

Policy Note 1992:1

**Internasjonal
klimautredning
Oppdatering 1992**

Ivar S.A. Isaksen

ISSN: 0804-4511

Policy Note 1992:1

**Internasjonal klimautredning
oppdatering 1992**

av

Ivar S.A. Isaksen

Januar 1992

17/1-1992

INTERNATIONAL KLIMAUTREDNING - OPPDATERING 1992

Sammendrag av status etter "1992 IPCC Supplement - Scientific Assessment Working Group 1's" møte i Guangzhou, China 13.-15. Januar 1992.

Av Professor Ivar S.A. Isaksen, CICERO/Univ. i Oslo.

1. Bakgrunn for ny klimautredning.

Arbeidet som ligger bak rapporten "1992 IPCC Supplement - Scientific Assessment" bygger i det vesentlige på forrige IPCC rapport fra 1990. Etter oppdrag fra deltagerne på IPCCs femte sesjon (Geneve, mars 1991) skal den vitenskapelige del av utredningen konsentrere seg om noen få spesielle områder. På disse områdene har en utført et betydelig mer omfattende arbeide enn i den tidligere utredningen.

Følgende områder har vært utredet i forbindelse med den nye rapporten:

1. Utslipp av drivhusgasser

- a) Kilder og sluk for drivhusgassene**
- b) Globale oppvarmingspotensialer**
- c) Utslippsscenarioer**

2. Beregninger av klimaendringer på regional skala inkludert vurderinger av effekter og verifikasjon av modellstudier.

Sammendraget nedenfor baserer seg i hovedtrekk på det materialet som ble lagt fram på "Working Group 1's" møte i Guangzhou, Kina 13.-15 januar 1992.

Jeg har deltatt i utredningsarbeidet med ansvar for avsnittet om globale oppvarmingspotensialer under pkt. 1 om drivhusgassene.

Fra norsk side deltok også Audun Rosslund, SFT og professor Kåre Pedersen, Universitetet i Oslo på møtet i Guangzhou hvor konklusjonene på utredningsarbeidet ble gjort.

2. Bekrefter tidligere utredning.

På flere områder har det vært utført betydelige studier som er nye (utført de siste 1 til 2 år) i forhold til det materialet som lå til grunn for den forrige IPCC rapporten. De nyere arbeidene bekrefter i store trekk de konklusjoner som ble trukket av IPCC 1990.

Målinger av alle de viktigste drivhusgassene som kommer helt eller delvis fra menneskelige utslipp viser en fortsatt økning i atmosfæren.

Økningen av metan er noe langsommere enn tidligere. Hva dette skyldes er uklart. En mulighet som har vært antydnet er at utslipp fra husdyr, som er en betydelig kilde på den nordlige halvkule, har stabilisert seg de siste årene. En annen mulighet er at oksidasjonen i atmosfæren er blitt raskere (økte konsentrasjoner av OH) som følge av utslipp av forurensningsgasser.

En har også sett de første tegn på en langsommere økning av KFK-gassene i atmosfæren. Dette skyldes at det har vært en markert nedgang i utslippene i løpet av de siste 2 til 3 årene. Ifølge nye beregninger som er gjort er samlede utslipp av KFK gasser i 1991 ca. 60 % av utslippene i 1986.

Analyser av N₂O konsentrasjonene i atmosfæren kan tyde på at økningen er noe raskere enn tidligere (0.3 % per år) noe som antyder en sterkere økning i det antropogene bidraget.

CO₂ viser en økning på linje med tidligere år.

Det er ingen vesentlige endringer i anslagene over utslipp av klimagassene bortsett fra KFK-gassene hvor det har vært en markert nedgang over de siste to år.

Ny informasjon om avskogning, spesielt i Brasil, tyder på at bidraget fra denne kilden til CO₂ i atmosfæren kan være noe mindre enn

tidligere beregnet. Usikkerheten er imidlertid så stor at verdiene fra tidligere ikke er endret.

