

Stefano Caserini

# a qualcuno piace caldo

*Errori e leggende  
sul clima che cambia*

SAGGISTICA  
E MANUALI



Edizioni  
Ambiente

Stefano Caserini  
**A QUALCUNO PIACE CALDO**  
**ERRORI E LEGGENDE SUL CLIMA CHE CAMBIA**

**REALIZZAZIONE EDITORIALE**

Edizioni Ambiente srl  
www.edizioniambiente.it  
e-mail: redazione@reteambiente.it

**PROGETTO GRAFICO:** GrafCo3 Milano  
**IMPAGINAZIONE:** Francesca Alessandrini

© copyright 2008, Edizioni Ambiente  
via Natale Battaglia 10, 20127 Milano  
tel. 02.45487277, fax 02.45487333

ISBN 978-88-89014-75-2

**UFFICIO STAMPA**

ufficiostampa@reteambiente.it

L'autore del presente libro difende la gratuità del prestito bibliotecario ed è contrario a norme o direttive che, monetarizzando tale servizio, limitino l'accesso alla cultura. L'autore e l'editore rinunciano a riscuotere eventuali royalties derivanti dal prestito bibliotecario di quest'opera.



*Le emissioni di CO<sub>2</sub> conseguenti alla produzione di questo libro sono compensate da processi di riforestazione certificati*

Finito di stampare nel mese di giugno 2008  
Genesis Gruppo Editoriale – Città di Castello (PG)

Stampato in Italia – *Printed in Italy*  
Questo libro è stampato su carta riciclata 100%

# SOMMARIO

PREMESSA 9

## PARTE PRIMA **UN'INTRODUZIONE AL NEGAZIONISMO CLIMATICO**

INCERTEZZA, VERITÀ, PROBABILITÀ 15  
L'AUTOREVOLEZZA, L'AUTORITÀ E L'INCOMPETENZA 21  
LE RIVISTE SCIENTIFICHE, LA REVISIONE E LA SELEZIONE DELLE FONTI 26  
IL CONSENSO NELLA COMUNITÀ SCIENTIFICA 32

## PARTE SECONDA **ARGOMENTI NEGAZIONISTI**

I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN DIECI PASSI 39  
EMISSIONI, VULCANI E MOSCERINI 42  
LA CO<sub>2</sub> CRESCE? 48  
LA TEMPERATURA CRESCE? 55  
LE STAGIONI DI UNA VOLTA 68  
MAZZE E COMMISSIONI 80  
IL GHIACCIO NON SI SCIOLGIE 87  
COLPI DI SOLE, MACCHIE SOLARI, RAGGI COSMICI 95  
CICLOMANIE E DISCONTINUITÀ 105  
IL LIVELLO DEL MARE 117  
MODELLI E PREVISIONI 122  
NON TUTTO IL MALE 131  
NON ORA, NON QUI 137  
OH, KYOTO 143  
SOLO SE GLI ALTRI... 152

## PARTE TERZA      **PROFILI NEGAZIONISTI**

LINDZEN DOUBLE FACE	169
L'AMBIENTALISTA SELETTIVO	175
AMBIENTE È SVILUPPO: IL MINISTERO INSEGNA IL NEGAZIONISMO	187
CLIMA TEO-CON	192
ZICHICHE CLIMATICHE	199
GALILEO CHI?	210
COMITATO ANTISCIENTIFICO	213
IL CLIMA SPIEGATO DAGLI ECONOMISTI	221
CLIMA COPIA-INCOLLA	231
CLIMA DI BATTAGLIA	237
RICERCATORI, METEOROLOGI, GEOLOGI	243
LA REALTÀ E LA FANTASCIENZA	257

## PARTE QUARTA      **IN LIMINE**

CABARET CLIMATICO	269
FRA L'ALLARMISMO E IL NEGAZIONISMO	279
LA SCONFITTA DEL NEGAZIONISMO	294
OPPOSTI ESTREMISMI	299
PENSARE GLOBALMENTE, RINVIARE LOCALMENTE	307

## PARTE QUINTA      **RIFERIMENTI**

L'IPCC E IL QUARTO RAPPORTO DI VALUTAZIONE	321
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	327
RIFERIMENTI INTERNET	346

PARTE SECONDA

## ARGOMENTI NEGAZIONISTI

*Non so se mi crederete. Passiamo metà della vita a deridere ciò in cui gli altri credono, e l'altra metà a credere in ciò che altri deridono.*

(Stefano Benni, "Prologo"

*Il bar sotto il mare*, Feltrinelli, 1987)



## I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN DIECI PASSI

Nel corso degli anni, i dissensi negazionisti hanno riguardato tutti gli aspetti principali delle conoscenze sui cambiamenti climatici. Dalle temperature che non aumentano ai ghiacci che non si sciolgono, dall'innocenza delle azioni umane ai costi eccessivi della riduzione delle emissioni. L'elenco, come si vedrà nei capitoli successivi, è lungo.

Alcune critiche sono state circostanziate, altre generiche. Alcune sono scomparse presto, altre durano da anni, magari dopo essersi trasformate in qualcosa di diverso e solo apparentemente somigliante con la contestazione originaria. Altre ancora mescolano ipotesi prive di fondamento con brandelli di osservazioni condivisibili. Insomma, non sempre è facile cogliere il senso delle critiche e inquadrarle in un contesto storico e scientifico.

Può aiutare fare ordine, cercare di situare ogni obiezione<sup>1</sup> all'interno della teoria che collega le emissioni di alcuni gas a variazioni climatiche e a conseguenti danni all'umanità e agli ecosistemi. Spiegare nel dettaglio le conoscenze scientifiche sui cambiamenti climatici richiederebbe molto spazio. Non essendo questo il fine del libro, ci si limiterà a schematizzare le evidenze scientifiche sul tema in una decina di passi, senza usare numeri e senza pretese di esaustività. In realtà la teoria dei cambiamenti climatici è più complessa, ci sono altri risvolti, strade secondarie, collegamenti; inoltre, il grado di certezza non è lo stesso fra i vari passi. Tralasciamo per ora questi aspetti, non aggiungerebbero molto se il fine è quello di fornire lo sfondo su cui posizionare le obiezioni negazioniste.

Ecco i dieci passi:

- *Emissioni di gas serra e loro accumulo in atmosfera.* Le attività umane emettono ingenti quantità di anidride carbonica e altri gas serra.<sup>2</sup> Le emissioni di origine antropica sono in grado di sbilanciare i cicli naturali di questi gas; il risultato è il loro accumulo nell'atmosfera.
- *Aumento di concentrazione dei gas serra già registrato.* L'aumento delle concentrazioni di gas serra in atmosfera negli ultimi 150 anni è di origine antropica. I livelli raggiunti dai gas serra, in particolare dalla CO<sub>2</sub>, sono i più elevati da centinaia di migliaia di anni, da quando l'uomo esiste sulla Terra.
- *Legame aumento dei gas serra – aumento di temperatura.* Un aumento dei livelli dei gas serra in atmosfera genera un aumento della temperatura media del pianeta. Direttamente o per effetto di "retroazioni" (ad esempio l'aumento di vapore d'acqua conseguente a un aumento di temperatura). La variazione di temperatura non è distribuita omogeneamente sul pianeta, ma il risultato finale è un innalzamento della temperatura me-

dia degli strati superficiali dell'atmosfera e degli oceani. Elevati aumenti di gas serra in atmosfera porteranno a consistenti aumenti di temperatura.

- *Aumento di temperatura già registrato.* La temperatura media della superficie del pianeta è aumentata in modo anomalo negli ultimi decenni. Tale aumento di temperatura è il più elevato da migliaia di anni. Una parte importante di questo aumento di temperatura è di origine antropica.
- *Variazioni climatiche e impatti già registrati.* Gli aumenti di temperatura registrati nell'ultimo secolo hanno già portato a variazioni climatiche e a impatti sull'ambiente, sulle attività umane e sugli ecosistemi.
- *Variazioni climatiche per aumenti futuri di gas serra.* Rilevanti aumenti di temperatura possono portare a importanti cambiamenti climatici, con conseguenze potenzialmente molto pericolose per l'uomo e per le altre specie viventi. In particolare l'esame degli scorsi cicli dei periodi glaciali e interglaciali mostra che incrementi di temperatura di pochi gradi rispetto ai livelli odierni sono stati accompagnati dalla deglaciazione di parti importanti delle calotte polari con importanti aumenti del livello medio del mare.
- *Rilevanza dei danni futuri per l'uomo e per la natura.* Le variazioni climatiche possono portare a importanti impatti sull'ambiente, a danni per le attività umane e in generale per gli ecosistemi. Questi danni sono maggiori dei costi per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Le azioni di adattamento, per ridurre gli impatti, sono comunque necessarie perché non sarà possibile evitare completamente altri cambiamenti climatici.
- *Necessità di interventi urgenti per ridurre le emissioni.* Sono necessari interventi urgenti di mitigazione per ridurre il più possibile le emissioni di gas serra.
- *Utilità del Protocollo di Kyoto.* Il Protocollo di Kyoto è un primo passo e i suoi costi sono ampiamente sopportabili dal sistema economico mondiale.
- *Utilità e credibilità dell'IPCC.* L'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) svolge un utile ruolo per valutare lo stato delle conoscenze sui cambiamenti climatici e le politiche di mitigazione.

Le obiezioni sono state portate avanti da soggetti diversi, in momenti diversi, ma si può scorgere un filo comune in alcuni percorsi negazionisti (figura 1). Le critiche sono cambiate infatti nel tempo; mentre inizialmente erano frequenti le voci che sostenevano l'assenza di cambiamenti climatici, si è passati a contestare la dimensione dei cambiamenti, quindi le responsabilità umane. Oggi l'influenza delle atti-

FIGURA 1. **EVOLUZIONE DEL PENSIERO NEGAZIONISTA**

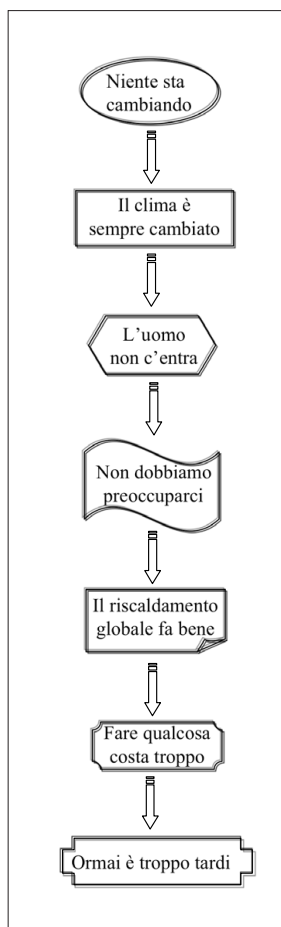
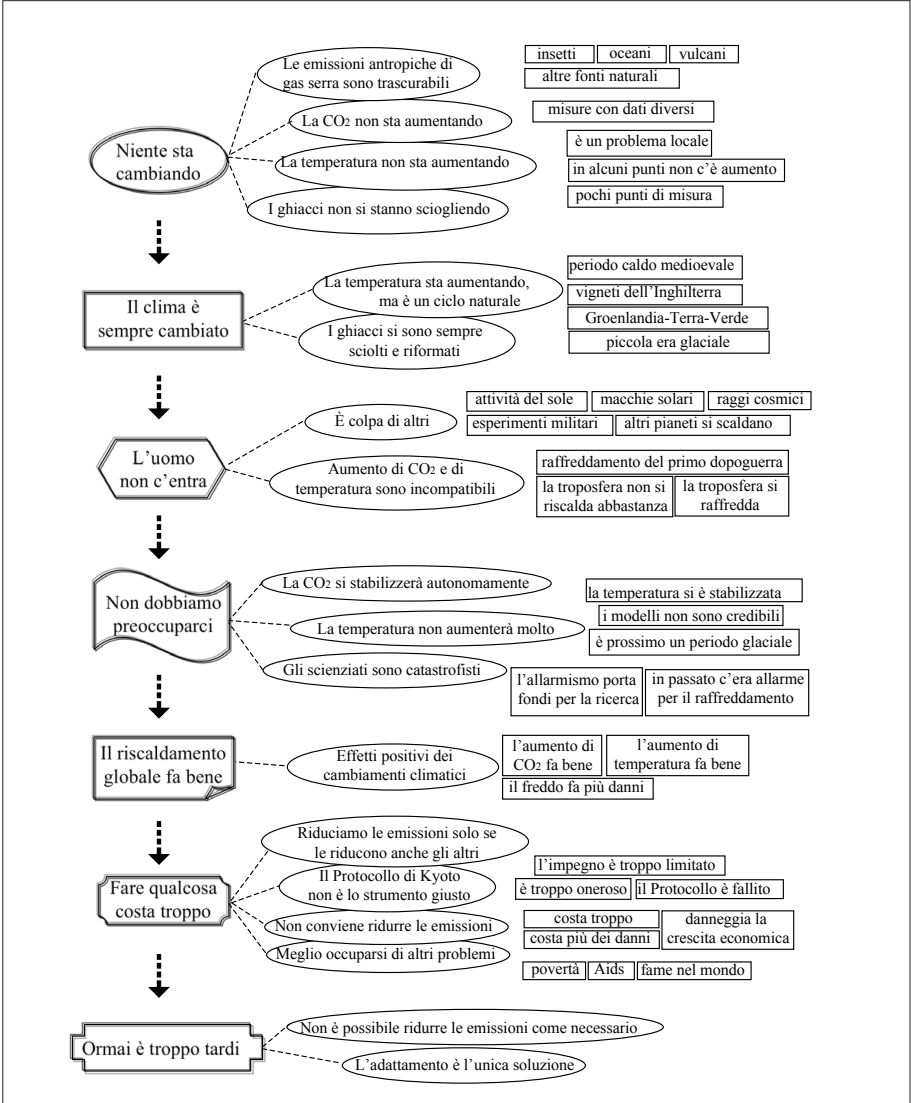




FIGURA 2. SCHEMA RIASSUNTIVO DEGLI ARGOMENTI NEGAZIONISTI



vità umane è sempre meno messa in discussione, chi non è convinto che le cose si sistemeranno da sole, o che il riscaldamento globale faccia bene, concentra le critiche sulle misure fino a oggi messe in campo per ridurre le emissioni dei gas serra, come il Protocollo di Kyoto. Un quadro riassuntivo delle argomentazioni negazioniste, che saranno discusse nei prossimi capitoli, è riportato nella figura 2.

C'è infine chi oggi sostiene che sia ormai troppo tardi, e potrebbe non essere un caso che fra questi ci sia chi pochi anni or sono sosteneva che niente stesse cambiando.

## EMMISSIONI, VULCANI E MOSCERINI

*Qualcuno sostiene che i 12 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> che si accumulano nell'atmosfera siano conseguenti all'uso di combustibili fossili; ciò può essere vero, ma non è certo scientificamente provato. (Pedrocchi, 2003a)*

Le emissioni di gas serra prodotti dalle attività umane sono in aumento e sono la principale causa dell'incremento delle concentrazioni di questi gas nell'atmosfera. È questo un punto su cui la comunità scientifica è d'accordo. I dati sono tanti, chiari, concordanti. Ma non per tutti. C'è chi ritiene che il contributo delle "sorgenti antropiche" (centrali termoelettriche, veicoli a motore, processi industriali, abitazioni, attività agricole) nel determinare un incremento delle concentrazioni di gas serra nell'atmosfera sia trascurabile rispetto ad altri contributi.

Un primo argomento utilizzato è quello della difficoltà di descrizione di tutti i flussi di emissione. Stimare quanti gas serra sono immessi nell'atmosfera dalle attività umane non è facile e non è senza incertezza. Ci vuole tempo, rigore, impegno. Ma sono in fondo conti semplici, tutto sommato, generalmente moltiplicazioni fra dati che possono essere reperiti con un po' di buona volontà. Di tutte le complessità della scienza dei cambiamenti climatici, che verranno in seguito raccontate e che rendono faticoso studiare il clima del passato e prevedere il clima del futuro, la quantificazione delle emissioni è uno dei passi relativamente più semplici.

### I SEI GAS SERRA

Le emissioni dei sei gas ritenuti i principali responsabili dei cambiamenti climatici sono stimate secondo metodologie definite e periodicamente aggiornate dall'IPCC (IPCC, 2006).

Per la CO<sub>2</sub>, il principale dei gas serra, i conti sono tutto sommato semplici. Basta conoscere la quantità e la tipologia di combustibili bruciati o di alcune produzioni industriali, utilizzare alcuni coefficienti (chiamati fattori di emissione), e si arriva alla stima delle emissioni.

È possibile stimare anche la variazione degli "assorbimenti" o dei rilasci di CO<sub>2</sub> per effetto della variazione di utilizzo del suolo: un'area forestata che diventa agricola, o viceversa; un'area agricola che viene cementificata (l'opposto capita più raramente). Quando gli alberi sono abbattuti, gran parte del carbonio contenuto negli alberi e nel sottobosco entra

nell'atmosfera. Quando un terreno viene arato, parte del carbonio che costituisce la frazione organica del suolo passa nell'atmosfera.

Si effettuano misure sui flussi di CO<sub>2</sub> dai diversi ecosistemi, misurazioni da satellite, si usano sistemi informativi geografici. Alla fine, se si fanno i confronti fra le emissioni storiche (cumulate nel corso degli anni) sul pianeta e l'andamento della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, i conti tornano. Le incertezze ci sono, ma sono ridotte e non in grado di mettere in discussione l'evidenza dell'incremento delle emissioni di questi gas avvenuto negli ultimi due-tre secoli.<sup>3</sup>

Le stime sono un po' più difficili per altri gas serra come il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e i gas fluorurati (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>); oppure per altre sostanze (polveri, ossidi di zolfo) che, pur non essendo direttamente implicate nell'effetto serra, possono avere alcune influenze sulle dinamiche climatiche. I coefficienti che servono per stimare le emissioni, chiamati fattori di emissione, sono molto variabili a seconda delle tecnologie e dei combustibili.

Nel caso del metano la faccenda si complica. I processi che generano le emissioni di metano, le attività agricole o gli allevamenti, le discariche di rifiuti o le estrazioni di idrocarburi, possono essere molto diversi fra i vari paesi del mondo. Le stime sono più elaborate, le incertezze sono maggiori; ma possono essere quantificate, e quindi alla fine è possibile costruire anche per il metano un inventario delle emissioni a livello globale.

Rimangono però due problemi.

Il primo è che ci sono altre sorgenti di metano, naturali ma indirettamente legate all'attività umana, queste sì difficili da valutare: ad esempio le emissioni di metano dalla fusione del permafrost,<sup>4</sup> dalla dissoluzione dei gas idrati,<sup>5</sup> dalle zone umide. Si tratta di emissioni influenzate anche dall'aumento di temperatura, ed è pertanto difficile valutare nel dettaglio l'effettivo contributo indiretto dell'attività umana.

Il secondo punto di incertezza è che i livelli di metano che rimangono nell'atmosfera a seguito delle emissioni sono influenzati dalla presenza di altre specie chimiche che possono eliminarlo. Ad esempio il metano viene ossidato ad anidride carbonica, e in questo processo vengono distrutte delle specie chimiche (gli ossidrilici OH), sostanze che determinano gran parte della capacità dell'atmosfera di rimuovere anche altri inquinanti (Visconti, 1989).<sup>6</sup>

Gli studi pubblicati attribuiscono chiaramente a cause antropogeniche l'aumento del 250% (da 700 a 1.700 ppb – parts per billion – parti per miliardo) delle concentrazioni di metano in atmosfera negli ultimi 250 anni (Forster et al., 2007). Ma non arrivano a conclusioni convergenti nello spiegare il rallentamento della crescita delle concentrazioni in atmosfera osservate durante gli anni '90. Dalla fine degli anni '90 i livelli di metano nell'atmosfera sono stabili. Le emissioni globali sono calate, quelle residue sono bilanciate dalla rimozione effettuata dai radicali OH (Forster et al., 2007). Ma il dibattito scientifico su questi temi è aperto. Non c'è accordo sulla misura in cui un possibile aumento di temperatura potrà portare ad aumenti delle emissioni di metano, e quindi innescare un fenomeno di "retroazione positiva", ossia un circolo che porta a ulteriori aumenti di gas serra.

Non è quindi del tutto chiaro quale sarà il contributo futuro del metano ai cambiamenti climatici. È un caso in cui l'incertezza non è un fattore tranquillizzante. Va però ricordato che il metano non è l'unico dei gas serra, e il suo ruolo complessivo come "forzante" dell'aumento di temperatura è decisamente minore di quello della CO<sub>2</sub>.<sup>7</sup>

## CICLI NATURALI E PERTURBAZIONI ESTERNE

L'argomento negazionista più seducente sul tema emissioni sostiene la pochezza dei flussi di origine antropogenica rispetto ai flussi naturali. È del resto vero che le emissioni di CO<sub>2</sub> dalla combustione dei combustibili fossili non sono la sorgente principale di CO<sub>2</sub> per l'atmosfera. Altri flussi, derivanti dalla fotosintesi e dalla respirazione degli organismi viventi terrestri e oceanici sono nettamente più grandi. Il punto è che gli altri flussi sono in equilibrio. Un equilibrio che dipende dalle condizioni dell'atmosfera, ma che si è mantenuto piuttosto costante negli ultimi diecimila anni. Un piccolo contributo può alterare un equilibrio in cui giocano forze molto più grandi. Spesso si usa la metafora di un acquario, in cui l'acqua viene ricircolata, viene filtrata, ossigenata, "bevuta" da pesci, ma è sempre la stessa; un piccolo e continuo contributo esterno, magari uno zampillio, poche gocce se paragonate alla portata di ricambio dell'acquario, può far salire il livello. Dopo un certo tempo, la cui lunghezza dipende dalla forza del rigagnolo aggiuntivo, il livello sale e l'acqua può traboccare.

Non sono qui determinanti i valori assoluti delle emissioni e degli assorbimenti di CO<sub>2</sub> durante i cicli naturali, ma le perturbazioni antropogeniche di questi equilibri.

## IL RUOLO DEI VULCANI

Fra le cause naturali a volte si cita il ruolo dei vulcani (*"I vulcani, per esempio, emettono più CO<sub>2</sub> di quanto non faccia l'insieme di tutte le attività umane"*, Battaglia, 2007e). È comprensibile: le eruzioni dei vulcani sono spettacolari e si rimane sempre stupiti dalla loro grandiosità. Anche per l'impovertimento dell'ozono stratosferico si diede la colpa ai vulcani, accusati di emettere molte sostanze clorurate (Mooney, 2005).

Nel corso delle ere geologiche le eruzioni vulcaniche hanno effettivamente influenzato la presenza di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera terrestre. Su scale temporali più piccole, le nostre, ossia decine, centinaia o migliaia di anni, la CO<sub>2</sub> emessa dai vulcani ha scarsa influenza sulla variazione della CO<sub>2</sub> presente nell'atmosfera.

Le eruzioni vulcaniche esplosive possono portare nell'atmosfera quantità gigantesche di polveri e solfati. Ma sono emissioni episodiche, discontinue. Perturbano l'atmosfera per qualche settimana, mese o anno, a seconda della potenza dell'eruzione. Poi si ritorna alle condizioni iniziali. Fra le grandi eruzioni vulcaniche degli ultimi anni c'è quella del Pinatubo (1991), di El Chichón (1982), del Monte Agung (1963). Altre eruzioni esplosive famose sono quelle del Krakatoa (1883), del Tambora (1815), dello Huaynaputina (1601). I vulcanologi hanno fissato le date di oltre 5.560 eruzioni vulcaniche a partire dalla fine dell'ultima era glaciale, quindicimila anni fa (Fagan, 2000).

Ma per quanto riguarda la CO<sub>2</sub>, se si fanno i conti si vede che il contributo dei vulcani non è così grande. Secondo gli studi più completi e accurati le emissioni di CO<sub>2</sub> dall'attività vulcanica sia eruttiva che passiva (dai vulcani a riposo) ammontano negli ultimi decenni mediamente a circa 300 milioni di tonnellate l'anno, pari circa all'1% delle emissioni antropiche (Hards, 2005; Morner ed Etiope, 2002). Sicuramente nelle passate ere geologiche l'influenza dei vulcani è stata maggiore, ma questo ha poco a che fare con gli attuali livelli di gas serra nell'atmosfera.

Nel breve termine le grandi eruzioni vulcaniche possono invece portare a una diminuzio-

ne della  $\text{CO}_2$  dell'atmosfera. Uno studio realizzato negli anni successivi all'eruzione del Pinatubo ha mostrato come le polveri emesse hanno l'effetto di "diffondere la luce", ossia di portare a una maggiore luminosità complessiva dell'atmosfera. Questo accresce la fotosintesi delle piante e quindi aumenta la sottrazione di  $\text{CO}_2$  dall'atmosfera, con il risultato di diminuire la velocità con cui cresce la  $\text{CO}_2$ . È un effetto che non riesce a invertire la curva di crescita della  $\text{CO}_2$ , perché come tutte le interferenze dovute ai vulcani ha un carattere episodico. Sembra una conseguenza comunque più importante di quella, più nota, di diminuzione delle temperature del pianeta dovuta alla rifrazione della radiazione solare da parte delle polveri di origine vulcanica in alta quota.

### **COSA MANGIANO GLI INSETTI?**

La più singolare fra le teorie che cercano di negare il contributo umano all'aumento di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera è stata proposta nel settembre del 2000 in un articolo dal titolo *"Ecco perché l'effetto serra è solo una grossa bufala"*, pubblicato su un quotidiano italiano (Battaglia, 2000). Secondo questa teoria le emissioni di  $\text{CO}_2$  dalle attività umane sarebbero insignificanti se confrontate con le emissioni degli insetti. La scarsa fondatezza di questa tesi è stata raccontata come segue da Luca Mercalli:

L'Autore, con piacevole stile giornalistico e colloquiale, racconta che al bar dell'università apprende da una conversazione tra studenti che "la massa totale degli insetti del mondo è stimata essere 100 volte superiore alla massa degli umani". Continua: "l'informazione, che sorprese la mia ignoranza, mi permise di azzardare la conclusione che, se così fosse, l'effetto serra non può esistere". Questa frase contiene uno dei pochi elementi dell'articolo che mi vede concorde, la sincerità nel proclamare un'ignoranza poi sancita dalle righe seguenti. Il docente prosegue affermando di aver dimostrato, con semplici calcoli fatti su un tovagliolo di carta del bar, che gli insetti del mondo immetterebbero ogni giorno nell'atmosfera più di 100 miliardi di tonnellate di anidride carbonica, mentre le attività umane ne emetterebbero quantità migliaia di volte inferiori. Si tratta in effetti di una stima, basata semplicemente sull'assunto che gli insetti si cibano ogni giorno di una quantità di materia organica pari a tre volte il loro peso.

Battaglia ha appena ammesso di essere ignorante in biologia, io anche, inoltre nessuno ha effettivamente contato quanti insetti ci siano sulla Terra né quanto effettivamente mangino. Quindi è una stima che potrebbe variare anche di un ordine di grandezza. Comunque supponiamola realistica.

Per verificarne la coerenza, Battaglia cita dati di emissione di anidride carbonica di origine antropica (che è un dato quantitativamente molto più "misurabile" rispetto agli insetti e al loro appetito), desunti dall'American Physical Society (APS) secondo la quale "la quantità totale di anidride carbonica immessa ogni giorno a causa della combustione di combustibili fossili" è di 20 milioni di tonnellate. E qui, forse per una banale svista, l'anidride carbonica viene confusa con il carbonio: infatti secondo l'autorevole rapporto IPCC (1999), attualmente le attività umane liberano in atmosfera 7 gigatonnellate di carbonio all'anno, cioè diviso 365, fa 19,2 milioni di tonnellate al giorno, assimilabile al valore dell'APS. Poiché ad 1 kg di C corrispondono 3.664 kg di  $\text{CO}_2$ , (non sono un chimico, quindi sicuramente questo dato è piena competenza di Battaglia che potrà farmi sapere se è corretto) il valore giornaliero di emissioni d'anidride carbonica passa da 19,2 a 70,3 milioni di tonnellate e il conseguente totale annuo risulta pari a 25,6 miliardi di tonnellate. Il pesante errore, nel senso che l'informazione

fornita è completamente errata, non inficia tuttavia le conclusioni, in quanto il rapporto tra i teorizzati 100 miliardi di CO<sub>2</sub> emessi dagli insetti ogni giorno e i circa 26 miliardi annuali delle attività umane è sempre pari a oltre 1.400 volte a favore degli insetti.

Più oltre si ribadisce che la quantità totale di CO<sub>2</sub> in atmosfera è pari a 750 gigatonnellate, ma anche qui è ancora il carbonio a essere erroneamente considerato, mentre in termini di CO<sub>2</sub> il valore attuale passa a circa 2.862 gigatonnellate. Da questi valori Battaglia conclude che “la quantità di anidride carbonica antropogenica è praticamente annullata da piccole fluttuazioni, ad esempio, nel numero totale di insetti”.

Ora, al di là della confusione tra carbonio e anidride carbonica che, abbiamo visto, non muta il rapporto di sproporzione tra insetti e uomini, la considerazione che ne deriva è che se gli insetti continuano a mangiare ogni giorno l'enorme massa di carbonio organico che poi trasformano in CO<sub>2</sub> con la respirazione, in breve tempo avrebbero esaurito le riserve vegetali e animali del pianeta: infatti, assunta in 36 miliardi di tonnellate la massa degli insetti, in tre volte il loro peso la loro dieta giornaliera e in un terzo il contenuto di carbonio della biomassa, in un anno essi avrebbero divorato qualcosa come 36.500 miliardi di tonnellate di carbonio ovvero oltre 100.000 miliardi di tonnellate di biomassa.

Dov'è l'incongruenza? Nel fatto che ogni giorno la catena alimentare con la fotosintesi al suo apice, rigenera quei 100 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> emessi in atmosfera in nuova gustosa materia organica divorabile dagli insetti. Si tratta di un ciclo chiuso, che non contribuisce a un cambiamento netto del contenuto di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Lo stesso si potrebbe sostenere anche per gli umani, che liberano dai polmoni circa 1 kg di CO<sub>2</sub> al giorno, quindi attualmente emettono in atmosfera 6 miliardi di kg/giorno, ovvero 6 milioni di tonnellate (sempre nulla rispetto ai voracissimi insetti): ma il carbonio contenuto in una torta al cioccolato che si trasforma in energia per il nostro benessere, e in CO<sub>2</sub> (sia respirata quasi immediatamente attraverso il metabolismo, sia con la decomposizione più lenta di quanto giornalmente o quasi abbandonato nella toilette), viene rapidamente mobilitato tramite la fotosintesi dalle piante di frumento (farina per la torta) e del cacao. Se si accumulasse tutto nell'atmosfera, non avremmo più torte... (Mercalli, 2000).

## LE EMISSIONI DEI BATTERI BENTONICI

Una variante della spiegazione entomologica dei cambiamenti climatici ha avuto qualche settimana di celebrità nel novembre 2007, tramite alcune email che pubblicizzavano un articolo intitolato “*Carbon dioxide production by benthic bacteria: the death of manmade global warming theory?*” (Produzione di CO<sub>2</sub> da batteri bentonici: la fine della teoria del riscaldamento globale causato dall'uomo?) pubblicato sulla rivista *Journal of Geoclimatic Studies*, dagli autori Daniel A. Klein, Mandeep J. Gupta, Philip Cooper, Arne Fr. Jansson, del Dipartimento di Climatologia dell'Università dell'Arizona e del Dipartimento di Fisica Atmosferica dell'Università di Göteborg in Svezia. Secondo questo articolo, le emissioni di CO<sub>2</sub> dei batteri viventi nei sedimenti oceanici sarebbero circa 300 volte quelle di origine umana, e le loro variazioni sarebbero correlate perfettamente con l'andamento della temperatura globale negli ultimi 140 anni.

Il problema di questo articolo era molto semplice: era uno scherzo. Era inventata la rivista, gli autori non esistevano e anche i riferimenti bibliografici, fra cui un articolo sulla rivista *Journal of Submarine Research*, erano frutto della fantasia dell'autore della burla, uno scrittore ambientalista inglese.

La notizia dell'uscita dell'articolo è stata “venduta” a circa 600 stazioni radiofoniche sta-

tunitensi, è rimbalzata su diversi blog negazionisti stranieri con discussioni e non poche soddisfazioni. Ben presto la “blogosfera” ha subodorato lo scherzo e diverse pagine web sono state rimosse.

Come ha commentato Antonello Pasini (Pasini, 2007), questa storia è un'altra dimostrazione di come *“i risultati scientifici, che in generale dovremmo usare per corroborare o confutare le nostre opinioni, invece vengono spesso giudicati dall'alto della nostra visione del mondo, con la conseguenza che sono loro a essere accettati o rigettati a seconda che siano consistenti o meno con le nostre idee”*.

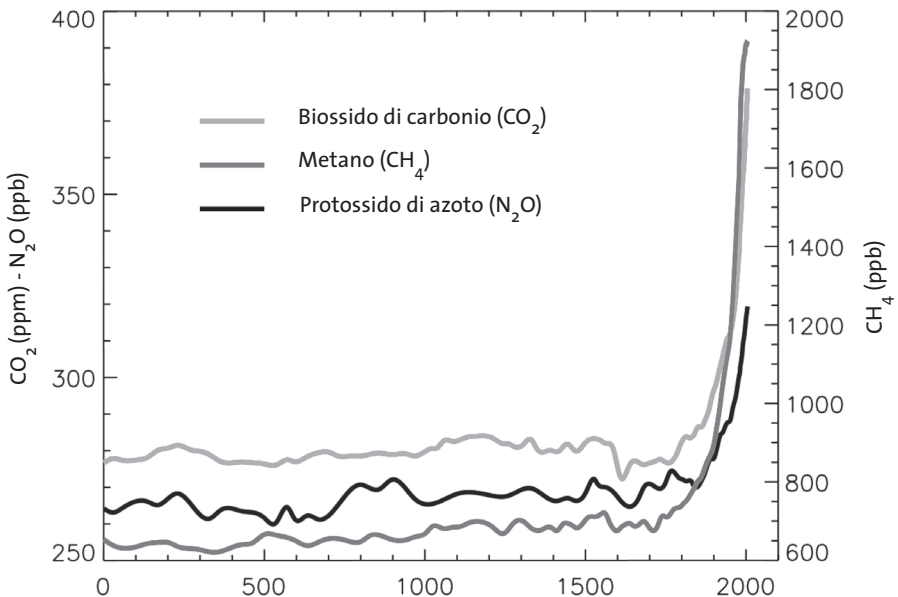
## LA CO<sub>2</sub> CRESCE?

*Miei calcoli basati sulle equazioni differenziali di Volterra indicano che la concentrazione di CO<sub>2</sub> probabilmente si fermerà a circa 420 ppm verso il 2060. (Vacca, 2007a)*

Le concentrazioni di CO<sub>2</sub> sono aumentate da 280 ppm (parti per milione) dei livelli preindustriali a 380 del 2006 (CDIAC, 2007a). I livelli attuali sono molto probabilmente maggiori di quanto registrato negli ultimi 650.000 anni, come hanno mostrato diversi studi (Jansen et al., 2007). Un aumento del 35% in 250 anni, una velocità di crescita senza paragoni con il passato.

Anche la presenza degli altri gas nell'atmosfera è cresciuta negli ultimi 250 anni: le concentrazioni di metano da circa 700 ppb (parti per miliardo) a 1.774 ppb (+240%), quelle di protossido di azoto da circa 270 ppb a 319 ppb (+18%).

FIGURA 3. **CONCENTRAZIONI IN ATMOSFERA DI CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> E N<sub>2</sub>O NEGLI ULTIMI 2.000 ANNI**



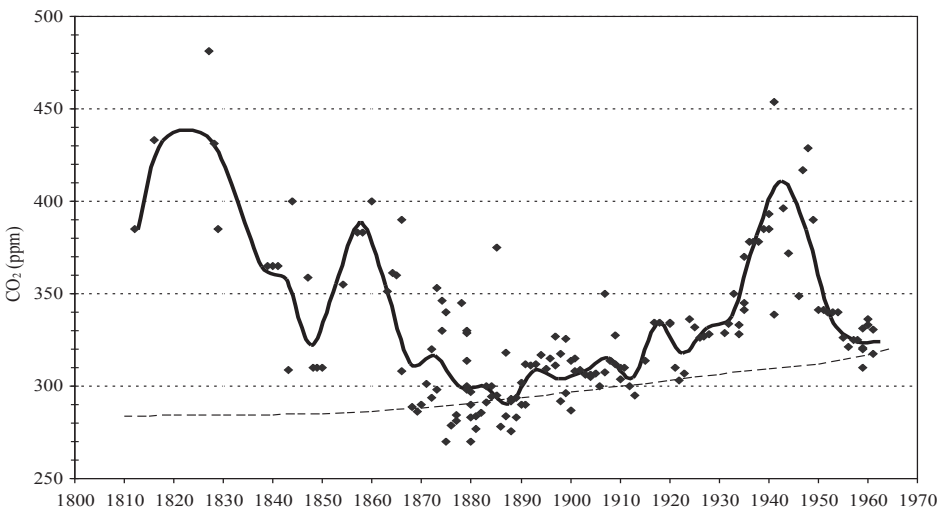


Le tecniche utilizzate per misurare la presenza dei gas serra nell'atmosfera sono diverse e affidabili (Forster et al., 2007). I punti di misura sono tanti, in luoghi molto diversi del pianeta e tutte le misure segnano un netto aumento delle concentrazioni dei gas serra negli ultimi decenni (figura 3). Se paragonato alle piccole variazioni dei due precedenti millenni, l'aumento non può che essere definito eccezionale; è però ben spiegato dal bilancio fra l'incremento delle emissioni e le variazioni degli assorbimenti di oceani e terre emerse. Anche se i conti tornano, non mancano altre voci, secondo le quali la CO<sub>2</sub> non starebbe aumentando, oppure il suo aumento non sarebbe legato alle attività umane.

## QUANDO LA CO<sub>2</sub> NON AUMENTA

Una contestazione al consenso raggiunto dalla comunità scientifica sull'aumento dell'anidride carbonica in atmosfera si basa su una ricostruzione dell'andamento delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> (figura 4) molto diversa da quella, di crescita costante, vista in precedenza. Il suo autore, Ernst-Georg Beck, insegnante tedesco di fisica in una scuola secondaria, sostiene facciano riferimento a più di 90.000 misure effettuate in 150 anni in 53 diversi luoghi. Alcuni di questi dati sono stati incredibilmente pubblicati sulla rivista *Energy and Environment* (Beck, 2007a), una rivista nota per non sottoporre ad adeguata verifica le tesi pubblicate. Sul sito del professor Beck (Beck, 2007b) è possibile scaricare il materiale di supporto all'articolo, una mole imponente di dati di CO<sub>2</sub> elaborati in modo confuso e approssimativo. Gli andamenti proposti, inconciliabili con le misure nei ghiacciai artici e antartici, con i più elementari bilanci dell'anidride carbonica emessa e con l'andamento delle temperature, dipendono a volte da errori di misura (per i dati più vecchi) e per altri semplicemente dalla vicinanza a punti di emissione di anidride carbonica (RealClimate, 2007d). In un incrocio trafficato si possono misurare già oggi i livelli di CO<sub>2</sub> che ci saranno fra decenni, ma non è un'informazione così interessante.

FIGURA 4. CONCENTRAZIONI DI CO<sub>2</sub> NELL'EMISFERO NORD SECONDO LA RICOSTRUZIONE DI E.G. BECK



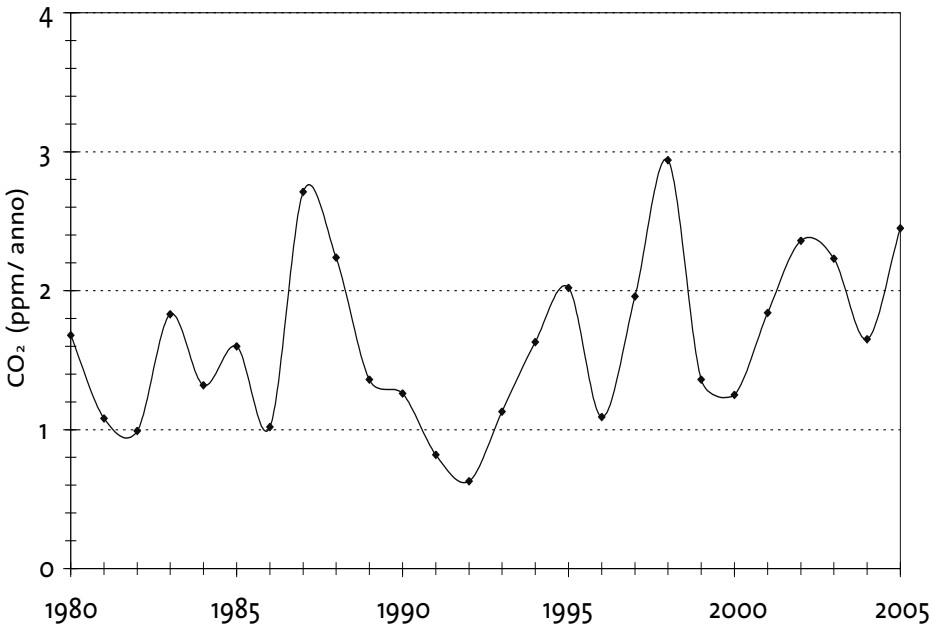
La linea scura è la ricostruzione di Beck, la linea tratteggiata indica le concentrazioni di CO<sub>2</sub> in base ai dati della stazione antartica di Law Dome. Fonte: Beck, 2007; Beck, 2007b; CDIAC, 2007

## CAMBIANO I TASSI DI CRESCITA

Un argomento più sottile e spesso utilizzato dai negazionisti italiani non contesta la crescita della  $\text{CO}_2$ , ma la velocità di questa crescita, ossia di quanto aumentano ogni anno le concentrazioni. Viene generalmente mostrato un grafico (figura 5) in cui si notano tassi di crescita delle concentrazioni in atmosfera molto variabili. Da questo si conclude che non possono essere le attività umane responsabili dell'aumento, in quanto i tassi di crescita delle emissioni di gas serra dalle attività umane sono più costanti.

È però una conclusione che non regge. Le variazioni sono molto piccole e possono essere spiegate dalle fluttuazioni degli assorbimenti naturali e delle emissioni. Ad esempio il fenomeno meteorologico noto come El Niño,<sup>8</sup> oltre a modificare la distribuzione delle piogge in mezzo mondo ha un effetto sulla crescita della  $\text{CO}_2$  in quanto cambia le temperature del pianeta e dei mari, variando quindi i rilasci e gli assorbimenti di  $\text{CO}_2$  dei sistemi biogenici e dell'oceano. Inoltre, come visto in precedenza, la luminosità complessiva dell'atmosfera per la diffusione della luce da parte delle polveri emesse dalle grandi eruzioni vulcaniche è in grado di variare i livelli di fotosintesi dei sistemi biogenici terrestri. Questo fenomeno è in grado di influire sulla variazione dei tassi di crescita della  $\text{CO}_2$  in atmosfera, che infatti mostrano una diminuzione dopo le grandi eruzioni. Ma le variazioni sono comunque limitate: se si guarda l'andamento di crescita della  $\text{CO}_2$  (figura 3), sono quasi impercettibili.

FIGURA 5. RATEI DI CRESCITA DELLE CONCENTRAZIONI IN ATMOSFERA DI  $\text{CO}_2$



Sull'asse delle ordinate è indicata la variazione annua della concentrazione di  $\text{CO}_2$ . Fonte dati: Tans, 2007

## QUANTO AUMENTERÀ LA CO<sub>2</sub>

Proseguire nell'emettere CO<sub>2</sub> porterà a un progressivo aumento dei livelli di questo gas nell'atmosfera. Molti sono i modelli matematici che studiano il legame fra le emissioni e la quantità di CO<sub>2</sub> che rimane nell'atmosfera. Va infatti ricordato che una parte dell'aumento di CO<sub>2</sub> dovuto alle emissioni è mascherato dall'assorbimento da parte degli oceani e dei sistemi biologici: la CO<sub>2</sub> si dissolve nel mare ed è sintetizzata in carbonio organico per fotosintesi. Se non ci fosse stato l'assorbimento da parte degli oceani, i livelli di CO<sub>2</sub> sarebbero oggi pari a circa 500 ppm. L'aumento della CO<sub>2</sub> in atmosfera avviene dunque per il fatto che le emissioni superano quanto l'oceano e i sistemi biologici possono assorbire: la CO<sub>2</sub> non assorbita si accumula in atmosfera.

Non è facile stimare come in futuro, con il riscaldamento del pianeta, varieranno gli assorbimenti. Tanti sono i fenomeni da considerare. Ad esempio se l'oceano si scalda, come ogni liquido contiene e assorbe meno CO<sub>2</sub>. Se la temperatura aumenta, la fotosintesi è favorita, ma possono esserci fenomeni di stress termico che riducono o annullano il guadagno. Inoltre non è facile prevedere quanto emetteranno in futuro le attività umane. Gli scenari elaborati dall'IPCC<sup>9</sup> ipotizzano per il 2100 livelli di CO<sub>2</sub> compresi fra 550 e 950 ppm (IPCC, 2001).

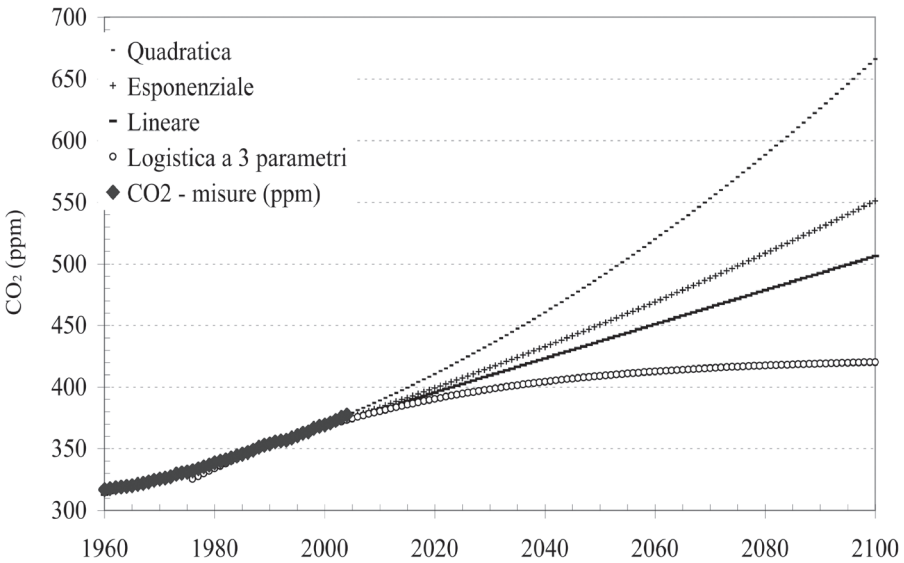
Anche se ci fosse una riduzione sostanziale delle emissioni future, ad esempio del 50% rispetto ai livelli attuali, le concentrazioni continuerebbero a salire in quanto non sarebbe raggiunto l'equilibrio fra emissioni e rimosioni.

Sono stati però proposti un paio di pronostici più semplici sulla futura crescita delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Due previsioni che non considerano la fisica del fenomeno, ossia le cause (le emissioni) e le risposte del sistema climatico.

Il primo prevede che l'andamento futuro possa essere ottenuto semplicemente proiettando nel futuro l'andamento passato (Vacca, 2007a). È un approccio delicato, perché bisogna scegliere quali dati passati utilizzare e quale sistema usare per interpolarli e ottenere la proiezione futura. Non è facile scegliere. L'andamento negli ultimi 1.000 anni ha una forma diversa da quello degli ultimi 250 anni. La crescita sempre più rapida è iniziata circa nel 1850. Se si interpolano questi dati, si arriva facilmente a valori molto elevati nel prossimo futuro.

Secondo Roberto Vacca, se si cerca di descrivere i dati di CO<sub>2</sub> misurati a Manua Loa nel periodo 1976-2003 con una equazione logistica a 3 parametri,<sup>10</sup> si ottiene una stabilizzazione della CO<sub>2</sub> pari a circa 424 ppm nel 2060 (Vacca, 2005). Sarebbe una buona notizia. Ma il punto è che questa interpolazione è meno giustificata, dal punto di vista strettamente matematico, di altre. L'errore dell'interpolazione è simile utilizzando un'equazione lineare o esponenziale, che hanno un parametro in meno, mentre un'equazione di secondo grado funziona meglio della curva logistica (figura 6). Ma in quest'ultimo caso la concentrazione nel 2060 sarebbe di 520 ppm, nel 2100 sarebbe di 666 ppm. La previsione dei 420 ppm ha quindi lo stesso valore scientifico del prevedere un livello di 666 ppm basandosi sul fatto che il triplo sei indica nell'interpretazione allegorica della Bibbia la suprema imperfezione, l'arroganza umana. Scherzi a parte, scegliere di effettuare una previsione futura con una curva logistica richiede di aver già deciso che le concentrazioni di CO<sub>2</sub> si stabilizzeranno. Una decisione che troverebbe tutti favorevoli, ma che non è supportata dalle attuali conoscenze scientifiche.

FIGURA 6. **CONCENTRAZIONI DI CO<sub>2</sub> IN ATMOSFERA DAL 1960 AL 2004 E PROIEZIONE DELL'ANDAMENTO FUTURO DELLA CO<sub>2</sub>**

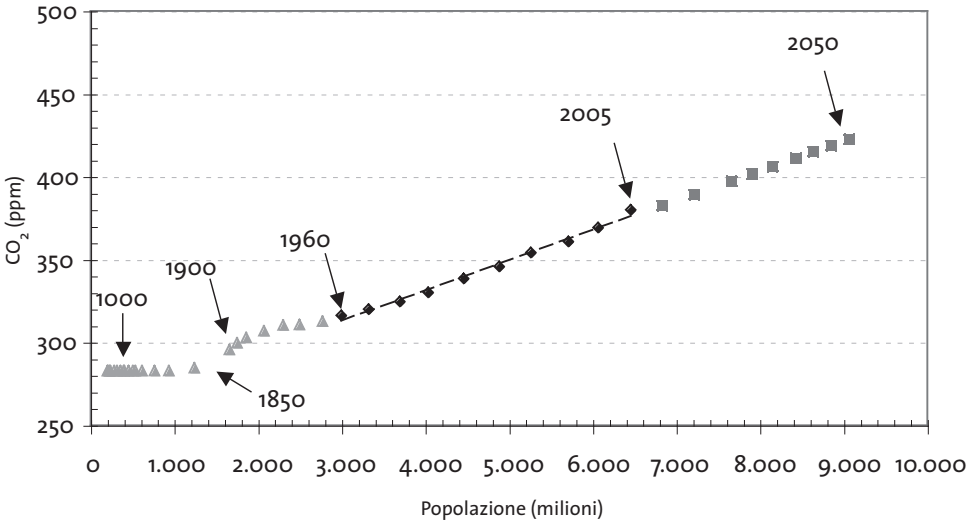


La proiezione è effettuata tramite un'equazione lineare, quadratica, esponenziale o una logistica a 3 parametri in atmosfera. Dati CO<sub>2</sub> Mauna Loa. Fonte: CDIAC, 2007

Una seconda previsione delle future concentrazione di CO<sub>2</sub> si basa sulla correlazione fra popolazione del pianeta e concentrazione dell'anidride carbonica negli ultimi 350 anni (Idso e Idso, 2001). La quantità di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera risulta infatti direttamente proporzionale alla popolazione, in quanto entrambe sono cresciute rapidamente negli ultimi decenni. In un diagramma cartesiano i valori di popolazione e CO<sub>2</sub> mostrano in effetti un'ottima correlazione, in particolare per gli anni dopo il 1960 (figura 7). Sulla base della previsione che il numero di abitanti della Terra raggiungerà un massimo di circa 9 miliardi intorno all'anno 2070, una ipotesi che trova il consenso di molti demografi, è stata proposta l'ipotesi che *“la CO<sub>2</sub> raggiungerà un picco di 421 ppm per successivamente riportarsi a valori inferiori”* (Ramel-la, 2004). A questa previsione non importa come si comporteranno i 9 miliardi di terrestri, quanti di loro avranno accesso all'energia elettrica o quanti useranno un'automobile. L'ipotesi introdotta è che l'emissione media della popolazione mondiale sarà la stessa anche nel futuro. Questa ipotesi non tiene conto del fatto che nel recente passato la costanza del valore medio nasconde una grande disparità delle emissioni. La popolazione è cresciuta molto nella parte più povera del pianeta, mentre la parte più ricca ha incrementato le sue emissioni a popolazione pressoché costante. Se si fanno i conti separati, anche solo per continente, si vedono cose molto diverse. La correlazione è molto più debole.

