

Miljø-Tema



FREMTIDENS KLIMA?

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Miljø-Tema nr. 2, 1990

FREMTIDENS KLIMA?

Jens J. Kjærgaard
Jes Fenger

Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Indhold

En ny verden - forord	3	Maskiner som spåmænd - men det er svært at spå om fremtiden	34
Drivhuseffekten og den sorte gryde - et problem i citater	4	Sort vinter. Måske ingen sne i Danmark, men forskerne er uenige om nedbørens fordeling	36
Den globale vækst - i befolkning og energiforbrug	6	Er temperaturen steget? Målingerne giver modstridende resultater	38
Jordens atmosfære - dens oprindelse og sammensætning ..	8	Klimakatastrofer. Ikke noget bevis på forøget drivhuseffekt, men et varsel om hvad vi risikerer	40
Ozon oppe og nede - uundværlig i stor højde og skadelig i lav	10	Danmark og alt det udenom - med en ændret natur og dyreverden	42
Hvad er drivhuseffekten? - En forudsætning for liv på Jorden og ikke nogen ny opdagelse!	12	Verdens fødevarerproduktion - er truet af drivhuseffekten, men bidrager selv til den	44
Dansk klimaforskning. Boringer i is og havbund. Blomsterstøv og kileskrift	14	Dansk landbrug - som måske skal omlægges og som vil få problemer med skadedyr	46
Hvad ved vi om Jordens klima - i historisk og forhistorisk tid?	18	Syndflodsprofetier - som er blevet mindre dramatiske, men stadig er foruroligende mange steder i verden	48
Hullet i himlen. Nedbrydningen af ozon i stratosfæren, over Sydpolen og måske også Nordpolen	20	De danske kyster - som kan give problemer med oversvømmelse, nedbrydning og mindskede grundvandsreserver	52
Kulstofkredsløbet. Kompliceret og endnu ikke fuldt forstået, men det er indiskutabelt, at atmosfærens indhold af kuldioxid stiger	24	Vor fælles fremtid - i industri og udviklingslande	54
Verdens energiproduktion og forbrug - som kan blive afgørende for morgendagens klima	26	Fremtidens Danmark - med omlægnings- og besparelser i energisektoren	56
De tropiske skove - og vore egne. Fældning og afbrænding af skove frigør kuldioxid, men man kan også dyrke brændsel, en form for biologisk vedvarende energi	28	Det internationale samarbejde - om forskning og forureningsbegrænsning	58
Varm luft fra tankvæget. Methan kommer ikke alene fra drøvtyggere, men også fra rismarker, kulminer, lossepladser og mange andre steder	30	Litteratur	60
Biler og køleskabe er værre end køer	32		

En ny verden

Det ville være let at male Fanden på væggen i en bog om drivhuseffekten. Forhåbentlig vil teksten vise, at problemerne er mere udviklede, end man umiddelbart må formode.

Der ville være bred appel i en skildring af en ny folkevandringstid. Hvem betaler forsikringspræmierne? Hvem vil kystsikre og brødføde Den tredje Verden?

Meget tyder på, at Jordens gennemsnits-temperatur stiger for tiden, skønt vi er godt på vej mod den næste istid. Og den svage opvarmning kan meget vel være et resultat af menneskers flid. Men andre, mere forsigtige videnskabsfolk tøver. Danmark, Færøerne og Grønland er nemlig blevet lidt koldere i de senere år. Måske narrer vi os selv, fordi de fleste målestationer ligger inde i byer, hvor luften i snit er lidt lunere end ude i det åbne land.

Danske forskere er i gang med at indsamle resultater, som kan give myndighederne et grundlag for politisk handling. Det ville være dumt at se tiden an. Jo længere, vi venter, desto dyrere bliver regningen til samfundet.

Hvis det virkelig går så galt, som nogen klimaforskere frygter, må kystlinjerne på alverdens atlas tegnes om i året 2090. Og de politiske landkort får andre farver, hvis en halv milliard mennesker fordrives fra deres hjemland af oversvømmelser, tørke, sult og nød.

Hvirvelstorme fra Den Bengalske Bugt hærger allerede store dele af Bangladesh. Forholdene skal ikke blive meget værre end nu, før landet udslettes som sagnriget Atlantis.

Cirka fire millioner bangladeshi bliver måske økoflygtninge inden der er gået 100 år, påpeger Worldwatch Institute i Washington. Tolv millioner ægyptere må også flygte fra Nilens delta, når en femtedel af det beboelige land overskyldes. Små nye nationer som Tuvalu og Kiribati kan hurtigt forsvinde i Stillehavet, samtidig med, at Maldivernes 1190 palmekransede øer overskyldes af Det Indiske Ocean. Intet punkt er jo højere end to meter.

»Vi frygter det værste. Selv om vi havde råd, ville det være umuligt at sikre vore kyster. Men alle mennesker på Jorden trues af katastrofale klimaforandringer«, siger Maldivernes præsident Maumoon Abdul Gayoom.

Storbyer som Bangkok, Miami, New York, New Orleans og Venedig kan blive oversvømmet. Ejendomsværdien for huse ved Costa Kalundborg og andre danske kystbyer kan også få et dyk. Hvis det går galt. Hvis vi fortsætter med at slippe drivhusgasser ud i atmosfæren.

Jens J. Kjærgaard og Jes Fenger

Drivhuseffekten og den sorte gryde

Der er stor risiko for øko-krige, hvor blodet flyder i gaderne. Vi må afværge katastrofen ved at opstille en ny etik, et ægteskab mellem økologi og økonomi.

*Dr. Mansour Khalid, Sudan
Næstformand i Brundtland-Kommissionen*



Vi opfører os, som om biosfæren, det tynde livbærende lag omkring vor klode, er en kloak, der tåler enhver belastning. Det kan blive en fatal fejltagelse.

*Professor Wilfrid Bach,
Centret for Anvendt Klimatologi, Münster*

Drivhuseffekten er en kendsgerning, og den kan ikke afvendes. Hvis vi fortsætter på katastrofekursen, vil vi hurtigt opleve det voldsomste klimaskift, der er sket i en million år. I bedste fald slipper vi med ændringer uden sidestykke i 10.000 år. Jo længere vi venter, desto skrapere bliver den hestekur, politikerne må skrive recept på. Snart har vi ingen muligheder for at vælge.

*Dr. Irving Mintzer, seniorforsker,
World Resource Institute, Washington*

»Aldrig mere en hvid jul. Kælk, kane, skøjter og ski må nok sættes på museum i fremtidens Danmark. Snedriver og islagte søer kan blive en sjældenhed. Vore børn og børnebørn vil populært sagt leve i en verden med en kæde af milde 1988-89 vintre: Med grønne marker og dampende sort muld under dovne grå regnskyer.«

Bertlingske Tidende om »Drivhuseffekten«

Den nuværende drivhuseffekt er et naturligt fænomen og en nødvendig forudsætning for, at Jorden kan opretholde en temperatur, som tillader liv. De menneskelige aktiviteter giver kun en beskedent stigning i drivhuseffekten, som dog kan blive alvorlig nok. Dette er måske nok politisk en ny erkendelse - men ikke videnskabeligt.

W. W. Kellogg: Mankind's Impact on Climate

Drivhuseffekten er en af de ældste ubekræftede meteorologiske teorier.

*Professor Aksel C. Wiin Nielsen,
tidl. direktør for Meteorologisk Institut*

Jeg frygter, at menneskeheden må til at optræde som læger og sygeplejersker for en syg planet. Vi har opført os på en måde, der kan dømme vore børnebørn til døden. Arter, der ikke opfører sig ordentligt, må forsvinde. Men måske er Moder Jord tjent med en »afslusning«.

James Lovelock, forskeren bag Gaia-teorien

Mange danske forskere er allerede i gang med relevante klimaundersøgelser, og nu er det væsentligt at sikre et tværfagligt samarbejde, så resultaterne hænger logisk sammen og giver grundlag for politiske beslutninger. Målet må være at få udviklingen til at forløbe så langsomt som muligt, samtidig med, at vi forbereder os på de forventede ændringer. Skulle det hele vise sig at være falsk alarm, kan den indsamlede viden bruges i alle tilfælde.

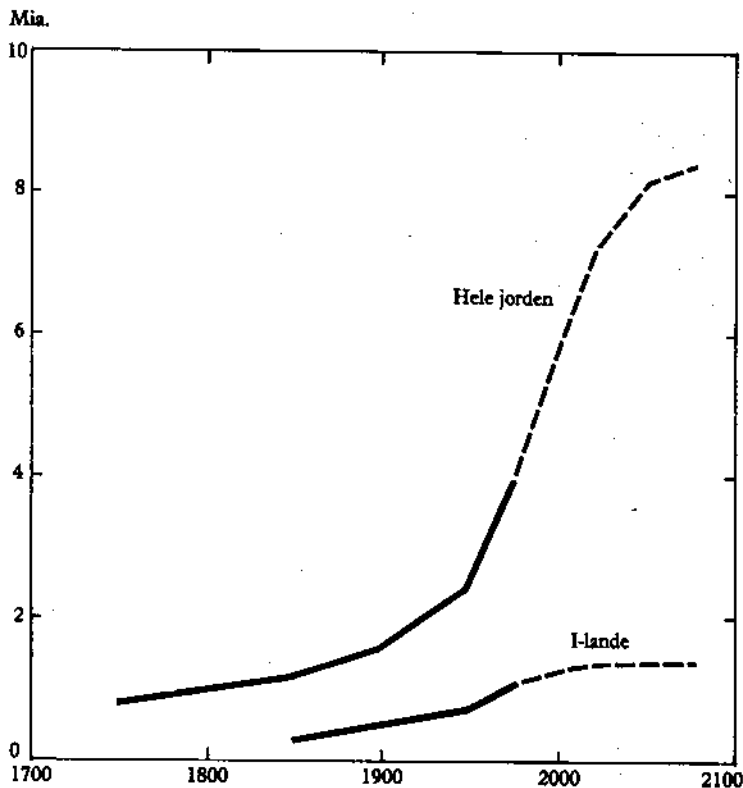
»Drivhuseffekten«, Jørgen Fiskers Forlag, 1989

Hvis du henter en frø i gadekæret og kaster den i en pøs varmt vand, hopper den straks op. Anbringer du derimod frøen i koldt vand, over lavt blus på komfuret, bliver den ganske roligt siddende, indtil den koger ihjel i den sorte gryde. Paddernes sanseapparat er nemlig groft, det kan kun måle store temperaturforskelle, ikke gradvise forandringer. Sådan er frøer skabt, gennem millioner af års udvikling, fordi de ikke under normale omstændigheder har behov for at registrere de små ændringer. Mennesket kan på mange måder sammenlignes med frøen i den sorte gryde. Vi finder det svært at forholde os til snigende trusler, skønt vores forstand fortæller, at det kan gå forfærdelig galt.

New Scientist, 17. juni 1989



Befolkningstallets udvikling kan selvfølgelig kun forudsiges med stor usikkerhed, men intet tyder på en afmæring før slutningen af næste århundrede. Væksten er størst i udviklingslandene.



Den globale vækst

Ved istidens slutning for 12.000 år siden levede der 10 mill. mennesker på Jorden, i dag har befolkningstallet passeret fem milliarder, og det er sandsynligt, at det stiger til 10 milliarder i løbet af det kommende århundrede. Udtrykket befolkningsekspllosion er meget dækkende.

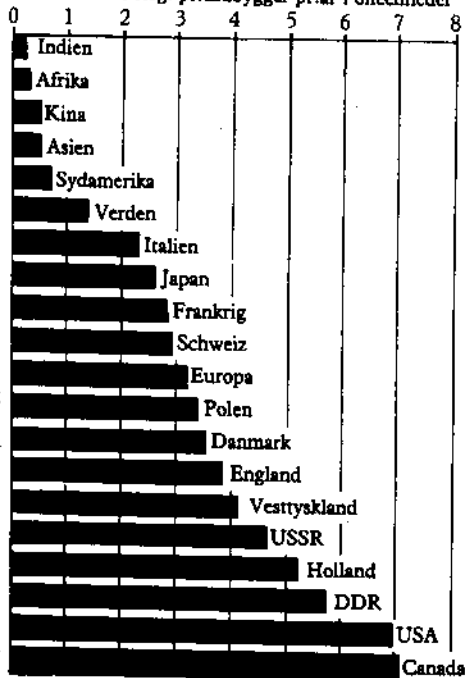
Tilvæksten er størst i udviklingslandene, men det hører med i billedet, at en vesterlænding forbruger mere energi end 10 indere.

I begyndelsen af 70'erne iværksatte FN en meget omstridt aktion. Med alle midler skulle indere og andre U-lændinge overtales til at bruge kondomer. På den store Victoria Banegård i Bombay stod dr. Datta Pai og tog imod mænd, der kom ind med firetoget. Bliv steriliseret her og nu. Operationen foregik bag et forhæng på stationen.

Men kampagnen hjalp næppe stort. Befolkningstallet stiger stadig. En af de indiske topembedsmænd i FN kunne forklare, hvorfor det er sådan. Vi formerer os ikke længere som rotter, men vi dør heller ikke som fluer, sagde han sarkastisk, med brod mod den rige verdens fordomme.

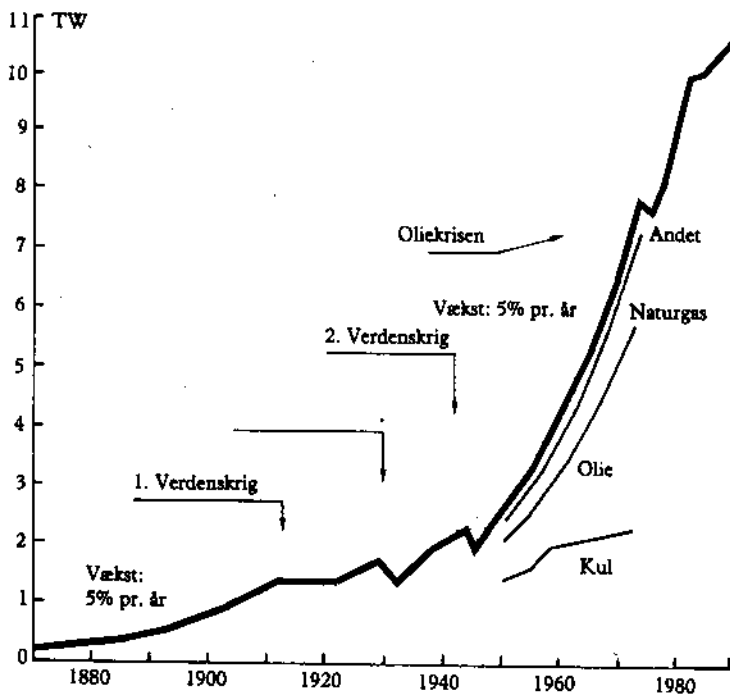
Problemet er ømtåleligt, dets løsning strider mod følsomme kulturelle og religiøse normer. Den katolske kirkes afvisende holdning gør ikke sagen lettere.

Kommerciel energi pr.indbygger pr.år i olieenheder



Energiforbruget pr. indbygger er vidt forskellig kloden rundt, ca. 20 gange højere i de højt industrialiserede nationer end i de fattigste udviklingslande. Kurverne afspejler tildels levestandarden, men behøves for opvarmning og transport samt effektivitet spiller ind. Bemærk fx det høje forbrug i det tidligere DDR.

Verden totale energiforbrug stiger meget hurtigere end befolkningstallet. Globale kriser som f.eks. verdenskrige har hidtil kun givet en kortvarig opbremsning. Fossile brændsler har været absolut dominerende.



Jordens atmosfære

Da amerikanske astronauter kredsede omkring Månen, læste de Skabelsesberetningen og andre bibeltekster højt for millioner af lyttere. Synet af vor blå og grønne planet, der svæver som en oase i rummet, talte umiddelbart til deres religiøse følelser. Kendsgerningen er jo, at Jorden er den eneste kendte klode med liv. Måske er vi alene i Universet. I hvert fald er der ikke håb om at finde venner andre steder i solsystemet.



Venus er en død planet, atmosfæren er næsten 500 grader varm. Måske har der i tidernes morgen været oceaner og muligheder for liv. Men nu har en løbsk drivhuseffekt gjort Jordens søster til et sandt helvede. Mars er hundekold og hyllet i støvstorme. Studiet af dette fænomen inspirerede for nogle år siden den verdenskendte amerikanske astrofysiker Carl Sagan til at fremsætte en teori om, at en krig på kernevåben kunne føre til en atomvinter, hvor de fleste, som overlevede ildstormen, ville fryse og sulte ihjel.

De kemiske formler, som rumstyrelsen NASA udviklede for at forstå den bizarre Venus-atmosfære, er også fremført i advarsler om udtyndingen i Jordens ozonlag. Populært sagt den solbrille, som beskytter os mod Solens skadelige ultraviolette stråling.

Kort efter Jordens skabelse for ca. 4600 mill. år siden var atmosfæren sikkert en ustabil blanding af brint og helium med små mængder methan, ammoniak, vand, kultveilde og kvælstof. Det er livets udvikling, med andre ord kulstofkredsløbet, som har iklædt vor klode en iltrig atmosfære.

Ilt er en dødelig gift for de methan-dannende mikrober, hvis storhedstid sluttede for to milliarder år siden, da nye livsformer blomstrede frem, alt imens Jordens atmosfære skiftede karakter. Bakterierne gik i eksil de mærkeligste steder. I koraller, i sumpområder og i dyrenes tarmsystem. I 1982 påviste videnskabsfolk fra USA, Vesttyskland og Kenya, at bakterier omdanner broderparten af termitternes celluloseholdige måltider til CO₂ og methan.

