

FOLKETINGET



Miljø- og planlægningsudvalget

Den økonomiske Konsulent

Til: Udvalgets medlemmer og stedfortrædere

Dato: 18. oktober 2009

**Klimamødet på Københavns Universitet 10-12. marts 2009:
Rapport om opdatering af FN's 4. klimarapport fra 2007.**

Sammenfatning

Ifølge rapporten er **luftens** gennemsnitstemperatur steget med 0,5° C siden 1970, og der er en tydelig tendens til stigende temperaturer, der dog ligger indenfor fremskrivninger fra FN's klimapanel (**IPCC**).

Vigtigere er, at **oceanernes varmeindhold** er ca. 50 procent højere end tidligere estimeret af IPCC. Langt den største varmemængde, der er lagret på jordens overflade, findes i oceanerne. Halvdelen af den oplagrede varmemængde i havene er **akkumuleret indenfor tiårs perioden 1993-2003**.

Vandstanden i oceanerne er øget med 7-8 cm i perioden 1970-2008, og det er mere end IPCC's fremskrivning. Den øgede varmemængde i oceanerne og ikke mindst den stigende afsmeltning af is på Grønland (og Antarktis m.v.), forklarer både nutidens og **fremtidens** accelererende vandstandsstigning. Der er udsigt til meget store stigninger i vandstanden fremover, ifølge rapporten.

Udledningerne af CO₂ i atmosfæren ligger også i den øvre grænse af IPCC's fremskrivninger, med en atmosfærisk CO₂-koncentration på ca. 400 ppm (parts per million). Det er faretruende nær den grænse, der giver en temperaturstigning på 2° C. For at undgå yderligere stigninger, er det ifølge rapporten nødvendigt (i teorien) **øjeblikkeligt at reducere CO₂-emissionerne meget kraftigt**.

1. Indledning

Københavns Universitet afholdt i dagene 10.-12. marts 2009 en international forskerkongres om klimaændringer med omkring 2.500 deltagere. Kongressen var åben for alle. De fleste af deltagerne var forskere. Formålet med kongressen var at **opdatere** den 4. klimarapport fra FN's Klimapanel (**IPCC**). Klimarapporten er fra 2007 og danner blandt andet videnskabelig baggrund for diskussionen og beslutninger omkring klimaspørgsmål og global opvarmning. Kongressen var organiseret af den internationale alliance af forskeruniversiteter (**IARU**).

Kongressen udarbejdede en samlet rapport (en synteserapport) kaldet "**Climate Change: Global risks, Challenges & Decissions**". Rapporten er en up to date-oversigt over forskningen inden for et bredt område, der er relevant for klimaændringerne. Den danske oversættelse forelå i juni 2009.

Rapporten er ganske omfattende og kompliceret. Derfor er der udarbejdet et relativt kortfattet resumé med uddrag fra rapporten af de mere klimatekniske spørgsmål.

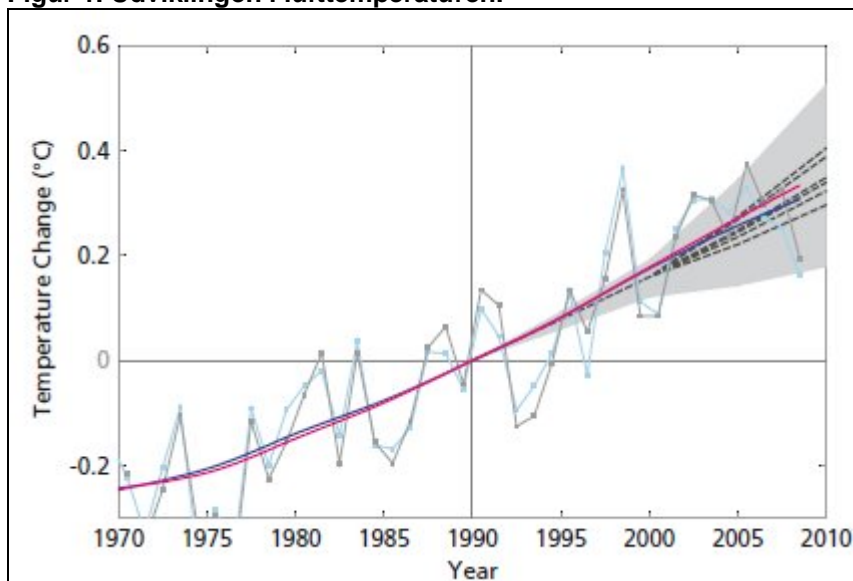
2. Lufttemperatur

En vigtig parameter i den globale opvarmning er selve udviklingen i lufttemperaturen, jf. **figur 1** nedenfor.

