

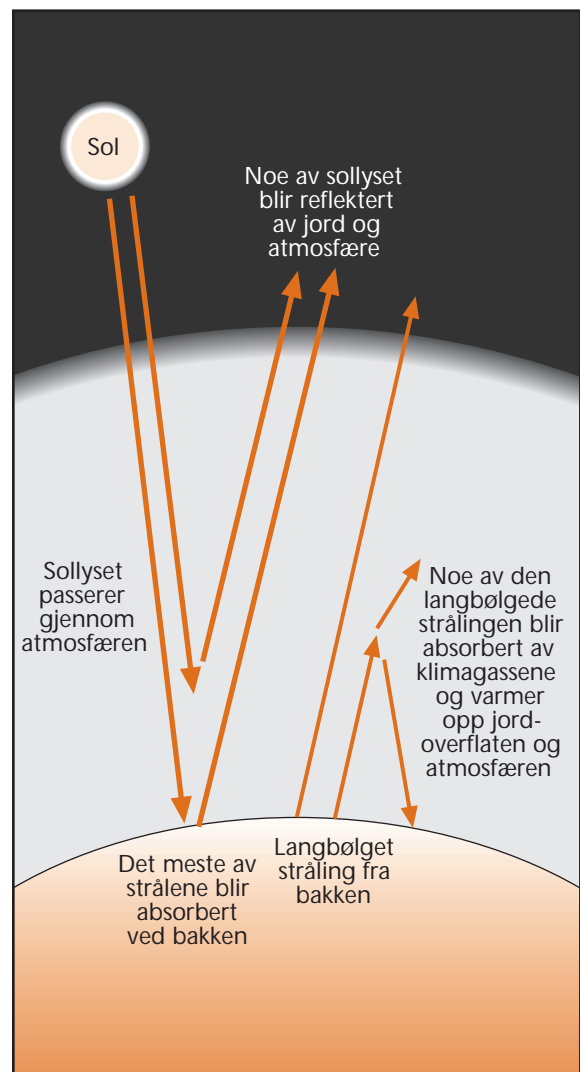
Klimaendringer

Drivhuseffekten har alltid eksistert og er avgjørende for alt liv. Menneskelige aktiviteter har imidlertid forsterket drivhuseffekten, og det vil kunne gi endringer i klimaet på jorda. Utslipp av CO₂ er årsak til mer enn halvparten av den menneskeskapte drivhuseffekten. FNs klimapanel (IPCC) påviser en sammenheng mellom den globale temperaturøkningen og de menneskeskapte utslippene av klimagasser som har skjedd de siste 100 årene. Global oppvarming vil gi mer tørke og flom, stigende havnivå, problemer knyttet til matforsyning, drikkevann, helse og bo-setting. Norge har etablert en nasjonal målsetning om å stabilisere CO₂ -utslippene på 1989-nivå, innen år 2000.

Klimaet på jorda bestemmes stort sett av tre faktorer: energitilførselen fra sola, jordens og atmosfærens refleksjonsevne og den kjemiske sammensetningen av atmosfæren. Jorda mottar kortbølget stråling fra solen. Klimaet kan endres dersom solinnstrålingen endres. Solens energiutstråling varierer over en 11-årsyklus. Variasjonen er imidlertid liten, og har sannsynlig liten påvirkning på klimaet. Variasjoner over lengre tidsrom finner også sted. Disse variasjonene antas å ha hatt stor betydning for endringene i klimaet i et langt tidsperspektiv (1 000 -100 000 år).

Om lag 30 prosent av strålingsenergien fra solen blir reflektert tilbake til verdensrommet. Størstedelen blir reflektert av skyene, men økt konsentrasjon av sulfatpartikler i atmosfæren, på grunn av utslipp av svoveldioksid, vil også påvirke refleksjonen og dermed klimaet. Stråling reflekteres også fra bakken. For eksempel vil endret utbredelse av snødekke endre refleksjonen. Fordi endringer i snødekke kan ha sin årsak i en klimaendring, samtidig som den kan forsterke eller redusere klimaendringen, kalles den en tilbakekopling.

