

nuovo
**LESSICO
& NUVOLE** le parole del
cambiamento
climatico 



NUOVA EDIZIONE

200+ parole
12 dossier di approfondimento

a cura di

Gianni Latini
Marco Bagliani
Tommaso Orusa

prefazioni

Sergio Costa
Ministro dell'Ambiente

Stefano Geuna
Rettore dell'università di Torino



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO

nuovo
LESSICO
e **NUVOLE:**

*le parole del
cambiamento
climatico*

*a cura di
Gianni Latini
Marco Bagliani
Tommaso Orusa*



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



agorà scienza



UniToGO
UNIVERSITÀ DI TORINO
GREEN OFFICE

Lessico e Nuvole:

le parole del cambiamento climatico

a cura di Gianni Latini, Marco Bagliani e Tommaso Orusa

Seconda edizione, novembre 2020

Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement (Agorà Scienza)
della Direzione Ricerca e Terza Missione - Università degli Studi di Torino
agorascienza.it / frida.unito.it / publicengagement@unito.it

UniToGO: UniTo Green Office - Università degli Studi di Torino
green.office.it / unito-go-clima@unito.it

Indirizzo e-mail di progetto: lessicoenuvole@unito.it

Progetto grafico: Dunja Lavecchia
Fotografia in copertina: pexels.com

ISBN: 9788875901752



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons
Attribuzione: Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale citando la fonte.

A Simona Fratianni
professoressa associata
del Dipartimento di Scienze della Terra
dell'Università di Torino

Vi è un incanto nei boschi senza sentiero.
Vi è un'estasi sulla spiaggia solitaria.
Vi è un asilo dove nessun importuno penetra
in riva alle acque del mare profondo,
e vi è un'armonia nel frangersi delle onde.
Non amo meno gli uomini, ma più la natura
e in questi miei colloqui con lei io mi libero
da tutto quello che sono e da quello che ero prima,
per confondermi con l'universo
e sento ciò che non so esprimere
e che pure non so del tutto nascondere.

Lord Byron,
da *Childe Harold's Pilgrimage*,
canto 4 stanze 178-186.

Sommario

9	Prefazione di Sergio Costa
11	Prefazione di Stefano Geuna
13	Prefazione dei curatori
15	Introduzione
23	Autori e curatori
29	Ringraziamenti
31	Come usare questo testo

34

**Lessico e nuvole:
le parole del cambiamento climatico
(Parte 1: A-I)**

232

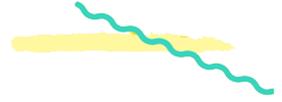
Percorsi di lettura

237	1. Diversi sguardi, un solo obiettivo: l'approccio interdisciplinare alla crisi climatica
241	2. Astronave Terra: uno sguardo da lontano
245	3. Quel filo invisibile tra salute e cambiamenti climatici
249	4. Satelliti, fuoco e tagli selettivi. La gestione dei boschi che li salverà
255	5. Patogeni in movimento: quale impatto sugli agroecosistemi?
261	6. Il Diritto di vivere. Verso una giurisprudenza che tutela la natura
265	7. Globale e locale. La geografia dei cambiamenti climatici
269	8. La via europea per l'economia green
273	9. I fondamenti sociali della crisi climatica
277	10. Le dimensioni umane della crisi climatica
281	11. Parlare è pensare
285	12. Ragnatele e farfalle: la complessità del sistema climatico

292

**Lessico e nuvole:
le parole del cambiamento climatico
(Parte 2: L-Z)**

473	Bibliografia generale
479	Sitografia generale
480	Indice Analitico
483	Indice per ambiti disciplinari



Prefazione

di Sergio Costa

La necessità di una transizione verso un modello di società più virtuosa e sostenibile, capace di promuovere uno sviluppo equo e di arrestare gli impatti devastanti dei cambiamenti climatici, è ormai entrata a far parte del comune sentire ed è una priorità nell'agenda politica nazionale ed europea.

Ma qualunque trasformazione, qualunque rito di passaggio si ancora a una serie di immaginari. La costruzione di nuovi paradigmi è la costruzione di una speranza e, ancora di più, di un progetto di futuro. Paradigmi che hanno bisogno di parole nuove o di parole antiche cariche di nuovi significati. Un lessico per il XXI secolo.

Recentemente il Ministero dell'Ambiente ha allestito una mostra sulle origini della parola "ambiente" in occasione della Settimana del Pianeta Terra, il festival delle geoscienze che da dodici anni anima tutto il territorio nazionale con centinaia di iniziative. Pochi ricordano, infatti, che l'accezione moderna di questa parola, intorno alla quale è costruito lo stesso dicastero che se ne occupa, ha un punto e una data di origine molto specifiche ed esatte.

I termini Ambiente, Territorio e Paesaggio assumono, come è noto, significati differenti nei diversi ambiti disciplinari e culturali. Ma congiuntamente questi termini racchiudono lo spazio dell'agire umano, si connettono in modo concreto e inscindibile, influenzandosi a vicenda e influenzando a loro volta il processo di sviluppo dei sistemi economici locali, offrendo all'umanità opportunità e vincoli, possibilità di crescita e consapevolezza dei limiti. Non stupisca quindi che il primo a usare il termine "ambiente" sia stato il padre della scienza moderna: Galileo Galilei. La data da ricordare è quella del 20 ottobre 1623, quando "ambiente" compare per la prima volta come sostantivo nell'opera di Galilei *Il Saggiatore*, il volume del quale abbiamo messo in mostra la primissima edizione di quattrocento anni fa al festival delle geoscienze.

Quattro secoli dopo la comunità internazionale avverte l'urgenza di un cambio di passo per superare la crisi climatica, che può avvenire soltanto se saremo in grado di mettere in atto un pacchetto di misure ambiziose, nel solco dell'Accordo di Parigi e tenendo ben presenti gli obiettivi dell'Agenda 2030.

In questo contesto, il nostro Paese si presenta non soltanto in linea con gli obiettivi al 2020, ma conta di superarli garantendo al contempo concrete prospettive di crescita alle nostre aziende ed efficaci misure di salvaguardia dell'ambiente, a beneficio di questa generazione e di quelle a venire.

A questo proposito, nel Piano clima ed energia abbiamo fissato le azioni necessarie a realizzare gli obiettivi di riduzione delle emissioni, puntando alla decarbonizzazione dell'economia entro il 2025.

Le evidenze scientifiche e la realtà intorno a noi ci impongono di affrontare con la massima urgenza il surriscaldamento globale, sostenendo azioni di contrasto ai cambiamenti climatici e puntando a modelli economici all'insegna della sostenibilità, a tutela del pianeta e della salute.

A questo proposito, sappiamo anche che l'epidemia legata al Coronavirus, dalla quale purtroppo non siamo fuori e che continua a causare morte e sofferenza in numerosissime aree del Pianeta, ci ha riportato al "punto zero".

E così, come nell'ultimo anno abbiamo tutti imparato il significato di parole come "lockdown", "spillover" o "Covid", abbiamo anche potuto assistere, nei mesi di confinamento a casa, a una sorta di rivincita della natura, che è stata in grado di riprendersi degli spazi che la presenza massiccia delle attività umane le avevano sottratto. Abbiamo anche visto le acque inquinate di fiumi e del mare tornare limpide in zone di forte criticità, e potuto constatare un generale miglioramento della qualità dell'aria.

Tutti questi aspetti ci hanno riportato al "punto zero" mettendoci di fronte alla necessità di costruire insieme una nuova normalità, un nuovo "corso green" che passa dall'urgenza di modificare radicalmente le nostre abitudini, per esempio evitando il più possibile il ricorso alla plastica monouso, e si estende alla capacità di orientare il mercato e la ripresa in chiave sostenibile. Per farlo, stiamo agendo politicamente con azioni mirate per la salvaguardia del territorio, per la promozione della mobilità sostenibile, per gli incentivi alle ristrutturazioni a basso impatto ambientale e alla rigenerazione urbana, per la decarbonizzazione e lo sviluppo di fonti energetiche rinnovabili, per l'individuazione e la repressione dei reati ambientali.

Tutte queste azioni hanno però bisogno di iniziative di supporto, e di un vocabolario nuovo, come quello fornito da *Lessico e nuvole*, fondamentale perché in grado di diffondere il tema dei cambiamenti climatici nelle università, nelle scuole, che da quest'anno potranno anche contare sulla presenza dell'educazione ambientale tra le materie di studio. Se i cittadini stanno dimostrando negli ultimi tempi una sempre maggiore consapevolezza sui temi ambientali, lo dobbiamo soprattutto alle nuove generazioni di studenti e giovani scesi in piazza a migliaia per rivendicare il diritto a ereditare un mondo più pulito, uno sviluppo più sostenibile. Non abbiamo un Pianeta B, ed è nostra responsabilità e nostro compito non sprecare questa presa di coscienza.

Sono certo che *Lessico e nuvole* saprà stimolarla, allargando l'invito a intraprendere tutte quelle azioni di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici, di carattere individuale e collettivo, in grado di proiettarci verso un futuro migliore.

Sergio Costa,

Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Prefazione

di Stefano Geuna



L'Università di Torino prosegue il suo impegno a svolgere azioni concrete per la sostenibilità ambientale. Una di queste è *Lessico e nuvole*, la guida linguistica e scientifica per orientarsi nelle più urgenti questioni relative al riscaldamento globale. Quest'anno giunge a una seconda, ricca e rinnovata edizione. Si tratta di un'opera *open access* che, curata dalla Sezione Valorizzazione della Ricerca e *Public Engagement - Agorà Scienza* - e dal *Green Office UniToGO*, raccoglie i contributi di docenti, ricercatrici e ricercatori dell'Università di Torino con alcune importanti partecipazioni dal Politecnico di Torino, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, da altri atenei italiani e da alcuni enti e centri di ricerca nazionali.

Perché un lessico?

La realtà comincia a prendere forma nella nostra mente quando cominciamo a possedere le parole giuste per descriverla. Conoscere il lessico del cambiamento climatico significa smettere di pensare che esso non ci riguardi, smettere di pensare che le “tempeste tropicali” siano, appunto, “tropicali” e quindi, per definizione, remote e irrilevanti per noi che viviamo ad altre latitudini, o che la degradazione del permafrost sia un fenomeno al quale non possiamo opporre resistenza. Ecco perché questa guida alle parole del clima è così preziosa.

Ed ecco perché è così importante che sia nata in una università, dove i saperi sono trasversali e si parlano tra loro, dove, nell'aspirazione all'universalità, i concetti di lontano e vicino si sfumano e lo sguardo si fa più complessivo. E se preferisco chiamarla “guida” e non “dizionario” è per indicare che, proprio come le conoscenze prodotte in università formano una rete, i singoli lemmi di *Lessico e nuvole* formano, collegandosi tra loro, una vera e propria trama, avvincente quanto quella di un romanzo. Ognuna delle voci che la compongono ci fa scoprire un aspetto del cambiamento climatico, ma ci aiuta anche a immedesimarci in questo processo, ci fa sentire protagonisti della salvaguardia del nostro pianeta, e, quindi, di noi stessi.

Lessico e nuvole parla all'intera comunità universitaria e, attraverso di essa, parla alla società nella sua interezza. Parla a chi fa ricerca e a chi insegna, stimolando una riflessione sull'ambiente anche in ambiti che sembrano lontani dallo studio del clima (ma, “vicino” e “lontano”, lo ribadisco, sono idee destinate a sfumarsi quando si parla di sapere); parla a chi in università svolge altre funzioni lavorative, suggerendo abitudini che, anche sul posto

di lavoro, siano più eco-compatibili e, naturalmente, parla alle studentesse e agli studenti per offrire loro i comandi con cui pilotare il futuro.

Alla recente mobilitazione dei giovani, che chiedono un'inversione di tendenza nello sfruttamento indiscriminato delle risorse, l'università deve rispondere fornendo a quegli stessi giovani conoscenze e strumenti estremamente differenti, ma, al tempo stesso, convergenti verso un obiettivo primario: salvare il Pianeta e i suoi abitanti. Dobbiamo restituire alle nuove generazioni una fiducia, non più cieca, nell'avvenire; una fiducia fatta di consapevolezza e di impegno. Per questo, l'Università di Torino ha voluto un *Green Office* e un vicerettorato alla sostenibilità, per questo è fiera dei propri piazzamenti nelle classifiche degli atenei più virtuosi dal punto di vista dell'impatto ambientale.

Un'ultima considerazione voglio farla da medico, oltre che da docente e da Rettore.

La pandemia del 2020 ci ha mostrato, se ancora ce ne fosse stato il bisogno, come l'ambiente e l'antropizzazione non possano essere considerati i termini di una coppia oppositiva; ci ha detto a chiare lettere che quando l'umanità dimentica di essere parte dell'ambiente va incontro alla distruzione e perde ciò che ha di più caro, a partire dalla salute. Curare l'ambiente significa cominciare a curare le persone, impedendo che si ammalino dei molti mali legati a un progresso non governato.

Lessico e nuvole ci aiuta anche in questo, ci aiuta a scorgere rapporti di causa ed effetto in eventi che sembrano il frutto di una pura casualità o di un destino ineluttabile.

*Stefano Geuna,
Rettore dell'Università degli Studi di Torino*



Prefazione alla seconda edizione

La crisi climatica in atto comporta una vera e propria rivoluzione planetaria di tutti i fenomeni connessi al clima e, di conseguenza, di molti aspetti della nostra vita; una rivoluzione che sta interessando profondamente anche i modelli di rappresentazione di questi fenomeni e il linguaggio utilizzato per descriverli. Un nuovo assetto che va affrontato con strumenti adatti e aggiornati.

L'idea di definire un lessico rinnovato sui cambiamenti climatici si integra in questo quadro generale e, concretamente, è nata dalla volontà e dall'esigenza dell'Università di Torino di contribuire al dibattito pubblico sul tema. Nel corso del 2019, per valorizzare la ricerca sviluppata in Ateneo, per rispondere alla domanda di informazioni e dati chiari e aderenti alla realtà da parte di studentesse e studenti appartenenti al movimento *Fridays For Future*, ma anche sotto la spinta della Città di Torino di contribuire a un'importante serie di eventi per il grande pubblico, è nata la prima edizione di *Lessico e nuvole*, su un'idea progettuale di Gianni Latini, poi arricchita e sviluppata insieme agli altri curatori.

La prima edizione si è diffusa ampiamente e rapidamente, anche grazie al collegamento con il progetto *Capiamo i cambiamenti climatici*, una serie di incontri dal vivo e online rivolti al grande pubblico, organizzata dal *Green Office* dell'Ateneo tra il novembre 2019 e giugno 2020 (tutti gli incontri sono tutt'oggi fruibili online al sito green.unito.it).

Se la prima edizione ospitava una selezione di 65 voci redatte da 21 autori, questa seconda propone 227 voci (per 244 definizioni distinte) scritte da ben 82 autori. Gli ambiti disciplinari toccati dalle definizioni sono passati da 9 a 37. Questa seconda edizione costituisce un punto di arrivo importante per il progetto, che proseguirà nei prossimi anni con la diffusione e la valorizzazione dell'opera; allo stesso tempo, oltre a essere un punto di partenza per future versioni, costituisce sin da oggi un database di competenze e informazioni, con il quale progettare nuove e stimolanti attività di coinvolgimento del pubblico e supportare gli altri progetti dell'UniTo *Green Office* e della Sezione Valorizzazione della ricerca e *Public Engagement* dell'Ateneo, come per esempio il portale FRidA - frida.unito.it.

Anche questa seconda edizione, pur molto più ampia della prima, non ha pretesa di completezza in relazione agli argomenti presentati, né di esaustività, data la vastità e complessità dei temi trattati.

Lessico e nuvole: le parole del cambiamento climatico è un'opera *open access* che raccoglie i contributi di molti autori: docenti e ricercatori dell'Università di Torino con alcune importanti partecipazioni dal Politecnico di Torino, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche, da altri atenei e da importanti enti pubblici e privati.

Come curatori, abbiamo operato al meglio delle nostre capacità e competenze alla stesura e revisione delle definizioni e dei testi di accompagnamento alla fruizione dell'opera, come i percorsi di lettura e le citazioni. Ogni refuso e imperfezione della forma sotto la quale sono presentati i contenuti sono di nostra esclusiva responsabilità: saranno lo stimolo per aggiornare l'opera rendendola migliore.

*I curatori,
Gianni Latini
Marco Bagliani
Tommaso Orusa*



Introduzione

di Marco Bagliani, Maria Cristina Caimotto,
Gianni Latini, Tommaso Orusa

Le conseguenze della crisi climatica ci toccano sempre più da vicino. La cronaca ci aggiorna sui cambiamenti delle condizioni climatiche delle regioni lontane ma anche, sempre più di frequente, dei nostri territori e riporta gli impatti socio-politici e gli effetti economico-finanziari su scala globale che tali cambiamenti concorrono a causare. Le stesse modalità e le tendenze mediatiche vengono interessate e modificate: il linguaggio evolve e si adatta per accompagnare il processo di studio del fenomeno e la sua rappresentazione collettiva.

Per contribuire a costruire un'informazione autorevole sul funzionamento del sistema climatico e offrire uno sguardo approfondito e critico sugli impatti generati e sulle politiche passate e future, l'Università di Torino si è attivata su più fronti. Uno dei risultati di questo impegno è il presente Lessico che, frutto del lavoro coordinato della Sezione Valorizzazione della Ricerca e *Public Engagement* (Agorà Scienza) e del gruppo Cambiamenti Climatici dell'UniTo *Green Office* (UniToGO) vuole raccontare la crisi climatica attraverso le competenze di studiosi universitari.

Il particolare approccio di questo Lessico consiste nel porsi all'incrocio tra lo studio della crisi climatica e l'analisi critica delle rappresentazioni della stessa. Per meglio comprendere cosa siano i cambiamenti climatici, quanto siano gravi e come sia importante rappresentarli correttamente anche da un punto di vista linguistico, vengono qui di seguito proposti due contributi.

Il primo introduce il fenomeno, ne fotografa la complessità generale e gli impatti presenti e futuri, analizzando brevemente la situazione delle politiche messe fino a ora in atto, da cui emerge l'urgenza assoluta di affrontare la situazione; il secondo è una riflessione su come l'uso del linguaggio può modificare la percezione del fenomeno stesso e di come essa sia soggetta alla scelta delle parole. Un'ultima parte è dedicata, infine, alla presentazione delle motivazioni e degli scopi principali di questo Lessico.

Cosa sono i cambiamenti climatici e perché occuparsene?

I cambiamenti climatici rappresentano una variazione del clima causata da alcune alterazioni della composizione chimica dell'atmosfera terrestre e da variazioni dell'utilizzo del suolo. Si tratta di un tema che ha richiamato l'at-

tenzione di molti organismi sia scientifici sia politici a livello mondiale, ma che viene ancora oggi spesso percepito come un fenomeno su cui la conoscenza scientifica è incerta e la comunità scientifica divisa, quando non viene addirittura apertamente negato per interessi politici o economici.

Nella realtà, come confermato da innumerevoli pubblicazioni sulle più prestigiose riviste scientifiche a livello mondiale, gli scienziati concordano non solo nell'affermare che il cambiamento climatico è inequivocabile, ma anche nell'individuare le attività umane come sua causa principale (Hartmann et al., 2013; Bindoff et al., 2013).

L'emissione antropica di gas a effetto serra e di aerosol nell'atmosfera e il cambio d'uso del suolo sono le principali cause dei cambiamenti climatici cui stiamo assistendo.

Tra le conseguenze che questo cambiamento del sistema climatico comporta, ricordiamo il riscaldamento globale, la fusione dei ghiacciai montani e delle calotte glaciali, l'acidificazione degli oceani, l'innalzamento del livello dei mari, l'erosione della biodiversità, il cambiamento nella distribuzione spaziale e temporale delle precipitazioni, la diminuzione delle precipitazioni nevose, le significative variazioni della produttività agricola, la transizione di alcune regioni del Pianeta (come la foresta pluviale amazzonica) a ecosistemi diversi (*Fifth Report IPCC: AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*; Walther et al., 2002; Wolf et al. 2017, Wolff et al. 2017).

Oltre a questi impatti che coinvolgono il nostro Pianeta alla scala globale, bisogna menzionare per la loro pericolosità, l'aumento delle probabilità che si verifichino a scala locale eventi meteorologici estremi, ondate di calore, siccità, precipitazioni intense con relative inondazioni. Il cambiamento climatico, definito ormai sempre più spesso come "crisi" a evidenziare quello che effettivamente comporta per la vita sulla Terra, inclusa la nostra, è una realtà dei giorni nostri e non farà che accentuarsi in futuro. Come già segnalato dall'ultimo rapporto dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) e sottolineato rispettivamente dai rapporti speciali *Climate Change and Land Ocean* e *Cryosphere in a Changing Climate* usciti nel 2019, anche se le emissioni di gas serra fossero stabilizzate oggi si osserverebbe comunque un aumento della temperatura media globale nei prossimi decenni, con i conseguenti impatti associati.

Partendo da queste considerazioni, si può ben comprendere come il fenomeno non debba assolutamente essere sottovalutato, poiché le società umane vivono e dipendono dalle risorse del Pianeta e da delicati equilibri climatici sempre più compromessi.

La prima opzione per combattere il riscaldamento globale è rivolta alle politiche di mitigazione, che puntano a eliminare le cause del cambiamento climatico, diminuendo il più velocemente possibile le emissioni di gas serra in atmosfera, la deforestazione e gli altri cambiamenti d'utilizzo del suolo oggi in atto.

Si tratta di un cammino iniziato con il Protocollo di Kyoto (entrato in vigore nel 2005) che prosegue ora con l'Accordo di Parigi (2015), in cui i paesi si

sono impegnati, a titolo volontario e senza obblighi vincolanti, ad attuare riduzioni delle emissioni per mantenere l'innalzamento di temperatura entro i 2 °C (e possibilmente entro 1,5 °C) rispetto al periodo preindustriale. Purtroppo la differenza tra i buoni propositi scritti sulla carta e la realtà dei fatti è enorme: gli sforzi messi in atto fino a oggi e anche quelli programmati per il futuro sono totalmente insufficienti a raggiungere i traguardi promessi con Parigi e porteranno a riscaldamenti dell'ordine dei 2,7–3,4 °C e forse anche oltre (Jeffery et al., 2015; Hsu et al., 2015; Höhne et al. 2017).

Questa inadeguatezza delle attuali politiche di mitigazione viene oggi denunciata a gran voce non solo da studiosi ed esperti di queste problematiche ma anche dalle mobilitazioni di milioni di persone in tutto il mondo, tra cui i giovani (e meno giovani) aderenti agli scioperi di *Fridays For Future* e quelli di altri gruppi e movimenti.

La mitigazione non può tuttavia essere l'unica risposta al cambiamento climatico: dobbiamo infatti ormai imparare a vivere con un clima modificato. In particolare, poiché si sono osservati impatti non trascurabili a fronte di aumenti di temperature inferiori a 2 °C (IPCC *Special Reports 2019: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate e Climate Change and Land*; O'Neill, Brian C., 2017), l'Europa e il resto del mondo dovranno adattarsi a cambiamenti inevitabili con politiche adeguate, anche qualora gli obiettivi di stabilizzazione fossero raggiunti.

Il Panel intergovernativo sul cambiamento climatico (IPCC) ha analizzato differenti scenari futuri: uno con consistente mitigazione delle emissioni, due intermedi e uno in cui non si introducono ulteriori misure per ridurre le emissioni di diossido di carbonio (anidride carbonica – CO₂) e degli altri gas climalteranti (modello “*business-as-usual*”). Nel caso più ottimista, caratterizzato da un processo di riduzione e azzeramento delle emissioni, entro la metà del secolo il riscaldamento del Pianeta dovrebbe limitarsi a 2 °C, mentre negli scenari più pessimisti l'incremento della temperatura potrà attestarsi fra i 3,7 °C e i 4,8 °C.

Tra le prime conseguenze c'è l'innalzamento del livello del mare, che in base al termometro potrà essere contenuto a 26 centimetri a fine secolo, oppure arrivare a sfiorare il metro (Hinkel, Jochen, et al. 2015). A far salire gli oceani contribuirà la fusione dei ghiacci terrestri unitamente a quella superficiale della calotta glaciale in Groenlandia e al collasso di alcune aree dell'Antartide. Il ghiaccio marino artico sarà sempre meno esteso in tutti i mesi dell'anno. Un innalzamento dei mari di 90 centimetri metterà a rischio quei 150 milioni di persone (destinate ad aumentare a seguito dell'incremento demografico) che nel mondo vivono in aree costiere “basse”, a non più di un metro sopra il livello del mare. Per la maggior parte si tratta di zone asiatiche, in paesi poveri come il Bangladesh e città ricche come Tokyo e Singapore, che potrebbero essere interamente sommerse. Ma il pericolo interessa anche l'Occidente, da New York ad Amburgo. L'incremento degli eventi estremi, come le piogge intense o le ondate di calore, è una delle conseguenze già evidenti del cambiamento del clima.

Questi scenari fanno da sfondo e conflitti e migrazioni che hanno nelle

mutate condizioni ambientali e climatiche le principali cause. Solo nel 2014, ricorda l'Onu, i disastri naturali hanno causato 19,3 milioni di sfollati con ondate di migrazioni (UNEP, *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters*).

L'aumento delle temperature per l'IPCC avrà un impatto negativo sulle principali colture agricole, in particolare grano, riso e mais, a fronte di una maggiore domanda di cibo determinata dall'aumento della popolazione globale. Sarà sempre più difficile assicurare a tutti il sufficiente approvvigionamento di acqua e cibo a causa di siccità, alluvioni, del calo dei raccolti e dell'instabilità dei prezzi alimentari. Problematiche che andranno a gravare soprattutto sulle aree più povere del mondo.

Il cambiamento climatico aggraverà inoltre le cattive condizioni di salute in molte regioni, soprattutto nei paesi in via di sviluppo: maggiori probabilità di infortunio, di malattia e di morte a causa di ondate di calore più intense e di incendi; maggiori rischi di malattie da zoonosi trasmesse da vettori come zanzare, zecche, ecc.

Infine, in tutti gli scenari l'IPCC prevede che, durante questo secolo, molte specie di flora e fauna affronteranno un rischio maggiore di estinzione con una erosione più o meno considerevole della biodiversità, che rappresenta, per altro, una chiave di resistenza e resilienza ai cambiamenti climatici. Decisiva sarà la capacità delle singole specie di adattarsi a nuovi climi e alle condizioni in cui si troveranno gli ecosistemi.

Per ampliare le conoscenze scientifiche sullo stato di salute del Pianeta, negli ultimi anni molti paesi hanno avviato programmi di raccolta dati tra cui missioni spaziali di osservazione della Terra tramite la raccolta di *Earth Observation Data* telerilevati per disporre di dati capillari sia a terra che dallo spazio. L'Europa con il programma spaziale ambientale Copernicus attraverso le missioni Sentinel ha seguito quanto fatto dalla NASA negli USA con le missioni Landsat e MODIS. Tra i tanti obiettivi scientifici di tali missioni in primo piano è l'osservazione e la misurazione degli impatti dei cambiamenti climatici e della pressione antropica sulle risorse naturali (Hansen, Matthew C., et al., 2013, *Science*) così da mettere in atto piani e strategie in un'ottica di adattamento e mitigazione.

QUALE LINGUAGGIO E QUALE PERCEZIONE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI?

Le scienze e gli ambiti della ricerca fanno molto spesso ricorso al linguaggio matematico per definire teorie, dimostrare teoremi, progettare esperimenti, dispositivi, macchine e strutture, produrre e analizzare dati e molto altro ancora. Sono le caratteristiche di precisione e allo stesso tempo di versatilità e universalità del linguaggio matematico a renderlo così funzionale agli scopi della ricerca: l'esattezza delle sue formulazioni e dei suoi significati sono alla base della condivisione di teorie, esperimenti e risultati all'interno della comunità scientifica.

Questo è vero e fondamentale anche se, ai fini dell'interazione e del con-

fronto, non è sufficiente: le stesse caratteristiche di precisione e universalità sono infatti richieste anche a livello puramente linguistico poiché è solo con l'utilizzo di termini specifici che, in qualunque contesto disciplinare, una comunicazione tra esperti può avvenire in modo efficace. Per comprendere l'importanza e l'attualità di questo aspetto bisogna tenere presente che, negli ultimi decenni, si sono sviluppati molti nuovi campi di ricerca, spesso multidisciplinari, che hanno portato gli scienziati a definire e descrivere nuovi fenomeni e ambiti, se non addirittura nuove grandezze. Ecco allora il fiorire di neologismi e di nuovi significati associati a vocaboli già in uso corrente. Dall'informatica alle nanoscienze, dalla medicina alla robotica, dall'energetica alla sociologia, alle scienze della complessità e, naturalmente, ai cambiamenti climatici, l'innovazione linguistica si è resa necessaria e si è diffusa in ogni settore. E la cosa curiosa è che il tasso della comparsa di neologismi nella letteratura scientifica prodotta da un paese può essere usato come parametro per misurare il grado di innovazione di quel paese (vedi *In poche parole... innovazione! Quando l'economia indaga la ricerca*, di Magda Fontana su frida.unito.it).

Conoscere e condividere questo linguaggio specifico, associato a significati precisi, è pertanto imprescindibile per un corretto approccio alle nuove discipline di ricerca. "Corretto" nel senso di comprendere e utilizzare in modo adeguato i termini condivisi e trasferire il significato voluto e, pertanto, fare un uso "funzionale" del linguaggio (ovvero orientato a precisi obiettivi).

È in ogni caso importantissimo ricordare che, oltre all'aspetto puramente semantico (di significato) delle parole utilizzate, ogni termine trasporta e trasferisce inevitabilmente una componente "analogica" della comunicazione, ovvero evoca immagini, sensazioni ed emozioni. Questa componente, alla quale si aggiunge anche il retaggio storico-culturale che ogni termine porta con sé, incide profondamente sulla percezione di qualunque fenomeno, a livello sia individuale sia collettivo.

Ogni parola è in effetti una vera e propria "àncora": non solo al significato ma anche alle percezioni cui essa riporta e che essa scatena. Queste percezioni sono diverse per ognuno ma, mediamente, possono essere più o meno "positive" o "negative", nel senso che appaiono più o meno funzionali a degli obiettivi generali. Riferirsi a un evento (o situazione, contesto, oggetto, ecc.) con certe parole piuttosto che con altre, riconduce a percezioni inevitabilmente diverse. Per esempio, le parole "patologia" e "malattia" hanno certamente un impatto emotivo differente in ogni interlocutore. Questo perché la prima ha un'accezione più tecnica, più neutra, mentre la seconda evoca sensazioni generalmente legate alla problematicità, alla sofferenza e a uno stato alterato, peggiorativo, della salute.

Anche nel trattare e nel parlare dei mutamenti delle condizioni climatiche l'uso di certe espressioni rispetto ad altre può fare la differenza e, in alcuni casi, è modulato dalla volontà di trasferire verso gli interlocutori percezioni differenti.

Ad esempio è opportuno evidenziare come il passaggio, nel linguaggio co-

mune, da “riscaldamento globale” (*global warming*) a “cambiamento/i climatico/i” (*climate change* in inglese non ha una forma plurale) sia stato influenzato da Frank Luntz, consulente linguistico dell'amministrazione Bush, al fine di ridurre la percezione di pericolo e di conseguenza limitare le regolamentazioni stringenti in materia ambientale, poiché – sosteneva Luntz – «queste generano la perdita di posti di lavoro e un aumento dei costi» (si vedano Lakoff, 2010: 71; Poole, 2006: 42-9).

Rispetto poi alle traduzioni in inglese fornite per ognuna delle voci presenti in questo Lessico, vale la pena di sottolineare le varie implicazioni dell'uso dell'inglese nell'ambito dei discorsi sui cambiamenti climatici e più in generale delle politiche ambientali.

Nella maggior parte dei casi, i nuovi termini che entrano nel lessico italiano arrivano dalla lingua inglese e spesso coesistono sotto forma di prestito (quindi come anglicismi in italiano) e, allo stesso tempo, nella versione tradotta in lingua italiana. Il fenomeno è degno di nota poiché l'uso di parole inglesi all'interno di testi (scritti o orali) in italiano può avere implicazioni politico-ideologiche di varia natura e, in alcuni casi, può trasformarsi in una strategia che ha l'obiettivo di offuscare il pieno significato di ciò che si sta dicendo, magari per mitigarne l'impatto emotivo o per rendere meno trasparenti le responsabilità degli attori coinvolti.

Si tratta ovviamente di un'analisi che va fatta in base al contesto specifico del discorso: in molti casi gli anglicismi sono usati semplicemente per attribuire al testo maggiore prestigio o scientificità. Il movimento giovanile sviluppatosi nel corso del 2019 ha visto, sotto l'aspetto comunicativo, un utilizzo diffuso della lingua inglese negli slogan e nei messaggi. In questo caso – pur con la cautela sempre necessaria di fronte a fenomeni nuovi – la motivazione dominante è quella di sentirsi parte di un dialogo globale, una scelta quindi pragmatica ma non priva di contraddizioni (per approfondimenti si vedano Caimotto e Molino, 2011; Caimotto 2019, 2015, 2013).