Den røde linie viser **tendensudviklingen i lufttemperaturen** (globalt set) siden 1970. I forhold til 1970 er lufttemperaturen steget med ca. 0,5 °C. Det bemærkes også, at lufttemperaturen angivet ved de **aktuelle** temperaturer, tilsyneladende er faldet de sidste 8-10 år.

2008 var forholdsvis køligere end de seneste år, primært fordi solens magnetiske aktivitet (solpletaktivitet) var på et minimum, og fordi der var en La Niña-situation i 2007/2008. **Ikke desto mindre er der en tydelig tendens til stigende temperaturer på langt sigt, og udviklingen af den atmosfæriske temperatur på jordens overflade sker inden for IPCC's fremskrivninger, siges det i rapporten.**

Figur 1. Udviklingen i lufttemperaturen.



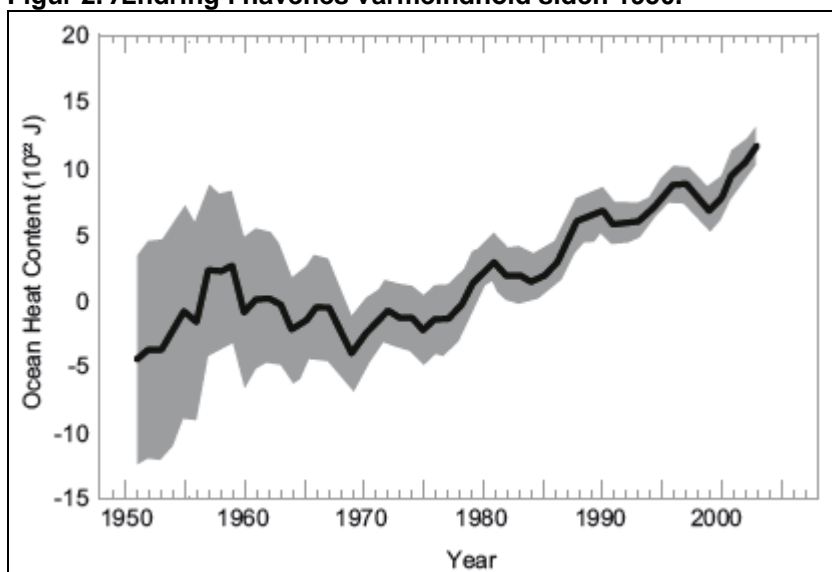
Kilde: **IARU**: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note: Ændringer i overfladeluftens globale gennemsnitstemperatur (udjævnet over 15 år) i forhold til 1990. Den blå linie repræsenterer data fra Hadley Center (det britiske meteorologiske kontor). Den røde linie er data fra GISS (Nasa Goddard Institute for Space Studies, USA). De stiplede linjer er fremskrivninger fra IPCC's tredje evalueringsrapport, idet det skraverede område angiver usikkerheder ved fremskrivningerne (data fra 2007 og 2008 tilføjet af S. Rahmstorf)

3. Varmen og energiindholdet i verdenshavene

En ændring i **havtemperaturen** anses af mange forskere for en bedre indikator for en ændring af klimaet, end ændringer i luftens temperatur. Det skyldes at havet lagrer så meget varme. I **figur 2** nedenfor er vist udviklingen i havenes varmeindhold.

Figur 2. Ændring i havenes varmeindhold siden 1950.

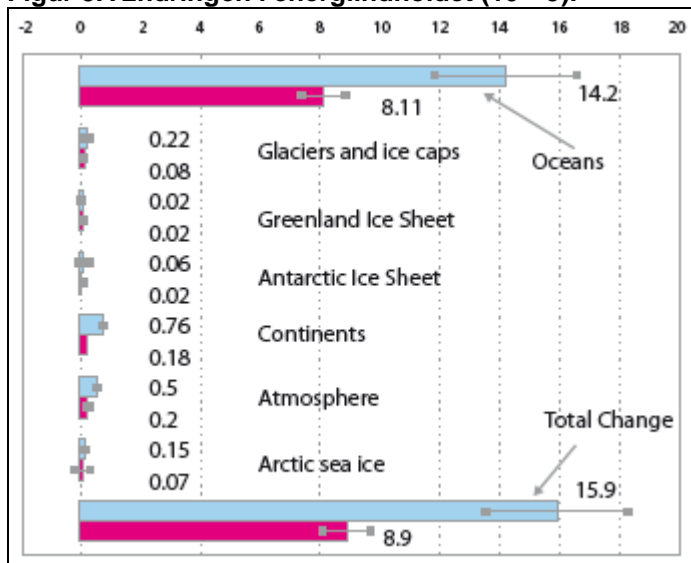


Kilde: **IARU**: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note: Ændring i havenes varmeindhold siden 1951 (observationer – sort linje) med usikkerhed (grå skravering) i forhold til havets varmeindhold i 1961.

