

NO02X9004
CICERO-PN--2001-2



NO02X9004

CICERO

Center for International Climate and Environmental Research – Oslo

Senter for klimaforskning

Klimaet er i endring!

Policy Note 2001:2
ISSN: 0804-4511

Knut H. Alfsen

CICERO Policy Note 2001:02

Klimaet er i endring!

Knut H. Alfsen

Oktober 2001

CICERO

Center for International Climate
and Environmental Research
P.O. Box 1129 Blindern
N-0318 Oslo, Norway
Phone: +47 22 85 87 50
Fax: +47 22 85 87 51
E-mail: admin@cicero.uio.no
Web: www.cicero.uio.no

CICERO Senter for klimaforskning

P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo
Telefon: 22 85 87 50
Faks: 22 85 87 51
E-post: admin@cicero.uio.no
Nett: www.cicero.uio.no

Tittel: Klimaet er i endring!

Forfatter(e): Knut H. Alfsen
CICERO Policy Note 2001:02
12 sider

Finansieringskilde: Miljøverndepartementet
Prosjekt: 1206
Prosjektleder: Knut H. Alfsen
Kvalitetsansvarlig: Andreas Tjernshaugen
Nøkkelord: Klimaendringer, virkninger

Sammendrag: FN's klimapanel (IPCC) ferdigstilte i 2001 sin tredje hovedrapport. En sentral konklusjon er at vi kan vente fortsatte klimaendringer de nærmeste tiårene selv hvis det gjøres en betydelig innsats for å begrense utslippene av klimagasser. Derfor er beredskap for og tilpasning til klimaendringer en nødvendig strategi ved siden av tiltak mot utslippene.

Som et utgangspunkt for statsforvaltningens arbeid med dette har Miljøverndepartementet bedt CICERO Senter for klimaforskning skrive denne korte utredningen om konsekvenser av klimaendringer i Norge. Hovedkonklusjonene er:

- Tilpasning til klimaendringer blir nødvendig
- Betydelige konsekvenser ventes for flere viktige sektorer i Norge
- Forvaltningen bør nå vurdere behov for tilpasning til forventede klimaendringer i sine sektorer
- I dette arbeidet trengs mer kunnskap om konsekvensene av klimaendringer.

Språk: Norsk

Rapporten kan bestilles fra:
CICERO Senter for klimaforskning
P.B. 1129 Blindern
0318 Oslo

Eller lastes ned fra:
<http://www.cicero.uio.no>

Title: Klimaet er i endring!

Author(s): Knut H. Alfsen
CICERO Policy Note 2001:02
12 pages

Financed by: Ministry of Environment
Project: 1206
Project manager: Knut H. Alfsen
Quality manager: Andreas Tjernshaugen
Keywords: Climate change, impacts

Abstract: The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has finalized its Third Assessment Report. Among its conclusions is that we must expect continued changes in our climate, despite our efforts to reduce greenhouse gas emissions. Planning for and adapting to climate change are therefore necessary.

As a starting point, CICERO has written this short note on expected impacts in Norway. The main conclusions are that

- Adaptation to climate change is necessary
- Substantial impacts are expected for several important sectors in Norway
- The local and central authorities should now consider and start planning for adaptation measures.
- There is still a need for more knowledge about potential impacts of climate change in Norway.

Language of report: Norwegian

The report may be ordered from:
CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo)
PO Box 1129 Blindern
0318 Oslo, NORWAY

Or be downloaded from:
<http://www.cicero.uio.no>

Innhold

1	KLIMAET ER I ENDRING!	2
2	KLIMAENDRINGER UANSETT	2
3	LOKALE VIRKNINGER AV KLIMAENDRINGER	3
4	HVA PÅVIRKER KLIMAET I NORGE?	4
5	KONSEKVENSER AV KLIMAENDRINGER	6
5.1	ENERGI/VASSDRAG.....	7
5.2	SAMFERDSEL.....	8
5.3	FISKE OG HAVBRUK	8
5.4	JORDBRUK.....	9
5.5	SKOGBRUK.....	10
5.6	NATURLIGE ØKOSYSTEMER	10
6	SÅRBARHET, BEREDSKAP OG TILPASNING	11
7	REFERANSER	12

Forord: Hva betyr klimaendringene for Norge?

FNs klimapanel (IPCC) ferdigstiller i 2001 sin tredje hovedrapport. En sentral konklusjon er at vi kan vente fortsatte klimaendringer de nærmeste tiårene selv hvis det gjøres en betydelig innsats for å begrense utslippene av klimagasser. Derfor er *beredskap for og tilpasning til klimaendringer* en nødvendig strategi ved siden av tiltak mot utslippene.

Som et utgangspunkt for statsforvaltningens arbeid med dette har Miljøverndepartementet bedt CICERO Senter for klimaforskning skrive denne korte utredningen om konsekvenser av klimaendringer i Norge.

