 25 årene, i takt med landets ekstreme økonomiske vekst - bruttonasjonalprodukt (BNP) har vokst med 7 til 14 prosent hvert eneste år siden 1990, og veksten er fortsatt på over 7 prosent.

Til sammenligning har BNP i EU-landene økt med 0 til 4 prosent per år siden 1990. Under finanskrisen opplevde mange EU-land til og med et kraftig fall i BNP. Siden 1990 har EUs samlede utslipp falt med 19 prosent, og trenden fortsatte i 2013.

Kinas vekst kommer også godt fram hvis en isteden måler klimagassutslipp per innbygger (figur 2). I 2013 passerte utslipp per innbygger for første gang nivået i EU. Kineserne slapp i 2013 ut i snitt 7,2 tonn CO₂. Forskjellen mellom EU og Kina er ventet å øke. I 2020 tror forskerne at Kina vil slippe ut 8,9 tonn CO₂ per innbygger, mot 6,4 i EU.

Tallene over refererer til territorielle utslipp, altså utslippene som måles i landet selv. Da tar en ikke hensyn til at verdenshandelen medfører eksport og import av utslipp. Kina er verdens industrihall og mange av varene som de produserer brukes i andre land. Selv om utslippene ved produksjon av en smarttelefon skjer i Kina, bør vel landet der telefonen kjøpes ta noe av «ansvaret» for utslippene produksjonen forårsaker?

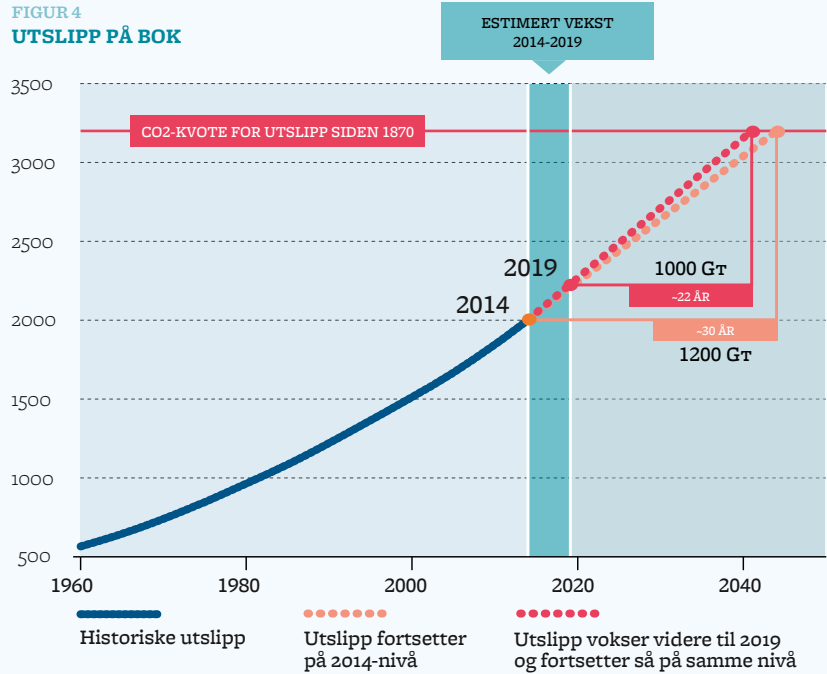
Forskjellen kommer fram ved å sammenligne territorielle utslipp og forbruks-utslipp - det vil si utslipp fra produkter som blir eksportert fra Kina (figur 3). Ifølge tallene fra Global Carbon Project var forskjellen i 2012 1,6 milliarder tonn, eller 16 prosent av Kinas samlede utslipp. De største kjøperne av varer produsert i Kina er USA, Japan og Tyskland.

Hvordan ligger så verden an, målt mot hvor mye klimagasser som «bør» slippes ut? Forskere tar her utgangspunkt i togradersmålet - at den gjennomsnittlige økningen i temperatur bør holdes under 2 grader sammenlignet med førindustriell tid, for at vi skal unngå farlige klimaendringer.

CO₂ blir værende i atmosfæren i lang tid etter at utslippet er skjedd. Derfor opererer en her med kumulative utslipp, altså historiske utslipp lagt sammen.

Hvis kumulative utslipp holdes under 3200 gigatonn CO₂, er det 66 prosent sannsynlighet for å holde oppvarmingen under 2 grader (figur 4). Skal dette lykkes, må imidlertid utslippskuttene komme svært hurtig. Til nå er det blitt sluppet ut totalt ca. 1960 gigatonn CO₂. Med den utviklingen i utslipp forskerne forventer i dag, vil nivået på 3200 gigatonn CO₂ bli nådd allerede rundt 2040.

FIGUR 4
UTSLIPP PÅ BOK



Kumulative utslipp i gigatonn CO₂, historiske (til 2012) og estimerte (fra 2012).
KILDE: Friedlingstein et al 2014

ET MÅLENETTVERK FOR KARBONUTSLIPP

HVORDAN KAN MAN VITE OM VERDENS NASJONER OVERHOLDER UTSLIPPSAVTALER?

I oktober 2014 vedtok EU-landenes ledere å kutte sine utslipp av klimagasser med 40 prosent fra utslippsnivået i 1990. Målet skal nås innen 2030. Hvordan man kan vite at de europeiske nasjonene faktisk overholder dette, kan det internasjonale målenettverket ICOS ha et svar på.

ICOS står for Integrated Carbon Observatory System, og er et globalt nettverk av målestasjoner for karboninnhold i hav, land og atmosfære. På vitenskapelig vis kan det tallfeste hvor mye nasjoner slipper ut av drivhusgasser.

Målenettverket er satt opp strategisk slik at nasjonale utslipp kan måles. Det betyr at land som bryter utslippsavtaler kan ansvarliggjøres. I tillegg kan målenettverket fortelle oss mer om hvor effektive forskjellige klimagastiltak faktisk er.

Norge slipper ut mer CO₂ per innbygger enn snittet i EU og har en stor olje- og gassindustri, men deltar foreløpig ikke direkte i ICOS. Observasjonssamarbeidet ble startet av det europeiske forskningsrådet i 2008, og Norge er ønsket til å ta ansvaret for det tematiske overvåkningskontoret for havet.

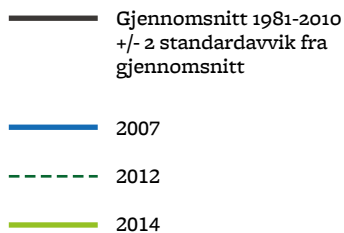
På Bjerknessenteret satte professor Truls Johannessen i 2012 i gang et begynnende overvåkningskontor for havet. Høsten 2014 gikk en ny søknad om finansiering av dette til Forskningsrådet.

Samtidig som målenettverket bidrar til å måle pulsen på opptak av karbon i havet og på land, gir det også forskere god informasjon om hvor klimasystemet står. Til nå har havet tatt opp store deler av de menneskelige utslippene av karbon etter den industrielle revolusjon, men dette opptaket er ventet å bli redusert ettersom havet blir mettet.

KILDER: Global Carbon Project: Global Carbon Budget 2014 (globalcarbonproject.org) | Carbonbrief.org | Verdensbanken

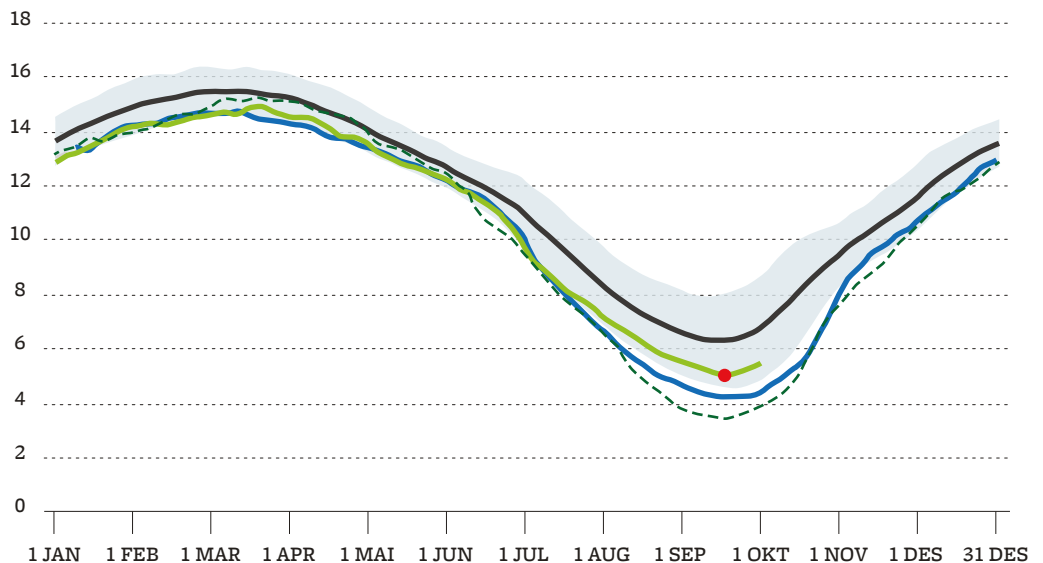


SMELTESESONGEN



Utbredelse av sjøisen i Arktis gjennom året, i millioner kvadratkilometer. Gjennomsnitt for 1981-2010 og verdier for årene 2007, 2012 og 2014.

KILDE: National Snow and Ice Data Center (www.nsidc.org)



ISSMELTING I ARKTIS: STADIG PÅ HØYT NIVÅ

KRYMPENDE POLIS



Utbredelse av sjøisen i Arktis 17. september 2014 var 5,02 millioner kvadratkilometer. Den oransje linjen viser gjennomsnittlig utbredelse i perioden 1981 til 2010, for den dagen.

KILDE: National Snow and Ice Data Center (www.nsidc.org)

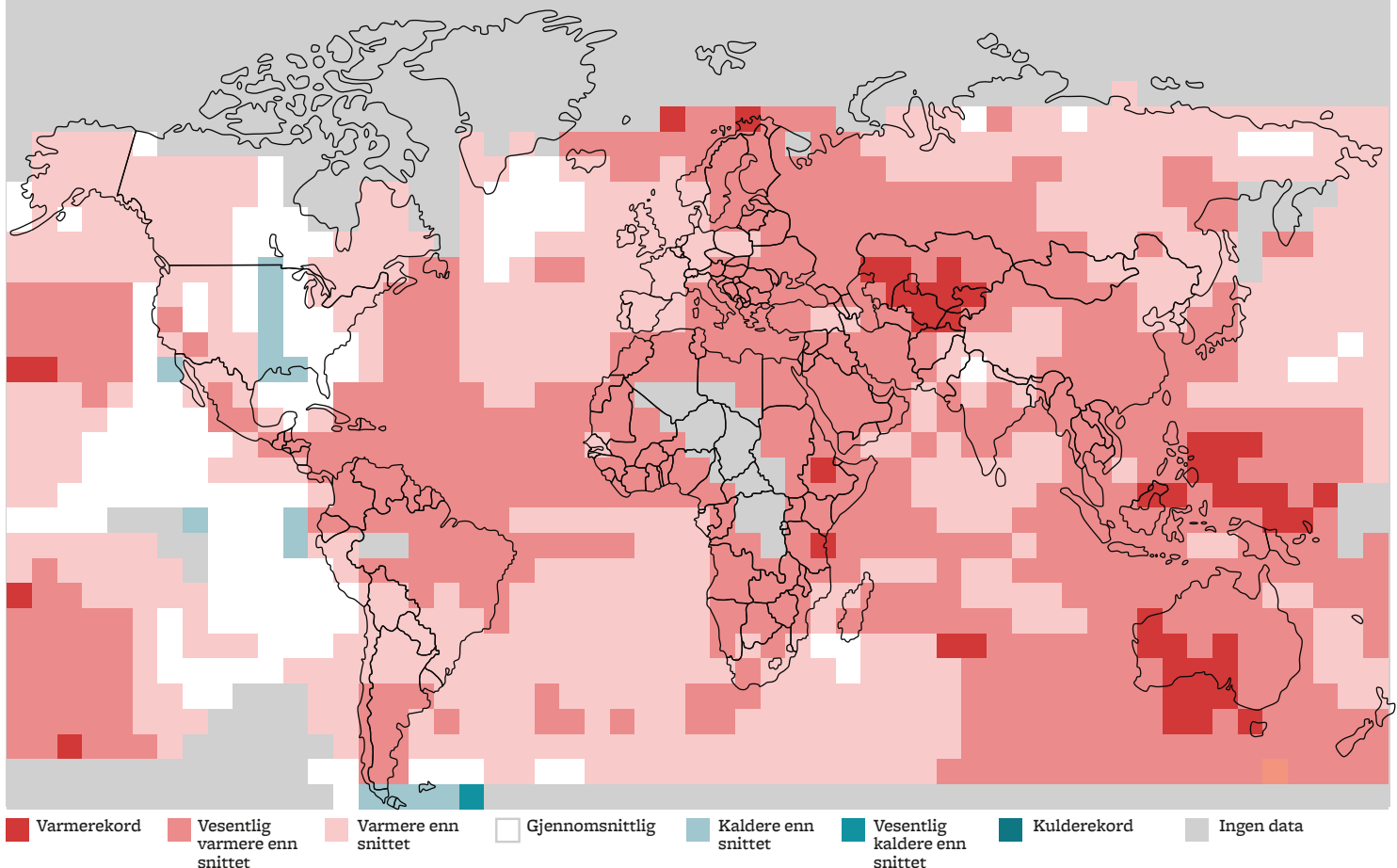
SVETLANA SOROKINA | NERSC OG BJERKNESSENTERET

17. SEPTEMBER NÅDDE SMELTINGEN AV SJØISEN I ARKTIS SIN TOPP FOR 2014. UTBREDELSEN AV SJØIS VAR DA 5,02 MILLIONER KVADRATKILOMETER.

Det er godt under gjennomsnittet, men ikke ny smelterekord som i 2007 og 2012. Smeltesesongen endte med at utbredelsen av is var den sjettede laveste siden målingene startet i 1979.

Klimaforskerne pekte på sammensatte årsaker til smelterekorden i 2012. Sammenhengen med et varmere klima er klar. Høyere temperatur skaper økt smelting, som setter i gang en selvforsterkende prosess. I tillegg kom andre, mer indirekte årsaker til 2012-rekorden: Havstrømmene inn i Polhavet var sterkere og varmere enn normalt. Videre drev lavtrykk mellom Grønland og Island mye varme fra sørlige strøk nordover, og vinder langs Grønland dyttet sjøis sørover.

Til sammenligning hadde en ikke spesielle værforhold som dette i Arktis om sommeren i 2013 og 2014, som værmessig var «vanlige» somre.



KLIMAENDRINGER GJORDE DET HETT

ELLEN VISTE | UIB OG BJERKNESSETERET

MENNESKESKAPT OPPVARMING ØKER SANNSYNLIGHETEN FOR HETEBØLGER, TØRKE OG EKSTREMNEDBØR. MEN KLIMAENDRINGER KAN IKKE FÅ SKYLDEN FOR ALLE HENDELSER.

I 2013 haglet temperaturrekordene over Australia. Året var det varmeste i en måleserie som går tilbake til 1910. Våren var den varmeste, sommeren var den varmeste, januar var den varmeste måneden, og september var mer unormalt varm enn noen måned før hadde vært. Den 7. januar nådde maksimumstemperaturen så høyt som 40,3 °C – i gjennomsnitt for hele kontinentet.

En rapport med ni analyser av ekstremvarme i Asia og Australia i 2013 konkluderer med at menneskeskapt oppvarming bidro til heten. Hetebølgen i Sør-Korea sommeren 2013 var ti ganger så sannsynlig i dagens klima som i et klima uten menneskeskapt oppvarming.

Rapporten tar også opp nedbør og stormer. Et voldsomt regnvær som førte til flom og tap av ti menneskeliv i Colorado i september 2013, viste seg også å være påvirket av klimaendringer – med motsatt fortegn. Sammenlignet med 1800-tallet er en slik hendelse mindre sannsynlig i dag, til tross for at klimaet er blitt varmere og fuktigere.