Siden IPCC's sidste rapport (2007) er der offentliggjort opdaterede tendenser i havoverfladetemperaturen og varmeindholdet. Disse reviderede estimater viser (**figur 2**), at havet er blevet signifikant varmere i de senere år. **Aktuelle estimater viser, at havets opvarmning er omtrent 50 procent højere end tidligere rapporteret af IPCC.** De nye estimater hjælper med til bedre at forklare den stigning i vandstanden, der er observeret i de seneste årtier, eftersom de fleste observerede vandstandsstigninger **indtil for nylig** skyldes havvandets varmeudvidelse. Siden er **afsmeltning af is** også kommet ind i billedet, jf. **figur 3** nedenfor, som viser, hvor meget havene betyder for jordens opvarmning.

Figur 3. Ændringen i energiindholdet (10^{22} J).



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note: Ændringen i energiindholdet i forskellige komponenter af Jordens system i to perioder: 1961-2003 (blå bjælker) og 1993-2003 (lyserøde bjælker).

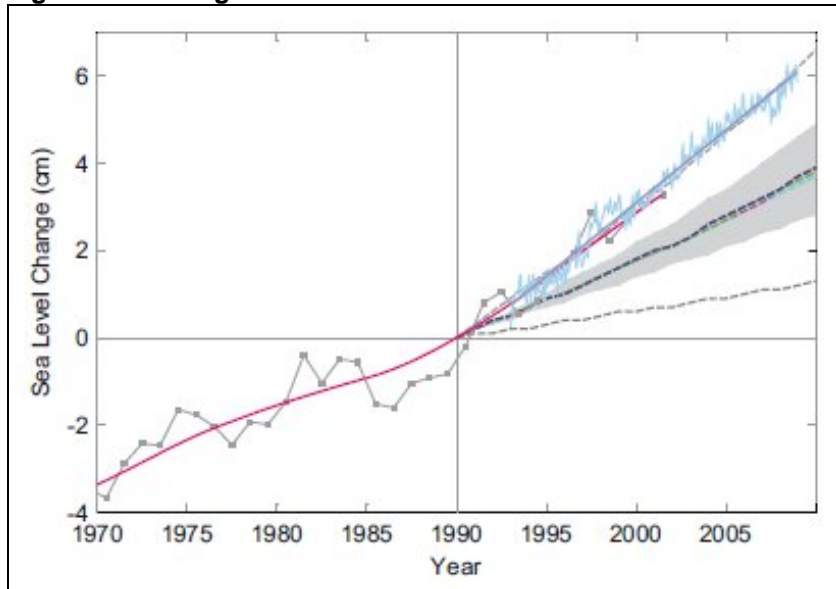
Klimaet styres i høj grad af den varme, der strømmer ind til og ud fra jorden og lagringen af varme i jordsystemets forskellige områder – hav, jord, sne/is. Denne varme stammer i sidste ende fra solen. Det er kun en meget lille del af varmen, der lagres i atmosfæren. **Langt den største varmemængde, der er lagret på jordens overflade, findes i havene.** Varmestrømmen til havene foregår langsommere end til atmosfæren. En ændring i havtemperaturen, der afspejler en ændring i den varmemængde, som er lagret i havet, er derfor (som nævnt ovenfor) en bedre indikator for en ændring i klimaet end ændringer i luftens temperatur set i lyset af, at havet lagrer så meget varme.

Det ses af **figur 3**, at havene står for ca. **90 procent** af den oplagrede varmemængde på jorden, og at oplagringen er forøget med i alt 15,9 varmeeenheder (10^{22} J) i perioden 1961-2003. **Imidlertid er halvdelen heraf alene sket indenfor tiårsperioden 1993-2003 (8,9 varmeeenheder).**

4. Vandstanden i verdenshavene

Den øgede opvarmning af verdenshavene samt afsmeltningen af is og gletschere medfører, at vandstanden i verdenshavene stiger, jf. **figur 4**.