Hovedkonklusjonene er:

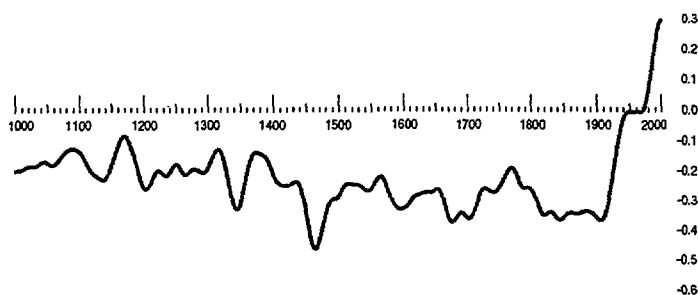
- *Tilpasning til klimaendringer blir nødvendig*
- *Betydelige konsekvenser ventes for flere viktige sektorer i Norge*
- *Forvaltningen bør nå vurdere behov for tilpasning til forventede klimaendringer i sine sektorer*
- *I dette arbeidet trengs mer kunnskap om konsekvensene av klimaendringer*

1 Klimaet er i endring!

Jordens klima er i endring. Tegn på dette er at:

- Den globale middeltemperaturen har økt med om lag 0,6 grader Celsius over de siste 150 år.
- Nedbøren har økt med ca. 10% over de nordlige breddegrader siste 100 år.
- Snø og isdekket på jorda har blitt redusert med omtrent det samme siden 1960.
- Temperaturen i havet har økt med noen tiendels grader de siste femti år.
- Vi har antakelig hatt en økning i skydekket på jorda.
- Det er blitt mer intens tørke i deler av Asia og Afrika.
- Naturlige svingninger i klimasystemet som den nordatlantiske indeksen (NAO) og El Niño/Southern Oscillation (ENSO) har økt i styrke.

Nå har klimaet til alle tider vært i endring, men klimaendringene de siste par hundre år fremstår likevel som særlig kraftige og raske sett i et tusenårsperspektiv (jf Figur 1). FNs klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) konkluderer også i sin tredje og foreløpige siste hovedrapport (Third Assessment Report - TAR, 2001) med at det er overveiende sannsynlig at menneskeskapte utslipp av klimagasser har bidratt vesentlig til den observerte klimaendringen de siste 30-50 år.



Figur 1. Årlig middeltemperatur på den nordlige halvkule siste 1000 år. Kilde: Mann et al., 1999.

2 Klimaendringer uansett

Tregheter i klimasystemet, først og fremst knyttet til havets reaksjoner, gjør at den globale oppvarmingen vi er vitne til i dag vil fortsette de nærmeste ti-årene uansett hva vi i dag gjør med våre klimagassutslipp. Vi står med andre ord overfor fortsatte klimaendringer, og spørsmålet reiser seg om hvordan vi vil kunne komme til å oppleve dette i våre områder på jorden, og hva det vil bety i form av nye muligheter og utfordringer for vårt samfunn.

På global basis vil klimaendringene med stor sannsynlighet manifestere seg ved

- En fortsatt økning i den globale middeltemperaturen, sterkest over land og over høye breddegrader.
- Mer intens nedbør i våte områder, kombinert med mer tørke i allerede tørre områder.

- Muligens en moderat økning i intensitet av stormer, orkaner, o.l.
- Økt havnivå.

Disse globale trekkene sier imidlertid lite om hvorledes klimaendringene vil fortone seg på lokalt nivå, og er dermed også av mindre verdi når det gjelder å si noe om virkningene av klimaendringene på samfunnet og på hver av oss som individer. Betydningen av klimaendringer vil også i stor grad avhenge av lokalsamfunnenes sårbarhet.

På et overordnet plan vet vi at fattige land er langt mer sårbare for "dårlig vær" enn rikere land allerede i dag. Selv med en god økonomisk utvikling i den fattige delen av verden, vil disse landene forbli langt mer sårbare for uheldige klimaendringer enn for eksempel Norge i uoverskuelig framtid. Det er derfor viktig at bistand til disse landene inkluderer støtte til utvikling av beredskapsplaner og fornuftige tilpasninger til framtidens forventede klima.

Når det gjelder effekter i våre områder er det mange problemstillinger som kan være relevante. Spørsmål man kan stille er f.eks.:

- Kan vi forvente mer flom på Østlandet slik vi hadde høsten 2000?
- Vil havnivåstigning kunne true lavtliggende veier og broer?
- Vil Hammerfest og andre nordlige regioner måtte regne med betydelig mer snø om vinteren?
- Vil "nyttårsorkanene" på nordvestlandet bli hyppigere og sterkere?
- Vil Gardermoen igjen bli "glasert" av underkjølt regn om vinteren?
- Hva skjer med jord- og skogbruk? Vil produksjonsforholdene bli markert bedre eller vil de bli plaget av nye typer skadedyr?
- Hva skjer med pollenspredning og våre allergikere under et endret klima?
- Og, ikke minst viktig, hva skjer med klimaet i havet, vilkårene for fiskeoppdrett og utbredelse og mengder av våre vanlige fiske arter og hvordan vil endringer påvirke livsvilkårene langs vår mangslungne kyst?

