

CICERO Report 2004:06

Tredje hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC)

Norsk oversettelse av sammendrag

Andreas Tjernshaugen

June 2004

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: Tredje hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC): Norsk oversettelse av sammendrag

Forfatter(e): Andreas Tjernshaugen

CICERO Report 2004:06
42 sider

Finansieringskilde: Miljøverndepartementet

Prosjekt: Oversettelse IPCC

Prosjektleder: Andreas Tjernshaugen

Kvalitetsansvarlig: Pål Prestrud

Nøkkelord: IPCC, TAR

Sammendrag: Denne rapporten er en norsk oversettelse av "Summary for Policymakers" fra FNs klimapanel (IPCC) tredje hovedrapport *Climate Change 2001: Synthesis Report*.

Språk: Norsk

Title: Tredje hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC): Norsk oversettelse av sammendrag

Author(s): Andreas Tjernshaugen

CICERO Report 2004: 06
42 pages

Financed by: Ministry of the Environment

Project: Translation IPCC

Project manager: Andreas Tjernshaugen

Quality manager: Pål Prestrud

Keywords: IPCC, TAR

Abstract: This report is a Norwegian translation from the English of the "Summary for Policymakers" from *Climate Change 2001: Synthesis Report*, the IPCC's Third Assessment Report.

Language of report: Norwegian

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

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

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

Introduksjon	3
SPØRSMÅL 1	3
SPØRSMÅL 2	5
SPØRSMÅL 3	10
SPØRSMÅL 4	17
SPØRSMÅL 5	20
SPØRSMÅL 6	23
SPØRSMÅL 7	28
SPØRSMÅL 8	35
SPØRSMÅL 9	38

Forord til norsk utgave

FNs klimapanel (IPCC) er opprettet av FNs miljøprogram (UNEP) og Verdens meteorologiske organisasjon (WMO) og skal være et internasjonalt bindeledd mellom forskning og politikk. Vitenskapelige eksperter gjennomgår, vurderer og sammenstiller eksisterende forskning som angår klimaendringer. Deretter samles representanter for myndighetene i de enkelte landene for å gi sin tilsutning til de vitenskapelige rapportene, og å formulere en oppsummering av funnene som alle land kan slutte seg til som et felles kunnskapsgrunnlag for internasjonale forhandlinger.

Den tredje hovedrapporten til FNs klimapanel (IPCC) kom ut i 2001, under tittelen *Climate Change 2001: IPCC Third Assessment Report*. Rapporten består av fire tykke bind. De tre første bindene er bidragene fra IPCCs tre vitenskapelige arbeidsgrupper, og sammenfatter og vurderer kunnskapen om klimaendringer ut fra foreliggende forskning. Bind en tar for seg det naturvitenskapelige kunnskapsgrunnlaget for diskusjonen om klimaendringer. Bind to handler om konsekvenser, sårbarhet og tilpasning til klimaendringer. Bind tre går gjennom mulige tiltak for å begrense framtidige klimaendringer. Disse dokumentene er skrevet og kvalitetssikret av vitenskapelige fageksperter.

Det fjerde og siste bindet er en såkalt synteserapport, som sammenstiller kunnskapen i de tre foregående bindene som svar på ni spørsmål formulert av regjeringene som deltar i IPCC-prosessen. Hvert av de fire bindene inneholder et kort sammendrag spesielt beregnet på beslutningstakere i politikk og forvaltning. Sammendraget av synteserapporten er godkjent ord for ord av representanter for de enkelte landenes myndigheter på IPCCs plenums møte – men myndighetsrepresentantene må holde seg strengt innenfor rammen av konklusjonene de vitenskapelige arbeidsgruppene har trukket. Det er dette politisk godkjente sammendraget som her foreligger i norsk oversettelse.

Oversettelsen er utført ved CICERO Senter for klimaforskning, med økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet. Informasjonsleder Andreas Tjernshaugen har oversatt teksten. CICEROs forskere har stått for faglig kvalitetssikring. I tillegg er kommentarer til oversettelsen innhentet fra Statens forurensningstilsyn (SFT) ved Øyvind Christophersen, Marit Pettersen og Audun Rosland.

Hele den engelske originalrapporten foreligger på nettsiden www.grida.no/climate/ipcc_tar/ og på www.ipcc.ch

Klimaendring 2001: Synteserapport

Sammendrag for beslutningstakere

En vurdering av FNs klimapanel (IPCC)

Dette sammendraget, godkjent i detalj på IPCCs 18. plenums møte (Wembley, Storbritannia, 24.-29. september 2001) utgjør den formelt godkjente erklæringen fra IPCC angående nøkkelfunn og usikkerheter som finnes i bidragene fra arbeidsgruppene til den tredje hovedrapporten.

Basert på et utkast forberedt av Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnæs, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant

Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, D. Zhou, og mange av IPCCs forfattere og fagekspert.

Introduksjon

I henhold til en beslutning fattet på dets 13. sesjon (Maldivene, 22. og 25.-28. september 1997) og andre senere beslutninger, bestemte IPCC:

- At en synteserapport skulle inkluderes som del av dets tredje hovedrapport
- At synteserapporten skulle gi en sammenfatning og syntese av informasjonen i den tredje hovedrapporten som var beslutningsrelevant uten å foreskrive bestemte beslutninger, og at den også skulle trekke veksler på alle tidligere godkjente IPCC-rapporter. Synteserapporten skulle ta opp et bredt spekter av spørsmål som var beslutningsrelevante, men uten å foreskrive bestemte beslutninger.
- At spørsmålene skulle utvikles i samråd med partskonferansen til Klimakonvensjonen (UNFCCC).

De følgende ni spørsmålene tok utgangspunkt i forslag fra regjeringer og fikk tilslutning fra FNs klimapanel på dets femtende sesjon (San José, Costa Rica, 15.-18. april 1999).

Spørsmål 1

Hva kan naturvitenskapelige, tekniske, sosiale og økonomiske analyser bidra med i fastsettelsen av hva som utgjør farlig menneskeskapt påvirkning av klimasystemet, slik det refereres til i Artikkel 2 i Klimakonvensjonen?

Naturvitenskap, teknologiske fag og samfunnsvitenskap kan levere nødvendig informasjon og data som trengs for å ta stilling til hva som utgjør "farlig menneskeskapt påvirkning av klimasystemet". Samtidig er slike beslutninger verdimeslige avveininger. De avgjøres gjennom sosiale og politiske prosesser som blant annet tar hensyn til vurderinger omkring utvikling, rettferdighet og bærekraft, så vel som usikkerhet og risiko.

Grunnlaget for å avgjøre hva som utgjør "farlig menneskeskapt påvirkning av klimasystemet" vil variere fra region til region. Det er avhengig både av de lokale klimaendringene og deres konsekvenser, og av kapasiteten til å tilpasse seg og håndtere klimaendringer. Dessuten kommer det an på hvilken kapasitet som finnes til å begrense menneskeskapt klimaendringer, siden både endringenes omfang og hvor fort de skjer er viktig. Det finnes ikke noe sett av beste tiltak og virkemidler som kan brukes i alle tilfeller, snarere er det viktig å ta i betraktning både hvor robuste ulike politiske virkemidler er overfor en rekke mulige framtidutsikter, og hvilken grad slike klimaspesifikke virkemidler kan integreres i en bredere politikk for bærekraftig utvikling.

Den tredje hovedrapporten gir en sammenstilling og vurdering av nye vitenskapelige resultater, analyser og data som informasjon til beslutningstakerne i deres vurdering av hva som utgjør "farlig menneskeskapt påvirkning av klimasystemet". Den gir for det første nye framskrivninger av framtidige

konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren, globale og regionale mønstre for endringer og endringshastigheter for temperatur, nedbør, og havnivå samt endringer i ekstreme værhendelser. Rapporten gjennomgår også mulighetene for brå og irreversible endringer i havsirkulasjonen og de største innlandsisene. For det andre gir den en vurdering av de biofysiske og sosioøkonomiske konsekvensene av klimaendringer. Denne vurderingen tar i betraktning risikoer som unike og truede systemer utsettes for, risikoer forbundet med ekstreme værhendelser, fordelingen av konsekvenser, samlede konsekvenser og risiko for storskalahendelser med store konsekvenser. For det tredje gir den en vurdering av potensialet for å nå et bredt spekter av konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren gjennom tiltak rettet mot utslipp og opptak av slike gasser, og informasjon om hvordan tilpasning kan redusere sårbarheten.

En integrert forståelse av klimaendringer tar i betraktning dynamikken i hele syklusen av gjensidig sammenknyttede årsaker og virkninger innenfor alle berørte sektorer (se Figur SPM-1). Den tredje hovedrapporten gir ny, beslutningsrelevant informasjon og data med hensyn til alle de fire områdene i figur SPM-1. Et viktig nytt bidrag fra Spesialrapporten om utslippsscenarioer (SRES) var å utforske alternative utviklingsbaner og klimagassutslipp i tilknytning til disse. Den tredje hovedrapporten vurderte foreløpige arbeider omkring sammenhengen mellom tilpasning til klimaendringer, tiltak for å redusere klimaendringer og utviklingsbaner. Rapporten oppnår imidlertid ikke en fullt ut integrert vurdering av klimaendringer på grunn av ufullstendig kunnskap på området.



Figur SPM-1. Klimaendring – et integrert rammeverk. Skjematisk og forenklet framstilling av et rammeverk for integrert vurdering av menneskeskapt klimaendring. De gule pilene viser årsaks-virkningssyklusen mellom de fire delene av figuren, mens den blå pila viser den samfunnsmessige responsen på konsekvenser av klimaendring. Se også forklaringen til figur 1-1 i *Climate Change 2001: Synthesis Report* for en utvidet beskrivelse.

Beslutningsprosesser om klimaendringer er i sitt vesen en trinnvis prosess under generell usikkerhet. Beslutningsprosessen må håndtere flere former for usikkerhet, inkludert risikoen for ikke-lineære og/eller irreversible endringer. Prosessen medfører en balansering av risiko for enten utilstrekkelig eller overdreven innsats samt en omhyggelig vurdering av konsekvenser (både miljømessige og økonomiske), deres sannsynlighet og samfunnets holdninger til risiko.

Klimaspørsmålet er del av den større utfordringen å nå en bærekraftig utvikling. Derfor kan klimapolitikk bli mer effektiv når den på en konsistent måte settes inn i en overgripende strategi for å gjøre nasjonale og regionale utviklingsbaner mer bærekraftige. Dette er tilfellet fordi konsekvensene av variasjon og endringer i klima, klimapolitiske reaksjoner, og den tilknyttede sosiale og økonomiske utviklingen vil påvirke landenes evne til å oppnå mål om bærekraftig utvikling. Omvendt vil arbeidet for å nå slike mål i sin tur påvirke mulighetene for, og resultatene av, klimapolitikken. Spesielt vil de sosioøkonomiske og teknologiske trekkene ved ulike utviklingsbaner ha sterk virkning på utslippene, omfanget av klimaendringer og hvor raskt endringene skjer, konsekvensene av klimaendringer, kapasiteten til å tilpasse seg klimaendringer og kapasiteten til å begrense klimaendringer.

Den tredje hovedrapporten vurderer tilgjengelig informasjon omkring tidspunkter, muligheter, kostnader, gevinster og konsekvenser av ulike valg som kan gjøres for å begrense eller tilpasse seg klimaendringene. Den antyder at det finnes muligheter for land som handler enkeltvis, og i samarbeid med andre, til å redusere kostnadene ved å motvirke og tilpasse seg klimaendringer, og å realisere gevinstene forbundet med å oppnå en bærekraftig utvikling.

Spørsmål 2

Hva er belegget for, årsakene til og konsekvensene av endringer i jordas klima siden førindustriell tid?

- (a) Har jordas klima endret seg regionalt og/eller globalt siden førindustriell tid? I så fall: Hvilken del, om noen, av de observerte endringene kan tilskrives menneskelig innflytelse, og hvilken del, om noen, kan tilskrives naturlige fenomener? Hva er grunnlaget for denne vurderingen?
- (b) Hva vet man om de miljømessige, sosiale og økonomiske konsekvensene av klimaendringer siden førindustriell tid, med vekt på de siste 50 år?

Jordas klimasystem har påviselig endret seg både på global og regional skala siden førindustriell tid, og noen av disse endringene kan tilskrives menneskelige aktiviteter.

Menneskelige aktiviteter har økt konsentrasjonene av klimagasser og partikler (aerosoler) i atmosfæren siden førindustriell tid. De atmosfæriske konsentrasjonene av de viktigste antropogene klimagassene, nemlig karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og troposfærisk ozon (O₃), nådde sine til da høyeste målte nivåer i 1990-årene. Dette skyldes hovedsakelig forbrenning av fossile brensler, jordbruk og endringer i bruk av

landområder (se Tabell SPM-1). Strålingspådrivet¹ fra drivhusgasser som stammer fra menneskelig aktivitet er positivt, og det er liten usikkerhet i anslagene. Strålingspådrivet fra den direkte effekten av aerosoler er negativt, og mindre enn virkningen av klimagassene. Det negative pådrivet fra de indirekte effektene av aerosoler på skyer kan være stort, men er ikke tallfestet med sikkerhet.

En økende mengde observasjoner gir samlet sett et bilde av en verden under oppvarming og andre endringer i klimasystemet (se Tabell SPM-1).

Det er svært sannsynlig at 1990-årene var det varmeste tiåret, og 1998 det varmeste året, som er registrert globalt siden målinger med termometer tok til (1861-2000) (se ramme SPM-1). Det er sannsynlig at økningen i overflatetemperatur på den nordlige halvkulen har vært større enn for noe annet århundre de siste tusen årene (se Tabell SPM-1). For den sørlige halvkulen er det ikke tilgjengelig tilstrekkelig med data for årene før 1860 til å sammenligne oppvarmingen som nylig har funnet sted med endringer de siste tusen årene. Temperaturendringene har ikke vært ensartede globalt men har variert mellom regioner og ulike deler av den nedre atmosfæren.

Tabell SPM-1: Endringer i Jordas atmosfære, klima og biofysiske system i det 20. århundret.^a	
<i>Indikator</i>	<i>Observerte endringer</i>
<i>Konsentrasjonsindikatorer</i>	
Konsentrasjon av CO ₂ i atmosfæren	280 deler per million (ppm) for perioden 1000-1750 til 368 ppm i år 2000 (31+/-4 % økning)
Terrestrisk biosfærisk CO ₂ -utveksling	Kumulativ kilde til rundt 30 Gigatonn karbon (Gt C) mellom årene 1800 og 2000, men i løpet av 1990-tallet, nettosluk for rundt 14+/-7 Gt C.
Atmosfærisk konsentrasjon av CH ₄	700 deler per milliard (ppb) for perioden 1000-1750 til 1750 ppb i år 2000 (151+/-25 % økning)
Atmosfærisk konsentrasjon av N ₂ O	270 ppb for perioden 1000-1750 til 316 ppb i år 2000 (17+/-5 % økning)
Troposfærisk konsentrasjon av O ₃	Økt med 35+/-15 % fra årene 1750 til 2000, varierer mellom regioner
Stratosfærisk konsentrasjon av O ₃	Sunket i løpet av årene 1970 til 2000, varierer med høyde og breddegrad
Atmosfærisk konsentrasjon av SF ₆ , HFK og PFK	Økt globalt over de siste 50 årene

¹ Strålingspådriv (radiative forcing) er en endring i balansen mellom innstråling fra atmosfæren til jorda og utstråling den andre veien, forårsaket av en forstyrrelse av klimasystemet. Forstyrrelsen kan enten være menneskeskapt slik som utslipp av CO₂ fra forbenning av fossile brensler, eller naturlig slik som vulkanutbrudd. Positivt strålingspådriv betyr at netto innstråling øker slik at energimengden innenfor jordas atmosfære blir større. Oversettters anmerkning.

<i>Værindikatorer</i>	
Global gjennomsnittlig overflatetemperatur	Økt med 0,6+/-0,2 °C i løpet av 1900-tallet. Landområder har blitt oppvarmet mer enn havområder (svært sannsynlig)
Overflatetemperatur på nordlige halvkule	Økning gjennom 1900-tallet større enn noe annet århundre de siste 1000 år. 1990-årene er årtusenets varmeste tiår (sannsynlig).
Forskjell i overflatetemperatur i løpet av døgnet	Sunket i løpet av årene 1950 til 2000 over land. Økningen i laveste nattemperaturer er dobbelt så stor som økningen i høyeste dagtemperaturer (sannsynlig)
Varme dager / varmeindeks	Økt (sannsynlig)
Kalde døgn / døgn med frost	Redusert for nesten alle landområder i løpet av 1900-tallet (svært sannsynlig)
Kontinental nedbør	Økt med 5-10 % i løpet av 1900-tallet over den nordlige halvkule (svært sannsynlig), selv om den har falt i noen områder (for eksempel Nord- og Vest-Afrika og deler av Middelhavsområdet).
Kraftige nedbørhendelser	Økt ved midlere og høye nordlige breddegrader (sannsynlig)
Hyppighet og intensitet av tørke	Økt tørking om sommeren og tilknyttede tørkeepisoder i noen få regioner (sannsynlig). I noen områder, slik som deler av Afrika og Asia, har man observert økt frekvens og intensitet på tørkeepisoder de siste tiårene
<i>Biologiske og fysiske indikatorer</i>	
Globalt gjennomsnittlig havnivå	Økt med en gjennomsnittlig hastighet på en til to millimeter årlig gjennom 1900-tallet
Varighet av isdekket på elver og innsjøer	Redusert med omkring to uker i løpet av 1900-tallet i midlere og høye breddegrader på den nordlige halvkulen (svært sannsynlig).
Utbredelse og tykkelse på sjøisen i Arktis	40 % tynnere sensommer og tidlig høst i løpet av de siste tiårene (sannsynlig). Utbredelsen om våren og sommeren er redusert med 10-15 % siden 1950-tallet.
Ikke-polare isbreer	Utbredt tilbaketrekning i løpet av 1900-tallet
Snødekke	Areal redusert med 10 % siden globale observasjoner ble tilgjengelige fra satellitter i 1960-årene (svært sannsynlig)
Permafrost	Tinet, oppvarmet, og svekket i deler av de polare og subpolare områdene og i fjellområder
El Niño-hendelser	Ble mer hyppige, vedvarende og intense de siste 20-30 år sammenlignet med de foregående 100 årene

Vekstsesong	Forlenget med omkring en til fire dager per tiår i løpet av de siste 40 årene på den nordlige halvkule, spesielt på høyere breddegrader
Planter og dyrs utbredelsesområder	Har forskjøvet seg mot polene og opp i høyden for planter, insekter, fugler og fisk
Yngling, blomstring og trekk	Tidligere blomstring for planter, tidligere ankomst av fugler, tidligere datoer for ynglingssesongen, og tidligere opptreden av insekter på den nordlige halvkulen
Bleking av korallrev	Økt hyppighet, spesielt under El Niño-hendelser
<i>Økonomiske indikatorer</i>	
Vær-relaterte økonomiske tap	De globale, inflasjonsjusterte tapene økte med en størrelsesorden over de siste 40 årene (se Q2 figur 2-7). En del av den observerte stigende trenden er knyttet til sosio-økonomiske faktorer og deler er knyttet til klimatiske faktorer
a) Denne tabellen gir eksempler på viktige observerte endringer og er ikke noen utfyllende liste. Den omfatter både endringer som kan tillegges menneskeskapt klimaendring og endringer som kan være forårsaket av naturlige variasjoner eller menneskeskapt klimaendring. Grad av sikkerhet rapporteres der dette er uttrykkelig vurdert av den relevante Arbeidsgruppen. En identisk rapport i Synteserapporten inneholder kryssreferanser til rapportene fra Arbeidsgruppe I og II.	