Atmosfærens sammensætning i renluftområder

Konstant indhold

Ilt	$20,95 \cdot 10^{-2}$
Kvælstof	$78,08 \cdot 10^{-2}$
Argon	$0,93 \cdot 10^{-2}$
Neon	$18,2 \cdot 10^{-6}$
Helium	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Krypton	$1,1 \cdot 10^{-6}$

Variabelt indhold

Kuldioxid	$340 \cdot 10^{-6}$
Methan	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Ozon	$30 \cdot 10^{-9}$

Meget variabelt indhold

Kulilte	$0,1 \cdot 10^{-6}$
Kvælstofdioxid	$1 \cdot 10^{-9}$
Lattergas	$0,3 \cdot 10^{-6}$
Ammoniak	$2 \cdot 10^{-9}$
Svovldioxid	$0,3 \cdot 10^{-9}$
Svovlbrinte	$0,2 \cdot 10^{-9}$

Indholdet er angivet i volumendel. Desuden er der forskellige kulbrinter og varierende mængde vanddamp.



Ren naturlig atmosfærisk luft består af knap 21% ilt, ca. 78% kvælstof og knap 1% argon. Desuden er der andre stoffer i meget beskædne mængder. Mange af dem ville i større koncentration blive betragtet som forureninger. Det gælder for svovldioxid, ammoniak, kvælstofdioxid og mange kulbrinter.

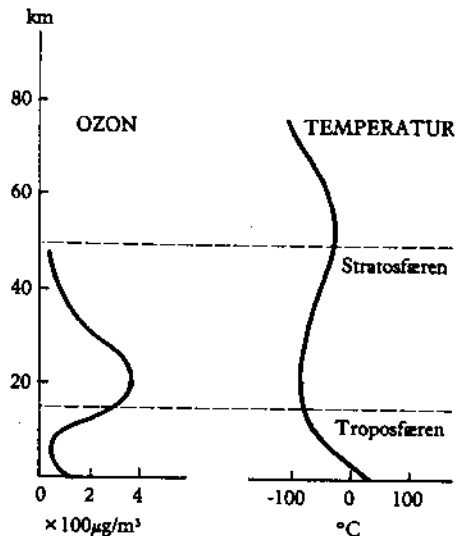
I Jordens tidligere historie spillede vulkanudbrud en stor rolle ved dannelsen af atmosfæren. Senere har de grønne planter, der gennem fotosyntese omdanner kuldioxid til ilt, været afgørende.

Ozonlaget

Ilt findes normalt som molekyler med to atomer. Men der findes en anden form, ozon, med tre. Den er mere reaktiv og har et andet absorptionsspektrum.

Ozon opstår ved, at ultraviolet stråling med en bølgelængde under 290 nanometer slår iltmolekyler især, så de enkelte atomer kan finde sammen i andre arrangementer.

Processen kræver ikke alene ilt og uv-stråling, men også et neutralt stof, der kan optage impulsoverskud. Da luften bliver tyndere i højderne, samtidig med, at uv-strålingen tager til, er der lagt loft over ozondannelsen, som især foregår 20 km over Jorden. Det såkaldte ozonlag er altså ikke et egentligt lag, men et udtryk for forskelle i koncentrationen.



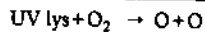
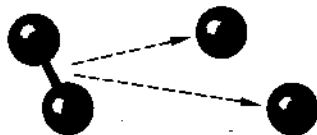
Ilt  Formel: O_2

Ozon  Formel: O_3

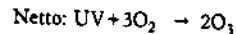
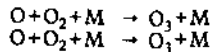
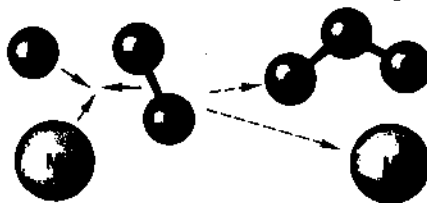
Ozondannelsen sker i to skridt

1. Spaltning af O_2 i 2 O-atomer

Lys



2. O kobles til O_2
Men en 3. stødpartner (M) er nødvendig



Ozon er en sjælden luftart. Presset sammen til et tryk, svarende til det der er ved jordoverfladen, vil ozonlaget blot være tre millimeter tykt. En hundredede millimeter hedder en Dobson-enhed. Tre millimeter er altså 300 Dobson-enheder.

Vi skal være glade for denne ozon, som skærmer os for de sundhedsfarlige ultraviolette stråler. Da Jorden var ung, var UV-strålingen langt højere, og det kan have bidraget til livets opstiden. Men situationen har ændret sig.

Laget har en anden væsentlig funktion. Generelt falder temperaturen med højden, men ozonen absorberer varme og lægger populært sagt låg på gryden. I fagsproget kaldes det en temperaturinversion, mægt til den, som kan forværre storbyernes forurening.

Sagt på en anden måde: Egentlig dannes der ikke ozon i stratosfæren, det er ozonen, der laver stratosfæren. Var der mindre ozon, ville gryden miste låget, og så bliver vejrfænomenerne meget voldsommere.

Ozonforureningen



I lav højde dannes ozon på en helt anden måde, nemlig ved vekselvirkninger mellem kulbrinter og kvælstofilter. Kemisk set er stoffet det samme, men hernede kan vi ikke lide det. Det angriber materialer og er en væsentlig årsag til skovdød.

På Danmarks Miljøundersøgelser udsættes forskellige planter for ozonpåvirkning i særlige drivhuse uden tag (åben top kamre) for at studere effekterne.



Hvad er drivhuseffekten?

I de senere år har det vist sig, at en række stoffer, som man hidtil betragtede som ganske harmløse, kan stille menneskeheden over for hidtil usete miljøproblemer.

Atmosfæren er en helhed, hvor alle processer vekselvirker.

Klimaet har ændret sig mange gange i menneskehedens historie og bratte forandringer har haft afgørende betydning på en række områder. Det er imidlertid første gang, klimaændringer er forudset og tilskrevet menneskelige aktiviteter.

Vi har derfor også for første gang mulighed for at forholde os til udviklingen og for at påvirke den.

Ordet drivhuseffekt blev anvendt allerede i 1827 af den franske matematiker Fourier, da han blev opmærksom på, at nogle af atmosfærens luftarter kunne tilbageholde solvarmen.

De vigtigste stoffer, der bidrager til forøgelse af drivhuseffekten. Kuldioxid er den vigtigste, men kun ansvarlig for halvdelen af effekten. Bemærk, at CFC-forbindelserne kun optræder i meget lille koncentration, men de er så effektive, at de alligevel spiller en betydelig rolle. Foreløbig har det også været dem, der udviste den største stigning.

	Koncentration i 1985 ppm	Årlig vækst %	Atmosfærisk levetid år	Relativ effektivitet CO ₂ ~ 1	Relativt bidrag %
Kuldioxid	346	0,4	4	1	50
Methan	1,7	1,0	10	32	19
Lattergas	0,3	0,3	150	150	4
Ozon	0,02	0,5	0,1	2.000	8
CFC'er	0,001	~ 5	100	15.000	17

I 1896 regnede den svenske kemiker, nobelpristageren Svante Arrhenius sig frem til, at temperaturen ville stige 5-6 grader, hvis udslip fra industriens kulfyrede maskiner fordoblede atmosfærens indhold af kuldioxid. Og omtrent samtidig udforskede amerikaneren T.C. Chamberlin forbindelsen mellem istider og ændringer i lufthavets sammensætning.

I 1938 antydede den britiske videnskabsmand George Callendar, at menneskeheden uden at ane det havde indledt et fysisk forsøg med global opvarmning. Eksperimenter udført på Scripps Institute of Oceanography i Californien viste i 1957, at halvdelen af kuldioxid-udslippet bliver i atmosfæren. Året efter oprettede forskeren David Keeling en målestation for CO₂ på Hawaii, højt oppe i bjergene, hvor luften er ren.

I 1984 viste analyser af iskerner fra Grønland og Antarktis, at atmosfærens indhold af CO₂ lå på ca. 280 ppm i tusinder af år, indtil industrialiseringen tog sin begyndelse.

Fra Hawaii kunne Keeling i 1988 rapportere en stigning i luftens indhold af kuldioxid, fra 315 ppm i 1958 til 349 ppm. Samme år oplyste dr. James Hansens forskergruppe i Washington, at klodens gennemsnitstemperatur er steget med en halv grad. Politikerne lyttede opmærksomt. Ifølge en ubekræftet anekdote fik de sved på panden,

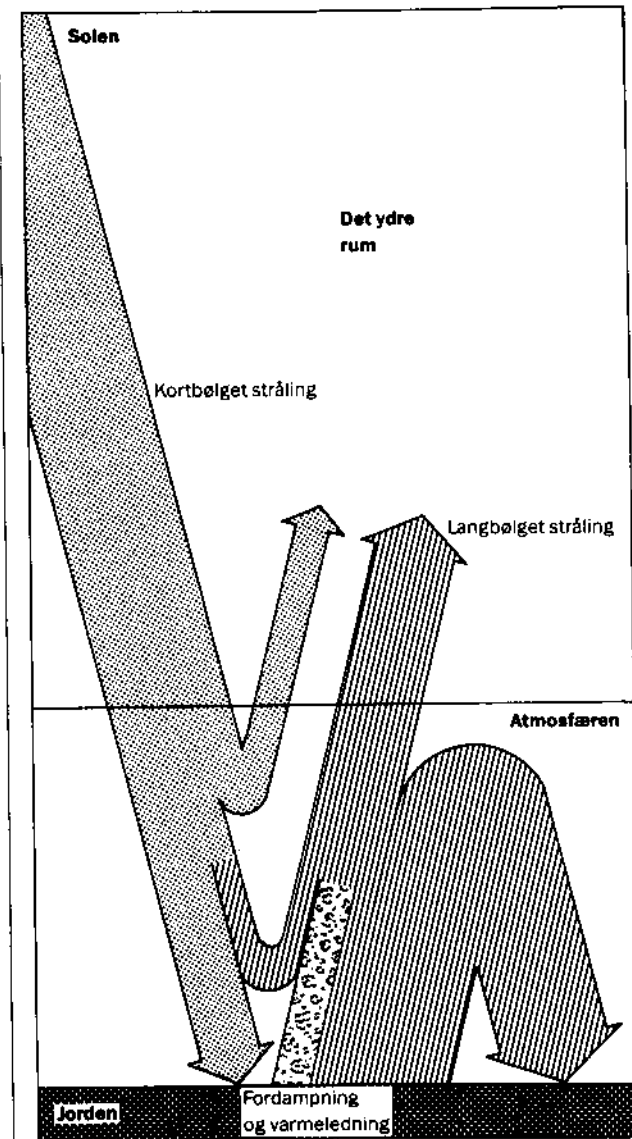
fordi forskeren havde afbrudt indeklima-anlægget.

I midten af 50'erne havde videnskabsmænd omsider fået rådighed over elektroniske regneanlæg, som kunne håndtere store datamængder, og straks tog de fat på at udvikle grove, men dog brugbare matematiske modeller af klimaet. I erkendelse af, at menneskeheden var i færd med at gennemføre «et geofysisk fuldskala-eksperiment».

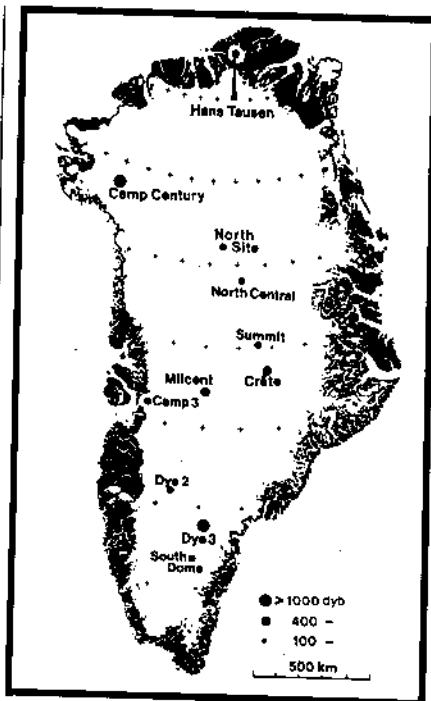
Med andre ord: Hele jordkloben og alt dens liv er inddraget i et delvis menneskeskabt forsøg, hvis slutresultater er aldeles ukendte.

Jordens temperatur er resultatet af en kompliceret balance mellem energien i den indkommende solstråling og en udgående varmestråling. Solens stråler er kortbølgede og går ret let gennem atmosfæren, mens det meste af den udgående stråling er langbølget og bremses i atmosfæren. Derfor er temperaturen godt 30 grader højere, end hvis der ikke havde været nogen atmosfære. Det er en af forudsætningerne for at der kan være liv på jorden. De vigtigste «drivhusgasser» er - foruden vanddamp - kuldioxid, freon, metan og lattergas. Med den stigende forurening bliver atmosfæren bedre til at bremse udstrålingen, og der sker en langsom opvarmning.

*Læs mere om kuldioxid på side 24,
om metan på side 30,
om ozon på side 11 og
om CFC på side 33.*



Boring i den grønlandske indlandsis.

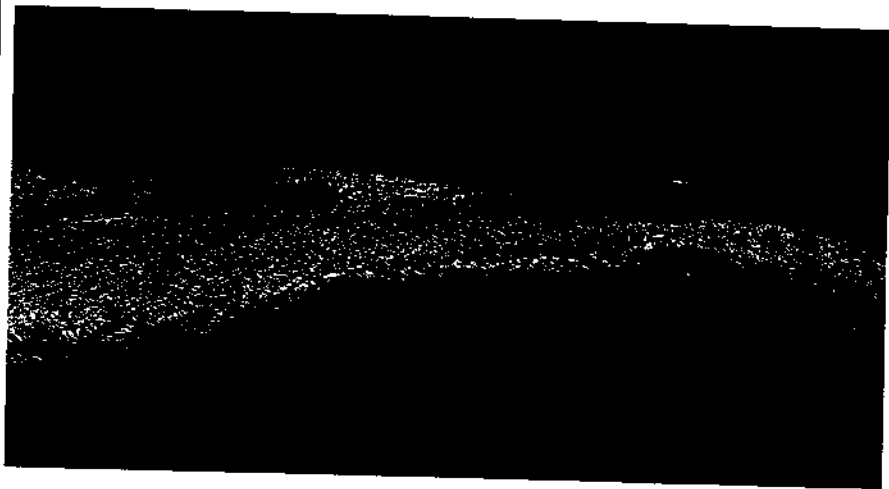


Dansk klima-forskning

Små 50 mill.kr. koster det at bore hul i den grønlandske indlandsis ved Summit, hvor den er tykkest eller dybest, men det er penge værd, for en tre kilometer lang iskerne vil give detaljerede oplysninger om klimaændringer gennem hundredtusinder af år. Oplysninger, der ikke kan fås på anden måde.

Isens vækstlag ligner årringe i et stort træ og giver informationer, som er nyttige og aktuelle i en tid med debatter om menneskeskabte huller i ozonlaget og øget drivhuseffekt.

Projektet kommer for alvor i gang i 1990, ledet af professor Willi Dansgaard og civilingeniør Niels Gundestrup. I fagkredse kaldes det GRIP - Greenland Icecore Project.



Indlandsisen tyd for Sdr. Strømfjord i juli.



*Professor Willi Damsgaard med
boreprøver fra indlandsisen.*

Forskere fra flere europæiske lande deltagere i boringen, især videnskabsfolk fra Schweiz, Frankrig og Vesttyskland.

Amerikanerne vil også bore gennem isen ned til urfjeldet. Det sker 30 km fra den danske lejr, og de to projekter supplerer hinanden ganske storartet.

USAs boring kaldes GISP II, det er en fortsættelse af det første Greenland Ice Sheet Program, den 2038 meter dybe danske boring ved radarstationen DYE 3 i 1979-81, foretaget i nært samvirke med forskere fra USA og Schweiz.

Boringerne ved DYE 3 viste 13 graders

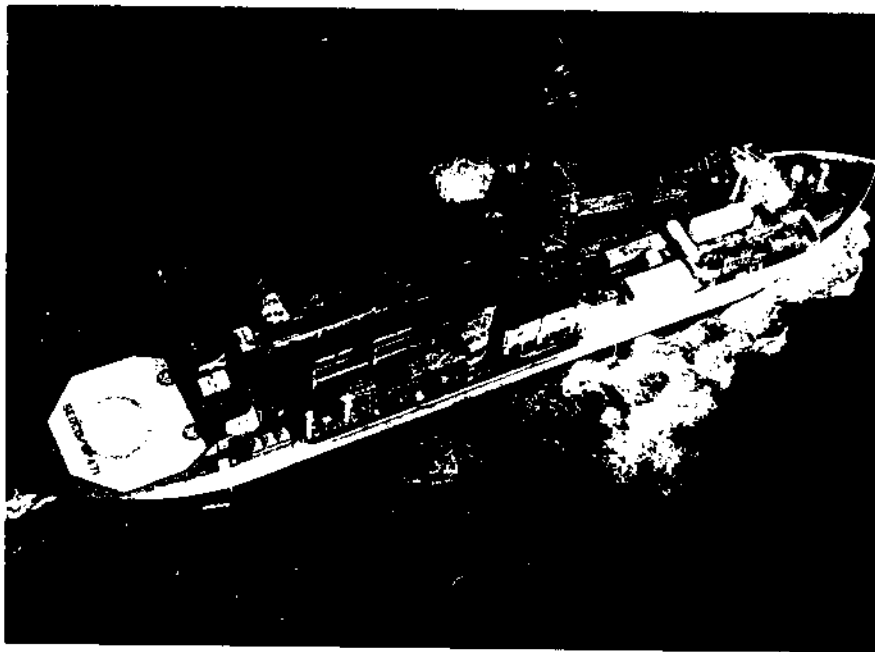
kulde i en dybde, hvor teoretikere forventede en temperatur på minus 7. Forklaringen er enkel, påviser Dorte Dahl-Jensen i en licentiatafhandling. Sidste istids kulde ligger endnu dybt i Bræen.

Isen under Summit er måske den ældste i verden. De nederste, tæt pakkede lag kan være sne, som faldt for en million år siden, påpeger Willi Damsgaard.

Tidligere undersøgelser har bekræftet, at den grønlandske kyst virkelig var grøn og fager under Erik den Rødes landnam. Navnet Grønland var ikke blot fiffig reklame for at lokke flere nybyggere til.