Figur 4. Udviklingen i vandstanden i verdenshavene siden 1970



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

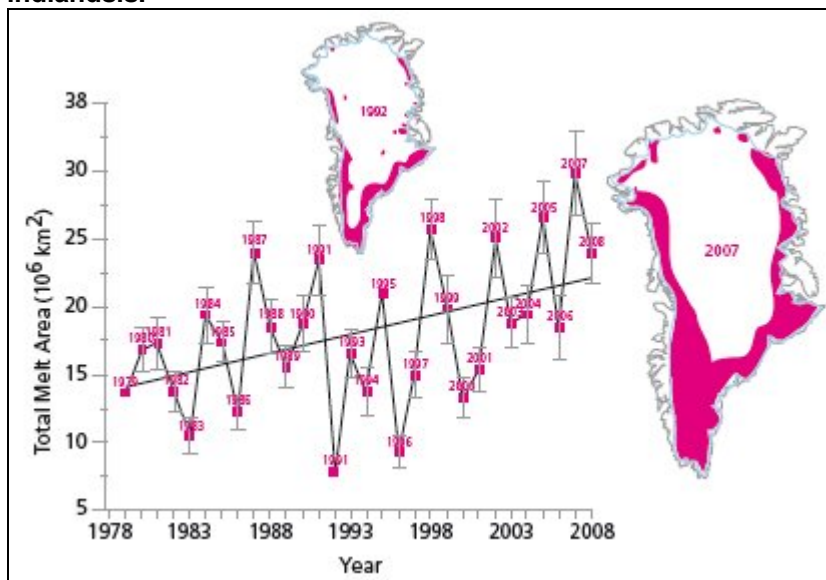
Note: Ændring i vandstand fra 1970 til 2008 i forhold til vandstanden i 1990. De brudte linjer er baseret på observationer, der er udjævnet for at fjerne effekten af variabiliteten fra år til år (lyse linjer forbinder datapunkter). Data fra de seneste år er indhentet via satellitbaserede sensorer. IPCC's fremskrivninger er vist til sammenligning. De omfatter de stiplede linjer som enkeltfremskrivninger og det skraverede område som usikkerhed i fremskrivningerne.

Det ses, at vandstanden er øget med 7-8 cm i perioden 1970-2008, eller i gennemsnit ca. 2 mm om året. **Stigningen i de seneste år ligger noget over gennemsnittet.**

Rapporter, der sammenligner IPCC's fremskrivninger fra 1990 med observationer, har siden 2007 vist, at nogle klimaindikatorer nærmer sig worst case-fremskrivningerne og for **vandstandsstigningernes** vedkommende **overskrider** de raterne, der er anført i IPCC's fremskrivninger.

5. Ændringen i den grønlandske indlandsis

Figur 5. Overfladeafsmeltningsområde på tværs af den grønlandske indlandsis.

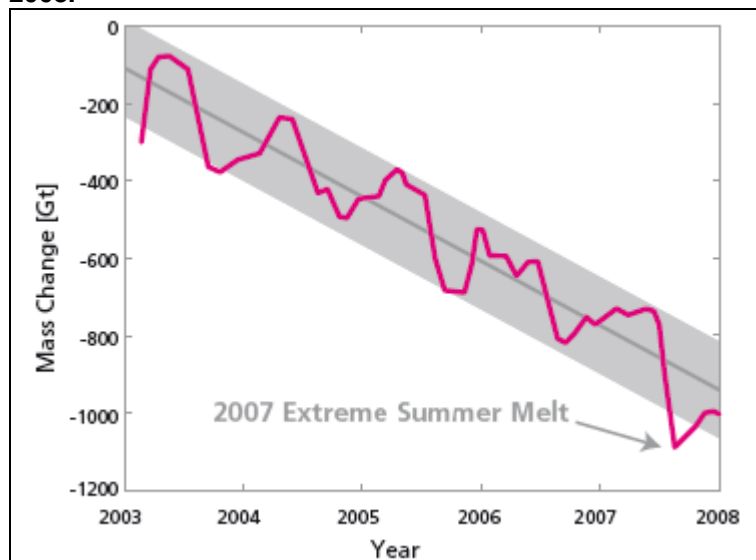


Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions".

Note: Udledt af satellitobservationer af overfladetemperaturen.

En øget afsmeltning af de store polare iskapper bidrager til den observerede vandstandsstigning. Observationer af det område af den grønlandske indlandsis, der har været på smeltepunktstemperatur mindst én dag i sommerperioden, **er steget 50 procent i perioden fra 1979 til 2008** (se **figur 5**). Sommeren 2007 i Grønland var ekstrem varm. Hele det sydgrønlandske område nåede smeltepunktet den sommer, og smeltesæsonen begyndte 10-20 dage tidligere og varede op til 60 dage længere i Sydgrønland.

Figur 6. Ændringen i massen af den grønlandske indlandsis fra 2003 til 2008.



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions".

Note: Anslået ud fra satellitmålinger af ændringer i tyngdefeltet. Det gråskraverede område viser et konfidensniveau på 90 % af den tilpassede lige linje. Den lodrette akse er sat til en vilkårlig værdi på nul i begyndelsen af observationsperioden.

Foruden afsmeltningen mister de store polare iskapper masse på grund af udstrømningen af is, der også er følsom overfor den regionale temperatur. Satellitmålinger af meget små tyngdefælsændringer har revolutioneret muligheden for at beregne tab af masse på grund af disse processer.

