

Klimaendringer i Arktis?

Utarbeidet av forskningsselskapet
Ocean Futures for NHO

Innhold:

- Klimaendringer generelt
- Klimaendringer i Arktis
- Tabell 1: Observert og antatt videre klimautvikling i Arktis
- Oppsummeringstabell
- Konsekvenser
- Konsekvenser for den kommersielle aktiviteten i Arktis
- Sluttnote
- Faktabokser

Klimaendringer generelt

Globale klimaendringer har de siste 20 årene vært et viktig tema både nasjonalt og internasjonalt. FN nedsatte et internasjonalt klimapanel i 1988 (IPCC). Dette er en ekspertkomité som skal fremme vitenskapelig basert informasjon om grunnlaget og risikoen for menneske-skapte klimaendringer. De utgir jevnlig rapporter der mange hundre eksperter fra mer enn 100 land bidrar. Disse brede rapportene danner igjen grunnlaget for detaljerte oppfølgings-studier¹.

Så langt kan klimadebatten sies å ha kretset rundt 3 hovedkategorier med spørsmål:

1. *Er det en endring av klimaet, og hvordan har denne vært over tid?*
2. *Hva er årsaken til disse endringene?*
3. *Hvordan vil klimaet endre seg i tiden framover?*

Den første kategorien er lettest å skaffe data om, og følgelig den minst omstridte. Det er en stor, internasjonal konsensus om at vi nå er inne i en periode med klimaendringer, og at disse har vært akselererende de siste 50-100 årene.

Debatten har vært større rundt den andre kategorien. Her har det vært lansert en rekke teorier. Det har bl.a. vært hevdet at de observerte klimaendringene for det meste skyldes naturlige klimasyklusser, sykliske interaksjoner mellom havet og atmosfæren, eller endret aktivitetsnivå på solen.

Det er imidlertid en sterk enighet blant verdens ledende klimaeksperter om at de endringene i klimaet vi nå observerer skyldes menneskeskapt utslipp av klimagasser. De viktigste klimagassene er karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorholdige gasser, og det er observert klare sammenhenger mellom økt nivå av disse gassene i atmosfæren og økt temperatur².

Usikkerheten og debatten har vært størst rundt den tredje kategorien. Dette skyldes bl.a. et det er vanskelig å skulle forutsi hvor stort utslippet av menneskeskapt klimagasser vil bli i framtiden.

Det er også vanskelig å forutsi hvordan miljøet vil reagere på en klimaendring—fordi det er så mange komplekse og sammenvevde prosesser som påvirker hverandre. Mye forskning har vært konsentrert rundt begge disse spørsmålene, bl.a. av IPCC. Panelet har utviklet en rekke grundige og komplekse utslippsscenarioer og den forventede temperaturøkningen som følger av disse.

Klimaendringer i Arktis

På mandat fra Arktisk Råd arbeidet flere hundre forskere gjennom prosjektet Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) arbeidet i fire år med å kartlegge klimaendringene i Arktis og hvilke konsekvenser vi kan forvente av disse i løpet av dette århundret.

Forskernes utgangspunkt var et moderat utslippsscenario fra IPCC (scenario B2), og studien deres er den mest omfattende som er gjort rundt dette temaet. Konklusjonene ble lagt fram november 2004 i rapporten "Impacts of a Warming Arctic".

Hovedfunnene kan oppsummeres i følgende tabell³.

