

Klimaat in Beeld

NAAM:

KLAS: 4-VWO

Lesnummer	Week	Opdracht	Huiswerk
01		1 t/m 3	opdrachten afmaken
02		4 en 5	opdrachten afmaken
03		6 t/m 8	opdrachten afmaken
04		9 en 10	opdrachten afmaken
05		11,12	werken aan po
06		12	werken aan po
07		12	werken aan po
08		12	werken aan po
09		presentatie	
10		presentatie	
11		presentatie	
12			
13	toetsperiode	100 min toets	

Cijfer ANW:

cijfer periode 1 20%

cijfer praktische opdracht 40%

cijfer eindtoets 40%

Klimaat in Beeld

1. Na een koude winter zoals in 2009 – 2010 kun je je bijna niet voorstellen dat de aarde opwarmt. Toch denken veel wetenschappers dat het klimaat verandert ten gevolge van de stijging van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer. Men spreekt van een versterkt broeikaseffect.

a. Welke broeikasgassen ken jij?

b. Hoe groot is het (volume)percentage broeikasgassen in de atmosfeer ongeveer? Kies uit: 10 tot 1 %, 1 tot 0,1 % of 0,1 tot 0,01%.

Een van de mogelijkheden van b valt al af als je weet dat lucht in de troposfeer (dat is het gedeelte van de atmosfeer vlak bij de aarde) 78% stikstof en 21% zuurstof bevat.

c. Zoek in het BINAS-tabellenboek op tot hoeveel meters hoog wetenschappers van troposfeer spreken. (Daarboven begint de stratosfeer.)

d. Lees ook meteen even af hoe “dik” de hele aardatmosfeer is.

2. Heb je je wel eens afgevraagd waarom men bij de opwarming van de aarde spreekt van een versterkt broeikaseffect? Zowel de vergelijking met een plantenbroeikas als ook de toevoeging *versterkt* wordt toegelicht in een filmpje met als titel *Broeikaseffect*.

Overleg met je begeleider over het bekijken van dat filmpje.

Bestudeer eerst onderstaande vragen a t/m i en spreek een zodanige kijkstrategie af dat je na het bekijken van het filmpje de vragen kunt beantwoorden.

a. Snap je de vergelijking van de aarde met een broeikas?

b. Wat wordt bedoeld met een *versterkt* broeikaseffect?

Een van de bekendste broeikasgassen is koolzuurgas. In de film wordt dat gas aangeduid met de formule CO_2 .

- c. Welke rationele naam gebruiken chemici in plaats van koolzuurgas? (Raadpleeg zo nodig het BINAS-tabellenboek.)
- d. Hoeveel volume-% is de koolzuurgasconcentratie in de troposfeer ongeveer? (Ook dat kun je in het BINAS-tabellenboek opzoeken.)
- e. Welke andere broeikasgassen worden in de film genoemd?
- f. Hoe warm zou het gemiddeld op aarde zijn zonder enig broeikaseffect?

In de film wordt een relatie gelegd tussen de concentratie van broeikasgassen en de temperatuur in de loop van de tijd.

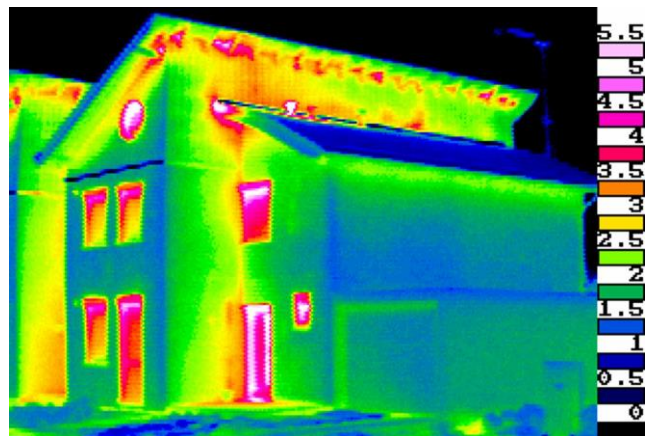
- g. Hoe is men de samenstelling van de atmosfeer van tweehonderd jaar geleden te weten gekomen?
- h. Door welke menselijke activiteit(en) komt het broeikasgas CO₂ in de atmosfeer terecht?

In de film worden ook vee(teelt) en rijstbouw als bronnen van broeikasgas genoemd.

- i. Om welk broeikasgas gaat het bij vee(teelt) en rijstbouw?

3. In de film zag je dat het glas van een (broei)kas op dezelfde manier “werkt” als sommige gassen in de atmosfeer: de infrarode straling die door warme aarde wordt uitgezonden, wordt door het glas (van de kas) en die gassen (in de atmosfeer) geabsorbeerd. De lucht wordt daardoor warmer.

De infrarode straling die de aarde en andere “warme” voorwerpen uitzenden kun je met het blote oog niet zien, maar wel voelen. (Infraroodlampen worden wel gebruikt bij de behandeling van spierblessures.) Met een infraroodkijker of -camera kan de warmtestraling zichtbaar gemaakt worden.



- a. Vraag waar je de kleureninfraroodfoto kunt bekijken waarvan hierboven een zwartwit afdruk staat.

“Zichtbaar” licht en infrarood licht zijn voorbeelden van elektromagnetische straling.

b. Welke van de in BINAS-tabel 19B vermelde soorten elektromagnetische straling ken jij?

De soorten straling van het zichtbare licht kunnen met kleuren worden aangeduid: je ziet zo'n kleurenspectrum als je de straling door een prisma of tralie op een wit scherm terecht laat komen.

c. Heb jij wel eens wit licht door een prisma of tralie op een wit scherm terecht zien komen? Vraag je begeleider om (foto's van) een spectrumdemonstratie.

Om alle soorten straling apart te kunnen benoemen zijn er door natuurkundigen getallen aan toegekend: golflengten. Deze getallen berusten op een golfmodel waarmee elektromagnetische straling soms wordt voorgesteld.

d. Zoek in het BINAS-tabellenboek op welke golflengte(n) natuurkundigen toekennen aan infraroodstraling. Vermeld ook de eenheid.

e. Noem nog twee andere soorten straling behalve “zichtbaar” en “infrarood”.

4. Niet alle wetenschappers zijn het eens zijn over de klimaatveranderingen die ons te wachten staan. Zo betwijfelen sommigen of de gemeten temperatuurstijging het gevolg is van een versterkt broeikaseffect. Ook wordt verschillend gedacht over eventuele gevolgen van een temperatuurstijging.

Toch werd er al in december 1997 in de Japanse stad Kyoto onderhandeld over een wereldwijde beperking van de uitstoot van broeikasgasen. Als "opwarmertje" voor die conferentie in Kyoto verscheen onder de titel "Hete vuren" in NRC Handelsblad van 29 november 1997 een artikel van Karel Knip met argumenten pro en contra de broeikastheorie.

a. Leg uit dat “opwarmertje” in bovenstaande zin twee betekenissen heeft.

b. Wat zijn argumenten pro en contra?

Lees het op de volgende bladzijde afgedrukte beginstukje van dat artikel.