Målinger av metanutslipp fra rismarker i India og Kina gir lavere utslipp enn tidligere antatt. Målingene viser også at det er store variasjoner i utslippene, avhengig av forhold i jordsmonnet. Totalutslippene av metan er redusert noe i forhold til tidligere, ut fra en langsommere atmosfærisk nedbryting. Bidraget fra enkeltkildene er fremdeles dårlig kjent. Det samme er tilfellet for utslipp av N₂O.

Beregninger utført med klimamodeller gir en økning i den globale middeltemperaturen ved jordoverflaten som ligger i området 1.5 - 4.5 grader Celcius for en dobling av CO₂ nivået i atmosfæren.

Økning av havnivået er beregnet til 2 til 4 cm pr. dekada når en bare tar med termal utvidning.

I løpet av de siste to år har det vært utført flere modellstudier av klimaet hvor en i motsetning til tidligere beregninger, hvor en benyttet likevektsmodeller med en dobling av CO₂, har antatt en gradvis økning i CO₂ mengden og kjørt modellene over en lang tidsperiode. For en CO₂ økning tilsvarende en dobling gir modellene endringer i den globale middeltemperaturen som tilsvarer tidligere beregninger.

Modellene med tidsvariabel utvikling viser imidlertid en betydelig variasjon over de første årtier. Dette gjør det vanskelig å identifisere endringer over en kort tidsskala (20 til 30 år) i disse modellstudiene.

Analyser av temperaturobservasjoner viser at økningen i den globale middeltemperaturen over de siste 100 år ligger i området 0.3 til 0.6 grader Celcius.

De høye middeltemperaturene som ble observert på 1980 tallet har fortsatt inn i 1990 årene, med 1991 som det nest varmeste året som har vært registrert. Mens det over en rekke år har vært en betydelig forskjell i middeltemperaturen mellom den sydlige og den nordlige halvkule, med markert mindre økning i temperaturen på den nordlige halvkule, har en de to siste årene observert en særlig sterk økning i middeltemperaturen på den nordlige halvkule.

Radiosondeobservasjoner tyder på at det også har vært en oppvarming i den nedre del av troposfæren over de siste årtier, mens

satelittmålinger fra de siste ti år dekker en for kort periode til at de kan nyttes til å si noe om trender i temperaturen.

Observasjonene av temperaturøkningen er i store trekk i overensstemmelse med beregnede temperaturøkninger fra klimamodeller. En bør imidlertid også være oppmerksom på at økningene er av samme størrelse som de naturlige variasjonene. Det er derfor mulig at naturlige variasjoner kan være årsak til den observerte temperaturøkningen, men det er også mulig at de kan ha kamuflert en enda større temperaturøkning fra menneskelig aktivitet enn den økningen som er observert.

3. Nye resultater.

I det følgende vil nye resultater som er kommet fram i forbindelse utredningsarbeidet bli gjennomgått.

Observert reduksjon av ozon i stratosfæren på midlere og høye bredder i begge hemisfærer er beregnet å ha ført til redusert oppvarming på disse breddegrader.

Tilsvarende har økningen av ozon i troposfæren opp til ca. 10-12 km som har vært observert over Europa siden slutten av 1960 tallet sannsynligvis gitt en økning i bakketemperaturen.

I den siste ozonutredningen fra UNEP/WMO (1992) blir det slått fast at ozonlaget er redusert på midlere og høye bredder over mestparten av året, og at denne nedgangen har vært særlig markert på 1980 tallet. Det slås videre fast at ozonnedbrytingen har skjedd i nedre del av stratosfæren (ca 15 til 25 km) hvor ozon er en effektiv klimagass. En kan nå med større sikkerhet enn tidligere knytte det observerte ozontapet til utslipp av KFK-gasser og haloner. Det har derfor vært av spesiell interesse å vurdere hvilken betydning ozontapet, har hatt for klimaet.

