

Simone Bastianoni, Simona Bosco, Nadia Marchettini, Enzo Tiezzi^{*}

Effetto serra e cambiamenti climatici. Gli obiettivi europei del dopo Kyoto e le aspettative per Venezia

Un brusco risveglio

Nonostante il crescente interesse mediatico sull'andamento e sull'evoluzione del clima della Terra, quello del 6 gennaio 2007 è stato un brusco risveglio per i cittadini europei. In quella data è stata consegnata agli organi di informazione l'anticipazione dei risultati del Rapporto Limiting Global Climate Change to 2 degree Celsius: Policy option for the EU and the world for 2020 and beyond, elaborato dalla Direzione Ambientale della Commissione Europea sul cambiamento climatico.

Il malcelato catastrofismo con cui i giornali hanno riportato la notizia ha fatto passare in secondo piano i contenuti rivoluzionari dello studio, la cui preparazione era iniziata due anni fa.

Nel 2005, con la Comunicazione Winning the Battle against Global Climate Change, della stessa Commissione Europea, il Consiglio e il Parlamento Europei avevano confermato l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura media a un massimo di 2 °C sopra il livello del periodo pre-industriale (1750). Il Consiglio Europeo aveva quindi espresso la necessità di esplorare più a fondo con le altre Parti dell'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC) le strategie per un'ulteriore riduzione delle emissioni in atmosfera e, contemporaneamente, aveva richiesto alla Commissione un'analisi più approfondita. Il nuovo Rapporto, uscito come detto nei primi giorni dell'anno, risponde appunto a tale richiesta.

Come cambia la temperatura. Dinamiche e tendenze in atto I cambiamenti climatici previsti per i prossimi decenni sono già in azione, come provano le ultime indagini scientifiche del *Report of the International Scientific Steering Committee Hadley Center* (Tirpak, 2005), successive al *Third Assessment Report* (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC, 2001). Essi, inoltre, si verificano con un'accelerazione superiore a quella ipotizzata. La temperatura della troposfera, infatti, è aumentata di 0,6 °C rispetto all'epoca pre-industriale, ma l'incremento attuale è di circa 0,2 °C per decade.

E. C. Lorenzini, dell'Harvard Smithsonian Center for Astrophysic, Cambridge, Massachussetts (USA) ha recentemente affermato (Tiezzi, 2003): "La stima più recente dell'aumento della temperatura media globale alla superficie, dovuto all'incremento dei gas a effetto serra e previsto per la fine di questo secolo, è compresa tra 1 e 4 °C. Il valore medio più probabile è quindi intorno ai 2,5 °C. Da studi paleoclima-

Dipartimento di Scienze
e Tecnologie Chimiche
e dei Biosistemi dell'Università
di Siena. Simone Bastianoni
e Nadia Marchettini sono
docenti di Chimica Fisica
Ambientale; Enzo Tiezzi è
docente di Chimica Fisica;
Simona Bosco è dottoressa
in Scienze Ambientali
e dottoranda in Chimica
Ambientale

tici, condotti mediante analisi dell'aria intrappolata, da migliaia di anni, nei ghiacci profondi della Groenlandia e dell'Antartide, si può determinare che la temperatura media della Terra ha subito un aumento di circa 10 °C nei 4000 anni successivi alla fine dell'ultima glaciazione che ebbe luogo 14.000 anni fa. La massima variazione della temperatura della Terra, dall'ultima glaciazione in poi, è stata quindi di circa 0,25 °C al secolo. La variazione predetta per i prossimi cento anni, a causa dell'effetto serra legato alle attività umane, è quindi dieci volte maggiore dei valori storici. Le specie viventi si sono adattate al lento aumento della temperatura media della Terra nel passato, ma è lecito ritenere che gli effetti di una variazione dieci volte più rapida siano molto più devastanti che non variazioni lente più consone all'andamento naturale".

Il 2005 è risultato l'anno più caldo mai registrato dalla NASA (NASA, 2005) e questo dato conferma la tendenza mostrata negli ultimi decenni, considerando che, nel complesso, i dieci anni più caldi che si siano mai verificati sono stati tutti successivi al 1990 (Figure 1 e 2).

Grazie ai recenti studi si è quindi ridotta l'incertezza relativa all'esistenza e all'impatto del cambiamento climatico. È ormai chiaro che la sua entità dipende dal raggiungimento o meno di un livello di guardia costituito dai 2 °C di aumento della temperatura rispetto al periodo pre-industriale.

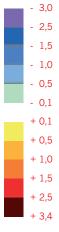
È questa una situazione tipica dei sistemi complessi, dei quali il sistema clima è un eccellente esempio e in quanto tale obbedisce a dinamiche non lineari rispetto al tempo. Dinamiche, cioè, che possono ricadere in stati di caos e che ammettono biforcazioni. Dire che i 2 °C di aumento costituiscono il livello di guardia del processo di innalzamento della temperatura equivale a trovarsi davanti a una biforcazione (ovvero a un punto di non ritorno) dopo la quale possono svilupparsi dinamiche caotiche non prevedibili. Si spiega così l'urgenza di riuscire a mantenere l'aumento della temperatura al di sotto di tale incremento.