Boreskibet »Joides Resolution«. Skibet er 143 m langt og 21 m bredt. Boreårnet hæver sig mere end 60 m over havoverfladen.

Et særligt computer-kontrolleret styresystem holder skibet i en fast position under boringer på vanddybder op til ca. 8 km.



Danmark deltager i et internationalt projekt, Ocean Drilling Program - ODP, som henter borekerner op fra bunden, de fleste fra flere km havdybde. Studierne af borekerne giver en chance for at følge klimaudsving over tidsspand på mere end 60 mill. år.

ODP, der kom i gang i 1983 og løber til 1993, er en forlængelse af det store Deep Sea Drilling Project, som gennemførte over 1000 boringer i verdenshavene, bl.a. ved Færøerne og Grønland.

I oceanernes bundlag ligger myriader af kalkskaller fra døde encelledede slimdyr. Kalkens indhold af iltisotopen ^{18}O taler deres tydelige sprog om temperaturer og vækstvilkår i fortidens have. Og om ændringerne i klodens kultveiltre-budget, fortæller geologen

Naja Mikkelsen, der varetager Danmarks interesser i ODP-programmet.

Set med geologers øjne er havbunden utrolig ung, intet sted på kloden er den mere end ca. 200 mill. år. Derimod er de ældste dele af de vandrende kontinenter skabt for godt fire milliarder år siden.

Forskerne henter på togterne med boreskibet »Joides Resolution« ny viden om fastlandenes rokader. Indien passerede eksempelvis Ækvator for 12 mill. år siden på kollisionskurs mod Asien, og dette sammenstød fik Himalaya-kæden til at tårne sig op. Opdagelsen har givet større forståelse af de strømsystemer, der i dag hersker i Det Indiske Ocean.

Blomsterstøv og kileskrift

Klimaets ændringer gennem de sidste 20.000 år kan også aflæses ved at studere pollen, dvs. blomsterstøv, som er aflejret og bevaret i mosernes sure, iltfattige dynd.

Kyndige folk kan let kende forskel på pollen - og deres mængde giver et rimeligt billede af plantelivet i fortiden. Resultater fra pollen-analyser fra Danmark tastes nu ind i en stor database, oprettet af ESF, sammenlutningen af europæiske forskningsråd.

Vidnesbyrd prentet for årtusinder siden med kileskrift og hieroglyffer giver også fingerpeg om klimaændringer. Skatteregnskaber på mesopotamiske lertavler viser, at høsten falder senere og senere over en langvarig periode. Faraos drøm om de syv magre køer, der åd de syv fede, kan let tolkes som en beretning om misvækst. Der er også kildeinformation i vore egne beretninger om Oluf Hungers korte ulykkelige regeringstid.

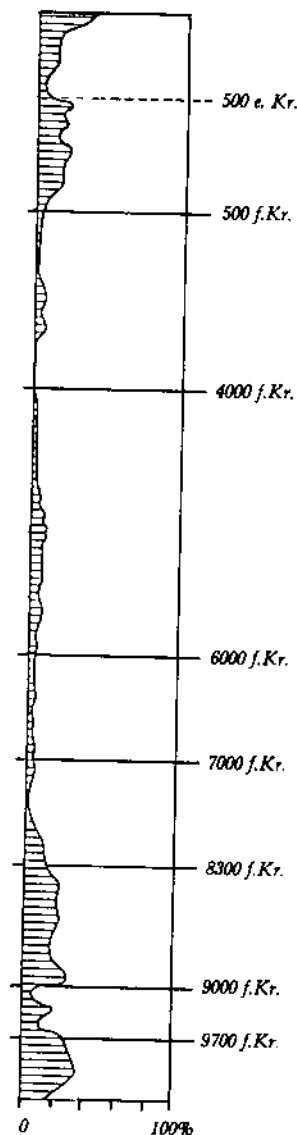
Oluf Hunger (1085-95) blev formentlig ofret for at akaffe landet frugtbarheden tilbage efter et års misvækst. Ikke et ord siger, hvor han er gravlagt. Måske blev han parteret og fordelet på de gule jorder rundt om i Danmark.

Vi kender det danske vejr, når krønikerne siger, at sommeren igennem brænder solen agrene, så kornet ikke trives, det svides bort på den støvtere jord, men når høsttiden kommer, åbner himlen sine sluser, vandene styrter ned over markerne, alt sejler i søle, lave agre bliver søer, de højere plørede sumpe, kornet rådnar, og de sølle strå skæres fra båd, man stager sig fra aks til aks.

Palle Lauring, »Valdehavernes

Kurven viser mængden af græs-pollen gennem de sidste ca. 12.000 år beregnet i procent af alt pollen. Kurven afspejler hvor åbent landskabet har været, idet der i perioder med skovdække kun har kunnet vokse lidt græs i træernes skygge.

I tiden før 4000 f.Kr. blev mængden af skovtræer hovedsageligt bestemt af sommertemperaturen, men i de sidste 6000 år overskyggede menneskets skovrydninger eventuelle klimabestemte ændringer: 8300 - 9000 f.Kr. og tiden før 9700 f.Kr. samt to varme perioder med skovdække: 9700 - 9000 f.Kr. og 8000 - 4000 f.Kr.



Hvad ved vi om Jordens klima

Utroligt nok ville Grønland ikke fryse til igen, hvis indlandsisen forsvandt ved et trylle-slag. Man skal op i godt 1500 meters højde, før tilgangen af sne er større end afsmeltningen.

Nedbøren kommer til dels som fugt fra de varme lande. Surt nedfald, der registreres i isens indhold af svovl, vidner om fortidige vulkanudbrud, bl.a. om Santorin eller Thera, hvis eksplosion for ca. 3500 år siden gav næring til myterne om Atlantis. Men katastrofen i Tjernobyl har også sat sig spor i isens vækstlag.

Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) har i 80'erne foretaget mange opmålinger af gletcherbevægelser i det sydvestlige Grønland som led i et projekt, der skal vise, om vandkraften kan udnyttes.

Jordens temperatur har varieret gennem tiden. I den seneste million år har det generelt været koldere end nu. Ændringer på 2 grader eller mindre i middeltemperaturen har haft væsentlig indflydelse på livsbetingelserne.

	Nordlige halvklugle °C	Danmark °C
Varmeperioden omkring 1940	+0,25	+0,5
Slutningen af 1800-tallet	+0,4	+1
Den lille istids kulmination i 1600-tallet	+1	+2
Middelaldervarmen 1000-1300 e.Kr.	+0,5	+1
Folkevandringstiden 400-700 e.Kr.	+0,5	+1
Det klimatiske optimum, 7000-4000 år før nu	+1	+2

Isen har flere steder været på retræte over et par hundrede år, mens andre gletchertunger skyder frem, og det er i øjeblikket umuligt at afgøre, om isen virkelig er på tilbage-tog som følge af en verdensomspændende opvarmning.

Isen i polarområdet er blevet meget tyndere i løbet af det sidste tiår, hævder Peter Wadhams fra Scott Polar Research Institute ved University of Cambridge. Han fremlagde i efteråret 1989 materiale, der viser, at havisen nord for Grønland ikke længere er seks-syv meter tyk som i 1976, men kun fire-fem meter.

En del af materialet er indsamlet på togter med britiske undervandsbåde. Den amerikanske marine har givetvis gjort tilsvarende erfaringer, men disse data hemmeligholdes af Pentagon. Oplysningerne afslører, hvor ubådene gemmer sig.

Glaciologen Willi Dansgaard, Geofysisk Institut, Københavns Universitet, tror ikke, at sydpolarlandets iskapper vil skrump, endsiges smelte, selvom temperaturen stiger flere grader. Tværtimod. Der falder nemlig mere sne, end der fordampes. Andre forskere frygter, at is-shelferne over Vestantarktis hopper af som proppen fra en liggende flaske. Noget tyder på, at det skete under forrige mellemistid, den 10.000 år lange lune Eem-periode for ca. 100.000 år siden. Flod-

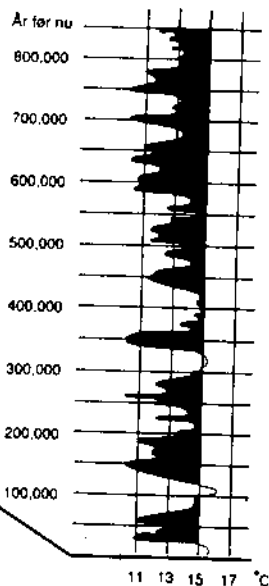
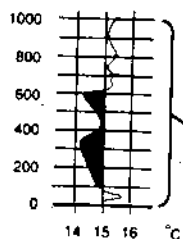


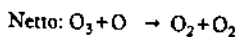
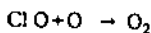
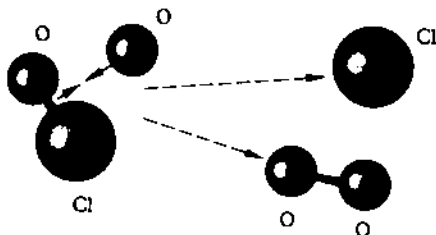
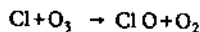
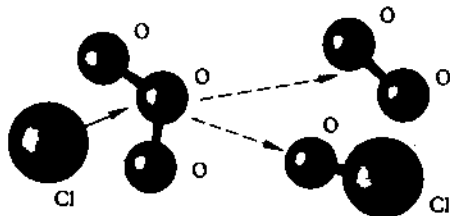
Gennem den sidste million år har Jordens gennemsnitstemperatur svinget fra ca. 5 grader koldere end nu til 1 grad varmere. I den overvejende del af tiden har det været koldere, og der synes at have været mindst otte istider.

heste svømmede i Themsen. Havet stod seks-otte meter højere end nu.

Om en halv snes år vil erfaringerne fra de grønlandske boringer komme til gavn, når de europæiske forskere forsøger at hente en 4500 meter lang iskerne i Antarktis, formentlig i Dronning Mauds Land, hvor isen kan være flere millioner år gammel. Det er dog ikke sikkert, for radarmålinger afslører smeltninger i bunden. Varme fra dybet danner søer under den tykke indlandsis, som er 60 grader kold ved overfladen.

Også i historisk tid har der været klimavariationer. Her ses den svenske hær marchere over de islagte danske bælter.





Ozon i stratosfæren kan nedbrydes af mange forskellige kemiske forbindelser, men de farligste er chlorfluor-carboner (CFC eller freon). I de øvre luftlag spaltes de af solens ultraviolette lys, og der frigøres klor. Et kloratom kan nedbryde mange ozonmolekyler.

Der bruges både ozon (O_3) og iltatomer (O) som kunne have dannet ozon (se side 10).

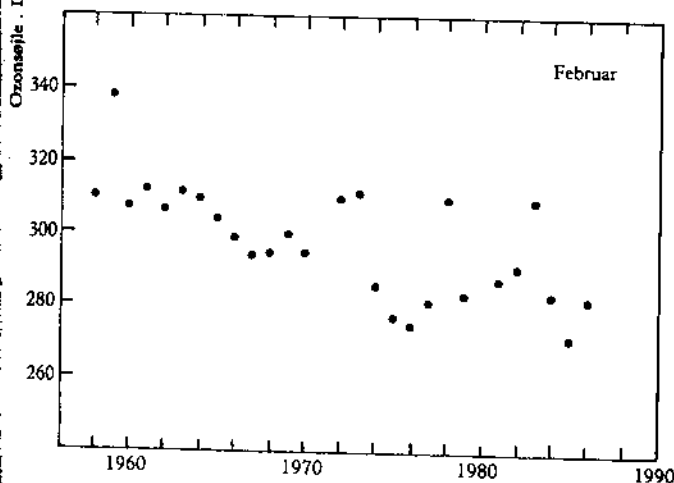
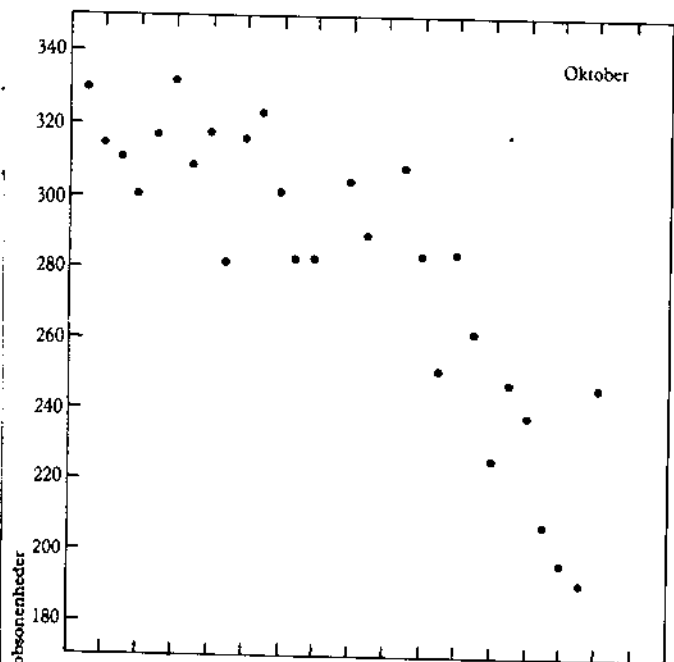
Hullet i himlen

I officielle, miljøministerielle brochurer sammenlignes ozonlaget med solbriller, som beskytter det sarte jordiske liv mod skadelig ultraviolet stråling fra rummet. Hudkræft kan blive en alvorlig trussel for rødhårede og fregnede mennesker, vort immunsystem svækkes, så vi bliver mere modtagelige for infektioner. Hvad værre er, at strålingen kan dræbe havets plankton, det levende svæv, der er grundlaget for fiskeriet, vor fødekædes ellers sikre fundament.

Jordens ozonlag er blevet tyndere, det bekræfter alle målinger, og miljøforkæmpere kan uden at komme i alvorlig konflikt med kendsgerningerne bruge slagord som »Hullet i Himlen«. Uenigheden opstår, når målingernes resultat skal tolkes.

James Lovelock, den kontroversielle og idérige britiske forsker, som er ophav til Gaia-teorien om Jorden som én stor organisme, er *ikke* bekymret over klodens tilstand i firserne. Efter hans opfattelse er det støv og gasser fra vulkanen El Chichon i Mexico, som lavede hullet i himlen, da den gik i udbrud i 1982. Et tilsvarende ozontab kunne måles efter Krakataus brintbombekraftige eksplosion for 100 år siden. Men snart fik Jorden atter solbriller på.

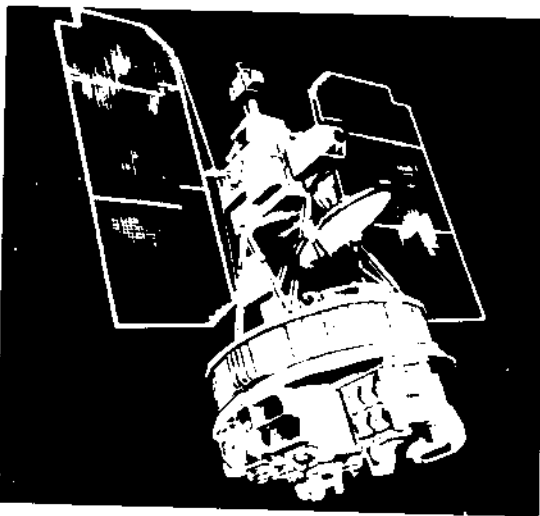
Freon i spraydåser mod armsved, i køleskabe etc. spiller kun en mindre rolle. Mener Lovelock. Men i denne sag er han i mindretal.



På Antarktis har forskere opdaget et voldsomt fald i ozonmængden. Figuren viser den totale ozonsejle målt ved Halley Bay i hhv. fordrsmånedene oktober og i februar. Der måles i Dobson-enheder (se side 11). Umiddelbart virker det ejendommeligt, at ozonhullet optræder på Sydpolen, når udslippet af CFC sker på den nordlige halvkugle, men det kan forklares. Mange forskere peger på, at der i

Antarktis er langt flere skyer i stratosfæren. De dannes i vinterens mørke, hvor temperaturen kommer under minus 80. Man forestiller sig, at kvælstofforbindelser fryser på skypartiklerne og forhindres i at reagere med klor, hvilket ville standse nedbrydningen af ozon. Det er også muligt, at skyerne virker som reservoir for klorforbindelser, som slippes løs, når solen begynder at skinne.

Målinger - bl. a. fra satellitten Nimbus 7 - har vist et fald i atmosfærens indhold af ozon over Sydpolen, men mekanismerne er endnu ikke fuldt forstået.





U-2-fly blev sendt op i stratosfæren for at måle ændringer i ozon-koncentrationen.

De første, som fandt hullet i himlen, var en lille gruppe britiske forskere, som overvintrede i Halley Bugten nær Sydpolen, en videnskabelig forpost i Antarktis. Gruppen havde siden 1957 målt ozon-koncentrationen i stratosfæren med et Dobson spektrofotometer, et godt gammelt prismeinstrument. Ærligt talt troede forskergruppens leder Joseph Farman ikke sine egne øjne, da målingerne i 1984 viste et fald på godt 40 pct. Han vidste, at kurven siden 1977 havde taget et styrtedyk i september og oktober, når det antarktiske forår satte ind. Men 40 pct - det var for utroligt, så meget mere som der ikke var indløbet alarmer fra Nimbus 7, en satellit skræddersyet til at registrere stratosfærens ozon.

Men som samvittighedsfuld videnskabsmand sendte Farman et brev med de utrolige måleresultater til tidsskriftet »Nature«. Det blev modtaget juleaften 1984. Blandt de første læsere var den amerikanske kemiker Susan Solomon, tilknyttet NOAAs Aeronomiske Laboratorium i Boulder, Colorado.

Hun var en af de »ledvogtere«, som skal sikre, at blader ikke dummer sig ved at trykke forhastede, ikke underbyggede budskaber fra overivrige forskere.

Farmans artikel var århundredets scoop på det måletekniske område, men mange fagsæller nægtede at lade sig forbløffe.