De resterende 70 prosent av solenergien blir absorbert av jorden og noe i atmosfæren. Jorden taper varme når den sender ut langbølget stråling (se figur 1). Noe av denne strålingen blir absorbert av klimagassene, og varmer opp atmosfæren.



Figur 1
Forenklet illustrasjon av drivhuseffekten.

Drivhuseffekten

Den kjemiske sammensetningen av atmosfæren bestemmer hvor mye av strålingen fra jorden som slipper ut gjennom atmosfæren.

Gasser som vanndamp, karbondioksid, metan, lystgass, ozon og fluorholdige gasser absorberer strålingen fra jorden og bidrar til å heve temperaturen ved bakken. Vi kaller dette for den naturlige drivhuseffekten. Det er viktig å være klar over at drivhuseffekten alltid har forekommet og at den er av avgjørende betydning for alt liv. Uten atmosfæren vår ville gjennomsnittstemperaturen på jorda være omtrent minus 18 grader Celsius, ikke de behagelige 15 gradene vi har.

Siden den industrielle revolusjon har imidlertid menneskelige aktiviteter ført til en økning i konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren, noe som har ført til en forsterket drivhuseffekt. Mer av den utgående strålingen blir reflektert tilbake med det resultat at den globale gjennomsnittstemperaturen øker. Vi får menneskeskapt *global oppvarming*.

Økt temperatur fører til forandringer i vindsystemene, i nedbørmønstrene og i fuktigheten i jordsmonnet. I tillegg vil en få en stigning i

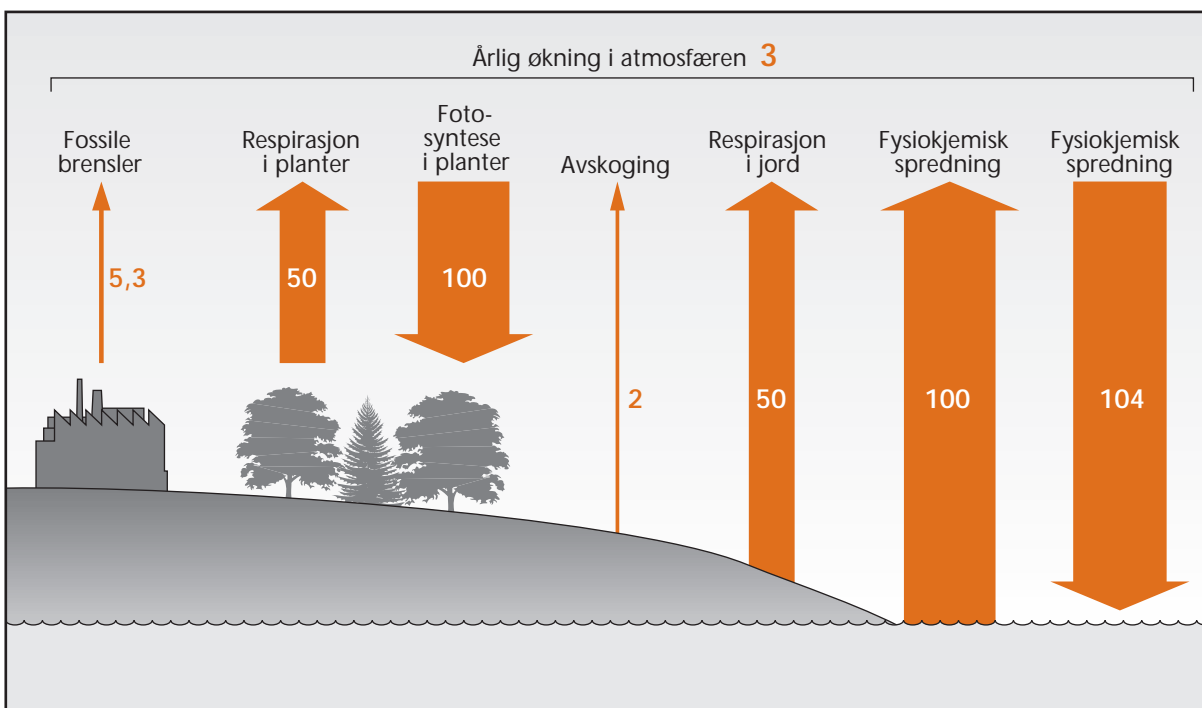
havnivået. En fellesbetegnelse på alt dette er *menneskeskapt klimaendring*.