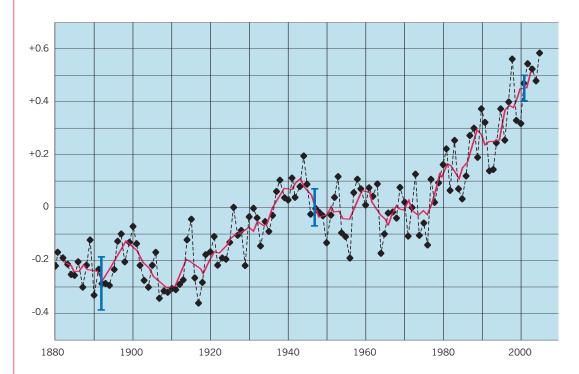
L'importanza di questo limite è indicata già nel Second Assessment Report dell'IPCC e ribadita nel Third Assessment Report, nei quali è illustrato come il rischio di un severo cambiamento climatico potrebbe crescere in maniera considerevole nel caso di un aumento della temperatura superiore ai 2 °C. Importanti conseguenze per gli ecosistemi e per le risorse idriche sono comunque considerati probabili anche con un aumento di 1-2 °C, ma l'intensità dei fenomeni innescati in questo caso sarebbe di minor entità.

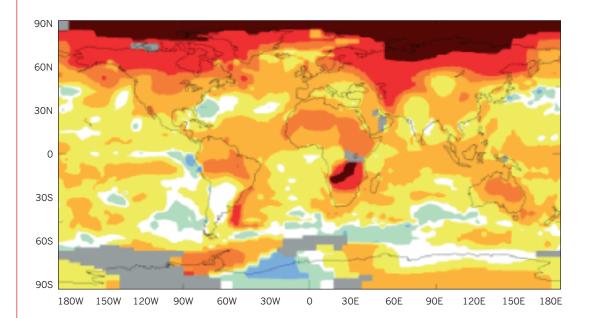
Figura 1. Temperatura media annua mondiale alla superficie (rispetto alla media del periodo di riferimento 1951-1980). I valori, espressi in °C, sono stati ricavati mediante misuramenti da stazioni meteorologiche e misuramenti satellitari per la temperatura superficiale marina. Le barre di errore (indicate con i tre segmenti blu, verticali) sono stimate con un intervallo di confidenza al 95%

— → — · media annuale— media quinquennale

Figura 2. Anomalia della temperatura alla superficie per l'anno 2005 (°C). Le aree grigie indicano la mancanza di stazioni nel raggio di 1200 km (NASA, 2005)







Obiettivi e strategie dell'Unione Europea. Le novità nel Rapporto del gennaio 2007

Nel Rapporto del gennaio 2007, la Direzione Ambientale della Commissione Europea afferma che, per rispettare il limite dei 2 °C, la concentrazione atmosferica dei gas (che attualmente si attesta intorno a 425 ppmv co₂ eq¹ e aumenta di 2-3 ppmv co₂ eq per anno) deve rimanere ben al di sotto dei 550 ppmv co2 eq.

Secondo le proiezioni del Rapporto, stabilizzando la concentrazione dei gas intorno ai 450 ppmv co₂ eq nel lungo periodo, pur prevedendo una fase di massima emissione intorno al 2025, c'è il 50% di probabilità di rimanere nel limite dei 2 °C di aumento della temperatura. Per ottenere questi risultati sarà necessario, entro il 2050, tagliare le emissioni di gas serra di ben il 50% rispetto ai valori del 1990, anno utilizzato come baseline per le riduzioni considerate nel Protocollo di Kyoto². Stabilizzare le emissioni di co₂ nell'arco temporale di alcune decadi significa dover ricorrere a misure drastiche di riduzione.

Il Rapporto della Commissione Europea considera come misura obbligatoria per i Paesi industrializzati la diminuzione delle emissioni del 30% (rispetto al 1990) entro il 2020. Il Protocollo di Kyoto indicava, invece, la necessità di una riduzione del 5,2% entro il 2012. Tale valore, ormai, non può più essere considerato in alcun modo sufficiente per rispettare il limite massimo dei 2 °C di incremento della temperatura. Mentre, dunque, è indispensabile l'elaborazione di un nuovo Protocollo per la gestione delle emissioni capace di guardare oltre il 2012, la Conferenza delle Nazioni Unite sul Clima tenutasi a Nairobi, Kenia, insieme con la XII Conferenza delle Parti dell'UNFCC, nel novembre 2006, non è riuscita a raccogliere l'assenso internazionale necessario.

