

A proposito di ... Cambiamenti Climatici

a cura di

Arpav
Area Ricerca e Informazione
Centro Meteorologico di Teolo
Tel. +39 049 999 81 11



ARPAV

Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Direzione Generale
Piazzale Stazione 1
35131 Padova
Italy
Tel. +39 049 823 93 01
Fax +39 049 660 966
e-mail: info@arpa.veneto.it
www.arpa.veneto.it

A proposito di ... Cambiamenti Climatici



arpav

Agenzia Regionale
per la Prevenzione e
Protezione Ambientale
del Veneto

Area Ricerca
e Informazione
Centro Meteorologico
Teolo

A.R.P.A.V.

Agenzia Regionale per la Prevenzione
e Protezione Ambientale del Veneto

Direttore Generale

Paolo Cadrobbi

Direttore Area Ricerca e Informazione

Sandro Boato

Direttore Centro Meteorologico

Alessandro Benassi

Progetto e realizzazione a cura di

Adriano Barbi

Roberta Millini

Marco Monai

Fotografie di

Roberta Millini

Coordinamento editoriale a cura di

Maria Grazia Dal Prà

**Dipartimento per il Sistema Informativo
e l'Educazione Ambientale**

● Cos'è il Clima e cos'è il global change?

Clima è un vocabolo ormai di uso comune, come il problema dei cambiamenti climatici è diventato argomento di discussione o comunque d'informazione quasi quotidiano.

Per inquadrare meglio la questione è utile ricordare brevemente il significato di alcuni termini. Per clima di un certo luogo si intende l'insieme delle condizioni meteorologiche che si sono verificate in quello specifico luogo in un certo arco di tempo. Il clima varia da zona a zona (si pensi ad esempio



quanto è diverso il clima marino da quello montano), varia nel tempo, sia per periodi di alcuni decenni, sia per periodi più lunghi (ad esempio le ere glaciali si sono ripetute con frequenze di alcune decine di migliaia di anni).

Possiamo quindi dire che il clima non è costante, ma varia nel tempo, cioè è caratterizzato da una tipica **variabilità climatica**. Quando però il clima varia troppo velocemente si parla di "**cambiamenti climatici**". Poiché tali cambiamenti si manifestano su scala planetaria, cioè coinvolgono tutta o gran parte della Terra, si è soliti parlare di cambiamento globale o **global change**.

Quando si parla di **alterazioni climatiche** si intendono i cambiamenti climatici specificamente indotti dalle attività antropiche, cioè causati dall'uomo.

● Come contribuisce l'uomo al global change?

Allo stato delle conoscenze attuali, il contributo dell'uomo al *global change* risulta per lo più connesso all'alterazione della composizione chimica dell'atmosfera per effetto dell'aumento della concentrazione di gas serra, sia di quelli già presenti in natura (come l'anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4) e il monossido di azoto (NO)) che quelli immessi da attività industriale, come gli idrofluorocarburi (HFC_5), i perfluorocarburi (PFC_5) e l'esafioruro di zolfo (SF_6).

● Cos'è l'effetto serra?

L'energia solare riscalda la superficie terrestre, la quale a sua volta riemette energia verso lo spazio. I gas serra naturali (essenzialmente vapor d'acqua, CO_2 , CH_4 , NO e ozono) intrappolano parte di questa energia riemessa, come i pannelli di una serra.

Senza questo **effetto serra naturale**, la temperatura media terrestre sarebbe di -19°C , contro gli effettivi $+14^\circ\text{C}$ e l'ecosistema terra non si sarebbe potuto sviluppare nella varietà di forme attuali.

I problemi sorgono nel momento in cui all'effetto serra naturale si sommano gli effetti legati a **forzature esterne** di origine antropica. Dall'inizio della rivoluzione industriale, infatti, la concentrazione di CO_2 è cresciuta del 30%, quella di CH_4 si è più che duplicata e quella di NO è aumentata del 15%, rompendo l'equilibrio instauratosi naturalmente.

