

# Climate Change 2001

## Una lettura critica

### Parte prima: il clima che cambia

di Giovanni Pieri

*Il comitato intergovernativo sui cambiamenti di clima (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ha emesso il suo terzo rapporto sul clima. A dieci anni di distanza dal primo e a cinque dal secondo ne conferma e rafforza le previsioni negative. Il documento, denominato Climate Change 2001, The Scientific Basis, ha visto la collaborazione come autori e revisori di circa 1.200 scienziati di tutti i paesi. Le competenze profuse nella stesura sono non soltanto eccellenti, ma rappresentano anche tutti i possibili punti di vista scientifici e politici dei paesi sviluppati e in via di sviluppo.*

**C**limate Change 2001 è un documento molto importante perché è in base ad esso che i governi di tutto il mondo si apprestano a ratificare il trattato di Kyoto e, in conseguenza, a spendere tre trilioni di dollari per prevenire disastri ambientali dovuti al cambiamento di clima. Una somma colossale, che rappresenta quasi il 10% del prodotto lordo di tutti i paesi del mondo messi insieme.

È forse la prima volta che un lavoro scientifico ha un impatto di tali dimensioni sulla politica e sull'economia mondiali. Per esempio l'atmosfera si appresta ad entrare nel novero dei beni di valore economico ed è probabile che entro breve tempo si assista ad un fiorente commercio di un nuovo genere di titoli riguardanti le quote di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. In questa prima parte la lettura critica si focalizza sui dati principali forniti dal documento e sulle conclusioni che ne vengono tratte, riservan-

#### Contents

Figura 1 - Table of Contents di Climate Change 2001

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| Foreword                                                          | vii |
| Preface                                                           | ix  |
| Summary for Policymakers                                          | 1   |
| Technical Summary                                                 | 21  |
| 1 The Climate System: an Overview                                 | 85  |
| 2 Observed Climate Variability and Change                         | 99  |
| 3 The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide                 | 183 |
| 4 Atmospheric Chemistry and Greenhouse Gases                      | 239 |
| 5 Aerosols, their Direct and Indirect Effects                     | 289 |
| 6 Radiative Forcing of Climate Change                             | 349 |
| 7 Physical Climate Processes and Feedbacks                        | 417 |
| 8 Model Evaluation                                                | 471 |
| 9 Projections of Future Climate Change                            | 525 |
| 10 Regional Climate Information – Evaluation and Projections      | 583 |
| 11 Changes in Sea Level                                           | 639 |
| 12 Detection of Climate Change and Attribution of Causes          | 695 |
| 13 Climate Scenario Development                                   | 739 |
| 14 Advancing Our Understanding                                    | 769 |
| Appendix I Glossary                                               | 787 |
| Appendix II SRES Tables                                           | 799 |
| Appendix III Contributors to the IPCC WGI Third Assessment Report | 827 |
| Appendix IV Reviewers of the IPCC WGI Third Assessment Report     | 845 |
| Appendix V Acronyms and Abbreviations                             | 861 |
| Appendix VI Units                                                 | 869 |
| Appendix VII Some Chemical Symbols used in this Report            | 871 |
| Appendix VIII Index                                               | 873 |

do la Parte 2, di prossima pubblicazione, ad una discussione dei modelli di previsione del clima.

L'obiettivo è chiarire il più possibile la fondatezza delle conclusioni del rapporto, analizzando il modo con cui i dati sono stati interpretati e come si è giunti alle conclusioni.

#### Come il Climate Change 2001 vede il futuro della Terra

Il documento<sup>1</sup>, che chiameremo di qui in avanti CC2001, è stato pubblicato per IPCC<sup>2</sup> ed ha come finalità:

- valutare l'informazione scientifica e socio-economica disponibile sul cambiamento di clima;
  - fornire su richiesta consulenza nei campi scientifico, tecnico e socio-economico ad altri organismi sovranazionali<sup>3</sup>.
- Si tratta di un "progress report" fino all'anno 2001 e riguarda gli aspetti scientifici, mentre gli aspetti sociali ed economici sono trattati in altri documenti; tutti insieme costituiscono il terzo rapporto di IPCC per la valutazione del clima<sup>4</sup>. Gli argomenti che fanno parte del CC2001 possono essere desunti dalla Table of Contents riprodotta in Figura 1.