Spørsmålene er mange. Det vi mener å vite i dag om klimaendringer i våre områder er at vi må forvente en temperaturøkning de neste femti år; størst om vinteren og i områder nord i landet og i innlandet. Nedbøren vil også øke, mest om høsten og i områder som allerede mottar mye nedbør (Vestlandet). I enkelte områder på nordvestlandet og i fjellområder i Sør-Norge vil også vinden kunne øke noe. Hva vil så dette kunne få som konsekvenser? Er det tiltak vi bør gjennomføre i dag for å være forberedt på slike klimaendringer? Dette vil kort bli drøftet nedenfor.

3 Lokale virkninger av klimaendringer

For å kunne si noe om de lokale virkningene av framtidige klimaendringer trenger vi strengt tatt:

- Kunnskap om hva vi kan forvente av lokale klimaendringer i form av endringer i temperatur, nedbør og vind over de ulike delene av landet.
- Deretter må vi vite noe om de fysiske konsekvensene av slike endringer i klimavariabel. Dette kan være endringer i forekomst av flom, storm og stormflo,

endringer i lokalisering og hyppighet av ras, og andre ekstremhendelser knyttet til været.

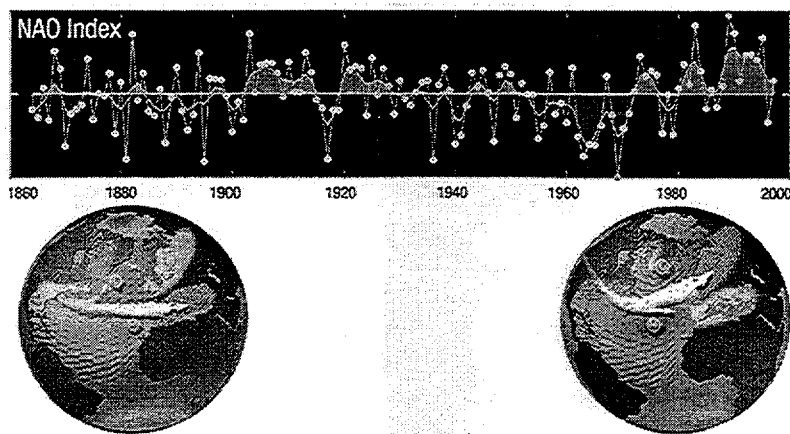
- Vi trenger også informasjon om hvorledes levende økosystemer på land, i vann og til havs vil bli påvirket av klimaendringene og eventuelle endringer i ekstremhendelser.
- Endelig må vi vite noe om hvordan økosystemer og lokalsamfunn kan tilpasse seg klimaendringer, enten spontant eller gjennom planlagte tiltak. Med andre ord trenger vi å vite hvor sårbare økosystemer og lokalsamfunn kan være for endringer i de klimatiske rammebetingelsene.

Det er altså ikke nok å kjenne til utviklingen til klimavariabler som temperatur, vind og nedbør. Vi trenger også kunnskap om hvordan våre omgivelser reagerer på endringer i klimaet og sist men ikke minst, hvor sårbare eller robuste ulike lokalsamfunn er for slike endringer. Først med alt dette på plass kan vi si noe om betydningen av klimaendringer for oss som mennesker og for vårt samfunn, og dermed ha et grunnlag for å vurdere om tilpasningstiltak er nødvendig nå. Vi skal i det følgende se litt nærmere på de enkelte punktene. Det er naturlig å starte med hva vi forventer av klimaendringer i våre regioner.

4 Hva påvirker klimaet i Norge?

Norge er som kjent et langstrakt land. Vi er også plassert nær en rekke grensesoner som har stor betydning for været i landet vårt. Først og fremst har vi den Nord-atlantiske havstrømmen ("Golfstrømmen") langs kysten vår som gjør at vi har en middeltemperatur som er 5-7 grader C over hva vi ellers ville forvente på våre breddegrader. Hva som skjer med denne havstrømmen under et endret klima er derfor av avgjørende betydning for vårt framtidige klima. Vår beste kunnskap i dag tilsier at havstrømmen kan komme til å bli noe svekket under en fortsatt global oppvarming, men ikke mer enn at temperaturen likevel vil øke i våre områder.

Havstrømmen er videre koplet til en atmosfærisk grensesone, nemlig polarfronten. Posisjonen til denne påvirker været i Norge og har igjen påvirkning på strømforholdene i havet. Relativt små endringer i posisjonen av disse grensesonene kan få relativt store utslag for vårt klima. En måte å summere opp vær-situasjonen i våre områder på, er å benytte den såkalt Nordatlantiske indeks (North Atlantic Oscillation – NAO) som måler trykkforskjellen mellom lavtrykkene ved Island og høytrykkene ved Azorene (se Figur 2).