VOLGENDE WEEK BEGINNEN in het Japanse Kyoto de onderhandelingen over beperking van de uitstoot van broeikasgassen. Vijf jaar na de ondertekening van het wereldklimaatverdrag zal voor het eerst geprobeerd worden tot bindende afspraken te komen. Aan de basis van de inspanning ligt de overtuiging dat de aarde door de stijgende concentraties kooldioxide (CO₂), methaan en lachgas snel opwarmt en dat dit tot een gevaarlijke klimaatverandering en zeespiegelrijzing kan leiden. Twee jaar geleden stelde het 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) vast dat de menselijke beïnvloeding van het klimaat nu praktisch was bewezen.

Het IPCC is de instantie die in opdracht van de VN-organisaties voor meteorologie (WMO) en milieu (UNEP) de ernst van de situatie analyseert in 'Assessments' die met regelmaat verschijnen. Ruim vijf jaar geleden, in de aanloop naar de klimaatconferentie in Rio de Janeiro, werd nog veel voorbehoud gemaakt jegens de conclusies van het IPCC. Inmiddels zijn er andere regeringen in Washington, Londen en Parijs en begint het tegengeluid te verstommen. Zelfs OPEC-staten en olie-maatschappijen onderschrijven de conclusies van het klimaatonderzoek.

Dat roept de vraag op hoe het is afgelopen met al die argumenten die door de jaren heen tegen het IPCC in stelling werden gebracht. Is deze kritiek weerlegd, waren de bezwaren onterecht of worden de sceptici gewoon overschreeuwd? Hieronder, voor het te laat is, nog eens een overzicht van veel geuite bezwaren, tezamen met de gangbare tegenwerpingen.

c. Welke drie broeikasgassen worden er genoemd?

d. Wat zijn "sceptici"?

5. In het artikel van Karel Knip is sprake van bezwaren tegen de vaststelling van het IPCC "dat de menselijke beïnvloeding van het klimaat nu praktisch was bewezen" en van tegenwerpingen tegen die bezwaren.

De tien bezwaren uit het artikel staan verderop afgedrukt.

Vraag aan je begeleider welke bezwaren jullie gaan bestuderen (minimaal één per groepslid).

- a. Welke bezwaren worden door jullie bestudeerd?
Wie bestudeert welk bezwaar?
- b. Op werkblad 6w staat uit de tekst van elk bezwaar een woord waarvan je in ieder geval moet opschrijven (en misschien eerst opzoeken) welke betekenis het in de context van het artikel heeft. Zoek van "jouw" bezwaar ook de betekenis op van andere woorden die je niet kent en schrijf die op het werkblad erbij.

In het artikel "Hete vuren" stond bij elk bezwaar dat door sceptische wetenschappers tegen de broeikastheorie is aangevoerd, ook een tegenwerping afgedrukt. Verderop zijn deze tegenwerpingen, voorzien van de letters A t/m J, afgedrukt maar ze staan niet in de juiste volgorde.

Jullie gaan de tegenwerpingen zoeken die corresponderen met de bezwaren die jullie bestudeerd hebben.

- c. Vul op werkblad 7w achter de bezwaren die jullie hebben bestudeerd de letter van de corresponderende tegenwerping in.

Zijn er al groepjes die de tegenwerpingen bij andere bezwaren hebben gevonden? Vul die dan ook in op werkblad 7w.

- d. **Heb je de tegenwerpingen bij alle bezwaren gevonden?**
Laat dan werkblad 7w (en ook werkblad 5w) door je begeleider controleren en aftekenen.

Werkblad bij vraag 5.b

bezwaar	woord	betekenis
1	consensus	
2	luchtinsluitel	
3	trend	
4	stagnatie	
5	absorptie	
6	urbanisatie	
7	genereren	
8	frequenter	
9	prognoses	
10	traceren	

Werkblad bij vraag 5.c

bezwaar	tegenwerping
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

**Paraaf begeleider
(zie 5d)**

6. In deze opdracht gaan jullie de bezwaren en de bijbehorende tegenwerpingen beoordelen.

Vertel aan je groepsgenoten over het bezwaar of de bezwaren die jij bestudeerd hebt. Geef samen met je groepsgenoten aan jouw bezwa(a)r(en) een punt op de schaal van 0 (als je het er helemaal niet mee eens bent) t/m 10 (als je het er heel erg mee eens bent) of een 5 als je het bezwaar niet kunt beoordelen.

- a. Vul jullie groepsoordeel voor de door jullie bestudeerde bezwaren in op het werkblad op blz. 9w

Geef ook de corresponderende tegenwerping bij elk bezwaar een punt op de schaal van 0 (als je het er helemaal niet mee eens bent) t/m 10 (als je het er heel erg mee eens bent) of een 5 als je de tegenwerping niet kunt beoordelen.

- b. Vul jullie groepsoordeel in op het werkblad op blz. 9w.

Jullie hebben waarschijnlijk niet alle tien de bezwaren (en tegenwerpingen) zelf bestudeerd.

Om de bezwaren en tegenwerpingen die jullie niet zelf bestudeerd hebben toch te kunnen beoordelen kun je verschillende methodes gebruiken. Hierna staan er drie vermeld:

1. Groepsgewijze beoordeling van de resterende bezwaren en tegenwerpingen.
2. Elk groepslid beoordeelt een van de resterende bezwaren en de anderen nemen dat oordeel over.
3. De beoordeling wordt gevraagd aan een groepje dat de resterende bezwaren en tegenwerpingen al wel heeft beoordeeld.

- c. Aan welke methode geven jullie de voorkeur? Waarom?

- d. Vul de beoordeling van de resterende bezwaren en tegenwerpingen in op het werkblad op blz. 9w.

Nu jullie bezwaren voor en tegen (pro en contra) bestudeerd en beoordeeld hebben kun je op basis daarvan een conclusie trekken over de noodzaak tot beperking van de uitstoot van broeikasgassen. Dat zou je kunnen doen door jullie cijfers bij de bezwaren te middelen en ook de cijfers bij de tegenwerpingen.

Werkblad bij vraag 6.a en 6.3b en 6.d en 6.f

bezwaar	beoordeling	tegenwerping	beoordeling
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Conclusie bij vraag 6.f (in de vorm van een cijfer):

zeer grote noodzaak tot beperking van uitstoot van broeikasgassen

= 10

helemaal geen beperking van uitstoot van broeikasgassen nodig

= 0

te weinig informatie of twijfel

= 5

**Paraaf begeleider
(zie 6f)**

e. Wie heeft er dan "gewonnen"? De bezwaren tégen de broeikastheorie of de tegenwerpingen vóór de broeikastheorie? Met welke gemiddelde cijfers?

Maar het kan ook zijn dat jullie sommige bezwaren en tegenwerpingen zwaarder willen laten wegen dan andere.

f. Welke conclusie trekken jullie?

- ben je overtuigd van de noodzaak tot beperking van de uitstoot van broeikasgassen?
- hoeft de uitstoot van broeikasgassen helemaal niet beperkt te worden?
- beschik je over te weinig informatie?