Modellberegninger som har vært utført viser en markert effekt, som er sammenlignbar med effekten fra KFK-gasser i samme periode på midlere og høye bredder men med motsatt fortegn. Resultatet tyder derfor på at KFK-gassene gjennom indirekte drivhuseffekter, ved at de reduserer stratosfærisk ozon, har en drivhus effekt som er sterkt redusert i forhold til tidligere beregninger.

Det er viktig å merke seg at klimaeffekten fra ozon er sterkt

breddegradsavhengig, mens den fra KFK-gassene er global. På lave bredder vil ozon ha liten eller ingen klimaeffekt og derfor ikke kansellere effekten av KFK-gasser. P.g.a. de store breddegradsvariasjonene i ozonnedgangen vil en først når det er utført studier med klimamodeller kunne gi mer pålitelige vurderinger av ozonets rolle for klimaendringene.

Økningen av ozon i den frie troposfæren, opp til 10 til 12 km over Europa, kan ifølge målinger som har vært gjort over Tyskland, Sveits og Belgia ha vært på så mye som 10 % på 1980 tallet. Isåfall vil det ha gitt en betydelig positiv klimaeffekt. Det er imidlertid vanskelig å beregne den globale betydningen av økningen i troposfærens ozon, siden en ikke har tilstrekkelig med målinger av ozonutviklingen. Det er sannsynlig at ozonøkningen i visse områder vil kompensere for en betydelig del av klimaeffekten som kommer fra redusert ozon i stratosfæren.

Avkjøling som følge av svovelutslipp kan ha vært betydelig på den nordlige halvkule, og redusert oppvarmingen fra CO₂ og de andre klimagassene merkbart.

Svovel har kort oppholdstid i atmosfæren. Klimaeffekten vil først og fremst være regional, mens effekten fra CO₂ og de andre klimagassene er global.

Nylig utførte beregninger av "radiativ forcing", som bestemmer tilførselen av strålingsenergi til troposfæren, tyder på at sulfatpartikler bidrar med ca. 40 % av endringen som har funnet sted over de siste 100 år. Dette gjelder for den nordlige halvkule i gjennomsnitt når en sammenligner med alle drivhusgassene, men med

motsatt fortegn (avkjøling). Usikkerheten er imidlertid betydelig i beregningene (ca en factor 2).

Bidraget fra sulfatpartikler til "radiative forcing" på den sydlige halvkule er antakelig en størrelsesorden mindre enn på den nordlige halvkule. Siden industrielle utslipp er den viktigste kilden for sulfatpartikler i troposfæren vil fordelingen av sulfatpartikler og derved bidraget fra disse til "radiative forcing" også på den nordlige halvkule variere sterkt fra mindre til mer forurensede regioner. Dette gjør at en bør være forsiktig med å bruke midlere verdier når en skal vurdere klimaeffekten av sulfatpartikler i troposfæren.

Modeller som beregner tidsutviklingen gir betydelig mindre temperaturøkninger ved jordoverflaten over havområder hvor det er en effektiv dypvannsdannelse, i de nordlige deler av Atlanterhavet og i sørlige havområder i nærheten av Antarktis. Ellers er de regionale hovedtrekkene i klimaendringene lik de en fikk i tidligere beregninger:

- a) Temperaturen ved bakken øker mere over land enn over hav.**
- b) I gjennomsnitt øker nedbøren mer over på høye bredder, i monsunområdet i Asia, og på midlere bredder om vinteren.**
- c) Bakkefuktigheten er lavere i enkelte områder på midlere bredder om sommeren.**

Disse beregningene baserer seg på tidsavhengige beregninger med flere klimamodeller, som i mange tilfeller simulerer utviklingen 100 år fremover i tiden. Mens modellene gir et nokså likt bilde av klimautviklingen mot slutten av tidsperioden, er det store forskjeller mellom modellene og store interne variasjoner i de enkelte modellene i løpet av de første 10-års periodene. Modellene i sin nåværende form er derfor lite egnet til å studere regionale endringer over de første 10 til 20 år.

Direkte globale oppvarmingspotensialer (GWP) er oppdatert, og disse er i overensstemmelse med tidligere beregninger.