Ed è qui la novità principale contenuta nel Rapporto di gennaio, nel quale l'Unione Europea si impegna a farsi promotrice e leader della lotta al cambiamento climatico. I Paesi dell'EU si impegnano a una riduzione autonoma e unilaterale delle proprie emissioni secondo i valori da lei stessa indicati (30% al 2020). Questo ambizioso progetto dovrà essere un chiaro segnale ed esempio per la comunità internazionale del ruolo guida che l'Europa intende avere. Infatti, l'Unione Europea non può vincere la sfida del cambiamento climatico agendo da sola, ma può divenire un punto di riferimento mettendo in atto un esempio convincente.

Ciò dovrà servire anche per convincere i Paesi industrializzati che non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto (come Stati Uniti e Australia) a partecipare alla riduzione delle emissioni. Ma anche per convincere i Paesi in via di sviluppo le cui emissioni potrebbero superare quelle dei Paesi industrializzati già nel 2020.

¹ Il valore di gas serra presenti in atmosfera è misurato in parti per milione sul volume. La dicitura CO2 equivalente sta a significare che tutti i gas serra considerati nel Protocollo di Kyoto, cioè metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarbuti (PFC) e esafluoruro di zolfo (SF₆), sono contabilizzati in equivalenti di CO₂.
² Il Protocollo di Kyoto, sancito nel

1997 nell'omonima città in Giappone, costituisce l'unico trattato in materia di controllo delle emissioni di gas serra ad oggi operante, con il quale sono stati fissati obbiettivi di riduzione, vincolanti e specifici per ogni Paese aderente. Per i Paesi industrializzati e con economie di transizione, individuati nel Protocollo come i Paesi dell'Annex 1, il trattato impone una riduzione media del 5,2% delle emissioni serra rispetto ai livelli del 1990 entro il periodo 2008-2012.

Per i principali Paesi dell'Unione Europea, che ha ratificato il Protocollo nel maggio del 2002, è stabilita una riduzione media delle emissioni dell'8% (6,5% per l'Italia).

Il Protocollo è entrato ufficialmente in vigore il 16 febbraio 2005, dopo l'adesione da parte della Russia (novembre 2004) che ha consentito di raggiungere le condizioni previLe emissioni dei Paesi in via di sviluppo, ad esempio quelle di Cina, India e Brasile, stanno, infatti, crescendo a ritmi molto elevati. Anche perché le Nazioni più ricche hanno delocalizzato la produzione di una crescente quantità di beni proprio in quei Paesi, che stanno quindi diventando geograficamente responsabili di ingenti volumi di emissioni pur non usufruendo dei beni da essi stessi prodotti (Bastianoni, 2004). Oltretutto nei Paesi in via di sviluppo, le emissioni di gas serra causate dalla deforestazione occuperanno un ruolo sempre più importante. Il 25-30% delle emissioni rilasciate ogni anno in atmosfera è in realtà causato dalla deforestazione. Gli alberi, infatti, sono costituiti per il 50% da carbonio e quando vengono abbattuti l'anidride carbonica che immagazzinano si disperde nell'aria. Secondo i dati FAO, a livello mondiale si perdono ogni anno circa 13 milioni di ettari di foreste, per lo più ai tropici, e i tassi di deforestazione rimangono alti in Africa, in America Latina e nel Sud-est asiatico.

Tutto ciò significa che i Paesi più ricchi da soli non potrebbero riuscire a raggiungere la stabilizzazione dei gas serra (il Protocollo di Kyoto prevede che la riduzione delle emissioni sia a carico dei Paesi industrializzati, responsabili per il 75% dell'accumulo di gas serra in atmosfera fino a oggi). Il Rapporto europeo prevede, pertanto, che per il raggiungimento dell'obiettivo di 2 °C, anche i Paesi in via di sviluppo inizino a rallentare il ritmo delle loro emissioni, a partire da adesso, e avviino una seria politica di riduzione non oltre il 2020.

Un altro strumento fondamentale individuato nel Rapporto europeo per la riuscita di questo progetto è l'utilizzo di tre meccanismi flessibili previsti nel Protocollo di Kyoto, per la gestione del mercato delle quote di emissione di gas serra: l'*Emission Trading* (ET), il *Joint Implementation* (JI) e il *Clean Development Mechanism* (CDM). In proposito, il sistema di *Emission Trading* che l'Europa ha avviato è basato sul cosiddetto *cap and trade*, ovvero sull'assegnazione a ciascun partecipante di un tetto di emissioni annuali (*cap*) e di corrispondenti quote di emissioni, espresse in tonnellate di CO₂. Se le emissioni effettive annuali risultassero inferiori al *cap*, le quote di emissioni residue potrebbero essere cedute ad altre parti che desiderano acquistarle. Tali meccanismi sono stati messi a punto in modo da facilitare, ai Paesi aderenti al Protocollo, la riduzione delle proprie emissioni e prevedono che essi possano utilizzare a proprio credito attività di riduzione delle emissioni attuate al di fuori dei confini nazionali. Questo mercato, appena nato in Europa, costituisce l'unico esempio nel mondo.

ste per renderlo operativo a tutti gli effetti (che fosse raggiunta la quota del 55% delle emissioni di gas serra prodotte dai Paesi industrializzati). Al Protocollo non hanno aderito, tra gli altri, gli USA, che da soli producono oltre il 35% del totale delle emissioni, e l'Australia.