Geef je antwoord door middel van een cijfer op een schaal van 10 (noodzaak tot beperking) tot 0 (geen beperking nodig) (5 = twijfel of onvoldoende informatie).

Vul dat cijfer in op het werkblad op blz. 9w.

Laat werkblad 9w controleren en aftekenen door je begeleider.

Beperking van de uitstoot van broeikasgassen kan bijvoorbeeld betekenen dat benzine zo duur wordt (gemaakt) dat jij in de toekomst geen brommer of auto zult kunnen rijden.

g. Hebben zulke overwegingen invloed op jouw standpunt over de noodzaak van beperking van de uitstoot van broeikasgassen?

7. Veel van de bezwaren voor en tegen de broeikastheorie berusten op gegevens over het klimaat in vroegere tijden. De voorspellingen voor de toekomst zijn op deze gegevens gebaseerd.

In deze opdracht zie je twee diagrammen die waren afgedrukt bij het artikel "Hete vuren".

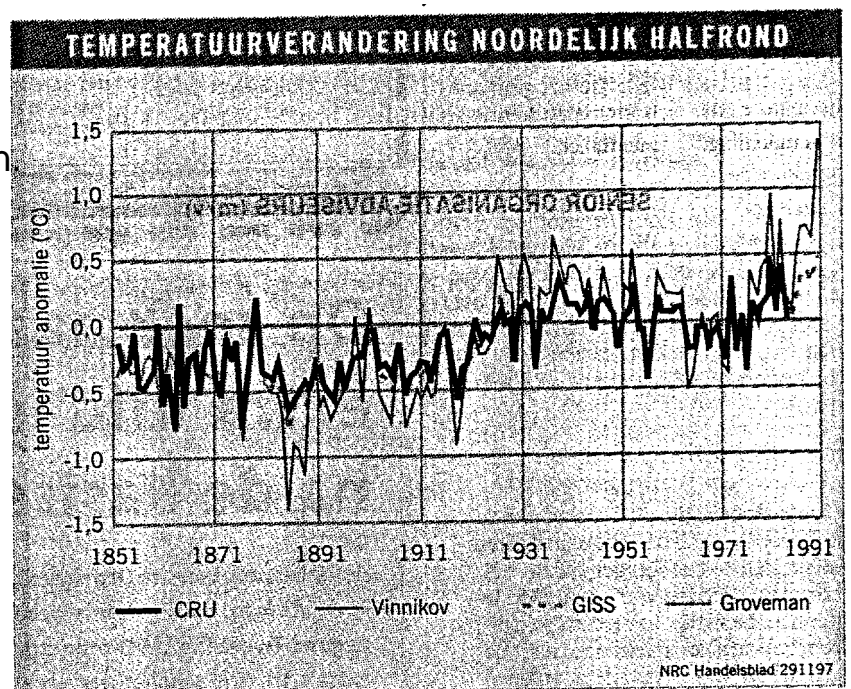


Diagram 1

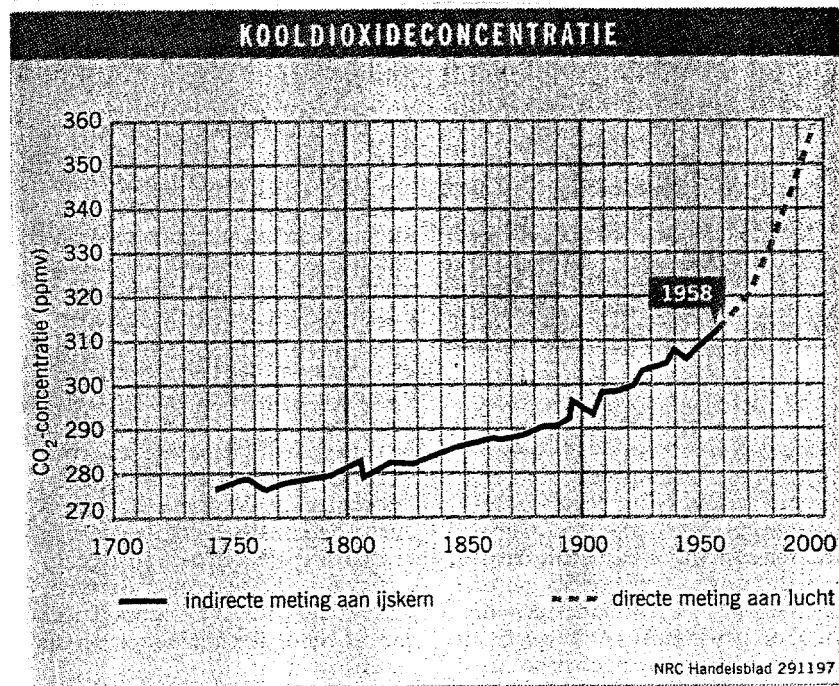


Diagram 2

In diagram 1 is de temperatuuranomalie op het noordelijk halfrond uitgezet tegen de tijd.

- Zoek op wat (een) anomalie in deze context is/betekent.
- In welke eenheid is de temperatuuranomalie in diagram 1 uitgedrukt?
- Welke trend lees je uit diagram 1 af over de temperatuur op het noordelijk halfrond voor de afgelopen 150 jaar?
- Welke trend lees je uit diagram 2 af over de CO₂-concentratie voor de afgelopen 250 jaar?
- In welke "eenheid" is de CO₂-concentratie in diagram 2 uitgedrukt?

Tegenwoordig kan de CO₂-concentratie in de atmosfeer tot op drie significante cijfers (bijvoorbeeld 291) worden gemeten.

- Maar hoe heeft men eigenlijk de CO₂-concentratie van de atmosfeer, zoals die in de negentiende eeuw was, met diezelfde nauwkeurigheid kunnen bepalen terwijl de meetapparatuur toen nog helemaal niet zo nauwkeurig was?
(Tip: kijk in diagram 2 en zo nodig ook bij bezwaar 2 en de bijbehorende tegenwerping uit het artikel "Hete vuren".)

8. Op grond van de gegevens over temperatuur en kooldioxideconcentratie en de gevonden regelmatigheden (zoals in de vorige opdracht) hebben wetenschappers als hypothese geformuleerd dat door de verbranding van fossiele brandstoffen er een versterkt broeikas-effect optreedt.
- Wat heeft kooldioxideconcentratie te maken met verbranding van fossiele brandstoffen?
 - Vinden jullie dat je op grond van de twee diagrammen uit de vorige opdracht kunt concluderen dat de temperatuurstijging in de afgelopen tweehonderd jaar een gevolg is van de stijgende kooldioxideconcentratie? Waarom wel of waarom niet?

Dat je niet al te snel conclusies moet trekken kun je mooi zien aan het volgende indianenverhaal:

Een groep Indianen in Zuid-Amerika wordt door een overstroming uit z'n woongebied verdreven en strijkt neer langs de spoorlijn van Obidos naar Manaus. De treinen komen op die plaats langs om 6.00 uur, 12.00 uur en 18.00 uur. Omdat ze geen horloges kennen maar de stand van de zon des te beter, ontstaat bij de Indianen de theorie dat de stand van de zon het verschijnen van de trein bepaalt.