Tabell 1: Observert og antatt videre klimautvikling i Arktis

Hovedtendenser	Observerte indikasjoner	Antatt videre utvikling
Klimaet blir varmere	Temperaturen har økt kraftig i hele den arktiske regionen de siste årtiene. Gjennomsnittlig årstemperatur i Arktis har økt om lag dobbelt så mye som i resten av verden.	ACIA anslår en temperaturøkning i de arktiske landområdene på 3-7 C°, og 7-10 C° over havområdene i løpet av dette århundret.
Snø, is og permafrost smelter	Nedbøren i Arktis har gjennomsnittlig økt med 8 % det siste århundret, og da spesielt i form av regn.	Temperaturøkning fører til en økning i vannfordampning, noe som igjen fører til mer nedbør. ACIA anslår at nedbøren over Arktis vil øke med ca. 20 %.
	Vannføringen i de Arktiske elvene har steget de siste årtiene, og vårfloomingen har blitt kraftigere og kommer tidligere. Isen på elver og innsjøer kommer stadig senere og forsvinner tidligere på året.	Fram mot 2100 forventer ACIA en økning i årlig vannføring i de arktiske elvene på 10-25 %, med størst økning om vinteren og våren.
	Snødekket i Arktis har minket med om lag 10 % de siste 30 årene.	ACIAs modeller estimerer at ytterligere 10-20 % av snødekket vil forsvinne i løpet av dette århundre.
	Isbreene smelter og trekker seg tilbake. Iskappen på Grønland opplever en kraftig akselererende smelting.	I løpet av det neste århundret forventer ACIA at smeltingen av arktiske isbreer alene vil gjøre at det globale havnivået stiger med 4-6 cm, og at smeltingen vil akselerere. Om all isen skulle smelte, tilsvarer det en økning i det globale havnivået på 8 meter.
	Temperaturen i permafrosten har økt med opptil 2 C° de siste årtiene, og dybden og utbredelsen av permafrosten blir stadig mindre.	ACIA forventer at temperaturen i permafrosten vil fortsette å stige. Man forventer også at den sørlige grense for permafrosten vil bevege seg flere hundre kilometer nordover i løpet av det neste hundreåret, og at dybden på permafrosten vil bli minke.
	Omfanget av sommersjøis har i gjennomsnitt sunket med 15-20 % de siste 30 årene. Det blir mindre og tynnere is, og isgrensen trekker seg nordover.	ACIAs modeller estimerer at mellom 50-100 % av sommersjøisen vil kunne forsvinne innen 2100, med en 10-50 % gjennomsnittlig reduksjon av sjøisen dersom man ser året under ett.
Havet blir mindre salt, surere og havstanden vil stige	Havet har blitt surere, noe mange forskere mener skyldes økt opptak av karbondioksid.	Etter hvert som CO ₂ konsentrasjonen i atmosfæren fortsetter å øke regner forskere fra Royal Institute med at havet vil bli surere.
	Havstanden i Arktis og resten av verden har blitt 10-20 centimeter høyere de siste 100 årene.	Havnivået globalt sett er av ACIA estimert til å stige med 10-90 centimeter det neste århundret, og økningen vil akselerere etter som tiden går. Økningen vil variere geografisk på kloden, men det er estimert at den kraftigste økningen vil finne sted i Arktis.
	Saltnivået og tettheten i havvannet i Arktis og Nordatlanten har sunket, som følge av økt tilførsel av ferskvann.	ACIA tror at saltnivået i havvannet vil fortsette å synke etter hvert som stadig mer ferskvann kommer ut i havet.
Ozonlaget reduseres, og strålingen blir sterkere	Ozonlaget over Arktis har siden 1979 årlig blitt redusert med rundt 7 %. En flere uker lang reduksjon i ozonlaget på over 25 % har blitt observert 7 av de 9 siste vårene.	Det er forventet at Arktis vil fortsette å ha et kraftig fortynt ozonlag i årtiene som kommer. Modeller forutsier at dosen med UV-ståling i 2010-2020 vil være 90 % høyere enn våren 1972-1992

Konsekvenser

De klimamessige trendene og forandringene forskerne tror vil kunne utvikle seg gjennom dette århundret vil kunne få en rekke naturmessige, kommersielle og kulturelle konsekvenser

Minkende sjøis betyr endret livsgrunnlag for dyr og jaktkulturer

En rekke marine sjødyr er avhengige av sjøisen, slik som isbjørn, hvalross, sel og en rekke fuglearter. Når sjøisen forsvinner, forsvinner også disse dyrenes livsgrunnlag. En rekke tradisjonelle jaktkulturer i Arktis er avhengig av disse dyrene, og livsgrunnlaget for kulturene vil derfor også forvitte ettersom isen blir borte⁴.