De viktigste drivhusgassene

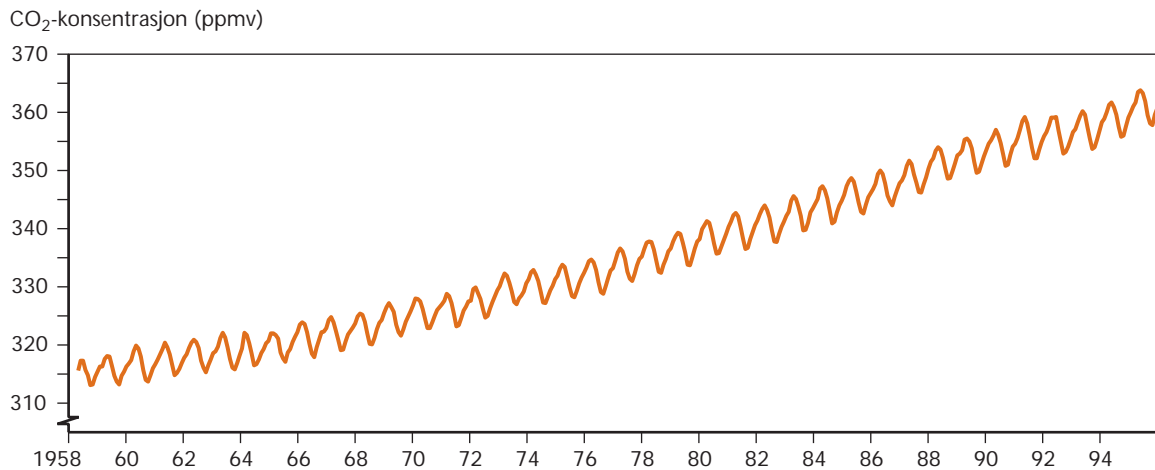
De viktigste drivhusgassene som mennesket påvirker konsentrasjonen av er karbondioksid (CO₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorholdige gasser (KFK, HFK, CF₄, C₂F₆, SF₆). Av disse er CO₂ den viktigste og ansvarlig for mer enn halvparten av den menneske skapte drivhuseffekten.

Gjennom respirasjon, fotosyntese og fysiokjemisk spredning utveksles det hvert år ca. 200 milliarder tonn karbon mellom vegetasjon, jord og hav på den ene siden og atmosfæren på den andre. Denne naturlige utvekslingen er i balanse i løpet av ett år. De menneskeskapt (antropogene) utslippene er små, sammenliknet med den naturlige utskiftningen mellom vegetasjon-jord-hav og atmosfæren (se figur 2). Likevel bidrar utslippet til å øke den årlige gjennomsnittskonsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren.