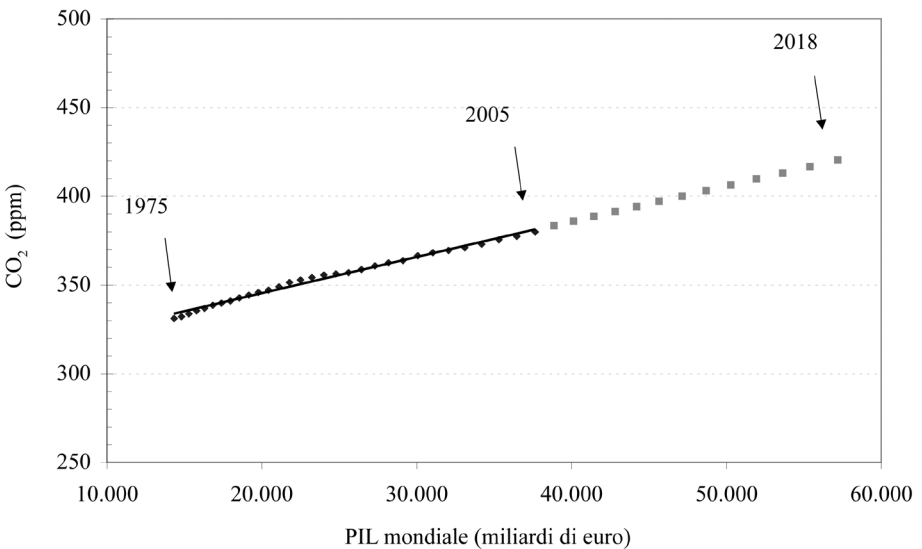
Quando la popolazione mondiale avrà raggiunto 9 o 10 miliardi, le emissioni potranno essere molto diverse a seconda della quantità di consumi, energetici e non, di queste persone; ma saranno importanti anche le tecnologie a disposizione per produrre e consumare l'energia. Un punto importante da considerare è il ritardo della “risposta” allo “stimolo”, ossia il fatto che l'andamento delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> ha un'inerzia maggiore dell'an-

**FIGURA 7. CORRELAZIONE FRA LA POPOLAZIONE MONDIALE E LE CONCENTRAZIONI DI CO<sub>2</sub> IN ATMOSFERA**



Dal 2005 al 2050: dati stimati ipotizzando la stessa relazione fra CO<sub>2</sub> e popolazione del periodo 1960-2005. Fonte dati CO<sub>2</sub>: fino al 1955 dati Vostok, dal 1960 al 2005 dati Mauna Loa, CDIAC, 2007

**FIGURA 8. CORRELAZIONE FRA PRODOTTO INTERNO LORDO MONDIALE E CONCENTRAZIONI DI CO<sub>2</sub> IN ATMOSFERA**



Dal 2006 al 2018: dati stimati ipotizzando la stessa relazione fra CO<sub>2</sub> e PIL del periodo 1975-2005. Fonte dati CO<sub>2</sub>: dati Mauna Loa, CDIAC, 2007. Fonte dati PIL: WorldBank, 2007

damento della popolazione.  $\text{CO}_2$  e popolazione sono correlate, ma se si fermeranno le emissioni, comunque le concentrazioni di  $\text{CO}_2$  continueranno a salire: la  $\text{CO}_2$  permane e si accumula nell'atmosfera più a lungo. Mentre gli esseri umani hanno una vita media intorno a 70 anni, una parte della  $\text{CO}_2$  che oggi respiriamo sarà nell'atmosfera anche fra diversi millenni.<sup>11</sup>

Va infine notato che una simile correlazione si può trovare fra la  $\text{CO}_2$  e altre variabili, ad esempio il consumo energetico o il Prodotto Interno Lordo mondiale. Seguendo lo stesso ragionamento, ipotizzando una identica prosecuzione futura della relazione fra  $\text{CO}_2$  e PIL e proiettando nel futuro l'andamento di crescita annua del PIL, il livello di 421 ppm sarà raggiunto nel 2018 (figura 8); a questo punto la stabilizzazione di questa concentrazione richiederebbe la perenne assenza di crescita del PIL mondiale... piuttosto improbabile.

---

## BOX

### LA PISTOLA FUMANTE

Uno dei motivi per cui i dubbi negazionisti sulla crescita della  $\text{CO}_2$  in atmosfera non hanno mai seriamente riguardato la comunità scientifica è per la presenza di una "smoking gun", ossia di una pistola fumante, una prova determinante che lascia pochi dubbi sul ruolo delle combustioni dei prodotti fossili nel determinare l'incremento della  $\text{CO}_2$  atmosferica. Secondo gli scienziati che collaborano a Real Climate la "pistola fumante" è l'analisi del rapporto fra i diversi isotopi di carbonio, elemento che con l'ossigeno forma la  $\text{CO}_2$  (RealClimate, 2004), come spiegato in seguito.

Il carbonio può avere tre diversi isotopi, ossia tre forme chimiche con pesi leggermente diversi chiamate C12, C13 e C14. Il C12 è il più comune, il C13 è circa l'1% del totale, il C14 è rarissimo, circa 1 su 1 trilione (miliardo di milioni) di C12.

Le piante preferiscono il C12, il più leggero, e così anche nei combustibili fossili, che in fondo derivano da piante molto antiche, c'è più C12 rispetto al C13 di quanto ce ne sia nell'atmosfera attuale. Dalla diminuzione del rapporto C13/C12 (più usato del rapporto C12/C13, invece in aumento) se ne deriva l'origine fossile dell'aumento della  $\text{CO}_2$ : significa che una parte sempre maggiore del carbonio nell'atmosfera attuale ha un'origine fossile. Le misure del rapporto C13/C12 nel carbonio negli anelli degli alberi riflettono l'andamento del rapporto durante la vita stessa della pianta. La misura nelle bolle d'aria dei ghiacciai indica i livelli presenti nell'aria quando i ghiacciai si formarono. Così la misura dello stesso rapporto nei carbonati dei coralli o delle spugne corallifere è un indice del carbonio una volta disciolto nell'oceano. Questi dati mostrano una netta diminuzione, iniziata più o meno nello stesso momento, circa 150 anni fa, con l'accelerazione dell'utilizzo dei combustibili fossili. La variazione del rapporto C13/C12 negli ultimi 150 anni è pari a 5 volte la variazione delle precedenti migliaia di anni.

L'ampiezza delle evidenze scientifiche portate da questi dati permette facilmente di rispondere all'osservazione secondo cui la concentrazione degli isotopi di carbonio è stata influenzata dai test nucleari. In realtà è vero che il C14, più direttamente legato agli esperimenti nucleari, ha avuto livelli molto elevati alla fine degli anni '50, e sta da allora calando gradualmente. La prova dell'origine "fossile" dell'aumento della  $\text{CO}_2$  atmosferica viene dal fatto che la diminuzione del rapporto del C13/C12 è consistente con l'andamento delle emissioni (Forster et al., 2007).

---

## LA TEMPERATURA CRESCE?

*La serie storica delle temperature medie globali in crescita è smentita da dati più affidabili, rilevati in Europa e negli Stati Uniti negli ultimi 105 anni, che non mostrano aumenti. (Gerelli, 2002a)*

Il pianeta si sta scaldando. È più calda l'atmosfera e sono più caldi gli oceani. I dati sono ormai tanti, precisi e congruenti, per quanto possano esserlo misure di temperature su un intero pianeta. Il riscaldamento non è uniforme: si scaldano più i poli delle zone equatoriali, più l'atmosfera sopra le terre emerse che quella sopra i mari; gli strati più bassi dell'atmosfera si scaldano più di quelli superiori.

La realtà del riscaldamento globale è ormai evidente e sempre meno, oggi, viene messa in discussione: la maggior parte dei negazionisti ha abbandonato questo tema (passando a: il riscaldamento c'è ma non è colpa dell'uomo), ma per tanti anni il dibattito è stato acceso. I dubbi di un tempo, in cui ancora oggi capita di imbattersi, erano relativi alla qualità delle misure delle temperature, alla loro rappresentatività, a possibili errori di misura e di calcolo delle medie, alle interferenze di fattori di disturbo nei punti di misura, come le "isole" di calore delle città, che potrebbero far scambiare fenomeni di riscaldamento locali con variazioni a livello globale. Già nel Terzo Rapporto IPCC il problema era stato affrontato. I sospetti sulle isole di calore urbane derivavano da due ragioni. La prima era che le temperature minime crescevano più delle temperature massime (le isole di calore aumentano infatti di più le temperature notturne, più basse); la seconda era che l'aumento delle temperature misurato presso la superficie terrestre era minore di quello misurato nella bassa troposfera, qualche chilometro più in alto.

Pur in presenza di tanti dati che mostravano aumenti anomali delle temperature del pianeta, c'è chi ha negato l'esistenza del problema, anche perché alcune stazioni di misura non mostravano alcun riscaldamento dell'atmosfera.

### RISCALDAMENTO GLOBALE O LOCALE?

La temperatura misurata dai satelliti nell'area dove sorge la montagna non mostra alcun trend positivo tra il 1979 e il 2001. Né sono aumentate le temperature sulla superficie terrestre (Ramella, 2003).

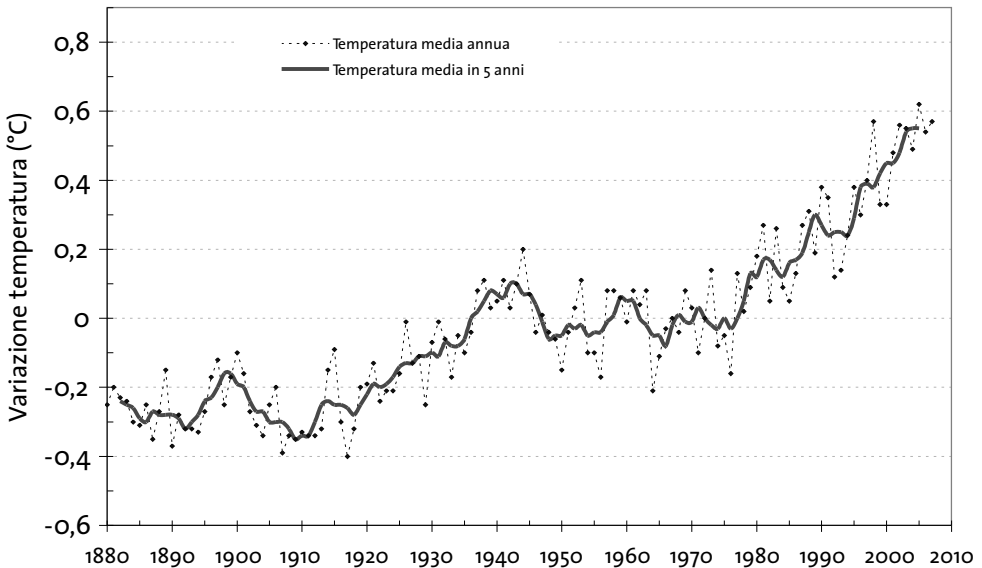
Se il riscaldamento del pianeta non è uniforme significa che in alcune zone è più accentuato e in altre più limitato, in alcune è molto accentuato e in altre non accade nulla, os-

sia si registra una sostanziale stabilità delle temperature, o una leggera diminuzione. Secondo l'analisi di tutti i dati disponibili effettuata nel Quarto Rapporto IPCC-WG1, *“il riscaldamento è statisticamente significativo nella maggior parte della superficie terrestre, a eccezione di un'area del Sud della Groenlandia e tre piccole regioni nel Sud-Est degli Stati Uniti, parti della Bolivia e del bacino del fiume Congo”* (Trenberth et al., 2007).

È quindi il riscaldamento solo un fenomeno locale, magari dovuto a errori di misura? No, il fatto che alcune zone del pianeta non si scaldino affatto è del tutto plausibile e compatibile con la teoria dell'effetto serra: è proprio il carattere globale del riscaldamento del pianeta a provocare un cambiamento della circolazione atmosferica, che in alcune zone porta alla stabilizzazione o alla leggera diminuzione delle temperature.

Indicare i dati di raffreddamento di alcune singole stazioni non ha molto senso se si ragiona sullo stato del pianeta: più utile è far riferimento ai dati della temperatura globale, ottenuti effettuando una media spaziale delle temperature misurate da tutte le postazioni esistenti. Non è un conto facile, è necessario valutare la diversa densità delle postazioni di misura e interpolare le temperature delle aree comprese tra due postazioni; ad esempio è necessario stimare le temperature dell'intero Artico, una delle zone in forte riscaldamento, sulla base dei dati di poche stazioni; un conto che può essere fatto in modi leggermente diversi. Nonostante la diversità delle stazioni considerate e i diversi modi per effettuare le medie, le differenze fra i dati dei tre centri di ricerca che stimano le temperature globali del pianeta sono molto piccole, sono poca cosa se paragonate al chiaro aumento delle temperature globali del pianeta (figura 9).

**FIGURA 9. TEMPERATURE GLOBALI NEL PERIODO 1880-2007 E VARIAZIONI RISPETTO ALLA MEDIA 1951-1980**



Fonte dati: GISS, 2007a



## LE ISOLE DI CALORE

Le reti di dati al suolo sono concentrate vicino alle grandi città dei paesi industrializzati, mentre gli oceani e le zone non antropizzate del pianeta sono quasi completamente scoperte. Non possiamo quindi parlare di “temperatura globale” perché non la conosciamo. Conosciamo semplicemente come cambia questo parametro in vicinanza di zone densamente popolate (Georgiadis, 2006).

È vero: i dati di temperatura registrati dai termometri in alcune aree urbane possono essere viziati dall'effetto “isola di calore”, in quanto in ambiente urbano la temperatura è andata crescendo a causa della presenza di fonti di calore e umidità, quali il riscaldamento domestico, il traffico, le industrie. In generale una variazione dell'uso del suolo influenza il microclima e quindi anche la temperatura locale. Chi abita in grandi città, o chi abita poco fuori dalla città e vi si reca quotidianamente, lo sa bene. Si tratta di un effetto reale, verificato in diverse stazioni. Ma quanto influisce sulle temperature medie del pianeta o dell'emisfero, medie calcolate con i dati di centinaia di stazioni? Dipende da quanto è realmente forte questo effetto, da quante sono le stazioni di misura urbane, da quanto pesano nel totale del sistema di misura delle temperature su scala globale e se questi dati sono considerati senza essere corretti.

Le stazioni di misura delle temperature sono tante e ben distribuite sul pianeta. Riguardano zone urbane, ma anche zone rurali, remote, poco densamente popolate, che non risentono di alcuna influenza di aree urbane. Poi ci sono le misure sugli oceani, su boe, piattaforme galleggianti o sulle navi. La densità delle stazioni non è così importante, perché l'importante è avere una misura per ogni maglia della rete. Dove ci sono tante stazioni si fa una media, e il valore di temperatura di ogni maglia concorre a fornire la media della temperatura del pianeta.

Le misure urbane disturbate dal microclima non sono considerate o sono corrette, per eliminare l'effetto di distorsione delle aree antropizzate. Sarebbe un errore banale non farlo. Le metodologie statistiche con cui i dati nelle aree urbane sono elaborati per valutare ed eliminare le possibili distorsioni locali sono note, mostrate ad esempio in un apposito Allegato del Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (Trenberth et al., 2007, appendice 3B).

Il concetto di “isola di calore” è oggi messo fortemente in discussione da chi si occupa della misura scientifica delle temperature. Non esiste, come si credeva un tempo, un'unica bolla calda sopra la città: la meteorologia è più complessa. Ci sono zone più calde, zone più cementificate e zone più fredde, ad esempio i parchi. L'effetto della città è più un effetto radiativo, di maggiore riflessione della radiazione elettromagnetica del sole da parte delle pareti degli edifici. Influiscono meno le sorgenti di calore interne, dovute alle combustioni che avvengono nelle città.

Nella misura delle temperature è molto importante dove è posizionato il termometro: se è troppo vicino a una parete, senza essere schermato, misurerà temperature più elevate del dovuto. E questo potrebbe succedere anche per postazioni al di fuori delle città, o potrebbe essere successo per le misure più antiche. Secondo uno dei maggiori esperti delle serie storiche delle temperature italiane, Maurizio Maugeri dell'Osservatorio di Brera a Milano, molti dati italiani dell'Ottocento sarebbero da rivedere al ribasso, perché i termometri erano più vicini alla parete e risentivano di un riscaldamento anomalo (Maugeri, 2007).

È un'evidenza che deriva anche da un laborioso confronto fra l'andamento delle temperature misurate strumentalmente e quello derivante dall'utilizzo di dati proxy, ad esempio le dimensioni degli anelli degli alberi (Frank et al., 2007).

In ogni caso, l'effetto "isola di calore" ha un carattere locale, non è rappresentativo di aree più vaste. Già i test effettuati negli anni '80 mostrarono che l'effetto sulle temperature medie globali dei dati relativi alle isole di calore è di circa 0,05-0,06 °C, un ordine di grandezza inferiore al riscaldamento osservato (IPCC, 2001). Le medie effettuate a livello globale o per gli emisferi nord e sud non risentono quindi in modo apprezzabile dell'influenza delle "isole di calore". Il grande incremento dei punti di misura sulle terre emerse e sugli oceani ha ulteriormente ridotto i dubbi sulla rappresentatività della misura di temperatura. I lavori più dettagliati, che hanno analizzato da vicino le possibili fonti di errore nelle misurazioni e nelle elaborazioni statistiche, affermano in modo perentorio che le eventuali incertezze sono largamente inferiori all'aumento di temperatura registrato (Brohan et al., 2006). Secondo il Quarto Rapporto IPCC-WG1 (Trenberth et al., 2007), l'effetto dell'urbanizzazione e del cambiamento dell'uso del suolo è irrilevante, pari a 0,0006 °C per decennio. Se confrontato con l'aumento di temperatura (0,74 °C negli ultimi 100 anni), è proprio poca cosa. Non è quindi un caso che questo argomento negli ultimi anni sia quasi scomparso nelle argomentazioni negazioniste.

## LA TROPOSFERA (NON) SI RAFFREDDA

La teoria dell'effetto serra antropico prevede, a dieci chilometri sopra le nostre teste, un riscaldamento triplo di quello osservato a terra, mentre le misure satellitari osservano, al contrario, un rinfrescamento della troposfera (Battaglia, 2007k).

Ormai non ci sono più dubbi che tutta la troposfera, ossia la parte di atmosfera in cui vivono gli esseri umani, si stia riscaldando. Nonostante questo, qualcuno non l'ha saputo e continua a scrivere di un presunto raffreddamento della media troposfera. A volte questo raffreddamento viene legato al mancato riscaldamento delle aree urbane, dovuto alle isole di calore urbane, arrivando a concludere *"Abbiamo dunque sbagliato tutto?"* (Sabadin, 2007).

In realtà il raffreddamento non c'è stato, non c'è. Erano sbagliati i dati dei satelliti (Mears e Wentz, 2005), delle radiosonde (Sherwood et al., 2005) e in parte erano errori di interpretazione dei dati. Il Terzo Rapporto IPCC (nel 2001) aveva ammesso che l'incorreggibilità esisteva. Il Sommario per i decisori politici del primo gruppo di lavoro del Quarto Rapporto IPCC, uscito il 2 febbraio 2007, ha scritto: *"Nuove analisi effettuate con palloni aerostatici e misure da satellite della bassa e media troposfera mostrano tassi di riscaldamento simili a quelli misurati per la temperatura della superficie e sono consistenti con le loro rispettive incertezze, correggendo una discrepanza notata nel TAR"* (IPCC, 2007b). Fra i lavori più chiari sul tema va ricordato un lavoro pubblicato su *Science* (Santer et al., 2005) e un dettagliato rapporto del Programma Scientifico sui Cambiamenti Climatici degli Stati Uniti (USCCSP, 2006), 160 pagine appositamente dedicate a spiegare che *"Le precedenti discrepanze non esistono più in quanto i dati dei satelliti e delle radiosonde sono stati identificati e corretti. Sono anche stati sviluppati nuovi set di dati che non mostrano simili differenze"*.

I dati mostrano non solo che la troposfera (i primi 10 km di atmosfera) si riscalda, ma che la stratosfera e gli strati ancora superiori si raffreddano, come previsto per l'incremento dei gas serra: viene a mancare per questi strati la radiazione riflessa dalla superficie del pianeta, ora intrappolata al suolo dall'effetto serra presente nella troposfera.<sup>12</sup> La superficie del globo terrestre si riscalda, l'alta atmosfera si raffredda.

Come per tutte le tesi negazioniste, chi ha abbandonato la tesi del presunto raffreddamento della troposfera l'ha fatto passando a una sostanzialmente diversa, che presenta solo una vaga somiglianza con la precedente. In questo caso la nuova tesi è che la troposfera non si riscalda quanto prevedono i modelli (ma non si stava raffreddando?). In realtà il riscaldamento osservato è congruente con i risultati dei modelli (Santer et al., 2005); il punto di discussione scientifica è la diversità dei tassi di riscaldamento nella sola zona della troposfera sopra i tropici, una parte limitata dell'intero globo, ma questo particolare viene omesso per non far sembrare l'argomento piuttosto insignificante, come in effetti è. Senza contare che secondo alcuni studi se si tiene conto dei rispettivi intervalli di incertezza non ci sono chiare discrepanze fra i dati e i risultati dei modelli (RealClimate, 2007f).

## IL RAFFREDDAMENTO DEL DOPOGUERRA

La piccola glaciazione fra il 1950 e il 1980 avvenne invece proprio in corrispondenza d'un aumento del biossido di carbonio nell'aria, ed è attribuita all'effetto degli aerosol e della nuvolosità (Malaspina, 2003).

Un'altra prova per cui *"il riscaldamento è occorso nei momenti e nei posti sbagliati"* sarebbe la diminuzione delle temperature avvenuta dal 1940 al 1975. La comunità scientifica ha dato da anni risposte anche su questo punto.

Il raffreddamento del primo dopoguerra è ben simulato dai modelli climatici che includono fra le forzanti gli aerosol e i solfati. Sono infatti le emissioni di solfati e aerosol dovuti all'industrializzazione del primo dopoguerra, nonché l'eruzione del Monte Agung del 1963 ad aver portato questa diminuzione delle temperature di circa 0,2 °C; diminuzione non omogenea sul pianeta, maggiore nell'emisfero nord. La riduzione delle emissioni di solfati e di particolato, e l'aumento progressivo della CO<sub>2</sub>, hanno ribaltato i rapporti di forza. Ancora oggi, seppure in modo minore, i solfati e gli aerosol mascherano parzialmente l'aumento di temperatura dato dalla forzante CO<sub>2</sub>.

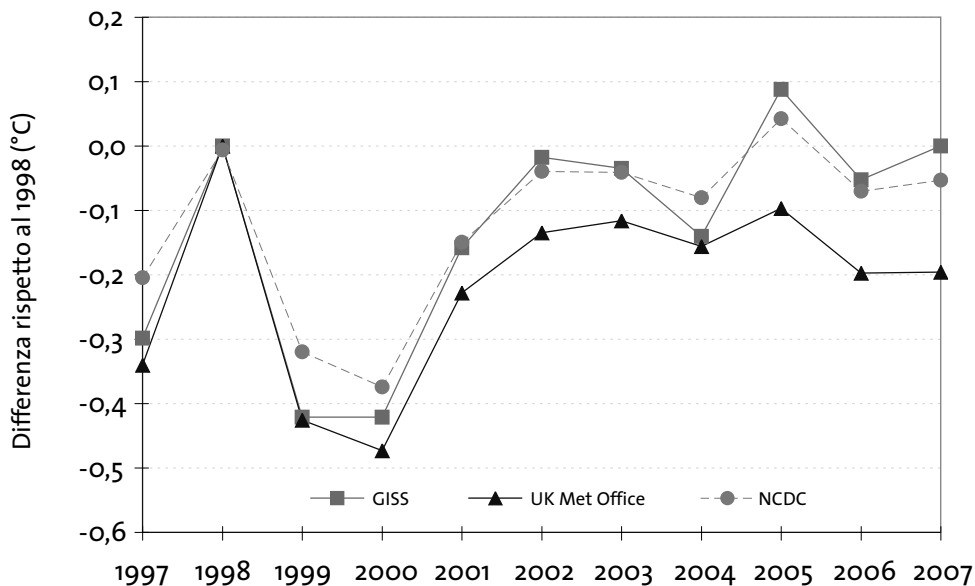
Chi vuole negare l'effetto della riduzione dei solfati sull'aumento di temperatura sostiene che la riduzione è iniziata solo negli anni '90, in quanto la convenzione internazionale contro l'inquinamento transfrontaliero, che ha imposto riduzioni sulle emissioni di SO<sub>2</sub>, è stata approvata nel 1989 (Battaglia, 2007m). In realtà la riduzione delle emissioni è iniziata proprio intorno all'anno 1975, come testimoniano i dati degli inventari delle emissioni (Smith et al., 2004), ma anche i dati delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> in atmosfera delle città italiane. L'innovazione tecnologica e la richiesta di un'aria più pulita nelle città hanno portato alla diminuzione di una forzante raffreddante per il pianeta. Una storia simile a quella che sta avvenendo nelle città dell'est asiatico, oggi con concentrazioni di polveri e SO<sub>2</sub> che ricordano l'Italia e l'Europa degli anni '60.

## LA TEMPERATURA NON CRESCE PIÙ

Sebbene non faccia più di tanto notizia, il freddo sembra essere una costante dell'ultima decade (Patarga, 2007b).

Uno degli argomenti più incredibili usati per negare il riscaldamento globale del pianeta si basa sul fatto che la temperatura media annua del 1998 non è stata superata nei nove anni successivi. Nel grafico delle temperature medie globali dal 1998 al 2007 secondo la stima del servizio meteorologico britannico (figura 10), si nota come in effetti le temperature sembrano in diminuzione o almeno costanti. Da qui la tesi secondo cui le temperature sarebbero stabili nell'ultimo decennio. La notizia è stata rilanciata da alcuni quotidiani italiani a fine novembre 2007, con titoli come *"Contrordine, fa più freddo"* (Sabadin, 2007) e *"Negli ultimi dieci anni la Terra si è raffreddata"* (Patarga, 2007b).

FIGURA 10. TEMPERATURE GLOBALI DAL 1997 AL 2007: VARIAZIONI RISPETTO ALLA TEMPERATURA MEDIA DEL 1998



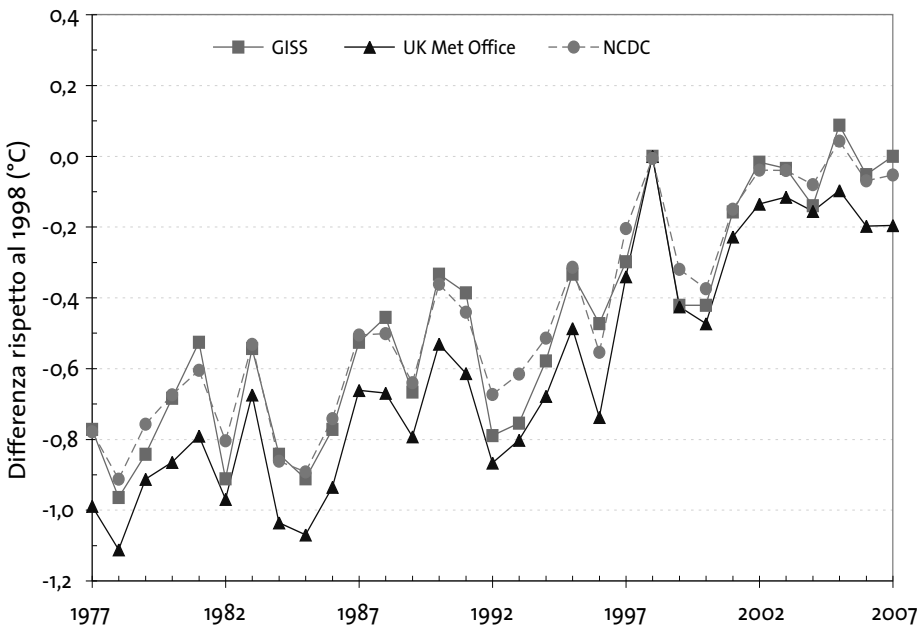
Fonte dati: GISS, 2007a; UK Met Office, 2007; NCDC, 2007a

Il primo problema di questa argomentazione è che se si considerano le temperature medie globali dello stesso periodo stimate da un'altra fonte, il Goddard Institute for Space Studies (GISS) di New York, il 1998 non è più l'anno più caldo e viene superato dal 2005 e dal 2007. Le differenze fra le due serie di dati di temperature medie del globo sono molto piccole, non cambiano l'andamento globale delle temperature, ma bastano per far passare un anno dalla prima alla seconda posizione.

L'argomento è stato molto in voga negli Stati Uniti, in cui effettivamente secondo tutte le fonti di dati il 1998 è stato l'anno più caldo dell'ultimo decennio;<sup>13</sup> ma la superficie dei 48

stati contigui degli Stati Uniti in cui si è registrato il record nel 1998 è circa l'1,5% della superficie globale. Sarà forse per l'abitudine molto italiana di considerare gli Stati Uniti il centro del mondo, la classifica delle temperature degli Stati Uniti è stata riportata con grandi enfasi. Per l'Italia è il 2003 a essere l'anno più caldo mai registrato, quindi con lo stesso ragionamento si potrebbe dire che il raffreddamento dura da quattro anni. Il vero punto debole di questa tesi è che se si allarga lo sguardo all'andamento delle temperature negli ultimi 30 anni (figura 11) o degli ultimi 130 anni (figura 9), la tendenza è chiara: il 1998 è solo un anno con temperature un po' più alte di quanto avrebbero dovuto essere per assicurare una crescita regolare ed evitare fraintendimenti.

**FIGURA 11. ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE GLOBALI DAL 1977 AL 2007: VARIAZIONI RISPETTO ALLA TEMPERATURA DEL 1998**



Fonte dati: GISS, 2007a; UK Met Office, 2007; NCDC, 2007a

### L'AUMENTO DI CO<sub>2</sub> SEGUE O PRECEDE L'AUMENTO DI TEMPERATURA?

La correlazione tra concentrazioni atmosferiche di CO<sub>2</sub> e aumento delle temperature potrebbe essere male interpretata: storicamente, il riscaldamento precede l'accumulazione di gas serra in atmosfera (Stagnaro, 2007d).

Il legame fra la concentrazione dei gas serra e la temperatura non è semplice. In generale un loro aumento porta a un aumento di temperature, ma non è tutto qui. La faccenda è più complessa. Ci sono anche altri fattori che possono variare il bilancio energetico

del pianeta, quindi aumentare o diminuire la temperatura. Sono chiamati dai climatologi “forzanti radianti” e per ognuno di questi l’IPCC ha stimato il loro potere riscaldante o raffreddante nell’ultimo mezzo secolo. La forzante radiativa della  $\text{CO}_2$  è la più importante, e complessivamente i tre principali gas serra hanno contribuito a una larga parte dello sbilanciamento energetico, circa  $2,3 \text{ W/m}^2$  (Forster et al., 2007).

Un argomento utilizzato per negare il legame fra la  $\text{CO}_2$  e le temperature del pianeta si basa sull’analisi congiunta dei valori di temperatura e  $\text{CO}_2$  misurati dai dati delle carote di ghiaccio prelevate in Antartide. C’è una somiglianza fra i due andamenti durante i 5 episodi glaciali e in effetti, sì, l’aumento di temperatura precede quello della  $\text{CO}_2$ , con uno sfasamento di circa 800 anni. Da qui la tesi: se la  $\text{CO}_2$  segue e non precede l’andamento della temperatura, anche l’attuale riscaldamento è dovuto ad altri fattori (il sole è indicato generalmente da chi sposa questa tesi), e le attività umane non hanno colpa.

Dov’è il punto debole di questa tesi? È l’applicare un andamento valido nei passati millenni a una condizione, attuale, molto diversa. Proprio per la comprensione che si ha oggi del sistema climatico non ci sono problemi nell’accettare che in passato, quando non esisteva la forzante antropica dei gas serra, la temperatura potesse aumentare per via di altri fattori, solari o astronomici, e che la  $\text{CO}_2$  nell’atmosfera del pianeta variasse di conseguenza. La spiegazione è semplice, l’aumento di temperatura dell’atmosfera scalda l’oceano, quest’ultimo scaldandosi rilascia parte della  $\text{CO}_2$  assorbita. Sono fenomeni noti e chi li studia ammette non solo che questi fattori esterni non sarebbero in grado di variare significativamente la temperatura del pianeta per molte altre migliaia di anni, ma che l’aumento della temperatura indotto dall’aumento di  $\text{CO}_2$  potrebbe portare a un rilascio di  $\text{CO}_2$  dagli oceani, con un conseguente ulteriore aumento della stessa nell’atmosfera: un effetto chiamato di “retroazione positiva”. La comprensione del ruolo delle retroazioni durante le ere glaciali, e dello stretto legame fra temperatura e  $\text{CO}_2$  del pianeta, rafforza e non indebolisce la teoria dell’effetto serra.

## BOX

### LA CLASSIFICA DELLE TEMPERATURE

Sono tre i gruppi di ricerca che elaborano i dati delle temperature misurate in tutte le stazioni del mondo, scartando o correggendo i dati non affidabili e calcolando la temperatura media del pianeta: il “Climate Research Unit” dell’Hadley Centre (l’Ufficio Meteorologico britannico, UK-Met-Office, 2007), il National Climatic Data Center (NCDC, 2007a) e il Goddard Institute for Space Studies (GISS, 2007) negli Stati Uniti. Ogni anno a metà gennaio sono diffusi i dati delle temperature medie dell’anno precedente, la notizia attesa è la posizione dell’anno trascorso nella classifica degli anni più caldi. Ci possono essere lievi diversità nelle classifiche dei tre centri, dovute a differenze nella metodologia di elaborazione dei dati, ma l’aspetto comune è che ultimamente gli anni conquistano sempre i primi posti, ossia sono sempre anni caldi. Il 2007 ad esempio si è classificato sesto per l’UK-Met-Office, quarto per il NCDC e secondo per il GISS.

La classifica dei 10 anni più caldi per l’NCDC è: 2005, 1998, 2002, 2003, 2007, 2006, 2004, 2001, 1997, 1995, ossia comprende 9 degli ultimi 10 anni. In molti casi le differenze fra gli anni sono piccolissime, inferiori all’accuratezza degli strumenti di misura, la differenza fra un primo o un terzo posto non è significativa. Per questo i dati delle temperature non devono essere presi in modo isolato, ma analizzati come serie storiche: in questo caso il messaggio

è chiaro, le temperature stanno aumentando, gli ultimi anni sono stati quasi sempre fra gli anni più caldi da quando esistono misure strumentali.

La classifica non è percepibile dalle sensazioni umane. Non solo perché a livello locale le classifiche possono essere diverse e nei dati di una singola postazione alcuni anni possono perdere o guadagnare molte posizioni rispetto alla classifica globale. Se la temperatura aumenterà di 3-5 °C in 100 anni significa che le differenze annuali possono essere piccole, di centesimi di grado. Quindi non è detto che un'estate rovente indichi un mutamento del clima o che un inverno statisticamente normale o più freddo del solito rappresenti la fine dei mutamenti del clima.

Ad esempio secondo James Hansen le alte temperature globali del 2007, pur se non hanno stabilito un record, sono significative perché sono avvenute in un momento in cui i due fattori naturali che possono maggiormente modificare le temperature globali, l'oscillazione El Niño e in misura minore l'intensità della radiazione solare, erano ai livelli minimi. Nei prossimi due-tre anni, a meno di grandi eruzioni vulcaniche, è quindi molto probabile un nuovo record delle temperature globali (GISS, 2008).

---

## RAFFREDDAMENTO E RISCALDAMENTO

E poi, gli esperti del clima negli anni '70 non predicavano una nuova glaciazione? Ma freddo o caldo l'importante è annunciare l'apocalisse (Vitulli, 2007a).

Un argomento utilizzato per minimizzare l'importanza del riscaldamento globale è quello del presunto passato allarme per il raffreddamento del pianeta. È di solito uno dei primi ingredienti di un discorso negazionista, nonché uno dei più retorici. Anche ammettendo che trenta anni fa ci fosse stato un tale allarme per il progressivo raffreddamento del pianeta, allarme che si è rivelato infondato, ciò non implica che anche il presente allarme per il riscaldamento del pianeta sia infondato. Porta magari a una minore considerazione sulle capacità di previsione della scienza del clima di trent'anni or sono; porta forse a una maggiore sfiducia sulle capacità odierne di fare previsione. Ma anche i più testardi fra gli scettici riconosceranno che in trent'anni le conoscenze scientifiche sull'atmosfera e le dinamiche climatiche sono cresciute enormemente. La mole di dati e strumenti modellistici oggi disponibile è incomparabilmente superiore a quella di trent'anni fa. Se in passato ci si è sbagliati, non è detto che oggi sia lo stesso.

Ma è poi vero che in passato c'era un così diffuso allarme sul raffreddamento del pianeta? Era allarmata la comunità scientifica o era uno dei tanti allarmi di giornali e televisioni? Che spazio ha avuto sulle riviste scientifiche e sui media l'allarme per il raffreddamento globale?

Le fonti che vengono citate per raccontare questo passato allarme non sono molte. I più gettonati sono un articolo di *Newsweek*, un articolo di *Time*, a volte un articolo su *Science* di Stephan Schneider. Il climatologo britannico William Connolley per hobby ha collezionato e studiato le previsioni sul raffreddamento del pianeta, realizzando un sito internet (Connolley, 2007) in cui è disponibile un elenco accurato e ragionato di cosa si diceva negli anni '70 sul raffreddamento del pianeta, con possibilità di leggere diversi testi originali. Vediamo dunque cosa dicevano le più citate fra queste fonti.

L'articolo uscito su *Time* il 24 giugno 1974 (*Time*, 1974) si intitolava "Un'altra età glacia-

le?”. Come il punto interrogativo nel titolo può far prevedere, si tratta di un normale articolo giornalistico che, sulla base di una lieve diminuzione delle temperature del periodo 1940-1970, ipotizzava possibili scenari futuri catastrofici. Nell’articolo si indicava la causa raffreddante nella minore radiazione solare e nelle maggiori emissioni di polveri da parte delle attività umane. Si ricordava anche che alcuni scienziati ritenevano che la tendenza al raffreddamento fosse solo temporanea. Per chi ha un minimo di familiarità con il mondo della comunicazione, un articolo di questo tipo non è certo una prova di un reale passato allarme scientifico sul clima del pianeta. Come raccontato a pag. 279, visti i continui allarmi per più o meno tutto quanto devia leggermente dalla normalità, anche un raffreddamento del pianeta si è preso i suoi spazi.

L’articolo uscito su *Newsweek Magazine* il 28 aprile 1975 (Gwynne, 1975) era più netto. Con il titolo *“Il mondo che si raffredda”*, indicava dall’inizio un *“quadro meteorologico del pianeta che ha iniziato a cambiare drammaticamente, con cambiamenti che potrebbero determinare un drastico declino nella produzione di cibo”*, nonché *“serie implicazioni politiche per ogni nazione della Terra”*. Erano citate una *“diminuzione delle temperature del pianeta di 0,25 °C nell’emisfero nord dal 1945 al 1968”*, foto satellitari che indicavano *“un improvviso grande aumento della copertura nevosa nell’emisfero nord nell’inverno 1971-72”*, *“un’evidenza a supporto delle previsioni sul raffreddamento globale che ha iniziato ad accumularsi così massicciamente che i meteorologi stentano a fronteggiarla”*.

Non erano proposte spiegazioni delle cause del raffreddamento del pianeta; nonostante questo l’articolo concludeva con previsioni terrificanti sulle conseguenze del futuro (freddo) del pianeta, senza alcun riferimento a documenti scientifici. Niente da dire, l’articolo di *Newsweek* conteneva tante sciocchezze. Trentun anni dopo, riflettendo sull’errore commesso dalla rivista, l’attuale direttore di *Newsweek* ha sostenuto (Adler, 2006) che pur se l’articolo era *“così spettacolarmente sbagliato sull’immediato futuro”*, non era *“sbagliato”* in senso giornalistico, ossia non era *“inaccurato”*, in quanto alcuni scienziati allora effettivamente ritenevano il raffreddamento in corso e altri (fra cui Isaac Asimov) vedevano possibili implicazioni per la produzione di cibo del pianeta.

Dunque *Newsweek* ha preso una solenne cantonata in un suo articolo del 1975. Cambia molto sulle conoscenze sul futuro climatico del pianeta, dopo trent’anni? Dipende, se le nostre conoscenze si basano sugli attuali articoli di *Newsweek* non ci sarebbe da stare tranquilli. Ma *Newsweek* non può essere in alcun modo scambiata con una rivista scientifica. Quindi il punto è: cosa diceva a quel tempo la comunità scientifica sul raffreddamento del pianeta?

Un nome che viene spesso citato è quello di Stephen Schneider, ancora oggi uno dei principali esperti del riscaldamento globale. Un nome importante, a cui viene attribuita una passata predizione che il pianeta andasse verso un’era glaciale.<sup>14</sup> Incriminato è un articolo pubblicato su *Science* nel 1971 (Rasool e Schneider, 1971), in cui Stephen Schneider è il secondo autore (il primo autore, Rasool, è generalmente ommesso perché meno famoso); articolo tanto citato, ma poco letto. In realtà, leggendo l’articolo, la predizione di una futura era glaciale non c’è: ci sono alcune valutazioni sul raffreddamento del pianeta in corso (raffreddamento confermato anche dai dati oggi disponibili, e anzi utilizzato per indicare l’assenza di una causa umana nel riscaldamento del pianeta), ma niente che possa essere scambiato con previsioni di possibili raffreddamenti negli anni successivi. Il passo più citato di Rasool e Schneider è la parte finale dell’abstract in cui gli autori scrivono che *“l’incremento*



to di un fattore 4 nelle concentrazioni globali di aerosol potrebbe essere sufficiente a ridurre la temperatura superficiale di 3,5 °K. Se mantenuta per un periodo di molti anni, questa diminuzione delle temperature del pianeta è ritenuta sufficiente a innescare un'era glaciale". Non si tratta di una previsione, ma di una ipotesi teorica a cui gli autori non assegnano alcuna probabilità; la conseguenza ipotizzata, ossia la possibilità di innesco di una glaciazione in seguito a una diminuzione prolungata delle temperature del pianeta di 3,5 °C, è compatibile anche con le attuali conoscenze sulle dinamiche delle ere glaciali.

A volte il procurato allarme per il raffreddamento del pianeta viene imputato anche ad altri rapporti scientifici (dell'Accademia delle Scienze USA, dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale ecc.), ma andando a leggerli si troverà anche meno di quanto trovato nel lavoro di Schneider. Si rileva al massimo una raccomandazione ad approfondire la tematica, ma niente che assomigli a richieste di azioni per contrastare il raffreddamento del pianeta.

Il motivo per cui la comunità scientifica non fu mai realmente preoccupata di un possibile raffreddamento del pianeta era dovuto in parte all'assenza di dati precisi e coerenti, in parte alla limitatezza del fenomeno, sia geograficamente che come valore assoluto, in parte anche alla comprensione che la causa principale del raffreddamento potesse essere nelle emissioni degli aerosol e dei solfati. Queste ultime sono una perturbazione temporanea al clima: le polveri e i solfati emessi dalle attività umane sono infatti rimosse dall'atmosfera con tempi di settimane o mesi, al più qualche anno. Per diminuire il raffreddamento del pianeta basterebbe quindi ridurre le emissioni di queste particelle, e dopo pochi anni la situazione tornerebbe verso la normalità.<sup>15</sup> Cosa che è effettivamente successa. Va ricordato che la limitazione dei solfati e delle polveri è stata motivata, più che dalla necessità di diminuire il raffreddamento del pianeta, dal loro impatto sulla salute umana e sugli ecosistemi.

Secondo la voce "Global cooling" dell'enciclopedia virtuale Wikipedia (Wikipedia, 2007), la teoria del raffreddamento globale non ha mai avuto un supporto scientifico significativo, ma si guadagnò una temporanea attenzione popolare a causa di alcune uscite giornalistiche. Richard Lindzen, uno dei principali negazionisti dei cambiamenti climatici, ha scritto che *"la comunità scientifica non ha mai preso in considerazione questo tema, i governi l'hanno ignorato, e con l'innalzarsi delle temperature alla fine degli anni '70 il tema è più o meno scomparso"*.<sup>16</sup>

Se si dà un'occhiata alla letteratura scientifica degli anni '70, si trovano parecchi articoli che già discutevano il riscaldamento del pianeta. Pochi mesi prima dell'articolo di *Newswweek*, Wallace Broecker pubblicava su *Science* un articolo intitolato *"Cambiamenti climatici: siamo al limite di un pronunciato riscaldamento globale?"*. L'abstract non poteva essere più chiaro:

Se la polvere di origine umana non è importante come causa rilevante di cambiamenti climatici, più sicuro è il fatto che il presente raffreddamento, in circa un decennio, lascerà spazio a un pronunciato riscaldamento indotto dal biossido di carbonio. Per analogia con eventi simili del passato, il naturale raffreddamento climatico che, dal 1940, ha più compensato l'effetto del biossido di carbonio, presto scomparirà. Quando questo accadrà, la crescita esponenziale nel contenuto di biossido di carbonio tenderà a diventare un fattore significativo e poco dopo l'inizio del prossimo secolo avrà portato le temperature del pianeta oltre i limiti registrati negli ultimi 1.000 anni (Broecker, 1975).

Nell'articolo si trovano alcune previsioni sulle concentrazioni di CO<sub>2</sub> e l'incremento di temperature nell'anno 2000 che lasciano sconcertati per quanto si sono dimostrate vicine ai valori veri, nonostante i pochi dati allora a disposizione.

Tre anni dopo l'articolo di Broecker, John Mercer già discuteva i possibili rischi per le calotte glaciali dal riscaldamento del pianeta (Mercer, 1978), spiegando con dovizia di citazioni di lavori degli anni precedenti come il riscaldamento era in quegli anni nascosto dal raffreddamento dovuto alle emissioni umane di particolato e alle eruzioni vulcaniche. Tutti lavori completamente ignorati dalle leggende negazioniste che citano, peraltro male, il solo lavoro di Schneider del 1971.

E in Italia? L'articolo più famoso è quello scritto su *Il Messaggero* del 30 ottobre 1973, in cui si parla della continua avanzata dei ghiacciai alpini, discussa durante un convegno internazionale a Chamonix.

I ghiacciai aumentano in modo spaventoso (quelli alpini del gruppo del Monte Bianco sono avanzati in pochi anni di oltre mezzo chilometro verso la valle), la banchisa polare ha raggiunto le coste dell'Islanda, la temperatura media dell'Europa Settentrionale si è abbassata in dieci anni di due gradi centigradi...

Secondo la maggior parte degli scienziati, che hanno dato vita a un acceso dibattito, non ci sono dubbi: il continuo espandersi dei ghiacciai è principalmente dovuto all'alto tasso di inquinamento atmosferico; i fumi industriali sospesi nell'aria rappresentano infatti un serio ostacolo per le radiazioni infrarosse del sole, e di conseguenza arrivando meno calore sulla Terra, i ghiacciai prosperano...

Questi inquietanti sintomi – secondo gli esperti convenuti a Chamonix – pongono decisamente sotto accusa l'inquinamento progressivo del nostro habitat, che di questo passo potrebbe deteriorarsi fino al punto da rappresentare un pericolo per la stessa sopravvivenza dell'umanità.

Non si conoscono altre serie iniziative scientifiche o normative italiane per fronteggiare il raffreddamento del pianeta. Un convegno sui ghiacciai e qualche articolo di quotidiani sono un po' poco per parlare di un allarme diffuso.

Ma la prova forse più convincente che non è mai esistito un vero allarme nella comunità scientifica per il raffreddamento del pianeta deriva dal fatto che l'ONU e l'Organizzazione Meteorologica Mondiale non hanno mai istituito un panel scientifico internazionale per studiare e affrontare questo problema, come è invece avvenuto nel 1989 con il riscaldamento del pianeta (è stato istituito l'Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Non è mai stata neppure proposta un'azione comune degli stati contro il raffreddamento globale. Cosa che invece è avvenuta nel 1992 con la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici, l'organismo ONU che dal 1992 guida la negoziazione internazionale per contrastare il riscaldamento globale indotto dalle attività umane.

## BOX

### VERSO UN'ERA GLACIALE

*"Ora parliamo di surriscaldamento, fra 30 anni parleremo forse di 'glaciazione'". (Mazzarella, 2007)*

L'ipotesi del raffreddamento globale ha ancora oggi degli sponsor. Proprio alcuni negazio-

nisti del riscaldamento globale sostengono che l'attuale riscaldamento sia parte di un ciclo più ampio di oscillazione della temperatura, per cui a breve inizierà il raffreddamento. Prevedono raffreddamenti nei prossimi decenni i cicli di Pagliuca e Ortolani (pag. 107), gli studi del professor Mazzarella (pag. 110), la teoria Magdrigali (pag. 253), gli "Occasional Paper" dell'Istituto Bruno Leoni (pag. 233).

Con un po' di pazienza si possono trovare molti siti internet in cui l'allarme per il raffreddamento del pianeta è seriamente rilanciato. Ogni tanto la notizia rimbalza su qualche quotidiano.

---

## LE STAGIONI DI UNA VOLTA

*Già la definizione di “cambiamento climatico” suona curiosa, implicando una perversa deviazione da un clima statico che non è mai esistito. (Caracciolo, 2007)*

Le temperature medie del pianeta registrate negli ultimi decenni sono insolitamente alte, se confrontate con il passato, prossimo e remoto. Il Quarto Rapporto IPCC-WG1 ha dedicato ampio spazio nel riassumere i risultati dei numerosi studi che hanno ricostruito le temperature del passato, in particolare degli ultimi duemila anni. Alcuni di questi studi, ad esempio quello di Philip Jones e di Michael Mann, sono a loro volta studi vastissimi, con più di 500 citazioni bibliografiche (Jones e Mann, 2004).

Le ricostruzioni del clima del passato sono difficili, ci sono incertezze che portano gli scienziati che hanno lavorato al Quarto Rapporto a esprimersi in termini di gradi di probabilità, ma con un'indicazione chiara: *“Le temperature medie nell'emisfero nord durante la seconda metà del XX secolo sono state molto probabilmente più alte di qualsiasi altro periodo di 50 anni negli ultimi 500 anni e probabilmente le più alte negli ultimi 1.300 anni”* (IPCC, 2007b).

Non ci sono certezze assolute, in quanto la ricostruzione del clima del passato non è agevole. Ci si basa su misure dirette, su dati strumentali solo per gli ultimi 150 anni. Per i periodi precedenti si usano i dati delle variabili “proxy”, indicatori indiretti quali la dimensione degli anelli degli alberi, analisi dei pollini, analisi sui coralli, sui sedimenti oceanici, sulle microbollicine d'aria intrappolate nelle carote dei ghiacciai. Per l'ultimo millennio ci si avvale anche dei dati documentari, letterari, amministrativi e iconografici.

Il confronto con i risultati dei modelli matematici fornisce anche un quadro approfondito e complesso di come sono evoluti la temperatura e altri fattori climatici; da questi dati risulta che è molto probabile che la temperatura media globale del pianeta sia oggi a livelli insolitamente alti almeno per gli ultimi duemila anni.

In ogni caso, il fatto che la temperatura del pianeta in passato sia stata anche più alta di oggi non dovrebbe essere così importante. A chi deve decidere sulle azioni da intraprendere per evitare futuri aumenti di temperatura, ben più pericolosi degli attuali, e plausibili sulla base delle conoscenze del funzionamento del sistema climatico, non dovrebbe importare molto sapere se gli incrementi già avvenuti sono un pri-

mato assoluto, se già sono state superate le temperature massime registrate in passato sul pianeta. Le cause del riscaldamento odierno potrebbero essere diverse da quelle del passato remoto.

Anche se ci fossero stati in passato periodi più caldi, cosa c'entra questo con il clima futuro? Nel passato più remoto ci sono stati periodi con temperature del pianeta maggiori di quelle odierne; non nel periodo medioevale, spesso citato, come si vedrà in seguito, ma sicuramente nell'ultimo periodo interglaciale (120.000 anni fa), nel Pliocene (3 milioni di anni fa), nell'Eocene (55 milioni di anni fa). Sul pianeta non c'erano tuttavia 7 miliardi di esseri umani.

La preoccupazione per gli attuali cambiamenti climatici non si basano sul fatto che le temperature odierne siano senza precedenti. Sono fondate su una spiegazione fisica dei fattori che determinano i cambiamenti climatici, su osservazioni dei diversi fenomeni che influiscono sul clima, su modelli matematici che cercano di determinare quale migliore combinazione dei diversi fattori meglio spieghi le osservazioni. L'incremento di temperatura registrato negli ultimi decenni non può essere spiegato senza considerare l'effetto dei gas serra emessi in atmosfera dalle attività umane.

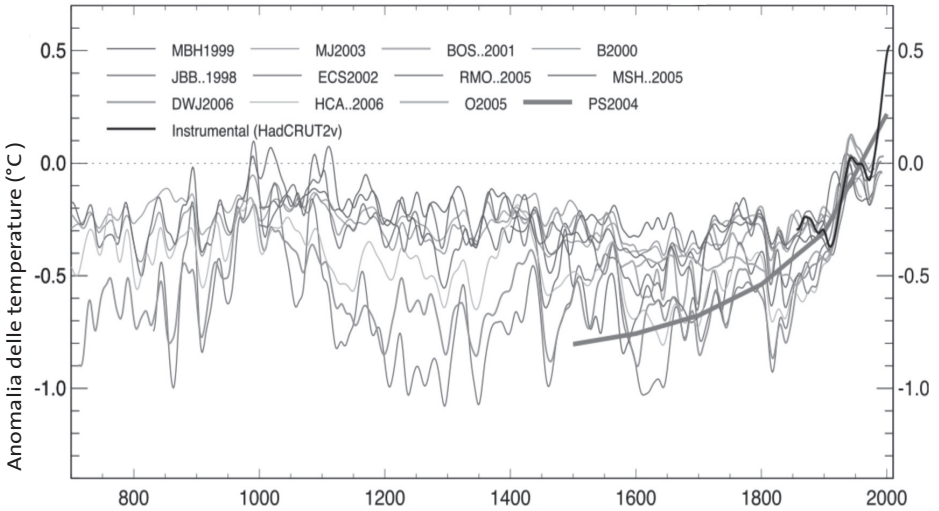
In un sistema con grandi inerzie come quello del clima terrestre, potrebbe non essere conveniente aspettare a intervenire fino a quando sul pianeta fossero registrati, con evidenza ancora maggiore dell'attuale, primati nelle temperature globali.