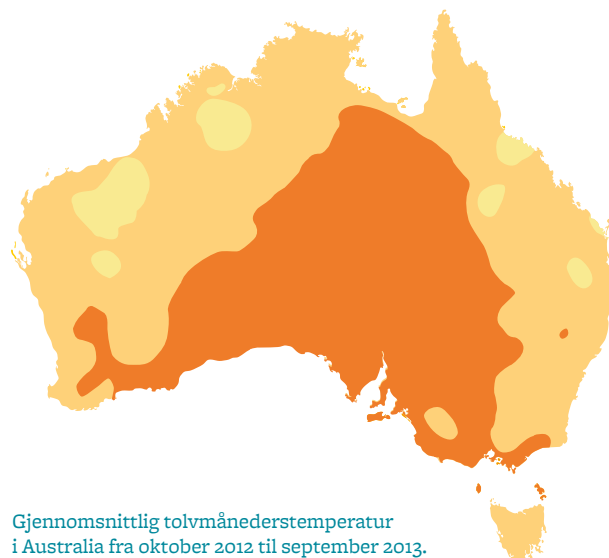
KILDER: American Meteorological Society: Explaining Extreme Events of 2013 from a Climate Perspective, rapport, 2014. Bureau of Meteorology (Australia): Annual climate statement 2013 (www.bom.gov.au)

TAR TEMPEN

Rangering av temperaturen i 2013, sammenlignet med perioden 1880-2013. Rødt viser høyere temperatur enn normalt, blått lavere temperatur enn normalt. I de mørkerøde feltene var 2013 det aller varmeste året. Antarktis og havområder i sør er utelatt fra kartet pga. manglende data. KILDER: American Meteorological Society: State of the climate in 2013, rapport, 2014. National Climatic Data Center: Global Analysis - Annual 2013

Konklusjonene for nedbør og uvær i 2013 er ikke like samstemte som for hetebølger. Mens tørke i New Zealand ble koblet til klimaendringer, kunne ikke forskerne påvise noen sammenheng i California. Heller ikke en storm over Tyskland eller snøstormer i Pyreneene og Nord-Dakota kan vi gi klimaendringer skylden for.

■ Høyeste målte temperatur
 ■ Blant de 10% varmeste
 ■ Blant de 30% varmeste



Gjennomsnittlig tolv månederstemperatur i Australia fra oktober 2012 til september 2013.

KILDE: Australian Government Bureau of Meteorology



TORE FUREVIK

DIREKTØR VED BJERKNESSENTERET,
PROFESSOR I FYSISK OSEANOGRAPHI, UIB

«PAUSEN» I DEN GLOBALE OPPVARMINGEN

DET ER LITE SOM TYDER PÅ FALSK ALARM
FRA KLIMAFORSKNINGEN – DESSVERRE.

Et spørsmål som har fått veldig mye oppmerksomhet både fra klimaforskere og fra såkalte klimaskeptikere de siste årene, er hvorfor den globale oppvarmingen tilsynelatende har bremsset opp eller tatt en pause. Klimaforskerne peker på naturlige variasjoner, mens klimaskeptikerne mener å ha fått det avgjørende beviset på at klimamodellene, klimaforskerne og FNs klimapanel tar feil i at det er sammenheng mellom utslipp av drivhusgasser og temperaturen på jorda.

En skulle gjerne ønske at den siste gruppen hadde rett, og at det hele viste seg å være falsk alarm. Dessverre er det lite som tyder på det. Klimasystemet fortsetter å varmes opp med uforminsket styrke, og flere og flere steder på jorda opplever en nå forandringer som etter all sannsynlighet skyldes det høyere innholdet av drivhusgasser i atmosfæren. Havet blir varmere og utvider seg, de store iskappene i Antarktis og på Grønland, og isbreer over stort sett hele jorda, smelter hurtigere enn før, og en ser økende forekomster av ekstreme sommertemperaturer, tørke, flom og vind.

«Klimasystemet fortsetter å varmes opp med uforminsket styrke»

Den globale gjennomsnittstemperaturen er beregnet ut fra et stort antall målinger nær overflaten. Over land kommer dataene fra meteorologiske stasjoner, over havet fra skip, bøyer eller satellitter. Der målinger mangler, gjøres beregningene ut fra nærliggende stasjoner. Det finnes

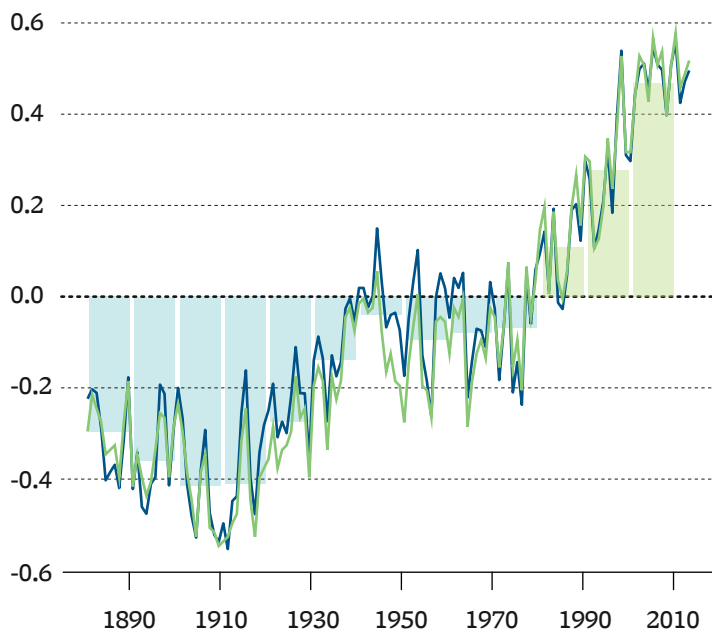
ulike metoder for dette, og derfor viser ulike datasett litt ulike forløp for den globale temperaturutviklingen. Men alle viser en veldig sterk oppvarming de siste 50 år, der hvert tiår etter 1970 har vært betraktelig varmere enn det foregående. Det er ingen tegn til at dette stopper opp, og en kan derfor spørre seg om det gir mening å snakke om pause i oppvarmingen.

Likevel, mens hvert tiår har vært varmere enn det foregående, svinger den globale gjennomsnittstemperaturen veldig fra år til år. Mens 1998 peker seg ut som et veldig varmt år, var 2008 et relativt kaldt år, selv om det var varmere enn samtlige år før 1998. Den viktigste årsaken til de store forskjellene fra år til år finner vi i Stillehavet. I dette havet, som er like stort som alle andre havområder til sammen, foregår det et samspill mellom atmosfæren og havet som skaper store svingninger i klimasystemet langt utover Stillehavets grenser.

Stillehavet er preget av høytrykk i øst og lavtrykk i vest, og passatvinder som styrt av trykkforskjellene blåser trofast fra øst mot vest – noe seilere har visst å utnytte i årtusener. Vindene frakter varmt overflatevann vestover, fører til høy vannstand og høy temperatur i vest, og lav vannstand og lave temperaturer i øst, der kaldt vann strømmer opp fra dypet for å erstatte overflatevannet som drives vestover.

Men enkelte år oppstår det tilfeldige forstyrrelser som fører til at passatvindene svekkes. Varmt vann begynner da å strøme østover mot kysten av Sør-Amerika hvor det legger seg som et lokk over det kaldere vannet under. Det varme vannet fører igjen til at høytrykket i øst svekkes,

VARMERE PLANET



Den globale gjennomsnittstemperaturen fra 1880 til 2013. Målingene er gjort både over land (2 meter høyde) og over hav (overflate temperatur). Søylen viser middeltemperatur for hvert tiår. Verdiene er vist som avvik i grader Celsius fra perioden 1961-1990.

GRØNN KURVE: Data fra NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS)

BLÅ KURVE: Data fra Climate Research Unit, University of Anglia og Hadley Centre (HadCRUT4)

KILDE: Helge Drange, Bjerknessenteret.

«Små forstyrrelser i atmosfæren eller havet kan vokse og bli til store svingninger i klimaet»

vindene blir enda svakere eller til og med snur, og vannet i øst blir dermed enda varmere. Dette innfløkte samspillet gjør at det som begynner som små forstyrrelser i atmosfæren eller havet, kan vokse og bli til store svingninger i klimaet. Mekanismen kalles for Bjerknes-forsterkningen, etter Jacob Bjerknes som forklarte fenomenet i 1969. Når passatvindene svekkes og veldige områder øst i Stillehavet varmes opp, har vi det som kalles for en El Niño (guttebarnet). Omvendt kalles perioder med sterke passatvinder og kaldt vann i Stillehavet for La Niña (jentebarnet). Det usædvanlig varme året 1998 sammenfalt med den kraftigste El Niño som noensinne har vært målt, mens 2008 var et La Niña-år.

De siste 15 årene har det vært en tendens til sterkere passatvinder i Stillehavet, og mer kaldt vann har strømmet til overflaten i øst og bidratt til å kjøle ned store deler av Stillehavet. Det meste av dette skyldes El Niño-/La Niña-svingningene, men det ser også ut til å være mer langsomme svingninger som kan påvirke passatvindene. Avkjølingen i Stillehavet står i sterk kontrast til Arktis og nordområdene som har hatt en kraftig oppvarming i samme periode. De sterkere passatvindene har også ført til at vannstanden har sunket øst i Stillehavet, men i vest steget mer enn dobbelt så raskt som gjennomsnittet på kloden, noe befolkningen i mange lavtliggende øynasjoner har fått merke.

Det er en myte at klimamodellene ikke har med naturlige variasjoner som beskrevet over. Ser en på hver enkelt modell finner en mange 10–15 års-perioder der oppvarmingen stopper opp, og det til og med kan bli kaldere. Nærmere analyser peker som oftest mot Stillehavet og styrken på passatvindene som årsak til at dette skjer. Blir passatvindene sterkere enn normalt blir overflatevannet kaldere, og havet vil oppta mer av «overskuddsvarmen» forårsaket av den globale oppvarmingen. Når passatvindene derimot svekkes, vil overflatevannet bli varmere og den globale oppvarmingen gå ekstra fort. Siden dette fenomenet opptrer naturlig og tilfeldig, omtrent som for lavtrykk hos oss, vil det opptre ved forskjellige tidspunkt i de ulike modellene og modellkjøringene. Legger man mange modeller sammen, slik det blant annet blir presentert i rapportene fra FNs klimapanel, ser en derfor bare en jevn oppvarming forårsaket av den økte drivhuseffekten.

Hva er så status i dag? Målingene viser at de siste 12 månedene er den varmeste oktober-september-perioden noensinne observert globalt (dette gjelder også for Norge). Ingenting tyder på at varmen vil avta de neste par månedene, snarere tvert imot. Ifølge El Niño-prognosene ventes en svak El Niño å utvikle seg utover høsten og vinteren 2014 til 2015, og spørsmålet er dessverre hvor stor den neste varmerekorden kommer til å bli, heller enn om det blir ny rekord.



VANNETS RENNENDE MAKT

OLAV ANDERS ØVREBØ | REDAKTØR 2°C

DEN ØKTE KUNNSKAPEN OM KLIMAENDRINGER I HISTORIEN HAR SKAPT ET HELT NYTT SAMFUNNSFENOMEN: EN VARIG USIKKERHET OM HVORDAN VANNET VIL RENNE I FREMTIDEN. NÅR VANNET TAR NYE VEIER, ENDRES OGSÅ MAKTFORHOLD, SIER TERJE TVEDT.

Tvedt har i en årrekke studert historiske endringer i forholdet mellom vann og samfunn. Professoren har en rekke vitenskapelige arbeider og bøker om vann bak seg, og er blitt kjent for et større publikum gjennom flere dokumentarprogrammer – sist i den NRK-sendte serien «Kampen om Nilen».

Mellom to intense høst-regnbyger møtte jeg Tvedt på St. Hanshaugen i Oslo til en samtale om vann og klima, maktforhold og forskning.

Vi lever i «vannusikkerhetens tidsalder», fremholder Tvedt. Uansett hvor man kommer i verden, uansett hvem man møter, i diskusjoner om været trekker folk umiddelbart frem global oppvarming som årsak.

– For 100 år siden kunne man planlegge store vannkraftverk uten å stille spørsmålet om elvene vil endre vannføring i det lange løp. Nå vil ingen vanningeniør noe sted planlegge et stort anlegg uten å vurdere de mulige konsekvensene av klimamessige endringer, sier Tvedt.

«Vannet renner veldig urettferdig på denne kloden»

Hovedårsaken til den nye usikkerheten om fremtiden er paradoksalt nok forskningsresultater om fortiden.

– Ny viten om klimaet og hvor raskt og hvor ofte det har endret seg i historien, gjør at folk som opptre som om det vil forbli stabilt, nå ganske plutselig oppfattes som dumme eller naive, sier han.

Med kunnskap, i dette tilfellet om hvordan fremtiden kan komme til å arte seg, følger makt.

– Definisjonsmakten over fremtidens vannlandskap er makt nærmest uten begrensninger. Selv de mektigste pavene måtte dele makten med Gud. Klimaforskeren kan vise til vitenskapen, og si at «sånn kommer det til å bli». Og vinner du den definisjonsmakten, da vil mange danse etter din pipe.

Hvordan klimavitenskapens resultater skal følges opp i praksis i samfunnet, blir et sentralt stridsfelt:

– En helt ny tankefigur har erobret en sentral posisjon i samfunnet for godt, og vi vet ikke nå med hvilke konsekvenser. Det er kun i et langt tidsperspektiv at det radikale ved denne nye vannusikkerhetens tidsalder kan forstås, sier Tvedt.

Komplekse konflikter

Tvedt spissformulerer seg slik: Fremtidige endringer i klimaet vil i samfunnet først og fremst komme til uttrykk i endringer i måten vannet renner på, i konsekvensene av samvirket mellom hva han kaller den hydrologiske og hydrososiale sirkel.

At slike endringer vil skape konflikter, er lett å tenke seg. Kanskje for lett. Jeg hadde egentlig tenkt å få hjelp til å lage en liste over verdens viktigste konflikter om vannressurser der klimaendringer er en faktor. Antakelig lurte i bakhodet en av disse fengende listene over «de fem viktigste ditt og datt» som internett renner over av, men her protesterte Tvedt. Han advarer mot å bruke klimaendringer som forklaring på komplekse konflikter. Slike forenklinger kan slå tilbake.

– Man henter fram populære og gripende eksempler som ikke holder, og som dermed i det lange løp undergraver alvoret i klimaendringene.

Krigen i Darfur-regionen i Sudan er ett slikt eksempel, mener Tvedt.



Den mektige Yangtze-elvens begynnelse i Tibet
Foto: Terje Tvedt

– Mange snakket om at krigen i Darfur måtte forstås som resultat av klimaendringer – at vannet forsvant og brønnene var borte, osv, og derfor startet krigen. Det er reinspikka tøv. Det finnes ikke noe empirisk belegg for det. Konflikten hadde en helt annen bakgrunn med

«*Definisjonsmakten over fremtidens vannlandskap er makt nærmest uten begrensninger*»

dypere røtter. Endringer i miljøet var selvsagt en av mange faktorer, men hvis du reduserer den konflikten til et spørsmål om endringer i vannet i Darfur, da reduserer du samfunnets kompleksitet så radikalt at du overhodet ikke er i stand til å forstå hva som foregår.

Det betyr ikke at det ikke finnes konflikter der klima er en viktig faktor – ikke minst konflikter basert på frykten for fremtidige klimaendringer. Et av Tvedts eksempler er Nederland.

– Regjeringen sa at nå må vi slutte å bygge diker, for vi kan ikke bygge diker til himmelen likevel hvis det kommer mer og mer vann i elvene. Istedenfor vedtok de å gi land tilbake til vannet. Det vil si at noen av bøndene som har etablert gårdsbruk må slutte og flytte til byen. Det betyr konflikt mellom bønder og regjering, fordi den nederlandske regjeringen mener at vannføringen i elvene vil øke og allerede har økt.

Det mest interessante ved at vannspørsmålet kommer stadig høyere opp på den politiske dagsorden, er ikke at det vil føre til krig og konflikt, som mange snakker om, men hvordan det vil påvirke fordeling og bruk av makt i samfunnet, mener Tvedt. Hvilken type makt besitter du hvis du har makt over vannkilder i et område hvor mange vil ha det vannet?

Midtens vannrike

Diskusjoner om klima leder en før eller siden til Kina – landet som mer enn noe annet vil avgjøre hvordan verden klarer å håndtere klimaendringer. Få steder i verden er bevisstheten like stor om klimaets makt som i Kina, påpeker Tvedt. Kinesiske historikere har funnet sammenhenger mellom dynastiers vekst og fall og endringer i klimaet. En av årsakene til at det siste keiserriket ble avgjørende svekket, var dramatiske endringer i klimaet på slutten av 1700- og begynnelsen av 1800-tallet. Det fikk det hydrologiske systemet til å kollapse, det intrikate vanntransportsystemet de hadde utviklet sviktet dem, og dynastiet klarte ikke å holde på makten.

– Oppmerksomheten i Kina om forholdet mellom politisk makt og monsunens måte å vanne landet på, er ganske sterk, sier Tvedt.