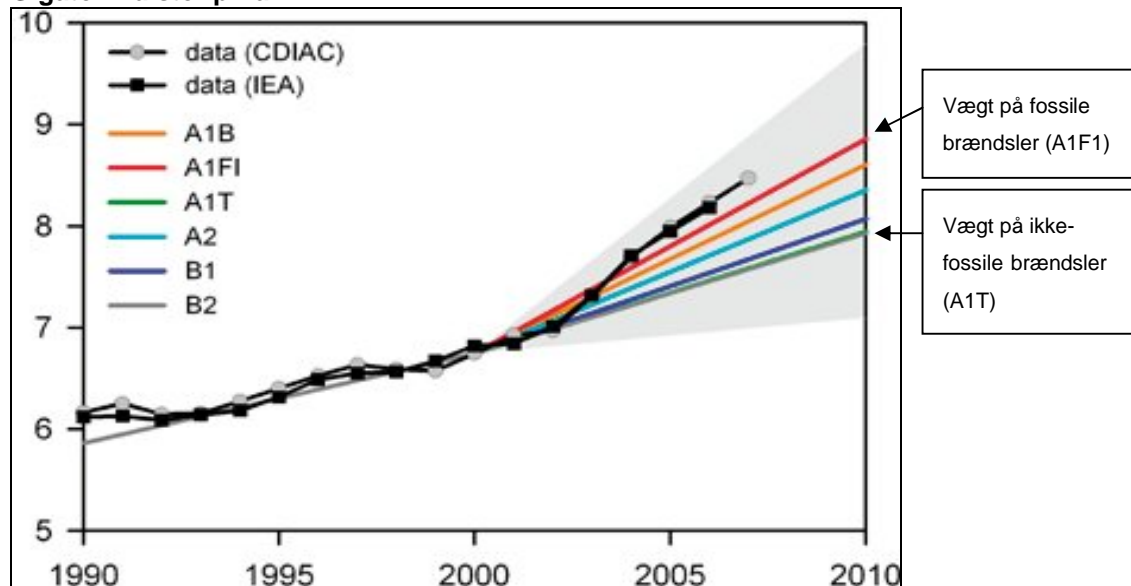
Den grønlandske indlandsis har mistet masse med en hastighed på 179 Gt/år siden 2003. **Denne hastighed svarer til et bidrag til den globale middelvandsstigning på 0,5 mm/år.** Den **aktuelle** globale middelvandsstigning er 3,1 mm/år. Massetabet i smelteområdet var særdeles stort for det exceptionelle varme år 2007. De nye observationer af det stigende massetab fra gletsjere, iskapper, den grønlandske indlandsis og iskapperne i Antarktis fører til forudsigelser om globale middelvandsstigninger på 1 m (plus/minus 0,5 m) i løbet af det næste århundrede.

De opdaterede estimater af den fremtidige globale middelvandsstigning er omtrent dobbelt så høje som IPCC's fremskrivninger fra 2007.

6. Udledninger af CO₂

Figur 7 nedenfor viser den faktiske udledning af kulstof i atmosfæren fra fossile brændsler.

Figur 7. Den faktiske udledning 1990-2007 og IPCC's 6 scenarier, målt i Gigaton kulstof pr. år.



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions".

Note: Observerede CO₂-emissioner fra fossile brændstoffer og industrien sammenlignet med et gennemsnit af 6 scenariegrupper fra IPCC's specialrapport om emissionsscenarioer (farvede linjer) og viften af alle individuelle scenarier (gråt skraveret område). Emissionsdataene kommer fra to kilder: CDIAC (Carbon Dioxide Information and Analysis Center) og Det Internationale Energiagentur IEA. Figuren er opdateret med de nyeste tilgængelige data (www.globalcarbonproject.org) siden rapportens oprindelige offentliggørelse.

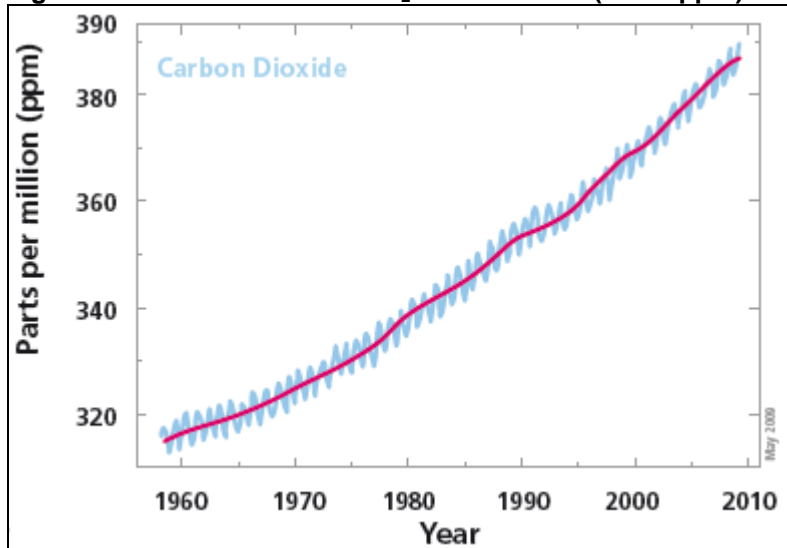
De samlede CO₂-emissioner er vokset (eksponentielt) med ca. 2 procent om året siden år 1800. Siden 2000 er der dog sket en acceleration i væksten af CO₂-emissionerne til ca. 3,4 procent om året. **Det er en observeret vækstrate i nærheden af worst case-fremskrivningerne i IPCC's scenarier, siges det i rapporten.**