Op grond van deze theorie voorspellen ze dat er in de regentijd geen treinen zullen rijden, omdat het dan alsmaar bewolkt is en de stand van de zon dan niet altijd waargenomen kan worden.

In de regentijd blijken er inderdaad geen treinen te rijden!

Dat de oorzaak van het niet rijden van de trein gelegen is in het feit dat het traject door kans op verzakkingen in de regentijd te gevaarlijk is, maakt voor de bruikbaarheid van de zonnetheorie van de Indianen niets uit. Hun theorie levert een betrouwbare voorspelling op.

- Wat vinden jullie van de conclusie van de Indianen dat de rijtijden van de trein door de zonnestand bepaald worden?
- Zien jullie een verband tussen de theorie van de Indianen en de broeikas-theorie? Zo ja, welk verband?
- Is bovenstaand verhaal een indianenverhaal in de letterlijke en/of in de figuurlijke betekenis? Licht je antwoord toe aan de hand van de volgende omschrijving van "indianenverhaal" in het Encarta-woordenboek:
indi'anenverhaal (het; -halen) verhaal waarin indianen een rol spelen; fig. wild, onwaarschijnlijk avonturenverhaal.

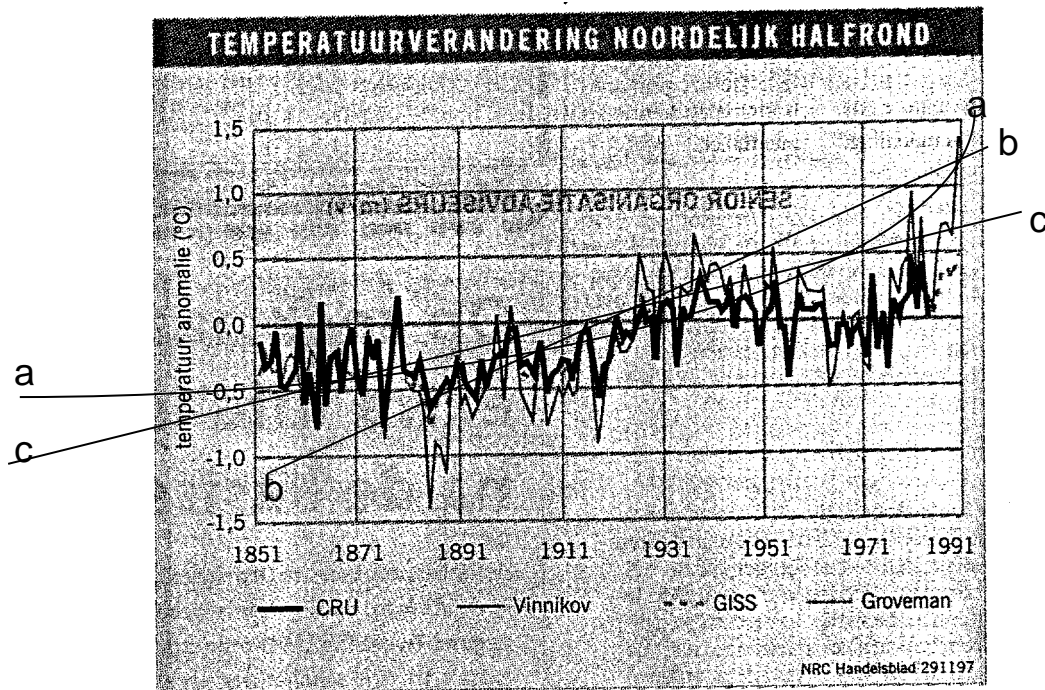
9. De broeikas Theorie kan geverifieerd dan wel gefalsifieerd worden door andere gegevens te verzamelen, bijvoorbeeld over het klimaat in tijden met andere kooldioxideconcentraties.

Stel je eens voor dat er in ijskernen van héél oud ijs belletjes lucht gevonden worden waarin de kooldioxideconcentratie 0,025 volume-% (= 250 ppmv) is.

En dat uit onderzoek aan fossielen uit de tijd dat het oude ijs gevormd werd blijkt dat de temperatuuranomalie toen $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ was.

Die gegevens ga je nu vergelijken met de temperaturen in diagram 1 en de kooldioxideconcentraties in diagram 2.

Hieronder zie je nog eens diagram 1 afgedrukt. In het diagram is het temperatuurverloop door de jaren heen met de lijnen a, b en c op drie manieren geëxtrapoleerd.



- In welk jaar is de temperatuuranomalie $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ volgens extrapolatie a?
- In welk jaar is de temperatuuranomalie $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ volgens extrapolatie b?
- In welk jaar is de temperatuuranomalie $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ volgens extrapolatie c?
- Welke van de drie lijnen vind jij de beste extrapolatie?

- e. Lees in diagram 2 af welke kooldioxideconcentratie hoort bij het jaar van de extrapolatie van d.
- f. Zou met onderzoeksgegevens zoals op de vorige bladzijde bij het begin van deze opdracht 9, de broeikasstheorie gefalsificeerd zijn, zou de broeikasstheorie hiermee zeker bewezen zijn of geen van beide? Licht je antwoord toe.

10. a. Snap je dat het antwoord op vraag 9.f afhangt van de manier waarop in het diagram geëxtrapoleerd is?

O.a. vanwege de verschillende mogelijke extrapolaties staan sommige wetenschappers sceptisch tegenover de broeikasstheorie en het verband tussen kooldioxideconcentratie en temperatuur. Met name is er kritiek op de extrapolatie die wordt aangeduid met de naam “hockeystick”.

- b. Welke van de drie extrapolaties a, b of c uit opdracht 9 zou met de naam “hockeystick” aangeduid worden?

In de tien bezwaren uit het artikel “Hete vuren” die je in opdracht 5 bestudeerd hebt staan nog andere bezwaren van de broeikassceptici. Pas toen in de aanloop naar de klimaatconferentie van Kopenhagen in december 2009 in een belangrijk IPCC-rapport onjuistheden bleken voor te komen werden deze bezwaren serieus genomen.

- c. Weet je nog uit het artikel op blz. 4 wat de afkorting IPCC betekent?

‘Deur open voor klimaatsceptici’

29-1-2010

- Fout in milieurapport IPCC leidt tot zelfanalyse Kamer.
- PvdA'er Samsom: niet blind vasthouden aan eigen gelijk.
- Afwijkend geluid belangrijk.

Van onze verslaggeefster
Kim van Keken

DEN HAAG In het klimaatdebat is alles zwart of wit volgens PvdA-Kamerlid Diederik Samsom en daarbij spaart hij ook zichzelf niet. ‘Mijn kamp heeft net iets te makkelijk gesteld dat wetenschap geen ruimte laat voor andere keuzes dan nu ingrijpen.’