Ramme SPM-1	Angivelse av sikkerhet og sannsynlighet
<p>Der det passer, har forfatterne av den tredje hovedrapporten angitt konfidensnivåer, som representerer deres felles bedømmelse av holdbarheten til en konklusjon ut fra observasjonsdata, modellresultater og teori som de har undersøkt. De følgende ordene brukes gjennomgående i teksten til synteserapporten til den tredje hovedrapporten i tilknytning til funnene fra Arbeidsgruppe I: Så godt som sikkert (større enn 99 % sjanse for at resultatet er riktig), svært sannsynlig (90-99 % sjanse), sannsynlig (66-90 % sjanse), middels sannsynlighet (33-66 % sjanse), usannsynlig (10-33 % sjanse), svært usannsynlig (1-10 % sjanse) og eksepsjonelt usannsynlig (mindre enn en prosent sjanse). En eksplisitt usikkerhetsområde (\pm) er det sannsynlige området. Anslag for resultatenes sikkerhet knyttet til Arbeidsgruppe II er: Svært høy (95 % eller større), høy (67-95 %), middels (33-67 %), lav (5-33 %), og svært lav (5 % eller mindre). Arbeidsgruppe III angir ikke nivåer for sikkerhet.</p>	

Det foreligger ny og sterkere dokumentasjon av at mesteparten av oppvarmingen observert over de siste 50 årene kan tilskrives menneskelige aktiviteter. Studier av klimaendringer og deres årsaker finner konsekvent belegg for et menneskeskapt signal i klimautviklingen de siste 35 til 50 årene. Disse studiene omfatter usikkerhet i pådrivet grunnet menneskeskapt sulfatpartikler og naturlige faktorer (vulkaner og innstråling fra sola), men tar ikke hensyn til virkningene av andre typer menneskeskapt partikler og endringer i arealbruk. Pådrivene fra sulfat og naturlige faktorer er negative over denne perioden og kan ikke forklare oppvarmingen. Derimot finner de fleste av disse studiene at over de siste 50 årene er anslått hastighet og omfang av oppvarming forårsaket av økende klimagasser alene, sammenlignbar med, eller større enn, den observerte oppvarmingen. Det beste samsvaret mellom modellsimuleringer og observasjoner over de siste 140 årene har blitt

funnet når alle de ovennevnte naturlige og menneskeskapt pådrivsfaktorene kombineres, som vist i figur SPM-2.

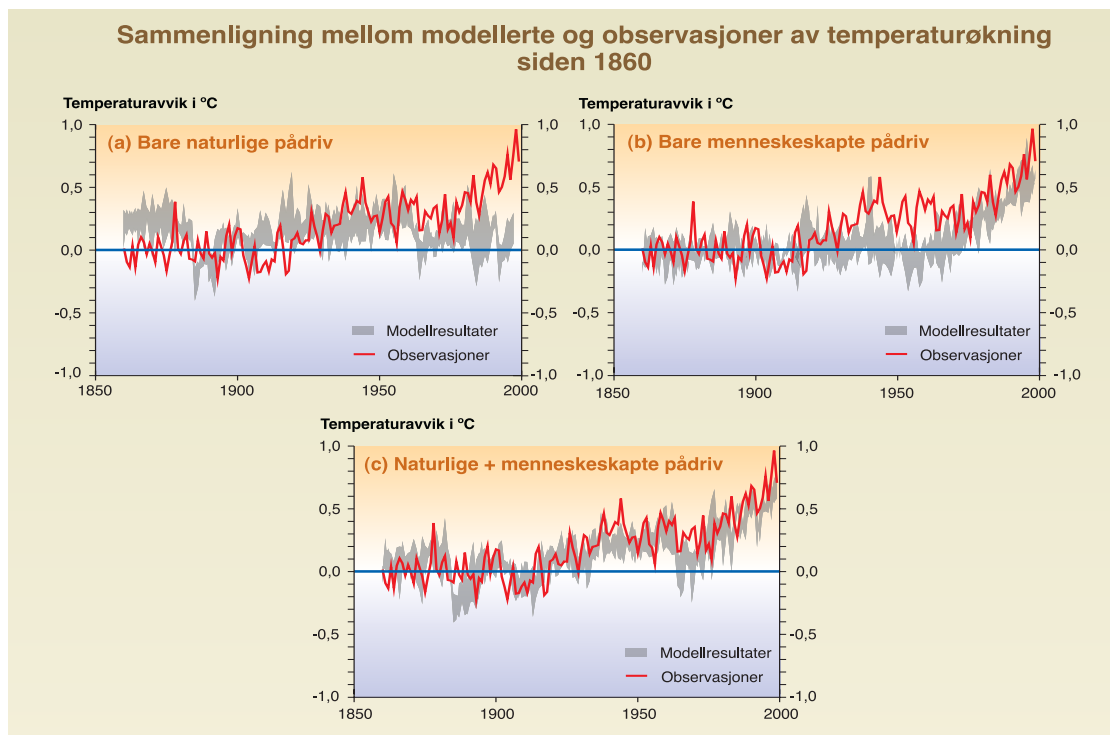
Endringer i havnivå, snødekke, isdekke og nedbør stemmer overens med et klima under oppvarming nær jordoverflaten. Eksempler på disse endringene omfatter et mer aktivt hydrologisk kretsløp med kraftigere nedbørhendelser og forskyvninger i nedbør, utbredt tilbaketrekning av ikke-polare isbreer, stigning i havnivå og havenes varmeinnhold, og reduksjon i snødekke og havisens utbredelse og tykkelse (se tabell SPM-1). For eksempel er det svært sannsynlig at oppvarmingen i løpet av 1900-tallet har bidratt betydelig til den observerte stigningen i havnivå, gjennom termisk utvidelse av sjøvann og utbredt reduksjon av is på land. Innenfor nåværende usikkerheter er både observasjoner og modeller konsistente med fravær av signifikant økning i hastigheten av stigning i havnivå i løpet av 1900-tallet. Det er ingen påviste endringer i samlet utbredelse av havis i Antarktis fra årene 1978 til 2000. I tillegg foreligger motstridende analyser og utilstrekkelige data til å vurdere endringer i intensiteten av tropiske og subtropiske sykloner og kraftig lokal stormaktivitet ved midlere breddegrader. Enkelte av de observerte endringene er regionale og noen kan være forårsaket av intern klimavariasjon, naturlige pådriv, eller regionale menneskelige aktiviteter snarere enn at de utelukkende kan tillegges menneskelig innvirkning.

Observerte endringer i regionalt klima har påvirket mange fysiske og biologiske systemer, og det foreligger foreløpige indikasjoner på at sosiale og økonomiske systemer har blitt påvirket.

Nylige endringer i klima, spesielt økninger i temperatur, har allerede påvirket hydrologiske systemer og terrestriske og marine økosystemer i mange deler av verden (se tabell SPM-1). De observerte endringene i disse systemene² er i overensstemmelse på tvers av forskjellige lokaliteter og/eller regioner, og i retning samsvarer de med de forventede virkningene av regionale temperaturendringer. Sannsynligheten for at de observerte endringene i forventet retning (uten noen referanse til størrelse) kunne skje tilfeldig er neglisjerbar.

De stigende sosio-økonomiske kostnadene knyttet til værskader og til regionale klimavariasjoner antyder stigende sårbarhet for klimaendring. Foreløpige indikasjoner tyder på at enkelte sosiale og økonomiske systemer har blitt påvirket av økninger i flom og tørke i senere tid, med økning i de økonomiske tapene etter katastrofale værhendelser. Imidlertid er det vanskelig å tallfeste den relative virkningen av klimaendring (enten menneskeskapt eller naturlig) og andre sosioøkonomiske faktorer, ettersom disse systemene også blir påvirket av endringer i sosioøkonomiske faktorer, slik som demografiske endringer og endringer i arealbruk.

² Det foreligger 44 regionale studier av mer enn 400 dyr og planter, med varighet fra rundt 20 til 50 år, hovedsakelig fra Nord-Amerika, Europa og den sørlige polarregionen. Det foreligger 16 regionale studier som dekker omkring 100 fysiske prosesser over de fleste områder i verden, med varighet fra rundt 20 til 150 år.



Figur SPM-2: Simulering av jordas temperaturvariasjoner (°C) og sammenligning av resultatene med de målte endringene kan gi innsikt i de underliggende årsakene til de viktigste endringene. En klimamodell kan brukes til å simulere temperaturendringene som finner sted både ut fra naturlige og menneskeskapte årsaker. Simuleringene representert ved båndet i (a) ble gjort utelukkende med naturlige pådriv: variasjon i sola og vulkansk aktivitet. Simuleringene som vises med båndet i (b) ble utført med menneskeskapte pådriv: klimagasser og et anslag for sulfatpartikler. Og simuleringene representert ved båndet i (c) ble utført med både naturlige og menneskeskapte pådriv. Fra (b) kan man se at å ta hensyn til menneskeskapte pådriv gir en rimelig forklaring på en vesentlig del av den observerte temperaturendringen i løpet av det siste århundret, men det beste samsvaret med observasjonene oppnås i (c) der både naturlige og menneskeskapte faktorer er tatt med. Disse resultatene viser at pådrivene som inkluderes er tilstrekkelig til å forklare de observerte endringene, men utelukker ikke muligheten for at andre pådriv også kan ha bidratt.

Spørsmål 3

Hva vet man om de regionale og globale klimatiske, miljømessige og sosioøkonomiske konsekvensene de neste 25, 50 og 100 år, forbundet med ulike klimagassutslipp utledet fra scenarier brukt i den tredje hovedrapporten (framskrivninger som ikke omfatter noen klimapolitiske tiltak)? I den utstrekning det er mulig, vurder:

- Forventede endringer i atmosfæriske konsentrasjoner, klima og havnivå
- Konsekvenser og økonomiske kostnader og nytte ved endringer i klima og atmosfærens sammensetning når det gjelder menneskers helse, biologiske systemers mangfold og

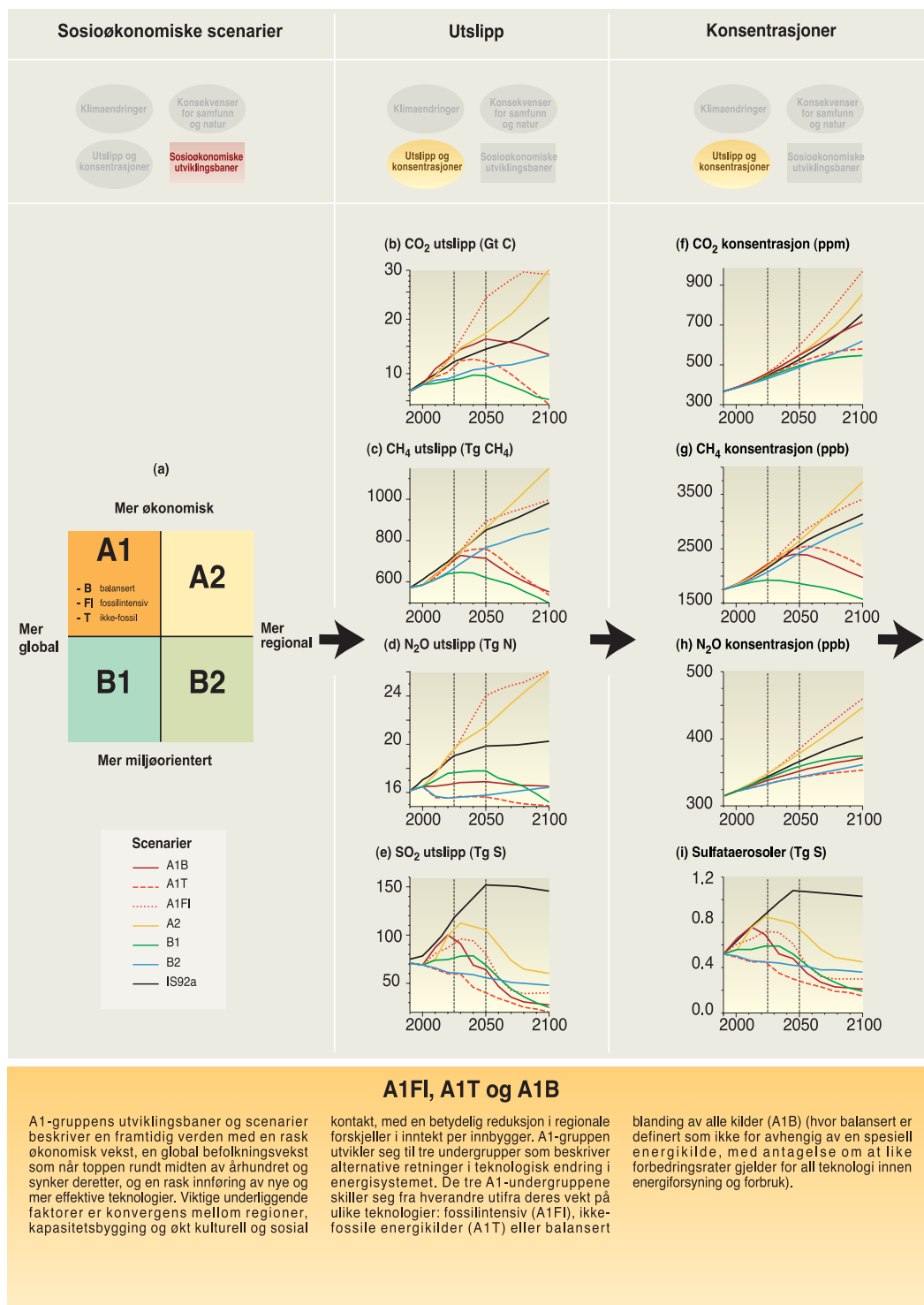
- produktivitet, og sosioøkonomiske sektorer (spesielt jordbruk og vann).
- Spekteret av muligheter for tilpasning, inkludert kostnader, nytte og utfordringer
 - Utvikling, bærekraft og rettferdighetsbetraktninger knyttet til konsekvenser og tilpasning på regionalt og globalt nivå
-

CO₂-konsentrasjoner, global gjennomsnittlig overflate-temperatur og havnivå er beregnet å stige i løpet av det 21. århundret etter alle IPCCs utslippsscenarioer.

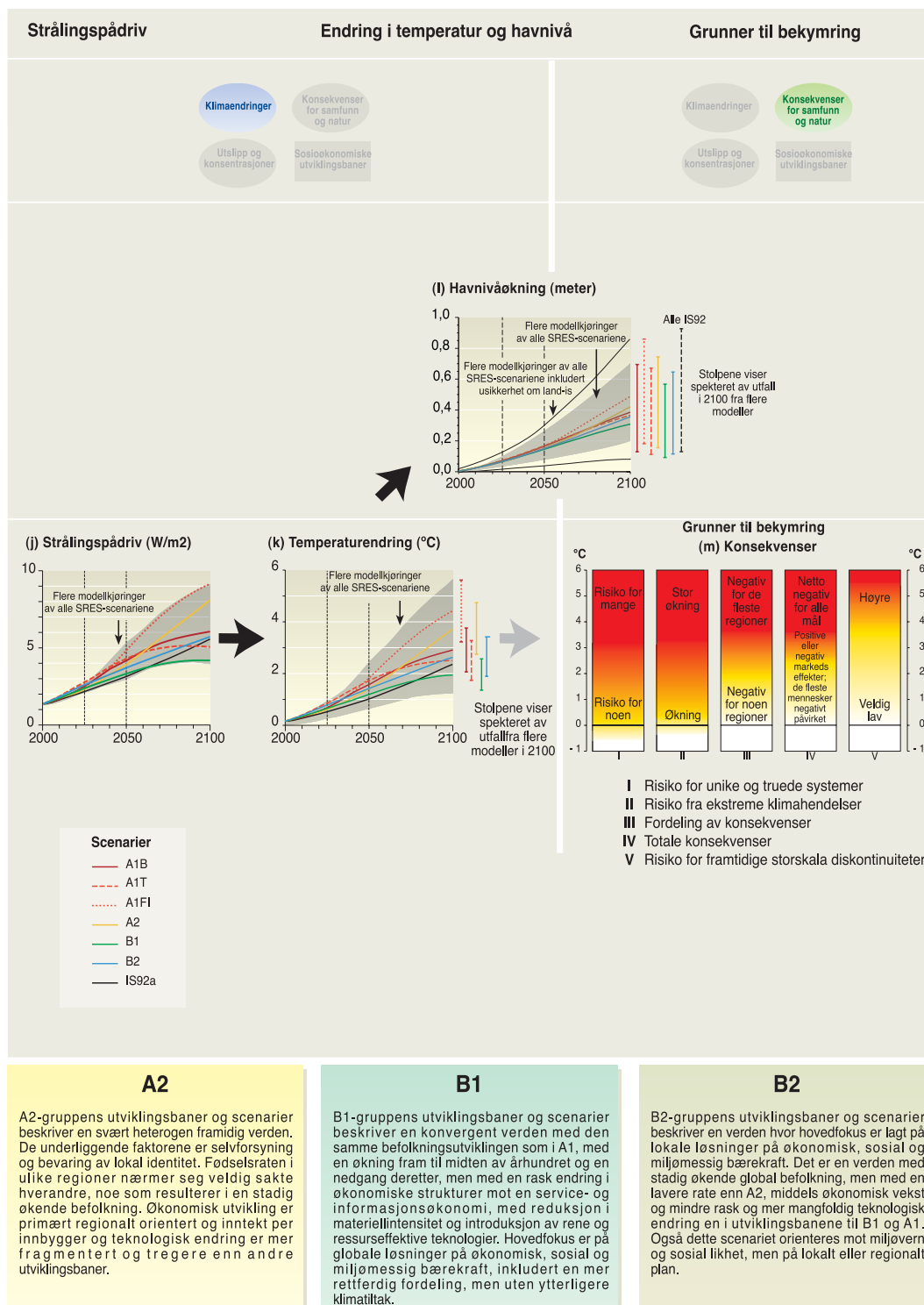
For de seks utslippsscenarioene som brukes som illustrasjon på variasjonen i SRES-scenarioene, spenner den beregnede CO₂-konsentrasjonen i år 2100 fra 540 til 970 ppm. Til sammenligning var konsentrasjonen rundt 280 ppm i før-industriell tid og rundt 368 ppm i år 2000. De ulike sosioøkonomiske antakelsene (demografiske, sosiale, økonomiske og teknologiske) gir ulike framtidige nivåer for klimagasser og aerosoler. Ytterligere usikkerheter, særlig med hensyn til varigheten av de nåværende opptaksprosessene for klimagasser (karbonsluk) og størrelsen på tilbakekoplingsvirkningen klimaet har på den terrestriske biosfæren, forårsaker en variasjon omkring hvert scenario på rundt regnet -10 til +30 prosent i konsentrasjonen i år 2100. Derfor er det totale spennet 490 til 1260 ppm (75 til 350 prosent over konsentrasjonen i året 1750, altså før-industriell tid). Konsentrasjonen av de viktigste klimagassene utenom CO₂ i år 2100 er beregnet å variere betraktelig mellom de seks illustrerende SRES-scenarioene (se figur SPM-3).