De indirekte GWP antas å være betydelige for flere komponenter, men store usikkerheter er knyttet til

beregningen av disse. Verdier for indirekte GWP angis derfor ikke.

De indirekte effektene av metan er av særlig interesse, og er sannsynlig av samme størrelse som de direkte effektene.

Komponenter med kort levetid og store variasjoner i atmosfæren er lite egnet for beregning av GWP. Dette gjelder spesielt for de indirekte effekter av gasser som NO_x, CO, hydrokarboner, KFK (nedbryting av ozon i stratosfæren), og av sulfat i troposfæren.

Selv om det fremdeles er knyttet en viss usikkerhet til beregningen av GWP for CO₂, er den benyttet som referansegass. Dette skyldes at CO₂ er den klart viktigste drivhusgassen som det vil være av interesse å sammenlikne de andre drivhusgassene med. Usikkerheten i CO₂ skyldes manglende kjennskap til prosessene som bestemmer opptak i hav og i biosfære. Usikkerheten regnes ikke å være kritisk for tidsskalaer opp til ca. 100 år, som ansees å være den mest egnede tidsskalaen å sammenlikne betydningen av de forskjellige klimagassene.

Direkte GWP for en del av KFK-gassene er noe større enn tidligere beregnet. Dette skyldes at den kjemiske nedbrytningen er langsommere enn tidligere antatt.

Indirekte GWP som var gitt i 1990 IPCC-rapporten er sannsynligvis feil. Dette skyldes delvis at det var gjort feil i beregningene, og delvis at usikkerheten var så stor i de kjemiske beregningene at resultatet var beheftet med store feilkilder. Indirekte GWP fra 1990 IPCC-rapporten bør derfor ikke anvendes.

4. Betydningen av de nyere studiene.

Reduksjon av ozon i stratosfæren og økning av svovelpartikler i troposfæren på den nordlige halvkule kan ha bidratt til redusert oppvarming, iallfall i visse områder på jordoverflaten. Økning av ozon i troposfæren på midlere nordlige bredder kan ha redusert effekten av ozontapet i stratosfæren betydelig. En viktig konsekvens av disse endringene kan være:

Effekten av sulfatpartikler i troposfæren og redusert ozon i stratosfæren kan ha vært med på å kamuflere temperaturøkninger fra CO₂ og fra andre drivhusgasser.

Observerte temperaturøkninger på midlere og høye bredder på den nordlige halvkule kan derfor være mindre enn hva en får i klimamodeller hvor ozon og sulfat ikke er med.

Dette gjør det vanskelig å benytte observerte trender i temperaturen til å bekrefte eller avkrefte resultatene fra klimamodellene før en har tatt med virkningen av ozon og sulfatpartikler i modellene på en realistisk måte.

P.g.a. de store regionale variasjoner i endringen av "radiative forcing" fra ozon og sulfatpartikler vil disse komponentene redusere bidraget fra CO₂ og de andre drivhusgassene forskjellig i forskjellige regioner og gi betydelige regionale gradienter.

Fremtidige endringer i sulfatpartikler og ozon i atmosfæren, både regionalt og globalt vil være høyst forskjellig fra endringen i CO₂ og en del av de andre drivhusgassene. Bidraget til klimaendringen sammenliknet med CO₂ vil derfor også endre seg.

Fremtidige endringer i sulfatmengden i atmosfæren vil være avhengig av utslipp av svovel. Disse vil igjen være knyttet til energiforbruket, først og fremst bruken av kull som brennstoff. Prognosene viser en sterk økning i svovelutslippet utover i neste århundre. Økningen vil i første rekke skje i Kina og i andre utviklingsland som følge av økt kullforbruk, mens det i vestlige land hvor det hittil har vært størst utslipp antas å bli en nedgang i utslippene. Vi kan derfor vente en klar forskyvning i den regionale påvirkningen av sulfatpartikler.