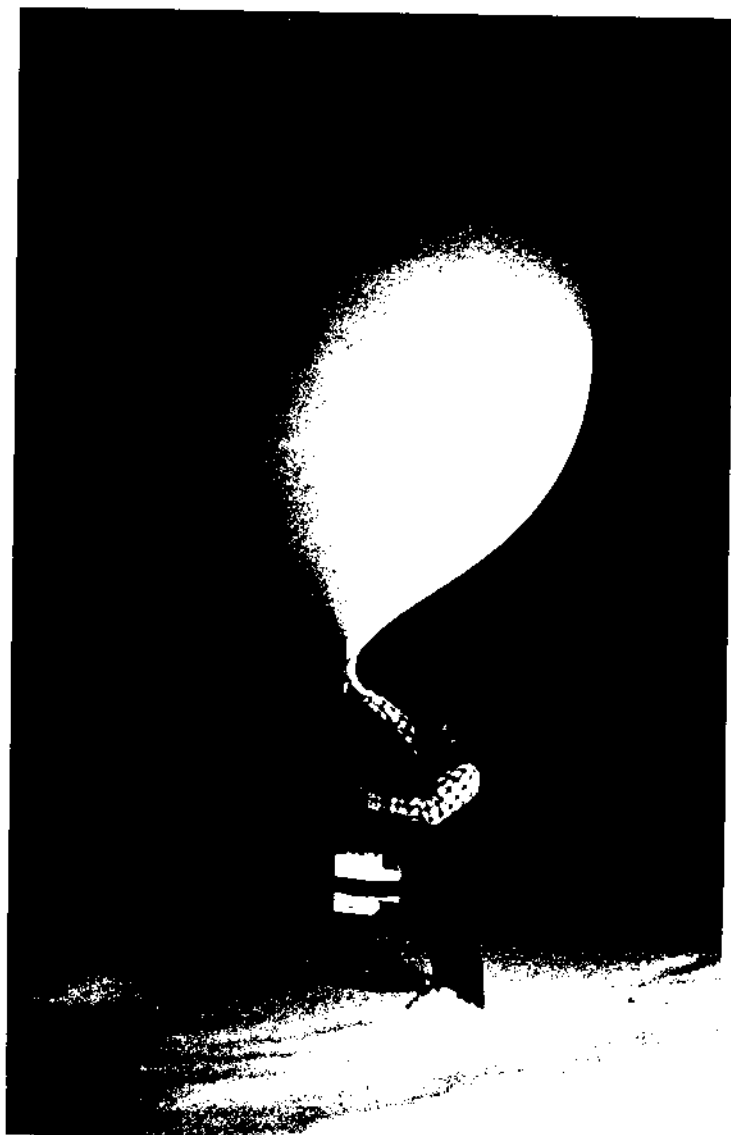
Hvordan kan du tillade en sådan artikel, spurgte de Susan Solomon. Jeg havde intet valg, svarede hun. Farman kunne ikke modbevise med videnskabelige argumenter og atmosfæren er fuld af overraskelser.

Forskerne fra NASAs Goddard Space Flight Center i Greenbelt, Maryland, fik travlt med at se på måleresultaterne fra Nim-

bus satellitten. Og de måtte med røde ører erkende, at den havde registreret et fald gennem de sidste seks år. Men disse data var uberørt af menneskehånd gået videre til en computer, der var indstillet på at forkaste usædvanligt lave ozonværdier som en fejl, en betydningsløs uregelmæssighed. Af dette kan forskere igen drage denne lære: Forvent altid det uventede.

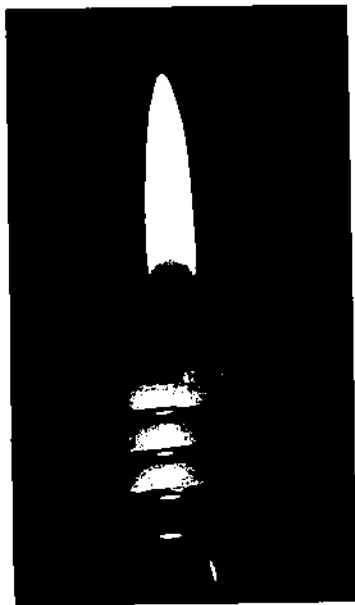
Det er vigtigt at følge udviklingen også på den nordlige halvkugle, hvorfor Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) har indledt ozonovervågning i Grønland i samarbejde med udenlandske forskningsinstitutioner.

Ozonlagets tykkelse måles dagligt bl. a. af den amerikanske satellit Nimbus 7. Ozonens tæthed op igennem atmosfæren måles med balloner. Vinteren 1989 har DMI i samarbejde med NASA opsendt 55 ozonsonder fra Ammassalik og Ittoqqortoormiit (Scoresbysund), og også fremover planlægges målekampagner, på billedet her opsendes en ozonsonde fra Ammassalik.

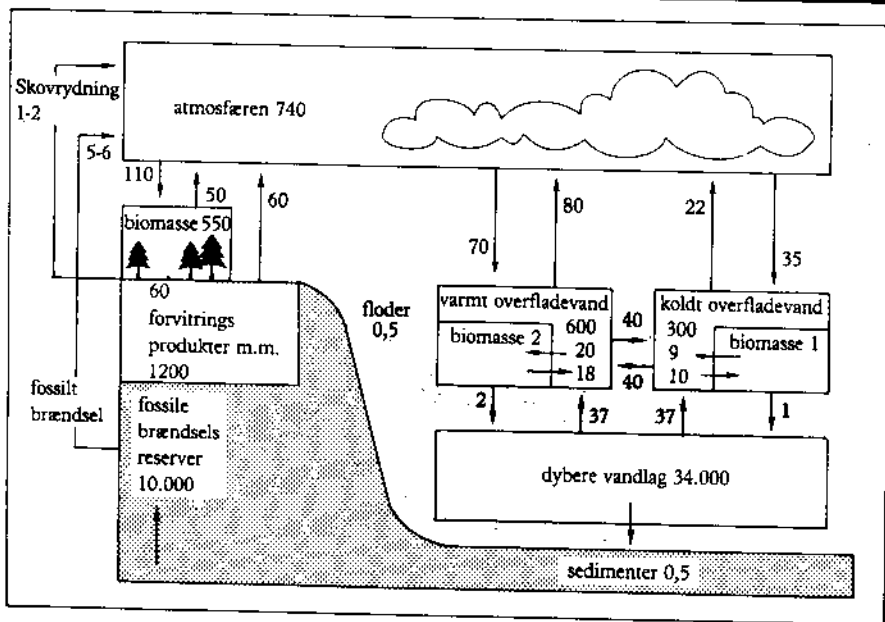
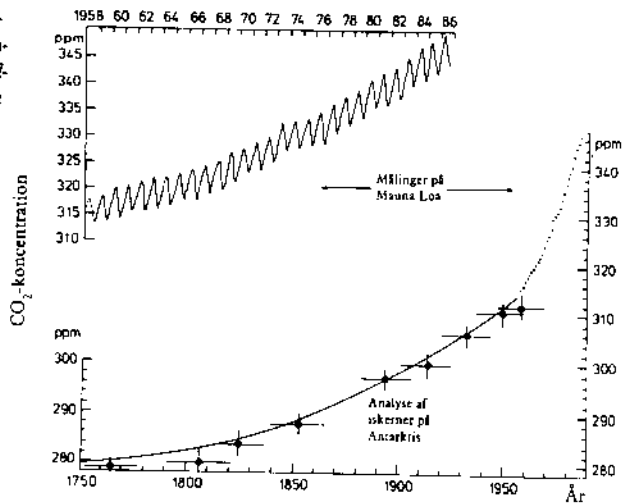


Kulstofkredsløbet

Næsten enhver form for forbrænding giver kuldiioxid, fra en cigaret eller et stearinlys til det største kraftværk.



Det betyder, at atmosfærens indhold af kuldioxid stiger. Siden industrialiseringen i forrige århundrede er koncentrationen steget fra 280 til 345 ppm (millionte dele). Det er en stigning på ca. 25%.

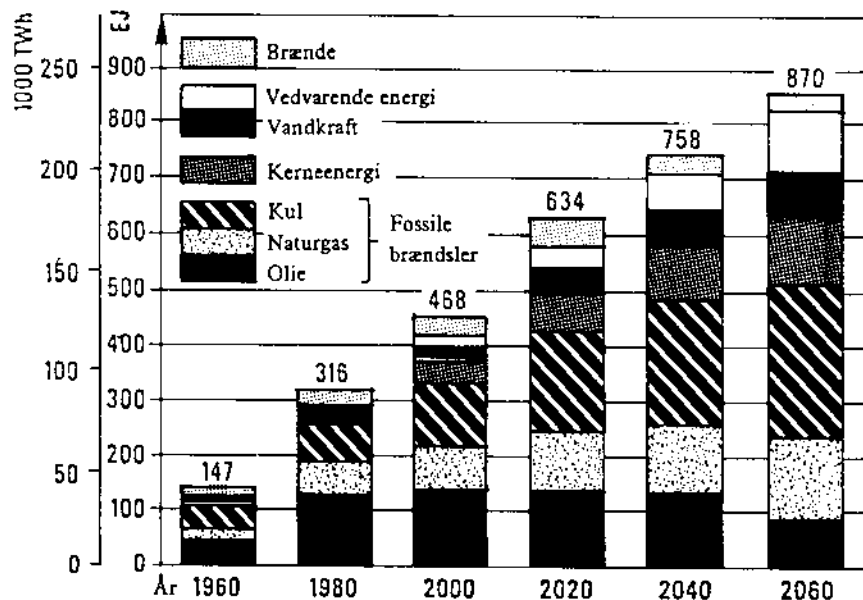


Koncentrationen af kuldioxid i atmosfæren er bestemt af en række udvekslinger mellem land, vand og luft. Der er tale om store stofmængder. Tallene i figuren angiver gigatons, dvs. 1.000.000.000 tons. Afbrændingen af fossilt brændsel giver årligt et bidrag til atmosfæren på 5-6 gigatons kulstof i form af kuldioxid.

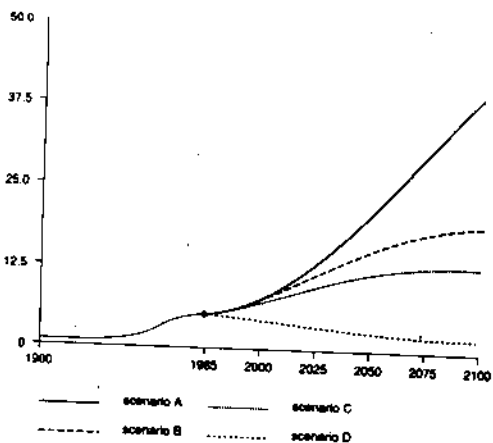
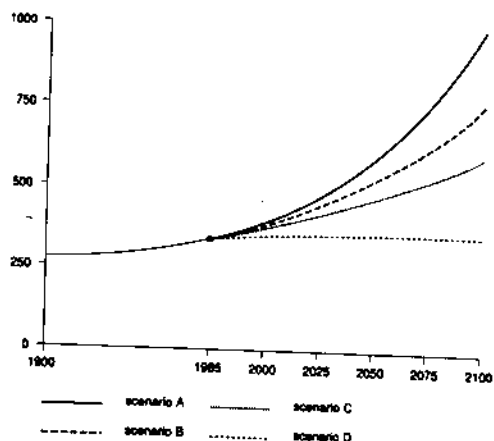
Verdens energiproduktion og forbrug

Kul, olie og gas er fortsat den allervæsentligste årsag til luftforurening, og enhver besparelse vil give bonus. Vi får færre sygedage, sundere luft og færre tæringsskader på bygninger og andet materiel. Og i tilgift sættes der en bremse på de truende klimændringer.

På en verdenskonference i Hamburg i november 1988 fremførtes forslag om, at alle lande - anført af de rige industrialiserede nationer - skulle mindske udslippet af CO₂ med 30% fra år 2000 og 50% fra 2015. De smukke forslag lader sig næppe gennemføre så hurtigt. Ifølge de nyeste fremskrivninger



Der er ikke god overensstemmelse mellem de energiforbrugsprognoser som blev udarbejdet for blot få år siden (her for Verdensenergikonferencen i Cannes 1986) og de mål man sætter sig nu for at modvirke drivhuseffekten.

CO₂ emission (GtC/år)CO₂-koncentration (ppmv)

regner Danmark kun med 20% fald i årene frem mod 2005, og udviklingslande som Indien og Kina har planer om en øget industrialisering, som medfører stigninger på 50-100%.

Vi må altså lære at leve med klimændringerne og deres følgevirkninger, eller affinde os med vidtgående indgreb i den personlige frihed. Herunder en effektiv fødselskontrol. Der kan f.eks. komme »kinesiske« love, som forbyder folk at få mere end ét barn. Hver dansker tegner sig for et årligt CO₂-udslip på små 13 ton, det er tre gange verdensgenomsnittet.

Den fremtidige atmosfæriske koncentration af kuldioxid afhænger af, hvor meget der udsendes. Her er vist fire såkaldte scenarier fra den hollandske »Concern for Tomorrow«.

A. forudsætter en befolkningsvækst til 10 milliarder i år 2100, en global økonomisk vækst på 2% pr. år, og en levestandard i udviklingslandene svarende til den vi i dag har i vesten.

B. forudsætter forskellige internationale tiltag og anses for mere sandsynlig.

C. kræver mere drastiske indgreb på global basis og må anses for det realistiske minimum for kuldioxidudslip.

D. er hvad der vil kræves for helt at fjerne truslen fra drivhuseffekten. Scenariet er ikke særligt realistisk, men kan svare til en verdensomspændende økonomisk depression.

Verdens skovarealer 1980 (millioner ha)

Verdensdel	Egentlig skov	Anden træbevoksning	I alt
Afrika	709	630	1340
Nord Amerika	491	244	735
Meilem Amerika	73	94	167
Syd Amerika	872	253	1125
Asien	492	177	669
Europa	137	42	179
USSR	74	19	93
Oceanien	91	67	158
I alt	3600	1700	5300
% af jordens land-areal	24	11	36

Skovrydning finder sted idag alt overvejende sted i troperne.

Tropernes andel af Verdens skovressourcer er:

Skovtype	Egentlig skov	Anden træbevoksning	I alt
Regnskov	1081	-	-
Savanne skov	854	-	-
Tropeskov ialt	1935	1035	2970
% af jordens land-areal	13	7	20

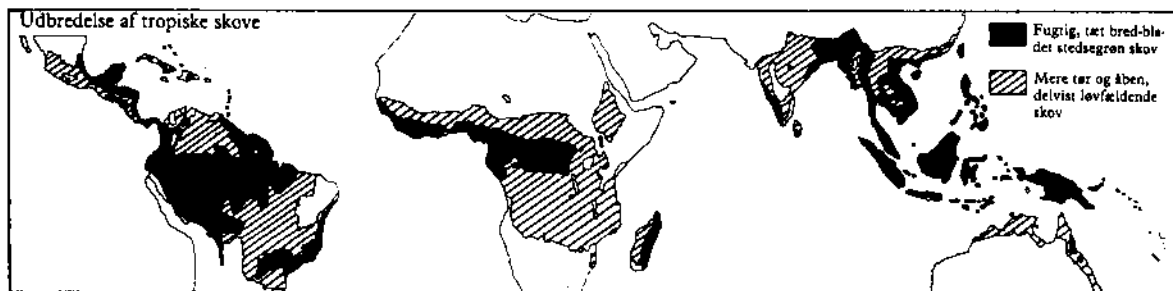
De tropiske skove og vore egne

Regnskove fældes med ufattelig hast. Tropernes jungler vil være forsvundet om 30 år, hvis der ikke sættes en stopper for rovdriften på naturen.

De første små skridt mod en bæredygtig udvikling er taget. I 1989 indledes et loven- de projekt som led i en aftale mellem USA og Guatemala.

Genplantning af tropeskovene står højt på Guatemalas ønskeseddel. Store områder er allerede blevet fældet for at skaffe brændsel. Som aflad for opførelsen af et 180 MW kul- fyret kraftværk i Connecticut vil den huma- nitære organisation CARE hjælpe 40.000 guatemalanske bønder med at plante 52 mil- lioner træer over en 10 årig periode.

Når kraftværket skrottes i 2030, har det formentlig sendt 15 mill. ton kuldioxid ud i



atmosfæren. Men en tilsvarende portion bindes af de hastigt voksende træer i Guatemala.

En skov på syv millioner km², dvs. USA minus Alaska, kunne under tilvæksten opsume al den kulrøgte, som kommer fra forbrændingen af kul og olie over hele Jorden.

Da den internationale tropiske tømmerorganisation ITTO mødtes i den japanske by Yokohama i begyndelsen af november 1989, stillede den danske delegation 7,5 mill. kr. til rådighed for projektarbejder, som skal være mønster for en bedre, bæredygtig udnyttelse af vor sårbare natur.

200 millioner mennesker lever i regnskove. De er helt afhængige af, at naturen bevares, og disse store gruppers skæbne må snarest drages ind i planlægningen.

ITTO er det eneste forum, hvor producenter og importører mødes, og et af resultaterne bliver formentlig varedeklarerationer, der skal vise forbrugerne, om træet kommer fra en fornuftig drevet skov.

Skov på marginaljorder

Vi kunne også plante skove på de danske marginaljorder.

Hvis der årligt tilplantes 5000 hektar frem til 2089, vil det ialt binde 130 mill. ton CO₂, dvs. 1,3 mill. ton om året. Det svarer til et par procent af det årlige udslip fra den danske energiproduktion. Ikke meget. Men plantager med »brændselstræer« er alligevel en overvejelse værd.

En halv million hektar svarer til 17% af landbrugsarealet i Danmark.

Genplantninger er, under alle omstændigheder, en rimelig og forstandig foranstaltning. De hurtigt voksende træer giver en



form for solenergi uden nettoudslip af CO₂.

Skovteknisk Institut mener, at dyrkning af piletræer i »energiskove« kan være med til at redde Vesteuropas miljø, som trues af udslip fra biler, boligområder og industriens skorstenene, det som i Tyskland kaldes Ruhr-føhnen.

