

GLOSSARIO PER I TERMINI DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Gaetano Borrelli*, Rosa Franzese**, Antonia Marchetti*,
Daniela Romano**

* ENEA

** Borsista ENEA

Premessa

"Spiegare le cose difficili in maniera semplice è un'arte" (Anonimo)

Sia i sondaggi di opinione che l'analisi della stampa quotidiana dimostrano che il tema del cambiamento climatico è di difficile comprensione per il pubblico. Ciò non di meno gli impegni assunti a livello internazionale impongono ai governi e alle agenzie scientifiche, che ad essi fanno capo, di diffondere questo tema tra la popolazione.

Da questo impegno nasce l'idea di un dizionario che renda comprensibile il tema del cambiamento climatico alla pubblica opinione e specie a coloro, in particolare giornalisti ed educatori, che sono il principale tramite della divulgazione scientifica.

Il punto di partenza è la Comunicazione Italiana all'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) che non è di certo un testo divulgativo.

Abbiamo diviso gli argomenti della Comunicazione per aree disciplinari che sono le seguenti:

- a) CHIMICA
- b) CLIMA E SISTEMA CLIMATICO
- c) BIOLOGIA
- d) ECONOMIA - ENERGIA - STATISTICA
- e) TECNOLOGIA E SOCIETA'

Per ognuna delle aree individuate sono stati estratti i termini e i concetti tecnici descritti nelle voci del glossario.

Il glossario, inoltre, contiene otto Box che trattano di argomenti fondamentali che, per motivi di chiarezza, non possono essere compresi all'interno di voci sintetiche.

Oltre ai termini presenti nella relazione sono stati inseriti nel dizionario anche alcuni concetti che ricorrono di frequente, come ad esempio "informazione ambientale" oppure "risparmio energetico", cercando, come per i termini presenti nella Comunicazione, di enfatizzare la relazione con il clima.

Nel compilare il dizionario sono stati utilizzati diversi testi scientifici con taglio divulgativo, tra cui "Environmental Science" di Chiras, l'"Enciclopedia Britannica", l'"Enciclopedia di Statistica ed Economia", "Biologia" di Helena Curtis, ed altri.

Le diverse voci che compongono il dizionario escluse quelle relative al tema TECNOLOGIA e SOCIETA', curate esclusivamente dal coordinatore del lavoro, sono state sottoposte all'attenzione di diversi colleghi dell'ENEA, specialisti nelle diverse discipline trattate:

per la CHIMICA la dott.ssa Silvia Brini;

per il CLIMA E SISTEMA CLIMATICO il dott. Carlo Pona e il dott. Maurizio Sciortino;

per la BIOLOGIA, la dott.ssa Lucia Naviglio;

per l'ECONOMIA, ENERGIA, STATISTICA, l'ing. Domenico Gaudio;

Si ringraziano inoltre la dott.ssa Carla Creo e la dott.ssa Giulia Massini per la prima stesura delle voci riguardanti la biologia.

A queste persone siamo grati, non solo per l'impegno profuso, ma anche per la disponibilità dimostrata nell'assumere un'ottica di divulgazione non sempre usuale per costoro.

Nota per il lettore

Il testo presenta una introduzione generale e la presentazione delle cinque materie esaminate. Il glossario dei termini è presentato in ordine mentre le Box sono presentate alla fine.

I termini riportati in *corsivo* indicano la presenza nel testo di spiegazioni più estese di quel termine.

Introduzione

In questi ultimi anni la preoccupazione nei confronti dello stato dell'atmosfera terrestre è drammaticamente cresciuta. Grandi problemi come inquinamento atmosferico, effetto serra, impoverimento dell'ozono stratosferico, interessano ogni parte del nostro pianeta. La crescita della popolazione mondiale, con conseguente maggior richiesta di risorse alimentari ed energetiche, non fa che amplificare tali problematiche.

Continuando al ritmo di sviluppo attuale, le emissioni di natura antropica provocheranno un aumento della temperatura media globale del pianeta in tempi molto più rapidi rispetto al passato. Per quanto riguarda i cambiamenti climatici è chiaro che le responsabilità di un aumento nelle emissioni di gas serra sono ampiamente diffuse in tutto il mondo. L'allarme investe il problema dell'uso dei combustibili legnosi e fossili, petrolio in primo luogo, ma anche carbone e metano. Non tutti gli studiosi sono concordi sulla teoria del riscaldamento globale e sui suoi effetti in un immediato futuro. In particolare è molto alto il livello di incertezza per ciò che riguarda i tempi e i modi di tale fenomeno. Se gli scenari più cupi prevedono un innalzamento della temperatura in tempi brevissimi, con effetti molto gravi sia sugli ecosistemi che sulle strutture socioeconomiche, c'è anche chi minimizza il problema, affidandosi alla capacità del pianeta di ristabilire autonomamente i propri equilibri.

Proprio a causa dei dubbi relativi agli aspetti scientifici di un fenomeno così complesso, un serio dilemma di natura politica si pone a tutti coloro che governano e che hanno responsabilità decisionali.

Secondo quanto affermato in sede internazionale se le emissioni di gas serra dovessero continuare al ritmo attuale senza che nessun intervento di natura politica venga predisposto, assisteremo ad un effettivo raddoppio della concentrazione di anidride carbonica (CO₂) nell'atmosfera rispetto ai livelli preindustriali tra gli anni 2025 e il 2050. Da ciò conseguirebbe un relativo aumento di temperatura globale per i prossimi trenta o cinquant'anni, compreso tra 1,5 e 4,5°C. Infine è previsto un innalzamento del livello del mare dell'ordine di 0,3-0,5 m per il 2050, e di circa 1 m per il 2100, congiuntamente ad un aumento di temperatura della superficie oceanica tra i 0,2 e 2,5°C.

I previsti effetti del cambiamento climatico devono essere riferiti al contesto di un mondo in continua evoluzione. Così, per esempio, fenomeni naturali insorgenti, andamento demografico, sviluppo di nuove tecnologie, sono fattori potenzialmente in grado di cambiare il quadro complessivo e la natura del problema.

Per il futuro, non è possibile fare esatte previsioni sull'evoluzione delle emissioni di gas serra. Non esistono risposte definitive su come varieranno le concentrazioni in atmosfera o su come le variazioni nella composizione atmosferica possono influenzare i cambiamenti climatici locali e regionali. Le incertezze sulla reciprocità degli effetti tra i sistemi chimico-fisici e biologici rendono ancor più difficile una valutazione attendibile. Stando alle conoscenze attuali sono state elaborate

previsioni in grado di dare immagini plausibili dello stato del nostro pianeta in un futuro immediato, individuando alcune aree, coste, piccole isole, foreste, zone umide e zone montuose, che potrebbero essere più sensibili ai cambiamenti climatici.

BIOLOGIA

La materia vivente è organizzata in diversi livelli di complessità a cui corrispondono diverse funzioni e ruoli all'interno dell'*ambiente*.

Nei livelli gerarchici dell'organizzazione biologica si passa dalle cellule, ai tessuti, organi, sistemi di organi fino agli organismi, cioè agli individui in grado di vita autonoma come possono essere un albero, una rosa, ma anche un uomo, un lupo o un pesce. Si continua poi con la popolazione, che è l'insieme degli individui della stessa specie, la comunità (o biocenosi), che è l'insieme delle diverse specie viventi che abitano un determinato ambiente, *l'ecosistema*, che comprende anche le interazioni che gli organismi hanno tra loro e con i fattori dell'ambiente esterno, fino ad arrivare alla *biosfera* (o ecosfera) che, nella sua accezione generale, può coincidere con il nostro pianeta Terra.

Esistono organismi molto piccoli, fatti da una sola cellula, come i batteri, e organismi più complicati e differenziati, come un uccello o una pianta. Ovviamente tanto più un individuo è complesso, tanto più sono complicati i suoi meccanismi di funzionamento e i suoi livelli di specializzazione.

Si possono distinguere anche gli organismi capaci di procurarsi da soli l'*energia* necessaria per vivere, come le piante, in grado di produrre la sostanza organica che li compone sfruttando l'energia proveniente dal sole (organismi autotrofi, cioè che si nutrono da soli) da quelli che per vivere e crescere hanno bisogno di nutrirsi di sostanza organica prodotta da altri. Questi ultimi si chiamano organismi eterotrofi (si nutrono degli altri) e ad essi appartengono tutti gli animali, compreso l'uomo.

Esistono poi gli organismi saprotrofi (che si nutrono di sostanza organica morta) che hanno il ruolo di decomporre la sostanza organica per ritrasformarla in elementi e composti minerali. Tra questi in primo luogo vi sono funghi e batteri senza l'aiuto dei quali non sarebbe possibile il "ciclo bio-geo-chimico" degli elementi importanti per la vita (biogeni) necessari affinché le piante possano continuare a crescere e a produrre sostanza organica fresca da mettere a disposizione nuovamente degli organismi eterotrofi.

Ogni tipo di essere vivente, quindi, all'interno di un determinato ambiente ha un suo ruolo e collabora a mantenere funzionale l'ecosistema a cui appartiene.

Gli esseri viventi (organismi) si caratterizzano dalle componenti inanimate di un ecosistema (minerali, rocce, acqua, aria ecc.) perché sono in grado di:

- * accrescersi e svilupparsi
- * riprodursi
- * rispondere agli stimoli esterni in maniera attiva
- * utilizzare l'energia presa dall'ambiente esterno come cibo (o dal sole per le piante verdi) trasformandola da una forma all'altra
- * adattarsi alle condizioni ambientali esterne.

Gli esseri viventi, inoltre, contengono in sé stessi l'informazione per creare la propria organizzazione e per compiere le proprie funzioni.

Anche i livelli di organizzazione biologica più complessi hanno delle loro caratteristiche che non sono soltanto la somma di quelle dei livelli che le precedono.

Caratteristica della popolazione, ad esempio, è la "dinamica" della popolazione stessa, con il suo tasso di natalità e di mortalità, i rapporti che intercorrono tra gli individui della stessa specie, la possibilità di evolversi, ad esempio a causa di un isolamento geografico, in maniera diversa da una popolazione analoga.

Tanto per fare un esempio si pensi ad una popolazione di cervi uniformemente distribuita su un ampio territorio che, d'un tratto, viene diviso in due da un grosso ostacolo insormontabile quale una autostrada.

I due gruppi di animali non hanno più contatto tra loro e ognuno evolve per conto suo con una ridotta possibilità di scambiare il patrimonio genetico. I due gruppi potrebbero trovarsi a vivere in condizioni ambientali molto diverse (es. uno in pianura e uno in montagna), con differenti difficoltà per procacciarsi una adeguata alimentazione e diverse condizioni climatiche. Tutto ciò incide sull'efficacia riproduttiva, sulla mortalità degli individui e, se il gruppo isolato è molto piccolo, si possono avere gli effetti negativi dell'interbreeding (cioè degli incroci tra parenti, che esaltano i caratteri negativi: nell'uomo il matrimonio tra cugini è sconsigliato proprio per questo motivo). Ne consegue che dopo alcuni decenni le due popolazioni possono essere geneticamente e morfologicamente diverse.

A livello di biocenosi sono importanti i rapporti tra specie differenti (preda-predatore, ospite-parassita), la produttività, ecc.

A livello di ecosistema è determinante, invece, il *flusso di energia* e il ciclo della materia.

È importante capire la complessità e le caratteristiche dei diversi livelli di organizzazione biologica perché le variazioni climatiche, così come l'*inquinamento* o il cambiamento dell'uso delle risorse, può incidere su uno e l'altro aspetto e influenzare la continuità della vita a livelli diversi così che anche i metodi per capire e valutare se vi sono conseguenze dovute ai cambiamenti prodotti dall'uomo o per cercare di recuperare e rimediare i danni provocati, vanno applicati a livelli organizzativi differenti.

Ad esempio, se il clima in una determinata area è diventato più freddo, si hanno conseguenze negative nella fisiologia di alcune specie che, magari, non sono in grado di fiorire o fruttificare. Ma non sempre è possibile o facile misurare dei parametri fisiologici e lo studio della comunità vegetale, cioè di tutte le piante presenti, può fornire, invece, delle indicazioni utili perché le conseguenze climatiche avranno col tempo modificato la composizione delle specie e l'abbondanza relativa di quelle più resistenti o delicate. Ma vi sono anche casi in cui si verifica il fenomeno opposto. Prima che si manifestino i danni dell'inquinamento atmosferico diffuso su una comunità

vegetale con la morte di vari esemplari o il danneggiamento di una o più specie, ad esempio, le piante possono trovarsi in stato di stress e questo può essere rilevato analizzando alcuni enzimi presenti nelle foglie.

Le strutture biologiche presentano la caratteristica dell'omeostasi, cioè la capacità di sopportare delle variazioni del proprio ambiente di vita e di adattarsi riuscendo a svolgere ugualmente le proprie funzioni vitali (vedi *resistenza e resilienza*). La tendenza generale degli esseri viventi è quella di essere in equilibrio con le condizioni dell'ambiente in cui si trovano. Ovviamente si tratta di un equilibrio dinamico che porta ad un continuo *adattamento* degli individui per renderli più efficienti possibile. Ambiente ed organismi, quindi, vanno incontro ad una coevoluzione che fa sì che ogni essere vivente sia teoricamente adattato a vivere in un determinato ambiente in cui svolge le proprie funzioni. Questo è un concetto familiare: osservando un orso polare, una pianta di cactus, un castoreo o una giraffa, si possono immediatamente fare molte deduzioni sull'ambiente in cui essi vivono e sul loro modo di vita.

Ovviamente questi processi richiedono tempo, ed è per questo che ogni popolazione è geneticamente adattata a vivere là dove è cresciuta e può trovarsi male se trasferita in situazioni con caratteristiche diverse.

CHIMICA

Il continuo aumento delle concentrazioni di gas serra, a partire dall'età pre-industriale, ha portato ad una perturbazione del bilancio energetico del sistema Terra-atmosfera (forcing radiativo) che porta, tra l'altro, ad un inasprimento dell'effetto serra, già naturalmente esistente, riscaldando la superficie terrestre.

I *gas serra* che contribuiscono in misura maggiore alla perturbazione del bilancio energetico del sistema Terra-atmosfera sono *anidride carbonica* (CO₂), *metano* (CH₄) e *protossido d'azoto* (N₂O); altri *gas serra* sono i *clorofluorocarburi* (CFC), gli *idroclorofluorocarburi* (HCFC), l'*ozono*, eccetera.

I gas serra si possono distinguere tra gas a effetto radiativo diretto e a effetto radiativo indiretto. In linea generale, si può dire che i gas ad effetto radiativo diretto sono quelli che modificano il *clima* agendo direttamente sul bilancio energetico del sistema Terra-atmosfera. Esempi di gas ad effetto radiativo diretto sono: l'anidride carbonica, l'*ozono*, il metano, il protossido di azoto ed i *clorofluorocarburi*, responsabili quest'ultimi anche dell'assottigliamento dello strato di ozono stratosferico. I gas ad effetto radiativo indiretto sono invece quelli che influenzano il clima indirettamente reagendo chimicamente con altri composti dell'atmosfera e producendo gas ad effetto radiativo diretto. Esempi di questi gas sono: il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto, i composti organici volatili ed il biossido di zolfo. In realtà come spesso accade nelle classificazioni rigide, il fatto che un gas appartenga ad un gruppo non lo esclude automaticamente dall'altro: ci sono specie, come il metano, che hanno caratteristiche tali da consentirne l'inserimento in entrambi

i gruppi; generalmente la scelta del gruppo in cui vengono classificate dipende da quale aspetto viene considerato più rilevante. Ai gas vanno aggiunti il *vapor d'acqua* e gli *aerosol*, sospensioni gassose di particelle microscopiche liquide o solide, che hanno influenza anch'essi sul *clima*. Molti gas serra rimangono in atmosfera per lunghi periodi (per quanto concerne CO₂ e N₂O da diverse decine di anni a qualche secolo) prima di essere trasformati e distrutti, pertanto possono perturbare il bilancio energetico del sistema Terra-atmosfera per lungo tempo.

La riduzione delle emissioni antropiche di gas serra è lo strumento per contrastare l'inasprimento dell'effetto serra. Va però detto che se le emissioni globali di CO₂ venissero stabilizzate, cioè mantenute fisse, ai livelli del 1994, ci sarebbe in ogni caso un incremento costante nelle concentrazioni atmosferiche per almeno due secoli con i conseguenti effetti sul clima.

CLIMA E SISTEMA CLIMATICO

Il clima è definito dalle condizioni meteorologiche medie nell'arco di un periodo di riferimento.

Il valore medio e le variazioni statistiche delle grandezze fisiche (*temperatura*, precipitazioni e altro) in un arco di tempo di almeno 30 anni permettono di definire il clima di un'area.

Il clima è il risultato dell'equilibrio degli scambi di *energia* e di *materia* fra le componenti del sistema climatico: *atmosfera*, *oceano*, *biosfera* (inclusa la *vegetazione*, la *biomassa* e gli ecosistemi terrestri e marini) e *geosfera* (inclusa la *criosfera* ed i sistemi idrogeologici continentali).

Le interazioni fra le componenti del sistema climatico sono favorite da alcuni cicli fondamentali che esistono in *natura*: soprattutto il ciclo dell'acqua ed il ciclo del *carbonio*, ma non meno importanti sono altri cicli quali quello dell'azoto e di altri composti minoritari tra cui lo zolfo e gli *aerosol*.

L'equilibrio energetico che si stabilisce fra le componenti del sistema è in definitiva la risposta o la reazione che manifesta il nostro pianeta terra soggetto da una parte ad una azione esterna extraterrestre e, dall'altra ad azioni interne terrestri.

L'azione extraterrestre principale è data dall'energia proveniente dallo spazio ed in particolare l'*energia solare*, la quale a sua volta non è una costante ma variabile in relazione all'attività solare ed al ciclo solare.

L'azione interna terrestre principale deriva dalla natura e dal movimento del nostro pianeta nello spazio: in particolare la sfericità della terra e alla inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica (che genera una diversa distribuzione interna dell'energia proveniente dal sole), ma dovuta anche ai processi di rotazione (che genera forze interne quale quella di Coriolis), ai processi di rivoluzione (che genera oscillazioni periodiche nella distribuzione dell'energia) e, sui lunghi periodi anche ai processi di precessione degli equinozi ed altri processi ancora. Le fluttuazioni atmosferiche che generano la variabilità meteorologica sono causate dall'instabilità atmosferica che nasce, si evolve e decade attraverso fenomeni di turbolenza termodinamica (come i cicloni, gli

anticlioni e gli altri fenomeni meteorologici) e di dissipazione meccanica dovuta all'interazione dell'atmosfera con la superficie terrestre e la sua conformazione (mare-costa, montagne, valli, ecc.)