I capitoli affrontano tutti gli aspetti del problema: la descrizione dei cambiamenti in atto, le cause che li provocano, i loro meccanismi d'azione ed infine le previsioni del clima futuro. Il CC2001 si rivolge in gran parte a persone che sono interessate all'argomento, senza essere in grado né di leggerlo tutto per ragioni di tempo né di comprenderne i dettagli per ragioni di preparazione. Per questo motivo il rapporto inizia con un Summary for Policymakers (SPM).

vii) i cambiamenti climatici di origine antropica persisteranno per molti secoli; viii) ulteriore azione è richiesta per colmare le lacune di informazione e comprensione ancora presenti.

Ogni forma dubitativa è assente. Il carattere assoluto delle conclusioni è rafforzato da parole forti. Il pericolo climatico è dato non solo come reale, ma anche in via di rapido aumento. L'ultima conclusione, denunciando l'esistenza di lacune, dovrebbe ridurre il valore assoluto delle

(alla lettera: procuratori), che sono in grado di ricostruire le temperature passate. La linea blu è ricavata dalle variazioni di spessore degli anelli degli alberi, dall'abbondanza isotopica nei coralli, dalle carote di ghiaccio o infine dalle registrazioni storiche. Sul diagramma sono riportate quindi due cose diverse per caratteristiche, metodo di rilevamento ed estensione dell'errore (fascia grigia). L'accostamento delle due linee sullo stesso diagramma è

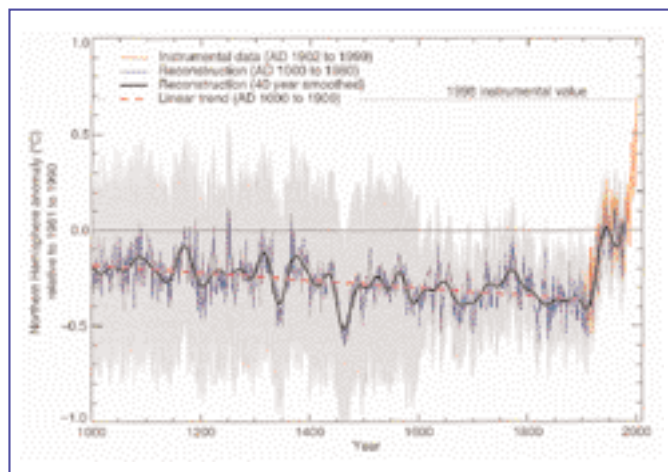


Figura 2 - Andamento della temperatura nell'ultimo millennio

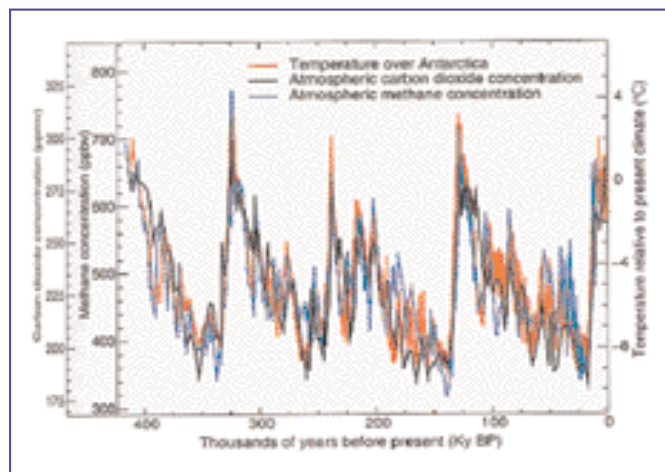


Figura 3 - Variazione della temperatura e del contenuto di gas serra nell'atmosfera durante gli ultimi 400 mila anni

Lo SPM rappresenta una parte molto delicata di tutto il rapporto perché vi è assorbita l'incertezza. Se nei vari capitoli del CC2001 sono presenti dubbi su alcuni fenomeni, questi scompaiono totalmente nello SPM. Gli estensori hanno tenuto presenti i dubbi, ma si sono attenuti alle conclusioni<sup>5</sup> che appaiono loro più probabili, nonostante quelli:

- i) un crescente corpo di osservazioni dà un quadro di un mondo in riscaldamento e con cambiamenti climatici in atto;
- ii) le emissioni di gas serra e di aerosol dovuti alle attività umane continuano ad alterare l'atmosfera in modo tale che prevedibilmente influenzano il clima;
- iii) la fiducia nella capacità dei modelli di prevedere il clima futuro è aumentata;
- iv) ci sono nuove e più forti prove che la maggior parte del riscaldamento osservato negli ultimi 50 anni è attribuibile alle attività umane;
- v) l'influenza umana continuerà a cambiare la composizione atmosferica durante il 21<sup>mo</sup> secolo;
- vi) la temperatura media globale e il livello del mare sono previsti aumentare sotto tutti gli scenari prefigurati da IPCC;

precedenti, al contrario da quelle riceve un carattere d'urgenza. In definitiva le conclusioni sono redatte in modo da fare pressione sul "policymaker", perché passi all'azione e adotti politiche per contenere le alterazioni di clima e per limitare i danni.

#### Il recente aumento della temperatura media

Il CC2001 dedica alla questione del cambiamento del clima il capitolo 2 "Observed Climate Variability and Change"<sup>6</sup>, da cui è tratta la Figura 2, (cap. 2 pag. 134), che mostra l'andamento della temperatura media dell'emisfero settentrionale nell'ultimo millennio. La Figura è chiara: ci sono 9 secoli di lenta caduta della temperatura, seguiti da un secolo di risalita. La variazione di tendenza è così brusca che si è portati a concludere che qualcosa di nuovo agisca dopo il 1900. Alcuni approfondimenti sono però necessari:

- i) l'inizio della salita di temperatura coincide con l'inizio dei dati strumentali (in rosso). Prima del 1900 la temperatura è ricostruita con i proxy (in blu). Con questo nome si denotano gli indicatori

piuttosto arbitrario: il brusco gomito che si vede intorno al 1900 potrebbe essere un artefatto.

- ii) i Vichinghi intorno al 1000 navigavano liberamente l'oceano settentrionale, che però nel 1600 serrava in una morsa di ghiaccio le navi degli esploratori

<sup>1</sup> IPCC, 2001; Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.T. Houghton *et al.* (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 881 pp.

<sup>2</sup> IPCC, "Intergovernmental Panel on Climate Change", organizzazione costituita da "World Meteorological Organization" (WMO) e da "United Nations Environment Programme" (UNEP).

<sup>3</sup> Ad esempio alla Conference of Parties (COP) e alla United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

<sup>4</sup> Third Assessment Report (TAR). Lo hanno preceduto il Second Assessment Report (SAR), nel 1996 e il First Assessment Report nel 1991.

<sup>5</sup> Tradotte alla lettera.

<sup>6</sup> C.K. Folland *et al.*, 2001; Observed Climate Variability and Change, in Climate Change 2001.

europei. Ci si aspetterebbe di trovare in Figura 2 un minimo attorno al 1600 e un massimo all'inizio del millennio, ma non è così. La spiegazione, derivata dai proxy, è che il periodo caldo medievale è limitato al nord Atlantico e che altrove nemmeno si è sentito; inoltre, mentre la piccola era glaciale di metà millennio tormentava l'Europa, per esempio a Terranova faceva più caldo del solito. Resta da capire se i proxy non siano altrettanto vaghi delle registrazioni storiche.

Alla luce delle considerazioni precedenti la conclusione tratta a prima vista (e adottata dal CC2001) appare poco solida.

### Risalite della temperatura media in tempi geologici

Ammettendo che i proxy siano indicatori attendibili, basta considerare la Figura 3, tratta anch'essa dal capitolo 2, che riporta i proxy degli ultimi 400 mila anni, per rendersi conto che l'andamento a denti di sega, cioè uno stabile e lungo declino seguito da un improvviso rialzo, è il modello tipico dell'andamento della temperatura sulla terra. I punti seguenti precisano il concetto e ne analizzano le implicazioni.

i) la Figura 2 e la Figura 3 si somigliano, ma a scale diverse. In Figura 3 si vede che intorno a 130 mila anni fa, dopo un lungo periodo di declino durato pressappoco 90 mila anni, si è iniziato un improvviso rialzo avvenuto nel giro di circa 10 mila anni. Stesso andamento del millennio di Figura 2, salvo che in corrispondenza all'aumentata scala di tempo l'escursione delle anomalie di temperatura è stata molto più pronunciata di quella di oggi (da -9 a +3 °C anziché da -0,4 a +0,6 °C). Pertanto rialzi bruschi dopo lente discese sono normali e non necessariamente imputabili all'azione umana. Se avessimo potuto essere presenti 130 mila anni fa, avremmo probabilmente visto la temperatura media dell'atmosfera cambiare in modo sensibile nello spazio di una vita umana;

ii) in modo più elementare, se si considera che l'ultimo millennio, un piccolo tratto in alto a destra nella Figura 3, appartiene ai 10 mila anni più caldi degli ultimi 400 mila, l'aumento degli ultimi 100 anni rientra nella normale variabilità del clima. Ignorando dubbi e interpretazioni alternative, il CC2001 conclude, dalla Figura 2, che risalite così brusche della temperatura non si sono mai viste nel passato; dalla