TERJE TVEDT

Professor i geografi ved Universitetet i Bergen og professor II i global historie ved Universitetet i Oslo. Forsker bl.a. på fagfeltet åpne og komplekse vannsystemer. Har redigert bokserien «A History of Water», som er kommet i ni bind. Tvedt har skrevet en rekke bøker og artikler om Nilens historie, og har laget flere TV-dokumentarer om vann og samfunn. Hans neste bok «The Enigma of Water. How to understand relations between nature and society» kommer ut i 2015 på forlaget Tauris/Macmillan.

Foto: Anders Leines



Lesotho er den viktigste vannkilden for Sør-Afrikas hovedstad Johannesburg. Bildet viser Katse-demningen i Lesotho. I 1998 invaderte sør-afrikanske styrker nabolandet. 16 vakter ved demningen ble drept. FOTO: Panopticon

Lederne vet naturligvis også at monsunen påvirkes av endringer i vinder, havstrømmer og temperatur, og den hydrologiske sirkel. Den kinesiske ledelsen er del av en lang statskultur som kjennetegnes av strategisk tenkning, mener Tvedt. De sliter med å få utslipp og gigantiske miljøproblemer i en kompleks og hurtig voksende kullbasert økonomi under kontroll, men det betyr ikke at klimaendringer ikke bekymrer dem.

– Jeg tror at man undervurderer statsledelsens opptatt-
het av den kinesiske statens bærekraft, dersom man tror
at det er fordi de ikke tenker på det, at de ikke gjør mer
enn det de gjør.

I Kina er den over 2000 år gamle Keiserens kanal (Den
store kanalen) fortsatt i bruk. Dagens makthavere har
satt i gang sitt eget gigantiske kanalprosjekt for å løse
Kinas vannproblemer. Med landets raske økonomisk
vekst har behovet for vann økt voldsomt. Via flere kanaler
skal vann flyttes fra sør, som er rikt på vann, til det tørre
nord. Deler av prosjektet er allerede ferdig.

Med Tibet kontrollerer Kina det som vil bli et av klodens
mest sentrale strategiske områder, skriver Tvedt i boken
«Vann – reiser i vannets fortid og fremtid». Isen i 15.000
isbreer i Himalaya er Asias vannbank. De enorme konse-
kvensene det vil få dersom breene skulle smelte, gir Kina
enda et sterkt insentiv til handling mot klimaendringene.

Kontroll over vannressurser som er livsnødvendige for en
rekke naboland gir også Kina makt i regionen.

– Det er klart at kineserne som mange andre ser makt-
potensialet i å kontrollere andre lands vann. De vet at
de sitter oppstrøms for India, mange av Indias viktigste
elver, og det samme vis-à-vis Bangladesh og mange av
landene i Sørøst-Asia langs Mekong. Men om de vil bruke
det som et direkte maktmiddel, og når og på hvilken
måte, er helt usikkert. Men de vet at de har muligheten,
og de andre vet det også, sier Tvedt.

Nytt vann, ny vannmakt

Debattene om vann og klima har en tendens til å fokusere
på krisescenariene, som økt fare for tørke eller hyppige
flommer. Men de regionale variasjonene er store, og alle
nyheter er ikke dårlige. Ett eksempel er det relativt ny-
oppdagede enorme underjordiske Guaraní-reservoaret
av grunnvann i Sør-Amerika. Det inneholder 37.000
kubikkilometer vann, nok til at hele verden kan drikke
av det i 200 år. I et klimaperspektiv er det interessante
med slike funn at de kan fungere som en «vannbank»
over lang tid, bemerker Tvedt.

– I den grad en finner store underjordiske sjøer med
vann, om det så er under havbunnen eller andre steder,
vil de landene som finner dem besitte en vannressurs
som gjør dem mer usårbar overfor endringer i klimaet
enn samfunn som ikke har sånne vannbanker.

Avsalting av sjøvann – i seg selv ingen ny oppfinnelse –
er en annen mulig løsning på regionale vannkriser. Nær
San Diego i California bygges nå det som skal bli et av
verdens største avsaltingsanlegg når det står ferdig i 2016.
California satser stort på at avsalting skal være et viktig

bidrag i kampen mot delstatens kroniske vannknapphet. Avsalting skaper imidlertid forurensning og andre miljøproblemer, blant annet når saltet som blir igjen skal fjernes. Løses problemene, og kostnadene kommer ned, kan også avsalting i stor skala påvirke maktforhold, sier Tvedt.

– Bare tenk på hva det vil bety for globale og nasjonale folkeforflytninger at havnære områder vil ha løst sitt ferskvannspørsmål. Dersom det er sånn at vannknappheten i mange andre områder øker, vil det måtte innebære at flere og flere vil søke mot kysten. Den bevegelsen fra innlandet mot kysten som har vært svært radikal de siste 100 årene, vil skyte enda mer fart.

Økonomisering med vannet, for eksempel ved vanning i landbruket, og tiltak som gjenbruk av mest mulig vann, kan også bidra til å avhjelpe vannknapphet.

– Mitt poeng er ikke at det er en generell global vannknapphet. Derimot er det slik at vannet renner veldig urettferdig på denne kloden, og endringer i måten tilgangen skjer på vil skape nye ulikheter, sier Tvedt.

Kaldt vann i blodet

På 1970-tallet, før bekymringen om global oppvarming, ble det lansert forslag om å spre aske over Grønlandsisen for å få den til å smelte fortere. Tanken var å utnytte Grønlands enorme potensial for vannkraft og kanskje finne verdifulle mineraler under isen.

Akkurat denne «planen» er lagt i skuffen, men Tvedts poeng er at folk ulike steder påvirkes ulikt av klimaendringer: Det som på Grønland kunne bety rikdom og utvikling, ville for beboerne i lavtliggende øysamfunn se ganske annerledes ut. Det gjør det vanskelig å se for seg at menneskeheten skulle finne sammen i et felles krafttak mot global oppvarming.

– Det er en uhyre naiv oppfatning å hevde at her vil alle være i samme båt. Det er det umulig å påstå basert på historisk erfaring. Og siden klimaet og vannlandskapet på kloden er så varierende geografisk, vil også endringene naturlig nok oppfattes svært ulikt ulike steder. Det betyr også at man undervurderer alt arbeidet som må til for å oppnå enighet om reduksjon av CO₂, sier Tvedt.



FORSKEREN

EN VERDEN AV POLLEN OG TALL

JOHN BIRKS FINNER FORTIDENS KLIMASPOR.

Har klimaet i fortiden alltid vært det samme? Hvordan har planter og trær tolerert ulike typer av klima i fortiden? Dette er noen av spørsmålene John Birks jobber med. Birks er professor i kvantitativ paleoøkologi, eller læren om plantevekster i den fjerne fortiden. I paleoøkologi brukes fossile planterester, som pollen, for å kunne si noe om økosystemet under skiftende klima i fortiden.

Sammen med sin kone Hilary Birks er han også en veteran på Bjerknessenteret. Familien kom til Bergen sammen på 1980-tallet, og de to professorene er ledende innen paleoøkologi. John Birks var en av de første i verden til å ta i bruk numeriske metoder i pollenanalyser.

– Hvordan går en numerisk pollenanalyse for seg?

– Vi tar utgangspunkt i store datasett av pollentelling, og gjør analysene i et repeterende mønster i et dataprogram. Ved å nøye telle mengder og typer av pollen

i sedimentkjerner fra for eksempel innsjøer, kan vi si noe om hvordan planteveksten og sammensetningen av økosystemene har vært i tidligere tider. En klimaforsker vil ikke bare vite om det har vært kaldere eller varmere, men om det har vært fem eller seks grader varmere.

I det prosjektet vi jobber med nå, undersøker vi hvordan planter og trær har tolerert ulike typer klima i fortiden. Har klimaet med alle dets komponenter alltid vært det samme?

– Hvordan undersøker dere dette?

– Vi jobber blant annet med en klimamodellør, Paul Valdes ved Universitetet i Bristol. Vi kjører klimasimuleringer fra 12.000 år tilbake i tid og med kombinasjoner av 92 ulike variabler for å se om vi finner andre sammenfall på temperatur og nedbør, for eksempel. Økosystemer er ikke statiske, de varierer geografisk og over tid. Vi prøver å finne ut hvordan økosystemene har variert tidligere og hvordan de kan endre seg i framtiden under klimaforhold som vi ikke har analoger til fra fortiden.

– Hvordan begynte du med numeriske pollenanalyser?

– Da jeg og min kone Hilary reiste på et studieopphold til USA som unge forskere i 1970, bestemte vi oss for at vi dette året skulle gjøre noe annet enn pollenanalyser som vi hadde tatt doktograden i. Mens hun forsket på frø og frukt, begynte jeg å lære meg numeriske analysemetoder. Og disse to retningene har vi holdt fast ved helt siden tiden i Minnesota.

– Du blir emeritus i januar, vil det endre på din vitenskapelige aktivitet?

– Jeg kommer nok til å trappe litt ned. Hilary ble emerita tidligere i år. Vi trenger ikke lenger undervise, men vi håper å fortsette den vitenskapelige produksjonen. Jeg har et stort internasjonalt nettverk og blir ofte spurt om å delta i statistiske analyser til vitenskapelige publikasjoner. Men jeg vet at jeg nå må begynne å si nei til prosjekt.



JOHN BIRKS
Forsker på fortidsklima
PROFESSOR, UIB

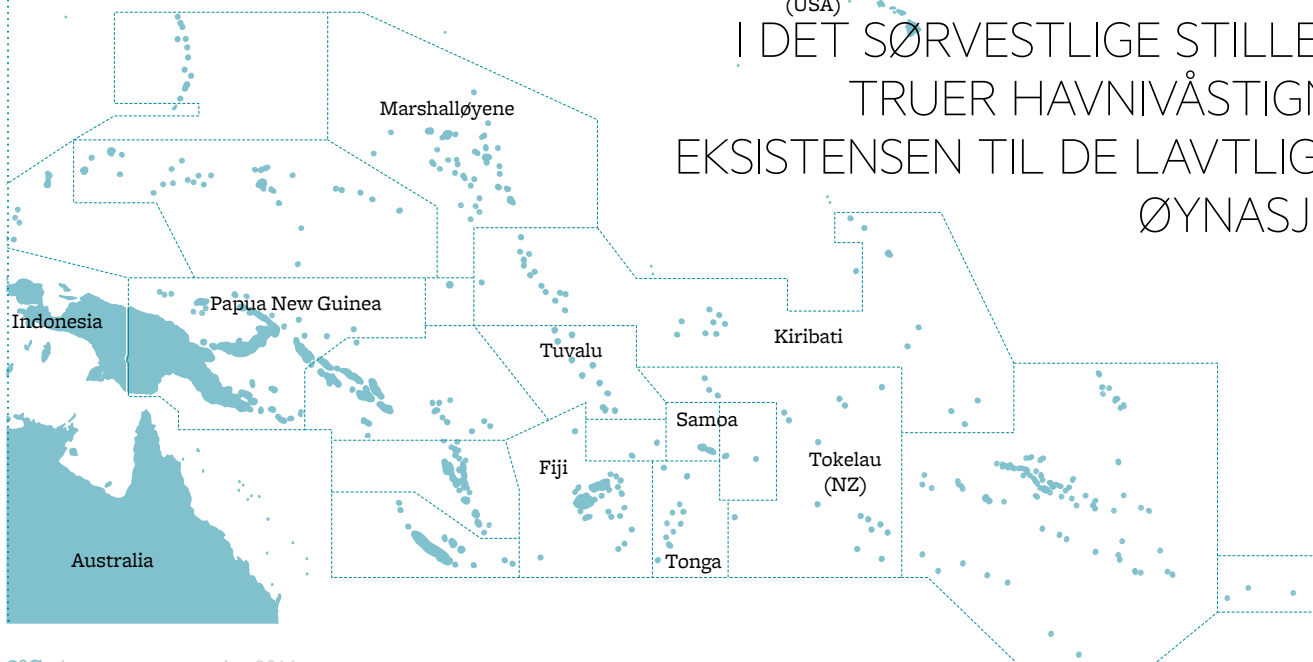


Improvisert barrikade på Majuro, Marshalløyene, for å holde bølgene unna under den ekstreme «King Tide» den 3. mars 2014. Foto: Are Erik Brandvik, UiB

TRUET AV HAVET

Hawaii (USA) EDVARD HVIDING | PROFESSOR I SOSIALANTROPOLOGI, UIB

I DET SØRVESTLIGE STILLEHAVET TRUER HAVNIVÅSTIGNINGEN EKSISTENSEN TIL DE LAVTLIGGENDE ØYNASJONENE.





Restene etter et hus som ble tatt av havet den 3. mars i år.
Foto: Are Erik Brandvik, UiB

Den 3. mars 2014 våknet befolkningene i Kiribati og på Marshalløyene av sterke stormer fra vest som førte med seg rekordhøye bølger. Havet skylte over atollene og ødela hus, veier og infrastruktur. Saltvannet ødela drikkevannsforsyningen og jordbruksmulighetene, og det ble erklært nasjonal katastrofetilstand i begge landene. Denne tiden av året har alltid brakt med seg storm fra vest og høy flo på disse øyene, men aldri har høyvannet vært så ekstremt og ødeleggende som i år.

Klimaflyktninger

De små øynasjonene i Stillehavet er i fokus i dagens globale klimadebatter, der nye perspektiver på klimaflyktninger og nasjoner uten land er under utvikling.

På global skala har havnivået steget med 20 cm siden år 1900. Men i det sørvestlige Stillehavet har havstigningen akselerert. Her har havet steget med hele 20 cm de siste 20 årene.

Regjeringen i Kiribati, som har sine inntekter fra tunfiskressurser i landets økonomiske sone på mer enn



Dette huset på Majuro kollapset da bølgene vasket ut grunnfundamentet. Foto: Are Erik Brandvik, UiB

3 millioner kvadratkilometer, har gått til det skritt å kjøpe landområder på de store øyene i Fiji for eventuelt å flytte befolkningen dit hvis atollene blir ubeboelige eller forsvinner under havflaten.

Truer øynasjoner

For øynasjoner som består av lave korallatoller der knapt noe sted er mer enn to meter over havet, er gradvise endringer som havnivåstigning dårlige nyheter. De fem atollnasjonene Maldivene, Marshalløyene, Kiribati, Tuvalu og Tokelau er særlig sårbare for stigende havnivå. Fire av disse fem ligger i det sørvestlige Stillehavet (unntaket er Maldivene, som ligger i Det indiske hav).

Befolkningene på atollene har alltid vært utsatt for sesongmessige sykkloner og ekstremt høyvann, men når disse prosessene forsterkes, blir situasjonen prekær. At havet stiger kan i verste fall føre til at disse nasjonene mister de landområdene som befolkningen deres bor og lever på, og som ligger til grunn for deres fortsatte eksistens som suverene stater.

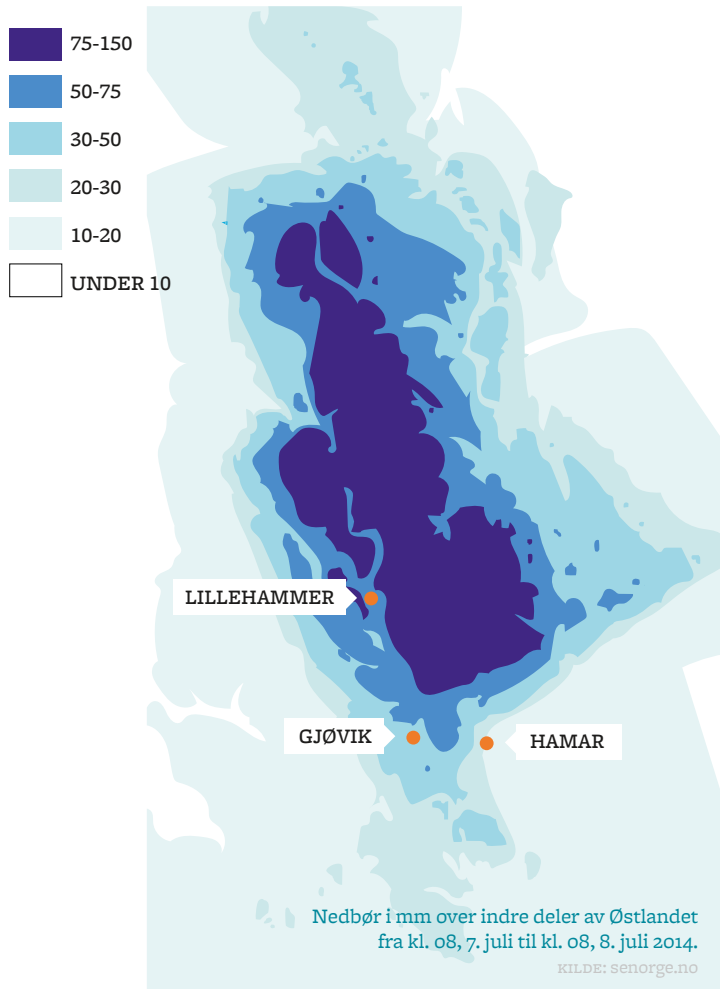
Vinddrevet havnivå

Ifølge Noel Keenlyside, meteorolog og professor ved Bjerknessenteret, ligger forklaringen på den sterke havstigningen i det sørvestlige Stillehavet i passatvindene, som har vært uvanlig sterke de siste 20 årene. Sterkere passatvinder frakter vann mot vest der det hopper seg opp, slik at vannstanden er mye høyere i vest enn i øst. Hvorfor vindene har vært så sterke, er trolig en del av en naturlig syklus med sterkere og svakere vinder. Derfor forventer flere forskere at man trolig vil gå inn i en motsatt fase, der vindene blir svakere. Når vindene blir svakere, kan vannet som er blåst mot vest igjen renne østover. Dermed kan Stillehavsøyene oppleve en periode der havnivået ikke vil stige like raskt som det har gjort de siste 20 årene. En fortsatt global oppvarming gjør likevel at havnivået fortsatt vil stige, men uten det vinddrevne økte havnivået vil det trolig ikke stige i like raskt tempo.