Il Protocollo indica le politiche e le misure che devono essere adottate da ciascun Paese per attuare le suddette riduzioni attraverso la promozione dell'efficienza energetica, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, la protezione e l'aumento delle aree boschive con interventi di afforestazione, lo sviluppo di un'agricoltura sostenibile.

Effetti e costi dei cambiamenti climatici in atto Il Rapporto Stern I cambiamenti climatici stanno già producendo notevoli impatti ambientali, economici e sociali e i costi per contenerli potrebbero divenire alti se permettessimo alla temperatura di continuare a salire. Studi economici, fra i quali la recente Review di Sir Nicholas Stern, Capo del Servizio Economico del governo inglese e primo economista della Banca Mondiale, dimostrano che i benefici ricavati da un tempestiva e immediata azione per contrastare i cambiamenti climatici oltrepassano di gran lunga i costi sostenuti per ottenerli. Finalmente, i cambiamenti in atto vengono affrontati, oltre che dal punto di vista scientifico, anche rispetto agli effetti sul piano economico e su quello sociale.

In *The Stern Review on the Economics of climate change*, dell'ottobre dello scorso anno, Stern monetizza per la prima volta, utilizzando i risultati di un modello economico, l'aumento delle spese indotte dalle conseguenze del cambiamento climatico, confrontando l'impatto sul pil mondiale (Gross Domestic Product - gdp) di un'azione tempestiva o dell'inattività, ovvero "business as usual" (Stern, 2006).

In particolare, egli stima che senza ulteriori azioni per ridurre le emissioni, i costi totali ridurranno il GDP da un minimo del 5% l'anno fino a un massimo del 20% l'anno (se si estendendono i rischi considerati con riferimento ai severi impatti su ecosistemi, alla diminuzione della produzione di cibo, alla scarsità di acqua che potrebbero divenire frequenti in molte regioni). In questo scenario si ipotizza che centinaia di milioni di persone possano soffrire la fame, la carenza di acqua e anche le conseguenze dell'innalzamento del livello del mare.

Al contrario, scegliendo di agire e di attuare una riduzione delle emissioni nell'immediato, il costo può essere limitato all'1% del GDP ogni anno. Questo sarà possibile anche grazie al largo uso del processo di cattura e dello stoccaggio della CO2 prodotta. Questo metodo è considerato una delle azioni di mitigazione più innovative e interessanti per la stabilizzazione della concentrazione atmosferica della CO2. Inoltre, come detto in precedenza, si prevede che un grande contributo possa essere dato dal potenziamento di strumenti, quali l'Emission Trading, che possono anche creare nuove opportunità economiche. Non si tratta, infatti, di dover scegliere tra la lotta al cambiamento climatico e la promozione di crescita e sviluppo. L'affrontare le problematiche relative al cambiamento climatico è essa stessa un'azione di promozione dello sviluppo nel lungo termine, sia per i Paesi industrializzati che per i Paesi in via di sviluppo.

La conclusione del lavoro di Stern, nonostante gli scenari proposti, è ottimista e ci spinge a credere che ci sia ancora tempo per evitare le peggiori conseguenze del cam-

biamento climatico, con un'azione tempestiva. E poiché l'effetto serra è un problema a scala globale, anche la risposta deve essere internazionale. In accordo con lo studio di Stern, Stavros Dimas (Stavros Dimas, 2007), Commissario Europeo all'Ambiente, nel giorno di presentazione del Rapporto Europeo ha ribadito: "I nostri propositi non sono modesti. Ma sono essenziali se vogliamo tenere il riscaldamento globale entro i limiti gestibili e risparmiare alle prossime generazioni i più devastanti impatti economici, sociali e ambientali del cambiamento climatico. Come lo studio di Stern ha sottolineato, i benefici dell'azione sorpassano di gran lunga i costi. [...] L'alternativa a una lotta contro il cambiamento climatico è decidere di non agire e questa non può essere davvero considerata un'opzione di scelta".