La somma di questi aspetti, le tensioni interne che evidenziano questioni ideologiche nelle scelte lessicali e le difficoltà che la comunità scientifica deve affrontare per contrastare la voce semplicistica di chi offre narrazioni alternative, più semplici da comprendere poiché prive di ragionamenti più complessi tipici dell'approccio scientifico, danno la misura di quanto sia importante prestare attenzione ai modi in cui si parla di cambiamenti climatici, o di “crisi climatica”, come sempre più spesso si sente dire, anche per superare l'impostazione di Frank Luntz. La condivisione di un lessico comune, e la capacità da parte della cittadinanza allargata di accedere alle informazioni con atteggiamento critico e con le competenze necessarie per comprendere a pieno le questioni dibattute, sono obiettivi fondamentali per la comunità scientifica nel suo insieme.

MOTIVAZIONI E SCOPI DEL LESSICO

Come già più sopra ricordato, il presente Lessico intende rispondere alla duplice esigenza di approfondire criticamente e scientificamente, da un lato

il funzionamento, gli impatti e le politiche che riguardano la crisi climatica e, dall'altro lato, le rappresentazioni della stessa. A tale fine l'Università di Torino ha fatto riferimento alla Sezione Valorizzazione della ricerca e *Public Engagement* (Agorà Scienza) e al Coordinamento Cambiamenti Climatici dell'UniTo *Green Office*. Agorà Scienza, opera da oltre quattordici anni su più linee di attività, occupandosi di progettare e promuovere iniziative per la condivisione dei risultati della ricerca con la società (agorascienza.it).

Tra i progetti di maggior impatto, FRidA (frida.unito.it) è il primo portale in Italia dove sono le ricercatrici e i ricercatori a raccontare gli sviluppi del loro lavoro ed è lo spazio virtuale che l'Ateneo ha scelto per valorizzare, condividere e promuovere la partecipazione sui temi della ricerca. Il *Green Office* dell'Università di Torino ha come propria missione quella di rendere operativi i principi della sostenibilità applicandoli anzitutto all'interno dell'ateneo, ma anche al territorio circostante (green.unito.it).

Di fronte al gravissimo problema del riscaldamento globale, anche su sollecitazione diretta delle ragazze e dei ragazzi di *Friday For Future*, Agorà Scienza e il Coordinamento Cambiamenti Climatici del *Green Office* hanno deciso di coordinarsi e fare rete tra le competenze presenti nell'Università di Torino per mettere a servizio della cittadinanza le proprie conoscenze e progettualità. In questo senso, il presente testo è parte di un più ampio disegno di terza missione che punta a coinvolgere il territorio per analizzare in modo critico e interdisciplinare i diversi aspetti della crisi climatica con un linguaggio semplice e comprensibile anche ai non addetti ai lavori, ma al tempo stesso rigoroso e scientificamente fondato.

In questo senso, agendo da catalizzatore tra i diversi attori sociali per sviluppare il dibattito pubblico su questi temi, l'Università si propone, con questa pubblicazione, di dare vita a una condivisione di nuove competenze tecniche e linguistiche, utili alla cittadinanza tutta per capire e comunicare in modo corretto i complessi concetti che riguardano i cambiamenti climatici.

Così come le motivazioni, anche gli scopi del progetto dedicato al Lessico sono molteplici. Innanzitutto va chiarito che l'intento di questo libro non è quello di produrre soluzioni per risolvere il problema, quanto piuttosto proporre e promuovere un linguaggio rigoroso e funzionale.

I primi destinatari sono infatti insegnanti e studenti: questo testo nasce con lo scopo di supportarli nelle attività didattiche e di ricerca, fungendo da spunto per approfondimenti a partire dalle definizioni presentate e dagli elementi della bibliografia e della sitografia che ne fanno parte. Inoltre, il Lessico vuole essere di supporto all'orientamento universitario: contenendo definizioni che spesso hanno carattere multidisciplinare, studentesse e studenti potranno avvicinarsi ai vari ambiti della ricerca e toccare con mano quelli che suscitano il loro maggiore fascino.

Un ulteriore scopo è legato a un fenomeno di enorme portata che coinvolge tutti e tutte noi: la proliferazione di pubblicazioni, articoli e notizie diffuse tramite qualunque tipo di canale mediatico che si pongono come "scientifiche", ma che in realtà sacrificano la precisione e la correttezza del linguaggio alla volontà di far colpo sul lettore. Questa "infodemia" pone le basi di una

notevole confusione su termini e concetti, oltreché sui fenomeni presentati.

Tale confusione di significati può diventare terreno fertile per la diffusione di teorie parallele, pseudoscientifiche e, a volte, addirittura negazioniste nei confronti di fenomeni che per la scienza sono ormai certi, come l'esistenza dei cambiamenti climatici e la loro origine antropica. Risulta pertanto fondamentale mettere i cittadini nelle condizioni di orientarsi in questi meandri informativi, sensibilizzandoli anche, fin da ora, su un aspetto determinante: l'attendibilità della fonte. È per questo motivo che, nelle definizioni, si troveranno riferimenti a una bibliografia di tipo prettamente scientifico.

E proprio sull'importanza che poniamo rispetto all'attendibilità della fonte siamo sicuri di incontrare l'interesse di giornalisti, consulenti della comunicazione, divulgatori e di qualunque figura professionale che funga da mediatore tra il mondo della ricerca e la società.

Infine vi è la possibilità che in futuro cittadine e cittadini siano chiamati a esprimersi in merito a progetti di ampia portata tecnologica e sociale: sarà allora fondamentale che queste persone siano in grado di comprendere e documentarsi (sempre da fonti attendibili), facendo riferimento a terminologie specifiche che dovranno essere ben interpretate.

In merito a questo aspetto, ci auguriamo che l'opera possa essere d'aiuto anche agli amministratori e ai decisori politici.



Autori e curatori



Questo testo è frutto dell'impegno e della condivisione delle competenze di numerosi studiosi ed esperti.

I curatori, Gianni Latini, Marco Bagliani e Tommaso Orusa hanno coordinato l'ideazione, la progettazione, la gestione della raccolta e della revisione dei contenuti del Lessico, mettendo a sistema le idee, i contributi e le attività degli 82 autori e degli altri collaboratori.

Alla stesura dei testi relativi alle voci e ai percorsi di lettura hanno collaborato:

Alberto Alma, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Susana Martin Alves, Dipartimento di Psicologia dei Processi di Sviluppo e Socializzazione, Sapienza Università di Roma

Silvia Ariccio, Dipartimento di Psicologia dei Processi di Sviluppo e Socializzazione, Sapienza Università di Roma

Osman Arrobbio, Dipartimento di Culture, Politica e Società – Università di Torino; Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità-IRIS

Grazia Sveva Ascione, Dipartimento di Economia e Statistica "Cognetti de Martiis" – Università di Torino

Davide Ascoli, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Marco Bagliani, Dipartimento di Economia e Statistica "Cognetti de Martiis" – Università di Torino; referente Coordinamento Cambiamenti Climatici Green Office dell'Università di Torino; Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità-IRIS

Alberto Baracco, Dipartimento di Scienze Umane – Università della Basilicata

Alice Baronetti, Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino

Enrico Battisti, Dipartimento di Management – Università di Torino

Riccardo Beltramo, Dipartimento di Management – Università di Torino; Gruppo Rifiuti UniTo Green Office UniToGO

Alberto Bertello, Dipartimento di Management – Università di Torino

Maria Sole Bianco, Worldrise Onlus

Enrico Bollo, Dipartimento di Scienze Veterinarie – Università di Torino

Francesca Bona, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi – Università di Torino

Marino Bonaiuto, Dipartimento di Psicologia dei Processi di Sviluppo e Socializzazione, CIRPA Centro Interuniversitario di Ricerca in Psicologia Ambientale, Sapienza Università di Roma

Sara Bonati, Dipartimento di Storia, Archeologia, Geografia, Arte e Spettacolo – Università di Firenze

Enrico Borgogno Mondino, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Laura Bretti, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale, Sapienza Università di Roma

Maria Cristina Caimotto, Dipartimento di Culture, Politica e Società – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Claudio Cassardo, Dipartimento di Fisica – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Daniele Cat Berro, Società Meteorologica Italiana

Roberto Cavallo, E.R.I.C.A. – Educazione Ricerca Informazione Comunicazione Ambientale

Carmelina Concilio, Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere e Culture Moderne – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Laura Corazza, Dipartimento di Management – Università di Torino

Dario Cottafava, Dipartimento di Culture, Politica e Società – Università di Torino

Mattia Cravero, Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino

Silvana Dalmazzone, Dipartimento di Economia e Statistica “Cognetti de Martiis” – Università di Torino

Giulia Dario, Dipartimento di Management – Università di Torino

Samuele De Petris, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Paola Della Valle, Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere e Culture Moderne – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Stefano Duglio, Dipartimento di Management – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Rosalia Stella Evola, Dipartimento di Management – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Elisa Falasco, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi – Università di Torino

Daniela Fargione, Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Stefano Fenoglio, Dipartimento di Scienze della Vita e Biologia dei Sistemi – Università di Torino

Matteo Fermeglia, Centre for Government and Law (CORe), Faculty of Law – Hasselt University

Silvia Ferrarese, Dipartimento di Fisica – Università di Torino

Giulia Alice Fornaro, Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement, Direzione Ricerca e Terza Missione – Università di Torino

Simona Fratianni, Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino

Michele Freppaz, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Cristiano Furiassi, Dipartimento di Lingue e Letterature Straniere e Culture Moderne – Università di Torino

Vladimiro Guarnaccia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Simona Grande, Dipartimento di Management – Università di Torino

Maria Lodovica Gullino, Agroinnova, Centro di Competenza per l'Innovazione in Campo Agro-ambientale e Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Gianni Latini, Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement, Direzione Ricerca e Terza Missione – Università di Torino

Giovanna Leone, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale, Sapienza Università di Roma

Arianna Liconti, Worldrise Onlus; Marine Biological Association

Roberto Louvin, Dipartimento di Scienze Politiche e Sociali – Università degli Studi di Trieste

Micol Maggiolini, Area Sostenibilità, Direzione Edilizia e Sostenibilità – Università degli Studi di Torino; Coordinamento UniTo Green Office UniToGO

Grammenos Mastrojeni, Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale

Bruno Mazzara, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale, Sapienza Università di Roma

Luca Mercalli, Società Meteorologica Italiana

Stefano Migliorisi, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale, Sapienza Università di Roma

Marco Minella, Dipartimento di Chimica – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Silvia Mollo, Unito Green Office, Gruppo Rifiuti e Gruppo Green Power Procurement e Dipartimento di Culture, Politica e Società - Università di Torino

Michael William Monterossi, Dipartimento di Management – Università di Torino

Laura Soledad Norton, Dipartimento di Psicologia dei Processi di Sviluppo e Socializzazione, Sapienza Università di Roma

Riccardo Orusa, Istituto Zooprofilattico Sperimentale Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta (IZS PLV) – SC Valle d'Aosta – CeRMAS (Centro di Referenza Nazionale per le Malattie degli Animali Selvatici)

Tommaso Orusa, Gruppo Energia e Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO; Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Dario Padovan, Dipartimento di Culture, Politica e Società – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Elisa Palazzi, Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima – Consiglio Nazionale della Ricerche; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Vera Palea, Dipartimento di Economia e Statistica “Cognetti de Martiis” – Università di Torino

Alessandro Pezzoli, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio – Politecnico di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Antonella Pietta, Dipartimento di Economia e Management – Università degli Studi di Brescia; Istituto di Ricerche Interdisciplinari sulla Sostenibilità-IRIS

Alex Piovan, Dipartimento di Studi Umanistici – Università di Torino

Alessandra Pollo, Fondazione Giovanni Gorla

Cristina Poncibò, Dipartimento di Giurisprudenza – Università di Torino

Massimo Pugliese, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Carlotta Quagliolo, Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio – Politecnico di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Alessandra Quarta, Dipartimento di Giurisprudenza – Università di Torino

Valentina Rizzoli, Laboratorio comunicazione della scienza del Dipartimento di Formazione, Comunicazione e Servizi di Supporto – Istituto Zooprofilattico Sperimentale delle Venezie

Mauro Sarrica, Dipartimento di Comunicazione e Ricerca Sociale, Sapienza Università di Roma

Filippo Sarvia, Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari – Università di Torino

Andrea Scagni, Dipartimento di Economia e Statistica “Cognetti de Martiis” – Università di Torino; Gruppo Mobilità UniTo Green Office UniToGO

Andrea Tartaglino, Sezione Progettazione Impianti ed Energy Management, Direzione Edilizia e Sostenibilità – Università di Torino; Gruppo Energia UniTo Green Office UniToGO

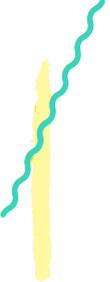
Nadia Tecco, Area Sostenibilità, Direzione Edilizia e Sostenibilità – Università degli Studi di Torino; Coordinamento UniTo Green Office UniToGO

Marco Tonon, Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Torino

Giorgio Vacchiano, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia – Università di Milano

Enrica Vesce, Dipartimento di Management – Università di Torino; Coordinamento Cambiamenti Climatici UniTo Green Office UniToGO

Annalisa Viani, Dipartimento di Scienze Veterinarie – Università di Torino.



Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement / La Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement “Agorà Scienza” dell’Università degli Studi di Torino progetta e promuove iniziative di condivisione e partecipazione con i diversi attori sociali per incrementare l’impatto delle azioni dell’Ateneo sulla società (agorascienza.it).

Ha dato avvio e coordina la segreteria organizzativa della Rete nazionale degli Atenei ed Enti di Ricerca per il Public Engagement - APENet (apenetwork.it).

FRidA è lo spazio virtuale che l’Università di Torino ha scelto per valorizzare, condividere e promuovere la partecipazione sui temi della ricerca (frida.unito.it).

UniTo Green Office / Il Green Office UniToGO è la struttura di coordinamento e progetto sulle politiche di sostenibilità ambientale dell’Università di Torino. Nato nel 2016 e oggi incardinato nella Direzione Edilizia e Sostenibilità, è coordinato dal Vice Rettore Vicario alla Sostenibilità. Ha l’obiettivo, formalizzato nel “Piano di Azione per la sostenibilità ambientale di Ateneo”, di ridurre l’impatto ambientale dell’Ateneo coinvolgendo e impegnando l’intera comunità universitaria. Opera attraverso Gruppi di Lavoro tematici e Coordinamenti trasversali costituiti da personale sia di ricerca di svariate discipline sia amministrativo e da studenti.



Ringraziamenti

Il primo sentitissimo e profondo ringraziamento va a tutti gli autori e le autrici: con dedizione, entusiasmo ed estrema competenza hanno saputo contribuire con testi di alto profilo scientifico, pur utilizzando un linguaggio fruibile al grande pubblico, facilitando così il compito dei curatori. Inoltre, li ringraziamo per aver accettato di contribuire liberamente (e gratuitamente) a un'opera *open access*, condividendo lo spirito di servizio verso l'Ateneo, gli altri enti di appartenenza e la società tutta.

Per aver sostenuto e valorizzato il progetto fin dalla prima edizione del 2019, i più sentiti ringraziamenti vanno al Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Sergio Costa, e al Magnifico Rettore dell'Università di Torino, professor Stefano Geuna, che hanno voluto onorare l'opera con le loro prefazioni.

Al testo, oltre ai curatori e agli autori, hanno lavorato con impegno ed entusiasmo molte persone alle quali va il nostro più sentito riconoscimento e che vogliamo qui di seguito citare e ringraziare per il loro prezioso contributo.

Alla definizione del progetto e alla sua implementazione operativa hanno collaborato:

Andrea De Bortoli, responsabile della Sezione Valorizzazione della Ricerca e *Public Engagement* (Agorà Scienza) della Direzione Ricerca e Terza Missione dell'Università di Torino;

il professor Egidio Dansero, coordinatore dell'UniTo *Green Office*, e i proff. Marco Bagliani, Claudio Cassardo e Dario Padovan, del Coordinamento Cambiamenti Climatici.

Per il contributo alla progettazione, alla revisione generale dei testi, alla definizione della grafica e per il supporto organizzativo si ringraziano: Gabriela Cavaglià, Mariella Flores, Giulia Alice Fornaro, Giovanni Gallo, Dunja Lavecchia e Francesco Scelfo della Sezione Valorizzazione della Ricerca e *Public Engagement* (Agorà Scienza).

A Giulia Alice Fornaro e Dunja Lavecchia, responsabili anche della redazione di frida.unito.it, va un ringraziamento particolare per aver, rispettivamente, coordinato e contribuito significativamente alla revisione dei percorsi di lettura e per l'ideazione originale della veste grafica e la composizione del testo nella sua forma finale.

Per l'opera di comunicazione e diffusione del testo un ringraziamento doveroso va a Micol Maggiolini, Nadia Tecco e Antonio Vita dell'UniTo *Green Office*.

Per la pubblicazione in *open access* e la consulenza editoriale un sentito grazie a Elena Giglia e Alessandro Leccese.



Come usare questo testo

COM'È FATTO

I lemmi e le locuzioni che compongono il Lessico sono presentati in ordine alfabetico e ne è indicata la corrispondente parola/espressione in inglese (o in italiano, se la prima denominazione proposta è in lingua).

Bisogna tener presente che, in molti casi, è l'espressione italiana a essere derivata dall'inglese, nel senso che è quest'ultima a esser stata coniata per prima a indicare fenomeni, discipline e tendenze nuove. Infatti è questa la forma più utilizzata nel mondo della ricerca ed è importante conoscerla e associarla correttamente all'espressione in italiano.

In alcuni casi, infatti, è questa denominazione a essere riportata per prima o a essere l'unica presentata, proprio per la sua importanza e l'uso corrente che se ne fa nel campo della ricerca o per essere l'unica utilizzabile.

Per ogni lemma è presentata una o, in alcuni casi, più definizioni. È dichiarato nella colonna a lato l'ambito (o gli ambiti) disciplinare(i), in forma molto ampia, al quale la definizione si riferisce; sono inoltre riportati gli autori delle definizioni le cui affiliazioni si trovano in *Autori e curatori*.

Nel caso di più definizioni, scritte da esperti di discipline diverse, esse non sono state, volutamente, armonizzate. Questo per restituire al lettore da un lato la complessità che caratterizza i fenomeni presentati e, dall'altro lato, la ricchezza che i diversi sguardi disciplinari possono offrire per una migliore e più precisa comprensione dei temi trattati.

In ogni caso, per nessun lemma, le definizioni fornite sono pensate per avere un carattere di esaustività.

All'interno delle definizioni i termini in **grassetto** indicano altre voci presenti in questo Lessico: un rimando che invita il lettore ad ampliare e approfondire la consultazione del testo.

A corollario delle definizioni sono presentate delle immagini (o dei grafici) e una bibliografia di libri, *report* e articoli scientifici pubblicati su riviste nazionali o internazionali soggetti a referaggio, il processo di verifica della validità dei dati e degli argomenti da parte di altri autori esperti di quell'ambito disciplinare (*peer review*).

A circa metà del Lessico sono stati inseriti 12 percorsi di lettura, ognuno costituito da un dossier di approfondimento tematico che include e contestualizza uno specifico elenco di lemmi.

Al termine della sessione dedicata ai lemmi sono presenti: una bibliografia e una sitografia generali, l'indice analitico e l'indice per ambiti disciplinari.

COME CONSULTARLO

Il testo può essere utilizzato in modo occasionale per trovare informazioni e riferimenti per un singolo lemma, come si fa con qualunque vocabolario o enciclopedia. In ogni caso, per rendere più interessante la lettura e restituire parte di quella complessità cui ci riferiva in precedenza, i percorsi di lettura permettono di approcciarsi da punti di vista differenti e introducono la lettura di un certo numero di voci.

Il lettore è anche invitato a creare i propri percorsi, trovando autonomamente i collegamenti. Inoltre il Lessico può essere consultato da diversi pubblici e per diversi scopi: ne indichiamo alcune e saremo felici di conoscerne altre! *

A nostro avviso può essere usato come:

- fonte di informazioni
- spunto per studentesse e studenti per sviluppare tesi e approfondimenti in modo autonomo;
- spunto per gli insegnanti per definire lezioni, tracce per temi e ricerche, attività didattiche in genere;
- strumento di orientamento per gli studenti alla scelta del percorso di studi;
- strumento di consultazione per giornalisti e comunicatori;
- supporto per gli amministratori e i decisori politici;
- aiuto nella consultazione e nella verifica dell'attendibilità dei contenuti di articoli, riviste, servizi giornalistici e altre risorse mediatiche;
- spunto per attività di ricerca sul campo, attività laboratoriali, rilevamenti e sondaggi in campo sociale;
- supporto nella fruizione di mostre ed eventi sui cambiamenti climatici;
- supporto nella progettazione e nella realizzazione di attività di terza missione e *public engagement*.

* Invitiamo il lettore a suggerire altri possibili utilizzi e miglioramenti al testo scrivendo a: lessicoenuvole@unito.it

DOVE TROVARLO

Lessico e nuvole è disponibile in tre versioni.

La versione gratuita, sotto forma di file in formato .pdf, è scaricabile dalla piattaforma zenodo.org.

Le versioni cartacea e quella e-book sono acquistabili online tramite la piattaforma di distribuzione youcanprint.it e moltissime altre, sia in Italia sia all'estero.

Tutto il ricavato di tale distribuzione verrà utilizzato dall'Università di Torino per finanziare progetti di ricerca e di public engagement sui temi dei cambiamenti climatici e della sostenibilità.



LESSICO *NUVOLE*:

le parole del cambiamento climatico



La vostra preparazione
nell'affrontare il mondo
reale non sta nelle risposte
che avete imparato ma
nelle domande che avete
imparato a porvi.



Bill Watterson

Fumettista.
Discorso ai diplomati
del Kenyon College Ohio

/Accordo di Parigi/ Paris Agreement

ambito disciplinare
politologico

autrice
SARA BONATI

L'**Accordo di Parigi (Paris Agreement – PA)** è un accordo sul **clima** che è stato raggiunto il 12 dicembre del 2015 durante la ventunesima **COP (Conference of Parties)** della UNFCCC.

Il suo conseguimento è stato ritenuto un successo poiché è stato appoggiato da tutti i paesi partecipanti, tra cui Stati Uniti e Cina. È stato definito, dalla Commissione europea, «il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici.»

Contrariamente al **Protocollo di Kyoto**, il PA – entrato in vigore il 4 novembre 2016, un mese dopo essere stato ratificato da 55 paesi (rappresentanti il 55% delle emissioni globali, ossia il quorum stabilito per la sua validazione) – non prevede meccanismi di garanzia, né sanzioni in caso di rescissione. È quindi fortemente in discussione la sua natura “vincolante”.

Ad oggi i paesi che hanno ratificato l'accordo o vi hanno aderito sono 189 – detti *parties of the agreement*, mentre i firmatari (*signatories*) erano 195 (dati della Sezione *Treaty Collection* delle Nazioni Unite) – rappresentanti il 97% delle emissioni (dati del progetto CAIT – *Climate Data Explorer* del *World Resources Institute*).

Gli Stati Uniti (che corrispondono a circa il 18% delle emissioni globali) tuttavia hanno avviato la procedura di abbandono nel novembre del 2019. L'uscita ufficiale è quindi attesa a un anno dalla data di presentazione della richiesta, ossia il 4 novembre 2020.

Con l'Accordo di Parigi si è assistito a un importante cambio di direzione nella politica climatica internazionale, passando da un modello *top-down* a uno *bottom-up* (si rimanda al lemma “**Climate Diplomacy**”). Secondo questo modello, ogni paese stabilisce i propri obiettivi da raggiungere (chiamati *Nationally determined contributions – N.d.C.*, art. 3 e 4 del PA) e si impegna a farlo sulla base di un meccanismo cosiddetto di “*pledge and review*” (impegno e revisione; Falkner, 2016). Gli obiettivi dovranno inoltre essere incrementati di volta in volta (meccanismo a *ratchet*). L'art. 14 dell'accordo prevede che, a partire dal 2023, ogni cinque anni siano elaborate delle *global stocktake*, ossia revisioni degli obiettivi, a garanzia della trasparenza del processo. Questi report dovranno riportare i traguardi effettivamente raggiunti da ciascun paese e come questi saranno implementati in futuro.

Non sono tuttavia previsti meccanismi di sanzionamento in caso di non adempimento.

Il controllo sull'operato dei paesi, dunque, si baserebbe unicamente sul meccanismo di *naming and shaming*. Nato dopo la Seconda guerra mondiale allo scopo di adottare una forma di "sorveglianza" sul rispetto della Dichiarazione Universale dei Diritti Umani da parte dei governi, il *naming and shaming* prevede che il controllo venga esercitato da entità non governative, soprattutto ONG, che periodicamente redigono dei report sul rispetto (o mancato rispetto) degli obblighi da parte dei paesi (Franklin, 2015). Questo meccanismo, che è stato ritenuto efficace nel caso dei diritti umani, dovrebbe rappresentare uno strumento di persuasione nei confronti degli stati, affinché prendano impegni seri anche nel taglio alle emissioni. Il principale timore riguarda la natura volontaria del PA e la labilità del sistema di *naming and shaming*, che potrebbero spingere i governi a non assumere impegni sufficienti a rallentare il processo di **riscaldamento globale** (Jacquet e Jamieson, 2016).

L'Accordo di Parigi è stato quindi considerato un successo diplomatico, data l'ampia adesione, ma anche una sconfitta dal punto di vista ambientale.

Uno degli aspetti più rilevanti, ma anche più controversi, riguarda il limite all'incremento della temperatura terrestre. Il PA parla di restare al di sotto dei 2 °C e di fare ogni sforzo possibile per non oltrepassare il 1.5 °C. Questa soluzione tuttavia prevede implicitamente l'accettazione di una serie di conseguenze che l'aumento della temperatura "tollerato" comporterà. Inoltre le misure attualmente previste dai governi non danno alcuna garanzia di poter rispettare questi limiti; al contrario alcune previsioni sembrano dimostrare che la soglia dei 2 °C sarà ampiamente superata se non dovesse avvenire un cambio di direzione nel più breve tempo possibile (Rogelj et al., 2016).

L'accordo di Parigi è stato infine reso operativo con il *Pacchetto di Katowice*, raggiunto nel 2018 durante la COP24, che stabilisce le norme, le procedure e gli orientamenti per gli stati aderenti.

Bibliografia

- Falkner, R. (2016). "The Paris Agreement and the new logic of international climate politics". *International Affairs*, 92(5), 1107-1125.
- Franklin, J. C. (2015). "Human rights naming and shaming: International and domestic processes". In *The Politics of Leverage in International Relations* (pp. 43-60). Palgrave Macmillan, London.
- Keohane, R. O., & Oppenheimer, M. (2016). "Paris: Beyond the climate dead end through pledge and review?". *Politics and Governance*, 4(3), 142-151.
- Jacquet, J., & Jamieson, D. (2016). "Soft but significant power in the Paris Agreement". *Nature Climate Change*, 6(7), 643-646.
- Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., et al. (2016). "Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2 °C". *Nature*, 534(7609), 631-639.
- UN (2015). "Paris Agreement". UNFCCC.

/Acidificazione degli oceani/ Ocean Acidification

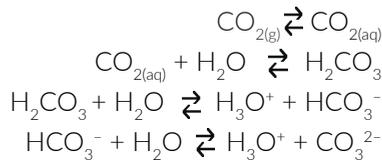
ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

L'**acidificazione degli oceani** è il processo, ora in atto, di aumento dell'acidità delle acque oceaniche a causa di una maggiore dissoluzione / presenza di **diossido di carbonio** (CO₂). Quest'ultimo è un gas relativamente solubile in acqua per cui il suo aumento in **atmosfera** ha portato a un aumento della velocità di dissoluzione nelle acque di mari e oceani.

L'acidità di un'acqua (la concentrazione di ioni H₃O⁺ disciolti in essa) è comunemente misurata attraverso il parametro noto come pH, il quale è calcolato come il logaritmo in base 10 negativo della concentrazione dello ione H₃O⁺. In generale le acque oceaniche hanno pH debolmente basici (pH > 7), ma il processo di acidificazione di queste acque comporta un aumento della concentrazione di ioni H₃O⁺ e conseguentemente una decrescita dei valori di pH.

Il diossido di carbonio una volta disciolto in acqua genera acido carbonico che, dissociandosi, genera ioni idrogenocarbonato (bicarbonato) e carbonato rilasciando ioni H₃O⁺ secondo le reazioni qui sotto riportate.



Si stima che a partire dall'inizio della rivoluzione industriale circa il 30-40% del diossido di carbonio rilasciato dalle attività antropiche in atmosfera si sia disciolto nelle acque dolci e salate della Terra portando approssimativamente a una diminuzione media del pH di 0.1 unità. I carbonati formati tendono a sedimentare sul fondo degli oceani poiché poco solubili formando un *pool* di riserva di carbonio poco reattivo: tale meccanismo rappresenta quindi un processo essenziale di rimozione del CO₂ atmosferico e ha permesso, in parte, di diminuire la velocità di crescita di questo gas in atmosfera.

La decrescita del pH delle acque oceaniche ha inoltre come conseguenza una minore concentrazione di ioni carbonato. L'acidificazione delle acque oceaniche insieme alla crescita della loro temperatura media rappresentano dei rischi molto importanti per gli ecosistemi marini/oceanici e sono infatti tra i fattori di pericolo più preoccupanti per il "sistema Terra".

La diminuzione della concentrazione di carbonato in soluzione, conseguenza della decrescita del pH, porta a una minore saturazione dei costituenti minerali (calcite e aragonite, differenti forme cristalline di carbonato di calcio) dei gusci calcarei di molluschi e plancton calcareo deprimendo la vitalità di queste specie fino a provocarne la morte, privando di conseguenza il mare di elementi fondamentali per il suo benessere (su questo fenomeno si veda il lemma "**Sbiancamento a causa del deperimento della barriera corallina**" - *N.d.C.*).

Bibliografia

- Hoegh-Guldberg, O., R. Cai, E.S. Poloczanska, P.G. Brewer, S. Sundby, K. Hilmi, V.J. Fabry, and S. Jung, 2014: "The Ocean". In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1655-1731.
- F.J. Millero, "The carbonate System in Marine Environment" in A. Giancuzza, E. Pelizzetti, S. Sammartano (eds.), "Chemical Processes in Marine Environments", Springer, 2000, pag. 441
- Stanley E. Manahan, "Chimica dell'ambiente", Piccin, Padova, 2000

/Adattamento ai cambiamenti climatici/ Adaptation to Climate Change

*ambito disciplinare
ambientale
gestione del rischio*

*autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo
Marco Bagliani*

È il processo di adattamento al **clima** attuale o atteso e ai suoi effetti. Nei sistemi umani, l'adattamento cerca di limitare i danni o di sfruttare le opportunità favorevoli; nei sistemi naturali, l'intervento umano può agevolarlo.

Le **politiche di adattamento** puntano a eliminare o ridurre gli effetti dei **cambiamenti climatici** e mirano a gestire il **rischio** climatico attraverso diverse misure e azioni che possono essere organizzate in tre categorie generali: strutturale/fisica, sociale e istituzionale.

La categoria strutturale/fisica include le misure ingegneristiche (es. argini fluviali), tecnologiche (es. tecnologie per l'**energia** rinnovabile), basate sugli ecosistemi naturali (es. corridoi ecologici) e i servizi (es. servizio pubblico sanitario).

All'interno della categoria sociale vengono identificate misure di tipo educativo (es. **educazione** ambientale e **ai cambiamenti climatici**), informativo (es. **sistema di allerta precoce**) e comportamentale (es. gestione delle **migrazioni**).

La categoria istituzionale comprende azioni di tipo economico (es. pagamento per i **servizi ecosistemici**), legislativo (es. aree protette) e politiche/programmi di governo (es. programma municipale di gestione delle acque).

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Hoffmann, Ary A., and Carla M. Sgro. "Climate change and evolutionary adaptation." *Nature* 470.7335 (2011): 479
- Tol, Richard S.J. "Estimates of the damage costs of climate change. Part 1: Benchmark estimates." *Environmental and Resource Economics* 21.1 (2002): 47-73.
- Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: Adaptation needs and options. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.



ambito disciplinare
psicologico
autrice
Silvia Ariccio

A livello di comportamenti individuali, l'adattamento ai cambiamenti climatici consiste quindi nella messa in atto di comportamenti che non hanno effetti sui cambiamenti climatici, ma che permettono di ridurre gli effetti negativi degli stessi sulla propria vita, sicurezza e salute.

Sono comportamenti individuali di adattamento, per esempio, la sottoscrizione di un'assicurazione contro i rischi ambientali aumentati (ad esempio, inondazione e incendio), ma anche l'essere preparati a reagire correttamente in caso di **disastro** ambientale.

Bibliografia

- Lindell, M. K. (2012). "Response to Environmental Disasters". In S. Clayton (a cura di), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 391-413). Oxford University Press, New York
- Swim, J. K., Markowitz, E. M., & Bloodhart, B. (2012). "Psychology and Climate Change: Beliefs, Impacts, and Human Contributions". In S. Clayton (a cura di). "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 645-669). New York: Oxford University Press.
- Van Valkengoed, A. M., & Steg, L. (2019). "Meta-analyses of factors motivating climate change adaptation". *Nature Climate Change*, 9 , 158-163.

La letteratura riporta un ampio numero di fattori psicologici rilevanti nell'influenzare la messa in atto di comportamenti di adattamento.