Figura 3 che per 420 mila anni la temperatura non ha mai superato i valori attuali. Un uso dei dati quanto meno limitato se non distorto. Nel CC2001 si considera solo quanto atto a mostrare che il clima è fuori controllo proprio ora e noi ne siamo responsabili. Dal punto di vista del metodo scientifico la conclusione del CC2001 può essere, al più, adottata come provvisoria, perché non esente da critiche e non priva di interpretazioni alternative. A questo livello di conoscenza proporla come scientificamente accertata può essere fuorviante per l'azione politica.

### Contemporaneità tra l'aumento dei gas serra e le variazioni di temperatura

Per la crescita dei gas serra si veda la Figura 4, tratta dal CC2001 (Technical Summary, pagina 36).

Si tratta della concentrazione di CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, usata come indicatore dell'influenza umana sull'atmosfera durante l'epoca industriale. I diagrammi mostrano una crescita esponenziale per tutte le

sostanze verso la fine del millennio. Ma guardiamo i diagrammi più da vicino.

i) l'aumento di tutti gli indicatori comincia ad essere sensibile dal 1750, mentre il rialzo di temperatura comincia nel 1900. Questa circostanza non contrasta con l'identificazione dell'aumento dei gas serra come causa del cambiamento climatico (necessariamente la causa precede l'effetto), ma indebolisce l'attribuzione dell'aumento dei gas serra all'attività umana. Nel 1750 l'industrializzazione era agli inizi e limitata alla sola Inghilterra; non poteva avere nemmeno una piccola influenza sulla composizione dell'atmosfera a livello planetario;

ii) la parte più antica del diagramma è ricostruita mentre la più recente è effettivamente misurata. I metodi di ricostruzione si basano su fattori come il numero di stomi sulle foglie di certe piante, che varia con il contenuto di CO<sub>2</sub> dell'atmosfera. Contando il numero di stomi nelle foglie fossili si risale alla concentrazione di CO<sub>2</sub> quando la pianta era in vita. Questo metodo si presta alla stessa critica dei diagrammi della temperatura; inoltre qui non

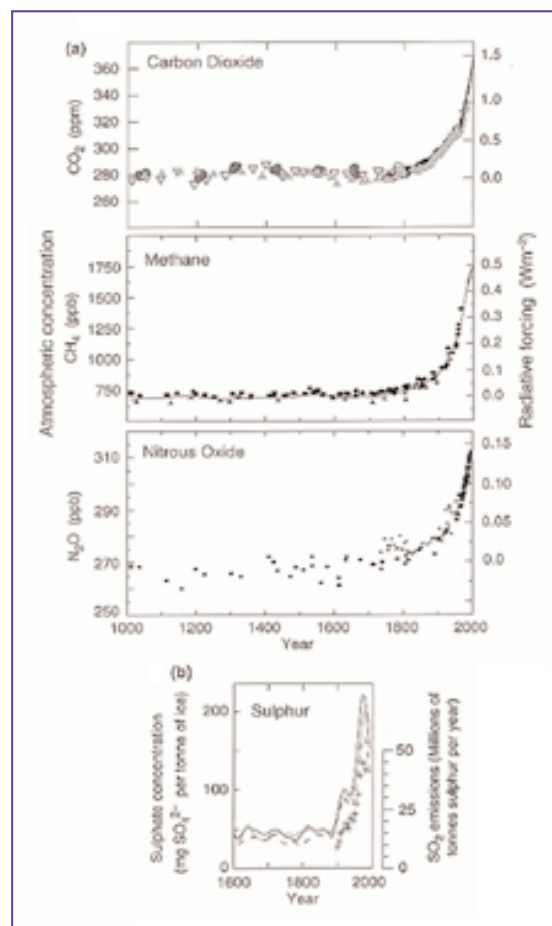


Figura 4 - Andamento di gas serra e degli aerosol atmosferici nell'ultimo millennio