GLOBAL OPPVARMING GIR MER EKSTREMT REGNVÆR

ELLEN VISTE OG ASGEIR SORTEBERG | UIB OG BJERKNESSENTERET

KLIMAMODELLENE VARSLER MER INTENS NEDBØR I FREMTIDEN, OG ALLEREDE NÅ SER VI KONSEKVENSENE. DE SISTE TIÅRENE ER DE VÅTESTE DØGNENE BLITT ENDA VÅTERE.



Natt til 8. juli 2014 våknet folk i flere boligstrøk på Lillehammer til lyden av vann som strømmet rundt husveggene. En front passerte over Gudbrandsdalen, og mengder av regnvann havnet i Gudbrandsdalslågen og sideelvene. På Lillehammer falt det 61 mm nedbør i løpet av ett døgn – ifølge nettstedet verogvind.no det nest våteste som er registrert der siden den første målestasjonen ble satt opp i 1861.

Flere elver tok nye løp, veier ble oversvømt og asfalt vasket bort. For andre år på rad strømmet vannet inn i bolighus, og dermed står hendelsen som et eksempel på noe vi har sett over hele landet de siste 30 årene: en opphopning av år med kraftig regnvær.

Flere våte dager

Siden 1900 er det blitt 30–40 prosent flere døgn med ekstreme nedbørmengder, avhengig av hva vi definerer som ekstremt. Den største økningen har skjedd på Vestlandet, men ekstremnedbør er blitt mer vanlig i alle deler av landet. Ventetiden for det som tidligere var en hundreårshendelse er nå redusert til 80 år.

I juni 2011 var vannføringen i Driva, Losna og Vågåvatn nær hundreårsflom. En kombinasjon av regn og snøsmelting drev vannstanden oppover også i Gudbrandsdalen og i indre strøk av Vestlandet, og Mjøsa sto så høyt som den ikke hadde gjort siden 1995. Seks uker senere vasket styrtregn ut grunnen under jernbanelinjen ved Notodden.



Året 2011 skiller seg ut, sammen med 1934 og 1990. I disse tre årene var det over 60 prosent flere ekstremt våte døgn enn det som var normalt i perioden 1961–1990. Mens sommerregn preger statistikken for 1931 og 2011, var det mildvær og vinterstormer som gjorde 1990 ekstrem.

På alle kontinenter

Norge er ikke noe unntak. Flere studier viser at det er blitt mer ekstremnedbør i store deler av verden, særlig i tropene og på våre breddegrader, der det allerede regner mye. En studie av data fra værstasjoner i hele verden viser at det våteste døgnet hvert år er blitt enda våtere på 64 prosent av disse stedene, og mindre vått de andre stedene. Fordi det er flere værstasjoner i Europa og Nord-Amerika enn ellers i verden, er funnene tydeligere og sikrere der, men endringene ble observert på alle kontinenter.

Den registrerte økningen er i tråd med at global oppvarming øker sannsynligheten for mer intenst regn. Det er naturlig at atmosfæren i en varmere verden vil inneholde mer vanndamp - teoretisk sett 7 prosent mer for hver grad temperaturen stiger. Da vil det også være tilsvarende mye mer vanndamp tilgjengelig for å danne de ørsmå vanndråpene og iskrystallene som blir til skyer, regn og snø. Andre forhold kan avgjøre om det blir dannet dråper, men når det gjør det, kan de bli flere og større. Dermed vil kraftige regnskylt kunne inneholde enda mer vann.

Observasjonene fra værstasjonene bekrefter sammenhengen mellom temperaturstigning og ekstremnedbør.

FLÅM 29. OKTOBER 2014: Store nedbørsmengder får elva til å gå over sine bredder og forårsake ødeleggelser i Flåmsdalen, sør for Flåm sentrum i Sogn og Fjordane.. Foto: Hans O. Torgersen / Aftenposten / NTB scanpix.

Det gjør også satellittdata. På verdensbasis er perioder med El Niño i Stillehavet forbundet med høyere temperatur enn normalt, og med varmen følger regnet. En studie av nedbør i tropene har vist at det har vært flere episoder med kraftig nedbør under El Niño enn i de kaldere La Niña-årene.

Den globale gjennomsnittstemperaturen har steget 0,85 grader siden 1880, samtidig som verden har sett flere tilfeller av ekstremt regnvær. Vi kan ikke si at styrtregnet på Lillehammer i år eller på Notodden i 2011 i seg selv skyldtes menneskeskapt oppvarming, men det er en kjensgjerning at høyere temperatur fører til mer vanndamp i atmosfæren. Både enkel fysikk, avanserte klimamodeller og den økningen som allerede er observert rundt omkring i verden, gir oss god grunn til å vente mer ekstremnedbør i en varmere fremtid.

KILDER: Allan og Soden, 2008: Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes. | Westra et al., 2013: Global increasing trends in annual maximum daily precipitation. | Ingerd Haddeland: Flommen Østafjells juli 2011. Rapport fra NVE. | Ingeborg Kleivane: Flaumen i Sør-Norge, juni 2011. Rapport fra NVE. | Rasmus Benestad, 2013: Association between trends in daily rainfall percentiles and the global mean temperature.

BERETNINGEN OM EN VARSLET FLOM



TRYSIL, 26. MAI 2014: Flom i Trysilelva forårsaker store oversvømmelser i Trysil og Nybergsund. To menn padler en kano på riksvei 26 ved Nybergsund.
Foto: Heiko Junge / NTB scanpix

INGRID HUSØY ONARHEIM | BJERKNESSENTERET

I SLUTTEN AV MAI STEG TRYSILELVA OVER MERKET FOR 100-ÅRSFLOM. KJELLERE, VEIER OG JORDBRUKSAREALER BLE SATT UNDER VANN FOR TREDJE GANG PÅ FIRE ÅR. DETTE ER EN KRONOLOGI OVER FLOMVARSLINGEN.

JANUAR 2014

VINTEREN 2014:

Det faller store mengder snø i fjellområdene østafjells. Enkelte områder opplever den mest snørike vinteren siden 1960-70-tallet, forteller Thomas Skaugen, forsker ved Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). NVE utarbeider vannføringsprognoser og er ansvarlig for den nasjonale flomvarslingstjenesten.

Flere snørekorder settes. Groset i Telemark (550 mm ved 1000 meter over havet) har ikke hatt mer snø siden målingene tok til der i 1971. Sjusjøen i Hedmark (684 mm ved 900 m.o.h) har bare målt mer snø i 1988 og 2008 (målinger siden 1974).

TIDLIG I MAI 2014:

Om våren kan kraftig snøsmelting gi stor flom, spesielt i kombinasjon med mye regn.

– Med gjennomsnittlig lufttemperatur på 10°C smeltes omtrent 33 mm snø på et døgn. En uke med tilsvarende daglig smelting vil bygge seg opp til et sted mellom middel- og 5-årsflom, sier Skaugen.

NVE varsler på dette tidspunkt at sannsynligheten for vårflom er større enn normalt grunnet de store snømengdene østafjells. Likevel er det værforholdene under snøsmeltingen som vil avgjøre hvor mye vannføringen i vassdragene øker.

MIDTEN AV MAI 2014:

Store deler av snøen over 800 meters høyde østafjells ligger fremdeles. Det er usikkert nøyaktig hvor store snømengdene er. I et røft estimat anslår Skaugen at vinterens snømagasin over 800 meter tilsvarer omtrent 450 mm vann.

Nå starter snøsmeltingen for alvor, og det spekuleres i om dette vil gi store lokale oversvømmelser. Den kommende nedbørsfordelingen - hvor, når og hvor mye det vil regne framover - spiller en helt avgjørende rolle.

– Vi ser for oss en flom et sted mellom 5- og 50-årsflom. Uten nedbør kommer det vel på de mest snørike stedene opp i 10-årsflom. Hvis vi blir sikre på at det vil gå over en 50-årsflom, varsler vi rødt nivå, sier Skaugen.



AKTSOMHETSNIIVÅER – FLOM



- 1 Generelt trygge forhold
- 2 Det kan forekomme store flomskader og problemer lokalt
- 3 Tilsvarende vannføring mellom ca. 5 og 50 års gjentakingsintervall
- 4 Tilsvarende vannføring med mer enn ca. 50 års gjentakingsintervall

KILDE: www.varsom.no

FLOM! 20. MAI:

Beredskapen heves til gult nivå i Oppland og Hedmark. Det tyder på at faren for flom er økende og innebærer større vannføring.

HELGEN 23.-25. MAI:

Store vannmengder i områdene rundt Trysilelva gjør at flere må evakuere husene sine. Veier oversvømmes og kjellere fylles med vann. Det regner litt fredag-lørdag, men kraftigst søndag. Flere veier stenges.

26. MAI:

Aktsomhetsnivået i Hedmark heves til rødt nivå. NVE melder at kombinasjonen av regn og snøsmelting medfører at vannføringen kan forventes å stige i inneværende døgn. Det spekuleres i om det kan bli like ille som storflommen i 1995. I løpet av dagen passerer Trysilelva merket for 100-årsflom. Om ettermiddagen melder NVE at vannstanden er på vei ned igjen. Det er bedring i været.

27. MAI:

Flomfaren i Trysilelva nedjusteres fra rødt til oransje nivå. Prognosene viser lavere flomtopp enn først antatt. Trysilelva fortsetter å trekke seg tilbake. Skadene viser seg å være mindre enn fryktet. NVE melder at Mjøsa, der flomtoppen kommer senere, vil stige frem mot helgen.

28. MAI:

Nedbøren avtar og det blir kaldere i været. Vannet fortsetter å synke. De fleste kommunale veier gjenåpnes. Mediene reduserer sin dekning.

31. MAI:

Flomtoppen i Mjøsa nås, med lavere vannstand enn først antatt. Det forventes likevel at vannet vil holde seg høyt lenge - til midten av juni - og Mjøsa vil være følsom for variasjoner i temperatur og nedbør.

Etterskrift: Tilfeldigheter avgjør

Snøsmelteflommen våren 2014 gav færre skader enn først fryktet, fordi vannet trakk seg relativt raskt tilbake. Det var kombinasjonen av snøsmelting og nedbør som gjorde at Trysilelva fikk spesielt mye vann. Ellers opplevde vi mellom 5- og 50-årsflom. I Mjøsa og Gudbrandsdalslågen gav regnet seg og lufttemperaturen sank, og vi unngikk de største flommene.

Ekstreme vær-situasjoner viser hvor sårbart samfunnet vårt er. Denne gangen var vi heldige og unngikk de store tapene, både materielle og menneskelige.

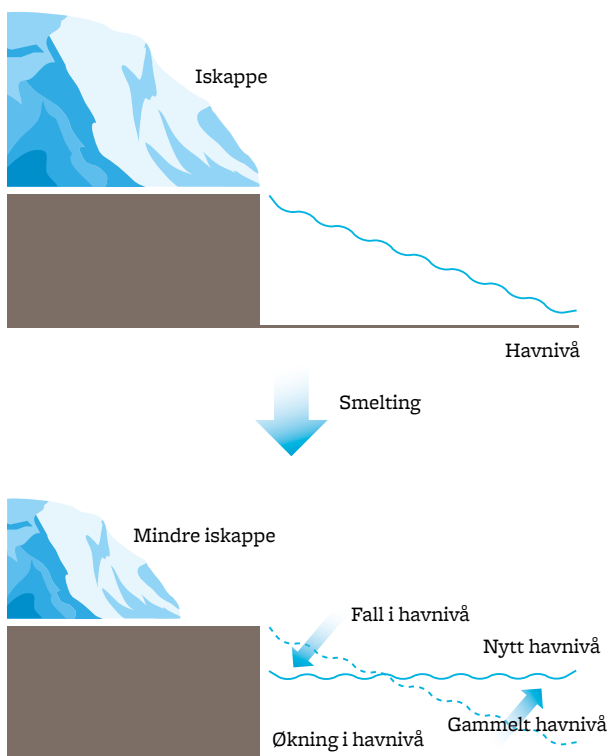
TRYSIL 26. MAI 2014: Vestsidenvegen i Trysil sentrum. Åse Bakken (35) bærer Tuva (13) over gårdsplassen slik at hun kan komme tørrskodd på skolen. Foto: Kyrre Lien/VG



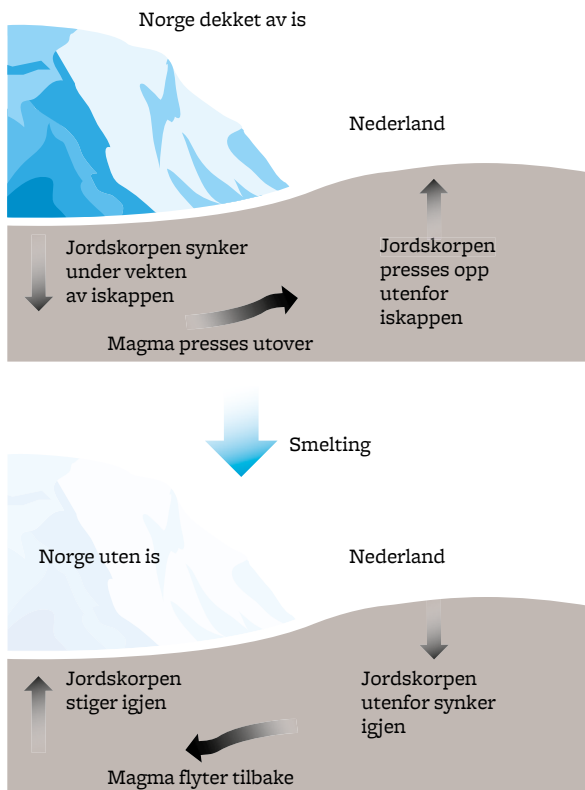
JUNI 2014



FIGUR 1
FALL I HAVNIVÅ NÆR EN ISKAPPE
(gravitasjonseffekt)



FIGUR 2
LANDHEVING I NORGE



KILDE: Petra Langebroek

HVORFOR STIGER IKKE HAVET LIKE MYE OVER ALT?

PETRA LANGEBROEK | UNI RESEARCH OG BJERKNESSENTERET

DET ER SMARTERE Å KJØPE ET FERIESTED LANGS NORSKEKYSTEN ENN LANGS KYSTEN AV NEDERLAND.

På flyturer på vei til forskningsmøter slår jeg ofte av en prat med mine medpassasjerer. Som oftest starter slik småprat med hva jeg gjør – en nederlandsk kvinne bosatt i Norge. Når jeg så forklarer at jeg er klimaforsker, går diskusjonen raskt over til det globale klimaet og framtidig havnivåstigning.