Endring av flora og fauna

Vegetasjonssonene vil bevege seg nordover. Skog vil erstatte tundra, og tundra erstatte polar ørken i mange områder. Når permafrosten tiner vil dessuten våtmarksområder tørke opp i noen områder, og det vil bli dannet nye våtmarksområder i andre områder.

Varmere vintre vil føre til økt innsektsskade på skogen, og mer skogbrann. Dyre- og plantearter som ikke finnes i Arktis i dag, vil bevege seg nordover inn i den arktiske regionen. Enkelte fiskearter er allerede observert lenger nord enn de var tidligere. Mose og lav, som er spesielt sårbare for oppvarming, danner grunnlaget for en rekke næringskjeder, bl.a. for reinsdyr. Fordi det arktiske økosystemet generelt sett har færre arter med overlappende roller, vil dermed endringer for noen arter i næringskjeden få store konsekvenser i hele økosystemet⁵.

En negativ sirkel av mindre snø- og isdekke og økt oppvarming

Snø og isdekke reflekterer mye av den solenergien som treffer jorden i Arktis. Når disse smelter, er det mørkere landmasser og hav som kommer til syne. Disse absorberer mye mer av den innkomne solenergien, noe som fører til en ytterligere temperaturøkning.

Vann er en kjent varmeleder, og solvarmen som er absorbert av havet om sommeren overføres lett til atmosfæren om vinteren. Tykkelsen på det laget i atmosfæren som må varmes opp for at jordoverflaten skal oppvarmes er dessuten mindre i Arktis enn i andre områder på jorden⁶.

Økt binding og økt frigjøring av klimagasser

Skog tar opp og lagrer mer karbondioksid enn tundra og polar ørken, og på denne måten vil oppvarmingen være med på å øke CO₂ opptaket. Det er også ventet at når omfanget av sjøisen blir redusert, vil polhavet kunne ta opp i seg mye mer CO₂ enn det gjør i dag.

På den andre siden er det bundet store mengder karbon og metan i permafrosten, og tiningen av permafrosten vil frigjøre dette. Det finnes også store mengder klimagass bundet i såkalte metan-hydrater i kalde havbunnsedimenter. En temperaturøkning kan føre til dekomponering av disse, noe som igjen vil føre til et stort utslipp av metan til atmosfæren. Selv om trær tar opp mer CO₂ enn tundra, er de også med på å dekke til snø som tidligere reflekterte solstrålene. Dette er med på å gi en oppvarmingseffekt.

Økt temperatur i Arktis vil med andre ord være med på å sette i gang prosesser som både vil binde opp klimagasser, men som også vil friggi klimagasser. Hva nettoeffekten vil bli, er det fremdeles stor usikkerhet knyttet til. Men nyere studier har antydnet at den oppvarmende effekten vil bli størst⁷.

Påvirkning av fisk og marine økosystemer

Et komplekst samspill mellom en rekke mekanismer påvirker fiskebestander og deres atferd. Temperatur, mattilgang og egnede gyteområder er tre helt sentrale faktorer, og en klimaendring vil kunne være med å påvirke alle disse. Det er imidlertid stor usikkerhet med hensyn til hvordan fisken vil reagere.

I de mest pessimistiske scenariene vil klimaendringene kunne føre til en massiv endring av hele næringskjeden og økosystemene i havet, noe som vil få vidtrekkende konsekvenser for fisket slik vi kjenner det i dag. Forventningen er imidlertid

sterkere blant forskerne at man i løpet av de neste 50-70 årene vil se en mer moderat endring og da i utbredelse og lokalisering av fiskeartene i Arktis.

Det er forventet at lodde, sild og torsk vil trekke nordover og østover i forhold til i dag, og at bestandene vil kunne øke. Arter som makrell og kolmule vil kunne flytte seg nordover trolig helt til Barentshavet, og vil konkurrere med de andre fiskeartene om føde⁸. Konsekvensene av dette er usikkert. Det er også forventet at det arktiske leveområdet for reker vil kunne krympe inn⁹.