For god ordens skyld tilføjes det, at tallene ikke er opgjort i CO₂-emissioner (som det siges i rapporten), men i kulstof (C) pr. år. Det betyder, at tallene skal ganges med 3,7 for at blive omregnet til CO₂ (atomvægten af yderligere to iltatomer).

7. CO₂-koncentrationen i atmosfæren

Nedenfor er vis udviklingen i den atmosfæriske koncentration af CO₂, metan og lattergas.

Figur 8. Koncentrationen af CO₂ i atmosfæren (målt i ppm)



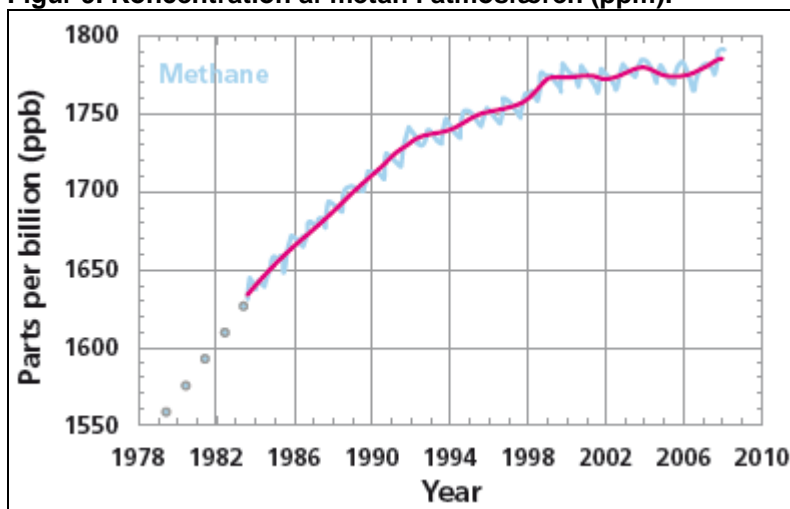
Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note: ppm betyder parts pr. million.

Uden CO₂-dræn, der fjerner og lagrer CO₂ fra atmosfæren, ville de samlede menneskelige CO₂-emissioner siden 1800 have forårsaget en stigning i atmosfærens CO₂ fra den præindustrielle værdi på 280 ppm til næsten 500 ppm. CO₂-dræn på landjorden og i havet har konsekvent optaget mere end halvdelen af de samlede CO₂-emissioner siden år 1800, og den faktiske CO₂-akkumulering i atmosfæren har "kun" hævet CO₂-koncentrationen til 385 ppm, svarende til en vækst på ca. 2 ppm om året, jf. **figur 8**. De naturlige CO₂-dræn er dog sårbare over for klimaændringer og ændret jordanvendelse. De vil højst sandsynligt aftage i fremtiden som følge af flere effekter, herunder stigende forsuring af havet, ændringer i havstrømmene samt vand-, temperatur- og næringsstofbegrænsninger af jordens optag af CO₂.

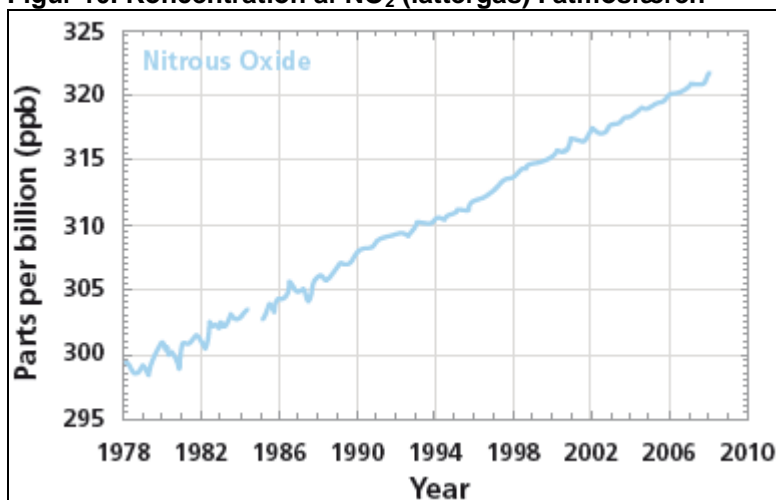
Foruden CO₂-emissioner fra afbrænding af fossile brændstoffer, har andre drivhusgasser som metan og lattergas også betydning for den globale opvarmning. **Figur 9** og **figur 10** nedenfor viser udviklingen i koncentrationen i atmosfæren af disse stoffer.