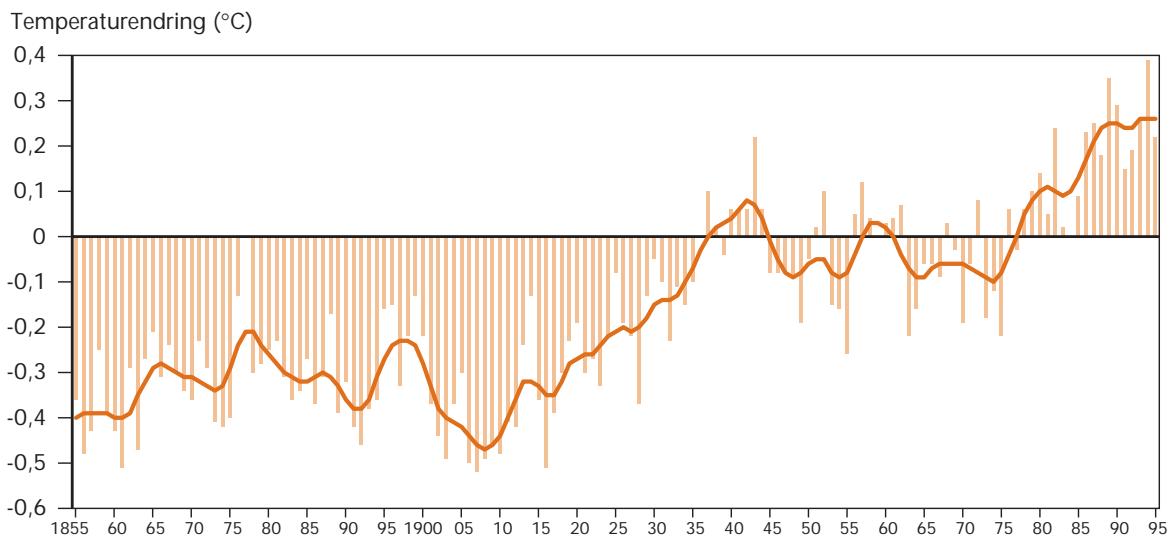
Hovedkilden til menneskeskapt utslipp av CO₂ er forbrenning av kull, olje og gass (fossile brensler). Siden den industrielle revolusjon har



Figur 2
Den globale karbonzyklusen i Gt (10⁹ tonn) C per år.

**Figur 3**

Analyse av atmosfærens innhold av karbondioksid viser hvordan denne har økt siden 1958. Målingene er utført på Mauna Loa, Hawaii.¹ Kilde: IPCC 1995.

**Figur 4**

Endringer i global middeltemperatur basert på en kombinasjon av luft over land og havoverflatetemperatur for perioden 1861 - 1995 sett i forhold til normalverdien for perioden 1961 - 1990. Kilde: University of East Anglia, P. D. Jones.

vi sett en formidabel økning i disse utslippene.

Det måles i dag en økning i atmosfære-konsentrasjonen av CO₂ som tilsvarer omtrent halvparten av det menneskeskapte utslippet (se figur 3). Havet, som i dag har et netto opptak av CO₂, er det viktigste sluket for den andre halvparten. I tillegg er det antatt at det skjer et netto opptak av CO₂ i økosystemer på landjorda som følge av skogplanting og «naturlig» CO₂- og nitrogen-gjødsling. Det antas at skogbeltet på den nordlige halvkule har bundet store mengder karbon gjennom slik tilvekst.

Klimaendringer i de siste 100 årene

Observasjoner viser at global gjennomsnittlig bakketemperatur har økt med mellom 0,3 og 0,6°C siden slutten av det forrige århundret.

1995 var det varmeste året siden man startet med temperaturmålinger i 1860. Ni av de varmeste årene har inntruffet etter 1980 (se figur 4). FNs klimapanel (IPCC) påviser i sin andre hovedrapport en sammenheng mellom den globale temperaturøkningen og menneskeskapte utslipp av klimagasser som har skjedd de siste hundre årene. Det er imidlertid vanskelig å tallfeste det

¹ Konsentrasjonen av karbondioksid i atmosfæren over Hawaii er tilnærmet lik den globale gjennomsnittskonsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren. Konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren varierer meget lite fra sted til sted.