I tipi climatici

Tipi Climatici	Caratteristiche	Varietà	Caratteristiche
climi umidi tropicali	temperatura del mese più freddo superiore ai 15°C; almeno sei mesi di precipitazioni, compensanti la forte evaporazione	clima equatoriale o della foresta pluviale clima della savana	almeno nove mesi di precipitazioni con un totale pluviometrico medio di 2000 mm annui: temperature elevate, con deboli escursioni giornaliere e annue escursioni giornaliere e annue più sensibili (10°C); umidità minore, due stagioni ben differenziate, una arida e una umida.
climi aridi	mesi aridi, in numero superiore a sei	clima arido caldo o desertico clima steppico o arido con inverno freddo	precipitazioni annue inferiori o uguali a 250 mm; la temperatura del mese più freddo è superiore ai 6°C; la stagione arida può estendersi all'intero anno temperatura del mese più freddo inferiore ai 6°C; forti escursioni annue con estati molto calde e inverni rigidi; piovosità molto scarsa
climi mesotermici	temperatura del mese più freddo compresa tra 2°C e 15°C	clima umido temperato caldo con inverno secco o tropicale montano clima umido temperato caldo con estate secca o mediterraneo clima temperato umido	escursione annua limitata; precipitazioni abbondanti, che consentono lo sviluppo di una folta vegetazione piovosità intorno ai 1000 mm annui; piogge prevalentemente invernali ma, salendo in latitudine, si distinguono due massimi, uno primaverile e uno autunnale temperatura del mese più caldo compresa tra 10°C e 20°C; piogge distribuite lungo tutto l'anno con massimi autunnali e invernali
climi microtermici	temperatura del mese più freddo uguale o superiore a 2°C per la fascia meridionale; temperatura del mese più caldo inferiore o uguale a 10°C per la fascia settentrionale	clima boreale freddo con inverno secco clima boreale freddo con inverno umido	numero dei mesi freddi, cioè con temperatura media inferiore a 10°C, superiore a otto; lunghi periodi di gelo con temperature anche di -50°C; precipitazioni molto scarse mesi freddi massimo otto; precipitazioni molto scarse, specie all'interno dei continenti

climi nivali	temperatura del mese più caldo sempre inferiore ai 10°C ;forti escursioni stagionali e deboli escursioni giornaliere; precipitazioni estremamente scarse	clima seminivale o delle tundra clima del gelo perenne	la temperatura del mese più caldo supera gli 0°C _____ _____ temperatura media sempre sotto lo zero
--------------	--	---	--

ECONOMIA - ENERGIA - STATISTICA

Molta della ricerca sul cambiamento climatico si è focalizzata finora sui cambiamenti ambientali, anche se è sempre più avvertita la necessità di sviluppare le conoscenze relative agli impatti socioeconomici. È importante capire non solo come il clima sta cambiando, ma anche quali conseguenze avrà il cambiamento sulle nostre economie e sulla nostra società. Senza questo tipo di conoscenze è difficile formulare risposte politiche al cambiamento climatico.

L'economia e le scienze sociali forniscono prospettive di studio diverse da quelle offerte dalle scienze ambientali. Nell'analisi delle problematiche ambientali le discipline economiche si occupano principalmente dell'allocazione delle risorse e dei loro possibili usi alternativi. Nel contesto del cambiamento climatico la questione centrale che devono affrontare politici ed economisti riguarda la riduzione delle emissioni di *gas serra*. In particolare è necessario stabilire quanto, quando, come e chi deve ridurre le emissioni. L'ultima questione richiama il tema dell'equità tra generazioni: ai benefici dell'utilizzo di *combustibili fossili* da parte delle attuali generazioni può corrispondere un danno per le generazioni future. Il controllo delle emissioni dei *gas ad effetto serra* può essere visto come un investimento: il denaro speso oggi per il controllo delle emissioni riduce i futuri costi del cambiamento climatico.

La statistica costituisce uno strumento di analisi necessario non solo nelle valutazioni di tipo economico degli *impatti del cambiamento climatico*, ma anche nella validazione dei modelli (vedi Box 7) di circolazione globale e negli studi dei dati paleoclimatici.

Lo studio dell'*energia* è essenziale in ogni società umana, specialmente nei paesi industrializzati con elevati standard di vita. Per molto tempo l'energia è stata considerata una fonte inesauribile ed è stata quindi sprecata. La crisi petrolifera del 1973 ha costituito un punto critico nella storia, rendendoci più consapevoli della nostra dipendenza dai combustibili fossili, in particolare dal *petrolio*. L'uso dell'energia ha costituito sempre una dipendenza per l'uomo: si è passati dal legno al *carbone*, al petrolio ed al *metano*. Tali passaggi continueranno anche nel futuro, in quanto le fonti energetiche attuali si esauriranno e si dovrà pensare a delle alternative. L'energia ha notevoli costi. La società paga un prezzo sotto forma di effetti sulla salute e sull'ambiente, effetti che sono diversi a seconda della fonte energetica utilizzata. Per descrivere gli impatti di una risorsa di energia bisogna valutare le diverse fasi di un *sistema energetico*. Per produrre combustibile utilizzabile sul mercato una fonte di energia fossile deve essere estratta, trasportata e spesso sottoposta a processi per eliminare le impurità o migliorarne le prestazioni. I combustibili devono poi essere distribuiti, immagazzinati e consumati in diversi modi. Ad ogni passo, specialmente nelle fasi di estrazione e di consumo, si possono verificare conseguenze negative sull'ambiente e sulla salute umana.

TECNOLOGIA E SOCIETA'

Il termine tecnologia ha tre significati: (1) tecnologia come oggetti o artefatti fisici, cioè motociclette, lampadine e plastica; (2) tecnologia come attività o processi, quali la lavorazione del vetro e l'estrazione dalle miniere; (3) tecnologia come conoscenza che va dal design di aeroplani alla costruzione di un rivelatore ad ultrasuoni per la diagnosi precoce di rottura nelle strutture interne di un metallo.

I tre significati possono essere riuniti nella seguente definizione: la tecnologia è una forma di attività culturale che applica i principi della scienza alla soluzione dei problemi. Include le risorse, gli strumenti, i processi, il personale e i sistemi elaborati per eseguire compiti ed essere di particolare vantaggio immediato, personale e/o competitivo, in un determinato contesto ecologico, economico e sociale.

Il merito principale di questa definizione è che essa considera il problema del vantaggio. La gente accetta ed adotta una tecnologia solo se vede in essa un vantaggio proprio e, in situazioni di competizione, uno svantaggio altrui. Perciò, l'analisi di una innovazione in rapporto alla giustizia/eguaglianza dovrebbe concentrarsi sui benefici e i rischi nel contesto in cui la tecnologia opera. L'analisi del fattore di giustizia, insito in una tecnologia, dovrebbe prendere in esame:

- il contesto dello sviluppo: (a) i principi della scienza, gli strumenti e le tecniche applicate, (b) le risorse, i processi e i sistemi impiegati, (c) i compiti da eseguire e i problemi specifici da risolvere;
- il contesto dell'utente: (a) strumento tecnico o sistema in evoluzione, che saranno sostituiti dall'innovazione tecnologica, (b) relazione tra questa innovazione specifica e le altre già in uso, (c) vantaggi e svantaggi personali immediati considerati in termini competitivi e determinati entrambi dall'uso di una nuova tecnologia, (d) conseguenze per le persone;
- il contesto ambientale: impatto ambientale derivato dall'accettazione della nuova tecnologia rispetto a quello determinato dalla vecchia tecnologia;
- il contesto culturale: (a) impatto sui ruoli sessuali, (b) influenza sul sistema sociale, (c) organizzazione della comunità, (d) sistema economico coinvolto, (e) problema della distribuzione dei beni all'interno del sistema esposto alle innovazioni.

Oggi stanno apparendo nuove forme di tecnologia. Questa trasformazione sarà indotta da forze sociali pressanti e sarà spinta da un degrado ambientale in aumento: cambiamento climatico per effetto serra, assottigliamento dello strato di ozono, rapida distruzione delle *foreste*, estensione di aree desertiche, perdita di migliaia di specie animali e vegetali, *erosione del suolo*, penuria d'acqua, contaminazione dell'aria ed *inquinamento* dell'acqua. In una situazione di rapido peggioramento delle condizioni ambientali su scala globale e di fronte ad una crescente consapevolezza che è in gioco la sopravvivenza della civiltà umana, l'influenza sociale e politica per creare tecnologie ambientalmente compatibili diventerà prioritaria.

Gli ecologisti lottano in difesa di un mondo non inquinato, gli zoologi in difesa delle specie in pericolo, i sociologi in difesa dell'uomo. Esiste un terreno comune tra le diverse discipline, un ambito di coincidenza su cui i benefici reciproci possono essere raggiunti tramite lo scambio di informazioni ed idee?

Uno dei più affascinanti e imprevedibili fatti nella nostra società è l'interazione tra tecnologia e scienza sociale. La differenza negli approcci delle due discipline e le difficoltà risultanti sono basate su scale di valori di priorità molto diverse, che coinvolgono principalmente il modo di affrontare il rischio tecnologico.

Il rischio, secondo la sua definizione "scientifica", consiste nella probabilità di un evento accidentale moltiplicato per la dimensione delle sue conseguenze nel tempo. Il rischio, come misura probabilistica di effetti avversi futuri, non può essere considerato come una proprietà o caratteristica di un oggetto perché: (i) non vi è definizione sociale di "effetti dannosi o benefici"; (ii) non vi è accordo su come aggregare differenti effetti avversi; (iii) effetti secondari ritardati nel tempo possono verificarsi come conseguenza di una perdita primaria e devono essere presi in considerazione. Il concetto tecnico di rischio guarda alla società come un "corpo amorfo" in cui i valori e le aspettative non sono differenti. C'è bisogno di integrare l'analisi tecnica del rischio con le risposte culturali, sociali ed individuali poiché gli eventi del rischio interagiscono con questi processi e determinano le reazioni pubbliche.

Questi problemi sono presenti da 15-20 anni sul tavolo dei governi di qualsiasi società industrializzata. La loro presenza conduce a un confronto tra politiche di sviluppo da un lato e di sicurezza e salvaguardia dell'*ambiente* e della qualità della vita dall'altro.

Glossario

aerosol: piccole particelle liquide o solide sospese in *atmosfera*. Gli aerosol sono emessi sia da fonti naturali (incluse le tempeste di polvere e l'attività dei vulcani) che da attività umane (inclusa la combustione di combustibili fossili e di biomassa), ma si formano anche come prodotto di trasformazione di altre specie inquinanti. Gli aerosol contribuiscono alla formazione di foschia e possono causare una diminuzione dell'intensità della luce del sole al livello del suolo. Gli aerosol, come effetto netto, al contrario dei *gas ad effetto serra*, schermano la Terra dai raggi solari provocando un effetto di raffreddamento. Secondo le più recenti teorie, la relativa stabilità del clima negli ultimi 100 anni è dovuta principalmente alla alta *concentrazione* degli aerosol in atmosfera.

Agenda 21: piano d'azione multilaterale concordato dagli Stati sulle decisioni da prendere per creare condizioni favorevoli allo *sviluppo sostenibile*. L'Agenda 21 comprende sia raccomandazioni essenziali per la negoziazione dei protocolli d'intesa sia materiali per nuovi accordi tra Stati.

agente di forcing radiativo: qualsiasi fattore in grado di perturbare il *bilancio radiativo* e, in conseguenza, alterare il clima.

albedo (o potere riflettente): l'albedo di un pianeta è il rapporto fra l'*energia* solare che arriva sul pianeta e l'*energia* riflessa che non viene assorbita. L'albedo della superficie terrestre può essere alterata da cambiamenti del *territorio* quali *desertificazioni*, innevamento, mentre l'albedo planetaria può essere alterata da cambiamenti nell'ammontare di particelle di *aerosol* e dalla composizione e quantità delle nuvole.

altitudine: altezza di un luogo relativa al livello del mare. Il suo effetto sulla *temperatura* è simile a quello della *latitudine*. Ad una maggiore altitudine corrisponde una più bassa temperatura media annua.

ambientalismo: ideologie e comportamenti che concorrono e derivano da un interesse per l'*ambiente*. L'ambientalismo auspica un mutamento nella attuale pratica nel rapporto uomo-natura, sia senza ricorrere a riforme radicali che ricorrendo inevitabilmente ad esse.

ambiente: intuitivamente è ciò che ci circonda, ci pervade e ci include, è il mondo in cui viviamo. Nel momento in cui si cerca di darne una definizione si entra in un altro ordine di idee e al posto dell'ambiente onnicomprensivo si presentano delle fattispecie. Di conseguenza ciò che ci sta intorno è caratterizzato più dall'aggettivo che dal sostantivo (ecologico, naturale, sociale, politico, istituzionale, relazionale, affettivo).

anidride carbonica (CO₂): CO₂ è la formula del biossido di carbonio correntemente detto anidride carbonica. Non v'è dubbio che l'incremento delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera è principalmente dovuto alle attività umane ed in particolare alla combustione dei combustibili fossili, ma anche ai cambiamenti di uso del suolo ed in misura minore alla produzione di cemento. Il biossido di carbonio è essenziale per la vita sulla Terra: le piante verdi l'assimilano insieme con l'acqua trasformandolo in carboidrati e ossigeno.

aree sensibili: si possono definire "aree sensibili" quelle zone che per vari motivi strutturali o funzionali hanno scarsa possibilità di subire senza danni irreversibili ampie variazioni dei parametri ambientali che ne regolano il funzionamento; esse hanno bassa *resilienza e resistenza*. Sono aree particolarmente sensibili ai *cambiamenti climatici* la zona artica e antartica, ed è, infatti, per questo che gran parte delle ricerche sul clima e sull'*inquinamento* globale del pianeta Terra si svolgono in tali zone. Ma sono aree sensibili, soprattutto ai cambiamenti climatici, anche quelle di alta montagna o quelle di macchia mediterranea che possono essere soggette alla copertura di ghiacciai o alla *desertificazione*, o ancora quelle lagunari e le isole che possono subire notevoli influenze in caso di innalzamento del livello del mare per scioglimento dei ghiacci.

assorbimento: processo di trasformazione, da parte degli organismi, di sostanze nutritive in *biomassa* e in *energia* vitale. Di particolare interesse ai fini dei cambiamenti climatici sono i processi di assorbimento da parte dei vegetali di *anidride carbonica*, per produrre biomassa. I vegetali, infatti, grazie alla loro possibilità di utilizzare come fonte energetica anche la *radiazione solare*, sono in grado di formare sostanza organica a partire dai sali minerali e dall'acqua, trasportati fino alle foglie sotto forma di "linfa grezza", e dall'anidride carbonica presente nell'*atmosfera* che penetra dentro il tessuto fogliare attraverso le aperture stomatiche. Da questo si deduce che tanto più aumenta la massa vegetale presente sulla terra tanto maggiore sarà la quantità di sostanza organica (e quindi di anidride carbonica) "immobilizzata" all'interno della struttura vivente. Per questo motivo i vegetali a vita lunga, cioè quelli che non restituiscono in breve tempo il materiale prodotto mediante i processi di decomposizione, in grado di produrre grandi quantità di materiale legnoso sono considerati dei *sink*, cioè dei "serbatoi" di *anidride carbonica* (CO₂). La funzione di serbatoio, però, è comunque temporanea in quanto prima o poi la pianta muore o viene utilizzata e l'anidride carbonica torna in atmosfera grazie ai processi di decomposizione o di combustione. Una pianta può produrre sostanza organica (aumentare la propria biomassa, mettendola a disposizione degli erbivori o delle catene di decompositori) se vi è un rapporto ottimale, che cambia da specie e specie, tra le concentrazioni di sali minerali, acqua ed anidride carbonica. La carenza d'acqua o gli eccessi di *temperatura* condizionano la possibilità della pianta di assorbire anidride carbonica. Da

ciò consegue che se si vuole che la *vegetazione* abbia la funzione di serbatoio di anidride carbonica (CO₂) è necessario che le piante possano crescere in condizioni ottimali anche per quanto riguarda la disponibilità degli altri elementi vitali.

BEN (Bilancio Energetico Nazionale): descrive e quantifica tutti i flussi energetici relativi all'economia italiana in un determinato anno.

beni comuni globali (global commons): con questo termine si fa riferimento alle risorse comuni di tutta l'umanità (*l'atmosfera, la stratosfera e gli oceani*) che di solito vengono trattate come risorse con libero accesso, mentre sono a proprietà comune. Il riscaldamento globale della Terra (*effetto serra*) e i danni alla fascia dell'*ozono* sono due esempi di danneggiamento dei beni comuni globali.

beni immateriali: tutte quelle entità per le quali non sono disponibili strumenti concettuali e metodologici sufficientemente condivisi in grado di misurarne le dimensioni e valutarne le implicazioni. Essi riguardano la sfera soggettiva e tutte le sue manifestazioni (*ansie, tensioni, aspettative, autorealizzazioni, valori, interessi, attitudini, preferenze*) per estendersi alla sfera psicosomatica (si parla sempre più spesso di malattia da stress da sviluppo ed *inquinamento*).

bilancio energetico: il bilancio energetico è dato dalla differenza tra *l'energia* assorbita e l'energia ceduta: il bilancio energetico del sistema Terra - Sole determina il clima, tramite le interazioni tra i suoi elementi costituenti (*atmosfera, oceani, litosfera, biosfera, criosfera*).

bilancio radiativo terrestre: Il bilancio radiativo terrestre è dato dalla differenza tra la quantità di *radiazione solare* assorbita dalla Terra e la quantità di radiazione riflessa e riemessa nello spazio. Questo equilibrio determina *la temperatura* media terrestre.

biodiesel: carburante alternativo ai derivati dal *petrolio* che si ottiene utilizzando oli vegetali. Non contiene zolfo e quindi non emette anidride solforosa nella combustione ed è fortemente biodegradabile. Non è concorrenziale come costo ai combustibili tradizionali. In Italia viene prodotto il Diesel-bi ricavato dai semi di girasole e di soia.

biodiversità: è sinonimo di "diversità biologica". Per biodiversità di un determinato *ambiente*, in particolare, si intende la varietà di organismi viventi in esso presenti. La biodiversità può essere analizzata a vari livelli di organizzazione biologica (vedi introduzione): esiste, così, una diversità genetica tra gli individui che compongono una determinata popolazione. Ogni individuo, infatti, pur nelle caratteristiche generali della propria specie ha un patrimonio genetico leggermente diverso dagli altri che gli permette di essere più o meno adatto a sopportare determinati stimoli

esterni. Maggiore è la variabilità degli individui di una certa specie presenti in una popolazione, maggiore è la possibilità che, anche a fronte di eventi negativi eccezionali, vi sia chi è in grado di resistere e di riprodursi assicurando, così, la sopravvivenza della specie stessa. Se una popolazione ha una scarsa variabilità genetica accade più facilmente che un evento negativo porti alla scomparsa, cioè all'estinzione, dell'intera specie. I cloni, così come le piante nate da talee (pezzi di una pianta madre che hanno prodotto le radici, come si usa fare per riprodurre rose, salici, pioppi e tante specie da fiore), hanno lo stesso patrimonio genetico dell'organismo da cui sono stati originati, quindi nessuna diversità biologica. Anche le piante o gli animali selezionati per alcuni caratteri (ceppi di grano molto produttivo, di pomodori a forma particolarmente bella, cavalli di razza, ecc.) hanno scarsa variabilità. Ciò comporta che essi siano meno in grado di sopportare stress o variazioni climatiche e di adattarvisi. Non è un caso che i danni più gravi dovuti all'*inquinamento* atmosferico abbiano colpito i rimboschimenti monospecifici (con una stessa specie) di piante selezionate coltivate in aree con *suolo* e clima non ideale. Altrettanto importante è la biodiversità a livello di *ecosistema*, cioè la quantità di specie diverse in esso presenti. Poiché ogni specie ha un suo ruolo all'interno dell'ecosistema, teoricamente, maggiore è la diversità biologica, maggiori saranno i processi funzionali garantiti in un ecosistema. Questo, però, è vero solo in parte, e la biodiversità non va mai misurata basandosi sul valore assoluto di numero di specie perché ha estrema importanza la specializzazione, il ruolo, il significato che ogni specie ha all'interno del sistema. A lungo si è pensato che una maggiore diversità fosse sintomo di una maggiore stabilità. In realtà non è così, perché vi possono essere ambienti molto specializzati, con una biodiversità assoluta relativamente bassa, ma molto stabili. Si pensi, ad esempio ad un deserto, ad una zona di alta montagna o anche, semplicemente, ad una faggeta confrontata con un querceto. Per sua natura una faggeta ha, come caratteristica, una diversità biologica minore del querceto, eppure rappresenta una formazione vegetazionale *climax*, cioè quella a cui, in determinate condizioni di clima e di suolo, tende l'evoluzione della *vegetazione* potenziale dell'area. Ciò che si dovrà valutare, quindi, è non solo il numero di specie, ma anche "chi" sono queste specie e quanto sono specializzate. Una zona degradata o appena incendiata, infatti, può avere una biodiversità maggiore di un ecosistema maturo e stabile, ma le specie che vi si trovano saranno tutte ad ampia distribuzione, poco esigenti e poco specializzate. In un ambiente maturo si può avere una più bassa quantità di specie diverse, ma altamente specializzate e caratteristiche. E' vero, però, che in uno stesso ambiente a causa dell'impatto delle varie forme di disturbo la diversità biologica diminuisce. Questo parametro, pertanto, va preso in considerazione soprattutto per confrontare tra loro ambienti analoghi e valutarne le condizioni di salute relative. Uscendo dalla dimensione dell'ecosistema, si può dire che la biodiversità è tanto maggiore quanto maggiore sarà la varietà di ambienti diversi. Poiché ogni specie è legata al suo *habitat*, per conservare un'alta biodiversità sul nostro pianeta è necessario garantire la conservazione del maggior numero possibile di ambienti con caratteristiche differenti.