La parola a Barry Commoner Uno dei primi studiosi a evocare il problema della gestione dei gas serra è stato Barry Commoner, Senior Scientist della Queens University, New York, membro della American Association for the Advancement of Science, autore di numerose pubblicazioni, tra cui il *Cerchio da chiudere* nel 1971, oltre che della prefazione a *Tempi Storici, Tempi Biologici* (Tiezzi, 1984; Tiezzi, 2005). La sua opinione sugli attuali problemi climatici, anche rispetto ai costi della "non azione", è ben riassunta in un'intervista concessa al giornalista Antonio Cianciullo de "La Repubblica" e pubblicata sullo stesso quotidiano il 7 gennaio 2007, all'indomani della notizia del Rapporto europeo:

Barry Commoner: «In Europa ve la ricordate bene l'estate del 2003. Il termometro che arrivava ai 40 gradi, l'agricoltura in ginocchio, le ondate di calore che si abbattevano senza tregua sulle città. L'intero continente è uscito stordito da quell'esperienza traumatica, risvegliandosi dall'incubo con 35 mila cittadini in meno, 35 mila vittime del cambiamento climatico. Ebbene quel disastro che, secondo alcune ricerche, poteva capitare solo una volta nell'arco di secoli, è destinato ora a diventare la norma».

Antonio Cianciullo: Lo studio ordinato dall'Unione europea ipotizza una catastrofe da 11 mila morti l'anno entro un decennio: le previsioni diventano sempre più pessimiste anno dopo anno. Le vecchie stime erano sbagliate o volutamente sottovalutate?

B. C.: «L'attenzione si era concentrata sulle conseguenze graduali del global warming, come se fossimo di fronte a un meccanismo che si andava alterando in maniera preoccupante ma regolare. Ora invece ci troviamo di fronte all'altra faccia della medaglia: le accelerazioni improvvise. Sterzate brusche, imprevedibili nella loro esatta dinamica, che portano al moltiplicarsi delle ondate violente di calore e degli uragani».

- A. C.: Forse c'è stato anche un ritardo culturale. Abituati alle fluttuazioni fisiologiche del tempo non abbiamo capito subito cosa significa una fluttuazione del clima.
- **B. C.**: «Esattamente. Non si tratta di una stagione turistica che salta o di qualche raccolto rovinato. È cambiata l'energia in gioco: il calore in più trattenuto dall'atmosfera modifica la portata degli eventi estremi aumentandone il numero e l'intensità. Gli scenari che oggi vengono fatti propri da istituzioni importanti come la Commissione europea non fanno che dare un volto preciso a una tendenza già chiara da tempo».
- A. C.: Eppure è mancata la capacità di reazione. E ancora oggi alle grida d'allarme non fa seguito un'iniziativa concreta per ridurre l'emissione dei gas serra. Vuol dire che cambiare rotta è troppo costoso?
- **B.** C.: «È vero il contrario. È troppo costoso non agire. Già il rapporto Stern prevedeva una perdita del 20 per cento del prodotto mondiale lordo per colpa del cambiamento climatico. Mentre la rivoluzione tecnologica in direzione delle fonti energetiche rinnovabili comporta un guadagno».
- A. C.: Non le sembra di esagerare un po?
- **B.** C.:«No, sono investimenti che danno profitti a breve. Anche il singolo cittadino può sperimentare come l'uso dell'energia solare permette di ridurre la sua bolletta elettrica. E nei Paesi in via di sviluppo il mercato potenziale è enorme: per chi abita in un villaggio non collegato alla rete elettrica il vantaggio delle rinnovabili è ancora più evidente e immediato».
- A. C.: Il costo di base delle tecnologie pulite resta però nelle mani dei ricchi. Senza un investimento consistente nei Paesi industrializzati non si riuscirà a tagliare i gas serra che minano la stabilità climatica.
- **B.** C.: «Non ci sono alternative. La diagnosi è chiara: per salvare le nostre società e le loro economie bisogna uscire dalla dipendenza dal petrolio e dai combustibili fossili. Bisogna lanciare il fotovoltaico e le rinnovabili, aumentare l'efficienza energetica e trasferire il traffico dalla gomma al ferro».
- A. C.: I sei anni di presidenza Bush non sono andati in questa direzione.
- **B. C.**: «Ma, nonostante le resistenze della Casa Bianca, le maggiori industrie, comprese quelle del petrolio e della chimica, hanno riconosciuto la necessità di frenare il cambiamento climatico. E questa necessità si può trasformare in una grande opportunità. Il sistema produttivo degli Stati Uniti sta perdendo colpi, subisce una concorrenza a cui, utilizzando i vecchi schemi, non riesce a far fronte: la svolta tecnologica imposta dagli sbalzi climatici è l'occasione per un rinascimento industriale. Quello che manca sono i program-

mi nazionali di riconversione industriale ed energetica. Se c'è una decisione politica, il risultato può essere raggiunto in cinque anni».

A. C.: L'augurio per il 2007?

B. C.: «Che il nuovo Congresso americano riesca a chiudere il capitolo della guerra in Iraq, legata alla vecchia logica del controllo del petrolio, e ad aprire la battaglia contro i cambiamenti climatici».

Un drammatico primato. Gli eventi meteorologici estremi Già oggi si possono notare alcune conseguenze dell'innalzamento della temperatura della troposfera e della crescita dell'energia nell'atmosfera con l'aumento della frequenza di fenomeni estremi, quali cicloni e uragani (Kerry, 2005; Webster, 2005).