Beregninger gjort med en rekke forskjellige klimamodeller basert på SRES-utslippsscenarioene gir en økning i global gjennomsnittlig overflatetemperatur på 1,4 til 5,8 °C i løpet av perioden 1990 til 2100. Dette er omkring ti ganger større enn sentralverdien for observert oppvarming gjennom 1900-tallet. Det er svært sannsynlig at den beregnede framtidige oppvarmingshastigheten er uten motstykke i hvert fall de siste 10 000 år, på grunnlag av paleoklimatiske data. Temperaturøkningen er beregnet til å være større enn i Den andre hovedrapporten (SAR), hvor økningen ble beregnet til omkring 1,0 til 3,5 °C basert på seks scenarier fra gruppen IS92. De høyere temperaturanslagene og den bredere spredningen skyldes hovedsakelig lavere anslag for utslipp av svoveldioksid (SO₂) i SRES-scenarioene sammenlignet med IS92-scenarioene. For periodene 1990 til 2025 og 1990 til 2050, er den beregnede økningen på henholdsvis 0,4 til 1,1 °C og 0,8 til 2,6 °C. Spredningen i overflatetemperatur i 2100 mellom ulike klimamodeller for det samme SRES-scenariet er sammenlignbar med spredningen mellom ulike SRES-scenarier for den samme klimamodellen. Figur SPM-3 viser at SRES-scenarioene med høyest utslipp gir de største beregnede temperaturstigningene. Det er svært sannsynlig at nesten alle landområder vil varmes opp mer enn disse globale gjennomsnittene, spesielt de ved høye nordlige breddegrader om vinteren.

Den globale gjennomsnittlige årsnedbøren er beregnet å øke i løpet av det 21. århundret. Men beregningene viser både økninger og reduksjoner på regional skala, typisk på 5 til 20 prosent. Det er sannsynlig at nedbøren vil øke over regioner ved høye breddegrader både om sommeren og vinteren. Økning ventes også over nordlige midlere breddegrader, tropisk Afrika, Antarktis om vinteren, og i sørlige og østlige Australia om sommeren. Australia, Mellom-Amerika og Det sørlige Afrika viser gjennomgående reduksjoner i vinterregn. Større variasjoner i nedbør fra år til år er svært sannsynlig over de fleste områder hvor en økning i gjennomsnittsnedbøren er beregnet.



Figur SPM-3: De ulike sosioøkonomiske forutsetningene som ligger under SRES-scenariene fører til ulike nivåer for framtidige utslipp av klimagasser og aerosoler. Disse utslippene forandrer i sin tur konsentrasjonen av disse gassene og aerosolene i atmosfæren, noe som leder til endret strålingspådriv på klimasystemet. Strålingspådriv forårsaket av SRES-scenariene resulterer i beregnede økninger i temperatur og havnivå, noe som i sin tur vil medføre konsekvenser. SRES-scenariene omfatter ikke nye klimainitiativer, og det oppgis ingen sannsynlighet for at hvert av dem skal inntreffe. Fordi SRES-scenariene bare hadde vært tilgjengelig en svært kort periode før utarbeidelsen av Den tredje



hovedrapporten, bruker konsekvensanalysene her resultater fra klimamodeller som for det meste bygger på likevektsscenarioer for klimaendringer (f.eks. 2xCO₂), et relativt lite antall eksperimenter som bruker et foreløpig scenario med 1 % årlig økning i CO₂, eller scenariene brukt i Den andre hovedrapporten (altså IS92-serien). Konsekvenser kan i sin tur påvirke sosioøkonomiske utviklingsbaner, for eksempel gjennom tilpasning og tiltak for å begrense klimaendringer. De uthevede rutene langs toppen av figuren illustrerer hvordan de ulike aspektene forholder seg til det integrerte rammeverket for å vurdere klimaendring (se figur SPM-1).

Den utbredte tilbaketrekningen av isbreer beregnes å fortsette gjennom det 21. århundret. Snødekke, permafrost og havisens utbredelse på den nordlige halvkule ventes å reduseres ytterligere. Det er sannsynlig at den antarktiske innlandsisen vil øke i masse, og at innlandsisen på Grønland vil tape masse (se spørsmål 4).

Globalt gjennomsnittlig havnivå er beregnet å stige med 0,09 til 0,88 meter mellom 1990 og 2100 for hele spennet av SRES-scenarier, men med store regionale variasjoner. Denne stigningen skyldes primært den termiske ekspansjonen av havene og smelting av isbreer og innlandsis. For periodene 1990 til 2025 og 1990 til 2050 er beregnet stigning på henholdsvis 0,03 til 0,14 meter og 0,05 til 0,32 meter.

De beregnede framtidige klimaendringene vil ha fordelaktige og ugunstige effekter både på miljø og sosioøkonomiske systemer, men jo større klimaendringene er og jo raskere de skjer, jo mer dominerer de ugunstige virkningene.

De ugunstige konsekvensene vil bli mer alvorlige ved større akkumulerte utslipp av klimagasser og tilknyttede endringer i klima (middels sikkerhet). Mens fordelaktige effekter kan identifiseres for noen regioner og sektorer ved små klimaendringer, ventes disse å minske ettersom klimaendringene blir større. Mange av de identifiserte ugunstige virkningene ventes derimot å øke både i utstrekning og styrke med graden av klimaendring. Når man ser på virkningene for hver region, forventes ugunstige effekter å dominere for mye av verden, særlig i tropiske og subtropiske områder.

Samlet sett ventes klimaendringer å øke truslene mot menneskers helse, spesielt i befolkningsgrupper med lav inntekt, overveiende i tropiske/subtropiske land. Klimaendringer kan påvirke menneskers helse direkte (for eksempel redusert kuldebelastning i tempererte land men økt varmebelastning, tap av liv i flommer og stormer) og indirekte gjennom endringer i utbredelsen av sykdomsvektorer (for eksempel moskitoer)³, vannbårne sykdomsfremkallende organismer, vannkvalitet, luftkvalitet og tilgjengelighet og kvalitet på mat (middels til høy konfidens). De faktiske helsevirkningene vil bli sterkt påvirket av lokale miljøforhold og sosiale og økonomiske omstendigheter, og av hele spennet av sosiale, institusjonelle, teknologiske og adferdsmessige tilpasninger som gjøres for å redusere hele bredden av helsetrusler.

Økologisk produktivitet og biodiversitet vil endres av klimaendringer og havnivåstigning, med økt risiko for utryddelse av noen sårbare arter (høy til middels sikkerhet). Betydelige forstyrrelser av økosystemer på grunn av hendelser som brann, tørke, angrep fra skadeorganismer, invasjon av nye arter, stormer og bleking av korallrev ventes å øke. Når presset forårsaket av klimaendringer legges til andre typer press på økologiske systemer, kan det medføre betydelige skade på eller fullstendig tap av enkelte unike systemer og utryddelse av noen truede arter. Effekten av økte CO₂-konsentrasjoner vil øke plantenes netto primærproduksjon. Klimaendringer, og endringene i forstyrrelser av økosystemene forbundet med klimaendringer, kan imidlertid føre til enten økt eller redusert netto økosystemproduktivitet (middels sikkerhet). Enkelte globale modeller anslår at nettoopptaket av karbon fra økosystemer på land vil øke i løpet av den første halvdel av det 21. århundret, men deretter flate ut eller synke.

³ Åtte studier har modellert effektene av klimaendringer på disse sykdommene – fem på malaria og tre på denguefeber. Sju bruker en biologisk eller prosessbasert tilnærming og en bruker en empirisk, statistisk tilnærming.

Modeller for kornvekster indikerer at i noen tempererte områder vil potensiell avling øke ved en liten temperaturstigning, men minke ved større temperaturendring (middels til lav sikkerhet). I de fleste tropiske og subtropiske områder beregnes potensiell avling å synke for de fleste beregnede temperaturøkninger (middels sikkerhet). Der det også skjer en stor reduksjon i regnmengden i nedbøravhengige/tørrelandssystemer i tropiske og sub-tropiske områder, vil virkningen på avlingene kunne bli enda mer negativ. Disse anslagene inkluderer enkelte tilpasningsresponser fra bønder og de fordelaktige virkningene av CO₂-gjødning, men ikke konsekvensene av beregnede økninger i skadedyrangrep og endringer i klimatiske ekstremer. Det finnes lite kunnskap om hvilken evne husdyrprodusenter har til å tilpasse sin buskap til de fysiologiske belastningene knyttet til klimaendringer. Oppvarming på noen få grader celsius eller mer anslås å øke matvareprisene globalt, og kan øke risikoen for sult hos sårbare befolkningsgrupper.

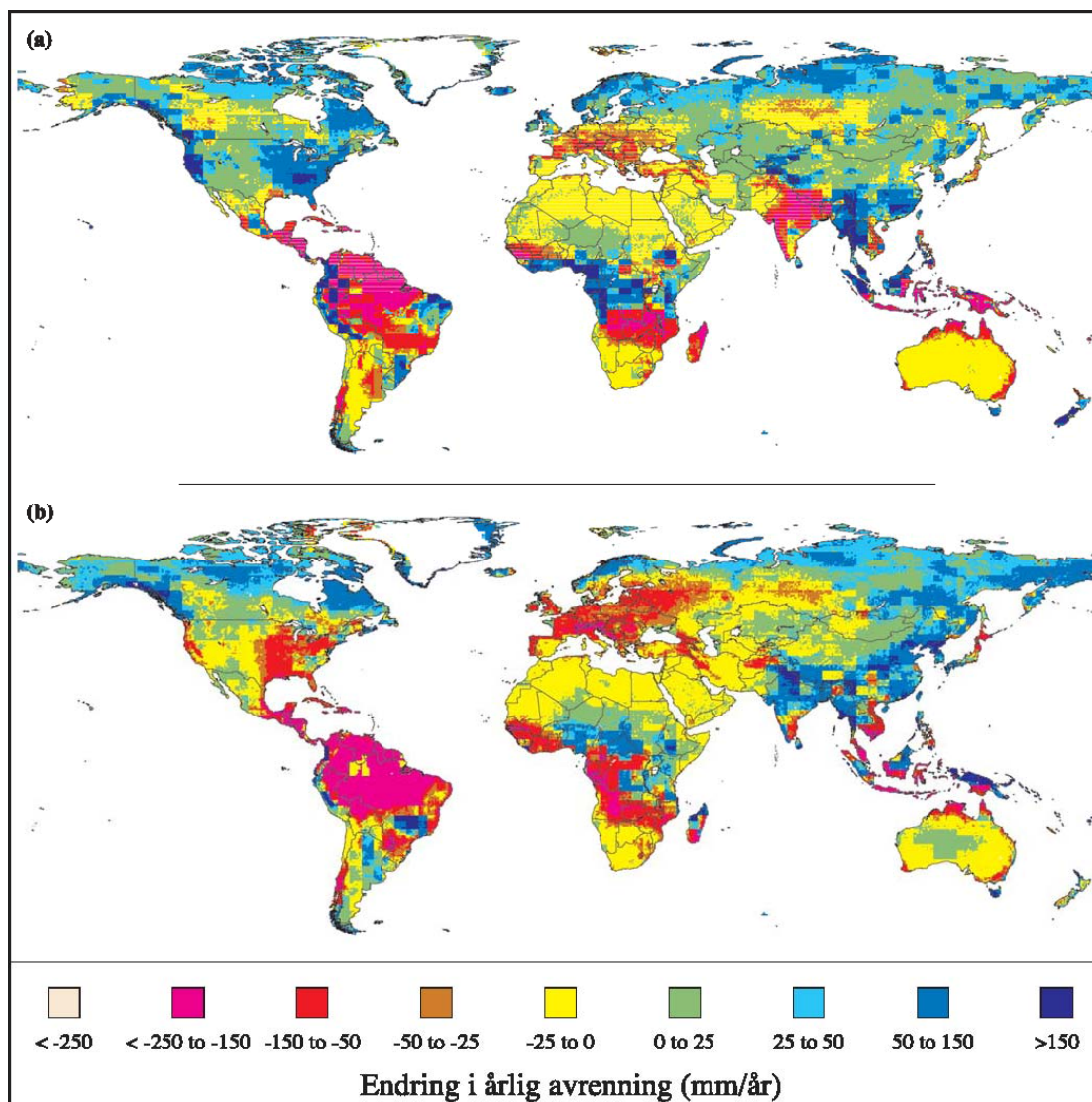
Klimaendring vil forverre vannknapphet i mange vannfattige områder i verden. Etterspørselen etter vann øker generelt på grunn av befolkningsvekst og økonomisk utvikling, men minker i enkelte land på grunn av økt effektivitet i forbruket. Klimaendringer ventes å redusere mengden tilgjengelig vann (som avspeiles i beregnet avrenning) betydelig i mange vannfattige deler av verden, men å øke mengden i enkelte andre områder (middels sikkerhet) (se figur SPM 4). Generelt vil ferskvannskvaliteten forverres ved høyere vanntemperaturer (høy sikkerhet), men i noen områder kan dette oppveies av økt vannføring.

De samlede effektene på markedssektorer, målt som endringer i brutto nasjonalprodukt (BNP), er beregnet å være negative for mange utviklingsland ved alle grader av temperaturendring som er studert (lav sikkerhet), og er beregnet å være blandet for industriland ved oppvarming inntil noen få grader celsius (middels til lav sikkerhet). Generelt utelukker anslagene effektene av endringer i klimavariabilitet og ekstremverdier og tar ikke hensyn til effektene av ulike hastigheter for klimaendringer. De tar bare delvis hensyn til effekter på varer og tjenester som ikke omsettes i markeder, og antar at gevinster for noen oppveier andres tap.

Befolkningen i små øystater og/eller lavtliggende kystområder er spesielt utsatt for risiko knyttet til alvorlige sosiale og økonomiske konsekvenser av havnivåstigning og stormflo. Mange bosetninger vil stå overfor økt risiko for oversvømmelse og erosjon av kystsområder, og flere titalls millioner mennesker som lever i deltaer, i lavtliggende kystområder og på små øyer vil risikere å måtte flytte. Også kritiske ressurser for øy- og kystbefolkninger som strender, ferskvann, fiskerier, korallrev og atoller, og levesteder for ville dyr og planter ville være utsatt for risiko.

En uforholdsmessig stor del av konsekvensene av klimaendringer vil falle på utviklingsland og fattige mennesker innenfor alle land, og derved forverre ujevnheter i helsetilstand og tilgang til tilstrekkelig mat, rent vann og andre ressurser. Befolkningsgrupper i utviklingsland er generelt utsatt for relativt stor risiko for negative konsekvenser av klimaendringer. I tillegg skaper fattigdom og andre faktorer forhold med lav tilpasningskapasitet i de fleste utviklingsland.

Tilpasning til klimaendringer har potensial for å redusere negative virkninger av endringene og kan ofte gi umiddelbare tilleggsfordeler, men vil ikke hindre alle skader.



Figur SPM-4: Beregnede endringer i gjennomsnittlig årlig avrenning av vann i 2050, i forhold til gjennomsnittlig avrenning i årene 1961-1990, følger i store trekk beregnede endringer i nedbør. Endringer i avrenning beregnes ved hjelp av en hydrologisk modell. Modellen får input fra to versjoner av Hadley-senterets generelle sirkulasjonsmodell for hav og atmosfære (AOGCM) ved et scenario med en prosent vekst årlig i effektiv konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren: a) "HadCM2 ensemble mean" og b) HadCM3. Beregnet økning i avrenning ved høye breddegrader og i Sørøst-Asia og reduksjon i Sentral-Asia, Middelhavsområdet, det sørlige Afrika og Australia er i grove trekk konsistent på tvers av Hadley-senterets eksperimenter, og med nedbørsframskrivningene fra andre AOGCM-eksperimenter. For andre deler av verden er endringer i nedbør og avrenning scenario- og modellavhengige.

En lang rekke muligheter for tilpasning til klimaendringer er identifisert. Disse kan redusere de negative og forsterke de fordelaktige virkningene av klimaendringer, men vil medføre kostnader. Det som foreligger av kvantitativ vurdering av deres nytte og kostnader og hvordan disse varierer mellom regioner og enheter er ufullstendig.

Større og raskere klimaendringer vil utgjøre større utfordringer for tilpasning og større risiko for skader enn mindre og langsommere endringer. Naturlige og menneskelige systemer har utviklet kapasitet til å håndtere et spenn av klimavariabilitet, og

innenfor dette spennet er risikoen for skade relativt liten og evnen til å komme seg igjen er stor. Imidlertid vil endringer i klima som fører til økt hyppighet av hendelser som faller utenfor det historiske spekteret som systemene har håndtert, øke risikoen for alvorlige skader og ufullstendig bedring eller sammenbrudd av systemet.

Spørsmål 4

Hva vet man om effekten av de økende konsentrasjonene av klimagasser og aerosoler i atmosfæren, og den beregnede framtidige menneskeskapte endringen i regionalt og globalt klima, på:

- a. Hyppigheten og størrelsen av klimavariasjoner, inkludert variabilitet over døgn, årstider, år og tiår, slik som blant annet El Niño/Southern Oscillation (ENSO)-sykler?
- b. Varighet, lokalisering, hyppighet og intensitet av ekstreme hendelser slik som hetebølger, tørke, flom, kraftig nedbør, snøskred, stormer, tornadoer og tropiske sykloner?
- c. Risikoen for plutselige/ikke-lineære endringer i, blant annet, kilder og sluk for klimagasser, havsirkulasjonen, og utstrekningen av polis og permafrost? I så fall, kan denne risikoen kvantifiseres?
- d. Risikoen for plutselige eller ikke-lineære endringer i økologiske systemer?

Beregninger viser en framtidig økning i klimavariabilitet og i noen typer ekstremvær.

Modellberegninger tyder på at økte konsentrasjoner av klimagasser i atmosfæren vil føre til endringer i variabilitet over døgn, årstider, år og tiår. Man venter redusert variasjonsbredde for temperaturen gjennom døgnet i mange områder, redusert daglig variabilitet i lufttemperaturen ved bakkenivå om vinteren, og økt daglig variabilitet om sommeren for landområdene på den nordlige halvkule. Mange modeller beregner mer El Niño-lignende gjennomsnittsførhold i det tropiske Stillehavet. Det er ingen klar enighet om hvorvidt det blir endringer i hyppighet eller struktur for naturlig forekommende sirkulasjonsmønstre slik som ”den nordlige atlanterhavssvingningen” (*the North Atlantic Oscillation, NAO*).

Modellberegninger tyder på at økende atmosfæriske konsentrasjoner av klimagasser fører til endringer i hyppighet, styrke og varighet av ekstreme værphenomener, slik som flere svært varme dager, hetebølger og kraftige nedbørhendelser, og færre kalde dager. Mange av disse beregnede endringene vil kunne føre til økt risiko for oversvømmelser og tørke i mange områder, og overveiende negative virkninger på økologiske systemer, sosioøkonomiske sektorer og menneskers helse (se tabell SPM-2 for detaljer). Modellstudier med høyere oppløsning antyder at maksimal vindstyrke og nedbørsintensitet i tropiske sykloner sannsynligvis vil øke over noen områder. Det finnes ikke tilstrekkelig med informasjon om hvordan ekstreme værphenomener på svært liten skala (for eksempel tordenvær, tornadoer, hagl og lyn) kan endre seg.