Qualsiasi cambiamento ambientale che riduca il numero degli *habitat* provoca indirettamente anche una perdita di biodiversità.

bioetica: indica un dovere morale dell'uomo per un rispetto e una reverenza verso la *natura*, sostenendo che il mondo naturale ha un proprio diritto bioetico, incluso quello della esistenza, completamente indipendente da ogni considerazione circa la sua utilità per l'uomo.

biogas: gas contenente *metano* e *biossido di carbonio*. Si ottiene da fermentazione di residui quali i rifiuti solidi urbani, gli scarti industriali, la legna, gli scarti o le produzioni dell'agricoltura. Dal processo di biogassificazione si ricavano, oltre al biogas, buoni fertilizzanti naturali.

bioma: il bioma è l'insieme dei vegetali e degli animali caratteristici di un'ampia regione climatica. I biomi terrestri sono la risultante delle interazioni tra componente vivente, *clima* e tipo di *suolo*. I principali biomi del nostro pianeta, spostandoci dal polo nord all'equatore sono: la "tundra" caratterizzata da temperature molto basse, suoli poco fertili e *vegetazione* composta prevalentemente di licheni, muschi e specie erbacee, la "taigà", che è una lunga fascia che si estende dall'America all'Europa e all'Asia, con boschi a prevalenza di conifere, la "foresta decidua temperata" dove il bosco è soprattutto di latifoglie con faggi o querce, aceri, carpini e altre specie di bosco misto, la "macchia mediterranea" con latifoglie sempreverdi e adatte a sopportare periodi caldi estivi, diffusa nel bacino del Mediterraneo e in alcuni tratti della California, del Messico e dell'Australia, le "steppe", le "savane" e le "praterie", che coprono con piante erbacee grandi estensioni dell'America centrale, dell'Africa e dell'Asia, i "deserti" e le "foreste pluviali" tipiche dei tropici e dell'equatore. I *cambiamenti climatici* possono portare a spostamenti, a grande scala, della distribuzione dei biomi terrestri. Alcuni biomi possono essere compressi ed altri risulturne avvantaggiati. Poiché la possibilità di sopravvivenza e di produzione (e quindi di reddito) dell'uomo è legata solo ad alcuni tipi di biomi, la spostamento degli areali di distribuzione di questi possono comportare esigenze di migrazioni di interi ceppi etnici, così come avvenne in passato nelle varie fasi del periodo interglaciale. Un cambiamento del clima verso un aumento della *temperatura* media, ad esempio porterebbe, probabilmente, a rendere desertiche ampie aree che oggi sono fertili, densamente coltivate e, quindi, molto abitate, e renderebbe più idonee all'insediamento umano zone, come la taigà o la tundra, oggi quasi spopolate. Nell'ipotesi di un aumento medio della temperatura si assisterebbe anche allo scioglimento dei ghiacciai artici e antartici con l'aumento del livello medio del mare e la sommersione e quindi la scomparsa, di ambienti estremamente produttivi ed estesi, come le foreste di mangrovie, che sono un aspetto tipico della vegetazione di tipo tropicale e alla base di una intensa economia. Le stesse caratteristiche generali che condizionano la distribuzione dei biomi lungo il percorso dei meridiani

da nord a sud del globo terrestre sono quelli che determinano la distribuzione della vegetazione (e quindi della fauna e dell'uomo) in scala più ridotta secondo un gradiente altitudinale. Le differenze esistenti tra i vari biomi, infatti, si ripropongono salendo di quota ove a seconda dell'*altitudine* si incontrano tipi di vegetazione differente (orizzonti vegetazionali). Pensiamo ad una qualsiasi montagna delle Alpi, alle quote più alte l'ambiente equivale a quello della tundra, più in basso si trovano larici, pini e abeti, come nella taigà, si attraversano poi i boschi di latifoglie, prima le faggete e poi le quercete fino agli ambienti più caldi influenzati dal clima mediterraneo. Se il clima diventasse più caldo, dalla cima delle montagne scomparirebbe l'ambiente tipico delle praterie alpine e si estinguerebbero le specie erbacee più selezionate e caratteristiche. Se diventasse più freddo il limite delle nevi perenni si abbasserebbe e così l'orizzonte vegetazionale del faggio o del cerro. Ma se le specie "scendendo" anziché trovare la possibilità di riprodursi e crescere per formare nuove popolazioni, trovano solo strade, case e cemento o aree inquinate, si estinguono. Particolarmente importanti, in tal senso, sono i corridoi ecologici, cioè delle fasce di ambiente non degradato che permettano lo spostamento delle specie animali e vegetali in senso verticale e orizzontale così da poter trovare sempre nuove condizioni ambientali adatte alla propria sopravvivenza e alla riproduzione della specie.

biomassa: è un parametro che indica la quantità di materia organica presente, ad es. in un *ecosistema*. Normalmente viene espressa in peso (secco) per unità di superficie o in unità di *energia* (J/m^2). Ovviamente l'unità di misura cambia a seconda dell'oggetto in esame. La biomassa di una popolazione di insetti, ad esempio, verrà calcolata in g/m^2 , mentre quella di una comunità erbacea presente in un prato in Kg/m^2 e quella di un bosco in t/ha . In campo energetico la biomassa indica la quantità di materiale organico che può essere utilizzata per produrre energia per combustione o tramite fermentazione. Le biomasse utili ai fini della produzione di energia includono il legno, liquami e feci animali, residui agricoli, forestali e della carta. Il concetto di biomassa è strettamente collegato a quello di "produttività" che indica la produzione di biomassa per unità di tempo ed è un parametro funzionale utile allo studio della qualità ambientale e all'evoluzione dello stato di un ecosistema.

biosfera: insieme delle componenti viventi presenti sul pianeta Terra. Con l'*idrosfera*, insieme delle masse d'acqua, la "geosfera", insieme dei substrati geologici, e l'*atmosfera* che è la massa d'aria che ci circonda, costituisce l'"ecosfera", in pratica, il pianeta stesso, considerato come la massima espressione dell'integrazione tra le varie componenti viventi (*biotiche*) e non viventi (*abiotiche*). La biosfera non è una cosa separata dal resto, ma si compenetra con tutte le matrici ambientali; infatti gli esseri viventi sono presenti sia all'interno dell'idrosfera che negli strati più bassi dell'atmosfera e nella geosfera (soprattutto nella pedosfera, cioè lo strato superficiale del *suolo*).

calore: forma di *energia* che ha la capacità di riscaldare i corpi e di variarne lo stato fisico. Il concetto di calore è distinto da quello di *temperatura*. La quantità di calore si misura nel Sistema Internazionale (S.I.) in *joule* (J).

cambiamento globale: il concetto viene in genere associato al clima. Si parla e si discute dei possibili effetti dell'innalzamento della *temperatura* e anche delle conseguenze che potrebbe avere a livello planetario. In realtà il concetto di cambiamento globale esprime molto di più: la necessità di pensare agli effetti sull'*ambiente* in maniera olistica (vedi *olismo*).

carbone: combustibile che si trova allo stato solido in superficie o in profondità. Si forma in seguito a trasformazioni di resti vegetali.

carbonio (C): elemento base delle sostanze di cui sono costituiti gli organismi viventi animali e vegetali. Nel mondo minerale è presente fra l'altro sotto forma di carbon fossile che costituisce una importante sorgente energetica per l'industria.

catena alimentare: la catena alimentare o catena trofica unisce le specie che fanno parte di uno stesso *flusso di energia* all'interno di un *ecosistema*. Le catene trofiche sono costituite da organismi con tre funzioni principali:

(a) produttori primari: quelli capaci di produrre sostanza organica a partire dai composti inorganici e, quindi, dare inizio al flusso di *energia* lungo la catena stessa. Sono produttori primari alcuni batteri e tutti i vegetali verdi, cioè che posseggono la clorofilla (non tutti i vegetali sono verdi, vi sono piante senza clorofilla che, di conseguenza, non sono autotrofe, ma eterotrofe) e, quindi, tramite il processo della fotosintesi che utilizza come fonte energetica le radiazioni solari, trasformano acqua, sali minerali e anidride carbonica in materiale organico;

(b) consumatori: suddivisi in primari, gli erbivori, e secondari, i carnivori;

(c) decompositori: rappresentati principalmente da batteri e funghi che demoliscono il materiale organico e lo restituiscono al *suolo* o all'acqua sotto forma di composti inorganici.

Le catene alimentari sono piuttosto brevi, ma sono sempre interconnesse fino a formare delle vere e proprie maglie trofiche o *reti trofiche*.

E' intuitivo, quindi, capire come i cambiamenti ambientali, anche se sono dannosi soltanto per gli organismi che formano un anello, hanno conseguenze per tutti quelli che fanno parte della stessa catena e rete alimentare. Spesso, infatti, si notano conseguenze negative di azioni sull'*ambiente* in contesti molto lontani ed apparentemente inspiegabili che sono comprensibili solo quando si vengono a conoscere le intricate interconnessioni tra i vari organismi di un ecosistema.

cicli biogeochimici: è il percorso ciclico che gli elementi essenziali per la costituzione della materia vivente eseguono passando dall'*ambiente* esterno agli organismi e, quindi, di nuovo, all'*ambiente* esterno. In tal modo essi fanno parte, in alcuni momenti del ciclo, della componente abiotica e in altri di quella biotica. In un ciclo bio-geo-chimico un determinato elemento, esempio il *carbonio*, l'*azoto*, il *fosforo* ecc., partendo da una forma inorganica presente nel *suolo*, nell'*acqua* o nell'*aria*, viene trasformato in sostanza organica dai vegetali e poi, alla morte della pianta (o dell'*animale* a cui era stato trasferito) o sotto forma di *escremento* o parte dell'*individuo* (foglie, rami, exuvie ecc.) viene ritrasformato in composto inorganico grazie ai processi di decomposizione. I cicli biogeochimici di alcuni elementi sono "chiusi" se le varie fasi avvengono all'interno di uno stesso *ecosistema*, mentre sono "aperti" quando si ha una perdita dal sistema in cui si sono svolte alcune fasi del ciclo. Quando i cicli sono aperti c'è il pericolo di "perdere" un elemento se le sue "uscite" sono maggiori delle possibilità di ricostituire le riserve. L'*inquinamento*, i cambiamenti climatici e tutti gli altri fattori che incidono sui processi funzionali di un *ecosistema* possono alterare i cicli bio-geo-chimici degli elementi biogeni (cioè che compongono la materia vivente).

cicloni tropicali: perturbazioni molto violente con venti superiori a 120 km/h che si accompagnano a violente tempeste con forti piogge, alte onde e mareggiate. Presentano una zona centrale di correnti d'aria con un diametro di 15-50 km, il cosiddetto "occhio del ciclone". In questa area il cielo è sereno, non c'è pioggia e il vento è quasi assente. Si sviluppano solo sul mare, estinguendosi gradualmente sulla terraferma. Sono frequenti soprattutto nelle regioni dell'*Oceano Pacifico occidentale*, lungo le coste settentrionali dell'*Australia* e dell'*Oceano Indiano*. I cicloni tropicali vengono indicati con nomi diversi nelle varie regioni: nei mari della Cina sono detti "tifoni", nelle Indie Occidentali "uragani", nell'*Oceano Indiano* "cicloni".

climatologia: scienza che studia i fenomeni del clima a varie scale spaziali.

climax: fase finale dell'evoluzione degli stadi di successione della *vegetazione* caratteristica, per un certo *territorio*, di determinate condizioni pedoclimatiche. Il climax viene definito come uno stadio stabile, ma in realtà, una comunità vegetale si considera in stadio "climacico" quando le variazioni sono lente e apparentemente impercettibili. Sono stadi climacici dell'evoluzione della *vegetazione*, ad esempio, il bosco di faggio tra gli 800 e i 1800 m di quota negli Appennini o il bosco di larici nell'ultimo orizzonte della *vegetazione arborea* delle Alpi. Non sono stadi climax, ad esempio, torbiere, laghi o lagune. Così, l'evoluzione naturale della laguna di Orbetello è quella di interrarsi e di trasformarsi in un'area asciutta ricoperta da macchia mediterranea.

clorofluorocarburi (CFC): i CFC sono una classe di composti del *carbonio* contenenti *cloro* e *fluoro*, non presenti in *natura*. L'uso di questi gas come propellenti, refrigeranti, solventi, schiumogeni, ha

portato al loro progressivo accumulo in *atmosfera*. Quando raggiungono la stratosfera (vedi Box 2) producono due effetti: la riduzione della fascia di *ozono* e la creazione di “buchi”, e l’inasprimento dell’*effetto serra*. Con la firma del Protocollo di Montreal nel 1987 e impegni conseguenti, l’Italia insieme agli altri Paesi firmatari, si è impegnata a interrompere la produzione di CFC. A seguito del Protocollo di Montreal la crescita delle concentrazioni di questi composti si è drasticamente ridotta e l’impatto di queste sostanze sul clima diminuirà lentamente nei prossimi secoli.

cogenerazione: produzione congiunta di due forme di *energia*: elettricità e *calore*. Nei sistemi di cogenerazione il calore ad elevata *temperatura* (1200-1300 °C) generato nella combustione di sostanze fossili viene utilizzato per la produzione di energia elettrica: il calore residuo, a più bassa temperatura, viene convogliato attraverso una rete di trasporto del calore dal luogo di produzione a quello di utilizzo.

combustibili fossili: sostanze derivanti da resti vegetali ed animali che hanno subito nel corso degli anni un processo di trasformazione per azione dell’*energia* solare. Il *carbone*, il *petrolio* ed il *metano* sono combustibili fossili.

composti organici volatili non metanici (NMVOC): sostanze organiche volatili escluso il *metano*; *gas precursori* dell’*ozono* troposferico. Le attività umane che contribuiscono maggiormente alle emissioni di questa classe di inquinanti sono i trasporti stradali e le attività industriali.

comunità biologica: o biocenosi, è costituita dall’insieme delle piante, degli animali e degli altri organismi che vivono in una determinata zona nello stesso periodo di tempo. La comunità biologica di un *ecosistema* può essere definita anche come l’insieme degli organismi che appartengono ad un ecosistema.

concentrazione: quantità di inquinante misurata in un dato punto della superficie terrestre o dell’*atmosfera* dovuta all’effetto combinato delle emissioni e dei processi chimico-fisici.

Conferenza delle Parti: è l’organo di gestione della Convenzione ONU sui cambiamenti climatici. Tiene le sue riunioni annualmente e utilizza degli organi sussidiari per il suo funzionamento. Tutte le nazioni sono rappresentate al suo interno.

consumo energetico: il consumo energetico è stato tradizionalmente considerato indice di benessere: un suo calo è quindi interpretato come indice di crisi economica. In tempi più recenti si ritiene che ad un aumento del benessere, ed in particolare del PIL, *Prodotto Interno Lordo*, che ne costituisce l’*indicatore* più correntemente usato, non debba necessariamente corrispondere un

aumento del consumo energetico. Ciò è possibile grazie ad un'aumentata *efficienza del sistema energetico*.

Convenzione Quadro: è un modo sintetico per chiamare la Convenzione sul Clima. Questo termine può essere utilizzato per tutti quei trattati la cui attuazione richiede spesso strumenti legali come i protocolli.