Un fatto che viene dimenticato è che se i dati del passato testimoniassero una maggiore variabilità naturale delle temperature, questo starebbe a indicare una maggiore sensibilità climatica, ossia una maggiore risposta del sistema climatico agli stimoli.<sup>17</sup> Se in passato le temperature avessero reagito maggiormente a perturbazioni naturali, ciò implicherebbe che le variazioni future, causate dall'aggiunta delle perturbazioni antropiche, potrebbero essere ancora maggiori di quanto oggi stimato. Tutta la fatica del pensiero negazionista per cercare di dare enfasi alle passate variazioni del clima è dunque fatica sprecata, controproducente se si vogliono diminuire le preoccupazioni per il futuro.

Quello che preoccupa non è solo l'aumento di temperatura, ma la rapidità della sua variazione. La temperatura media del pianeta è sempre cambiata, ci sono state glaciazioni, periodi interglaciali, secoli più caldi e secoli più freddi. Ma quanto rapidamente è cambiata la temperatura del passato rispetto alle variazioni avvenute nel XX secolo? Il grafico proposto nel Quarto Rapporto IPCC-WG1 (figura 12), frutto di una dozzina di ricostruzioni delle temperature da parte di diversi centri di ricerca, è efficace: la pendenza della linea nera che mostra l'aumento delle temperature medie nell'emisfero nord negli ultimi decenni non ha bisogno di commenti.

Ma queste ricostruzioni non bastano. Come già detto, i negazionisti dei cambiamenti climatici hanno molte più certezze di chi studia seriamente il clima passato: una di queste è che il clima è sempre cambiato, e che *“una volta faceva più caldo”*. Per esserne certi è meglio affidarsi al sentito dire, evitare di controllare le fonti, e mostrare molta sicurezza. Così nascono le leggende metropolitane sul clima del passato, alcune di queste davvero divertenti.

**FIGURA 12. RICOSTRUZIONI DELLE TEMPERATURE NELL'EMISFERO NORD NEGLI ULTIMI 1.300 ANNI**



Anomalie rispetto alla media del periodo 1961-1990. Le temperature sono ricostruite sulla base di diverse serie di proxy climatiche. La linea nera indica le misure strumentali negli ultimi 150 anni. Fonte: Jansen et al., 2007, figura 6.10-b

## LE ALPI AI TROPICI

Secondo i paleontologi che hanno studiato la civiltà camuna, giunta al suo massimo sviluppo attorno al 3000 a. C., in quell'epoca il clima della Val Camonica era subtropicale umido. In una valle laterale della Val d'Aosta esistono i ruderi di un mulino, risalente almeno al 2000 a.C. alla quota di oltre 2000 metri sul livello del mare dove oggi, al massimo, si scia. I ritrovamenti di resti di animali e piante testimoniano che circa 5.000 anni fa in Italia vivevano elefanti, gazzelle, antilopi e una vegetazione che oggi esiste nella zona subtropicale in prossimità delle savane (Cascioli e Gaspari, 2004; Gaspari, 2005).

La definizione di clima subtropicale umido non è semplice. È il clima tipico delle coste poste tra i tropici e i 40° di latitudine. Prevede una stagione calda e secca (+24°/+29°) e una piovosa e mite (18°/22°), con rare giornate di freddo e rarissime gelate. Sembra poco probabile per un territorio non costiero, con temperature medie annuali oggi inferiori di una decina di gradi. Le referenze per le affermazioni sulle ondate di popolamento delle Alpi sono due articoli pubblicati sul *Corriere della Sera* nel 2003, due piccoli box nelle pagine del *Corriere Scienza*, magari scritti nei ritagli di tempo da qualche redattore che doveva frettolosamente riempire la pagina.

## LA CANOTTIERA DELL'UOMO DI SIMILAUN

Il cosiddetto “uomo di Similaun” (5500 a.C. circa) ritrovato da escursionisti in un ghiacciaio in fase di retrogradazione, era, in base all'abbigliamento leggero, un personaggio di rango appartenuto a una popolazione di cacciatori e pastori che viveva a quote comprese fra 2.000-3.000 metri di altitudine (Cascioli e Gaspari, 2004).

La tesi dell'abbigliamento leggero dell'uomo di Similaun, il cacciatore preistorico ritrovato nel 1991 sull'omonimo ghiacciaio delle Alpi Venoste (3.200 m s.l.m.), è veramente singolare. A quanto si è potuto appurare, costituisce il vero punto di originalità e merito del libro in cui è stata pubblicata, libro per il resto ottenuto scopiazzando e assemblando in modo un po' confuso il materiale e il sentito dire da alte parti (pag. 192).

Nessun altro testo si era spinto a citare *“l'abbigliamento leggero”* dell'uomo di Similaun come una delle prove delle alte temperature sulle Alpi di migliaia di anni fa, che permettevano a grandi popolazioni di cacciatori e pastori di vivere a quote fra i 2.000 e i 3.000 metri. Forse perché basta andare al Museo Archeologico dell'Alto Adige di Bolzano, in cui sono custoditi i resti ben conservati dell'uomo preistorico, per leggere le spiegazioni sull'abbigliamento, tutt'altro che leggero.

Ma al di là dell'infondatezza dell'argomento, nel senso che è frutto di un errore, di un involontario malinteso o di una volontaria falsificazione, l'argomento è in sé poco sensato. Perché sui ghiacciai ci si può anche andare d'estate, in una bella e calda giornata, e si potrebbe morire quindi in un agguato con un abbigliamento leggero per via di una particolare giornata calda. Senza che da questo i posterì possano trarre delle conclusioni sul clima dell'intera preistoria. Ma quello che clamorosamente e incredibilmente viene trascurato è che il corpo del cacciatore di Similaun morto migliaia di anni fa si è conservato grazie al ghiaccio, quindi così caldo allora non era. E se è stato ritrovato, è tornato alla luce perché il ghiaccio che lo aveva sepolto per millenni si è ritirato. Gli autori si inventano la bufala dell'abbigliamento leggero, bufala ripresa e rimessa in circolazione da altri (ad es. Bianco, 2005) senza preoccuparsi minimamente di riflettere sul perché del ritrovamento. Avrebbero potuto incappare nei dati della diminuzione dei ghiacciai delle Alpi, nel legame con l'attuale riscaldamento del pianeta.

## LA SCAMPAGNATA DI ANNIBALE

Le ipotesi di scenari catastrofici per un presunto riscaldamento del pianeta non reggono la prova della storia. È infatti abbastanza noto come la Terra abbia avuto periodi climatici molto più caldi di quello odierno, senza subire stravolgimenti catastrofici e periodi in cui le attività umane erano irrilevanti. Nel 218 a.C. Annibale attraversò le Alpi con gli elefanti e con un esercito abituato alle temperature africane, per invadere l'Italia. È certo che non c'era neve sulle Alpi (Cascioli e Gaspari, 2004)

È bello questo racconto, e solitamente fa presa: chi non si ricorda un poco il sussidiario delle elementari, in cui si parlava di Annibale e dei suoi elefanti?

Gli autori non si sono molto documentati, e forse si sono accorti di averla sparata un po' troppo grossa: la certezza granitica del *“è certo che non c'era neve sulle Alpi”*, solo l'anno dopo diventa per uno dei due autori *“se c'era la neve sulle Alpi era sicuramente poca”* (Gaspari, 2005).

In realtà, basta prendere il testo del racconto originale, scritto da Tito Livio un secolo e mezzo dopo lo svolgimento dei fatti (Tito Livio, I sec a.C.), utilizzato anche nei licei per le traduzioni dal latino, per farsi venire qualche dubbio che un po' di neve e ghiaccio sulle Alpi forse c'era anche ai tempi di Annibale:

I soldati già stanchi e scoraggiati per tante difficoltà furono anche sorpresi da grande spavento a causa della caduta della neve, mentre la costellazione delle Pleiadi tramontava nel cielo...

Quel passo fu veramente impraticabile: infatti, essendo caduta sulla neve precedente non calpestata un modesto strato di neve recente, i piedi di coloro che camminavano appoggiavano facilmente su quello strato molle e non alto.

I soldati dovevano proceder su un suolo di ghiaccio ricoperto dalla molle fanghiglia della neve liquefatta. Lo sforzo era insopportabile e aspro, la superficie sdruciolevole del ghiaccio non offriva alcun punto d'appoggio al piede; se poi vi era pendio, con più facilità il ghiaccio faceva scivolare in modo che coloro che marciavano ruzzolavano un'altra volta...

Intorno non v'erano radici e cespugli ai quali uno potesse attaccarsi coi piedi o con le mani; così i soldati rotolavano soltanto sul ghiaccio liscio e sulla neve disciolta. Gli animali riuscivano talvolta a intaccare anche lo strato più basso di neve e caduti che erano, puntando troppo forte gli zoccoli sul ghiaccio per rialzarsi, lo spezzavano di più, in modo che la maggior parte di essi rimaneva impigliata nella massa compatta e profonda del ghiaccio come in un laccio. Alla fine, essendo vana la fatica degli animali e degli uomini, i Cartaginesi posero gli accampamenti sulla cima del monte, dopo aver con gran stento a questo fine sgomberato il luogo; molto grande fu la quantità di neve che si dovette scavare e portare via.

## I VIGNETI DELL'INGHILTERRA

Nel primo secolo dopo Cristo in Britannia la temperatura era abbastanza alta da consentire ai Romani di coltivare uva da vino, e quei vigneti erano ancora presenti nell'undicesimo secolo, quando i Normanni conquistarono il paese. Oggi simili coltivazioni sarebbero impossibili (Carioti, 2007).

Citato spesso da molti negazionisti a supporto delle maggiori temperature nel periodo detto dell'"optimum medioevale", questo dei vigneti dell'Inghilterra è un argomento controverso. Diversi storici del clima imputano a ragioni climatiche la presenza di vigneti nell'Inghilterra meridionale e centrale "fino a 300-500 km a nord del loro limite odierno" (Fagan, 2000). Altri sono meno certi dell'influenza del clima sull'estensione dei vigneti inglesi. Secondo un importante storico del clima, Hubert Lamb, autore di *Climate, History and the Modern World*, dalla presenza della viticoltura in Inghilterra si può dedurre il fatto che le temperature estive dovevano essere più alte di un paio di gradi. La sua ricostruzione delle temperature sarà alla base del grafico sull'andamento delle temperature nel secondo millennio riportato dal Primo Rapporto IPCC, nel 1995, e porterà altri autori a ritenere che "effettivamente il clima inglese deve essere eccezionalmente mite se l'uva giunge a maturazione e si produce il vino ben cinquecento chilometri più a nord del limite attuale, cosa impossibile anche in epoca romana" (Navarra e Pinchera, 2000).

Il primo punto che andrebbe chiarito è se ci sia un legame diretto fra la presenza di vigneti e il clima. Pur se il clima ha un impatto sulla viticoltura (tramite la quantità di sole, pioggia, numero di giorni freddi in primavera e in inverno), ci sono anche molti fattori che



possono confondere e rendere meno certo il legame, come la diversa convenienza economica delle pratiche agricole, delle varietà dei tipi di vino; o la disponibilità, tramite il commercio, di altri vini, magari più buoni, ad esempio i vini francesi della zona di Bordeaux. Oppure fattori socio-culturali, quali la diversa richiesta di vino per pratiche religiose dai monasteri; o il maggiore successo di altre bevande, ad esempio la birra.

Pascal Acot (Acot, 2004) chiama “*determinismo climatico*” la tendenza di molti storici a considerare il clima come unico fattore che determina lo sviluppo delle società umane, sottovalutando altri fattori, primo fra tutti la capacità di adattamento. Citando anche il lavoro dello storico Emanuel Le Roy Ladurie, Acot ritiene che sia sbagliato imputare al clima il netto declino della viticoltura a nord di Parigi nel XV secolo, quando la vera ragione risiede nel fatto che non era più redditizia: dopo il 1348 il prezzo della manodopera crebbe poiché i lavoratori furono decimati dalla peste. Neanche l’aumento dei vigneti che si verifica verso il 1560 nella stessa regione, periodo che dovrebbe corrispondere all’inizio della piccola era glaciale, sembra imputabile al clima, ma ai salari molto più bassi che resero conveniente il ritorno alla viticoltura.

Passando dalla storia romanzata del clima alla sua storia scientifica, Le Roy Ladurie propone un altro esempio in contrasto con l’ovvietà: il limite meridionale della coltura dell’ulivo risale verso nord per tutta la durata della piccola era glaciale, e in particolare nei decenni particolarmente freddi tra il 1550 e il 1600, in quanto gli agricoltori dovevano soddisfare le richieste del mercato. Viceversa, il limite settentrionale della coltivazione dell’ulivo riscenderà verso sud solo nel XX secolo, in pieno periodo di riscaldamento, a causa della concorrenza insostenibile degli oli d’oliva italiani, spagnoli e tunisini (Le Roy Ladurie, 1982).

*Tempo di festa, tempo di carestia. Storia del clima dall’anno Mille* di Le Roy Ladurie è un’opera basilare per gli storici del clima. Per sessanta pagine lo storico racconta un’indagine decennale negli archivi per cercare di ricostruire il clima a partire dalle date delle vendemmie, dalla fioritura dei ciliegi, dalla velocità della crescita degli alberi, con precisione e senza presunzione, anzi con ironia verso quanti pretendono di voler spiegare tutte le vicende umane sulla base di fattori climatici. È quindi di qualche valore la sua affermazione “*i cambiamenti di clima non hanno avuto parte nelle diverse linee di attestamento degli ulivi. E ritengo di poter affermare che lo stesso vale per il limite settentrionale della vite durante il periodo storico*”.<sup>18</sup>

Ma anche supponendo che la presenza di vigneti sia indice del clima, cosa si può dire dalla storia dei vigneti inglesi? Secondo l’analisi fatta da Gavin Schmidt su RealClimate (2006d), nei documenti storici si trovano tracce di una cinquantina di vigneti a partire dal 1087, per lo più nel sud dell’Inghilterra. La produzione declinò dopo il XIII secolo, ebbe una breve ripresa nel XVII e XVIII secolo, ma nel XIX secolo ci sono tracce solo di una decina di vigneti. La produzione di vino in Inghilterra e Galles è rinata dopo il 1950. Nel 1977 si contavano 124 vigneti di dimensioni ragionevoli. Oggi sono circa 400, un numero che non ha paragoni nei precedenti millenni, per un’estensione che va dalla Cornovaglia al Lancashire allo Yorkshire. Un’estensione di vigneti che quasi certamente supera quella dei vigneti medioevali. C’è anche un sito web “The English Wine Website” (EWW, 2007), in cui si trova molto di quanto è necessario sapere sui vini inglesi, la lista dei vigneti o dei posti dove è possibile fare acquisti. C’è chi dice che il vino inglese non sia un granché, e che non lo sia mai stato, come raccontano le battute dei giornali satirici del secolo scorso,

secondo i quali per bere il vino inglese bisogna essere in quattro: il primo è chi beve, due devono tenerlo fermo e il quarto deve versargli nella gola il vino.

I vigneti, come detto, non sono un indice preciso del clima, a causa dei tanti fattori che possono confondere questo legame. Ma se lo fossero non si potrebbe dire che le temperature del Medioevo in Inghilterra fossero più alte di oggi. Sarebbe più probabile il contrario.

## IL TAMIGI GHIACCIATO

L'evidenza storica è inconfutabile: vi sono dipinti del 1600 raffiguranti il Tamigi, ghiacciato, usato da pattinatori e attraversato da carri (Battaglia, 2007e).

Per sminuire l'importanza dell'attuale riscaldamento globale un modo è sostenere che "il clima è sempre cambiato". Se in passato ha fatto molto più freddo e molto più caldo, le variazioni di oggi non sarebbero importanti. Come esempio di un passato in cui faceva molto più freddo di oggi si cita il fatto che il Tamigi ghiacciava spesso.

È vero. Il Tamigi spesso ghiacciava in passato, e non ghiaccia più dall'inverno 1813-1814. Le temperature odierne sono maggiori, ma ci sono stati casi di inverni molto freddi. Ad esempio quello del 1963, il più freddo del XX secolo, in cui gelò il lago di Costanza, per la prima volta dopo il 1740 (Fagan, 2000).

Ci sono quindi anche altre spiegazioni per la mancanza del ghiaccio sul Tamigi. La prima è che il London Bridge è stato ricostruito nel 1831. Il ponte progettato da John Rennie ha campate più larghe e non ha più la chiusa per contenere le maree, che quindi risalgono più a monte (Jones e Mann, 2004). Le campate non sono state allargate per caso. Il Tamigi ghiacciato significava il blocco del porto, e questo portava molti disagi: il carbone non arrivava, i portuali non erano pagati quando non lavoravano, si fermava l'attività commerciale. La seconda ragione sono i maggiori scarichi nel Tamigi di acque civili e industriali, in grado di aumentare d'inverno la temperatura del fiume.

## GHIACCIO IN LAGUNA

La piccola "era glaciale" che seguì andò avanti fino al 1850. Al suo culmine (1700-1750) si poteva pattinare sulle superfici ghiacciate dei grandi fiumi europei e perfino in alcuni tratti della laguna di Venezia. L'andamento attuale si configura pertanto come un fenomeno atteso sulla base della "ciclicità" del clima terrestre (Ricci, 2003).

Anche la laguna di Venezia ghiacciata è un argomento utilizzato per mostrare quanto fredda è stata la piccola era glaciale. Diversi dipinti mostrano persone a piedi e barche incastrate nel ghiaccio nell'inverno 1788-89 e ci sono testimonianze scritte dei disagi per le gelate, che impedivano la navigabilità dei canali e interrompevano gli approvvigionamenti:

Viddesi a un tratto congelate le circonvicine lagune, indi li rivi interni, e il Canal Grande per modo che, tolto ogni transito di barche, impedito le esterne comunicazioni, minorate le interne trovassi con strana fatal metamorfosi, questa florida dominante... minacciata dall'orrore della più squallida indigenza (IA, 2007).

Le gelate della laguna veneta si sono verificate anche dopo la fine del periodo generalmente attribuito alla piccola era glaciale. Alcune fotografie e i racconti dei veneziani più anziani testimoniano il ghiaccio in laguna alla fine degli anni '20.<sup>19</sup> In seguito si ricordano le gelate nel 1956 e nel 1985 (Camuffo, 1987); l'ultimo episodio è del 7 febbraio 1991, documentato anche negli archivi RAI, con un ghiaccio spesso non a sufficienza per permettere camminate e pattinate in laguna.

Come detto in precedenza per i vigneti e gli ulivi, la ricostruzione del clima del passato deve considerare i cambiamenti dovuti a fattori antropici; questo vale in particolare per la laguna di Venezia, dove sono state attuate opere idrauliche significative che hanno alterato progressivamente un ambiente "limite": dal 1300 in poi i veneziani sono intervenuti in modi che ritenevano "conservativi" ma spesso sono stati drastici, ad esempio eliminando dal bacino lagunare tutti i fiumi che vi si immettevano.

Se negli ultimi decenni del Novecento il ghiaccio in laguna è meno frequente non è solo perché il clima è più caldo. Tra il 1910 e il 1933 è stata costruita la prima parte di Porto Marghera e negli anni '60 il "Canale dei Petroli", che permette un collegamento diretto fra il mare Adriatico e il polo portuale di Mestre, attraverso la bocca di Malamocco. Il Canale, scavato per permettere l'accesso al porto delle petroliere, ha cambiato l'assetto idrologico della laguna, permettendo un maggiore ricambio dell'acqua, favorendo però fenomeni di acqua alta, in particolare per la parte sud della laguna (Enzi, 2008).

## IL PERIODO CALDO MEDIOEVALE E LA PICCOLA ERA GLACIALE

Come annota il paleoclimatologo David Deming, c'è stata una sorta di passaparola finalizzata a far dimenticare il periodo caldo medioevale (Lindzen, 2007c).

"Periodo caldo medioevale" e "piccola era glaciale" sono due termini scientifici entrati da decenni nell'uso comune. Il primo fu introdotto dallo storico del clima Hubert Lamb nel 1965; il secondo da uno specialista di ghiacciai, François Matthes, nel 1939. Con i loro sinonimi "estate medioevale", "optimum medioevale" oppure "piccola glaciazione", sono termini usati in modo sistematico nelle tesi negazioniste. Diverse sono però le datazioni per questi periodi, e anche le stime degli aumenti e delle diminuzioni di temperatura sono variabili. Secondo alcuni (Battaglia, 2007f) il periodo caldo medioevale consiste in *"tre-quattrocento anni dopo il 900 con temperature di 2-3 gradi superiori a quelle attuali"*; lo stesso autore situa successivamente il periodo caldo medioevale tra il 1100 e il 1300, *"con due secoli in cui le temperature furono maggiori di quelle odierne"* (Battaglia 2007f). Secondo altri il periodo caldo è stato dal IX al XIV secolo, con un riscaldamento di 1 °C rispetto al periodo precedente (Ricci, 2003), oppure dal 1100 al 1270 (Mazzarella et al., 2007). Il raffreddamento secondo alcuni sarebbe iniziato *"nel quattordicesimo secolo"* (Giordano, 2007a), sarebbe durato *"500 anni (tra il 1270 e il 1715)"* (Gerelli, 2002b), secondo altri si sarebbe verificato nel periodo 1600-1800, *"con una temperatura più bassa di 2-3° rispetto all'attuale"* (Ricci, 2003), oppure *"tra il 1400 e il 1700"* (Battaglia, 2007d) oppure *"andò avanti fino al 1850, con temperature di 2,5-3 gradi più basse di quelle attuali"* (Carioti, 2007).

Al di là delle solite esagerazioni, le incertezze dei negazionisti sono motivate: anche gli storici del clima e i paleoclimatologi sono lontani da trovare un accordo sulla datazione

dell'inizio e della fine dei due periodi e sulla rilevanza dei fenomeni climatici che sono a essi direttamente associati.

È ancora oggetto di disputa in che misura sono state variazioni di temperatura continue o discontinue, a carattere regionale o globale. Ma il mutamento climatico in questi periodi non è variato solo da un anno all'altro, ma da un luogo all'altro. I decenni più freddi nell'Europa settentrionale non coincisero necessariamente con quelli di altre zone, ad esempio la Russia o il nord-ovest dell'America.

Inizialmente Lamb ha definito un periodo caldo intorno al 1000-1200 d.C. Successivamente ha proposto per la Russia europea e la Groenlandia il periodo 950-1200 e per l'Europa il 1150-1300, indicando temperature nelle città europee di 1-2 °C superiori a quelle dei primi anni del XX secolo (Jansen et al., 2007). Secondo lo storico del clima Brian Fagan (2000) le odierne temperature estive nell'emisfero settentrionale sono pari a quelle del periodo caldo medioevale. Altri autori hanno contestato le ricostruzioni di Lamb, concludendo che non è possibile dire nient'altro che *“in qualche parte del Globo, in qualche periodo dell'anno, potrebbero aver prevalso condizioni relativamente calde”*.

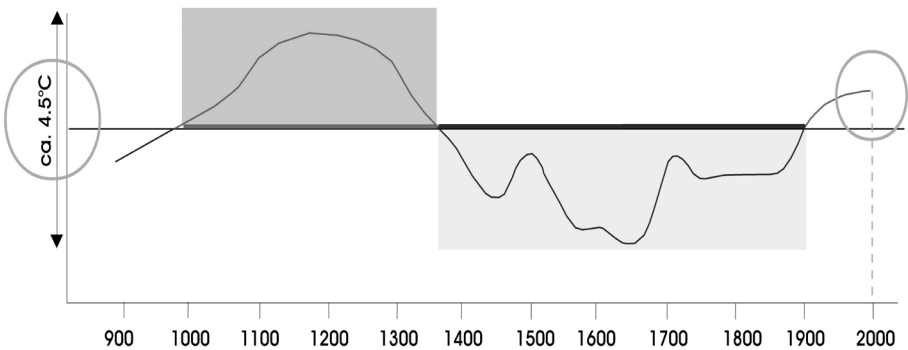
La piccola era glaciale è un periodo di relativo raffreddamento dell'emisfero nord, circa dal 1300 al 1850. Secondo altri autori il periodo va ristretto al 1400-1800, secondo altri dal 1700 al 1850. Anche questo periodo freddo non fu costante e globale. Secondo Fagan (2000) *“non ci fu mai un gelo glaciale monolitico, un'altalena climatica che oscillava costantemente avanti e indietro, in passaggi rapidi e a volte disastrosi. C'erano periodi artici, estati torride, pesanti siccità, anni di piogge torrenziali, spesso raccolti abbondanti e lunghi periodi di inverni miti ed estati calde”*.

L'analisi effettuata nel capitolo sul *“Paleoclima”* del Quarto Rapporto IPCC-WG1 (Jansen et al., 2007) conclude che il periodo caldo medioevale e la piccola era glaciale sono stati rispettivamente più caldi e più freddi dei periodi che li hanno immediatamente preceduti e seguiti. Ma sono stati fenomeni locali, globalmente di scarsa rilevanza, non hanno riguardato nello stesso periodo tutto il pianeta, come si capisce guardando le ricostruzioni delle temperature degli altri continenti. E, soprattutto, non sono paragonabili all'attuale aumento di temperatura su tutto il pianeta. Come mostrato in figura 12, le variazioni fino al 1900 sono state molto limitate, di qualche decimo di grado. Le temperature medie dell'emisfero nord nel periodo 950-1100 sono probabilmente state inferiori di 0,1-0,2 °C a quelle medie del periodo 1961-1990, ma significativamente inferiori a quelle successive al 1980.

Non ci sono quindi le differenze di 2-3 °C fra le temperature medioevali e le odierne proposte nelle tesi negazioniste. I riferimenti per queste consistenti variazioni di temperature sono alcuni grafici che mostrano andamenti delle temperature degli ultimi 1.000 anni in cui si notano temperature del periodo medioevale nettamente più elevate di quelle odierne. A volte a questi grafici manca la scala, le cifre sull'asse delle ordinate, e non è quindi possibile valutare a quanto ammonta la variazione delle temperature. Spesso non sono presenti riferimenti bibliografici, non è possibile un'attribuzione precisa della fonte dei grafici stessi.<sup>20</sup> La fonte principale di questi grafici è il lavoro del tedesco Ernst-Georg Beck (Beck, 2007c), mostrato in figura 13, che propone una differenza di circa 4,5 °C fra le temperature massime del periodo caldo medioevale e il minimo della piccola era glaciale. Il grafico è stato ricavato manipolando un grafico del primo rapporto IPCC, del 1990 (figura 14). Come si nota, rispetto al grafico IPCC è stata cambiata la scala ed è stata effettuata un'aggiunta sugli ultimi 20 anni, che il grafico non considerava come si può desumere dalla minore ampiezza dell'ultimo in-

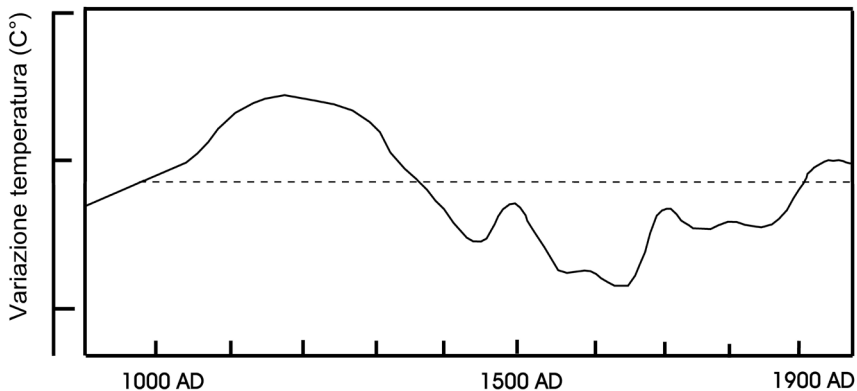
tervallo dell'asse orizzontale della figura 14. Questo grafico, del 1990, oggi è del tutto superato, in quanto si basava su una ricostruzione certo non rigorosa dal punto di vista statistico dello storico del clima Hubert Lamb; ogni intervallo fra due tacche sull'asse delle ordinate rappresentava un grado centigrado (RealClimate, 2007e). La scala è stata esagerata, di circa tre volte, senza spiegazioni. L'aggiunta degli ultimi due decenni è parimenti ingiustificata, in quanto i dati strumentali mostrano andamenti delle temperature del tutto diversi.

**FIGURA 13. VARIAZIONE DELLE TEMPERATURE NELL'EMISFERO NORD NEGLI ULTIMI 1.000 ANNI SECONDO LA RICOSTRUZIONE DI E.G. BECK**



Fonte: Beck, 2007c

**FIGURA 14. RICOSTRUZIONE DELLE TEMPERATURE NELL'EMISFERO NORD NEGLI ULTIMI 1.000 ANNI NEL PRIMO RAPPORTO DELL'IPCC DEL 1990**



Fonte: IPCC, 1990

## GROENLANDIA, EX TERRA VERDE

Verso il Mille i Vichinghi colonizzarono un'isola fertilissima che chiamarono "terra verde", la Groenlandia, e navigarono a ovest verso Vinland, "terra del vino", il Labrador. Oggi le due terre sono bianche, non verdi (Togni, 2007).

L'estensione dei ghiacci della Groenlandia è uno standard nelle dissertazioni negazioniste. Groenlandia, Grönland, ossia "terra verde", è il nome dato dal vichingo Erik il Rosso all'isola più grande del mondo, oggi coperta dai ghiacci per l'84% della sua superficie. Secondo quanto raccontato nelle saghe vichinghe, Erik arriva in Groenlandia nel 982 d.C. Era scappato dalla sua terra, il sud-ovest della Norvegia, a causa di alcuni omicidi. Arrivato dapprima in Islanda, anche qui era stato coinvolto in fatti di sangue. Ritiratosi in una fattoria battuta dal vento, dopo altri guai aveva ricevuto il corrispondente dell'attuale "foglio di via": la messa al bando per tre anni. Se ne va, si avventura in acque ignote verso ovest, e raggiunge il sud-ovest della Groenlandia.<sup>21</sup>

La Groenlandia di Erik il Rosso è una terra con estati brevi e inverni lunghi e difficili. Ma per i Normanni abituati agli eccessi climatici, la quantità di pesce, di pascoli, di mammiferi marini e uccelli commestibili ne facevano una zona migliore rispetto a quella da cui provenivano (Fagan, 2000).

Per aumentare le probabilità di sopravvivenza di una comunità in una terra comunque inospitale, in cui la vita, la sopravvivenza, è durissima per molti mesi all'anno, Erik ha bisogno di ingrandire l'insediamento. Deve convincere altri a seguirlo in questa terra, e ci riesce. Allo scadere del bando torna a casa con racconti entusiastici di una terra così fertile che chiama "Terra Verde", perché *"la gente sarebbe stata molto più invogliata ad andarci se aveva un nome attraente"*. Risultato: venticinque navi di potenziali coloni prendono il mare con lui e quattordici raggiungono quella che venne chiamata la Colonia orientale (Acot, 2004).

Il nome "Terra Verde" non è una prova schiacciante di un clima molto più caldo dell'attuale nella Groenlandia dell'anno Mille. Indubbiamente era una terra più calda e ospitale dell'Islanda e di quanto sarà nei secoli successivi. Ma in una certa misura "Terra Verde" è anche la trovata pubblicitaria di chi è costretto a scappare dall'Islanda e vuole convincere altri a seguirlo.

Nel nome dato a un luogo non c'è solo il futuro, atteso, ma anche il proprio passato, il proprio punto di vista. Un indios dell'Amazzonia difficilmente chiamerebbe Terra Verde un'isola quasi interamente nel circolo polare artico e ricoperta per l'80% dal ghiaccio (d'estate). Per un islandese potrebbe essere diverso.

Nella toponomastica mondiale i nomi che riflettono un'aspirazione, un'esagerazione, più che la realtà dei luoghi, non sono un'eccezione. Sfogliando un atlante non mancano esempi di terre, città e vallate verdi, rosse, blu, arancio. Ma anche d'oro e d'argento. Generalmente i nomi non sono presi troppo alla lettera. Pochi avranno cercato l'oro fra gli aranceti della Conca d'Oro intorno a Palermo. Gli alberi e le rocce di Monterosso e della vicina frazione Albero d'Oro non sono così diversi da quelli di altre parti, e nessuno se ne stupisce.

Nel nome della Groenlandia, così come nelle tante saghe vichinghe che raccontano di pascoli, di un clima gradevole in cui c'è anche la raccolta delle mele, non abbiamo la prova che le temperature medie del pianeta fossero allora molto più calde di quelle di oggi. Abbiamo, questo sì, degli indizi che il clima della Terra non è sempre stato dappertutto lo stesso e in quella zona le temperature sono state più calde in quel periodo che nei periodi

immediatamente precedenti e successivi. Questo è confermato anche da altri ritrovamenti archeologici, che hanno indicato insediamenti in aree oggi irraggiungibili perché bloccate dai ghiacci, anche più a nord della costa occidentale della Groenlandia in cui si stabilì Erik il Rosso. Ma molte delle rovine degli insediamenti vichinghi in Groenlandia sono nelle aree verdi sulla costa sudoccidentale, in mezzo a prati anche oggi rigogliosi: *“in quel punto due fiordi lunghi e stretti si inoltrano così profondamente nell'entroterra che la loro parte più interna non risente del freddo delle correnti oceaniche, degli iceberg, degli spruzzi d'acqua salata e del vento, tutti fattori che impediscono la crescita della vegetazione lungo quasi tutta la costa”* (Diamond, 2005).

Ammesso, e non concesso, che questo sia un fatto importante per chi deve oggi decidere le politiche sul clima, sarebbe utile sapere di quanto era più caldo il clima dell'anno 1000 in Groenlandia, se si trattava di un riscaldamento locale, regionale, se era esteso a tutta la zona artica o all'emisfero settentrionale. I dati ci sono, e mostrano con sempre minori margini di incertezza che le attuali temperature medie dell'emisfero nord sono superiori a quelle degli scorsi millenni, e che il riscaldamento degli ultimi decenni è del tutto anomalo.

Meno facile è definire con dettaglio l'andamento storico delle temperature della Groenlandia e della sua costa occidentale. Una costa del resto ancora oggi verde e relativamente accogliente durante la breve stagione estiva artica (Acot, 2004). Dallo spessore dei ghiacciai non è difficile determinare la loro età: i ghiacciai ci sono da centinaia di migliaia di anni, sicuramente la Groenlandia non era interamente una terra verde ai tempi di Erik il Rosso. Il mito della Groenlandia terra rigogliosa e verde ha avuto un fiammata nel luglio 2007. Complice la pubblicazione sulla rivista *Science* di uno studio firmato da una ventina di studiosi, fra cui anche alcuni ricercatori italiani, appartenenti a diversi centri di ricerca, che hanno analizzato il DNA di materiale fossile trovato nelle profondità del ghiaccio della Groenlandia (Willerslev et al., 2007). Probabilmente il DNA più antico del mondo, risalente fino a un milione di anni or sono, che ha permesso di identificare le varietà di piante e invertebrati allora viventi: ontani, abeti rossi, pini, tassi, betulle, pioppi, coleotteri, mosche, ragni e farfalle.

Il lavoro ha ampliato le conoscenze già esistenti. Non è stata una scoperta rivoluzionaria, ma un utile e importante approfondimento. Dai lanci di agenzia che hanno annunciato questo lavoro sono seguiti divertenti collegamenti con i giorni nostri o con quelli di Erik il Rosso.

Secondo i ricercatori questa fase verde si colloca con buone probabilità fra i 450.000 e gli 800.000 mila anni fa, antecedente quindi l'ultimo periodo interglaciale, fra 130.000 e 116.000 anni fa. Una conferma, quindi, che quella terra scoperta dal vichingo Erik il Rosso, oggi coperta da ghiacci per l'84 per cento della sua superficie, era davvero rigogliosa e ospitale come lui l'aveva descritta, dandole appunto il nome di “terra verde” (Manfredi, 2007).

Il passaggio è tanto rapido quanto ingiustificato. Dalle temperature di 450.000-800.000 anni fa si passa a quelle di 1.000 anni fa. Ci sono circa 449.000-799.000 anni di differenza, con in mezzo diverse glaciazioni. Poco c'entra la Groenlandia di Erik il Rosso. Eppure la notizia porta un meteo-giornale online a titolare:

Com'era VERDE la Groenlandia; ora ci sono le prove! Finalmente un articolo che illumina la mente dei lettori e ci racconta una delle tante verità nascoste (ad arte) sulla storia del clima (MeteoLive, 2007a).

## MAZZE E COMMISSIONI

*Anni fa McIntyre obbligò a eliminare dall'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) del 2001 un grafico che mostrava come dal 1950 la temperatura della Terra fosse schizzata verso l'alto: era stato ottenuto basandosi principalmente sulla crescita degli alberi che appartenevano solo ad alcune aree del pianeta e creava una visione distorta dell'andamento climatico degli ultimi secoli. (Bignami, 2007)*

Se si lasciano da parte i miti sulle temperature del passato, rimangono alcune contestazioni sull'andamento delle temperature nello scorso millennio, argomentate in modo più sofisticato. Una di questa è diventata famosa come la prova provata delle più alte temperature del passato e degli errori nella loro ricostruzione da parte dei climatologi più accreditati. Il geologo Stephen McIntyre e l'economista Ross McKittrick hanno accusato di contenere gravissimi errori uno dei più importanti lavori sulla ricostruzione delle temperature dei secoli passati, il lavoro pubblicato nel 1998 dagli scienziati statunitensi Michael Mann, Raymond Bradley e Malcolm Hughes (Mann et al., 1998). La durissima critica di McIntyre e McKittrick (in seguito: M&M) è partita da alcune pubblicazioni scientifiche (McIntyre e McKittrick, 2003, 2005a, 2005b) e ha avuto una vasta risonanza; è servita anche ad alcuni senatori statunitensi per avviare una sorta di processo a Mann e colleghi. Una storia istruttiva, che sarà raccontata in seguito, dopo aver visto il merito delle contestazioni.

### LA MAZZA DA HOCKEY

Mann, Bradley e Hughes (in seguito MBH) pubblicano nell'aprile 1998 sulla rivista *Nature* un corposo lavoro sulla ricostruzione delle temperature nell'emisfero nord negli ultimi sei secoli. Il lavoro si basa su una complessa analisi statistica di dati "proxy": dati sullo spessore degli anelli degli alberi multisecolari, sui campioni di ghiaccio, di terreno, sui coralli, che da anni la comunità dei ricercatori della paleoclimatologia raccoglie e archivia in serie coerenti di dati. Per gli ultimi 150 anni oltre ai dati delle proxy ci sono le registrazioni strumentali. MBH analizzano tutte le serie di dati di proxy disponibili per l'emisfero nord, elaborate con la tecnica dell'analisi delle componenti principali, uno strumento statistico ampiamente utilizzato in molte discipline per condurre a una riduzione delle dimensioni delle matrici di dati.<sup>22</sup> I risultati mostrano un innalzamento della temperatura



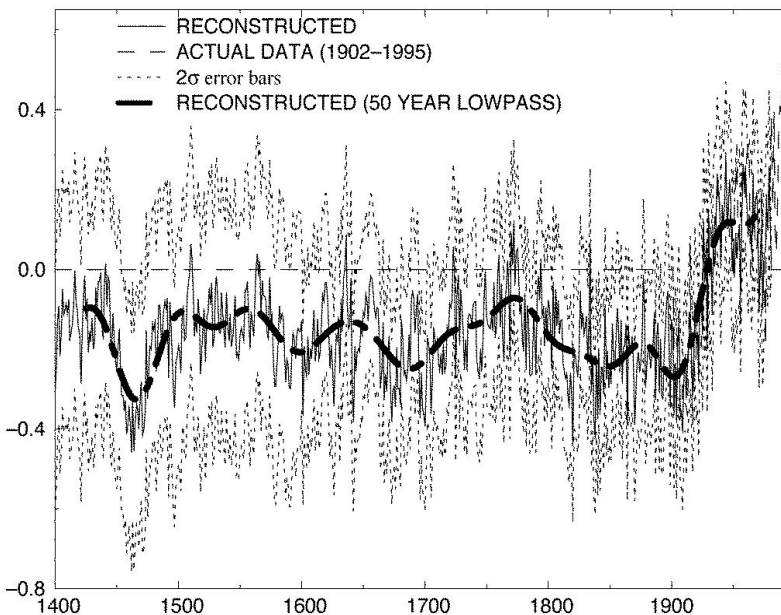
senza precedenti nel XX secolo, con la forzante gas serra fattore dominante di questo aumento. Le temperature registrate negli ultimi anni, a partire dalla seconda metà del Novecento, sono secondo gli autori le più alte mai stimate dal 1400.

L'anno successivo gli stessi autori (Mann et al., 1999) estendono il loro lavoro fino all'anno 1000, sempre utilizzando lo stesso approccio statistico basato su dati multiproxy, riconoscendo però maggiori e notevoli incertezze e approssimazioni presenti nei dati, soprattutto per quanto riguarda il periodo antecedente al 1400.

Un merito del lavoro di Mann, oltre ad aver ricostruito le temperature per un paio di secoli antecedenti quanto fino ad allora disponibile, è nell'aver mostrato le differenze geografiche, all'interno dell'emisfero nord, delle variazioni stesse: mentre oggi il riscaldamento sembra sincronizzato su quasi tutto il pianeta, in passato ci sono state alterazioni regionali più accentuate.

Il grafico dell'andamento delle temperature riportato nel lavoro di MBH (figura 15) mostra un deciso incremento dal 1900 in poi, diventando per questo famoso con il termine di "hockey stick", ossia "mazza da hockey". L'hockey è uno degli sport più praticati negli USA e non stupisce quindi che fra chi si occupa di clima ci sia chi veda nella lunga prima parte sostanzialmente stabile il manico e nella più piccola parte finale di brusca crescita la lama. Il lavoro di MBH è uno degli studi citati nel Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC, pubblicato nel 2001, in cui il grafico compare anche nel Sommario per i decisori politici.

**FIGURA 15. RICOSTRUZIONE DELLE TEMPERATURE MEDIE DELL'EMISFERO NORD: L'HOCKEY STICK**



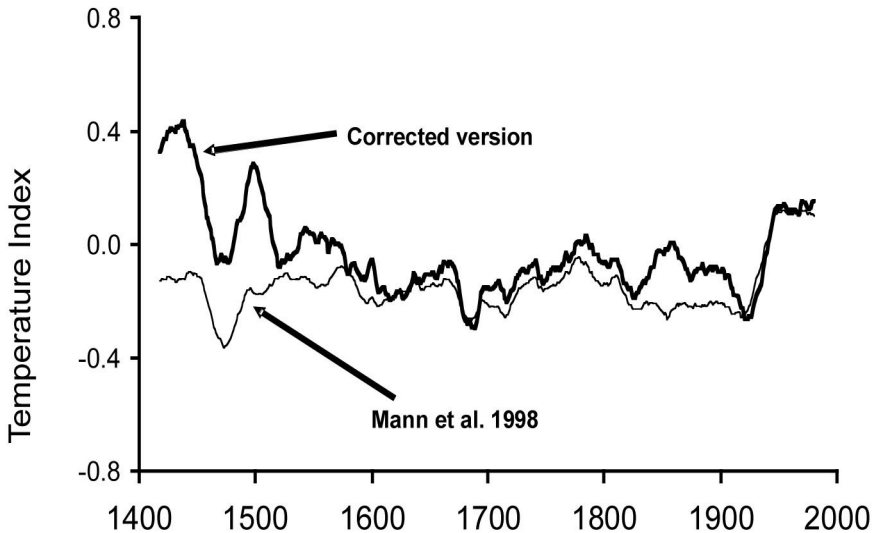
Sull'asse delle ordinate la variazione di temperatura espressa in °C. La linea zero corrisponde alla media di calibrazione sul periodo 1902-1980. Gli intervalli di incertezza, positivi e negativi, sono rappresentati dalla linea punteggiata. Fonte: Mann et al. 1998, fig. 5b.

## L'ACCUSA DI M&M

McIntyre e McKittrick pubblicano nel 2003 sulla rivista *Energy and Environment* la loro prima contestazione al lavoro di MBH. Come visto a pag. 27, si tratta di una rivista di scarso peso nel settore della climatologia, oggi del tutto screditata per aver dato spazio sistematicamente a tutti gli articoli più controversi, senza un efficace sistema di peer review. Dopo il rigetto del loro lavoro da parte della rivista *Nature*, gli autori riescono a pubblicare l'anno successivo anche su *Geophysical Research Letter*, una rivista certo più seria e considerata. La pubblicazione porta alle dimissioni dell'“editor in chief” (il direttore capo) e degli editor di diverse sezioni (Thacker, 2005b).

Secondo M&M, gli errori riscontrati nel lavoro di MBH sono relativi al tipo di dati utilizzati, alla presenza di serie con dati sbagliati, troncati in certi periodi; alla presenza di serie duplicate, a errori di collocazione geografica o mancata attribuzione della fonte, a fonti obsolete per alcune serie, a dati mancanti nel database reso disponibile come materiale di supporto all'articolo pubblicato. Viene anche criticata la metodologia statistica usata per considerare le componenti principali dell'analisi. Se fosse tutto vero, sarebbe una stroncatura in piena regola, che riguarderebbe anche le conclusioni del lavoro di MBH. Replacando la metodologia di MBH, utilizzando gli stessi dati e lo stesso algoritmo, entrambi corretti come secondo loro necessario, M&M ottengono un andamento delle temperature molto diverso dell'hockey stick (figura 16): le temperature del periodo caldo medio-

FIGURA 16. L'HOCKEY STICK SECONDO S. MCINTYRE E R. MCKITTRICK



Confronto fra le ricostruzioni di MBH e di M&M dell'indice delle anomalie delle temperature medie per l'emisfero nord (periodo 1400-1980). MBH: linea sottile. M&M: linea spessa. Temperature medie espresse in °C, filtrate con una media mobile di ampiezza 20 anni. Fonte McIntyre e McKittrick, 2003

evale sono più alte, le temperature del XX secolo non costituiscono un'anomalia rispetto al trend dell'ultimo millennio.

Nell'articolo successivo, del 2005, M&M passano a contestare alla radice l'algoritmo utilizzato da MBH per trattare statisticamente i dati ed effettuare l'analisi statistica. L'accusa è anche che utilizzando una serie di numeri casuali con la stessa autocorrelazione dei dati, l'algoritmo utilizzato da MBH generi nel 99% dei casi il grafico della mazza da hockey. In altre parole, la mazza da hockey non dipenderebbe dai dati, ma solo da come sono stati elaborati.

## LA DIFESA DI MBH

Il dibattito scientifico ha inizio. MBH rispondono nel dettaglio, e non solo sulle riviste scientifiche. Michael Mann risponde anche sul blog RealClimate, di cui è uno dei creatori. MBH accettano pochi e a loro parere poco influenti rilievi sui dati utilizzati nel loro lavoro e contestano severamente la critica ricevuta da M&M. Ribattono punto per punto mostrando che M&M hanno commesso seri errori metodologici e di analisi dei dati utilizzati. Rispondono alla rivista *Nature*, i cui revisori chiedono spiegazioni sui rilievi mossi dall'articolo che M&M hanno inviato. La risposta è precisa e demolisce il lavoro di M&M, il cui articolo viene rigettato da *Nature*. MBH rendono disponibile sul sito internet di *Nature* ulteriori dettagli metodologici, oltre a quelli già presenti negli articoli pubblicati, nonché un set di dati in cui hanno apportato le correzioni ai piccoli errori che riconoscono, sostenendo che il database è praticamente lo stesso e così i risultati ottenuti.

Nella loro replica, MBH sostengono che M&M hanno eliminato più del 70% dei dati disponibili nel periodo antecedente il 1500 (Mann et al., 2004). Questo spiegherebbe il perché M&M hanno ottenuto un diverso andamento di temperature che, rilevano, non ha paragoni con nessuna delle altre ricostruzioni disponibili nella letteratura.

Anche Hans von Storch contesta il lavoro di MBH (Von Storch, 2004), per quanto riguarda gli aspetti metodologici dell'analisi statistica, che si riflettono nella variabilità dei dati nella prima parte del periodo considerato. Von Storch contesta anche il lavoro di M&M (Von Storch e Zorita, 2005), che rispondono sul numero successivo (McIntyre e McKi-trick, 2005c).

Il National Center for Atmospheric Research si propone come arbitro, e rifà il lavoro di MBH. Usa gli stessi dati e la stessa metodologia. Il risultato è lo stesso di MBH; a loro parere se M&M non riescono a replicare i risultati di MBH è perché usano un algoritmo diverso per l'elaborazione dei dati. Dimostrano anche che non è vero che il grafico sotto accusa possa essere generato casualmente (Ammann, 2005). Nell'articolo successivamente pubblicato su *Climatic Change* la conclusione è perentoria "la ricostruzione di MBH è solida e regge le critiche sui dati utilizzati" (Wahl e Ammann, 2007; NCAR, 2007). L'impatto di eventuali errori nell'analisi di alcune serie di dati riguardanti la prima metà del 1500 è molto piccolo, circa 0,05 °C, "e lascia inalterata la conclusione di MBH, e di altri autori, che il trend di incremento delle temperature del XX secolo e le alte temperature del tardo XX secolo sono anomale se confrontate con gli ultimi 600 anni".

## IL PROCESSO

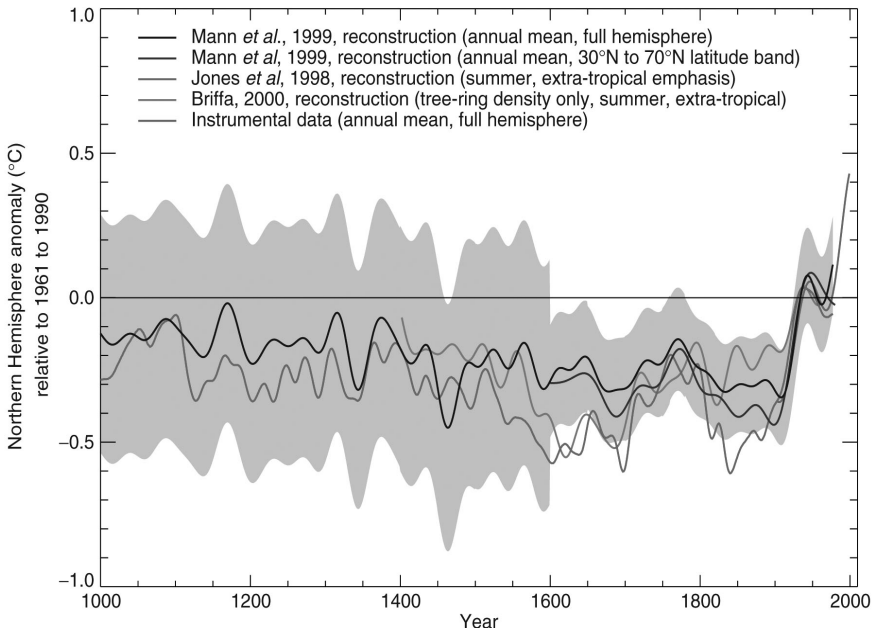
A margine del normale dibattito scientifico, il confronto MBH-M&M viene trascinato su un altro piano, quello politico. McIntyre pubblica la sua critica sulla prima pagina del *Wall Street Journal* del 14 febbraio 2005. Una cosa insolita per un dibattito scientifico. Il senatore repubblicano Joe Barton, capo della Commissione Energia e Commercio del Senato degli Stati Uniti, coglie l'occasione al volo e inizia quella che verrà indicata da più parti come una sorta di moderna inquisizione. Il 23 giugno invia una lettera a Mann, Bradley e Hughes in cui sostiene che altri ricercatori hanno trovato degli errori nelle loro pubblicazioni, e che loro si sono rifiutati di condividere i dati e il codice di calcolo da loro utilizzato. Nella lettera ai tre scienziati Barton chiede i curricula vitae, la lista di tutti i finanziatori delle ricerche, la localizzazione degli archivi di dati utilizzati per tutti gli studi di cui sono stati autori o co-autori, e il codice di calcolo utilizzato per generare il grafico dell'hockey stick.

È un'intimidazione senza precedenti. Una cosa del genere non si era mai vista: nel 2001 i senatori negazionisti guidati da James Inhofe si erano limitati a un confronto fra Mann e alcuni negazionisti (William Soon e David Legates). La lettera di Barton suscita molte proteste: da parte dell'American Association for the Advancement of Science, dall'European Geosciences Union e da una ventina di importanti scienziati del settore. Gli scienziati scrivono ad esempio che il lavoro di MBH è uno delle migliaia di evidenze che contribuiscono all'attuale consenso sui cambiamenti climatici, il fatto che il Terzo Rapporto IPCC abbia usato il grafico della mazza da hockey non significa che sia la prova essenziale dell'interferenza umana sul clima. La comprensione dei cambiamenti climatici si è sviluppata da molti anni e in diverse linee di ricerca: l'asserzione fondamentale del lavoro di MBH, ossia che le temperature del XX secolo sono le più alte degli ultimi 1.000 anni, è stata confermata fra l'altro da altri lavori citati nel Terzo Rapporto IPCC e dalla review fatta dalla National Academy of Science. Molte delle informazioni richieste dal senatore Barton non sembrano legate ai fini dichiarati dell'investigazione: il tutto può sembrare un'intimidazione, intenzionale o no, e rischiare di compromettere l'indipendenza della scienza (Thacker, 2005b).

Mann e colleghi rispondono punto per punto alla lettera di Barton.<sup>23</sup> Sono risposte nette e a tratti ironiche, laddove segnalano di essere autori di centinaia di pubblicazioni scientifiche, che risalgono a decenni precedenti e in campi anche diversi dal riscaldamento globale, e sarebbe un problema fornirle tutte; fra gli argomenti più importanti il fatto che nel Terzo Rapporto erano presenti altre ricostruzioni molto simili (figura 17). Mann è convocato anche in un'audizione della Commissione, che sentirà anche Edward Wegman, Tom Karl, Tom Crowley, Hans von Storch, Gerry North, Stephen McIntyre, suscitando altre polemiche. Ad esempio nella sua deposizione il professor Wegman è molto critico verso il lavoro di MBH; mostra figure e risultati che il professor Ritson della Stanford University sospetta derivare dal lavoro di M&M e contenere dunque gli stessi errori; ma Wegman non risponde a numerose mail con richieste di chiarimenti di Ritson su questo punto (RealClimate, 2006e).