Figur 2. Den Nordatlantiske indeks – NAO. (Kilde: NILU)

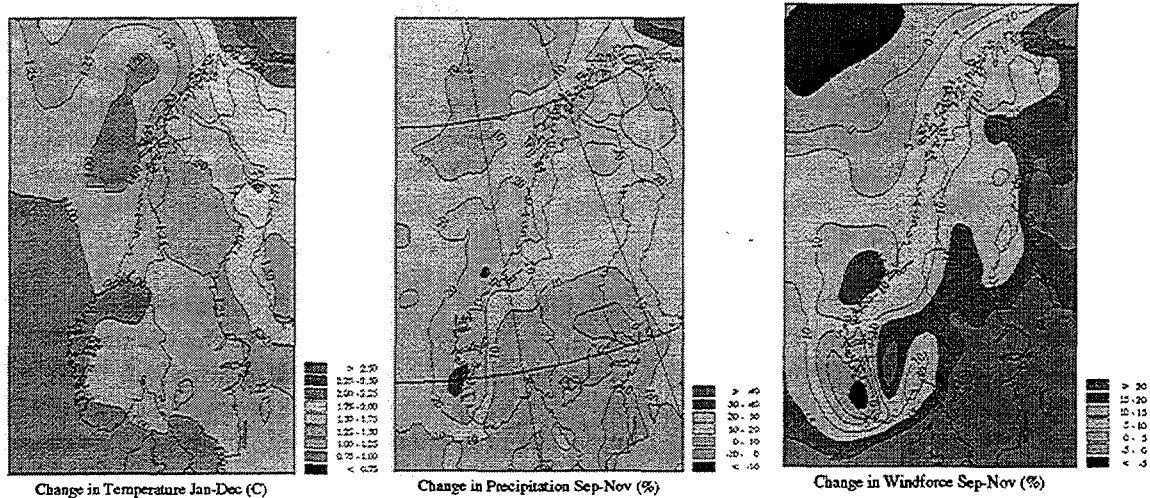
Når NAO, målt om vinteren, har en høy verdi, tenderer lavtrykkene som kommer over Atlanterhavet og inn mot Europa, til å ta en nordlig bane. Polarfronten ligger da godt nord for oss og vi får relativt fuktige og milde vintre. Omvendt, når NAO er lav, tar lavtrykkene en mer sydlig kurs og kommer innover Mellom-Europa, polarfronten kommer lenger sør, og vi får en tørr og kald vinter.

Den Nord-atlantiske strømmen har i tidligere tider vært svært variabel av naturlige årsaker (knyttet til vekst og avsmeltning av innlandsis på Grønland og Nord-Amerika). Dette førte under siste istid (for mer enn 10.000 år siden) til et voldsomt variabelt klima i våre områder der den årlige middeltemperaturen endret seg med ti grader C og mer over noen ganske få år. Etter slutten av siste istid har variasjonen blitt langt mindre

Vi vet ikke i dag presist hva som skal til for å utløse liknende store variasjoner, men vi tror at systemet med havstrømmer, posisjon av polarfront er relativt stabilt, og at i hvert fall under moderate og ikke for hurtige klimaendringer vil den Nord-atlantiske strømmen forbli intakt, om enn muligens noe svekket. Samtidig har vi observert en styrking av NAO under de siste ti-årene. Hvis vi regner med at dette også blir hovedtrekkene framover kan vi få et framtidig klima om femti år som skissert i tabell 1. Tabellen og illustrasjonene i figurene 3-5 representerer de første og foreløpige resultater fra forskningsprogrammet RegClim som har studert mulige klimaendringer i våre regioner over de neste femti år. Selv om resultatene er foreløpige og beheftet med stor usikkerhet, gjør RegClim-resultatene at vi nå for første gang kan skimte i mer detalj hva klimaendringer kan bety på lokalt nivå i våre områder. De utgjør således et nødvendig grunnlag for studier av de samfunnsmessige konsekvensene av klimaendringer i Norge.

Tabell 1. Noen regionale hovedtrekk ved forventede klimaendringer i Norge om femti år (Kilde: RegClim)

		Temperaturøkning (°C)	Nedbørsøkning (mm/døgn)	Nedbørsøkning (prosent)
Nord-Norge	hele året	1,6	0,3	7,8
	vår	1,4	0,2	5,0
	sommer	1,2	0,1	1,5
	høst	1,7	0,8	18,2
	vinter	2,0	0,2	5,2
Vestlandet	hele året	1,0	0,8	13,5
	vår	0,9	0,1	1,2
	sommer	0,7	1,0	18,2
	høst	1,1	1,5	23,5
	vinter	1,2	0,6	9,3
Østlandet	hele året	1,1	0,2	4,3
	vår	1,0	-0,1	-4,1
	sommer	0,6	0,1	1,7
	høst	1,3	0,3	6,9
	vinter	1,3	0,4	13,1



Figur 3. Endring i middeltemperatur (venstre bilde), intensiteten av høstnedbøren (midtre bilde) og vind om femti år (Kilde: RegClim)

Som det framgår av tabellen og figuren forventer vi en økning i temperaturen; størst om vinteren og størst i nord og områder langt fra kysten. Nedbøren vil også øke, mest om høsten og vinteren og mest i områder der det allerede regner mye (Vestlandet), Vindforholdene vil kunne bli noe vanskeligere langs nordvestkysten og i fjellene i Sør-Norge. Somrene derimot vil ikke bli påvirket i samme grad av klimaendringene de kommende tiårene i henhold til disse resultatene.