CORINAIR (COoRdination INformation AIR): progetto promosso dalla Comunità Europea con il fine di raccogliere ed organizzare informazioni sulle emissioni di inquinanti dell'aria a livello comunitario. Il primo inventario, 1985, considera solo tre inquinanti atmosferici: *ossidi di zolfo, ossidi di azoto* e composti organici volatili; il secondo, 1990, comprende altri cinque inquinanti: *ammoniaca, monossido di carbonio, metano, biossido di carbonio, biossido di azoto*. Le sorgenti di emissioni si riferiscono ad una ampia serie di attività antropiche e naturali.

criosfera: parte della superficie terrestre coperta da ghiaccio, incluse le coperture stagionali di nevi, i mari ghiacciati, gli iceberg della Groenlandia, dell'Artide e dell'Antartide, i ghiacciai montani. Costituisce un importante oggetto di indagine perché, rispondendo rapidamente a cambiamenti delle condizioni climatiche, permette di effettuare delle "diagnosi" precoci. Insieme all'*atmosfera*, al *suolo* e agli *oceani* forma il *sistema climatico*.

deforestazione: distruzione delle *foreste*, soprattutto a causa di tagli e incendi degli alberi. Le cause della deforestazione sono molteplici: interessi commerciali per il legno, sfruttamento dei giacimenti minerali, urbanizzazione e uso agricolo o per il pascolo del *territorio*. La deforestazione provoca l'estinzione delle specie animali e vegetali e la perdita di *biodiversità* negli *ecosistemi*. La distruzione delle foreste, soprattutto quelle tropicali, ha assunto negli ultimi decenni una importanza "globale" a causa dei suoi effetti sul clima. Bruciare foreste aumenta in maniera significativa la *concentrazione* atmosferica di *anidride carbonica* (CO_2) intensificando l'*effetto serra* e distrugge quella componente ambientale in grado di accumulare sostanza organica funzionando come un serbatoio di *anidride carbonica* (CO_2). La deforestazione crea a livello locale cambiamenti nella frequenza e intensità delle precipitazioni e negli equilibri idrogeologici.

deposizioni acide: sono l'insieme dei composti a reazione acida che dall'*atmosfera* si depositano sulle componenti degli *ecosistemi*. Si distinguono le deposizioni solide, costituite principalmente dal particolato atmosferico, e quelle umide che comprendono la pioggia, la neve, la grandine e la nebbia. I composti che conferiscono acidità alle deposizioni sono generalmente l'acido nitrico e quello solforico che si formano dalla reazione dell'acqua con gli *ossidi di azoto* e di zolfo presenti

nell'aria inquinata. Le deposizioni acide possono modificare l'acidità dei laghi e delle acque, uccidendo pesci ed altri organismi acquatici, o quella dei suoli alterando la disponibilità degli elementi nutritivi e di quelli tossici con conseguenze sulla fertilità. Le deposizioni acide possono causare anche danni alla *vegetazione* diretti, ad es. sciogliendo le cere di protezione delle foglie esponendole ad una maggiore traspirazione ed influenza dei parassiti o modificando le possibilità di scambio con i gas dell'atmosfera, o indiretti, ad es. mobilizzando l'alluminio presente nel terreno che è tossico per i funghi che vivono in simbiosi con gli alberi (micorrizze). Poiché le micorrizze facilitano l'uso dell'acqua da parte delle radici funzionando come una carta assorbente che aspira l'acqua presente nel *suolo* e fissano l'azoto atmosferico trasformandolo in composti utilizzabili dalle piante, la morte dei funghi micorrizzici porta al deperimento e alla morte delle piante con cui essi sono in simbiosi. Le deposizioni acide, oltre che agli ecosistemi, provocano danni anche agli edifici e ai monumenti.

desertificazione: processo di trasformazione in deserto di territori aridi o semiaridi dovuto principalmente a variazioni climatiche, *deforestazione*, a cattiva gestione o uso improprio del territorio.

dilatazione termica: variazione di volume che subisce un corpo quando la loro *temperatura* aumenta. La dilatazione termica è un fenomeno reversibile in quanto raffreddandosi, il corpo torna ad avere il volume iniziale. Si presenta diversamente nei solidi, nei liquidi e nei gas. La dilatazione termica dell'acqua marina, in seguito all'aumento della temperatura, è una delle principali cause dell'innalzamento del livello del mare.

disidratazione: perdita di acqua da parte di un organismo vivente. In condizioni di elevata *temperatura*, di notevole ventilazione e di carenza di acqua gli organismi subiscono una disidratazione più o meno marcata.

ecolabel o etichetta ecologica: nel marzo del 1992 il Consiglio dell'UE ha emanato il Regolamento n. 880/92 "concernente un sistema comunitario di assegnazione di un marchio di qualità ecologica", più noto con il nome di ecolabel. Lo scopo dell'ecolabel è quello di promuovere la ideazione, la produzione, la commercializzazione e l'uso di prodotti con minor impatto ambientale e fornire ai consumatori una migliore informazione sull'impatto ambientale dei prodotti. Ad oggi la sua applicazione è volontaria. Per ottenere l'ecolabel si tiene conto dell'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita del prodotto dalla produzione, compresa la selezione delle materie prime, alla distribuzione, consumo e uso, fino alla eliminazione.

ecologia: branca della biologia che tratta le relazioni tra gli organismi viventi e il loro *ambiente* attraverso il concetto di *ecosistema*. Tutti gli elementi di un ecosistema sono interdipendenti e legati tra loro da flussi di *energia*, *materia* e *informazione*. Studi recenti ritengono che la logica ecosistemica richiede di superare le limitazioni imposte dalle varie logiche disciplinari e di andare verso un nuovo tipo di pensiero che è la manifestazione cognitiva di un'attitudine ad una apertura della mente. Pensare cioè in termini di sistemi circondati da un ambiente aperto e associativo, anziché in termini di sistemi fissati e consistenti di un numero finito di elementi, relazioni e confini; pensare in variabilità e in realtà anziché in tipologie o modelli astratti; pensare integrando le discipline (multidisciplinarietà e transdisciplinarietà) anziché per discipline. Si va cioè verso una ecologia della mente.

ecosistema o sistema ecologico: è la risultante delle interazioni che si svolgono tra gli organismi che popolano un determinato *ambiente* e tra gli organismi e l'ambiente stesso. È l'unità fondamentale degli studi ecologici. Il concetto di ecosistema è funzionale alla possibilità di eseguire degli studi per capire il funzionamento dei complessi processi biologici. In realtà i limiti di un ecosistema sfumano normalmente in quelli di un altro e gran parte degli organismi possono far parte di ecosistemi diversi in momenti diversi.

educazione ambientale: attività rivolta al cosiddetto pubblico laico. Le attività di educazione ambientale, a differenza di quelle classiche di tipo scolastico, non hanno limiti di età. Lo scopo è quello di creare la consapevolezza della fragilità attuale dell'*ecosistema* al fine di stimolare comportamenti eco-compatibili. Il concetto di educazione ambientale comprende, in una società democratica, quello di partecipazione alle decisioni e di informazione, come previsto dalla *Convenzione quadro* sul clima.

effetto serra: è il risultato dell'azione dei gas presenti in *atmosfera*, detti anche gas-serra (*gas ad effetto serra* e *aerosol*). Il più importante gas serra è il *vapore acqueo* che da solo produce un riscaldamento di circa 30°C. In ordine di importanza seguono *anidride carbonica* (CO₂), *metano* (CH₄), *ossidi di azoto* (NO_x), *ozono* (O₃) e altri presenti in traccia nell'atmosfera. Ai gas serra naturali si aggiungono poi gas emessi dalle attività umane, che in parte sono già presenti e in parte no, come: *clorofluorocarburi* (CFC) e gli *idroclofluorocarburi* (HCFC), che producono un effetto aggiuntivo che provoca il cambiamento climatico. I gas serra hanno la proprietà di essere trasparenti alla *radiazione* ad onda corta provenienti dal Sole e di assorbire la radiazione a onda lunga riemessa e diffusa dalla superficie terrestre, riscaldandosi e bloccando in tal modo *energia* sotto forma di *calore*. La loro *concentrazione* nell'atmosfera crescente, a causa delle attività

antropiche, favorisce il riscaldamento della sua parte più bassa e della superficie terrestre, proprio come una serra.

efficienza energetica: rapporto tra il servizio energetico effettivamente erogato e l'*energia* utilizzata per erogare questo servizio. Ad esempio le comuni lampadine elettriche ad incandescenza hanno un'efficienza di conversione di circa il 5%, ovvero solo il 5% di elettricità che entra nella lampadina viene convertita in luce, il resto è convertito in calore. Al contrario, le lampadine fluorescenti sono efficienti al 20%.

elementi del clima: sono tutti quei fenomeni che nelle loro diverse combinazioni definiscono il *clima*. Sono considerati nei loro valori medi ottenuti attraverso osservazioni durante gli anni. I principali elementi climatici sono: l'*insolazione*, la *temperatura*, l'*escursione termica*, la *pressione*, l'*umidità*, le *precipitazioni*, la nuvolosità e il vento.

emissione: rilascio di qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa: l'*inquinamento* atmosferico è determinato dall'emissione e dalla dispersione nell'*atmosfera* di determinate sostanze chiamate inquinanti.

energia delle biomasse: è un'importante fonte di *energia* in quanto offre la possibilità di recupero dei materiali di scarto riciclabili. Le *biomasse* includono il legno, i residui delle coltivazioni, i rifiuti solidi quali carta, metalli, materie plastiche, gomma, scorie industriali.

energia delle maree: si sfrutta questa *energia* in zone in cui le maree presentano un'escursione superiore ai 6-7 metri mediante impianti simili a quelli idroelettrici. In Italia le maree non hanno un'escursione sufficiente e quindi non è possibile utilizzare questo tipo di energia.

energia eolica: è l'*energia* del vento. Per sfruttarla si utilizzano i generatori eolici che sono delle grandi eliche di metallo in grado di convertire l'energia meccanica del vento in energia elettrica. A volte le turbine a vento possono avere impatti ambientali non desiderati, ad esempio rumore, morte di uccelli o impatti di tipo estetico.

energia geotermica: sfrutta l'acqua o il vapore che fuoriescono dagli strati profondi della crosta terrestre dopo che si sono riscaldati. Se il vapore ha una sufficiente pressione si può produrre elettricità tramite l'immissione in turbine, altrimenti si utilizza il *calore* direttamente per il riscaldamento urbano e di stalle. Questo tipo di *energia* è rinnovabile solo in tempi molto lunghi. Il limite è dovuto al fatto che si deve collocare l'impianto nei pressi della fonte geotermica. L'Italia è

uno dei Paesi che potrebbe sfruttare questa fonte in considerazione della natura vulcanica di ampie porzioni di *territorio*.

Energia idroelettrica *Energia* prodotta immagazzinando l'acqua in bacini. L'acqua fatta cadere in turbine accoppiate a un generatore, attraverso condotte forzate, produce energia elettrica. La produzione idroelettrica non inquina, al contrario restituisce l'acqua che usa all'ambiente. In Italia la risorsa idroelettrica produce tra il 15 e il 20% del fabbisogno elettrico nazionale, consentendo un notevole risparmio sulle emissioni di CO₂ rispetto ad una pari produzione di elettricità ottenuta con l'uso di *combustibili fossili*. Le possibili controindicazioni per lo sviluppo di tale fonte energetica sono dovuti alla necessaria presenza di strutture come le dighe, che possono avere forti impatti sull'assetto del *territorio* e sugli *ecosistemi*.

energia nucleare: *energia* prodotta tramite fusione o fissione di nuclei degli atomi. La fusione avviene tramite l'unione di due nuclei di atomo che formano energia sotto forma di luce e *calore*. La fissione avviene tramite la divisione di un nucleo di atomo in due o più parti. Il primo tipo di energia nucleare è considerato più sicuro ma non è ancora disponibile. L'energia nucleare da fusione non ha, in assenza di incidenti, un impatto sull'*ambiente* e sulla qualità dell'*atmosfera* in quanto le emissioni di *gas ad effetto serra* sono praticamente assenti. Cionondimeno per motivi che riguardano la sicurezza delle popolazioni, i controlli, la percezione del rischio connessa all'energia nucleare, ha incontrato, ed incontra ancora oggi, l'opposizione delle popolazioni che dovrebbero ospitarne gli impianti.

energia solare: è un'*energia* pulita ed inesauribile. Il *calore* contenuto dalla *radiazione solare* può essere utilizzato, attraverso l'uso di pannelli solari, per il condizionamento termico di edifici, produzione di acqua calda, riscaldamento di serre e stalle, essiccazione di foraggi. Può essere trasformata in energia elettrica attraverso l'uso di materiali che hanno la capacità di trasformare l'energia luminosa in energia elettrica. L'energia solare è la causa prima dello sviluppo della vita sul nostro pianeta ed entra a far parte dei cicli biologici più importanti. Lo sviluppo della vita vegetale è possibile in quanto, attraverso la fotosintesi clorofilliana, molecole semplici come acqua, sali minerali e *anidride carbonica* vengono trasformate, utilizzando l'energia del sole, in zuccheri ed altre molecole che costituiscono le piante. Queste a loro volta diventano materiale nutritivo per gli animali e per l'uomo.

energia termica degli oceani: gli oceani sono un enorme sistema di immagazzinamento di *energia solare*. Il sole riscalda le acque in superficie creando una differenza di *temperatura* con le acque che si trovano a 600-900 metri. Si sta sperimentando l'uso di questa differenza di temperatura per produrre energia elettrica, anche se esistono difficoltà sulla collocazione degli impianti. L'utilizzo di questa energia può provocare effetti negativi sul clima sia a livello locale che globale per lo spostamento delle acque degli oceani dalla profondità alla superficie. Questo spostamento produce biossido di carbonio che fuoriesce in *atmosfera* con lo scaldarsi dell'acqua.

energia: capacità che ha un corpo di compiere lavoro. Ad esempio l'acqua di un bacino idroelettrico possiede l'energia necessaria per azionare le turbine di una centrale. Un corpo fermo non compie lavoro, ma è caratterizzato da un particolare tipo di energia detta potenziale. Esistono varie forme di energia come l'energia atomica che si libera in seguito a trasformazioni che avvengono all'interno di un atomo; chimica che si sviluppa in seguito ad una trasformazione come la combustione; elettrica e termica quella fornita dal *calore*. L'energia svolge un ruolo chiave nello sviluppo economico, ma il suo uso comporta degli effetti negativi sull'*ambiente* diversi a seconda delle fonti energetiche utilizzate. Questi effetti hanno agito anche a livello globale, basti pensare all'aumento di *anidride carbonica* (CO₂) in *atmosfera* dovuto all'uso di *combustibili fossili*.

equilibrio biologico: in una *comunità biologica* produttori, consumatori e decompositori, interagendo tra loro e con l'*ambiente* in cui vivono, raggiungono una condizione di equilibrio dinamico. Si instaura così un meccanismo di regolazione reciproca che si traduce in una condizione di equilibrio biologico, stabile finché non intervengono fattori esterni a provocare mutamenti importanti. L'aumento della *concentrazione* di *anidride carbonica* nell'*atmosfera*, favorendo il riscaldamento della superficie terrestre, turba l'equilibrio biologico complessivo.

equità intergenerazionale: con questo concetto si esprime il dovere delle generazioni presenti di preservare le risorse ambientali per le generazioni che non sono ancora presenti. Il concetto di equità indica l'obbligo morale di conservare il patrimonio di risorse da noi ereditato in modo da non costringere chi verrà dopo di noi a sostenere alti costi economici necessari per la sostituzione di tali risorse.

erosione: lento sgretolamento del terreno o di rocce prodotto dagli agenti atmosferici, quali *temperatura*, vento, pioggia. L'erosione è un processo naturale in tutti gli ecosistemi terrestri, ma è accelerato e intensificato da numerose attività antropiche. Una delle conseguenze attese del cambiamento climatico è l'intensificarsi di fenomeni di erosione delle zone rocciose e delle zone costiere a causa dell'aumento della piovosità e degli estremi climatici. Le piccole isole e le aree a

bassa costa sono particolarmente vulnerabili perché come conseguenza di un aumento della *temperatura* si ha un innalzamento del livello del mare e si può verificare l'aumento delle inondazioni e dei fenomeni di erosione delle coste. Ciò può avere gravi ripercussioni anche sui cicli biologici.

escursione termica giornaliera: differenza tra la *temperatura* massima e quella minima registrate in uno stesso luogo nelle 24 ore. E' legata alle condizioni meteorologiche locali e al ciclo stagionale

escursione termica media annua: differenza fra la *temperatura* media del mese più caldo e quella del mese più freddo. E' minima all'Equatore (2-4°C) e aumenta gradatamente verso i Poli (40-50°C) come conseguenza delle variazioni della quantità di *calore* ricevuta d'estate e d'inverno.

eutrofizzazione: con tale termine si definisce un arricchimento delle acque di sali nutritivi che provoca cambiamenti tipici quali l'eccessivo incremento della produzione di alghe e piante acquatiche che, alla fine del ciclo vitale, vanno in decomposizione. La conseguenza dell'eutrofizzazione è il degrado della qualità dell'acqua tale da ridurne o precluderne l'uso.

fattore di emissione di una sorgente: è la quantità di un determinato inquinante o altra sostanza emessa in relazione ad un determinato *indicatore* statistico rappresentativo della sorgente: ad esempio il combustibile utilizzato o la quantità di prodotto per i processi industriali.

fattore limitante: in condizioni di equilibrio stazionario, si considera "fattore limitante" una sostanza essenziale per la vita disponibile in quantitativi vicinissimi al minimo indispensabile e tale che se le sue concentrazioni scendono al di sotto di una determinata soglia impediscono il realizzarsi dei processi vitali anche in abbondanza degli altri elementi biogeni. Ne consegue che la produttività è condizionata dalla disponibilità dell'elemento che è presente nella quantità più bassa. In molti ecosistemi l'acqua è un fattore limitante perché disponibile in quantità limitata a causa della mancanza di precipitazioni, del *calore* che la fa evaporare velocemente o perché sotto forma di ghiaccio e, quindi, non utilizzabile dagli organismi.

fattori abiotici: insieme di fattori non biologici, ad esempio fisici o chimici, che condizionano il funzionamento di un *ecosistema*. Tra i fattori fisici più importanti si ricordano: le *precipitazioni*, la *temperatura*, l'*insolazione* e il livello di *umidità*, cioè tutti i parametri climatici. I fattori chimici includono: la disponibilità di *ossigeno*, di *biossido di carbonio*, di acqua, di elementi nutritivi ecc.

fattori biotici: componenti biologiche di un *ecosistema* che comprendono le piante, gli animali e i microrganismi che interagiscono nelle *comunità biologica*.

fattori climatici: condizioni che producono le variazioni sugli *elementi del clima*. Si distinguono in fattori zonali che agiscono con regolarità dall'Equatore ai Poli, e fattori geografici che agiscono in modo diverso per ogni località. Sono fattori zonali: la *latitudine*, che provoca una diminuzione della *temperatura* media dall'Equatore ai Poli poiché *l'energia solare* che riceve la superficie terrestre decresce; la circolazione generale atmosferica, che influisce attraverso gli scambi di *calore* tra le regioni calde tropicali e le regioni più fredde delle medie e alte latitudini. Sono fattori geografici: *l'altitudine*, la distribuzione delle terre e dei mari, le correnti marine, la *vegetazione* e l'attività umana.

fattori ecologici: sono l'insieme dei *fattori abiotici* e biologici che condizionano il funzionamento, la struttura e l'evoluzione di un *ecosistema*. Tali fattori sono soggetti nel tempo a delle variazioni periodiche e cambiamenti occasionali. Entrambe hanno notevoli conseguenze nel determinare i cambiamenti climatici.

fenomeni meteorologici estremi: eventi di particolare rilevanza dal punto di vista meteorologico, quali periodi di intenso caldo o freddo, periodi prolungati di siccità o di pioggia, *tornado*, *cicloni tropicali* e *trombe marine*. La probabilità di accadimento di questi fenomeni è rilevante nell'ambito del cambiamento climatico per le disastrose conseguenze ambientali che possono provocare. Indizi esistono sulla probabilità che un aumento della *temperatura* terrestre determini una maggiore frequenza di questi eventi.