Una recente meta-analisi ha individuato in particolare tredici costrutti indagati dalla letteratura: fiducia nelle misure di adattamento, fiducia nel governo, esperienza pregressa del **rischio**, attaccamento al luogo, conoscenza, **percezione** del rischio, credenze relative al cambiamento climatico, responsabilità, norme (ingiuntive e descrittive), autoefficacia, emozioni negative e efficacia percepita del comportamento di adattamento.

/Aerosol/ Atmospheric Particulate Matter

ambito disciplinare
Chimico

autore
Marco Minella

Gli **aerosol** sono una sospensione di particelle, presenti allo stato liquido o solido, caratterizzati da scarsa velocità di deposizione in aria. Vengono comunemente identificati anche con il termine materiale particolato (*Particulate Matter*, PM).

Nella fascia troposferica sono generalmente considerati importanti **inquinanti** poiché studi scientifici hanno evidenziato un legame causale fra i livelli di PM fine e una serie di effetti avversi sulla salute umana.

Come per tutti gli inquinanti, il PM viene distinto in Particolato Primario, per il quale esistono sorgenti emissive dirette (ad esempio i motori diesel che emettono direttamente particolato fine per lo più carbonioso), e Particolato Secondario, per il quale non esistono sorgenti dirette emissive, ma si forma in atmosfera a partire da inquinanti gassosi (un classico esempio è il particolato atmosferico composto da solfato d'ammonio formato dalla reazione tra anidride solforosa - SO_2 - e ammoniaca o da nitrato d'ammonio formato dalla reazione tra acido nitrico - HNO_3 - e ammoniaca).

Gli aerosol hanno un forte effetto sul **clima** sia diretto sia indiretto, che dipende in modo marcato dalla composizione chimica del particolato stesso. La capacità di retrodiffondere la radiazione solare (*backscattering*) di particelle costituite da solfati e nitrati porta ad un aumento dell'**albedo** atmosferico; viceversa, particelle in grado di assorbire radiazione visibile o infrarossa portano a un riscaldamento della troposfera. A questi effetti diretti si aggiungono importanti effetti climatici indiretti legati alla capacità delle particelle costituenti il particolato atmosferico di agire come nuclei di condensazione per le nuvole, con una diretta influenza sulla natura delle precipitazioni e sull'albedo atmosferico. Inoltre, particelle di nerofumo depositate su ghiacciai, nevai e calotte polari diminuiscono la capacità riflettente della superficie (albedo terrestre) di queste importanti sorgenti di acqua dolce favorendo di conseguenza la loro fusione.

Infine, il particolato atmosferico viene convenzionalmente diviso in funzione del diametro aereodinamico delle particelle in PM10 (diametro aerodinamico $< 10 \mu\text{m}$) e PM2.5 (diametro aerodinamico $< 2.5 \mu\text{m}$). Per queste particelle l'unità di misura è il micron: $1 \mu\text{m}$ è pari a 1×10^{-6} m (1 milionesimo di metro).

Il PM2.5 è la componente più pericolosa per la salute umana poiché rappresenta la frazione più profondamente respirabile.

Bibliografia

- Barbara Finlayson-Pitts, James Pitts, Jr. "Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere", Theory, Experiments, and Applications, Academic Press, 1999, pag. 969.
- Fuzzi, Sandro, et al. "Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs." Atmospheric chemistry and physics 15.14 (2015): 8217-8299.
- D. W. Cockery, C. A. Pope, X. Xu, J. D. Spengler, J. H. Ware, M. E. Fay, B. J. Ferris, F. E. Speizer. "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities". The New England Journal of Medicine 329. 24 (1993): 1753-1759.

/Agenda 2030 e obiettivi di sviluppo sostenibile/ 2030 Agenda and Sustainable Development Goals

ambito disciplinare
governance

autrici
Nadia Tecco
Micol Maggolini

L'**Agenda 2030** è un piano d'azione a livello globale basato su 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Goals* – SDGs) e 169 sotto-obiettivi (*target*) da raggiungere entro il 2030.

Definita attraverso un percorso che ha visto accanto agli stati membri delle Nazioni Unite (ONU) la compartecipazione di numerosi attori della società civile internazionale, è stata sottoscritta all'unanimità dall'Assemblea generale ONU il 25 Settembre 2015. Nasce dalla volontà di fornire una risposta efficace all'insostenibilità dell'attuale modello di sviluppo alla luce dei risultati, in gran parte disastrosi, dei precedenti Obiettivi di Sviluppo del Millennio (*Millennium Development Goals* - MDGs) che avevano guidato tra il 2000 e il 2015 l'azione dell'ONU e di molti altri protagonisti della cooperazione internazionale allo sviluppo.

L'Agenda si rivolge a tutti gli stati, indipendentemente dal livello di sviluppo (a differenza degli MDGs, che erano destinati esclusivamente ai paesi in via di sviluppo) e propone una visione di sviluppo in cui dimensione economica, ambientale e sociale sono tra loro interconnesse e bilanciate (mentre dagli MDGs era previsto il solo pilastro sociale), in cui ciascun obiettivo va considerato nelle sue interrelazioni reciproche con gli altri SDGs (Weber, 2017).

Si va dalla "povertà zero" (SDG1) all'eliminazione della fame (SDG2), dalla garanzia della salute e del benessere (SDG3) all'accesso a una istruzione di qualità per tutti (SDG 4). Dall'uguaglian-

za di genere (SDG5) ad acqua pulita e igiene per tutti (SDG6), dall'energia pulita e accessibile (SDG7) a un lavoro dignitoso e una crescita economica inclusiva (SDG8), da infrastrutture resilienti (SDG9) fino alla riduzione delle disuguaglianze (SDG10). Per poi passare dall'organizzazione di comunità e città sostenibili (SDG11) alla realizzazione di modelli sostenibili di **produzione** e di **consumo** (SDG12), dal contrasto ai **cambiamenti climatici** (SDG13) alla tutela di oceani e mari (SDG14), dalla protezione dell'ecosistema (SDG15) alla promozione di società pacifiche (SDG16), fino alla realizzazione di *partnership* che favoriscano il raggiungimento degli obiettivi stessi (SDG17).

È importante sottolineare che gli SDGs non devono essere intesi come finalità ultima o come sintesi dell'Agenda, quanto piuttosto come degli snodi cruciali, delle leve, o ancora dei mezzi per il raggiungimento di uno sviluppo che possa essere definito sostenibile in quanto capace di integrare Persone, Pianeta, Prosperità, Pace e Partnership, le 5P o aree che strutturano l'Agenda nel suo complesso (Pradhan et al., 2017).

Ogni paese è dunque chiamato a definire una propria strategia nazionale di **sviluppo sostenibile** (SNSvS), per consentire il raggiungimento degli SDGs e relativi *target*, coinvolgendo tutte le componenti della società, dalle imprese al settore pubblico, dalla società civile alle istituzioni filantropiche, dalle università e centri di ricerca agli operatori dell'informazione e della cultura. La valutazione dei progressi e dei risultati raggiunti è assegnata all'*High-level Political Forum on Sustainable Development* (HLPF) a cui partecipano tutti gli stati membri delle Nazioni Unite e gli stati membri di agenzie specializzate.

Ogni paese, su base volontaria, può inoltre condurre revisioni regolari e inclusive dei progressi a livello nazionale e sub-nazionale attraverso le revisioni nazionali volontarie (VNR).

Nel 2017 l'Italia ha presentato la Strategia nazionale per lo sviluppo sostenibile (SNSvS) quale esito del lavoro congiunto svolto dal Ministero dell'Ambiente, dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, dal Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale e dal Ministero dell'Economia. La SNSvS si struttura seguendo le 5P proposte dall'Agenda e dedica una sezione specifica ai cosiddetti vettori per la sostenibilità, da considerarsi come elementi essenziali per il raggiungimento degli obiettivi strategici nazionali. Sempre nel 2017 l'Italia si è sottoposta alla sua prima VNR. Sono in fase di elaborazione le strategie regionali di sviluppo sostenibile (SRSvS) da parte di Regioni e Province Autonome che dovranno tenere conto delle specificità dei diversi ambiti territoriali ed adottare una parte consistente dei provvedimenti necessari per l'implementazione del processo (tra cui l'istituzione di un Forum regionale per lo sviluppo sostenibile) e il raggiungimento dei traguardi fissati dall'Agenda 2030.

Bibliografia

- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017 "Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile".
- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W. and Kropp, J.P. 2017, "A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions". *Earth's Future*, 5: 1169-1179.
- UN General Assembly, "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development", 21 October 2015, A/RES/70/1
- Weber Heloise, 2017. Politics of 'Leaving No One Behind': Contesting the 2030 Sustainable Development Goals Agenda, *Globalizations*, 14:3, 399-414.

/Albedo/ Albedo

ambito disciplinare
fisico

autori
Silvia Ferrarese
Claudio Cassardo

Albedo è un sostantivo femminile di origine latina che significa “bianchezza” ed esprime il coefficiente di riflettività della superficie di un corpo a una data lunghezza d’onda.

Infatti, la radiazione elettromagnetica incidente su una superficie viene parzialmente riflessa dalla superficie stessa.

Più specificamente, il coefficiente di riflettività (albedo) è il rapporto fra l’intensità (flusso di energia, espresso in Wm^{-2}) della radiazione riflessa dalla superficie di un corpo e quella con cui esso è stato irraggiato (flusso incidente). Tale coefficiente è un rapporto tra due grandezze omogenee, pertanto è adimensionale, cioè è un numero privo di unità di misura. Il suo valore è compreso tra 0 e 1 e fornisce un’informazione sulla capacità riflettente della superficie: un corpo perfettamente riflettente ha albedo uguale a 1 (o del 100%) mentre un corpo completamente opaco ha albedo uguale a 0, ossia assorbe tutta la radiazione ricevuta.

In formule, chiamando α il coefficiente di riflettività, R_f il flusso di energia radiativa riflessa, R_i il flusso di energia radiativa incidente e λ la lunghezza d’onda della radiazione elettromagnetica:

$$\alpha(\lambda) = \frac{R_f(\lambda)}{R_i(\lambda)}$$

La riflettività dipende dalla lunghezza d’onda della radiazione incidente (come espresso nella formula) e le misure di albedo sono definite in base a una particolare distribuzione spettrale della radiazione incidente.

In **meteorologia** e nelle scienze del **clima**, le bande di radiazione per le quali si parla di albedo sono sostanzialmente due: quella del visibile, laddove la lunghezza d’onda della radiazione si estende tra circa 380 e 740 nm, e quella dell’infrarosso, con lunghezza d’onda tra circa 1 e 30 micron (per quanto riguarda la frazione emessa dalla Terra e dall’**atmosfera**).

Per la maggior parte degli oggetti riflettenti naturali (nubi, neve, ghiaccio, suolo, vegetazione, acqua, ecc.) l’albedo varia poco all’interno di ciascuna delle due precedenti bande.

I valori di albedo caratteristici delle superfici sono stati stimati sperimentalmente (Arya, 2001), e si tenga presente che l’albedo dipende anche dall’inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie e quindi dall’ora del giorno.

Bibliografia

- Arya S. Pal, "Introduction to Micrometeorology", Academic Press, 2001.
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 118.

Ad esempio, nelle ore centrali della giornata l'albedo sulle superfici d'acqua è compreso nell'intervallo 0.03-0.10, mentre all'alba o al tramonto i suoi valori tipici sono compresi nell'intervallo 0.10-1.00. Per le superfici coperte da neve fresca l'albedo è compresa tra 0.45 e 0.95, mentre per la neve vecchia l'intervallo dei valori stimati di albedo è compreso nell'intervallo 0.40-0.70. La foresta decidua ha albedo caratteristica 0.10-0.20, mentre quella di conifere ha valori 0.05-0.15.

L'albedo planetaria, quindi mediata su tutto il globo terrestre, è stimata pari a 0.3.

Da un punto di vista globale, poiché l'ammontare della radiazione riflessa ha un impatto rilevante sul **bilancio energetico terrestre**, l'albedo è uno dei fattori più importanti che influenzano il **clima**.

/Alluvione e allagamento/ Flood

*ambito disciplinare
ambientale*

autori

*Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo*

Il termine **alluvione** si riferisce agli eventi di inondazione dovuti allo straripamento dei fiumi o di altri corpi idrici (es. laghi, mare) oltre i normali confini o derivante anche da un periodo di piogge molto intense.

L'estensione dell'alluvione segue la propagazione dinamica e dipende dalla quantità di acqua che fuoriesce, dalla velocità del flusso e dalla morfologia dell'area circostante.

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Luino, F. (2016) Floods. In: Bobrowsky P., Marker B. (eds) Encyclopedia of Engineering Geology. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer.
- DAMAGE Project - Développement d'actions pour le marketing et la gestion post-evenement: Glossary. (2014)

L'**allagamento** si riferisce all'accumulo di acqua ristagnante in aree normalmente non sommerse. In questo caso si può manifestare la fuoriuscita di acqua dalle fognature in ambiente urbano a seguito ad esempio di una pioggia intensa.

I termini alluvione e allagamento sono qui accorpati, poiché in inglese si parla di flood che non prevede questa distinzione e li comprende entrambi.

/Anidride carbonica/

Vedi **Diossido di carbonio**.

/Antropocene e Olocene/ Anthropocene & Holocene

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

L'**Olocene** in geologia indica l'ultima epoca del Quaternario, successiva al Pleistocene. Secondo una suddivisione classica, l'Olocene rappresenta il periodo di tempo che vede la scomparsa, in Europa, dei grandi carnivori. Il limite inferiore, convenzionalmente accettato da quasi tutti i ricercatori, è posto a 10.000 anni fa, in connessione con l'inizio della fase di riscaldamento che determinò la scomparsa dei ghiacciai wurmiani, rappresentati in Europa dalla grande calotta glaciale scandinava. La superficie della Terra durante l'Olocene raggiunge condizioni quasi identiche a quelle del XX secolo così come la diffusione degli organismi. Il **clima** e la distribuzione delle province climatiche è poco diversa da quanto si può osservare ora.

Il genere umano, uscito dal periodo paleolitico, mostra uno sviluppo e una diffusione che prosegue con ritmo accelerato per tutto il periodo, contribuendo persino a modificare l'ambiente naturale con la propria attività.

Bibliografia

- Waters, Colin N., et al. "The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene." *Science* 351.6269 (2016): aad2622.
- Steffen, Will, et al. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet." *Science* 347.6223 (2015): 1259855.
- Rockström, Johan, et al. "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity." *Ecology and society* (2009).

Con la rivoluzione industriale a metà del '700 e l'avvento dell'uso dei **combustibili fossili**, oltre alla crescente pressione sulle risorse naturali e il *boom* demografico, il tasso di emissioni e la pressione antropica sulla **biosfera** hanno assunto una dinamica senza precedenti. Autorevoli studiosi designano convenzionalmente gli anni '50 del secolo scorso come la "Grande Accelerazione"; un periodo caratterizzato da grande prosperità e sviluppo economico in svariati settori e spinto al **consumo** insostenibile delle risorse. Pressioni umane sulla biosfera capaci di rendere il genere umano un nuovo forzante/**driver** all'interno delle variabili naturali che influiscono sul **sistema climatico**.

Da qui l'**Antropocene**: un nuovo periodo geologico che segue l'Olocene. Proposto dal premio Nobel Paul J. Crutzen nel 2000 nella scala geocronologica del Pianeta, perché caratterizzato dal profondo intervento umano sui sistemi naturali, i cui effetti sono ritenuti equivalenti a quelli prodotti dalle grandi forze geofisiche che hanno modellato e plasmato la Terra nei suoi stimati 4.6 miliardi di anni di vita.

ambito disciplinare
environmental
humanities
(studi umanistici
ambientali)

autrice
Daniela Fargione

Coniato dal biologo Eugene Stoermer e diffuso nel 2000 dal premio Nobel Paul J. Crutzen, il termine “Antropocene” si riferisce all’epoca geologica attuale in cui l’ambiente terrestre, inteso come l’insieme delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche in cui si crea ed evolve la vita, è profondamente condizionato dagli effetti dell’azione umana.

L’entità, la varietà e la durata dei cambiamenti antropici sono tali che, per la prima volta nella storia del Pianeta, le nostre pratiche sono entrate a far parte della stratigrafia, iscrivendosi letteralmente nelle rocce, nei ghiacciai e nei sedimenti marini. Sebbene sia impossibile individuare la data precisa dell’inizio dell’Antropocene, si tratta, indipendentemente dal suo avvio, di una apocalisse invisibile ma capace di insinuarsi in tutti gli ambiti della nostra esistenza.

Presto adottata da artisti, umanisti, politici e scienziati, la denominazione “Antropocene” ha allargato i suoi confini semantici fino a denotare una composizione complessa e dinamica di elementi naturali, attività socio-politiche e pratiche discorsive, motore di un processo di ibridizzazione del Pianeta che si evolve incessantemente in una dimensione “naturalculturale”, per dirla con Donna Haraway. Eppure, nonostante la sua popolarità, non solo l’Antropocene non mette d’accordo tutti gli studiosi, ma al contrario ha generato e continua ad alimentare un vivace dibattito: terminologico, politico, filosofico, ecologico.

Fortemente convinti dell’urgenza di creare ponti tra il mondo delle scienze dure e il mondo delle scienze umane, i teorici più accreditati – Bruno Latour, Donna Haraway, Anna Tsing, Rob Nixon, Viveiros de Castro e molti altri – si sono impegnati a dimostrare e discutere criticamente le intersezioni di cultura e ambiente, mettendo in luce alcune questioni di **giustizia** ambientale e sociale, l’iniqua distribuzione delle **vulnerabilità**, degli impatti e dei costi dei **cambiamenti climatici**, e i diversi gradi di *agency* dell’umano (*agentività: capacità di influenzare il sistema in modo intenzionale e mirato* – N.d.C.): questa età ci narra una “storia condivisa di risorse non condivise” (Nixon 2014).

E mentre l’Antropocene si è ormai allontanato dai recinti dell’accademia per introdursi diffusamente nel mondo della cultura popolare, la sua storia richiede una narrazione più corretta e uno sguardo più compassionevole. Donna Haraway, per esempio, esprimendo tutta la sua perplessità nei confronti del termine “Antropocene”, ci ricorda che la radice “*anthropos*” si riferisce a una specie: ma a quale con esattezza? A quella dell’*Homo sapiens*

sapiens senza distinzioni di sorta? All'umanità tutta? O all'umanità "industriale", quella cioè che contribuisce alla formazione di capitale globale? Perché forse in questo caso, suggerisce in un articolo divenuto ormai seminale per questo dibattito, sarebbe più opportuno usare la parola "Capitalocene" (o l'età del capitale), denominazione coniata dal coordinatore del *World-Ecology Research Network*, Jason Moore.

Il termine "Antropocene", infatti, può trasformarsi in un significativo vuoto se si negano le differenze, le disuguaglianze e la violenza multi-specie del capitalismo.

Bibliografia

- Donna Haraway, "Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin", *Environmental Humanities*, vol. 6, 2015, pp. 159-165.
- Rob Nixon, "Slow Violence and the Environmentalism of the Poor", Cambridge, MA and London: Harvard University Press, 2011.
- Jason W. Moore, "Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism", Oakland: PM Press, 2016 [Antropocene o capitalocene? Scenari di ecologia-mondo nella crisi planetaria, trad. it. e cura di A. Barbero e E. Leonardi, Verona: Ombre Corte, 2017.]

/Appartenenza multipla/ Multiplicity of Belonging

ambito disciplinare
Cultural Studies
Antropologia
Sociologia

autrice
Paola della Valle

L'espressione **multiplicity of belonging** (**appartenenza multipla**) è attualmente assai usata nel contesto dei *Pacific Studies*, che analizzano la rete di rapporti translocali e transnazionali tra le società dell'Oceania e le loro diaspore.

Il sociologo tongano Epeli Ha'uofa aveva già sottolineato come il concetto di appartenenza multipla fosse intrinseco alla natura dei popoli dell'Oceania, che consideravano il mare non come un elemento di separazione ma di unione, non ostacolo ma risorsa, parte integrante della loro vita e cultura (1994). Abili navigatori, abituati a spostarsi per pescare, commerciare, sposarsi e creare alleanze, essi vivevano in una rete di inter-connettività sociale ed economica che fu stravolta dall'avvento dell'imperialismo occidentale nel diciannovesimo secolo. Europei e americani si spartirono la regione, tracciando confini attraverso l'oceano, utilizzando le isole come avamposti per i propri interessi commerciali e militari, sfruttandone le risorse naturali e minerarie e minandone l'autosufficienza: ponendo, di fatto, le basi della dipendenza economica degli stati insulari del Pacifico dall'Occidente, anche una volta riconquistata la loro sovranità politica. Aprendo dunque la strada a forme di neocolonialismo.

La propensione dei *Pacific Islanders* per il movimento, l'espansione e la relazione, piuttosto che il radicamento e l'isolamento, si è concretizzata in questo secolo in ampi fenomeni migratori verso Nuova Zelanda, Australia e la costa occidentale degli USA, dove essi si sono stabiliti in cerca di migliori prospettive di vita, per motivi di studio o lavoro, o per raggiungere parenti, creando grandi comunità oltreoceano. L'ultimo censimento del governo neozelandese (2018) ha registrato la presenza di 381.642 *Pacific Islanders* residenti in Nuova Zelanda, provenienti da 30 diversi paesi. Se ne contano 243.966 solo nella città di Auckland, che si attesta così come la più grande città polinesiana del mondo.

Alle motivazioni delle **migrazioni** del passato si aggiungono oggi quelle climatiche. Uno degli effetti del **riscaldamento globale** è stato l'**innalzamento del livello dei mari** che ha avuto un impatto devastante sui numerosi atolli del Pacifico o *low islands*, alcuni dei quali non raggiungono un'altezza superiore a quella di un uomo (vedi anche "**Isole che affondano**"). In stati insulari come Tuvalu (Polinesia), Kiribati e le Marshall Islands (Micronesia), arcipelaghi prevalentemente formati da atolli, è già iniziato l'esodo dalle *outer islands* – le isole più esterne, generalmente più piccole e basse – alle isole maggiori, e da qui all'estero.

Rispetto a questo immenso dramma, il concetto di appartenenza multipla intrinseco alle culture del Pacifico si sta dimostrando una risorsa per le popolazioni coinvolte. Se da un lato vi è un attaccamento fortissimo ai luoghi di origine e una strenua lotta per la loro difesa – un attivismo militante operato attraverso i canali istituzionali internazionali e la presenza continua di rappresentanti ufficiali di queste isole alle Conferenze per il **clima**, all'ONU e in molte altre piattaforme ufficiali – dall'altro la rete inter-relazionale a vari livelli (locale, transnazionale e con le comunità diasporiche) si sta rivelando una risorsa per ridisegnare un futuro a queste popolazioni sulla base di appartenenze multiple e di un concetto fluido di identità.

La mobilità degli abitanti di questi stati insulari, a livello nazionale o internazionale, porta inevitabilmente a modalità di *place-making* (creazione di spazi pubblici rigenerati e partecipati) e identificazione che trovano espressione, appunto, nel concetto di appartenenza multipla. Se diminuiscono i contatti diretti tra le seconde e terze generazione di emigrati e l'isola di origine, il sistema di solidarietà transnazionale (fondato sul culto degli antenati, il senso di responsabilità verso la propria cultura di origine e di reciprocità verso i parenti lontani) tiene vivo l'impegno nei confronti della loro "madrepatria". A ciò si aggiunge anche l'attuazione di una fitta rete di rapporti con le altre comunità diasporiche, che dà luogo a una forma di transnazionalismo intra-diasporico.

Il concetto di *multiplicity of belonging* si ricollega anche ai nuovi orientamenti della ricerca antropologica, volti a criticare la validità di modelli statici di identità e appartenenza e a favore di una rivalutazione delle potenzialità insite nel movimento, nella precarietà e fluidità.

Bibliografia

- Della Valle, Paola (2018). "Antroposcenari nel Pacifico: crisi ambientale, strategie di resilienza e il concetto di appartenenza multipla" in *Antroposcenari: Storie, paesaggi, ecologie* (a cura di Daniela Fargione e Carmen Concilio), Il Mulino, Bologna, pp. 243-260.
- Hau'ofa, Epeli (1994) [1993]. "Our Sea of Islands", *The Contemporary Pacific*, Vol. 6, N. 1, Spring 1994, pp. 147-161.
- Kempf, Wolfgang, Toon van Meijl e Elfriede Hermann (2014). "Movement, Place-making and Cultural Identifications: Multiplicities of Belonging", in *Belonging in Oceania* (a cura di E. Hermann, W. Kempf, & Toon van Meijl), Berghahn, New York e Oxford, pp.1-24.
- Remotti, Francesco (2007) [1996]. *Contro l'identità*, Bari, Laterza.
- Smith, Roy (2013). "Should they stay or should they go? A discourse analysis of factors influencing relocation decisions among the outer islands of Tuvalu and Kiribati", in *Journal of New Zealand & Pacific Studies*, Vol 1 (1), pp.23-39.

/Aridità/ Aridity

*ambito disciplinare
ambientale*

*autrici
Simona Fratianni
Alice Baronetti*

L'**aridità** è una caratteristica climatica ristretta ad aree geografiche con poca precipitazione. Ad esempio, le regioni che sono caratterizzate da precipitazioni annue inferiori a 250 mm.

In queste condizioni le scarse piogge non consentono la nascita e lo sviluppo di vegetazione completa, pertanto il territorio delle regioni a **clima** arido si presenta generalmente roccioso o sabbioso.

L'aridità può essere di tipo strutturale, quando tali condizioni sono permanenti o semipermanenti, o di tipo occasionale, quando è legata a eventi eccezionali di lunga durata. L'aridità (e la sua associata scarsità idrica) è, quindi, una condizione idrologica e climatica a lungo termine, a causa della quale le popolazioni locali devono mettere in atto delle strategie di **adattamento**.

Essa si differenzia dalla **siccità** in quanto la prima è una condizione che si verifica per un tempo protratto nel tempo, mentre la seconda è temporanea (deficit idrico).

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Maliva, R., & Missimer, T. (2012). "Aridity and drought. In *Arid lands water evaluation and management*" (pp. 21-39). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gao, Xuejie, and Filippo Giorgi. "Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model." *Global and Planetary Change* 62.3-4 (2008): 195-209.

ambito disciplinare
fisico ambientale

autori

Tommaso Orusa

Elisa Palazzi

Claudio Cassardo

Gianni Latini

L'atmosfera è l'involucro di gas che circonda la Terra, trattenuto dalla forza di gravità. Pur essendo molto sottile rispetto alle dimensioni del Pianeta, possiede una struttura piuttosto complessa ed è suddivisa in strati, denominati "sfere". Partendo dalla superficie e andando verso l'alto esse sono: troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera, ionosfera ed esosfera.

Senza entrare nei dettagli, si può dire che ogni sfera è caratterizzata da un diverso "gradiente verticale", che descrive come la temperatura dell'aria varia con la quota. Ad esempio, la temperatura diminuisce man mano che si sale di quota in troposfera, lo strato compreso tra la superficie terrestre e la quota di 12-14 km (8 km ai poli, 16-20 km all'equatore), mentre aumenta con la quota in stratosfera, lo strato situato al di sopra della troposfera fino a circa 30 km.

Tra una sfera e l'altra esiste una regione di transizione in cui il gradiente di temperatura cambia segno e che è denominata "pausa". Tra la troposfera e la stratosfera, ad esempio, si trova la tropopausa.

Tralasciando la presenza di polveri e **aerosol** (di origine naturale o antropica), l'atmosfera terrestre è una miscela di gas avente la seguente composizione chimica media al suolo (le percentuali indicate sono in volume, in percentuale % o ppm = parti per milione):

Azoto (N_2): 78,084%

Ossigeno (O_2): 20,946%

Argon (Ar): 0,934%

Diossido di Carbonio – Anidride carbonica (CO_2): 0,0412%
(415 ppm- dato di agosto 2020)

Neon (Ne): 0,0018% (18 ppm)

Elio (He): 0,000524% (5 ppm)

Metano (CH_4): 0,00016% (2 ppm)

Kripton (Kr): 0,000114% (1,1 ppm)

Idrogeno (H_2): 0,00005% (0,5 ppm)

Xeno (Xe): 0,0000087% (0,08 ppm).

A tali gas si aggiunge il vapore acqueo (H_2O), la cui percentuale è piuttosto variabile (dallo 0% al 6%), e l'**ozono** (O_3), con concentrazione intorno allo 0,000004% (0,04 ppm). Sono anche presenti ossidi di azoto (NO , NO_2 ; N_2O), monossido di carbonio (CO), ammoniacale (NH_3), biossido di zolfo (SO_2) e solfuro di idrogeno (H_2S).

A parte azoto e ossigeno molecolari che sono i gas dominanti

nell'atmosfera terrestre, gli altri gas sono presenti solo in tracce, ma non per questo il loro ruolo è meno importante. Tra i gas in traccia troviamo infatti i principali inquinanti atmosferici (come gli ossidi di azoto) e i gas climalteranti (anche detti **gas serra**, come diossido di carbonio, metano, vapore acqueo).

L'atmosfera, in particolare la troposfera, è dominata da molti fenomeni che influiscono fortemente sulle condizioni ambientali al suolo e dunque sulla vita di animali e vegetali.

Per esempio, l'andamento della temperatura con la crescita dell'altitudine, il gradiente termico verticale descritto in precedenza, può variare molto nella troposfera e in modo differenziato da regione a regione. Nei bassi strati il suo andamento definisce la "curva di stato" che condiziona fortemente l'evoluzione meteorologica di una regione.

Oltre alla temperatura, anche la pressione atmosferica e l'umidità delle masse d'aria non sono costanti e variano da regione a regione; queste differenze determinano lo spostamento di masse d'aria che hanno caratteristiche differenti tra loro, originando brezze e venti, sia su scala locale/regionale sia su scala continentale.

La scienza che studia gli spostamenti delle masse d'aria, le loro variazioni e i fenomeni collegati è la **meteorologia**.

Anche la composizione chimica base dell'atmosfera non è stabile ed è influenzata da fenomeni sia di origine na-

turale (per esempio le eruzioni vulcaniche) sia di origine artificiale/antropica come per esempio le emissioni di diossido di carbonio, di metano o di altri gas e particelle volatili, dovuti alla **combustione** di materiali o ad altri fenomeni non naturali.

Inoltre è importante ricordare che l'esistenza dell'atmosfera, come involucro gassoso che protegge la superficie terrestre dalle radiazioni solari ad alta energia e come sede di importanti fenomeni che innalzano la temperatura nei pressi del suolo (**effetto serra**), è fondamentale per la sopravvivenza e lo sviluppo delle diverse forme di vita.

Proprio il fenomeno dell'effetto serra naturale che si manifesta in atmosfera, fa di questa **componente del sistema climatico** l'elemento più direttamente interessato dal **riscaldamento globale** e, in generale, dai **cambiamenti climatici**.

È infatti in atmosfera che si sviluppano e si scatenano gli **eventi meteorologici estremi** ed è in atmosfera che la concentrazione di anidride carbonica e degli altri gas climalteranti aumenta a causa delle emissioni di origine antropica; in cascata, tale variazione delle concentrazioni dei gas serra ha poi impatti su tutte le altre componenti del **sistema climatico** globale e sulle attività umane stesse che sono, al tempo stesso, origine e "bersaglio" di tali cambiamenti.

Bibliografia

- Giorgetta, Marco A., et al. "ICON-A, the atmosphere component of the ICON Earth System Model: I. Model description." *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 10.7 (2018): 1613-1637.
- Giuliacci, Mario, Andrea Giuliacci, and Paolo Corazzon, eds. "Manuale di meteorologia". Alpha Test, 2010.
- Giuffrida, Alfio, and Girolamo Sansosti. "Manuale di meteorologia. Una guida alla comprensione dei fenomeni atmosferici e climatici". Gremese Editore, 2006.
- Hart, Michael H. "The evolution of the atmosphere of the Earth." *Icarus* 33.1 (1978): 23-39.
- Kappenberger, Giovanni, and Jochen Kerkmann. "Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina". Zanichelli, 1997.
- Leonesi, Stefano. "Le equazioni dell'atmosfera: matematica e meteorologia." *Bollettino dei docenti di matematica* (2009): 29.
- McEwan, Murray J., and Leon F. Phillips. "Chemistry of the Atmosphere." nyhp (1975)
- Sharp, Tim. "Earth's Atmosphere: Composition, Climate & Weather." Space. Main (2017).
- Wordsworth, Robin, and Raymond Pierrehumbert. "Hydrogen-nitrogen greenhouse warming in Earth's early atmosphere." *Science* 339.6115 (2013): 64-67.