Dat zegt hij donderdag tijdens het Kamerdebat over een fout in een belangrijk rapport van het

IPCC. Daarin stelde het klimaatpanel van de Verenigde Naties dat de gletsjers in de Himalaya zijn verdwenen in 2035. Dat jaartal had 2350 moeten zijn. Meerdere keren wezen wetenschappers op die fout, maar daar werd niets mee gedaan. Vorige week gaf het IPCC de fouten in de procedure toe.

In de Tweede Kamer veroordelen alle partijen de misrekening. ‘Verontrust’, is Kees Vendrik (GroenLinks). Liesbeth Spies van het CDA: ‘Is hier sprake van bewuste manipulatie om politici onder druk te zetten?’

PvdA'er Samsom (‘er is iets grondig misgegaan bij het klimaatpanel’) vindt echter dat ook de politiek bij zichzelf te rade moet gaan. Het ‘eigen gelijk’ domineert volgens hem de discussie, en daarbij

‘misbruiken’ politici de wetenschap. ‘Dat verkrampt, politiseert en perverteert diezelfde wetenschap. En dus moeten wij niet alleen maar verontwaardigd huilen als die wetenschap dan hapert.’

Hij geeft toe dat hij meer ruimte had moeten bieden aan klimaatsceptici in het debat. ‘Wij hebben anderen het huis uitgezet’, zegt hij doelend op klimaatscepticus Richard de Mos van de PVV. ‘Terwijl wij krampachtig de deur dichthouden, staan zij nu ramen in te gooien.’ De PvdA'er wil de deur openen. ‘Gelijk hebben, leidt niet tot vooruitgang.’

De Mos vindt dat de rest van politiek Den Haag ‘eindelijk is wakker geworden’. Hij vindt dat het IPCC, vol ‘liegende, frauderende en manipulerende boeven’, moet wor-

den opgeheven. ‘Jammer’, reageert SGP'er Kees van der Staaij. ‘Het zou fijn zijn iets inhoudelijker te kunnen debatteren met de PVV’, verwijzend naar de ‘open deur’ van Samsom.

Milieuminister Cramer heeft het IPCC al per brief om opheldering verzocht. Zij wil onder meer weten of de fout eenmalig was, of dat er meer aan de hand is. Ze benadrukt dat de fout (op een bladzijde van een dik rapport) niets afdoet aan het feit dat de aarde opwarmt. ‘We moeten het wel in proporties blijven zien.’

De VVD is sceptischer. ‘Het lijkt maar niet op te houden met gedoe rondom klimaatgegevens’, zegt Kamerlid Helma Népperus. Zij wil dat nationaal beleid, gebaseerd op het IPCC, weer wordt bekeken.

- d. Welke twee onjuistheden worden genoemd in het artikel “Deur open voor klimaat-sceptici” uit de Volkskrant van 29 januari 2010? en in het artikel “Dijkgraaf leidt studie naar IPCC” uit NRC Handelsblad van 10 maart 2010?

Sommigen vinden dat het gaat om serieuze fouten, anderen, zoals Huizinga in nevenstaand artikel, spreken van slordigheden.

- e. Is Huizinga een aanhanger van de broeikastheorie of een klimaatscepticus?

Dijkgraaf leidt studie naar IPCC

Door een onzer redacteurs

ROTTERDAM, 10 MAART. Robbert Dijkgraaf, voorzitter van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen (KNAW), zal samen met zijn Chinese collega leiding geven aan een internationale groep van wetenschappers die onderzoek gaat doen naar het omstreden IPCC-klimaatrapport. Het onderzoek moet in augustus klaar zijn. De VN zou dit later vandaag officieel bekendmaken.

Het klimaatrapport van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is onder vuur komen te liggen, nadat gebleken was dat niet alle wetenschappelijke informatie klopt. Zo smelten de gletsjers op de Himalaya lang niet zo snel als vermeld en ligt Nederland niet voor 55 procent, maar voor 26 procent onder de zeespiegel.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is in Nederland begonnen met een onderzoek naar fouten in het rapport. De KNAW houdt hier toezicht op.

De PVV wil tot het moment dat de resultaten bekend zijn stoppen met het huidige klimaatbeleid. Demissionair minister Huizinga (VROM, ChristenUnie) vindt dat, ondanks de „slordigheden” uit het rapport, de „overgrote consensus dat het klimaat verandert en dat de mens daar een rol in speelt nog staat als een huis”, zo zei ze vanmorgen in een Kamerdebat.

De Delftse hoogleraar geologie Salomon Kroonenberg bekijkt vanuit zijn vak het klimaat over langere perioden. In zijn boek “De menselijke maat” betoogt hij dat we ook nu rekening moeten houden met grotere tijdschalen, met de maat van de natuur. Hij laat zien hoe we een aantal trends uit het geologisch verleden naar de toekomst kunnen doortrekken.

“Want het spreekt niet vanzelf dat de toekomst moeilijker te voorspellen is naarmate hij verder weg ligt. We weten niet of het klimaat in 2100 warmer zal zijn dan nu, maar we kunnen wel voorspellen dat na de huidige warme tijd weer een ijstijd komt.”

Vraag of jullie een [uitzending](#) van NOVA van 5 februari 2010 gaan bekijken waarin Salomon Kroonenberg in debat gaat met Maarten Hajer over de fouten in het IPCC-rapport en de consequenties daarvan voor de klimaatdiscussie.

f. Is Kroonenberg een aanhanger van de broeikastheorie of een klimaatscepticus?

11. Over klimaatveranderingen en samenstelling van de atmosfeer in vroegere tijden kan geologisch onderzoek informatie geven.

a. Wat wordt er in de natuurwetenschap "geologie" bestudeerd?

Hoe geologisch klimaatonderzoek in z'n werk gaat kun je zelf bekijken aan de hand van de TELEAC/NOT-cursus "Klimaat in beeld". Die bestaat uit twaalf videofilms van telkens een kwartier en een boek met dezelfde titel.

Overleg met je begeleider of jullie dat geologisch klimaatonderzoek gaan bestuderen. Je hoort dan meteen wanneer je aflevering 1 van Klimaat in Beeld gaat bekijken.

b. Gaan jullie geologisch klimaatonderzoek bestuderen?

Het eerste deel van “Klimaat in Beeld” gaat over klimaatwisselingen in het algemeen. In de delen 2 t/m 10 wordt telkens een aparte geologische periode belicht. Het elfde en twaalfde deel gaan over het huidige en toekomstige klimaat.

Overleg met je begeleider welk deel jij met je groepsgenoten gaat bestuderen

c. Welk deel neem jij samen met je groepsgenoten voor je rekening?

Als alle groepen hun deel bestudeerd hebben kan een presentatie ervan volgen, bij voorkeur in chronologische volgorde.

Hieronder staat beschreven hoe jullie dat zouden kunnen doen. Overleg met je begeleider of bestudering en presentatie op onderstaande manier plaatsvinden of volgens een aparte instructie.

d. Hoe worden bij jullie bestudering en presentatie ingericht?

12. Praktische opdracht “Klimaat in Beeld”

Lees onderstaande procedure **eerst** helemaal door en overleg **daarna** met je begeleider.