Hva dette betyr for oss som lever i landet om femti år avhenger av fysiske og biologiske effekter av disse klimatiske endringene. Om dette vet vi ikke så mye i dag, men noen spekulasjoner kan være som følger.

5 Konsekvenser av klimaendringer

Virkninger av klimaendringer på våre omgivelser kan ta et utall former og ha mange ulike konsekvenser. Noen virkninger kan være rent fysiske som for eksempel økt fare for flom og ras som følge av økt nedbør eller skader som følge av sterk vind eller store snømengder. Andre kan komme som følge av endringer i vekstforhold for planter og dyr som påvirker utbredelsen av både nyttige og skadelige arter. Og selv om vi oftest tenker på livet på landejorda når vi snakker om virkninger av klimaendringer, er det viktig å ha klart for seg at endringer i forholdene i havet kan ha vel så store følger for næringsvirksomhet og bosetning.

I dette mylderet av mulige effekter av klimaendringer velger vi å presentere dem etter noen hovedkategorier knyttet til hvor effektene finner sted. Dessverre vet vi i dag lite om hvor sannsynlig det er at hvert av "fenomene" inntreffer, og også lite om hvor alvorlig det vil oppleves. Dette kreves det mer forskning for å finne ut av. Listen nedenfor, som bygger på O'Brien og Sygna, 2000, har derfor preg av å være en oppstilling av mulige effekter. Vi deler virkningene grovt inn i virkninger på

- Energi/Vassdrag
- Samferdsel

- Fiske og havbruk
- Jordbruk
- Skogbruk
- Naturlige terrestre økosystemer

I tillegg til virkningene knyttet til disse kategoriene, vil vi også kunne oppleve virkninger av klimaendringer på bygningsmassen ved økte stormskader o.l., og helsevirkninger (positive og negative) av et mildere og våtere klima. Noen vil også kunne oppleve en generelt større utrygghet i sin hverdag ved at fare for stormer, ras og flom endrer karakter og kanskje forflytter seg fra tradisjonelt robuste lokalsamfunn til andre som så langt ikke har vært utsatt for 'elementenes krefter'. Vi vil ikke komme nærmere inn på slike fenomener her, men nøye oss med en gjennomgang av de sektorer som er nevnt ovenfor.

5.1 Energi/Vassdrag

Noen mulige hovedvirkninger på vassdragssystemer er som følger:

- | | |
|-------------------------|--|
| Økt kraftproduksjon | Økte nedbørsmengder tilsier at vi vil få økt middelproduksjon av vannkraft. Imidlertid kan endret sesongmønster og endrete snøforhold i fjellstrøkene gjøre det nødvendig å endre magasin disponeringen og eventuelt forsterke dem. Endring i nedbør og temperatur gjør at vi får økt usikkerhet i tilsigsprognosene, noe som vil være en utfordring for driften av vannkraftverkene. Det kan f.eks. bli større fare for skade på tekniske installasjoner på grunn av overbelastninger i perioder. I tillegg kommer at økt middeltemperatur vil kunne dempe etterspørselen etter vannkraft noe, særlig på vinteren. |
| Endringer i flomregimer | Mange områder har vist seg sårbare overfor flomhendelser og mye tyder på at dette også vil gjelde større og flere områder i fremtiden. Hvordan flomregimer blir påvirket av klimatiske endringer er likevel høyst regionalt forskjellig. I noen områder vil en kunne få flere høst- og vinterflommer. Det er særlig i innlandselver som i dag har stabilt isdekke at vinterflommer med isgang kan bli mer vanlig. Faren for erosjon og sediment-transport tiltar som følge av flom på barmark. NVE forventer at det er enkeltflommene på Østlandet som vil resultere i størst påregnelig skade. Innslaget av leirjord er stort i flatbygdene på Østlandet og leirjorda er særs sårbar overfor store vannmengder. |
| Dårligere vannkvalitet | Når vinterflommen øker vil dette resultere i større tilførsel av næringsstoff til vannmassene i fjordene. Produksjonen i fjordene er lav i vinterhalvåret, det er derfor usikkert om de ekstra tilførte næringsstoffene blir tatt opp av de levende organismene. I andre områder kan en oppleve å få kraftigere vårflom som følge av at store mengder snø i høyfjellet smelter om våren. I urbane strøk vil endret flomregime f.eks. kunne få konsekvenser for avløpsvann og drikkevannskvalitet. Høsten 2000 fikk vi demonstrert at avløpssystemet i Oslo ikke er dimensjonert for slike mengder med |

nedbør som kom i løpet av oktober og november. Sommerstid vil en nedbørsøkning være positivt for vassdrag som i utgangspunktet har lav vannføring i sommermånedene.