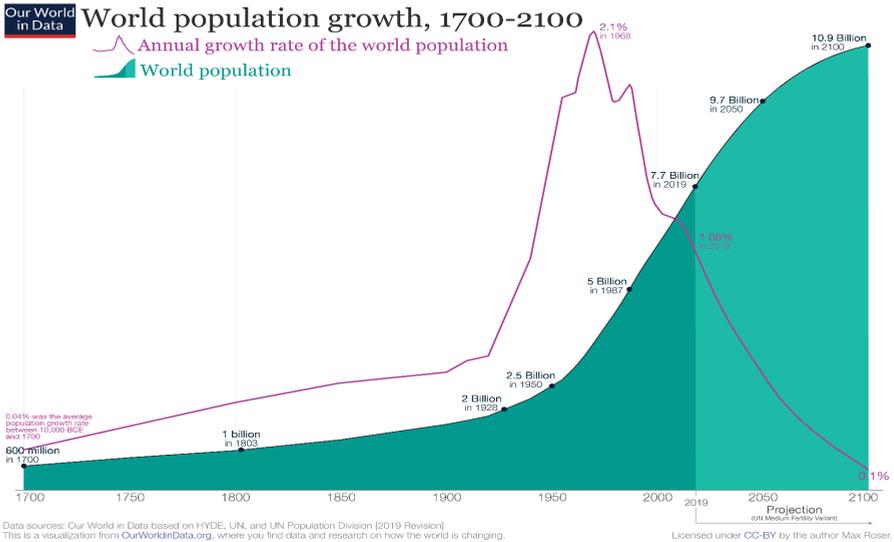
/Aumento demografico e cambiamenti climatici/ Demographic Growth and Climate Change

*ambito disciplinare
socio-ambientale*

*autore
Tommaso Orusa*

L'aumento della popolazione globale ha avuto un boom a partire dal 1950 e, in questo XXI secolo, il mondo si troverà faccia a faccia con gli effetti della più grande esplosione demografica nella storia dell'umanità. Nel 2011, infatti, la popolazione mondiale ha raggiunto la cifra di 7 miliardi di persone - un traguardo straordinariamente significativo nello sviluppo demografico - mentre i 6 miliardi erano stati toccati appena 12 anni prima, nel 1999. Si tenga presente che nel 1900 la popolazione della Terra era costituita da circa un miliardo e 650 milioni di persone; da allora si è accresciuta di oltre 5 miliardi di individui e continua a crescere, seppur con ritmi diversi a seconda delle aree geografiche. Ad oggi (2020) sulla base dei dati forniti dalla Banca Mondiale la popolazione globale supera i 7,7 miliardi di persone. Tutto ciò in buona parte dovuto all'incremento della qualità della vita e del progresso scientifico e tecnologico.

Per comprendere meglio il processo dell'**aumento demografico** occorre separare i dati e le analisi di due grandezze/variabili: il numero complessivo di individui, cioè la popolazione, e il relativo tasso di accrescimento annuale. A questo proposito è bene far riferimento alla figura.



Questo grafico mostra come le Nazioni Unite prevedono la lenta fine della transizione demografica globale. Mentre la crescita della popolazione continua a diminuire, la curva che rappresenta la popolazione mondiale sta diventando sempre più ripida. Entro la fine del secolo - quando la crescita della popolazione globale sarà scesa allo 0,1% secondo la proiezione delle Nazioni Unite - il mondo sarà molto vicino alla fine della transizione demografica. È difficile conoscere le dinamiche della popolazione oltre il 2100; dipenderà dal tasso di fertilità. La popolazione mondiale raggiungerà una dimensione che, rispetto alla storia dell'umanità, sarà straordinaria; se le proiezioni delle Nazioni Unite e Banca Mondiale sono accurate, la popolazione mondiale sarà aumentata di oltre 10 volte nell'arco di 250 anni. Lo scenario che si avrà a fine secolo è diverso da quello del passato, quando era l'altissima mortalità che teneva sotto controllo la crescita della popolazione. Nel nuovo bilancio sarà una bassa fertilità che manterrà piccoli i cambiamenti della popolazione unitamente ai cambiamenti climatici e la pressione sulle risorse naturali e gli ecosistemi. Fonte: OurWorldinData.org

Il tasso di accrescimento annuale della popolazione è cresciuto fino a toccare il suo massimo nel corso del quinquennio 1965-70, con un valore pari al 2,02%, mentre nel quinquennio 2010-15 è sceso fino a 1,11%. In termini numerici e non percentuali, attualmente la popolazione mondiale aumenta di 79 milioni di persone all'anno, mentre soltanto venticinque anni prima l'accrescimento era di 89 milioni. Grazie a un controllo delle nascite sempre più diffuso e accettato nel mondo (come il caso della Cina), il numero medio di figli per donna nel mondo, pari a cinque nei primi venti anni dopo la Seconda guerra mondiale, è cominciato a scendere prima lentamente e poi più in fretta, fino al valore di 2,5 stimato per il quinquennio 2010-15. Inoltre, dappertutto nel mondo la fecondità

va calando più velocemente di quanto soltanto pochi anni fa si pensasse.

Il tasso di accrescimento della popolazione globale, quindi, ha raggiunto il picco molto tempo fa (nel 1968). Dagli anni Settanta del secolo scorso il tasso di crescita è in calo. Ciò significa che la popolazione mondiale non sta crescendo in modo esponenziale, da decenni ormai; dagli anni Settanta ad oggi la crescita della popolazione è stata più simile a una tendenza lineare. Esaminando nuovamente l'aumento assoluto della popolazione all'anno, esso ha raggiunto il picco alla fine degli anni Ottanta, con oltre 90 milioni di persone in più ogni anno. Ma è rimasto alto fino a poco tempo fa.

Per il futuro le Nazioni Unite prevedono che tale incremento annuale (in numero assoluto di individui) andrà in negativo e diminuirà di circa 1 milione ogni anno. In termini di previsioni, in base ai dati storici e agli andamenti estrapolati, nel 2011 si è stimato che occorreranno circa 13 anni per raggiungere gli 8 miliardi (nel 2024); altri 14 anni per raggiungere i 9 miliardi nel 2038; 18 anni per raggiungere i 10 miliardi nel 2056; e altri 32 anni per raggiungere l'undicesimo miliardo nel 2088.

Dal punto di vista geografico, la regione del mondo che ha visto la più rapida crescita della popolazione negli ultimi due secoli è stata il Nord America. La popolazione è cresciuta di 31 volte. L'America Latina ha visto il secondo maggior aumento (28 volte). Nello stesso periodo la popolazione dell'Europa è aumentata di 3 volte, in Africa di 14 volte e in Asia di 6 volte. La distribuzione della popolazione mondiale dovrebbe cambiare in modo significativo nel corso del XXI secolo. A inizio 2020 i primi cinque paesi più popolosi sono:

- 1) Cina (1,42 miliardi)
- 2) India (1,37 miliardi)
- 3) Stati Uniti (329 milioni)
- 4) Indonesia (269 milioni)
- 5) Brasile (212 milioni)

Per diversi secoli, la Cina è stata il paese più popoloso del mondo. Ma non per molto: si prevede che l'India supererà la Cina entro il prossimo decennio. È interessante notare come questi paesi, solo in meri termini demografici, abbiano un peso notevole sull'accettazione e la ratifica di politiche e accordi internazionali sul **clima**. Si tratta in buona parte di paesi in via di sviluppo e con un'**impronta di carbonio** e **consumo** reale o potenziale di ri-

orse naturali molto elevato, e sono caratterizzati talora da forti instabilità geopolitiche per l'ottenimento di risorse con altri paesi spesso confinanti.

In termini climatici e di pressione antropica sulle risorse naturali, e anche in funzione della relativa instabilità geopolitica oltre che ecologica, tutto ciò ha pesanti risvolti. Perché?

La NATO e il Pentagono così come alcuni paesi, hanno redatto piani meramente strategici e difensivi per gestire le ondate migratorie e la crescente competizione tra nazioni e mercati per garantire l'approvvigionamento di risorse a fronte di una crescente domanda.

L'aumento demografico comporterà: la necessità di un raddoppio della produzione agricola in quattro decenni, un aumento dei consumi idrici (già del 30% entro il 2030) ed entro la metà del XXI secolo sistemazioni urbane per tre altri miliardi di persone (con notevoli effetti sul cambio d'**uso del suolo** e sulle emissioni di **gas serra**).

Si aggiunga la crescente domanda energetica per sostenere la crescita economica tanto nei paesi post-industriali, in quelli industriali e in quelli di recente industrializzazione, tenendo conto di una domanda che raddoppierà entro il 2050.

Ne consegue dunque, come la crescita della popolazione mondiale e il **riscaldamento globale** sono due delle maggiori questioni che l'umanità si trova attualmente ad affrontare (si veda la voce "**Quadruplica morsa**"). Si tratta di due questioni collegate tra loro: un tasso di crescita della popolazione più elevato implica più emissioni di gas serra e una maggiore percentuale di persone esposte alle catastrofi naturali provocate dai **cambiamenti climatici**.

Per stabilire le politiche di contenimento delle emissioni di gas serra e di **mitigazione** del riscaldamento è quindi fondamentale incrociare le stime dell'incremento della popolazione fornite dalle Nazioni Unite con i modelli teorici che tengono conto dello sviluppo economico (degli **inventari di gas serra**) e delle possibili scelte che si vorranno prendere analizzando diversi possibili **scenari** futuri.

Bibliografia

- Jones, Glenn A., and Kevin J. Warner. "The 21st century population-energy-climate nexus." *Energy Policy* 93 (2016): 206-212.
- Neurath, Paul. "From Malthus to the Club of Rome and Back: problems of limits to growth, population control and migrations". Taylor & Francis, 2017.
- Rockström, Johan, Mattias Klum, and Peter Miller. "Big world, small planet: abundance within planetary boundaries". Yale University Press, 2015.
- Rosenzweig, Cynthia, and Martin L. Parry. "Potential impact of climate change on world food supply." *Nature* 367.6459 (1994): 133-138.
- Scovronick, Noah, et al. "Impact of population growth and population ethics on climate change mitigation policy". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.46 (2017): 12338-12343.
- Steffen, Will, et al. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet". *Science* 347.6223 (2015).
- Stephenson, Judith, Karen Newman, and Susannah Mayhew. "Population dynamics and climate change: what are the links?" *Journal of Public Health* 32.2 (2010): 150-156.
- Vörösmarty, Charles J., et al. "Global water resources: vulnerability from climate change and population growth". *Science* 289.5477 (2000): 284-288.
- Zhang, David D., et al. "Global climate change, war, and population decline in recent human history." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104.49 (2007): 19214-19219.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico

B



L'idea della varietà infinita dei dettagli e delle molteplici forme ristora la mente; nella complessità si nascondono le sfumature della bellezza, nella varietà si scoprono a generosità e l'esuberanza.



Annie Dillard

Scrittrice.

The Force That Drives the Flower

Bilancio di massa dei ghiacciai/ Mass Balance of Glaciers

ambito disciplinare
glaciologico
ambientale

autori
Daniele cat Berro
Luca Mercalli

Il **bilancio di massa di un ghiacciaio** consiste nel monitoraggio delle sue variazioni di volume, direttamente legate – soprattutto nei ghiacciai montani e continentali – alle forzanti climatiche (alimentazione nevosa invernale e fusione estiva), mentre nei ghiacciai polari e subpolari, con fronte sommersa in mare o laghi, la dinamica glaciale è resa più complessa dall'interazione con l'acqua. Il metodo più diffuso per la determinazione del bilancio di massa è quello glaciologico diretto: si misurano i processi superficiali (accumulo nevoso e fusione) che condizionano lo stato di equilibrio o disequilibrio del ghiacciaio, e dunque l'evoluzione nel tempo (espansione, contrazione). Si assume che tutti gli altri scambi di massa (a livello di reticolo endoglaciale, zona di contatto ghiaccio-fondo roccioso, ecc.) e in forma diversa rispetto all'accumulo di neve e alla fusione estiva (evaporazione-sublimazione) siano trascurabili ai fini della valutazione del bilancio finale.

Dunque, due sono i parametri fondamentali che si quantificano:

- l' "accumulo specifico", ovvero l'equivalente in acqua della neve che si accumula in un periodo compreso in genere da ottobre a maggio;
- l'"ablazione specifica", ovvero l'equivalente in acqua perso dal ghiacciaio nel periodo estivo, per fusione di neve e ghiaccio.

Dalla differenza tra questi due parametri si ottiene il "bilancio di massa specifico" per l'annata in esame, corrispondente grosso modo all'anno idrologico (1 ottobre - 30 settembre dell'anno seguente), e non all'anno solare, poiché l'accumulo di nuova neve sul ghiacciaio comincia a inizio autunno, talora già in settembre. Sulle Alpi, a quote intorno a 3000 metri, il massimo spessore della neve si riscontra di solito attorno a metà maggio, dopodiché inizia la fusione (il processo più rilevante dell'ablazione), che termina all'arrivo della nuova neve autunnale. Sia il periodo di accumulo sia quello di ablazione sono soggetti a forti variazioni in intensità e durata di anno in anno: non è raro ad esempio che anche in estate si verificano nevicate (quindi nuovi accumuli) sui ghiacciai, che si riflettono fortemente sul valore finale del bilancio soprattutto a causa dell'interruzione della fusione; così come non è infrequente, soprattutto in questi anni di **riscaldamento globale**, che il processo di fusione inizi già ad aprile o maggio e si protragga talora fino a tutto ottobre.

Valutazione dell'accumulo: si esegue dunque tra fine maggio e inizio giugno, nel momento in cui si presume sia massimo l'accumulo nevoso

sul ghiacciaio. Si misurano gli spessori della neve con un sondino da valanga, in corrispondenza di siti rappresentativi rintracciati tramite coordinate GPS, ove sono collocate pure le paline per la valutazione della successiva fusione estiva. Per trasformare gli spessori misurati in altezze di equivalente in acqua (*w.e.*, ovvero *water equivalent*, espresse in mm come si fa per le precipitazioni), si perfora e si pesa un campione dell'intero spessore del manto nevoso stagionale tramite un "tubo carotiere", o (soluzione che comporta minore precisione) si scavano trincee fino alla base del manto, prelevando e pesando campioni a intervalli regolari di profondità. Conoscendo volume e massa dei campioni si può calcolare la densità della neve e dunque il suo equivalente in acqua (per esempio, con spessore di 3 m e densità di 400 kg/m³ si ottiene un equivalente d'acqua di 1200 mm). I valori vengono attribuiti alle rispettive fasce altimetriche: moltiplicando ognuna di queste aree per il proprio valore di accumulo, e sommando i contributi di tutte, si ottiene il volume di acqua (m³) accumulatosi sul ghiacciaio, esprimibile anche come "lama d'acqua" media (mm) sull'intera superficie.

Valutazione dell'ablazione: l'entità della fusione si determina per mezzo di "paline ablatometriche" (aste di legno infisse nel ghiaccio tramite perforazione manuale o con sonda a vapore), misurandovi - intorno alla metà di settembre - l'abbassamento della superficie intercorso nella stagione estiva, tenendo conto delle diverse densità degli strati che vengono via via intaccati (neve, firn, ghiaccio), al fine di ottenere il valore di equivalente in acqua corrispondente. Al ghiaccio di ghiacciaio, ricco di impurità e bolle d'aria, viene di norma attribuita una densità di circa 870 kg/m³ in luogo dei 917 kg/m³ del ghiaccio puro. Come per l'accumulo, anche qui si attribuiscono i valori di ablazione alle

rispettive aree, calcolando poi la somma dei volumi d'acqua derivanti dalla fusione.

Definizione del bilancio annuale: si ottiene per differenza tra i valori di accumulo e quelli di ablazione. Il valore finale del bilancio si può anche ottenere misurando unicamente l'accumulo o l'ablazione netti alle paline al termine dell'anno idrologico, con un solo sopralluogo autunnale (bilancio netto): il risultato è lo stesso, ma si perde l'informazione sulle cause che hanno portato a un dato valore di bilancio: non si può capire, ad esempio, se un anno è stato negativo ai fini della conservazione della massa glaciale a causa di uno scarso accumulo invernale, piuttosto che di un'intensa fusione estiva, oppure per la combinazione dei due fenomeni.

Meno comune in quanto necessita di costosi strumenti tecnologici, ma di crescente interesse soprattutto per il monitoraggio di ghiacciai molto remoti, di grandi dimensioni o con superficie difficilmente percorribile a piedi, è il "bilancio di massa geodetico": in questo caso le variazioni di volume si calcolano misurando le variazioni altimetriche della superficie glaciale (DEM, *Digital Elevation Model*) intervenute tra successive campagne topografiche (georeferenziazione della superficie glaciale con precisione centimetrica tramite rilievi GPS da drone, rilievi LIDAR da aereo, ecc.). La quantificazione del bilancio ottenuta è potenzialmente più precisa rispetto al metodo glaciologico diretto, in quanto frutto di un monitoraggio continuo su tutta la superficie glaciale, e non limitato a una serie discreta di punti, per quanto rappresentativi.

C'è inoltre il "metodo idrologico", poco diffuso, che consiste nella quantificazione del bilancio di massa tramite un modello di afflussi e deflussi alimentato da dati di precipitazione nell'area del ghiacciaio e di portata del torrente glaciale.

Nel mondo il bilancio di massa viene eseguito su circa 160 ghiacciai, prevalentemente con metodo diretto, di cui 51 sulle Alpi (quasi un terzo del totale) e una dozzina in Italia. I dati vengono raccolti annualmente in un grande data-base coordinato dal *World Glacier Monitoring Service*, con sede all'Università di Zurigo (www.wgms.ch), che periodicamente li pubblica sulla rivista "Global Glacier Change Bulletin".

Tra le più lunghe serie di bilanci di massa al mondo figurano quelle del Claridenfirn in Svizzera (dal 1915), dello Storglaciären in Svezia (dal 1946) e del Glacier de Sarennes in Francia (dal 1949), ghiacciaio tuttavia prossimo all'estinzione. In Italia spiccano le serie dei ghiacciai del Careser presso il Cevedale (dal 1967), della Sforzellina in Valtellina (dal 1987) e del Ciardoney sul Gran Paradiso (dal 1992, vedi www.nimbus.it).

Nell'insieme del mondo i dati di bilancio indicano che le perdite medie di massa glaciale nel decennio 2010-2019 sono state pari a una lama d'acqua spessa circa 900 mm/anno, valore quasi raddoppiato rispetto ai due decenni precedenti (Anni Novanta e Duemila) e quadruplicato rispetto agli Anni Ottanta del Novecento. A 3000 m sulle Alpi estati molto calde come quelle del 2003, 2012 e 2015 hanno determinato perdite di spessore glaciale anche di oltre 2-3 m. Il monitoraggio tramite bilancio di massa è di primario interesse non solo per lo studio dei ghiacciai in sé e dell'influenza del **clima** sulla loro dinamica, ma anche per applicazioni nel campo dell'energia idroelettrica (disponibilità idrica per la produzione stagionale) e della gestione della risorsa idrica in generale (agricoltura).

Bibliografia

- Bamber, Jonathan L., and Antony J. Payne. "Mass balance of the cryosphere: observations and modelling of contemporary and future changes". Cambridge University Press, 2004.
- Kääb, Andreas, and Martin Funk. "Modelling mass balance using photogrammetric and geophysical data: a pilot study at Griesgletscher, Swiss Alps." *Journal of Glaciology* 45.151 (1999): 575-583.
- Mouginit, Jérémie, et al. "Forty-six years of Greenland Ice Sheet mass balance from 1972 to 2018." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116.19 (2019): 9239-9244.
- Huss, Matthias. "Extrapolating glacier mass balance to the mountain range scale: the European Alps 1900-2100." *The Cryosphere Discuss.* 6 (2012): 1117-1156.
- Sandberg Sørensen, L., et al. "Mass balance of the Greenland ice sheet (2003-2008) from ICESat data—the impact of interpolation, sampling and firn density." *The Cryosphere* 5 (2011): 173-186.
- Thibert, E., et al. "Glaciological and volumetric mass-balance measurements: error analysis over 51 years for Glacier de Sarennes, French Alps." *Journal of Glaciology* 54.186 (2008): 522-532.

/Bilancio e rischi climatici/ Financial Statements and Climate Risks

ambito disciplinare
economico

autrici
Laura Corazza
Vera Palea

Recentemente, le imprese hanno incrementato in modo significativo la quantità e la qualità delle informazioni relative agli **impatti dei cambiamenti climatici** sulla loro operatività e competitività. Talvolta pubblicando veri e propri **report di sostenibilità**, talvolta inserendo sezioni specifiche all'interno dei documenti finanziari tradizionali. Tale aumento di informazioni, a livello di Unione europea, è riconducibile a un quadro normativo fortemente orientato a una riconversione del sistema economico verso un modello a basse emissioni di **gas serra**. Il Piano d'azione per la **finanza sostenibile**, ad esempio, ha tra i propri obiettivi il rafforzamento dell'informativa collegata agli effetti del cambiamento climatico da parte delle imprese allo scopo di aiutare gli investitori istituzionali e le banche a discriminare meglio tra imprese virtuose e non con riguardo ai temi ambientali. Come illustrato all'interno del lemma collegato sui report di sostenibilità, a seguito dell'introduzione della Direttiva Europea 2014/95/UE sulle informazioni non-finanziarie, le imprese di maggiore dimensione forniscono informazioni sugli impegni e risultati raggiunti in ambito *ESG (Environmental, Social and Governance)* all'interno della cosiddetta Dichiarazione Non Finanziaria (in Italia conosciuta come DNF, secondo il D.lgs. n. 254/2016). In tale documento, le imprese devono, da un lato, fornire informazioni sull'effetto delle proprie attività e dei propri prodotti sul **clima**; dall'altro, devono identificare le conseguenze che il cambiamento climatico potrà avere sull'impresa medesima.

E la contabilità intesa in senso tradizionale? È di Novembre 2019 uno dei primi report che esorta i redattori del bilancio tradizionale a iniziare a considerare compiutamente l'impatto dei cambiamenti climatici a Stato Patrimoniale e a Conto Economico. Pubblicato da *International Accounting Standards Board (IASB)*, il report propone alcuni suggerimenti per iniziare a recepire il rischio collegato ai cambiamenti climatici all'interno dei bilanci tradizionali (IFRS, 2019). Il report suggerisce alle imprese di iniziare a identificare i diversi tipi di rischi collegati al cambiamento climatico che possono incidere sulla propria operatività, realizzando quella che in gergo è chiamata "analisi di materialità", ovvero di significatività degli effetti a bilancio. Si pensi al caso di una partecipazione in una società fortemente inquinante, la cui redditività futura potrebbe

essere compromessa dal modello di business adottato, oppure al caso di impianti e macchinari che producono beni il cui uso verrà scoraggiato e limitato per ragioni ambientali. Ad esempio, una direttiva UE prevede che gli stati membri dell'UE debbano vietare, entro il 2021, l'uso di prodotti monouso in plastica. Si tratta, chiaramente, di investimenti dell'impresa che devono essere sottoposti a una verifica per perdita di valore collegata ai cambiamenti normativi in atto a livello europeo (vedi "**Green Deal Europeo**").

Inoltre, si sottolinea come tra i diversi documenti che compongono il bilancio, anche la sezione narrativa del bilancio stesso, potrebbe essere il luogo in cui le imprese potranno dare evidenza delle in-

formazioni salienti, ad esempio, riguardanti la gestione dei rischi climatici seguendo quanto suggerito anche dalla **Task Force on Climate-related Financial Disclosures**. Il report dello IASB si rivolge a imprese che adottano i principi contabili internazionali (cosiddetti IAS/IFRS), quindi essenzialmente a società quotate. Verosimilmente, tali indicazioni saranno nel corso del tempo recepite anche a livello di linee guida per la redazione dei bilanci delle imprese di dimensioni più ridotte, che fanno riferimento alle norme del Codice Civile.

Bibliografia

- IFRS (2019), "Climate-related and other emerging risks disclosures: Assessing financial statement materiality, In Brief", Novembre 2019.

/Bilancio energetico/ Energy Balance

ambito disciplinare
energetico
economico

autori
Andrea Tartaglino
Tommaso Orusa

Il **Bilancio energetico** è uno strumento contabile in grado di fornire una rappresentazione unitaria e coerente dei flussi energetici (produzione, importazione, esportazione, acquisto, vendita, trasporto, trasformazione, utilizzazione) di un certo impianto o area geografica, in un dato periodo di tempo. Normalmente, i bilanci riportano le quantità di **energia** necessarie per il fabbisogno energetico espresse in quantità equivalenti di un solo tipo di energia primaria (in generale il petrolio). Ad esempio il **bilancio energetico nazionale** dell'Italia (figura 1), pubblicato annualmente dal Ministero dello Sviluppo Economico, utilizza come unità di misura i MTep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio), dove per Tep si intende la quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo (1 Tep vale circa 42 GJ - Giga Joule = 10^9 Joule).

Si possono inoltre distinguere "bilancio energetico generale", che è l'indicatore di sintesi degli impieghi di energia in un paese e "bilancio energetico settoriale", che è l'indicatore di sintesi degli impieghi di energia in un determinato settore economico o industriale.

Bilancio energetico nazionale

Mtep

	SOLIDI	GAS	PETROLIO	RINNOVABILI	ENERGIA ELETTRICA ^(A)	TOTALE
ANNO 2018						
1 Produzione	0,25	4,46	4,68	34,00	0,00	43,40
2 Importazione	9,48	55,59	81,49	1,57	10,38	158,51
3 Esportazione	0,25	0,32	29,53	0,27	0,72	31,09
4 Variazione delle scorte	0,24	0,22	-1,92	0,00	0,00	-1,47
5 Disponibilità per il consumo interno (1+2-3-4)	9,24	59,51	58,57	35,30	9,66	172,28
6 Consumi e perdite del settore energetico	-0,18	-1,91	-3,72	0,00	-39,16	-44,97
7 Trasformazione in energia elettrica	-6,90	-19,81	-1,68	-26,37	54,75	-
8 Totale impieghi finali (5+6+7)	2,16	37,80	53,18	8,93	25,25	127,32
- industria	2,11	12,64	2,88	0,13	9,48	27,23
- trasporti	-	0,83	37,06	1,24	0,99	40,12
- usi civili	0,00	23,58	2,78	7,52	14,25	48,14
- agricoltura	0,00	0,13	2,29	0,04	0,52	2,99
- usi non energetici	0,05	0,62	5,02	0,00	-	5,69
- bunkeraggi	-	-	3,15	-	-	3,15

(A) Energia elettrica primaria (idroelettrica, geotermoelettrica, eolico), importazioni/esport a input termoelettrico.

Figura 1.

La tabella mostra per l'anno 2018 un esempio di bilancio energetico nazionale. Le fonti energetiche che contribuiscono a soddisfare il consumo interno di energia sono suddivise in combustibili solidi, gassosi, liquidi, energia rinnovabile ed energia elettrica. Il consumo interno lordo è dato dalla somma dell'energia primaria prodotta e dell'energia importata detratta dell'energia esportata e della variazione netta delle scorte delle fonti primarie e secondarie. Per arrivare al consumo netto vi sono poi le perdite di distribuzione e la parte di energia primaria che viene convertita in energia elettrica o viene utilizzata direttamente per i vari impieghi finali. Fonte: ATERA su dati del Ministero dello sviluppo economico e di Terna.

Dal bilancio energetico possono essere desunte importanti informazioni quali i consumi interni lordi, i consumi finali di energia, il grado di dipendenza dall'estero, la struttura di offerta per fonti primarie, le perdite di trasformazione, la struttura della domanda per settori di impiego e il legame tra settore/uso/fonte. Inoltre, dal confronto dei bilanci energetici degli ultimi anni si può rilevare lo sviluppo del processo di **transizione energetica**: ad esempio nella figura 2, ricavata dai bilanci nazionali a partire dal 1997, si può rilevare l'aumento della produzione di energia rinnovabile in Italia rispetto alle altre fonti; nella figura 3, la crescita del solo contributo rinnovabile sul bilancio generale.

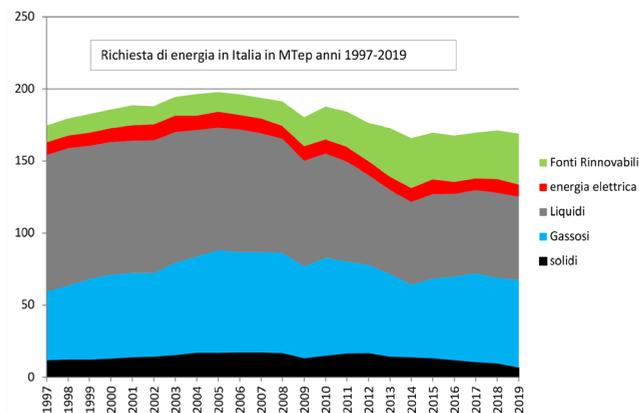


Figura 2.
Fonte dati : Ministero dello Sviluppo Economico
(<https://dgsaie.mise.gov.it/ben.php>)

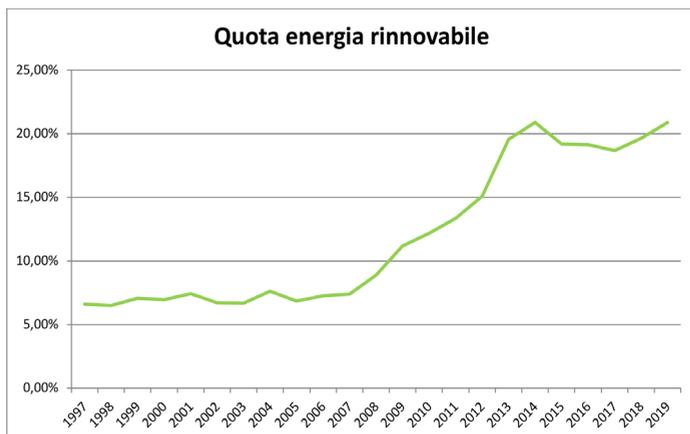


Figura 3.
Fonte dati : Ministero dello Sviluppo Economico
(<https://dgsaie.mise.gov.it/ben.php>)

Bibliografia

- Enea, Dipartimento Unità Per l'efficienza Energetica. "Glossario Le Parole Dell'energia" 2019.
- Autorità per l'energia elettrica e il gas. "Relazione annuale anni 1999 - 2005".
- Governo italiano Ministero dello sviluppo economico, "Bilancio energetico nazionale".

Bilancio energetico terrestre/ Earth's Energy Budget

ambito disciplinare
fisico

autori
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Tommaso Orusa

Il **clima** terrestre è una macchina complessa i cui ingranaggi sono messi in moto dall'**energia** in arrivo dal Sole. Il **bilancio energetico** Sole-Terra rappresenta l'equilibrio tra l'energia che la Terra riceve dal Sole e l'energia che la Terra irradia nello spazio esterno dopo essere stata distribuita tra le diverse **componenti del sistema climatico** terrestre, come l'**atmosfera**, l'**idrosfera**, la **criosfera**, la **biosfera**, il suolo e il sottosuolo.

Una parte della radiazione che la Terra riceve dal Sole viene riflessa dalle superfici con un elevato potere riflettente (cioè alta **albedo**), come le nubi spesse e dalla sommità molto bianca in atmosfera o le aree coperte da neve e ghiaccio al suolo mentre la restante parte, il 70% circa, viene assorbita: in parte dall'atmosfera (circa 1/3) e, in misura maggiore, dalla superficie terrestre (suolo e, soprattutto, oceano).

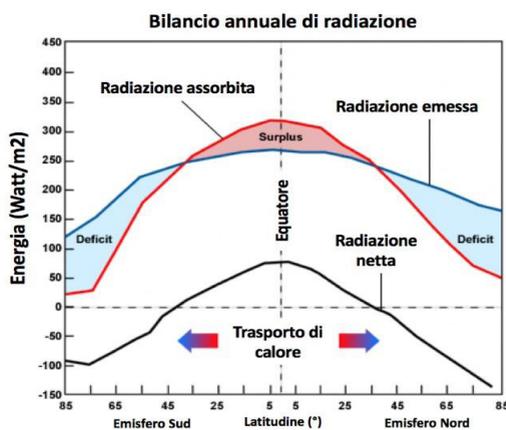
La radiazione solare assorbita, tuttavia, è distribuita in modo non uniforme sul Pianeta. La curvatura terrestre, infatti, fa sì che la radiazione in arrivo dal Sole vari con la latitudine e sia più diluita alle latitudini maggiori, dove si distribuisce su una superficie più ampia, mentre sia più concentrata vicino all'equatore. Questo fatto, unito alla presenza di estese superfici coperte di ghiacci e nevi ai poli, fa sì che le alte latitudini assorbano meno radiazione solare di quelle prossime all'equatore. L'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre, inoltre, fa sì che le regioni polari non vedano la luce del Sole durante l'inverno. Quando la superficie terrestre si riscalda emette a sua volta energia sotto forma di radiazione

infrarossa (da noi percepita come calore) e la quantità di energia emessa è proporzionale alla temperatura della superficie che la emette, e perciò dipende anch'essa dalla latitudine. Se calcoliamo il bilancio tra l'energia assorbita e quella riemessa in ciascuna fascia latitudinale, scopriamo che ai tropici la quantità di luce solare assorbita supera la quantità di calore che la superficie stessa riemette e ciò produce un guadagno netto di calore, mentre l'opposto avviene alle alte latitudini, dove si ha una perdita netta di calore (si veda la figura).