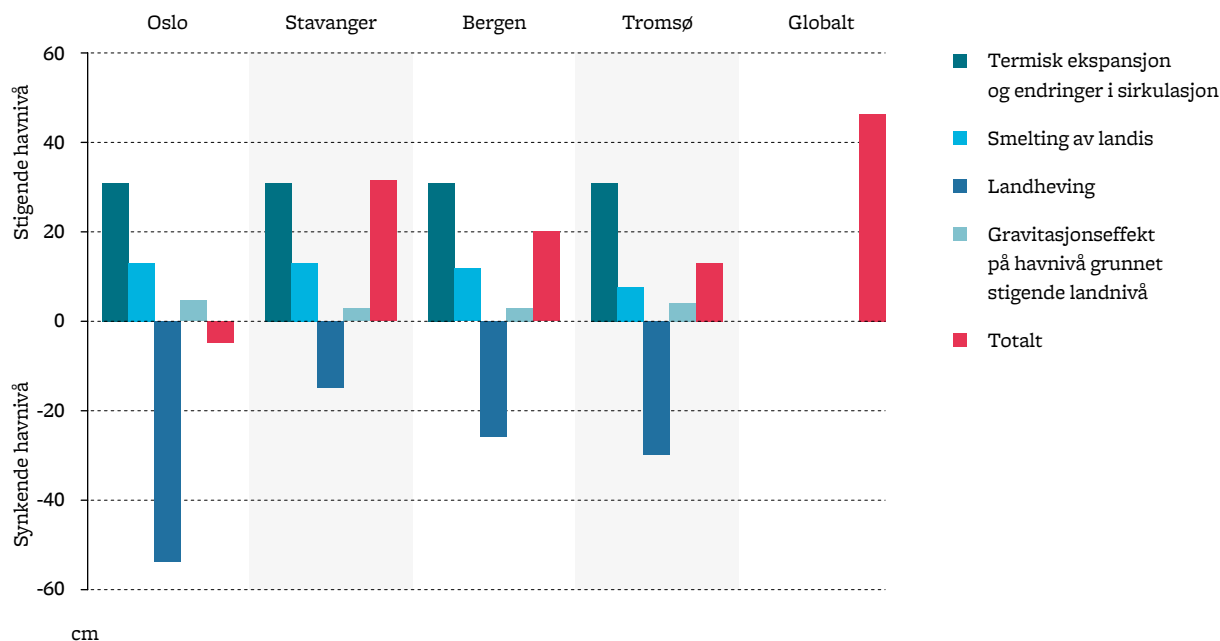
Regionale forskjeller

En av mine medpassasjerer var urolig for om feriestedet hans ved kysten ville være trygt for et stigende havnivå. Det er forståelig dersom man er kjent med estimatene som blir nevnt for eksempel i FNs klimapanelers siste hovedrapport. Her regner man at verdenshavene har steget omtrent 6 cm de siste 20 årene.

Men det man må huske på, er at dette er et globalt gjennomsnitt. Regionalt vil det være store variasjoner i hvor mye havnivået stiger. De viktigste grunnene til dette er endringer i de enorme ismengdene på Grønland og i Antarktis, og at landet vårt løfter seg.

Vi vet at omtrent en tredjedel av havnivåstigningen de siste 20 årene kommer av smelting av breer på land. Breer i fjellene, inkludert i Norge, står for halvparten av dette, mens smelting av breene på Grønland og i Antarktis står for den andre halvparten. Trolig vil smeltingen på Grønland og Antarktis bli viktigere framover, rett og slett fordi mengdene av is der er større. I tillegg er det nettopp disse to store ismassene som er årsaken til at havnivåendringer varierer så mye regionalt på lang sikt.

FIGUR 3
TØRR PÅ BEINA?



Forventet havnivåstigning i norske byer og globalt gjennomsnitt i cm for 2090-2099 (ulike faktorer og totalt) sammenlignet med 1980-1999. Moderate scenarier for utslippsutvikling fra FNs klimapanel er lagt til grunn for beregningene. Usikkerhetsmarginene i estimatene er opptil 13 cm.

KILDE: Simpson, Breili og Kierulf 2014

Synkende havnivå nær Grønland

Iskapen på Grønland har et enormt volum. Tiltrekningskraften fra dette store volumet påvirker vannet i havet rundt Grønland. Dette får havoverflaten til å skrå oppover mot Grønland, slik figur 1 viser. Når isen smelter, vil tiltrekningskraften minke tilsvarende, og havnivået rundt Grønland vil gå ned.

Tiltrekningskraften er så sterk at den påvirker et område rundt Grønland som strekker seg helt til kysten av Norge og Skottland. Her vil derfor effekten av at isen på Grønland smelter, noe motsetningsfullt være svakt synkende.

Lengre sørover blir effekten av vanntiltrekningen mindre, og den europeiske kystlinjen vil oppleve noe stigende hav. Men enda lengre unna, i det sentrale Stillehavet og det sørlige Atlanterhavet, får man en havnivåstigning fra Grønland som er større enn det globale gjennomsnittet.

En tilsvarende effekt finner vi nær det smeltende isdekket i Antarktis. Men der har vi ikke bebodde landområder som er nære nok til å oppleve et lignende minkende havnivå, slik som i Norge og Skottland.

Norge stiger, Nederland synker

Det er ikke bare smelting av dagens store ismasser som fører til regionale endringer i havnivå. Også isen som lå

over Skandinavia for omtrent 20.000 år siden, gir stadig en effekt på havnivået. Det store isdekket under istiden tynget ned Skandinavia. Fremdeles stiger Norge etter at isen smeltet bort, og dermed reduseres ytterligere effekten fra den globale havnivåstigningen (se figur 2).

I mitt hjemland, derimot, kan vi vente et relativt høyt nivå av havstigning. Norge og Nederland ligger nemlig på den samme tektoniske platen. Mens isen tynget ned Skandinavia, ble Nederland presset oppover. Motsatt synker Nederland fremdeles etter at vekten av isen over Skandinavia er smeltet vekk.

Samtidig er Nederland for langt unna Grønland til å dra nytte av avtakende tiltrekningskraft fra den grønlandske iskapen, og får i stedet høyere havnivå fra smeltingen derfra.

Det er også andre faktorer som gir regionale endringer i et stigende havnivå. Blant disse er landhydrologi, altså hvordan elver og nedbør oppfører seg på land. Også de store dynamiske prosessene rundt havet og atmosfæren kan påvirke havnivået regionalt. Disse to nevnte effektene er ventet å ha lik påvirkning på både Norge og Nederland.

Uten å regne med nederlandske myndigheters tilpasningsplaner, vil det altså definitivt være bedre å kjøpe hus på den norske enn på den nederlandske kysten.



SURERE HAV, TYNNERE SKALL

SVEIN SUNDBY OG MARIE HAUGE | HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

HAVFORSURINGEN VIL SVEKKE ARTSMANGFOLDEN I ALVORLIG GRAD. LARVER FRA KAMSKJELL OG HUMMER ER BLANT ORGANISMENE SOM SER UT TIL Å FÅ PROBLEMER.

Stadig mer CO₂ tilføres havet og lagres der. Det egentlige problemet dette skaper er at de to byggestoffene for kalk i havet – de verdifulle karbonatene – reduseres. Man kan si at CO₂-en spiser dem opp. Det fører til at dyr som danner skall av kalk blir satt under økt press.

I dypet først

Så rart det enn høres ut, vil tilførselen av CO₂ fra havoverflaten føre til problemer for de kalkdannende dyrene på store havdyp først. Årsaken er at kalkskall lettere går i oppløsning ved lav temperatur og høyt trykk, slik situasjonen er nedover i dypet. Etter hvert som tilførselen av CO₂ fra atmosfæren øker, kryper imidlertid kalktæringen på skall fra døde dyr som har sunket ut mot dypet, stadig høyere oppover i vannsøylen.

I Norskehavet har nivået for kalktæring allerede hevet seg fra 2400 til 2200 meter, og mot slutten av århundret vil det ligge over kontinentalsokkelen, det vil si på rundt

300 meter. All kalk fra døde organismer under dette nivået vil gå i oppløsning. Det kan bety slutten for de unike dypvannskorallene langs norskekysten, siden de levende korallene har døde generasjoners koraller som fundament. Korallenes eneste overlevingsmulighet er hvis de på en eller annen måte lykkes med å endre sine biokjemiske egenskaper. Men det kan vi ikke satse på at de gjør.

Trenger drivhuseffekten

Uten CO₂ i atmosfæren ville gjennomsnittstemperaturen på jorden ligget rundt 18 minusgrader. Drivhuseffekten sørger for en snittemperatur på sympatiske 15 plussgrader, som gjør det levelig på jordkloden. CO₂ fra atmosfæren er også en viktig ingrediens når plantene på land og i havet lager sitt plantemateriale. Men alt med måte.

Uten verdenshavene hadde CO₂-innholdet i atmosfæren vært mye høyere. Havet tar nemlig opp en stor del av den vannløselige CO₂-gassen fra atmosfæren. I tillegg binder plantene i havet CO₂. Mye av plantematerialet faller ned mot havdypet. På den måten fjernes noe av drivhusgassen fra atmosfæren og lagres i havdypet. Men havet er ingen uendelig lagringsplass for CO₂ - også det har et metningspunkt.

Foreløpig er det vanskelig å trekke bastante konklusjoner om hvordan havforsuring påvirker alle organismer i havet. Det er imidlertid ingen tvil om at havforsuringen vil svekke artsmangfoldet i alvorlig grad.

Hvorfor blir havet surere?

Havet tar opp CO₂ fra atmosfæren. Når CO₂ reagerer med vann dannes karbonsyre, som fører til at hydrogenioner frigjøres til havvannet. Dette fører til redusert pH-verdi og surere hav. Karbonat som er byggestein i kalkdannelsen blir omdannet til bikarbonat, og dermed reduseres muligheten for å danne kalk.

KILDER: Sissel Andersen, Ann-Lisbeth Agnalt og Padmini Dalpadado, Havforskningsinstituttet



Foto: Havforskningsinstituttet

KAMSKJELLET sitt skall er en viktig støtte for musklene som de små kamskjellarvene bruker til å spise og svømme. Etter bare syv dager i vann med de pH-verdiene som er ventet i det åpne havet om 50 til 200 år, fikk kamskjellarver deformerte skall, unormalt sein utvikling og økt dødelighet. En art kan bare overleve over tid dersom tilveksten i bestanden er større enn dødeligheten. I et surere hav risikerer kamskjellene å havne under denne kritiske grensen, og bestanden kan dø ut.




Bildet viser hummerlarver uten misdannelser.
Foto: Havforskningsinstituttet

HUMMER tilhører en eldgammel dyregruppe som har måttet tåle store svingninger i temperatur og surhet i havet. Betyr det at hummeren er godt rustet til å takle den ventede havforsuringen? I et forskningseksperiment ble hummerlarver utsatt for betingelsene som ventes i havet anno 2100 og 2200. Larvene utviklet krøll på skallet, unormale klør og andre misdannelser. Det kan gi pusteproblemer eller virke hemmende senere i livet når hummeren skal finne mat og partner. Også svømmeevnen blir påvirket, noe som trolig gjør det vanskeligere å rømme unna rovdyr.



Foto: Havforskningsinstituttet

KRILL er viktig mat for torsk, lodde og sild, og spiser selv store mengder planteplankton. Næringskjeden er kort og effektiv, men også sårbar. Krill fra den sørlige delen av Norskehavet ser ut til å tåle de pH-verdiene som er ventet rundt århundreskiftet; det er verken påvist økt dødelighet eller negative effekter på vekst, skallsiftene og svømmeevnen. Det gjenstår å se om andre nordlige nøkkelarter av krill vil reagere på samme måte.



Snøen laver ned over Times Square på Manhattan i New York 13. februar 2014. Byen fikk 20-30 cm snø denne dagen.

foto: blydone / Shutterstock.com

KOBLER ET SMELTENDE ARKTIS TIL ISKALDE VINTRE

ERLEND MOSTER KNUDSEN | UIB OG BJERKNESSENERET

EN NY STUDIE STYRKER TEORIEN OM AT ET STADIG VARMERE ARKTIS KAN GI MER EKSTREMVÆR PÅ VÅRE BREDDEGRADER.

Amerikanerne og engelskmennene husker nok forrige vinter godt. Mens østre halvdel av Nord-Amerika frøs og snødde bort, tok lavtrykkene en sørligere bane over Nord-Atlanteren og ga flom i det sørlige England. Her hjemme var vinteren ekstremt mild. Dette var i sterk kontrast til vintrene 2009/10 og 2012/13. Den gang var det særdeles kaldt og tørt i fastlands-Norge, mens Svalbard opplevde regn og rekordvarme.

Kan disse uvanlige værmønstrene skyldes issmeltingen i Arktis? Dette har vært gjenstand for stor diskusjon i det vitenskapelige miljøet. En ny studie fra Potsdam-instituttet i Tyskland gir et nytt bidrag til denne teorien.

Vedvarende værforhold

Dim Coumou og kolleger mener det er en sammenheng mellom oppvarmingen i Arktis og økningen av ekstremværhendelser i et belte rundt jorda som strekker seg fra Middelhavet i sør til Trøndelag i nord. De lanserte i august 2014 en studie der de viser til en observasjon i øvre del av atmosfæren som kan forklare de lange og stabile periodene med varme eller kulde. Det de ser, er økt forekomst av saktegående vindbølger med store buktninger. Dette har skjedd på toppen av en nedbremsing av jetstrømmen (se faktaboks).



Jetstrømmen og været

- Jetstrømmen er raske vinder som blåser fra vest til øst i en høyde på 7 til 16 km i atmosfæren. De gir derfor flyene fra USA til Europa en mulighet til å spare tid og drivstoff.
- Jetstrømmen har også stor betydning for værforholdene på våre breddegrader.
- Den blåser ikke i en rett linje, men buer seg i store bølger, og disse bølgene avhenger av temperaturforskjellen mellom Arktis og områdene lenger sør.
- Når temperaturforskjellen minker, svekkes jetstrømmen og den buker seg mer. Det er denne tendensen Coumou studie peker på.
- En mer saktegående og buende jetstrøm gir grunnlag for vedvarende værforhold med ekstremvær som en mulig konsekvens.

En mer saktegående jetstrøm med dypere bølger fører til mer vedvarende værforhold ved bakken, hvor høytrykk og lavtrykk ligger lenger i ro. En mulig konsekvens er lengre og mer stabile perioder med varme eller kulde, opphold eller regn, som hetebølger eller flomregn.

Kontroversiell teori

For to år siden lanserte Jennifer Francis og Stephen Vavrus en teori som knyttet en langsommere og mer buktende jetstrøm til den minkende temperaturforskjellen mellom Nordpolen og ekvator. Forklaringen ble fort svært omtalt, og i det vitenskapelige miljøet har flere etterprøvd deres forskning. Enkelte av disse har avvist teorien som isolert til en bestemt metodologi. Andre finner lignende resultater, men viser til at disse er avhengig av sesong, bølgelengde og område man ser på. Coumou nye studie styrker likevel den opprinnelige hypotesen.

– Coumou studie er interessant ved at den går mer i dybden enn Francis og Vavrus' studie. Koblingen mellom unormale vindmønstre og ekstremværet er mer eksplisitt. Sånn sett er den et veldig godt bidrag til den stadig voksende debatten, sier Linling Chen, forsker ved Nansensenteret for miljø og fjernmåling og Bjerknessenteret for klimaforskning.

Hennes kollega Stefan Sobolowski fra Uni Research og Bjerknessenteret er av samme oppfatning.

– Samtidig begrenser Coumou og kollegene seg til sommersesongen, mens Francis og Vavrus så de største signalene om høsten og vinteren. Det er de to sistnevnte årstidene hvor vi ser den største oppvarmingen i Arktis, påpeker Sobolowski.

Flere usikkerhetsmomenter

I mer enn et tiår har temperaturen i Arktis økt nesten dobbelt så fort som i resten av verden. Dette både fører til og er et resultat av at sjøisen her smelter i rekordfart, samtidig som snøen tiner stadig tidligere i området. I samme periode har antall ekstremværehendelser lenger sør økt betraktelig om sommeren.

– De siste tiårs betydelige smelting av sjøis i Arktis er likevel en for kort periode til å si noe om hvorvidt det finnes en sammenheng med det økende ekstremværet, sier Sobolowski.

Noe fasitsvar for sammenhengen vil uansett ikke komme med det første. Mange andre faktorer spiller inn på hyppigheten av denne typen vær. I tillegg til menneskeskapte faktorer som infrastruktur og vegetasjonsendringer, vil blant annet verdenshavens temperatur også ha innvirkning på mulighetene for ekstremvær.

– Dessuten er det ikke nødvendigvis slik at en endring i Arktis får øyeblikkelige konsekvenser for andre områder. Vi kjenner ikke til alle de fysiske prosessene i atmosfæren. Det er i det hele tatt mange usikkerhetsmomenter i dette bildet, og det er det som gjør det så spennende å forske på, sier Linling Chen.