Piletræerne kan høstes tre til fire år efter, at de er plantet, og instituttet forestiller sig, at »brændslet« i løbet af få år vil kunne erstatte en betydelig del af olie- og kulforbruget.

En del landmænd dyrker allerede pil på marginaljorder, hvor kornudbyttet var for ringe. Og i Sverige findes energiskove, idet 5000-10.000 hektar er plantet til med piletræer.

Piledyrkning ville samtidig være med til at løse et andet miljøproblem, træerne kan gødes med slam fra rensningsanlæg. Vel at mærke, hvis der ikke er tungmetaller i skidtet.

Her plantes svensk energiskov under plastic for at beskytte mod ukrudt.

Varm luft fra tamkvæget



Verdens 1300 mill. køer slipper årligt 100 mill. tons methan ud som fjorter.

Rismarker i Sydøstasien forværrer drivhus-effekten. Der kan også komme drivhusgasser fra tundraer på nordkalotten, når områder, som har været bundfrosne i tusinder af år, tør op.

Methan - også kaldet naturgas - er på langt sigt en farligere drivhusgas end CO_2 .

Molekyle for molekyle fanger den 30 gange mere af den solvarme, som ellers ville stråle tilbage til verdensrummet. Hidtil har atmosfære-forskerne især bekymret sig over luftens stigende indhold af CO_2 , men der er også grund til at ængstes over methan, koncentrationen er årligt øget med en hundrede-del, i hvert fald siden 1950. Det er 2,5 gange mere end væksten i CO_2 - og år 2050 vil vore efterkommere regne methan for at være den væsentligste drivhusgas, ifølge Ralph Cicerone, US National Center for Atmospheric Research i Colorado.

Allerede nu måles der dobbelt så meget methan i atmosfæren som før den industrielle revolution tog sin begyndelse.

Bøvsger og fjorter fra 1300 millioner sindigt drøvtyggende kreaturer giver et væsentligt bidrag til den globale temperaturstigning. Årligt slipper køerne 100 mill. ton methan ud i atmosfæren, skønner den vesttyske kemiker Dieter Ehhalt. Han fremlagde sine regnestykker på Dahlem-konferencen i

Berlin i februar 1989 om menneskers medansvar for lufthavets sundhedstilstand.

Rismarker, hellige køer og vandbøfler fik også ord med på vejen. Vi savner troværdige målinger, men det folkerige land Indien hævdes at være den største enkelte bidrager til atmosfærens indhold af methan. Skønsmæssigt kommer 150 mill. tons methan fra rismarker i Østen.

Den grønne revolution er ikke til lutter velsignelse, fastslog den vesttyske forsker Wolfgang Seiler. En godet rismark er et menneskeskabt mose-område. Planternes rødder henter og videresender enorme mængder af methan fra mudderbunden.

Men der kommer også mængder fra rådende organisk affald på lossepladser, fra afbrænding af skove og marker, fra de mudrede rismarker, som tilsammen dækker 1,5 mill. km² - og fra termitternes mini-sky-skrabere, der skyder op som paddehatte overalt i de varme lande, hvor skoven ryddes for at skaffe ny agerjord til bønderne.

Op mod 20% af den ekstra methan, som kan påvises i atmosfæren, er dannet i forhistorisk tid, viser nye isotop-analyser. Det bobler og siver op fra kullejer og gaslommer i dybet, fra havets bund - og fra tundraer og mosestrækninger i det nordlige Skandinavien, Sibirien, Canada og Alaska. Ufattelige mængder af methan kan også komme som udslip fra 1,5 millioner km² tørvemose på Nordkalotten, især fra områderne omkring Hudson Bay og det vestlige Sibirien. En stor del af denne methan er endnu bundet i permafrosten, altså i det jordlag, som aldrig når at tø i den korte arktiske sommer. Meget tyder på, at gaserne nu frigives, i takt med, at klimaet på de høje breddegrader bliver var-

mere og fugtigere. En selvforstærkende proces.

På fastlandssoklerne kan 10.000 milliarder tons kulstof være bundet i methanhydrater, som er ubestandige, hvis Jorden bliver varmere, påpeger geologen Gordon McDonald fra den amerikanske Mitre Corporation.

Sovjetiske ekspeditionsfolk har luftet formodninger om, at forlis i Bermuda-trekanten skyldes methanbobler fra dybet. De henviser til tilsvarende overraskende og ildelugtende hændelser i Det Okhotske Hav.

Oversvømmede rismarker som her på Sumatra bidrager med methan-udslip af samme størrelsesorden. Atmosfærens indhold af methan er i dag mere end det dobbelte af, hvad man anser for det naturlige.



Biler og køleskabe er værre end køer

Biler kan være værre methanspredere end køer, påviser Jim Anderson fra Harvard University i USA, specialist i atmosfærens kemi.

Årligt udsender bilerne 1,5 milliard tons blå røg, som kan bidrage til både blyforurening, smog og syrerregn. Plus den giftige kulilte, som indgår kemiske forbindelser med andre stoffer på en måde, som overbelaster klodens naturgivne quick-renseri. I en ikke-forurenede verden er der en fin balance mellem methan og kulilte. Det frie hydroxylradikal, som består af et brintatom og et iltatom, fjerner hurtigt begge dele. Men nu er der væsentligt mindre hydroxyl i den nedre atmosfære end i 1950. Derfor bliver der mere methan.

Joel Levine fra NASAs Langley Forskningscenter påviste i 1985 et fald i hydroxyl på 25%. Årsagen er bl.a. et større udslip af methan og kulilte.



En losseplads med kasserede køleskabe, isoleringsmateriale o.m.a. kan være en kilde til CFC-forurening efter at produktionen er stoppet.

CFC og hvad deraf følger

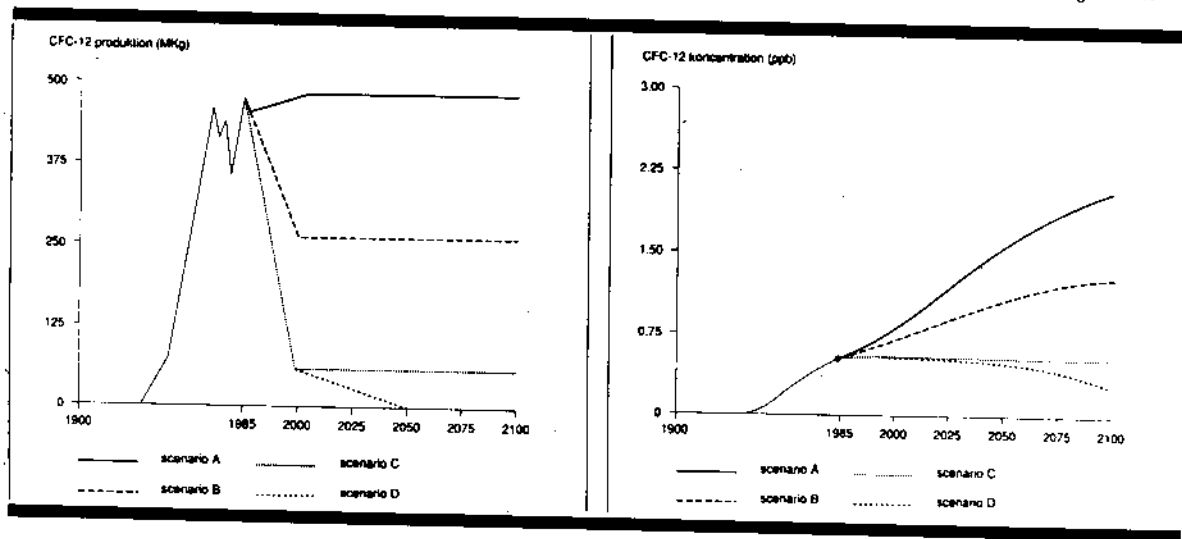
CFC er en forkortelse for chlorerede fluor-carboner, en gruppe nært beslægtede kemiske forbindelser af chlor, fluor og kulstof. Haloner er næsten mægtige til, men de indeholder også brom-atomer.

Forbindelserne påvirker det globale miljø på to måder. Dels ved at virke som drivhusgas, dels ved at nedbryde ozonlaget (se side 20). Selvom CFC-gasserne i atmosfæren har en forsvindende koncentration i forhold til kulturvejle, er de så effektive, at skadevirkningerne bliver sammenlignelige.

Ingen ved nøjagtigt, hvor meget CFC og halon, der er sluppet ud i atmosfæren, men forskerne kan få et rimeligt mål ved at se på den mængde, der er produceret.

Selv om produktionen af CFC og halon blev forbudt med øjeblikkelig virkning, ville koncentrationen fortsat stige. Stofferne er nemlig uhyre stabile og langlivede, det er derfor, de har vundet så vid anvendelse i produktionen af køleskabe, skumplast, drivmidler i spraydåser, opløsningsmidler og brandslukkere m.v.

Ligesom for kuldioxid, side 27, er der sammenhæng mellem udslip af CFC (freon) og koncentrationen i luften. Forskellen er blot at man er i stand til helt at afvikle udslippet af CFC. Her ses igen fire scenarier fra den hollandske »Concern for tomorrow« for den vigtige CFC-12. A. svarer til at Montreal protekollen ikke opfyldes, men produktionen vokser 0,8% pr. år indtil år 2025. B. svarer til Montrealprotekollens krav og C. og D. til endnu strengere krav.



Maskiner som spåmænd

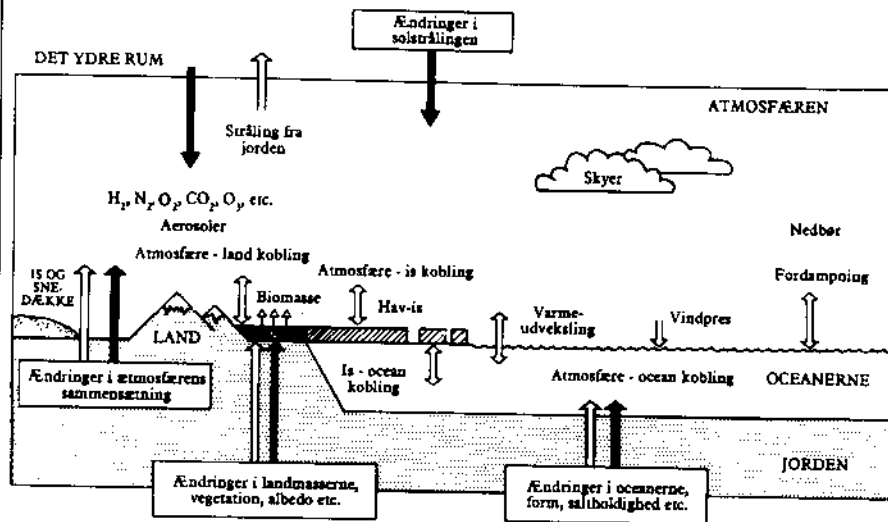
På forskningscentre rundt om i verden søger meteorologer og andre fagfolk med vekslende held at forudsige klimatendenser ved at indtaste diverse fremtidige udslip til atmosfæren i kraftfulde datamater. I fagsproget kaldes disse edb-fremskrivninger for scenarier.

Jorden er i de bedste modeller opdelt i et maskenet med et par tusinde punkter, med 2-300 km afstand. Det vil bogstavelig talt sige, at hele Danmark er én lille plet på kortet.

Hvad værre er: Computermodellerne tager ikke i tilstrækkelig grad hensyn til energiud-

vekslingen mellem oceanerne og atmosfæren. Og Danmark har jo et kystklima, som i høj grad påvirkes af havets evne til at optage og transportere varme.

Facit for fremskrivningerne bliver oftest forskelligt, selv om startbetingelserne i alt væsentligt er ens. Datamater og klimamodeller er groft menneskeværk, og beregningerne behæftede med ganske alvorlige systematiske fejl og usikkerheder. Alligevel er scenarierne nyttige, for de giver os vigtige fingerpeg og advarsler, før udviklingen løber løbsk. Der



Figuren viser, hvordan en række globale fænomener vekselvirker, og hvordan ændringer påvirker klimaet.



Alle disse fænomener bliver simuleret på store computere i såkaldte klimamodeller. Også på Danmarks Meteorologiske Institut udføres modelberegninger.

er, al usikkerhed til trods, gennemgående tendenser i det globale klima-mønster, og derfor kan forskerne bruge modellerne til intelligente gæt på udviklingen.

De fleste klimamodeller tager - groft sagt - deres udgangspunkt i ligevægtssituationer, hvor det eksempelvis antages, at CO₂-koncentrationen er fordoblet i en ikke nærmere defineret fremtid. Kunsten er bl.a. at vurdere, hvornår det vil ske.

Danmarks Meteorologiske Institut og Geofysisk Institut ved Københavns Universitet eksperimenterer med en global klimamodel, der også anvendes i studiet af ozonproblemerne.

Regeringens handlingsplan for miljø og udvikling giver løfter om en forstærket indsats på området.

Et centralt problem er, at forskerne skal beskrive en atmosfære, som er anderledes

sammensat end hidtil, fordi den indeholder større koncentrationer af kulveilt og methan etc. og naturfremmede gasser som CFC'erne.

Forskerne kan i deres fremskrivninger tage udgangspunkt i statistikker over det hidtidige energiforbrug. Vil himmelflugten fortsætte? Klimasystemet vil i hvert fald være ude af balance, lige så længe bæverflittige mennesker brænder stadig mere kul og olie af.

Der er stort set enighed om, at en fordobling af atmosfærens CO₂-koncentration vil føre til, at Jordens gennemsnitstemperatur øges med 1,5-4,5 grader. Men bid mærke i, at der er tale om gennemsnit. De største stigninger opleves nær polerne, højt mod nord og langt sydpå.

Nogle computerkørsler rykker klimagrænserne 500-1000 kilometer mod nord.

I varmere perioder dyrkede man vin i England, men det er ikke groet, at vi kommer til det i Danmark. Solskin og jordbund spiller også en rolle.



Sort vinter

I rapporten »Drivhuseffekten« gengiver Jes Fenger og Peter Laut flere klimascenarier med ret forskellige resultater - og gennemsnits-scenariet for Danmark sammenfattes således af dr. J.G.B. Mitchell, UK Meteorological Office:

»Temperaturen vil i sæson-gennemsnit stige fem til syv grader, og jordfugtigheden øges i vintermånederne. Sneperioden afkortes med en måned i begge ender.«

Snedrivers bliver altså et sjældent syn. Slut med skiløb og kælketure, farvel til en hvid jul.

Men dr. Mitchell tager visse forbehold. Der er som nævnt mangler i computerens klimamodeller, de tager f.eks. ikke hensyn til eventuelle ændringer i de dybe havstrømme, som vitterligt har stor indflydelse på vejr og vind, og derfor bør scenarierne på ingen måde tages som sikre forudsigelser.

På et givet sted kan klimaet variere betragteligt i løbet af tidsspand på en snes år. Set i global sammenhæng er gennemsnitstemperaturen steget med 0,3 grader siden 40'erne, men i samme periode er den faldet flere tiendedele grader i det nordvestlige Europa, Danmark, Færøerne og Grønland medregnet.

De fleste klimatologer er overbevist om, at der er sket en vis opvarmning gennem de sidste 100 år, bl.a. som følge af udslip af CO₂ og andre gasser. Men måleperiodens start faldt midt i en kuldeperiode omkring 1883, påpeger H.W. Elsæsser og hans med-

arbejdere. Denne forskergruppe er slet ikke sikker på, at temperaturstigningen skyldes drivhuseffekten.

Sahara grønnes

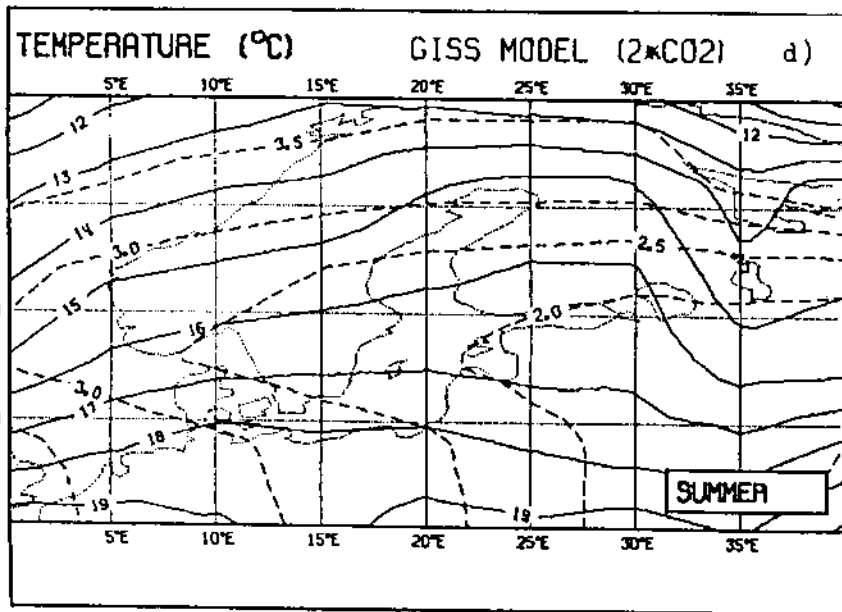
En berømt sovjetisk klimatolog, Mikhail Budyko, frygter ikke fremtiden. Han imødeser et drivhus-paradis, hvor kvæget græsser i et grønt Sahara, og bølgende kornmarker på de nu så knastørre centralasiatiske vidder. Aral Søen, der nu er ved at forsvinde, bliver atter fyldt op.

Vestlige vejrforskere er bange for, at kornbælterne i det amerikanske Midtvesten og Ukraine vil visne hen af mangel på regn. Men hvis tørken kommer og forvandler agre-

ne til en *Dust Bowl* med sandflugt, er det blot for en kort bemærkning. Om et halvt hundrede år vil landmændene få rekordudbytte, vel at mærke, hvis den globale opvarmning fortsætter. Det er både nytteløst og farligt at lægge en dæmper på kulforbruget, erklærer Budyko.

Budyko har skiftet mening. For godt 20 år siden advarede han som en af de første mod drivhuseffekten.