L'atmosfera e l'oceano lavorano senza sosta per compensare questo squilibrio, spostando il calore in eccesso ai tropici verso i poli attraverso l'evaporazione dell'acqua di superficie, la convezione, le precipitazioni, i venti e la circolazione oceanica. La Terra è molto vicina a essere, su tempi lunghi, in condizioni di equilibrio radiativo: la situazione in cui la frazione di energia solare in ingresso assorbita è bilanciata da un uguale flusso di calore verso lo spazio. In questa condizione, la temperatura media globale si mantiene relativamente stabile. A livello globale, nel corso dell'anno, il sistema Terra (terre emerse, oceani e atmosfera) assorbe e poi irradia nello spazio una media di circa 340 watt di energia solare per metro quadrato. Qualsiasi elemento o **forzante** in grado di agire su questo bilancio di energia, modificando la quantità di energia solare in entrata nel sistema, modificando la frazione che viene assorbita, o modificando la quantità di energia infrarossa in uscita dal sistema, può portare a una modifica della temperatura media globale che è il risultato del bilancio di energia, e quindi nel clima della Terra. Diversi fattori sono in grado di alterare questo equilibrio, e possono essere di origine naturale o antropica: modifiche nella quantità di radiazione in arrivo dal Sole (dovuto a variazioni nelle caratte-

ristiche orbitali o alla dinamica interna della nostra stella); modifiche nella composizione atmosferica (principalmente nella concentrazione di **aerosol** e di **gas serra** che hanno un potere climalterante); modifiche nell'**albedo** (riflettività) della superficie e dell'atmosfera (ad esempio legate a cambiamenti nella copertura nuvolosa, nella vegetazione e nell'estensione delle aree coperte da neve e ghiaccio e nei diversi tipi di utilizzo del suolo e del territorio).

Il flusso termico netto viene attenuato soprattutto diventando parte del calore contenuto nell'oceano, fino a quando non si stabilisce un nuovo stato di equilibrio tra le radiazioni e la risposta climatica.



Surplus di energia nella zona equatoriale e tropicale e deficit di energia alle alte latitudini. Le latitudini sono mostrate nell'asse delle ascisse e i valori si intendono mediati lungo tutte le longitudini. Immagine riadattata da The COMET Program.

Bibliografia

- Dickinson, Robert E. "Land surface processes and climate—Surface albedos and energy balance." *Advances in geophysics*. Vol. 25. Elsevier, 1983. 305-353.
- North, Gerald R., Robert F. Cahalan, and James A. Coakley Jr. "Energy balance climate models." *Reviews of Geophysics* 19.1 (1981): 91-121.
- Wild, Martin, et al. "The energy balance over land and oceans: an assessment based on direct observations and CMIP5 climate models." *Climate Dynamics* 44.11-12 (2015): 3393-3429.

/Bilancio idrologico/ Hydrological Balance

ambito disciplinare
ambientale

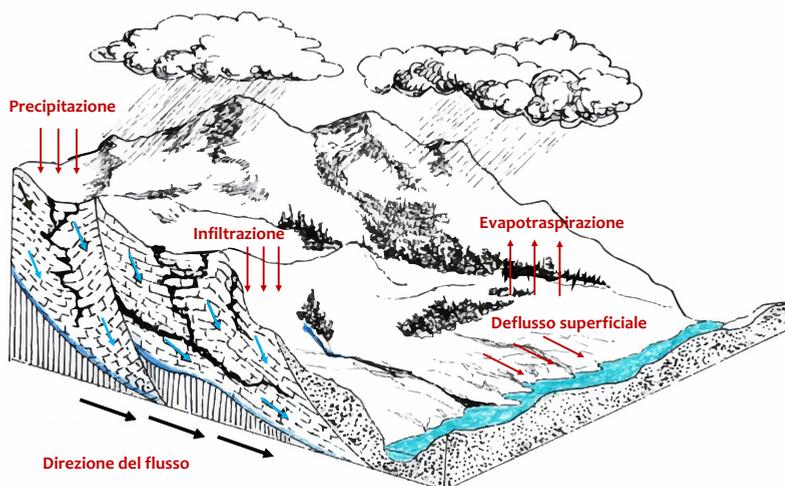
autori
Tommaso Orusa
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi

In un sistema di distribuzione idrica per **bilancio idrologico** si intende il processo di valutazione di tutte le componenti in ingresso e in uscita del sistema, al fine di determinare l'utilizzo della risorsa e la valutazione delle perdite idriche. Esistono diverse formule e approcci per calcolare il bilancio (si rimanda alla bibliografia).

L'apporto complessivo dell'acqua proveniente dall'**atmosfera** che raggiunge la superficie terrestre in una delimitata area si chiama afflusso. L'afflusso nell'interazione con il suolo si ripartisce in diverse componenti, definite in base ai differenti percorsi seguiti dall'acqua e dalle differenti reazioni fisico-chimiche subite. Le principali sono: l'evapotraspirazione, il deflusso superficiale e l'infiltrazione (vedi immagine). Viene definita evapotraspirazione il fenomeno che riguarda le terre emerse ricoperte da vegetazione e include sia l'evaporazione dell'acqua meteorica, influenzata dalla temperatura, dall'umidità e dai movimenti dell'aria, che la traspirazione ovvero la perdita di acqua da parte della vegetazione attraverso la superficie esposta all'aria.

Il deflusso superficiale è il processo di trasferimento superficiale lungo il declivio orografico, con la perdita nel suo percorso di una certa quantità per evaporazione. Infine, l'acqua che penetra nel sottosuolo segue un processo di trasferimento definito con il termine di infiltrazione.

L'insieme di questi processi costituisce il bilancio idrologico e rappresenta l'equazione di bilancio di massa dei volumi idrici in ingresso e in uscita dell'area considerata.



Fonte: NASA Educational, riadattamento degli autori.

In un sistema ideale costituito da una struttura montuosa di roccia porosa omogenea che abbia una permeabilità uguale in tutte le direzioni (isotropa), a contatto con uno strato a permeabilità molto bassa, le acque meteoriche che precipitano sul rilievo saranno in parte soggette ai fenomeni di evapotraspirazione e una parte defluirà in superficie (ruscellamento superficiale) dando origine alle riserve idriche superficiali: nel momento in cui l'intensità meteorica supera la capacità del terreno di assorbire l'acqua si genera un afflusso superficiale. Quella assorbita dal terreno si infiltrerà nel sottosuolo (infiltrazione efficace) verso la zona di saturazione compresa tra lo strato di roccia impermeabile e la superficie piezometrica, per poi defluire verso le zone di emergenza. Il bilancio idrologico può essere semplificato nella formula:

$$P = E + R + I + D$$

P = precipitazione

E = evapotraspirazione

R = deflusso superficiale

I = infiltrazione efficace

D = deflusso idrico globale

Bibliografia

- Eagleson, Peter S. "Climate, soil, and vegetation: 1. Introduction to water balance dynamics." *Water Resources Research* 14.5 (1978): 705-712.
- Gleeson, Tom, et al. "Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint." *Nature* 488.7410 (2012): 197.
- Martano, Paolo, and Marco Delle Rose. "Clima e risorse idriche tra atmosfera e sottosuolo." *Ithaca: Viaggio nella Scienza* 2020.15 (2020): 69-80.
- Milly, P. C. D. "Climate, soil water storage, and the average annual water balance." *Water Resources Research* 30.7 (1994): 2143-2156.
- Perosino G.C., 2012. "Scienze della Terra (cap. 3 - modulo III)". CREST (To).
- Ritchie, J. T. "Soil water balance and plant water stress." *Understanding options for agricultural production*. Springer, Dordrecht, 1998. 41-54.
- Willmott, Cort J., Clinton M. Rowe, and Yale Mintz. "Climatology of the terrestrial seasonal water cycle." *Journal of Climatology* 5.6 (1985): 589-606.

/Biocombustibile/ Biofuel

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

Con il termine **biocombustibile** si intende un combustibile ottenuto a partire da materie prime di origine naturale attraverso processi cinematicamente rapidi. Per la produzione di biocombustibili i prodotti di origine naturale vengono trasformati all'interno di bioraffinerie, qui le biomasse sono convertite in un ampio spettro di prodotti ad alto valore aggiunto, biocombustibili ed **energia**, in una logica di forte sinergia tra processi, propria delle tradizionali raffinerie.

Un parametro fondamentale da valutare nel momento in cui si analizza l'opportunità di sviluppare filiere produttive per biocombustibili è il "ritorno energetico sull'investimento" energetico, più noto con l'acronimo inglese EROEI (*Energy Returned On Energy Invested*) ovvero il rapporto tra l'energia ottenibile dal combustibile rispetto a quella che è stata necessario utilizzare

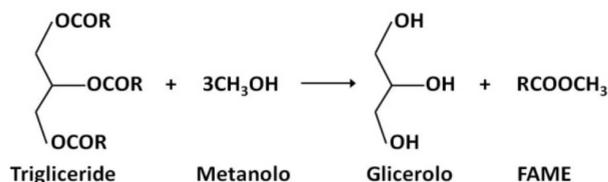
per produrlo. Tipici valori di EROEI per i principali biocombustibili sono prossimi all'unità se non minori di 1 (ad esempio il bioetanolo, a seconda della materia prima utilizzata per la sua produzione, ha EROEI tra 0,7 e 1,8).

Per convenzione si è soliti dividere i biocombustibili in tre differenti generazioni:

- Prima generazione: biocombustibili direttamente prodotti da biomasse utilizzate anche a scopo alimentare.
- Seconda generazione: biocombustibili prodotti da biomasse non destinate a produzione di cibo (prodotti ligneo cellulósici, rifiuti solidi urbani, scarti vegetali della produzione di alimenti).
- Terza generazione: biocombustibili prodotti da biomasse algali.

Tra i principali biocombustibili attualmente prodotti vi sono:

- *Bioetanolo*. Questo prodotto è ottenuto da processi di fermentazione alcolica di biomasse ricche di zuccheri quali cereali, colture zuccherine o paglia. Il bioetanolo trova applicazione come componente in benzine e per la produzione di etilbutil etere (un derivato ad elevato numero di ottano).
- *Biodiesel*. Il biodiesel è costituito da una miscela di esteri alchilici (tipicamente metilici o etilici) ottenuta attraverso la reazione di transesterificazione di trigliceridi di origine vegetale o animale con metanolo o etanolo. I prodotti ottenuti sono generalmente indicati con gli acronimi inglesi FAME (*Fatty Acid Methyl Esters*) e FAEE (*Fatty Acid Ethyl Esters*). Come sottoprodotto di questo processo si ottiene il glicerolo.



- *Biogas*. Miscela di gas con una percentuale superiore al 50% di metano prodotto dalla fermentazione anaerobica di liquami contenenti elevate concentrazioni di composti organici (acque reflue civili ed industriali, lisciviati di discarica, liquami zootecnici, ecc.).
- *Syngas*. Miscela di monossido di carbonio e idrogeno (più altri componenti minoritari) ottenuti dalla parziale combustione di biomasse vegetali. Tale miscela può essere utilizzata per l'alimentazione di motori a scoppio oppure per la produzione di composti chimici quali metanolo o, attraverso il processo di Fisher-Tropsch, di combustibili liquidi.

La sostenibilità ambientale e l'utilità non puramente economica della produzione di biocombustibili è argomento di intenso dibattito. Perché la produzione di un biocombustibile su larga scala sia sostenibile dal punto di vista ambientale e sociale è essenziale che:

- Il suo utilizzo porti a un minor rilascio di gas clima alteranti (**gas serra**) rispetto all'utilizzo di **combustibili fossili**.

- Le piantagioni per la produzione della biomassa non siano impiantate a scapito di importanti e fragili ecosistemi.
- La produzione della biomassa non entri in conflitto con la produzione agricola di alimenti, cosa inaccettabile dal punto di vista etico e pericoloso per l'equilibrio dei mercati dei prodotti alimentari che potrebbero vedere squilibri nei prezzi dei beni e fluttuazioni nella loro disponibilità.
- La produzione del biocombustibile nella sua interezza sia valutata con un attento ciclo di vita del prodotto (vedi la voce "**Life Cycle Analysis**") che dimostri l'effettiva sostenibilità del processo in termini di impatto ambientale (bilancio del carbonio, impatto sugli ecosistemi, impatto sulle risorse idriche e sulla **biodiversità**).

I biocombustibili difficilmente potranno giocare un ruolo importante nella **transizione energetica** principalmente perché l'efficienza del processo fotosintetico che porta alla produzione di biomassa è molto bassa (minore dello 0,2%).

Si noti che la filiera
 luce solare > fotovoltaico > motore elettrico (per esempio quello di un'auto elettrica) ha un'efficienza 100 volte superiore rispetto a quella
 luce solare > biomassa > biocombustibile > motore a scoppio.

Bibliografia

- Chu S., Majumdar A., "Opportunities and challenges for a sustainable energy future", *Nature*, 2012, 488, 294-303, doi:10.1038/nature11475
- Lee R. A. and Lavoie J-M., "From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity", *Animal Frontiers*, 2013, 3, 2, 6-11, doi:10.2527/af.2013-0010
- Knothe G., Razon L. F., "Biodiesel fuels", *Progress in Energy and Combustion Science* 58 (2017) 36-59, doi: 10.1016/j.pecs.2016.08.001.
- Ragauskas Arthur J. et al., "The Path Forward for Biofuels and Biomaterials", *Science* 311 (5760), 484-489, doi: 10.1126/science.1114736
- Sansaniwala S.K., Pala K., Rosenb M.A., Tyagi S.K., "Recent advances in the development of biomass gasification technology: A comprehensive review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 72 (2017) 363-384.

/Biodegradabilità/ Biodegradability

ambito disciplinare
 ambientale

autori
 Riccardo Beltramo
 Silvia Mollo

La **biodegradabilità** è la capacità di una sostanza o materiale di essere degradata in sostanze più semplici mediante l'attività enzimatica di microrganismi. Questo processo si avvale di batteri, luce solare e altri agenti fisici naturali e, se completo, si ha una totale conversione delle sostanze di partenza in molecole inorganiche semplici quali acqua, **diossido di carbonio** o metano. Costituisce un processo di grande importanza per il mantenimento degli equilibri ecologici e fa già parte del ciclo naturale della vita sulla Terra. Anche i **rifiuti** organici delle attività umane possono essere rimossi mediante la biodegradazione. L'efficacia dell'azione dipende però dalla natura chimica della sostanza o materiale, dall'ambiente e dalla durata del processo.

I processi biologici coinvolti avvengono per mezzo di microrganismi in condizioni aerobiche o anaerobiche. Nel pri-

mo caso, ovvero quando vi è presenza di ossigeno durante la scomposizione dei contaminanti organici da parte di microrganismi, si avrà principalmente il compostaggio, ottenendo un fertilizzante in grado di agevolare la crescita degli organismi. Nel secondo caso, invece, i microbi anaerobici sono predominanti rispetto ai microbi aerobici. In assenza di ossigeno, oltre al compost, si produce principalmente biogas, che può venire raccolto e utilizzato per la produzione di **energia** rinnovabile. Questo sistema è ampiamente usato per trattare le acque reflue e i rifiuti biodegradabili, perché permette di ridurre il volume e la massa del materiale di input, limitando l'emissione di gas da scarica nell'**atmosfera**, sostituendo i **combustibili fossili** nella produzione di energia. Inoltre, i solidi ricchi di nutrienti rilasciati possono essere usati come fertilizzanti.

Come si evince dai due processi, utilizzare come sinonimi i termini biodegradabile e compostabile è un errore. La differenza tra i due lemmi genera spesso confusione nella quotidiana scelta del sacchetto in cui buttare l'umido, composto dagli scarti alimentari e organici che possono entrare nel processo di compostaggio. Il conferimento corretto si dovrebbe avvalere di sacchetti di bioplastica o di carta, e non di buste biodegradabili che non sono compostabili.

Bibliografia

- IUPAC. "Compendium of Chemical Terminology", 2nd ed. (the "Gold Book"). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997).

/Biodiversità e cambiamenti climatici/ Biodiversity and Climate Change

ambito disciplinare

biologico

autori

Tommaso Orusa

Annalisa Viani

La **biodiversità** è una proprietà strutturale di tutti i sistemi, delle popolazioni faunistiche e floristiche, delle comunità e degli ecosistemi e, per ognuna di queste, vi sono livelli di biodiversità differenti che corrispondono a diversità genetica, tassonomica, ecosistemica e funzionale.

La biodiversità regola la prevedibilità dell'ecosistema, lo stabilizza e lo guida verso un traguardo preciso che viene perturbato solo da variazioni interne e/o esterne, a seguito ad esempio del superamento della capacità portante (numero massimo di individui che possono vivere su un certo territorio in funzione delle risorse che esso è in grado di produrre), disturbi biotici (ad esempio attacchi da parte di agenti patogeni) o abiotici locali o su vasta scala come ad esempio i **cambiamenti climatici**, gli incendi, le valanghe, ecc. La diversità biologica o biodiversità in ecologia è dunque la varietà di organismi viventi, nelle loro diverse forme, nei rispettivi ecosistemi terrestri e acquatici. Essa comprende l'intera variabilità biologica: di geni, specie vegetali e animali, nicchie ecologiche ed ecosistemi.

Generalmente si distinguono i seguenti livelli di biodiversità:

- *biodiversità genetica o intraspecifica*: definita come l'insieme della diversità genetica di ciascuna specie sul pianeta Terra e più in generale come la somma complessiva del patrimonio genetico degli esseri viventi che abitano il pianeta Terra;
- *biodiversità tassonomica o interspecifica*: definita come l'abbondanza e la diversità tra le specie;
- *biodiversità sistemica o ecosistemica*: definita come la diversità di ecosistemi ossia, l'insieme di tutti gli ambienti naturali e naturaliformi presenti sul Pianeta;
- *biodiversità funzionale*: definita come la diversità di funzioni e **servizi ecosistemici** all'interno di ciascun ecosistema e che gli ecosistemi nel loro complesso sono in grado di offrire.

La biodiversità non è un valore fisso e stabile; in un dato ambiente la biodiversità delle specie presenti può aumentare o diminuire nel tempo a causa di diversi fattori che possono essere di carattere naturale e/o antropico. Le risorse genetiche sono considerate la componente determinante della biodiversità all'interno di una singola specie. Le specie sinora classificate sono in totale circa 1,74 milioni, mentre il valore di quelle stimate oscilla da 3,63 a più di 111 milioni.

Tuttavia queste stesse stime risultano incomplete, in quanto nuove specie vengono quotidianamente scoperte e catalogate e aggiunte continuamente al totale generale ed altre vanno incontro all'estinzione prima ancora di essere descritte. L'estinzione di specie così come la perdita di ecosistemi tipici (ad esempio le zone umide in aree montane o le torbiere) e la riduzione della diversità genetica intraspecifica a causa di una eccessiva selezione (si pensi alle esigenze del mercato nei confronti delle specie agro-nomiche o ancora di più alla zootecnia e allevamento di talune specie con *pool* genetico sempre più appiattito a scapito di altre meno

produttive, ma dotate di maggiore plasticità), rappresentano una contrazione della biodiversità.

A volte tale fenomeno è definito come "erosione della biodiversità" per gli effetti negativi sulla biosfera e sulla capacità di **adattamento**, di resistenza, di **resilienza** e di **mitigazione** dovuti ai cambiamenti climatici. Le origini dell'erosione sono spesso dovute alla pressione sulle risorse naturali, al cambio d'**uso del suolo**, all'**acidificazione degli oceani**, alla **deforestazione**, al **consumo** (e consumismo) e all'**inquinamento** con un sempre maggior ampliamento dell'**impronta ecologica**.

La perdita di specie infatti può determinare un'instabilità e un malfunzionamento dell'ecosistema e avere ricadute significative su molte altre specie, in un meccanismo a cascata molto complesso da prevedere. Infatti l'ambiente e il **sistema climatico** sono per loro natura sistemi complessi e dunque non lineari, vista la moltitudine e l'interdipendenza delle variabili in gioco. Un esempio diffusamente noto all'opinione pubblica è rappresentato dalla perdita degli insetti pronubi, ossia gli impollinatori come nel caso delle api, il cui ruolo è fondamentale per il funzionamento della più parte degli ecosistemi terrestri, contribuendo in modo attivo all'interno della fenologia dei vegetali e di conseguenza alla produttività primaria.

La biodiversità è importante perché in molti casi garantisce il corretto funzionamento dell'ecosistema e dei servizi ecosistemici da esso generati e dai quali dipende l'essere umano.

Bibliografia

- Buiatti, Marcello (2007). "La biodiversità". il Mulino.
- Fowler, J., & Cohen, L. (1993). "Statistica per ornitologi e naturalisti" (p. 240). Muzzio.
- Myers, Norman, et al. "Biodiversity hotspots for conservation priorities." *Nature* 403.6772 (2000): 853.
- Paci, Marco (2011). "Ecologia forestale: elementi di conoscenza dei sistemi forestali applicati alla selvicoltura". Edagricole.
- Sala, Osvaldo E., et al. "Global biodiversity scenarios for the year 2100." *Science* 287.5459 (2000): 1770-1774.

Biodiversità fluviale e cambiamenti climatici/ Stream Biodiversity and Climate Change

ambito disciplinare
biologico

autore
Stefano Fenoglio

I fiumi sono tra gli ecosistemi più vulnerabili ai **cambiamenti climatici**, in quanto soggetti a una serie di pressioni che agiscono a scale differenti. Alterazione dei cicli idrologici, estremizzazione delle portate, incremento di secche e fenomeni alluvionali, scomparsa delle riserve nivo-glaciali, innalzamento delle temperature delle acque, con la conseguente diminuzione della solubilità dell'ossigeno, sono le minacce più evidenti. Tuttavia, il cambiamento climatico comporta anche un inasprimento delle esigenze idriche da parte delle attività socio-economiche umane, con il conseguente aumento delle captazioni a scopo irriguo, l'alterazione della morfologia fluviale, la diffusione di bacini e invasi artificiali, la frammentazione longitudinale, la facilitazione per le specie invasive ed il generale peggioramento della qualità delle acque (Fenoglio et al., 2019).

Questa drammatica e rapida alterazione delle condizioni ambientali sta provocando nei fiumi un crollo della **biodiversità** che è stato da tempo stimato superiore a quanto avviene nei sistemi marini o terrestri (Jenkins, 2003). Infatti, l'incremento delle temperature è un fattore importantissimo in quanto gli organismi fluviali (come pesci, insetti, crostacei e altri invertebrati) sono generalmente ectotermi, cioè non sono in grado di regolare la propria temperatura interna e dipendono essenzialmente da quella esterna. Temperature più alte significano quindi alterazioni dei cicli vitali e scomparsa delle specie più sensibili: ad esempio si ipotizza che pesci come il Temolo e la Trota Fario potrebbero scomparire da molti tratti fluviali, venendo sostituiti da specie più adattate a climi caldi (Pletterbauer et al., 2016).

Altro fattore di fondamentale importanza nel contesto del cambiamento climatico è l'alterazione idrologica: infatti, numerose ricerche e modelli idroclimatici prevedono che nei prossimi anni assisteremo a una diminuzione delle portate medie accompagnata dall'aumento di fenomeni estremi quali alluvioni o secche. Proprio queste ultime possono causare le maggiori perdite di biodiversità, perché la scomparsa delle acque superficiali per periodi anche brevi causa una profonda alterazione della ricchezza biologica, con la scomparsa di moltissime specie. Nelle regioni mediterranee le secche estive sono un elemento naturale del regime fluviale. In questi ambienti, le comunità biologiche hanno evoluto

adattamenti e strategie per sopravvivere durante la stagione secca e per ricolonizzare velocemente l'alveo fluviale con il ritorno delle acque: molti organismi trascorrono il periodo estivo in rifugi (come la zona interstiziale ed iporreica), mentre altri hanno stadi specializzati e resistenti al disseccamento e trascorrono in quiescenza il periodo avverso. Al contrario, in gran parte dei fiumi dell'Italia settentrionale le secche sono un fenomeno recente, tanto che le comunità biologiche non presentano strategie e meccanismi che permettano di superare questo momento di stress idrico (Falasco et al., 2018; Doretto et al., 2019 – vedi anche la voce “**Lentificazione**”).

La perdita di biodiversità derivata dalle alterazioni idrologiche può essere di differente entità, da modesta a drammatica, con conseguenti incalcolabili e pesanti impatti sulla funzionalità dei sistemi fluviali e sulla loro capacità di auto-depurazione.

Bibliografia

- Doretto A., Bona F., Falasco E., Morandini D., Piano E., Fenoglio S., 2019. “Stay with the flow: how macroinvertebrate communities recover during the rewetting phase in Alpine streams affected by an exceptional drought”. *River Research and Applications*.
- Falasco E., Piano E., Doretto A., Fenoglio S., Bona F. 2018. “Lentification in Alpine rivers: patterns of diatom assemblages and functional traits”. *Aquatic Sciences*, 80:36.
- Fenoglio S., Bo T., Bona F., Ridolfi L., Vesipa R., Viaroli P., 2019. “Ecologia Fluviale”, Utet, pp. 516, ISBN 978-88-6008-523-8.
- Jenkins M., 2003, “Prospects for biodiversity”, *Science*, 302, pp. 1175-77.
- Pletterbauer, F., Graf, W., & Schmutz, S. (2016). « Effect of biotic dependencies in species distribution models: The future distribution of *Thymallus thymallus* under consideration of *Allogamus auricollis*”. *Ecological modelling*, 327, 95-104.

/Biosfera/ Biosphere

*ambito disciplinare
fisico ambientale*

*autori
Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini*

La **biosfera** è definita come l'insieme di tutti gli ecosistemi della Terra - parti del suolo e sottosuolo (**litosfera**), dell'**atmosfera** e degli oceani, laghi e fiumi (**idrosfera**) - dove è possibile la vita. La biosfera, quindi, include le forme di vita presenti sulla superficie terrestre e nell'ambiente fisico nel quale esse sono immerse e con il quale interagiscono; contiene tutti gli ecosistemi nei quali hanno sede i **cicli biogeochimici** fondamentali per il Pianeta.

La biosfera viene suddivisa in sottoinsiemi aventi caratteristiche climatiche e ambientali omogenee chiamati biomi, in cui flora e fauna si trovano in equilibrio con le condizioni ambientali circostanti. I biomi vengono definiti in base al tipo di vegetazione dominante che dipende dalla latitudine, dall'altitudine, dai cicli stagionali, dall'abbondanza delle precipitazioni e dalla temperatura e quindi dal **clima** tipico. I principali biomi sono: Taiga e Tundra (caratteristiche dei climi polari e alpini), Conifere e Foresta decidua (caratteristiche dei cli-

mi freddo-umidi delle medie latitudini), Foresta mista e Prateria (caratteristiche dei climi temperato-umidi delle medie latitudini), Savana e Foresta pluviale (caratteristiche dei climi caldo-umidi e delle aree intertropicali). Gli equilibri esistenti all'interno della biosfera e dei suoi sottosistemi sono il risultato di meccanismi evolutivi che hanno portato alla stabilizzazione di diverse comunità biologiche adattate di volta in volta alle modificazioni geologiche e climatiche che si sono susseguite e si susseguono nel corso della storia del Pianeta: tali modificazioni determinano l'evoluzione degli organismi viventi ma anche l'**estinzione** di quelle specie che non sono più adatte alle nuove condizioni ambientali.

Date queste caratteristiche della biosfera, in particolare gli equilibri sviluppati e mantenuti dai biomi e la modalità con le quali le comunità biologiche mutano al variare delle condizioni geologiche e climatiche, è ben comprensibile come i **cambiamenti climatici** attuali di origine antropica - che si manifestano su **tempi scala** molto ridotti rispetto alla media dei cicli naturali - abbiano un enorme impatto sulle **capacità di adattamento** delle varie specie e sulla **biodiversità** in generale.

Bibliografia

- Barnosky, Anthony D., et al. "Approaching a state shift in Earth's biosphere." *Nature* 486.7401 (2012): 52-58
- Clark, William C., and Robert E. Munn. "Sustainable development of the biosphere." Cambridge University Press, 1986.
- Ellis, Erle C. "Ecology in an anthropogenic biosphere." *Ecological Monographs* 85.3 (2015): 287-331.
- Ellis, Erle C. "Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere." *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369.1938 (2011): 1010-1035.
- Folke, Carl, et al. "Reconnecting to the biosphere." *Ambio* 40.7 (2011): 719.
- Gold, Thomas. "The deep, hot biosphere." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89.13 (1992): 6045-6049.
- Levin, Simon A. "Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems." *Ecosystems* 1.5 (1998): 431-436.
- Lieth, Helmut, and Robert Harding Whittaker, eds. "Primary productivity of the biosphere". Vol. 14. Springer Science & Business Media, 2012.
- Sellers, P. J., et al. "A simple biosphere model (SiB) for use within general circulation models." *Journal of the Atmospheric Sciences* 43.6 (1986): 505-531
- Vernadsky, Vladimir I. "The biosphere". Springer Science & Business Media, 1998.

/Biossido di carbonio/

Vedi **Diossido di carbonio**.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



C



Acquista meno,
scegli meglio,
fai sì che duri.



Vivienne Westwood

Stilista.

Decalogo rivoluzionario

/Cambiamenti climatici/ Climate Change

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Tommaso Orusa

Con la locuzione “**cambiamento climatico**” ci si riferisce a un cambiamento dello stato del **clima** che persiste per un periodo di tempo prolungato (solitamente di decenni o più) e identificabile (per esempio, attraverso l'uso di test statistici) da cambiamenti della media e/o della variabilità delle sue proprietà.

Il cambiamento climatico può essere dovuto a processi naturali interni o a **forzanti** esterne di origine naturale, come le modulazioni dei cicli solari, le eruzioni vulcaniche, le variazioni nelle caratteristiche dell'orbita della Terra intorno al Sole e dell'asse di inclinazione, o antropica, come l'aumento dei **gas serra** in **atmosfera** derivanti dalle attività umane o i cambiamenti nell'**uso del suolo**.

Per capire se c'è stato, o è in corso, un cambiamento climatico occorre analizzare lunghe serie di dati e valutare se si sono verificati dei cambiamenti significativi nella distribuzione statistica, cioè nella media, nella variabilità o nei valori estremi delle variabili fondamentali che descrivono il **clima**, come ad esempio la temperatura dell'aria e le precipitazioni.

La figura, riadattata dal Terzo rapporto dell'IPCC pubblicato nel 2001, mostra ad esempio tre possibili modi in cui la distribuzione statistica della temperatura di un clima precedente può cambiare in un clima nuovo, con un'attenzione a ciò che accade non solo ai valori medi ma anche agli estremi, sia caldi che freddi. Nei tre pannelli il clima precedente è rappresentato dalla medesima curva a campana in cui i valori di temperatura si distribuiscono in modo simmetrico attorno alla media, a indicare che la probabilità di avere eventi estremi freddi e caldi è la stessa. La curva del clima nuovo è diversa in ogni pannello.

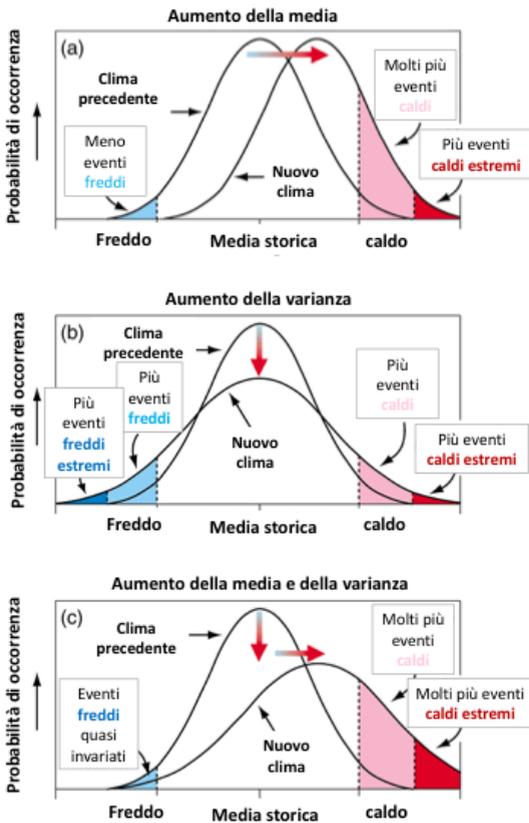
Nel caso a) la campana si sposta verso destra (ovvero verso temperature maggiori) mantenendo inalterata la sua forma: è un regime di riscaldamento in cui aumenta la temperatura media, diminuiscono (o scompaiono del tutto) gli eventi freddi, compaiono molti più eventi caldi e un po' più eventi caldi estremi.

Nel caso b) la campana è schiacciata ma non traslata: aumenta la variabilità della temperatura (la “varianza” della distribuzione) ma la media resta la stessa e questo implica avere una maggiore frequenza di eventi freddi e caldi, inclusi i loro estremi.

Nel caso c) il riscaldamento porta a un cambiamento sia nella media che nella varianza: un clima in media più caldo, con eventi

un clima in media più caldo, con eventi freddi ancora possibili ma meno probabili, con un aumento vertiginoso degli eventi caldi e la comparsa di numerosi eventi caldi estremi sconosciuti nel clima precedente.

I dati sull'attuale **riscaldamento globale** e sui cambiamenti climatici che ne sono derivati, come la riduzione della **criosfera** terrestre e marina, l'**innalzamento del livello medio dei mari**, l'intensificazione degli **eventi estremi meteo-climatici**, sono incontrovertibili. Molte delle modificazioni in atto sono senza precedenti nella storia climatica della Terra degli ultimi millenni, come senza precedenti è la rapidità con cui questi cambiamenti si stanno verificando.



Effetto sulle temperature estreme in un clima nuovo in cui (a) aumenta la temperatura media, (b) aumenta la varianza, (c) aumentano sia la media che la varianza (riadattata dalla Figura 2.32 del Terzo Rapporto IPCC [1]).