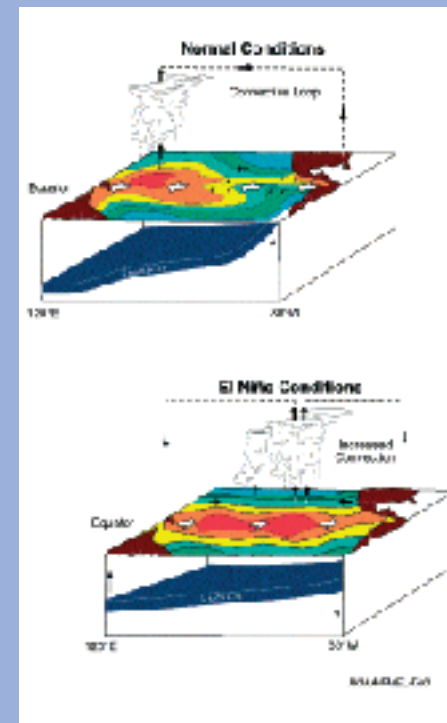


Scheda di approfondimento

Cos'è il fenomeno di El Niño?

El Niño è una delle più significative cause naturali dei cambiamenti climatici di breve periodo. Si tratta di un fenomeno ciclico che si verifica con frequenza compresa tra 3 e 7 anni. E' parte di un fenomeno più esteso, noto come Oscillazione meridionale (ENSO: El Niño Southern Oscillation), che comprende anche la fenomenologia opposta, ovvero la Niña. La Southern Oscillation corrisponde alle fluttuazioni di pressione tra due aree del Pianeta: in particolare, El Niño si verifica quando aumenta la differenza tra l'alta pressione nell'area indiana e la bassa pressione sul Pacifico orientale. In questa fase si registrano insolite precipitazioni intense e riscaldamento delle acque superficiali sulle coste del Perù. Risulta inoltre correlata a fluttuazioni meteorologiche su altre parti del Pianeta. Il comportamento di El Niño è diventato anomalo dagli anni '70 rispetto ai precedenti 100 anni, con fasi calde di episodi di ENSO più frequenti, persistenti e intense rispetto alle opposte fasi fredde.

Nella figura a fianco si riporta lo schema relativo al fenomeno di El Niño. In entrambe le immagini è rappresentata una porzione tridimensionale della superficie oceanica compresa tra le coste dell'Australia e le coste occidentali del continente americano (tra 120° est e 80° ovest rispetto al meridiano di Greenwich). Nella figura in alto sono rappresentate le condizioni di temperatura normale della superficie dell'oceano in assenza di El Niño, nella figura sottostante le condizioni alterate in presenza di El Niño. Nel piano verticale (sezione di atmosfera) è rappresentata la posizione media dei sistemi convettivi (temporaleschi) nelle due diverse situazioni. In particolare, si nota un cambiamento della circolazione atmosferica che genera un aumento della temperatura in prossimità delle coste centro-sud americane nella figura in basso.



● Cosa fa la comunità internazionale in materia di clima?

L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) e il Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite (UNEP) nel 1988 costituirono l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), organizzazione aperta a tutti i membri del WMO e dell'UNEP che ha lo scopo di valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio-economiche rilevanti per la comprensione del rischio connesso alle variazioni climatiche. L'IPCC non effettua ricerche, né monitora i dati climatici o altri parametri rilevanti, ma redige rapporti desunti dalla letteratura tecnico-scientifica a disposizione. L'ultimo rapporto è stato pubblicato nel 2001 ed è disponibile in rete all'indirizzo: www.ipcc.ch.

● Il clima sta cambiando?

Già dal rapporto del '96 dell'IPCC emergevano il continuo lento aumento della temperatura sul pianeta, la crescita continua della concentrazione di gas serra in atmosfera e la necessità di forti riduzioni nelle emissioni. Quello del 2001 conferma e rafforza le conclusioni precedenti, sottolineando che **un cambiamento climatico è effettivamente in atto**. Di seguito si mostreranno alcune evidenze di questa affermazione dedotte dall'ultimo rapporto.



● Il pianeta si sta riscaldando?