In merito al ciclone che ha investito il nord Europa nel gennaio 2007, il Prof. G. Maracchi, Direttore dell'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze, ha recentemente dichiarato: "La causa scatenante di Kyrill, e di chissà quali altri fenomeni in futuro, è sempre legata a situazioni climatiche anomale, al surriscaldamento del pianeta, che, di fatto, scatenano eventi estremi. D'altra parte in questo periodo non ci dovrebbero essere cicloni extratropicali. Invece l'eccesso di riscaldamento del pianeta mette in moto una quantità spaventosa di energia che poi va a scaricarsi in qualche modo. Più energia si concentra, più i fenomeni sono violenti e improvvisi. Grazie a un recente rilevamento effettuato dal CNR abbiamo scoperto che, nella sola area mediterranea, questi eventi anomali sono aumentati del 30% negli ultimi anni".

Lo State of the World 2007, il rapporto annuale del Worldwatch Institute appena uscito negli Stati Uniti, dedica un capitolo alla "riduzione dei disastri naturali". Negli anni Ottanta erano, in media, 173 all'anno; negli anni Novanta erano saliti a 236; nel solo 2005 sono stati 430 e hanno ucciso quasi 90 mila persone. Una crescita esponenziale che ha una ragione molto chiara: i disastri naturali "sono il prodotto di una relazione in forte cambiamento tra gli eventi naturali, le condizioni sociali e fisiche e i sistemi di prevenzione del rischio organizzati, o più spesso non organizzati, per proteggerci". La situazione è ulteriormente esasperata dall'esplosione caotica degli slum delle megalopoli, considerando che otto delle dieci città più popolose del mondo sono in zona sismica e sei sono anche esposte alla minaccia degli uragani. Non è solo un pericolo teorico. Il 2005 ha fatto registrare il record di uragani: ventisette compreso Katrina che ha devastato New Orleans.

Allo stesso modo l'aumento della temperatura causa un altro drammatico effetto che va a colpire un altissimo numero di persone, concentrate sulle zone costiere: l'innalza-

mento del livello medio mondiale del mare (Nicholls, 2004) che va ad allargare le fila di quelli che ormai sono chiamati "rifugiati ambientali".

Gli ultimi studi pubblicati nello *Special Report on Emission Scenarios* (Nakicenovic N., 2000) e nel *Third Assessment Report* (IPCC, 2001) e i risultati dei modelli del Met Office dell'Hadley Center, nel 2005, riportano valori piuttosto concordanti per l'innalzamento del livello del mare previsto per il 2100 a causa dell'espansione termica degli oceani e dello scioglimento dei ghiacciai e delle calotte glaciali di Groenlandia e Antartide. Nello specifico, i due report più recenti, prevedono rispettivamente un innalzamento medio mondiale del livello del mare compreso tra 0,11 m e 0,77 m (Church, 2006) e tra 0,09 m e 0,63 m (Tirpak, 2005), con un valore medio di 0,42 m (Figura 3), sebbene siano presenti differenze dalla media a scala regionale (Gregory, 2003).

Tutte le nazioni saranno danneggiate. Maggiormente vulnerabili saranno le popolazioni e i Paesi più poveri che, paradossalmente, hanno contribuito meno degli altri alle cause del cambiamento climatico, ma che pagheranno di più per le attività industriali e per il folle consumo energetico dei Paesi industrializzati. Le conseguenze economiche, invece, come i costi sostenuti in seguito al manifestarsi di eventi estremi, stanno già aumentando anche per i Paesi ricchi.

Le prime conseguenze e le aspettative per Venezia Nell'agosto 2005, messa in ginocchio dal catastrofico uragano Katrina negli Stati del delta del Mississippi, l'America si chiede come risalire alle cause di un disastro umano e naturale con danni per decine di miliardi di dollari. Effetto serra da una parte, erosione costiera dall'altra e, dietro entrambi i fenomeni, la mano dell'uomo che sacrifica la natura alla crescita e al profitto, sono stati messi sul banco degli imputati di una catastrofe naturale che ha quasi completamente sommerso la città di New Orleans.

La città annegata è l'immagine della nostra modernità umiliata. Se lo tsunami del 2004 nell'Oceano Indiano fu la parabola della fragilità del mondo povero, la tragedia di New Orleans è la rappresentazione della fallacia del modello occidentale, l'emblema dell'umiliazione della potenza industriale e tecnologica di fronte alla natura maltrattata.