Bibliografia

- IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T. et al (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plattner and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- Parmesan, Camille, and Gary Yohe. "A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems." *Nature* 421.6918(2003):37.
- Thomas, Chris D., et al. "Extinction risk from climate change." *Nature* 427.6970 (2004): 145.
- Walther, Gian-Reto, et al. "Ecological responses to recent climate change." *Nature* 416.6879 (2002): 389.

/Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici/ Adaptive and Coping Capacity

ambito disciplinare
ambientale
pianificazione e
gestione del rischio

Questo lemma racchiude due interpretazioni leggermente diverse, poiché nella lingua inglese si parla di "adaptive capacity" e "coping capacity". La prima si riferisce all'abilità di un sistema di adattare la propria struttura e le proprie funzioni ai **cambiamenti**

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

climatici nel lungo termine (azione *ex-ante*); la seconda riguarda la capacità del sistema, usando le risorse disponibili, di gestire le condizioni avverse e far fronte attivamente nel breve periodo alle conseguenze dei cambiamenti climatici (azione *ex-post*) ai fine di ridurre gli effetti di un evento pericoloso.

Nell'ambito disciplinare della pianificazione al cambiamento climatico ci si riferisce alla capacità adattiva (*adaptive capacity*) come l'abilità dei sistemi, delle istituzioni e delle persone di adeguare le proprie caratteristiche in termini di risposta a potenziali danni o di rispondere alle conseguenze. Pertanto, mentre la capacità di reazione (*coping capacity*) mira a mantenere il sistema e le funzioni per fronteggiare le condizioni avverse, la capacità adattiva implica il cambiamento e richiede una riorganizzazione dei processi. Queste differenti prospettive suggeriscono che i **drivers** della capacità adattiva possano essere diversi da quelli della capacità di reazione e siano più strettamente legati all'esperienza dei processi di reazione agli eventi.

Bibliografia

- Belcore, E.; Calvo, A.; Canessa, C.; Pezzoli, A. "A Methodology for the Vulnerability Analysis of the Climate Change in the Oromia Region, Ethiopia". In *Renewing Local Planning to Face Climate Change in the Tropics*; Tiepolo, M., Pezzoli, A., Tarchiani, V., Eds.; Springer, Cambridge International Science Publishing: Great Abingdon, UK, 2017; pp. 73-102. ISBN 978-3-319-59095-0.
- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012: "Determinants of risk: exposure and vulnerability". In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- CMCC, 2017. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM).
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: "Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction"; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

La capacità adattiva può contribuire alla riduzione della **vulnerabilità**, mitigando l'effetto della **sensibilità** e rispondendo positivamente all'effetto di **esposizione**. Una buona capacità di **adattamento** (es. corretta gestione della risorsa idrica, piano di allerta della protezione civile, ecc.) richiede l'interazione di molteplici processi socio-economici (finanziari, sociali, istituzionali, tecnologici e cognitivi) su diverse scale, contribuendo ad anticipare, prevenire e ridurre i potenziali rischi attesi. Tra le opzioni di adattamento esistono azioni mirate a costruire la capacità adattiva (es. condivisione delle informazioni, creare supporto istituzionale, ecc.) e quelle concrete per definire misure di adattamento (es. soluzioni tecniche, meccanismi di finanziamento, ecc.).

/capovolgimento meridionale della circolazione atlantica/ Atlantic Meridional Overturning Circulation

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Il **capovolgimento meridionale della circolazione atlantica** (Atlantic Meridional Overturning Circulation), nota come AMOC, è un'importante **corrente oceanica** dell'Oceano Atlantico caratterizzata da uno spostamento di masse d'acqua salina calda e superficiale verso il nord dell'Atlantico, associato a un flusso verso sud di acqua fredda in profondità; nel suo complesso fa parte della circolazione termoalina ed è un'importante componente del **sistema climatico**.

Il dato emerso negli ultimi decenni è che questo enorme flusso sta rallentando con un ritmo molto rapido. AMOC trasporta una quantità significativa di energia termica dai tropici e dall'emisfero australe verso l'emisfero boreale e il nord dell'Atlantico, mentre il calore viene trasferito all'**atmosfera**. Cambiamenti in questa circolazione potrebbero avere un profondo impatto sul sistema climatico globale ed è per questo che è ritenuta uno dei principali **tipping points**. L'interesse maggiore riguarda il ruolo che l'AMOC riveste per la circolazione oceanica superficiale, in particolare per la Corrente del Golfo e per le correnti atlantiche a essa associate, che portano acqua più calda verso nord, determinando un clima mite nell'Europa occidentale. I **cambiamenti climatici**, e in particolare il surriscaldamento globale, influiscono su questo processo diluendo l'acqua salata del mare con acqua dolce e riscaldandola. La diluizione avviene attraverso l'aumento delle precipitazioni e degli uragani e a seguito della fusione del ghiaccio continentale nelle vicinanze, principalmente della calotta glaciale della Groenlandia. Questo rende l'acqua più leggera, e quindi meno capace di affondare, determinando un rallentamento del motore della circolazione atlantica.

Ricerche recenti suggeriscono che l'AMOC si sia già indebolito di circa il 15% dalla metà del XX secolo. Ciò è in linea con le proiezioni dei **modelli climatici**. Tuttavia, la domanda rimane a che punto un indebolimento si trasforma in un possibile arresto. Secondo Rahmstorf et al. 2007 l'arresto potrebbe accadere perché l'AMOC è un sistema che si auto-rinforza. La circolazione stessa porta l'acqua salata nell'Atlantico ad alta latitudine e l'acqua salata aumenta la densità. Quindi possiamo dire che l'acqua può affondare perché è salata e l'affondamento è favorito dalla circolazione stessa: è un sistema che si autoalimenta.

Tuttavia, sempre secondo vari studi, tale sistema può essere spinto solo “fino a un limite”, dopodiché il sistema funziona effettivamente per indebolire ulteriormente la circolazione. Troppa acqua dolce nel Nord Atlantico rallenta la circolazione, impedendole di tirare su l’acqua salata da sud. Così, il Nord Atlantico si rinfresca ancora di più e la circolazione si indebolisce ulteriormente e così via, secondo un meccanismo di retroazione rinforzante.

Vi è ancora molta incertezza sulla soglia di questo punto critico. Alcuni ricercatori, come Rahmstorf, ritengono possa avvenire intorno a un riscaldamento globale intorno ai 3-4 °C. Va tuttavia sottolineato come altri studi e la stessa **IPCC** affermino (per esempio nel rapporto speciale dell’IPCC sullo scenario relativo al riscaldamento globale di 1,5 °C) che, mentre è molto probabile che l’AMOC si indebolirà nel XXI secolo, non ci sono prove che indichino ampiezze significativamente diverse dell’indebolimento dell’AMOC per gli scenari relativi a 1,5 °C rispetto a 2 °C di riscaldamento globale, o di un arresto dell’AMOC a queste soglie di temperatura globale.

In ogni caso, se l’AMOC dovesse mai superare il punto critico, i modelli suggeriscono che innescherebbe un rapido declino “praticamente irreversibile” su scale temporali umane, osserva sempre Rahmstorf. Poiché l’AMOC svolge un ruolo cruciale nel trasferire il calore dei tropici verso nord, un possibile arresto provocherebbe un raffreddamento diffuso in tutto l’emisfero settentrionale, in particolare intorno all’Europa occidentale e alla costa orientale del Nord America. Questo raffreddamento avrebbe probabilmente un impatto a catena sulle precipitazioni, poiché vi sarebbe meno evaporazione dal Nord Atlantico e ciò potrebbe compensa-

re o amplificare i cambiamenti causati. Gli impatti a catena sarebbero sarebbero considerevoli ad esempio nel settore agricolo e nello stesso ecosistema marino.

Tuttavia vi è ancora un acceso dibattito su questo tema all’interno della comunità scientifica e numerosi e recenti studi vengono condotti per portare alla luce maggiori elementi utili alla sua comprensione. Un nuovo recente studio ha usato diversi dati, tra cui misurazioni di temperatura effettuate da imbarcazioni, registrazioni delle maree, immagini satellitari (**EOData**) che possono mostrare accumuli di acqua ad alta temperatura insieme con misurazioni dirette dell’intensità del capovolgimento meridionale della circolazione atlantica. L’analisi mostra che questa intensità fluttua secondo un ciclo che si auto-rinforza della durata di 60-70 anni. Ne consegue che il suo flusso continuerà a rallentare, ma non così rapidamente come in passato. I climatologi si aspettavano che il capovolgimento meridionale della circolazione atlantica stesse diminuendo d’intensità sul lungo periodo, per effetto del riscaldamento climatico globale, ma in realtà esistono misurazioni dirette della sua intensità solo da aprile 2004, e il calo misurato da allora è dieci volte maggiore di quanto previsto.

Secondo il recente studio di Xianyao Chen e Tung Ka-Kit (2018) la corrente oceanica al momento non sta collassando ed è solo in una fase di transizione - tra una fase veloce e una fase lenta - ma che questo non mancherà di avere ripercussioni sulle temperature superficiali. Quel che è certo è che lo studio e il monitoraggio su questo punto critico del sistema climatico è in continua evoluzione, data la complessità delle variabili in gioco.

Bibliografia

- Chen, Xianyao, and Ka-Kit Tung. "Global surface warming enhanced by weak Atlantic overturning circulation." *Nature* 559.7714 (2018): 387-391
- Chen, Xianyao, and Ka-Kit Tung. "Varying planetary heat sink led to global-warming slowdown and acceleration." *Science* 345.6199 (2014): 897-903.
- Kuhlbrodt, Till, et al. "On the driving processes of the Atlantic meridional overturning circulation." *Reviews of Geophysics* 45.2 (2007).
- Rahmstorf, Stefan. "A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise." *Science* 315.5810 (2007): 368-370.
- Sévellec, Florian, Alexey V. Fedorov, and Wei Liu. "Arctic sea-ice decline weakens the Atlantic meridional overturning circulation." *Nature Climate Change* 7.8 (2017): 604-610.
- Srokosz, M. A., and H. L. Bryden. "Observing the Atlantic Meridional Overturning Circulation yields a decade of inevitable surprises." *Science* 348.6241 (2015).
- Thibodeau, Benoit, et al. "Last century warming over the Canadian Atlantic shelves linked to weak Atlantic Meridional Overturning Circulation." *Geophysical Research Letters* 45.22 (2018): 12-376.
- Weijer, Wilbert, et al. "CMIP6 models predict significant 21st century decline of the Atlantic Meridional Overturning Circulation." *Geophysical Research Letters* 47.12 (2020): e2019GL086075.

/Carbon Cost/ Costo del carbonio

ambito disciplinare
economico
ambientale

autrice

Silvana Dalmazone

Per **carbon cost** (**costo del carbonio**) si intende la stima, in termini monetari, del costo che il carbonio e gli altri gas climalteranti immessi nell'**atmosfera** impongono sulla collettività: una quantificazione, in altre parole, delle **esternalità** legate al **cambiamento climatico**.

Una stima monetaria del costo del carbonio serve, ad esempio, per stabilire il livello appropriato di una *carbon tax*, per condurre analisi costi-benefici di **politiche di mitigazione** del cambiamento climatico, o per includere valutazioni economiche dei **servizi ecosistemici** connessi allo stoccaggio di carbonio (da parte ad es. di foreste o ecosistemi marini) in studi ecologici e biofisici. L'esternalità imposta dalle emissioni di CO₂ equivale al valore attuale dei danni correnti sommati a quelli attesi nel futuro per effetto del cambiamento climatico – cioè la somma di tutti i costi attesi, attualizzati sulla base di un tasso di sconto che consenta di tradurre i costi di effetti che si materializzeranno in momenti diversi nel futuro, in termini del loro equivalente, se quei danni avessero luogo ora.

Per cercare di produrre stime di tale valore vengono utilizzate diverse tecniche. Una prima possibilità consiste nell'utilizzare, come approssimazione del costo del carbonio, il prezzo dei permessi

di emissione osservato nei sistemi di *Emission Trading*, o mercati del carbonio, esistenti in diverse parti del mondo – ad esempio l'EU-ETS (*European Union Emission Trading Scheme*). Il prezzo di un permesso di emissione (ad es. una *European Union Allowance* – EUA) ci dice quanto le imprese soggette a quel sistema di regolamentazione sono disposte a pagare per poter emettere una tonnellata di CO_{2e}, cioè quanto costerebbe loro contenere una tonnellata di emissioni (il costo marginale di contenimento, o *marginal abatement cost*). Il valore di una EUA oggi è di circa 25€/tonn (media mobile da febbraio 2019 a febbraio 2020).

Una seconda possibilità è quella di stimare il costo necessario per ridurre le emissioni di **gas serra**, cioè le curve del costo marginale di contenimento delle emissioni per le imprese nei diversi settori produttivi (*Marginal Abatement Cost* – MAC – *curves*). Se i mercati ETS funzionassero in modo perfettamente efficiente, il calcolo del *carbon cost* attraverso i prezzi dei permessi e attraverso le curve MAC dovrebbero convergere. Il costo marginale di contenimento delle emissioni dipende dal livello di contenimento richiesto e dal tipo di misura di contenimento adottata. Tramite modelli a scala settoriale, nazionale, regionale e globale – i più famosi fra i quali sono quelli di McKinsey & Company (2010, 2011) e l'*Emission Prediction and Policy Analysis (EPPA) model* del MIT – sono stati computati valori medi ponderati per il potenziale di riduzione di ciascuna misura, in base a diversi obiettivi di riduzione e orizzonti temporali. Le curve MAC (si veda la figura) sono suddivise in blocchi discreti, ciascuno dei quali rappresenta una misura per l'abbattimento del carbonio. Per ogni blocco la larghezza indica il potenziale abbattimento (tCO₂) mentre l'altezza stima il costo marginale (€/tCO₂). I blocchi sono ordinati in modo che le opzioni di costo più basso, che possono rappresentare

un risparmio sui costi netti (€/tCO₂ negativo), siano mostrate a sinistra con le successive opzioni di costo più elevato che procedono verso destra.

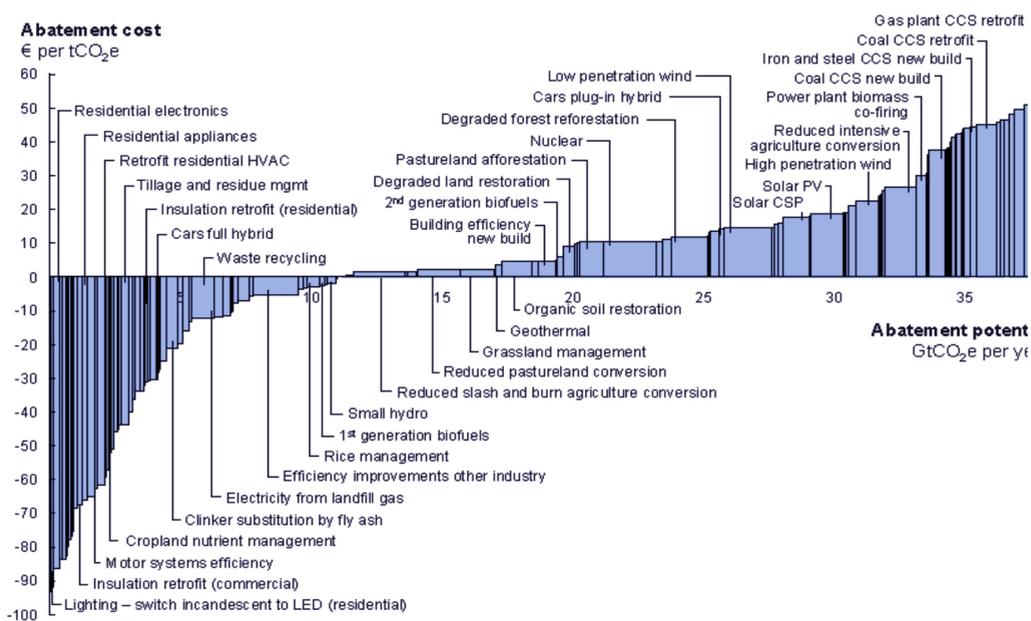
Nei modelli MAC a scala europea il costo di contenimento necessario per realizzare l'obiettivo di riduzione delle emissioni del 20% al 2020 richiede un costo marginale di contenimento di circa 23€/ton CO_{2e} (piuttosto in linea con il prezzo delle EUA). Una riduzione del 30% entro il 2050 costerebbe circa 35€/ton CO_{2e}.

Sia i prezzi sui mercati del carbonio che le curve MAC riflettono essenzialmente i costi di contenimento delle emissioni da parte delle imprese relativi a una sola componente, di breve periodo, del costo sociale complessivo imposto dagli **impatti del cambiamento climatico**.

Per questo si è tentato anche di stimare l'effettivo e completo costo del carbonio in termini del valore attuale dei danni attesi dal cambiamento climatico, su scala globale – il cosiddetto *social cost of carbon* (SCC). I dati statistici necessari vengono ottenuti tramite modelli integrati di valutazione (*Integrated Assessment Models* - IAMs) che rappresentano le relazioni fra emissioni di gas serra, concentrazioni atmosferiche, variazioni di temperatura, impatti biofisici e loro traduzione in danni alle collettività. Esempi noti includono i modelli IMAGE (Alcamo 1994), MERGE (Manne et al. 1995), FUND (Tol 2006), DICE (Newbold 2010).

Le assunzioni necessarie (cosa includere nella valutazione, quale tasso di sconto usare, quale orizzonte temporale considerare, quale valore attribuire alle vite perse, ecc.) sono di tale portata da indurre un'enorme variabilità nelle stime, da circa 10€/tonCO₂ a oltre 100 €/tonCO₂.

L'ultimo fra i principali approcci al *carbon costing* consiste nello stimare il segnale di prezzo ("prezzo ombra", o *shadow price*, delle emissioni di CO₂) necessario per ottenere una data traiettoria di riduzione delle emissioni. Secondo i modelli utilizzati dalla *High Level Commission on*



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €60 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.

Curva dei costi marginali di contenimento dei GHG al 2030. Fonte: McKinsey & Co. (2010), "Climate Change Special Initiative – Greenhouse gas abatement cost curves", New York.

on *Carbon Pricing* (HLCCP) della Banca Mondiale, il livello di prezzo necessario per realizzare l'obiettivo di riscaldamento moderato di 2 °C degli **Accordi di Parigi** sarebbe di almeno 40-80 USD/tCO₂ nel 2020 e 50-100 USD/tCO₂ dal 2030 in poi. Il Fondo Monetario Internazionale raccomanda, per realizzare l'obiettivo 2 °C, un prezzo uniforme di 75 USD/tCO₂ al 2030.

Bibliografia

- DDPP, 2017. "Carbon prices in national deep decarbonization pathways. Insights from the Deep Decarbonization pathways Project (DDPP)". London.
- FMI (2019). "Fiscal Monitor: How to Mitigate Climate Change. Washington", October.
- High-Level Commission on Carbon Prices (2017). Report. Washington, DC: World Bank.
- Ricke, K., Drouet, L., Caldeira, K., & Tavoni, M. (2018). "Country-level social cost of carbon". *Nature Climate Change*, 8(10), 895-900.
- Wang, D., Zhou, Y. (2019). "Estimates of the social cost of carbon: A review based on meta-analysis". *Journal of Cleaner Production*, 209, 1494-1507.
- Geophysical Research Letters 47.12 (2020): e2019GL086075.

/Carbon Pricing/ Prezzo del carbonio

ambito disciplinare
economico
ambientale
autrice
Silvana Palmazzone

Imporre un costo per ogni unità di emissione di CO_{2e} (**carbon pricing**), in modo da generare un incentivo economico al contenimento delle emissioni, è considerato il più fondamentale strumento per le **politiche di mitigazione** del **cambiamento climatico**. Può prendere la forma di una *carbon tax* oppure di un sistema di permessi di emissione trasferibili (mercati del carbonio, o *emission*

trading). Entrambi sono strumenti economici il cui obiettivo è internalizzare l'**esternalità** negativa prodotta dalle emissioni di carbonio, facendo sì che il costo ambientale venga incorporato nel prezzo dei prodotti e servizi che lo causano e, dunque, il sistema economico riceva il segnale di prezzo corretto dal punto di vista del benessere collettivo.

Carbon tax ed *emission trading* presentano alcuni importanti vantaggi rispetto a sistemi di regolamentazione diretta che impongano restrizioni o comportamenti obbligatori:

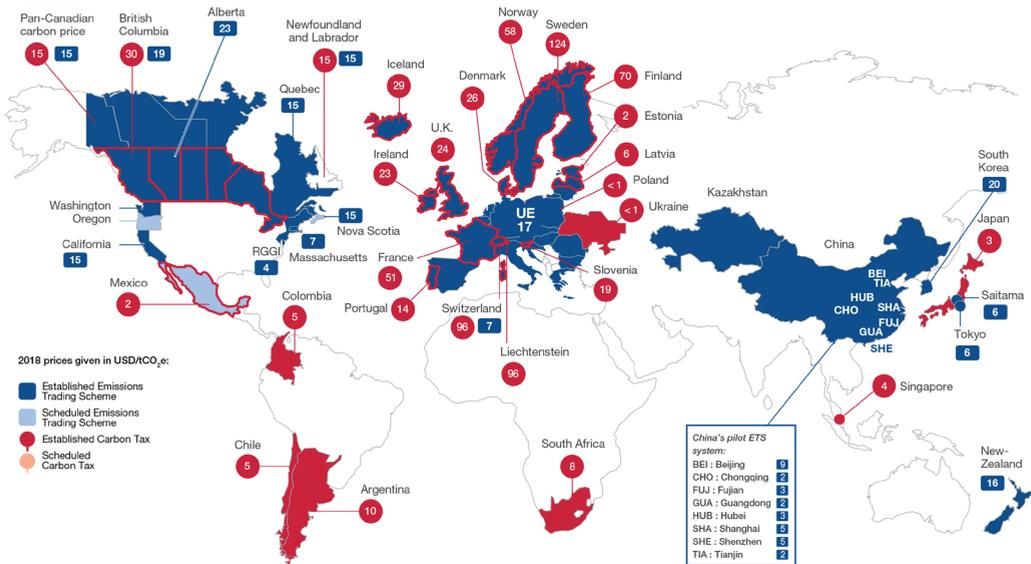
- sono costo-efficienti, cioè in grado di minimizzare il costo necessario per raggiungere un dato obiettivo di riduzione delle emissioni. Le imprese infatti sceglieranno l'opzione più conveniente fra pagare la tassa/acquistare i permessi oppure adottare sistemi di contenimento delle emissioni. Poiché il costo di contenimento varia a seconda del settore e delle caratteristiche del processo produttivo, le diverse fonti risponderanno a un sistema di *carbon pricing* facendo sì che gli inquinatori con costi più bassi intraprendano una parte maggiore della riduzione complessiva.
- promuovono innovazione tecnologica *emission-reducing*, perché, a differenza di uno standard obbligatorio, mantengono sempre acceso l'incentivo a ricercare soluzioni che consentano di ridurre ulteriormente le emissioni.

La *carbon tax* è in grado di raggiungere tutti i settori - industrie, commercio, famiglie - facendo salire il prezzo unitario dei **combustibili fossili** di un ammontare, idealmente, pari al valore dell'esternalità negativa causata dalle emissioni di CO₂ (il costo sociale del carbonio). In tutte le istanze esistenti è stata introdotta con tassi più bassi e un aumento graduale nel tempo. Può essere imposta su emissioni di CO₂ misurate (raramente, per via degli

elevati costi amministrativi) oppure sul contenuto del carbonio dei combustibili usati per generazione di **energia**, trasporti, processi industriali, riscaldamento (emissioni di CO₂ per Gj - Giga Joule - di energia generata, oppure per Kg o litro di combustibile). Oltre 20 paesi nel mondo, al momento, hanno adottato una *carbon tax* esplicita, per lo più aumentando e rimodulando le accise preesistenti sulla base del contenuto di carbonio dei diversi combustibili (carbone, gasolio, benzina, gas naturale, ecc.). La più elevata è in Svezia (139 USD/ton CO_{2e}).

Gli *Emission Trading Systems* (ETS) utilizzati per regolamentare le emissioni di carbonio funzionano sulla base del principio *cap and trade*: l'*authority* fissa la quantità massima di inquinamento consentito, convertito in quote di emissione. Queste quote vengono distribuite (gratuitamente o con asta) fra le fonti, che possono utilizzarle per giustificare le proprie emissioni, venderle o comprarne altre. Le fonti devono restituire all'*authority* tante quote quante sono state le emissioni effettive monitorate e verificate durante l'anno. L'incentivo a vendere/comprare permessi, per ciascun inquinatore, dipende dalla differenza fra prezzo di mercato e costo marginale di contenimento delle emissioni.

Il maggiore mercato del carbonio esistente è lo *European Union Emission Trading Scheme* (EU-ETS), attivo dal 2005. Sono regolamentate dall'EU-ETS circa 11.000 imprese, responsabili del 45% delle emissioni europee di GHG (*Greenhouse Gases, ovvero gas serra - N.d.C.*). Il prezzo delle *European Union Allowances* (EUA) è stato estremamente volatile nelle fasi iniziali, a causa di una sovrastima del numero di permessi immessi in circolazione e poi della recessione iniziata nel 2008. Diverse riforme, fra cui l'introduzione di una *market stability reserve* nel 2019, hanno progressivamente rafforzato l'EU-ETS portan-



Forme di *carbon pricing* esplicite attive nel mondo. Il numero associato ad ogni paese è il costo in dollari per tonnellata di CO₂e.
Fonte: I4CE- Institute for Climate Economics; dati da ICAP, World Bank, Government officials and public information, 2019.

do a una relativa stabilità del prezzo delle EUA, che oggi è di circa 25€/tonn (media mobile da febbraio 2019 a febbraio 2020). Il numero di permessi messi in circolazione ogni anno viene progressivamente ridotto, attraverso un fattore di riduzione annuale lineare dell'1.74% (che diventerà 2.2% dal 2021), in modo da progredire verso l'obiettivo di decarbonizzazione.

Più di 40 paesi oggi adottano forme esplicite di *carbon pricing*, attraverso *carbon tax* o ETS.

Bibliografia

- Aldy J. (2020), "Carbon Tax Review and Updating: Institutionalizing an Act-Learn-Act Approach to U.S. Climate Policy", *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 14 (1), 76-9.
- Boyce J.K. (2018), "Carbon Pricing: Effectiveness and Equity", *Ecological Economics*, vol. 150, 52-61
- Carattini S., Kallbekken S., Orlov A. (2019), "How to win public support for a global carbon tax". *Nature*, vol. 565, 289-91
- Marin G., Marino M., Pellegrin C. (2018), "The Impact of the European Emission Trading Scheme on Multiple Measures of Economic Performance". *Environmental and Resource Economics*, vol. 71, 551-582
- Villoria-Sáez P., Tam V., del Río Merino M., Viñas Arrebola C., Wang X. (2016), "Effectiveness of greenhouse-gas Emission Trading Schemes implementation: A review on legislations", *Journal of Cleaner Production*, vol. 127, 49-58

/Carotaggio/ Coring

ambito disciplinare
fisico
autore
claudio cassardo

La tecnica del **carotaggio**, nelle scienze del **clima**, viene usata al fine di estrarre una sezione cilindrica verticale di sedimenti marini o lacustri, oppure di ghiaccio. L'operazione consiste nel perforare con trapani speciali dotati di tubi cavi (chiamati trapani carotatori) i sedimenti o il ghiaccio. Il cilindro estratto viene chiamato carota

(*core* in inglese). Una volta in laboratorio, le carote vengono ispezionate e analizzate con diverse tecniche e attrezzature a seconda del tipo di dati desiderato.

Una carota di ghiaccio viene generalmente estratta da una calotta glaciale (in Antartide o in Groenlandia) o da un ghiacciaio di alta montagna. Poiché il ghiaccio si forma dall'accumulo incrementale di strati annuali di neve, gli strati inferiori sono più vecchi di quelli superiori e una carota contiene ghiaccio formatosi durante un intervallo temporale. Le carote più profonde sono state estratte in Antartide e hanno raggiunto uno spessore di oltre 3,5 km, permettendo di ricostruire il clima per periodi compresi in 400.000 anni (a Vostok) o 800.000 anni (progetto EPICA a Dome C).

In montagna gli spessori del ghiaccio sono più limitati a causa della presenza di pendii e non permettono ricostruzioni così lunghe, in quanto la nevosità è molto maggiore e, oltre un certo spessore, il ghiaccio tende a fluire, per cui gli strati inferiori più vecchi scompaiono. Al fine di poter garantire il più possibile le corrispondenze temporali occorre scegliere con cura il luogo in cui eseguire il carotaggio (su questo argomento si veda anche **"Bilancio di massa dei ghiacciai"**).

I carotaggi possono anche essere effettuati sui fondali oceanici, previa selezione di siti in cui si stima che la deposizione sia rimasta stabile nel tempo e non vi siano state modificazioni tettoniche rilevanti. In questo caso ciò che viene estratto è una carota di sedimenti dalla crosta oceanica terrestre, che può contenere porzioni di stratificazioni rocciose. I carotaggi dei sedimenti oceanici possono permettere ricostruzioni cli-

matiche su periodi molto lunghi, anche di decine o centinaia di milioni di anni. Sono degni di nota anche i carotaggi effettuati in zone umide come i fondali dei laghi o le torbiere. In questo caso i sedimenti si riferiscono a periodi temporali molto più brevi (fino ad alcune migliaia di anni) e, tra le altre analisi, permettono di poter ricostruire la distribuzione dei pollini all'epoca della deposizione. Infine si possono citare i carotaggi eseguiti sui tronchi degli alberi viventi che, se effettuate in gran numero, permettono di effettuare le analisi dendrocronologiche con le quali ricostruire il clima del passato.

Bibliografia

- Dahl-Jensen, D. "Drilling for the oldest ice". *Nature Geoscience* 11, 703-704 (2018).
- Urbini, S. et al. "Historical behaviour of Dome C and Talos Dome (East Antarctica) as investigated by snow accumulation and ice velocity measurements". *Global and Planetary Change*, Volume 60, Issues 3-4, February 2008, Pages 576-588
- Delmonte, T. et al. "Comparing the Epica and Vostok dust records during the last 220,000 years: stratigraphical correlation and provenance in glacial periods". *Earth-Science Reviews*, volume 66, Issues 1-2, June 2004, Pages 63-87.

/Centratura produzioni/consumi degli inventari delle emissioni/

Production/Consumption Based Emission Inventories

ambito disciplinare
geografico
economico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Gli **inventari delle emissioni** di CO₂ e degli altri gas climalteranti, redatti secondo le linee guida dell'**IPCC**, utilizzano un principio di conteggio delle emissioni su base territoriale. Questo vuol dire che vengono attribuite a un territorio tutte e sole quelle emissioni avvenute all'interno dei propri confini. Si tratta di un approccio contabile centrato sulle produzioni (*production-based*) che associa la responsabilità alla sorgente emettitrice (e quindi al territorio in cui essa è situata), ossia alla causa ultima del rilascio di **gas serra** e non alla causa prima, indiretta, ossia al territorio che consuma il bene finale per la cui produzione si è avuta l'emissione. In modo metaforico si può dire che questa metodologia si focalizza sul "sicario" finale ma non sul "mandante" iniziale. È un approccio che si rifà alla concezione che identifica nel territorio nazionale l'ambito su cui si esercita la sovranità dello stato.

Gli **inventari delle emissioni** di CO₂ e degli altri gas climalteranti, redatti secondo le linee guida dell'**IPCC**, utilizzano un principio di conteggio delle emissioni su base territoriale. Questo vuol dire che vengono attribuite a un territorio tutte e sole quelle emissioni avvenute all'interno dei propri confini. Si tratta di un approccio contabile centrato sulle produzioni (*production-based*) che associa la responsabilità alla sorgente emettitrice (e quindi al territorio in cui essa è situata), ossia alla causa ultima del rilascio di **gas serra** e non alla causa prima, indiretta, ossia al territorio che consuma il bene finale per la cui produzione si è avuta l'emissione. In modo metaforico si può dire che questa metodologia si focalizza sul "sicario" finale ma non sul "mandante" iniziale. È un approccio che si rifà alla concezione che identifica nel territorio nazionale l'ambito su cui si esercita la sovranità dello stato.

In questi ultimi decenni sono però state proposte altre modalità di attribuzione delle emissioni tra cui la più importante

è quella centrata sui consumi (*consumption-based*) (Bagliani, Pietta, 2012; Bagliani et al., 2019). Questo approccio assegna le emissioni generate dalla produzione di un bene o servizio economico, al "mandante", ossia alla nazione in cui è localizzato il consumo finale, indipendentemente dal luogo in cui tali emissioni sono localizzate. Le due modalità di conteggio portano a risultati anche molto differenti tra loro. Secondo molti autori (Rothman, 1998; Bagliani et al., 2008; Peters et al., 2008) la metodologia centrata sui consumi ha numerosi pregi rispetto a quella basata sulle produzioni. Anzitutto essa è più adatta a monitorare la reale evoluzione delle emissioni perché è centrata sul consumo finale, che rappresenta il **driver** ultimo di ogni attività economica. Inoltre, in un'epoca caratterizzata dalla globalizzazione, ossia dallo scambio sempre maggiore di beni tra i diversi paesi, la contabilità *consumption-based* è in grado di prendere in considerazione il fenomeno della delocalizzazione della produzione e quindi delle emissioni, da una

da una nazione con vincoli di riduzione ad altre con obblighi minori o nulli.