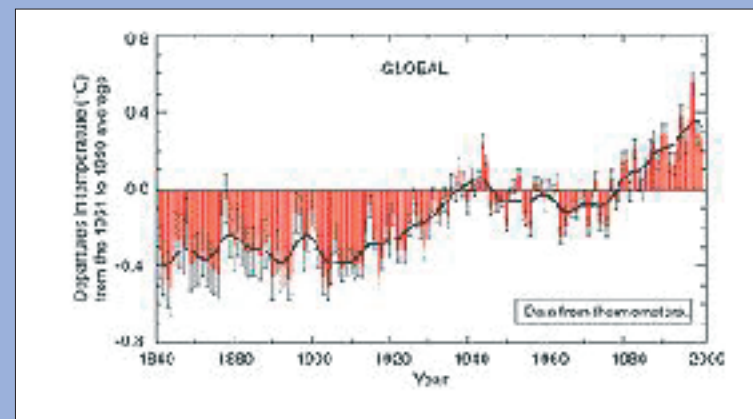
La **temperatura media globale superficiale** è **aumentata** di 0.2-0.6°C dalla fine del 19° secolo. E' molto probabile, **inoltre**, che gli anni '90 siano stati il decennio più caldo del 20° secolo e che il 1998 sia stato l'anno più caldo dal 1861. In particolare, l'aumento della temperatura sembra legato a due periodi distinti: il primo dal 1910 al 1945, il secondo dal 1976 ai giorni nostri. In entrambi i periodi l'aumento è stato pari a 0.15°C/decennio. La temperatura elevata del 1997-98 è collegata all'ultimo evento di El Niño ed è quindi da considerarsi rientrante negli eventi estremi naturali. Si noti che la più recente fase di riscaldamento (1976-1999) è dovuta soprattutto ad un aumento osservato della temperatura alle medie e alte latitudini dell'emisfero nord. Mentre le variazioni zonali

di temperatura sembrano collegate ad altri fenomeni che, su periodi di pochi decenni, possono discostarsi apprezzabilmente dalla media globale. Le analisi effettuate sull'andamento dal 1950 al 1993 dell'**escursione termica giornaliera**, cioè della differenza tra la temperatura massima e minima, sui continenti mostrano una diminuzione, anche se non ovunque. Le temperature minime stanno crescendo in media ad un tasso circa doppio delle massime (0.2°C per decennio). E' probabile che la rapidità e la durata del riscaldamento osservato nel 20° secolo siano le più elevate degli ultimi 1000 anni e che gli anni '90 siano stati il decennio più caldo del millennio nell'emisfero nord, il '98 l'anno in assoluto più caldo.

Scheda di approfondimento

Il riscaldamento globale

Il grafico riproduce l'andamento della temperatura media annuale (linea continua) su tutta la terra dal 1860 al 2000 (fonte IPCC). Nel grafico è, inoltre, rappresentata la variazione (in color rosso) della temperatura media annuale rispetto alla temperatura media del trentennio 1961-1990 (linea dello zero). In figura sono anche riportati gli errori attribuiti ad ogni singolo dato, ad indicare che **le misure di temperatura, sia del passato che del presente, come qualsiasi grandezza fisica, sono soggette ad errore, ovvero il loro valore preciso non è noto** se non entro un intervallo che esprime l'imprecisione strumentale. Nel caso specifico tale errore è relativamente elevato in rapporto alla variazione della temperatura. Questo ci permette di capire ancora meglio, come sia effettivamente difficile trarre delle conclusioni sicure al 100% sull'andamento di questo parametro.



● E le precipitazioni?

Dal '95 la precipitazione annuale sui continenti è andata aumentando nelle medie e alte latitudini dell'emisfero nord (circa 0.5-1% a decennio), fatta eccezione per l'Asia orientale. Nell'area subtropicale (10°N-30°N) le precipitazioni continentali sono mediamente diminuite (circa 0.3% a decennio), mentre l'area tropicale indica un aumento dello 0.2-0.3% per decennio in tutto il 20° secolo, ma non sono evidenti aumenti nell'ultimo decennio. Le precipitazioni sono aumentate anche su buona parte degli oceani della fascia tropicale. Analoghi aumenti non sono così evidenti o supportati da dati sperimentali per le fasce tropicale, sub-tropicale e oceaniche, mentre sono stati provati anche in Australia. Nelle zone dove la precipitazione totale è aumentata, è molto probabile che ci siano stati aumenti negli eventi di precipitazione intensa e estrema. Tuttavia, in alcune regioni gli eventi estremi sono aumentati ed è diminuita o rimasta invariata la precipitazione totale. Non ci sono evidenze, inoltre, di modifiche nelle tempeste tropicali ed extra-tropicali.



● Il manto nevoso, i ghiacciai e il livello del mare

La diminuzione osservata del manto nevoso e dell'estensione dei ghiacci sulla superficie terrestre paiono ben correlate all'aumento delle temperature sui continenti. L'estensione dei ghiacci su superfici oceaniche nell'emisfero nord sta diminuendo, mentre non si osservano apparenti tendenze per quelle antartiche. La rapidità di crescita del livello medio globale del mare nel 20° secolo varia tra 1 e 2 mm/anno (maggiore rispetto a quella del 19° secolo), tuttavia non si osservano accelerazioni significative nel 20° secolo.