fertilizzazione: la fertilità del *suolo* è la sua capacità di sostenere la produzione primaria. Essa può essere incrementata o mantenuta intervenendo con l'apporto di *energia* sussidiaria anche attraverso l'uso di fertilizzanti inorganici o organici o con la rotazione delle colture. L'uso estensivo di grandi quantità di fertilizzanti artificiali inorganici crea diversi problemi: dal punto di vista economico aumentano il prezzo del cibo; dal punto di vista biologico, i fertilizzanti artificiali non ricostituiscono tutte le sostanze nutritive perse dalle piante e non aggiungono materiale organico al terreno; dal punto di vista ambientale, i fertilizzanti possono causare *inquinamento* agli ecosistemi acquatici o alle falde nel caso di *erosione* o dilavamento del terreno. L'uso di fertilizzanti organici apporta sostanze nutritive organiche ed inorganiche al terreno e rallenta i fenomeni di inquinamento delle acque per dilavamento dei suoli. Un altro metodo di miglioramento delle possibilità colturali dei suoli è la rotazione delle colture, tecnica antica che mantiene inalterato il contenuto organico del terreno.

flora e vegetazione: si intende per flora l'elenco delle piante che vivono in un determinato *ambiente*, mentre per vegetazione l'insieme di tutti i vegetali e delle relazioni che legano tra loro gli individui

della stessa specie e quelle di specie diverse. La vegetazione è definita sulla base di associazioni vegetali (es. la faggeta, la prateria di posidonie, la vegetazione delle dune costiere, ecc.) classificate in base alla composizione floristica e alla struttura della comunità vegetale. L'elenco floristico tiene conto solo del "nome e cognome" delle diverse specie presenti, "sistemica", e ne studia la distribuzione "corologia".

fluoro (F), cloro (Cl): elementi chimici della famiglia degli alogeni. Gli alogeni sono sostanze tossiche e di odore pungente che irritano fortemente le vie respiratorie anche in basse concentrazioni. Vengono impiegati nella preparazione di *clorofluorocarburi* (CFC), idroclorofluorocarburi (HCFC) e idrofluorocarburi (HFC).

flusso di energia: la vita è possibile grazie ad una serie di reazioni chimiche che producono *energia*. Ogni organismo deve trarre l'energia per la propria sopravvivenza dal cibo, salvo le piante verdi e alcuni batteri che, essendo autotrofe, sono in grado di produrre la propria materia vivente utilizzando l'*energia solare*. Dal sole, quindi, l'energia fluisce attraverso i vari anelli della *catena alimentare*. L'efficienza della trasformazione dei composti chimici in energia vitale è molto bassa e ogni livello trofico dissipa energia per il mantenimento delle proprie funzioni vitali (respirazione, mantenimento del *calore* corporeo ecc.). Da ciò consegue che tanto più lontano dall'origine è il livello trofico considerato tanto maggiore è la quantità di energia utilizzata per produrre un chilo della sua biomassa. A questo concetto è collegato quello di "piramide ecologica". Il flusso di energia è strettamente connesso con i *cicli biogeochimici*.

fonti energetiche non rinnovabili: fonti di *energia* presenti sulla Terra solo in quantità limitate. Sono materie prime che si estraggono dal sottosuolo. Tra le più importanti i *combustibili fossili* ed alcuni materiali radioattivi quali l'uranio.

fonti energetiche rinnovabili: fonti di *energia* disponibili in maniera continuativa ed in quantità tali da non essere soggette ad esaurimento. Tra le principali vi sono l'*energia solare*, quella *eolica* e quella derivante dall'impiego di *biomasse*, a cui si aggiunge l'utilizzo della *geotermia* ed altre ancora in fase di sperimentazione, come lo sfruttamento della differenza di *temperatura* negli oceani tra le acque calde di superficie e quelle fredde in profondità. L'utilizzo di queste fonti non causa, in genere, *inquinamento*.

fonti primarie di energia: sostanze o fenomeni fisici che, attraverso opportune tecnologie, sono in grado di produrre *energia*. Le principali sostanze che producono energia sono i *combustibili fossili* e i materiali radioattivi. I principali fenomeni fisici sono le cadute d'acqua, l'*irraggiamento* solare, il

vento, le maree, il calore interno della Terra. Le fonti primarie si dividono in *fonti energetiche rinnovabili* e *non rinnovabili*.

forcing radiativo: meccanismo con cui i processi di *emissione*, *assorbimento* e riflessione dell'*energia* solare guidano i processi climatici.

gas ad effetto serra o gas serra (greenhouse gases): sostanze gassose che consentono il riscaldamento della parte più bassa dell'*atmosfera* e della superficie terrestre, permettendo lo sviluppo delle specie animali e vegetali sulla Terra. Dall'inizio dell'era industriale ad oggi l'aumento delle concentrazioni di questi gas nell'*atmosfera* secondo molti scienziati sta provocando una tendenza al riscaldamento eccessivo e una conseguente modificazione del clima dell'intero pianeta. L'elenco dei gas serra è molto ampio, ma le sostanze che contribuiscono in maniera significativa all'*effetto serra* sono: l'*anidride carbonica* (CO₂), il *metano* (CH₄), il *protossido di azoto* (N₂O), i *clorofluorocarburi* (CFC), di origine esclusivamente umana, e l'*ozono* (O₃).

gas precursori: gas che attraverso un complesso ciclo di trasformazioni chimiche e fotochimiche producono l'*ozono*. Il *monossido di carbonio* (CO), i *composti organici volatili non metanici* (NMVOC) e gli *ossidi di azoto* (NO_x) sono importanti precursori dell'*ozono* troposferico. Essi formano l'*ozono* in presenza della luce solare.

grandezza fisica: proprietà della materia direttamente misurabile: il tempo, la lunghezza, la *temperatura*, la massa sono esempi di grandezza fisica.

habitat naturale: è l'*ambiente* naturale in cui una specie animale o vegetale si trova a vivere. Esso è composto dai vari biòtopi in cui gli organismi hanno stabilito la propria *nicchia ecologica*. Le condizioni fisico-chimiche, tra cui macro e *microclima*, che caratterizzano l'*habitat* possono cambiare e allora si assiste ad una successione delle specie presenti, cioè ad una evoluzione del tipo di specie che possono vivere insieme e del loro modo di aggregarsi e formare una comunità (biocenosi) con proprie caratteristiche funzionali e strutturali.

idroclorofluorocarburi (HCFC): composti chimici contenenti *cloro* e *fluoro* non presenti in *natura* che vengono prodotti ed utilizzati in sostituzione dei *clorofluorocarburi* (CFC). Gli HCFC si decompongono più facilmente dei CFC ma contribuiscono ugualmente all'*effetto serra* ed alla riduzione dell'*ozono* stratosferico. Per questo motivo gli HCFC non rappresentano una soluzione a lungo termine.

idrofluorocarburi (HFC): composti chimici contenenti *fluoro* non presenti in *natura* che non contribuiscono alla riduzione dell'*ozono* stratosferico, ma sono comunque considerati *gas serra*. Il Protocollo di Montreal non prevede per gli idrofluorocarburi per ora alcuna restrizione.

impianti turbogas: impianti di produzione di *energia* elettrica che utilizzano turbine e, come combustibile, gas naturale o gasolio.

indicatore di una sorgente di emissione: gli *indicatori* di una sorgente di *emissione* sono utilizzati per ricavare informazioni sulla quantità di inquinanti. Ad esempi per una caldaia, la quantità di combustibile bruciato è una misura indiretta di emissione; per una raffineria l'indicatore è la quantità di greggio lavorato; per una foresta è la quantità di *anidride carbonica* (CO₂) emessa.

indicatore: con questo termine si intende un qualsiasi *parametro* che provvede alla rappresentazione sintetica di un fenomeno complesso. Un indicatore ambientale deriva da una osservazione o misurazione di una variabile ambientale: per i fenomeni dell'*inquinamento* i livelli misurati delle diverse sostanze chimiche sono a tutti gli effetti indicatori della qualità dell'*ambiente*. Aggregando in maniera opportuna gli indicatori corrispondenti alle singole dimensioni del fenomeno osservato si possono ottenere i cosiddetti "indici", che forniscono una informazione sintetica e unitaria dell'entità originale.

informazione ambientale: dal punto di vista della legislazione l'informazione ambientale è un diritto del cittadino, sanzionato a livello della Unione Europea. Nella realtà questo tipo di informazione è limitato ai casi di emergenza ambientale in quanto i mezzi di comunicazione di massa, specie in Italia, non ritengono che l'ambiente abbia, in periodi di non emergenza, i requisiti classici di appetibilità delle notizie. Dal punto di vista politico i movimenti verdi vengono accusati, quando tentano di fornire informazioni ambientali, di terrorismo, mentre i verdi accusano a loro volta i governi e le industrie di fornire informazioni false sulla reale situazione dell'*ambiente*.

inondazione: le inondazioni sono degli eventi catastrofici che avvengono per cause naturali, ma possono essere innescate da una cattiva gestione del *territorio* e pongono a rischio la vita dell'uomo e le proprie infrastrutture. I cambiamenti climatici, influenzando la piovosità sia come quantità che come frequenza, possono incidere sul verificarsi di inondazioni. Le conseguenze di una inondazione sono particolarmente dannose per le zone paludose costiere, le cosiddette "*wetland*" (vedi Box 6) dove sono spesso concentrati estesi centri urbani.

inquinamento: l'inquinamento è una alterazione dei cicli della materia e dei flussi dell'*energia* degli ecosistemi. In particolare, l'inquinamento atmosferico deriva dalla presenza nell'aria di sostanze, in concentrazioni superiori ad un minimo ritenuto innocuo, capaci di diminuire il benessere fisiologico dell'uomo, di provocare danni alla *vegetazione*, agli animali ed alle cose. L'inquinamento transfrontaliero è causato dalle emissioni di inquinanti che da una nazione si diffondono oltre i suoi confini.

insolazione: è la durata giornaliera espressa in ore del tempo in cui la *radiazione solare* raggiunge direttamente la superficie terrestre. E' un elemento climatico di fondamentale importanza in quanto da esso dipendono direttamente o indirettamente tutti gli altri fenomeni atmosferici.

intensità energetica: *indicatore dell'efficienza energetica.* Il sistema energetico più efficiente è quello che ha il miglior rapporto tra consumo di *energia* e produzione. L'intensità energetica è costante se al crescere della produzione si ha una crescita del *consumo energetico*; è decrescente se alla crescita della produzione corrisponde un consumo energetico costante: in questo caso è migliorata l'efficienza energetica.

inventario delle emissioni: dati relativi alla quantità di inquinanti introdotti in *atmosfera* ordinati per tipo di inquinante e per sorgenti. La sorgente è divisa in naturale e antropica (vedi *CORINAIR*).

irraggiamento: propagazione dell'*energia* per mezzo di radiazioni elettromagnetiche. La *radiazione solare* viene irraggiata sulla Terra dove viene assorbita e trasformata in *calore*. E' quindi una delle modalità con cui un corpo caldo cede calore ai corpi circostanti.

irraggiare: emettere radiazioni. Qualsiasi corpo emette *energia* sotto forma di un insieme di *onde elettromagnetiche* di diverse *lunghezza d'onda*, la cui intensità aumenta con l'aumentare della *temperatura* del corpo.

isoterme: linee continue che su una carta geografica congiungono i punti che hanno la stessa *temperatura* in un dato istante o uguale temperatura media in un intervallo di tempo. Le carte delle isoterme sono molto utili per avere una idea immediata della distribuzione della temperatura su tutta la superficie terrestre o su una parte di essa.

joint implementation: approccio per ridurre a livello mondiale i costi di abbattimento delle emissioni dei *gas ad effetto serra*. La "joint implementation" consiste nell'adozione di progetti di investimento dei paesi industrializzati in Paesi in via di sviluppo, dove l'abbattimento ha costi

inferiori. In questo modo, poiché l'abbattimento nei paesi industrializzati avrebbe costi molto alti, si riducono le emissioni a livello mondiale.

latitudine: è la distanza di un luogo dall'Equatore espressa in gradi.

litosfera: è lo strato roccioso che avvolge la parte più esterna della crosta terrestre. La disgregazione della roccia madre, a causa degli eventi atmosferici (*temperatura*, piovosità, ventosità), unitamente ai processi di trasformazione chimica e biologica formano, nello strato più superficiale, il *suolo*.

metano (CH₄): il metano è un altro gas serra naturalmente presente in atmosfera la cui concentrazione in aria sta crescendo come risultato di attività umane come agricoltura (inclusa la zootecnia) e lo smaltimento dei rifiuti (discariche) nonché la produzione e l'uso di combustibili fossili. Tra le principali fonti naturali di *emissione* vi sono le *zone umide* e le paludi. Il metano viene utilizzato come combustibile nelle case, nelle fabbriche ed è spesso descritto come un combustibile ideale poiché bruciando emette poche sostanze inquinanti ma ricordiamo che il trasporto di *metano* nei metanodotti è un'altra fonte antropica di emissione. Il cambiamento del clima potrebbe avere una influenza sulle fonti naturali di emissione di metano specie nelle *zone umide* del Nord che riscaldandosi potrebbero emettere più metano contribuendo ad un ulteriore incremento di *temperatura*. La concentrazione globale media di metano è aumentata del 6% tra il 1984 e il 1994.

meteorologia: scienza che studia i fenomeni dell'*atmosfera*, le loro cause e la loro evoluzione nello spazio e nel tempo. La meteorologia trae informazioni per la *previsione del tempo* dallo studio delle variazioni di *temperatura*, di *pressione* e di *umidità*.

microclima: andamento medio degli elementi climatici negli strati dell'aria immediatamente a contatto con il *suolo*. Il microclima ha una importanza applicativa per lo studio e la soluzione di problemi quali la formazione delle nebbie, la diffusione degli inquinanti atmosferici, lo sviluppo delle colture, l'insediamento dei complessi industriali e dei centri urbani. Il termine microclima viene usato talvolta con altri significati: si intende così per microclima il clima di una zona geografica, ristretta e ben delimitata (fondovalle, lago, *territorio* urbano) o di un *ambiente* ancora più ristretto, per esempio un tratto di spiaggia, una piazza, l'interno di una stanza e altro; microclima viene definito anche il clima corrispondente allo strato d'aria in cui si sviluppa una determinata associazione vegetale.

misure “no regrets”: con questo termine si indicano tutte quelle scelte in campo economico che hanno un impatto positivo sull'economia di un paese e talvolta contribuiscono al miglioramento della qualità dell'*ambiente*. Nel caso del cambiamento climatico le politiche del “no regrets” sono quelle che migliorano l'efficienza di una economia e allo stesso tempo riducono le emissioni dei *gas ad effetto serra*.

monossido di carbonio (CO): è un composto di ossigeno e *carbonio* molto tossico per l'uomo. Si fissa all'emoglobina del sangue rendendola inutilizzabile per il trasporto dell'ossigeno dai polmoni a tutto il corpo. Le principali fonti antropogeniche di monossido di carbonio (CO) sono i trasporti stradali, la combustione di combustibili fossili e l'attività industriale.

natura: insieme del mondo esterno all'uomo ma che lo comprende per la sua dimensione biologica. L'idea di natura viene generata socialmente in contrapposizione all'uomo. Risorsa naturale è la natura vista attraverso il paradigma dello sviluppo. Con essa si intendono i materiali che si trovano spontaneamente sulla terra e che sono utili all'uomo o possono diventarlo a secondo delle circostanze economiche, sociali o tecnologiche. Attraverso la lente ecologica la lettura fa riferimento a valori diversi come il patrimonio genetico, la naturalità, i diritti delle generazioni future, il diritto alla vita di tutti gli esseri viventi, e su di essi vi fonda i principi della tutela.

nicchia ecologica: comprende sia lo spazio occupato da un organismo in un certo *ambiente (habitat)* sia il ruolo che esso svolge all'interno della comunità, cioè il proprio “mestiere”, sia la sua posizione nei gradienti dei *fattori abiotici* che caratterizzano l'*ecosistema*. Si possono quindi distinguere tre tipi di nicchie ecologiche, la nicchia spaziale o habitat la nicchia trofica e la nicchia multidimensionale o di ipervolume.

oceano: il nostro pianeta è coperto per due terzi dai mari. Gli oceani hanno un ruolo importante nel *sistema climatico*. Più della metà della *radiazione solare* che raggiunge la Terra viene prima assorbita dagli oceani e poi restituita lentamente all'*atmosfera* e ridistribuita lungo le coste dei continenti dalle correnti oceaniche. Nell'oceano avvengono processi biologici e chimici che sono importanti per il controllo delle concentrazioni di *biossido di carbonio* presenti nell'atmosfera e, quindi, influiscono sul clima. Qualsiasi studio sul cambiamento climatico deve, quindi, includere una descrizione dettagliata dei processi biochimici che avvengono negli oceani e delle interazioni tra gli oceani e l'atmosfera.

olismo: dottrina che in opposizione al riduzionismo, assegna all'intero una importanza maggiore di quella risultante dalla somma delle sue parti. L'olismo ritiene che l'intero ha caratteristiche proprie

che non possono essere spiegate in termini di proprietà dei suoi componenti. Un approccio olistico è particolarmente idoneo per i fenomeni a livello globale.

onde elettromagnetiche: forma sotto la quale l'*energia* si propaga attraverso le oscillazioni periodiche di un campo elettrico e di un campo magnetico. La distanza percorsa durante una singola oscillazione è detta lunghezza d'onda. Sono onde elettromagnetiche le onde radio, i raggi infrarossi, la luce visibile, i raggi UV, i raggi X e i raggi Gamma. Si differenziano unicamente per il diverso valore della lunghezza d'onda, minore per le onde radio, maggiore per i raggi gamma.

ossidi di azoto (NO_x): si formano nei processi di combustione nei quali l'azoto libero (N₂), che costituisce circa l'80% dell'*atmosfera*, si ossida. Dei vari ossidi di azoto, quelli più importanti per l'*inquinamento* atmosferico sono il monossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO₂). Il contributo maggiore all'inquinamento da ossidi di azoto (NO_x) proviene dai trasporti stradali, dalla combustione di combustibili fossili e dall'attività industriale. Trasformandosi in atmosfera formano acido nitrico e sali derivati, contribuendo al fenomeno delle *precipitazioni acide* e dell'*eutrofizzazione* di suoli ed acque superficiali.

ossidi di zolfo (SO_x): provengono dai processi di combustione, principalmente centrali termoelettriche e riscaldamento domestico. L'ossido di zolfo più rilevante per l'*effetto serra* è l'anidride solforosa (SO₂) considerata un importante gas a effetto radiativo indiretto. Trasformandosi in atmosfera forma acido solforico e sali derivati, contribuendo al fenomeno delle *precipitazioni acide*.

ozono (O₃): l'ozono è un gas azzurro pallido, dall'odore caratteristico, tossico ed irritante per occhi e polmoni. E' un importante gas serra presente sia nella stratosfera che nella troposfera. Cambiamenti nella concentrazione di ozono influenzano sia la radiazione proveniente dal sole che quella proveniente dalla terra e l'effetto è fortemente dipendente dalla distribuzione verticale delle concentrazioni di ozono. Nella bassa *atmosfera* la radiazione solare e gli inquinanti emessi principalmente dal traffico autoveicolare producono ozono, ma questa sostanza è anche trasportata nella troposfera dalla stratosfera. L'aumento delle concentrazioni di ozono nella troposfera contribuisce al riscaldamento globale. Nella stratosfera l'ozono protegge il pianeta e i suoi abitanti dalle radiazioni ultraviolette. Per effetto di composti chimici, principalmente i CFC, si determina il cosiddetto "buco", ovvero una smagliatura nella fascia di ozono stratosferico. Di conseguenza aumenta l'intensità al suolo delle radiazioni ultraviolette provenienti dal sole. La perdita di ozono nella stratosfera ha un effetto antagonista all'effetto serra.

paleoclima: clima delle passate ere geologiche. La paleoclimatologia è la scienza che si propone la ricostruzione e la definizione dei climi che si sono succeduti nel corso delle ere geologiche nonché lo studio della loro distribuzione geografica.