Om Nordøstpassasjen blir isfri store deler av året, vil dette kunne lede til invasjon av nye fiskearter, slik som lyr fra Beringhavet. Det er også ventet at innslaget av mer eksotiske arter, slik som tunfisk, sverdfisk og hai kan øke¹⁰.

En oppvarmet atmosfære bremser oppbyggingen av ozonlaget og øker den ultrafiolette strålingen

Selv om man gjennom oppfølging av internasjonale avtaler har fått en kraftig reduksjon i utslipp av ozonnedbrytende stoffer, har en rekke av de stoffene som ble sluppet ut i forrige århundre en lang levetid i stratosfæren. De forventede klimaforandringene vil øke temperaturen i atmosfæren, noe som vil forsterke effekten av de ozonnedbrytende stoffene¹¹.

Selv om det vil være store sesong- og dagsmessige forskjeller i mengden skadelige ultrafiolett stråling som når jorden, er strålingen klart kraftigst i vårmånedene. Økt oppvarming gjør at snødekket svekkes og forsvinner, og med det en viktig beskyttelse for mange planter og dyr. Disse blir dermed utsatt for mer skadelig stråling i en sårbar utviklingsfase.

Også mennesker blir utsatt for stadig mer UV-stråling. Den oppvoksende generasjonen av barn i Arktis i dag vil trolig bli utsatt for minst 30 % mer stråling enn noen tidligere generasjon¹².

Havet blir surere og dets evne til å ta opp karbondioksid svekkes

Det estimeres at halvparten av alle menneskeskapte utslipp av CO₂ de siste 200 årene har blitt absorbert i havet, og årlig absorberer havet om lag 1 tonn CO₂ for hver innbygger på jorda. I havet omdannes CO₂ til en svak karbonsyre, og nå roper forskere fra Royal Institute varsku fordi havene er i ferd med å bli for sure, noe som kan få svært alvorlige og uopprettelige konsekvenser.

For det første svekkes havets evne til å absorbere CO₂ når det blir surere, og dette forsterkes når temperaturen øker.

For det andre vil økt surhetsgrad svekke og true en rekke mindre organismer, slik som koraller, mindre skalldyr og dyreplankton. Disse er med på å danne grunnlaget for hele næringskjeden i havet, og konsekvensene vil dermed bli svært alvorlige for en rekke økosystemer. Ph- verdien i overflatevannet er redusert med 0,1 enheter de siste 200 årene, og forskerne forventer en ytterligere ph-reduksjon på 0,5 enheter i løpet av dette århundret, om ikke CO₂ utslippene reduseres dramatisk¹³.

Endret saltnivå og tetthet i havet kan føre til endring av havstrømmer

Varmt tropisk vann blir i dag ført med den nordlige atlantehavsstrømmen nordover mot kysten av Norge. I Arktis er vannet kaldt og dannelsen av sjøis gjør at saltnivået i vannet stiger. Dette vannet er dermed tyngre enn det varmere tropiske vannet, og synker ned mot bunnen. Dannelsen av dette bunnvannet er med på å dra det varme vannet ytterligere nordover.

Klimaendringer i Arktis fører til mer regn, større snø- og is smelting og større tilførsel av ferskvann fra elver. Dette kan være med på å gjøre tettheten og saltnivået i det arktiske vannet mindre, noe som vil påvirke dannelsen av bunnvannet. Dette kan svekke de tropiske havstrømmene, eller i verste fall få de til å stoppe opp. Skjer dette vil gjennomsnittstemperaturen i Norge og andre berørte land kunne synke vesentlig¹⁴.