Endrede forhold for inn-landsfiske Endret vind- og temperaturregime vil komme til å endre sjiktningsforholdene i innsjøene, siden de fleste norske innsjøer er sjiktet i et overflatelag og et bunnlag i sommersesongen. Varmeinnstråling (lufttemperatur) og vind er de hovedfaktorer som bestemmer for hvor dypt og hvor stabil denne sjiktningen (termoklinen) vil være i hver enkelt innsjø fra år til år. Dette vil kunne ha betydning for innsjøers kjemiske og biologiske forhold generelt, og hvordan innsjøer responderer på kjemiske forurensninger som næringsstoffer, sur nedbør og andre uorganiske og organiske miljøgifter.

5.2 Samferdsel

Mer vedlikehold Økt fare for snøskred, telehiv, jordskred, steinsprang, flomskader, store snømengder og stormflo bidrar til å øke vedlikeholdsarbeidet på veier, havner og jernbane. Det vil også sannsynligvis bli behov for investeringer i ras-sikring.

Stengte fjelloverganger Mer snø i høyden og vinteren, kombinert med mer vind i enkelte fjellområder vil, vil kunne gjøre vinterstengte veier mer vanlig.

Variable kjøreforhold Milde vintre kombinert med mer nedbør kan gi hyppigere tilfeller av underkjølt regn. Mer vind i deler av landet, kombinert med mer nedbør kan også gjøre kjøreforholdene mer krevende.

Kansellerte flyavganger Mildere vintre gir gunstige forhold for skodde på Gardermoen. Økt nedbør om vinteren vil også kunne føre til økte snømengder, noe som regulær drift av flyplasser mer krevende.

5.3 Fiske og havbruk

Økt fiskeproduksjon, endret struktur i fiskeflåten og omstilling i fiskeforedlingen Klimaforhold har stor innvirkning på viktige populasjonsparametre som mattilgang, rekruttering, vekst og fordeling for de viktigste fiskebestandene og dynamikken mellom dem. Noen fiskearter svarer på de økte temperaturene ved å flytte til kaldere områder. Det viser seg at loddestammen i Barentshavet vandrer mot nordøst når varmt Atlanterhavsvann strømmer inn i Barentshavet. Likeledes er det en vandring sørvest når vannet blir kaldere. Slike vandringer reduserer dermed temperaturens innvirkning på tilveksten. Økt produksjon på alle ledd kan forventes i nordområdene og store havområder i nord og øst vil

kolonialiseres av torsk, hyse og sild. Når det gjelder framtidsutsiktene for økt fiske kan vekst i bestandene av sjøpattedyr begrense disse. For Nordsjøen kan en forvente at fiskebestandene generelt vil forflytte seg nordover. Viktige bestander som nordsjøsil, torsk, hyse, og sei vil presses ut og må nøye seg med mindre beiteareal lengre nord. Varmere vannmasser i Nordsjøen vil kunne resultere introduksjon av sydlige fiskearter som f.eks. brisling, makrell, hestemakrell, sild og sardin. En kan forvente at fangstmengden vil øke totalt sett. En kan likevel ikke forvente en tilsvarende økning i avkastning da mye av konsumfisket blir erstattet med industrifisk. Dette vil igjen få konsekvenser for lokalsamfunn og eksisterende bosettingsmønster.

Nye lokaliteter for fiskeoppdrettsanlegg	Endrede klimatiske forhold vil påvirke hvor det egner seg å plassere oppdrettsanlegg. Ved økt temperatur kan det tenkes at landsdeler som frem til i dag har vært lite egnet for fiskeoppdrett kan bli attraktive. Endret vindaktivitet med hyppigere og kraftigere stormer kan likevel begrense mulighetene, på grunn av økt risiko for anleggshavari. For eksisterende og planlagte anlegg kan økt ferskvannstilsig, som følge av økt nedbør og smelting av innlandsis, bli et problem i noen fjorder.
Økt fare for sykdommer og algeoppblomstring	Selv om næringen til en viss grad kan tilpasse seg de endrede forholdene er det vanskelig å forsikre seg mot plutselige værekstremer. Ekstreme sommertemperaturer og påfølgende introduksjon av sykdommer og algeoppblomstring vil kunne bli mer vanlig med varmere hav. Dette vil i noen områder kunne true noen fiskearter.