PEN (Piano Energetico Nazionale): insieme di misure a carattere tecnico, economico e politico predisposte dal Governo ed approvate dal Parlamento che dettano le linee energetiche nazionali.

petrolio: combustibile liquido che si trova in giacimenti superficiali o in profondità. E' originato da trasformazioni di diversi organismi viventi ad opera di microrganismi o da agenti fisici. Dopo la raffinazione viene convertito in: olio combustibile, impiegato per uso industriale e per la produzione di *energia* elettrica; gasolio, utilizzato nell'autotrazione e nel riscaldamento domestico; benzina. L'estrazione del petrolio può causare fenomeni di *subsidenza*.

precipitazioni atmosferiche: vengono definite in questa maniera le ricadute d'acqua al *suolo* sotto qualsiasi forma. Sono un elemento climatico fondamentale dipendente dalla *temperatura*, dall'*umidità* dell'aria e dalla circolazione atmosferica.

pressione atmosferica: peso che una colonna d'aria esercita sulla superficie sottostante. La sua variazione determina il mutare della circolazione atmosferica e quindi dei venti. L'unità di misura della pressione è il Pascal.

previsione del tempo: è il tentativo di conoscere l'evoluzione futura delle variabili meteorologiche su un *territorio* più o meno ampio. L'attendibilità della previsione diminuisce notevolmente con l'aumentare dell'arco temporale considerato poiché gli elementi che determinano la dinamica atmosferica sono caratterizzati da intrinseca caoticità.

prodotto interno lordo (PIL): è la misura del valore di tutti i beni e i servizi finali prodotti all'interno di un Paese in un dato periodo di tempo, in genere un anno. Molti economisti sono concordi nell'affermare che le modalità di calcolo del PIL risultano spesso inadeguate a dare una corretta rappresentazione della crescita economica e ancora più del benessere di un Paese, poiché esse sono il risultato di convenzioni accettate per mancanza di soluzioni alternative. Una ragione di insoddisfazione è legata al fatto che nel calcolo del PIL rimangono fuori tutti i beni e i servizi offerti dal capitale naturale: ciò significa che un Paese potrebbe esaurire le proprie risorse naturali, inquinare e depauperare l'*ambiente*, senza che tutto questo compaia nelle stime del PIL. Il taglio completo di una foresta, ad esempio, permette di accrescere il PIL nel periodo della vendita, ma nel periodo successivo, quando la risorsa è esaurita e la foresta non è più in grado di generare reddito, rappresenterà una perdita di ricchezza netta per la nazione. Il problema appare particolarmente

grave per molti Paesi in via di sviluppo, nei quali il reddito e il consumo sono fondati sullo sfruttamento delle risorse naturali. Negli ultimi anni molti di questi Paesi hanno fatto registrare un forte aumento del PIL, grazie al consumo di tali risorse, senza che fosse registrato lo sfruttamento delle risorse naturali. La necessità di apportare modifiche alla definizione di PIL che tengano conto del valore economico dei beni ambientali viene sottolineata da coloro che sostengono la funzione di "guida" della contabilità nazionale verso l'obiettivo dello *sviluppo sostenibile*.

protossido d'azoto (N₂O): composto di azoto ed ossigeno. Ci sono molte piccole sorgenti di protossido d'azoto sia naturali che antropiche che sono difficili da quantificare. Le principali sorgenti antropiche sono l'agricoltura (uso intensivo di *fertilizzanti*) e diversi processi industriali (ad esempio la produzione di acido adipico e acido nitrico). Le emissioni da sorgenti naturali (dovute all'attività di microbi del *suolo* e dell'*acqua*) sono raramente quantificate ma sono probabilmente il doppio di quelle antropiche.

qualità energetica: lavoro utile ottenuto da una fonte di *energia*. Il *petrolio* è considerato ad alta qualità mentre l'*energia solare* è considerata a bassa qualità.

radiazione: *energia* irradiata sotto forma di *onde elettromagnetiche*. Le radiazioni vengono emesse da sorgenti sia naturali che artificiali. Ogni corpo, per il solo fatto di trovarsi ad una certa *temperatura*, emette radiazioni, la cui lunghezza d'onda dipende dalla temperatura stessa: più è alta la temperatura, più è corta la lunghezza d'onda. La radiazione visibile o luminosa viene percepita dall'occhio come colore. La radiazione infrarossa viene percepita come *calore*. I raggi ultravioletti esercitano una azione chimica diretta sulle molecole di un organismo, ad esempio gli UV provocano abbronzature e malettie della pelle.

resistenza e resilienza di un ecosistema: sono due concetti che indicano la possibilità di un *ecosistema* di "reagire" a degli stimoli esterni. Qualsiasi organismo, e quindi anche un ecosistema, ha una sua capacità di sopportare delle oscillazioni attorno ad una situazione ottimale. La resistenza è la capacità di ritornare all'equilibrio originale, di "recuperare" dopo l'impatto negativo. Il limite di resistenza è il limite oltre il quale si ha una regressione verso qualcosa di completamente diverso. Un *ambiente* è più resistente di un altro quando è in grado di sopportare "impunemente" una modifica dei parametri necessari al mantenimento del proprio equilibrio. Tanto più un ambiente ha integre le proprie caratteristiche strutturali e funzionali, tanto più avrà la capacità di recuperare le condizioni originarie. Il tempo di resilienza è il tempo necessario a quel certo ambiente per tornare ad un normale funzionamento. Spesso un ecosistema è sottoposto a più minacce contemporaneamente, ognuna delle quali agisce sulle potenzialità di recupero e di

adattamento. Poiché alcune forme di impatto sono maggiormente controllabili di altre, per prevenire le conseguenze negative bisognerebbe gestire gli ecosistemi in modo tale da garantire al massimo il regolare funzionamento dei processi funzionali. Ad esempio, un bosco appenninico sottoposto a problemi di piogge acide, se è composto da conifere, specie che non sono caratteristiche di quella fascia climatica e, a loro volta, acidificano il *suolo*, sarà più vulnerabile anche ai fattori atmosferici negativi sia perché le piante che compongono il bosco non posseggono le caratteristiche genetiche che permettono loro di sopportare bene le variazioni climatiche di un'area che non è loro propria, sia perché sono già indebolite dall'*inquinamento* atmosferico. Se lo stesso bosco fosse composto da latifoglie di origine locale, e quindi, geneticamente adattate nel corso dei secoli alle variazioni del clima dell'area, anche perché non producono lettiera acida e quindi non peggiorano i problemi dovuti all'inquinamento atmosferico, avrebbe una maggiore tolleranza nei confronti dei cambiamenti climatici.

reti trofiche: indicano la complessa interconnessione che esiste tra le varie catene trofiche, e quindi, quanto sia complesso il passaggio dell'*energia* tra i vari esseri viventi. Molti organismi, infatti, possono far parte di catene trofiche diverse. L'uomo stesso in alcuni casi si comporta come erbivoro e in altre come carnivoro trovandosi così al secondo anello della *catena alimentare* (quando mangia insalata o pasta) o al terzo (se mangia una fetta di vitello, che è un erbivoro) o al quarto se mangia una trota (che, a sua volta, si nutre di larve che, a loro volta, si nutrono di alghe). I cambiamenti climatici possono diminuire la diversità delle specie, semplificare o interrompere le *catene alimentari* e le reti trofiche provocando conseguenze, non solo sulla riproduzione e produttività di specie vegetali, ma anche di quelle animali.

rischio ambientale: si intende uno stato in cui sono presenti condizioni di pericolosità o di minaccia ipotetica verso l'*ambiente* e l'uomo. Nella stragrande maggioranza dei casi l'analisi del rischio tende ad estromettere la dimensione percettiva che invece è dominante, escludendo così l'individuo dalla scena. La maggior parte degli studi sul rischio adotta come principio base la formula per cui il rischio sarebbe uguale alla probabilità che un evento indesiderato avvenga in un certo arco temporale, definendo il rischio attraverso una funzione di tipo statistico.

risparmio energetico: uno dei sistemi, insieme alla razionalizzazione e all'utilizzo di fonti alternative, per stabilizzare il costo energetico. Risparmiare è una soluzione che non richiede alcuno sforzo attivo, ma solo un adeguamento passivo ad una situazione di scarsità. La razionalizzazione energetica, invece, richiede innovazione e proiezione nel futuro e quindi l'utilizzo di fonti alternative. I tre sistemi rispondono sia a motivazioni economiche che ambientali.

Da questo secondo punto di vista lo scopo è ridurre gli impatti relativi alla produzione, trasporto e utilizzo dell'*energia*. L'obiettivo resta quello di coniugare sviluppo e *ambiente*.

scelte politiche per la riduzione di gas serra: insieme di misure per ridurre le emissioni di gas serra. La tassa ambientale sulle emissioni di gas serra è uno degli strumenti e consiste nel pagamento per ogni unità di gas serra emessa. Altri strumenti per il controllo delle emissioni sono i sussidi e le politiche complementari. I sussidi vengono offerti alle aziende che adottano particolari tecnologie o processi destinati a favorire l'abbattimento delle emissioni o a creare dei sink (vedi *assorbimento*) addizionali. Le politiche complementari sono orientate a promuovere la ricerca e a favorire l'*educazione ambientale* al cambiamento climatico con lo scopo di mutare il comportamento dei consumatori in tema di uso dell'*energia* e di adozione di tecnologie a bassa *emissione*.

sensitività climatica: indica l'aumento della *temperatura* media globale terrestre in condizione di raddoppio nella *concentrazione* atmosferica di *anidride carbonica*.

sensori: dispositivi capaci di rilevare la misura della *concentrazione* in *atmosfera* di *gas ad effetto serra*.

sistema climatico: è costituito da cinque componenti: *atmosfera*, *litosfera*, *oceano*, *criosfera* e *biosfera*. Le interazioni tra queste cinque componenti determinano i *fattori climatici*.

sistema energetico: insieme dei processi, estrazione, raffinazione, trasporto, consumo, smaltimento delle scorie, che riguardano l'utilizzazione di una fonte energetica.

situazione atmosferica: è lo stato che caratterizza le condizioni atmosferiche in un dato momento. Lo stato del tempo viene determinato dall'azione concomitante di tutti quei fattori responsabili dei fenomeni atmosferici: la *temperatura*, la *pressione*, l'*umidità*, la copertura nuvolosa, il vento e le correnti, la quantità e il tipo delle precipitazioni.

sorgente: fonte da cui ha origine l'*emissione* dell'inquinante. Può essere naturale, acque, *suolo*, foreste o antropica, infrastrutture e servizi. A seconda della quantità di inquinante emessa e delle modalità di emissione una sorgente può essere puntuale, areale, lineare. E' puntuale quando è possibile individuare e caratterizzare singolarmente le fonti di emissione e localizzarle sul *territorio*, come nel caso di stabilimenti industriali e grandi impianti di riscaldamento. E' areale quando le sorgenti di emissione non possono essere individuate singolarmente a causa della loro ampia distribuzione sul territorio, come nel caso delle emissioni derivanti dall'uso di impianti domestici. E' lineare quando le emissioni vengono rilasciate in maniera continua e non in un unico punto, come nel caso di strade, autostrade, ferrovie.

sostenibilità: come per il termine *ambiente* questa parola è caratterizzata più dagli aggettivi che la accompagnano che dal suo reale significato. La definizione è molto complessa e non è univoca: sono state raccolte circa 90 definizioni differenti di sostenibilità. In attesa che il mondo scientifico riesca a trovare un accordo su questo termine, se mai sarà possibile, possiamo affermare che un'azione o un atteggiamento è sostenibile con l'ambiente quando, pur ricavando un beneficio dallo sfruttamento delle risorse, non lede il diritto degli altri essere umani ad usare in seguito la stessa risorsa. In termini generali un approccio sostenibile tiene conto della *equità intergenerazionale* e guarda all'*olismo* come metodo di riferimento.

stima delle emissioni: procedura utilizzata per stimare le quantità di inquinanti da alcune sorgenti per le quali non è possibile o risulta complessa una misura reale.

subsidenza: cedimento del terreno causato dal crollo di miniere o dall'esaurimento di acque sotterranee. Tali acque riempiono i pori del terreno e una loro ritrazione provoca il cedimento del terreno. Il depauperamento di falde acquifere non può continuare senza provocare seri danni ecologici ed economici.

suolo: parte più superficiale della crosta terrestre in cui le radici delle piante penetrano e trovano nutrimento e sostegno. Il suolo si forma grazie all'azione disgregatrice degli agenti meteorici, degli sbalzi di *temperatura*, di reazioni chimiche e contiene, oltre agli elementi minerali, anche una componente vivente costituita principalmente da batteri, funghi, attinomiceti, piccoli artropodi, acari ecc. La Terra ha un raggio di circa 6.400 km e la crosta terrestre uno spessore di circa 100 km; il suolo ha uno spessore massimo di non più di 2 m e uno minimo talvolta di pochi centimetri. Il suolo agrario, o terreno agrario, non supera generalmente il mezzo metro. Il suolo, oltre a costituire il supporto materiale per le specie vegetali, fornisce anche tutte le sostanze che rendono possibile la vita sulla Terra. Lo spessore, il tipo di rocce che lo hanno generato e le condizioni climatiche a cui è esposto, determinano la qualità del suolo in rapporto alle coltivazioni.

tecnocentrismo: modo di pensare che riconosce l'esistenza dei problemi ambientali ma propone come rimedio una crescita illimitata o una gestione più oculata dello sviluppo. In entrambi i casi la visione tecnocratica pone la massima fiducia nella tecnologia, nella scienza e nella economia e ritiene inutile la partecipazione del pubblico alle decisioni. Non auspica mutamenti nello statu quo.

teleriscaldamento: sistema di riscaldamento che utilizza a distanza il *calore* prodotto da una centrale termica, da un impianto a *cogenerazione*, da una *sorgente geotermica*. In un sistema di

teleriscaldamento il calore viene distribuito agli edifici tramite una rete in cui fluisce l'acqua calda o il vapore.

temperatura media giornaliera: media delle temperature registrate ad intervalli di tempo regolari in una giornata in un determinato luogo.

temperatura: l'unità di misura della temperatura è il grado centigrado (°C). La temperatura locale della superficie terrestre viene influenzata dai fattori che caratterizzano il clima e varia geograficamente. Per gli studi climatici hanno grande interesse le escursioni diurne, mensili e annue.

territorio: è l'*ambiente* del pianificatore, cioè lo scenario fisico sul quale si gioca la grande partita tra sviluppo e ambiente.

tornado: fenomeno atmosferico caratterizzato da correnti vorticosi dotate di fortissimo risucchio, con velocità di oltre 400 km/h. I tornado sono fenomeni di breve durata che si verificano soprattutto d'estate e sono molto pericolosi per la loro forza distruttiva. Si formano soprattutto nelle regioni calde e con maggiore frequenza negli Stati Uniti sudorientali e in Australia.

trasferimento tecnologico: si riferisce all'esportazione verso i Paesi in via di sviluppo di tecnologia di avanguardia, capace di consumare meno *energia* per unità di prodotto fornito. I Paesi sviluppati dovrebbero consentire ai Paesi in via di sviluppo di utilizzare tecnologie ecocompatibili mettendole a disposizione a prezzi notevolmente inferiori rispetto a quelle tradizionali.

trombe marine: sono l'equivalente acquatico dei *tornado*, rispetto ai quali hanno dimensioni minime e si accompagnano a venti meno intensi. Inferiore è anche la loro forza distruttiva.

umidità: quantità di *vapore acqueo* presente nell'aria. Ad ogni *temperatura* la quantità di vapore acqueo presente nell'aria non può superare un certo valore: in tal caso l'aria si dice satura e quello eccedente condensa dando origine alle precipitazioni. L'umidità assoluta è il numero di grammi di vapore acqueo presenti in un *metro cubo* d'aria. Generalmente più è alta la temperatura maggiore è la quantità del vapore acqueo che l'aria può contenere. Dal punto di vista meteorologico è più interessante l'umidità relativa: essa esprime il rapporto tra la quantità di vapore presente nell'aria e la quantità massima di tale vapore che può contenere a quella data temperatura. Per definizione l'aria satura ha una umidità relativa del 100%.

vapore acqueo (H₂O): insieme alla CO₂ è la specie più importante che influenza il clima globale. La *concentrazione* del vapore acqueo in *atmosfera* può essere influenzata dall'innalzamento della *temperatura* indotto dalle attività umane.

vulnerabilità: l'aumento della *anidride carbonica* (CO₂) definisce la misura del danno di un sistema, generalmente definito vulnerabilità. La vulnerabilità dipende dalla capacità del sistema di adattarsi alle nuove condizioni climatiche.

BOX 1: Adattamento

L'adattamento è una proprietà caratteristica degli esseri viventi che sono in grado modificare, anche se all'interno di limiti ben definiti, le proprie attività funzionali ed il proprio comportamento in rapporto a nuove esigenze o, comunque, a modificazioni del proprio *ambiente* di vita. L'adattamento è indispensabile per la sopravvivenza e si realizza grazie alle continue interazioni tra l'ambiente esterno e i processi funzionali a livello di cellula, di organo, di organismo o di popolazione.

Tanto più un essere è in grado di adattarsi alle modificazioni esterne tanto più avrà successo nella continua lotta per la sopravvivenza. Si tratta, quindi, di un processo dinamico e interattivo perché anche l'ambiente risente direttamente delle modifiche che avvengono a livello degli organismi.

L'adattamento al mutamento delle condizioni climatiche consistono, ad esempio, nel mettere a punto i mezzi di difesa per evitare i danni causati dal congelamento o dalle temperature troppo elevate oppure dovuti alla mancanza d'acqua per eccessiva evaporazione e traspirazione o perché non disponibile in quanto solidificata come ghiaccio. Piante e animali durante l'evoluzione della propria specie hanno modificato la propria forma e struttura per far fronte alle diverse condizioni di *temperatura* e di *umidità* e renderle compatibili con il regolare svolgimento dei processi fisiologici vitali.

Tanto per fare un esempio, si può notare come le piante con le foglie coperte da una fitta peluria si trovino in alta montagna o nelle zone aride dove è indispensabile economizzare l'acqua, come dove c'è troppo vento o neve non vi siano alberi, ma solo cespugli tondi o piccole erbe tra le crepe delle rocce dove sono riparate. Per quel che concerne gli animali quelli adattati a vivere in posti freddi hanno normalmente un lungo e folto pelo e molti di loro durante l'inverno, quando le risorse alimentari sono troppo scarse, vanno in letargo. Gli animali tipici delle zone desertiche, invece, vanno in "estivazione", cioè sospendono la propria attività quando il *calore* diventa eccessivo, sono prevalentemente notturni e sono adattati a disperdere al meglio il calore eccessivo dal loro corpo.