si specifica l'incertezza degli indicatori;

iii) la temperatura e il contenuto in gas serra dell'atmosfera variano insieme anche senza l'intervento dell'uomo, come si può vedere dalla già citata Figura 3, che riporta oltre alla temperatura l'andamento di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. Nel Capitolo 3 si identifica la causa delle variazioni della Figura 3 con il ciclo dell'eccentricità dell'orbita terrestre, che ha un periodo di circa 100 mila anni. Un intero paragrafo, evidenziando in un riquadro, è dedicato a descrivere le ipotesi che spiegano perché le variazioni di gas serra procedono di pari passo con le variazioni di temperatura; in pratica i gas serra possono aumentare nell'atmosfera senza bisogno di una produzione artificiale. L'aumento di temperatura e di gas serra sono due effetti concomitanti di una stessa causa, ma chissà perché questa conclusione non vale per i fatti più recenti. Pertanto che sia l'attività umana la causa dell'aumento di temperatura, come proposto nel CC2001, è accettabile solo come ipotesi da sottoporsi a successive verifiche, ma non come base di azione immediata.

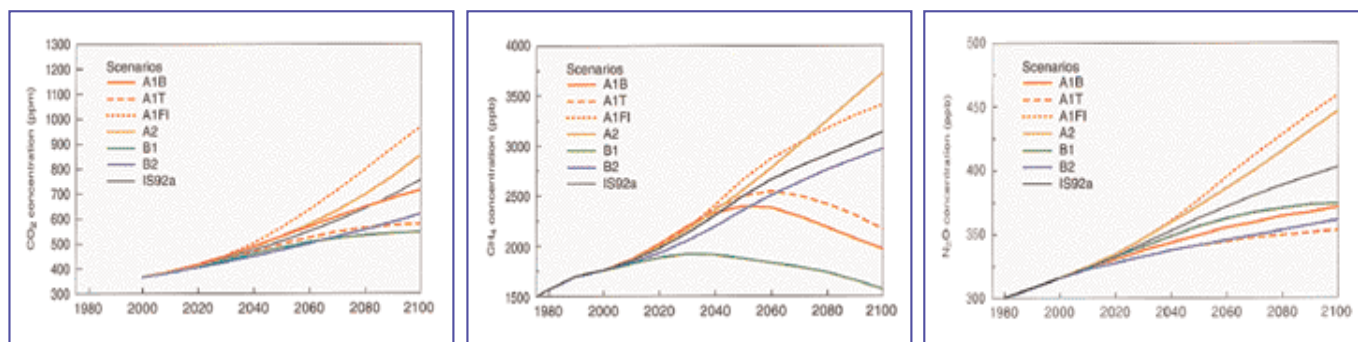


Figura 5 - Scenari futuri di aumento del contenuto di gas serra nell'atmosfera

### Il raddoppio della CO<sub>2</sub>

La Figura 5, tratta dal Technical Summary, pagina 65, riporta gli aumenti di CO<sub>2</sub> atmosferica. Si vede che le previsioni vanno da +50% a +150% nel secolo XXI. In particolare la linea azzurra, corrispondente allo scenario B2, è ottenuta prolungando linearmente la crescita odierna e porta ad un raddoppio della CO<sub>2</sub> poco dopo il 2100. Il raddoppio è quindi un riferimento per le stime sull'evoluzione climatica. Questa crescita è presentata come dotata di un carattere di validità in sé, perché naturale estrapolazione dei dati. Però esiste un'alternativa all'extrapolazione lineare: le curve logistiche di Volterra-Lotka hanno una forma ad "S" che prevede il raggiungimento di un asintoto dopo una fase di crescita rapida. Queste curve hanno mostrato di poter ben descrivere la crescita di popolazioni, che si espandono fino a riempire una nicchia ecologica.