Tabell SPM-2: Eksempler på klimavariabilitet og ekstreme klimahendelser, og eksempler på deres konsekvenser (WGII TAR SPM-1)	
<i>Beregnete endringer i løpet av det 21. århundret i ekstreme klimafenomener og deres sannsynlighet</i>	<i>Representative eksempler på beregnede effekter^{a)} (alle med høy sikkerhet for at de vil inntreffe i noen områder)</i>
Høyere maksimumstemperaturer, flere svært varme dager og hetebølger ^{b)} over nesten alle landområder (svært sannsynlig)	Økt forekomst av dødsfall og alvorlig sykdom i eldre aldersgrupper og fattige i byer. Økt varmestress på buskap og vilt. Forflytninger av turistdestinasjoner. Økt risiko for skade på en rekke typer landbruksvekster. Økt etterspørsel etter elektrisk kjøling og redusert pålitelighet i energiforsyningen.
Høyere (økende) minimumstemperaturer, færre kalde dager, frostdager og kuldebølger ^{b)} over nesten alle landområder (svært sannsynlig)	Redusert kulderelatert sykkelighet og dødelighet hos mennesker. Redusert risiko for skade på en rekke typer landbruksvekster, og økt skaderisiko for andre. Utvidet leveområde og aktivitet for enkelte skadeorganisme- og sykdomsvektorer. Redusert etterspørsel etter energi til oppvarming.
Flere intense nedbørhendelser (svært sannsynlig, over mange områder)	Økte skader fra flom og ulike skredtyper (jord, snø, leire). Økt jorderosjon. Mer flomvann kan øke fornyelsen av enkelte grunnvannsmagasiner i flommarksområder. Økt press på offentlige og private systemer for flomskadeforsikring og katastrofehjelp.
Økt inntørking om sommeren over de fleste indre deler av kontinentene ved midlere breddegrader, med økt risiko for tørke (sannsynlig)	Reduserte avlinger. Økte skader på bygningsfundamenter som følge av opptørking i grunnen. Redusert mengde og kvalitet av vannressurser. Økt risiko for skogbrann.
Økning i maksimal vindintensitet for tropiske sykloner, og gjennomsnittlig og maksimal nedbørsintensitet (sannsynlig, over noen områder) ^{c)}	Økt risiko for tap av menneskeliv, risiko for epidemier av smittsomme sykdommer og mange andre former for risiko. Økt kysterosjon og skade på bygninger og infrastruktur langs kysten. Økt skade på økosystemer knyttet til kysten, slik som korallrev og mangrover.
Forsterket tørke og oversvømmelser knyttet til El Niño-hendelser i mange forskjellige regioner (sannsynlig) (se også under tørke og intense nedbørshendelser)	Redusert produktivitet i jordbruk og beiteland i tørke- og flomutsatte områder. Redusert produksjonspotensial for vannkraft i tørkeutsatte områder.
Økt nedbørvariabilitet under den Asiatiske sommermonsunen (sannsynlig)	Økning i styrken på flom og tørke, og i skader som følge av dette i tempererte og tropiske deler av Asia.
Økt intensitet i stormer ved midlere breddegrader (lite samsvar mellom foreliggende modeller) ^{b)}	Økt risiko for menneskers liv og helse. Økt tap av eiendom og infrastruktur. Økte skader på kystnære økosystemer.
a) Disse konsekvensene kan reduseres gjennom passende tiltak	
b) Informasjon fra WGI TAR Technical Summary (Section F.5)	
c) Endringer i regional fordeling av tropiske sykloner er mulig, men har ikke blitt fastslått	

Pådriv fra klimagasser i det 21. århundret kan sette i gang ikke-lineære og potensielt brå endringer i fysiske og biologiske systemer over de kommende tiår til tusenår, i stor skala og med store konsekvenser. Et vidt spenn av sannsynligheter knytter seg til de ulike endringene.

Noen av de beregnede plutselige/ikke-lineære endringene i fysiske systemer og i naturlige kilder og sluk for klimagasser kan være irreversible, men forståelsen av de underliggende prosessene er ufullstendig. Sannsynligheten for de beregnede endringene er ventet å øke med hastigheten, styrken og varigheten av klimaendringer. Eksempler på disse typene endringer omfatter:

- Store klimapåvirkede endringer i jordsmonn og vegetasjon kan være mulig. Disse vil kunne utløse ytterligere klimaendringer gjennom økte utslipp av klimagasser fra planter og jordsmonn, og endringer i overflateegenskaper (for eksempel albedo).
- De fleste modeller viser en svekking av den termohaline sirkulasjonen i havene, noe som fører til en reduksjon i varmetransporten til høye breddegrader i Europa. Derimot viser ingen modeller noen brå stans i varmetransporten ved slutten av det 21. århundret. Etter det 21. århundret viser imidlertid noen modeller at den termohaline sirkulasjonen kan stanse fullstendig, og muligens irreversibelt, på en eller begge halvkulene hvis endringen i strålingspådriv er stor nok og virker lenge nok.
- Den antarktiske innlandsisen vil sannsynligvis øke i masse i løpet av det 21. århundret. Etter vedvarende oppvarming kan imidlertid isdekket tape masse i betydelig omfang og bidra flere meter til den beregnede havnivåstigningen over de neste 1000 år.
- I motsetning til den antarktiske innlandsisen vil Grønlands isdekke sannsynligvis tape masse i løpet av det 21. århundret og bidra med noen få centimeter til den beregnede havnivåstigningen. Isdekkene vil fortsette å reagere på oppvarmingen av klimaet og bidra til stigende havnivå i tusenvis av år etter at klimaet har blitt stabilisert. Klimamodeller indikerer at den lokale oppvarmingen over Grønland sannsynligvis vil bli en til tre ganger det globale gjennomsnittet. Innlandsismodeller beregner at hvis en lokal oppvarming større enn 3 grader Celsius opprettholdes i årtusener vil den føre til en så godt som fullstendig avsmelting av innlandsisen på Grønland, med en stigning i havnivået på omkring sju meter som resultat. En lokal oppvarming på 5,5 grader celsius som opprettholdes i tusen år, vil sannsynligvis føre til et bidrag til havnivåstigning fra Grønland på omkring tre meter.
- Fortsatt oppvarming vil øke avsmeltingen av permafrost i fjellstrøk og i polare og subpolare områder, og gjøre mange av disse områdene sårbare overfor sammensynking og jordskred som påvirker infrastruktur, vassdrag og våtmarksøkosystemer.

I mange økosystemer kan endret klima øke risikoen for plutselige og ikke-lineære endringer som vil påvirke deres funksjon, biodiversitet og produktivitet. Jo større endringene er og jo raskere de skjer, jo større er risikoen for negative konsekvenser. For eksempel:

- Endringer i forstyrrelsesregimer og forskyvninger i lokaliseringen av egnede, klimatisk definerte leveområder, kan føre til plutselige sammenbrudd av terrestriske og marine økosystemer med betydelige endringer i sammensetning og funksjon, og økt risiko for artsutryddelser.

- Vedvarende økning i vanntemperaturer, selv så lite som 1°C, kan alene eller i kombinasjon med hvilken som helst av flere belastninger (for eksempel overdreven forurensning og tilslamming) føre til at koraller støter ut sine alger (korallbleking) og at noen koraller til sist dør.
- Temperaturøkninger større enn terskelverdier, som varierer mellom ulike typer landbruksvekster, kan påvirke avgjørende utviklingsstadier for noen vekster (for eksempel sterilitet i småaksene hos ris, tap av pollenets levedyktighet hos mais, knollutvikling hos poteter), og dermed produktiviteten. Produksjonstap for disse vekstene kan bli alvorlige hvis temperaturene overskrider kritiske grenser, selv i korte perioder.

Spørsmål 5

Hva vet man om tregheten og tidsskalaene knyttet til endringene i klimasystemet, økologiske systemer og sosioøkonomiske systemer, og deres gjensidige virkning på hverandre?

Treghet er et utbredt og grunnleggende kjennetegn ved klimasystemet og de økologiske og sosioøkonomiske systemene, som alle påvirker hverandre gjensidig. Dermed kan det ta tid før noen av konsekvensene av menneskeskapt klimaendring blir merkbare. Noen konsekvenser kan være irreversible dersom ikke klimaendringens omfang og hastighet begrenses før man krysser visse terskler. Hvor slike terskler befinner seg kan man ha mangelfull kunnskap om.

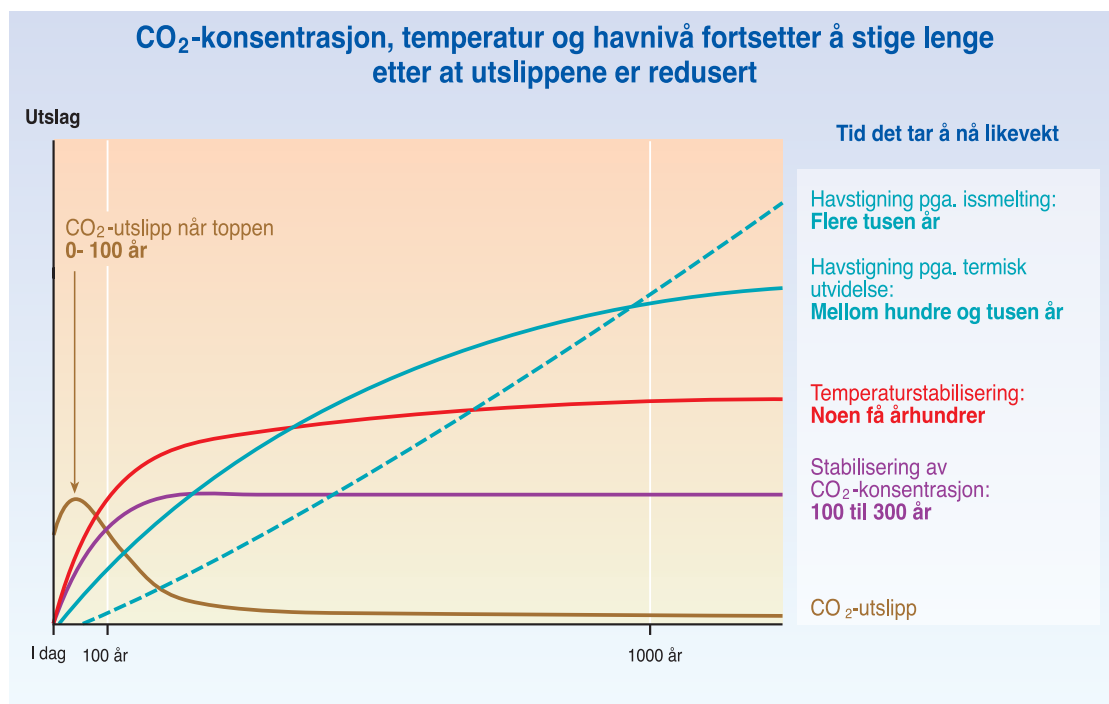
Treghet i klimasystemer

Stabilisering av CO₂-utslipp på nivåer nær dagens vil ikke føre til stabilisering av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren. Derimot vil stabilisering av utslippene av mer kortlivede klimagasser som CH₄ føre til stabilisering av deres atmosfæriske konsentrasjoner i løpet av noen tiår. Stabilisering av CO₂-konsentrasjonen på ethvert nivå krever at man etter hvert reduserer de globale nettoutslippene av CO₂ til en brøkdel av dagens utslippsnivå. Jo lavere nivå for stabilisering man velger, jo raskere må nedgangen i globale nettoutslipp av CO₂ begynne (se figur SPM-5).

Etter stabilisering av den atmosfæriske konsentrasjonen av CO₂ og andre klimagasser, ventes det at lufttemperaturen ved havoverflaten vil fortsette å stige med noen få tideler av en grad per århundre i et århundre eller mer, mens havnivået ventes å fortsette å stige i mange århundrer (se figur SPM-5). Den langsomme transporten av varme ned i havene og den langsomme responsen fra innlandsis innebærer at det trengs lange perioder for å nå en ny likevekt i klimasystemet.

Enkelte endringer i klimasystemet, som kan finne sted en gang etter utgangen av det 21. århundre, kan i praksis være irreversible. En omfattende smelting av innlandsis (se spørsmål 4) og fundamentale endringer i havstrømmene (se spørsmål 4) kan for eksempel ikke reverseres over en periode på mange generasjoner. Terskelen for fundamentale

endringer i havsirkulasjonen kan nås ved en lavere grad av oppvarming hvis oppvarmingen er rask snarere enn gradvis.



Figur SPM-5: Etter at CO₂-utslippene er redusert og CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren er stabilisert, fortsetter lufttemperaturen ved overflaten å stige sakte i et århundre eller mer. Termisk utvidelse av havet fortsetter lenge etter at CO₂-utslippene er redusert, og smelting av innlandsis vil fortsette å bidra til havstigning i mange århundrer. Denne figuren er en generell illustrasjon av stabilisering på et hvilket som helst nivå mellom 450 og 1000 ppm, og har derfor ingen enhet på den vertikale akse. Responsen på stabiliseringsbanene i dette spekteret viser stort sett like tidsforløp, men virkningen blir progressivt større ved høyere CO₂-konsentrasjoner.

Treghet i økologiske systemer

I enkelte økosystemer vises effektene av klimaendringer raskt, mens de vises langsommere i andre. For eksempel kan bleking av korallrev skje i løpet av en enkelt eksepsjonelt varm sommer, mens langlivede organismer som trær kan holde ut i tiår under et endret klima, men likevel være ute av stand til å formere seg og opprettholde bestanden. Økosystemer kan bli forstyrret på grunn av forskjeller i arters responstid når de blir utsatt for klimaendringer, inkludert endringer i hyppigheten av ekstreme hendelser.

I følge noen karbonkretsløpsmodeller kan globalt terrestrisk nettoopptak av karbon nå en topp i løpet av det 21. århundret, deretter blir det utflating eller nedgang i nettoopptaket. Det globale nettoopptaket av CO₂ i terrestriske økosystemer i senere tid er delvis et resultat av tidsintervallet mellom økt plantevekst og plantenes død og nedbrytning. Den økte planteveksten vi har i dag skyldes delvis gjødslingseffekten av økt CO₂-konsentrasjon i atmosfæren og nitrogenavsetning, samt endringer i klima og arealbruk. Opptaket av CO₂ vil avta når skoger er fullt utvokst, gjødslingseffekten når en metning, og nedbrytningen tar igjen veksten. Sannsynligvis vil klimaendringer ytterligere redusere det globale terrestriske nettoopptaket av karbon. Selv om oppvarming reduserer havets opptak av

CO₂, ventes havet å fortsette å fungere som karbonsluk ved økende atmosfærisk CO₂-konsentrasjon, i det minste gjennom det 21. århundret. Det tar århundrer for karbon å bevege seg fra overflaten til dyphavet og årtusener før det oppnås likevekt med karbonet i havsedimentene.

Treghet i sosioøkonomiske systemer

I motsetning til klimasystemet og økosystemer er ikke tregheten i menneskelige systemer gitt; den kan endres gjennom politiske beslutninger og enkeltmenneskers valg. Kapasiteten til å gjennomføre klimapolitikk avhenger av vekselvirkningen mellom sosiale og økonomiske strukturer og verdier, institusjoner, teknologier og etablert infrastruktur. Generelt vil det kombinerte systemet utvikle seg forholdsvis sakte. Det kan reagere raskt under press, men noen ganger til en høy kostnad (f.eks. hvis kapitalutstyr tas ut av bruk før det er modent for utskiftning). Hvis endringen går saktere kan kostnadene være lavere grunnet teknologiske fremskritt eller fordi kapitalutstyret er utslitt. Fra man oppfatter et behov for å reagere på en stor utfordring til man har planlagt, utforsket og utviklet en løsning, og gjennomført den, kan det typisk være en forsinkelse på fra flere år til flere tiår. En handling i forkant, bygget på en vurdering av beste tilgjengelige informasjon, kan forbedre sjansen for at passende teknologi er tilgjengelig når den trengs.

Utvikling og bruk av nye teknologier kan akselereres gjennom teknologioverføring og en økonomisk politikk og forskningspolitikk som støtter opp under dette. Utskiftning av teknologier kan bli forsinket fordi systemer har blitt "låst fast" gjennom markedsfordeler på grunn av eksisterende institusjoner, tjenester, infrastruktur og tilgjengelige ressurser. Hvis teknologier som raskt forbedres tas i bruk tidlig kan kostnader knyttet til læringskurven reduseres.

Treghetens betydning for valg av politiske tiltak

Treghet og usikkerhet i klimasystemet og økologiske og sosioøkonomiske systemer innebærer at sikkerhetsmarginer bør vurderes når man velger strategier, mål og timeplaner for å unngå forstyrning av klimasystemet på nivåer som er farlige. Stabiliseringsmål for eksempelvis CO₂-konsentrasjon i atmosfæren, temperatur eller havnivå kan bli påvirket av:

- Klimasystemets treghet, som vil føre til at klimaendringen fortsetter i en periode etter at klimapolitiske tiltak er gjennomført.
- Usikkerhet om hvor mulige terskler for irreversibel endring finnes og systemets opptreden i nærheten av dem.
- Tiden som går mellom fastsettelsen av klimapolitiske mål og til man når dem.

Tilpasning påvirkes på en lignende måte av tiden som går fra man identifiserer konsekvenser av klimaendringer, utvikler effektive tilpasningsstrategier og gjennomfører tiltak for tilpasning. Treghet i klimasystemet og de økologiske og sosioøkonomiske systemene gjør tilpasning uunngåelig og allerede nødvendig i noen tilfeller. Slike tregheter påvirker den optimale sammensetningen av strategier for tilpasning til og motvirkning av klimaendringer. Treghet har andre konsekvenser for tilpasning enn for motvirkning – tilpasning retter seg primært mot lokale konsekvenser av klimaendring, mens motvirkning retter seg mot konsekvensene for klimasystemet. Disse konsekvensene har

betydning for den mest kostnadseffektive og rettferdige blandingen av mulige politiske tiltak. Garderingsstrategier og stegvis beslutningstaking (gjentatte handlinger, vurdering av effekter av handlingene, og reviderte handlinger) kan være passende svar på kombinasjonen av treghet og usikkerhet. Ved treghet er godt begrunnede handlinger for å tilpasse seg til eller begrense klimaendringer mer effektive, og kan under noen omstendigheter være billigere, hvis de utføres tidligere heller enn senere.

Utbredelsen av tregheter og muligheten for irreversibilitet i de vekselvirkende økologiske systemene, sosioøkonomiske systemene og klimasystemet er viktige grunner til at handlinger i forkant av endringene for å tilpasse seg og begrense klimaendringer er fordelaktige. En rekke muligheter til å utøve tilpasning og begrense klimaendringen kan gå tapt hvis handling utsettes.