Kan få stor betydning

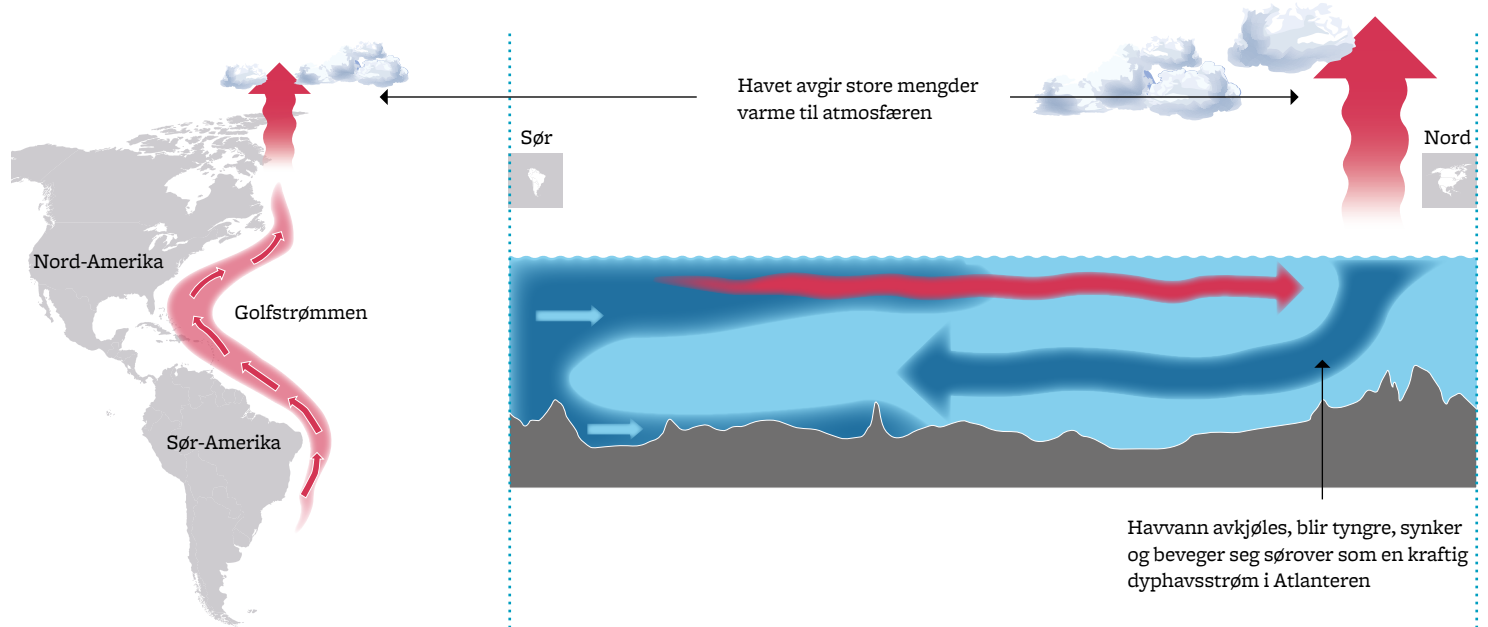
Skulle Francis, Coumou og deres kolleger treffe med sin teori, er det dårlig nytt for store deler av verdens befolkning. Arktis har feber og isen smelter stadig fortere. Det kan bety en framtid med flere hetebølger som den som rammet Europa sommeren 2003 og med flere flommer som i Pakistan sommeren 2010. Omtrent 20 millioner mennesker ble berørt av sistnevnte flom alene.

– Vi forventer mer ekstremvær i framtiden. Om sammenhengen med Arktis viser seg å stemme, kan vi forutsi mer av hvordan den regionale fordelingen blir, med de konsekvensene for mat og helse det bærer med seg. I det hele tatt er dette en god grunn til å bry seg om nordområdene utover interessen for isbjørn og oljeressurser, understreker Stefan Sobolowski.

KILDE: Dim Coumou, Vladimir Petoukhov, Stefan Rahmstorf, Stefan Petri, and Hans Joachim Schellnhuber. Quasi-resonant circulation regimes and hemispheric synchronization of extreme weather in boreal summer. PNAS, August 11, 2014 DOI: 10.1073/pnas.1412797111 <<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1412797111>>



NORD-ATLANTEREN: HAVSIRKULASJON I DAG



NÅR DEMNINGEN BRISTER

JO BRENDRYEN | UIB OG BJERKNESSENTERET

EN PLUTSELIG FLOM AV SMELTEVANN FRA GRØNLAND KAN SETTE ET LOKK OVER HAVSIRKULASJONEN OG BREMSE GOLFSTRØMMEN.

For omtrent 8200 år siden, akkurat da Jorden var i ferd med å komme til hektene etter siste istid, brast en isdemning sør i Hudsonbukten i Canada. Lett ferskvann fra en enorm innsjø med smelte vann fra istidens isdekke i Nord-Amerika rant ut i havet og la seg som et lokk over det salte og tyngre havvannet. Dette reduserte dannelsen av dypvann i Nord-Atlanteren, Golfstrømmen ble redusert i styrke, havisen økte i utbredelse og med det endret også klimaet og værmønstre seg over store deler av kloden. Spesielt ble områder i Mellom-Amerika, Nord- og Øst-Afrika samt monsunregionene i Asia merkbart tørrere som en følge av endringer i den atmosfæriske sirkulasjonen.

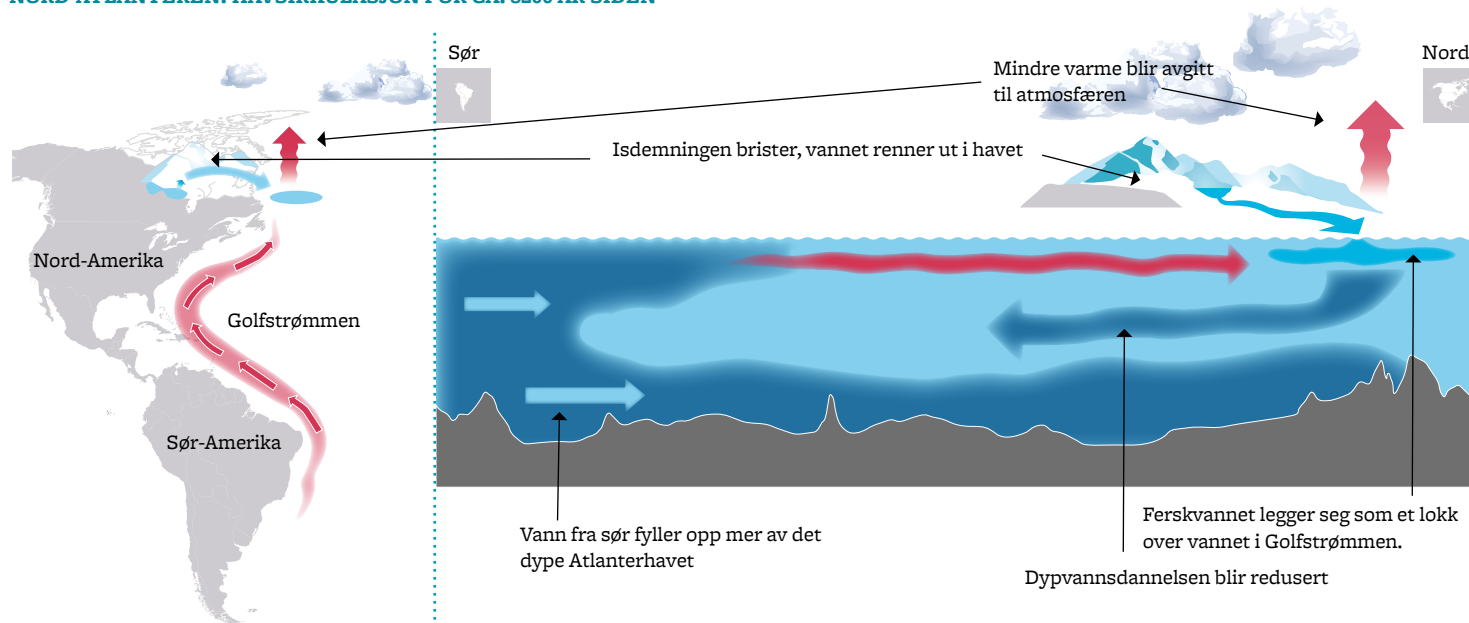
Dypvannsdannelsen i Norskehavet og i Nord-Atlanteren blir drevet av forskjeller i tyngden (tettheten) mellom overflatevannet og dypvannet. Varmt og relativt salt vann strømmer nordover fra ekvator i Golfstrømmen og forlengelsen av denne. Siden dette vannet er varmt, er det likevel lettere (lavere tetthet) enn det kalde, men ferskere vannet som ligger under. På veien nordover avgir vannet i Golfstrømmen varme til luften. Det blir da gradvis tyngre, og når det kommer inn i Norskehavet har det salte vannet fått så høy tetthet at det synker og strømmer sørover igjen som en undervannsstrøm. Dypvannsdannelsen i Norskehavet og Grønlandshavet og i Nord-Atlanteren er sentral for den globale havsirkulasjonen. Hendelsen for 8200 år siden illustrerer hvor store konsekvensene kan bli dersom denne blir forstyrret.

Kan noe lignende som hendelsen i Hudsonbukten skje igjen, men nå som følge av menneskeskapte klimaendringer - med like dramatiske og vidtrekkende konsekvenser? Det er en av de store diskusjonene i klimavitenskapen. Mye forskning har blitt rettet mot å forstå de bakenforliggende prosessene, men resultatene spriker.

Alle klimamodellene som ble brukt i arbeidet med den femte hovedrapporten fra FN's klimapanel (IPCC) peker mot en reduksjon i havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren. Årsakene er oppvarming av overflaten samt økt tilførsel av ferskvann grunnet mer nedbør og smelting av is på Grønland. Styrken i denne reduksjonen spriker imidlertid mye mellom modellene. Reduksjonen i havsirkulasjonen i år 2100 varierer mellom 1 og 54 prosent avhengig av hvilket scenario for utslipp av drivhusgasser og hvilken klimamodell som legges til grunn. Det er også usikkert hvor store konsekvenser endringer i havsirkulasjon vil ha for klimaet rundt Nord-Atlanteren. Andre prosesser som oppvarming forårsaket av drivhusgasser vil kompensere for den reduserte varmetransporten nordover.

Forskere har også prøvd å simulere samme type hendelse som for 8200 år siden. I disse modelleksperimentene blir Nord-Atlanteren kunstig tilført store mengder ferskvann. Dette får større konsekvenser for klimaet enn modellene IPCC bruker. I disse tilfellene blir dypvannsdannelsen brått redusert eller stoppes helt. Dette fører til en markert nedkjøling over tilgrensende landområder i Europa og Nord-Amerika, omtrent slik som for 8200 år siden.

NORD-ATLANTEREN: HAVSIRKULASJON FOR CA. 8200 ÅR SIDEN



GOLFSTRØM-BREMSEN

Forenklet oversikt over den vertikale havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren i dag og under siste istid. På vei nordover avkjøles det salte og varme vannet i Golfstrømmen ved at det avgir varme til atmosfæren. Det blir da tyngre enn det mindre salte vannet i Norskehavet og Labradorhavet. Det synker og beveger seg sørover som en dypbassstrøm. Om en tilfører ferskvann til Nord-Atlanteren, vil dette legge seg som et lokk over vannet som kommer fra sør gjennom Golfstrømmen. Dette hindrer varmeavgivelsen til atmosfæren, dypvannsdannelsen blir redusert og Golfstrømmen bremses.

KILDE: McManus og Oppo: «The Once and Future Circulation of the Ocean». Basert på illustrasjon av E. Paul Oberlander, Woods Hole Oceanographic Institution, 2006.

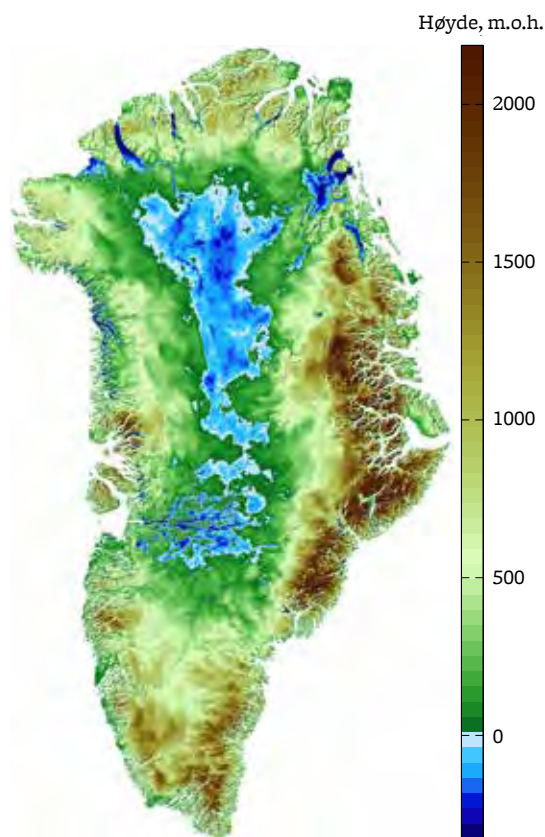
Det store spørsmålet er om den eneste gjenværende store ismassen ved Nord-Atlanteren, innlandsisen på Grønland, kan smelte så mye og så raskt at den kan påvirke havsirkulasjonen på denne måten. Det vet vi ikke, vi vet heller ikke hvor mye smeltevann som må til for å påvirke dypvannsdannelsen eller hvor raskt dette må skje. Hvor mye og hvor raskt Grønlandsisen og andre isdekker vil smelte som en følge av global oppvarming, er en annen joker i klimakortstokken. Vår forståelse av de fysiske prosessene som gjelder for de store isdekkene er ennå for dårlig til at vi presist kan forutsi hvordan de vil endre seg.

Forskning ved Universitetet i Bergen og Bjerknessenteret har funnet brå hendelser med redusert dypvannsdannelse i Nord-Atlanteren også for omtrent 120.000 år siden, midt under den varmeste delen av siste mellomistid. Siden istidens isdekker i Nord-Amerika og i Europa var smeltet vekk på denne tiden, kan smeltevann fra Grønland være årsaken. Det må imidlertid mer forskning til for å finne årsaken til og konsekvensene av denne hendelsen. Uansett peker disse resultatene mot at havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren ikke er så stabil som vi har trodd til nå.

KILDE:

Kikki Flesche Kleiven, Catherine Kissel, Carlo Laj, Ulysses S. Ninnemann, Thomas O. Richter, and Elsa Cortijo, Reduced North Atlantic Deep Water Coeval with the Glacial Lake Agassiz Freshwater Outburst, *Science*, 319: 60-64, 2008:

Eirik Vinje Galaasen, Ulysses S. Ninnemann, Nil Irvani, Kikki F. Kleiven, Yair Rosenthal, Catherine Kissel, David A. Hodell. Rapid reductions in North Atlantic Deep Water during the peak of the last interglacial period. *Science* 343; DOI: 10.1126/science.1248667, 2014



GRØNLAND UTEN IS. En gruppe forskere ved NASA publiserte i mai 2014 en artikkel i *Nature Geoscience* som viser Grønlands topografi uten is. Arbeidet viser at Grønlandsisen vil være mer sårbar enn man tidligere har trodd. Mens mange forskere tidligere trodde isen ville stabilisere seg på land, ser man nå at deler av Grønland ligger under havnivå. Grønland er mer som en ring av fjell med dype fjorder i midten, som strekker seg helt ut til kysten. Hele iskappen er dermed utsatt for smelting fra havet.

ILLUSTRASJON: Mathieu Morglihen/ UC Irvine



DE ARKTISKE BREENE: KANARIFUGLER I KLIMASYSTEMET

WILLEM VAN DER BILT | UIB OG BJERKNESSENTERET

GRØNLAND, JULI 2014: WILLEM VAN DER BILT ER EN AV FORSKERNE SOM HAR REIST TIL ØSTKYSTEN AV GRØNLAND. OPPDRAG: Å HENTE OPP NYE SEDIMENTKJERNER FRA INNSJØER I KANTEN AV DE MANGE SMÅ BREENE SOM LIGGER SPREDT RUNDT KANTEN AV DEN GIGANTISKE GRØNLANDSKE INNLANDSISEN.

Sett fra helikopteret mens vi flyr over Ammassalik-halvøya på Øst-Grønland, er det vanskelig å tro at Arktis endres fortere enn andre steder. Isfjell glir forbi i et landskap dekket av snø. Det er juli, men sommeren er et fjernt minne. Et øyeblikksbilde som dette gir likevel ikke grunnlag for å snakke om klimaendringer. For å sette klimaendringer i perspektiv, bør vi ta for oss de virkelig lange tidsskalaene. Noen få tusen år er en god begynnelse.