Procedure

- * Van je begeleider heb je gehoord welk deel jullie gaan bestuderen.
- * Het bestuderen van het aan jullie toegewezen deel houdt in: het bekijken van de bij jullie deel behorende videofilm en het lezen en samenvatten van jullie deel uit het boek “Klimaat in beeld”.
- * Het presenteren houdt in ieder geval in:
 - a. het schriftelijk of mondeling presenteren van jullie samenvatting,
 - b. ondersteuning van jullie verhaal met een power-point-presentatie
 - c. het selecteren en eventueel vertonen van één of meer relevante fragmenten van de videofilm
 - d. het uitreiken van een hand-out van jullie power-point-presentatie. De ppp moet minimaal acht dia's bevatten met in ieder geval de volgende “inhoud”:
 1. Titel van de presentatie
 2. Namen van de groepsleden
 3. Situering van jullie geologische periode in de (verleden) tijd
 4. Locatie(s) in Nederland (of vlak daarbuiten) die in jullie deel ter sprake komen
 5. Informatie over de fauna in jullie geologische periode
 6. Informatie over de flora in jullie geologische periode
 7. Informatie over het klimaat in jullie geologische periode
 8. Ligging van Nederland op de van plaats veranderende continenten in jullie geologische periode

Een voorbeeld hand out is in dit boekje dit practicum afgedrukt, maar dat kan natuurlijk mooier (hoewel: besteed vooral aandacht aan de inhoud niet zo veel aan de vormgeving).

Vraag aan je begeleider of er een [voorbeeld-power-point-presentatie](#) beschikbaar is: de voorbeeld-dia-indeling kan een steun zijn bij de opzet van jullie presentatie maar je bent vrij om de volgorde te veranderen en er dia's aan toe te voegen, eventueel met informatie uit nog andere bronnen dan boek en videofilm.

Van je begeleider hoor je hoeveel tijd je aan de bestudering van jullie deel en aan de voorbereiding van de (maximaal 10 minuten durende) presentatie ervan mag besteden.

Gezien de omvang van elk deel in het boek en de uiteenlopende vullingen van de dia's is het verstandig de taken te verdelen.

Overleg met je begeleider over de beschikbaarheid van (jullie hoofdstuk uit) het boek “Klimaat in beeld”, over de beschikbaarheid van videofilm en afspeelapparatuur, over de volgorde en over datum en tijdstip van de eventuele presentatie.

Heb je naar aanleiding van het bovenstaande nog andere vragen? Overleg dan **nu** met je begeleider over het bovenstaande.

- a. Wanneer en hoe bestuderen jullie de gezamenlijke delen?
- b. Is er een voorbeeld-power-point-presentatie beschikbaar?
- c. Welk deel wordt door jullie bestudeerd en gepresenteerd?
- d. Wanneer gaan jullie presenteren?
- e. Zijn er nog meer afspraken die moeten worden vastgelegd?

Bezwaren tegen de broeikastheorie

1 De verontrusting over het broeikas-effect wordt in stand gehouden door wetenschappers die beseffen dat het een enorme stroom onderzoeksgeld genereert. Het 'Intergovernmental Panel on Climate Change' (IPCC) is een onbetrouwbaar gezelschap dat andersdenkenden systematisch buiten de deur houdt. Het IPCC beoefent 'science by consensus' en onderhandelt met politici over de formulering van de wetenschappelijke conclusies.

2 De verontrusting over een mogelijk klimaatteffect van stijgende concentraties kooldioxide (CO₂) is pas ontstaan toen onderzoek aan luchtinsluitels in het ijs van Groenland en de Zuidpool aantoonde dat in het geologisch verleden warme perioden steeds samenvielen met hoge CO₂-concentraties. Maar dit gaat volledig voorbij aan onzekerheden over oorzaak en gevolg. Het is zeer goed mogelijk dat de CO₂-concentraties destijds stegen doordat het warm werd en niet andersom.

3 De stijging die sinds 1958 in de CO₂-spanning wordt gemeten is een voortzetting van een trend die al lang geleden begon, hoogstens gaat het de laatste eeuw wat sneller. Overigens is heel onzeker of de recente metingen betrouwbaar zijn, want veel meetstations bevinden zich in de buurt van werkende vulkanen die CO₂ produceren. Mocht de gesignaleerde stijging al reëel zijn, dan is het nog maar de vraag of zij wel iets te maken heeft met fossiele brandstoffen. Het kan ook zijn dat de oceanen, door vervuiling van hun oppervlak, minder CO₂ zijn gaan absorberen dan vroeger.

4 Voorspellingen over de toekomstige CO₂-concentraties zijn zeer aanvechtbaar. De koolstofkringloop is nog slecht bekend. Er gaapt een *missing sink*: bijna twintig procent van de berekende productie van CO₂ is nergens op aarde terug te vinden. Nog steeds is er geen verklaring voor de plotselinge stagnatie in de CO₂-stijging die in 1991 optrad. En ten slotte: het is heel wel denkbaar dat de extra plantengroei die het gevolg zal zijn van de zogenoemde CO₂-bemesting krachtig gaat compenseren voor alle emissies. Het IPCC houdt daar geen rekening mee.

5 Het fysisch mechanisme achter het broeikaseffect, de zogenoemde stralingsforcering, is nog slecht bekend. Stelselmatig wordt de rol van waterdamp daarin onderschat. Waterdamp is het belangrijkste broeikasgas en niet CO₂. Bovendien zit er nu al zoveel CO₂ in de atmosfeer dat door extra CO₂ nauwelijks extra absorptie en terugstraling van aardse warmtestraling ontstaat: het CO₂-venster is al gesloten. Het IPCC overschat de rol van CO₂.

6 De reconstructie die het IPCC geeft voor de gemiddelde aardse temperatuur in de laatste 120 jaar vertoont grote gebreken. Er is voorbijgegaan aan het feit dat in de loop van ruim een eeuw steeds andere typen thermometer in gebruik kwamen en dat veel waarnemingsstations die vroeger in landelijke omgeving lagen geleidelijk door steden zijn omringd. Het staat vast dat steden gemiddeld warmer zijn dan het platteland eromheen. De waargenomen temperatuurstijging is in hoofdzaak een urbanisatie-effect.

7 De computermodellen, de 'General Circulation Models', die voor de prognoses worden gebruikt zijn onaanvaardbaar grove versimpelingen van de werkelijkheid. Er moet vaak 'handmatig' worden bijgeregeld om te verhinderen dat ze onzin (zoals negatieve regenval) genereren. Cruciale processen als wolk- of zeeijsvorming zijn nog heel gebrekkig gemodelleerd. Er is geen rekening gehouden met een 'variabele zon' of met de mogelijkheid dat zeestromen zich gaan verleggen als het klimaat verandert. De verwachte toenemende waterdampspanning die het CO₂-effect geweldig versterkt zal misschien helemaal niet optreden. Tenslotte: het is maar helemaal de vraag of de chaotische aspecten van het klimaat het opstellen van betrouwbare voorspellingen niet blijvend in de weg zullen staan.