5.4 Jordbruk

Økt avkastning	Høyere temperaturer blir generelt sett på som positivt for planteproduksjonen ved at vekstsesongen blir lengre og at overvintringsforholdene blir bedre. Samtidig kan det tenkes at nye plantearter kan introduseres mange steder i landet. På et fenologisk felt på Kvithamar, i Stjørdal, har Planteforsk registrert tid for knoppsprett, blomstring og bladfall siden 1963. Registreringene viser at vekstsesongen er forlenget med 10 dager siden 1963 og at tidligere vår er mest markant. Økt CO ₂ -konsentrasjon i atmosfæren vil også bidra til økt vekst for de fleste arter.
Økt avrenning og erosjon	Med økt nedbør på senhøsten og vinterstid vil mangel på tele i jorda kunne resultere i økt fare for erosjon og utvasking. Økt avrenning og erosjon vil kunne være en belastning for ferskvannskilder og grunnvannskvalitet i mange områder.

Plantesykdommer et større problem Stigende temperaturer og mer nedbør vil generelt føre til gunstigere utviklingsvilkår for ugras, plantesykdommer og skadedyr. I Sør-Sverige og store deler av Danmark er potetnæringen plaget med stadige billeangrep. Med varmere sommertemperaturer kan det tenkes at denne billearten vil spre seg til jordbruksområdene på det sentrale Østlandet.

5.5 Skogbruk

Økt tømmer tilgang Klimaendringer vil resultere i en kraftig økning i skogsarealet og tilhørende økt tømmer tilgang. Økt temperatur og høyere CO₂-konsentrasjon i atmosfæren vil stimulere til økt tilvekst i skogen. Ved en temperaturøkning på 3 °C indikerer studier at klimasonen vil vandre nordover med ca 250 km og oppover i høyden med ca 500 m. Tidlig vår kan være et problem for noen skogstrær ved at risikoen for frostskafer øker.

Endringer i skogens sammensetning og utbredelse En forflytting av klimasonene nordover for de nordlige og tempererte skogområdene og en heving av klimasonene vertikalt vil endre skogens sammensetning. Naturen vil selektere de treslag som best tilpasser seg de endrede forholdene. Dette innebærer at barskogen vil ta over for fjellskogen i fjellområdene og løvtrærne vil bli mer synlige i lavlandet.

Biologisk mangfold vil endre seg med endringer i skogøkosystemets sammensetning og utbredelse Endringer i artssammensetningen vil få konsekvenser for mulighetene for rekreasjon og jakt. Arter som i dag har sitt livsgrunnlag i fjellet som f.eks. *villrein* og *rype* vil få redusert leveområde ved en marginalisering av fjellskogen og fjellområdene. I motsetning til bestanden av storvilt som *elg*, *hjort* og *rådyr*, som vil øke i takt med økt skogsareal.

5.6 Naturlige økosystemer

Klimaendringene vil kunne resultere i relativt store endringer i vegetasjons-sammensetningen, insektsamfunn og fuglesamfunn, spesielt i randsonen mellom skog og fjell-områder/fjellskogen Virkningene vil være størst for de arter som nettopp har sin utbredelsesgrense i våre områder. Arter i Norge som lever på grensen for sin nordlige utbredelse vil potensielt kunne vandre vertikalt og horisontalt. Arter som har sin grense for sørlig utbredelse i Norge vil kunne oppleve at leveområdet blir mindre ved at artene blir presset til kaldere områder i høyden og nordover. Observasjoner for Oslo området indikerer en tidligere vår og en lengre høst i dette århundre sammenlignet med det forrige. Det viser seg at varmekjære planter på Østlandet blomstret tidligere enn før, mens planter med en alpin eller nordlig utbredelse reagerer motsatt.

Mulighet for flere skadedyr	Endret vegetasjonssammensetning vil kunne få konsekvenser for utmarksnæringer som f.eks. beite og skogsdrift. Samtidig kan interaksjonen mellom ville arter og landbruk introdusere nye skadeorganismer til disse to systemene ved endrede klimatiske forhold. Forflytting av vegetasjonstyper samt et varmere og fuktigere klima kan resultere i gode etableringsforhold for uønskede skadeorganismer. Mye tyder derfor på at bruken av plantevernmidler vil øke i fremtiden.
Feilplassering av verneområder	En annen konsekvens av vegetasjonsendringer og forflytting av enkeltarter er at vernede naturområder kan miste sin funksjon, fordi artene simpelthen forsvinner fra det regulerte området. Det kan vise seg at nokså mange verneområder er feilplassert.
Mer pollen	Som følge av økte temperaturer og økt CO ₂ -nivå i atmosfæren vil pollenmengden kunne øke, samtidig kan en forvente at pollensesongen starter tidligere på våren. Dette kombinert med økt vindaktivitet vil forbedre mange arters spredningspotensial og evne til overlevelse. Tidligere start på pollensesongen samt økte pollenmengder vil få innvirkning på antall og geografisk fordeling av allergikere i Norge.

6 Sårbarhet, beredskap og tilpasning

Hvordan de biologiske og fysiske virkningene av klimaendringer faktisk vil virke inn på vår hverdag, vil avhenge av hvordan vi forbereder oss på endringene som vil komme. Virkninger av ekstremhendelser som storm, ras og flom kan i noen grad motvirkes ved fornuftig planlegging, oppfølging av byggeforskrifter, fornuftig plassering av veier og bygninger osv.