Snikende endring

De arktiske breene er virkelig kanarifugler i klimasystemets kullgruver. De reagerer raskt på endringer og trekker seg tilbake som følge av oppvarmingen som foregår nå. Men vi kan likevel ikke se endringer fra dag til dag. Endringene er snikende. Tar man bilder av den samme breen over flere tiår, vil man kunne fange forandringene.

I Arktis har vi bilder av breene kun 80 år tilbake i tid. Før dette har vi bare svært mangelfulle data fra værstasjoner som strekker seg enda 30 år tilbake i tid, til det tidlige 1900-tallet. Utover disse instrumentelle dataene, må vi søke i spor som ligger bevart i isbreen selv.

Under kjøligere perioder rykker isbreen frem og dytter jord sammen til store rygger. Disse moreneryggene markerer isens største utbredelse ved fremrykket. Forskere benytter seg av disse til å lære om tidligere brevariasjoner og naturlig klimavariabilitet.

Problemet er bare at isbreene har en tendens til å utslette sine spor, der de durer over landskapet som en bulldoser.

Gjørme under lupen

En måte for forskerne å møte dette problemet på, er sette søkelyset på innsjøer som blir foret av smeltevann fra breene. Et vanlig fenomen i den norske fjellheimen er de mange grønne vannene, der smeltevannet fra breen gir farge til innsjøene gjennom sommeren. Fargen kommer av alle de de ørsmå leirpartiklene som blir fraktet med breelven, produsert der oppe under breen når den skurer og skraper over berggrunnen.

Når smelteelvene fulle av leirpartikler og fin sand renner inn i innsjøene, synker partiklene ned til bunnen. Disse sedimentære avsetningene på bunnen av innsjøen er svært distinkte, og variasjoner i sammensetningen reflekterer endringer i breens størrelse. Breens helsetilstand er i neste runde et klimasignal som vi bruker for å forstå klimaendringer for eksempel i Arktis, når vi går bakover i tid til før de instrumentelle målingene.

Klimatisk tidsmaskin

Sedimenter fra isbreforede innsjøer hjelper oss altså til å avsløre fortidens klima. Over mange år har flere team med geologer og klimaforskere fra Bergen jaktet på lovende innsjøer i Arktis. Hjem igjen kommer de med lange tuber fulle av gjørme og slam. Det er det som er vårt oppdrag her på Grønland: Vi skal banke lange PVC-tuber ned i bunnen av innsjøen for å hente opp avsetningene.

Avsetningene vi finner her, er det nærmeste vi kommer en tidsmaskin. Vi samler slike dataserier fra hele det arktiske området, siden klima ikke bare endrer seg over tid, men også fra sted til sted. Derfor vil vi legge til noen biter fra Øst-Grønland til vårt klimatiske puslespill.

Knapp tid til feltarbeid

Det uheldige faktum for oss forskere er at det kun er et par uker i året vi kan leke oss ute i et snøfritt Arktis. Det meste av tiden tilbringer vi i laboratoriet og ved datamaskinen mens vi søker etter klimasignaler fanget i arktiske sedimentkjerner. Det er massevis av slike på universitetet, lagret i vinkjellerkalde kjellerrom.

Noen av metodene våre er futuristiske, som å bruke røntgenstråler for å identifisere den kjemiske sammensetningen av vår tube med leire og silt. Andre er mindre tekniske, som å tørke sedimentene i ovnen for å fastslå hvor mye vann avsetningene inneholder.

Idet vi henter opp en sedimentkjerne, er vi egentlig bare i startfasen av vår søken etter Grønlands tidligere klima.



INNHENTING AV FORTIDENS SPOR: Forskerteamet senker et tomt PVC-rør ned i innsjøen for å hente opp sedimenter. Foto: Jostein Bakke

SEDIMENTKJERNE: Tusener av års klimahistorie fanget i en tube med sedimenter, lag på lag, år for år
Foto: Willem van der Bilt



Forskning med muskelkraft

La oss samle inn litt gjørme. Metoden går ut på å senke en tom PVC-tube ned i vannet fra en flytende plattform ved hjelp av en stålvaier. Når tuben henger vertikalt over bunnen, er det hamretid. Forsiktig slår vi på toppen av tuben med en hammer, og tvinger den ned i gjørmen.

I neste fase trenger vi rå kraft, når vi skal dunke den videre ned i bunnen av innsjøen. Dette kan ta lang tid, avhengig av hva slags sediment du har å gjøre med og størrelsen på hamrerens biceps. Redningen kommer når hammerslagene markant spretter tilbake fra tuben. Da er tuben helt nede. Gratulerer, du har nå skaffet deg en sedimentkjerne!

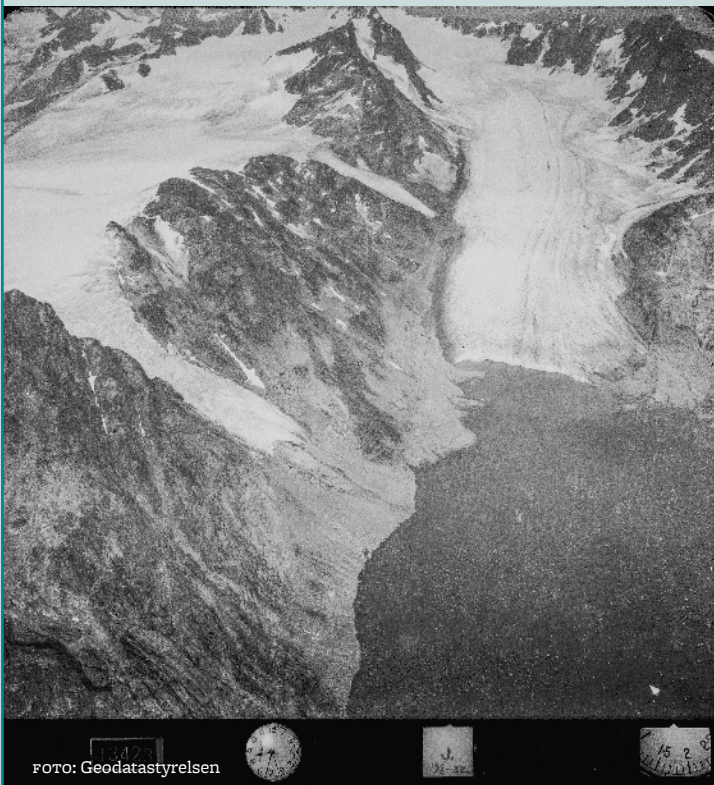


FOTO: Geodatastyrelsen

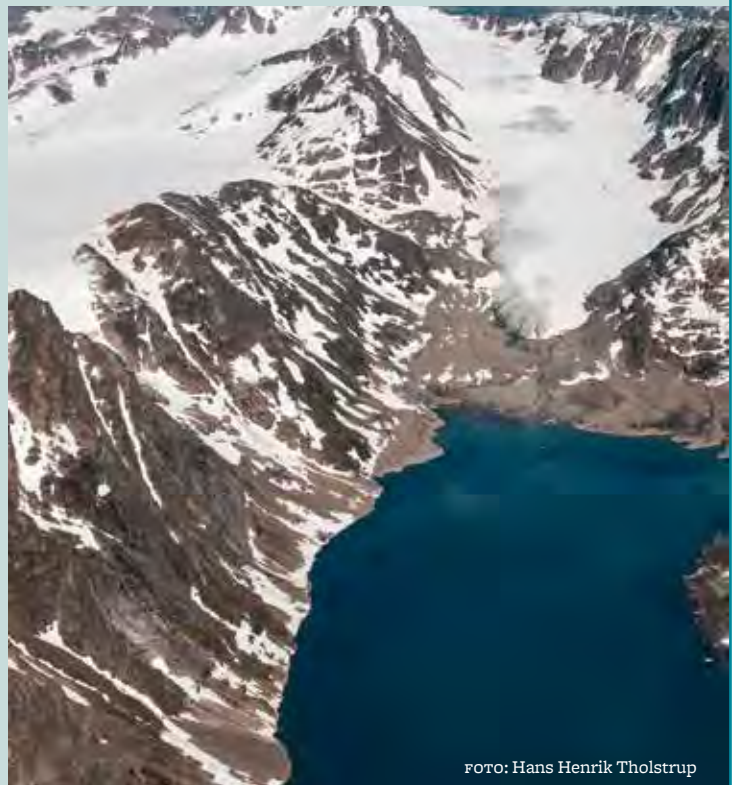


FOTO: Hans Henrik Tholstrup

GRADVIS, MEN DRAMATISK: Isbreene på Grønland, her fra Skjoldungen, påvirkes av global oppvarming. Foto tatt i 1932 av Geodatastyrelsen og i 2013 av Hans Henrik Tholstrup.



Svalestup. Det er fire grader i vannet utenfor Diskoøya, men Bradley Markle lar seg likevel friste av en dukkert. Generelt kan det være farlig å bade i nærheten av isfjell, de kan lage store tsunamier når de går rundt eller når de kalver. Derfor er det også vanlig med varselskilt langs strendene på Grønland. Men her på Diskoøya er man langt fra kalvende breer.

FOTO: Laurence Dyke

HVORDAN SMELTER GRØNLAND?

GUDRUN SYLTE | UNI RESEARCH OG BJERKNESSENTERET

FOR EN KLIMAFORSKER ER DET VESENTLIG Å VITE OM GRØNLANDSISEN SMELTER FRA TOPPEN, ELLER OM DET ER VARMT FJORDVANN SOM DRIVER DEN STORSTILTE NEDSMELTINGEN. EN GRUPPE UNGE KLIMAFORSKERE VAR I SOMMER PÅ GRØNLAND FOR Å FINNE UT AV NETTOPP DETTE.



Der isen møter fjorden. På vestsiden av Grønland, i området rundt Jakobshavnfjorden, finner man mange av de brearmene som smelter raskest. Vannprøver med smeltevann fra breen gir verdifulle svar på hvordan breen smelter. FOTO: Kerim Nisancioglu



Kerim Nisancioglu, førsteamanuensis ved UiB og Bjerknessenteret og leder for sommerskolen, henter opp en vannprøve fra ulike nivå i vannsøylen. Alle prøvene blir tatt med hjem og analysert i løpet av de kommende månedene. FOTO: Fiamma Straneo



Edelgassobservasjon. Nicholas Beaird henter opp vannprøver. Analyser av edelgass i vannet forteller hvor smeltevannet fra breen tar veien. Dette toktet er en av de første til å prøve ut denne metoden. FOTO: Fiamma Straneo



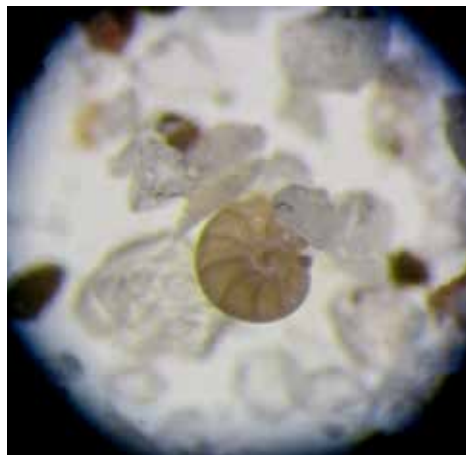
Mari Fjalstad Jensen og Anthony Coletti undersøker kjerneprøvene. Dette er nøyaktighetsarbeid som gir avkastning, i sedimentavsetningene finner forskerne verdifulle spor fra hvordan klimaet har vært og hvordan breene har vokst og trukket seg tilbake. FOTO: Josefin Ahlkrona



På feltarbeid i Blæsedalen for å se på breenes forming av landskapet. FOTO: Iselin Medhaug



Tsunamiregistrering. På et svaberg ved Eqip Sermia har professor Andreas Vieli fra Universitetet i Zürich en stasjon som måler frekvensen av tsunamier ved brefronten. Kalvende isbreer kan ofte forårsake store tsunamier. FOTO: Kerim Nisancioglu



Et spor av fortiden. Et lite fossil av dyreplanktonet foraminafera dukker opp i mikroskopet. Hvor mange man finner, gir verdifulle spor av hvor varmt det har vært, næringstilgang i fjorden og andre indikatorer på tidligere klima. FOTO: Désirée Treichler



Andreas Vieli henter ut data som er samlet inn på hans meteorologiske stasjon ved isbreen Eqip Sermia ved Ilulissat. FOTO: Iselin Medhaug



Isfjellets ferd. Helikopter brukes for å sette ut GPS-sensorer på isfjell for å følge deres ferd med havsirkulasjonene. Forskerne setter ut 5-7 sensorer og kan følge ferden fortløpende. Men når isfjellet går rundt eller smelter, mister man sensorene. FOTO: Rebecca Jackson



ISKAPPEN PÅ GRØNLAND ER ENORM. DEN ER 3000 METER TYKK PÅ DET TYKKESTE, OG DEKKER ET OMRÅDE PÅ STØRRELSE MED FRANKRIKE, SPANIA, TYSKLAND OG ITALIA TIL SAMMEN.

I løpet av de siste ti årene har innlandsisen på Grønland smeltet langt raskere enn det klimamodellene har beregnet. Det bekymrer mange klimaforskere, siden smelting av Grønlandsisen kan ha store konsekvenser for klimaet globalt, og ikke minst for havnivået på kloden.

Men hvordan smelter Grønlandsisen? Hvor smelter den mest, hvor skjer de største endringene? Det er spørsmål forskerne ennå ikke helt kjenner svaret på.

Fakta ACDC

- **Advanced Climate Dynamics Courses: Årlig internasjonal forskerskole for stipendiater innen naturvitenskapelig klimaforskning.** Har vanligvis over 70 søkere til rundt 25 plasser.
- **Sommerskolen er organisert av Bjerknessenteret og ResClim, Den nasjonale forskerskolen i klimadynamikk.**
- **Sommerskolen er en del av et samarbeid mellom Universitetet i Bergen og en rekke nordamerikanske universitet: University of Washington i Seattle, Massachusetts Institute of Technology (MIT), University of Massachusetts Amherst og Memorial University, Newfoundland.**
- **Hvert år besøkes avsidesliggende steder for å diskutere viktige tema innen klimaforskningen. I 2014 var sommerskolen på Diskoøya, på vestsiden av Grønland, med fokus på Grønlandsisen.**

ALLE PÅ ETT BRETT:

I tre uker var unge forskere fra hele verden samlet på Grønland til den årlige internasjonale sommerskolen i klimadynamikk. Her krysses fagdisipliner, eksperter på sine egne felt får bryne seg på spørsmål i tilgrensende felt. FOTO: Frode Inns

–Den enorme tilbaketrekningen vi har sett på Grønlandsisen de siste 150 årene, er det riktig å si at den er spesiell i et tusenårsperspektiv? For å vite det, må vi se dagens utvikling i et historisk perspektiv. Er det en naturlig endring, finner vi tilsvarende nedsmeltinger i tidligere tider. Det er noe vi må ha svar på, sier Kerim Nisancioglu, førsteamanuensis ved UiB og Bjerknessenteret.

Forsterkende smelting fra isens overflate

Nisancioglu leder den internasjonale sommerskolen for unge klimaforskere (forkortet ACDC), og var i sommer tre uker på Grønland sammen med andre forskere og stipendiater for å prøve å finne ut mer om prosessene rundt smeltingen av iskappen.