● Le proiezioni future dell'IPCC

Il quadro fin qui descritto mostra un pianeta in fase di riscaldamento medio, anche se alcuni importanti aspetti del clima non sembrano aver subito variazioni e anche se il riscaldamento non sembra aver coinvolto tutto il pianeta (fascia australe oceanica e antartica).

E' molto probabile, inoltre, che l'aumento della concentrazione dei gas serra acceleri la rapidità di cambiamento del clima (le proiezioni scientifiche indicano un aumento della temperatura di 0.6-2.5°C nei prossimi 50 anni e di 1.4-5.8°C nei prossimi 100 anni, con variazioni zonali anche significative). L'aumento della temperatura comporta quello dell'evaporazione e della precipitazione media globale.

Poiché, però, il calcolo delle variazioni di alcuni indicatori climatici a livello zonale è molto meno semplice che a livello planetario, non è facile stabilire se i climi zonali diverranno o meno più variabili.



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

Nella tabella seguente, dedotta dal report dell'IPCC del 2001, si riportano, in riferimento ai fenomeni di cambiamento climatico più importanti, sia gli andamenti fin qui osservati, sia le proiezioni future.

Essendo la materia assai complessa, si parla sempre in termini di probabilità.

Scheda di approfondimento

I cambiamenti climatici osservati e previsti

| Cambiamenti osservati | Fenomeni che variano | Cambiamenti previsti |
|--|--|---|
| Probabile | Temperature massime più elevate e maggior numero di giorni caldi su quasi tutti i continenti | Molto probabile |
| Molto probabile | Temperature minime più elevate e minor numero di giorni freddi e sotto zero su quasi tutti i continenti | Molto probabile |
| Molto probabile | Riduzione dell'escursione termica giornaliera su molte aree continentali | Molto probabile |
| Probabile nella maggior parte delle aree | Aumento dell'indice di calore (combinazione fra la temperatura e l'umidità che misura gli effetti sulle condizioni di comfort umane) | Probabile nella maggior parte delle aree |
| Probabile in molte aree emisfero nord alle medie/alte latitudini | Aumento degli eventi di precipitazione intensa | Probabile in molte aree |
| Probabile in poche aree | Rischio di siccità nelle aree continentali nel periodo estivo | Probabile in molte aree continentali alle medie latitudini (mancanza di proiezioni significative altrove) |
| Non osservato, nelle poche analisi disponibili | Aumento dell'intensità massima del vento nei cicloni tropicali | Probabile in alcune aree |
| Dati insufficienti | Aumento dell'intensità massima e media della precipitazione nei cicloni tropicali | Probabile in alcune aree |

● E il clima nel Veneto sta cambiando?

Il Veneto si colloca in una zona di transizione confinante a Nord con l'area continentale dell'Europa centrale e a Sud con l'area mediterranea. Sul Veneto si riscontra in media quanto sta accadendo a scala spaziale maggiore, ossia una progressiva crescita dei valori termici. L'aumento non sembra essere continuo durante tutto il secolo ma appare marcato negli ultimi 40 anni. In particolare, l'andamento delle **temperature massime** nella nostra regione evidenzia nell'ultimo quarantennio un generale aumento, più frequente nei mesi invernali e nella prima parte dell'autunno (si registra un'inversione di tendenza solo in Aprile). L'andamento delle **temperature minime** è in generale aumento in quasi tutti i mesi dell'anno (a parte in Giugno, per alcune località montane, e in Novembre, quando si registrano talvolta andamenti inversi). Si sottolinea, inoltre, che in Veneto non sembrano esserci sostanziali differenze di incremento tra i due valori estremi.