De endringene som kommer ved at rammebetingelsene for økosystemene endres, det være seg på landejorda eller i havet, er mer usikre fordi vi kjenner responsen til disse systemene på klimaendringer dårligere. Noen effekter vil vi måtte håndtere om og når de inntreffer. Andre kan i større grad forutsees med økt satsing på forskning om virkemåten til økosystemene under endrete klimabetingelser. Det som i alle tilfeller er klart er at vi må forvente endringer. Naturressursgrunnlaget om tretti til femti år vil ikke være det samme som i dag og store satsinger på økonomisk utvikling i regionene bør ta hensyn til dette fundamentale usikkerhetsmomentet. En større grad av fleksibilitet og diversitet i næringsstrukturen bør derfor tilstrebes.

Alt dette er utfordringer som vårt rike, industrialiserte samfunn kan møte ved å basere planlegging og samfunnsutvikling på et så godt informasjonsgrunnlag som mulig. Det er derfor vesentlig at den kunnskap som eksisterer om mulige virkninger av klimaendringer blir spredt til dem som trenger den på en effektiv, god og forståelig måte. Videre er det selvfølgelig viktig at kunnskapsgrunnlaget blir vedlikeholdt og oppdatert gjennom en vedvarende og langsiktig forskning på relevante temaer. Gitt at dette blir gjort, har Norge

antakelig lite å frykte fra klimaendringene. Unntaket vil være om vi skulle komme til å oppleve store overraskelser som for eksempel en sterk svekkelse av den Nord-atlantiske strømmen ("Golfstrømmen") langs våre kyster. Dette ville medføre klimaendringer som dramatisk ville forverre levekårene i vårt samfunn. Det er tankevekkende at det er denne type klimaendringer flere av de fattige land med stor sannsynlighet står ovenfor i de nærmeste tiårene, og som vil kunne bli dramatisk forverret på lenger sikt om vi i den rike delen av verden ikke gjør noe med våre utslipp av klimagasser. Hvordan klimagassutslippene kan reduseres nok til at det monner hos oss og i andre rike land, er imidlertid et annet tema som vi ikke kommer inn på her.

7 Referanser

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001: *Climate change 2001:*

WG I "Climate Change 2001: The Scientific Basis"

WG II "Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability"

WG III "Climate Change 2001: Mitigation"

Published by Cambridge University Press.

Mann, M. E., R. S. Bradley and M. K. Hughes. 1999. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations. *Geophys. Res. Letters* 26: 759–762.

Sygna, Linda and Karen O'Brien, 2001. Virkninger av klimaendringer i Norge. *CICERO Report 2001-01*

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo)

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo) was established by the Norwegian government in 1990 as a policy research foundation associated with the University of Oslo. CICERO's research and information helps to keep the Norwegian public informed about developments in climate change and climate policy.

The complexity of climate and environment problems requires global solutions and international cooperation. CICERO's multi-disciplinary research in the areas of the natural sciences, economics and politics is needed to give policy-makers the best possible information on which to base decisions affecting the Earth's climate.

The research at CICERO concentrates on:

- Chemical processes in the atmosphere
- Damage to human health and the environment caused by emissions of greenhouse gases
- Domestic and international climate policy instruments
- International negotiations on environmental agreements

CICERO (Center for International Climate and Environmental Research – Oslo)

P.O. Box 1129 Blindern, N-0318 Oslo, Norway

Visiting address: Sognsveien 68, Oslo

Telephone: +47 22 85 87 50 Fax: +47 22 85 87 51

E-mail: admin@cicero.uio.no Web: www.cicero.uio.no

CICERO Senter for klimaforskning

CICERO Senter for klimaforskning er en uavhengig stiftelse tilknyttet Universitetet i Oslo. Senteret ble etablert av den norske regjeringen i 1990. CICERO skal gjennom forskning og informasjon holde landets befolkning orientert om klimaendringer og klimapolitikk.

For å løse klima- og miljøproblemene trengs globale tiltak og samarbeid på tvers av nasjonale grenser. CICEROs tverrfaglige forskning bidrar til å finne løsninger på det naturvitenskapelige, økonomiske og politiske planet.

Forskningen ved CICERO konsentrerer seg om:

- Atmosfærekjemiske prosesser
- Helse- og miljøproblemer knyttet til utslipp av klimagasser
- Virkemidler i klimapolitikken nasjonalt og internasjonalt
- Internasjonale forhandlinger om miljøavtaler

CICERO Senter for klimaforskning

Postboks 1129 Blindern, 0318 Oslo

Besøksadresse: Sognsveien 68, Oslo

Telefon: 22 85 87 50 Faks: 22 85 87 51

E-post: admin@cicero.uio.no Hjemmeside: www.cicero.uio.no