Fra le risposte che Michael Mann fornisce durante l'audizione (Mann, 2006), una merita di essere menzionata: riguarda una leggenda metropolitana diffusa anche in Italia, secondo cui MBH si sarebbero rifiutati di render pubblico il codice da loro utilizzato. Nella sua risposta alle domande della Commissione Barton, dopo aver ricordato di aver diffuso i codici di calcolo dei propri lavori, fin dall'anno 2000, Mann difende quanti si rifiutano di diffondere i loro codici. Citando motivi pratici, ossia che i codici spesso sono scritti in forme non leggi-

FIGURA 17. RICOSTRUZIONI DELLE TEMPERATURE PRESENTI NEL TERZO RAPPORTO IPCC



Fonte, IPCC, 2001, fig. 2.21

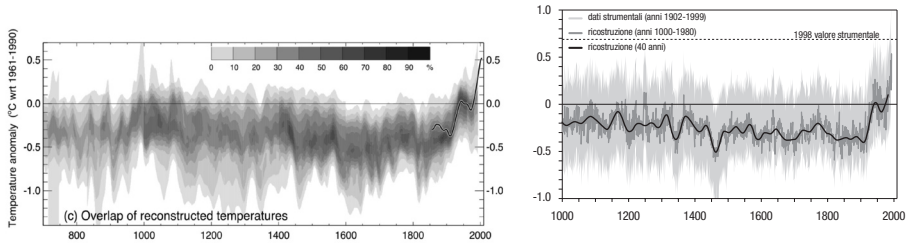
bili ad altri (ad esempio con annotazioni e abbreviazioni) e renderli comprensibili richiederebbe un grosso sforzo; oppure la mancanza di garanzie su un funzionamento corretto del codice su altre piattaforme. Ma il punto principale è che per replicare uno studio non serve un codice di calcolo, bensì i dati originali e la metodologia con cui trattarli, ossia l'algoritmo di elaborazione. Mann ricorda come altri scienziati (Wahl e Ammann) abbiano costruito senza problemi un loro codice che implementa la metodologia. Rendere disponibile lo strumento utilizzato per implementare la metodologia è il vero e proprio "open source", poco frequente in campo scientifico dove c'è anche competizione per l'accesso ai fondi di ricerca, per la pubblicazione di risultati originali. L'implementazione in un codice di calcolo di una metodologia può costituire un vantaggio da difendere, almeno temporaneamente.

### L'HOCKEY STICK 10 ANNI DOPO

A 10 anni dalla pubblicazione del lavoro di MBH, non sembra del tutto concluso uno dei dibattiti più accesi e prolungati della storia della scienza del clima. Steve McIntyre difende le sue posizioni sul suo sito internet (McIntyre, 2007), le risposte di Michael Mann su RealClimate sono altrettanto nette. Su un blog aperto sul sito di *Nature*, Hans Von Storch e McIntyre discutono di chi sia il merito di aver dimostrato gli errori nell'hockey stick (Von Storch, 2007), con molti consensi e commenti anche ironici. Per chi non ha familiarità con componenti principali e varianze delle serie di dati, non è facile capire chi ha avuto ragione nel confronto MBH-M&M. Forse l'argomento definitivo a favore della solidità del grafico della mazza da hockey e della fondatezza delle conclusioni del lavoro di MBH è quello della possibile ripetibilità, deri-

vante dal fatto che altri scienziati hanno potuto ottenere gli stessi risultati utilizzando gli stessi dati e metodologie. Il processo di revisione scientifica, tutto sommato ha funzionato. Ma ancora più importante è che a distanza di anni il lavoro di MBH regge. Numerosi sono i lavori pubblicati successivamente sulle ricostruzioni delle temperature, da parte di tanti altri e indipendenti gruppi di ricerca. Il Quarto Rapporto IPCC-WG1 non ha incluso nel Sommario per i decisori politici del primo gruppo di lavoro un grafico sulle temperature degli ultimi 1000 anni, come era avvenuto per il Terzo Rapporto, e questo ha portato alcuni ad affermare che l'IPCC ha abbandonato l'hockey stick. Ma nel rapporto (capitolo 6, pag. 467) di ricostruzioni di temperature degli ultimi 1.000 anni ce n'è una dozzina (figura 12). C'è anche un grafico di sintesi, che può essere confrontato con la famigerata mazza da hockey pubblicata nel Terzo Rapporto (figura 18). Per trovare le differenze, aguzzare la vista.

**FIGURA 18. CONFRONTO FRA LE RICOSTRUZIONI DELLE TEMPERATURE DEGLI ULTIMI 1.000 ANNI PUBBLICATE NEL TERZO RAPPORTO E NEL QUARTO RAPPORTO IPCC**



Le ricostruzioni sono espresse in termini di variazioni rispetto al valore medio 1960-1990 (linea orizzontale). L'area grigia del grafico di destra rappresenta l'intervallo di incertezza pari a 2 volte la deviazione standard. La scala del grafico di sinistra rappresenta la percentuale di sovrapposizione delle temperature ricostruite da diverse ricerche. In entrambi i grafici negli ultimi 150 anni sono indicati i valori da misure strumentali. Fonte grafico di destra: IPCC, 2001, figura 2.20, fonte grafico di sinistra: IPCC, 2007b, figura 6.10-c

## IL GHIACCIO NON SI SCIOLGIE

*I ghiacci antartici godono di ottima salute, quelli artici purtroppo no, ma non c'è nulla di strano, si tratta di una normale "altalena climatica". (Vomiero, 2007)*

Di acqua ghiacciata ce n'è tanta sul pianeta. La maggior parte è in Antartide, un continente grande 40 volte l'Italia, in cui i ghiacci hanno uno spessore medio di 2.000 metri. Anche la Groenlandia ha enormi masse ghiacciate, ma è grande un settimo del continente antartico. C'è poi il ghiaccio marino artico, galleggiante sul mare del polo nord, infine i ghiacciai e le nevi sulle montagne sparse per il pianeta.

Con l'aumento delle temperature queste masse ghiacciate tendono a sciogliersi, in quantità e con velocità molto diverse. All'opposto, il riscaldamento del pianeta provoca l'aumento delle precipitazioni (nevose) ai poli, tendendo quindi a riequilibrare le perdite dovute alla fusione.

Ad esempio alcuni ghiacciai di sbocco della Groenlandia hanno mostrato segnali di rapido e preoccupante disgelo, mentre diverse zone all'interno presentano incrementi dell'altezza del ghiaccio. Il bilancio per gli ultimi 15 anni è negativo per la maggior parte degli studi (Lemke et al., 2007) e anche le previsioni sono di un *"lieve incremento interno dello spessore della calotta e un forte decremento ai margini, con un bilancio complessivo negativo"*. Con il progressivo riscaldamento, amplificato alle alte latitudini, la fusione sarà accelerata.

Nel complesso, infatti, l'effetto del riscaldamento non può che essere la diminuzione delle masse ghiacciate del pianeta. La prova arriva dal passato: non ai tempi di Erik il Rosso, ma durante le glaciazioni che si sono succedute centinaia di migliaia di anni fa, seguite da periodi caldi detti "interglaciali". Da circa 10.000 anni ci troviamo in un periodo caldo, la "lunga estate calda" (Fagan, 2005) chiamata "Olocene"; nel precedente, nel tardo Pleistocene, durato da 130.000 a 116.000 anni or sono, la temperatura del pianeta era poco (meno di 1 °C) più alta di oggi (Jansen et al., 2007; Hansen et al., 2006; Hansen, 2005): parte dei ghiacciai della Groenlandia e una parte dell'Antartico si sciolsero, provocando un innalzamento del livello del mare di circa 4-6 metri rispetto al livello attuale. La parte centrale dei ghiacciai dell'Antartide è più antica dell'uomo, resiste da milioni di anni. D'altronde, le temperature sono di oltre 50 gradi sotto zero, i ghiacci sono alti chilometri, non risentiranno molto del riscaldamento del resto del globo.

## DALLE ALPI AL KILIMANGIARO

Se mi fanno vedere un ghiacciaio fotografato nell'Ottocento e poi l'altro giorno, per impressionarmi e convincermi che lo scioglimento dei ghiacci è tale da alzare il livello del mare fino all'assedio delle terre emerse e dei centri urbani, penso che mi vogliano far fare la figura del cretino (Ferrara, 2006).

La riduzione dei ghiacciai montani e della copertura nevosa è evidente in entrambi gli emisferi (IPCC, 2007b) e costituisce l'evidenza più chiara e a tutti comprensibile degli effetti del riscaldamento climatico in corso; non ci sono solo la memoria storica e le fotografie a testimoniarlo, ma dati sulle misurazioni che permettono di effettuare il "bilancio di massa" dei ghiacciai. Il World Glacier Monitoring Service dell'Università di Zurigo provvede a raccogliere e distribuire i dati sull'estensione di 90 ghiacciai campione del pianeta (WGMS, 2007). Se ne ricava un dato preoccupante, perché il ritiro dei ghiacciai è generalizzato e congruente con l'aumento di temperatura, che ne costituisce la causa principale (Greene, 2005).

Nelle Alpi il bilancio è ancora più negativo: la riduzione dei ghiacciai, accentuatasi negli ultimi tre decenni, è facilmente apprezzabile dalla estensione delle vaste aree detritiche e non coperte da vegetazione, abbandonate recentemente dal ghiaccio (Orombelli, 2007). Le alte temperature del 2003 hanno portato a una perdita eccezionale di massa glaciale alpina, quattro volte superiore al già importante valore medio di riduzione del periodo 1980-2001 (Lemke et al., 2007).

Va ricordato che pur se si può parlare di ritiro generalizzato dei ghiacciai (perché il fenomeno è distribuito su tutto il pianeta) può accadere che alcuni ghiacciai siano invece in condizioni di stabilità o di incremento. Niente di strano, in quanto condizioni meteorologiche e morfologiche locali (l'esposizione, l'ombreggiatura), nonché l'aumento di precipitazioni alle alte latitudini, possono spiegare il perché di un comportamento in controtendenza. Purtroppo, si tratta di eccezioni: nell'insieme il legame fra l'aumento della temperatura a larga scala e la fusione dei ghiacciai non ha solo una solida spiegazione teorica (Ohmura, 2001) ma è dimostrato dai dati misurati (Greene, 2005).

L'analisi di questi casi particolari può fornire spazio a tesi negazioniste. Ad esempio molta polemica c'è stata sull'utilizzo nel film di Al Gore *Una scomoda verità* delle immagini della diminuzione dei ghiacciai del monte Kilimangiaro. La riduzione c'è stata, la montagna più alta dell'Africa ha perso dal 1912 al 2003 l'80% dei suoi ghiacci, ma secondo uno studio pubblicato dopo l'uscita del film (Cullen et al., 2006), la maggior parte del ritiro si è verificato sui ghiacciai laterali nella prima parte del XX secolo, come risposta ritardata al primo riscaldamento del secolo precedente che aveva destabilizzato le masse glaciali. I ghiacciai che rimangono non sono ancora molto influenzati dal riscaldamento del pianeta degli ultimi decenni, che è minore ai tropici e in alta quota.

La principale argomentazione negazionista verte sul fatto che da sempre i ghiacciai si muovono, avanzano e poi si ritirano. Questo è vero, come è vero che diversi ghiacciai alpini nei passati 10.000 anni siano stati anche più ridotti di quanto non siano attualmente (Orombelli, 2007). L'attuale fase di ritiro glaciale ha però qualcosa di particolare: dura ormai da oltre un secolo, si è accentuata negli ultimi decenni e non sembra voler-



si attenuare. La risposta alle sollecitazioni climatiche è rapida nel caso di piccoli ghiacciai, per i quali anche una breve fase sfavorevole al bilancio glaciale può determinarne una significativa riduzione, mentre i ghiacciai maggiori rispondono con un ritardo di numerosi decenni alle variazioni climatiche maggiori e di più lunga durata. I ghiacciai più grandi hanno oggi dimensioni che dipendono dalle condizioni climatiche degli scorsi decenni, probabilmente non hanno ancora risentito del riscaldamento accentuato degli ultimi tre decenni.

Come per la banchisa artica, anche per i ghiacciai del pianeta il futuro sembra dunque abbastanza deciso: al crescere delle temperature molti ghiacciai montani scompariranno già entro questo secolo. La scomparsa non sarà del tutto irreversibile: non sarà recuperabile in pochi decenni o secoli (Meehl et al., 2007), ma se non cresceranno eccessivamente le concentrazioni di CO<sub>2</sub>... basterà attendere la prossima era glaciale.<sup>24</sup>

## I RECORD DEL GHIACCIO ARTICO

Un altro tormentone degli ultimi anni è quello che riguarda lo scioglimento dell'Artico. Innanzitutto è assai improbabile che l'Artico si sciolga completamente senza che intervenga un meccanismo uguale e contrario che riporti la situazione alla stabilità, ad esempio con l'inceppamento della Corrente del Golfo. Anche se dovesse accadere non tutto il male verrebbe per nuocere: l'Artico conterrà sicuramente metano, petrolio, diamanti (Grosso, 2007c).

Per rispondere ai dubbi sull'andamento dei ghiacci dell'Artico non servono molte parole, basta confrontare fra loro le fotografie che i satelliti scattano alla fine di ogni estate, disponibili sul sito del National Snow and Ice Data Center (NSIDC, 2007) dell'Università del Colorado di Boulder (figura 19). Le osservazioni satellitari esistono dal 1979 e testimoniano una diminuzione evidente e impressionante: dai 7-9 milioni di km quadrati della fine degli anni '70 si è passati ai 6-7 degli anni 90 e ai 5,3 dell'estate 2005. Nell'estate 2007 la superficie ghiacciata estiva è precipitata a poco più di 4 milioni di km quadrati, stabilendo il record il 16 settembre 2007, con un valore mai registrato in precedenza da quando esistono misurazioni: 4,13 milioni di km quadrati.

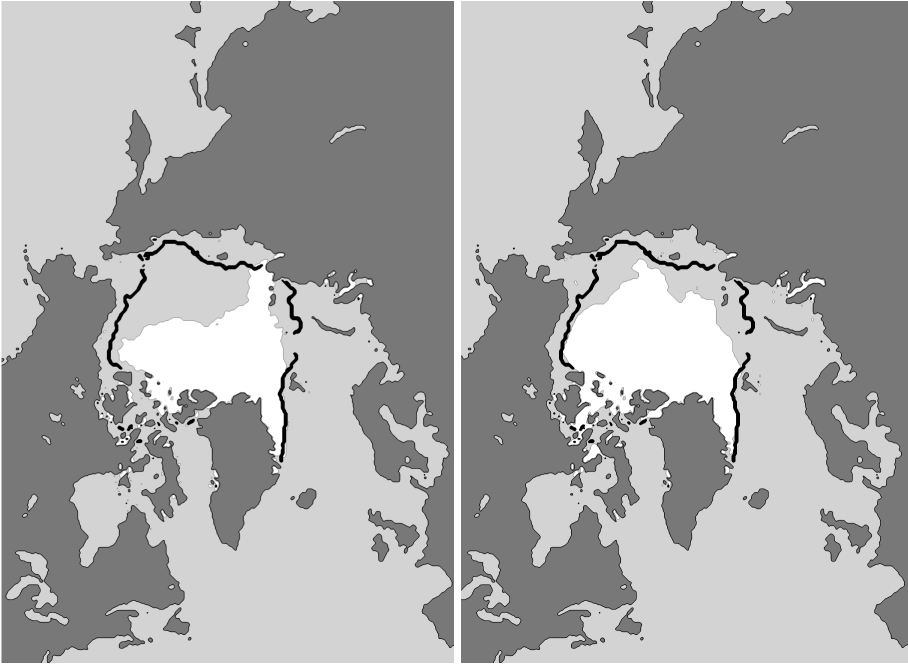
La riduzione è stata sensazionale (se ne è andata un quarto della banchisa artica in due anni), al di là di tutte le previsioni (Stroeve et al., 2007), anche di quelle dell'IPCC, spesso accusate di essere pessimiste.

Per il futuro, la maggior parte degli studi scientifici considera ormai inevitabile la scomparsa del ghiaccio marino artico durante la stagione estiva (Serreze, 2007). Si discute se ci vorranno 30 o 60 anni, se la diminuzione sarà regolare o avrà dei bruschi "scalini", ma le probabilità che nell'estate del 2100 ci siano masse ghiacciate nell'Artico sembrano poche.

Il ghiaccio stagionale, presente solo nei mesi invernali, durerà invece molto più a lungo e secondo la maggior parte delle previsioni sarà ancora presente nei prossimi secoli (Meehl et al., 2007).

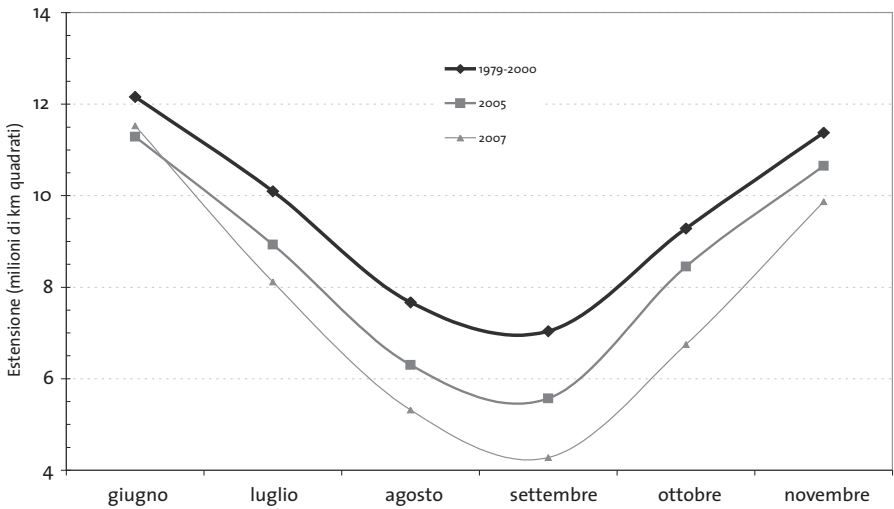
Davanti all'evidenza della crisi dei ghiacci marini artici, le risposte del pensiero negazionista sono state di due tipi. La prima fa notare come in certi periodi la superficie ghiacciata stia aumentando. Assolutamente vero, perché l'estensione del ghiaccio marino artico ha un'oscillazione estate/inverno, quindi i ghiacci marini artici aumentano d'inverno.

**FIGURA 19. ESTENSIONE DELLA BANCHISA GLACIALE ARTICA NEL SETTEMBRE 2007 (SINISTRA) E NEL SETTEMBRE 2005 (DESTRA)**



La linea nera indica l'estensione media nel periodo 1979-2000. Fonte: NSIDC, 2007

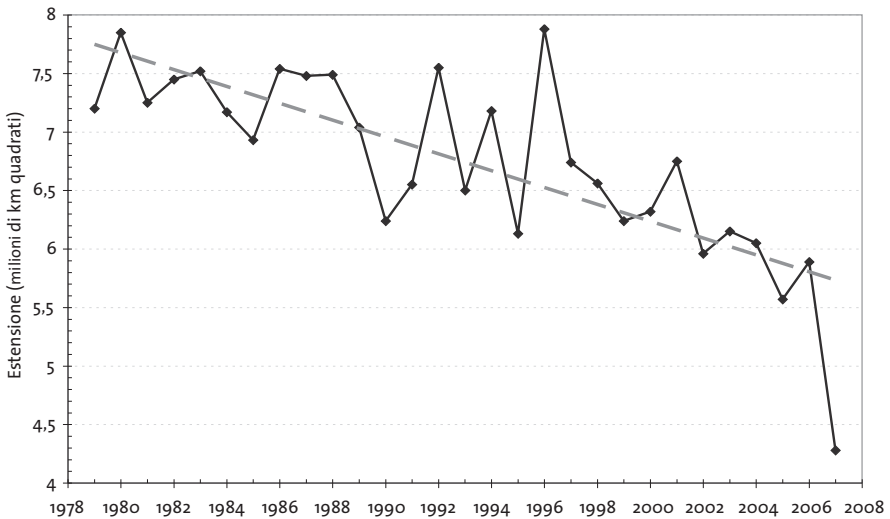
**FIGURA 20. ESTENSIONE DELLA BANCHISA GLACIALE NEL 2007, NEL 2005 E VALORE MEDIO NEL PERIODO 1979-2000**



Fonte: NSIDC, 2007

L'aumento invernale, ovvio come il ciclo delle stagioni, non cambia la gravità della situazione. Dal grafico mostrato nella figura 20 si nota come effettivamente da settembre in poi la superficie del ghiaccio marino aumenti, ma progressivamente il minimo estivo è più basso. L'andamento di lungo periodo è quindi di evidente diminuzione, come si nota confrontando l'estensione dei ghiacci nel mese più critico, il mese di settembre, negli ultimi 30 anni (figura 21).

**FIGURA 21. ESTENSIONE DELLA BANCHISA GLACIALE ARTICA IN SETTEMBRE NEL PERIODO 1979-2007**



Fonte: NSIDC, 2007

La seconda tesi negazionista è partita da uno studio (Nghiem et al., 2007) che ha mostrato come un contributo all'accelerazione della fusione dei ghiacci marini artici derivi dall'instaurarsi in inverno di una circolazione di venti che porta all'allontanamento dall'Artico dei ghiacci pluriennali, favorendo la formazione di solo ghiaccio stagionale, meno resistente alle alte temperature. Il fenomeno è complesso, ma ha permesso di sostenere che la causa della fusione dei ghiacciai "non è termica ma circolatoria", ossia che è colpa del vento e non del caldo. Come è tipico del negazionismo, un piccolo elemento, interessante ma il cui effettivo ruolo è ancora da verificare, viene amplificato e preso senza alcuna cautela come spiegazione principale di un fenomeno complesso, abbandonando i fattori prevalenti, che pure hanno solide fondamenta. Lo studio citato, in realtà, non ha minimamente inteso sminuire la causa del riscaldamento globale: ha solo mostrato come può essere spiegata l'accelerazione del fenomeno negli ultimi anni, senza alcuna intenzione di assolvere l'effetto serra antropogenico. Per questo andrebbe spiegata la causa dei venti che accelerano il fenomeno, dimostrando la loro indipendenza dall'aumento di temperature, cosa che gli autori dell'articolo non si sognano neppure di provare. È infatti evidente che il rapido scioglimento dei ghiacci marini artici degli ultimi decenni non è un processo

naturale, ma è causato dall'incremento di temperatura dovuto ai gas serra (Serreze et al., 2007), nonché al più noto fra i fenomeni di retroazione che portano a un ulteriore incremento di temperatura: con lo sciogliersi della banchisa artica diminuisce la radiazione riflessa dalle bianche superfici polari e aumenta la radiazione assorbita dal mare, provocando un ulteriore riscaldamento del pianeta.

Le incertezze non riguardano più le responsabilità umane nel declino dei ghiacci marini artici, ma la previsione delle conseguenze di un Artico senza ghiacci. Non solo per le popolazioni indigene e gli orsi polari, per l'erosione delle coste dell'Alaska o per le variazioni nei venti e nel moto ondoso, ma per la stabilità della calotta glaciale della Groenlandia. Nell'Artico ci sono infatti anche altri ghiacci, quelli della Groenlandia, del Canada artico, delle isole artiche della Groenlandia. Sono ghiacci di origine meteorica, spessi anche alcuni chilometri, almeno in parte appoggiati su un substrato roccioso (anche sottomarino), quindi contribuiscono con le loro variazioni a determinare il livello del mare. La situazione non è critica come per il ghiaccio marino, ma non mancano segnali preoccupanti, in particolare per quanto riguarda il più grande, la calotta glaciale della Groenlandia: la crescente portata degli "ice streams", veri e propri fiumi di ghiaccio che drenano i ghiacciai, è stata messa in relazione con segni di scioglimento accelerato di alcuni ghiacciai di sbocco della calotta groenlandese. La spiegazione di questo fenomeno secondo alcuni studiosi è che l'acqua di fusione in superficie, penetrando alla base della massa ghiacciata ha un effetto lubrificante e porta allo scivolamento del ghiaccio verso il mare: un meccanismo che permette di spiegare l'esteso scioglimento della calotta glaciale della Groenlandia nello scorso periodo interglaciale (Zwally et al., 2002). La sintesi del Quarto Rapporto è che seppur il bilancio di massa della calotta glaciale della Groenlandia mostri perdite crescenti, in particolare negli ultimi anni, i pochi anni di osservazione rendono difficile separare le fluttuazioni di breve periodo dagli andamenti di lungo periodo (Lemke et al., 2007).

## LA CRESCITA DEI GHIACCIAI DELL'ANTARTIDE

Se andiamo a verificare personalmente i dati satellitari divulgati dalla NOAA, emergono però dati ben diversi. La banchisa australe dal 1979 a oggi non è arretrata ma, al contrario, denota uno strabiliante equilibrio. Attualmente si trova in ottima forma e mostra addirittura un trend di crescita dello 0,4% per decennio. La conferma giunge anche dagli ultimi dati del novembre scorso dove le analisi satellitari evidenziano che le zone di crescita superano di gran lunga quelle di perdita (Angelini, 2007).

Mentre i ghiacci marini dell'Artico si stanno sciogliendo e hanno i decenni contati, per i ghiacci antartici la situazione è complessa. Ci sono dati contrastanti, in alcune zone c'è un accumulo di massa glaciale, in altre ci sono chiari segni di diminuzione, con un bilancio complessivo lievemente negativo.<sup>25</sup> Il Quarto Rapporto IPCC ha scritto che *"la massa della calotta antartica complessivamente è più o meno stabile e poco contribuisce all'innalzamento del livello del mare"* (IPCC, 2007b). Sono sbagliati quindi eventuali allarmi di chi annuncia l'imminente scioglimento della calotta antartica; se succede, c'è motivo di lamentarsene.

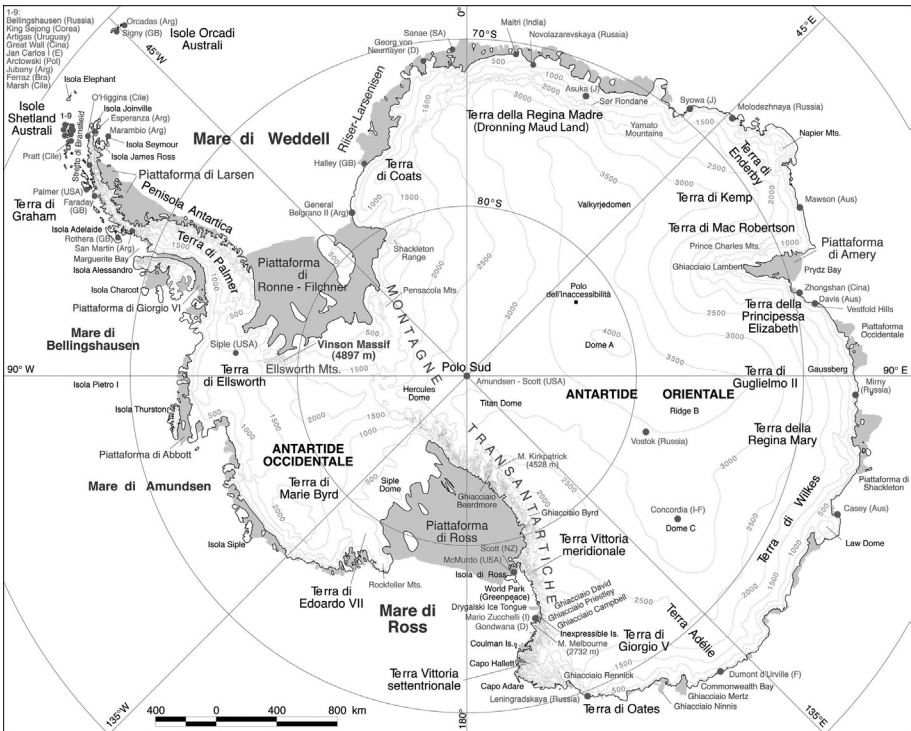
A differenza della banchisa artica, formata da ghiaccio marino galleggiante, il cui scioglimento non contribuisce all'innalzamento del mare, per lo stesso motivo per cui in un bicchiere non si alza il livello della bevanda in seguito alla fusione del cubetto di ghiac-

cio galleggiante, i ghiacci dell'Antartide e della Groenlandia sono per lo più appoggiati a un basamento roccioso: se finissero in mare, sia come iceberg che sciolti nel mare, ne alzerebbero il livello. Avendo dimensioni enormi, potrebbero far crescere il livello del mare di circa 57 metri, l'Antartide, e 7 metri la Groenlandia (Lemke et al., 2007). Ma un evento così catastrofico non sta succedendo e con molta probabilità l'intero scioglimento non avverrà nemmeno nei prossimi millenni.

I segnali preoccupanti sono invece altri: sono stati osservati chiari fenomeni di instabilità di alcuni ghiacci nell'Antartide occidentale, la parte più instabile del continente antartico, la cui disintegrazione potrebbe portare a un aumento del livello del mare di circa 5-6 metri (Barret, 1999).

Nel febbraio 2002 si è registrato un fatto che ha “gelato” gli studiosi delle dinamiche glaciali, anche quelli che hanno osservato il fenomeno dalle fotografie e dalle immagini satellitari, in comodi uffici riscaldati. In pochi giorni si è disintegrata la parte più settentrionale della piattaforma “Larsen B”, una piattaforma ghiacciata galleggiante grande come la Valle d'Aosta (500 milioni di tonnellate di ghiaccio di 3.250 chilometri quadrati di superficie e 200 metri di altezza), situata a est della penisola antartica, il promontorio che si estende nell'Antartico occidentale verso il Sud America (figura 22). Si è staccata qua-

FIGURA 22. MAPPA DELL'ANTARTIDE



Fonte: Museo Nazionale dell'Antartide, 2007

si improvvisamente e in 35 giorni si è divisa in una miriade di piccoli iceberg galleggianti. La fusione di queste parti della penisola antartica, che era stata indicata fino dagli anni '70 come uno dei più seri campanelli di allarme dei cambiamenti climatici (Mercer, 1978), era stata prevista dopo la disintegrazione della vicina piattaforma "Larsen A" (Dokake et al., 1998) e l'accelerazione in pochi giorni ha portato a proporre nuove teorie per le modalità con cui una piattaforma glaciale può disintegrarsi. Sono imputate le pozze d'acqua che in superficie si formano per la fusione del ghiaccio: penetrando nel ghiaccio sottostante facilitano l'apertura di crepacci.

I numerosi segnali di rapidi cambiamenti nelle coste della penisola antartica sono quasi bilanciati da un maggiore accumulo di masse glaciali nel centro del continente. Come già accennato è questo un fenomeno congruente con il riscaldamento globale, con la più potente evaporazione e le maggiori precipitazioni presenti in un clima più caldo; è una lenta crescita, meno spettacolare del collasso di imponenti masse glaciali. In ogni caso, l'incertezza è tanta per entrambi i fenomeni. Se da un lato non sono chiari i meccanismi che hanno portato al collasso accelerato di grandi fronti glaciali, anche l'effettiva consistenza dell'accumulo nelle zone interne è stata messa in discussione (Lemke et al., 2007).

La presenza di queste incertezze rende la stabilità dei ghiacci dell'Antartico occidentale e della Groenlandia uno dei punti di maggiore dibattito e interesse della scienza del clima, per le evidenti conseguenze sul futuro del pianeta, come si dirà in seguito. D'altronde, le difficoltà scientifiche sono comprensibili: il continente antartico è la parte più inaccessibile e inospitale del pianeta...

## COLPI DI SOLE, MACCHIE SOLARI, RAGGI COSMICI

*Il surriscaldamento ambientale è una realtà, ma darei anche la colpa al sole e non all'uomo. (Giuliaci, 2007)*

Che il sole abbia un'influenza sul clima è ovvio. Senza il sole semplicemente non ci sarebbe il clima, come non ci saremmo noi e il resto delle specie viventi sul pianeta Terra. La tesi sostenuta da molti negazionisti è che la variabilità della radiazione solare sia il fattore più importante, il fattore che più ha influito sulle variazioni climatiche registrate nel recente passato e che più influirà sulle variazioni future. Di conseguenza, i gas serra avrebbero poca importanza e tutte le preoccupazioni conseguenti poca sensatezza.

Chi sostiene che l'influenza del sole sia determinante mostra spesso grafici in cui si notano impressionanti similitudini fra l'andamento delle temperature del passato e alcuni indici legati alla radiazione solare o a sue conseguenze. Altri scienziati hanno contestato la fondatezza di questi studi, mostrando come molti di questi grafici siano stati creati manipolando in modo sofisticato i dati disponibili. L'acceso scontro sull'influenza del sole è una faccenda per buona parte danese. Gli attori sono Eigil Friis-Christensen, Knud Lassen, Henrik Svensmark, Nigel Marsh da un lato; Peter Laut, Jesper Gundermann, Torben Jorgensen e Aksel Hansen dall'altro; tutti scienziati e tecnici che lavorano in università e centri di ricerca della Danimarca, una terra in cui il sole è debole per una buona parte dell'anno...

A partire dal 1991 sono state proposte quattro diverse teorie sull'influenza del sole:

- correlazione fra la lunghezza dei cicli solari e le temperature dell'emisfero nord nel periodo 1860-1990 (Friis-Christensen e Lassen, 1991);
- correlazione fra la lunghezza dei cicli solari e le temperature dell'emisfero nord nel periodo 1579-1987 (Lassen e Friis-Christensen, 1995; Lassen e Friis-Christensen, 2000; Thejll e Lassen, 2000);
- correlazione fra l'intensità della radiazione cosmica galattica e la copertura nuvolosa totale (Svensmark e Friis-Christensen, 1997; Svensmark, 1998);
- correlazione fra l'intensità della radiazione cosmica galattica e la copertura nuvolosa delle nubi basse (Marsh e Svensmark, 2000; Svensmark, 2007).

## STRANI ERRORI SULLE MACCHIE SOLARI

Nel loro primo articolo, pubblicato nel 1991 su *Science*, Friis-Christensen e Lassen prospettano un'influenza importante sul clima della pulsazione dell'intensità solare. Nel loro articolo scrivono di un *"strikingly good agreement"*, ossia di un "accordo buono in modo impressionante" fra alcuni parametri che descrivono l'attività del sole e le temperature dell'emisfero nord. Uno dei fattori considerati è il ciclo undecennale dell'attività del sole, descritto dal numero delle macchie solari, che sono le zone più fredde della superficie del sole.<sup>26</sup>

L'articolo riceve molta considerazione e così i suoi autori. Il motivo dell'attenzione per questo articolo è che non afferma solo che il sole influenza la temperatura terrestre, cosa, come già detto, ovvia. La tesi è che i dati sull'attività del sole sembrano "spiegare" l'andamento delle temperature, ossia il sole viene proposto come un fattore dominante nel determinare l'andamento delle temperature dell'emisfero nord negli ultimi due secoli, dopoguerra compreso. Il loro grafico, riprodotto in figura 23a, parla in effetti da solo. Nel 1995 gli stessi autori estendono l'analisi all'andamento delle temperature e dei cicli solari al periodo 1500-1900 e ancora l'accordo sembra buono (figura 23b).

Nel 1998 due ricercatori danesi, Peter Laut e Jesper Gundermann pubblicano il primo articolo critico verso le tesi di Friis-Christensen e Lassen (Laut e Gundermann, 1998a).

Provano a utilizzare la stessa metodologia statistica adottata dai colleghi danesi, applicandola non alle temperature effettivamente registrate, ma a una serie di temperature modificate aggiungendo artificialmente un riscaldamento o un raffreddamento progressivo. Risultato: il ciclo delle macchie solari si adatta bene anche ad altri andamenti delle temperature. Quindi le correlazioni mostrate non significano molto, ossia non possono essere utilizzate per stimare l'entità dell'influenza delle attività umane sul riscaldamento del pianeta.

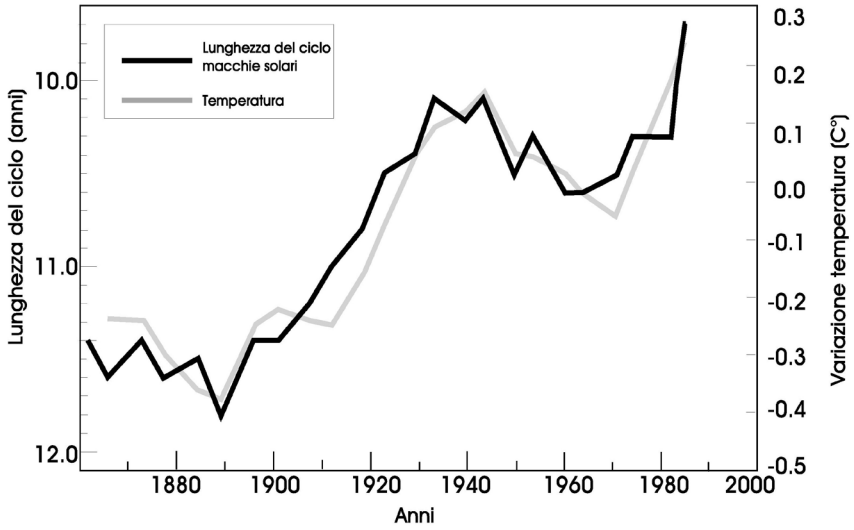
In un successivo articolo dello stesso anno (Laut e Gundermann, 1998b), gli autori si spingono oltre: analizzano l'andamento delle temperature dell'emisfero nord nel periodo 1579-1987 e trovano che la correlazione con le macchie solari è migliore se si assume che esse non siano l'unico fattore che influenza la temperatura, ma che ci sia stato un riscaldamento del pianeta dovuto alle attività umane. Concludono quindi che le misure sull'influenza delle macchie solari confermano, anziché contraddire, le stime del secondo rapporto dell'IPCC (l'ultimo disponibile nell'anno in cui gli autori scrivono, il 1998) sull'influenza dei gas serra antropogenici sul clima del pianeta.

Più in dettaglio, gli autori calcolano il livello di correlazione (descritto matematicamente dal minimo dello scarto quadratico medio) fra le temperature misurate e le temperature ricostruite sulla base dei dati solari più un contributo che descrive l'influenza dovuto ai gas serra. Quest'ultimo contributo viene calcolato ipotizzando diverse sensibilità climatiche.<sup>27</sup> Se non ci fosse un contributo dei gas serra, ossia se l'ipotesi "solare" fosse la sola a spiegare le temperature, la migliore correlazione si avrebbe per una sensibilità climatica pari a zero. Invece si nota come il valore più basso dello scarto fra le due serie di dati avviene per un valore di sensibilità climatica pari a 1,7 °C. Se si considera l'influenza dei gas serra, rispetto all'ipotesi "solo attività solare", il valore del minimo scarto quadratico medio fra le due serie di dati è del 43% inferiore: sole e temperature vanno più d'accordo.<sup>28</sup>

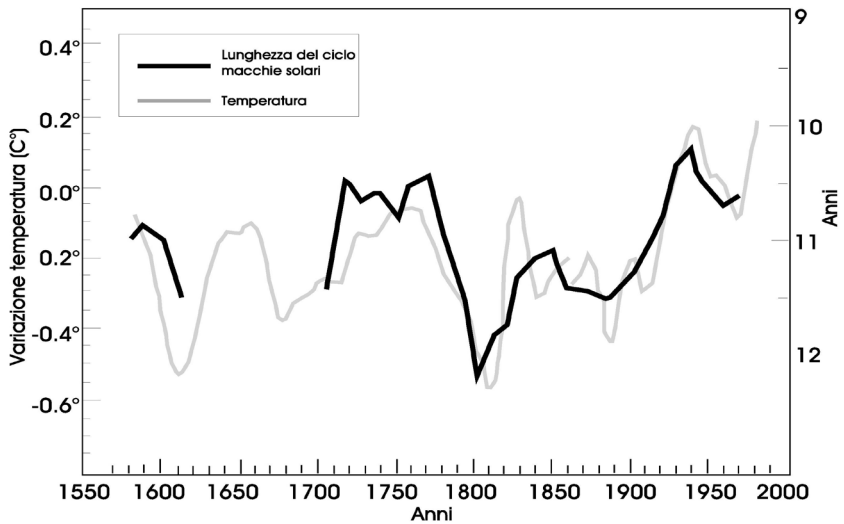
In questo articolo, Laut e Gundermann scrivono altre cose importanti. La prima è che la risposta a una forzante solare, se ci fosse, non sarebbe immediata, ma avrebbe un ritardo dipendente dalla risposta del sistema climatico: *"ogni tipo di influenza solare si manifesta"*



**FIGURA 23A. CORRELAZIONE FRA MACCHIE SOLARI E TEMPERATURA PROPOSTA DA E. FRIIS-CHRISTENSEN E K. LASSEN**



**FIGURA 23B. CORRELAZIONE FRA MACCHIE SOLARI E TEMPERATURA PROPOSTA DA K. LASSEN E E. FRIIS-CHRISTENSEN**



Fonte: Friis-Christensen e Lassen, 1991; Lassen e Friis-Christensen, 1995

*con un impatto sul bilancio radiativo del pianeta, quindi indirettamente attraverso il sistema climatico si riflette sulle temperature del pianeta. Poiché il sistema climatico risponde in modo diverso in diverse scale temporali ai cambiamenti delle forzanti radiative, un confronto diretto fra le forzanti e le temperature non è un modo 'consistente' per testare una forzante solare”.*

Un altro punto importante segnalato dagli autori è che le serie delle temperature utilizzate (chiamate di Groveman/Jones) sono superate, perché altri lavori (sono citati Mann et al., 1998, Jones et al., 1998 e Briffa et al., 1998) hanno fornito ricostruzioni delle temperature più robuste e basate su un numero di variabili proxy superiori. Se quindi il ciclo delle macchie solari si adattava bene ai vecchi andamenti delle temperature, cosa succederà utilizzando dati più recenti, più accurati, ma diversi?

### **C'È DEL MARCIO IN DANIMARCA?**

Nel corso della loro analisi Laut e Gundermann trovano una cosa singolare. Il grafico da loro realizzato che descrive il caso “solo attività solare” non è uguale a quello pubblicato da Friis-Christensen e Lassen. Invece dovrebbe esserlo, perché la metodologia da loro utilizzata è uguale a quella dei colleghi. A questo punto gli autori vanno a vedere il perché delle differenze: *“Visto che questo grafico ha giocato un ruolo importante nel dibattito pubblico ed è servito come base scientifica per alcuni popolari fraintendimenti, abbiamo trovato importante esaminarlo da vicino”.*

Il primo motivo della differenza è che Friis-Christensen e Lassen hanno usato due serie di temperature con scale diverse. La base dati di temperature comprende infatti due serie di dati: la prima serie, di Groveman/Landsberg, fornisce le anomalie delle temperature dal 1579 al 1880 normalizzate rispetto alla media delle temperature del periodo 1881-1975; la seconda serie di dati, di Jones, fornisce i dati dal 1851 al 1987 normalizzate rispetto alla media delle temperature del periodo 1951-1970. Il punto è che nei due periodi di riferimento, usati per la normalizzazione, le temperature medie sono diverse, di circa 0,106 °C. Quindi i dati devono essere corretti, altrimenti non sono confrontabili: se si va a vedere il periodo di sovrapposizione, intorno al 1860, si vede che c'è un inevitabile “salto” nei dati delle temperature. Se il grafico viene corretto, ossia i dati sono riscaldati, si nota anche visivamente un maggiore effetto di riscaldamento nelle temperature misurate; la correlazione fra temperature e ciclo delle macchie solari diventa meno chiara rispetto a quella mostrata da Friis-Christensen e Lassen; in particolare si nota che il ciclo delle macchie solari non riesce a descrivere i due massimi di temperature intorno al 1750 e al 1940.

Il secondo motivo della differenza è che Friis-Christensen e Lassen hanno impostato la regressione lineare fra i dati dell'attività del sole e le temperature solo per il periodo degli ultimi 150 anni, a scapito di una peggiore correlazione nel periodo precedente. La regressione lineare fra le due serie di dati non è stata imparziale, ma ha favorito il periodo in cui il contributo umano al riscaldamento ha avuto un ruolo maggiore.

Il terzo motivo della differenza è che la media delle temperature prima del 1860 non è stata fatta come dichiarato su 11 anni, ma su un periodo maggiore. I dati sono quindi più smussati e sembrano meglio adattarsi ai cicli solari rispetto all'andamento più variabile delle effettive medie su 11 anni. Sono differenze volute o involontarie?

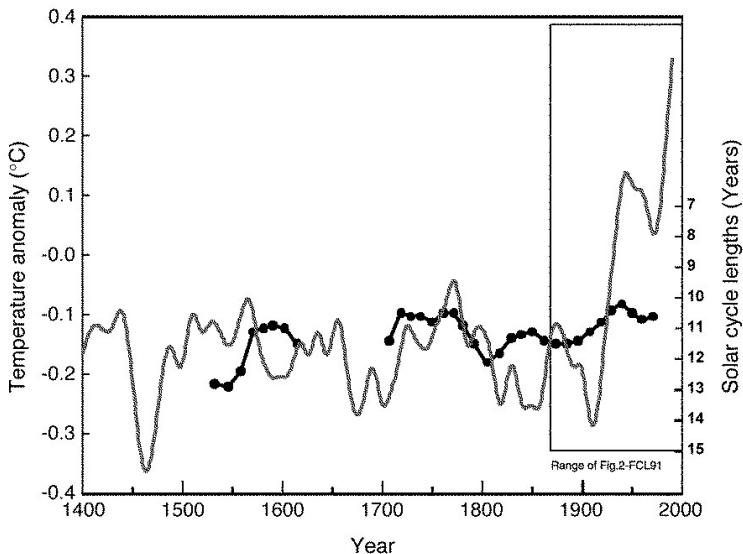
Ma non finisce qui. Un paio di anni dopo, Laut e Gundermann analizzano più nel dettaglio i dati del primo articolo di Friis-Christensen e Lassen, pubblicato nel 1991. Si accorgono che

la crescita dei dati sull'attività del sole dal 1965 in poi è dovuta a un'altra manipolazione, ossia all'utilizzo, solo per questo periodo, dei dati grezzi anziché dei dati filtrati. In altre parole, i dati sull'attività del sole sono generalmente elaborati statisticamente con dei "filtri", che li mediano in modo tale da attenuare le grandi variazioni annuali e far emergere le tendenze medie. Ebbene, dei 24 dati che formano il grafico dell'andamento dell'attività solare, solo gli ultimi 4 non sono stati filtrati. È come se gli autori avessero approfittato di una delle tante oscillazioni annuali dei dati dell'attività solare per mischiare questi dati ad altri che hanno un ben diverso significato fisico; avrebbero dovuto troncare l'andamento delle macchie solari a metà degli anni '60, ma così non ci sarebbe stato l'innalzamento dell'ultimo periodo dell'attività solare e lo "strikingly good agreement" con l'aumento delle temperature.

In risposta a questa critica, Friis-Christensen e Lassen pubblicano nel 2000 un articolo (Lassen e Friis-Christensen, 2000) in cui correggono il loro grafico. I dati degli ultimi anni cambiano, ma la crescita c'è sempre. Ebbene, nel 2003 Laut mostra come anche questi dati siano sbagliati (Laut, 2003), per un banale errore nell'effettuare le medie. In particolare devono essere ridotti gli ultimi due dati; e in questo modo il grafico dell'andamento dell'attività solare non mostra alcun aumento dopo il 1960. Un altro errore fortuito? Sempre meno probabile.

Per concludere, Laut prova a valutare in modo imparziale la correlazione fra l'attività solare e l'aumento di temperatura, utilizzando la stessa metodologia della regressione lineare fra le due serie di dati dei colleghi danesi, ma cercando la correlazione nel periodo prima del 1850. Se ci fosse una buona correlazione fra i dati del sole e delle temperature prima del 1850, e se con gli stessi parametri la correlazione funzionasse anche per il periodo successivo, sarebbe la prova dell'importanza del contributo solare all'innalzamento delle temperature dell'emisfero nord. Il risultato è il grafico di figura 24. Per l'ipotesi delle macchie solari è un disastro.

FIGURA 24. **CORRELAZIONE FRA MACCHIE SOLARI E TEMPERATURA SECONDO P. LAUT**



La linea con punti indica le macchie solari. Nel riquadro l'area in cui è stata tarata la correlazione in Friis-Christensen e Lassen (1991). Fonte: Laut (2003)

## RAGGI COSMICI E NUVOLE

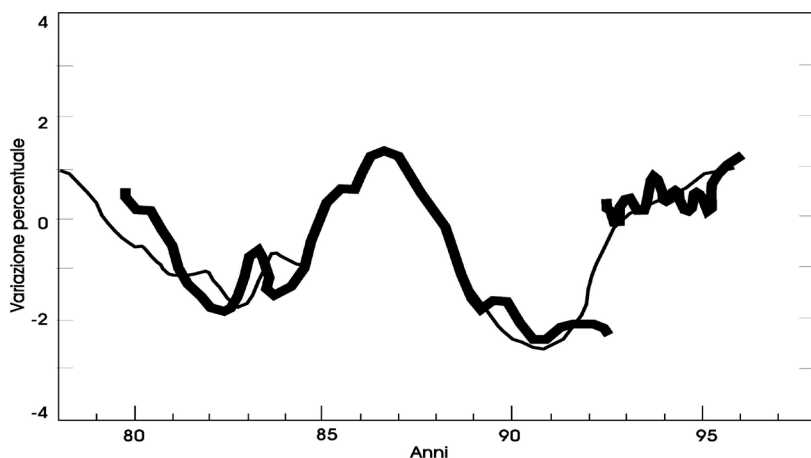
È con le pubblicazioni del 1997 e del 1998 che Friis-Christensen e Svensmark ricevono attenzione e fama mondiali. Il documentario *Il conflitto del clima*, prodotto dalla televisione di Stato Danese, presenta Friis-Christensen e Svensmark come gli ingegnosi scopritori di una teoria rivoluzionaria, che sfida le ostinate istituzioni dell'establishment, rappresentate dall'IPCC e dalla loro cosiddetta teoria dell'effetto serra (Damon e Laut, 2004).

Ora non sono più i raggi solari a determinare il clima, ma la radiazione cosmica, chiamata GCRI (Galactic Cosmic Ray Intensity). Nel sommario del loro articolo parlano di "strong correlation", forte correlazione, fra la radiazione cosmica e la copertura nuvolosa e si spingono ad affermare che questa potrebbe spiegare la correlazione precedentemente trovata fra il ciclo dell'attività solare e le temperature dell'emisfero nord, in quanto radiazione cosmica e attività solare sono anti-correlate. In altre parole, se il campo magnetico del sole aumenta, meno raggi cosmici raggiungono la Terra in quanto sono schermati dal campo magnetico del sole; quindi ci sono meno nuvole e la temperatura aumenta. In effetti, anche il grafico sui raggi cosmici parla da solo (figura 25).

A una vera analisi critica anche questa correlazione, purtroppo, non regge. La stroncatura arriva da più voci, da studiosi danesi (Jorgensen e Hansen, 2000; Laut, 2003), tedeschi (Gierens e Ponater, 1999), statunitensi (Sun e Bradley, 2002).

I problemi sono molti. Viene innanzitutto contestata la spiegazione fisica del fenomeno proposto, ossia il fatto che i raggi cosmici generino degli ioni in grado di fungere da nuclei di condensazione per le nubi, e queste abbiano un effetto raffreddante sulla temperatura del pianeta. La copertura nuvolosa in realtà non è un indice ben correlato con l'effetto raffreddante, dovuto più allo spessore della copertura, alla presenza di nuvole basse (che hanno un effetto raffreddante), rispetto alle nuvole alte (che hanno un effetto riscaldan-

FIGURA 25. **CORRELAZIONE FRA RAGGI COSMICI E COPERTURA NUVOLOSA SECONDO H. SVENSMARK E E. FRIIS-CHRISTENSEN**



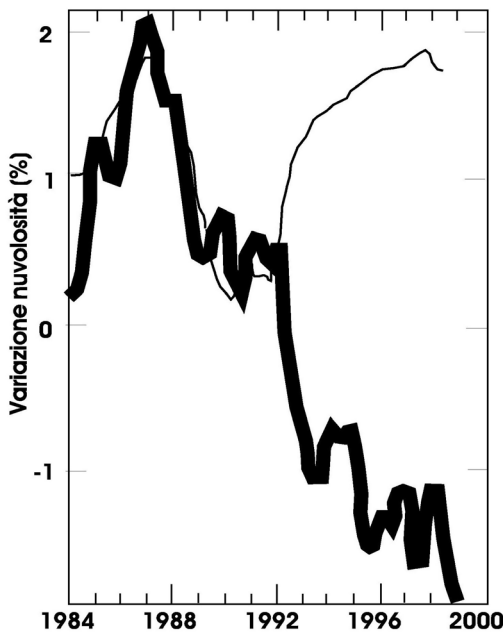
La linea fine indica i raggi cosmici, la linea scura la copertura nuvolosa totale. Fonte: Svensmark e Friis-Christensen, 1997

te). Essendo la distribuzione degli ioni generati dai raggi cosmici molto maggiore nell'alta troposfera, dovrebbero formarsi più nuvole alte, quindi l'effetto complessivo dovrebbe essere di riscaldamento, non di raffreddamento (Jorgensen e Hansen, 2000). Mentre non c'è una spiegazione chiara sull'influenza dei raggi cosmici sulle nubi, altri fattori, quali le variazioni del fenomeno chiamato El Niño<sup>29</sup> e le polveri dei vulcani, hanno sulla copertura nuvolosa una chiara influenza, che non viene considerata (Kuang et al., 1998).