Konsekvenser for den kommersielle aktiviteten i Arktis

Bedre kår for jord- og skogbruk, men nye arter og mer innsekter

Landbruket i Arktis i dag er relativt beskjedent, med lang avstand til markedene, lite befolkningsgrunnlag, begrenset infrastruktur og korte vekstsesonger. Lengre og varmere vekstsesonger samt mer nedbør vil kunne gi større avlinger, og vil kunne gjøre et kommersielt landbruk mer drivverdig¹⁵.

Skogen vil kunne vokse seg inn i nye områder og øke sin utbredelse, noe som vil gi et større og bredere kommersielt grunnlag for skogdrift.

På den andre siden regner man med at en rekke nye dye- og plantearter vil kunne etablere seg i områder der de ikke finnes i dag. Innsektsangrep på skog og avlinger vil trolig øke, noe som vil øke behovet for sprøytemidler. Man tror også at skogbranner vil øke i styrke og omfang.

Tining av permafrost kan skade infrastruktur

En rekke veier, rørledninger, strømmnett og annen infrastruktur vil kunne bli destabilisert som følge av at permafrosten tiner. Omfattende utbedringer og ombygginger vil kunne bli nødvendig, og ny infrastruktur vil trolig måtte legges på en ny måte.

Norge har primært permafrost øst i Finmark, på Svalbard og på høyfjellet. I det nordlige Russland har kombinasjonen av dårlig vedlikehold og tining av permafrost ført til problemer med bl.a. veier, flyplasser, jernbanelinjer og bygninger¹⁶.

Stormer, nedbør og havnivå vil kunne påvirke kystnær bebyggelse og infrastruktur

Det vil kunne bli nødvendig med en omfattende utbedring og forsterkning av kystnær bebyggelse og infrastruktur. Fiskeflåten vil oftere kunne møte dårlig og ekstremt vær, noe som særlig vil påvirke de mindre båtene¹⁷.

Mindre sjøis vil åpne nye transportårer

Nordøst- og Nordvestpasasjen har i dag svært begrenset transportkapasitet som følge av sjøisen. Innfris forventningen om en kraftig reduksjon av sjøisen, vil mulighetene for marin transport i hele Arktis bli kraftig utvidet. Dette gjelder ikke minst langs den Nordlige sjørute, som går nord for Russland mellom Barentshavet og Beringstedet¹⁸.

Turistsesongen vil kunne bli lenger

Lengre og varmere somrer vil kunne øke lengden på touristsesongen i Arktis. Imidlertid vil dårlig og ekstremt vær kunne slå negativt ut for turistnæringen.

Mindre sjøis åpner nye områder for ressursutvinning

Når sjøisen reduseres og blir borte fra store områder, åpnes disse for ressursutvinning av både levende og mineralske resurser. Dette vil også kunne føre til en økning og oppblussing av territorielle konflikter og konflikter knyttet til ressursutnyttning¹⁹.

Endring i kommersielt fiske og i oppdrettsnæringen

Endring i fiskearters vandring, utbredelse og lokalisering vil kunne ha stor effekt på størrelsen av det kommersielle fiskeriet i Norge, spesielt om fisken vandrer ut av norsk farvann.

For oppdrettsfisk, slik som laks, vil en liten temperaturøkning kunne føre til en større vekstrate. Men det skal ikke en stor temperaturøkning til før den stiger utover fiskens toleransegrense, noe som vil bety at oppdrettsanlegg vil bli tvunget til å flytte nordover mot kjøligere havområder.

En temperaturøkning vil også kunne føre til hyppigere og kraftigere utbrudd av sykdom. Villfisk utgjør en nøkkelbestand i foret til oppdrettsfisken, så oppdrettsfisken påvirkes også indirekte gjennom klimabaserte variasjoner i villfiskbestanden²⁰.

Sluttnote

De scenariene som her er tegnet av en mulig klimaendring i dette århundret har som utgangspunkt en relativt jevn økning av konsekvensene ettersom tiden går. En del forskere mener imidlertid at klimaendringene i stedet vil kunne komme i store og brå omveltninger, med vidtrekkende konsekvenser.