Figur 9. Koncentration af metan i atmosfæren (ppm).



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Figur 10. Koncentration af NO₂ (lattergas) i atmosfæren



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Omregnes ikke-CO₂-gasser og CO₂-gasser til CO₂-ækvivalenter, som et samlet mål for koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren, fås et tal på ca. 463 ppm i atmosfæren. Her er også tale om en kraftig stigning.

Det er dette tal, der er et af de afgørende måltal for drivhuseffektens størrelse, ifølge rapporten.

8. Global 2° C-målsætning

Målet med at begrænse opvarmningen til en stigning i den globale gennemsnitstemperatur på højst 2° C i forhold til det præindustrielle niveau spiller en central rolle i aktuelle diskussioner om klimapolitik. Selv en opvarmning på 2° C vil dog medføre betydelige risici for samfundet og naturlige økosystemer. **Men eftersom den globale gennemsnitstemperatur allerede er steget med ca. 0,7° C, og emissionerne af drivhusgas fra menneskelige aktiviteter stadig vokser, er det meget vanskeligt at opnå et mere ambitiøst mål.**

På grund af klimasystemets træghed hævder IPCC's rapport fra 2007, at en stigning i den globale temperatur på ca. 1,4° C over det præindustrielle niveau er **uundgåelig**. De menneskelige systemer har også en vis træghed, men den er vanskeligere at kvantificere. Det vides ikke, hvor hurtigt eller dramatisk samfundet kan eller vil reducere emissionerne af drivhusgas.

I **tabel 1** nedenfor er vist sammenhængen mellem CO₂ og temperaturstigninger.

Tabel 1. Koncentration af CO₂ og CO₂-ækvivalenter i atmosfæren.

Temperaturstigning	CO ₂	CO ₂ -ækvivalenter	År hvor udledningerne topper	Procentvis ændring i globale udledninger
Global gennemsnits temperatur stigning over præindustrielt niveau.	CO ₂ -koncentration ved stabilisering*	Koncentration ved stabilisering inklusive drivhusgasser og aerosoler**	År hvor udledningerne topper	Ændringen i CO ₂ udledninger i 2005***
°C	ppm	ppm	År	Procent
2,0-2,4	350-400	445-490	2000-2015	-85 til -50
2,4-2,8	400-440	490-535	2000-2020	-60 til -30
2,8-3,2	440-485	535-590	2010-2030	-30 til +5
3,2-4,0	485-570	590-710	2020-2060	+10 til +60
4,0-4,9	570-660	710-855	2050-2080	+25 til +85
4,9-6,1	660-790	855-1130	2060-2090	+90 til +140

Kilde: **IARU**: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note 1: *(2005=379 ppm.), ** (2005=375 ppm.) og *** (pct. af 2000 udledninger).

Note 2: Karakteristika for forskellige emissionsforløb for at stabilisere atmosfærens drivhusgaskoncentrationer, i CO₂ og CO₂-ækv. Stigningen i den globale gennemsnitstemperatur ved ligevægt over det præindustrielle niveau er angivet for hvert stabiliseringsmål. Det er kun det første scenarium, vist på række 1, der har mulighed for at nå 2° C-været. Bemærk, at de aktuelle atmosfæriske drivhusgaskoncentrationer er på ca. 385 ppm CO₂ og 296 ppm CO₂-ækv. (**incl. aerosolers afkølede effekt**).

Ifølge IPCC's analyse bør atmosfærens koncentration af **CO₂** ikke overskride 400 ppm CO₂, hvis stigningen i den globale temperatur skal holdes inden for 2,0-2,4° C. CO₂-koncentrationen ligger i dag på ca. 385 ppm og stiger med 2 ppm om året.