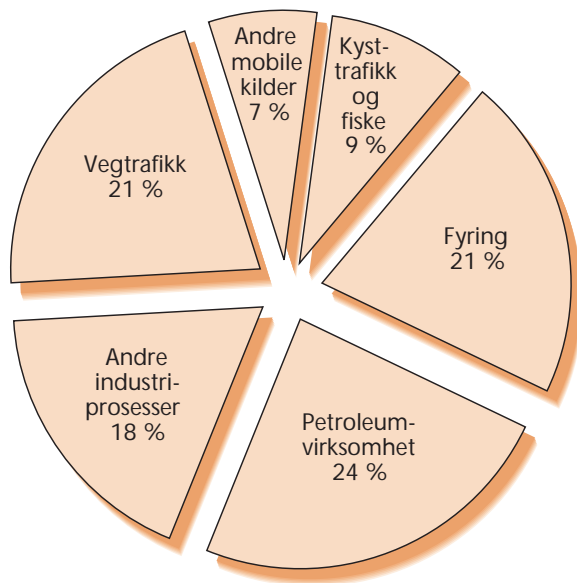
Internasjonalt klimasamarbeid

- 1988 FNs klimapanel (IPCC) blir opprettet og får i oppgave å gi en samlet vurdering av naturforskernes forståelse av fenomenet klimaendring.
- 1990 Den første hovedrapporten fra IPCC blir utgitt. IPCC konkluderer med at de menneskeskapte utslippene av CO₂ må reduseres med mer enn 60 prosent i forhold til utslippet i 1990 dersom konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren skal stabiliseres på dagens nivå²
- 1991 De internasjonale klimaforhandlingene starter.
- 1992 Under FNs globale konferanse om miljø og utvikling i Rio de Janeiro våren 1992 blir en rammeavtale om klimaendringer undertegnet (Klimakonvensjonen).^{3 4} I avtalen heter det at industrilandenes siktemål er, individuelt eller i fellesskap, å komme tilbake til utslippsnivået for 1990. Konvensjonen inneholder derimot ingen tallfestede, tidsbestemte forpliktelser for partene til å begrense sine utslipp og øke sine opptak av klimagasser.
- 1993 Klimakonvensjonen trer i kraft da det 50. landet ratifiserer avtalen.
- 1994 På det første partsmøtet i Berlin vedtok partene et mandat («Berlin-mandatet») for en videre forhandlingsprosess med formål å utarbeide ytterligere forpliktelser for i-landene og landene med overgangsøkonomier med et spesielt fokus på perioden etter år 2000. Siktemålet er å utvikle tiltak og virkemidler, samt etablere kvantifiserbare utslippsforpliktelser slik at disse kan vedtas på det tredje partsmøtet i annen halvdel av 1997.
- 1995 Den andre hovedrapporten fra IPCC blir utgitt.
- 1996 Det andre partsmøtet blir avholdt i Geneve. Partene blir enige om å intensivere for handlingene om en forpliktende avtale.
- 1997 Det tredje partsmøtet skal avholdes i Kyoto, Japan, i desember 1997. Målet er å undertegne en avtale som blant annet innebærer forpliktende utslippsforpliktelser for i-landene og landene med overgangsøkonomier.

² Tilsvarende reduksjoner må til for lystgass og fluorholdige gasser. Utslippene av metan behøver trolig ikke å reduseres så mye for å oppnå en stabilisering av konsentrasjonen i atmosfæren.

³ I uttrykket rammeavtale ligger det at den ikke forplikter statene til konkrete tiltak, men legger grunnlaget for det videre samarbeidet mellom dem.

⁴ Det endelige målet i Klimakonvensjonen, som trådte i kraft 21. mars 1994, er å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser «på et nivå som vil forhindre menneskeskapt påvirkning av klimasystemet». Hvor dette nivået ligger, og hvordan det skal forhindres at utslippene overstiger det, sies det intet om. Konvensjonen inneholder bindende forpliktelser for i-landene, inklusive landene med overgangsøkonomier, om å vedta nasjonale klimastrategier, gjennomføre tiltak i samsvar med disse og rapportere utslipp og tiltak til konvensjonens sekretariat.



Figur 5
Utslipp av CO₂ i Norge i 1996, fordelt på kilder.

menneskeskapt bidraget, fordi dette foreløpig er lite, sammenlignet med naturlige variasjoner.

Havnivået har steget med 25 cm de siste 100 årene, og en stor del av dette skyldes temperaturøkningen. Det er foreløpig ikke tilstrekkelig data-grunnlag til å avgjøre om ekstreme værforhold, som for eksempel kraftige stormer, har økt i løpet av de siste 100 årene.

Framtidige klimaendringer og virkninger

Virkningene av en global oppvarming kan bli alvorlig mange steder, særlig i den tredje verden. Størst er trolig faren for mer tørke og stigende havnivå. Problemer knyttet til matforsyning, drikkevann, helse og bosetting i befolkningsrike kystnasjoner kan øke, med sosial uro og folkevandringer som mulige følger. Klimaendringene vil forsterke allerede eksisterende problemer knyttet til befolkningsvekst og fattigdom.