Altri importanti rilievi sono che la correlazione fra copertura nuvolosa e raggi cosmici può valere solo in una zona geomagnetica della Terra ben definita, pari a circa il 10% della superficie del globo terrestre (Gierens e Ponater, 1999). I raggi cosmici inoltre influenzano la formazione solo di cirri, che rappresentano fra il 20 e il 30% della copertura nuvolosa totale. Insomma, la correlazione fra i raggi cosmici e la copertura nuvolosa totale non solo sarebbe un fatto locale, ma non avrebbe una chiara influenza sul clima del pianeta.

Oltre ai problemi sulla spiegazione fisica del fenomeno, anche la correlazione trovata vacilla. Secondo Laut (2003) gli autori hanno usato tre serie di dati diverse sulla copertura nuvolosa. Le prime sono misurate nell'emisfero sud dai satelliti del progetto NIMBUS-7 CMATRIX; le seconde derivano da misure sugli oceani (tropici esclusi) con lo standard ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project); le ultime sono misure del Defence Meteorological Satellite Program (DMSP), elaborate con un sensore che fornisce dati diversi dallo standard ISCCP. Se si confrontano i dati forniti dai due strumenti nella

FIGURA 26. **CORRELAZIONE FRA RAGGI COSMICI E COPERTURA NUVOLOSA TOTALE SECONDO P. LAUT**



La linea fine indica i raggi cosmici, la linea scura la copertura nuvolosa totale. Fonte: Laut, 2003

stessa area si vedono due andamenti completamente diversi. Quindi i dati rappresentano due entità fisiche diverse, e non ha senso mischiarli in un unico grafico.

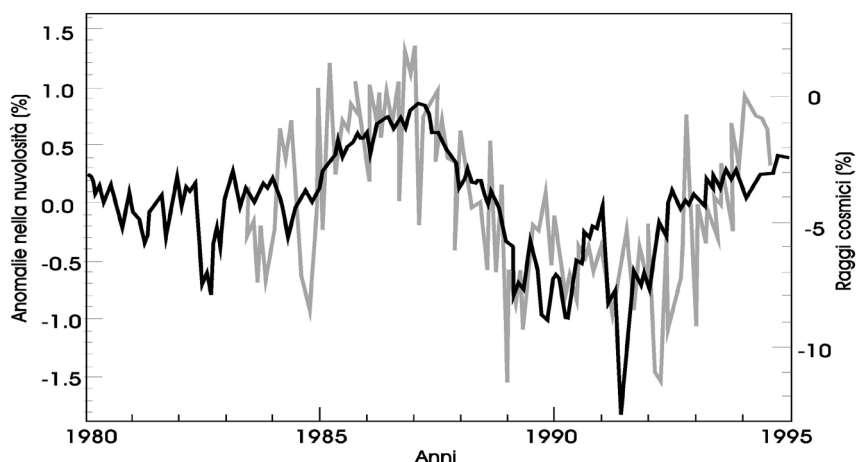
Laut mostra anche come nella figura pubblicata dai colleghi danesi ci sia una sovrapposizione delle due serie di dati nell'anno 1992, in cui ci sono contemporaneamente dati di variazioni positive e negative. L'andamento corretto della correlazione fra temperature e raggi cosmici, mostrato da Laut, è impietoso (figura 26).

### VANNO, VENGONO... OGNI TANTO SI FERMANO...

Nel 2000 Svensmark e il collega Nigel Marsh (Marsh e Svensmark, 2000) propongono un'altra teoria: a essere correlata con i raggi cosmici non è la copertura nuvolosa totale, ma solo la copertura delle nuvole basse. Il grafico è meno efficace dei precedenti (figura 27). Si nota a prima vista che dopo il 1990 le cose non vanno bene; se poi si espande il periodo di correlazione dopo il 1995 (Kristjánsson et al., 2002) le cose vanno ancora peggio, la correlazione fra radiazione cosmica e la copertura delle nuvole basse non c'è (figura 28). L'assenza di correlazione è motivata con dovizia di particolari e spiegazioni da Sun e Bradley (2002), che mostrano anche la quantità di problemi strumentali che devono essere considerati, nonché le interferenze fra i dati della copertura delle nuvole basse e delle coperture nuvolose superiori. Laut (2003) pone un altro importante rilievo alla teoria di Svensmark, il fatto che il ritardo di circa 6 mesi nella risposta delle nubi alla radiazione cosmica non è compatibile con la spiegazione fisica del fenomeno, secondo cui la risposta delle nubi dovrebbe avvenire in pochi giorni e non dopo mesi.

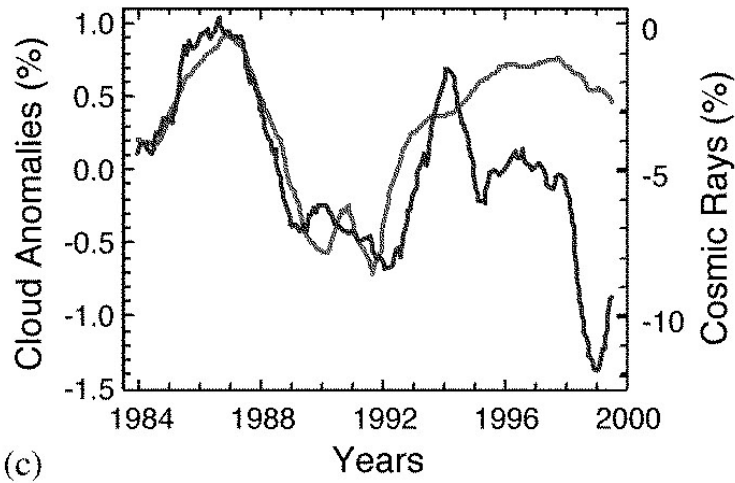
Incurante delle stroncature ricevute, senza offrire spiegazioni per i rilievi mossi da altri scien-

FIGURA 27. **CORRELAZIONE FRA RAGGI COSMICI E COPERTURA DELLE NUVOLE BASSE SECONDO N. MARSH E H. SVENSMARK**



La linea più scura indica i raggi cosmici. Fonte: Marsh e Svensmark 2000

FIGURA 28. **CORRELAZIONE FRA RAGGI COSMICI E COPERTURA DELLE NUVOLE BASSE SECONDO J.E. KRISTJÁNSSON**



La linea più scura indica i raggi cosmici. Fonte: Laut 2003

ziati, Svensmark continua sulla sua strada. Nel 2007 pubblica il libro *The Chilling Stars* (Le stelle raffreddanti) con il noto scrittore negazionista statunitense Nigel Calder, nonché un articolo (Svensmark, 2007) in cui propone un nuovo nome per la teoria dell'influenza dei raggi cosmici, definita "cosmoclimatologia". Le critiche scientifiche sono ormai quasi annoiate, come si può leggere dagli interventi su RealClimate (RealClimate, 2007c; RealClimate, 2006f), ma i fan non mancano.

### NON È IL SOLE, PURTROPPO

Anche altre sono state le teorie che hanno cercato di affermare l'importanza della radiazione cosmica sulla variazione delle temperature del pianeta; una di queste (Shaviv e Veizer, 2003), che prevedeva la correlazione fra radiazione cosmica e temperature dell'atmosfera negli scorsi 500 milioni di anni, è stata a volte citata anche in Italia (Zichichi, 2003; Mariani, 2007b), ma non ha retto a una seria revisione (Rahmstorf et al., 2004).

In conclusione, tutte le teorie che hanno cercato di attribuire alla radiazione solare un ruolo determinante sull'andamento delle temperature dell'ultimo secolo e, in particolare degli ultimi 50 anni, non reggono. Il processo della revisione scientifica è stato un disastro per l'ipotesi solare. Il Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, rivisitando tutti gli studi apparsi in letteratura e con l'ausilio delle simulazioni dei modelli matematici, ha anche quantificato la maggior "forza" del sole nel riscaldamento del pianeta nel 2005 rispetto al 1750 in circa il 5% della maggior "forza" dei gas serra emessi dall'uomo (IPCC, 2007b). L'influenza della variazione della radiazione solare è stata, nel passato, inferiore ad esempio a quella dei gas alogenati. Dopo tutti gli studi condotti da tanti centri di ricerca il contributo del sole è stato dimezzato rispetto a quanto era indicato nel 2001 dal Terzo Rapporto di Valutazione dell'IPCC.

La spiegazione solare era comoda. Permetteva di evitare la responsabilità umana. Purtroppo non tiene perché la radiazione solare è un fattore minore. La partita negli ultimi decenni è giocata dai gas serra antropogenici più che dal sole.

Se non bastasse, nel giugno 2007 è stato pubblicato un corposo lavoro che ha analizzato tutti gli studi pubblicati e valutato le possibili influenze del sole sul clima della Terra. Le conclusioni sono chiarissime:

Il sole ha avuto una chiara influenza sul clima nel periodo pre-industriale e ha avuto un'influenza percepibile nella prima metà del XX secolo.

Il rapido aumento delle temperature osservato dopo il 1985 non può essere attribuito alla variabilità solare, qualsiasi sia il meccanismo considerato e in qualsiasi modo si pensi che la variazione solare possa essere amplificata.

Tutti i parametri del sole che possono avere un'influenza sul clima negli ultimi 20 anni sono andati in una direzione opposta a quella richiesta per spiegare l'aumento osservato delle temperature medie (Lockwood e Frohlich, 2007).

Il caso è chiuso. O dovrebbe esserlo.



## CICLOMANIE E DISCONTINUITÀ

*La storia è sempre la stessa: cambiamenti rapidi, verso il caldo e verso il freddo, né più né meno di quanto sta accadendo oggi. Allora stiamo per arrivare a un culmine di surriscaldamento, dopodiché, se il copione del mondo sarà rispettato, andremo verso una nuova fase fredda. (Poggi, 2007)*

Una spiegazione semplice dei cambiamenti del clima consiste nell'attribuire tutte le variazioni, anche quelle attuali, a fenomeni ciclici. Il clima è sempre cambiato, si dice, l'attuale cambiamento è parte di un ciclo. La notizia sarebbe positiva, perché se siamo in un ciclo prima o poi si passerà alla fase discendente, di raffreddamento. La ciclicità dell'andamento delle temperature è infatti l'argomento con cui sono stati rilanciati gli allarmi per un possibile futuro raffreddamento del pianeta.

La notizia sarebbe positiva solo fino a un certo punto, perché la tendenza opposta all'attuale riscaldamento potrebbe manifestarsi molto tardi, dopo aver causato danni pesanti all'uomo e agli ecosistemi. La ciclomania ha ancora molti fan, non d'accordo fra loro. Non c'è accordo su quali siano i motori di questi cicli. Questo spiega perché sulla dimensione del periodo del ciclo si sentono pareri molto diversi.

La prima ciclicità che si invoca è quella delle glaciazioni. Che secondo la teoria dell'astronomo serbo Milutin Milankovic, riconosciuta dalla comunità scientifica, seguono un ciclo dovuto a numerosi fattori, fra cui le variazioni dell'inclinazione dell'asse terrestre e dell'eccentricità dell'orbita, causate sia dalla struttura non perfettamente sferica, ma con un rigonfiamento equatoriale, del pianeta, che dall'influenza dell'orbita degli altri pianeti.

Un altro ciclo molto citato è quello delle macchie solari. Come ha notato Pascal Acot (Acot, 2004), c'è chi ritiene che il ciclo di undici anni delle macchie solari influenzi *“la produzione di grano e di vino, la crescita del riso, la moltiplicazione degli storioni, le invasioni di cavallette, il magnetismo terrestre, le aurore boreali, i suicidi, le accettazioni negli ospedali psichiatrici, gli incidenti, le embolie polmonari, gli infarti, le grandi rivolte o rivoluzioni della Storia”*.

Nella sua opera stampata trentacinque anni fa, lo storico Le Roy Ladurie ha usato il termine “ciclomania” per indicare il tentativo di ricondurre i fatti più disparati a regolari ciclicità:

...l'antropocentrismo non è il solo elemento criticabile nei tentativi d'interpretazione storica del clima. Infatti altri ricercatori – storici e non storici – sono diventati preda della ciclomania. Douglass, il pioniere della dendrocronologia americana, ha perso anni a cercare nei

suoi tree-rings, dedicandosi a incredibili raffinatezze statistiche, il ciclo “undecennale” delle macchie solari. I Jevons, padre e figlio, e Henry Moore, hanno fatto altrettanto a proposito del commercio del granturco, della disoccupazione e del prezzo dei suini a Chicago; e Beveridge stesso è stato influenzato dai loro lavori. Bruckner ha adottato un ritmo di trentacinque anni per la temperatura, le date delle vendemmie e le lingue terminali dei ghiacciai. Quanto ai cicli “astroclimatici” di quarantamila anni, e i loro “sottocicli”, fino a poco tempo fa non avevano ancora cessato di fare danni. Queste elucubrazioni sfociano talvolta in inverosimili previsioni: un cacciatore di cicli non esita a estrapolare, in base alla periodicità che ha scoperto, addirittura quale sarà il livello della Senna nell’anno 2000.

Ricerche di questo tipo stanno alla vera storia del clima come la pietra filosofale stava all’ossigeno, eppure sono state condotte senza interruzioni da generazioni di ricercatori. Ma oggi hanno ricevuto un duro colpo: i climatologi, pur senza negare assolutamente la possibilità teorica di periodicità regolari, non credono più veramente all’esistenza di fenomeni ciclici di durata immutabile e a un “eterno ritorno” del clima. Sono molto più interessati all’idea di fluttuazione, che senza dubbio esiste, ma ha durata mutevole (Le Roy Ladurie, 1982).

Conclusione di Le Roy Ladurie: *“in materia di clima è meglio non essere pieni di certezze e maniacalmente sistematici, cercando ciclicità dove non ci sono”*.

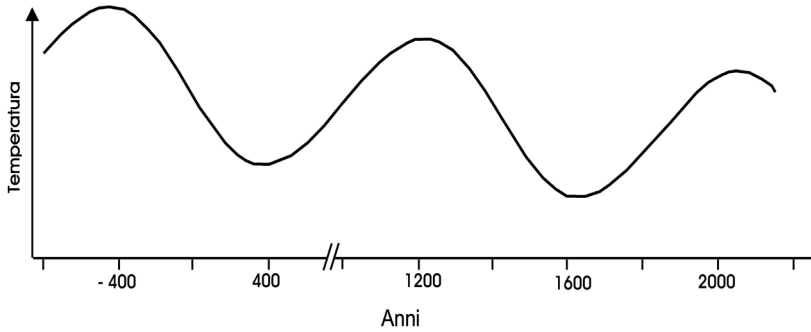
La rapidità dell’attuale riscaldamento non ha paragoni con i cicli del passato. Non può essere spiegata senza la forzante antropogenica dei gas serra. Certo, se la temperatura continuerà a salire, prima o poi scatteranno dei meccanismi nel sistema clima che tenderanno a contrastare questo aumento e magari a iniziare il percorso inverso. Ma quando? Di quanto saranno aumentate le temperature? Quanta parte dei ghiacci della Groenlandia e della penisola ovest antartica saranno già sciolti? Di quanto sarà cresciuto il livello del mare? Sarebbe utile saperlo.

### 800 ANNI... E UN PICCOLO ERRORE

Il tedesco E.G. Beck, famoso per le ricostruzioni dell’andamento della CO<sub>2</sub> del passato (figura 4) e delle temperature degli ultimi decenni (figura 13), ha proposto un grafico (figura 29) in cui si nota un’oscillazione delle temperature dell’emisfero nord con un ciclo di circa 800 anni. Guardando nel dettaglio, ci si accorge che qualcosa non va: l’attuale massimo è indicato circa ai nostri giorni, quello precedente nel 1200 d.C. (il famoso optimum medioevale), quello ancora precedente nel 400 a.C.. Come è possibile? Se il ciclo è di 800 anni non dovrebbe esserci un massimo nel 400 d.C., dove invece è indicato un minimo di temperature?

La soluzione sta nelle due stanghette oblique che dividono l’asse orizzontale del grafico. Stanno a indicare che si è spezzata la continuità della scala temporale: nella parte di sinistra ogni segno di graduazione indica un intervallo di 400 anni, in quella di destra gli stessi segni, posti alla medesima distanza, indicano un intervallo di soli 200 anni! Muovendosi da sinistra le due stanghette di separazione sono circa nel 750 d.C., partendo da destra sono circa nel 950 d.C.: mancano 200 anni.

Conclusione: il grafico è una brutale contraffazione.

FIGURA 29. **CICLI NELL'ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE SECONDO E.G. BECK**

Fonte: Beck, 2007c.

### CICLICITÀ MILLENARIE

Il cambiamento climatico è una realtà. Per l'uomo moderno tecnologico è una novità. Per l'umanità no! Negli ultimi millenni si è verificato un cambiamento simile con ciclicità millenaria (Ortolani, 2007).

Mentre il tedesco Ernst Beck è in difficoltà con i cicli di 800 anni, una ciclicità con periodo di 1.000 anni è stata proposta in un lavoro pubblicato nella sessione Poster della Conferenza Nazionale sul Clima (Mazzarella et al., 2007) e in un successivo corposo volume di raccolta dei lavori del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Pagliuca e Ortolani, 2007). Gli autori individuano un ciclo regolare nell'andamento del clima mediterraneo, che permette di spiegare l'attuale riscaldamento come un fenomeno naturale:

La correlazione dei dati geoarcheologici con quelli paleoclimatici e quelli relativi all'attività solare plurisecolare sottolinea una stretta relazione tra i periodi freddo-umidi (Piccole Età Glaciali) e prolungati minimi di attività solare e tra i periodi caldo-aridi (Incremento dell'Effetto Serra) e una marcata e prolungata attività solare. I periodi caldi e freddi si sono alternati con una ciclicità di circa 1.000 anni (Mazzarella et al., 2007).

L'attuale riscaldamento non sarebbe legato ai gas serra:

Il periodo attuale rappresenterebbe quindi la transizione climatica tra la Piccola Età Glaciale e il prossimo periodo caldo che possiamo definire "Incremento dell'Effetto Serra" del Terzo Millennio e che si sta instaurando a prescindere dalla produzione di gas antropogenici (Pagliuca e Ortolani, 2007).

Sulla base della ciclicità individuata, gli autori si spingono a prevedere il clima del futuro, anche questo non influenzato dall'uomo. Le buone notizie sono che l'attuale riscaldamento è temporaneo e dovrebbe interrompersi nei prossimi decenni, per proseguire a partire dal 2050:

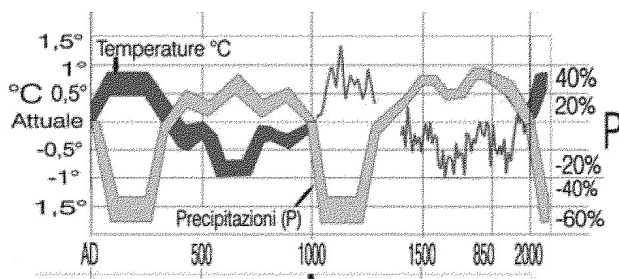
Da 67 anni il sole è in uno stato di grande massimo (dal 1940), che, secondo le previsioni dei fisici solari, dovrebbe essere interrotto dal primo minimo del 3° millennio che dovrebbe iniziare tra il 2015-2025 circa (...). Tale minimo corrisponderebbe al minimo di Oort che determinò una serie di catastrofi idrogeologiche tra il 1020 e 1050 circa.

Dopo il previsto minimo che dovrebbe provocare un'inversione di tendenza rispetto all'evoluzione climatica delle ultime decine di anni con conseguente disordine idrologico e aggravamento dei dissesti idrogeologici, il sole, intorno alla metà del XXI secolo, dovrebbe riprendere un'attività da grande massimo per almeno 100-150 anni ancora determinando la definitiva traslazione delle fasce climatiche verso nord e l'instaurazione di condizioni desertiche (precipitazioni piovose comprese tra 200 e 250 mm/anno) lungo le fasce costiere del Mediterraneo centro-meridionale, come durante il Periodo Caldo Medievale (Mazzarella et al., 2007).

Pur se in Pagliuca e Ortolani (2007) la ciclicità millenaria è indicata anche come esatta (*“le attuali modificazioni climatico-ambientali si stanno progressivamente instaurando nell'area mediterranea, esattamente secondo una ciclicità millenaria”*), i conti non tornano.

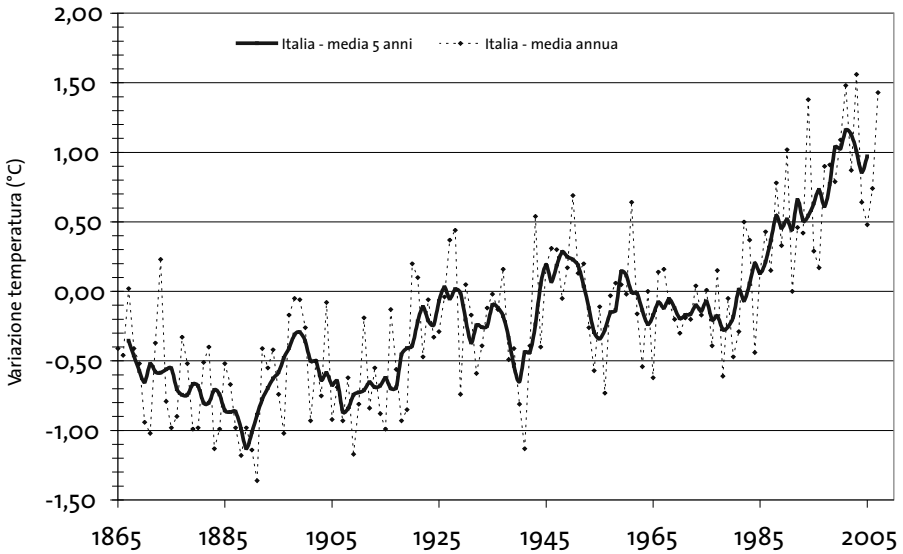
Nel grafico pubblicato nel volume del CNR (figura 30) si nota che il periodo caldo medioevale, *“connesso a una intensa attività solare durata dal 1100 circa al 1270 circa”*, sarebbe stato più caldo dell'attuale di poco più di 1 °C, mentre il precedente *“Effetto serra romano”*, posizionato nel periodo 150-350 d.C., sarebbe stato più caldo di 0,8 °C. Dopo il 1850 si registra una netta diminuzione delle temperature seguita da una brusca risalita, poco compatibile con i dati delle temperature medie italiane che mostrano nello stesso periodo (figura 31) un andamento completamente diverso (Brunetti, 2007). Da segnalare inoltre che in altre due pubblicazioni del 2001 (Ortolani e Pagliuca, 2001a; 2001b) e del 2003 (Ortolani e Pagliuca, 2003) è stato proposto lo stesso andamento delle temperature dell'area mediterranea, con una variazione nella scala delle temperature: il periodo caldo medioevale

**FIGURA 30. TEMPERATURE E PRECIPITAZIONI NELL'AREA MEDITERRANEA NEGLI ULTIMI 2.000 ANNI SECONDO S. PAGLIUCA E F. ORTOLANI**



Variazioni delle temperature rispetto ai valori "attuali". Fonte: Pagliuca e Ortolani, 2007

FIGURA 31. TEMPERATURE MEDIE IN ITALIA NEL PERIODO 1865-2007



Variazioni della temperatura rispetto alla media 1961-1990. Fonte: Brunetti, 2007

raggiungeva temperature superiori di 2 °C a quelle odierne. In altre parole, la scala delle temperature è stata dimezzata nelle pubblicazioni del 2007 rispetto a quelle del 2001-2003, scrivendo 0,5 al posto di 1 e 1 al posto di 2 a fianco delle graduazioni dell'asse delle ordinate del grafico.

In ogni caso, il problema principale è che questi andamenti della temperatura non sembrano avere molto fondamento. Gli autori non forniscono dettagli sui metodi utilizzati per una stima delle temperature che, a meno del cambio di scala, sembrerebbe precisa, senza grandi margini di incertezza. Eppure sembrerebbe ricavata da analisi stratigrafiche, ossia sulla tipologia dei sedimenti geologici in diverse parti d'Italia, con grandissimi problemi nello stabilire un legame fra i sedimenti e la temperatura dell'atmosfera.

In tutte le ricostruzioni delle temperature del passato, effettuate con tanti tipi diversi di tecniche (dendometriche, isotopiche ecc.), più si va indietro nel tempo più crescono le incertezze, i margini di errore. Gli intervalli di confidenza nelle stime delle temperature passate, che hanno provocato aspre contese fra i paleoclimatologi (pag. 80), non sono nemmeno nominati.

Infine, un grande campanello di allarme deriva dal fatto che gli autori non fanno il minimo sforzo per confrontare le loro ricostruzioni delle temperature con quelle proposte da altri autori. E non solo sulle temperature del passato, ma con quelle effettivamente misurate dagli strumenti, negli ultimi 150 anni.

## 11, 22, 60 ANNI

L'esistenza, inoltre, di una modulazione solare significativa della temperatura dell'aria globale  $T$ , sia nel dominio del tempo che in corrispondenza dei cicli di 11, 22 e 60 anni, dimostra la realtà fisica di una variabilità naturale di origine esclusivamente solare e non ascrivibile certamente ad attività umana alcuna (Mazzarella, 2003).

Uno degli autori delle ipotesi sulle ciclicità millenarie ha proposto anche una teoria secondo cui la temperatura del pianeta seguirebbe cicli di 11, 22 e 60 anni. Anche questa ipotesi non è confutabile perché non è mai stata presentata in pubblicazioni scientifiche, mostrando eventuali punti di forza ed eventuali punti deboli di queste correlazioni. L'autore ha comunque ribadito questa teoria, pur limitandola al ciclo di 60 anni e per la temperatura dell'emisfero nord:

La ricerca di Adriano Mazzarella ha ora evidenziato una serie di cicli ricorrenti, lunghi 60 anni, in una serie di parametri atmosferici e geofisici, utilizzando i dati dal 1868 a oggi: la turbolenza del vento solare, la durata del giorno misurata tramite la differenza tra la durata teorica del giorno, 86.400 secondi, e quella calcolata astronomicamente, la temperatura dell'aria dell'emisfero settentrionale e l'intensità delle correnti occidentali, misurata tramite il dislivello di pressione atmosferica tra le latitudini di 35° Nord e 55° Nord (Giuliaci e Giuliaci, 2007).

La spiegazione si basa su fenomeni "a cascata":

Un graduale aumento della turbolenza del vento solare, attraverso perturbazioni del campo geomagnetico, potrebbe influenzare i movimenti all'interno del nucleo terrestre, dove si originano le linee di flusso del campo magnetico. A causa delle interazioni tra nucleo esterno, che è fluido, e mantello terrestre, che circonda il nucleo esterno ed è solido, ciò potrebbe riflettersi in una diminuzione della velocità di rotazione della Terra. Se la Terra ruota più lentamente aumenta però la durata del giorno, sia pure di decimi di millisecondo, e questo processo è a sua volta in grado di causare un'accelerazione delle correnti atmosferiche che fluiscono prevalentemente lungo i paralleli, dette correnti zonali.

Poiché l'energia cinetica del sistema Terra-atmosfera nel suo complesso deve rimanere costante, se il pianeta rallenta il suo moto di rotazione le masse d'aria devono quindi muoversi più velocemente. Correnti zonali più intense rendono però più difficili gli scambi di masse d'aria dalle basse verso le alte latitudini e viceversa, e quindi viene rallentata anche la propagazione del calore accumulato nella fascia tropicale verso i poli: il risultato è una diminuzione della temperatura media del pianeta. Viceversa, nei periodi in cui la turbolenza solare tende a diminuire, la velocità di rotazione aumenta, la durata del giorno diminuisce, le correnti zonali si fanno più deboli e, grazie a una più efficace distribuzione del calore, le temperature medie del pianeta crescono (*id.*).

Siamo nel campo della fantascienza, il modo migliore per introdurre la prossima ipotesi.

## ANCHE PLUTONE SI SCALDA

Su Marte non si trovano certo grandi metropoli asfissiate dallo smog e brulicanti di gente. E difficilmente individueremo raffinerie di petrolio quando ci spingeremo a esplorare i gelidi Plutone e Tritone, luna ghiacciata di Nettuno. Neanche è immaginabile aspettarsi su Giove autostrade affollate di vetture avvolte nei fumi dei tubi di scappamento. Eppure questi pianeti, come la Terra, si stanno surriscaldando! (*id.*).

Dunque anche altri pianeti si scaldano. La cosa viene affermata senza ombra di dubbio, spesso da chi per anni ha negato il riscaldamento della Terra, con gli argomenti di cui si è parlato nei capitoli precedenti: i dati sono pochi, non sono rappresentativi, non sono affidabili, ci sono errori di misura ecc.

Per il riscaldamento degli altri pianeti del sistema solare le cautele non valgono. Eppure ce ne sarebbe motivo: i dati disponibili sono più fragili, coprono pochi anni e in qualche caso pochi mesi. Inoltre, gli altri pianeti sono un po' diversi dalla Terra: su Giove piove elio, Marte non ha le nuvole e non ha un campo magnetico, Plutone ha un anno solare della durata di 280 anni terrestri.

Le cause del riscaldamento sarebbero le stesse a lungo invocate per il nostro pianeta: la variazione ciclica nell'attività del sole e la radiazione cosmica. L'ultima è proposta anche per il riscaldamento di pianeti che non hanno nuvole, per i quali non potrebbe funzionare il meccanismo con cui la radiazione cosmica incrementa la temperatura, aumentando i nuclei di condensazione del vapore d'acqua e quindi le nubi.

Come ha scritto Ugo Bardi, *“si dovrebbe buttar via un secolo di ricerca climatologica sul nostro pianeta, di cui molto ormai sappiamo, sulla base di pochi mesi di dati su pianeti di cui sappiamo pochissimo”* (Bardi, 2007).

Sarebbe uno scetticismo proprio strano, perché a una analisi anche non troppo approfondita si scopre che il riscaldamento vale solo per alcuni pianeti, è di entità molto diversa e ha cause differenti.

Marte si sta scaldando, si dice, come la Terra. In effetti Marte si è scaldato di  $+0,6$  °C in 20 anni. La Terra si è scaldata di  $0,6$  °C dal 1900 a oggi. Sei decimi di grado, lo stesso incremento per i due pianeti. Ma il periodo è diverso, quindi le due variazioni di temperatura non sono simili ma molto diverse: Marte si è scaldato cinque volte più velocemente della Terra. La spiegazione più accreditata per il riscaldamento di Marte è il cambiamento di albedo, ossia della riflettività della superficie del pianeta, a causa dell'aumento dei venti e delle tempeste che spazzano la superficie del pianeta, scoprendo la roccia più scura al di sotto della polvere più chiara. Gli studiosi di un centro californiano della NASA, che hanno pubblicato questa teoria su *Nature* (Fenton et al., 2007), dichiarano senza problemi le molte incertezze presenti: non si sa come questi cambiamenti di albedo possono influenzare la circolazione dei venti, il trasporto della stessa polvere e quindi determinare effetti di feedback, di retroazione, che possono influenzare il clima. Le tempeste di polvere, il bilancio energetico dei poli, la temperatura del pianeta dipendono da molti fattori, e il loro lavoro, pur di grandissimo valore, ha solo studiato uno di questi fattori, l'albedo, tramite un modello matematico.

Il riscaldamento di Giove sarebbe evidenziato dallo svilupparsi di cicloni, di vortici di migliaia di chilometri di diametro sulla sua superficie. La principale spiegazione proposta per l'incremento di questi vortici non considera la variazione dell'attività del sole, ma cicli di 60 anni con cui si alternano i grandi vortici e dinamiche più turbolente e irregolari dell'atmosfera del più grande pianeta del sistema solare (Marcus, 2004).

Il riscaldamento di Saturno ( $+2$  °C) è stato registrato al polo sud, non su tutto il pianeta. Non si hanno molti dettagli sull'entità e la durata del riscaldamento; non si può escludere che il fenomeno sia simile a quanto succede sulla Terra, nelle stagioni calde, o al fatto che Saturno sia nella parte della sua orbita in cui si sta avvicinando al sole, e quindi sarebbe strano se si raffreddasse. Un'altra prova del riscaldamento sarebbe l'osservazione di un grande uragano al polo sud di Saturno, simile a quelli che si vedono sulla Terra. Da qui le

battute: ci sono gli uragani ma non ci sono i SUV e le centrali a carbone a causarli. Ma le somiglianze finiscono qui: il vortice se ne sta fermo, e non ha, al di sotto, un oceano, perché Saturno è un pianeta gassoso.

Anche Nettuno si è scaldato dopo il 1980, molto dopo l'inizio del riscaldamento della Terra. Le correlazioni con l'intensità della radiazione solare sono deboli, e ci potrebbero essere altre cause interne al pianeta. Ad esempio il fatto che l'"anno solare" di Nettuno dura 164 anni terrestri. Il pianeta ha un'inclinazione assiale di 28 gradi, confrontabile con i 23 gradi che sulla Terra determinano le stagioni. Nettuno è un pianeta gassoso, quindi non è chiaro quale sia l'effetto delle stagioni, ma 20 o 30 anni di osservazioni sembrano un po' pochi per parlare di tendenze a lungo termine.

Tritone, la più grande luna di Nettuno, secondo le misure effettuate nel 1998 dal telescopio Hubble sembra stia scaldandosi. Le precedenti misure erano state effettuate dalla missione Voyager nel 1989. Tritone è trenta volte più lontano dal sole della Terra, la temperatura è passata da  $-235\text{ °C}$  a  $-233\text{ °C}$ . Un aumento di circa  $2\text{ °C}$  in 9 anni. La superficie del pianeta, fatta di azoto ghiacciato, si sta sciogliendo e diventando gas (Elliot et al., 1998) rendendo l'atmosfera più densa. Questo comporta l'aumento di temperatura, dovuto anche alla minore riflettività del pianeta per via della diminuzione delle superfici ghiacciate. Fra le spiegazioni proposte c'è anche quella di un'attività vulcanica presente sul pianeta.

Infine, anche Plutone si sta scaldando, di circa  $2\text{ °C}$  in 14 anni. È il più lontano dei pianeti, una distanza dal sole pari a quaranta volte quella della Terra. Poco si sa di un pianeta così lontano, non più considerato dagli astronomi come appartenente al sistema solare, con una strana orbita ellittica il cui anno dura 248 anni terrestri e con una temperatura superficiale stimata fra  $-213$  e  $-230\text{ °C}$ . Plutone non è mai stato visitato da alcuna sonda spaziale di fabbricazione umana, e pertanto molte misurazioni relative alla sua natura fisica, dovute ai telescopi, sono approssimative e non confermate. Si ritiene che possieda una debole atmosfera, composta prevalentemente da metano, argon, azoto, monossido di carbonio e ossigeno, ma con una pressione atmosferica estremamente bassa e variabile al variare della distanza del pianeta dal sole e con il ciclo delle stagioni: a distanze maggiori dal sole l'atmosfera congela e precipita sulla superficie. Fra le spiegazioni per il suo lieve riscaldamento, oltre alla possibile attività vulcanica, c'è anche un effetto di riscaldamento ritardato per la passata maggiore esposizione al sole: così come le ore più calde sulla Terra sono alle 2 o alle 3 del pomeriggio, piuttosto che a mezzogiorno, il riscaldamento di Plutone potrebbe continuare per i prossimi 13 anni (Britt, 2002).

Nell'elenco dei pianeti che si scaldano ne mancano due, Mercurio e Venere; sono i più vicini al sole, quindi dovrebbero anch'essi risentire della variazione della sua attività. Venere è forse il pianeta più simile alla Terra, ha più o meno la stessa massa, la sua temperatura ( $467\text{ °C}$ ) è mantenuta da un potente effetto serra, simile a quello terrestre, causato da un'atmosfera di pura  $\text{CO}_2$ . Una temperatura maggiore di quella di Mercurio, che pur si trova molto più vicino al sole, ma non avendo l'atmosfera e ruotando molto lentamente ha una grande escursione termica fra il lato esposto al sole, che può raggiungere i  $450\text{ °C}$ , e quello in ombra in cui si toccano i  $-170\text{ °C}$ .

L'assenza di questi due pianeti non viene notata, ma dovrebbero risentire più di Plutone di un'ipotetica variazione della radiazione solare. Il problema principale della spiegazione planetaria dell'effetto serra terrestre è semplice: nessuno dei parametri conosciuti legati più o meno direttamente al sole (numero di macchie solari, intensità della radiazione solare, raggi cosmici



che raggiungono la Terra) ha mostrato variazioni significative negli ultimi decenni (Lockwood e Frohlich, 2007). Non è possibile spiegare l'andamento delle temperature del pianeta Terra senza considerare l'effetto dei gas serra prodotti dalle attività umane (IPCC, 2007b). Insomma, la teoria del riscaldamento dei pianeti di tutto il sistema solare sembra davvero poco solida. Non è facile costruire una teoria cosmica alternativa all'effetto serra.

## DISCONTINUITÀ

Come mai un processo rettilineo come la crescita della CO<sub>2</sub> produce dei gradini come l'aumento di temperatura di fine anni '80 a livello globale ed europeo? (Mariani, 2007b).

Secondo un'altra teoria, nell'andamento delle temperature (italiane, europee o globali) sono individuabili dei gradini, delle "discontinuità", e questo non sarebbe compatibile con l'aumento lineare di CO<sub>2</sub>. A favore di questa tesi si citano delle elaborazioni statistiche che proverebbero la presenza di questi "gradini". In realtà è una cosa normale che in un andamento di crescita irregolare, con fluttuazioni intorno all'aumento medio, si possano individuare attraverso test statistici delle discontinuità.

Se si guarda l'andamento delle temperature globali mostrato in figura 9, è difficile individuare dove sia la discontinuità.<sup>30</sup> In ogni caso, in che modo queste discontinuità mettono in discussione il consenso raggiunto sul contributo umano all'aumento di temperatura dell'ultimo secolo? In nessun modo: non c'è una causa alternativa proposta che spieghi il presunto aumento repentino delle temperature di questo periodo. Se la colpa fosse ad esempio di fenomeni oscillatori tipo El Niño, sarebbero in grado di giustificare un'anomalia della temperatura, non il fatto che dopo l'anomalia stessa le temperature siano mediamente più alte: il bilancio termico del pianeta giustifica l'aumento di temperature solo se si considera l'effetto dei gas serra (Hansen et al., 2007).

A livello locale, in alcune stazioni, è possibile che si possano rilevare discontinuità più significative, perché potrebbero essere dovute a cambiamenti dei fenomeni circolatori dell'atmosfera, causati anche dai cambiamenti climatici. Ma la lettura globale di questi fenomeni è errata. Non è un caso che nella letteratura scientifica e nel Quarto Rapporto IPCC-WG1 l'argomento non esista.

## IL CICLO DEGLI URAGANI

Sembra che gli uragani presentino un ciclo multidecadale, una sorta di oscillazione che si ripete ogni 25 anni, in cui si assiste a una fase parossistica seguita poi da una più tranquilla (Grosso, 2007c).

Siccità e alluvioni ci sono sempre stati. I libri degli storici del clima sono pieni di esempi, un lungo elenco di morte e distruzione portata dalla "natura matrigna". La domanda che si è affacciata di recente è semplice: può davvero l'uomo interferire con la forza della natura, con le tempeste e gli uragani?

Il dibattito è stato furioso negli Stati Uniti dopo il disastro epocale causato dall'uragano Katrina a New Orleans il 29 agosto 2005. Un uragano di grande intensità che ha sfiorato la città di New Orleans, riuscendo comunque a causare danni epocali per la debolezza delle difese della città (Mooney, 2007).

In Italia l'argomento uragani è poco considerato, dato che dalle nostre parti di uragani non ce ne sono, fortunatamente. Ma è arrivato l'eco della polemica statunitense, con la domanda: è colpa dei cambiamenti climatici quanto successo a New Orleans? Oppure è un normale fenomeno ciclico?

La domanda è mal posta: non c'è modo di dimostrare se e in che modo un singolo uragano sia provocato dai cambiamenti climatici. Gli eventi meteorologici dipendono da fattori deterministici (fra cui le temperature del pianeta) e da fattori casuali, non riproducibili singolarmente. La Terra è una sola e la sua meteorologia segue una delle infinite possibili evoluzioni. Per dimostrare che un singolo uragano sia causato dal riscaldamento globale sarebbe necessario avere un'altra Terra, simile alla nostra, a cui da un certo punto in poi togliere i gas serra, vedendo come il sistema evolve, se si forma o no lo stesso uragano rispetto alla Terra "originale".

Il modo corretto per affrontare il problema non è guardare il singolo caso ma cercare un legame statistico fra il riscaldamento del pianeta e l'attività degli uragani, espressa non solo dal loro numero ma soprattutto dalla loro forza.

Gli scienziati di RealClimate hanno spiegato l'influenza di questa componente casuale con l'esempio di un dado truccato in modo tale da provocare l'uscita di un numero, ad esempio il sei, doppia del normale (RealClimate, 2005c): lanciando una sola volta il dado non possiamo trarre alcuna conclusione, non possiamo dare la colpa al trucco fatto sul dado per l'uscita del sei, in quanto il sei avrebbe potuto comunque uscire nel dado non manomesso; con molti lanci, il sei sarebbe uscito un sesto delle volte. Analogamente, non si può trarre alcuna conclusione da un singolo uragano, perché anche senza il riscaldamento globale ne sarebbero avvenuti. Più in generale, l'evidenza scientifica disponibile indica che è probabile che il cambiamento climatico provocherà (e in parte sta già provocando) un aumento degli uragani più distruttivi.

Non è quindi molto utile discutere in che misura Katrina o altri specifici uragani siano provocati dalle attività umane; conviene ragionare sulla probabilità che il riscaldamento del pianeta renderà in futuro più frequenti gli uragani di grande intensità. E questo è stato un punto molto controverso, nel passato. Alcuni importanti studi scientifici hanno mostrato un aumento nel numero di uragani di grande intensità negli ultimi decenni (Webster et al., 2005; Kerry, 2005), mentre il numero complessivo degli uragani sembra non variare significativamente. La spiegazione starebbe nell'aumento di temperatura del mare nelle zone calde (ad esempio i Caraibi) che fornisce più energia agli uragani, per crescere e raggiungere i livelli più alti della scala che valuta la loro forza.

Il Quarto Rapporto IPCC-WG1 (Trenberth et al., 2007) segnala che globalmente si registra dal 1970 un incremento del potenziale di distruzione degli uragani. Non è un incremento graduale, perché la frequenza degli uragani è pesantemente influenzata da fenomeni naturali quali El Niño. Il rapporto scrive anche che è probabile che ci sia stato un aumento delle precipitazioni di grande intensità in molte regioni, anche in quelle in cui il totale di precipitazione annuo è diminuito: questo è congruente con il fatto che in un clima caldo ci sia più vapore acqueo nell'atmosfera.

Per il futuro, è probabile l'aumento dell'intensità dei cicloni tropicali (IPCC, 2007c); ma per chi non vive ai tropici, è più preoccupante un'altra delle frasi contenute nel Quarto Rapporto: *"è molto probabile che eventi di estremo caldo, ondate di calore e forti precipitazioni continueranno a diventare più frequenti"* (id.).

## BOX

## TEMPO E CLIMA

*“Se il riscaldamento è globale, come mai a Parigi fa così freddo? Perché devo indossare la lana al mattino, perché mi cola il naso passeggiando sul boulevard per andare a comprare i giornali?” (Ferrara, 2007).*

Frequente è la confusione fra tempo e clima. Il tempo è quello che si vede fuori dalla finestra. Il clima è la situazione atmosferica globale, che deve essere valutata sui lunghi periodi, di decenni o più. L'errore è in entrambi i sensi. Un periodo un po' più caldo della media è immediatamente addebitato all'effetto serra; all'opposto un periodo più freddo della media serve per mostrare che il riscaldamento globale non è in atto. Anche se spesso si parla di “riscaldamento globale”, la teoria dell'effetto serra non prevede che dappertutto e sempre le temperature medie di un mese o di un anno siano più calde del passato, che dappertutto ogni anno sia più caldo del precedente. È questa una semplificazione, brutale, operata raramente dagli scienziati del clima, ma spesso dai media. Pur se l'Artico si sta scaldando, non è saggio recarvisi aspettandosi un caldo superiore alla media: potrebbero anche essere giorni molto freddi in un anno più caldo della media. Se chi si prende un principio di congelamento in una spedizione nell'Artico sono ricercatori che credono nel riscaldamento del pianeta, saranno facilmente derisi (Proietti, 2007a). L'ironia arriverà anche quando la riunione di una commissione che deve discutere le politiche climatiche è ostacolata dalle temperature molto rigide e da bufere di neve (figura 32); oppure per un presunto concerto contro il riscaldamento globale, ostacolato dal freddo (Lottieri, 2007). All'opposto, è a volte attribuito alle temperature di Washington superiori ai 38 °C del 23 giugno 1988 il grande impatto delle dichiarazioni del climatologo James Hansen nell'audizione di quel giorno alla Commissione sull'Energia e le Risorse Naturali del Senato degli Stati Uniti, in cui egli affermò il legame fra il riscaldamento del pianeta e l'uso dei combustibili fossili. Sembrerà difficile, ma bisogna adattarsi: anche con il riscaldamento globale le ondate di gelo invernale saranno possibili. Saranno solo meno frequenti.

FIGURA 32. IRONIA NEGAZIONISTA SU TEMPO E CLIMA



---

**BOX****CLIMATOLOGIA E METEOROLOGIA**

Climatologia e meteorologia sono ormai due discipline differenti. La climatologia è nata dalla meteorologia, ma ha ormai assunto un suo ruolo, più multidisciplinare, perché deve considerare le interazioni fra l'atmosfera, gli oceani, la biosfera e le masse ghiacciate. Entrambe hanno a che fare con la fisica dell'atmosfera, ma usano strumenti diversi perché anche gli obiettivi sono diversi. Da un lato le previsioni del tempo a breve o medio termine (ore, giorni, settimane, mesi), dall'altro l'evoluzione del tempo medio (il clima) su scale temporali e spaziali completamente diverse. I due piani sono spesso confusi: ai meteorologi si chiedono valutazioni sull'evoluzione del clima del pianeta, pur se spesso a loro manca la preparazione adeguata per comprendere tutte le componenti e le dinamiche del sistema climatico; non a caso fra i meteorologi si trovano spesso negazionisti climatici.

---

## IL LIVELLO DEL MARE

*Un po' cerchiamo di contare sulla fortuna, perché se invece le cose stanno come scrivono gli scienziati, una parte degli scienziati... ogni giorno leggo libri ... Napoli scompare, Venezia va sotto il mare... (Testa, 2007)*

Il livello medio globale dei mari sta crescendo: i dati sono tanti e sono congruenti fra i diversi sistemi di misura. La velocità con cui è cresciuto dal 1993 al 2003, pari a circa 3,1 mm per anno, è maggiore della velocità dei decenni precedenti, pari a 1,8 mm per anno (IPCC, 2007b).

Questi dati si riferiscono al livello medio del mare in tutto il pianeta, ma per i singoli oceani e per specifiche zone costiere le cose possono cambiare. Contrariamente a quanto siamo portati a pensare guardando la superficie del mare, i mari e gli oceani del nostro pianeta non sono tutti allo stesso livello. L'altezza del mare dipende dalla densità dell'acqua, legata al contenuto salino e alla temperatura, dalle correnti locali, dai venti e dalla pressione atmosferica. Alcuni mari confinati possono avere dinamiche molto diverse dai vicini oceani. Ad esempio il mare Mediterraneo si innalza molto meno dell'oceano Atlantico, per via della strettoia dello stretto di Gibilterra.

Capire le dinamiche dell'innalzamento del livello del mare è davvero difficile, in quanto ci sono molti meccanismi complessi, ognuno con la sua scala temporale: l'espansione termica del mare (il riscaldamento di tutti i liquidi ne aumenta di volume), la variazione degli apporti da terra per via delle variazioni nei bilanci idrologici, la fusione dei ghiacciai o delle calotte polari.

Di tutti questi fenomeni, si sa che la fusione dei ghiacci presenti ai poli è quello potenzialmente più pericoloso, in grado di innalzare il livello del mare fino a 64 metri (Lemke et al., 2007). Sono fenomeni ancora poco conosciuti e per questo, come si dirà fra poco, più preoccupanti. I modelli matematici sono in difficoltà nel descrivere tutti i fenomeni che portano all'innalzamento del livello del mare: questo non significa che forniscano stime pessimiste, catastrofiste. Anzi, le proiezioni effettuate negli scorsi anni si sono rivelate ottimiste, proponevano valori leggermente inferiori all'effettivo innalzamento del mare che si è poi verificato.

Le proiezioni del Quarto Rapporto IPCC prevedono un innalzamento del livello del mare per la fine del XXI secolo da 20 a 60 cm; non è un unico valore, ma un intervallo che tiene conto di diverse ipotesi di traiettorie delle emissioni nel XXI secolo.<sup>31</sup> Sono previsioni basate sui risultati dei modelli matematici, che come detto non riescono a considerare con buona affidabilità i futuri contributi della fusione delle calotte glaciali.

Un approccio alternativo è stato proposto in un articolo pubblicato nel gennaio del 2007 sulla rivista *Science* dal climatologo tedesco Stefan Rahmstorf (Rahmstorf, 2007). È un approccio empirico: senza preoccuparsi di descrivere tutti i processi fisici, Rahmstorf si è basato sui dati disponibili sull'innalzamento del mare e sulle temperature del pianeta e ha studiato il loro legame. Secondo gli esperti di paleoclimatologia, tre milioni di anni fa, con una temperatura di circa 2-3 gradi più alta di oggi, il mare era dai 25 ai 35 metri più alto. Al culmine dell'ultimo periodo glaciale di 20.000 anni fa, a una temperatura inferiore a oggi di circa 4-7 °C corrispondeva un livello del mare 120 metri inferiore a quello di oggi. Si può quindi dire che per ogni grado di aumento o diminuzione della temperatura il livello del mare si alza o si abbassa da 10 a 30 metri.

Il punto è che l'innalzamento del livello del mare ha un ritardo rispetto alla sua causa principale, il riscaldamento della superficie del pianeta. Il calore deve essere immagazzinato nell'oceano, i ghiacciai devono sciogliersi, per raggiungere l'equilibrio ci vogliono secoli, anche un millennio se la perturbazione è importante. Per studiare la velocità con cui si arriva all'equilibrio Rahmstorf ha proposto l'analisi dei dati sperimentali delle variazioni delle temperature annuali e dell'innalzamento del livello del mare dal 1881 al 2001: dalla buona correlazione fra questi dati si desume non solo che per ogni grado centigrado di incremento della temperatura si ha un innalzamento del livello del mare di circa 3,4 mm/anno, ma con una temperatura inferiore di circa 0,5 °C rispetto alla media del periodo 1950-1980 l'innalzamento del mare è nullo. Come visto a pag. 56, questa temperatura è all'incirca quella del periodo pre-industriale, il che significa che prima della perturbazione dei gas serra il livello del mare e le temperature non erano lontane dall'equilibrio (Rahmstorf, 2007). Un'ulteriore prova della sostanziale stabilità delle temperature dell'Olocene, gli ultimi 10.000 anni, e del fatto che l'anomalia dell'attuale riscaldamento globale è effettiva e non può essere spiegata con errori di misura, isole di calore ecc.

Se si utilizza questo approccio parametrico per una proiezione degli innalzamenti in corrispondenza dell'aumento delle temperature previsto per il futuro, si arriva a una stima di innalzamento nel 2100 da 50 a 140 centimetri in più del livello del 1990. Sono stime molto più elevate delle proiezioni effettuate dall'IPCC (da 20 a 60 cm), tanto criticate per essere catastrofiste.

Insomma, anche su questo punto sembrano non esserci dubbi: tutte le evidenze indicano che in futuro l'innalzamento del livello del mare sarà più veloce che nel passato, vicino all'estremo superiore degli intervalli indicati dai rapporti IPCC. Chi in passato ha negato questi fatti ora è sempre più in difficoltà.

Un metro di innalzamento del livello del mare non è poco, è sufficiente per mettere a rischio centinaia di milioni di persone che vivono in aree costiere. Ma c'è un altro problema, ancora più importante: i possibili contributi da uno scioglimento accelerato delle calotte ghiacciate. Mentre non cambia il livello del mare la fusione della banchisa, ossia il ghiaccio galleggiante, contributi significativi possono arrivare dal ghiaccio che appoggia sulla terraferma, sulla roccia generalmente, principalmente in Groenlandia e nell'Antartico. Fra il 1993 e il 2003 la Groenlandia e l'Antartide hanno già molto probabilmente contribuito all'innalzamento del livello del mare (IPCC, 2007b), con dinamiche in passato sconosciute, ma che sono state comprese proprio durante alcuni fenomeni di disgregazione accelerata e spettacolare del ghiaccio dell'Antartico e della Groenlandia (Zwally, 2002); ulteriori contributi sono eventi probabili, non possibilità ipotetiche.

## INSTABILITÀ E NON LINEARITÀ: UNO SGUARDO ALLA CATASTROFE

Siamo arrivati al punto più importante, più incerto e potenzialmente pericoloso dei cambiamenti climatici: la possibilità di fusione di parti consistenti dei ghiacci della Groenlandia e della Penisola ovest antarctica (West Antarctic Ice Sheet, in seguito WAIS), con pesanti conseguenze sull'innalzamento del livello dei mari.

La posizione negazionista su questo problema è semplice: consiste nell'ignorarlo e nel definire allarmisti e catastrofisti quanti se ne preoccupano o anche solo ne parlano. All'opposto, non sarebbe difficile descrivere un quadro terrificante, da fine del mondo imminente, così caro al cinema, alla stampa e all'informazione televisiva.