Den sovjetiske klimatolog bruger ikke superdatamater, han tager sit udgangspunkt i fortidens vejrlig, og studiet af pollen og vækstringene i forstenede træer har overbevist ham om, at ørkenspredningen snart er forbi.



Eksempel på modelberegning af klimaet i Nordeuropa, hvis atmosfærens indhold af kuldioxid bliver fordoblet. De viste temperaturkurver gælder juni, juli og august. De fuldt optrukne kurver viser middeltemperaturen i perioden og de stiplede afvigelse fra den nuværende situation. I Danmark bliver det ca. 3 grader varmere. Beregningerne er foretaget med en klimamodel udviklet på Goddard Institute of Space Science i USA. Andre modeller giver andre resultater, men alle viser nogle få graders opvarmning af Danmark.

Er temperaturen steget?

Et af problemerne er, at meteorologerne og deres superdatamater ikke får de helt rigtige tal at arbejde med. I gode gamle dage lå Landbohøjskolen et godt stykke udenfor København, men nu omklamres den af storbyen, og det indebærer, at årstemperaturen registreres 1 grad varmere, end den ville have været, hvis termometret stadig havde været anbragt i landlige omgivelser.

I Danmark måles temperaturen løbende, bl.a. på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole i København.

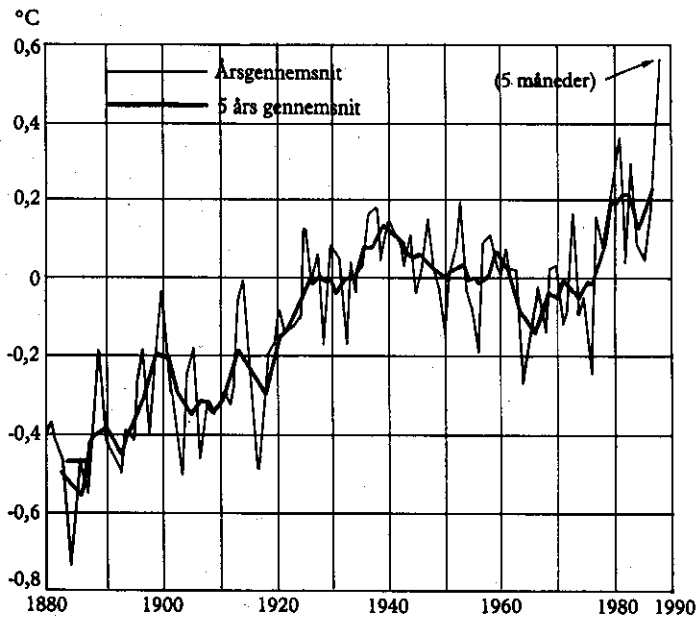


Tilsvarende eller endnu større korrektioner må foretages andre steder i verden.

Faktisk sætter flere forskere et meget stort spørgsmålstegn ved beregningerne, de tvivler på, at der overhovedet er sket en opvarmning. Det problem behandler Knud Frydendahl, Danmarks Meteorologiske Institut, i en videnskabelig afhandling, ajourført til 1989: »Global og regional temperaturudvikling siden 1850«.

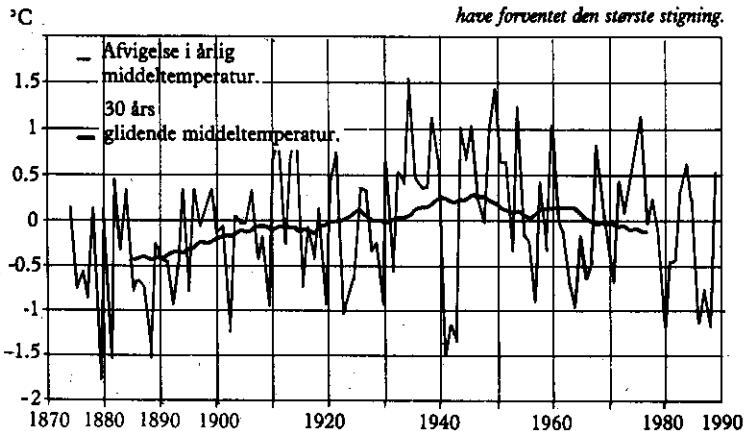
»Der foreligger ikke entydige oplysninger, som påviser en opvarmning af jordkloden over de sidste 130 år. Tværtimod«, siger Frydendahl. »Det vejr, vi oplever i disse år, ligner ikke det gunstige vejr, Danmark havde i 1930'erne og 40'erne, men snarere det urolige variable blæstfulde vejr, der har været det almindelige gennem de sidste 700 år. Et lille tegn herpå er, at vi har fået flere stormperioder - og dette vejrlig kan ifølge en højt anset britisk meteorolog, professor H.H. Lamb, vare ved til år 2050. Måske er vi stadig undergivet den lille istids regime. Middelalderens varmeperiode endte med 25 varme, tørre somre, som brat efterfulgtes af 10 meget våde somre.«

Store vulkanudbrud udsender enorme støvmængder, de skærmer for Solen og sænker kortvarigt Jordens temperatur. Det gør det vanskeligt at påvise en langsom temperaturændring.



Den amerikanske klimatolog James Hansen mener, at Jordens gennemsnitstemperatur er steget 0,5-1 grad i løbet af de sidste 100 år.

Regionalt set er der store forskelle i temperaturændringerne. Målinger i Danmark viser et fald i de senere år, hvor man skulle have forventet den største stigning.



Klima katastrofe

Alverdens ulykker tilskrives allerede drivhuseffekten, på forventet efterbevilling. Men mange af tidens hvirvelstørme, oversvømmelser, skybrud og tørkeperioder med misvækst kan forklares som udslag inden for normalområdet.

At klimaet har indflydelse på fiskebestanden, er forlængst påvist. Et godt eksempel er El Niño-fænomenet. For spansk-talende folkeslag fremmaner ordet El Niño billedet af en ung dreng, Jesus-barnet, men i Latinamerika og i det internationale videnskabelige samfund forbindes det også med en serie naturkatastrofer.

Ved juletid, for længe siden, hæftede peruvianske fiskere El Niño-etiketten på en brat stigning i havtemperaturen og et lige så kraftigt fald i ansjofangster. Varmt tropisk æringsfattigt overfladevand strømmede ned langs Ecuadors, Perus og Chiles kyster og blokerede for en opvelling af det kolde næringsrige dybhavsvand, som ellers ville føre til opblomstring af svæv og plankton, dvs. fiskemad.

El Niño optræder med ca. syv års mellemrum, altid efter en periode med kraftig fralandsvind. I 1982-83 kollapsede den peruvianske fiskeindustri, tusinder blev arbejdsløse, endnu flere blev hjemløse som følge af oversvømmelser. I Australien blev flere mill. hektar vissen *bush* hærget af brande, Afrika



Hvis drivhuseffekten forøges, regner man med, at hyppigheden af klima-anomalier (besynderlige vejrforhold) og stormkatastrofer forøges. Det samme vil blive til-

fældet, hvis ozonlaget svækkes. Billedet viser ødelæggelser på de gamle danske vestindiske søer, forvoldt af orkanen Hugo.

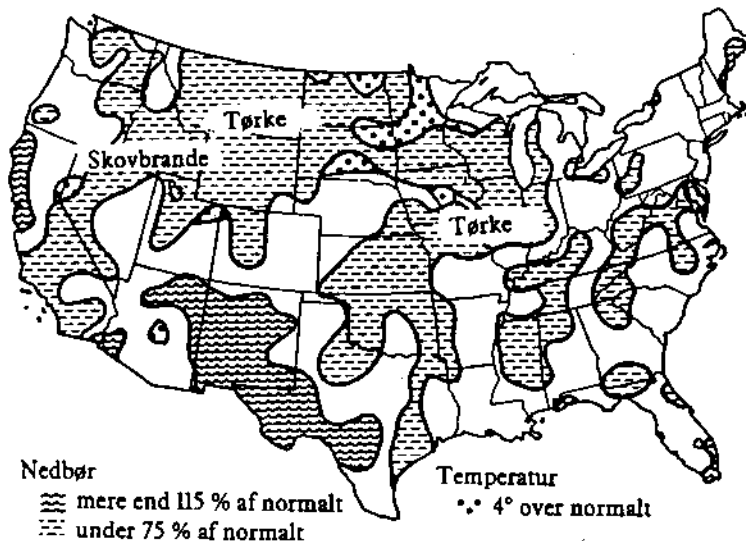
sultede. Det var El Niños skyld, sagde man. Havstrømmen fik endda skyld for en encephalitis-epidemi i de amerikanske østtater, fordi vejret begunstigede myggene.

Videnskabsmænd kan sagtens beskrive, hvad der sker, når El Niño viser sig og forvandler havet til en ørken, men de véd endnu ikke, hvad der udløser fænomenet - og hvorfor det slutter lige så brat, som det kommer.

Den meteorologiske Verdens organisation WMO, Unescos oceanografiske kommission IOC og de videnskabelige unioners internationale råd (ICSU) prøver at løse gåden i et 10-års projekt, TOGA, indledt i 1985. Rederierne giver en hånd med. Hvert år kastes 12.500 termometre med radiosendere ud fra fragtskibe, som krydser de tropiske have.

Forskerne forudser ændringer i de havstrømme, som i dag øver stor indflydelse på vejr og vind. Mange hvirvelløse dyrearter dømmes til undergang, hvis temperaturen og havstrømmene ændres. Deres larver bliver aldrig kønsmodne, de driver omkring uden at kunne finde et passende ståsted. I tropene stiger temperaturen kun ganske lidt, men følgevirkninger af drivhuseffekten vil alligevel forstyrre naturens balance. Korallrevene »drukner«, hvis havet stiger hurtigere end polypdyrene kan bygge. Og talløse fiskearter bliver da hjemløse.

Klimabetingede udsving i fiskebestanden kendes også i Nordsøen, selv om det ikke ytrer sig med samme voldsomhed som El Niño.



Der er intet bevis for, at den udbrudte tørke i USA i sommeren 1988 skyldes øget drivhuseffekt. Men den viste, hvad vi kan vente i en varmere verden, hvor nedbøren mindskes i de centrale kontinenter.

Danmark og alt det udenom

Jorden vil fortsat være prægtig og beboelig, selv om klimaet ændrer sig inden for de scenarier, som er beskrevet i Jes Fengers og Peter Lauts bog »Drivhuseffekten«. Problemet er, at vi - som frøen i den sorte gryde på det varme komfur - har vænnet os til tingenes øjeblikkelige tilstand. Enhver hurtig ændring af forholdene vil give tilpasningsvanskeligheder. Ja, samfundsomvæltninger.

Vores verden bliver næppe til at kende igen. Planterne i højmoser, marsk og strandenge får det ikke godt. Trækkende sangfugle og vadefugle påvirkes kraftigt af de ændrede nedbørsforhold på ynglepladserne og i vinterkvarteret. Vi får også færre besøg af arktiske fugle som lomvie og søkonge, for ikke at tale om grønlandssæl, klapmyds og hvidhval.

I det hele taget vil udviklingen i de første år være præget af et fald i artsrigdommen, både i flora og fauna. Det danske fiskeri vil uundgåeligt blive påvirket af en temperaturstigning på ganske få grader.

Vigtige spise fisk som torsk, kuller, sej, sild og rødspætte vil blive sjældne. De har i dag deres sydligste udbredelse i Nordsøen og Kanalen. I stedet får vi invasion af hestemakrel, ansjoser og sardiner - og bundfisk som tunge, kulmule og havaborre, kort sagt hvad der



Den danske bøgeskov vil fortsat spejle sin top i bølgen blå.

pt. stimer rundt i Den Biskayske Bugt.

Skov- og Naturstyrelsen under Miljøministeriet har i fællesskab med Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser og Zoologisk Museum indledt et projekt, der skal fortælle om forandringer i havets liv.

Den trepiggede hundestejle kan let findes ved kysterne i de indre danske farvande. Den er lige så almindelig som gråspurven. Men i foråret 1989 blev den fundet i mængder ved Dan Oliefeltet. Og der er den en løjerlig fisk, værd at føre ind i forskernes protokoller og datamater.

Farvel til isbjørn og hvalros

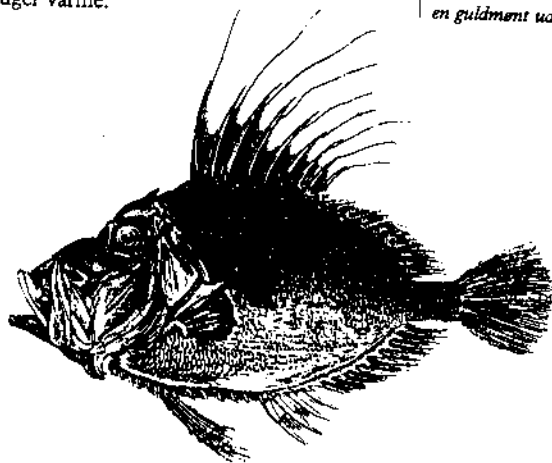
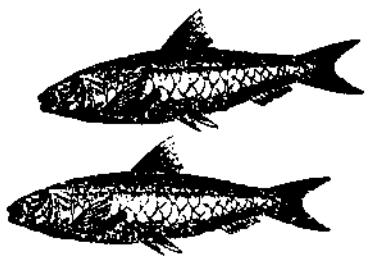
»Isbjørnen, hvalrossen, sælerne og mange andre arktiske dyr vil forsvinde med havisen, hvis gennemsnitstemperaturen i polarområderne stiger nogle få grader. De har intet hjemsted i en varmere verden«, sagde Vera Alexander, leder af Havforskningsinstituttet på University of Alaska i Fairbanks, da Ver-

densnaturfonden i slutningen af 1988 holdt konference i Washington om drivhuseffektens indflydelse på dyre- og plantelivets mangfoldighed, det som i fagsproget kaldes den biologiske diversitet.

Polarhavet spiller en langt mere vital rolle i naturens husholdning, end man umiddelbart må tro ved en optælling af livsformer. Algerne på undersiden af vinterens isdække er basiskost i en lang fødekæde, de bliver ædt af små krebsdyr, som bliver ædt af fisk, der igen mætter havfugle og sæler - som iøvrigt ikke går på land for at føde deres unger, de holder til ved isens rand, hvor det er let at finde bytte. De arktiske dyrearter vil rykke længere og længere mod nord, i takt med temperaturstigningen, men der er jo en naturlig grænse for deres flugtrute.

Hvis det arktiske ocean bliver åbent året rundt, vil dette i sig selv bidrage til opvarmningen af verdenshavene. Is har en høj albedo, dvs. at den kaster solens stråling tilbage til rummet, hvorimod det mørke hav let op-suger varme.

Farvel til torsken, goddag til sardinen? Hvis den eftertragtede stimefisk søger op i Vesterhavet, bliver den formentlig forfulgt af Sankt Petersfisker, som ellers holder til sydpå. Navnet har den fået, fordi fromme legender fortæller, at Sankt Peter satte sine fingeraftryk på dens sider, mens han trak en guldmønt ud af gabet.



Verdens fødevarerproduktion

Det grundlæggende problem, som forstærkes af den truende drivhuseffekt, er befolknings-eksplosionen. I dag er der fem milliarder verdensborgere, om små hundrede år kan tallet være fordoblet, og alle ønsker en højere levestandard. Udviklingen må bringes under kontrol.

Der er både tabere og vindere i dette spil. Næsten alle synes enige om, at der vil opstå farlige, internationale spændinger, hvis store områder ikke mere kan brødføde sig selv, fordi klimaet ændres til det værre. På den anden side står menneskeheden overfor en gigantisk opgave, af hidtil uset omfang, hvis

Mange steder i verden er der underskud af fødevarer eller hungersnød. Her samler nomader fra Mali korn, som er spildt på jorden fra bristede sække med kvægfoder.



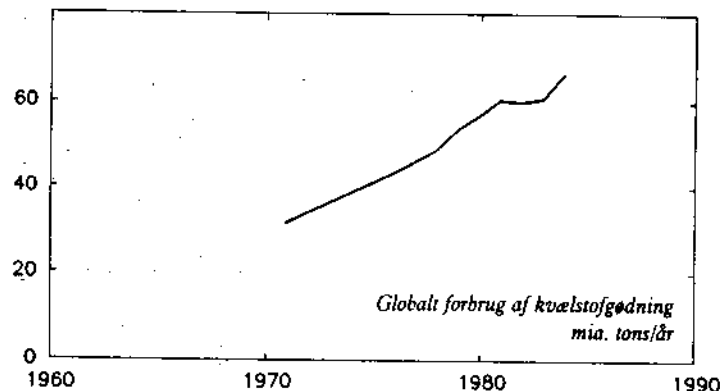
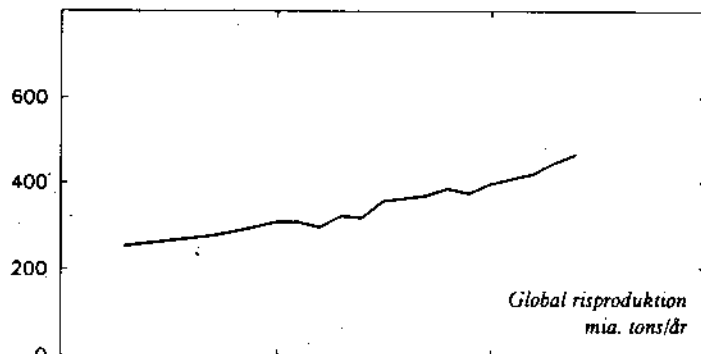
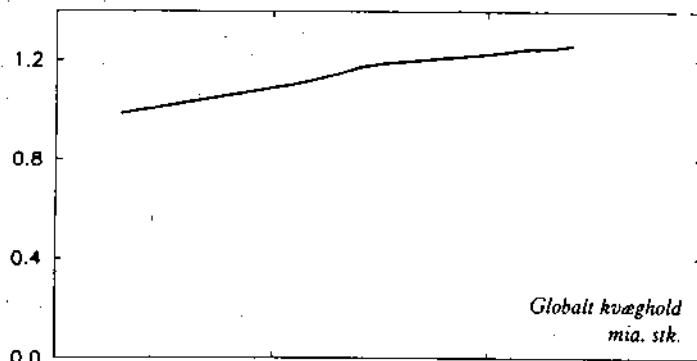
drivhuseffektens gennemslagskraft skal mindskes.