La stretta correlazione che esiste tra clima e *vegetazione* è evidente se si studia la disposizione dei diversi *biomi* o quella degli orizzonti vegetazionali.

Abbiamo detto che l'adattamento è una interazione tra fattori esterni e componente biologica. Non solo, infatti, gli organismi cambiano se si hanno modificazioni nel regime termico, pluviometrico o dei venti. Succede anche il contrario. Poiché le piante traspirano, al di sopra di una zona densamente vegetata si ha una umidità atmosferica maggiore e una temperatura più mite di quella di un'area nuda. Quando grandi estensioni di vegetazione vengono eliminate si hanno grandi conseguenze sul clima. Tanto per fare un esempio, se una foresta tropicale viene sostituita da una estesa piantagione di cotone, si ha un forte cambiamento della quantità di pioggia, le temperature non sono più mitigate e possono raggiungere estremi molto elevati, i suoli vengono erosi e inariditi e, col tempo, si va incontro al deserto.

Alcune specie, anziché adattarsi cambiando i propri meccanismi fisiologici, “inseguono” le condizioni ambientali a loro favorevoli spostandosi dalle aree abitate in precedenza verso zone più favorevoli. Ovviamente ciò è possibile solo se vi è una continuità di ambienti con differente gradazione di condizioni esterne.

L’adattamento è un processo che ha bisogno di tempi tali da permettere alle componenti viventi dell’*ecosistema* di “rispondere” secondo quelli che si chiamano “tempi biologici”. Le specie che non sono in grado di adattarsi a svolgere le proprie funzioni vitali nelle nuove condizioni ambientali venutesi a creare si estinguono. I tempi biologici sono molto più veloci dei “tempi geologici”, quelli necessari allo spostamento di masse terrestri, ma estremamente più lenti dei “tempi storici” tipici del susseguirsi delle attività umane e dei cambiamenti che esso impone all’ambiente con l’*inquinamento*, la cementificazione, ecc.

Il pericolo di estinzione di numerose specie a fronte dei repentini cambiamenti climatici che si prospettano per il futuro nasce dal contrasto tra i brevi tempi storici e i tempi biologici, per cui le modifiche ambientali possono essere più veloci della possibilità di risposta da parte degli organismi ad adattarsi e a continuare a riprodursi e a far sopravvivere la propria specie.

I cambiamenti climatici del passato, nonostante fossero stati più lenti di quelli che si prospettano per il futuro, hanno portato sia all’estinzione che alla migrazione di numerose specie animali e vegetali. Basti pensare che ancora al tempo dei romani il faggio, pianta di clima umido, arrivava alle porte di Roma, mentre ora si trova sui monti appenninici al di sopra degli 800 m sul livello del mare.

Esistono specie e comunità che hanno una scarsa possibilità di adattarsi a cambiamenti repentini, mentre altre sono più adattabili. Le prime saranno a maggior rischio di estinzione.

I cambiamenti climatici possono portare a grandi problemi di sopravvivenza per molte specie soprattutto laddove la frammentazione del *territorio*, l’urbanizzazione e la creazione di “barriere artificiali” possono impedire le migrazioni delle specie alla ricerca di ambienti più idonei alla propria sopravvivenza.

L’adattamento, infine, è un processo che comporta dispendio di *energia*. Ciò vuol dire che tanto più gli organismi si devono adattare a nuove condizioni ambientali, tanto maggiore sarà l’energia dissipata per la semplice sopravvivenza e sottratta a funzioni peraltro importanti come l’accrescimento o la riproduzione. Ciò significa che può succedere che gli individui, a causa delle variazioni eccessive delle condizioni climatiche, possono non avere più la possibilità di procreare e mantenere in vita la propria specie.

BOX 2: Atmosfera

La Terra è circondata da un involucro gassoso, l'atmosfera. I principali costituenti dell'atmosfera, espressi come peso in percentuale, sono: azoto 76%; ossigeno 22%; argon 1,3%; *anidride carbonica* 0,05% e vapor acqueo in quantità variabile a seconda della temperatura e delle condizioni locali, ma comunque inferiore allo 0,3%. Sono presenti nell'atmosfera anche altri gas e composti diversi (spore, pollini e polveri) in percentuali molto basse, variabili nel tempo e da luogo a luogo. Gli strati più vicini alla Terra sono più densi, quindi man mano che ci si allontana dal *suolo*, l'atmosfera tende a rarefarsi. In relazione alle variazioni delle sue caratteristiche fisiche e chimiche l'atmosfera si suddivide in diversi strati, o "sfere", che, dal basso verso l'alto, sono: la troposfera, la stratosfera, la mesosfera e la termosfera. Ciascuno di essi può essere suddiviso in ulteriori strati, mentre la zona di separazione tra uno strato e il successivo viene definito con il suffisso pausa, vale a dire tropopausa, stratopausa, mesopausa.

La troposfera (dal greco *tròpos*, mutamento) è lo strato più basso e vicino al suolo e presenta uno spessore limitato (6.000 m ai poli e 15.000 m all'equatore). Tuttavia, per effetto dell'attrazione gravitazionale esercitata dalla Terra, essa contiene circa il 75% di tutta l'aria di cui è costituita l'atmosfera. In essa hanno luogo i più importanti fenomeni meteorologici e gran parte dei processi fisici, chimici e biologici che interessano e condizionano la vita.

E' questa la porzione di atmosfera maggiormente interessata dagli effetti dell'*inquinamento* atmosferico. Di fatto la maggior parte degli inquinanti immessi nell'atmosfera rimane confinata in uno strato molto vicino al suolo, da pochi ad alcuni centinaia di metri. Uno degli esempi di inquinamento al suolo è il fenomeno delle *precipitazioni acide*. Alcuni inquinanti, ad esempio i *clorofluorocarburi* (CFC), riescono a passare nella stratosfera e provocano il cosiddetto buco dell'*ozono*.

Nella stratosfera è presente la ozonosfera (vedi *ozono*), cioè la fascia di ozono che ci protegge dalla *radiazione ultravioletta* solare. Al di sopra della stratopausa si trova la mesosfera, che raggiunge 80-90 km di altezza. In questo involucro i gas, estremamente rarefatti, sono più concentrati nella zona più bassa dove si mantiene una parte dell'ozono che gradualmente diminuisce procedendo verso l'esterno; la *temperatura* qui diminuisce fino a raggiungere il valore di -90°C. Nello strato più esterno dell'atmosfera, la termosfera, la temperatura, invece, aumenta con l'*altitudine*.

BOX 3: Impatti del Cambiamento Climatico

L'impatto è l'insieme degli effetti di un cambiamento sul *territorio* e sugli esseri viventi. In generale gli impatti sono di tipo ambientale e socioeconomico. L'impatto ambientale è la conseguenza della pressione sulle componenti naturali generate da azioni esterne e riguardano sia l'*ecosistema* che la relazione uomo - *ambiente*. Gli impatti socioeconomici sono riferiti ai cambiamenti in ambito sociale e molto spesso si accompagnano a quelli ambientali. Nell'ipotesi di un innalzamento di 1°C di

temperatura si produrrebbero alterazioni sia sugli ecosistemi naturali che sull'uomo e sulle sue attività.

La valutazione degli impatti del cambiamento climatico è un insieme di attività mirate ad identificare, analizzare e valutare gli effetti di nuove condizioni climatiche sulla *natura* e sulle attività dell'uomo. All'interno della valutazione vanno stimate ed esaminate sia le incertezze che le possibili strategie di risposta. Per raggiungere questi obiettivi è importante sviluppare la ricerca sulle metodologie di valutazione degli impatti e fornire informazioni al pubblico laico.

L'obiettivo generale di una valutazione è fornire informazioni scientifiche per prendere decisioni di tipo politico e sociale. Queste decisioni includono opzioni per la limitazione e/o l'*adattamento* al cambiamento climatico e l'identificazione delle *vulnerabilità* ambientali e sociali. Si tratta di valutare i costi dell'impatto in modo da confrontarli con i costi economici e ambientali delle misure di adattamento o di limitazione da intraprendere.

Questo compito è stato affrontato dal Working Group II dell'*IPCC* (Intergovernmental Panel on Climate Change). Le valutazioni del Working Group II forniscono una base scientifica, tecnica ed economica a chi deve impostare le politiche a livello locale, regionale e nazionale per la riduzione dei *gas serra*, come enunciato dall'articolo 2 della Convenzione sul Cambiamento Climatico.

Le principali aree di impatto identificate dal Working Group II sono:

1. Ecosistemi terrestri e acquatici

Foreste

Alcuni modelli globali prevedono che a seguito di cambiamenti di *temperatura* e di disponibilità di acqua le *foreste* presenti nel mondo che interessano il 34% del pianeta possono vedere modificato il tipo di *vegetazione* prevalente. Ciò potrebbe provocare un aumento degli incendi e delle malattie con una rapida riduzione del *territorio* forestale. In questo modo aumenterebbe notevolmente il livello di *carbonio* rilasciato nell'*atmosfera*.

Pascoli

L'aumento della *temperatura* non dovrebbe comportare grossi cambiamenti nei pascoli delle aree tropicali, sebbene l'alterazione sia delle stagioni che della quantità delle piogge possa avere serie conseguenze. Cambiamenti di temperatura e quantità di precipitazioni nei pascoli situati nelle zone temperate potrebbero portare a stagioni più secche, trasformando le zone erbose in zone cespugliose. La tundra è molto sensibile al riscaldamento climatico.

Criosfera

E' molto probabile che entro la fine del secolo da un terzo a circa la metà di tutti i ghiacciai scompaiano. La riduzione nel numero dei ghiacciai e la profondità della neve di copertura influiranno sulla distribuzione delle stagioni, sui corsi dei fiumi, ridurranno le riserve di acqua usate per produrre *energia* elettrica e ridurranno l'uso agricolo dei terreni.

Regioni montuose

Varie specie di fauna tipiche delle zone montane si estingueranno in seguito alla scomparsa del loro *habitat naturale*. In molti Paesi in via di sviluppo le risorse montane di cibo, usate dai popoli indigeni, potrebbero esaurirsi. Anche il turismo di alta quota potrebbe risentirne.

Oceani ed ecosistemi marini

Con il cambiamento climatico potrebbe aumentare il livello del mare in maniera da alterare la circolazione degli oceani, la dinamica delle onde e la copertura glaciale. Un'altra possibile conseguenza potrebbe essere l'alterazione della produttività oceanica con influenza sui *cicli biogeochimici*. Le barriere coralline, particolarmente sensibili agli aumenti della *temperatura* dell'acqua, saranno più esposte agli inquinamenti locali di tipo industriale e civile.

Zone umide (wetland) costiere ed interne

I cambiamenti climatici influenzano il corso delle acque provocando inondazioni, con serie conseguenze per le importanti funzioni delle *zone umide* quali il deposito di sedimenti, i rifornimenti idrici, lo smaltimento di rifiuti, l'habitat della fauna selvaggia, gli allevamenti ittici ed i *cicli biogeochimici*. Le zone più vulnerabili sono quelle costiere attualmente vittime di gravi fenomeni di *erosione*.

2. Risorse d'acqua

Il cambiamento climatico ha una influenza sulla domanda e i rifornimenti di acqua a livello regionale. Una riduzione della disponibilità di acqua può tradursi in una grave carenza in regioni e nazioni che sono già sottoposte a problemi di approvvigionamento idrico. Cambiamenti anche relativamente piccoli della *temperatura* e delle precipitazioni hanno grande effetto nelle regioni aride e semi-aride. L'incertezza crescente sulla futura domanda e disponibilità d'acqua è un punto chiave nelle politiche del *territorio*.

3. Disponibilità di cibo e legname

Agricoltura

Il cambiamento climatico globale potrebbe avere gravi conseguenze in quelle parti della Terra dove vive la popolazione più povera del mondo a causa della carenza di cibo. Gli effetti del cambiamento climatico sulla produzione agricola variano localmente: le regioni più fredde della Terra sono favorite dal fenomeno del riscaldamento globale, mentre le regioni più aride appaiono fortemente penalizzate. Tra le misure di *adattamento* possibili vi è lo sfruttamento di nuovi tipi di raccolto e il miglioramento della gestione delle acque e dei sistemi di irrigazione. Il limite dell'adattamento dipende dalla qualità delle misure, dalle capacità, dal livello tecnologico, dalla disponibilità di acqua, dalle caratteristiche dei suoli agricoli e dal miglioramento genetico dei raccolti.

Silvicoltura

Se da una parte la crescita delle piante è favorita dall'innalzamento della *temperatura* e dalla più alta *concentrazione* in *atmosfera* della *anidride carbonica* (CO₂), dall'altra parte il cambiamento

climatico incrementa in maniera sostanziale la perdita degli ecosistemi forestali e della loro *biodiversità*. In questo modo il consumo di legna eccede l'incremento della crescita annuale delle piante.

Pesca

Gli effetti del cambiamento climatico interagiscono con le aree di pesca, con diminuzioni degli allevamenti ittici ed elevate forme di *inquinamento* costiero. I fattori negativi sono il cambiamento nei sistemi riproduttivi, le migrazioni e la modifica degli ecosistemi marini in genere. I principali impatti si avvertono a livello locale.

4. Infrastrutture umane

Le piccole isole e le aree a costa bassa sono particolarmente vulnerabili agli effetti del cambiamento climatico per l'innalzamento del livello del mare, per l'aumento delle inondazioni, l'*erosione* delle coste, la frequenza o l'intensità delle tempeste. Le aree più vulnerabili, dove forte è il rischio di perdite umane, sono quelle situate nelle nazioni in via di sviluppo che, oltre ad essere sovrappopolate, non hanno risorse per affrontare tali impatti.

5. Salute umana

I cambiamenti climatici potrebbero avere effetti diretti sulla salute umana provocati da siccità, inondazioni e tempeste. Gli effetti indiretti includono un aumento nella trasmissione di malattie infettive (malaria, febbre gialla, e schistosomiasi) causate dalle migrazioni. Quantificare tali impatti è difficile visto il numero dei possibili effetti sulla salute causati dalla interazione tra cambiamento climatico e condizioni ambientali e socioeconomiche.

I governi si trovano ad affrontare i cambiamenti climatici di fronte a numerose incertezze del mondo scientifico. I cambiamenti climatici sono difficilmente reversibili a causa dei tempi lunghi in cui si manifestano (decenni o millenni) e del loro interagire con il *sistema climatico* naturale. Di conseguenza si deve decidere che tipo di misure precauzionali adottare per assicurare un aumento delle capacità di recupero dei sistemi vulnerabili. La valutazione della *vulnerabilità* deve considerare le differenze economiche ed istituzionali tra i Paesi sviluppati, finora maggiori responsabili, e quelli in via di sviluppo. E' chiaro che di fronte agli impatti dovuti al cambiamento climatico le azioni politiche devono essere di tipo attivo. La complessità e la pervasività degli effetti non rende possibile un'azione politica di tipo esclusivamente reattivo, che limita la propria azione alle conseguenze che si ritengono più o meno prossime. Una politica attiva in tema di cambiamento climatico deve necessariamente guardare all'obiettivo della eliminazione delle attività antropiche che producono l'*effetto serra*. Non è più tempo di rimedi provvisori.

BOX 4: La radiazione solare

Il Sole è la fonte di *energia* che rende possibile la vita sulla Terra riscaldandola: fornisce energia ai processi biologici e, alimentando i moti atmosferici ed oceanici, determina il clima. Il Sole irraggia energia attraverso lo spazio verso la Terra sotto forma di *onde elettromagnetiche*.

A causa dei meccanismi di riflessione, diffusione e *assorbimento* che ne determinano la riduzione solo circa la metà dell'energia proveniente dal sole raggiunge il *suolo*. Questa è soggetta a notevoli fluttuazioni secondo la maggiore o minore presenza di *umidità* nell'aria e la quantità di nuvole: con tempo secco e sereno può raggiungere anche l'80%, mentre con tempo molto nuvoloso può ridursi quasi allo zero. In particolare:

1. le nubi in media riflettono il 25% della *radiazione*, assorbono circa l'1% e diffondono il resto in modo tale che il 14% raggiunge il suolo terrestre;
2. una quantità di energia pari al 18% viene dispersa dalle particelle di *vapore acqueo*. Di questa il 7% viene riflessa verso lo spazio e l'11% arriva al suolo;
3. il 16% dell'*energia solare* viene assorbito direttamente dall'*atmosfera* e il 26% giunge sulla superficie terrestre; di questo 26%, il 5% viene riflesso dalla superficie terrestre disperdendosi (*albedo*).

Una volta raggiunta dalla radiazione solare, la Terra si riscalda diventando così un corpo che irraggia energia sotto forma di *calore*. Questo fatto è di enorme importanza perché il riscaldamento dell'aria non avviene solo a spese dell'energia direttamente proveniente dal Sole, ma dipende anche dalla radiazione emessa dal suolo. A differenza del Sole, la Terra è in grado di emettere esclusivamente *raggi infrarossi*, la maggior parte dei quali viene assorbita e riflessa dalle molecole di vapore acqueo e di *anidride carbonica* presenti nell'atmosfera dando luogo all'*effetto serra*. Il calore non si disperde così negli strati superiori dell'atmosfera e mantiene più elevate le temperature della fascia più vicina al *suolo*. Se la Terra non cedesse l'energia ricevuta dal Sole il pianeta si scalderebbe indefinitamente e su di esso sarebbe impossibile ogni forma di vita. Le emissioni eccessive di *anidride carbonica* (CO₂), anche di natura antropica possono alterare l'attuale equilibrio provocando un aumento della *temperatura* media della terra con una conseguente variazione del clima.

Box 5: Le foreste

Le foreste sono costituite da associazioni di piante ad alto fusto ed arbusti. In un pianeta in cui solo l'11% della terraferma è coltivabile, perché tutto il resto è troppo arido (28%) o troppo freddo (6%), acquitrinoso (10%), troppo ricco di minerali 23% o troppo sottile (22%), la possibilità di avere una copertura forestale che produce biomassa direttamente o indirettamente utilizzabile per la vita umana è di estrema importanza.

Della *biomassa* vegetale vivente che esiste sulla terra, e che ammonta a circa un miliardo di miliardi di tonnellate, il 34% è accumulato nelle foreste tropicali sempreverdi, il 9% in quelle tropicali decidue, il 16% nella foresta boreale e il 19% in quella temperata. Le regioni desertiche contengono solo il 2% della biomassa vegetale, anche se occupano un quarto della terraferma. Le colture artificiali rappresentano solo lo 0,5% della fitomassa esistente, ancor meno dei deserti, che ne

contengono l'1%, anche se le coltivazioni occupano una superficie superiore a quella delle foreste tropicali.