Non è facile affrontare il tema, cogliendo le sfumature nelle diverse posizioni degli studiosi che ne discutono e con il coraggio di "reggere lo sguardo" davanti alla catastrofe. La produzione scientifica è ampia per un dibattito affascinante e serio, senza il minimo accenno a reciproche accuse di catastrofismo o di colpevole sottovalutazione del problema. Le incertezze sono discusse e valutate senza reticenze.

Innanzitutto va detto che non è un tema nuovo: il primo articolo che pose in modo esplicito il problema uscì nel 1978 su *Nature*. Mentre, come raccontato in precedenza, alcuni discutevano dell'avanzata dei ghiacciai alpini, l'articolo di John Mercer intitolato "*Calotta glaciale ovest antarctica e l'effetto serra della CO<sub>2</sub>*" presentava l'idea che i cambiamenti climatici potessero provocare una rapida deglaciazione del WAIS con un aumento del livello del mare di 5 metri.

Un'idea che è diventata un "paradigma" per una generazione di ricercatori, e "*un'icona del movimento ambientalista*", come è scritto in uno dei lavori più importanti pubblicati recentemente, intitolato *Il collasso della calotta glaciale dell'Antartico occidentale: caduta e ascesa di un paradigma*, autore David Vaughan del British Antarctic Survey di Cambridge (Vaughan, 2007). Come si intuisce dal titolo del lavoro, Vaughan ha mostrato come la teoria di Mercer, per anni accantonata, sia tornata recentemente alla ribalta proprio perché si sono verificate alcune previsioni contenute nel lavoro di trent'anni or sono, si sono visti alcuni fenomeni di instabilità delle calotte glaciali indicati come "segnali" da Mercer. Secondo Vaughan, mentre non sembra plausibile un'imminente minaccia di innalzamento del livello del mare di 5 metri per il completo collasso del WAIS, ci sono evidenti segni di rapidi cambiamenti in alcune parti del WAIS, che hanno il potenziale di innalzare il mare nei prossimi due secoli di 1,5 metri.

I prossimi anni saranno quindi fondamentali per capire cosa sta succedendo e succederà a fine secolo. Dalle osservazioni satellitari si potrà controllare l'evoluzione dei preoccupanti segnali notati negli ultimi anni, la disgregazione delle calotte glaciali, magari riuscendo a modellizzare con maggiore affidabilità i meccanismi e i fattori dominanti la loro instabilità. Dalle perforazioni dei ghiacci si potrà capire come si sono comportate nel passato queste enormi masse glaciali, come hanno reagito agli aumenti di temperatura dello scorso periodo interglaciale, quando le temperature erano più alte di oggi di qualche grado; livelli di temperature che potrebbero essere raggiunti a fine secolo. Come ha notato Vaughan "*è ironico che i dati più importanti che potrebbero migliorare la nostra comprensione della possibilità del collasso del WAIS siano seppelliti sotto le calotte glaciali*".

È questo il tema "caldo" del momento e non deve essere stato facile il lavoro degli scienziati incaricati dall'IPCC di valutare e sintetizzare le attuali conoscenze. Non è quindi un

caso se l'ultimo rapporto IPCC ha dedicato molte pagine all'argomento: mentre nel capitolo *“Osservazioni: cambiamenti nelle nevi, nei ghiacci e nelle terre ghiacciate”* ci sono nove pagine sulle misure della stabilità delle calotte glaciali, nel capitolo *“Proiezioni climatiche globali”* si parla del futuro, dodici pagine di attenta analisi su quanto si può dire sulla stabilità di queste masse glaciali in un pianeta più caldo e sul loro contributo all'innalzamento del mare. C'è anche un riquadro di tre pagine di introduzione ai *“Cambiamenti climatici repentini, sorprese climatiche e cambiamenti irreversibili”*, in cui si spiega il concetto di cambiamento non lineare e irreversibile. Il tema è poi trattato nel capitolo *“Valutare le vulnerabilità chiave e il rischio dai cambiamenti climatici”*. Contrariamente alla leggenda negazionista che descrive i “Sommari per i decisori politici” come allarmisti e occultatori delle incertezze, il Sommario del Quarto Rapporto ammette che per quanto riguarda i processi che governano la vulnerabilità delle calotte di ghiaccio al riscaldamento *“La comprensione è limitata e non c'è accordo sulla loro entità”*.

In conclusione, c'è ancora tanto da chiarire sul legame fra l'aumento di concentrazioni di gas serra e le dinamiche delle calotte polari antartiche e della Groenlandia. È dunque il caso di aspettare a preoccuparsi, fino a quando non sarà tutto più chiaro?

Molti autorevoli conoscitori della scienza del clima pensano che la mancanza di certezze non possa essere una motivazione per ritardare l'azione. Non solo perché l'esito delle ricerche potrebbe mostrare una maggiore fragilità del sistema delle calotte polari, ma perché i grandi tempi di residenza della CO<sub>2</sub> e l'inerzia del sistema climatico e oceanico fanno sì che le decisioni di oggi potrebbero avere conseguenze irreversibili sulla stabilità delle calotte glaciali; se le temperature in questo secolo cresceranno troppo, le azioni successive non saranno in grado di evitare la disintegrazione di alcune importanti calotte glaciali antartiche (Oppenheimer, 1998).

Anche se il contributo dal WAIS fosse solo di 30 cm per secolo, sarebbe per Vaughan *“in grado di esacerbare i rischi per le comunità costiere di tutto il mondo e dovrebbe essere un motivo di costante preoccupazione”*.

Secondo il climatologo James Hansen, è necessario agire in fretta perché il riscaldamento del pianeta “già deciso” dagli attuali livelli di CO<sub>2</sub> – riscaldamento non ancora verificatosi per l'inerzia del sistema – farà salire le temperature medie globali del pianeta ai valori massimi del precedente periodo interglaciale (circa 125.000 anni fa), quando il livello del mare era 4-6 metri superiore a oggi (Jansen et al., 2007; Hansen, 2004).

Secondo Hansen il punto non è se e come le calotte polari risponderanno al riscaldamento del pianeta, ma quanto velocemente. Se la velocità della risposta fosse lenta, se ad esempio ci volessero molti secoli o millenni per intaccare significative porzioni dei ghiacci della Groenlandia o della penisola occidentale antartica, molto più del tempo richiesto all'umanità per agire e ridurre fortemente le emissioni e dell'inerzia del sistema clima, potremmo adottare la pratica del “wait and see”, cara al pensiero negazionista: aspettare ad agire fino a quando non c'è la chiara evidenza del problema: ci sarebbe comunque tempo per rimediare. Se invece il tempo di risposta delle calotte glaciali fosse di qualche secolo, dunque confrontabile con l'inerzia del sistema e i tempi di cambiamento delle attività umane, quando si vedranno con maggiore precisione segnali critici non ci sarà più tempo per fermarli.

Secondo altri studiosi, l'influenza umana su alcuni impatti così rilevanti, come la disintegrazione delle calotte glaciali, dovrebbe essere evitata a prescindere, indipendentemente



dalla scala temporale in cui essa potrebbe manifestarsi e dalla capacità umana di adattarsi a questi cambiamenti (Oppenheimer e Alley, 2004). La convenzione ONU sul clima definisce all'Articolo 2 il suo obiettivo "*evitare una dannosa interferenza antropogenica con il clima*": a lungo si è discusso come potesse essere meglio definita, misurata, questa "dannosa interferenza". Proprio la disintegrazione delle maggiori calotte polari è stata indicata come una delle possibili misure, da cui dovrebbero discendere scelte sui livelli di temperature e di concentrazioni di gas serra da non superare (Oppenheimer e Alley, 2005).

Il tema dell'instabilità delle calotte glaciali in un pianeta più caldo fornisce quindi motivi di seria preoccupazione e indica la necessità di azioni urgenti, indipendentemente dall'accordo sulla gravità della situazione o sulla lontananza del rischio di una catastrofe. Il termine "catastrofe" è d'altra parte ambiguo, viene riconosciuto in modo diverso a seconda della propria visione del mondo, del tempo.

Un geologo, un meteorologo o un politico sono abituati a ragionare con scale temporali differenti. Per un geologo può essere un evento catastrofico il fatto che in un millennio i ghiacciai si sciolgano in una misura insolita per i precedenti 10.000 anni. Per un meteorologo una catastrofe avviene in pochi giorni o settimane, una scala temporale molto più vicina ad Hollywood che alle dinamiche climatiche. Un politico raramente è interessato a problemi che vadano oltre l'orizzonte temporale del proprio mandato; ed è l'allargamento di questa prospettiva una delle sfide della lotta ai cambiamenti climatici.

## MODELLI E PREVISIONI

*In effetti, a metter bene il naso nelle questioni climatiche, si scopre che cause del riscaldamento globale alternative o coesistenti con l'emissione di CO<sub>2</sub> ce ne sarebbero, e pure credibili. (Vitulli, 2007b)*

Se la temperatura cresce e il clima cambia, la prima e più naturale difesa di un'argomentazione negazionista è: non è colpa degli uomini (né delle donne, naturalmente...). È una sorta di riflesso condizionato: generalmente chi assolve frettolosamente le attività umane non ha ancora davvero ammesso che il clima sta cambiando. Sostenere che il pianeta non si sta scaldando, ma che se succedesse non è colpa dell'uomo, è un po' come dire, nel linguaggio dell'umorismo anglosassone, *"non ho un'amante, ma se ce l'avessi è lei che mi ha sedotto"* (BBC, 2007).

Gli argomenti per sorreggere l'affermazione *"l'uomo non c'entra"* sono diversi, dal clima che è sempre cambiato alle colpe di altri (sole, vulcani ecc.). Del clima che da sempre cambia, delle stagioni di una volta, si è detto nei capitoli precedenti: le variazioni attuali sono insolite se paragonate con il passato. Anche del contributo del sole, dei raggi cosmici, dei vulcani, del vapore acqueo si è detto nei capitoli precedenti.

Ma l'attribuzione ai gas serra antropogenici di una gran parte dell'attuale riscaldamento globale non arriva solo per esclusione: c'è sia una solida spiegazione fenomenologica, sia una rispondenza fra l'andamento di alcuni indici climatologici misurati nel passato (temperature, livello dei mari, zone ghiacciate) e i valori previsti dai modelli che traducono in equazioni matematiche le conoscenze sui fenomeni fisici e chimici che governano il clima del pianeta. Se in questi modelli si inseriscono i gas serra e il conseguente effetto serra, risultati e osservazioni vanno più d'accordo.

---

### BOX

#### LA DOMANDA SBAGLIATA

Prima di vedere le critiche rivolte ai modelli climatici è necessario spendere due parole su un trabocchetto che spesso accompagna l'argomentazione sull'estraneità umana alle variazioni del clima del pianeta, basato sul dilemma: *"l'uomo è responsabile dei cambiamenti del clima?"*. A questa domanda non è possibile dare una risposta soddisfacente. Ossia, è possibile rispondere solo chiarendo se si intende una responsabilità completa o parziale, nonché specificando il periodo a cui ci si riferisce.

L'uomo non potrà mai essere l'unico responsabile dei cambiamenti climatici. Potrà essere uno dei responsabili, e l'oggetto della discussione dovrebbe essere se la sua responsabilità è trascurabile, apprezzabile, significativa, oppure determinante. Riguardo al periodo, c'è una netta differenza fra la pressione sul pianeta degli esseri umani prima della Rivoluzione industriale (metà del XVIII secolo, meno di 800 milioni di persone, emissioni di CO<sub>2</sub> di origine fossile quasi nulle) e quella del 2007 (6,7 miliardi di persone, 24 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> scaricate ogni anno nell'atmosfera). Con questi chiarimenti, la domanda e le risposte acquistano un senso.

È stato l'uomo responsabile dei cambiamenti climatici avvenuti fino al XIX secolo? Quasi sicuramente no, l'influenza dell'uomo sul clima del pianeta in quel periodo è stata trascurabile. I fattori naturali sono stati determinanti.

È stato l'uomo responsabile dei cambiamenti climatici avvenuti dalla seconda metà del XIX secolo? Quasi sicuramente sì, con un contributo sempre più importante, mentre i fattori naturali, pur presenti, sono stati secondari, in particolare negli ultimi decenni.

Potrà essere l'uomo responsabile dei cambiamenti climatici nei prossimi decenni? Quasi sicuramente sì. Non si può certo sapere se altri fenomeni naturali (grandi eruzioni vulcaniche esplosive, impatto di grandi meteoriti) daranno contributi importanti, ma se l'umanità non ridurrà velocemente le emissioni di gas serra, i cambiamenti climatici futuri saranno più importanti di quelli già avvenuti.

Con queste piccole precisazioni il dibattito sulle responsabilità umane sul clima fa grandi passi avanti. A rigore, i termini "cambiamenti climatici" e "quasi sicuramente" sono ambigui, andrebbero meglio definiti; sarebbe meglio quindi chiarire di quali cambiamenti climatici si sta parlando e quantificare in qualche modo il grado di certezza. Ad esempio si può fare riferimento a quanto scritto nel Quarto Rapporto IPCC-WG1: *"La maggior parte dell'aumento osservato delle temperature medie globali dalla metà del XX secolo, è molto probabilmente dovuta all'aumento osservato delle concentrazioni di gas serra di origine antropica"* (IPCC, 2007b). Il Quarto Rapporto IPCC usa il termine "molto probabile" per indicare una probabilità maggiore del 90%; nel Terzo Rapporto dell'IPCC era stato usato il termine "probabile", a cui corrispondeva una probabilità maggiore del 66%.

---

## CONTUMELIE

Considerando Cina e India il nostro futuro è sempre più nero e con le simulazioni del Cmcc e centri analoghi possiamo farci quello che ci pare... La comunità vuole dei centri di ricerca moderni che facciano della fisica sperimentale e non consumino energia per fare simulazioni con i calcolatori (Visconti, 2007a).

La categoria di studiosi più screditata dai negazionisti climatici è senza dubbio quella dei modellisti climatici, ossia gli scienziati che sviluppano e utilizzano modelli matematici per fare proiezioni sul possibile stato futuro del pianeta, conseguente all'evoluzione delle emissioni dei gas serra. Le accuse sono pesanti e consistono principalmente nell'inutilità dei modelli, loro intrinseca debolezza e nella disonestà intellettuale di chi li maneggia. Il vigore dell'accusa è inversamente proporzionale alla competenza di chi la muove, con alcune eccezioni.

Uno dei motivi dell'astio per i modellisti è forse che forniscono argomenti a cui è più difficile replicare. Non solo per l'insufficiente preparazione scientifica di chi li critica, ma perché i risultati dei modelli non sono accettabili dai negazionisti. Mentre, come visto in pre-

cedenza, è possibile continuare a ripetere, contro le evidenze disponibili, che le temperature non stanno aumentando ma che è colpa delle isole di calore, che i ghiacci non si stanno sciogliendo perché nell'emisfero nord in gennaio sono più che in settembre, mentre è possibile ignorare il riscaldamento del mare e i segnali degli ecosistemi, i modelli mettono tutto assieme e forniscono un quadro piuttosto coerente. Se si mettono nei modelli le formule matematiche che descrivono al meglio i fenomeni fisici dell'effetto serra, l'aumento di temperatura dell'atmosfera e del mare è congruente con l'aumento di CO<sub>2</sub> ed è congruente con il ritiro osservato dei ghiacci. Ci sono incertezze, sicuramente, ma su punti minori: i conti tornano. Questa congruenza mette la parola fine a tutte le polemiche sulle isole di calore e sulla troposfera che si raffredda, ne fa meglio capire l'arretratezza. Per questo ai modelli sono rivolte le accuse più disparate, dal non considerare l'effetto del sole, dei raggi cosmici, dei vulcani, al non riuscire a riprodurre l'andamento passato, all'aver sbagliato le previsioni, al truccare i dati: i risultati dei modelli non possono essere giusti.

### ARGOMENTI SUPERATI

Il divario che sussiste tra dati empirici e simulazioni modellistiche è verosimilmente riconducibile al fatto che il riscaldamento causato dalla CO<sub>2</sub> viene fortemente attenuato da una serie di meccanismi naturali che agiscono in direzione contraria. I modelli, poi, prevedono che la temperatura della parte inferiore dell'atmosfera all'Equatore cresca quasi tre volte più velocemente di quella superficiale ma le rilevazioni ci dicono che questo non sta accadendo (Ramella, 2007c).

Molte delle critiche mosse negli ultimi anni ai modelli avevano un fondamento 15 anni o sono, quando i modelli erano estremamente rudimentali e a fatica descrivevano i principali fenomeni fisici che governano il clima del pianeta. La modellistica climatica ha fatto passi da gigante negli ultimi anni, ci sono stati miglioramenti sostanziali e l'affidabilità dei modelli è aumentata (Solomon et al., 2007), ma gli argomenti di critica sono rimasti fermi.

La tesi negazionista è che i limiti dei modelli siano ancora tali da renderli completamente inutili e che quindi nulla si può dire del riscaldamento globale e del contributo umano passato e futuro sul clima (conclusione: non ci sono motivi di preoccupazione...).

Certamente rimangono ancora molti punti critici e questioni aperte, ma è indubbio che siano migliorate quelle che vengono chiamate le "parametrizzazioni", ossia le traduzioni in linguaggio matematico delle conoscenze sui diversi processi fisici del clima del pianeta, dalla variazione della radiazione solare all'effetto dei vulcani. Alcuni fenomeni sono ben conosciuti e modellizzati; molti altri lo sono poco e i modelli sono ancora in difficoltà. Ad esempio la descrizione delle dinamiche di formazione degli aerosol o delle nubi è oggi uno dei punti più critici (Solomon et al., 2007), che presenta ancora molti margini di miglioramento. Inoltre, i modelli non descrivono alcuni potenzialmente importanti "feedback" del ciclo del carbonio, quali le emissioni di carbonio dal deperimento delle foreste, dalla fusione del permafrost o dal riscaldamento del fondo dell'oceano (Hansen et al., 2007). Ma non per questo i modelli sono interamente da buttare.

I modelli climatici soffrono dei problemi comuni a tutti gli altri modelli usati da economisti, biologi o meccanici; limiti e incertezze legati alla loro stessa natura: sono rappresentazioni semplificate della realtà, non la realtà stessa. I limiti e le incertezze non devono essere taciuti, il punto è che, ciò nonostante, i risultati dei modelli possono essere utili.

Va ricordato che non sono solo i risultati dei modelli climatici a dimostrare il riscaldamento globale: esistono osservazioni, misure in tutto il globo. Se si rifiutano le risposte dei modelli, come si giustificano le anomalie delle osservazioni? Ci sono modi migliori per farlo in modo rigoroso e compatibile con i principi fisici che sono alla base dell'effetto serra del pianeta?

La risposta è no. Molte delle teorie proposte, anche le numerose annunciate come rivoluzionarie (ad esempio: macchie solari, raggi cosmici, l'impatto del meteorite Tungus nel 1908 ecc.), in grado di demolire l'ipotesi dei gas serra antropici, non hanno retto a una minima analisi scientifica. Per accettarle bisogna far tacere lo spirito critico usato per cercare di confutare i modelli matematici.

## IL COMLOTTO MONDIALE

Gli esperti di modellistica del clima adottano i loro algoritmi per ottenere risultati in sintonia con gli obiettivi e le tesi che vogliono propugnare (Margola, 2006).

L'accusa ai modellisti di truccare i dati, siano quelli di input, i risultati o entrambi, è sostanzialmente priva di fondamento; mostra una grande sfiducia nella comunità scientifica e una non conoscenza della realtà in cui i modellisti si trovano a lavorare. Perché non stiamo parlando di alcuni scienziati di un centro di ricerca che utilizzano un modello del clima, bensì di centinaia e centinaia di scienziati che lavorano in decine di centri di ricerca e utilizzano una dozzina di diversi modelli. Avrebbero dovuto mettersi tutti d'accordo su come truccare i dati, una sorta di complotto su scala mondiale.

Le simulazioni modellistiche sono svolte e confrontate fra loro con una trasparenza che ha pochi paragoni in altri campi. Il Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI) con sede in California presso il Lawrence Livermore National Laboratory, dal 1989 studia e confronta i diversi modelli climatici che vengono sviluppati, cercando di capire il perché delle differenze con le osservazioni e quindi come migliorare le prestazioni dei modelli stessi.

Sul sito del PCMDI sono disponibili i dati e i risultati di una dozzina di modelli utilizzati da 25 centri di ricerca in tutto il mondo, nell'ambito della fase 3 del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). L'archivio del PCMDI contiene al novembre 2007 circa 35.000 Gigabyte di dati; sono stati scaricati circa 300.000 Gigabyte di dati da più di 1.200 utenti registrati, i dati sono stati utilizzati in più di 250 articoli pubblicati da riviste scientifiche dotate di sistemi di peer review. Un successo su scala mondiale.

## I MODELLI DELL'IPCC

Imperdibile! Ecco le prove che i modelli dell'IPCC sono "cattiva scienza" (MeteoLive, 2007a).

Un segno dell'incompetenza che muove la stragrande maggioranza delle critiche rivolte ai modelli climatici è che l'accusa è rivolta ai "modelli dell'IPCC". Il termine è talmente ripetuto che è plausibile che molti negazionisti siano convinti dell'esistenza di centri di ricerca IPCC in cui alcuni scienziati pagati dall'IPCC sviluppano loro modelli climatici con fondi messi disposizione dall'IPCC.

La realtà è diversa, come spiegato nella Parte V: gli scienziati che, peraltro gratuitamente, collaborano con l'IPCC, non svolgono nuove e autonome ricerche, ma si limitano a valutare gli studi esistenti, controllandoli ulteriormente e mettendoli a confronto. Non esiste quindi nessun "modello IPCC", ma esistono tanti modelli e famiglie di modelli sviluppati e utilizzati nei centri di ricerca di tutto il mondo, le cui conclusioni sono utilizzate dagli scienziati a cui l'IPCC affida il compito di scrivere i rapporti di valutazione.

## I MODELLI LINEARI

Tutti i modelli che interpretano oggi i cambiamenti climatici sono basati su trend lineari e si interpreta quell'andamento crescente come se fosse il sintomo chiaro di una certa patologia. Ma se invece che avere la febbre il clima si fosse rotto un osso d'un botto? (Georgiadis, 2007c).

Un altro mito è che i modelli climatici siano lineari. L'accusa è generica, in quanto non dice quali variabili sarebbero erroneamente legate dai modelli in modo lineare (ad esempio: aumento di CO<sub>2</sub>, di temperatura, di vapore acqueo in atmosfera, di uragani, di emissioni di gas serra). Molte parametrizzazioni sono relazioni lineari, altre sicuramente non lo sono. Non lo è il fenomeno principale, il legame fra l'aumento di CO<sub>2</sub> e l'aumento della temperatura, essendo descritto da un'equazione logaritmica conosciuta da un secolo. Molti dei fenomeni descritti dai modelli sono tutt'altro che lineari, e proprio in questo sta la loro complessità e il fatto che possano descrivere evoluzioni catastrofiche del clima, con rapide transizioni.

Anche le proiezioni future effettuate dai modelli per molti parametri climatici (temperature, superficie di ghiaccio marino) non sono lineari. Se si fanno le medie sui risultati di molti modelli e si cerca la tendenza generale, l'andamento sembrerà molto simile alla linearità. Il problema principale è che per molte interferenze naturali, che in passato hanno causato delle variazioni nelle temperature medie globali, non possono essere fatte delle previsioni; per questo le proiezioni del futuro sembrano più regolari dell'andamento passato.

## LA DESCRIZIONE DEL PASSATO

I modelli del clima utilizzati per le previsioni sono assolutamente inadeguati, tant'è che non riescono nemmeno a simulare l'andamento delle temperature passate, introdotte come input (Gerelli, 2002b).

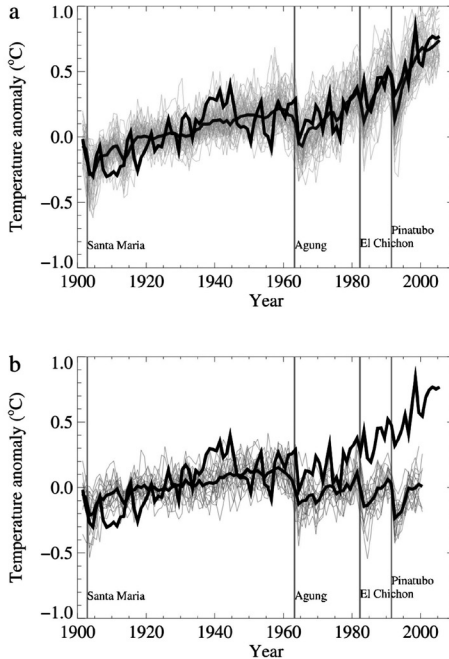
Nonostante le numerose voci contrarie, i modelli climatici non sono in difficoltà nel ricostruire gli andamenti del clima del passato. Ci sono al riguardo alcuni grafici piuttosto chiari, che mostrano i risultati dei modelli confrontati con i dati delle misure di temperature (per gli ultimi 150 anni) o con le ricostruzioni delle variabili proxy (per i secoli precedenti).

Ovviamente le osservazioni e i risultati dei modelli non sono coincidenti; sarebbe d'altronde una cosa strana per modelli di questa complessità. L'accordo può essere definito buono, non solo perché sono riprodotte le tendenze generali di riscaldamento o raffreddamento, ma perché inserendo nelle possibili cause delle variazioni del clima, chiamate "forzanti", anche i gas serra, il risultato è migliore. Senza i gas serra, usando solo "forzanti" naturali,

le temperature degli ultimi decenni non possono essere spiegate (Meehl et al., 2004; Hegerl et al., 2007), come mostrato in figura 33.

Nell'ultimo rapporto IPCC lo stesso confronto fra temperature medie e ricostruzione dei modelli è stato effettuato a livello dei singoli continenti (IPCC, 2007b, fig. SPM4). Ancora, senza i gas serra di origine umana i conti non tornano.

**FIGURA 33. VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE OSSERVATA E RICOSTRUITA DAI MODELLI CLIMATICI**



Valori osservati e valori ricostruiti dai modelli climatici con tutte le forzanti (sopra) e con solo le forzanti naturali, esclusi i gas serra (sotto). Le linee più sottili indicano i risultati delle 58 simulazioni di 14 diversi modelli, la linea più spessa, uguale nei due grafici, indica le temperature (dati UK-Met-Office). Le temperature sono espresse come variazioni rispetto alla media 1901-1950. Fonte: Hegerl et al., 2007

## PARAMETRI LIBERI

Detto in termini semplici, questo vuol dire che non esiste l'equazione del clima. Esistono solo approssimazioni numeriche e il padre di queste approssimazioni numeriche, di questa matematica, è Von Neumann, il quale, già 50 anni fa, invitava i suoi allievi a stare attenti ai parametri liberi (queste approssimazioni numeriche hanno bisogno di parametri liberi). Von Neumann ha detto: "Se mi date quattro parametri liberi, vi descrivo esattamente cosa farà un elefante; se mi date la libertà di introdurre un quinto parametro, vi prevedo che l'elefante volerà". I modelli climatologici hanno molto più di cinque parametri liberi: ne hanno due per ogni vulcano (Zichichi, 2007d).

Il problema dell'eccessivo uso di parametri nei modelli è reale, ma è inevitabile per un sistema complesso. Tuttavia i parametri non sono liberi, sono tarati, confinati in intervalli definiti dalle osservazioni. Non è una cosa specifica dei modelli climatici, ma di qualsiasi settore in cui si usano modelli matematici.

## PROIEZIONI DEL FUTURO

L'IPCC pretende di fare delle previsioni quando il suo lavoro assomiglia molto più a quello di una chiromante (Visconti, 2007c).

I risultati più scomodi dei modelli non sono quelli che confermano la responsabilità umana al riscaldamento del pianeta. Dolori maggiori arrivano quando i modelli sono utilizzati per cercare di capire cosa potrebbe succedere per un futuro ulteriore incremento di CO<sub>2</sub>, quali conseguenze ci potrebbero essere per il pianeta.

Che ci sarà un riscaldamento in seguito all'aumento di CO<sub>2</sub> si può prevedere sulla base di alcune semplici equazioni studiate già da Svante Arrhenius; ma i modelli si spingono oltre, mostrano l'entità del riscaldamento nelle varie parti del globo, magari presentando i risultati con un'efficace animazione video in cui con lo scorrere degli anni una grande parte della superficie del pianeta passa dal colore azzurro (freddo) a quello rosso (caldo).

Per prevedere il clima del futuro sarebbe necessario conoscere l'andamento futuro dei principali fattori che influenzano il clima del pianeta, principalmente le emissioni di gas serra e di aerosol. I primi, come detto, sono emessi dalle attività umane in misura largamente preponderante; per gli aerosol le eruzioni esplosive dei vulcani possono essere importanti. Nessuno conosce le emissioni in anticipo, quindi le previsioni del clima dei prossimi decenni o secoli sono, a rigore, impossibili. Come è impossibile prevedere con sicurezza qualsiasi cosa del futuro: *“di doman non v'è certezza”*.

Come si fa sempre, nella vita quotidiana come in altre discipline scientifiche, il problema dell'imponderabilità del futuro viene superato costruendo e ragionando su “ipotesi di futuro”, su “scenari”. Ed è normale prendere delle decisioni basandosi su queste ipotesi (piccolo esempio: se i miei simili si comportano come nei giorni passati e in molti utilizzano l'auto per andare al lavoro, le strade saranno intasate, quindi vado al lavoro in bicicletta perché prevedo di impiegare meno tempo).

Per prevedere il futuro è necessario quindi introdurre delle ipotesi, delle assunzioni. Sarebbe più corretto a questo punto parlare di proiezioni: una proiezione è una previsione con assunzioni su alcuni parametri. Ma è una questione di termini, l'importante è che sia chiaro che i modelli matematici usati per “prevedere il futuro” si basano inevitabilmente su alcune ipotesi sull'evoluzione delle emissioni. Per facilitare il confronto tra i risultati dei modelli, alcuni studiosi incaricati dall'IPCC hanno formulato possibili scenari delle emissioni future, gli “scenari SRES”.<sup>32</sup> Sono scenari fra loro molto diversi e possono aiutare a visualizzare futuri alternativi in termini concreti e comprensibili.

I modelli si basano su questi scenari e forniscono delle proiezioni sul futuro climatico del pianeta: le temperature aumenteranno, i ghiacciai si ridurranno, le precipitazioni si modificheranno ecc. A rigore non sono previsioni, sono un altro strumento di valutazione.

Ma ai modelli oggi si chiede anche di più. In un recente articolo apparso su *Science* (Cox e Stephenson, 2007) è stato proposto che i modelli siano utilizzati non solo per mostrare la



significatività del possibile riscaldamento del pianeta e degli impatti conseguenti, ma per fornire informazioni basilari per le politiche di adattamento e di mitigazione. Quindi per definire più direttamente, in modo più esplicito, gli scenari emissivi in grado di evitare gli impatti giudicati eccessivi, l'“interferenza pericolosa” sul clima del pianeta di cui parla la Convenzione sul Clima. Ma per questo c'è ancora tanto da lavorare.

## MODELLI CATASTROFISTI?

L'informazione fornita dal Panel non appare in buona fede, ma sbilanciata in senso “terroristico” (Gerelli, 2002b).

I modellisti del clima fanno il loro lavoro, con i loro limiti e le loro potenzialità. I modelli non sono perfetti e non lo saranno ancora per un bel po', forse mai. Ma non è un'imperfezione pilotata, guidata verso scenari catastrofisti. L'incertezza dei modelli e delle previsioni è in entrambe le direzioni, ossia i modelli possono sbagliare fornendo proiezioni più pessimiste o più ottimiste di quello che effettivamente si verificherà.

Anche se ai modelli viene generalmente imputato di essere catastrofisti, in passato ci sono stati importanti esempi di errori fatti per eccesso di cautela. Ad esempio l'andamento effettivo delle emissioni globali di gas serra nel periodo 2000-2004 è stato più elevato di quelli stimati dagli scenari SRES dell'IPCC (Raupach et al., 2007), nonostante gli stessi scenari siano stati criticati per essere eccessivamente pessimisti (ad esempio, Lomborg, 2003).

L'analisi dettagliata dell'incremento delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera negli ultimi anni (Canadell et al., 2007) ha mostrato come i modelli abbiano probabilmente sovrastimato la capacità di assorbimento della CO<sub>2</sub> da parte di vegetazione e oceani.

Un'altra forte critica è quella di aver sottostimato la rapidità della fusione dei ghiacciai artici, che nel settembre 2007 hanno toccato valori molto inferiori a quanto previsto da tutti i modelli.

Queste sottostime hanno generato diverse critiche all'IPCC, di segno opposto a quelle negazioniste.

Uno dei più grandi limiti attuali dei modelli è quello di non riuscire a descrivere le dinamiche di instabilità delle calotte glaciali. È un problema serio, in quanto, come spiegato in precedenza, secondo alcuni importanti climatologi proprio questi effetti potrebbero causare rilevanti impatti sul pianeta, per via innanzitutto dell'innalzamento di diversi metri del livello del mare. Ad esempio, secondo James Hansen, che guida uno dei team di modellisti più importanti, quello del NASA Goddard Institute for Space Studies, la definizione del livello di emissioni del pianeta in grado di impedire “rilevanti interferenze antropogeniche” con il clima deve tenere conto anche di questi fenomeni (Hansen, 2005).

Visti i progressi degli ultimi anni, è legittimo attendersi che anche questi aspetti saranno nel futuro più chiari di oggi, grazie all'ulteriore perfezionamento dei modelli climatici. Non resta che augurare buon lavoro alle migliaia di scienziati che in tutto il mondo li sviluppano e li utilizzano, e ripetere la perorazione di Sherwood Rowland, uno degli scienziati a cui fu assegnato il Premio Nobel per gli studi sull'impovertimento dell'ozono stratosferico: *“Qual è l'utilità di aver sviluppato la scienza dell'atmosfera tanto da fare le previsioni se poi l'unica cosa che siamo in grado di fare è stare a guardare che si avverano?”.*

**BOX****PREVISIONI DEL TEMPO E PROIEZIONI DEL CLIMA**

Uno dei malintesi più frequenti è quello di scambiare gli scenari di evoluzione del clima del pianeta con le previsioni del tempo. La variazione delle temperature a scala emisferica o globale, su scale temporale di decenni o di secoli, sono confuse con le variazioni del tempo, a scala locale o regionale, per qualche settimana, mese o anno.

Come è possibile che si riescano a fare delle previsioni sul clima fra 30 anni se non riusciamo a prevedere il tempo fra un mese? I fenomeni meteorologici hanno una componente caotica, per cui è difficile effettuare una previsione del tempo di qualche affidabilità per un periodo superiore a una settimana. Ma il clima è il tempo medio, ed è una cosa diversa effettuare una previsione del possibile clima futuro. Ad esempio: non possiamo prevedere quale sarà la temperatura a Milano del prossimo 15 agosto, ma con altissima probabilità farà più caldo del prossimo 25 dicembre. Altro esempio: non possiamo sapere quando e dove cadrà una certa foglia di un albero il prossimo autunno; ma se ipotizziamo che un certo giorno inizi a soffiare un forte vento da nord, pur se continueremo a non sapere con precisione dove cadranno le singole foglie, è molto maggiore la probabilità di trovare le foglie a sud dell'albero.

---

## NON TUTTO IL MALE...

*Non ci sono prove scientifiche che il rilascio di anidride carbonica, metano, o altri gas serra, prodotti dalle attività umane stia causando, o lo farà nel prossimo futuro, un catastrofico riscaldamento dell'atmosfera terrestre e un eventuale cambiamento climatico. Al contrario ci sono prove scientifiche sostanziali che l'aumento dell'anidride carbonica nell'atmosfera potrebbe produrre molti benefici, sia per la crescita delle piante che per lo sviluppo dell'ambiente animale della Terra. (Nucara, 2005)*

Chi non può negare l'aumento di CO<sub>2</sub> e di temperatura, e riconosce l'entità e l'atipicità di questo aumento, trova opportuno sostenere che in realtà l'aumento di CO<sub>2</sub> e di temperatura fanno bene. È un argomento utilizzato molto anche nella fase transitoria, in cui non si è ancora disposti a credere alle evidenze scientifiche sui cambiamenti climatici. Generalmente in questo caso il discorso inizia con *“Ammesso e non concesso che la temperatura stia aumentando...”* È un buon segno, un passo è stato fatto; la concessione arriverà in seguito, nel frattempo la discussione passa ad altro: generalmente al fatto che i danni saranno molto limitati, oppure che ci saranno dei benefici.

I benefici più citati sono quelli derivanti dall'aumento di CO<sub>2</sub>. Meno frequenti sono i sostenitori dei vantaggi dall'aumento delle temperature e della fusione dei ghiacci. Non si registrano casi in cui siano stati citati benefici dall'innalzamento del livello dei mari; l'unico caso è stato uno spot pubblicitario circolato nell'aprile 2007, che proponeva l'acquisto di villette per vacanze a Sant'Arcangelo di Romagna, in una zona oggi lontana dalla costa adriatica, annunciando che in 15 anni sarebbe stata a pochi passi dal mare. Era in realtà la provocazione di un'organizzazione ambientalista, volta a sensibilizzare sul tema dei pericoli derivanti dall'innalzamento del livello del mare.

### LA CO<sub>2</sub> FA BENE

Ci sono sostanziali evidenze scientifiche che l'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera produrrà molti benefici sia per quanto riguarda la crescita delle piante sia per lo sviluppo dell'ambiente animale della Terra (Cascioli e Gaspari, 2004).

Che la CO<sub>2</sub> possa fare bene non è un'idea originale. È una tesi sostenuta dagli scienziati di inizio Novecento, quando si pensava che un aumento di CO<sub>2</sub> potesse servire per uni-

formare la distribuzione delle temperature del pianeta. Nel suo importante libro pubblicato nel 1908 il chimico svedese Svante Arrhenius scriveva (Arrhenius, 1908): “*Con l’influenza di una crescente percentuale di anidride carbonica nell’atmosfera, possiamo sperare di godere di età con un clima migliore e più uniforme, specialmente nelle regioni più fredde del pianeta, età nelle quali la Terra produrrà raccolti molto più abbondanti di oggi, per il beneficio di un’umanità in rapido aumento*”.

Cento anni sono passati, le conoscenze sono migliorate, eppure in molti sono ancora convinti dei benefici connessi all’aumento di CO<sub>2</sub>.

Il documento scientifico più famoso e più citato a supporto di questa tesi è intitolato “*Benefici ambientali dall’aumento di CO<sub>2</sub>*”, redatto nel 1998 da Arthur Robinson, Sallie Baliunas, Willie Soon e Zachary Robinson (Robinson et al., 1998). Zachary è il figlio ventiduenne di Arthur, Soon e Baliunas sono nomi noti del negazionismo statunitense.<sup>33</sup> Il successo di questo articolo è strettamente legato alla sua storia, che merita di essere raccontata.

A differenza delle normali pubblicazioni scientifiche, che sono lette al momento della loro pubblicazione sulle riviste e trovano diffusione e fama per il passaparola fra gli studiosi o perché citate da altri lavori, la diffusione del lavoro di Robinson e colleghi avvenne tramite centinaia di migliaia di email mandate dall’Oregon Institute of Science and Medicine. È questa una piccola società che si occupa di biochimica e nutrizione, avente come unico dipendente pagato a tempo pieno lo stesso fondatore, Arthur Robinson (Source-Watch, 2007a). L’articolo era allegato a una petizione, lanciata dallo stesso istituto, che chiedeva al Governo statunitense di non ratificare il Protocollo di Kyoto. Erano allegati anche la copia di un editoriale del *Wall Street Journal* del dicembre 1997 a firma dello stesso Robinson e del figlio Zachary, intitolato “*La scienza ha parlato, il riscaldamento globale è un mito*”, nonché una lettera di accompagnamento di Frederick Seitz, presidente negli anni ’60 dell’Accademia delle Scienze statunitense e presidente emerito della Rockefeller University.

Migliaia di persone aderirono alla petizione; fra questi pochi, se non pochissimi, esperti di climatologia. Molte adesioni arrivarono da ricercatori e professori di altri settori, principalmente nel settore delle scienze naturali e biologiche, ma anche da persone comuni. La mancanza di controlli nella sottoscrizione on-line della petizione fece sì che il numero delle adesioni lievitasse enormemente, raggiungendo le 15.000 firme; anche a causa del boicottaggio delle organizzazioni ambientaliste, che aggiunsero fra i sottoscrittori molti nomi di fantasia e di personaggi pubblici.<sup>34</sup>

L’articolo diede vita a una polemica anche perché la relazione distribuita, non ancora pubblicata su alcuna rivista scientifica, era formattata con lo stile delle pubblicazioni dell’Accademia delle Scienze USA. Questo, insieme alla lettera di presentazione di un suo ex presidente, portava al fraintendimento che l’Accademia avesse qualche legame con questo lavoro; legame che l’Accademia smentì ufficialmente.<sup>35</sup> L’articolo di Robinson fu in seguito pubblicato con alcune modifiche sulla rivista *Climate Research*, suscitando polemiche per il mancato funzionamento del processo di revisione.

L’argomento utilizzato a favore della CO<sub>2</sub> è che maggiori concentrazioni di CO<sub>2</sub> accelerano la crescita delle piante per fotosintesi. Cosa certamente vera, il problema è che le piante per crescere hanno bisogno anche di acqua e di nutrienti: l’aumento di CO<sub>2</sub> porta altri effetti, come l’aumento di temperatura, in grado di ridurre l’umidità del suolo e cambiare la disponibilità di acqua e delle sostanze nutrienti (Denman et al., 2007). Per questo

all'effetto fertilizzante della CO<sub>2</sub> non è mai stata data tanta importanza. Inoltre, mentre inizialmente si pensava che i due effetti si pareggiassero, uno studio pubblicato su *Science* nel 2006 ha mostrato che in realtà l'effetto complessivo può essere negativo: i modelli che studiavano la fertilizzazione erano vecchi di vent'anni (Long et al., 2006).

Il principale punto a sfavore dei benefici legati all'aumento di CO<sub>2</sub> è che l'aumento di CO<sub>2</sub> ha altre conseguenze, altri impatti, che non possono essere considerati separatamente. Ad esempio l'aumento delle temperature e della loro variabilità, l'innalzamento dei livelli del mare, la modifica della frequenza e dell'intensità delle precipitazioni.

Il problema non è solo l'aumento di CO<sub>2</sub>, ma la velocità dell'attuale aumento, senza paragoni con il passato e tale che gli ecosistemi non riescono ad adattarsi.

Da notare che nel 2007 Arthur Robinson ha prodotto un'altra petizione, molto simile a quella precedente, accompagnata da un nuovo articolo avente il titolo uguale a quello precedente e con autori, oltre a Robinson stesso, Willie Soon e un altro figlio di Robinson, Noah. L'articolo è stato pubblicato sulla sconosciuta rivista *Journal of Physicians and Surgeons* (Robinson et al., 2007) e il debugging degli errori è disponibile sul Wiki di ReaClimatte (OISM, 2007).

## AL CALDO SI STA MEGLIO

Se, come accaduto finora, il riscaldamento del pianeta avverrà prevalentemente nel periodo invernale e nelle zone più fredde, c'è da aspettarsi che i benefici in termini di riduzione della mortalità causata dal freddo siano superiori ai danni delle più elevate temperature estive (Ramella, 2007a).

I risultati dei modelli matematici fino a oggi messi a punto mostrano come nei prossimi decenni dovremo affrontare con buona probabilità una variazione della temperatura media dell'atmosfera di diversi gradi. Un aumento di 0,6 °C è già deciso, si verificherebbe anche se da domani si fermassero tutte le emissioni (Hansen et al., 2005; IPCC, 2007b): il sistema climatico ha una grande inerzia, la temperatura continuerà a crescere anche se annullassimo le emissioni di CO<sub>2</sub> (Meehl et al., 2005), così come togliere il piede dall'acceleratore non ferma immediatamente un'automobile in corsa.<sup>36</sup>

Il Quarto Rapporto IPCC-WG1, riassumendo tutti gli studi disponibili, ha mostrato le migliori stime degli aumenti di temperatura che potrebbero verificarsi in futuro a seconda di diversi andamenti delle emissioni di gas serra definiti dagli "scenari SRES".<sup>37</sup> L'aumento delle temperature è stimato come valore medio del periodo 2090-2099 rispetto al periodo 1980-1990; oltre ai valori medi è indicato un intervallo che tiene conto delle possibili incertezze. La miglior stima per lo scenario più "ottimista" è di 1,8 °C (con un intervallo da 1,1° C a 2,9 °C) e la miglior stima per lo scenario più "pessimista" è di 4,0 °C (da 2,4 °C a 6,4 °C).

Si tratta di valori sicuramente preoccupanti, ma largamente consistenti con quelli del precedente rapporto IPCC; ora sono basati sui risultati di un maggior numero di modelli climatici di crescente complessità e realismo, in grado di descrivere meglio alcuni punti chiave come le "retroazioni" del ciclo del carbonio<sup>38</sup> e di tener meglio conto delle osservazioni fino a oggi registrate nel valutare la risposta del sistema climatico (IPCC, 2007b).

Va ricordato che il riscaldamento non sarà graduale e non sarà distribuito omogeneamen-

te. L'aumento di 3 °C nelle temperature del pianeta nel 2100 non significa affatto che in ogni punto del globo ogni stagione di quell'anno si misurerà esattamente tale aumento di temperatura, e fino ad allora dappertutto gli aumenti saranno minori. Il riscaldamento globale sarà ad esempio accompagnato da un aumento del numero e dell'intensità delle "ondate di calore", simili a quelle dell'estate 2003 in Europa; ma anche dall'incremento della frequenza degli incendi, dei periodi siccitosi in zone in cui l'acqua è già scarsa.

## LA CONVENIENZA DEI MANGHI A BRUXELLES

L'uomo (l'orango nudo!) è fatto apposta per inventare artifici, per adattarsi alla natura o per contrastarla. Se sarà necessario, i nipoti dei nostri bisnipoti planteranno agrumi in Siberia, e i manghi cresceranno spontanei a Bruxelles, sostituendo vantaggiosamente i cavoletti (Zincone, 2007).

Una delle cose più curiose del negazionismo climatico è la facilità con cui sono annunciati i possibili benefici futuri dai cambiamenti climatici e sono trascurati i possibili svantaggi. La fantasia non manca per trovare motivi per cui un pianeta diverso sarà migliore, mentre poche righe sono al limite riservate per i possibili danni, che potranno essere seri e riguardare diverse generazioni future per lo più nelle zone più povere del pianeta.

Gli stessi che richiedono dati inoppugnabili sui cambiamenti climatici sono pronti a improvvisare discorsi da bar o due conti alla buona per mostrare che i benefici saranno maggiori dei danni.

Se è difficile stimare le attuali temperature medie del pianeta o l'estensione dei ghiacciai, lo è certo di più stimare i danni dei cambiamenti climatici, in particolare quelli attesi per i futuri decenni o secoli. Se poi si considerano non solo le perdite economiche, già difficili da valutare, ma in generale i danni anche non monetizzabili per la società o per le altre specie viventi, quantificare i costi dei cambiamenti climatici sembra davvero un compito arduo se non impossibile. A questo stanno lavorando diversi gruppi di ricerca, con risultati anche sostanzialmente diversi, e fanno sorridere i tentativi di chi (Bjørn Lomborg, pag. 175, uno di questi) se la cava con due semplici moltiplicazioni senza il minimo uso di quello spirito critico che generalmente riserva per i lavori altrui.

Con i conti dei costi e dei benefici dei cambiamenti climatici, molti, non senza ragioni, si rifiutano di avere a che fare, ritenendo la necessità di evitare cambiamenti climatici di origine umana un imperativo etico, non negoziabile economicamente. Anche perché i costi e i benefici non saranno distribuiti uniformemente, e non sorprende che i paesi più ricchi saranno più in grado di godere dei benefici e meno vulnerabili ai danni, che colpiranno maggiormente i paesi più poveri (Patz et al., 2005; IPCC; 2007c).

I benefici del riscaldamento del pianeta saranno probabilmente un argomento negazionista frequente in futuro, per cui è il caso di ricordare alcune delle conclusioni del Quarto Rapporto IPCC-WG2:

Per aumenti della temperatura media globale inferiori a 1-3 °C sopra i livelli del 1990, le proiezioni indicano che alcuni impatti porteranno benefici in alcune regioni e alcuni settori, e produrranno costi in altre regioni e altri settori. Comunque, alcune regioni alle basse latitudini e le regioni polari potranno avere costi netti anche per piccoli aumenti di temperatura. È molto probabile che per aumenti di temperatura maggiori di circa 2-3 °C tutte le regioni sperimenteranno o una diminuzione dei benefici netti o un aumento dei costi netti (IPCC, 2007c).

Il conto dei danni monetari dai cambiamenti climatici si può fare, ma è ambiguo. Perché i danni non crescono linearmente con il crescere della temperatura, ed è difficile attualizzare i costi futuri, che riguarderanno le prossime generazioni. C'è il problema del tasso di sconto da utilizzare: la scelta è opinabile, deriva da quanto valore si decide di dare ai costi futuri rispetto ai costi attuali. Chi ci ha provato è stato molto criticato, e le stime sono spesso carenti nella definizione dell'oggetto delle metodologie di stima (Carrao e Galeotti, 2007).

Dopo aver rivisto un centinaio di questi studi, gli esperti del Quarto Rapporto IPCC-WG2 hanno trovato un intervallo molto ampio per i costi degli impatti futuri dei cambiamenti climatici (attualizzati al 2005), da 3 a 95 dollari USA per tonnellata di biossido di carbonio. L'ampiezza di questo intervallo è dovuta in gran parte alle differenze nelle assunzioni sulla sensitività climatica, agli sfasamenti delle risposte, al trattamento del rischio, alla gestione del problema dell'equità dei danni, all'inserimento di danni non economici o di potenziali perdite catastrofiche e, come detto, alle diverse ipotesi sui tassi di sconto. L'avvertenza degli estensori del Sommario per i decisori politici del Quarto Rapporto IPCC-WG2 è chiara:

È molto probabile che globalmente le cifre sottostimino i costi dei danni, perché esse non possono includere impatti non quantificabili. In generale le pubblicazioni indicano che i costi netti dovuti ai danni dei cambiamenti climatici sono molto probabilmente significativi e aumenteranno nel tempo...

È virtualmente certo che le stime totali dei costi mascherino significativamente le differenze degli impatti fra i settori, le regioni, i paesi e le popolazioni. In alcuni luoghi e tra alcuni gruppi di persone con alta esposizione, alta sensitività, e/o bassa capacità di adattamento, i costi netti saranno significativamente maggiori del totale globale (IPCC, 2007c).

Analoghe incertezze sono segnalate da un successivo rapporto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2007), che ha confrontato le stime dei "costi dell'inazione" per l'Europa: i costi sono incerti ma "potenzialmente molto significativi", in particolare per l'area del Mediterraneo e per il sud-est dell'Europa.

Riassumendo, c'è sicuramente una maggiore difficoltà nella previsione quantitativa dell'entità delle conseguenze degli impatti derivanti dal surriscaldamento del pianeta. Potrebbero essere limitati o catastrofici, ben distribuiti sul pianeta o più concentrati in alcune zone. Di sicuro aspettare ad agire è pericoloso.

### **GLI STIVALI DI GOMMA NON BASTANO**

È ovvio che la crescita economica dovrà fare i conti anche con gli eventuali cambiamenti del clima, ma, dal punto di vista dell'efficienza economica, è preferibile una strategia di adattamento – che cioè massimizzi i benefici dello sviluppo e minimizzi i costi del riscaldamento globale – alla strada opposta (Stagnaro, 2007e).

Nel dicembre del 2005 a Buenos Aires, all'entrata della decima sessione della Conferenza delle Parti della Convenzione sul Clima, il WWF presentò l'esposizione "Rubber boots are not enough – Cut CO<sub>2</sub> emissions now" ("Gli stivali di gomma non bastano – Riduciamo subito le emissioni di anidride carbonica"). Centottantanove paia di stivali, con le

bandierine di 189 nazioni. I delegati della conferenza passavano, guardano incuriositi ed entravano nei padiglioni della conferenza. Gli stivali indicavano che le misure di “adattamento” ai cambiamenti climatici, pur necessarie, non sono sufficienti.

Le misure di adattamento sono quelle misure in grado di ridurre i danni dei cambiamenti climatici in atto, tramite la prevenzione dei danni, i sistemi di monitoraggio, l'organizzazione della difesa delle comunità con sistemi di protezione civile.

La necessità delle misure di adattamento è riconosciuta da tutti, anche da chi chiede tagli alle emissioni di gas serra. L'adattamento sarà necessario per far fronte agli impatti derivanti dal riscaldamento che è già inevitabile a causa delle emissioni passate.

Quello che non è condivisibile è la contrapposizione fra le misure per l'adattamento e la mitigazione, ossia la riduzione delle emissioni. Un'alternativa irragionevole, che non ha fondamento. Le misure di adattamento non devono diventare un alibi per rinviare politiche di riduzione. All'opposto, non devono neppure essere temute perché in grado di indebolire le politiche di mitigazione. Secondo la sintesi del Quarto Rapporto IPCC-WG2:

Nemmeno gli sforzi di mitigazione più stringenti potrebbero evitare ulteriori impatti dei cambiamenti climatici nei prossimi decenni, il che rende l'adattamento essenziale, specialmente per far fronte agli impatti nel breve termine. I cambiamenti climatici non mitigati porterebbero probabilmente nel lungo termine, a superare la capacità dei sistemi naturali, gestiti e umani di adattarsi (IPCC, 2007c).

È indubbia la dipendenza storica dell'uomo dal clima, la sua capacità ad adattarsi alle variazioni. La fiducia di chi confida nelle capacità degli esseri umani di riuscire a far fronte alle variazioni del clima ha un fondamento in secoli di storia, in esempi famosi di cui parlano i libri di storia del clima (Fagan, 2005; Fagan, 2000; Acot, 2004).