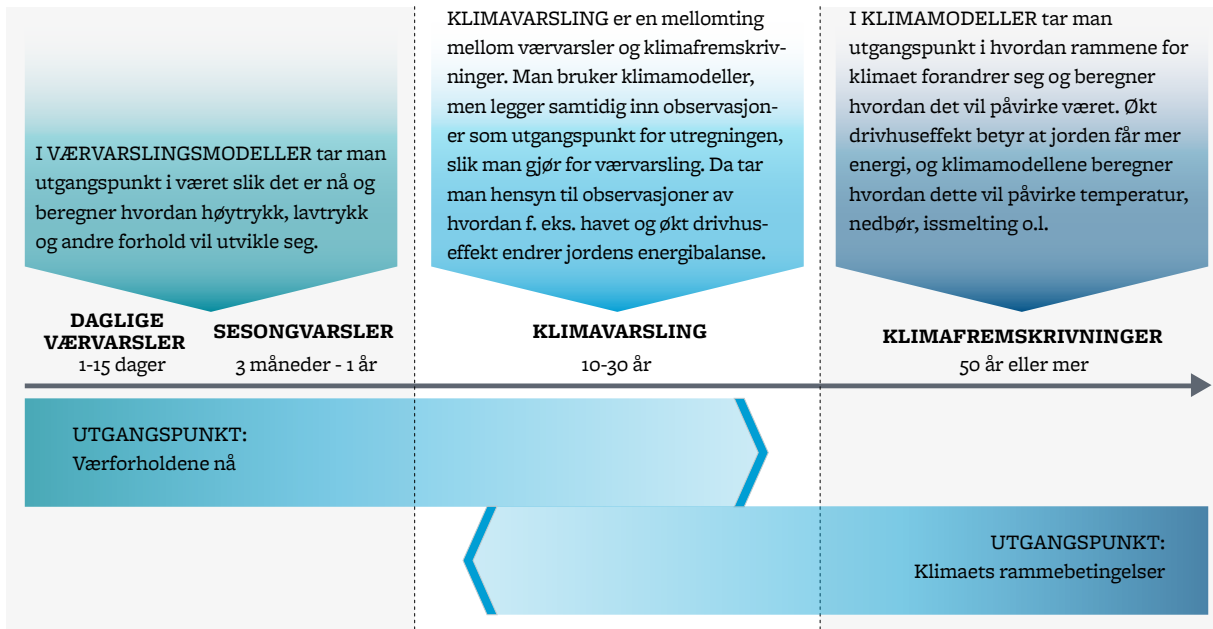
Forskerne vet at Grønland smelter, at smeltingen er massiv og at den går raskt. Men hvordan smelter iskappen, er overflatesmeltingen viktigere enn smeltingen i fjorden? Det er noe forskerne fremdeles utforsker.

– Det vi konkluderte med i løpet av disse ukene, er at overflatesmeltingen påvirker smeltingen i fjorden. Det som skjer, er at smeltevannet fra toppen av isen renner ned gjennom isen for deretter å følge bunnen videre ut til fjordene. Det flyter igjen ut på undersiden av isen og ut i fjorden. Når vannet kommer ut i fjorden, drar det fysisk med seg det relativt varme fjordvannet, slik at smeltingen langs breffronten forsterkes og går raskere, sier Nisancioglu.

Kunnskap i startfasen

Kunnskapen om hvordan Grønland smelter, begynte man å diskutere på sommerskolen for tre år siden. Siden den tid har forskerne modellert prosessen og forklart det teoretisk.

Men kunnskapen er ennå ny, og er først nå i ferd med å bli vitenskapelig publisert og etterprøvd. Hver for seg jobber stipendiater og lærere i sine prosjekt der funnene fra Grønland blir publisert og kommer inn i faglitteraturen.



KILDE: Meehl et al 2009

ORDEN I VÆRKAOSET

ISELIN MEDHAUG | UIB OG BJERKNESSENTERET

DEN STERKE ØKNINGEN I MENNESKELIG OG ØKONOMISK AKTIVITET SOM ER FORVENTET I ARKTIS DE NÆRMESTE ÅRENE AVHENGER HELT AV FREMTIDIGE ISFORHOLD. KAN VI FORUTSI ISDEKKET?

Å kunne varsle temperatur eller nedbør fra måneder til år frem i tid, vil ha uvurderlig verdi for samfunnet. Med langsiktige varsler kan en bedre planlegge i forhold til muligheter som innen fiskerier og vannkraft og utfordringer knyttet til klima, som for eksempel ekstremvær.

Arktis er et av de områdene i verden som er mest berørt av dagens klimaendringer. I et varmere klima vil havtemperaturen endres. Et varmere hav gjør at isen smelter, og nye ferdselsruter åpner seg mellom Asia og Europa over Polhavet. Pålitelige klimavarsler vil være nødvendig for å sikre trygg ferdsel. Men hvor langt er forskningen kommet på dette området?

Varsling på forskjellig tidsskala

Vi kan ikke varsle været mer enn omtrent en uke frem i tid. Det er fordi atmosfæren har en kort hukommelse og er kaotisk. En uke er tilnærmet levetiden til et lavtrykk.

Når vi prøver å varsle på lengre tidsskala enn dette, er det ikke lengre atmosfæren som gir oss svaret. Den viktigste faktoren som gjør klimaet forutsigbart på en tidsskala fra måneder til år, er havet. Havet beveger seg tregere og kan holde på mer varme enn atmosfæren. Denne varmen avgis gradvis til omgivelsene. Det er dette som gjør at vi har relativt milde vintre

langs kysten og en isfri kyst helt til Svalbard.

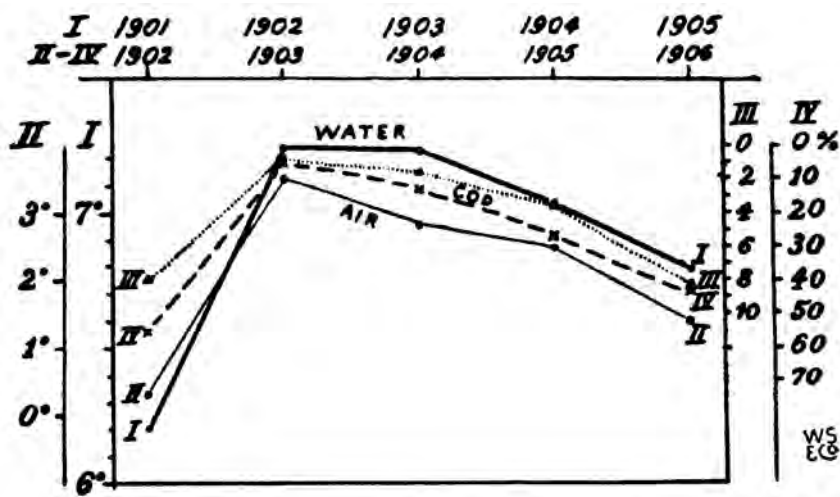
På en enda lengre tidsskala, fra flere tiår til hundre år, begynner endringer i drivhusgasser og lignende å spille en rolle når vi prøver å forutsi fremtidig klima. Dette er det som kalles klimafremskriving, og som er informasjonen vi får fra klimamodellene forskere har utviklet.

Grunn til optimisme

Forskningsmessig er det fremdeles uvisst om vi klarer å gi pålitelige klimavarsler som strekker seg år fremover. For å få det til, kreves det en stor forskningsinnsats, siden dette forskningsfeltet fremdeles er i sin spede barndom.

Det er imidlertid to grunner til optimisme. Den ene er at vi nå kan gi sesongvarsler - det vil si varsle om en årstid, blir varmere eller kaldere enn normalt, våtere eller tørrere. Vellykkede varsler er i dag knyttet til havtemperaturen i det tropiske Stillehavet, det såkalte El Niño-fenomenet. El Niño påvirker klimasystemet globalt, både i havet og atmosfæren.

Den andre er at våre nære havområder, Nord-Atlanteren med Golfstrømmen, viser seg å ha lang hukommelse. Temperaturen her varierer sakte og kan stige i flere tiår før den begynner å synke igjen, som del av en naturlig



TIDLIG KLIMAFORSKNING.

Helland-Hansen og Nansen viste allerede i 1909 hvordan klima og økosystem i nord forutsigbart kan henge sammen med temperaturen på Golfstrømmens forlengelse mot Arktis (kurven med romertall I). De tre andre kurvene (romertall II-IV) viser henholdsvis lufttemperatur og to mål på torskefangst under lofotfisket påfølgende vinter.

KILDE: Helland-Hansen og Nansen 1909

svingning. Golfstrømmen tar med seg denne varmen nordover. Dette gir oss mulighet for å si noe om temperaturen noen år frem i tid basert på dagens temperaturfordeling.

For å få til pålitelige klimavarsler, må vi kjenne dagens havtilstand tilstrekkelig godt. Dette er mulig ved å inkludere alle tilgjengelige observasjoner i klimamodellene, både fra over sflaten og dypet.

En visjon for det vi ønsker å oppnå finner en ved å gå mer enn 100 år tilbake i tid, til Bjørn Helland-Hansen og Fridtjof Nansens *The Norwegian Sea* fra 1909. I den moderne havforskningens norske «bibel» viser Helland-Hansen og Nansen hvordan både lufttemperatur og torskefangst under lofotfisket vintrene 1902-1906 følger av tilstanden lengre sør i Norskehavet året før. En kan vel knapt tenke seg noe mer matnyttig klimaforskning enn utviklingen av et modellsystem som pålitelig kan forutsi denne typen sammenhenger fram i tid.



Bro over Den blå Nilen.

Foto: Ellen Viste

Tørken i Etiopia i 1984 ble kringkastet til en hel verden. Mens Bob Geldof sang «Do they know it's Christmas?» og hjelpeorganisasjonene samlet inn penger, døde minst en halv million mennesker.

I et land der borgerkrig skapte sosialt kaos, var det ikke mulig å takle nok et år med ødelagte avlinger. Katastrofen måtte ikke gjenta seg. Våren 1987 fikk etiopiske meteorologer i oppdrag å varsle om den kommende sommeren ville bli våt eller tørr. Inspirert av indiske monsunvarsler advarte de om lite regn. Det ble den tørreste sommeren de siste 50 år.

Leter i historiske data

Diriba Korecha er direktør for værvarsling ved Etiopias nasjonale meteorologiske institutt, og fullførte i 2014 en doktorgrad ved Universitetet i Bergen om sesongvarsling. Han forteller at instituttet i dag utgir sesongvarsler for nedbør tre ganger i året, omtrent en måned før hver jordbruksessong.

I Norge kan det plaskregne den ene dagen, for så å være skyfritt dagen etter. I tropene kan det være tørt i flere måneder, for så å regne hver dag i ukevis. Mens vi her i landet ser på TV hver kveld for å få vite hva vi skal ha på oss dagen etter, lurer millioner av mennesker i sørligere strøk på om regnet kommer sent eller tidlig dette året.

De etiopiske meteorologene går gjennom historiske data og leter etter år som ligner på det de er inne i. Blir det et El Niño-år, da temperaturen i store deler av Stillehavet er høyere enn normalt? Korechas doktorgrad bekrefter at det er den viktigste faktoren. El Niño påvirker været i store deler av verden, og selv om Etiopia ligger langt unna

ETIOPIA: LIVSVIKTIG SESONGVARSLING

ELLEN VISTE | UIB OG BJERKNESSENTERET

DA ETIOPISKE METEOROLOGER LAGET DET FØRSTE SESONGVARSLIET I 1987, VAR DET I HÅP OM Å UNNGÅ NYE TØRKEKATASTROFER. I DAG HANDLER DET LIKE MYE OM Å UTNYTTE VANNETS MULIGHETER.

Stillehavet, blir El Niño forbundet med tørre somre i Etiopia. Meteorologene velger ut de tre årene som har mest felles med årets situasjon. Ble det tørt eller vått da? Det danner utgangspunkt for å anslå om den kommende sesongen vil bli tørrere eller våtere enn normalt. Sesongvarsling er fremdeles et ganske nytt felt. Varslene treffer ikke alltid like godt som i 1987, og deler av Korechas arbeid har bestått i å utvikle bedre varslingsmetoder.

Like mye regn som i Bergen

I deler av det etiopiske høylandet regner det like mye som i Bergen, mens lavlandet mot grensen til Somalia er ørken. Mens Sør-Etiopia har regntid om våren og høsten, er det sommeren som er viktigst i høylandet i nordvest, der de største jordbruksområdene ligger. I vintermånedene regner det nesten ikke i noen deler av landet.

Det skal ikke store avvik til før det merkes. I et land der bare 1 prosent av jordbruksarealet i 2005 var dekket av kunstige vanningsanlegg, er det kort vei fra lite regn til mindre mat.

Utnytter vannet

I dag handler sesongvarslingen like mye om å utnytte mulighetene vannet gir, som om å unngå katastrofer. Etiopierne holder på med å bygge Afrikas største vannkraftverk. De demmer opp Den blå Nilen,



Diriba Korecha, direktør for værvarsling ved meteorologisk institutt i Etiopia. Foto: Ellen Viste

som flommer fra det nedbørrike høylandet mot tørre ørkenområder i Sudan og Egypt. Når Grand Ethiopian Renaissance Dam står ferdig i 2018, vil den ha en kapasitet på 6000 MW, tilsvarende en femtedel av den totale norske produksjonskapasiteten for vannkraft. Sesongvarsler for regntiden vil være nyttige både når produksjonen skal planlegges og når kraften skal selges.



FORSKEREN

TATT AV VANNMASSENE

HELENE R. LANGEHAUG
HOLDER AV DET STORE BLÅ.

Helene R. Langehaug brukte doktoravhandlingen sin på å studere havsirkulasjonen i Nord-Atlanteren de siste 500 årene, med fokus på tiårige svingninger. Det har satt spor:

– Jeg finner vannmasser spennende. Hva kan vi lære fra disse massene? Bevegelsene i havet? Strømmene? Hvordan vannmassene forandrer seg sier noe om hva de kommer bort i på sin ferd, og de hjelper oss å forstå den større dynamikken i havet og havets betydning for klimaet, ja, dette som blir kalt «havets minne».

– Det var poetisk?

– Det handler raskt om forholdet mellom det virkelige og modeller. I doktoravhandlingen brukte jeg en klimamodell for å studere havsirkulasjonen i den nordlige delen av Nord-Atlanteren, hvordan varmt og salt holdig vann fra ekvator møter arktisk vann. På sin vei nordover endres vannmassene, vannet avgir varme til atmosfæren, blir kaldere og blandes med mindre salt vann,

før det synker ned og returnerer mot sør som en kald dyphavsstrøm. Havstrømmene og sirkulasjonen er essensielle for å kunne forstå klimaforandringer.

– Du jobber fortsatt med vannmassene?

– Ja, for nå er jeg med i forskningsprosjektet EPOCASA. Vi har et mål om å utvikle et modellsystem som kan gi klimavarsling for De nordiske hav og Arktis, Norges nærliggende havområder. Klimavarsling er basert på klimamodeller, men ikke utelukkende. Vel så viktig er tilfanget av havobservasjoner fra den virkelige verden, som vi mater modellene med for å gjenskape observerte mønstre.

– Hvordan fungerer dette i praksis?

– Konkret sammenligner jeg nå tre ulike modeller, en tysk og to franske. Modellene blir matet med observasjoner, og så undersøker jeg hvordan modellene klarer å treffe den faktisk observerte situasjonen i De nordiske hav og Barentshavet. Vi ser at to av modellene treffer noenlunde de første 1-3 årene, og deretter dårlig. Men plutselig ser vi at to modeller svinger noenlunde i takt med observasjonene igjen etter 5-7 år. Dette er overraskende, hvorfor er det slik?

– Spennende, hva kan det være?

– Vi lurer på om det kan ligge signaler i vannmassene fra sør som over lang tid forplanter seg nordover. Det tar noen år fra vi ser uvanlige verdier i vannet for eksempel vest for England, til vi kan se dem igjen ved Svalbard. Det er dette vi kaller prediktabilitet, altså om det er mulig å forutsi situasjonen i havet ti år fram i tid.

– Og da må du gå grundig til verks.

– Ja, det gjelder å kartlegge styrkene og svakhetene til de ulike modellene, og finne ut hvilke trekk som går igjen for alle modellene. Vi prøver å forklare hvorfor vi får gode og dårlige resultat, for å få til bedre treff mellom simuleringer og observasjoner. Den fasen jeg er i nå består for det meste av statistiske analyser.

– Det er et nitidig arbeid?

– Jeg synes det er mer spennende å se på de dynamiske prosessene. Det gleder jeg meg til!



HELENE R. LANGEHAUG
forsker på havsirkulasjon
i klimamodeller
NANSENTERET FOR
MILJØ OG FJERNMÅLING



TOGRADER.NO

Alt innholdet du har lest i dette magasinet finner du også på nettet, på **tograder.no**. Magasinet kan lastes ned og leses i pdf-format. På **tograder.no** finner du også innholdet i tidligere utgaver av 2°C.

LES | Artiklene via pc, lesebrett eller mobil – og øk din egen kunnskap!

OBSERVASJONER | Oppdater deg på klimaets utvikling.

EFFEKTER | Lær mer om konsekvenser av klimaendringene.

HANDLING | Hva skal til for å nå togradersmålet?

DEL | Via sosiale medier og gi flere mulighet til å øke sin forståelse.

FØLG | Debatten på Norsk Klimastiftelses nettmagasin Energi og Klima.

2014



UTGITT AV:



Norsk Klimastiftelse
NORWEGIAN CLIMATE FOUNDATION

I SAMARBEID MED:



Kunnskap for en bedre verden



UNIVERSITETET I BERGEN