Koncentrationen af **alle** drivhusgasser i 2007, både CO₂ og ikke-CO₂ gasser, var på ca. 463 ppm CO₂-ækvivalenter. **Når denne koncentration justeres for aerosolers kølende effekt fås en CO₂-ækvivalent koncentration på 396 ppm.** Et nyere studie anslår, at en koncentration på 450 ppm CO₂-ækvivalenter (inkl. aerosolers kølende effekt), er mulig i den nærmeste fremtid¹, og det vil give en 50/50-chance for at begrænse temperaturstigningen til 2° C eller mindre. **Dermed er atmosfærens CO₂-koncentrationer allerede på de niveauer, der efter fremskrivningerne ville medføre en global opvarmning på mellem 2,0 og 2,4° C.**

Hvis samfundet ønsker at stabilisere drivhusgaskoncentrationerne på dette niveau, **burde de globale emissioner i teorien øjeblikkeligt reduceres med 60-80 procent**, idet den faktiske mængde afhænger af, hvor meget havene og landjorden optager. I betragtning af at en så drastisk øjeblikkelig reduktion er umulig, vil drivhusgaskoncentrationerne fortsat stige i løbet af de næste få årtier. **Overskridelse af grænsen for drivhusgaskoncentrationer, der kræves for at begrænse den globale opvarmning til 2° C, er dermed uundgåelig.**

Emissionerne bør toppe i den nærmeste fremtid, hvis omfanget af denne overskridelse skal **begrænses**.

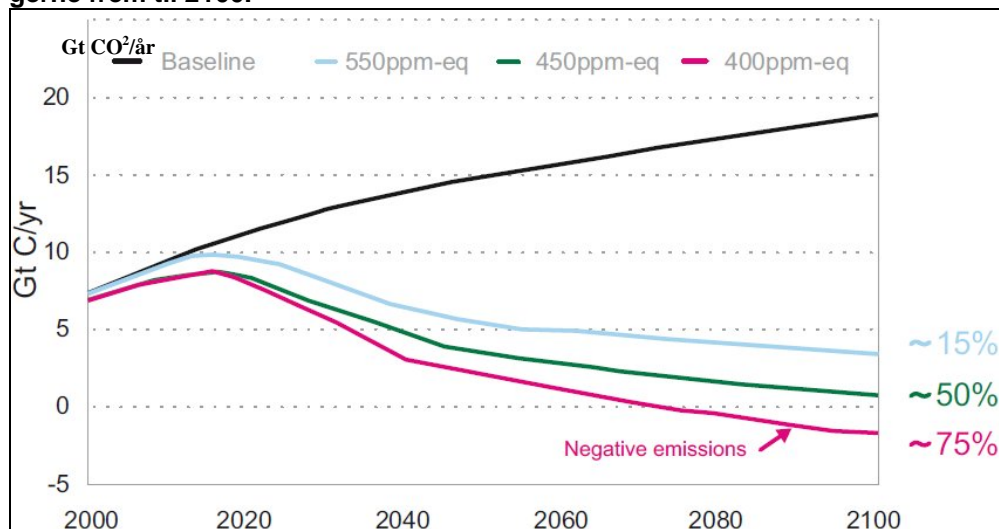
Nyere studier tyder på, at hvis emissionerne af drivhusgas først topper efter 2020, skal reduktions**ratene** for emissionerne, der derefter kræves for at bevare en rimelig chance for at overholde 2° C-værnet, være højere end 5 procent om året. Dette er en afskrækkende udfordring sammenlignet med en årlig langtids-gennemsnitsstigning på 2 procent i emissionerne.

Afslutningsvis ses af **figur 11** nedenfor et regneeksempel på kulstofudledningerne sammenholdt med temperaturstigningerne.

1

http://themes.eea.europa.eu/IMS/IMS/ISpecs/ISpecification20041007131717/IAssessment1234255180259/view_content

Figur 11. Energi-relaterede CO₂-udledninger. Forudsigtelse af udledningerne frem til 2100.



Kilde: IARU: "Synthesis report – ClimateChange –Global Risks & Decisions"

Note: Energi-relaterede emissionsforløb fra 2000-2100 for at stabilisere drivhusgasserne i atmosfæren ved tre forskellige mål (farvede linjer). Den **sorte linje** er et referenceforløb baseret på **ingen klimapolitik**. De estimerede (median)-sandsynligheder for at begrænse den globale opvarmning til maksimalt 2 °C er angivet for de tre stabilisationsmål.

I figuren ovenfor er vist 4 forskellige scenarier. Det første scenarium baseline-scenariet viser hvad der vil ske med udledningerne hvis vi fortsætter uforandret.

De tre andre scenarier viser hvordan udledningerne burde forløbe, hvis der skal være hhv. 15, 50 og 75 sandsynlighed for at den globale gennemsnits-temperatur ikke stiger mere end 2° C.

Det ses af figuren, at der skal **negative** udledninger til, for at opnå en koncentration af CO₂-ækvivalenter i atmosfæren, på 400 ppm. Det kræves altså, at man udvikler teknologi, der kan fjerne allerede ophobet CO₂ fra atmosfæren. Alle scenarier kræver, at der sker stor teknologisk udvikling, for at kunne opnå så lave udledningsniveauer.

Med venlig hilsen

Niels Hoffmeyer (3602)/Mette Bjerrum Koch(5537)