Ma c'è un aspetto di novità nella situazione attuale. Pur se nel corso della storia del nostro pianeta ci sono state variazioni di temperatura, mai sono avvenute con la rapidità e l'ampiezza attesa per i prossimi decenni. L'adattamento richiesto per le generazioni future dovrà essere quindi diverso da quello del passato, anche perché non sarà più possibile utilizzare alcune modalità classiche dell'adattamento, consistenti nell'abbandonare i territori abitati e spostarsi in zone più adatte. Oggi il pianeta è molto più abitato, non ci sono tanti spazi vuoti da scoprire e popolare.

Il punto quindi non è rifiutare le misure di adattamento o considerarle come il rimedio sufficiente ad affrontare il problema dei cambiamenti climatici. È riuscire davvero a implementarle, ricordando un'altra scritta a fianco degli stivali di gomma, uno slogan a lungo ripetuto nelle conferenze sul clima: il migliore adattamento è la mitigazione.



## NON ORA, NON QUI

*Se noi semplicemente aderiamo al fatto che vogliamo salvare il pianeta... è una cosa molto buona, ma la razionalità ci impone di chiederci a che prezzo, quante vite umane siamo disposti a sacrificare. (Lottieri, 2007)*

Dopo aver ammesso che, in effetti, il pianeta un po' si sta scaldando, che l'uomo qualche colpa forse ce l'ha, che i danni potrebbero esserci, si arriva a due tipi di argomentazioni negazioniste: la prima è che le azioni per mitigare i cambiamenti climatici non convengono; la seconda, meno frequente, è che ormai è troppo tardi, non ci si può fare più niente. Sono due casi di catastrofismo negazionista.

La "mitigazione" dei cambiamenti climatici consiste nel diminuire le emissioni dei gas che provocano il surriscaldamento del clima. Le azioni consistono innanzitutto nel limitare gli sprechi, i consumi inutili. Quindi sono necessarie tecnologie più efficienti per produrre e consumare l'energia, tecnologie che permettano di produrre la stessa energia con meno combustibile, generando quindi meno emissioni di CO<sub>2</sub>, il principale dei gas serra. Nel settore dei trasporti maggiore efficienza significa fare più strada a parità di carburante, ma anche promuovere l'utilizzo di sistemi di trasporto collettivi, a trazione muscolare (a piedi, in bicicletta). Per le abitazioni, più efficienza significa scaldare meglio la casa con minore consumo di energia di origine fossile. C'è poi tutta la partita delle energie rinnovabili (solare, eolica, idroelettrica, geotermica ecc.) e le tecnologie per la cattura e lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> nel sottosuolo, che hanno avuto uno sviluppo impetuoso negli ultimi anni.

Sono cose che si fanno, sono scritte ormai da anni in migliaia di documenti europei, nazionali, regionali e a livello locale. Sono azioni già avviate, bisogna fare di più, accelerare il cambiamento.

Chi contesta questa necessità di una rapida transizione energetica sostiene innanzitutto che costerebbe troppo, rallenterebbe lo sviluppo economico. A volte ci si riferisce non ai costi globali, ma ai costi dei paesi più poveri, che a causa di queste politiche potrebbero rimanere in uno stato di povertà anziché raggiungere il benessere.

I toni a sostegno di queste tesi sono gli stessi, sicuri e un po' strafottenti, con cui per anni sono stati derisi coloro i quali portavano prove a sostegno del riscaldamento del pianeta e delle responsabilità umane. Qui la sicurezza e la mancanza di autocritica sono ancora maggiori: chi la pensa in modo diverso è poco serio, poco razionale; si arriva fino all'accusa che una politica climatica sarebbe immorale. Forse perché molti negazionisti si intendono più di economia che di fisica dell'atmosfera o di climatologia, si sentono più sicuri nel discutere le politiche climatiche, più professorali, semplificano e sottovalutano le opinioni altrui come se gli interlocutori fossero studentelli sovversivi.

## AGIRE È POSSIBILE

Ma davvero non è possibile ridurre da subito le emissioni di gas serra? Davvero questa riduzione sarebbe un così grave danno per l'economia? No, secondo diversi e importanti studi è possibile stabilizzare e poi ridurre le emissioni con costi accettabili. Le tecnologie ci sono, si tratta di trovare il modo per usarle di più, diffonderle nel mondo, renderle accessibili a tutti quanti ne hanno bisogno.

Si possono citare almeno quattro studi recenti e di grande autorevolezza a sostegno di questa tesi. Il primo, chiamato dei “cunei di stabilizzazione”, è stato pubblicato su *Science* da due statunitensi, Stephen Pacala e Robert Socolow (Pacala e Socolow, 2005). Secondo i due studiosi di Princeton, esistono già oggi tecnologie in grado di far fronte ai fabbisogni energetici mondiali per i prossimi 50 anni evitando l'incremento delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Sono tecnologie che hanno già superato la fase del progetto dimostrativo e sono già state implementate su scala industriale. Nessuna di queste è in grado da sola di compiere l'intero lavoro di mitigazione (o nemmeno metà del lavoro), e nessuna è indispensabile.

Il secondo studio è prodotto dalla parte meno arretrata del mondo industriale, il World Business Council for Sustainable Development, un'associazione di più di 170 grandi aziende di tutto il mondo, fra cui industrie petrolifere e di produzione di automobili; in due interessanti rapporti sui possibili andamenti delle emissioni del settore energetico (WBCSD, 2004a) e del settore dei trasporti (WBCSD, 2004b), ha riconosciuto la necessità di cambiare strada, mostrando come l'attuale sistema energetico non sia esportabile nel resto del pianeta, e come siano possibili scenari di riduzione delle emissioni.

Il terzo è il “*World Energy Outlook*”, un rapporto pubblicato periodicamente dall'Agenzia Internazionale per l'Energia, in cui si analizza l'andamento del consumo e della produzione di energia nel passato e le proiezioni per il futuro (IEA, 2006). In questi rapporti sono confrontati due scenari: lo “Scenario di riferimento”, in cui l'evoluzione del sistema energetico è lasciata a se stessa, in balia delle spinte del mercato volte a massimizzare i profitti a breve termine, senza alcun condizionamento da parte di ulteriori politiche ambientali, e lo “Scenario alternativo”, in cui un diverso sviluppo delle infrastrutture energetiche porta a minori emissioni di gas serra. Il lavoro mostra non solo l'insostenibilità per il pianeta dello scenario di riferimento, ma che le decisioni prese nei prossimi 10 anni avranno conseguenze decisive sulla possibilità di effettivo raggiungimento degli obiettivi di uno scenario alternativo.

Il quarto lavoro è il risultato del terzo gruppo di lavoro del Quarto Rapporto dell'IPCC. Una rassegna di tutte le strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici, con analisi della maturità delle diverse tecnologie e dei relativi costi, delle politiche necessarie. Anche qui le notizie sono positive: *“C'è un sostanziale potenziale economico per la mitigazione delle emissioni globali di gas serra nei prossimi decenni, potenziale che potrebbe bilanciare la crescita delle emissioni globali indicata dalle proiezioni o ridurre le emissioni al di sotto dei livelli attuali”* (IPCC, 2007d). Gli autori del Rapporto hanno assegnato a questa affermazione una incertezza molto bassa, indicata con *“alto accordo/molta evidenza”*, a indicare che gli studi sono numerosi, sono in accordo e le conclusioni sono solide.

## IL FINTO DILEMMA

L'argomento principale contro le politiche di mitigazione è quello del conflitto fra una politica climatica e una politica di sviluppo, intendendo con questo termine l'uscita dalle condizioni d'indigenza, di miseria, di incapacità di soddisfare i bisogni più elementari.<sup>39</sup>

Un primo dubbio che dovrebbe manifestarsi fra i negazionisti, ma generalmente non si manifesta, è perché mai dovrebbe essere proprio una strategia per ridurre i gas serra a impedire un'uscita dalla miseria che non si è verificata in decenni, in assenza di una politica climatica. Anche ragionando con le statistiche economiche ufficiali, non è che gli ultimi decenni per i poveri del pianeta siano stati una cuccagna: le disuguaglianze fra i più ricchi e i più poveri del pianeta sono cresciute, enormemente.<sup>40</sup> La ricchezza delle nazioni più ricche non solo non si è estesa a quelle più povere, ma è in parte avvenuta a loro spese (Stiglitz, 2004). Sembra un po' troppo facile incolpare eventuali future politiche climatiche, se la povertà non sarà sconfitta nei prossimi decenni; le cose sono forse un po' più complesse.

È una falsa alternativa quella fra l'agire contro i cambiamenti climatici e ridurre la povertà e le malattie che ogni anno causano milioni di morti sul pianeta: presuppone che le uniche risorse disponibili siano quelle utilizzate o da utilizzare per mitigare i cambiamenti climatici. Come se non fossero possibili risparmi, ad esempio, sulle colossali spese per gli armamenti, per le guerre. Ma di questo si parlerà più avanti (pag. 148).

Sono i più poveri a essere maggiormente vulnerabili ai cambiamenti climatici (Patz et al., 2005), ed è proprio per proteggere i più poveri del pianeta che va attuata una politica climatica. Un importante studio del World Resources Institute *"Crescere nella serra, proteggere il clima mettendo al primo posto lo sviluppo"* (WRI, 2005) ha mostrato che le scelte a favore del clima possono anche essere scelte vantaggiose per i paesi poveri. Un esempio: per fornire energia elettrica ai 600 milioni di cinesi che ancora non vi hanno accesso, per lo più abitanti in zone rurali, si potrebbe decidere di espandere il modello convenzionale, basato sulla produzione con impianti a carbone e una rete centralizzata di distribuzione dell'energia elettrica. La Cina ha carbone in abbondanza nel sottosuolo, e se lo usasse, come hanno fatto l'Europa e gli Stati Uniti per un paio di secoli, senza impedire alla CO<sub>2</sub> prodotta di finire nell'atmosfera, non ci sarebbe molto da fare per il clima del pianeta. Una seconda alternativa potrebbe essere l'uso diffuso di motori diesel a gasolio, ma renderebbe la Cina dipendente dal mercato internazionale del petrolio. La scelta più vantaggiosa per le campagne cinesi sarebbe quella di un sistema energetico decentralizzato, basato su fonti rinnovabili: avrebbe maggiore efficienza e minori impatti a livello locale, e assicurerebbe anche maggiore impiego di mano d'opera. Il punto quindi è come promuovere questa soluzione, con quali strumenti e risorse.

Secondo un'altra scuola di pensiero, l'errore sta prima. Chi conosce meno superficialmente il problema della povertà sa che la tesi secondo cui la povertà sarebbe dovuta alla mancanza di aiuti al sud-povero del mondo da parte del nord-ricco non regge da almeno un paio di decenni. La mancanza di accesso ai beni necessari per un'esistenza dignitosa è per Zygmunt Bauman un prodotto della modernità, della globalizzazione neoliberista. Si creano rifiuti umani dal processo di produzione così come si scaricano rifiuti nell'atmosfera, emissioni di gas serra dai processi di combustione (Bauman, 2005). Ma questo aprirebbe un altro discorso, sarebbe un altro libro...

## UNA QUESTIONE GEOPOLITICA

Il problema del cambiamento climatico è certamente un problema ambientale, ma è oggi una grande questione geopolitica. Ha a che fare con il controllo delle fonti energetiche, in primis il petrolio, per cui si sono fatte anche guerre, in modo anche spudorato, come avvenuto recentemente in Iraq.

Non si potrebbe spiegare il dibattito sul clima senza considerare le pressioni delle lobby politico-industriali statunitensi, che hanno cercato di affossare il Protocollo di Kyoto e molto stanno facendo per frenare un secondo accordo sul clima. L'attività dei governi statunitensi guidati da George W. Bush contro le politiche climatiche è stata seconda solo alle tattiche ostruzionistiche dei paesi produttori di petrolio come Arabia Saudita, Kuwait, Emirati Arabi.<sup>41</sup> Ma se poche sono le speranze di una svolta nelle monarchie assolutiste del Medio Oriente, negli Stati Uniti la situazione è in movimento; se a livello federale non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto, numerosi stati hanno avviato azioni serie per la riduzione delle emissioni di gas serra; più di 180 città anche di grandi dimensioni si sono impegnate ad avviare azioni per cercare di raggiungere a livello locale riduzioni simili a quelle previste dal Protocollo di Kyoto. Dopo la vittoria del Partito Democratico nelle elezioni di medio termine del 2006, persino Bush ha rilasciato dichiarazioni che lasciano intravedere una possibile svolta nella sua miope politica sul clima. L'altra grande nazione che per anni non ha sottoscritto il protocollo, l'Australia, l'ha da poco ratificato dopo un cambio di governo in cui le tematiche climatiche hanno avuto la loro influenza.

La posizione statunitense ha avuto effetti solo marginali sulla politica climatica italiana. Il secondo governo Berlusconi, ministro all'Ambiente Altero Matteoli, ha tenuto per quanto possibile una posizione filoamericana sul clima (Varriale, 2006), meritandosi diverse volte il premio del *"Fossil of the day"*, il premio che le organizzazioni non governative di tutto il mondo attribuiscono giornalmente a chi peggio si comporta nelle negoziazioni durante le Conferenze delle Parti. Fortunatamente la politica climatica in Europa è ormai decisa in modo collegiale, sotto la guida della Commissione europea, che gestisce le negoziazioni in sede UNFCCC con l'ausilio del paese temporaneamente presidente del Consiglio d'Europa. Questo permette di evitare rallentamenti quando alcuni paesi sono guidati da forze che mostrano segni di disimpegno o resistenze sulle politiche climatiche.<sup>42</sup>

La Commissione europea ha da anni tracciato le linee di una decisa politica climatica, a partire dalla comunicazione *"Vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici"* (CE, 2005a), con l'approvazione nel 2007 di un importante documento sulla politica climatica europea per il futuro (CE, 2007), fino alla proposta nel gennaio 2008 di ulteriori e unilaterali impegni di riduzione al 2020. Certo, ci saranno difficoltà, resistenze negli stati membri. Il problema è semmai la velocità con cui le azioni indicate dalla Commissione e dal Parlamento europeo saranno effettivamente implementate nei singoli stati.

## UN RAPIDO CAMBIAMENTO DEL SISTEMA ENERGETICO

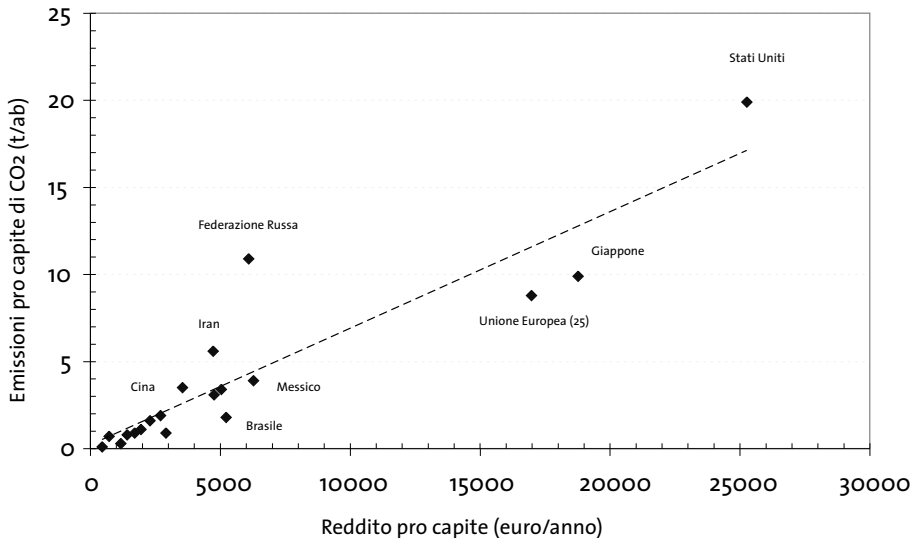
La necessità di un rapido cambiamento del sistema energetico si scontra con il fattore tempo, con i tempi tipici del ricambio delle tecnologie. Le transizioni di sistemi tecnologici a livello globale richiedono tempo per essere realizzate. Un cambiamento tecnologico globale è un processo lento, che si misura in decenni. Sistemi tecnologici molto diffusi (trasporti, edifici, infrastruttu-

re energetiche) richiedono anche un secolo per svilupparsi interamente. L'esperienza passata insegna: anche "rivoluzioni" tecnologiche, come quella informatica o dell'automobile privata, che hanno portato un personal computer e un'automobile nella maggioranza delle famiglie, hanno richiesto decenni. Ad esempio, i primi computer sono stati costruiti nel primo dopoguerra, quasi cinquant'anni prima dell'arrivo dei personal computer e di internet in quasi tutte le case. La velocità con cui le nuove tecnologie si diffondono dipende da molti fattori, può essere accelerata o rallentata, ma entro certi limiti: i decenni difficilmente diventano anni. Il problema quindi è il tempo, la velocità con cui questi cambiamenti avverranno. I ritardi e le attese potrebbero costare cari: gli scenari disponibili mostrano che se la riduzione delle emissioni globali non inizia entro il 2015 e non arriva nel 2050 ad almeno il 50% delle emissioni odierne, sarà difficilmente raggiungibile l'obiettivo di stabilizzare le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera a meno di 490 ppm di CO<sub>2</sub> equivalente<sup>43</sup> (Fisher et al., 2007; IPCC, 2007d – Tab. SPM5). Un livello che corrisponde a un aumento della temperatura media del pianeta rispetto al periodo pre-industriale di circa +2,5 °C (Meehl, 2007, Tab. 10.8), considerato già potenzialmente pericoloso.

## POLITICHE DI SVILUPPO E PROTEZIONE DEL CLIMA

Le banche dati disponibili, alcune consultabili facilmente su internet come il Climate Analysis Indicator Tool (WRI, 2006) o il Dashboard of Sustainability (Jesinghaus, 2007) mostrano una chiara relazione positiva fra il Prodotto Interno Lordo (o il reddito medio) e le emissioni di gas serra (figura 34). Più è alto il PIL o il reddito medio, maggiori sono le emissioni.

FIGURA 34. **RELAZIONE FRA LE EMISSIONI PRO CAPITE DI CO<sub>2</sub> E IL REDDITO PRO CAPITE, PER GLI STATI CON PIÙ DI 50 MILIONI DI ABITANTI, ANNO 2004**



I paesi non indicati sono, in ordine crescente di reddito: Etiopia, Nigeria, Bangladesh, Pakistan, Vietnam, India, Indonesia, Egitto, Filippine, Turchia, Thailandia. Fonte: WRI, 2006

Certo, non è un legame stretto, ci sono altri fattori rilevanti, geografici innanzitutto, o anche infrastrutturali. Ma è indubbio che all'aumentare del reddito medio corrisponde un livello maggiore di emissioni di gas serra. E non solo per i redditi bassi o medio-bassi. Con i redditi medio-alti aumentano i consumi di beni a maggior contenuto di conoscenza, di tecnologie e di relazioni umane, attività "leggere" che comportano minori emissioni di CO<sub>2</sub>, ma aumentano anche i consumi di beni con rilevantissime emissioni di gas serra. Esempi sono la crescita vertiginosa del trasporto aereo<sup>44</sup> o il maggiore uso e abuso dell'automobile: pur se ci sono differenze, si tratta di due tipi di consumi che dipendono dal reddito.

La tesi secondo cui all'aumentare del benessere si riducono gli impatti sull'ambiente, cara ad esempio a Bjørn Lomborg, non vale per tutti gli impatti. Mentre la qualità dell'aria e delle acque tende a essere più tutelata in presenza di maggiori disponibilità economiche, il consumo di energia e le conseguenti emissioni di gas serra sono molto maggiori per i paesi più ricchi rispetto a quelli più poveri. Un indiano medio emette circa 2 tonnellate all'anno di CO<sub>2</sub>, un cinese 4, un europeo 10, uno statunitense 24. Chi deve iniziare a ridurre le emissioni?

## OH, KYOTO

*La spinta emotiva e politica verso la firma del protocollo (di Kyoto) ha origini chiaramente catastrofiste e ben poco razionali.* (Regge, 2004)

Il Protocollo di Kyoto è diventato il bersaglio preferito di tutti quelli che fino all'altro ieri sostenevano che il problema dei cambiamenti climatici semplicemente non esisteva e non era necessario ridurre le emissioni. Per chi ora ammette – magari a denti stretti – che forse ridurre le emissioni non è una disgrazia, il passaggio successivo è: se anche dobbiamo ridurre le emissioni, certo non è il Protocollo di Kyoto lo strumento giusto. La frase più frequente è *“se dipende dall'uomo, Kyoto non è la soluzione”*. È questo il punto su cui a fine 2007 è attestata la maggior parte dei negazionisti italiani. Le critiche sono così frequenti e maleducate che verrebbe da difendere il Protocollo per partito preso; ma ci sono anche argomenti validi per farlo.

Il Protocollo di Kyoto è un fatto umano, un prodotto della negoziazione politica. Come l'ONU, la Croce Rossa, i parlamenti e le leggi. È il risultato delle negoziazioni avvenute prima e durante la Conferenza delle Parti della Convenzione sul Clima (UNFCCC) che si è tenuta a Kyoto, in Giappone, nel dicembre 1997. L'accordo raggiunto a Kyoto vincola alcune nazioni a ridurre nel 2008-2012 le loro emissioni del 5,2% rispetto a quelle del 1990: si tratta dei principali paesi industrializzati e quelli con le economie in transizione, riportati nell'Annex 1 (Allegato 1) del Protocollo e per questo chiamati in gergo “Paesi Annex 1”. Stati Uniti, Europa, Canada, Giappone, Australia, ma anche Federazione Russa, Polonia, Ungheria ecc., hanno ognuno propri limiti di emissione.

Per entrare in vigore il Protocollo necessitava della ratifica di almeno il 55% degli stati che a Kyoto l'avevano sottoscritto, stati che dovevano essere responsabili di almeno il 55% delle emissioni di gas serra nel 1990. Per il primo punto non ci sono mai stati problemi, per il secondo si è dovuto attendere il 15 febbraio 2005, 90 giorni dopo la ratifica della Russia.

A fine settembre 2007 sono 165 i paesi che hanno ratificato il Protocollo, pari circa al 62% delle emissioni del 1990. È stata questa una sconfitta di molti negazionisti che avevano scommesso sul fallimento del Protocollo, sull'impossibilità della sua entrata in vigore; una sconfitta che avrebbe dovuto spingerli a una riflessione, a un'autocritica e a rivedere le previsioni rovinose e drammaticizzanti. Non è stato così, ma non importa: anche se il Protocollo di Kyoto è stato deriso, oggi è una realtà, e lo sarà nei prossimi anni, fino al 2012. È poco probabile che sia entrato in vigore perché la Commissione europea e 165

stati sono in mano ad ambientalisti scriteriati o vittime di un'allucinazione; ciò nonostante le critiche al Protocollo continuano, frequenti e aspre.

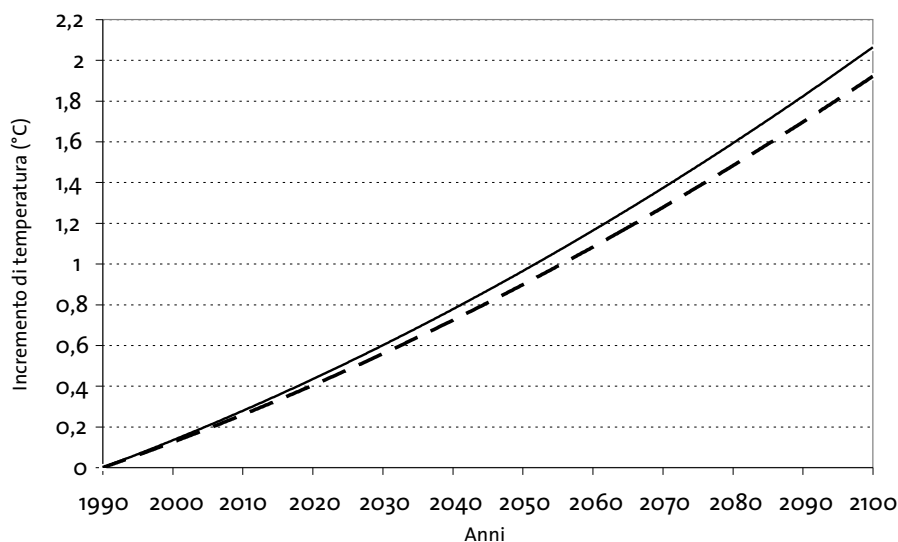
I rimproveri al Protocollo di Kyoto sono essenzialmente due: il primo lo accusa di raggiungere risultati troppo miseri, il secondo di essere troppo impegnativo. Pur essendo due argomentazioni opposte, a volte sono usate contemporaneamente, dallo stesso soggetto e nello stesso intervento.

## UN PROTOCOLLO POCO IMPEGNATIVO

Se anche tutto il mondo ottemperasse ai vincoli di Kyoto, la temperatura del globo si ridurrebbe di meno di 0,05 gradi (Battaglia, 2007k).

La prima critica al Protocollo di Kyoto è tanto famosa quanto miope. Sostiene che il Protocollo di Kyoto va giudicato per l'unico effetto diretto che intende produrre, quello di ridurre del 5,2% (rispetto al 1990) le emissioni dei paesi che l'hanno ratificato. Se questo fosse l'unico risultato, gli effetti sarebbero davvero miseri: a dimostrazione viene portato un grafico in cui si vede la riduzione delle temperature del 2100 di soli 0,15 gradi rispetto allo scenario senza Protocollo (figura 35). Data la crescita delle emissioni di altri stati (paesi in via di sviluppo o paesi come la Cina, l'India, il Brasile), anche se i paesi industrializzati rispettassero gli impegni del Protocollo nel 2008-2012, si avrebbe una crescita delle emissioni globali rispetto al 1990. Ed è vero che se questa fosse l'unica azione per i 90 anni successivi, la riduzione delle emissioni e delle temperature raggiunte nel 2100 sarebbe ben poca cosa.

FIGURA 35. INCREMENTO DELLE TEMPERATURE NEL XXI SECOLO CON E SENZA IL PROTOCOLLO DI KYOTO



Incremento delle temperature rispetto al 1990 previste con il Protocollo di Kyoto (linea tratteggiata) e senza (linea continua). Fonte: Lomborg, 2001



Ma è un ragionamento sensato? Può essere utilizzato per contestare l'utilità del Protocollo firmato a Kyoto? Un po' come se all'autista di un'auto in corsa, che avesse il sospetto di aver imboccato una strada a fondo cieco, si ponesse il problema di un primo colpo di freno. Colpo di freno che certo non farebbe fermare il mezzo in corsa, non impedirebbe – da solo – un successivo schianto, non farebbe – da solo – cambiare strada.

Il primo passo nel lungo cammino verso la riduzione dei gas climalteranti ricorda il primo passo con cui, secondo un antico proverbio cinese, ha inizio anche un viaggio di 100 miglia. Secondo altri è più adatta la metafora di un salto per raggiungere la luna:

Si sta diffondendo la sensazione che l'applicazione del Protocollo di Kyoto (la riduzione del 5,2% delle emissioni di anidride carbonica da parte dei paesi industrializzati) sia "un primo passo" per affrontare la questione. Non appare chiaro quali sarebbero gli altri "passi", né perché mai un complesso sistema *come* quello climatico possa essere governato controllando un solo parametro, la concentrazione di anidride carbonica, (con analogo ragionamento, si potrebbe dire che anche montare su uno sgabello sarebbe un primo passo per raggiungere la luna) (Battaglia, 2002).

La metafora del cammino verso la riduzione delle emissioni, che prevede una decelerazione e un'inversione di marcia, è sostituita da quella dell'andare sulla luna. Un artificio retorico, fuorviante, in quanto fa sembrare il compito della riduzione un'impresa epica, che richiede un tipo di azioni (vincere la forza di gravità, uscire dall'orbita terrestre) sostanzialmente diverse da quello che si fa normalmente (camminare sulla Terra o salire sullo sgabello).

Il punto è che l'effetto del Protocollo di Kyoto non è solo quello di limitare le emissioni di alcuni paesi. Per contenere le emissioni è necessario iniziare a cambiare tecnologie, modi di consumo, stili di vita. Cambiamenti che avranno anche altri effetti, altre conseguenze, che si trasferiranno anche a paesi non direttamente impegnati a ridurre le emissioni. Gli economisti chiamano questi effetti "spillover", ossia sgocciolamenti, ricadute.

Alla base del Protocollo di Kyoto c'è quindi l'obiettivo di avviare un circolo virtuoso, di cui la riduzione delle emissioni prevista non è l'obiettivo principale e neppure il primo passo, ma solo uno strumento. Ad esempio, il Protocollo di Kyoto ha molto contribuito a far nascere l'economia del carbonio, un'economia che per la prima volta dà un valore economico alla CO<sub>2</sub>.

Chi spara giudizi "tranchant" sul Protocollo di Kyoto dimentica di considerare tutti gli effetti del protocollo. Ad esempio, l'avvio dei "meccanismi flessibili" del Protocollo di Kyoto, un passo importante e spesso misconosciuto della battaglia sul clima. Si tratta di meccanismi che permettono di favorire il trasferimento nel sud del mondo di tecnologie più pulite per produrre energia e diminuire le emissioni di gas serra, a spese dei paesi più avanzati. Sono meccanismi criticati da molte associazioni ambientaliste, in quanto permettono ai paesi industrializzati di sfuggire ai loro impegni di riduzione "domestici". In molti casi si tratta di critiche immeritate, in quanto questi meccanismi non hanno cambiato di molto lo sforzo complessivo previsto per i paesi industrializzati.

Il Clean Development Mechanism (CDM, meccanismo di sviluppo pulito) è ormai una grande realtà, con significativi impatti sulle politiche di trasferimento tecnologico nei paesi in via di sviluppo. A settembre 2007 erano già stati registrati 780 progetti CDM in 48 paesi. Altri 1.320 progetti sono stati avviati e saranno approvati nei prossimi anni, generan-

do una riduzione delle emissioni di circa 2,2 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> entro il 2012. Una quantità di emissione pari circa a quattro volte le emissioni annue dell'Italia. I progetti CDM già decisi nel 2006 genereranno investimenti per circa 25 miliardi di dollari, di cui più del 90% in progetti di energia rinnovabile o efficienza energetica (UNFCCC, 2007a). Il mercato del CDM ha avuto un effetto leva sugli investimenti verso le energie pulite, è riuscito a favorire il loro sviluppo anche al di là dei progetti CDM che direttamente coinvolgono energie rinnovabili.

Il CDM e l'Emission Trading (commercio delle quote di emissione), che ha messo sotto controllo più del 50% delle emissioni dei grandi impianti europei, sono prodotti del Protocollo di Kyoto.

È comunque singolare che a criticare il primo accordo mondiale di riduzione delle emissioni di gas serra sia chi sostiene che non esiste il problema dei cambiamenti climatici, con tutte le fallaci argomentazioni mostrate in precedenza. E che contemporaneamente si critichi il Protocollo di Kyoto per essere troppo impegnativo, troppo oneroso.

## UN PROTOCOLLO TROPPO COSTOSO

L'applicazione unilaterale su scala europea del Protocollo di Kyoto rischia di compromettere la competitività del sistema produttivo (Bersani, 2007).

Se c'è una cosa su cui i negazionisti climatici sembrano tutti d'accordo è l'eccessivo costo per l'economia italiana, europea e mondiale del Protocollo di Kyoto. La polemica sui costi continua anche dopo che è stata decisa la ratifica del Protocollo, avvenuta per quanto riguarda il Parlamento italiano nel 2002. Il Protocollo non è più in discussione, quindi, ma dei suoi costi eccessivi parlano anche importanti ministri, con argomentazioni (la competitività, l'unilateralità...) che sembrano non dipendere dalla coalizione governativa di appartenenza.

Per tutti il Protocollo costa tanto, troppo. Invece sulle cifre, su "quanto costa", l'accordo non c'è. Non è chiaro a quanto ammonti questo costo così eccessivo. Se ne sentono delle belle. Ognuno spara la sua cifra, senza pudore. Non è sempre chiaro chi ha fatto le stime e sotto quali ipotesi. Alla fine le cifre che vengono fornite variano di un paio di ordini di grandezza, ossia di circa 100 volte. Si parla di quadrilioni di dollari, che è una cifra persino superiore ai futuri investimenti nelle infrastrutture energetiche previsti entro il 2030, pari a 30 trilioni di dollari (IPCC, 2007d).

Generalmente i costi sono declamati senza fornire le informazioni basilari che consentirebbero di dare alla cifra un qualche senso. Ad esempio senza chiarire se si tratta di costi annui oppure complessivi su un determinato periodo, magari di 30 o 50 anni. Oppure se sono soldi di oggi, ottenuti dai costi futuri tramite un tasso di sconto, oppure no; su tempi lunghi fa differenza.

Una cosa fondamentale da decidere sarebbe quali costi considerare. Perché se è vero che cambiare tecnologie ha un costo, il ricambio produce dei benefici, diretti e indiretti, che possono essere quantificati economicamente.

Alcuni risparmi generati dalle politiche climatiche sono diretti: non immediati, ma spostati un po' in là nel tempo. Ad esempio, se si adottano moderni sistemi di isolamento termico di un'abitazione, per riscaldare la casa si consumerà meno energia: c'è un costo iniziale

(l'acquisto e l'installazione dei materiali termoisolanti), ma negli anni successivi si risparmierà sulla bolletta energetica. Quindi alla fine non è detto che l'operazione non convenga, ossia non è detto che ci sia davvero un costo. Potrebbe essere solo un investimento, redditizio dal punto di vista meramente economico sul medio e lungo termine.

Altri risparmi sarebbero indiretti, ma molto concreti. Sono benefici (o costi) detti "esterni", perché ricadono sull'intera società. L'economia ambientale li considera normalmente per valutare le politiche ambientali.<sup>45</sup> Ad esempio le emissioni di gas serra sono invariabilmente accompagnate dall'emissione di gas nocivi per la salute pubblica e la vegetazione, quali gli ossidi di azoto e di zolfo. Se si riducono le emissioni di gas nocivi per effetto indiretto di una politica climatica, ci saranno meno malati e meno morti premature a causa dell'inquinamento; in termini economici significa meno giornate lavorative perse e minori spese sanitarie: anche queste voci andrebbero conteggiate.

Diversi studi hanno stimato che i costi netti delle politiche di mitigazione possono essere negativi, ossia ci si può guadagnare. Ad esempio è stato calcolato (De Leo et al., 2001; Caizzi et al. 2002) che il costo dell'ammmodernamento del settore della produzione di energia elettrica italiano, responsabile di circa un terzo delle emissioni di gas serra, al fine di ottenere una riduzione delle emissioni simile a quella del Protocollo di Kyoto (6,5% rispetto alle emissioni del 1990, -17% rispetto alle emissioni al 2010 senza interventi), sarebbe di circa 300 milioni di euro all'anno. Una cifra consistente, ma ampiamente compensata dai conseguenti benefici per la salute e per il clima, che ammonterebbero rispettivamente a 900 e 600 milioni di euro l'anno. I soldi spesi per attenuare il riscaldamento globale non sono dunque sottratti ad altre necessità più impellenti, ma costituiscono un investimento con ritorni immediati.

Uno studio effettuato a fine anni '90 (Lanza, 2000) stimava il costo totale della riduzione delle emissioni necessaria per rispettare il Protocollo di Kyoto per l'Europa (12 paesi) fra 16 e 22 miliardi di euro, cioè 3,2 e 4,5 miliardi per ogni anno del periodo 2008-2012. Le stime successive hanno diminuito i costi, in parte per l'effetto dell'introduzione dei "meccanismi flessibili": rispettare il Protocollo di Kyoto per l'Europa (15 stati) avrebbe un costo molto inferiore, da 1 a 3,5 miliardi di euro l'anno (Raes, 2005), circa 3-10 euro per ogni cittadino europeo.

Con il senno di poi, è difficile dire quanto sarebbe costato all'Italia avviare azioni per rispettare gli impegni del Protocollo di Kyoto. Le azioni intraprese si sono rilevate largamente insufficienti o inefficaci, le emissioni sono cresciute e sta quindi arrivando il momento di stimare il costo delle "penali" che saranno pagate per il mancato rispetto degli impegni. Questi costi, desumibili dai documenti di programmazione economica finanziaria del Governo italiano, si aggirano fra 600 milioni e i 2,5 miliardi di euro (Carraro e Galeotti, 2007). Sono cifre di cui è difficile capire la genesi, che considerano l'ipotesi di un costo interamente dovuto a penali, presupponendo anche per gli anni futuri la sostanziale immobilità del Governo, quindi l'assenza di riduzioni effettive.<sup>46</sup>

Per chi non crede a queste cifre e continua a ripetere che il Protocollo di Kyoto costa troppo, può essere utile un conto semplice. Si parte dalle emissioni pro capite di gas serra: circa 10 tonnellate a testa in un anno in Italia. Ipotizzando di ridurle del 10% (il Protocollo di Kyoto prevedeva una riduzione del 6,5%), significa una tonnellata in meno a testa. Nelle Borse finanziarie in cui si scambiano i diritti delle emissioni, una tonnellata di CO<sub>2</sub> ha un costo nel gennaio 2008 di circa 20 euro (Pointcarbon, 2007). Quindi chi non vuole appro-

fondire e magari scoprire che il Protocollo di Kyoto potrebbe essere economicamente vantaggioso, può mettersi il cuore in pace: la riduzione delle emissioni prevista dal Protocollo è pari al massimo a circa 20 euro a testa, per cinque anni. Come se ogni italiano invitasse i propri pronipoti a cena, una volta l'anno per i prossimi cinque anni. Anzi, non una cena, il costo in alcune parti d'Italia è più vicino a quello di una pizza + birra + caffè.

## ALCUNI CONFRONTI

Per capire quanto rilevanti sono i costi del Protocollo di Kyoto e in generale delle politiche climatiche, può essere necessario metterli in prospettiva, paragonarli ad altri costi, ad altre cifre che passano inosservate.

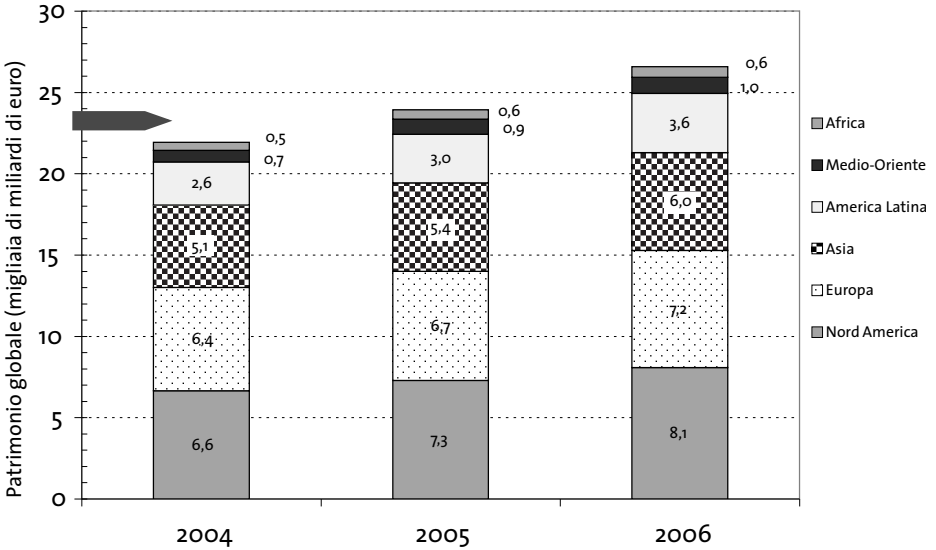
Riassumendo, l'ordine di grandezza del costo del Protocollo di Kyoto per l'Italia può essere stimato in via cautelativa in circa 1 miliardo di euro l'anno, per i 5 anni dal 2008 al 2012, circa 18 euro per ognuno dei 56 milioni di italiani. Vediamo qualche confronto:

- i soldi spesi dagli italiani per lotterie e simili nel 2006 sono stati pari circa a 33 miliardi di euro (Machetti, 2007), 590 euro a testa;
- le spese militari previste nella "Finanziaria 2006" sono pari a circa 12,4 miliardi di euro, 220 euro a testa;<sup>47</sup>
- il gruppo petrolifero ENI nel 2006 ha registrato un utile netto di 9,2 miliardi di euro, ha pagato 4,6 miliardi di dividendi e 10,6 miliardi di imposte (Oddo, 2007); gli investimenti previsti dall'ENI nel quadriennio 2007-2010 sono pari a 11 miliardi l'anno.

A livello mondiale, l'IPCC ha fornito nel Quarto Rapporto una stima dei costi globali macro-economici da sostenere entro il 2030 per stabilizzare le emissioni di gas serra a diversi livelli, tramite politiche che vanno quindi al di là del Protocollo di Kyoto. Lo scenario più ambizioso, dunque più costoso, prevede una riduzione del Prodotto Interno Lordo globale al 2030 di circa il 3%, con una riduzione annua della crescita del PIL globale di circa 0,12% (IPCC, 2007d). In altre parole, è come se anziché crescere ad esempio del 2% il PIL mondiale crescesse del 1,88%. Nello scenario più stringente tali costi al 2030 sono stimati fra 140 e 1.200 miliardi di euro (Fisher et al., 2007, pag. 206), da 22 a 180 euro per ogni abitante del pianeta.<sup>48</sup> Tantissimo, se si pensa ai circa 3 miliardi di persone che vivono con meno di due dollari al giorno (Shah, 2007). Pochissimo, se confrontato con il patrimonio dei 9,5 milioni di "super ricchi" del pianeta, le persone con disponibilità di almeno un milione di dollari in titoli finanziari e immobili, prima casa esclusa: il loro patrimonio nel 2006 è stato stimato da uno studio di Merrill Lynch e Cap Gemini pari a 37.200 miliardi di dollari, ossia circa 26 mila miliardi di euro (Merrill Lynch e Cap Gemini, 2007). Il loro numero è cresciuto dal 2004 al 2006 di 1,3 milioni, per un maggiore accumulo di circa 4.600 miliardi di euro. I costi delle politiche climatiche, delle misure di mitigazione fino al 2030, sono al massimo circa un quarto di questa cifra, fanno quasi sorridere (figura 36).

Certo, questi sono i patrimoni dei più ricchi del pianeta, non saranno d'accordo a utilizzare i loro capitali per gli interessi dell'umanità. Allora può essere utile il confronto con costi già a carico della collettività, ad esempio i costi della guerra in Iraq, stimati dal Premio Nobel Joseph Stiglitz e da Linda Bilmes fra i 652 e i 2.000 miliardi di dollari per un arco di tempo di circa 10 anni. Tale cifra, che comprende le spese vive, stipendi dei mili-

FIGURA 36. **PATRIMONIO DELLE PERSONE CON DISPONIBILITÀ DI ALMENO UN MILIONE DI DOLLARI NEGLI ANNI 2004, 2005 E 2006**



Lo spessore della freccia sulla sinistra indica la stima più elevata del costo delle politiche climatiche dal 2005 al 2030, pari a circa 1.200 miliardi di euro. Fonte: Merrill Lynch e Cap Gemini, 2007; Fisher et al., 2007

tari, degli armamenti, della logistica e gli indennizzi per le vite umane (Stiglitz e Bilmes, 2006), è pari circa a 45-140 miliardi di euro l'anno. Una buona parte della spesa militare mondiale, pari nel 2005 a 800 miliardi di euro, ovvero una spesa media di 123 euro per ogni abitante del pianeta (SIPRI, 2006).

Oltre al business della guerra, vale la pena ricordare anche quello del petrolio: le cinque più grandi compagnie petrolifere del mondo (ExxonMobil, Chevron Corporation, Total, BP e Shell) nel 2005 hanno realizzato profitti per 75 miliardi di euro: Exxon 25, Shell 16, BP 12 miliardi di euro (Le Figaro, 2006).

Insomma, parlare di costi eccessivi per le politiche per la salvaguardia del clima del pianeta in certi ambienti potrebbe sembrare indecoroso, da veri pezzenti. Il problema è politico, ossia come rendere disponibili le risorse per mitigare i cambiamenti climatici, distribuendo i costi in modo equo fra i soggetti economici che saranno diversamente penalizzati dalle politiche climatiche.

## GLI UNICI SOLDI DISPONIBILI

La priorità d'intervento dovrebbe essere rivolta alla risoluzione di problemi attuali, quali la malnutrizione e la malaria nei paesi poveri, che potrebbero essere aggravati dal cambiamento climatico (Ramella, 2004).

Un altro argomento di moda è quello secondo cui i soldi necessari per rispettare il Protocollo di Kyoto potrebbero essere spesi per altre cose più utili: generalmente si cita la lot-

ta alla povertà, all'AIDS, alla fame, la necessità di portare acqua a centinaia di milioni di persone. È un argomento di forte presa: chi vorrebbe sentirsi responsabile della fame nel mondo? Il campione di questa argomentazione è Bjørn Lomborg, che ha anche promosso una consultazione fra esperti mondiali per valutare come sarebbe più conveniente spendere 50 miliardi di dollari; ma non mancano gli emuli italiani.

Si tratta di un argomento veramente singolare. Non si capisce perché proprio i soldi necessari a una politica climatica debbano essere utilizzati per raggiungere questi – nobilissimi – obiettivi. Come se fossero le uniche spese cui è possibile rinunciare. E perché non si potrebbero utilizzare i soldi spesi per le spese militari? Oppure parte degli astronomici profitti delle compagnie petrolifere. Oppure una piccolissima parte dei patrimoni a 15 zeri degli 8 milioni di super ricchi che esistono sul pianeta. Oppure una tassa, anche molto piccola, sulle transazioni finanziarie, su chi accumula fortune approfittando delle perversioni del sistema finanziario mondiale. No, sembra che gli unici soldi da spendere siano quelli che altri vorrebbero impiegare per combattere i cambiamenti climatici.

### ABBIAMO GIÀ DATO

L'aumento della domanda di elettricità è difficilmente comprimibile, per un motivo molto semplice: secondo il rapporto della Commissione europea, l'economia italiana continua ad avere livelli di efficienza energetica superiori alla media europea. Di conseguenza, la riduzione delle emissioni potrebbe essere conseguita solo attraverso l'uso consistente di fonti energetiche a emissioni zero, ovvero rinnovabili e nucleare (Clini, 2007).

Un argomento che spesso si sente è quello che l'Italia le sue riduzioni le aveva già fatte prima del 1990, anno di riferimento del Protocollo di Kyoto. Quindi gli impegni previsti dal Protocollo di Kyoto sarebbero ingiusti, iniqui. A questo fine si citano alcuni dati sull'intensità carbonica dell'Italia, ossia le emissioni per unità di Prodotto Interno Lordo, minori rispetto ad altri paesi europei. Se l'Italia produce dunque ricchezza utilizzando meno carbonio, se emette già di meno, perché dovrebbe ridurre più di altri le sue emissioni?

Come noto, l'Unione europea si è impegnata a Kyoto a una riduzione delle sue emissioni di gas serra dell'8% nel periodo 1990-2010.<sup>49</sup> Successivamente l'impegno è stato suddiviso fra i paesi UE e l'Italia ha accettato una riduzione del 6,5%. Gli obiettivi sono stati proposti da uno studio che aveva valutato le potenzialità dei diversi paesi, le riduzioni possibili o le necessità di incrementi. Per alcuni paesi (Spagna, Portogallo) l'accordo europeo ha previsto la possibilità di aumentare le emissioni, ma non oltre certi limiti (esempio: +15% per la Spagna, +25% per la Grecia). La Germania, ad esempio, ha accettato un obiettivo di riduzione consistente delle sue emissioni (-25%), perché nel 1990, poco dopo l'unificazione fra le due Germanie, c'erano molte centrali a carbone obsolete; era facile prevedere che la loro chiusura e sostituzione con centrali più efficienti avrebbe ridotto di molto le emissioni di CO<sub>2</sub>, a parità di energia elettrica prodotta.

Negli accordi c'è sempre un margine di mediazione rispetto ai documenti tecnici, quindi non è escluso che l'Italia avrebbe potuto ottenere un impegno di riduzione più lieve, se ci avesse provato e se avesse prodotto dati solidi a supporto della richiesta.

L'argomento effettivamente ha un fondamento, in quanto l'Italia in alcuni settori industriali si presentava nel 1990 più avanti di altri paesi europei. Ma non sono settori così de-

terminanti sulle emissioni di gas serra e ci sono alcuni problemi a far valere questo fatto per chiedere oggi sconti sugli impegni del Protocollo.

Il primo è che l'accordo sulla ripartizione fra i paesi membri dell'impegno (-8%) preso a Kyoto dall'Unione europea risale al 1997-1998. L'Italia ha approvato questa ripartizione dapprima con l'adesione al Protocollo il 29 aprile 1998 (delibera Cipe 19/11/1998), quindi con la ratifica del Protocollo (legge 120 del 1 giugno 2002). Porre il problema dell'eccessiva penalizzazione dell'Italia dopo 5 o 10 anni è poco credibile.

In ogni caso, discutere se sarebbe stato più giusto per l'Italia un impegno di riduzione del 5% o del 3%, anziché il 6,5%, non cambia la sostanza, in quanto fra il 1990 e il 2005 le emissioni sono aumentate del 12% (APAT, 2007).

Ma questa storia che "l'Italia le sue riduzioni le ha già fatte" regge solo in parte sul piano tecnico. Il fatto che l'Italia abbia una minore intensità carbonica o minori emissioni pro capite di gas serra è dovuto in parte anche a fattori climatici: siamo il paese del sole, per scaldarci d'inverno abbiamo certo bisogno di meno combustibili fossili di uno svedese o di un tedesco.

Guardando l'andamento storico delle emissioni, si nota che l'Italia ha aumentato molto le sue emissioni nel settore trasporti e in misura inferiore, ma comunque rilevante, nel settore energetico; nonostante ci sia stato un grande ricambio tecnologico, nel tipo di veicoli e nelle centrali termoelettriche, ricambio tuttora in corso. Il problema è che sono aumentati a dismisura i consumi, sia in termini di chilometri percorsi dai veicoli passeggeri e merci sia per quanto riguarda i consumi di energia elettrica. Il confronto con gli altri paesi europei mostra il primato italiano nei tassi di motorizzazione, nella maggiore quota di spostamenti effettuati con il sistema con maggiori emissioni, l'autoveicolo privato. L'aumento delle emissioni di gas serra nei settori dell'energia e dei trasporti è spiegabile con l'assenza di una seria politica energetica e per la mobilità sostenibile.

Perché mai avrebbero dovuto diminuire le emissioni, visti i ricorrenti appelli ad aumentare i consumi per sostenere l'economia?

Se le riduzioni fossero state fatte prima del 1990, l'Italia non avrebbe potuto approvare due piani per la riduzione delle emissioni, approvati il 19/11/1998 e il 19/12/2002 dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica e per questo chiamati "Delibere CIPE".

Una cosa che, stranamente, nessun giornalista ha mai provato a fare è quella di confrontare questi piani di riduzione delle emissioni di gas serra con la realtà, per capire cosa non ha funzionato. Non è certo una specificità della politica climatica, in quanto in Italia è una prassi consolidata fare promesse, porsi programmi ambiziosi, redigere programmi impegnativi e successivamente ignorarli; nella distrazione generale e senza che qualcuno provi a chiederne conto. L'essere fautori dello sviluppo sostenibile consiste spesso (pag. 311) non nel raggiungere obiettivi, ma nel declamarli.

Al di là di alcune palesi inconsistenze nelle Delibere CIPE, come la riduzione di 3,2 milioni di tonnellate CO<sub>2</sub> dalla realizzazione delle opere della "Legge Obiettivo" (legge 21 dicembre 2001 n. 443 - Delega al Governo in materia di infrastrutture e insediamenti produttivi strategici e altri interventi per il rilancio delle attività produttive) alcune azioni potevano essere realizzate. E nei cinque anni successivi non è stato svolto un monitoraggio delle azioni intraprese, un aggiornamento delle azioni e degli obiettivi.

C'è quindi una precisa responsabilità di chi ha governato, di chi ha diretto le politiche ambientali negli ultimi 10 anni, per non aver attuato azioni di riduzione delle emissioni di gas serra. Oggi si vede che i margini per ridurre le emissioni ci sono, come mostrano le prime timide politiche climatiche. Ma c'è un ritardo di circa 10 anni.

## SOLO SE GLI ALTRI...

*Se il problema è l'emissione totale di CO<sub>2</sub>, quale politica di riduzione potrà essere effettuata se Cina e India, escluse da ogni impegno, contribuiscono a oltre il 30 per cento delle emissioni globali e che nel 2030 supereranno il 40?*  
(Clini, 2005)

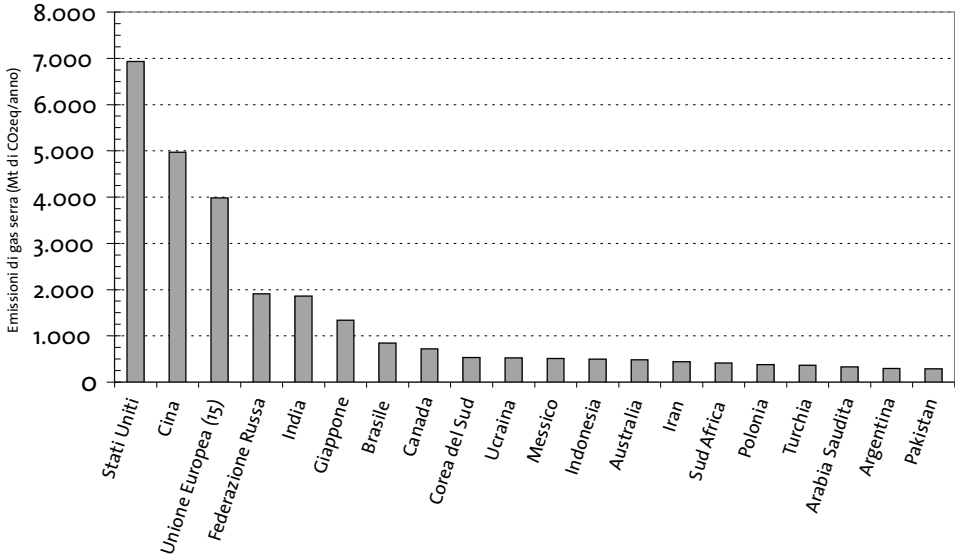
Se gli altri non riducono le emissioni, non dobbiamo farlo neanche noi. È un argomento che fa presa: se la riduzione delle emissioni è vista come un male, il male comune è più accettato perché porta, secondo un detto popolare, il mezzo gaudio. Nessuno vuole soffrire mentre gli altri godono, nessuno vuole fare la figura del fesso. È una tipologia di argomentazione utilizzata anche in altri contesti,<sup>50</sup> ma se si parla di ridurre le emissioni di gas serra, “*gli altri*” sono generalmente “*la Cina*”, a volte “*la Cina e l'India*”. L'obiezione classica è: se Cina e India aumentano le loro emissioni e non accettano limiti, neanche noi dovremmo ridurle e porci dei limiti.