9 Het IPCC heeft zich door de voortdurende bijstelling van zijn prognoses volstrekt ongeloofwaardig gemaakt. Er is beweerd dat de zeespiegel met meters omhoog zou komen en dat Amersfoort aan zee zou komen te liggen. Nu beweert het IPCC dat de zeespiegel in 2100 misschien maar 50 centimeter hoger komt te liggen dan tegenwoordig. De gemiddelde temperatuur op aarde stijgt tot aan 2100 misschien niet meer dan 2 graden. Wie zich volgend jaar aan de Costa Brava vestigt wordt aan een grotere temperatuurverandering onderworpen.

8 Dat de klimaatmodellen ernstig tekortschieten blijkt uit het feit dat ze niet eens het huidige klimaat kunnen 'voorspellen'. Ook de grillige opwarming die sinds 1880 is gesignaleerd (*zie grafiek*) kan niet door de modellen worden gereconstrueerd. En zoiets als 'de kleine ijstijd', de tijdelijk afkoeling die zich rond de zeventiende eeuw voerde, gaat hun voorspellende vermogen al helemaal te boven. De opwarming die de laatste twintig jaar aan het aardoppervlak is gemeten wordt door satellieten niet teruggevonden in de hogere troposfeer, terwijl dat volgens de modellen wel zou moeten. De modellen kunnen niet weerleggen dat de opwarming van deze eeuw het gevolg is van de steeds frequentere en zwaardere El Niño's.

10 Het is hoe dan ook onzin om je ongerust te maken over dreigende rampen. De aarde heeft wel voor hettere vuren gestaan. Er zijn kennelijk moeilijk te traceren krachten werkzaam die het hier leefbaar houden, hoe sterk de omstandigheden ook wisselen. Zo'n 4,5 miljard geleden scheen de zon 30 procent zwakker dan nu, en toch was het kennelijk warm genoeg om water vloeibaar te houden. Ook James Lovelock gaat er in zijn Gaia-hypothese van uit dat 'het leven' zelf de milieucodities schept waarin leven mogelijk blijft.

Tegenwerpingen tegen de bezwaren tegen de broeikasttheorie

A Urr HET ijskernonderzoek blijkt dat de CO₂-spanning al sinds de laatste ijstijd, dus al vele duizenden jaren lang, stijgt. Maar het tempo waarin dat gebeurt staat in geen enkele verhouding tot de snelheid waarmee de CO₂-spanning de laatste eeuw stijgt. Sinds de laatste ijstijd, 18.000 jaar geleden, is de CO₂-concentratie gestegen van 190 tot 280 ppm. In de laatste twee eeuwen liep de concentratie vervolgens op van 280 tot 365. Inderdaad vinden veel van de recente, directe CO₂-metingen wonderlijk genoeg plaats vanaf posities bij werkende vulkanen (Mauna Loa, Erebus, Canarische eilanden). Maar het is een kleine moeite om vast te stellen of dat de metingen beïnvloedt en dat blijkt niet het geval. Dat de stijging in de CO₂-concentratie komt van fossiele brandstoffen blijkt uit het C¹⁴-effect dat Suess in 1958 vond en uit statistische gegevens over de inzet van die brandstoffen.

B DE MODELLENBOUWERS zijn er juist trots op dat ze het huidige klimaat wél kunnen laten voorspellen door hun modellen. Zelfs de wisselingen van de seizoenen, goedbeschouwd razendsnelle, ingrijpende klimaatveranderingen die het broeikaseffect verre overtreffen, worden goed nagebootst. De grilligheid in het tempo van de opwarming sinds 1880 bleek verklaarbaar door het koelend effect van sulfaat-aerosol in rekening te brengen. Maar of het sulfaat de afkoeling tussen 1930 en 1970 ook werkelijk heeft teweeggebracht kan niet worden bewezen. Ook over het ontstaan en de gevolgen van El Niño's is nog onzekerheid. Vast staat dat een forse El Niño, zoals die van dit jaar, de gemiddelde aardse temperatuur belangrijk verhoogt. De kleine ijstijd is nog enigszins een raadsel, tegenwoordig ziet men er vaak een zonne-effect in.

Het is niet gelukt de slechte koppeling tussen de ontwikkeling in de temperatuur aan het aardoppervlak en hoger in de troposfeer, gesignaleerd door MSU-radiometers in NOAA-satellieten, helemaal weg te poetsen. De discrepantie wordt nu wel, zie *New Scientist*, als de achilleshiel van de modellenbouwers beschouwd. Er is dus vooralsnog geen sluitende verklaring.

C ER ZIJN inmiddels vier onderzoeksgroepen die aan de hand van historische temperatuurmetingen een reconstructie hebben gemaakt van de gemiddelde aardse temperatuur over de laatste 120 tot 150 jaar. Daarbij is juist, en uitdrukkelijk, alles in het werk gesteld om te corrigeren voor systematische fouten, zoals die van het 'heat island effect', dat als de belangrijkste wordt beschouwd. Ook voor een andere effect is gecorrigeerd: veel stations maten de luchttemperatuur vroeger vanaf een hoge positie en zijn pas later op grondniveau gaan meten (twee meter boven het maaiveld). Laag bij de grond is het doorgaans iets warmer. Pikant is dat de eerste temperatuurreconstructies werden opgesteld door onafhankelijk werkende Westerse en Russische onderzoekers. De overeenkomst in de bevindingen was niettemin treffend.

D DE EXOTISCHE uitspraken over de te verwachten gevolgen van het broeikas-effect stammen uit de periode voor 1990. In de IPCC Scientific Assessment van 1990 is een zeespiegelrijzing voor 2100 voorspeld van 65 centimeter en een temperatuurstijging van 3 graden, met ruime marges. De Assessment van 1995 heeft deze waarden, op grond van nieuwe inzichten in de emissies en de CO₂-gevoeligheid van het klimaat, teruggebracht tot 50 centimeter en 2 graden. Dat Amersfoort aan zee komt te liggen is een opzettelijke overdrijving uit een voorlichtingscampagne van het ministerie van VROM uit 1990. Ook VROM heeft een tijdlang de *scare-them-to-death*-benadering aangehangen. Anderzijds is het enigszins demagogisch om, zoals Schatten (NASA) en Hoyt (Hughes) doen, een stijging in de gemiddelde mondiale temperatuur van 2 graden te vergelijken met een afdaling langs een berghelling of een reis naar Zuid-Frankrijk. Stijgingen in de gemiddelde aardse temperatuur van 2 graden binnen een eeuw hebben zich in duizenden jaren niet voorgedaan.

E VOOR DE zogenoemde 'weak sun paradox' is nog geen sluitende verklaring gevonden maar nu al staat wel vast dat daar voor de komende honderd jaar weinig van te verwachten valt. Daarvoor gaan de veranderingen te snel. Hetzelfde geldt voor de Gaia-hypothese, waarvan de laatste jaren overigens niet veel meer wordt vernomen. Lovelock zelf heeft erop gewezen dat zijn hypothese geen excuus mag zijn om geen maatregelen tegen het broeikas-effect te treffen.