Avhengig av hvilke forutsetninger som gjøres om utslipp utviklingen anslår FNs klimapanel en temperaturstigning i området 1-3,5°C innen år 2100. Det vil i så fall være den raskeste økningen i middeltemperaturen på 10 000 år og gi den høyeste globale middeltemperaturen på 150 000 år.

Høyere temperatur vil føre til at det gjennomsnittlige havnivået vil stige som følge av havenes termiske utvidelse (dvs volumøkning ved høyere temperatur) og smelting av isbreer. Avhengig av hvilke forutsetninger som gjøres om utslipp utviklingen anslår IPCC en økning i havnivået på mellom 15 og 95 cm innen år 2100.

De forventede menneskeskapt klimaendringene vil kunne skje raskere enn naturen klarer å tilpasse seg, noe som vil kunne føre til tap av biologisk mangfold. En del av jordens skoger vil bli tvunget til å «flytte» som følge av de forventede klimaendringene. En temperaturendring på 1 til 3,5 °C innen år 2100 vil på de midlere breddegradene bety en forskyvning av den nåværende temperaturgrensen nordover med omtrent 150 til 550 km og oppover i høyden med omkring 150 til 550 meter. Til sammenligning har treslagenes «vandring» hittil vært på mellom fire og 200 km for hvert århundre. Virkningene av forskyvningen kan føre til at hele skoger forsvinner, mens nye sammensetninger av arter og nye økosystemer etableres. Det forventes at enkelte arter som er begrenset til fjelltoppene, kan bli utryddet, fordi deres livsmiljø vil forsvinne

Utslipp av klimagasser i Norge

De norske utslippene av CO₂ var i 1996 på 40,7 millioner tonn (foreløpig tall) og lå omlag 15 prosent over nivået i 1989. De viktigste kildene til norske CO₂ utslipp er transport, petroleumsvirksomhet, fyring og industriprosesser (se figur 5). Norge skiller seg fra nesten ethvert annet land ved at elektrisitet produseres nesten utelukkende ved hjelp av CO₂-fri vannkraft.

Utslippene av andre klimagasser enn CO₂ er redusert med 18 prosent i perioden 1989-95. Nedgangen skyldes hovedsakelig reduksjoner i utslippet av perfluorkarboner (CF₄ og C₂F₆) og svovelhexafluorid (SF₆) fra metallindustrien⁵. Reduksjonen i disse utslippene har ført til at det samlede utslippet av alle klimagasser i 1995 (54,4 millioner tonn CO₂-ekvivalenter) var på

⁵ Hovedkilden til utslipp av disse fluorholdige klimagassene er aluminiumsproduksjon og magnesiumproduksjon.

omtrent samme nivå som i 1989. Veksten i utslippet av CO₂ er med andre ord omtrent oppveiet av reduksjon i andre klimagasser. Målt i CO₂ ekvivalenter utgjorde andre klimagasser enn CO₂ i 1995 cirka 30 prosent av de totale norske klimagassutslippene. Dette omfatter blant annet metanutslipp fra avfallsfyllinger og andre avgasser fra industriprosesser og forbrenning.

Norge har etablert en nasjonal målsetning om å stabilisere CO₂-utslippene innen år 2000 på 1989-nivå, men har i dag ingen nasjonal målsetning for utslippene av de andre klimagassene (metan, lystgass eller fluorholdige gasser som ikke er omfattet av Montrealprotokollen⁶).

Det er forventet at de norske CO₂-utslippene vil kunne øke med 19 prosent fra 1989 til år 2000 dersom ikke nye effektive tiltak iverksettes. I dette tallet er utslippene fra de to planlagte gasskraftverkene inkludert, som alene vil øke de samlede norske utslippene med seks prosent. Ser en bort fra veksten generert av de planlagte gasskraftverkene, er omlag 70 prosent av veksten fram mot år 2000 knyttet til økt produksjon av olje og gass i Nordsjøen. Det er altså et betydelig gap mellom den forventede utslipp utviklingen og den nasjonale målsetningen om å stabilisere

CO₂-utslippene i år 2000 på 1989-nivå.