Klimaændringerne kan næppe undgås, men de kan måske forsinkes, så der bliver tid til en løbende tilpasning. En virkelighedsnær bedømmelse af mulighederne må have højeste prioritet.

Danske videnskabsfolk er allerede i gang med en forskning, der stort set lever op til fremtidens krav. Men indsatsen kunne blive mere effektiv, hvis den målrettes i forhold til de forventede klimaforandringer.

På Europa-Parlamentets møde i Holte forudså den hollandske økolog G.P. Hekstra en periode med stor social uro, han venter en folkevandring mod landene nord for Alperne, når tørke og oversvømmelse rammer Middelhavslandene. De rent teknologiske problemer kan løses med en 100-årsplan, f.eks. med diger af superfibre. Men vi må også sikre balancen mellem Europa og den arabiske verden gennem geopolitiske aftaler om fordelingen af ressourcerne. Der er virkelig risiko for øko-krige, hvor blodet flyder i gaderne. Vi må afværge katastrofen ved at opstille en ny etik, et ægteskab mellem økologi og økonomi, sagde næstformanden i Brundtland-Kommissionen, dr. Mansour Khalid, Sudan.

Den stigende verdensbefolkning og dens krav om rimelig levestandard har betydet en kraftig vækst i landbrugssektoren. På den anden side medvirker landbrugsproduktionen til en forøgelse af drivhuseffekten. Kvæghold og rismarker giver udslip af metan, og kvælstofgødning giver lattergas.



Dansk landbrug

Danmark får måske i løbet af det 21. århundrede et vejr, som svarer ret nøje til det, der i dag er fremherskende i Bordeaux. Men vi skal ikke drømme om danske årgangsvine.

Beregningerne er, som før skrevet, ikke 100% sikre, og husk også på, at jordbund og solstråling ikke flytter med. God dansk muld duer næppe til vinavl. Til gengæld kan vi høste andre udmærkede afgrøder, korn kan dyrkes højt mod nord, helt oppe ved Kiruna og Haparanda. Og måske laver vi propper af egne korkege. De bøgelyse danske skove vil fortsat kunne spejle sig i bølgen blå, men de skifter karakter, der bliver måske også plads

til pinjer og palmer.

Hvad siger folk til det? Vi har et ret konservativt syn på naturen. Skoven skal forblive, hvad den var, dengang vi var små.

På Europa-Parlamentets konference i Holte i november 1987 sagde den finske jordbrugs-specialist, professor Reijo Heinonen, at Norden kan blive Verdens nye spisekammer. Med bioteknologi er det muligt at fremavle nytteplanter tilpasset de ændrede klimatiske forhold. Planter, som tåler luftens øgede ozon-indhold, som ellers ville svide bladene. De beregnede ændringer i klimaet vil sandsynligvis være til gavn for det danske land-

Ændringer i klimaet vil påvirke landbrugsproduktionen, men det er svært at afgøre, om der samlet vil være tale om fordele eller ulemper for Danmark. En temperaturstigning, der følges med mere nedbør, vil kunne forøge produktionen, men en nedsat solstråling vil helt kunne ophæve virkningen. Løsningen vil formentlig være udvælgelse af nye arter, som er bedre egnede til det forventede klima.



brug, vækstsæsonen forlænges med 80 dage, i hvert fald på papiret. Perioden kan dog ikke udnyttes til fulde, da der ikke er sol nok om efteråret. Og scenarierne forudsiger mere regn og dermed flere skyer.

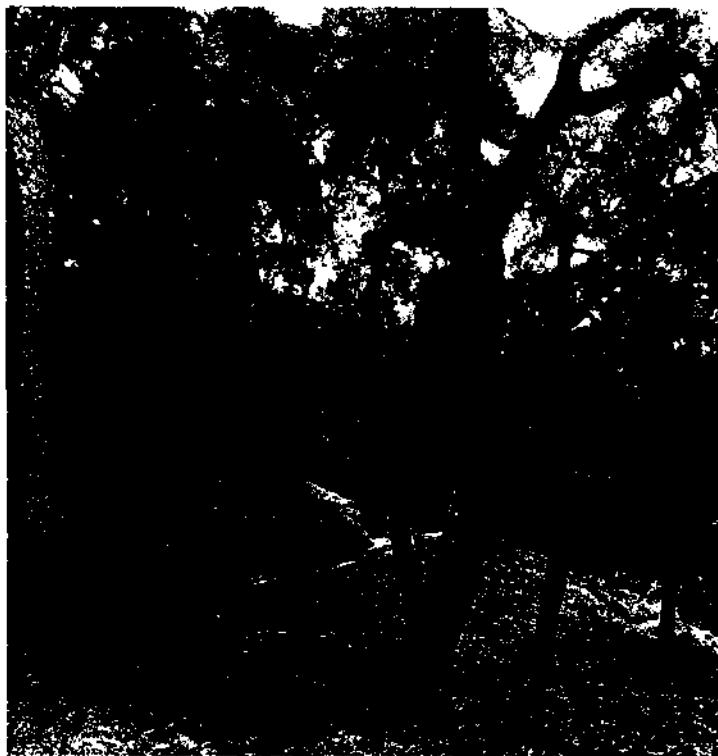
»Kornet giver erfaringsmæssigt færre fold, hvis det groer for hurtigt,« siger Jørgen Olesen, Forsøgsanlæg Foulum.

Produktionen må lægges om. Andre afgrøder må ind i billedet. Vi får sikkert også problemer med andre typer ukrudt, plantesygdomme og skadedyr. I øjeblikket kommer coloradobillen blot på kortvarige gæstespil i Danmark, permanent kan den kun klare sig syd for grænsen. Men hvis klimaet bliver bare en anelse mildere, vil coloradobillen kunne overvinde og stortrives. Flere generationer af disse grådige insekter vil årligt kaste sig over vore kartoffelmarker.

Mange eksperimenter i klimakamre og væksthuse giver løfter om, at en fordobling af atmosfærens CO₂-indhold vil give planterne hurtigere bladvækst, forbedret kvælstofudnyttelse og større salt-tolerance. Udbyttet kan stige med 50%.

Men det er ikke et udslag af drivhuseffekten, årsagen er, at luften inde i drivhuset gøder bedre, og forsøg under kontrollerede betingelser gælder ikke nødvendigvis i marken, ude i naturens »rigtige økosystemer«.

»Danmark rykker ikke ud af den tempererede zone, selv om klimaet ændrer sig lige til overgrænsen af, hvad edb-beregningerne lover os. Vore efterkommere kan, med en kraftig målrettet indsats, omlægge landbrug og skovbrug efter de nye forhold. Men den vilde natur er sårbar, og vi forventer særdeles markante og i visse tilfælde katastrofale ændringer,« siger Jes Fenger og Peter Laut.



Vi kan næppe lave vin, men hvis temperaturen stiger fire grader, kan vi lave propper af egne kork-egge, siger dr. agro. Bent Søegaard, Arboretet i Hørsholm.

Coloradobillen optræder i enhver kartoffelavlens onde drømme. Det glubske insekt kan få gode livsbetingelser i Danmark.



Hvis al is på Jorden smeltede, vil le havenes vandstand stige 60-70 meter, og vi ville opleve en virkelig Syndflod, som vist i Dorés billedbibel fra midten af forrige århundrede.

Syndflods profetier

Tæt ved halvdelen af alle storbyer er bygget nær havet. To trediedele af verdens befolkning bor mindre end 80 km fra kysten.

Bangladesh, Maldiverne og mange atoller i Stillehavet er alvorligt truet.

I løbet af de sidste 100 år er verdenshavene steget 10-15 cm, både fordi der er sket en afsmeltning, og fordi vandet udvider sig, når temperaturen øges.

Vi bør i denne sammenhæng erindre, at vandstanden ændres ganske betydeligt gennem tiderne. Da den sidste istid var på sit højeste for 18.000 år siden, stod havet 100 meter lavere end i dag. Beringstrædet tørrede ud, Asien og Amerika var landfaste. Dyr og mennesker kunne uhindret vandre ind over den blottede havbund og kolonisere det jomfruelige område. Omvendt var vandstanden seks meter højere i den forrige mellemistid, Eem-perioden, for 120.000 år siden.

De første forudsigelser om globale vandstandsstigninger var efterklange af syndflodsprofetier og Atlantis-myter. Artikler om drivhuseffekten blev illustreret med kortskitser over et druknet Europa. Forfatterne spåede stigninger på 60 meter som følge af en total afsmeltning. Så fælt går det næppe. Den seneste officielle tilkendegivelse i Brundtland-rapporten antyder, at vandet højst vil være steget halvanden meter omkring år 2050.

Men hvis havet mod forventning stiger

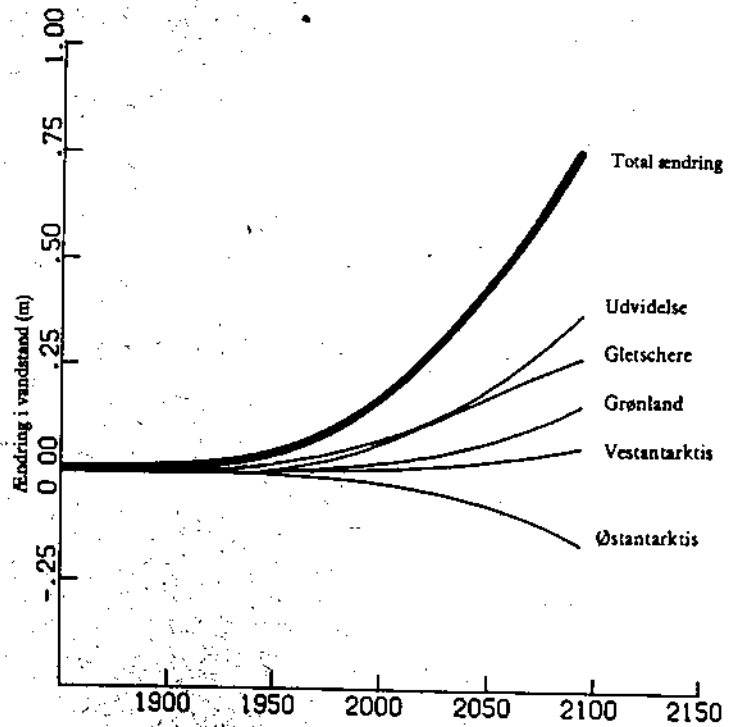
fem meter frem til år 2300, vil store dele af den hollandske og tyske Nordsøkyst måske blive indaluttet af enorme, sammenhængende digesystemer, lige så bemærkelsesværdige som den kinesiske mur. Det kan formentlig gennemføres. Da Europa-Parlamentet i november 1987 havde konference i Holte, talte den hollandske økolog G.P. Hekstra om mega-konstruktioner rejst i nye utraditionelle materialer.

Nederlandene vil under alle forhold være nødsaget til at investere i digebyggeri, ellers er de flade områder prisgivet.

»I USA opgiver vi på forhånd at redde store dele af de truede kyststrækninger«, siger den fremtrædende forsker J.C. Titus, U.S. Environment Protection Agency, EPA.

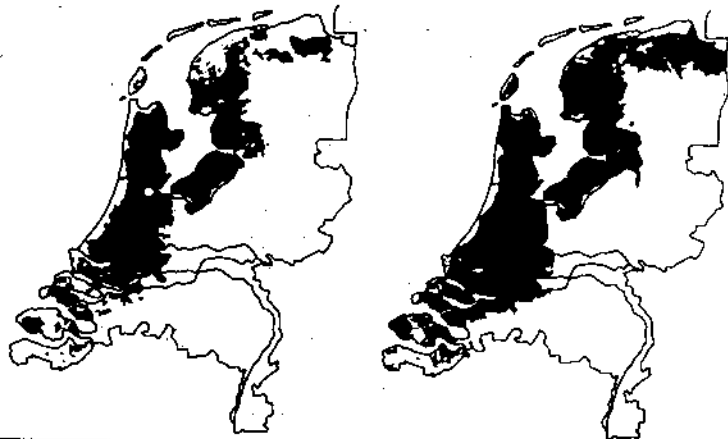
»Hensynet til fiskeri og turisme må i visse tilfælde veje tungere end kystsikringen. Når havet bryder igennem, får vi nye badestrande - og fiskene får nye gydepladser.«

Alle realistiske beregninger viser, at virkningen vil blive langt mindre. Et eksempel er vist her. Den største virkning fås fra vandets varmeudvidelse. Afsmeltning betyder mindre, og der kan direkte opstå forøget isaflejring på Østantarktis, fordi den varmere luft kan indeholde mere fugtighed, og det groer mere nedbør i kolde egne.

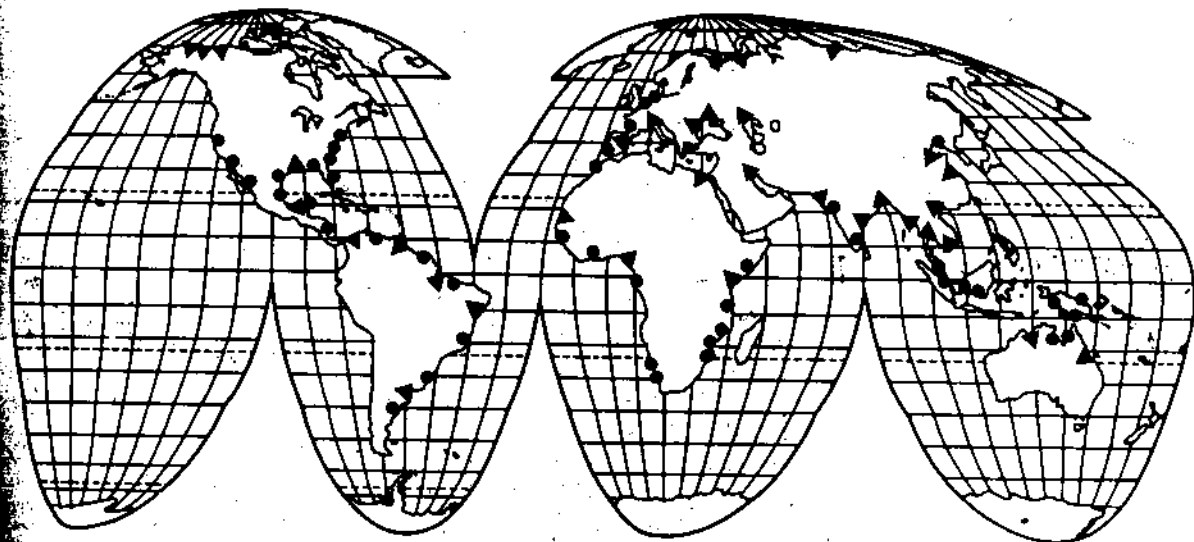




Allerede nu ligger 8000 km² af Holland under havets middelhøjde. Ved at sammenligne de to kort ser man at dette areal vil blive væsentligt forøget, hvis vandstanden stiger 1 m.



Store kystområder i hele verden vil være truet selv ved beskævede vandstandsstigninger. Det gælder i særdeleshed i store floddeltaer, fx Nilen og Bangladesh, og marsk og laguneområder. En korallegruppe som Maldiverne i Det Indiske Ocean risikerer udslettelse.



- ▲ Større floddeltaer
- Marsk- og laguneområder



Danmark har en kystlinje på ca. 7300 km, der stort set overalt er lavtliggende og sårbar over for påvirkninger fra havet. Situationen kompliceres af, at landet stadig vipper, efter at den sidste istids is smeltede for 12.000 år siden. Den sydlige del synker et par millimeter om året, og den nordlige hæver sig.

Selv hvor der ikke er risiko for større direkte oversvømmelse, vil en forøget vandstand betyde mere kysterrosion, som her ved Hundested.

De danske kyster

Det nordlige Danmark hæver sig stadig efter istiden, efter at være kommet fri af Bræens enorme tryk, men Syd-Danmark synker, og som helhed betragtet kommer vort land til at ligge lavere og lavere. Digerne i Sønderjylland er i praksis blevet 15 cm lavere i løbet af de sidste 100 år.

Hvis vandspejlet stiger en meter, vil et såkaldt 100 års dige i det sydlige danske vadehav alt andet lige svare til et 10-15 års dige. Stormenes fremtidige mønster, strømretninger, bølgehøjder og vindstyrke lader sig ikke uden videre beregne. Men det må gøres, af hensyn til de store værdier, som står på spil.

Danmark kan også få følelige problemer med drikkevandsforsyningen, hvis havet stiger.



De disponible grundvandsreserver bliver væsentligt mindre, især hvis der sker nedsvingninger fra landbrug, industri, utætte kloaker, lossepladser og husholdning. Da klemmes det brugbare drikkevand inde som et tyndt lag mellem indtrængende salt havvand og det forurenede vand. Vandværkerne i Nordsjælland, Nordjylland, arealer på Lolland-Falster og Møn samt marsken i Sønderjylland trues.

Danmarks Geologiske Undersøgelse (DGU) udarbejder kort over risiko-områder og følger det op med konsekvensmodeller. Hensigten er at vise, hvad der på langt sigt kan gøres for at sikre vor forsyning med rent og godt drikkevand. Andre steder i verden kan det vise sig nødvendigt at importere drikkevandet langvejs fra. Eller at rense og afsalte havvand.



Diger skal gøres højere og holdes ved lige. Ellers kan det gå forfærdelig galt. Dette billede er taget ved Ribe Diget 20. august 1990. Køer bjerges af landmænd og Falck; mange dyr stod i vand til halsen.

Man kan let forestille sig, hvad en meter mere vand i Christianshavns Kanal vil betyde.