Spørsmål 6

a) Hvordan vil omfang og tidspunkt for introduksjonen av ulike utslippsreducerende tiltak bestemme og påvirke tempoet, omfanget og konsekvensene av klimaendringer, og den globale og regionale økonomien, når man tar de historiske og nåværende utslippene i betraktning?

b) Hva har følsomhetsstudier lært oss om regionale og globale klimatiske, miljømessige og sosioøkonomiske konsekvenser av å stabilisere konsentrasjonene av klimagasser i atmosfæren (målt i CO₂-ekvivalenter) på ulike nivåer fra dagens nivå til to ganger det nivået eller mer, når man tar effektene av aerosoler i betraktning så langt det er mulig? Vurder kostnader og nytte ved hvert stabiliseringsscenario, inkludert ulike veier til stabilisering, sammenlignet med scenariene som vurderes i spørsmål 3, med hensyn til:

- Beregnede endringer i atmosfæriske konsentrasjoner, klima og havnivå, inkludert endringer lengre fram enn 100 år.
- Konsekvenser og økonomiske kostnader og nytte ved endringer i klima og i atmosfærens sammensetning på menneskers helse, økologiske systemers mangfold og produktivitet og sosioøkonomiske sektorer (særlig jordbruk og vann).
- Spennet av muligheter for tilpasning, inkludert kostnader, nytte og utfordringer.
- Spennet av teknologier, politiske virkemidler og framgangsmåter som kan brukes for å nå hvert av stabiliseringsnivåene, med en evaluering av nasjonal og global kostnad og nytte, og en vurdering av kostnader og nytte sammenlignet, enten kvalitativt

eller kvantitativt, med miljøskaden som unngås gjennom utslippsreduksjonene.

- Spørsmål om utvikling, bærekraft og rettferdighet knyttet til konsekvenser, tilpasning og begrensning av klimaendringer på regionalt og globalt nivå.
-

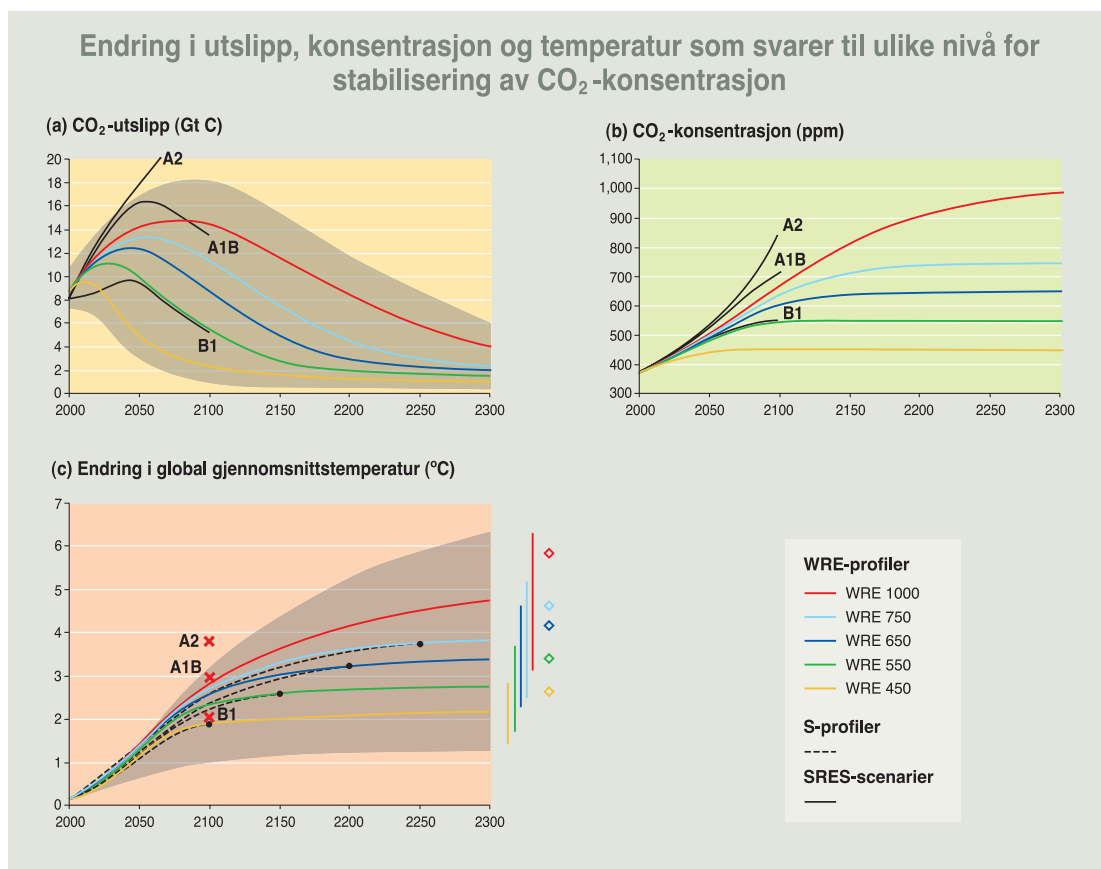
Beregnet hastighet og omfang av oppvarming og havnivåstigning kan minskes ved å redusere utslippene av klimagasser.

Jo større reduksjoner i utslippene og jo tidligere de gjennomføres, jo mindre og langsommere er den beregnede oppvarmingen og havnivåstigningen. Framtidige klimaendringer styres av historiske, samtidige og framtidige utslipp. Forskjeller i beregnede klimaendringer mellom scenarier som omfatter klimagasstiltak og scenarier som ikke omfatter slike tiltak, er gjerne små for de første tiårene men vokser med tiden dersom tiltakene opprettholdes.

Reduksjoner i utslipp av klimagasser og gassene som kontrollerer deres konsentrasjon vil være nødvendig for å stabilisere strålingspådrivet. For å ta den viktigste antropogene klimagassen som eksempel, viser karbonsyklusmodeller at stabilisering av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren ved 450, 650 eller 1000 ppm vil kreve at de globale antropogene CO₂-utslippene faller under 1990-nivå i løpet av henholdsvis noen få tiår, omkring et århundre og rundt to århundrer, og deretter fortsette å falle jevnt (se figur SPM-6). Disse modellene illustrerer at utslippene vil nå toppen om et til to tiår (450 ppm) og rundt regnet ett århundre (1000 ppm) fra i dag. Etter hvert vil CO₂-utslippene måtte minke til en svært liten andel av dagens utslipp. Fordelene ved ulike stabiliseringsnivåer diskuteres senere i spørsmål 6 og kostnadene knyttet til disse stabiliseringsnivåene i spørsmål 7.

Det er et stort usikkerhetsintervall i graden av oppvarming som er knyttet til et gitt stabiliseringsnivå i konsentrasjon av klimagasser. Dette er et resultat av usikkerheten med faktor på tre i klimaets følsomhet for økning i klimagasser.⁴ Figur SPM-7 viser endelige nivåer for stabilisering av CO₂, og de tilsvarende spennene for temperaturendring som er anslått å bli virkelighet i 2100 og ved likevekt. [Q6.5]

⁴ Den globale gjennomsnittstemperaturens likevektrespons på dobling av atmosfærisk CO₂ brukes ofte som et mål for klimafølsomheten. Temperaturene vist i figur SPM-6 og SMP-7 er utledet fra en enkel modell som er kalibrert til å gi samme respons som en rekke komplekse modeller som har klimafølsomheter som spenner fra 1,7 til 4,2 °C. Dette spennet er sammenlignbart med det i alminnelighet aksepterte spennet fra 1,5 til 4,5 °C.



Figur SPM-6: Å stabilisere CO₂-konsentrasjonen vil kreve betydelige reduksjoner av utslippene under dagens nivåer, og vil senke oppvarmingshastigheten.

- a) CO₂-utslipp: Banene for CO₂-utslipp som vil lede til stabilisering av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren på ulike nivåer er anslått for stabiliseringsprofilene WRE ved hjelp av karbonsyklusmodeller. Det skyggelagte området illustrerer usikkerhetsintervallet.
- b) CO₂-konsentrasjoner: CO₂-konsentrasjonene spesifisert for WRE-profilene.
- c) Endringer i global gjennomsnittstemperatur: Temperaturendringer er anslått ved hjelp av en enkel klimamodell for stabiliseringsprofilene WRE. Oppvarmingen fortsetter etter tidspunktet da CO₂-konsentrasjonen stabiliseres (angitt med svarte prikker), men med en sterkt redusert hastighet. Det forutsettes at utslippene av andre gasser enn CO₂ følger SRES A1B-scenariet fram til år 2100 og er konstant deretter. Dette scenariet ble valgt ettersom det er i midten av spennet av SRES-scenarier. De stiplede linjene viser temperaturendringene beregnet for S-profilene (ikke vist i panel (a) eller (b)). Det skyggelagte området viser effekten av et spenn i klimafølsomhet for alle de fem stabiliseringstilfellene. De fargede stolpene på høyre side viser usikkerheten for hvert stabiliseringstilfelle i år 2300. Rombene på høyre side viser den gjennomsnittlige oppvarmingen ved likevekt (på svært lang sikt) for hvert stabiliseringsnivå for CO₂. Til sammenligning vises også CO₂-utslipp, konsentrasjoner og temperaturendringer for tre av SRES-scenariene.

Det anslås at utslippsreduksjoner som til slutt ville stabilisere de atmosfæriske konsentrasjonene av CO₂ på et nivå under 1000 ppm, basert på profilene vist i SPM-6, og under forutsetning av at utslippene av andre gasser enn CO₂ følger SRES A1B-scenariet inntil år 2100 og er konstante deretter, begrenser økningen i global gjennomsnittlig overflatetemperatur til 3,5 °C eller mindre fram til år 2100. Global gjennomsnittlig overflatetemperatur anslås å øke med fra 1,2 til 3,5 °C innen år 2100 for profiler som til slutt stabiliserer konsentrasjonen av CO₂ på nivåer fra 450 til 1000 ppm. Selv om alle stabiliseringsprofilene for CO₂-konsentrasjonen som er

analysert vil forhindre oppvarming i den øvre enden av SRES-beregningene (1,4 til 5,8 °C innen år 2100) bør man merke seg at for de fleste profilene ville CO₂-konsentrasjonen fortsette å stige etter år 2100. Det ville ta mange århundrer å nå likevektstemperaturen. Den spenner fra 1,5 til 3,9 °C over nivået i år 1990 for stabilisering på 450 ppm, og fra 3,5 til 8,7 °C over 1990-nivå for stabilisering på 1000 ppm.⁵ Videre er det et svært stort usikkerhetsintervall knyttet til hvilket stabiliseringsnivå for konsentrasjon av klimagasser som kreves for å stabilisere temperaturen på et spesifikt nivå (se figur SPM-7). Nivået CO₂-konsentrasjonen må stabiliseres på for et gitt temperaturmål avhenger også av nivået for de andre gassene.

Havnivået og isbreer vil fortsette å reagere på oppvarmingen i århundrer etter at konsentrasjonene av klimagasser har blitt stabilisert. Det beregnede spennet i havnivåstigning grunnet termisk utvidelse ved likevekt er 0,5 til 2 meter for en økning i CO₂-konsentrasjonen fra det førindustrielle nivået på 280 til 560 ppm, og 1 til 4 meter for en økning i CO₂-konsentrasjonen fra 280 til 1120 ppm. Den observerte stigningen i løpet av det 20. århundret var fra 0,1 til 0,2 meter. Den framtidige stigningen vil bli større hvis effekten av økning i andre klimagasser tas med i beregningen. Det er andre bidrag til stigende havnivå på tidsskalaer fra tiår til årtusener. Modeller vurdert i Den tredje hovedrapporten beregner havnivåstigning på flere meter fra polare isdekker (se spørsmål 4) og annen is på land selv for stabiliseringsnivå på 550 ppm CO₂-ekvivalent.

Å redusere utslippene for å stabilisere de atmosfæriske konsentrasjonene av klimagasser vil forsinke og redusere skadene forårsaket av klimaendringer.

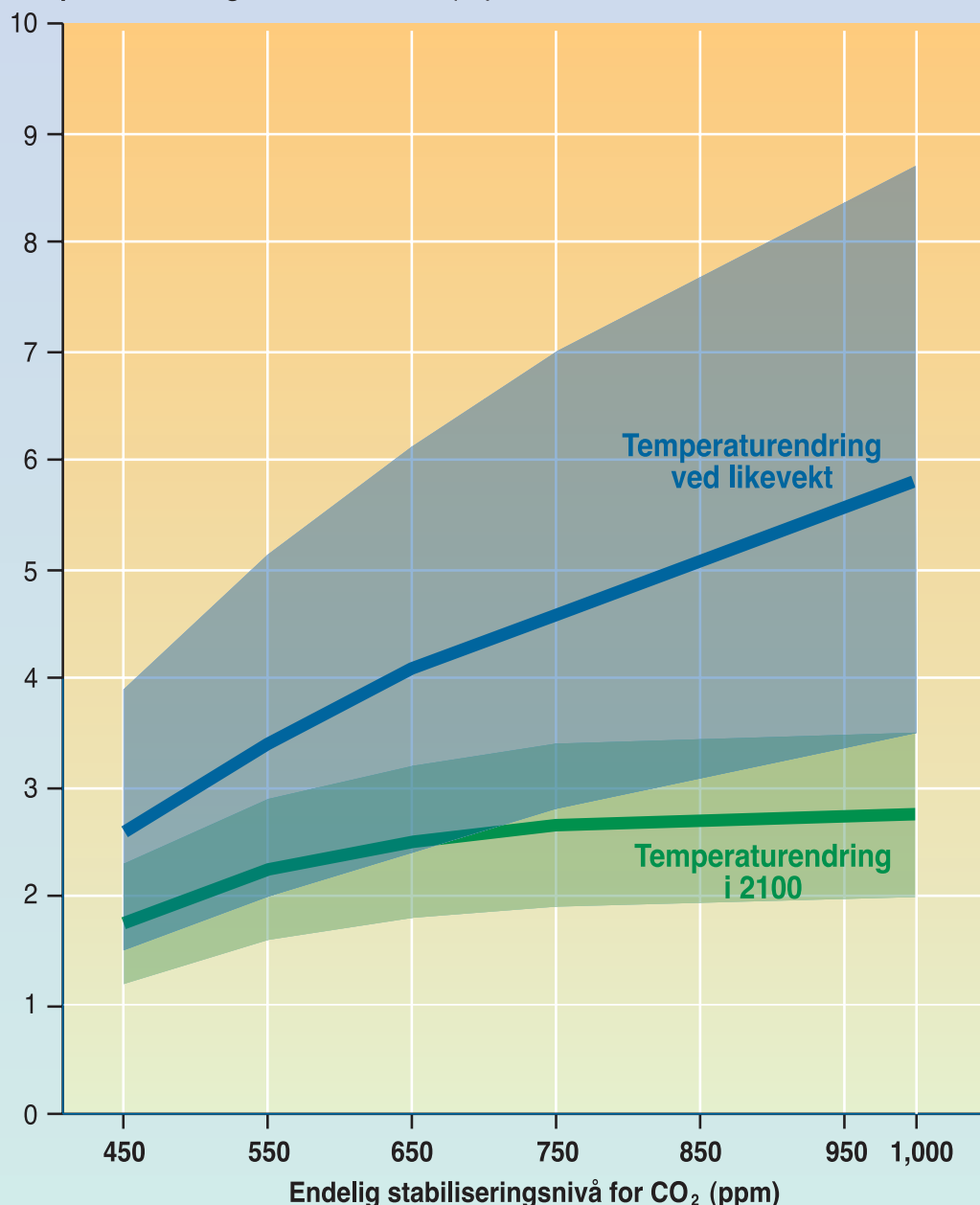
Tiltak for å redusere utslippene av klimagasser vil minske presset på naturlige og menneskelige systemer fra klimaendringer. Langsommere vekst i global middeltemperatur og havnivå vil gi mer tid til tilpasning. Derfor ventes utslippsreducerende tiltak å utsette og redusere skader forårsaket av klimaendringer, og dermed å skape miljømessige og sosioøkonomiske fordeler. Tiltak for å begrense klimaendringer, og kostnadene forbundet med slike tiltak, er vurdert i svaret på spørsmål 7.

Tiltak for å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser på lavere nivåer vil generere større fordeler i form av mindre skade. Stabilisering på lavere nivåer reduserer risikoen for å overskride temperaturterskler i biofysiske systemer der slike terskler finnes. Stabilisering av CO₂ ved for eksempel 450 ppm anslås å gi en økning i global gjennomsnittstemperatur i år 2100 som er omlag 0,75 til 1,25 °C mindre enn økningen som er anslått for stabilisering på 1000 ppm (se figur SPM-7). Ved likevekt er forskjellen rundt 2 til 5 °C. Den geografiske utbredelsen av skader på og tap av naturlige systemer, og antallet systemer som påvirkes, som øker med størrelsen og hastigheten på klimaendringen, ville være lavere ved et lavere stabiliseringsnivå. På lignende måte forventes konsekvensene av klimatiske ekstremhendelser å være mindre, færre regioner ville oppleve negative netto markedssektorvirkninger, de globale, aggregerte konsekvensene ville være mindre, og risiko for storskalahendelser med svært negative konsekvenser vil bli redusert ved et lavere stabiliseringsnivå for klimagasser.

⁵ For alle disse scenariene er bidraget til oppvarmingen ved likevekt fra andre drivhusgasser og aerosoler 0,6 °C for lav klimafølsomhet og 1,4 °C for høy klimafølsomhet. Den tilhørende økningen i strålingspådriv er lik den som oppstår med en ytterligere økning på 28% i de endelige CO₂-konsentrasjonene.

Usikkerhetsområdet er bredt når det gjelder hvor mye oppvarming som blir resultatet av et hvilket som helst stabiliseringsnivå for konsentrasjon av drivhusgasser

Temperaturrendring i forhold til 1990 (°C)



Figur SPM-7: Stabilisering av CO₂-konsentrasjonene vil redusere oppvarmingen, men det er usikkert hvor stor reduksjonen vil være. Temperaturrendringer sammenlignet med året 1990 i (a) året 2100 og (b) ved likevekt er anslått ved hjelp av en enkel klimamodell for WRE-profilene som i figur SPM-6. De laveste og høyeste anslagene for hvert stabiliseringsnivå forutsetter en klimafølsomhet på henholdsvis 1,7 og 4,2 °C. Midtlinjen er et gjennomsnitt av de høyeste og laveste anslagene.

Utfyllende kvantitative anslag over fordelene knyttet til stabilisering av klimagasser i atmosfæren ved ulike konsentrasjonsnivåer foreligger ikke til nå.

Det er gjort framskritt i å forstå den kvalitative karakteren til konsekvensene av klimaendringer. På grunn av usikkerhet i klimafølsomheten og usikkerhet om den geografiske og årstidsmessige fordelingen av beregnede endringer i temperatur, nedbør og andre klimavariabler og klimafenomener, kan ikke konsekvensene av klimaendring fastslås entydig for individuelle utslippsscenarier. Det er også usikkerheter omkring nøkkelprosesser og systemers følsomhet og tilpasningskapasitet til klimaendringer. Konsekvenser som endringer i økosystemers sammensetning og funksjon, utryddelse av arter og virkninger på menneskers helse, samt forskjeller i fordelingen av konsekvenser mellom ulike deler av befolkningen, lar seg dessuten ikke umiddelbart uttrykke i penger eller andre alminnelige enheter. På grunn av disse begrensningene er nytten ved ulike tiltak for å redusere utslipp av klimagasser, inkludert tiltak for å stabilisere konsentrasjonene på fastsatte nivåer, ufullstendig karakterisert og kan ikke sammenlignes direkte med kostnader knyttet til utslippsreducerende tiltak med sikte på å anslå de økonomiske nettoeffektene av slike tiltak.

Tilpasning er en nødvendig strategi på alle nivåer som et supplement til innsats for å redusere klimaendringer. Sammen kan de bidra til å nå mål for bærekraftig utvikling.