E' da tener conto anche che di tutta la biomassa esistente sul pianeta il 99% è costituita da vegetali e di questo ammontare il 75% è rappresentato dalle foreste. Tutto ciò mette in evidenza come sia diversa la produttività dei vari tipi di *ambiente*. Negli ambienti forestali generalmente vi è un ciclo chiuso degli elementi biogeni e un riutilizzo dell'*energia*. Tutte le coltivazioni, invece, per produrre hanno bisogno di un grande apporto continuo di energia dall'esterno, sia come energia meccanica che come concime, ecc.

Appare quindi chiara l'importanza che questi *ecosistemi* hanno nell'equilibrio generale della *biosfera*. Nel passato esse occupavano superfici molto più ampie di quelle attuali. L'uomo ha per secoli sfruttato queste immense fonti di legname e ne ha ridotto l'estensione per far posto a strade e città, per sviluppare l'agricoltura e la pastorizia o per utilizzare il legname per la costruzione di navi, case o come fonte di calore.

Tutto ciò ha determinato notevoli modificazioni o la riduzione, e talvolta addirittura l'estinzione, di alcune forme viventi.

I rischi collegati alla *deforestazione* sono stati messi in particolare evidenza in tutti i consessi internazionali degli ultimi anni, compreso il Summit mondiale di Rio de Janeiro nel 1992.

Ciò non vuol dire che il legname delle foreste non possa o non debba essere utilizzato, ma ci devono essere profondi cambiamenti nel modo di utilizzazione e nei tipi di gestione.

In alcuni paesi tropicali, ad esempio, dove crescono alberi con legname particolarmente pregiato, per tagliare un albero spesso si distrugge tutto ciò che lo circonda per centinaia di metri. Ciò comporta delle modificazioni profonde nelle condizioni microclimatiche dell'area, l'interruzione dei processi di riciclo degli elementi e le temperature e le piogge a cui il suolo è improvvisamente esposto ne provocano una trasformazione che lo rende inutilizzabile (ferritizzazione), l'erosione e il dilavamento.

Normalmente si associa il concetto di danno derivante dalla deforestazione alla distruzione delle foreste tropicali; ciò è senz'altro vero, ma non bisogna dimenticare che, nonostante la loro estensione e produttività, nell'economia globale del sistema Terra hanno un ruolo rilevante anche le foreste dell'emisfero settentrionale: quelle della Taigà e delle zone temperate.

Proprio la fascia temperata è quella che in passato ha subito la maggiore deforestazione con intense modificazioni del clima a causa dell'uomo che ha trovato questa fascia climatica la migliore per i propri insediamenti.

Tanto per fare un esempio ai tempi dei Romani arrivare in Gallia era veramente un'impresa ed era necessario attraversare fitte e paurose foreste con alberi colossali, la Sicilia era tutta ricoperta di boschi, oggi distrutti per oltre l'80%, l'isola di Creta era tutta forestata e l'effetto mitigante del *clima*

e l'aumento dell'umidità, causati dalla vegetazione, faceva sì che la montagna più alta fosse sempre avvolta nelle nebbie tanto da far ritenere agli antichi che là fosse la dimora degli dei.

Oggi non ci preoccupiamo a sufficienza della deforestazione delle zone temperate semplicemente perché questo paesaggio, a cui siamo abituati, ci sembra "normale", invece, soprattutto nell'ottica di una prevenzione di ulteriori effetti sul clima, sarebbe auspicabile preoccuparci di più della sua riforestazione.

L'aumento progressivo della deforestazione incide negativamente sulla possibilità di conversione di *anidride carbonica* in materia organica che rimarrà "bloccata" a lungo nella massa dei tronchi.

Quando la legna viene bruciata o lasciata sul posto a marcire si ha, invece, un rilascio di anidride carbonica (CO₂) dovuto alla combustione o ai processi di decomposizione. Attualmente, pur con grosse approssimazioni, si stima che le emissioni di anidride carbonica provocate dalla deforestazione e da cambiamenti di uso del suolo siano di circa 1,6 miliardi di t di *carbonio* annue, mentre quelle dovute a combustione siano circa 6 miliardi.

La conseguenza della riduzione del territorio forestale è l'aumento del livello di carbonio rilasciato in atmosfera.

Alcuni modelli globali (cioè per la previsione delle modificazioni del clima a livello globale dell'intero pianeta) prevedono che vi saranno modifiche nella vegetazione delle foreste in seguito alle variazioni della *temperatura* e della disponibilità di acqua.

Ciò può essere positivo per la taigà, che potrebbe espandersi anche in zone oggi troppo gelate per permettere la vita di specie arboree, ma renderebbe critica la sopravvivenza in altre aree soprattutto tropicali o temperate.

L'aumento di temperatura, inoltre, potrebbe avere sui boschi un effetto dannoso indiretto come la crescita del numero degli incendi e la diffusione di alcune fitopatie.

Il controllo della deforestazione e l'aumento della riforestazione, insieme ad una gestione che cerchi di mantenere gli equilibri degli ecosistemi forestali, sono di estrema importanza per la prevenzione degli effetti dei possibili cambiamenti climatici.

Per conservare le foreste sane e in grado di assorbire anidride carbonica, infatti, c'è bisogno di una politica di gestione oculata, sia rispetto ai tagli che al rimboschimento, tenendo anche presente il ruolo multifunzionale delle foreste.

BOX 6: Le zone umide o "wetland"

Le zone umide sono *ecosistemi* di notevole complessità. Sono presenti sia in aree interne che costiere in tutti i continenti, eccetto che in Antartide, e coprono approssimativamente il 4-6% della superficie della Terra. Queste aree naturali sono particolarmente importanti per la regolazione del regime delle acque, provvedono a fornire habitat caratteristici per la *flora* e la fauna conservando così la *biodiversità* di certi ecosistemi, e hanno inoltre l'importante funzione di serbatoio di carbonio

(vedi *assorbimento*). L'importanza economica e ambientale delle zone umide all'interno del Bacino del Mediterraneo è stata sancita a livello internazionale con la Convenzione di Ramsar nel 1971. Sino ad oggi i dodici Paesi (Algeria, Egitto, Francia, Grecia, Italia, Giordania, Malta, Marocco, Portogallo, Spagna, Tunisia ed ex-Jugoslavia) che hanno firmato tale Convenzione hanno indicato in totale 89 zone umide, considerandole come un unico *sistema ecologico*. La convenzione di Ramsar è tra i più importanti accordi internazionali sottoscritti dall'Italia in tema di conservazione della *natura*. In Italia esistono 45 "Zone Umide di Valore Internazionale" la più grande delle quali, con i suoi 10.000 ettari è il Delta del Po in provincia di Ferrara; 14 zone misurano tra i 1.000 e i 4.000 ettari e le rimanenti sono molto più piccole.

A livello mondiale in questi ultimi decenni le zone umide sono state modificate o degradate a un ritmo sempre più allarmante. Ciò ha determinato la perdita di valori ambientali ed economici tipici. La causa del degrado è da attribuire alla eccessiva pressione esercitata dall'uomo su queste aree, in particolare:

- 1) i modelli di sviluppo agricolo, soprattutto in quei Paesi che devono far fronte ad una domanda crescente di cibo rispetto a una popolazione in aumento e alla connessa bonifica con prosciugamento dell'area;
- 2) le attività di pesca intensiva con conseguente *eutrofizzazione*;
- 3) l'*inquinamento*, con avvelenamento od *eutrofizzazione*, e l'*erosione* delle zone costiere;
- 4) lo sviluppo delle attività turistiche basate sulla speculazione più che sull'investimento di lungo periodo con eliminazione delle zone umide o il loro inquinamento;
- 5) lo sviluppo delle infrastrutture umane;
- 6) la scarsa consapevolezza dei loro valori ambientali.

Le zone umide costiere mediterranee sono minacciate anche dalla diminuzione delle barriere sabbiose protettive per erosione della linea di costa, dall'aumento della salinità delle acque e dalla generale diminuzione del contenuto di ossigeno. Questi fenomeni non sono esclusivi delle zone Mediterranee, ma interessano le zone umide di tutto il mondo: nelle fasce tropicali la perdita delle mangrovie è in parte connessa al riscaldamento globale e al conseguente innalzamento del livello del mare e in parte connessa allo sfruttamento intensivo per scopi economici. Un esempio è il taglio delle mangrovie per favorire insediamenti di allevamenti di molluschi e crostacei. Le possibilità di *adattamento*, di conservazione e di ripristino delle zone umide, in risposta al cambiamento climatico, variano in base alla loro tipologia. Di fronte alle perdite di zone umide nei Paesi in via di sviluppo è di fondamentale importanza avviare una gestione sostenibile basata su una maggiore conoscenza delle dinamiche ecologiche di tali zone, dell'importanza delle loro funzioni e dei problemi ad esse collegati. Tutto ciò è di estremo interesse perché la perdita di zone umide potrebbe avere un serio impatto sulle comunità rurali che fondano la loro economia sulle queste risorse.

BOX 7: Modelli climatici

Un modello é una rappresentazione di un fenomeno o di una situazione. Può essere presentato in forma grafica, meccanica, mediante una formulazione matematica. Un modello di previsione rappresenta le possibili conseguenze di una azione. I modelli per la previsione dei cambiamenti climatici utilizzano diversi tipi di approccio:

- 1 - metodo delle analogie;
- 2 - modelli numerici di circolazione atmosferica generale (sigla AGCM);
- 3 - modelli oceanici (sigla OGCM);
- 4 - modello del ciclo del *carbonio*;
- 5 - modelli accoppiati di *atmosfera* e *oceano*.

1. Metodo delle analogie

Si basa su due parti indipendenti. Nella prima si studiano le relazioni tra le concentrazioni di *anidride carbonica* (CO₂) e le corrispondenti temperature medie globali in vari tempi del passato. Nella seconda vengono ricostruiti, per epoche scelte, modelli climatici regionali che ipotizzano un aumento di *gas serra*, con lo scopo di paragonare le condizioni climatiche storiche con quelle future. Questo metodo è di uso limitato e sembra non essere adatto per previsioni climatiche dettagliate.

2. Modelli numerici di circolazione atmosferica generale (AGCM)

Modelli teorici che studiano le condizioni climatiche globali. Il loro scopo è quantificare le conseguenze del progressivo effetto serra e prevedere i potenziali effetti nel tempo del riscaldamento globale. Si basano su principi fisici che descrivono il comportamento dell'*atmosfera* in situazioni particolari. Le variabili che il modello intende prevedere sono vento, *temperatura*, *umidità*, pioggia ed altri fenomeni atmosferici.

3. Modelli oceanici (OGCM)

Si utilizzano per studiare il ruolo degli oceani nel cambiamento climatico.

4. Modello del ciclo del carbonio

Lo scambio di biossido di carbonio tra l'*oceano* e l'*atmosfera* è considerato importante al fine di una valutazione del cambiamento climatico. Con questo modello si valuta la ripartizione della *anidride carbonica* (CO₂) tra atmosfera e oceano negli ultimi 100 anni e come tale ripartizione si modificherà in futuro in corrispondenza di una risposta dell'*oceano* al cambiamento climatico globale.

5. Modelli accoppiati di atmosfera e oceano

A causa del forte legame tra *oceano* ed *atmosfera* nel sistema climatico è opportuno che i modelli AGCM e OGCM siano utilizzati insieme per produrre informazioni sulla *temperatura* del mare in superficie, la copertura dei ghiacci, il flusso di calore totale, la *radiazione solare* e il vento. Uno dei principali problemi nella costruzione di questi modelli deriva dai diversi intervalli temporali che

devono essere studiati per valutare cambiamenti significativi in atmosfera e nell'oceano: da un giorno per l'atmosfera a 1000 anni per l'oceano in profondità.

Per valutare le stime prodotte dai modelli è necessario confrontare le simulazioni con i valori osservati ed identificare gli errori. Il confronto tra i dati simulati dal modello e quelli osservati mediante l'utilizzo di tecniche statistiche è detto validazione del modello.

BOX 8: Scenari degli impatti dei cambiamenti climatici

Per condurre valutazioni sugli *impatti del cambiamento climatico* è necessario ottenere rappresentazioni dei cambiamenti nel clima. Gli scenari climatici forniscono tali rappresentazioni.

Gli scenari base del clima sono:

1. scenari basati su serie storiche di valori registrati;
2. scenari di analogia paleoclimatica;
3. scenari basati su aggiustamenti arbitrari;
4. scenari derivati dai modelli di circolazione generale.

1. Scenari basati su serie storiche di valori registrati.

Possono essere sviluppati in diversi modi:

- anomalie storiche: si focalizzano su anomalie climatiche che provocano effetti significativi nel breve periodo. Un cambiamento di clima nel futuro potrebbe comportare una diversa frequenza di questi eventi;
- analogie storiche: usano periodi di *temperatura* elevata a scala globale in tempi passati come potenziali analogie di un mondo più caldo indotto dall'aumento di *gas serra*;
- correlazioni storiche: è una variazione all'approccio dell'analogia, che include la stima dei valori della temperatura dell'aria sulla superficie terrestre e nello stesso periodo la stima dei valori delle temperature locali.

Esistono diverse difficoltà associate all'uso di questi scenari. Le variazioni di temperatura nel secolo passato sono, infatti, molto più piccole di quelle attese per il futuro ed inoltre le cause possono essere diverse.

2. Scenari di analogia paleoclimatica

Presentano due parti indipendenti. Nella prima si valuta il grado di dipendenza della *temperatura* dalle concentrazioni atmosferiche di *anidride carbonica* (CO₂), basandosi sulle serie storiche, la seconda ricostruisce i modelli regionali di clima usando gli scenari paleoclimatici per possibili periodi caldi futuri. Forniscono stime migliori di quelle basate su registrazioni di valori storici, anche se esistono riserve in quanto non forniscono informazioni sugli eventi estremi.

3. Scenari basati su aggiustamenti arbitrari

Si basano su aggiustamenti del clima attuale ipotizzando cambiamenti di *temperatura*. Questo approccio è utile per esprimere un giudizio sul clima futuro in assenza di informazioni più dettagliate.

4. Scenari derivati dai modelli di circolazione globale

I modelli di circolazione globale (sigla GCM) sono al momento lo strumento più sofisticato per stimare gli effetti futuri sul clima dell'aumento dei *gas serra*. Essi non sono sufficientemente adeguati a previsioni di un cambiamento climatico a livello locale ed anche a livello globale presentano numerose incertezze.

Oltre agli scenari tecnici per valutare le conseguenze del cambiamento climatico l'*IPCC* ha proposto una serie di scenari di tipo qualitativo.

APPENDICE

SIGLE

AIE (Agenzia Internazionale per l'Energia/International Energy Agency): istituzione autonoma creata dall' OCSE nel novembre 1974, con il compito di realizzare un programma di cooperazione energetica tra 23 paesi facenti parte dell'OCSE. Tra i principali obiettivi assicurare rifornimenti petroliferi regolari, sviluppare rapporti di cooperazione con i Paesi produttori di *petrolio*, ridurre la dipendenza energetica dalle importazioni petrolifere. I Paesi che aderiscono all'AIE sono: Australia, Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Giappone, Lussemburgo, Olanda, Nuova Zelanda, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito e Stati Uniti.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): istituita nel 1988 dalla *WMO* e *UNEP* con il compito di valutare attraverso tre gruppi di lavoro:

- lo stato dell'arte delle conoscenze scientifiche circa i problemi del clima globale e dei possibili cambiamenti climatici indotti da attività umane (Working Group I);
- i possibili o eventuali impatti ambientali e socioeconomici derivanti da ipotetiche variazioni climatiche globali o da cambiamenti climatici presumibili in base alle conoscenze acquisite (Working Group II);
- le possibili strategie di risposta in termini di opzioni tecnologiche e piani operativi di intervento, al fine di prevenire o limitare i possibili cambiamenti climatici, mitigarne le conseguenze o comunque adattarsi alle variazioni del clima (Working Group III).

Il primo Rapporto di Valutazione dell'IPCC è stato completato nell'estate del 1990 e presentato a Ginevra alla "Seconda Conferenza Mondiale sul Clima" (29 ottobre - 7 novembre 1990). La revisione e l'aggiornamento di questo primo Rapporto sono stati effettuati dall'IPCC all'inizio del 1992 e presentati alla Conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo di Rio de Janeiro (giugno 1992). Il secondo Rapporto di Valutazione è stato presentato alla fine del 1995 a Roma.

OCSE (Organizzazione per la cooperazione economica e lo sviluppo): fondata il 14 dicembre 1960 ed entrata in funzione il 30 settembre 1961. Promuove politiche destinate a realizzare una più elevata crescita dell'economia, dell'occupazione e dello standard di vita dei paesi membri. I membri fondatori sono: Austria, Belgio, Canada, Danimarca, Francia, Germania, Grecia, Islanda, Irlanda, Italia, Lussemburgo, Olanda, Norvegia, Portogallo, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito e Stati Uniti. Successivamente entrano a far parte dell'OCSE Giappone (aprile 1964), Finlandia (gennaio 1969), Australia (giugno 1971), Nuova Zelanda (maggio 1973), Messico (maggio 1994).

UNEP (United Nations Environment Programme): Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente.

WMO (World Meteorological Organization/Organizzazione Meteorologica Mondiale): organismo operante nell'ambito ONU per promuovere e coordinare la collaborazione sui problemi della *meteorologia*.

UNITA' DI MISURA

barile: misura petrolifera. Un barile di *petrolio* equivale a 0,137 t e a 158,984 litri.

chilocaloria (kcal): costituisce l'unità di misura dell'*energia* ed è definita come la quantità di calore che occorre ad 1 kg. di acqua distillata per portarla da 14,5 a 15,5 °C.

Joule (J): unità di misura dell'*energia* secondo il Sistema Internazionale l'energia si misura in Joule (J). Il Joule è il lavoro compiuto da una forza di 1 Newton (N) per un metro; il N, a sua volta, è la forza che imprime ad un corpo di 1 kg l'accelerazione di 1 metro al secondo. L'energia, specie quella elettrica, può continuare ad essere misurata in chilowattora (kWh). E' utile tenere presenti le seguenti equivalenze:

$$1 \text{ kcal}=4,186 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh}=3600 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ TEP}=42 \text{ GJ}$$

metro cubo (m³): si usa per definire quantitativi di gas di qualunque natura.

Mtec: milioni di tonnellate equivalenti di *carbone*.

Mtep: milioni di tonnellate equivalenti di *petrolio*.

tec: è l'*energia* equivalente a quella ottenuta dalla combustione di una tonnellata di *carbone*. Si utilizza per comparare i consumi delle diverse fonti energetiche con il carbone.

tep: è l'*energia* equivalente a quella ottenuta dalla combustione di una tonnellata di *petrolio*. Si utilizza per comparare i consumi delle diverse fonti energetiche con il petrolio.

Gli Autori

Gaetano Borrelli, laureato in Sociologia e Filosofia, ricercatore presso l'ENEA dal 1980. E' uno degli Autori sia della Prima che della Seconda Comunicazione Nazionale sul Clima.

Antonia Marchetti, laureata in Sociologia, all'ENEA dal 1986.

Rosa Franzese e Daniela Romano, laureate in Scienze Statistiche ed Economiche, borsiste presso l'ENEA. Hanno svolto le loro tesi di laurea, ed in seguito la borsa di studio, su temi che riguardano gli aspetti economici e statistici del cambiamento climatico.