Viene da chiedersi se anche in Italia possano verificarsi potenziali situazioni di rischio in seguito ad anomalie climatiche. E in molti si sono interrogati sulle analogie tra Venezia e New Orleans. Sappiamo naturalmente che un uragano della forza di Katrina non potrebbe verificarsi in un mare come l'Adriatico: mancano le condi-

zioni di riscaldamento di grandi masse d'acqua per il trasferimento di energia capace di produrre i venti degli uragani. È tuttavia doveroso considerare che una burrasca con onde di due metri basterebbe per mettere a repentaglio la sopravvivenza di Venezia. Il fenomeno già prodottosi con l'alluvione del 4 novembre 1966, quando la città fu sommersa da una marea di 1,94 m, ha un periodo di ritorno stimato di 100 anni. Un evento analogo avrebbe potuto ripetersi il 6 novembre 2000 quando l'acqua si fermò a 1,44 m solo perché la marea astronomica era bassa. Se la burrasca si fosse verificata due giorni dopo Venezia sarebbe stata di nuovo investita da una marea di circa 2 metri.

Venezia è sempre andata sott'acqua, ma negli ultimi cento anni la frequenza degli allagamenti è aumentata dell'800% circa (Figura 4). Contemporaneamente è cresciuta anche l'intensità del moto ondoso sulle strutture architettoniche affacciate sull'acqua (rive, edifici, ecc.) che rischia di causare un fenomeno simile al *cancro del parabrezza* compromettendo la stabilità della città storica.

Tutto questo, ovviamente, è correlato con l'aumento del livello del mare e con i fenomeni di subsidenza, di natura geologica ma anche antropica, e di eustatismo attivi nell'area Veneziana. Inoltre, Venezia si trova a un estremo dell'Adriatico e lo scirocco è una forzante rischiosa (Zanchettin, 2006).

Sulla base delle stime prodotte dall'IPCC, è assai probabile, per effetto del "global climate change", un aumento sia delle temperature annuali che del numero delle precipitazioni estreme anche nel mare Adriatico. È infatti ormai noto che la frequenza annuale di eventi meteorologici estremi in movimento, attraverso l'Europa, verso la latitudine di Venezia ha registrato una forte impennata soprattutto negli ultimi decenni.

Al contrario di New Orleans, la consapevolezza del pericolo che Venezia corre e l'impegno a risolverlo esistono da tempo. Qui il riferimento è il sistema di paratoie mobili (il cosiddetto MOSE) in corso di realizzazione da quattro anni alle bocche di porto che mettono in comunicazione la laguna con il mare, oltre agli altri interventi di protezione locale. La soluzione del MOSE, pur presentando alcune criticità a livello di impatti ambientali localizzati (Melaku Canu, 2001), in una visione complessiva di grandi sistemi, e in particolare del sistema laguna di Venezia – mare Adriatico, appare come estrema e indispensabile condizione per la sopravvivenza della città (Nosengo, 2003), per la salvaguardia del suo patrimonio storico artistico e per la sicurezza di cittadini e turisti.

Figura 3. Cambiamento previsto (in metri) del livello medio del mare per il periodo 2070-2100, rispetto al periodo 1960-1990. Valore massimo, +0,63; valore minimo, +0,09; valore medio, +0,42 (Hadley Center, 2005)

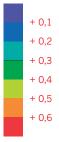
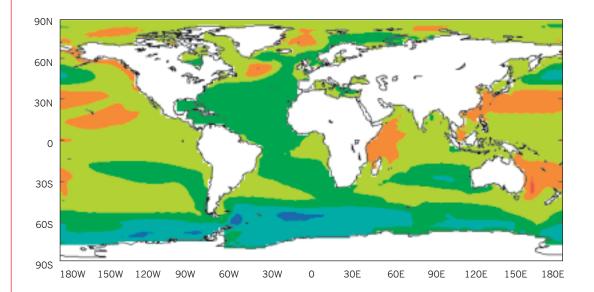
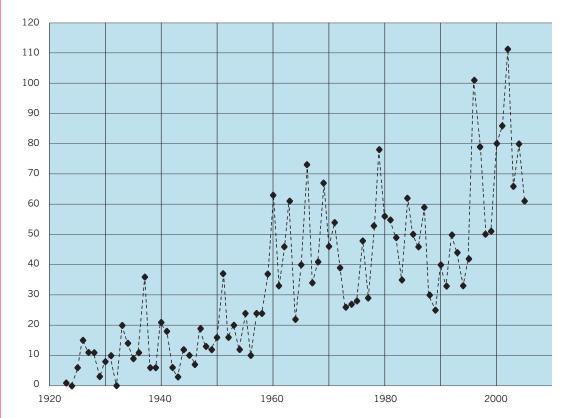


Figura 4. Numero di eventi di acqua alta uguali o maggiori a 80 cm, registrati a Venezia dal 1923 al 2005





Conclusione

Riscontrare corrispondenze tra la rivoluzione di equilibri locali millenari e un fenomeno globale come l'effetto serra non è dunque del tutto infondato. Oltre a dati scientifici, alle statistiche e all'evidenza delle recenti catastrofi naturali, esistono ulteriori segnali di tipo culturale e sociale. Civiltà nate e fiorite sul mare oggi manifestano, nei suoi confronti, inquietudine e diffidenza come fosse un nemico da cui difendersi. Il 24 agosto del 2001, proprio gli allora Sindaci di Venezia e di New Orleans, Paolo Costa e Marc H. Morial, insieme con un centinaio di sindaci di altre città costiere (da Rio de Janeiro a Oslo, da Città del Capo a Fukuoka, da Dakar a Dubai, da Honolulu a Nadi-Fiji, da Tallinn a Dhaka-Bangladesh) sottoscrissero una lettera pubblica, spedita a Bush e al senato di Washigton, sostenendo che il Protocollo di Kyoto dovesse essere ratificato anche dagli Stati Uniti.