Vor fælles fremtid

Verdenskommission for Miljø og Udvikling kom i bogen »Vor fælles fremtid« med velunderbyggede advarsler mod forureningen og forslag om en bæredygtig udvikling, baseret på mådehold og fornuft. Rapporten kaldes i daglig tale Brundtland-rapporten, fordi den norske statsminister Gro Harlem Brundtland stod i spidsen for arbejdet.

For at overvinde den værste armod i Den tredje Verden må udviklingslandene have en årlig økonomisk vækst på 5-6%, og heraf følger, at den rige, industrialiserede verden må bremse op for at bevare status quo. Kommissionen anbefaler en halvering af vort energiforbrug over de næste 40 år. Vi skal fortsat være lokomotiv. Men en vækst på 2-3% må være toppen. Ellers er der risiko for en løbsk drivhuseffekt.

Mellem linjerne i Brundtland-rapporten kan den opmærksomme læser ane, at medlemmerne af kommissionen ikke kunne enes om en fælles holdning til to meget væsentlige problemer:

1. Overbefolkningen, som snarest muligt må bringes under kontrol. Hvis det ikke sker, vil Jorden have 10-15 milliarder indbyggere i løbet af det næste århundrede. I så fald vil ethvert initiativ og enhver energibesparelse blot være en udsættelse af katastrofen.
2. Bygning af kernekraftværker som en mulig løsning på drivhusproblemet. A-værker

udsender ikke CO₂ og kvælstofilter, som kan lægge låg på atmosfæren. Men hvor skal affaldet fra reaktorerne deponeres - og er der ikke fare for spredning af plutonium til atomvåben, spørger flere kommissionsmedlemmer. Drømmen om en fredelig udnyttelse af atomernes bundne energi har fået et skår efter ulykkerne på Three Mile Island og i Tjernobyl.

Lederne af de syv rigeste lande diskuterede drivhuseffekten, da de var i Paris for at markere 200-året for den franske revolution. Præsident Francois Mitterand gik ind for flere A-værker. Tidsskriftet New Scientist kommenterer, at forslaget svarer til Marie Antoinettes idé om, at de brødløse proletarer kunne spise kager.

Uanset hvad der sker i I-landene kan udviklingen blive bestemt af U-landene.

Kun 13 udviklingslande har undertegnet

Montreal-Protokollen fra 1987 om at begrænse anvendelsen af CFC-gasser, som ødelægger ozonlaget. Kina og Indien, som bidrager med en betragtelig del af det globale udslip, har endnu ikke godkendt aftalen.

»Den virkelige katastrofe kommer, når en milliard kinesere begynder at opvarme huse-
n om vinteren«, lød en replik på klimakonferencen i Holte.

»Det var ikke os, som skabte problemet. De folk, der skabte problemet, må finde en udvej og give os de fornødne penge og teknologi. Ellers kan vi ikke efterleve kravene«, sagde Madhava Sarma, chef for Indiens delegation på en FN-konference i Nairobi september 1989. Delegerede fra Tredje Verden erklærede, at det vil koste de økonomisk trængte u-lande fire milliarder dollar (30,8 milliarder kroner) over 10 år at afskaffe brugen af stoffer, der er skadelige for ozonlaget.

Indere kræver ozonpenge

Indien vil have næsten 15 milliarder kr. fra de rige lande før undertegnelsen af Montreal-aftalen om begrænsninger i brugen af CFC-gasserne, populært kaldet freon.

»Vi har en blomstrende køleskabsproduktion, og det vil koste enorme summer at ombygge fabrikkene til politik.

Brundtland-rapport. Nye tal viser danskerne går i den forkerte retning.

Danmark fyrer godt op i det globale drivhus

Klimabomber af en udvalg offentlig med. Udvalget, 1989

Det løbske drivhus

Huller i indlandsisen

Det skabte
tion hos resten
hos energimi
grav Nielsen
forskud på
porten få uge
embedsmand
SF's Margre
replicere til
»Og så fordi
vet viklet in
til tå, så

»sociale konse-
tninger,

Vi sidder på en tikkende klimabombe, skriver forfatteren Kjeld Hansen i bogen om drivhus-effekten slår til, udsendes i serien Samfundsbibliografi fra Munksgaard Forlaget.

skriftet »Veirets. Men Kjeld Hansen - og mange med ham - føler sig sikre på, at alarmklokkerne ringer, og i ha-

Frygten for en løbsk drivhuseffekt har grebet mange danskere. Det bekymret stu-

Sidste istid sluttede uafatelig brat for 10.700 år siden. I løbet af kun 40 år steg temperaturen med adskillige grader.





Fremtidens Danmark

Den danske regering fremlagde i 1988 en handlingsplan, der skal begrænse skaderne på miljøet. Opgaven er på én gang hastende og langsigtet.

Som opfølgning herpå præsenterede Energiministeriet i april 1990 regeringens handlingsplan på energiområdet, »Energi 2000«. Indsatsen koncentrerer sig på fire områder: Besparelser i energiforbruget, effektivisering af energiforsyningen, øget udnyttelse af rene energikilder samt forskning og udvikling.

Handlingsplanen vil i år 2005 reducere CO₂ udslippet med 20% i forhold til 1988, da udslippet var 58 mio. tons. Det sker på grund af følgende ændringer i energiforbruget:

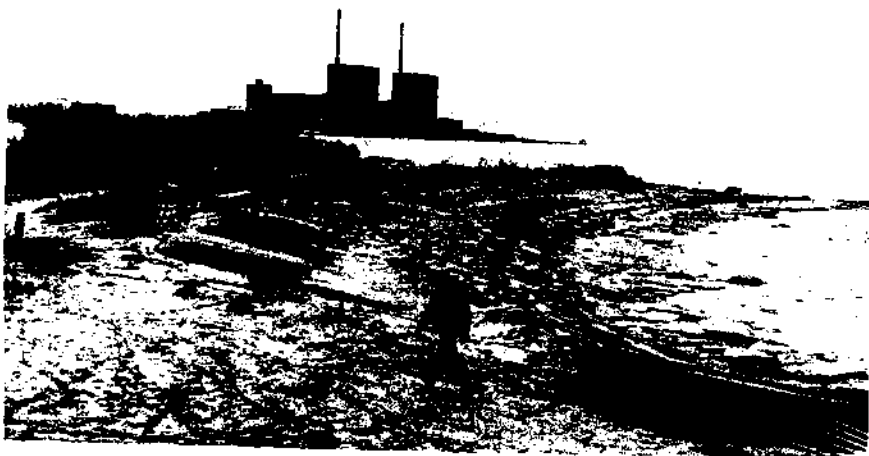
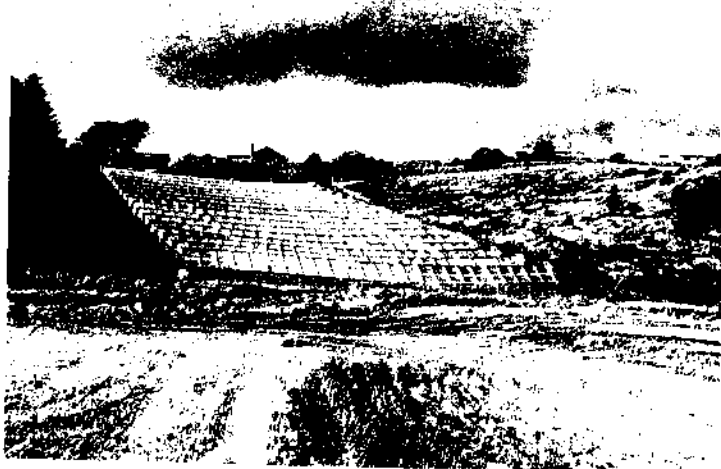
- Det primære energiforbrug falder 15%
- Naturgasforbruget stiger 170%
- Vedvarende energi øges 100%
- Kulforbruget falder 45%
- Olieforbruget falder 40%

Beregningerne viser, at det er muligt at ændre energisystemet i denne bæredygtige retning, uden at dette nødvendigvis vil betyde en meromkostning for samfundet. En yderligere fordel ved handlingsplanen er, at emissionerne af SO₂ og NO_x i 2005 vil være faldet med henholdsvis 60% og 50%.

Vindkraften planlægges udbygget til 1500 MW i 2005 gennem fortsat udbygning i privat regi, suppleret med en videreførelse af elværkernes engagement.

Brugen af biomasse øges fra 36 PJ i dag til ca. 50 PJ i 2005 (1 PJ = 278 millioner kWh). Væksten vil fortrinsvis ske i decentrale kraftvarmeværker og fjernvarmeværker.

Anvendelsen af solvarme vurderes at stige kraftigt i forhold til i dag.



Alle muligheder for energifremstilling uden kul, olie og gas må granskes nøje, ikke bare de alternative kilder som sol og vind, og måske bølgeenergi, men også en vedvarende, men upopulær ressource som atomkraft.

Det internationale samarbejde

Drivhuseffekten synes at tage til. Temperaturen er efter de fleste forskeres mening steget en smule. Alt tyder på, at havet stiger. Men hvor meget? Og hvordan vil det påvirke vores daglige tilværelse?

Mange internationale organisationer samarbejder på tværs af alle grænser for at samle ny viden om problemerne. Det sker bl.a. gennem IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, som er oprettet på initiativ af FNs miljøorganisation UNEP og meteorologernes verdensorganisation WMO. Målet er en klima-konvention, magen til aftalen om beskyttelse af ozonlaget. Den kunne undertegnes ved FNs miljøkonference i 1992.

Problemerne har allerede været til debat på verdenskonferencer i Toronto, Washington og Hamburg, med støtte fra UNEP og WHO. Budskabet er, at de industrialiserede lande snarest muligt bør begrænse udslippet af CO₂ - og sigte mod en halvering i 2015. Men målsætningen kan næppe opfattes om en international holdning, Kina var ikke med i Hamburg, og Sovjetunionens repræsentant pegede på, at en klimændring kunne være ønskværdig.

Fra 1990 vil godt 300 målestationer rundt om på kloden indsamle nøjagtige oplysninger om ændringer i vandstanden. Programmet kaldes GLOSS, dvs. Global Sea Level Observing System, og det er sat i værk af FN-organisationen UNESCOs oceanografiske kommission, IOC.

Organisationen blev oprettet i 1960 for at fremme den videnskabelige udforskning og øge vor viden om verdenshavenes natur og

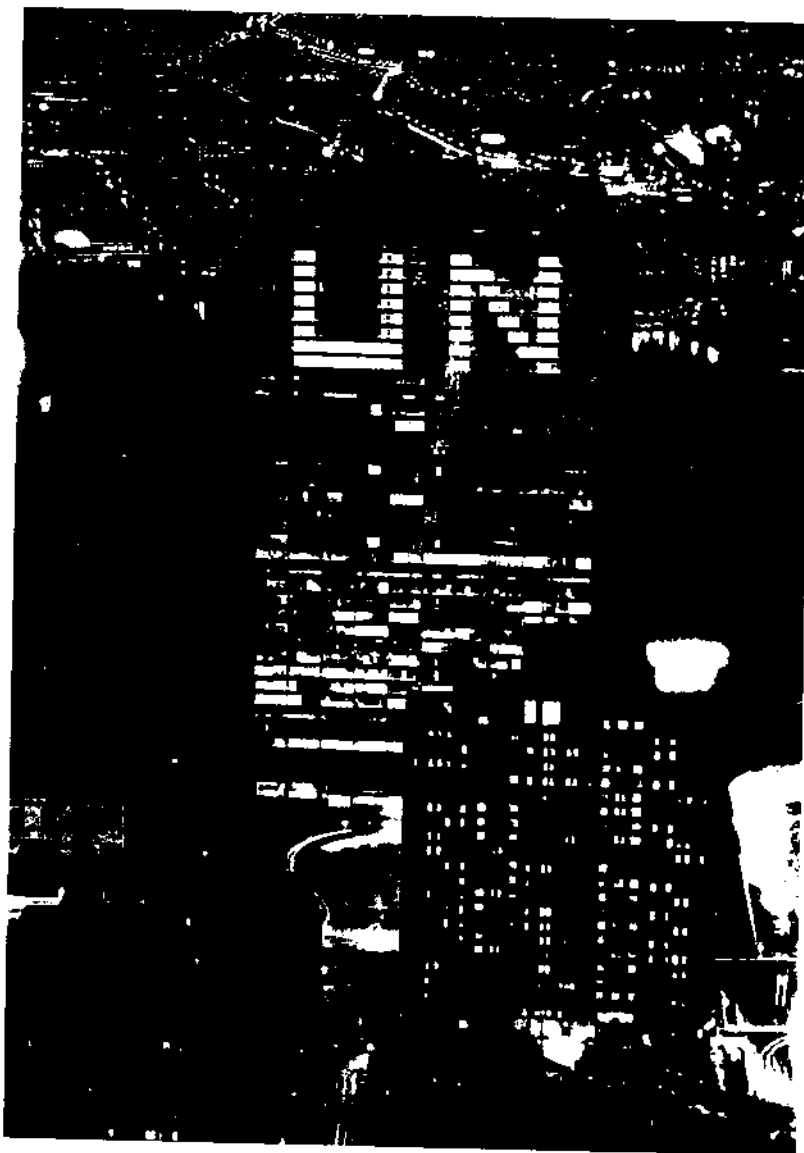
ressourcer gennem medlemslandenes fælles indsats». 117 nationer er med i denne harmoniserede havforskning, det gælder også stater, som ellers har vendt UNESCO ryggen, nemlig USA, Storbritannien og Singapore.

Forskerne i GLOSS-netværker er især interesseret i tal fra fjerne øer, som bestandig tæves af brændingen, men for at få det, må der udvikles helt nye målemetoder. Tilsvarende problemer møder observatørerne langs islagte kyster. Vor mest avancerede teknologi er utilstrækkelig, når vi skal samle oplysninger om havet, som både påvirkes af klimaændringer og bevægelser i jordskorpen.

Vi véd mindre om havbunden end om Månens bagside, påpeger IOC.

Vi ved også for lidt om lufthavet, om den livgivende atmosfære, så yderligere forskning er en absolut nødvendighed. Måske skal vi tage en ganske svag opvarmning af Jorden som en velsignelse i forklædning. Det kan få magthaverne til at samarbejde om en bæredygtig udvikling.

Det kan være svært at tro på fornuftens sejr. Men dr. Stephen H. Schneider, leder af det tværfaglige klimaprogram ved det amerikanske atmosfæreforskningscenter NCAR i Colorado, er optimist. Det var også svært at tro på, at NATO og Warszawapagten ville trække tropper ud af Europa, men nu sker det, og den ny enighed giver håb om en verden, hvor drivhuseffekten kun eksisterer som elektroniske fantasier i supercomputernes chips.



Føtøer:

- Omnlæg Billethuser/Ole Christiansen
Side 4 Biofoto/Niels Westergaard Knudsen
Side 5 Biofoto
Side 5 Nordisk Pressefoto/A. Mbe
Side 8 Biofoto/NASA
Side 11 Biofoto/André Maslennikov
Side 14 Biofoto/Hana Mcinche
Side 15 Nordisk Pressefoto/Bjarne Lütchke
Side 24 Nordisk Pressefoto/Erik Thomsen
Side 24 Nordisk Pressefoto/Abuel Gye
Side 29 Biofoto/André Maslennikov
Side 30 Biofoto/Elvig Hansen
Side 31 Biofoto/Leif Schack-Nielsen
Side 35 Danmarks Meteorologiske Institut
Side 36 Biofoto/John Nielsen
Side 38 Danmarks Meteorologiske Institut
Side 39 Biofoto/Eigil Holm
Side 40 Nordisk Pressefoto
Side 42 Biofoto/Erik Thomsen
Side 44 Biofoto/Alain Nogres
Side 46 Biofoto/Niels Westergaard Knudsen
Side 47 Biofoto/Erik Sunesen
Side 47 Biofoto/Ib Trap-Lind
Side 50 Nordfoto/H. Lund Hansen
Side 52 Biofoto/Karsten Schnack
Side 53 Uffe Bølling
Side 53 Biofoto/Svend Tougaard
Side 56 Biofoto/Niels Westergaard Knudsen
Side 56 Politikens Pressefoto
Side 57 Politikens Pressefoto
Side 57 Biofoto/Peter Marthel
Side 58 Nordisk Pressefoto/Poul Marthel
Side 59 Nordisk Pressefoto

Litteratur

Brundtland Kommissionen: Vores fælles fremtid. FN-forbundet og Mellemlfolkeligt Samvirke, 1987. 360 sider.

Willi Dansgaard: Klima, vejr og menneske. Geografiforlaget, 1987. 128 sider.

Jes Fenger og Peter Laut: Drivhuseffekten. Global luftforurening og klimaændringer. Fiskers Forlag, 1988. 186 sider.

J. Gribbin: Hullet i himlen. Menneskets trussel mod ozonlaget. Munksgaard, 1988. 231 sider.

Jens J. Kjærgård og Jes Fenger: En varm sag. Europaparlamentet, 1988. 40 sider.

J. E. Lovelock: Gaia, et nyt syn på jordens liv. Hovedland, 1987. 170 sider.

Jørgen Steen Nielsen & Eyvind Nygaard: Luftmiljøet. Danmarks Naturfredningsforening, 1989. 79 s.

Regeringens handlingsplan for miljø og udvikling. Opfølgning af anbefalinger i rapporten fra Verdenskommissionen om miljø og udvikling og i FN's miljøperspektiv til år 2000. Miljøministeriet, 1988. 129 s.

Energiministeriet: Energi 2000. Handlingsplan for en bæredygtig udvikling. Energiministeriet, 1990. 115 s.

Fremtidens Klima?

Verdens energiforbrug er steget kolosalt. Og mange giver allerede nu drivhuseffekten skylden for omslag i vejret.

Men hvad ved vi egentlig om drivhuseffekten? Hvad skyldes den? Hvordan vil den påvirke verdens fremtid - klimatisk, økonomisk og socialt? Og hvad kan der gøres for at forhindre en katastrofal udvikling?

Fremtidens Klima? er en let forståelig gennemgang af de mange indviklede sammenhænge bag drivhuseffekten.

ISBN 87-503-8125-3

ISSN 0905-247x