Tilpasningstiltak kan supplere tiltak for å redusere klimaendringer i en kostnadseffektiv strategi for å redusere risiko knyttet til slike endringer.

Reduksjoner i utslipp av klimagasser, selv stabilisering av deres konsentrasjoner i atmosfæren på et lavt nivå, vil verken hindre klimaendringer eller stigning i havnivå eller deres konsekvenser fullstendig. Mange reaktive tilpasninger vil finne sted som respons på et klima i endring og stigende hav, og enkelte har allerede funnet sted. I tillegg kan utviklingen av planlagte tilpasningsstrategier for å håndtere risiko og utnytte muligheter supplere tiltak for å begrense klimaendringer, når det gjelder å redusere konsekvensene. Imidlertid vil tilpasningstiltak medføre kostnader og kan ikke hindre alle skader. Tilpasningskostnadene kan reduseres gjennom handlinger som vil redusere og forsinke klimaendringene som systemer ellers ville være utsatte for.

Virkningene av klimaendringer beregnes å få ulike konsekvenser innenfor og mellom land. Klimautfordringen reiser derfor et viktig rettferdighetsspørsmål.

Tiltak for å begrense klimaendringer og å tilpasse seg til klimaendringer kan, hvis de utformes på en egnet måte, fremme mål for bærekraftig utvikling og rettferdighet både innen og mellom generasjoner. Å redusere den beregnede økningen i klimækstremere ventes å gagne alle land, spesielt utviklingsland, som anses som mer sårbare for klimaendringer enn utviklede land. Å begrense klimaendringer vil også redusere risikoene for framtidige generasjoner som følge av den nåværende generasjonens handlinger.

Spørsmål 7

Hva vet man om potensialet for og nytte og kostnader ved å redusere utslipp av klimagasser, og betydningen av tidsrammen for utslippsreduksjonene?

- Hva ville være de økonomiske og sosiale kostnadene og nyttevirkningene, og de fordelingsmessige implikasjonene av

- mulige tiltak og virkemidler – og mekanismene i Kyotoprotokollen – som kan komme i betraktning som klimapolitiske tiltak regionalt og globalt?
- Hvilke porteføljer av muligheter kan vurderes for forskning og utvikling, investeringer og andre virkemidler, som ville være mest effektive for å forbedre utviklingen og anvendelsen av teknologier som forholder seg til klimaproblemet?
 - Hvilke typer økonomiske og andre virkemiddelalternativer kan komme i betraktning for å fjerne eksisterende og potensielle barrierer og stimulere teknologioverføring og teknologianvendelse mellom land i regi av privat og offentlig sektor, og hvilken effekt kunne disse ha på beregnede utslipp?
 - Hvordan påvirker tidspunktet for gjennomføring av de ovennevnte mulighetene tilknyttede økonomiske kostnader og nytte, og de atmosfæriske konsentrasjonene av klimagasser over det neste århundret og videre?
-

Det er mange muligheter, inkludert teknologiske muligheter, til å redusere utslippene på kort sikt. Men det finnes barrierer for iverksetting av disse mulighetene.

Siden IPCCs andre hovedrapport kom ut i 1995 har det skjedd betydelige tekniske fremskritt av betydning for reduksjonspotensialet for utslipp av klimagasser. Utviklingen har vært raskere enn forventet. Netto-reduksjoner i utslippene kan oppnås gjennom en portefølje av teknologier (for eksempel mer effektiv omstilling i produksjon og bruk av energi, skifte til teknologier med lave eller ingen utslipp av klimagasser, fjerning og lagring av karbon, samt forbedret praksis når det gjelder arealbruk, endringer i arealbruk og skogbruk). Det skjer fremskritt innenfor et vidt spekter av teknologier på ulike utviklingsstadier, som spenner fra markedsintroduksjon av vindturbiner og den raske eliminasjonen av gassutslipp som biprodukt fra industriproduksjon til utviklingen av brenselcelleteknologi og demonstrasjon av CO₂-lagring under bakken.

Vellykket gjennomføring av tiltak mot klimaendringer krever at man overvinner tekniske, økonomiske, politiske, kulturelle, sosiale, adferdsmessige og/eller institusjonelle barrierer som hindrer full utnyttelse av de teknologiske, økonomiske og sosiale mulighetene disse alternativene innebærer. Mulighetene for å redusere utslipp og øke opptaket av klimagasser og hva slags barrierer som hindrer dette varierer fra region til region, fra sektor til sektor, og over tid. Dette skyldes store variasjoner i kapasiteten til å foreta slike utslippsreduksjoner og økt opptak. De fleste land vil kunne dra nytte av fornyelse innen finansiering, sosial læring og nytenkning, institusjonelle reformer, fjerning av handelshindre og utryddelse av fattigdom. Industrilandene har i tillegg framtidige muligheter spesielt ved å fjerne samfunnsmessige barrierer og endrede adferdsmønstre; I land med overgangsøkonomi finnes de i prisrasjonalisering, mens de i utviklingsland finnes i prisrasjonalisering, økt adgang til data og informasjon, tilgjengelighet av avanserte teknologier, finansielle ressurser, opplæring og kapasitetsbygging. Et enkelt lands muligheter kan imidlertid ofte bestå av flere tiltak rettet mot ulike kombinasjoner av disse barrierene.

Nasjonal politikk overfor klimaendringer kan være mer effektiv hvis den iverksettes som en portefølje av flere virkemidler for å begrense eller redusere nettutslipp av klimagasser. Porteføljen kan – avhengig av nasjonale forhold – omfatte utslipps-/CO₂-/energiavgifter, omsettelige eller ikke omsettelige utslippstillatelser, arealplanlegging, innføring og/eller fjerning av subsidier, returpantordninger, standarder for teknologi eller ytelse, krav til sammensetning av energiforsyningen, forbud mot spesifikke produkter, frivillige avtaler, offentlige bevilgninger og investeringer, og tilskudd til forskning og utvikling.

Av flere grunner varierer kostnadsestimater for utslippsreduksjoner og økt opptak av klimagasser fra ulike modeller og studier.

Av flere ulike grunner er det betydelig usikkerhet omkring – og forskjeller mellom – spesifikke, kvantitative anslag for kostnader ved tiltak mot klimaendringer. Kostnadsestimater avviker på grunn av (a) metodene⁶ brukt i analysene og (b) underliggende faktorer og forutsetninger som er bygget inn i analysene. Enkelte faktorer vil føre til lavere estimater hvis de tas med, mens andre vil føre til høyere estimater. Å inkludere flere klimagasser, sluk, teknisk endring som utløses av klimapolitikk samt kvotehandel⁷ kan senke estimerte kostnader. Videre antyder undersøkelser at noen kilder til utslipp av klimagasser kan begrenses uten eller til negativ netto samfunnsmessig kostnad, i den grad klimapolitikken kan utnytte ”no regret”-alternativer som å rette opp markedsimperfeksjoner, å ta hensyn til lokale miljøgevinster ved gjennomføring av klimatiltak og å resirkulere skatteproveny på en effektiv måte. Internasjonalt samarbeid som legger til rette for kostnadseffektive utslippsreduksjoner kan redusere kostnadene ved å motvirke klimaendringer. På den annen side kan anslåtte kostnader øke hvis man tar med potensialet for kortsiktige makroøkonomiske sjokk, begrensninger for bruken av markedsmekanismer nasjonalt og internasjonalt, høye transaksjonskostnader eller andre tilknyttede kostnader som påløper ved gjennomføring av klimatiltak, samt ineffektive tiltak for provenyresirkulering. Siden ingen analyser tar med alle relevante faktorer som påvirker kostnadene ved å motvirke klimaendringer, er det ikke sikkert at estimerte kostnader gjenspeiler de virkelige kostnadene ved å gjennomføre handlinger for å motvirke klimaendringer.

Studier som er gjennomgått og vurdert i den tredje hovedrapporten tyder på betydelige muligheter til å senke kostnadene knyttet til å begrense klimaendringer.

Studier som sammenlikner installert teknologi med eksisterende alternativer (”bottom-up”) tyder på at det finnes betydelige muligheter til å motvirke

⁶ IPCCs andre hovedrapport beskrev to kategorier av tilnæringer til estimering av kostnader: Tilnæringer som starter nedenfra, som tar utgangspunkt i vurdering av spesifikke teknologier og sektorer, og modellstudier som starter ovenfra, med makroøkonomiske forhold som utgangspunkt. Se boks 7-1 i underlagsrapporten.

⁷ En markedsbasert tilnærming til å nå miljømål. Den tillater de som reduserer utslippene av klimagasser mer enn det som kreves å bruke eller selge de overskytende reduksjonene for å oppveie utslipp fra en annen kilde innenfor eller utenfor landets grenser. Her brukes ordet i vid forstand for å dekke handel med utslippskvoter så vel som prosjektbasert samarbeid.

Klimaendringer til en lav kostnad. I følge disse studiene er globale utslippsreduksjoner på henholdsvis 1,9-2,6 Gt Kek (gigatonn karbonekvivalent) og 3,6-5,0 GT Kek per år⁸ oppnåelig innen 2010 og 2020. Halvparten av disse potensielle utslippsreduksjonene kan oppnås innen 2020 med direkte fordeler (spart energi) som overstiger de direkte kostnadene (netto kapital-, drifts og vedlikeholdskostnader). Den andre halvparten med netto direkte kostnader på inntil 100 USD per tonn karbonekvivalent (målt i 1998-priser). Disse estimatene for nettokostnader er utledet ved bruk av diskonteringsrater fra fem til tolv prosent, i overensstemmelse med diskonteringsrater i offentlig sektor. Privat forrentningsprosent varierer kraftig og er ofte betydelig høyere, noe som påvirker hvor raskt disse teknologiene tas i bruk av private aktører. Avhengig av utslippsscenariet kan dette gjøre det mulig å redusere globale utslipp under 2000-nivå i 2010-2020 med de nevnte estimatene for direkte kostnader. Iverksetting av disse reduksjonene innebærer i tillegg gjennomføringskostnader som i noen tilfeller kan være betydelige, mulig behov for støttende politiske virkemidler, økt satsing på forskning og utvikling, effektiv teknologioverføring og overvinning av andre barrierer. De forskjellige globale, regionale, nasjonale, sektorvise og prosjektvise studiene som er vurdert i bidraget til Den tredje hovedrapporten fra Arbeidsgruppe III, har ulike rekkevidde og ulike forutsetninger. Det foreligger ikke studier for alle sektorer og regioner.

Skog, jordbruksland og andre økosystemer på land representerer betydelig potensial for å motvirke økningen i atmosfærens karboninnhold. Selv om bevaring av lagret karbon og økning av opptaket ikke nødvendigvis er permanent, kan det gi tid til å videreutvikle og iverksette andre alternativer.

Biologiske tiltak for å begrense klimaendringer kan følge tre strategier: (a) bevaring av eksisterende karbonlagre, (b) lagring gjennom økning i størrelsen på karbonlagrene⁹ og (c) å ta i bruk bærekraftig produserte biologiske produkter som erstatning for andre produkter. Det globale potensialet for biologiske tiltak for å begrense klimaendringer er estimert til størrelsesordenen 100 Gt K (kumulativt) innen år 2050, tilsvarende omkring 10-20 % av beregnede utslipp fra fossile brensler i løpet av samme periode. Det er imidlertid betydelig usikkerhet knyttet til dette anslaget. Realisering av dette potensialet er avhengig av tilgang på land og vann så vel som hvor raskt praksis for arealforvaltningen endres. Det største potensialet for å motvirke økning av atmosfærens karboninnhold gjennom biologiske metoder finnes i subtropiske og tropiske områder. Rapporterte kostnadsestimater varierer betydelig fra 0,1 USD til omkring 20 USD per tonn karbon i en rekke tropiske land og fra 20 til 100 USD per tonn karbon i ikke-tropiske land. Metoder for finansanalyse og karbonregnskap har ikke vært sammenlignbare. Dessuten dekker kostnadsberegningene i mange tilfeller ikke utgifter til, for eksempel infrastruktur, passende diskontering, overvåking, datainnsamling og gjennomføringskostnader, alternativkostnad for areal, vedlikehold eller andre løpende utgifter, som ofte utelates eller overses. Studien som gir estimater i den nedre enden av kostnadsintervallet vurderes som skjeve, men forståelsen og behandlingen av kostnader blir bedre over tid. Utslippene av andre klimagasser enn CO₂ kan også bli redusert eller økt som følge av biologiske tiltak for å øke opptaket av CO₂.

Kostnadsestimatene for implementering av Kyotoprotokollen i Anneks B-land varierer mellom ulike undersøkelser og regioner. De er blant annet sterkt avhengige av hvilke forutsetninger som legges til grunn om bruk av Kyotomekanismene og deres vekselvirkning med innenlands tiltak (se figur SPM-8 for sammenligning av regionale gjennomføringskostnader for Anneks II-

⁸ Estimaterne for utslippsreduksjoner forholder seg til en referansebane med trend som i størrelsesorden tilsvarende SRES B2-scenariet.

⁹ Endringer i arealbruk kan påvirke konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren. Hypotetisk sett ville CO₂-konsentrasjonen reduseres med 40-70 ppm hvis alt karbonet som er frigjort til atmosfæren gjennom historiske arealbruksendringer kunne tilbakeføres til biosfæren (f.eks. ved gjenreising av skog).

land). Det store flertallet av globale studier som rapporterer og sammenligner disse kostnadene bruker internasjonale energiøkonomiske modeller. Ni av disse studiene antyder følgende virkninger på BNP. Uten kvotehandel mellom Anneks B-land viser disse studiene reduksjoner i beregnet BNP¹⁰ på omkring 0,2 til 2 % i år 2010 for ulike Anneks II-regioner. Med full kvotehandel mellom Anneks B-land anslås reduksjonene i 2010 til mellom 0,1 og 1,1 % av beregnet BNP. De globale modellstudiene rapportert ovenfor viser nasjonale marginalkostnader for å nå Kyotomålene fra omkring 20 USD til 600 USD per tonn karbon uten handel, og spenner fra rundt 15 USD til 150 USD per tonn karbon med kvotehandel innenfor Anneks B. For de fleste land med overgangsøkonomier spenner effekten på BNP fra neglisjerbar til en økning på flere prosent. For enkelte land med overgangsøkonomier vil imidlertid gjennomføring av Kyotoprotokollen ha samme virkning på BNP som for Anneks II-landene. Da disse studiene ble gjennomført, omfattet de fleste modeller ikke opptak av CO₂, andre klimagasser enn CO₂, Den grønne utviklingsmekanismen (CDM), mulige tiltak med negativ kostnad, tilknyttede fordeler eller målrettet resirkulering av proveny, som vil redusere estimerte kostnader hvis de tas med. På den annen side gjør disse modellene andre forutsetninger som undervurderer kostnadene, fordi de antar full bruk av kvotehandel uten transaksjonskostnader både innenfor og mellom Anneks B-land og at reaksjonen i form av tiltak som motvirker klimaendringer ville være fullkomment effektive og at økonomiene begynner å tilpasse seg behovet for å nå Kyotomålene mellom 1990 og 2000. Kyotomekanismenes bidrag til å redusere kostnadene kan være avhengig av detaljene i gjennomføringen, inkludert kompatibiliteten til innenlandske og internasjonale mekanismer, begrensninger i handlefriheten, og transaksjonskostnader.

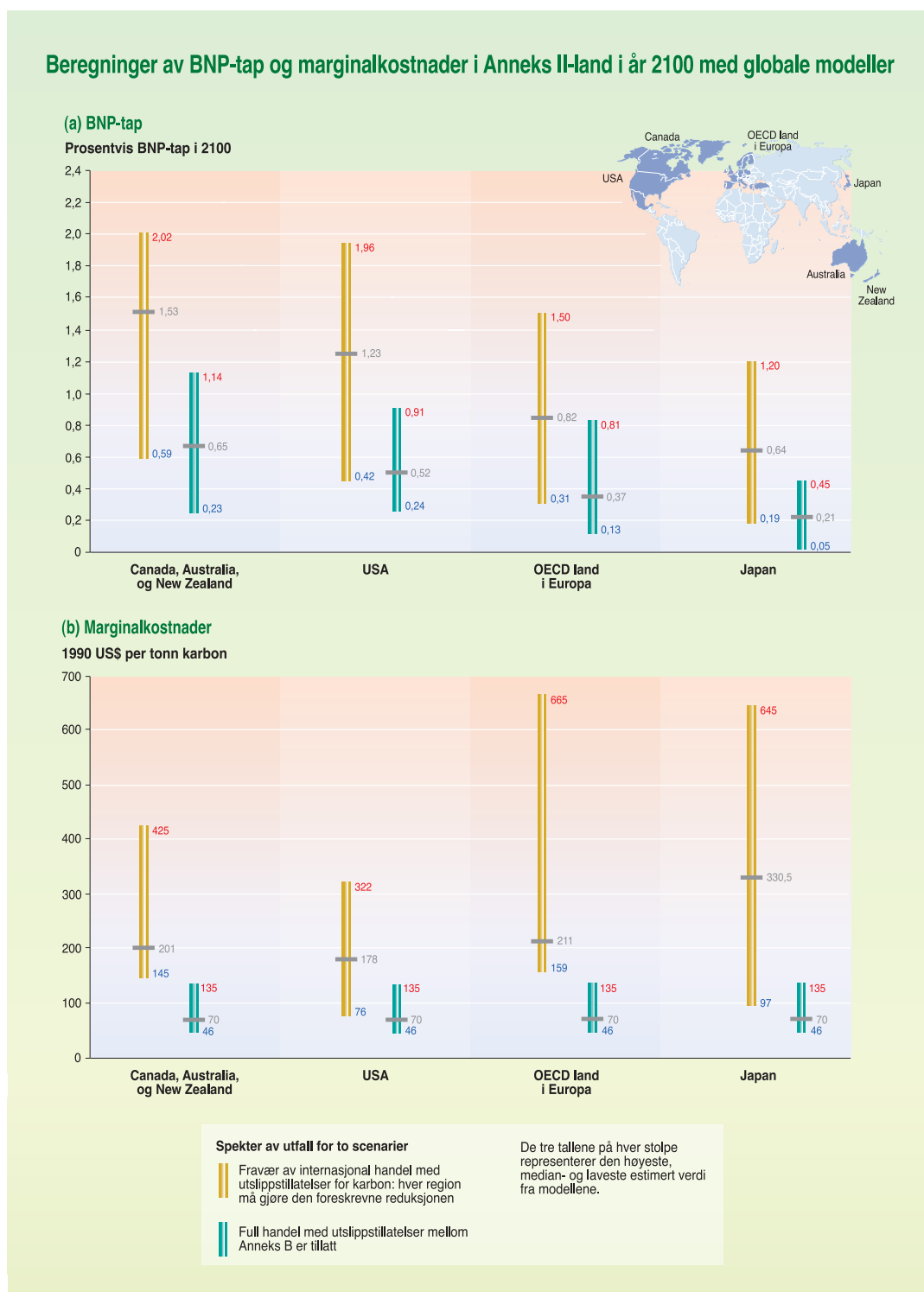
Utslippsbegrensninger for Anneks I-land medfører økonomiske virkninger¹¹ på land utenfor Anneks I som er velkjente, men variable. Analyser rapporterer om reduksjoner både i beregnet BNP og reduksjoner i beregnede petroleumsinntekter for oljeeksporterende land utenfor Anneks I. Undersøkelsen som rapporterer de laveste kostnadene viser reduksjoner på 0,2 % av beregnet BNP i år 2010 uten kvotehandel, og mindre enn 0,05 % av beregnet BNP med kvotehandel innenfor Anneks B.¹² Undersøkelsen som rapporterer høyest kostnader viser reduksjoner på 25 % av beregnede petroleumsinntekter i 2010 uten kvotehandel, og 13 % av beregnede petroleumsinntekter med kvotehandel innenfor Anneks B. Disse studiene tar ikke i betraktning klimapolitiske virkemidler og tiltak ut over kvotehandel innenfor Anneks B-land, som kunne minske konsekvensene for oljeeksporterende land utenfor Anneks I. Effekten på disse landene kan reduseres ytterligere ved å fjerne subsidier til fossile brenslers, legge om energibeskatning til å følge karboninnhold, økt bruk av naturgass og diversifisering av økonomien i ulike oljeeksporterende land utenfor Anneks I. Andre land utenfor Anneks I kan bli påvirket i negativ retning gjennom redusert etterspørsel etter deres egen eksport til nasjonene i Organisasjonen økonomisk samarbeid og utvikling (OECD) og gjennom prisøkning i karbonintensive og øvrige produkter de fortsetter å importere. Disse øvrige landene utenfor Anneks I kan dra nytte av reduksjonen i brenselpriser, økt eksport av karbonintensive produkter, og overføring av miljøvennlige teknologier og kompetanse. Mulig relokalisering

¹⁰ De beregnede BNP-reduksjonene er relative til hver modells beregnede referansebane for BNP. Modellene vurderte bare reduksjoner i CO₂. Dette står i kontrast til "bottom up"-studiene ovenfor, som omfattet alle klimagasser. Mange typer mål kan brukes til å presentere kostnader. Hvis for eksempel de utviklede landenes årlige kostnader forbundet med å nå Kyotomålene med fri kvotehandel innenfor Anneks B er i størrelsesordenen 0,5 % av BNP, utgjør dette 125 milliarder USD årlig, eller 125 dollar i året per person innen 2010 (SRES-forutsetninger). Dette svarer til en innvirkning på økonomiske vekstrater over en tiårsperiode på mindre enn 0,1 prosentpoeng.