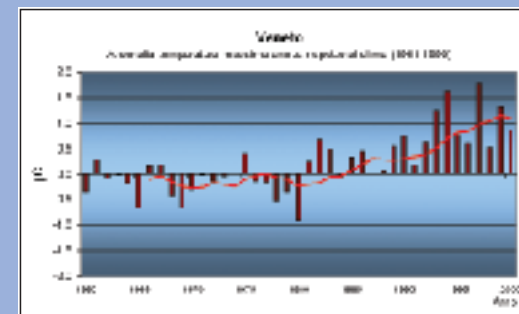
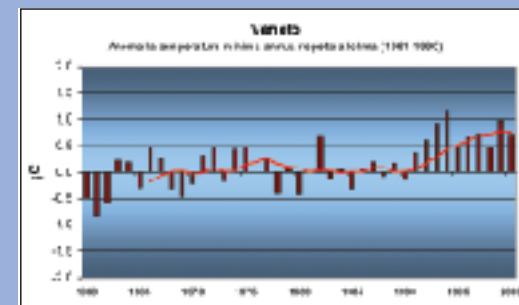
Scheda di approfondimento

L'andamento termico in Veneto

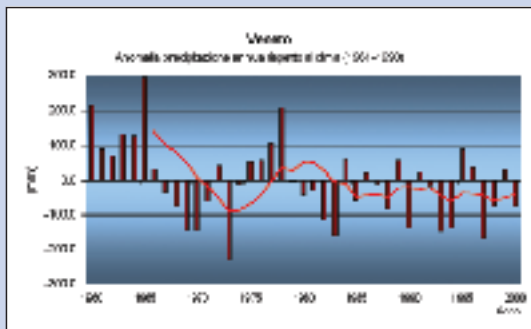
Andamento medio registrato in Veneto nell'ultimo quarantennio delle anomalie (differenza del valore di temperatura rispetto alla media trentennale 1961-'90) di temperatura massima e minima.

La linea rossa è la media mobile su 5 anni cioè il valore medio valutato su un intervallo di 5 anni (questa tecnica viene generalmente utilizzata per ridurre la variabilità interannuale).

Si noti la crescita della temperatura, soprattutto dal 1980 per le massime, dal '90 per le minime.



Sul fronte delle precipitazioni, in sintonia con quanto osservato per le zone a sud delle Alpi, in Veneto si registra, soprattutto negli ultimi 40 anni, la tendenza a diminuzione delle precipitazioni annue, più evidente nelle zone montane. A livello stagionale la riduzione di pioggia più elevata si registra durante l'inverno. Per quanto riguarda le modalità con cui si verificano le precipitazioni, nell'ultimo quarantennio in Veneto si segnalano alcuni casi con significativi aumenti nei valori massimi annuali delle precipitazioni di breve durata (aumento dell'intensità, ma non della frequenza).

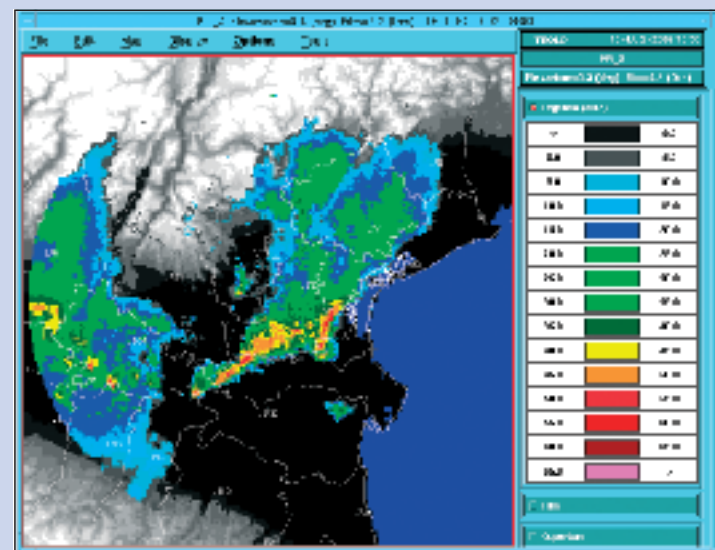


Andamento medio registrato in Veneto nell'ultimo quarantennio delle anomalie delle precipitazioni annue: la linea rossa (media mobile su 5 anni) evidenzia un netto calo delle precipitazioni medie annuali fino ai primi anni '70, seguito da un aumento fino al 1980 circa ed un successivo calo fino al 1985. Dal 1985 l'andamento risulta lievemente decrescente.

Nota al testo: l'andamento medio in Veneto delle temperature e delle precipitazioni è stato ottenuto mediando i valori registrati da 7 stazioni meteorologiche dislocate sul territorio regionale di cui 5 posizionate nella zona di pianura e 2 nella zona montana. Le fonti dei dati sono Aeronautica Militare, Ufficio Idrografico di Venezia e Centro Meteorologico di Teolo-ARPAV.