La risposta a questa lamentela richiede di valutare con attenzione gli obiettivi e i criteri che devono stare alla base di una politica climatica. Ma prima di entrare nel merito si potrebbe dire che l'argomentazione “*se gli altri non... allora noi...*” è un'argomentazione infantile. Perché mai si dovrebbe seguire il cattivo esempio degli altri? In tanti altri campi non seguiamo il cattivo esempio della Cina: dal pluralismo del sistema politico, al rispetto dei diritti umani, alla pena di morte. Non abbiamo le stesse norme sulla sicurezza sul lavoro dell'India: nessuno ne farebbe un argomento. In pochi direbbero: se la Cina non rispetterà i diritti sindacali, neanche noi non li rispetteremo. Perché mai dovremmo copiarli nelle politiche climatiche? Noi dobbiamo limitare le nostre emissioni perché è giusto farlo, lavorando per una ripartizione universale ed equa degli sforzi di riduzione. Ma senza farci troppo condizionare: la salvaguardia del pianeta è un imperativo etico, non negoziabile: quanto fanno gli altri dovrebbe essere secondario, nel nostro interesse.

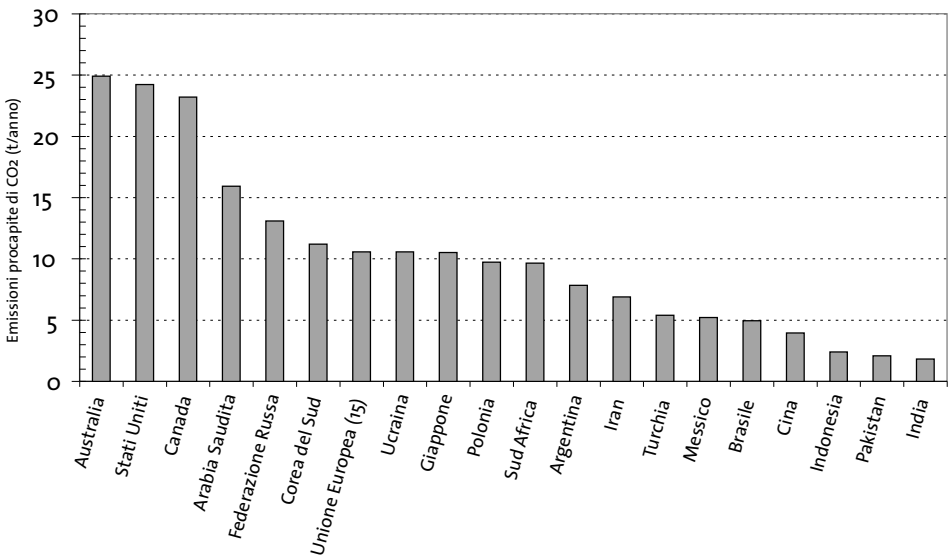
Chi vuole far sembrare ragionevole la posizione “*I paesi occidentali non devono da soli ridurre le emissioni se non le riducono anche gli altri paesi del mondo*” mostra un grafico come quello riportato in figura 37. La Cina emette ogni anno circa 5 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>, il 15% del totale, è il secondo emettitore al mondo; l'India quasi 2 miliardi di tonnellate, è al quinto posto; il Brasile con 850 milioni di tonnellate è l'ottavo emettitore del mondo. Anche le loro emissioni contano. Perché non limitarle?

Sembra un argomento ragionevole, eppure questi paesi non sono d'accordo nell'assumere obblighi di riduzione delle emissioni; alcuni di questi si rifiutano anche solo di discu-



FIGURA 37. **EMISSIONI DI GAS SERRA NEL 2000 DEI 20 PRINCIPALI EMETTITORI MONDIALI**

Le emissioni di gas serra sono espresse in milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti l'anno. Fonte dati: WRI, 2006

FIGURA 38. **EMISSIONI PRO CAPITE DI GAS SERRA NEL 2000**

Le emissioni procapite di gas serra sono espresse in tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti l'anno. Fonte dati: WRI, 2006

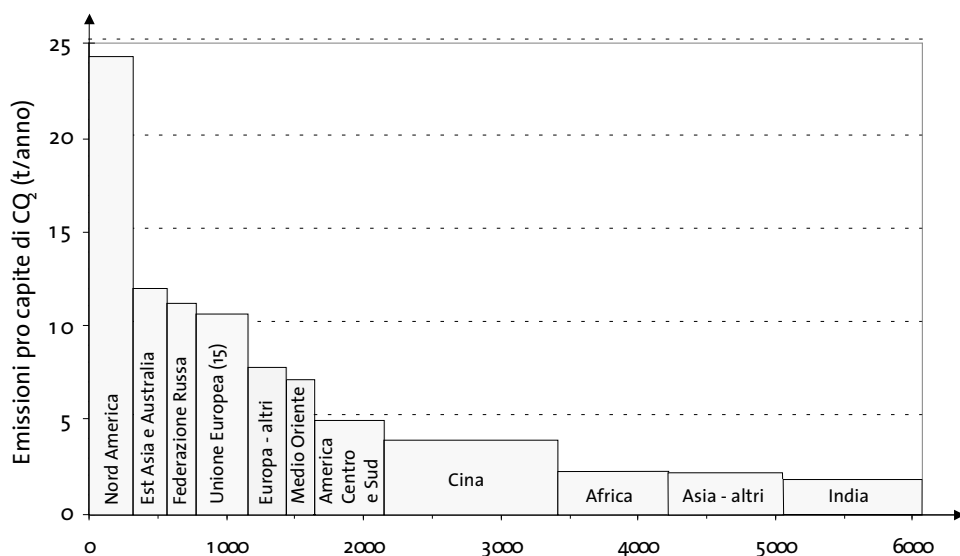
terne. Per capire il perché può essere utile un altro grafico (figura 38), che mostra quanto diverse sono le emissioni di gas serra degli stessi paesi, se calcolate non come valore assoluto, ma come pro capite, ossia tenendo conto del numero di persone responsabili delle emissioni stesse. Ogni cinese emette circa 4 tonnellate di CO<sub>2</sub> l'anno, ogni indiano 2 e ogni brasiliano 5. Ma le tonnellate di CO<sub>2</sub> emesse ogni anno da uno statunitense medio sono 24, 10 quelle di un europeo. Ha senso che uno statunitense o un europeo chiedano a un indiano di ridurre le emissioni?

I due grafici precedenti possono essere riuniti in uno solo, mostrato nella figura 39. Sull'asse verticale ci sono le emissioni pro capite. Su quello orizzontale c'è la popolazione, in milioni di abitanti. L'area dei rettangoli che si vedono nel grafico rappresenta le emissioni totali del paese. È la stessa area dei rettangoli del primo grafico, ma ora si capisce come nasce. C'è chi ha la base (la popolazione) più grande, chi invece cresce in altezza.

Chi ha ragione? Dipende, per assegnare una ragione o un torto bisogna decidere se esiste o meno un diritto individuale a utilizzare le risorse del pianeta, e quindi anche a emettere CO<sub>2</sub>; in questo caso la base dei rettangoli del grafico, la popolazione, non conta. Viceversa, se si ritiene che questo diritto vale per un'intera nazione nel suo complesso, conta solo l'area dei rettangoli.

Sembra poco sensato che le nazioni abbiano lo stesso diritto a emettere, indipendentemente dalla loro popolazione o estensione. È vero che in ambito ONU vale la regola "una na-

FIGURA 39. **DISTRIBUZIONE REGIONALE DELLE EMISSIONI PRO CAPITE DI GAS SERRA NEL 2000 RISPETTO ALLA POPOLAZIONE IN DIVERSE NAZIONI O RAGGRUPPAMENTI DI NAZIONI**



Popolazione (in milioni). Est Asia e Australia comprende: Giappone, Corea del Sud, Australia, Taiwan, Corea del Nord, Nuova Zelanda, Singapore. Federazione Russa comprende: Russia, Uzbekistan, Kazakistan, Turkmenistan, Azerbaijan, Tajikistan, Kirgizstan, Armenia. Fonte dati: WRI, 2006

zione, un voto” (anche se poi alcuni voti sono più importanti o qualcuno ha capacità di veto...). Ma non è certo possibile mettere sullo stesso piano il Lussemburgo e la Cina. D'altra parte, è vero che bisogna trovare il modo di stabilizzare le emissioni dell'intero pianeta, quindi tutti i grandi emettitori sono importanti. Il coinvolgimento dei maggiori paesi in via di sviluppo nelle politiche climatiche, inizialmente chiesto da chi voleva boicottare il Protocollo di Kyoto, è ora richiesto a gran voce, da parti al di sopra dei sospetti. Anche se l'altezza del rettangolo non è elevata, l'area comincia a essere importante.

## LE NEGOZIAZIONI SUL CLIMA

Di questo si discute da anni nelle negoziazioni internazionali sul clima. Il dibattito è più complesso e avanzato di quanto potrebbe sembrare leggendo i resoconti della stampa nazionale. Un dibattito iniziato da almeno cinque anni, a partire dalle prime dichiarazioni del dicembre 2003 a Milano, durante la nona sessione della Conferenza delle Parti (in breve, COP9) della Convenzione sui Cambiamenti Climatici. L'avvio di negoziazioni per un secondo accordo di riduzione, successivo al Protocollo di Kyoto, era previsto dal Protocollo di Kyoto stesso, all'articolo 3 e all'articolo 9: *“sette anni prima del termine degli impegni del Protocollo dovranno iniziare le negoziazioni per un altro accordo, per un secondo periodo di impegno...”*.

Nei primi anni la discussione è stata tranquilla, sui contenuti. Si è iniziato a ragionare su cosa poteva essere un secondo trattato, quali obiettivi doveva darsi e quali strumenti doveva prevedere. A Buenos Aires (COP10), Montreal (COP11), Nairobi (COP12) e Bali (COP13) diversi *side-event*, le conferenze scientifiche che si svolgono parallelamente alle sessioni di negoziazione, hanno affrontato il tema. Nella letteratura scientifica sono apparsi in questo periodo diversi studi importanti, con valutazione di diversi scenari di riduzione e ripartizione delle emissioni. Infine anche la negoziazione ha fatto qualche passo in avanti, lentamente e con molte cautele, e alcune linee di un possibile accordo futuro iniziano a delinearsi.

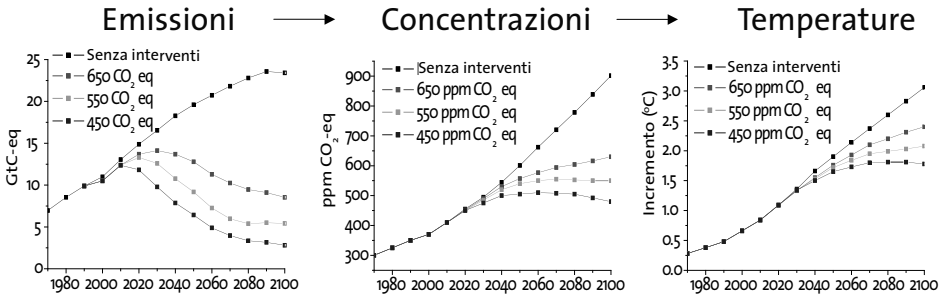
I temi sono due: quali obiettivi globali di riduzione delle emissioni di gas serra e come suddividere gli impegni di riduzione fra i diversi paesi del mondo.

## OBIETTIVI PER UNA NEGOZIAZIONE

Grazie all'attuale comprensione del funzionamento del clima del pianeta, è possibile tradurre un andamento delle emissioni mondiali di gas serra in livelli di concentrazioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera e di conseguenza in temperature medie del pianeta. Ci sono incertezze, nonché variabilità degli aumenti di temperatura fra le diverse aree del pianeta; ma se si ragiona in termini globali e su orizzonti temporali lontani (2030, 2050, 2100 ecc.) i dettagli possono essere considerati secondari. La faccenda è complessa, ma non serve considerare tutta la complessità per decidere: alcune semplificazioni sono accettabili.

L'obiettivo della definizione di una traiettoria delle emissioni di CO<sub>2</sub> del pianeta può essere visto come la scelta di quale livello massimo di CO<sub>2</sub> raggiungere nell'atmosfera del pianeta e quindi quale massima variazione di temperatura accettare (figura 40). Al contrario, definito un aumento massimo di temperatura, rispetto all'anno 2000 o ai livelli pre-industriali, si arriva a una traiettoria delle emissioni.<sup>51</sup>

FIGURA 40. ESEMPI DI LEGAME FRA LE TRAIETTORIE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA, DELLE CONCENTRAZIONI DEGLI STESSI GAS IN ATMOSFERA E DELLE TEMPERATURE MEDIE DEL PIANETA



Da più parti è stato proposto un obiettivo massimo di aumento di temperatura di 2 gradi centigradi rispetto ai livelli preindustriali. I 2 °C sono ormai visti come una sorta di frontiera, un obiettivo da raggiungere per un'efficace politica di mitigazione dei cambiamenti climatici. È questo un impegno preso formalmente dall'Unione europea, in una comunicazione della Commissione nel febbraio 2005 (CE, 2005b) e ribadito due anni dopo (CE, 2007); a questo impegno fanno riferimento le associazioni ambientaliste internazionali, riunite nel CAN (Climate Action Network). I 2 °C non vanno visti come una soglia magica, un precipizio per il clima del pianeta. Un aumento di temperatura di 1,8 o 2,5 °C non provocherebbe danni incommensurabilmente diversi. Ad esempio il climatologo statunitense James Hansen indica un aumento di 1 grado rispetto ai livelli attuali (circa 1,8 °C rispetto ai livelli preindustriali) come pericoloso per il pianeta, poiché se mantenuto nel tempo sarebbe in grado di portare alla destabilizzazione delle calotte glaciali (Hansen, 2004).

Difficilmente nelle future negoziazioni si farà riferimento a soglie di temperature del pianeta da non superare, se non a livello dell'enunciazione dei principi generali. Pur se la comprensione dei meccanismi dei cambiamenti climatici ha raggiunto una sufficiente affidabilità nello stabilire un legame fra le emissioni e la temperatura del pianeta, l'incertezza che esiste potrebbe essere utilizzata strumentalmente. Meglio quindi lasciare l'obiettivo delle temperature in sottofondo, definendo un obiettivo generale sul livello di stabilizzazione della CO<sub>2</sub> e sulla traiettoria delle emissioni mondiali dei gas serra. Un obiettivo eventualmente da ridiscutere, se fosse necessario, come ha capito l'Unione europea:

Una politica sul clima razionale, estesa sul medio-lungo termine, deve basarsi su una strategia che "lasci aperta ogni porta" e che consenta di puntare, in futuro, a livelli di concentrazione più bassi di quelli previsti inizialmente se le nuove conoscenze scientifiche ne dovessero evidenziare la necessità... (CE, 2005a).

Una dichiarazione lungimirante quanto impegnativa, che chiama ad azioni decise, impegnative. Come suddividersi l'impegno sarà probabilmente il tema caldo dei prossimi anni, e per questo è utile approfondire la questione.

## CRITERI DI RIPARTIZIONE

Definita la traiettoria-obiettivo delle emissioni del pianeta, rimane il problema di decidere come i paesi del mondo possano contribuire a questa traiettoria. Una decisione più difficile: come detto in precedenza, un accordo sulla ripartizione delle emissioni richiede il consenso sui principi alla base della negoziazione.

Un principio utilizzabile per definire la suddivisione degli impegni di riduzione dei gas serra è quello chiamato di *responsabilità*. È un principio molto applicato nelle politiche ambientali, spesso abbreviato con PPP (Polluter Pay Principle): chi inquina paga, ossia chi è più responsabile del problema deve assumersi un maggiore onere per risolverlo. Un primo problema è come considerare la responsabilità, se quella attuale, sulla base delle emissioni odierne, oppure quella storica, sulla base delle emissioni cumulate negli ultimi due secoli. Nel secondo caso i paesi industrializzati sono sfavoriti: dal 1800 al 1950 le emissioni di paesi in via di sviluppo, o di paesi emergenti come Cina, India e Brasile, sono state molto più lontane dalle emissioni dei paesi occidentali di quanto lo sono ora e di quanto lo saranno nei prossimi anni. Le concentrazioni di gas serra oggi presenti nell'atmosfera del pianeta sono dovute anche a quanto è stato emesso negli ultimi secoli, visti i tempi di permanenza della CO<sub>2</sub> in atmosfera.<sup>52</sup> La suddivisione delle colpe sulla base della *fotografia* al 2000 è quindi più comoda per i paesi occidentali, ma non è il modo migliore per valutare chi ha inquinato. Va detto però che è difficile decidere la data da cui calcolare le emissioni complessive di una nazione. Dalla Rivoluzione industriale? Da quando si è avuta conoscenza del problema dei cambiamenti climatici (ad esempio dal 1990)? A favore dei paesi industrializzati va detto che prima del 1990 non c'erano sicuramente le attuali evidenze scientifiche sulla gravità degli effetti derivanti dalla crescita della CO<sub>2</sub> nell'atmosfera: i decisori politici, e chi li elegge, non possono essere considerati responsabili quanto gli attuali per non aver intrapreso azioni per contrastare l'aumento delle emissioni di gas serra.

Un altro principio è quello degli *uguali diritti*: tutti hanno lo stesso diritto a disporre delle future emissioni. Viste le grandi differenze fra le attuali emissioni pro capite delle nazioni, si tratta di realizzare una contrazione e una convergenza verso un uguale livello emissioni pro capite, ricavabile dal rapporto fra le emissioni massime ammissibili e il numero di abitanti del pianeta. È questo lo schema proposto da diverse organizzazioni non governative (ONG), chiamato C&C, *Contrazione e convergenza*: prevede un accordo sulla data e la velocità della convergenza, che possono essere eventualmente aggiornate in caso di cambiamenti tecnologici o economici che rendano possibili differenti obiettivi globali.

È un approccio semplice, forse troppo. Ci sono infatti differenze climatiche, territoriali fra i diversi paesi: non ha molto senso assegnare ad esempio un uguale livello di emissioni pro capite a paesi del Mediterraneo e del mar Baltico, con temperature e densità territoriali molto diverse, perché le persone hanno diverse necessità di energia per scaldarsi d'inverno e per muoversi.

L'uguaglianza dei diritti è un principio spesso riconosciuto dalle Nazioni Unite, ma di fatto non vale per altre risorse limitate del pianeta: il petrolio e i minerali più o meno preziosi sono estratti e goduti sulla base di diritti di proprietà o sulla disponibilità a pagare, non in base a principi egualitari.

Sarebbe poi un principio penalizzante per i paesi in via di sviluppo: in fondo i paesi occidentali hanno goduto di un lungo periodo con emissioni molto maggiori ai livelli medi

pro capite che verrebbero stabiliti da questo schema. È stato per questo proposto un modello di *Convergenza comune ma differenziata* (CDC – Common but Differentiated Convergence), che prevede un ingresso ritardato dei paesi in via di sviluppo nella traiettoria della convergenza, in relazione alle azioni dei paesi sviluppati.

Un altro principio è quello di *Capacità*: chi ha maggiori possibilità deve contribuire di più alla riduzione delle emissioni. Chi può permetterselo, per via di una maggiore disponibilità di risorse, sia economiche che come capacità di ricambio tecnologico, di modifica dei sistemi produttivi e di consumo, deve fare una parte maggiore. È un principio già utilizzato, ad esempio per suddividere gli impegni del Protocollo di Kyoto fra i paesi europei.

C'è invece chi propone di mettere alla base delle negoziazioni il principio della *Comparabilità dello sforzo*, ossia l'uguaglianza in un'eventuale perdita di benessere derivante dall'implementazione di politiche contro i cambiamenti climatici. Pur avendo anche questo principio i suoi sponsor, è certamente discutibile e poco verificabile. Come valutare la perdita di benessere? In termini economici? Come perdita di Prodotto Interno Lordo (PIL)? Che il PIL possa rappresentare il benessere è quantomeno discutibile. Ma anche se si scegliesse come indicatore del benessere il PIL, calcoleremmo il valore assoluto della perdita di PIL (in miliardi di euro o di dollari) o la riduzione percentuale, rispetto al valore del PIL della nazione stessa? Nel primo caso i paesi più ricchi avrebbero una perdita di PIL sicuramente maggiore, farebbero maggiormente pesare il proprio impegno.

Un altro criterio potrebbe essere quello di definire accordi di ripartizione delle future emissioni del pianeta in modo da permettere a tutti i suoi abitanti il soddisfacimento dei *bisogni basilari*. In altre parole ogni stato avrebbe la possibilità di emettere una quota di emissioni in grado di assicurare ai suoi cittadini l'utilizzo di energia per il soddisfacimento di bisogni di base, quali la produzione del cibo, il riscaldamento delle abitazioni, la mobilità. Ma anche qui non è semplice: come definire quali siano i bisogni basilari? Sono sicuramente diversi per un africano e un europeo. E sono diversi per un europeo del 2010 rispetto a un europeo del 1950. Ci si abitua all'utilizzo di energia, ad alcune tecnologie o sistemi di consumo. Per molti l'aria condizionata d'estate è un bisogno basilare, chi non l'ha mai avuta può ritenerla un lusso evitabile.

Un principio con sponsor potenti e buone possibilità di risultare vincente è quello di *sovranità*, secondo il quale i passati e attuali usi e costumi legittimano il diritto di una nazione a emettere. Insomma chi comanda ha il diritto a emettere, gli altri in un modo o nell'altro si arrangino. *“Non siamo disposti a mettere in discussione il nostro tenore di vita”* è una frase celebre che sintetizza questo concetto.<sup>53</sup>

Un approccio che sta emergendo nelle negoziazioni, e che potrebbe essere alla base di un futuro accordo sul clima, è l'approccio chiamato *multistadio*. In pratica si definiscono alcuni stadi, alcuni livelli di impegno per l'implementazione di politiche contro i cambiamenti climatici. L'appartenenza ai diversi stadi dipende dal valore di alcuni indicatori socio-ambientali, quali le emissioni pro capite, il reddito pro capite, il Prodotto Interno Lordo pro capite o altri indici più complessi in grado di rappresentare il grado di povertà o di sviluppo. Al primo livello potrebbero appartenere i paesi più poveri, con emissioni di CO<sub>2</sub> inferiori a una tonnellata pro capite: per questi paesi non sarebbe previsto alcun vincolo sulle emissioni di gas serra. L'uscita da una situazione di miseria e d'indigenza di gran parte della sua popolazione potrebbe far passare il paese al secondo livello, in cui sono previsti alcuni primi impegni contro i cambiamenti clima-

tici. Impegni non di riduzione delle emissioni, che rimarrebbero di molto inferiori a quelle di altri paesi, ma di aumento dell'efficienza energetica, oppure di controllo delle emissioni specifiche di alcuni settori (ad esempio il settore del cemento o della produzione di energia). L'appartenenza di un paese al successivo terzo livello comporta un primo impegno di stabilizzazione o di moderata riduzione delle emissioni al di sotto delle emissioni previste in assenza di interventi. Infine, per l'ultimo livello, a cui appartengono i paesi con elevate emissioni pro capite, sono previste riduzioni consistenti, da concordare in relazione all'obiettivo globale di riduzione, ma dell'ordine ad esempio del 20% ogni 10 anni.

L'approccio *Multistadio* prevede un coinvolgimento differenziato dei paesi in via di sviluppo: una nazione può partire inizialmente in uno stadio e successivamente accedere a un altro, e quindi essere sottoposta a impegni differenti. Si tratta di un approccio razionale, che forse meglio recepisce l'obiettivo degli "impegni comuni ma differenziati" dell'articolo 2 della Convenzione sul Clima.

### IMPEGNI INEVITABILI

Come variano gli impegni di riduzione delle emissioni adottando i diversi criteri? Ci sono variazioni fra gli impegni di riduzione per l'Italia o gli Stati Uniti adottando il criterio degli *uguali diritti*, della *capacità* o utilizzando lo schema *multistadio*? Questo è il conto fatto dal centro di ricerca tedesco Ecofys (Hohne et al., 2005), e il risultato è chiaro: no, non ci sono grandi differenze. In ogni caso, qualsiasi criterio sia utilizzato, i paesi industrializzati devono ridurre sostanzialmente le loro emissioni, con impegni molto maggiori di quelli previsti dal Protocollo di Kyoto.

Per i paesi industrializzati, la dimensione della riduzione non dipende dal tipo di accordo, ossia da quanto riducono altri paesi, dalle modalità di suddivisione delle emissioni, ma dalla scelta dell'obiettivo di stabilizzazione a lungo termine. Porsi come obiettivo una stabilizzazione delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> in atmosfera a 450 ppm porta a riduzioni molto maggiori rispetto a un obiettivo di stabilizzazione a 500 o 550 ppm.<sup>54</sup> Al contrario, la riduzione dei paesi industrializzati, con alte emissioni pro capite, non dipende, se non del tutto marginalmente, da cosa faranno gli altri, i paesi in via di sviluppo, paesi come Cina e India, molto popolosi, ma attualmente con basse emissioni pro capite. L'obiettivo di riduzione globale è più importante.

In conclusione, le ritirate strategiche su un secondo periodo di impegno di riduzione delle emissioni non hanno giustificazione: per i paesi più industrializzati e ricchi del pianeta ulteriori riduzioni saranno inevitabili. Queste considerazioni sono alla base di un probabile futuro accordo sul clima, e spiegano perché alcune parti, come l'Unione europea, hanno unilateralmente assunto ulteriori impegni di riduzione.<sup>55</sup>

### VERSO UN ACCORDO FUTURO

Il prossimo accordo sul clima sarà con molta probabilità un accordo più complesso di quello definito a Kyoto, che prevedeva l'impegno di riduzione delle emissioni di gas serra per trentacinque paesi industrializzati. Si può ipotizzare un accordo futuro con almeno tre tipi di azioni: la prima prevede ulteriori impegni di riduzione per i paesi più industrializza-

ti; la seconda impegni non vincolanti per i maggiori paesi in via di sviluppo; la terza incentivi all'utilizzo di tecnologie più efficienti per i paesi più poveri.

Per i paesi industrializzati, più o meno quelli già sottoposti a riduzioni delle emissioni dal Protocollo di Kyoto, ci saranno altri impegni, più pesanti: si parla di una riduzione, entro il 2020, di circa il 20-25% delle emissioni del 1990. Non poco, se confrontato con l'impegno del Protocollo di Kyoto, riduzione complessiva delle emissioni del 5% in 20 anni, dal 1990 al 2010. Non va dimenticato inoltre che questo obiettivo è visto solo come il primo passo di un impegno ancora maggiore, ossia la riduzione di circa il 60-70% delle emissioni da raggiungere entro il 2050.

Non è detto che le riduzioni future siano più difficili di quelle previste dal Protocollo di Kyoto. Partire, invertire la rotta, la tendenza all'aumento delle emissioni, è più difficile rispetto a proseguire, accelerando progressivamente, in una direzione presa. È vero però che le prime riduzioni sono le più semplici, per molti paesi si è trattato di passare a combustibili meno inquinanti e ridurre gli sprechi, mentre per tagliare le emissioni del 20-30% o più servono azioni importanti e incisive sul sistema energetico e dei trasporti, servono tecnologie di produzione e consumo dell'energia sostanzialmente nuove e diverse da quelle attuali.

Il secondo tipo di impegni è proposto per i più grandi fra i paesi in via di sviluppo, fra cui Cina, India, Brasile, Indonesia, Messico, paesi che contribuiscono alla metà della popolazione del pianeta. Impegni chiamati "no-regret", ossia che questi paesi avrebbero solo vantaggi nell'accettare; limiti alle emissioni su alcuni settori importanti (produzione d'energia, cemento, acciaio), che se rispettati permetterebbero di ottenere dei benefici economici, ma se non rispettati non porterebbero a sanzioni. La convenienza per questi paesi deriverebbe dalla possibilità di ottenere finanziamenti internazionali per il miglioramento delle tecnologie, e successivi crediti premiali in seguito all'avvenuta riduzione delle emissioni.

Per i paesi più poveri, si pensa ad accordi che favoriscano il trasferimento delle tecnologie più efficienti, senza naturalmente prevedere alcun obiettivo di riduzione delle emissioni; si tratta infatti di paesi con emissioni di gas serra pro capite molto basse, 10 volte minori di quelli dei paesi cosiddetti sviluppati. Si tratta di paesi in cui ancora una larga parte della popolazione non ha accesso all'energia elettrica, a efficienti trasporti pubblici, e in cui la disponibilità d'energia è un fattore chiave per avviare un percorso d'uscita dalla povertà, per raggiungere gli "Obiettivi di sviluppo del Millennio".

A questi paesi il nord del mondo, che si accaparra gran parte delle risorse del pianeta ed è responsabile della maggior parte delle emissioni, non può certo dare lezioni o imporre dei limiti. Ma è anche importante che questi paesi non rifacciano gli stessi errori, non percorrano la strada dello sviluppo "sporco" come l'hanno percorsa i paesi oggi industrializzati. Non tutto è deciso. Il principio di sovranità è indubbiamente forte: una forza basata anche sulla scarsa conoscenza che ha l'opinione pubblica dei paesi occidentali delle proprie responsabilità storiche nella crisi climatica. Prevale l'accattivante ritornello del *"ridurremo le nostre emissioni solo se anche gli altri ridurranno le loro"*, l'italica propensione a non affrontare seriamente i problemi, ad aspettare l'emergenza, a destreggiarsi con il *"pensare globalmente, rinviare localmente"* (pag. 311). Ma chi ci guarda dal Sud del mondo vede la nostra incapacità di rispettare il primo timido impegno preso ormai 10 anni fa, a Kyoto.



**NOTE**

**1** All'inizio di ogni capitolo sarà fornito un esempio di affermazioni negazioniste, scelte non solo in base alla loro significatività e singolarità, ma in modo da dare spazio a più autori.

**2** I principali gas in grado di contribuire all'effetto serra, chiamati "gas serra", sono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>), il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), l'esfluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>), gli idrofluorocarburi (HFCs) e i perfluorocarburi (PFCs). Pur se ci sono altri gas in grado di comportarsi come gas serra (es. l'ozono, O<sub>3</sub>), questi sei gas sono i più importanti e a essi fa riferimento ad esempio il Protocollo di Kyoto.

La loro importanza relativa può essere dedotta sia dalla loro "forzante radiante" che dal loro potenziale riscaldante totale su un dato periodo. I dati medi della forzante radiante nel periodo 1750-2000, ossia la perturbazione al bilancio energetico del pianeta, sono stati stimati dal Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC pari a 1,66 (CO<sub>2</sub>), 0,48 (CH<sub>4</sub>), 0,16 (N<sub>2</sub>O), 0,34 (gas fluorurati) W/m<sup>2</sup>. Il potenziale riscaldante (Global Warming Potential) in 100 anni è pari a 1 per la CO<sub>2</sub>, 21 per CH<sub>4</sub>, 310 per N<sub>2</sub>O, da 1.300 a 22.000 per i gas fluorurati. Nel presente libro CO<sub>2</sub> sarà sempre declinata al femminile, in quanto anidride carbonica, pur se CO<sub>2</sub> potrebbe anche essere declinato al maschile, in quanto biossido di carbonio.

**3** Un'ottima fonte di dati di emissioni dei gas serra è il "Climate Analysis Indicators Tool", un database realizzato dal World Resource Institute (WRI, 2006). Altre fonti di dati di emissione sono il sito della Convenzione ONU sul Clima (UNFCCC, 2007b) e il Carbon Dioxide Information Analysis Center statunitense (CDIAC, 2007b).

**4** Con "permafrost" sono definiti quei terreni, che costituiscono circa il 2% delle terre emerse, caratterizzati da uno strato superficiale ghiacciato, che si estende da pochi centimetri a diversi metri di profondità e che si scioglie durante l'estate per ricongelare d'inverno, e da uno strato più profondo che rimane sempre ghiacciato. Pur se si rilevano dati chiari sull'assottigliamento o la fusione irreversibile del permafrost in diverse parti del pianeta, non è ancora chiara la rilevanza delle emissioni di metano (Solomon et al., 2007, pag. 77).

**5** Con il termine gas idrati si intende una classe di solidi, clarati idrati, in cui le molecole di gas occupano "gabbie" composte da molecole d'acqua. Il metano, come altri idrocarburi, è presente in grandi quantità sotto forma di clarati idrati.

**6** La principale sostanza che porta all'ossidazione di CH<sub>4</sub> a CO<sub>2</sub> è il radicale ossidrilico OH, prodotto da reazioni fotochimiche di composti come O<sub>3</sub> (ozono) e NO<sub>x</sub> (ossidi di azoto). Le attività umane influenzano il ciclo del metano non solo con le emissioni, ma anche con l'alterazione del tempo di semivita del metano in atmosfera. La presenza di metano e di OH influenza quindi anche la presenza di ozono nella bassa atmosfera.

**7** Si veda la nota 2.

**8** Si veda la nota 4 della Premessa.

**9** Nel "Rapporto Speciale sugli Scenari di Emissione" dell'IPCC sono stati considerati 6 gruppi di scenari (A1B, A1FI, A1T, A2, B1 e B2) che considerano diverse ipotesi di crescita economica, di aumento della popolazione globale e della velocità di introduzione di tecnologie nuove e più efficienti. Questi scenari, chiamati "scenari SRES" (iniziali di "Special Report on Emission Scenarios"), sono considerati dall'IPCC tutti ugualmente plausibili e nessuno include direttamente gli effetti dell'implementazione della Convenzione sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) o del Protocollo di Kyoto. Gli andamenti delle emissioni di alcuni di questi scenari si discostano molto da quello indicato da numerosi studi (ad esempio, IEA, 2006) come più probabile in assenza di politiche climatiche, e possono dunque essere considerati come il risultato dell'implementazione di politiche climatiche.

**10** La funzione logistica utilizzata da Roberto Vacca è del tipo  $y = A / [1 + \exp(B \cdot t + C)]$ , dove A rappresenta il valore asintotico a cui tende la funzione, B la velocità di crescita. La curva lo-

gistica è stata molto utilizzata per descrivere la crescita di popolazioni biologiche, ma è un tipo di curva che con tre parametri ben si adatta a descrivere qualsiasi andamento. Nel caso della figura 6, l'errore quadratico medio dell'interpolazione dei dati di Mauna Loa con le tre funzioni è di 0,989 per la lineare, 0,992 per l'esponenziale, 0,995 per la logistica e 0,998 per la quadratica (Crippa, 2007).

**11** Per la  $\text{CO}_2$  non c'è un preciso tempo di permanenza nell'atmosfera, in quanto ci sono molti processi di rimozione con tempi diversi: pur se circa metà della  $\text{CO}_2$  oggi emessa è effettivamente rimossa entro un secolo, un terzo è presente nell'atmosfera dopo 100 anni e un quinto dopo 1.000 anni (Hansen et al., 2007a). Una formula proposta per calcolare la presenza della  $\text{CO}_2$  dopo  $t$  anni dalla sua immissione è:  $\text{CO}_2(\%) = 18 + 14e^{-t/420} + 18e^{-t/70} + 24e^{-t/21} + 26e^{-t/3.4}$ . Pur se il tempo medio di residenza di una molecola di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera è di circa 3 anni, va considerato che una volta assorbita dall'oceano la stessa molecola può essere riemessa nell'atmosfera. Di conseguenza il tempo medio di residenza della molecola nell'intero sistema aria-oceano-biosfera, relativamente a uno scambio con i carbonati solidi della Terra, è dell'ordine di circa 100.000 anni (Royal Society, 2005).

**12** Il raffreddamento dell'alta stratosfera è inoltre una prova dello scarso contributo della forzante solare: un aumento della radiazione solare implicherebbe un riscaldamento anche di questi strati.

**13** Il Goddard Institute for Space Studies (GISS) è arrivato a questa conclusione dopo aver effettuato nell'agosto 2007 una correzione ai dati delle stazioni statunitensi del periodo 2000-2006. La correzione, resa necessaria in seguito alla scoperta di un errore nelle procedure di elaborazione degli stessi dati, ha portato alla diminuzione delle temperature medie degli Stati Uniti in quegli anni di circa 0,15 °C, con lievi conseguenze anche su alcuni anni precedenti. La variazione delle temperature medie a scala globale stimate da GISS è stata piccolissima, circa 0,003 °C, ma questo non ha impedito numerose polemiche, dovute per lo più alla confusione fra le variazioni nelle temperature degli Stati Uniti e quelle globali (es. Battaglia, 2007i; Sabadin, 2007; Patarga, 2007a).

**14** Stephen Schneider è stato definito dall'economista Emilio Gerelli (2002) un "ardente sostenitore del riscaldamento globale di origine antropica, all'avanguardia tra coloro che sostenevano invece il raffreddamento globale negli anni '70". Il sommario dell'articolo del 1971 viene citato in una nota di Gerelli (2002) in modo palesemente fuorviante: scrive Gerelli: "Nel sommario si legge: 'It is found that, although the addition of carbon dioxide in the atmosphere does increase the surface temperature, the rate of temperature increase diminishes with increasing carbon dioxide in the atmosphere... If sustained over a period of several years, such a temperature decrease over the whole globe is believed to be sufficient to trigger an ice age.' (!!!)" (esclamazioni nel testo).

Si noti che vengono ravvicinati, separati da tre punti di sospensione, due passi che parlano d'altro, omettendo i seguenti tre periodi contenuti nel sommario originale fra i due periodi separati dai punti di sospensione: "For aerosols, however, the net effect of increase in density is to reduce the surface temperature of Earth. Because of the exponential dependence of the backscattering, the rate of temperature decrease is augmented with increasing aerosol content. An increase by only a factor of 4 in global aerosol background concentration may be sufficient to reduce the surface temperature by as much as 3.5°K".

La diminuzione di temperatura a cui si riferiscono Rasool e Schneider è quella dovuta alla quadruplicazione delle polveri nell'atmosfera, non alla diminuzione dell'incremento di temperatura che, citata fuori dal contesto, potrebbe essere anche fraintesa con la diminuzione della temperatura.

**15** Al contrario, una delle preoccupazioni per l'attuale raffreddamento deriva dal fatto che l'anidride carbonica ha tempi di permanenza nell'atmosfera che possono arrivare a migliaia di anni. Quindi l'anidride carbonica emessa oggi continuerà a sviluppare il suo effetto riscaldante anche nei prossimi secoli.

**16** Il testo originale dello scritto di Lindzen è: "But the scientific community never took the issue

*to heart, governments ignore it, and with rising global temperatures in the late 1970s the issue more or less died*". Questa valutazione è stata ribadita nel 2007 nel corso di un dibattito radiofonico (NPR, 2007).

**17** Per sensibilità (o sensibilità) climatica si intende una misura della risposta del sistema clima a un costante forzante radiativo. Non è una proiezione, ma è definita come il riscaldamento globale medio alla superficie che segue un raddoppio della concentrazione di biossido di carbonio (IPCC, 2007a, Annex I – Glossary). Secondo il Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC *"probabilmente varia fra un intervallo di 2 a 4,5 °C dove la stima migliore è di circa 3 °C, ed è molto improbabile che sia minore di 1,5 °C. Valori sostanzialmente più alti di 4,5 °C non possono essere esclusi, ma la corrispondenza fra modelli e osservazioni non è così buona per tali valori"*.

**18** Un esempio italiano arriva da Silvia Enzi, che da anni studia la ricostruzione storica del clima italiano: fino alla metà del Settecento gli ulivi erano molto diffusi in alcune zone del mantovano; in seguito scomparvero e ciò è spesso attribuito a variazioni climatiche. In realtà, nelle fonti specialistiche dell'epoca è dichiarato che ciò avvenne per mutate condizioni sociali, soprattutto le tipologie dei contratti agrari che rendevano impraticabili le coltivazioni a lungo termine (Enzi, 2008).

**19** Una fotografia della gelata dell'inverno 1928/1929 è stata pubblicata in IA (2007), seppur con una didascalia "La Laguna di Venezia ghiacciata (data non definibile, presumibilmente fine 1800)".

**20** Ad esempio, in un lavoro pubblicato su *Ingegneria Ambientale* (Battaglia, 2007e), sono stati forniti come riferimenti per i grafici delle temperature alcuni siti internet in cui i grafici erano sì mostrati, ma per indicarne gli errori.

**21** Un racconto della storia di Erik il Rosso e della colonizzazione della Groenlandia si può trovare in Navarra e Pinchera (2000) pp. 34-37, in Fagan (2000), pp. 11-15, o in Diamond (2005), pp. 226-262.

**22** L'analisi delle componenti principali consiste nel sostituire un gruppo di serie con una loro media pesata, dove i pesi vengono scelti in modo tale che il nuovo vettore, chiamato componente principale o PC, spiega il più possibile della varianza della serie originale. Con questo procedimento il vettore lascia una matrice di residui non spiegati che, però, può essere a sua volta ridotta a una PC; la PC originale è chiamata la prima PC (PC1) e la PC dei residui è detta la seconda PC (PC2). Continuando allo stesso modo, ci saranno residui anche per la PC2, arrivando, quindi, alla PC3, PC4 ecc. Maggiore è l'indice della PC, meno importante è il dettaglio che essa spiega nei dati originali; la PC1 è il modello dominante, la PC2 il secondo ecc. In molti casi un vasto numero di serie di dati può essere riassunto con un numero relativamente basso di componenti principali, soprattutto quando essi sono fortemente correlati.

**23** Le risposte di MBH alla Commissione e le lettere di protesta della comunità scientifica sono disponibili su [www.realclimate.org/index.php?p=172](http://www.realclimate.org/index.php?p=172). I documenti di McIntyre sono scaricabili dal suo sito [www.climateaudit.org](http://www.climateaudit.org). Tutti i dettagli del lavoro del NCAR si trovano su [www.cgd.ucar.edu/ccr/ammann/millennium/MBH\\_reevaluation.html](http://www.cgd.ucar.edu/ccr/ammann/millennium/MBH_reevaluation.html). Il testo audizioni è disponibile su <http://energycommerce.house.gov/reparchives/108/Hearings/07192006hearing1987/hearing.htm>

**24** La stessa considerazione vale anche per i ghiacci della Groenlandia: secondo Toniazzo et al. (2007) se si verificasse la fusione dei ghiacci della Groenlandia sarebbe *"irreversibile per le condizioni climatiche dell'Olocene"* (l'attuale era interglaciale), ossia non basterebbe tornare ai livelli pre-industriali di CO<sub>2</sub>, ma occorrerebbe aspettare l'instaurarsi delle forzanti orbitali che hanno in passato determinato le ere glaciali.

**25** Secondo i dati presentati nel Quarto Rapporto IPCC (2007a, Tab. SPM1), il contributo della fusione della calotta antartica è stato pari al 7,5% dell'innalzamento totale del livello medio del mare registrato dal 1993 al 2003.

**26** Una macchia solare è una regione della superficie del sole con temperatura minore dell'ambiente circostante e forte attività magnetica. Anche se in realtà le macchie solari sono estremamente luminose, perché hanno una temperatura di circa 5.000 gradi kelvin, il contrasto con le regioni circostanti del

sole, ancora più luminose grazie a una temperatura di 6.000 kelvin, le rende chiaramente visibili come macchie scure. Il numero di macchie solari è correlato con l'intensità della radiazione solare, minore nella zona delle macchie. L'attività delle macchie segue un ciclo di circa 11 anni.

**27** Si veda la nota 17.

**28** Il valore ottimale di sensitività climatica, ossia che minimizza il valore dello scarto quadratico medio per tutte le combinazioni dei coefficienti  $a$  e  $b$  che descrivono la correlazione lineare fra temperature e macchie solari, è di 1,7 °C, minore del dato medio allora proposto dall'IPCC, pari a 2,5 °C. Non è una differenza rilevante (utilizzando 2,5 °C di sensitività climatica l'errore quadratico medio è ancora minore del 36% rispetto all'ipotesi "solo attività solare"). Eppure questa differenza verrà utilizzata da Bjørn Lomborg per sostenere incredibilmente che questo lavoro di Laut e Gunfermann in realtà contraddice l'IPCC (pag. 184).

**29** Si veda la nota 4 della Premessa.

**30** In Mariani (2007b) i due gradini sono stati indicati nel 1930 e nel 1988; successivamente lo stesso autore ha identificato la discontinuità fra il 1924 e il 1933 (anno più probabile 1929) e fra il 1979 e il 1987 (anno più probabile 1929).

**31** Si veda la nota 9.

**32** Si veda la nota 9.

**33** Sallie Baliunas è un'astrofisica famosa per aver in precedenza contrastato il consenso scientifico sui danni dei clorofluorocarburi sull'ozono stratosferico. Anche William Soon è un astrofisico, collaboratore di molti think-tank che ricevono finanziamenti dall'industria petrolifera statunitense, quali l'American Petroleum Institute, il Gorge C. Marshall Institute, TeachCentralStation.com, il Center for Science and Public Policy at Frontiers of Freedom e il National Center for Policy Analysis (Mooney, 2005).

**34** Fra questi, ad esempio, il romanziere John Grisham, l'attore Michael J. Fox e la cantante Geraldine Halliwell, bionda componente delle Spice Girls (con campo di specializzazione: biologia).

**35** Nel comunicato stampa di smentita l'Accademia delle Scienze statunitense colse l'occasione per scrivere: *"Anche tenendo conto delle considerevoli incertezze a nostra conoscenza sui fenomeni più importanti, il riscaldamento dovuto all'effetto serra pone una minaccia sufficiente da meritare pronte risposte. Gli investimenti in misure di mitigazione agiscono come un'assicurazione contro le incertezze e le possibilità di sorprese drammatiche"* (Source Watch, 2007b).

**36** Seguendo la stessa analogia, per frenare, ossia diminuire artificialmente la temperatura del pianeta, sarebbe necessario ricorrere a tecniche dette di "geoingegneria", consistenti ad esempio nell'iniettare solfati nell'atmosfera. L'effettiva fattibilità e utilità di questi espedienti, le possibili controindicazioni e i costi sono stati studiati in modo per ora del tutto superficiale (Barker et al., 2007, pag. 624).

**37** Si veda la nota 9.

**38** Ad esempio, la principale retroazione consiste nel fatto che il riscaldamento tende a ridurre l'assorbimento di anidride carbonica atmosferica della Terra e degli oceani, aumentando la frazione di emissioni antropogeniche che rimangono in atmosfera. Nel caso dello scenario SRES A2, in cui ad esempio le proiezioni indicano al 2100 un aumento della temperatura di 3,4 °C, la retroazione del clima-ciclo del carbonio è responsabile dell'aumento del riscaldamento globale medio di più di 1 °C (IPCC, 2007b).

**39** L'ambiguità del termine "sviluppo" è da tempo nota e riconosciuta; in questo libro con il termine sviluppo si intendono le azioni volte al raggiungimento degli "Obiettivi di sviluppo del Millennio" delle Nazioni Unite, otto obiettivi che tutti i 191 stati membri dell'ONU si sono impegnati a raggiungere per l'anno 2015: stradicare la povertà estrema e la fame, garantire l'educazione primaria universale, promuovere la parità dei sessi e l'autonomia delle donne, ridurre la mortalità infantile, migliorare la salute materna, combattere l'HIV/AIDS, la malaria e altre malattie, garantire la sostenibilità ambientale, sviluppare una collaborazione mondiale per lo sviluppo.

**40** La distanza fra le nazioni più ricche e più povere del pianeta è cresciuta di circa 25 volte dal 1820 al 1992 (Shah, 2007).

**41** L'Arabia Saudita ha proposto nelle negoziazioni della Convenzione sul Clima l'istituzione di un fondo per rimborsare i paesi produttori di petrolio dai minori guadagni derivanti dall'adozione di una politica climatica internazionale che porti a una limitazione dell'utilizzo di prodotti fossili (ECO, 2004a).

**42** Ad esempio, la dichiarazione del ministro Matteoli durante la Decima Conferenza delle Parti di Buenos Aires *"L'Italia si ritirerà da Kyoto2"*, pur se ha conquistato titoli a carattere cubitali sui quotidiani nazionali, è di fatto stata ignorata a livello europeo e internazionale, e subito smentita con imbarazzo dalla delegazione ufficiale italiana.

**43** Con il termine CO<sub>2</sub> equivalente si intende il valore di CO<sub>2</sub> in grado di determinare la stessa forzante radiante di una miscela di più gas serra. È in altre parole un modo per aggregare gli effetti dei diversi gas serra.

**44** Le emissioni di gas del traffico aereo stanno aumentando in modo vertiginoso, al ritmo di circa il 5% annuo. Si prevede che nel 2020 le emissioni mondiali da traffico aereo supereranno quelle del traffico automobilistico (WBCSD, 2004b).

**45** I costi esterni (socio-sanitari-ambientali) si hanno quando l'attività sociale o economica di un gruppo di individui ha un impatto su di un altro gruppo e quando il primo gruppo non compensa completamente il secondo per l'impatto da esso generato. In termini semplificati sono i costi che, determinati da un'attività economica, ricadono sull'intera società; non entrano nel bilancio economico del soggetto che li determina, il quale non paga per il danno arrecato o non riceve un compenso per il beneficio prodotto. I costi industriali o privati sono i costi dei fattori di produzione che concorrono a formare i beni e servizi prodotti dall'economia, entrando nel bilancio costi-benefici del soggetto privato (produttore, consumatore). I costi totali, o sociali, rappresentano la somma dei costi privati e di quelli esterni; a questi è interessato il soggetto pubblico (Caizzi et al. 2002).

**46** Carlo Carraro e Marzio Galeotti parlano di "dati poco convincenti" e ritengono che sarebbe "meglio applicare sempre il principio di precauzione, sia nel ridurre le emissioni, sia nel produrre numeri" (Carraro e Galeotti, 2007).

**47** Nel 1998, poco dopo l'approvazione della ripartizione degli impegni del Protocollo di Kyoto, il Governo italiano decise la partecipazione a quello che è stato definito "il più faraonico dei progetti che la storia dell'aeronautica civile e militare abbia mai conosciuto", il consorzio a guida statunitense "Joint Strike Fighter" per la costruzione del cacciabombardiere del futuro, battezzato "F35-lightning II". I costi sono stati stimati in 1,4 miliardi di euro per la sola "fase di sviluppo", a cui si aggiungono circa 7,5 miliardi di euro per l'acquisto di 131 pezzi (Bonini, 2006), la cui consegna dovrebbe iniziare nel 2012, anno in cui scadono gli impegni del Protocollo di Kyoto.

L'Italia ha deciso di partecipare anche al concorrente progetto europeo, "l'Eurofighter Typhoon", con un costo previsto inizialmente in circa 7 miliardi di euro per altri 121 caccia. Da non dimenticare che i costi complessivi stimati per entrambi i progetti sono ultimamente fortemente lievitati, interessando anche la Corte dei Conti, con costi rispettivamente previsti in 20 e 18 miliardi di euro (Rondinella et al., 2007).

**48** È stata considerata una popolazione mondiale di 6,5 miliardi di persone e un cambio euro/dollaro USA pari a 1,4.

**49** In realtà, per verificare che le riduzioni siano effettive e non siano raggiunte in un solo anno, magari tramite misure una tantum, gli impegni sono relativi alle emissioni medie degli anni dal 2008 al 2012.

**50** Ad esempio: *"perché dobbiamo costruire moschee da noi se nei paesi islamici non si possono costruire chiese?"*

**51** A partire da un livello obiettivo di CO<sub>2</sub> in atmosfera ci sarebbero più traiettorie per raggiungerlo, ma se si definisce la data di raggiungimento dell'obiettivo di stabilizzazione e si impone che il percorso sia graduale e con variazioni minime e progressive, si può individuare un solo percorso (o più percorsi molto simili) per raggiungere l'obiettivo.

**52** Si veda la nota 11.

**53** Pur se il concetto è stato ribadito da altri, il riferimento più importante è la dichiarazione di Geor-

ge Bush senior alla Conferenza Internazionale su Ambiente e Sviluppo di Rio de Janeiro nel 1992: *“the way of life of the Americans is not negotiable”*.

**54** La stessa conclusione è presente nella sintesi per i decisori politici del Quarto Rapporto IPCC, Terzo Gruppo di lavoro *“I costi regionali sono largamente dipendenti dai livelli di stabilizzazione e dagli scenari di baseline assunti. Anche il regime di allocazione è importante, ma, per la maggior parte dei paesi, di minor impatto rispetto ai livelli di stabilizzazione”* (IPCC, 2007c).

**55** In diversi documenti della Commissione, del Consiglio e del Parlamento europeo l'Unione europea ha affermato l'intenzione di riduzione del 20% le emissioni europee di gas serra nel 2020 rispetto al 1990; la Commissione europea ha approvato nel gennaio 2008 una proposta di decisione del Parlamento e del Consiglio contenente anche la ripartizione degli obiettivi di riduzione fra i paesi europei.