¹¹ Disse såkalte spillovereffektene omfatter bare økonomiske effekter, ikke miljøeffekter.

¹² Estimerte kostnader kan uttrykkes som forskjeller i vekstrater for BNP i tidsrommet 2000-2010. Uten noen kvotehandel reduseres vekstraten til BNP med 0,02 prosentpoeng årlig, med kvotehandel innenfor Anneks B reduseres vekstraten med mindre enn 0,005 prosentpoeng i året.

av enkelte karbonintensive næringer til land utenfor Anneks I og mer generelle virkninger på internasjonale handelsstrømmer som respons på endrede priser kan føre til karbonlekkasje¹³ i størrelsesordenen 5-20 %.



Figur SPM-8: Beregninger av BNP-tap og marginalkostnader i Anneks II-land i år 2100 med globale modeller: (a) BNP-tap og (b) marginalkostnader. Reduksjonene i beregnet BNP er for år 2010 sammenlignet med BNP i modellenes referansealternativ. Disse

¹³ Karbonlekkasje defineres her som økningen i utslipp i land utenfor Anneks B som skyldes gjennomføring av reduksjoner i Anneks B, uttrykt som en prosentandel av reduksjonene i Anneks B.

estimatene bygger på resultater fra ni modelleringsgrupper som deltok i en studie i regi av *Energy Modeling Forum*. Beregningene som vises i figuren gjelder fire regioner som til sammen utgjør Anneks II. Modellene undersøkte to scenarier. I det første gjør hver region den foreskrevne reduksjonen med utelukkende innenlandsk kvotehandel med karbonutslipp. I det andre scenariet tillates handel innenfor Anneks B, og dermed blir marginalkostnadene like for alle regionene. For hvert tilfelle eller region vises maksimums- minimums- og medianverdiene for estimert marginalkostnad fra alle modellene. De sentrale faktorene, forutsetningene og usikkerhetene i disse studiene er gjengitt i tabell 7-3 og tekstboks 7-1 i *Climate Change 2001: Synthesis Report*.

Teknologiutvikling og -spredning er viktige elementer i en kostnadseffektiv stabilisering.

Utvikling og overføring av miljøvennlige teknologier kan spille en kritisk rolle for å redusere kostnadene ved å stabilisere konsentrasjonene av klimagasser.

Overføring av teknologi mellom land og regioner kan utvide valgmulighetene på regionalt nivå. Stordriftsfordeler og læring vil senke kostnadene dersom teknologien tas i bruk. Myndighetene kan legge til rette for teknologioverføring i privat og offentlig regi gjennom fornuftig økonomisk politikk, hensiktsmessige rammebetingelser, åpenhet og politisk stabilitet. Tilstrekkelig menneskelig og organisatorisk kapasitet på ethvert stadium er avgjørende for å øke strømmen av, og bedre kvaliteten til, teknologioverføringen. For mest mulig effektive teknologioverføringer er det i tillegg avgjørende med nettverksbygging mellom private og offentlige aktører samt fokus på teknikker som har flere tilknyttede fordeler og som oppfyller eller tilpasser seg lokale utviklingsbehov og prioriteringer.

Scenarier med lavere utslipp krever endrede utviklingsmønstre for energiresurser og økning i energirelatert forskning og utvikling for å hjelpe til med å akselerere utviklingen og innføringen av avanserte, miljøvennlige energiteknologier. Det er så godt som sikkert at utslipp av CO₂ fra fossile brensler vil være den faktoren som får størst betydning for utviklingen i atmosfærisk CO₂-konsentrasjon i det 21. århundret. Ressursdata som vurderes i den tredje hovedrapporten peker i retning av en endring i energisammensetningen og introduksjon av nye energikilder i løpet av det 21. århundret. Valget av energikilder og tilknyttede teknologier og investeringer – enten mer i retning av utnyttelse av ukonvensjonelle olje- og gassressurser, eller i retning av ikke-fossile energikilder eller fossil energiteknologi med karbonfangst og lagring – vil avgjøre om konsentrasjonene av klimagasser kan stabiliseres, og i så fall på hvilket nivå og til hvilken kostnad.

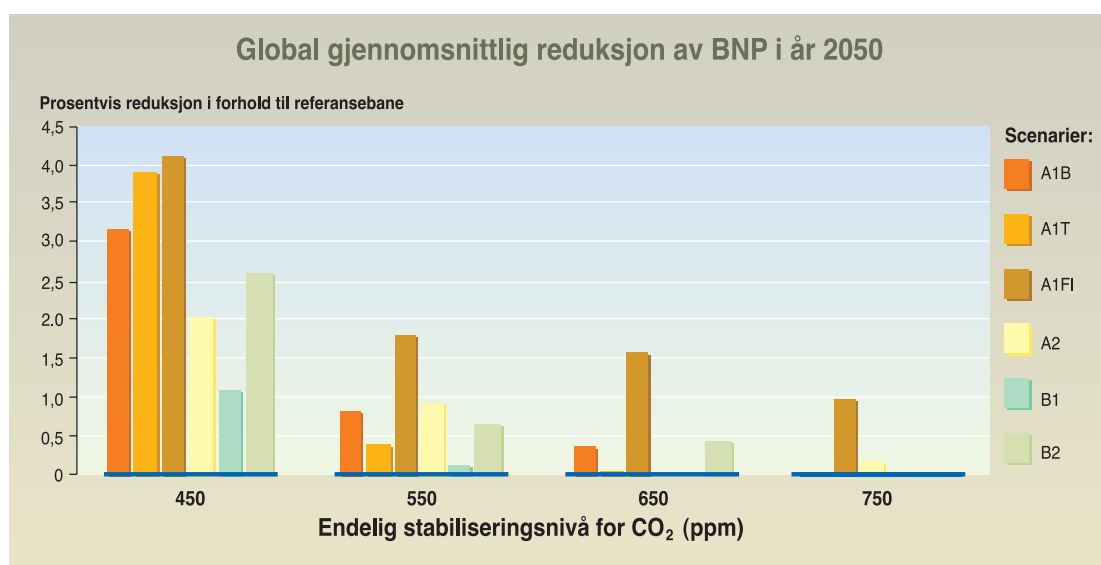
Både veien til stabilisering og selve stabiliseringsnivået har avgjørende virkning på kostnadene ved å begrense klimaendringer¹⁴

Utviklingsbanen mot et bestemt stabiliseringsmål vil ha betydning for kostnadene ved å begrense klimaendringer (se figur SPM-9). En gradvis overgang fra verdens nåværende energisystem mot en økonomi med lavere karbonutslipp minimerer kostnadene forbundet med utskifting av eksisterende realkapital før tiden, gir tid til teknologiutvikling og unngår for tidlig fastlåsing til tidlige versjoner av lavutslippsteknologi i hurtig utvikling. På den annen side vil raskere handling på kort sikt øke fleksibiliteten til å bevege seg mot stabilisering, redusere risiko for mennesker og miljø og kostnadene forbundet

¹⁴ Se spørsmål 6 for diskusjon av konsekvenser av klimaendring.

med klimaendringer, kan stimulere hurtigere innføring av eksisterende lavutslippsteknologier og gi sterke, kortsiktige insentiver til framtidige teknologiske endringer.

Studier viser at kostnadene ved å stabilisere CO₂-konsentrasjonene i atmosfæren øker ettersom stabiliseringsnivået for konsentrasjonene faller. Valg av referansebane kan også ha stor innvirkning på kostnadene (se figur SPM-9). Mens kostnadene øker moderat når man beveger seg fra et stabiliseringsnivå for konsentrasjonene på 750 ppm til 550 ppm, øker de kraftigere når man beveger seg fra 550 til 450 ppm, hvis ikke utslippene i referansebanen er svært lave. Selv om modellberegninger tyder på at langsiktige vekstkurver for BNP ikke påvirkes betydelig av handlinger med sikte på stabilisering, viser de ikke de større variasjonene som forekommer over enkelte kortere tidsperioder, sektorer eller regioner. Disse studiene omfatter ikke karbonlagring og undersøkte ikke de mulige effektene mer ambisiøse mål kan ha ved å utløse teknologisk endring. Dessuten får spørsmålet om usikkerhet økende betydning når tidshorizonten utvides.



Figur SPM-9: Antydningvisse forhold for år 2050 mellom den relative BNP-reduksjonen forårsaket av aktiviteter for å motvirke klimaendring, SRES-scenariene, og stabiliseringsnivået. Reduksjonen i BNP har en tendens til å øke med hvor strengt stabiliseringsnivået settes, men kostnadene er svært følsomme for valget av referansescenario. Disse beregnede kostnadene tar ikke hensyn til potensielle fordeler ved unngått klimaendring.

Spørsmål 8

Hva vet man om vekselvirkningene mellom beregnede framtidige menneskeskapt klimaendringer og andre miljøspørsmål (f.eks. luftforurensning i byer, regional sur nedbør, tap av biologisk mangfold, nedbrytning av stratosfærisk ozon og forørkning og forringelse av landområder)? Hva vet man om miljømessige, sosiale og økonomiske kostnader og nytte og om implikasjoner av disse vekselvirkningene for hvordan man kan integrere

responsstrategier overfor klimaendringer på en rettferdig måte i bredere strategier for bærekraftig utvikling på lokal, regional og global skala?

Lokale, regionale og globale miljøspørsmål er uløselig knyttet sammen og påvirker bærekraftig utvikling. Derfor er det muligheter for synergi ved å utvikle mer effektive responsalternativer til disse miljøspørsmålene som øker fordelene, reduserer kostnadene og oppfyller menneskelige behov på en mer bærekraftig måte.

Å oppfylle menneskers behov forårsaker i mange tilfeller miljøforringelse, noe som i sin tur truer evnen til å oppfylle behov i dag og i framtiden. For eksempel kan økt jordbruksproduksjon oppnås gjennom økt bruk av nitrogenholdig gjødsel, kunstig vanning, eller ved å dyrke opp naturlig gress- eller skogkledde områder. Disse endringene kan imidlertid virke inn på jordas klima gjennom frigjøring av klimagasser, føre til forringelse av landområder gjennom erosjon og ved økt saltinnhold i jordsmonnet. De kan også bidra til tap av biologisk mangfold og reduksjon av karbonlagring gjennom omdanning og fragmentering av naturlige økologiske systemer. Jordbruksproduktiviteten kan i sin tur påvirkes negativt av klimaendringer, spesielt i tropiske og subtropiske områder, tap av biologisk mangfold og endringer på genetisk nivå og artsnivå, og landforringelse gjennom tap av jordsmonnets fruktbarhet. Mange av disse endringene virker negativt inn på matsikkerhet og virker uforholdsmessig sterkt på de fattigste.

De primære faktorene som forårsaker menneskeskapt klimaendring er i stor grad de samme som for de fleste miljø- og sosioøkonomiske spørsmål – altså økonomisk vekst, vidtrekkende teknologiske endringer, livsstil og demografiske endringer (befolkningsstørrelse, alderssammensetning og migrasjon) og styringsstrukturer. Disse kan forårsake:

- Økt etterspørsel etter naturressurser og energi
- Markedsimperfeksjoner, inkludert subsidier som fører til ineffektiv bruk av ressurser og virker som barriere for gjennomslag for miljømessig fornuftige teknologier, manglende anerkjennelse av den virkelige verdien av naturressurser, manglende hensyn til den globale verdien av naturressurser på lokalt nivå og sviktende internalisering av kostnadene ved miljøforringelse i markedsprisen til en ressurs
- Begrenset tilgjengelighet og overføring av teknologi, ineffektiv bruk av teknologier, og utilstrekkelig investering i forskning og utvikling for framtidens teknologier
- Utilstrekkelig forvaltning av bruken av naturressurser og energi

Klimaendring påvirker miljøspørsmål som tap av biologisk mangfold, forørkning, nedbryting av stratosfærisk ozon, tilgang til ferskvann og luftkvalitet, og klimaendring påvirkes i sin tur av mange av disse spørsmålene.

For eksempel ventes klimaendring å forverre lokal og regional luftforurensning og å forsinke gjenoppbyggingen av det stratosfæriske ozonlaget. I tillegg kan klimaendring også påvirke produktiviteten og sammensetningen av terrestriske og akvatiske økosystemer med mulig tap av både genetisk mangfold og artsmangfold. Klimaendring kan også føre til at landområder forringes med økende hastighet og forverre problemer knyttet til tilgang til og kvalitet på ferskvann i mange områder. På den annen side ville lokal og regional forurensning, nedbryting

av stratosfærisk ozon, endringer i økosystemer og landforringelse påvirke Jordas klima ved å endre kildene til og slukene for klimagasser, atmosfærens strålingsbalanse og overflatens albedo.

Forbindelsene mellom lokale, regionale og globale miljøspørsmål og deres forhold til oppfyllelse av menneskers behov, byr på muligheter til å utnytte synergieffekter når man utvikler responsalternativer og reduserer sårbarhet overfor klimaendring, selv om avveininger mellom ulike hensyn kan forekomme. Flere miljø- og utviklingsmål kan nås samtidig ved å ta i bruk et vidt spekter av teknologier, virkemidler og tiltak som uttrykkelig anerkjenner de uløselige forbindelsene mellom miljøproblemer og menneskers behov. Å ta hensyn til behovet for energi samtidig som man reduserer lokal og regional luftforurensning og global klimaendring på en kostnadseffektiv måte, krever en tverrfaglig vurdering av synergieffektene og avveiningene ved å møte nødvendige behov for energi på den mest økonomisk, miljømessig og sosialt bærekraftige måten. Utslipp av klimagasser kan reduseres gjennom mer effektiv energiutnyttelse og økt andel av fossile brensler med lavere karbonutslipp, avanserte teknologier for bruk av fossilt brensel (f.eks. svært effektive kombinasjoner av gass- og dampturbiner, brenselceller og kombinert varme- og kraftproduksjon) og fornybare energiteknologier (f.eks. økt bruk av miljømessig fornuftige biobrensler, vannkraft og sol-, vind- og bølgekraft). Videre kan økningen i konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren reduseres ved økt opptak av karbon for eksempel gjennom skogreising, gjenoppsettelse av tidligere skogdekke, ved å bremse avskoging og bedret forvaltning av skog, beiteland, våtmarksområder og dyrket mark. Dette kan ha fordelaktige virkninger på biologisk mangfold, matproduksjon og areal- og vannressurser. Å redusere sårbarhet for klimaendringer kan ofte redusere sårbarhet overfor annet miljøstress, og omvendt. I enkelte tilfeller vil det være avveininger mellom forskjellige hensyn. For eksempel kan noen former for monokulturplantasjer redusere lokalt biologisk mangfold.

Lands kapasitet til å tilpasse seg og motvirke klimaendringer kan forbedres når klimapolitikken integreres med nasjonal utviklingspolitikk inkludert økonomiske, sosiale og andre miljødimensjoner. Muligheter for å motvirke og tilpasse seg klimaendringer kan gi tilleggsfordeler som oppfyller menneskers behov, gir økt velvære og medfører andre miljøfordeler. Land med begrensede økonomiske ressurser er ofte høyst sårbare for klimaendringer og andre miljøproblemer.

En hel del vekselvirkning finnes mellom de miljøproblemene som multilaterale miljøavtaler tar sikte på å håndtere, og synergieffekter kan oppnås i iverksettingen av dem. Globale miljøproblemer tas opp i en rekke enkeltstående konvensjoner og avtaler så vel som en rekke regionale avtaler. De kan blant annet inneholde spørsmål av felles interesse og lignende behov knyttet til å arbeide for generelle målsetninger – for eksempel gjennomføringsplaner, innsamling og bearbeiding av data, rapporteringsforpliktelser og styrking av menneskelig kapasitet og infrastruktur. For eksempel er Wien-konvensjonen om beskyttelse av ozonlaget og FNs rammekonvensjon om klimaendringer riktignok forskjellige, men de er vitenskapelig sett forbundet fordi mange av de kjemiske forbindelsene som forårsaker fortynning av ozonlaget også er viktige klimagasser, og fordi noen av erstatningene for de ozonnedbrytende stoffene er klimagasser.

Spørsmål 9

Hva er de mest robuste funnene og de sentrale usikkerhetene når det gjelder årsakene til klimaendringer og når det gjelder modellberegninger av:

- Framtidige utslipp av klimagasser og aerosoler?
- Framtidige konsentrasjoner av klimagasser og aerosoler?
- Framtidige endringer i regional og global klimaendring?
- Kostnader og nytte ved mulige handlinger for å motvirke og tilpasse seg klimaendring?

I denne rapporten defineres et **robust funn** om klimaendringer som et som holder under en rekke forskjellige tilnærminger, metoder, modeller og forutsetninger, og en som ventes å være forholdsvis lite påvirket av usikkerheter. **Sentrale usikkerheter** i denne sammenheng er de som, hvis de blir redusert, kan føre til nye og robuste funn i forhold til spørsmålene i denne rapporten. I eksemplene i tabell SPM-3 er mange av de robuste funnene knyttet til eksistensen av en klimarespons på menneskelig aktivitet og fortegnet på responsen. Mange av de sentrale usikkerhetene angår kvantifiseringen av omfanget av og/eller tidspunkt for responsen. Etter å ha tatt opp årsaker til klimaendringer tar tabellen etter tur opp spørsmålene som er illustrert i figur SPM-1. Figur SPM-10 illustrerer noen av de viktigste hovedfunnene om klimaendring. Tabell SPM-3 gir eksempler og er ikke noen uttømmende liste.