Gran parte del successo della lotta contro il cambiamento climatico dipende, quindi, dalle scelte dei prossimi decenni, da parte dei Paesi industrializzati (fra i quali primi ma non soli gli Stati Uniti) e dei Paesi in via di sviluppo quali Cina e India. Non si tratta, come la Stern Review ha dimostrato, di un problema economico o sociale, ma politico che deve spingere l'intera comunità internazione ad avere un unico obiettivo e a impegnarsi in una direzione comune, a partire dai primi timidi passi sanciti con il Protocollo di Kyoto e continuando con ben più tenacia nella direzione indicata dal Rapporto europeo. E nel frattempo, nel dubbio, correre ai ripari come la prudenza e la logica imporrebbero. Prevedere un adattamento al cambiamento climatico, ovvero muovere i passi verso un aumento della resilienza e verso una riduzione dei costi causati dai danni ambientali, diventa quindi essenziale. Non è possibile prevenire il cambiamento climatico, poiché questo si manifesterà nelle prossime due o tre decadi, ma è ancora possibile proteggere, per una certa parte, le nostre società, e prime fra queste le civiltà nate sul mare, dalle conseguenze più estreme del cambiamento climatico.

Bibliografia

Barry Commoner, 1971. *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology*. Knopf. New York. Bastianoni S. Pulselli F.M., Tiezzi E., 2004. *The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions*. Ecological Economics 49: 253-257.

Church, J. A., White N. J., 2006. A 20th century acceleration in global sea-level rise. Geophys. Res. Lett., 33, L01602, doi: 10.1029/2005 GL024826.

Gregory, J.M., Oerlemans J., 1998. Simulated future sea level rise due to glacier melt based on regionally and seasonally resolved temperature changes. Nature, 391: 474-6.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Kerry E., 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. Nature 436: 686-688.

Marchettini N., Mocenni C., Niccolucci V., Tiezzi E., 1999. *Correlation between Greenhouse Effect and Exceptionally Higt Tides in Venice*, in Tempos in Science and Nature, Volume 879, pg 422-426, in Annals of the New York Academy of Sciences.

Melaku Canu D., Umgiesser G., Solidoro C., 2001. Short-therm simulations under winter conditions in the lagoon of Venice: a contribution to the environmental impact assessment of temporary closure of the inlets. Ecol. Modell. 138: 215-230.

Met Office Hadley Centre: http://www.metoffice.gov.uk/research/hadleycentre/index.html.

Nakicenovic N., Swart R., 2000. *Emissions Scenarios* 2000. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.) Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

Nasa Goddard Institute for Space Studies Surface Temperature Analysis: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/.

Nicholls R. J., 2004. Coastal flooding and wetland loss in the 21th century: changes under the SRES climate and socio economic scenarios. Global Environmental Change, 14: 69-86. Nosengo N., 2003. Save our city, Nature vol. 424: 608-9.

Commission of the European Communities, 2007. "Limiting Global Climate Change to 2 degree Celsius: the way ahead for 2020 and beyond" Communication to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. 10 January 2007. Brussels.

Stavros Dimas, 2007. "Climate Change: Why a Global Response needs European Leadership". 11 January 2007. London.

Stern N., 2006. "Stern Review on the economics of climate change". Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

Tiezzi E., 1984. Tempi storici, Tempi Biologici. Garzanti Editore.

Tiezzi E., 1996. Fermare il tempo, Raffaello Cortina Editore. Trad. ingl., 2003. The Essence of Time, WIT Press, Southampton, Boston.

Obiettivi del dopo Kyoto

Tiezzi E., 2005. *Tempi Storici, Tempi Biologici. Venticinque anni dopo*, Donzelli. Editore. Trad. ingl., 2003. *The End of Time*, WIT Press, Southampton, Boston.

Tirpak, 2005. Report of the International Scientific Steering Committee. International Symposium on the stabilisation of greenhouse gas concentrations. Hadley Centre, Met Office, Exeter, United Kingdom.

Zanchettin D., Traverso P., Tomasino M., 2006. Discussion on sea level fluctuation along the Adriatic coasts coupling indices forced by solar activity: Insights into the future of Venice. Global and Planetary Change, 50: 226-234.

Webster, P. J. et al., 2005. Changes in Tropical Cyclone Number, Duration, and Intensity in a Warming Environment." Science 309 (5742): 1844–1846. 16 September 2005.