F NIEMAND BESTRIJDT dat de modellen nog heel gebrekkig zijn. Toch hebben ze al aantoonbaar nuttige informatie opgeleverd. Dat ze regelmatig moeten worden bijgesteld om absurditeiten buiten de voorspellingen te houden beschouwen modellenbouwers als volstrekt normaal. Het staat immers op voorhand vast dat de modellen tekort schieten, dus dat er wel ongerijmdheden gegeneerd moeten worden. Er is dan geen andere keus dan die weer weg te werken. Altijd wordt nagegaan waarom bepaalde variabelen 'ontsporen', zoals ook altijd wordt nagegaan wat de fysische achtergrond is van de voorspellingen die het model doet. De modellen houden wel degelijk rekening met veranderende zeestromen en een zon die niet helemaal constant straalt, al is aan dat laatste nog wel wat te verbeteren. Dat helemaal niet zeker is dat de waterdampspanning zo sterk zal stijgen als wordt aangenomen is een stokpaardje van Roy Spencer van NASA en van Dick Lindzen van het MIT (zie *New Scientist*, 19 juli 1997). Het verweer van het IPCC is dat zo realistisch mogelijke aannames zijn gedaan over het gedrag van waterdamp en dat er pas andere aannames komen als daarvoor voldoende grond is. Het chaos-argument, dat in Nederland vooral door Tennekes wordt gehanteerd, is met een soort betoog uit het ongerijmde te pareren. Ook 'weer' is immers chaotisch en toch blijken er weersvoorspellingen mogelijk. Het chaosaspect legt beperkingen op aan de voorspellingstermijn en aan de gedetailleerdheid van de uitspraken. De klimaatmodellen zijn het sterkst in hun mondiale voorspellingen, wat ze regionaal voorspellen is van beperkte waarde.

G DE INTRODUCTIE van de term *missing sink* voor tekorten op de mondiale CO₂-balans is een strategische fout van het IPCC geweest. Inmiddels zijn er zoveel kleine sinks gevonden dat aan het begrip geen behoefte meer is. De landvegetatie blijkt op onverwachte plaatsen meer CO₂ vast te leggen dan werd aangenomen en ook de bossen van Rusland blijken een onverwacht sterke sink. Dat de CO₂-gestimuleerde plantengroei, die wel degelijk veel aandacht krijgt van het IPCC, gedurende lange tijd substantieel zal kunnen compenseren voor de toenemende emissies wordt onwaarschijnlijk geacht. De kans is groot dat op korte termijn het omgekeerde zal gebeuren als snelle klimaatveranderingen een grote sterfte op gang brengen. De raadselachtige stagnatie van 1991 (die zich ook voordoed bij andere gassen) is nog steeds niet goed verklaard, vaak wordt een verband gelegd met de uitbarsting van de vulkaan Pinatubo.

J DAT HET ijskernonderzoek de verontrusting over het broeikaseffect heeft opgewekt is een hardnekkig misverstand. Het broeikaseffect is op theoretische grond al in de negentiende eeuw voorspeld en het werd in de jaren zestig voor het eerst in de waarnemingen 'herkend'.

Suess ontdekte al in 1958 de wonderlijke daling van de C¹⁴-fractie in het atmosferische CO₂ en hij schreef deze aan de inzet van fossiele brandstof toe. Keeling, die in hetzelfde jaar CO₂-metingen bij Hawaii was begonnen, had tegen 1970 een overtuigende stijgende trend in de CO₂-concentratie gevonden. De resultaten van ijskernonderzoek kwamen pas na 1980 beschikbaar. De beroemde Vostok-ijskern die, met Russische steun, door Franse onderzoekers werd geanalyseerd is pas tussen 1980 en 1985 uit het ijs van de Zuidpool geboord. Hij beschrijft een periode van 160.000 jaar en toont inderdaad een frappante samenhang tussen temperatuur en CO₂-spanning. Deze ontdekking speelt nauwelijks een rol in de analyse en beoordeling van de huidige broeikasproblematiek.

H DAT ONDERZOEKERS belang hebben bij broeikas-verontrusting valt moeilijk te ontkennen. Dat ze terwille van het budget regelmatig verontrusting oproepen lijkt wel aangetoond door het opereren van de NASA in de ozonproblematiek. Maar dat is op zichzelf niet uniek. En het gaat te ver te beweren dat de huidige onrust daarom geen verband meer heeft met de werkelijkheid. Het IPCC, in 1988 opgericht onder auspiciën van de WMO en de UNEP, is niet zozeer een organisatie als wel een systeem. En wel een reviewsysteem: het meest uitputtende reviewsysteem dat de wetenschap kent. Toen men in 1988 beseftte dat klimaatverandering alleen in mondiaal verband, dus in VN-verband, was aan te pakken, ontstond er bij de VN behoefte aan een gedetailleerde en objectieve klimaatrapportage. Daarvoor is het IPCC opgericht. Het IPCC evalueert slechts bestaand, gepubliceerd onderzoek, maar doet dat in een 'peer review' die veel uitgebreider is dan gangbaar bij bladen als *Science* en *Nature*. Als zovelen uiteindelijk tot één eindtekst moeten komen, ontstaat onvermijdelijk het beeld van 'science by consensus'. Dat alleen gelijkgestemden onder de referees worden opgenomen wordt door IPCC-leden met klem bestreden. Een ongelukkig punt is dat aan de IPCC-rapporten samenvattingen worden toegevoegd die wél — en in besloten vergaderingen — in overleg met beleidsmakers of politici worden opgesteld. Zo is de indruk ontstaan dat de politiek ook invloed heeft op de rapporten zelf, wat niet zo is. Overigens leerde de waarneming dat vooral broeikas-sceptici uit OPEC-landen de IPCC-conclusies in hun voordeel probeerden bij te sturen.

I HET WONDERLUKE van dit argument is dat met zo weinig moeite al in het eerste IPCC-rapport valt na te gaan dat het niet deugt. Hoofdstuk 2 over de 'Radiative forcing of climate' behandelt de kwestie in de meeste expliciete termen. Kennelijk rekenden de broeikas-sceptici erop dat het IPCC-rapport (uitgegeven door Cambridge University Press) toch niet besteld zou worden of lazen ze het rapport zelf niet. Inderdaad is, noteert het IPCC, de atmosfeer voor bepaalde golflengtes van het langgolfige infrarood door de aanwezigheid van CO₂ al zo ondoorzichtig dat extra CO₂ vrijwel geen effect meer heeft. Maar het geldt niet voor alle golflengtes. Er is een afvlakkend verband tussen de stralingsforcering en CO₂-concentratie.

Voorbeeld hand out

Klimaat in beeld

Een reis door verschillende
geologische periodes

Namen

Baselier en Van Berkel

Geologische periode

Van Carboon tot Holoceen

Locaties

Verspreid over heel
Nederland en soms ook nog
even over de grens

Fauna

Van trilobiet tot
Cromagnonsmens

Flora

Van reuzevarens tot
genetisch gemanipuleerde
maïs

Klimaat

Van tropisch
naar ijskoud
naar ?

Ligging

Van evenaar tot
52 ° noorderbreedte