Infine diversi studi (tra cui Harris et al. 2013) sottolineano che l'utilizzo di inversi studi (tra cui Harris et al. 2013) sottolineano che l'utilizzo di inventari di tipo territoriale disincentiva, di fatto, l'adozione di politiche di riduzione delle emissioni domestiche e distrae l'attenzione dai consumi finali, causa ultima delle emissioni, contribuendo significativamente al sostanziale stallo dei negoziati sulle **politiche di mitigazione**.

Per questi motivi diversi studiosi auspicano il passaggio ad inventari basati sui consumi (Grubb, 2004; Peters et al., 2008; Grasso e Timmons, 2014).

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche". Bologna, Il Mulino, 2019.
- Bagliani M., Pietta A., 2008, "Chiavi di lettura geografica applicate all'ambiente. Riflessione critica sugli indicatori ambientali", in Bollettino della Società Geografica Italiana, Roma, XIII, 1, pp. 73-94.
- Bagliani M., Pietta A., 2012, "Territorio e sostenibilità: gli indicatori ambientali in geografia", Bologna, Pàtron.
- Grasso, M., Timmons Roberts, J., 2014, "A Compromise to Break the Climate Impasse", in «Nature Climate Change», 4, pp. 543-549.
- Grubb, M. 2004, "Kyoto and the Future of International Climate Change Responses: From Here to Where", in Int. Rev. Environ. Strategies, 5, 1, pp. 15-38.
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. e Edenhofer, O. 2011, "Growth in Emission Transfers Via International Trade from 1990 to 2008", in PNAS, 108, 21, pp. 8903-8908.
- Rothman, D.S. 1998, "Environmental Kuznets Curves – Real Progress or Passing the Buck? A Case for Consumption-Based Approaches", in Ecological Economics, 25, pp. 177-194.

/Ciclo Biogeochimico/ Biogeochemical Cycle

ambito disciplinare
chimico
ambientale

autore
Marco Minella

Il **ciclo biogeochimico** di una sostanza individua tutti i percorsi con i quali un elemento o un composto chimico si muove tra i comparti biotici (**biosfera**) e abiotici (**idrosfera, litosfera e atmosfera**) della Terra. I cicli biogeochimici possono essere trattati individuando serbatoi (o *pool*), nei quali il composto o l'elemento si accumula (oceani, sedimenti, atmosfera, **pedosfera**), messi in contatto tra loro da interfacce, attraverso le quali vi è un flusso netto di materia.

Tutti gli elementi tendono a circolare continuamente secondo precisi percorsi di trasformazione chimica che li portano a passare dall'ambiente agli organismi per poi ritornare di nuovo all'ambiente in modo ciclico e ripetitivo. Il ricircolo di quei componenti inorganici che costituiscono elementi essenziali per la vita è definito come "ciclizzazione dei nutrienti".

Ciascun ciclo viene comunemente diviso in due diversi compartimenti o *pools*:

- I *pool* di riserva: è la parte più ampia, meno reattiva e comunemente non biologica in cui avviene il deposito dell'elemento;
- il *pool* di scambio: è comunemente la porzione più piccola, continuamente convertita e in movimento tra organismi e ambiente.

È da sottolineare che un atomo presente in un compartimento di riserva è in una forma non disponibile, ma non in modo permanente: vi sono lenti flussi che portano allo scambio di materiale tra la sua forma non disponibile e quella disponibile. Ponendo maggiore attenzione alla biosfera, i cicli biogeochimici sono suddivisi in due gruppi fondamentali:

- cicli di tipo gassoso, le cui principali riserve sono l'atmosfera e l'idrosfera (oceani);
- cicli di tipo sedimentario, le cui principali riserve si trovano invece nella crosta terrestre.

Quest'ultima classificazione si basa sul fatto che alcuni cicli, quali quelli di azoto, carbonio e ossigeno, si auto-ristabiliscono velocemente dopo perturbazioni, grazie proprio alla possibilità di sfruttare le risorse presenti in oceani e/o in atmosfera. Cicli di questo tipo sono detti "ben tamponati". Si contrappongono a questi i cicli sedimentari, quali il ciclo del fosforo e del ferro, i quali, una volta perturbati, raggiungono nuovamente l'equilibrio solo dopo lunghi periodi, data la relativa immobilità e inattività della riserva.

Dal punto di vista climatico riveste un ruolo fondamentale il **ciclo del carbonio** poiché dalle sue caratteristiche dipende la concentrazione di **diossido di carbonio** (anidride carbonica - CO_2) e la capacità del sistema Terra di compensare i forti rilasci di questo gas in atmosfera.

Il carbonio presente come CO_2 atmosferico costituisce una frazione relativamente piccola del carbonio totale, ma ha un ruolo centrale nel definire l'intensità dell'**effetto serra** terrestre.

Bibliografia

- Falkowski, P., Scholes, R.J. et al. "The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system", *Science*, 290, 5490, 2000, 291-296
- Odum E. P., "Basi di ecologia"; Piccin, Padova, 1988, pag. 152-160
- Stanley E. Manahan, "Chimica dell'ambiente", Piccin, Padova, 2000
- Vincenzo Balzani, Margherita Venturi (2014) "Energia, risorse, ambiente", Zanichelli, pag. 240

/Ciclo del Carbonio/ Carbon Cycle

ambito disciplinare
chimico
ambientale

autore
Marco Minella

Il **ciclo biogeochimico del carbonio** è formato dall'insieme dei percorsi con i quali gli atomi di carbonio si distribuiscono e muovono fra i diversi comparti ambientali. Sebbene molti siano gli elementi essenziali per la vita, senza alcun dubbio il carbonio riveste il ruolo centrale: le sue proprietà chimiche lo rendono il protagonista della chimica organica, della biochimica e in ultima istanza di tutti i processi viventi. Il ciclo del carbonio ha un ruolo essenziale sul **clima** definendo la concentrazione di **biossido di carbonio** (CO_2) in **atmosfera** e

quindi l'intensità dell'**effetto serra**. Questo ciclo può essere schematicamente diviso in due sottocicli comunemente identificati come ciclo lento e veloce.

Ciclo lento

Il ciclo lento è quello che interessa principalmente il carbonio presente nella **litosfera**. Mediamente un atomo di carbonio coinvolto in questo ciclo impiega circa 100-200 milioni di anni per circolare interamente. Il ciclo lento muove una massa di carbonio in un anno pari a circa 10^{13} - 10^{14} grammi (10-100 milioni di tonnellate). Per un raffronto quantitativo, si consideri che le attività umane rilasciano in atmosfera in un anno circa 10^{15} grammi di carbonio e che il ciclo veloce del carbonio muove annualmente 10^{16} - 10^{17} grammi: ovvero, rispetto al ciclo lento, dalle 10 alle 100 volte in più per le attività umane e dalle 1000 alle 10.000 volte in più per il ciclo veloce. Nel ciclo lento il movimento di questo elemento dall'atmosfera alla litosfera inizia con la formazione di acido carbonico, un acido debole, per reazione tra anidride carbonica e acqua. Tale acido raggiungendo la superficie terrestre con la pioggia porta alla parziale dissoluzione delle rocce (*weathering* del suolo) portando in soluzione sali che, attraverso le acque superficiali, raggiungono gli oceani.

Negli oceani, ioni calcio e carbonato vengono utilizzati dal biota (il complesso degli organismi viventi che occupano l'ecosistema) per costituire strutture quali gusci, conchiglie e coralli, le quali dopo la morte dell'organismo tendono ad accumularsi sul fondo dell'oceano. L'accumulo di questi e la loro trasformazione generano strati di carbonati biogenici. Circa il 75-80% del carbonio della crosta terrestre è costituito da carbonati. La restante parte del carbonio presente nelle rocce si forma invece dall'intrappolamento in strati fangosi di

organico che a pressione e temperature elevate genera rocce sedimentarie (cherogene). In casi particolari tali strutture si trasformano in **combustibili fossili** quali carbone, petrolio o gas naturale. Il ciclo lento restituisce, infine, all'atmosfera il carbonio attraverso l'attività vulcanica. Nelle zone di collisione fra le placche tettoniche rocce a pressioni e temperature elevate rilasciano diossido di carbonio, il quale raggiunge l'atmosfera con le eruzioni vulcaniche. Nel ciclo lento del carbonio un ruolo fondamentale è quello degli oceani, in grado di disciogliere e rilasciare CO_2 atmosferico. Prima della rivoluzione industriale il sistema era in un sostanziale stato stazionario; tale equilibrio è stato perturbato dai massicci rilasci di CO_2 dovuti alla **combustione** di combustibili fossili.

L'oceano è in grado di assorbire buona parte del CO_2 emesso dalle attività antropiche ma il processo è lento e strettamente legato ai movimenti delle acque dalla superficie agli strati profondi. Si stima che circa l'85% del CO_2 rilasciato dall'uomo in atmosfera è stato sequestrato all'interno di acque oceaniche.

Ciclo veloce

Il ciclo veloce del carbonio, invece, riguarda principalmente la **biosfera**. Le piante e il fitoplancton (organismi autotrofi), assorbendo radiazione solare, sono in grado di sintetizzare molecole di zuccheri (a partire da CO_2 e acqua) alla base della sintesi di strutture cellulari. Tale processo prende il nome di fotosintesi. Il materiale organico prodotto attraverso la fotosintesi è poi riossidato a CO_2 attraverso una serie di processi nei quali tali molecole organiche reagiscono con l'ossigeno atmosferico. Tra questi processi i principali sono: la decomposizione di zuccheri a opera di piante e animali al fine di ottenere **energia**, la de-

composizione a opera di batteri delle strutture organiche di piante e animali dopo la loro morte per ottenere energia e materia prima per il loro metabolismo e la combustione di materiale organico (ad esempio vegetali). Gli scambi di CO_2 tra atmosfera e biosfera sono tali da modificare con una ciclicità annuale la concentrazione atmosferica di questo gas. Durante l'inverno dell'emisfero nord la produzione primaria da parte delle piante è al minimo e la concentrazione di anidride carbonica cresce. Durante le stagioni calde la produzione delle piante aumenta e l'accresciuta fotosintesi porta alla decrescita del CO_2 in atmosfera. Tale processo ciclico viene spesso chiamata "respirazione terrestre".

Bibliografia

- Falkowski, P., et al. (2000) "The global carbon cycle: A test of our knowledge of earth as a system", *Science* 13 Oct. 200 Vol. 290, Issue 5490, pp. 291-296
- Holmén K., (1992) "The global carbon cycle", *International Geophysics*, Vol. 50, 1992, pp. 239-262.
- Prentice I.C. et al., "The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide", in *Climate change 2001: the scientific basis*, IPCC, 2001, Cambridge University Press.

/classificazione energetica/ Classification in the Energy Efficiency

*ambito disciplinare
energetico*

*autori
Andrea Tartaglino
Tommaso Orusa*

La **classificazione energetica** è uno strumento per stimare la qualità di consumo di un apparecchio, di un processo, di un manufatto o di una costruzione energivora e di confrontarlo con altri simili. La prima classificazione a essere utilizzata è stata quella relativa agli apparecchi domestici, a partire dal 1992 (Direttiva Europea 92/75/CEE).

In particolare le classi di consumo energetico, dette più propriamente "classi di efficienza energetica", sono le suddivisioni dei valori di efficienza, principalmente per elettrodomestici a uso casalingo ma non solo, in fasce tra loro contigue, secondo una suddivisione della scala di consumi regolata dall'Unione europea. Esse indicano i consumi annuali espressi in kWh di un elettrodomestico secondo un certo standard di consumo tramite lettere che, a seconda della tipologia di apparecchio, possono andare dalla A+++ alla G.

Legata alla classe energetica è l'"etichetta energetica", che è un documento con una scala composta in genere da sette segmenti colorati, dal verde (miglior efficienza in assoluto), al giallo, al rosso (minor efficienza) che fabbricanti, negozianti e siti di vendita online hanno l'obbligo di mostrare, per gli apparecchi per i quali è prevista.

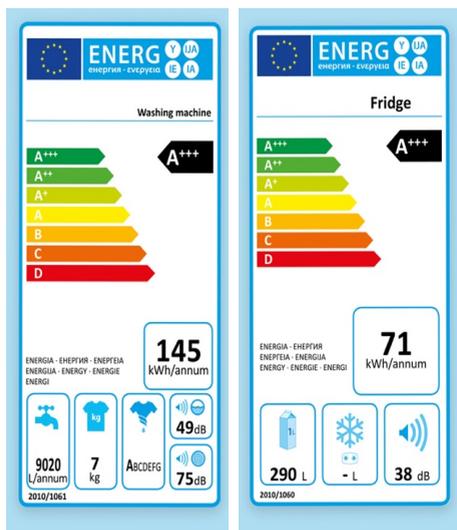
In altri ambiti sono stati istituiti sistemi di etichettatura europea con scale contrassegnate da lettere e colori, somiglianti alle etichette di efficienza energetica degli elettrodomestici.

Di particolare importanza è la classificazione energetica di un edificio, o meglio, come indicato dalla Direttiva europea 2010/31/UE, la “prestazione energetica di un edificio”, definita come la quantità annua di energia calcolata o misurata, necessaria per soddisfare il fabbisogno energetico connesso a un uso normale dell’edificio, compresa, in particolare, l’energia utilizzata per il riscaldamento, il rinfrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l’illuminazione.

Legato alla prestazione energetica di un edificio è l’“attestato di prestazione energetica”, documento rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio attraverso l’utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell’efficienza energetica dello stesso.

Esempi etichette energetiche per una lavatrice e un frigorifero.

Fonte ec.europa.eu



Bibliografia

- Direttiva 92/75/CEE del Consiglio del 22 settembre 1992 concernente l’indicazione del consumo di energia e di altre risorse degli apparecchi domestici, mediante l’etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti, GUUE del 13 ottobre 1992.
- Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell’edilizia GUUE del 18 giugno 2010.
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia e successive modifiche ed integrazioni

/Climate-change Fiction, Cli-Fi Fiction, Eco-Fiction/

ambito disciplinare
environmental
humanities
(studi umanistici
ambientali)

Con un certo ritardo rispetto ad altri ambiti, anche la letteratura e le arti hanno di recente accolto la sfida dei **cambiamenti climatici**, dando vita alla “**Cli-Fi**” o “**Climate-change Fiction**”. Il termine è stato coniato nel 2011 dal blogger Daniel Bloom il quale, sfruttando l’assonanza con la “Sci-Fi” o “Science Fiction” (fantascienza), fa rientrare in questo nuovo genere

autrice
Daniela Fargione

letterario tutte quelle opere di fantasia che, partendo da eventi reali o verosimili, si concentrano sulle complessità del cambiamento climatico, qui inteso come ampio fenomeno culturale.

Anche il concetto di *fiction* deve essere considerato in maniera non ortodossa, poiché alla narrativa si affiancano la poesia, l'arte, la cinematografia, le serie Tv e molte altre forme di narrazione e rappresentazione. Le prime prove attingono a vari generi – fantascienza, distopia, *fantasy*, *thriller*, avventura – e sono quasi sempre ambientate in un mondo post-apocalittico e pertanto in un futuro indistinto rispetto al momento della narrazione, riscuotendo per lo più grande consenso. La Cli-Fi, in effetti, ha la capacità di tradurre il linguaggio e le formule della scienza, non sempre accessibili o appassionanti per il grande pubblico, in immagini ed emozioni, offrendo una visualizzazione dei fenomeni ambientali e favorendo una presa di coscienza.

Molti studiosi, tuttavia, hanno anche criticato questa produzione proprio per la prossimità al genere fantascientifico, la numerosità di inesattezze scientifiche e la predominanza di elementi distopici che allontanano nel tempo, piuttosto che avvicinare, il momento dell'azione individuale e collettiva. Tra i romanzi più significativi di questa prima fase ricordiamo *Stato di paura* di Michael Crichton, *Odds Against Tomorrow* di Nathaniel Rich, *Le stelle del cane* di Peter Heller, *Solar* di Ian McEwan.

Più di recente, alcuni ecocritici hanno sentito l'esigenza di proporre la denominazione "Eco-fiction" per designare una seconda fase, la cui produzione dimostra maggiore aderenza al reale e alla speculazione. Fra i tanti esempi: *La collina delle farfalle* di Barbara Kingsolver, *L'ultima profezia* di Liz Jensen e la trilogia di Margaret Atwood (*L'ultimo degli uomini*, *L'anno del diluvio* e *MaddAddam*).

Bibliografia

- Goodbody A., Johns Putra A. (eds.). "Cli-Fi: A Companion", Oxford, New York: Peter Lang, 2018.
- Johns-Putra A., "Climate change in literature and literary studies: From cli-fi, climate change theater and ecopoetry to ecocriticism and climate change criticism", *WIREs Clim Change* 2016, 7:266-282.
- Johns Putra A., "Climate Change and the Contemporary Novel", Cambridge: Cambridge University Press, 2019.
- Trexler A., "Anthropocene Fictions. The Novel in a Time of Climate Change", Charlottesville, VA: University of Virginia Press, 2015.

/Clima/ Climate

ambito disciplinare
fisico

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Tommaso Orusa

Il **clima** in senso stretto è definito come il tempo meteorologico medio o, in maniera più rigorosa, come la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze rilevanti quali temperatura, precipitazione, umidità, intensità e direzione del vento e altre, effettuata in un arco di tempo che va da mesi a migliaia o milioni di anni. Il periodo classico per calcolare la media (in generale, la statistica) di queste variabili è 30 anni, secondo la definizione dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO - *World Meteorological Organization*).

Non bisogna confondere il clima con il tempo meteorologico (si vedano anche "**Climatologia**" e "**Meteorologia**"), che è invece definito dai valori istantanei (o mediati su tempi molto brevi) delle principali variabili meteorologiche in una data località. Infatti, parliamo di clima solo se abbiamo raccolto dati sul tempo meteorologico per molti anni consecutivi, perché questo permette di determinare quali siano le condizioni "tipiche" del tempo meteorologico in una data regione e in un dato periodo dell'anno. In senso più ampio e generale, il clima è lo stato del **sistema climatico** (inclusa la relativa descrizione statistica), ovvero di quel **sistema complesso** e dinamico in cui **componenti** diverse – l'**atmosfera**, gli oceani, i ghiacci marini e terrestri, gli esseri viventi animali e vegetali, il suolo – interagiscono continuamente su una moltitudine di scale spaziali e temporali tutte interconnesse.

Bibliografia

- Arguez, Anthony, and Russell S. Vose. "The definition of the standard WMO climate normal: The key to deriving alternative climate normals." *Bulletin of the American Meteorological Society* 92.6 (2011): 699-704.
- Blair T. and Pachauri R., "Avoiding Dangerous Climate Change". Cambridge University Press, 2006.
- Böhm, U., et al. "CLM—the climate version of LM: brief description and long-term applications." *COSMO newsletter* 6 (2006): 225-235.
- James, Lawrence R., and Allan P. Jones. "Organizational climate: A review of theory and research." *Psychological bulletin* 81.12 (1974): 1096.
- Mercalli, Luca. "Che tempo che farà: breve storia del clima con uno sguardo al futuro". Rizzoli, 2012.
- Pinna, Sergio. "Lineamenti di Climatologia." Aracne Editore, 2017.
- Peixoto, José Pinto, and Abraham H. Oort. "Physics of climate." (1992).
- Rubel, Franz, and Markus Kottek. "Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification." *Meteorologische Zeitschrift* 19.2 (2010): 135-141.
- Trenberth, Kevin E., and Kevin E. Trenberth, eds. "Climate system modeling". Cambridge University Press, 1992.

ambito disciplinare
comunicazione

autrice
Alessandra Pollo

Climate-ADAPT è una piattaforma europea (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/>) lanciata nel 2012 con l'obiettivo di organizzare e rendere accessibili le informazioni sull'**adattamento** ai cambiamenti climatici in Europa. Nato dal partenariato tra la Commissione europea e l'Agenzia europea dell'ambiente (EEA), il portale si configura come un elemento chiave della Strategia di adattamento dell'UE, che ne riconosce il valore per un processo decisionale più informato.

Climate-ADAPT vuole supportare, in particolare, gli utenti ad accedere a dati e informazioni su:

- i cambiamenti climatici attesi in Europa;
- la vulnerabilità attuale e futura regionale e settoriale
- le strategie e le azioni di adattamento a livello europeo, nazionale e transnazionale;
- i casi di studio, le buone pratiche e le potenziali opzioni di adattamento;
- gli strumenti per la pianificazione dell'adattamento.

Le tematiche trattate sul portale spaziano dalle politiche europee ai rapporti sullo stato di adattamento delle diverse nazioni, dalle conoscenze sul cambiamento climatico alle buone pratiche. L'attendibilità di quanto riportato su *Climate-ADAPT* è sempre garantita dalla verifica della qualità dei dati. Gli utenti *target* delle conoscenze messe a sistema su *Climate-ADAPT* sono principalmente i responsabili delle decisioni governative e le organizzazioni che li supportano per la realizzazione e attuazione dell'adattamento tramite strategie, piani e azioni. Sul portale è presente anche una pagina dedicata interamente ai dati dell'Italia, che riporta il quadro politico e legale nazionale dell'adattamento, i settori e le azioni relative e gli *stakeholders* coinvolti.

Bibliografia

- Commissione Europea, 2013. "Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici".
- European Environment Agency (EEA), 2018. "Climate-ADAPT profile".
- Tonmoy, F.N., Rissik, D. & Palutikof, J.P. "A three-tier risk assessment process for climate change adaptation at a local scale". *Climatic Change* 153, 539-557 (2019).

/Climate Change Scenario Analysis/

ambito disciplinare
economico

autori

Laura Corazza
Enrico Battisti
Alberto Bertello

L'analisi di scenario applicata al contesto dei cambiamenti climatici (**climate change scenario analysis**) è uno strumento di management strategico il cui utilizzo ha l'obiettivo di stimolare le aziende verso l'adozione di una visione di lungo periodo che comprenda, tra le variabili esterne, proprio i cambiamenti del **clima** e l'incertezza che questi potrebbero determinare in termini di impatti conseguenti. L'analisi per scenario serve sia a indirizzare il management internamente sulle procedure da adottare per contrastare i cambiamenti climatici, sia a migliorare l'identificazione dei rischi e di eventuali opportunità di business conseguenti ai cambiamenti climatici.

Di norma l'analisi di scenario è uno strumento molto comune nella finanza aziendale in quanto, attraverso l'applicazione di questa metodologia di pianificazione finanziaria, si cerca di valutare l'impatto che una particolare combinazione di variabili può avere su un determinato progetto in un'ottica di gestione dell'incertezza. Questo può avvenire anche tramite l'applicazione di metodi probabilistici che, considerando un particolare set di variabili, stimano l'impatto che diverse com-

binazioni di esse o di loro diversi valori possono avere sul valore di un progetto e sulla redditività di una impresa. Nella sua applicazione in ambito di **cambiamenti climatici**, l'analisi di scenario permette all'azienda di acquisire maggiore consapevolezza su quanto potrebbe accadere in futuro e avere una base per poter sviluppare delle strategie aziendali, specie per affrontare i cosiddetti rischi fisici e di **transizione** (vedi il lemma "**Task Force on Climate-related Financial Disclosures**").

Di norma l'analisi conduce all'identificazione di diversi scenari, nei quali gli impatti sono conseguentemente esprimibili in termini di variazioni a bilancio, come ad esempio: ricavi, costi fissi di produzione, costi variabili connessi al reperimento delle materie prime, costi operativi, rischi di gestione della catena di fornitura, interruzione attività, dilazione dei tempi, impatto sulle immobilizzazioni, ecc.

Bibliografia

- Brealey, R., Myers, S. and Allen, F. (2020), "Principles of Corporate Finance 13th Edition". McGraw Hill.
- Milne, M.J. and Grubnic, S. (2011), "Climate change accounting research: keeping it interesting and different", *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, Vol. 24 No. 8, pp. 948-977
- Thomä, J., Hayne, M., Hagedorn, N., Murray, C., Grattage, R. (2019), "The alignment of global equity and corporate bonds markets with the Paris Agreement: A new accounting framework", *Journal of Applied Accounting Research*, 20 (4), pp. 439-457.

/Climate Commons/ Beni comuni climatici

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

Un *commons* può essere inteso come una o un insieme di risorse naturali o culturali accessibili a tutti i membri di una società. Tali risorse includono anche aria, acqua o terra abitabile. Queste risorse sono gestite in comune, ossia non sono privatamente appropriate. Un bene comune può anche essere visto come risorse naturali che un gruppo di persone (comunità, cooperative, gruppi di utilizzatori) gestisce a beneficio individuale e collettivo. Questo implica una varietà di norme e valori informali che costituiscono il meccanismo di governo del *commons*. Infine, un *commons* può essere anche una pratica sociale di governo di una risorsa, al di fuori delle sfere statali e di mercato, messa in opera da una comunità di utilizzatori che si auto-governa la risorsa attraverso istituzioni da essa stessa create.

Nel caso del **riscaldamento globale**, il bene comune è una certa composizione dell'**atmosfera**. Questa composizione mantiene il **clima** e, di conseguenza, la **biosfera** sulla Terra all'interno dei parametri ai quali ci siamo adattati e ai quali abbiamo adattato il nostro modo di vita, la cultura, le attività economiche e così via. In linea di principio tutte le specie viventi sulla Terra sono coinvolte, sebbene solo gli umani possano contribuire alla conservazione dell'atmosfera.

La composizione dei gas atmosferici e il suo effetto sulla biosfera e sull'umanità è un "*common-pool resource*", ovvero un bacino comune di risorse. Nessuno può essere escluso dal goderne gli effetti positivi. Tuttavia, l'atmosfera viene utilizzata come serbatoio per lo scarico delle emissioni delle attività umane (produttive, di trasporto, di consumo, ecc.) e, rispetto a questo, c'è rivalità. La gestione sostenibile dei beni comuni globali come l'atmosfera è una nuova sfida per il futuro dei sistemi socio-economici. Anche se tutti potrebbero beneficiare di un uso sostenibile di tali beni comuni, ci sono comunque situazioni in cui si manifestano deleteri comportamenti da "*free-riding*" (ovvero un uso indiscriminato per scopi individuali) che danneggiano le possibilità di realizzare le forme di cooperazione indispensabili per far fronte ai **cambiamenti climatici**.

L'atmosfera è attualmente una "terra di nessuno", che è disponibile per tutti gratuitamente. Gli oceani e le foreste sono strettamente collegati al serbatoio atmosferico attraverso il **ciclo del carbonio**, in quanto assorbono parte del **diossido di carbonio** (CO₂) di origine antropica. È interessante notare come gli oceani e le fore-

ste siano anch'esse risorse globali comuni che fungono da importanti fonti di **biodiversità**, materie prime, risorse ittiche e ricettori di carbonio. Tuttavia, l'atmosfera e gli oceani sono minacciati da eccessive emissioni di CO₂ e le foreste si stanno riducendo per rispondere alla crescente domanda di cibo e bioenergia.

Risolvere i dilemmi posti dall'esistenza e dal funzionamento di *commons* globali è una sfida per la comunità internazionale. Questa sfida può essere delineata come segue: per assicurare che la temperatura dell'atmosfera globale non aumenti di altri 2 gradi (°C), l'atmosfera può ricevere solo altre 750 miliardi di tonnellate di diossido di carbonio. Con 33 miliardi di tonnellate di emissioni globali di CO₂ immesse in atmosfera nel corso del 2010, si può facilmente calcolare che l'atmosfera sarà "piena" in pochi decenni. Pertanto, l'uso di fonti di energia fossile deve essere limitato a livello globale. Tali limitazioni non possono che generare radicali conflitti distributivi, come sta già avvenendo. Se la politica climatica implica che una grande parte delle risorse fossili non venga più sfruttata, la conseguenza sarà la svalutazione delle attività dei proprietari di risorse di carbone, petrolio e gas. Inoltre, i pochi diritti di sfruttamento atmosferico dovranno essere equamente distribuiti tra Africa, Cina, Stati Uniti, Europa e altre regioni del mondo, anche sulla base delle emissioni storiche e pro capite. Il processo politico dovrebbe anche determinare a quanti diritti di sfruttamento atmosferico avranno diritto le prossime generazioni. Alla luce di tutte queste difficoltà, è legittimo chiederci se un uso efficiente ed equo dei **climate commons** sia possibile.

Elinor Ostrom ha dimostrato che le comunità a livello locale hanno spesso applicato ai *commons* regole d'uso efficaci. Non è chiaro se questa capacità possa essere replicata a livello globale. Tuttavia, non c'è tempo per attendere l'istituzione di un governo globale in grado di regolare il clima: l'adozione di rigorose misure

di **mitigazione** dei cambiamenti climatici è necessaria ora. Probabilmente non ci sarà un governo mondiale nel prossimo futuro, ma la gestione dell'atmosfera come *commons* globale non lo richiede. Essa richiede piuttosto politiche interconnesse a livello internazionale, nazionale, regionale e locale, ossia un governo del clima multilivello o policentrico.

Per combattere il cambiamento climatico un accordo intergovernativo rimane indispensabile. In caso contrario, le riduzioni delle emissioni in una regione possono sempre portare a un aumento delle emissioni in altre regioni. Avviene già ora: di fronte all'aumento continuo di emissioni di **gas serra**, alcuni paesi si sono già in parte decarbonizzati.

Tali dilemmi, tipici della gestione di risorse ritenute appropriabili, possono essere risolti trattandole come risorse per l'umanità ed essere gestite come beni comuni. Beni comuni globali come le foreste, gli oceani e l'atmosfera dovrebbero essere affidati a *commoners* affidabili e ad allargati processi di *commoning*.

Tuttavia, la distribuzione di un "budget di carbonio" (una quota pro capite o per paese da "spendere" in emissioni di gas serra) può essere un gioco a somma zero in cui il guadagno di un paese è la perdita di un altro. Questo è il motivo per cui alcuni osservatori sono molto pessimisti riguardo alle possibilità di una rigorosa politica intergovernativa sul clima. Il dilemma a somma zero può essere superato solo avviando un prudente processo di trasformazione che possa decarbonizzare l'economia mondiale.

Bibliografia

- Edenhofer O. et al. (2013), "The Atmosphere as a Global Commons – Challenges for International Cooperation and Governance", MCC Working paper 1.
- Ostrom E., "Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change", *Global Environmental Change* 20 (2010) 550-557.
- George Caffentzis and Silvia Federici, "Commons against and beyond Capitalism," *Community Development Journal* Vol 49 No S1 January 2014 pp. i92-i105.

ambito disciplinare

Sociologico
politologico

autrice
Sara Bonati

L'espressione "**climate diplomacy**" definisce il processo di negoziazione intrapreso dai governi allo scopo di raggiungere accordi internazionali sulle misure da attuare per contrastare i **cambiamenti climatici**. Le sue origini si ritrovano nella *environmental diplomacy*, che negli anni '70 del secolo scorso ha promosso le prime iniziative intergovernative per l'ambiente. Un processo globale di *climate diplomacy* è stato avviato con la nascita della INC nel 1990 (*Intergovernmental Negotiating Committee for a framework convention on climate change*), che ha portato, nel 1992, all'adozione della UNFCCC (*UN Framework Convention on Climate Change*), entro la quale è stato stabilito il primo forum intergovernativo per la discussione di accordi multilaterali sul **clima**. Il forum si ritrova a partire dal 1995 con cadenza annuale in occasione della cosiddetta *conference of parties (COP)*. La nascita di una branca della diplomazia specificamente dedicata alle questioni climatiche è il risultato del dominio di un approccio "a compartimenti" nella *environmental diplomacy*, che predilige una discussione settoriale o monotematica delle questioni ambientali. Questo ha consentito da una parte di dare ampia e specifica attenzione alla questione climatica, dall'altra ha ridotto la possibilità di adottare politiche integrate, che tengano conto delle interrelazioni con le altre emergenze ambientali presenti nei diversi territori.

La *climate diplomacy* ha vissuto a oggi due fasi principali: una prima fase in cui è stata prediletta la ricerca di un accordo globale (*global deal strategy*), multilaterale e *top-down*, che ha portato all'adozione del **Protocollo di Kyoto**, con valore vincolante e sovra-nazionale. Questa fase non si è esaurita in modo definitivo con Kyoto ma è proseguita fino alla COP15 di Copenaghen. Durante i negoziati che hanno seguito la COP3, tuttavia, erano già evidenti i limiti del modello nel poter replicare i risultati di Kyoto e raggiungere un nuovo accordo capace di prolungare e implementare il precedente. Il fallimento dell'approccio adottato è emerso in modo evidente a Copenaghen, dove ha trovato voce la necessità di dare spazio a un nuovo modello di diplomazia del clima, allo scopo di raggiungere entro il 2015 un nuovo accordo (non più un protocollo) con valore non vincolante ma capace di ricevere un'adesione più ampia.