● Gli eventi estremi

Le tendenze evidenziate rappresentano degli andamenti evolutivi generali del clima che è per definizione il risultato di una serie di condizioni meteorologiche anche molto variabili e contrastanti nel tempo. Il presentarsi di fenomeni estremi, talvolta di segno opposto rispetto a queste tendenze, rimane dunque assai probabile; chiari esempi recenti per il Veneto sono l'inverno 2000-2001 molto piovoso e nevoso in quota contro un inverno 2001-2002 invece molto secco e maggiormente in linea con la tendenza riscontrata negli ultimi due decenni. Situazione opposta invece per le temperature con l'inverno 2001-2002 molto freddo e dunque in controtendenza con l'andamento degli ultimi anni, mentre il precedente inverno 2000-2001 aveva fatto registrare temperature mediamente molto superiori alla media.



● Quali possono essere le principali conseguenze di un cambiamento del clima per la nostra regione?

I principali modelli climatologici sono concordi nel prevedere un cambiamento climatico, in particolare un riscaldamento a livello globale. Per quanto attiene la dimensione locale le proiezioni risultano estremamente più difficili, a causa della grande variabilità spaziale del clima. Allo stato attuale delle conoscenze non è possibile prevedere l'evoluzione effettiva del clima sul Veneto o su porzioni del territorio regionale. Qualora fossero confermate anche per il futuro le tendenze evolutive verificatesi in Veneto negli ultimi 40 anni, ci potrebbero essere importanti conseguenze per l'ecosistema regionale.

Nel seguito se ne evidenziano alcune tra le più significative.

> Inverni secchi e caldi: aumento degli incendi boschivi, diminuzione delle precipitazioni a carattere nevoso, con conseguente riduzione dei ghiacciai alpini, criticità nella disponibilità di risorse idriche durante la stagione fredda, aumento dell'inquinamento atmosferico per riduzione dell'effetto dilavante della pioggia o della neve sulle sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera in conseguenza dell'attività umana.

> Precipitazioni intense: eventi più intensi con probabile accentuazione dei dissesti idro-geologici (quest'ultimo aspetto, comunque, è strettamente legato alla gestione e all'assetto del territorio) e delle problematiche legate alla regimazione delle acque in ambito urbano.



> Estensione della stagione estiva alla prima parte dell'autunno: uno degli effetti positivi potrebbe essere il prolungamento della stagione balneare a favore del turismo; l'estensione della stagione estiva all'autunno potrebbe determinare un aumento del numero di piogge brevi e intense; l'autunno, già caratterizzato da piogge consistenti, talvolta anche alluvionali, potrebbe vedere un incremento dei fenomeni temporaleschi.

> Riscaldamento globale: aumento delle allergie respiratorie (per riduzione dell'effetto dilavante operato dalle precipitazioni sia sui pollini che sugli inquinanti dispersi in atmosfera).

● Per saperne di più

Ulteriori informazioni si possono acquisire su diversi siti Web. Di seguito si segnalano alcuni tra i più importanti siti in materia:

www.ipcc.ch; sito ufficiale dell'IPCC, con sede a Ginevra (Svizzera); in esso è possibile reperire tutte le relazioni tecniche prodotte, accedere a dati meteo-climatici mondiali e trovare approfondimenti su alcuni fenomeni o "links" ad altri siti analoghi;

www.wmo.ch; sito ufficiale dell'Organizzazione Mondiale per la Meteorologia, con sede a Ginevra (Svizzera); in esso è possibile reperire tutte le informazioni relative ai meeting internazionali passati e futuri in materia di clima, nonché note tecniche, riviste e approfondimenti in materia di clima e meteorologia, nonché "links" di interesse mondiale in materia;

www.globalchange.org; sito dedicato ai cambiamenti climatici e alla riduzione dell'ozono;

www.epa.gov/globalwarming; è il sito dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente degli Stati Uniti; si possono trovare informazioni sullo stato dell'ambiente, sulle variazioni climatiche, sulle azioni previste in ambito internazionale e molte altre utili indicazioni per una conoscenza più approfondita della materia;

www.noaa.gov/climate.html; è il sito della National Oceanic & Atmospheric Administration degli Stati Uniti; il link indicato si occupa principalmente di clima; per informazioni più ampie si può fare riferimento alla Home Page **www.noaa.gov**

Si fa presente che la bibliografia effettivamente presente "on-line" è assai vasta. Per una ricerca più completa si rimanda a motori di ricerca esplicitamente dedicati ad argomenti di carattere scientifico, come ad esempio www.google.com.