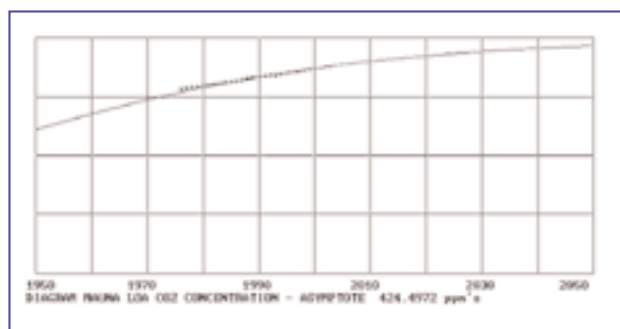


Figura 6 - Regressione con un modello Volterra-Lotka della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> dal 1976 al 1999

#### Risultati delle regressioni misurate sui valori di CO<sub>2</sub>\*

| Periodo | Asintoto | Errore Stand. | Costante tempo | fattore D |
|---------|----------|---------------|----------------|-----------|
| 1959-76 | 486 ppm  | 6,41 E-04     | 468 anni       | 1,45 E-04 |
| 1976-99 | 424 ppm  | 1,30 E-03     | 150 anni       | 1,30 E-03 |

\* Misurazioni effettuate al Mauna Loa dalla Scripps Institution of Oceanography dell'Università della California

Tali curve sono valide in generale per tutti i fenomeni che crescono avvicinandosi a dei limiti fisici. Roberto Vacca<sup>7</sup> ha impiegato queste curve per eseguire una regressione sui valori di CO<sub>2</sub> misurate al Mauna Loa dalla Scripps Institution of Oceanography of University of California dal 1959 al 1999. Constatato che nel 1976 si è avuta una discontinuità nella crescita, la regressione è stata eseguita in due parti: dal 1959 al 1976 e dal 1976 al 1999. La Tabella dà i risultati delle due regressioni.

Ciò indica che dal 1976 la concentrazione di CO<sub>2</sub> aumenta più velocemente che negli anni precedenti, ma tende ad un asintoto più basso, situato a 424 ppm, che dovrebbe essere raggiunto nei primi decenni del 22<sup>mo</sup> secolo (vedi Figura 6). La costante di tempo è definita come il tempo necessario per andare dal 10% al 90% del valore finale dell'asintoto. Il fattore D è un indicatore dell'unicità dell'equazione di regressione<sup>8</sup>. Valori del fattore D molto più bassi di 10<sup>-4</sup> indicano che i dati non individuano nettamente un asintoto, ma ammettono un'ampia varietà di asintoti plausibili. L'errore standard molto basso delle due regressioni della tabella ed i valori del fattore D superiori al limite indicano che l'analisi è credibile. Bisogna tenere presente che l'analisi non evidenzia nessun meccanismo causa-effetto, ma si limita ad indicare come evolve probabilmente il fenomeno. Se osservazioni future dovessero confermare la tendenza presente verso un asintoto a poco più di 400 ppm, i pericoli del riscaldamento

globale dovrebbero essere giudicati molto minori di quanto non si faccia nel CC2001.

### Conclusioni

Abbiamo dato una lettura critica di alcuni aspetti del CC2001, considerando i dati di base sull'evoluzione del clima e della composizione dell'atmosfera. Possiamo affermare che il CC2001 analizza i dati in modo parziale, senza chiarire per quali motivi le alternative di elaborazione pur possibili non sono tenute in conto. In particolare abbiamo mostrato che:

- l'attuale riscaldamento dell'atmosfera non riveste carattere di eccezionalità se guardato su una prospettiva di lungo periodo;
- i gas serra possono aumentare anche senza l'intervento dell'uomo e questo è già più volte accaduto in passato;
- l'attuale crescita della CO<sub>2</sub> non implica necessariamente una crescita indefinita fino al raddoppio e oltre in tempi relativamente brevi.

In definitiva possiamo dire che la catena causale: opere dell'uomo → aumento dei gas serra → riscaldamento globale, benché possa essere accettata come ipotesi, non può essere data come definitivamente provata. Al contrario il CC2001 dà questa catena causale come scontata e ne trae conclusioni nefaste sul futuro della Terra, se non si provvede rapidamente a contenere l'impatto antropico sull'atmosfera. Poiché i governi, secondo tale conclusione, dovrebbero sostenere spese ingenti per contrastare il cambiamento del clima, ci sembra che basarsi su conclusioni non ancora scientificamente definitive sia un modo di procedere rischioso.

<sup>7</sup> R. Vacca R., comunicazione personale, testo inedito.

<sup>8</sup> V. Franchina, R. Vacca, Logistic Curves: Construction and Unicity, International Conference on the Diffusion of Technologies and Social Behaviour, IAASA, 1989