Sulfatpartiklene har en kort levetid i atmosfæren. En begrensning av utslipp som følge av negative effekter for miljøet (forsurning, helseeffekter, osv.) vil føre til en umiddelbar nedgang i konsentrasjonene. CO₂-konsentrasjonene i atmosfæren derimot vil reagere svært langsomt på utslippsbegrensninger som følge av lang oppholdstid (ca. 100 år).

Det vil være uheldig å basere klimatiltak på at effekten av svovelutslipp motvirker effekten fra CO₂.

Nedgangen av ozon i stratosfæren er knyttet til utslipp av KFK gasser. Med de sterke reduksjoner i utslipp som gjennomføres i de fleste land, og som allerede har ført til en reduksjon på ca. 40 % siden 1986, vil det være mulig å stoppe økningen av klor i stratosfæren, og derved

nedgangen i ozon, mellom år 2000 og 2010. Den negative klimaeffekten fra ozon er derfor klart begrenset i tid.

Den klare sammenhengen mellom KFK gasser og ozonnedgang i stratosfæren gjør at betydningen av KFK som klimagasser kan være vesentlig mindre enn tidligere antatt når en også tar med de indirekte effektene.

Globale oppvarmingspotensialer (GWP) er et nyttig hjelpemiddel for en første sammenlikning mellom de forskjellige drivhusgassene. Både direkte og indirekte effekter bør tas med, da indirekte effekter vil gi et vesentlig bidrag. Pr. i dag er usikkerheten som er knyttet til beregningene av de indirekte effektene så stor at det er vanskelig å kvantifisere bidraget.

Usikkerheten i de indirekte GWP er i stor utstrekning knyttet til hvordan kjemiske prosesser i atmosfæren påvirker drivhusgassene. Det er derfor behov for mer omfattende studier på dette området.

5. Viktige oppgaver å løse.

Den største usikkerheten knyttet til beregninger av fremtidige klimaendringer ligger i valget av utslippsscenarier. Det foregår i dag et omfattende arbeide både innenfor IPCC og i andre internasjonale fora som OECD, IGBP, GEF for å utarbeide utslippsoversikter på landsbasis av de enkelte drivhusgassene. Prioritet er gitt til studier i utviklingsland. Med all den aktiviteten som er på gang vil det være spesielt viktig å koordinere arbeidet slik at en får et ensartet materiale som kan brukes i klimastudier.

Det har vært en betydelig utvikling av klimamodeller siden forrige IPCC-rapport, blant annet med en mer realistisk beskrivelse av havets rolle for CO₂ utviklingen i atmosfæren. En har også fått en bedre forståelse for vandampens betydning. Når det gjelder behandling av skyer i klimamodellene er en ikke kommet vesentlig lengre enn tidligere. Det er derfor behov for videreutvikling på dette området.

Klimamodellene har hittil bare tatt med endringer i drivhusgasser som er godt blandet i atmosfæren, bortsett fra en første preliminær studie hvor ozonnedgangen i stratosfæren er tatt med. Med den økte interessen det er for endringer i ozon og sulfatpartikler bør effekten av disse gassene studeres. Det vil være spesielt viktig å ta med de store

regionale variasjonene i ozon og sulfat. Først når dette er studert i klimamodeller kan en få et mer pålitelig bilde av klimaeffekten.

Den sterke økningen en har sett i ozon i troposfæren over Europa de siste to årtier indikerer at endringer i ozon i den frie troposfære kan ha en merkbar effekt på klimaet. Denne økningen skyldes sannsynligvis utslipp av forurensningsgasser som metan, CO, nitrogenoksyder og hydrokarboner. Det er derfor av interesse å klargjøre hvor omfattende ozonendringene er og hvilken betydning utslipp av forurensningsgasser har.

Generelt kan vi si at sammenhengen mellom klimaeffekter og kjemiske prosesser i atmosfæren er kommet klarere frem gjennom den økte betydningen en antar ozon og sulfat har for klimaet. Dette bør tas med i det videre arbeidet med klimamodeller.