Tabell SPM-3. Robuste funn og sentrale usikkerheter ^a		
Robuste funn		Sentrale usikkerheter
<p>Observasjoner viser at Jordas overflate varmes opp. Globalt er det svært sannsynlig at 1990-tallet var det varmeste tiåret som er registrert ved direkte målinger (Figure SPM-10b). [Q9.8]</p> <p>Konsentrasjoner av de viktigste antropogene klimagassene i atmosfæren (CO₂ (Figur SPM-10a), CH₄, N₂O, og troposfærisk O₃) har økt betydelig siden 1750). [Q9.10]</p> <p>Enkelte klimagasser har lang levetid (f.eks., CO₂, N₂O, og PFK-gassene). [Q9.10]</p> <p>Det er sannsynlig at det meste av den observerte oppvarmingen over de siste 50 årene skyldes økning i konsentrasjonen av klimagasser grunnet menneskers aktiviteter. [Q9.8]</p>	<p>Klimaendring og forklaringer</p>	<p>Den naturlige klimavariabilitetens omfang og karakter [Q9.8]</p> <p>Klimapådriv som skyldes naturlige faktorer og antropogene aerosoler (særlig indirekte effekter). [Q9.8]</p> <p>Å knytte regionale trender til menneskeskapt klimaendring. [Q9.8 & Q9.22]</p>
<p>Så godt som sikkert at økning i CO₂-konsentrasjonen gjennom det 21. århundret hovedsaklig vil skyldes utslipp fra fossile brenslere (Figur SPM-10a). [Q9.11]</p> <p>Stabilisering av CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren på 450, 650 eller 1,000 ppm vil kreve at de globale, menneskeskapt CO₂-utslippene faller under 1990-nivå i løpet av henholdsvis noen få tiår, omkring et århundre, eller rundt to århundrer, for deretter fortsatt å falle jevnt til en liten brøkdel av dagens</p>	<p>Framtidige utslipp og konsentrasjoner av klimagasser og aerosoler basert på modeller og framskrivninger med SRES- og stabiliserings-scenariene</p>	<p>Antakelser som ligger til grunn for det vide spennet^b av SRES-utslippsscenarier knyttet til økonomisk vekst, teknologisk framskritt, befolkningsvekst og styringsstrukturer (fører til de største usikkerhetene i beregningene). Utilstrekkelige scenarier for stoffene som bidrar til dannelse av ozon og aerosoler. [Q9.10]</p>

<p>utslipp. Utslippene ville nå toppen i rundt ett til to tiår (450 ppm) og rundt et århundre (1000 ppm) fra i dag. [Q9.30] For de fleste SRES-scenariene er utslippene av SO₂ (en kilde til sulfataerosoler) lavere i år 2100 sammenlignet med år 2000. [Q9.10]</p>		<p>Faktorer i modelleringen av karbonkretsløpet inkludert effekter av klimatiske tilbakekoplinger.^b [Q9.10]</p>
<p>Global gjennomsnittlig overflatetemperatur i det 21. århundret vil øke i en takt som svært sannsynlig er uten sidestykke de siste 10 000 år (Figur SPM-10b). [Q9.13] Det er svært sannsynlig at nesten alle landområder vil varmes opp mer enn det globale gjennomsnittet, med flere varme dager og hetebølger og færre kalde dager og kuldebølger. [Q9.13] Stigning i havnivå i løpet av det 21. århundret som vil fortsette i ytterligere århundrer. [Q9.15] Det hydrologiske kretsløpet mer intenst. Økning i global gjennomsnittlig nedbør og flere intense nedbørhendelser svært sannsynlig over mange områder. [Q9.14] Økt tørking om sommeren og tilknyttede tørkeepisoder i noen få områder sannsynlig over de fleste indre deler av kontinentene ved midtre breddegrader. [Q9.14]</p>	<p>Framtidige endringer i globalt og regionalt klima basert på modellberegninger med SRES-scenariene</p>	<p>Forutsetningene knyttet til et bredt spekter^c av SRES-scenarier, som over. [Q9.10] Faktorer forbundet med modellberegninger^c, spesielt klimafølsomhet, klimapådriv og tilbakekoplingsprosesser, spesielt de som involverer vanddamp, skyer og aerosoler (inkludert indirekte effekter av aerosoler). [Q9.16] Å forstå sannsynlighetsfordelingen knyttet til beregninger av temperatur og havnivå. [Q9.16] Mekanismene, kvantifisering, tidsskalaer og sannsynligheter knyttet til brå/ikke-lineære endringer i stor skala (f.eks termohalin havsirkulasjon). [Q9.16] Modellenes evner på regional skala (spesielt med hensyn til nedbør) som fører til inkonsistenser i modellberegninger og vansker med kvantifisering på lokal og regional skala. [Q9.16]</p>
<p>Beregnete framtidige klimaendringer vil ha fordelaktige og uheldige virkninger på både miljøsystemer og sosioøkonomiske systemer, men jo større og raskere endringer, jo mer dominerer de uheldige virkningene. [Q9.17] De uheldige konsekvensene av klimaendringer ventes i uforholdsmessig grad å ramme utviklingsland og fattige mennesker innenfor land. [Q9.20] Økosystemer og arter er sårbare for klimaendringer og andre former for stress (som illustrert ved observerte konsekvenser av regionale temperaturendringer i senere tid) og noen vil bli uopprettelig skadet eller gå tapt. [Q9.19] I enkelte strøk ved midlere og høyere breddegrader vil plantenes produktivitet (trær og enkelte jordbruksavlinger) øke ved en liten temperaturøkning. Plantenes produktivitet vil synke i de fleste av verdens regioner ved en oppvarming over noen få °C. [Q9.18] Mange fysiske systemer er sårbare for klimaendringer (f.eks. vil konsekvensene av stormflo forsterkes av stigning i havnivå, og isbreer og permafrost vil fortsette å trekke seg tilbake). [Q9.18]</p>	<p>Regionale og globale konsekvenser av endringer i gjennomsnittlig klima og ekstremverdier</p>	<p>Påliteligheten til lokale eller regionale detaljer i beregninger av klimaendring, spesielt klimaekstremer. [Q9.22] Å vurdere og forutsi responsen til økologiske, sosiale (f.eks konsekvensen av vektor- og vannbårne sykdommer) og økonomiske systemer på den kombinerte virkningen av klimaendring og andre typer stress, som endringer i arealbruk, lokal forurensning, etc. [Q9.22] Identifisering, kvantifisering og verdsetting av skader forbundet med klimaendring. [Q9.16, Q9.22 & Q9.26]</p>

<p>Handling for å redusere mengden klimagasser (motvirke klimaendringer) vil minske presset på naturlige og menneskelige systemer fra klimaendring. [Q9.28]</p> <p>Motvirkning av klimaendringer har kostnader som varierer mellom regioner og sektorer. Betydelige teknologiske og andre muligheter eksisterer for å senke disse kostnadene. Effektiv kvotehandel reduserer også kostnadene for de som deltar i handelen. [Q9.31 & Q9.35-36]</p> <p>Utslippsbegrensninger for Annex I-land har vel etablerte, men varierende, ”spillovereffekter” på ikke-Annex I-land. [Q9.32]</p> <p>Nasjonale responser for å motvirke klimaendringer kan være mer effektive hvis de iverksettes som en portefølje av virkemidler for å begrense eller redusere nettutslipp av klimagasser. [Q9.35]</p> <p>Tilpasning har potensial for å redusere de uheldige virkningene av klimaendring og kan ofte gi umiddelbare tilleggsfordeler, men vil ikke forhindre alle skader. [Q9.24]</p> <p>Tilpasning kan komplementere motvirkning i en kostnadseffektiv strategi for å redusere risikoer forbundet med klimaendring. Sammen kan de bidra til mål for bærekraftig utvikling. [Q9.40]</p> <p>Tregheter i de vekselvirkende økologiske og sosioøkonomiske systemene er en hovedgrunn til at foregripende tilpasning og motvirkning er fordelaktig. [Q9.39]</p>	<p>Kostnader og nytte ved mulige strategier for å motvirke eller tilpasse seg klimaendring</p>	<p>Å forstå vekselvirkningene mellom klimaendring og andre miljøspørsmål og de tilknyttede sosioøkonomiske implikasjonene. [Q9.40]</p> <p>Framtidig energipris, og kostnad og tilgjengelighet av lavutslippsteknologi. [Q9.33-34]</p> <p>Identifisering av framgangsmåter for å fjerne barrierer som står i veien for å ta i bruk lavutslippsteknologier, og anslag for kostnadene ved å overvinne slike barrierer. [Q9.35]</p> <p>Kvantifisering av kostnader ved uplanlagte og uventede handlinger for å motvirke klimaendring med plutselige kortsiktige effekter. [Q9.38]</p> <p>Kvantifisering av kostnader ved å motvirke klimaendring basert på ulike tilnæringer (f.eks ”bottom-up” vs. ”top-down”), inkludert tilleggsfordeler, teknologisk endring og virkninger på sektorer og regioner. [Q9.35]</p> <p>Kvantifisering av tilpasningskostnader. [Q9.25]</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

^a I denne rapporten defineres et **robust funn** om klimaendringer som et funn som holder stikk ved bruk av et mangfold av tilnæringer, metoder, modeller og forutsetninger, og et funn som ventes å være forholdsvis lite påvirket av usikkerheter. **Sentrale usikkerheter** er i denne konteksten usikkerheter som, dersom de reduseres, kan føre til nye og robuste funn i forhold til spørsmålene i denne rapporten.

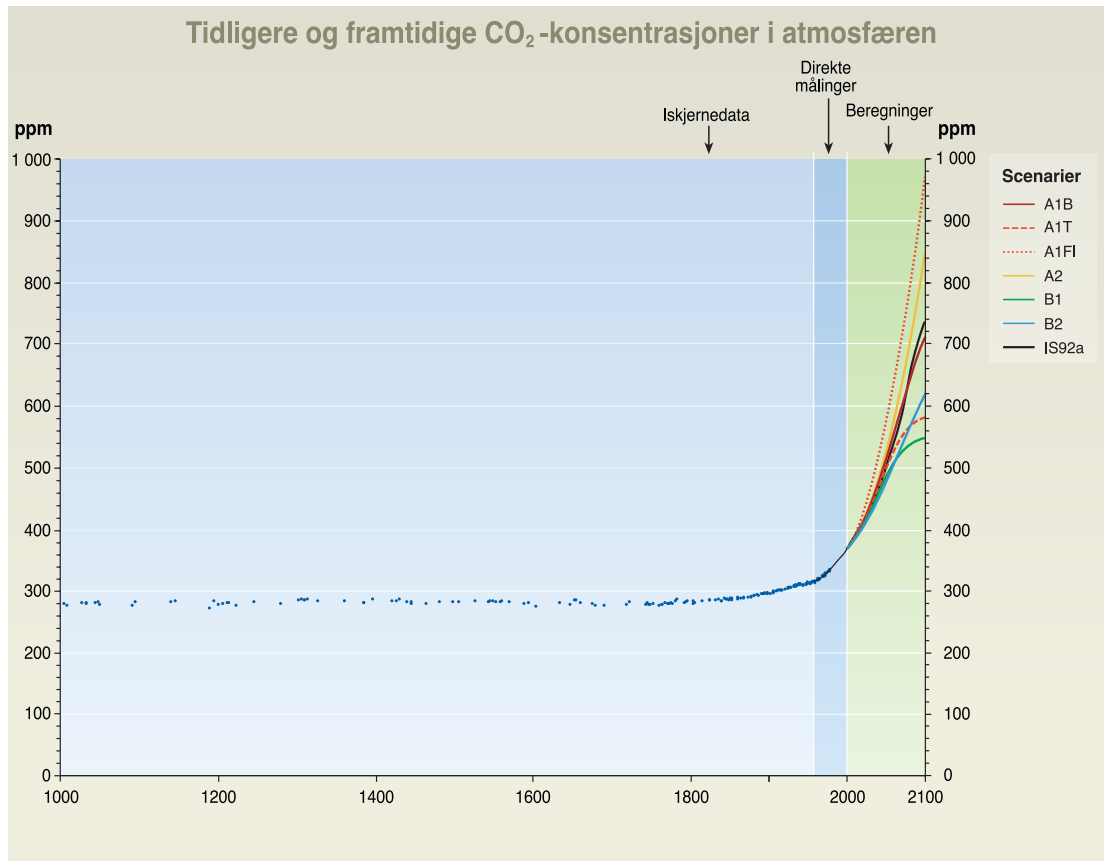
Denne tabellen gir eksempler og er ingen uttømmende liste.

^b Ved å ta høyde for de ovennevnte usikkerhetene får man et spenn av CO₂-konsentrasjoner i 2100 mellom rundt 490 og 1260 ppm.

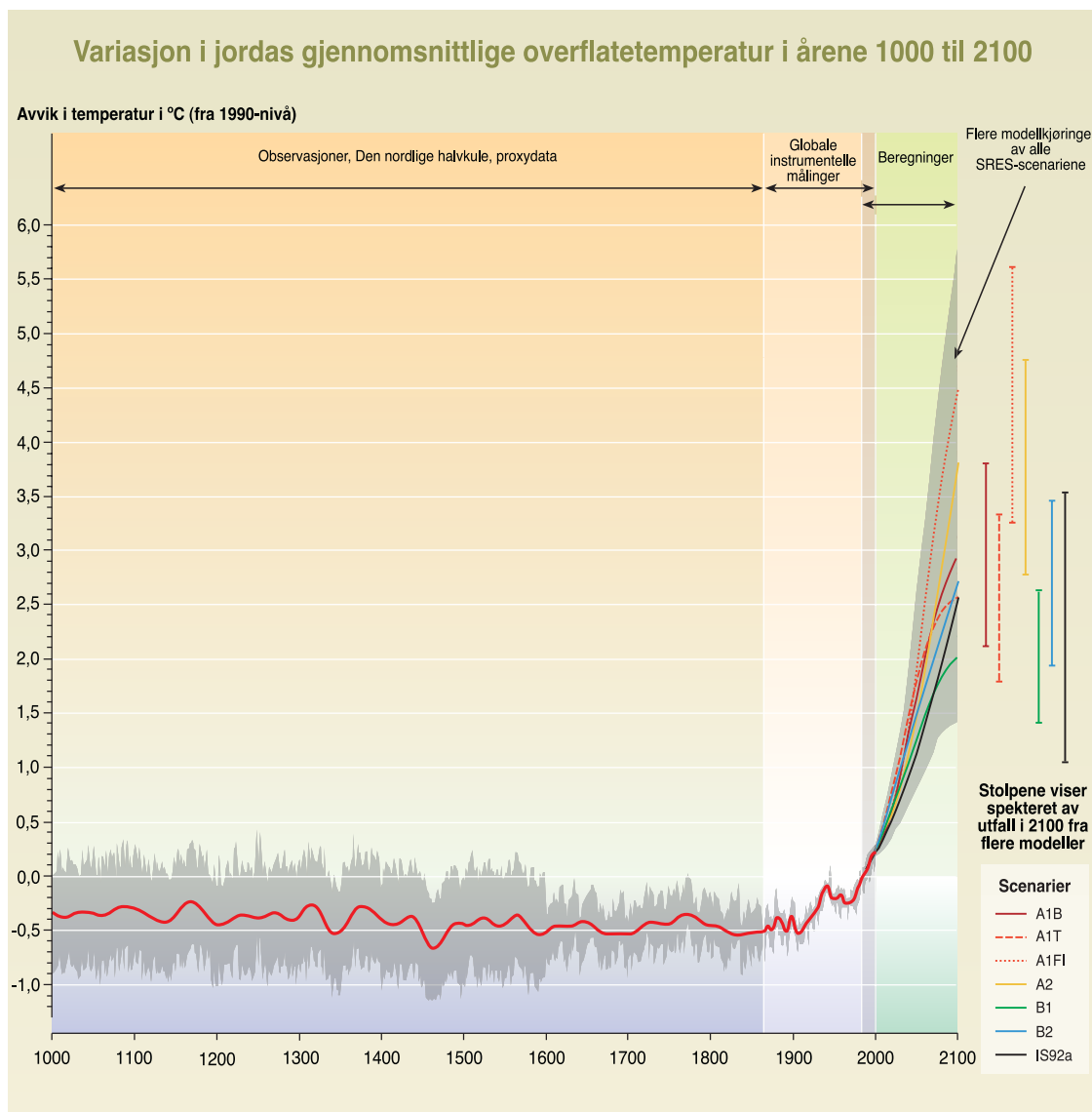
^c Ved å ta høyde for de ovennevnte usikkerhetene får man et spenn for økning i gjennomsnittlig global overflatetemperatur fra 1990 til 2100 på 1,4 til 5,8 °C (Figure SPM-10b) og for global gjennomsnittlig havnivåstigning på 0,09 til 0,88 meter.

I mange aspekter av den kunnskapen som er nødvendig for å forstå klimaendringer og menneskers respons på dem, er det gjort betydelige framskritt i Den tredje hovedrapporten. Imidlertid er det fortsatt viktige områder hvor ytterligere arbeid trengs, spesielt:

- Påvisning av klimaendringer og deres årsaker
- Forståelse og forutsigelse av regionale endringer i klima og klimaekstremer
- Kvantifisering av konsekvenser av klimaendringer på globalt, regionalt og lokalt nivå
- Analyse av aktiviteter for å tilpasse seg og motvirke klimaendring
- Integreringen av alle aspekter av spørsmålet om klimaendringer i strategier for bærekraftig utvikling
- Brede og integrerte undersøkelser for å støtte opp om vurderingen av hva som utgjør ”farlig, menneskeskapt forstyrrelse av klimasystemet”.



Figur SPM-10a: Atmosfæriske CO₂-konsentrasjoner fra år 1000 til år 2000 fra iskjærnedata og fra direkte atmosfæriske målinger de siste tiårene. Beregninger av CO₂-konsentrasjoner for perioden 2000 til 2100 er basert på de seks illustrerende SRES-scenariene og IS92a (for sammenligning med Den andre hovedrapporten). Q9 Figure 9-1a



Figur SPM-10b: Fra år 1000 til 1860 vises variasjon i gjennomsnittlig overflatetemperatur på Den nordlige halvkule (tilsvarende data for Den sørlige halvkule ikke tilgjengelige) rekonstruert fra proxydata (årringer på trær, koraller, iskjerner og historiske dokumenter). Linjen viser det 50-årige gjennomsnittet, det grå området et 95 % konfidensintervall for de årlige dataene. Fra 1860 til år 2000 vises variasjoner i observasjoner av global, årlig gjennomsnittlig overflatetemperatur fra instrumentelle målinger, linjen viser tiårlig gjennomsnitt. Fra 2000 til 2100 vises beregninger av global gjennomsnittlig overflatetemperatur for de seks illustrerende SRES-scenariene og IS92a ved bruk av en klimamodell med gjennomsnittlig klimafølsomhet. Det grå området merket "Flere modelkjøringer av alle SRES-scenariene" viser spennet av resultater fra 35 SRES-scenarier i tillegg til resultater fra modeller med ulike klimafølsomheter. Temperaturskalaen viser avvik fra 1990-nivå. Skalaen er annerledes enn den som brukes i Figur SPM-2. Q9 Figure 9-1b.