Utslippet av alle klimagassene under ett forventes å øke med omlag fem prosent målt i CO₂-ekvivalenter fra 1989 til år 2000.

Det viktigste virkemiddel for reduksjon av CO₂-utslipp i Norge er den generelle CO₂-avgiften, innført i 1991. Hensikten er å gjøre varer og aktiviteter som medfører CO₂-utslipp relativt dyrere i forhold til andre varer og aktiviteter. Den er i 1996 på 0,36 kroner per kilo CO₂ for bensin og bruk av gass i oljeutvinning, og 0,16 kroner per kilo CO₂ for autodiesel og fyringsolje. Avgiften dekker i dag kilder som til sammen utgjør 60 prosent av CO₂-utslippene. Det er altså flere unntak og fritak for CO₂-avgiftene, vesentlig av konkurransemessige hensyn.

Avgiften er ikke tilstrekkelig til å stabilisere utslippene fram mot år 2000. For at man skal oppnå stabilisering, må enten avgiften økes betydelig⁷ og/eller den må kombineres med andre virkemidler, som for eksempel utslippskrav, økt tilskudd til kollektivtransport, samordnet transportplanlegging, redusert veibygging, parkeringsrestriksjoner, differensierte kjøreavgifter, gjensidige avtaler om energieffektivitet og støtte til energieffektiv teknologi. Det er viktig at det også gjennomføres tiltak mot andre klimagasser.

⁶ Montrealprotokollen er en forpliktende avtale mellom en rekke stater og har som målsetning å stanse all produksjon og forbruk av stoffer som reduserer ozonlaget.

⁷ Hvis fritaksordningene for CO₂-avgiften opprettholdes, kreves det en økning i avgiften på omlag 1500 kr pr. tonn CO₂ i år 2000 for å stabilisere utslippene på 1989-nivå. Dette tilsvarer en bensinpris på omlag 12 kr/l i år 2000. Beregninger indikerer at behovet for økningen i CO₂-avgiften er halvparten så stort ved lik avgift i alle sektorer i forhold til å opprettholde dagens fritaksordninger. Økningen må da være i størrelsesorden 7–8000 kr pr. tonn CO₂, noe som vil innebære en bensinpris på omlag 10 kr/l i år 2000.

Ordforklaringer

Klimagasser

Atmosfæriske gasser som slipper gjennom inngående solvarme, men absorberer (tar opp) en del av den utgående varmestrålingen fra jorda. Det gir et netto varmetilskudd til atmosfæren og fører til at gjennomsnittstemperaturen ved jordoverflaten øker.

CO₂-ekvivalenter

Klimagassene har ulike evne til å varme opp atmosfæren. Et lite utslipp av en gass som har stor evne til oppvarming kan bety mer for oppvarmingen av atmosfæren enn et større utslipp av en gass med liten oppvarmingsevne. For å kunne sammenlikne varmeendringen til de ulike klimagassene regnes de om til CO₂-verdier, og mengdene kalles da CO₂-ekvivalenter.

Les mer andre steder

Klimaendringer – den store utfordringa.

Miljøverndepartementet (1997). T-1201.

Klimaendringer – årsaker, effekter og løsninger,

Statens forurensningstilsyn 1997.

Norge i det globale drivhuset, Universitetsforlaget.

Bergesen, Helge Ole, Kjell Roland og Anne Kristin Sydnes (1995).

Naturmiljøet i tall 1994, Universitetsforlaget.

Statistisk sentralbyrå, Statens forurensningstilsyn og Direktoratet for naturforvaltning (1994).

Luftforurensninger – sur nedbør, ozon og drivhuseffekt,

Universitetsforlaget. Stordal, Frode og Øystein Hov (1993).

Nyttige adresser

CICERO

<http://www.cicero.uio.no/>

FNs klimasekretariat

<http://www.unfccc.de/>

FNs klimapanel

<http://www.ipcc.ch/>