Konsekvensene av klimaendringene kan heller ikke forstås alene. De er påvirket av og påvirker selv en rekke andre miljømessige og samfunnsmessige faktorer.

Klimaendringer er ikke bare en omgivelsesfaktor man må forholde seg til, men en direkte konsekvens av de aktivitetene man foretar seg. Dette gjelder også i den norske nordområdedebatten, der en rekke miljøorganisasjoner nettopp har brukt økt utslipp av klimagasser som argument mot olje- og gassutvinning i Barentshavet.

Faktabokser

Faktaboks 1 – En uenig forsker

Richard Lindzen, som er professor i meteorologi ved MIT i USA, er en klimaforsker som er uenig i bakgrunnsmodellene ACIA bygger på.

Lindzen er enig med IPCC om den grunnleggende vitenskapen rundt drivhuseffekten og at jorden har blitt varmere de siste hundre årene. Men han mener at endringen ikke nødvendigvis skyldes menneskeskapte utslipp.

Han mener også at effekten av CO₂ i atmosfæren ikke er lineær, slik at jo høyere CO₂ nivået er jo mindre oppvarmende effekt vil nye utslipp ha. Han tror også at naturen vil tilpasses en eventuell oppvarming gjennom endret varmetransport mellom polområdene og ekvator. "Politikere må prioritere faktiske problemer hvor kostnadene ved å løse problemet er mindre enn skaden man unngår," sier Lindzen til tidsskriftet *Cicerone*²¹.

Faktaboks 2 – Massiv tining av permafrost i Sibir

I midten av august 2005 meldte forskerne ved universitetene i Tomsk og Oxford om begynnende massiv smelting av permafrosten i vest-Sibir²².

I en myr på størrelse med Frankrike og Tyskland til sammen har det begynt å dannes mange innsjøer. Dette er en vanlig tegn på smeltende permafrost i toppen av jordmonnet. Det er antatt at permafrost og is-strukturer i bakken kan inneholde så mye som 700 milliarder tonn med metan. En smelting av disse vil kunne sette i gang en prosess der dette begynner og frigjøres til atmosfæren²³.

Om så skjer vil det kunne skape en mye raskere og omfattende oppvarmingen enn det ACIA's modeller bygger på.

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch.

² *Miljøstatus*, www.miljøstatus.no.

³ ACIA, *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment* (Cambridge University Press, 2004).

⁴ ACIA.

⁵ Cicero, *ACIA Faktaark 3: Landskapet endrer seg* (Cicero, 2004).

⁶ ACIA.

⁷ ACIA.

⁸ Agnar Kaarbø, "Silda truet, sverdfisken kommer", *Aftenposten*, 19.9.2004.

⁹ Cicero, *ACIA Faktaark 6: Økt temperatur—nye muligheter* (Cicero, 2004).

¹⁰ Norsk Polarinstittutt, *Tillegghøring av kap. 4.8 om effekter av klimaendringer* (Norsk Polarinstittutt, 2004).

¹¹ ACIA.

¹² ACIA.

¹³ The Royal Society, *Ocean Acidification Due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide* (The Royal Society, 2005).

¹⁴ Kristjan Molstad, "Golfstrømmen blir svakere", *Aftenposten*, 11.5.2005.

¹⁵ Cicero, *ACIA Faktaark 6*.

¹⁶ Cicero, *ACIA Faktaark 5, Klimaendringer påvirker bygninger og farbarhet* (Cicero, 2004).

¹⁷ ACIA.

¹⁸ Willy Østreng, *The Natural and Societal Challenges of the Northern Sea Route* (Kluwer Academic Publishers, 1999).

¹⁹ Cicero, *ACIA Faktaark 6*.

²⁰ Cicero, *ACIA Faktaark 6*.

²¹ Petter Haugenland, "Liten grunn til å bekymre seg for klimaendringer", *Cicerone* 14 (3): 10-11 (2005).

²² *New Scientist*, www.newscientist.com

²³ Nina Lødemel, "Verdens største frose torvmyr smelter", *Aftenposten*, 12.8.2005.