A Copenaghen, dunque, è stata aperta la strada a un approccio *bottom-up*, entro il quale definire gli obiettivi in modo contestuale

e tenendo conto degli interessi di sviluppo dei singoli paesi. Questa nuova visione di diplomazia del clima ha avuto il suo culmine nell'**Accordo di Parigi**. Il successo diplomatico di Parigi è riconducibile ad alcune manovre diplomatiche che possono essere riassunte in tre punti:

- abbandono del modello a “*summit*” come forma di negoziato, organizzando momenti preparatori che hanno consentito di raggiungere un pre-accordo, affidando la discussione ai ministri competenti, e lasciando ai capi di stato il ruolo di apertura dell'evento;
- avvio del processo di revisione dell'accordo prima della COP, riducendo lo spazio per eventuali discussioni durante la conferenza;
- partecipazione del maggior numero di *stakeholder* e trasparenza sul processo di negoziato, concordando i “paletti invalicabili” e prevenendo le critiche.

Se l'Accordo è stato letto come un successo dal punto di vista diplomatico non mancano le critiche, soprattutto relativamente agli obiettivi da raggiungere (meno ambiziosi di quanto auspicato dalla comunità scientifica) e alla labilità delle misure da intraprendere, data la natura non vincolante del documento. È infine utile ricordare che nel “pre-Parigi” ha avuto avvio una diplomazia climatica bilaterale, che si è affiancata a quella multilaterale dominante, e che ha avuto un ruolo importante nel successo di quest'ultima. Gli Stati Uniti guidati da Obama e la Cina, infatti, nel 2014 hanno firmato un accordo per la riduzione delle proprie emissioni. Questa politica diplomatica tuttavia si è conclusa con l'avvento dell'amministrazione Trump.

Bibliografia

- Falkner R.(2016).“The Paris Agreement and the new logic of international climate politics”, in *International affairs*, 92(5): 1107-1125.
- Falkner R., Stephan R., Vogler J. (2010). “International climate policy after Copenhagen: towards a 'building blocks' approach”, in *Global policy*, 1(3): 252-262.
- Hsu A., Moffat A.S., Weinfurter A.J. e Schwartz J.D. (2015). “Towards a new climate diplomacy”, in *Nature climate change*, 5(6): 501.
- Minas S. e Ntousas V. (a cura di) (2018). “EU climate diplomacy: politics, law and negotiations”, London, Routledge.

/Climatologia/ Climatology

ambito disciplinare
fisico

autore
Claudio Cassardo

La **climatologia**, o scienza del **clima**, è lo studio scientifico del clima, definito come l'analisi statistica delle condizioni meteorologiche considerate su un periodo di tempo opportuno, di solito non inferiore a un trentennio, secondo la definizione dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO - *World Meteorological Organization*).

Non bisogna confondere la climatologia con la **meteorologia**, che invece studia il tempo attuale o la sua statistica su intervalli

di tempo più brevi. Il più semplice modo di analisi statistica consiste nel calcolo della media o del valore cumulato delle variabili (temperatura media, pioggia accumulata), ma ovviamente la climatologia usa anche indicatori statistici più avanzati, come la varianza, la forma delle distribuzioni, e anche l'analisi spettrale dei dati o altre metodologie per la ricerca delle ciclicità.

Questo moderno campo di studi è considerato una branca delle scienze atmosferiche e un sottocampo delle scienze della Terra. La climatologia moderna include anche aspetti di oceanografia, biogeochimica, glaciologia e idrologia. Gli scienziati specializzati in questo campo sono chiamati climatologi ma, per via delle molte discipline coinvolte, spesso le ricerche vengono effettuate da gruppi di climatologi con diverse specializzazioni. Anche se i primi studi sul clima possono essere fatti risalire agli antichi greci, la climatologia moderna nasce con l'analisi delle prime serie di misura effettuate in singole località con strumentazione moderna, di epoca rinascimentale o successiva (termometri, igrometri, anemometri, radiometri, barometri) in stazioni singole. Soltanto dopo l'intuizione di Le Verrier sulla propagazione del tempo meteorologico, intorno alla metà del XIX secolo, si iniziò ad utilizzare mappe meteorologiche e iniziò a diffondersi il concetto di misure a scala regionale e continentale. L'avvento dei calcolatori elettronici, nel XX secolo, contribuì a potenziare le tecniche di analisi dei dati e portò allo sviluppo della climatologia contemporanea.

Negli ultimi tempi i climatologi hanno concentrato sempre di più la loro ricerca sui cambiamenti del clima terrestre, avvenuti a partire dall'inizio della rivoluzione industriale, mediante l'analisi delle emissioni di **gas serra** e

lo studio, attraverso i dati, delle diverse sotto**componenti del sistema climatico**.

Ai dati delle misure, a partire dagli anni '80 del 1900 hanno iniziato ad affiancarsi anche le uscite dei **modelli climatici** (intesi come *software* in grado di modellizzare le leggi fisiche che determinano il clima), via via più potenti e dotati di maggiore risoluzione, che hanno consentito di poter indagare non soltanto il clima passato e presente, ma anch quello atteso nel futuro.

I principali temi attuali di ricerca sono lo studio della **variabilità climatica** e delle **forzanti** naturali e artificiali che influenzano il clima, i meccanismi dei **cambiamenti climatici** e il ruolo delle attività umane in relazione al cambiamento climatico moderno.

Bibliografia

- Bonan, Gordon, "Ecological climatology: concepts and applications". Cambridge University Press, 2015.
- Georgiadis, Teodoro, and Luigi Mariani. "Clima e cambiamento climatico. II. Dati osservativi, paleoclimatologia, modelli climatici, attività internazionali". Rivista Italiana di Agrometeorologia 2 (2006): 5-25.
- Hartmann, Dennis L. "Global physical climatology". Vol. 103. Newnes, 2015.
- Miller, A. Austin. "Climatology". Routledge, 2019.
- Pinna, Sergio. "Lineamenti di Climatologia." Aracne editrice, 2017.
- Oliver, John E., ed. "Encyclopedia of world climatology". Springer Science & Business Media, 2008.

/Colonialismo del carbonio/ Carbon Colonialism

ambito disciplinare
geografico
economico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Fletta

Con il termine **colonialismo del carbonio** si indicano quelle dinamiche che sono causate da processi di **mitigazione** dei cambiamenti climatici che portano, oltre a una riduzione delle emissioni nella nazione che li ha intrapresi (di solito un paese sviluppato), anche alla generazione di **impatti** ambientali e/o sociali nei paesi in via di sviluppo.

Alcuni autori (Ciscell, 2010; Hazlewood, 2012) per sottolineare lo stretto legame che intercorre tra dinamiche di colonizzazione ed emissioni/assorbimenti di CO₂ hanno coniato il termine di *CO₂lonisation*, traducibile in italiano come CO₂lonizzazione.

In questi ultimi anni molti studi hanno evidenziato l'esistenza di numerosi casi di questo tipo (Bagliani et al., 2019). In particolare le ricerche di Anderson (2010) e Bumpus et al. (2008) sottolineano che diversi progetti di mitigazione basati sui meccanismi di flessibilità del **Protocollo di Kyoto**, soprattutto il *Clean Development Mechanism*, hanno creato relazioni tra nazioni sviluppate e paesi in via di sviluppo che sono basate sul mercato e sulle disuguaglianze che esso produce.

La problematica ha la sua origine in un meccanismo previsto dal Protocollo di Kyoto, che consente la "sostituibilità" tra emissioni e riduzioni in paesi diversi. Questo vuol dire che è possibile compensare un eccesso di emissioni in un paese (generalmente industrializzato e sottoposto a obblighi di riduzione dal Protocollo di Kyoto), con la diminuzione delle emissioni in un altro (di solito nel Sud del mondo, senza obblighi di riduzione). I progetti che fanno ricorso a meccanismi di compensazione di questo tipo hanno, molto spesso, provocato effetti negativi sul fronte ambientale e sociale nelle nazioni in via di sviluppo. Questo accade perché, oltre all'azione di riduzione delle emissioni, che avviene su tempi scala lunghi e che riguarda quasi sempre le nazioni del Nord del mondo, questi progetti di mitigazione inducono anche degli "effetti collaterali", che generano impatti sugli ecosistemi e sulle popolazioni che sono immediati e che toccano, quasi esclusivamente, i paesi in via di sviluppo.

Si consideri l'esempio di una nazione industrializzata che, per compensare una parte delle proprie elevate emissioni di CO₂, realizza un progetto di mitigazione che prevede la produzione di **biocombustibile** a partire da coltivazioni in un paese del Sud del mondo. Vari autori (tra cui Gaveau, 2014; Sullivan, 2017) hanno mostrato numerosi casi in cui tali progetti hanno portato a un forte aumento delle pressioni sull'ambiente (abbattimento di

foreste primarie, perdita della **biodiversità**, variazione del ciclo dell'acqua, inquinamento idrico, erosione del suolo, ecc.) e sulle società locali (usurpazione dei diritti di proprietà, violazione dei diritti umani, ecc.).

Come afferma Kythreotis (2012), tali azioni di mitigazione sono, di fatto, responsabili della diffusione di un nuovo tipo di colonialismo, basato sul carbonio, che utilizza i paesi in via di sviluppo come veri e propri *carbon sink* ("pozzi di carbonio" – si vedano i lemmi "**Ciclo del carbonio**" e "**Pozzi e fonti di carbonio**").

Si tratta di una forma di colonialismo centrata sulle attuali esigenze di riduzione delle emissioni dei paesi industrializzati che ripropone, in forme differenti, le disparità e gli squilibri presenti tra Nord e Sud del mondo, in cui le nazioni sviluppate, le principali responsabili delle emissioni di CO₂, relegano i paesi in via di sviluppo a giocare un ruolo di compensazione, funzionale alle proprie necessità di **decarbonizzazione**, aumentando ulteriormente le disuguaglianze tra essi.

Particolarmente interessante per la lucidità con cui smaschera la presenza di dinamiche di CO₂lonialismo, anche e soprattutto all'interno delle istituzioni e delle politiche deputate a mitigare il cambiamento climatico, è la denuncia di Bachram (2004). La studiosa mette in evidenza l'incongruenza presente nello stesso Protocollo di Kyoto e nelle istituzioni deputate al suo adempimento, svelando che gli assorbimenti di carbonio possono essere riconosciuti e quindi contabilizzati nei calcoli solamente se sono stati gestiti da organizzazioni ufficiali. Questo implica che sono inclusi e conteggiati tutti quegli assorbimenti derivanti da monoculture o da fenomeni di *land grabbing* (accaparramento delle terre) che si verificano sotto l'egida di enti dotati

di riconoscimento giuridico, mentre sono scartati quelli che avvengono grazie alla cura delle foreste primarie da parte delle popolazioni indigene che da sempre vivono in quei territori, perché mancanti di tale riconoscimento.

Bibliografia

- Anderson, B., 2010 "Preemption, Precaution, Preparedness: Anticipatory Action and Future Geographies", in *Progress in Human Geography*, 34, 6, pp. 777-798.
- Bachram, H. 2004, "Climate Fraud and Carbon Colonialism: The New Trade in Greenhouse Gases", in *Capitalism Nature Socialism*, 15, 4, pp. 5-20.
- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, teorie". Bologna, Il Mulino, 2019.
- Bumpus, A.G. e Liverman, D.M. 2008 "Accumulation by Decarbonisation and the Governance of Carbon Offsets", in *Economic Geography*, 84, pp. 127-156.
- Ciscell Galen, M., 2010 "Beyond CO₂lonialism: The Potential for Fair Trade Certification to Embrace Voluntary Carbon Offsets", in *International Journal of Sustainable Society*, 2, 2, pp. 121-132.
- Gaveau, D. 2014 "Major Atmospheric Emissions from Peat Fires in Southeast Asia During Non-Drought Years: Evidence from the 2013 Sumatran Fires", in *Scientific Reports*, 4, 6112.
- Hazlewood, J.A. 2012 "CO₂lonialism and the "Unintended Consequences" of Commoditizing Climate Change: Geographies of Hope amid a Sea of Oil Palms in the Northwest Ecuadorian Pacific Region", in *Journal of Sustainable Forestry*, 31, 1-2, pp. 120-153
- Kythreotis, A.P. 2012 "Progress in Global Climate Change Politics? Reasserting National State Territoriality" in a "Post-Political" World, in *Progress in Human Geography*, 36, 4, pp. 457-474.
- Sullivan, s., 2017 "What's Ontology Got To Do with It? On Nature and Knowledge", in a *Political Ecology of the "Green Economy"*, in *Journal of Political Ecology*, 24, pp. 217-242.

/Combustibili fossili/ Fossil Fuels

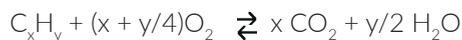
ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

Composti combustibili generati in strati profondi della crosta terrestre dalla decomposizione anaerobica, attivata da condizioni di pressione estremamente elevate, di depositi vegetali. Tali processi avvengono su scale temporali che spaziano dai milioni alle centinaia di milioni di anni. Il generico termine combustibile sta a indicare un composto chimico in grado di essere ossidato (principalmente dall'ossigeno atmosferico) producendo **energia** di tipo termico.

I **combustibili fossili** sono principalmente formati da carbonio e idrogeno, in rapporti differenti a seconda della natura del combustibile e della sua origine geologica. Combustibili fossili possono anche contenere composti minoritari quali ossigeno, azoto e zolfo. Principali prodotti della **combustione** di combustibili fossili in aria sono l'acqua e il **diossido di carbonio** (anidride carbonica - CO_2). Combustioni in regime di scarsa presenza di ossigeno possono portare a prodotti alternativi quali monossido di carbonio e frazioni non completamente ossidate dei composti reagenti.

Generica reazione di combustione di un idrocarburo:



I combustibili fossili sono principalmente classificati in funzione del loro stato di aggregazione in:

- *gas naturale*: miscela di idrocarburi leggeri, gassosi a temperatura e pressione atmosferica, costituita principalmente da metano (CH_4) e idrocarburi più pesanti quali etano (C_2H_6), propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10});
- *petrolio*: complessa miscela di migliaia di idrocarburi, principalmente alcani lineari, ramificati e ciclici, liquidi in condizioni ambientali;
- *carbone*: complessa miscela di composti solidi il cui principale componente è carbonio in fase grafitica. A seconda della loro composizione, generalmente legata alla loro età geologica e al loro grado via via crescente di grafitizzazione, i carboni vengono classificati in torbe, ligniti, litantraci e antraciti.

Allo scopo di essere utilizzati come combustibili in processi energetici, i combustibili fossili possono subire processi indu-

striali più o meno complessi finalizzati tra l'altro alla rimozione di componenti minori dannosi per l'ambiente (ad esempio la rimozione dello zolfo dai petroli è essenziale per limitare l'emissione nei processi combustivi di anidride solforosa, la quale provoca la formazione di acidi minerali in atmosfera e conseguente **acidificazione** delle piogge). In particolare, vista la loro complessità, i petroli sono la materia prima di complessi processi industriali, propri dell'industria petrolchimica e condotti in impianti chimici noti come raffinerie, in grado di produrre combustibili con specifiche caratteristiche tecnologiche e quindi adatti a essere utilizzati in contesti differenti. Un esempio è la produzione di benzina, caratterizzata da forte proprietà antide-tonanti e alto numero di ottano per motori a combustione basati su ciclo Otto e del gasolio, meno volatile rispetto alle benzine e caratterizzato da forte proprietà detonanti e basso numero di ottano, utilizzato in cicli Diesel.

Le caratteristiche principali che rendono particolarmente complessa la sostituzione dei combustibili fossili con vettori energetici differenti (come l'idrogeno) sono l'elevata densità energetica, il loro facile trasporto, la loro relativa facilità di immagazzinamento e il loro

basso costo. I combustibili fossili rappresentano inoltre un irrinunciabile bacino di materie prime per l'industria chimica, la quale è in grado, attraverso una complessa filiera di trasformazioni, di produrre composti chimici importanti per la vita dell'uomo (monomeri per la produzione di plastiche, farmaci e tessuti sono solo alcuni esempi).

Bibliografia

- Armaroli N., Balzani V., "The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities", *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 52-66
- Baird C., Cann M., "Chimica Ambientale", Zanichelli, Bologna, 2014, pag. 768
- Calvert J. C., "Glossary of Atmospheric Chemistry Terms", *Pure & App. Chem.*, Vol. 62, No. 11, pp. 2167-2219, 1990.
- Dresselhaus M. S., Thomas I. L., "Alternative energy technologies", *Nature*, 414, 6861, 2001, 332-337
- Lewis N. S., Nocera D. G., "Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 103, No. 43 (Oct. 24, 2006), pp. 15729-15735

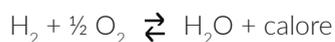
/Combustione/ Combustion

*ambito disciplinare
chimico*

*autore
Marco Minella*

Con il termine **combustione** si intende una reazione chimica di ossidoriduzione (nella quale cioè vi è un netto passaggio di elettroni fra i reagenti) esotermica (che rilascia cioè **energia** sotto forma di calore) nella quale un combustibile (riducente) viene ossidato da parte di un ossidante (tipicamente l'ossigeno atmosferico). Una combustione, rilasciando quantità significative di calore, permette alla reazione stessa di automantenersi. Tra i processi combustivi più semplici vi è l'ossidazione (con ossigeno) di idrogeno sfruttata per ottenere la spinta propulsiva necessaria per inviare in orbita razzi spaziali, la quale oltre a generare acqua come prodotto di reazione rilascia una significativa

quantità di energia (242 kJ mol^{-1})



La combustione di composti organici (ad esempio i **combustibili fossili**) porta non solo alla produzione di vapore acqueo come prodotto di ossidazione, ma anche a **diossido di carbonio** (anidride carbonica - CO_2). Se la reazione è condotta in deficit di ossidante può portare a una solo parziale ossidazione del combustibile, con formazione di sottoprodotti solo parzialmente ossidati. Un classico esempio è la combustione non completa del combustibile all'interno dei motori a combustione interna che può portare al rilascio di particolato carbonioso nei fumi di scarico degli autoveicoli. Nel caso della combustione di composti solidi, la reazione di ossidazione riguarda non il combustibile solido tal quale, ma i suoi prodotti di pirolisi che iniziano a formarsi passando in fase gas una volta che il combustibile viene portato ad alte temperature.

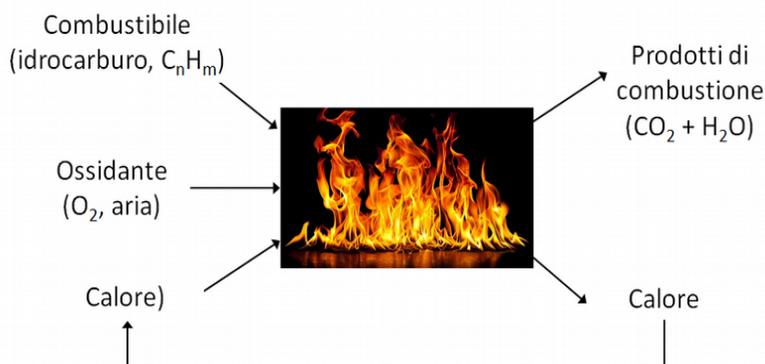
I processi combustivi sono alla base della maggior parte della produzione energetica mondiale. Nelle più comuni centrali termoelettriche l'ossidazione di un combustibile (principalmente gas naturale, petrolio o carbone) genera grandi quantità di calore utilizzate per riscaldare fino ad evaporazione dell'acqua, il vapore sviluppato viene quindi

fatto espandere in una turbina dal cui movimento viene generata corrente elettrica. Processi combustivi sono poi alla base dei motori a combustione interna nei quali una miscela di combustibile (benzina, gasolio o gas combustibile) e aria bruciando generano prodotti gassosi (primariamente CO_2 e acqua, ma anche altri indesiderati composti quali ossidi di azoto o prodotti di non completa ossidazione) che si espandono nella camera chiusa di un pistone generando il suo movimento.

Dal punto di vista chimico una combustione è un processo complesso basato su una reattività tipicamente radicalica, ovvero caratterizzata dalla presenza di molecole aventi elettroni spaiati. Le energie di attivazioni del processo sono spesso relativamente alte, richiedono perciò un input energetico affinché il processo si possa attivare e automantere.

Bibliografia

- Gardiner W. C. Jr., "Combustion Chemistry", Springer-Verlag New York Inc. 1984, Springer, New York, NY.
- Walker R.W., Morley C., Chapter 1 of "Basic chemistry of combustion", Comprehensive Chemical Kinetics, Volume 35, 1997, Pages 1-124,



/Componenti del sistema climatico/ *Climate System Components*

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini

Il **sistema climatico** naturale della Terra è suddiviso nelle seguenti sfere; ognuna ne rappresenta un sottosistema:

atmosfera (aria); **idrosfera** (acqua); **criosfera** (ghiacci); **pedosfera** (suoli); **litosfera** (rocce e sottosuolo); **biosfera** (esseri viventi).

Ognuna di essa ha proprie caratteristiche fisico-chimiche, temporali, termodinamiche e reagisce a velocità diverse ai cambiamenti; tra loro, sono strettamente interconnesse tramite flussi di energia e materia. Costituiscono pertanto le diverse **componenti del sistema climatico** terrestre, interagendo continuamente su una moltitudine di scale spaziali e temporali in modo complesso, anche rispondendo diversamente alle perturbazioni dovute ai **forzanti** esterni e interni. Per una maggiore comprensione del funzionamento del sistema climatico e dell'azione dei forzanti, vedi anche la voce "**Sistema complesso**".

Bibliografia

Si rimanda alle bibliografie relative alle voci sulle singole componenti.

/Comportamenti pro-ambientale/ *Pro-environmental Behaviors*

ambito disciplinare
psicologico

autrice
Silvia Aricciò

Esistono molti termini per indicare i **comportamenti pro-ambientali**: comportamenti efficienti, comportamenti di conservazione ambientale, comportamenti sostenibili, comportamenti di protezione ambientale, comportamenti ecologici. A prescindere dalle differenze terminologiche, esistono due diverse definizioni del comportamento pro-ambientale, non in contrasto tra loro, ma piuttosto complementari, a seconda che il focus sia sulla motivazione o sull'effetto del comportamento.

In base alla definizione basata sull'intenzione e la motivazione, si definiscono comportamenti pro-ambientali i comportamenti che sono messi in atto con il fine di ridurre il proprio o altrui impatto sull'ambiente naturale. In questo senso si possono distinguere comportamenti pro-ambientali più facili e più difficili, in funzione del loro costo individuale (in termini economici, di sforzo fisico o di cambiamento di abitudini). Tra i comportamenti facili si possono nominare per esempio il comportamento di evitare di disperdere rifiuti nell'ambiente e il comportamento

di spegnere la luce quando si lascia una stanza; tra i comportamenti difficili vi è ad esempio quello di decidere di non utilizzare più l'aereo o quello di comprare una macchina elettrica. La letteratura mostra che tanto più un comportamento pro-ambientale è difficile e costoso, quanto più esso sarà esclusivo di persone che considerano l'ambiente particolarmente rilevante per la loro identità (studiata in letteratura ad esempio in termini di valori biosferici, identità ambientalista e ricerca di significato).

La seconda definizione dei comportamenti pro-ambientali fa invece riferimento all'impatto che i comportamenti hanno sull'ambiente naturale, a prescindere dalla motivazione che li orienta. Tutti i comportamenti umani hanno un impatto sull'ambiente naturale; in questo senso, un comportamento si definisce pro-ambientale in quanto relativamente più sostenibile, più efficiente, con minor impatto ambientale rispetto ad altri comportamenti simili. La definizione dei comportamenti pro-ambientali in questo senso è di per sé relativa e mutevole, in quanto gli standard comparativi cambiano continuamente (ciò che è considerato pro-ambientale oggi non è detto che lo sia anche domani). La definizione dei comportamenti pro-ambientali è quindi culturalmente e storicamente situata.

In base a questa seconda definizione, anche le persone con bassi valori biosferici possono agire comportamenti pro-ambientali per motivazioni diverse.

Bibliografia

- Klöckner, C. A. (2013). "A comprehensive model of the psychology of environmental behaviour. A meta-analysis". *Global Environmental Change*, 23(5), 1028-1038.
- Schultz, P. W. & Kaiser, G. (2012) "Promoting Pro-Environmental Behavior". In S. Clayton (a cura di). *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology* (pp. 556-580). New York: Oxford University Press.

/Confini planetari/ Planetary Boundaries

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Il concetto di **confine/limite planetario (Planetary Boundary - PB)**, introdotto nel 2009, mirava a definire i limiti ambientali entro i quali l'umanità può operare in sicurezza. Questo approccio si è dimostrato utile nello sviluppo della politica di sostenibilità globale. È infatti urgente definire un nuovo paradigma che integri il continuo sviluppo delle società umane e il mantenimento del "sistema Terra" (*Earth system* - ES) in uno stato resiliente e accomodante. La struttura del confine planetario (PB) contribuisce a tale paradigma fornendo un'analisi scientifica del **rischio** che le perturbazioni umane destabilizzino l'ES su scala planetaria. Qui, le basi scientifiche del "*framework PB*" vengono aggiornate e rafforzate. L'epoca relativamente stabile dell'Olocene, lunga 11.700 anni, è l'unico stato dei sistemi terrestri che conosciamo come in grado di supportare le società umane contemporanee.

È ormai assodato, con svariate evidenze scientifiche, che le attività umane stanno influenzando il funzionamento dell'ES in misura tale da minacciare la sua **resilienza**, ovvero la sua capacità di persistere in uno stato simile all'Olocene di fronte alle crescenti pressioni e *shock* umani.

Il *framework* PB si basa su processi critici che regolano il funzionamento dell'ES. Combinando una migliore comprensione scientifica del funzionamento dell'ES con il principio di precauzione, il quadro PB identifica i livelli di perturbazioni antropogeniche al di sotto dei quali è probabile che il rischio di destabilizzazione dell'ES rimanga basso, uno "spazio operativo sicuro" per lo sviluppo della società globale. Una zona di incertezza per ciascun PB evidenzia l'area di rischio crescente (si veda la figura).

I PB individuati risultano:

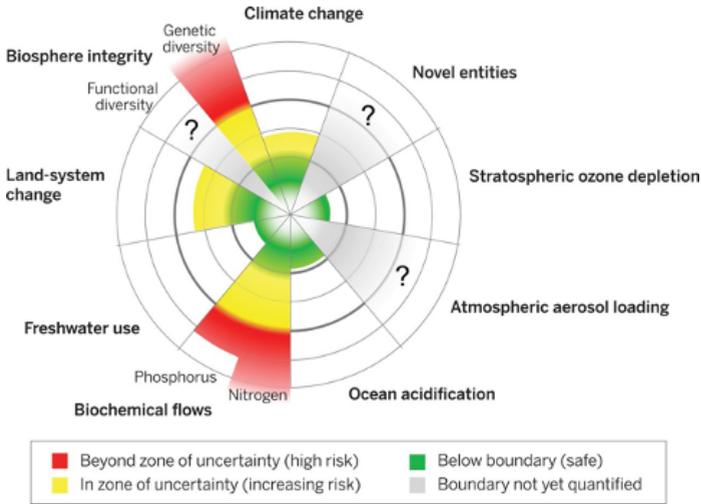
- **Cambiamenti climatici**
- Cambiamenti nell'integrità della **biosfera** (es. perdita di **biodiversità**)
- Esaurimento stratosferico dell'**ozono**
- **Acidificazione degli oceani**
- Flussi biogeochimici (ad es. fosforo e azoto)
- Cambiamento del sistema di terra (**uso e cambio d'uso del suolo**)
- Uso e consumo di acqua dolce
- Carico atmosferico di **aerosol**
- Introduzione di nuove entità (definite come nuove sostanze, nuove forme di sostanze esistenti e forme di vita modificate che hanno il potenziale per effetti geofisici e / o biologici indesiderati).

Due dei PB - i cambiamenti climatici e l'integrità della biosfera - sono riconosciuti

come PB "principali" in base alla loro fondamentale importanza per l'ES.

Infatti, il **sistema climatico** è una manifestazione della quantità, della distribuzione e dell'equilibrio netto di **energia** sulla superficie terrestre e la biosfera regola i flussi di materia ed energia nell'ES e aumenta la sua resilienza a cambiamenti repentini e gradualmente. Ad oggi, i livelli di perturbazione antropogenica di quattro dei processi/caratteristiche dell'ES (cambiamento climatico, integrità della biosfera, flussi biogeochimici e cambiamento del sistema terrestre) superano ampiamente la soglia di confine prevista con effetti sul sistema naturale e sociale.

Quindi, per riassumere, i PB sono livelli scientificamente basati sulla perturbazione umana dell'ES oltre i quali il funzionamento dell'ES può essere modificato in modo sostanziale. Il superamento dei PB crea quindi un rischio di destabilizzare lo stato olocenico dell'ES in cui si sono evolute le società moderne. Detto, questo, il *framework* dei confini planetari non impone come dovrebbero svilupparsi le società: queste sono decisioni politiche che devono includere la considerazione delle dimensioni umane, compresa l'equità, non incorporate nel *framework* ma di fondamentale importanza. Tuttavia, identificando uno spazio operativo sicuro per l'umanità sulla Terra, il *framework* dei confini planetari può dare un prezioso contributo ai decisori e all'economia per correggere difetti e dirigersi auspicabilmente verso la creazione di percorsi desiderabili per lo sviluppo della società, in armonia con i tempi e i meccanismi del sistema Terra.



La zona verde è lo spazio operativo sicuro, il giallo rappresenta la zona di incertezza (aumento del rischio) e il rosso è una zona ad alto rischio. Il confine planetario stesso si trova all'intersezione delle zone verdi e gialle (soglia di confine). I processi per i quali i limiti a livello globale non possono ancora essere quantificati sono rappresentati dal zone grigie; questi sono il carico atmosferico di aerosol, le nuove entità e il ruolo funzionale dell'integrità della biosfera.

Fonte: J. Lokrantz/Azote based on Steffen et al. 2015. Stato delle variabili di controllo per sette dei confini planetari.

Bibliografia

- Hughes, Terry P., et al. "Multi-scale regime shifts and planetary boundaries." *Trends in ecology & evolution* 28.7 (2013): 389-395.
- Rockström, Johan, et al. "A safe operating space for humanity." *Nature* 461.7263 (2009): 472-475.
- Rockström, Johan, et al. "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity." *Ecology and society* 14.2 (2009).
- Rockström, Johan, et al. *Sustainable development and planetary boundaries*. Sustainable Development Solutions Network., 2013.
- Steffen, Will, et al. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet." *Science* 347.6223 (2015).
- Steffen, Will L., Johan Rockström, and Robert Costanza. "How defining planetary boundaries can transform our approach to growth." *Solutions: For A Sustainable & Desirable Future* (2011).e.

/conflitto climatico/ Climate War

ambito disciplinare
geopolitico

autore
Grammenos Mastrojeni

Sono 79 i **conflitti** in cui il centro studi tedesco Adelphi (Johannes et al. 2015), in uno studio commissionato dal G7, ha individuato cause climatiche, di più ne conteggia e precede l'**IPCC** in diversi Rapporti. **Impatti** diretti del **clima** o mediati da altre forme di degrado ambientale, ad esempio la **desertificazione** o la perdita di **biodiversità**. Molteplici e multifattoriali le cause, fra cui domina la sparizione, dislocamento o incertezza dei **servizi ecosistemici**.

Il clima è il sincronizzatore dei cicli naturali e la sua relativa stabilità e prevedibilità si ripercuote sulla stabilità e prevedibilità di altri cicli dell'ecosistema, ad esempio la fioritura. Se viene meno questa prevedibilità, non possiamo contare più sulla presenza, al momento e nel luogo voluto, di certi ulteriori fenomeni regolari nell'ecosistema. Molti di questi fenomeni si presentano anzitutto come "servizi" che la natura rende a se stessa, al suo stesso equi-

librio, ad esempio il tepore che induce le piante a sbocciare e che a catena mette in moto una serie di eventi di vitale importanza per il regno animale, come la disponibilità di frutti nel periodo dei parti della fauna selvatica. Rendendo insicure queste regolarità, un clima che cambia mette in sofferenza tutto il mondo naturale e si lega alla drammatica perdita di biodiversità a cui stiamo assistendo.

Molti di questi fenomeni regolari rappresentano, tuttavia, dei servizi su cui conta anche l'umanità: la loro sparizione, dislocazione o imprevedibilità rende impossibile strutturare molte attività umane. In pratica, non si può pianificare il raccolto senza poter contare su certe piogge o temperature, e non si può neanche progettare una strada senza sapere se una certa valle sarà secca o inondata. Con una simile incertezza, la società diviene quindi insicura, caotica, conflittuale, e instabile. In pratica, i **cambiamenti climatici** creano instabilità in due modi diversi. Anzitutto perché il clima proprio di un'**atmosfera** più energetica produce fenomeni più violenti che danneggiano direttamente la fisiologia umana, come per le **ondate di calore**, e le nostre strutture abitative e produttive, come per le precipitazioni violente, di sempre maggiore intensità. In secondo luogo, perché rendono imprevedibile l'arrivo ciclico di certi servizi della natura su cui contiamo per un'ordinata organizzazione della società e della **produzione**. Questi servizi dipendono in gran parte dal clima e coprono uno spettro molto ampio, ben al di là della produttività agricola. Si tratta anche di servizi sanitari, come il controllo sulla proliferazione di certi parassiti che proviene dai rigori dell'inverno; oppure servizi biosanitari, come la purificazione delle acque effettuata dalle zone umide; di mitigazione climatica locale, come la regolazione delle temperature che offre la copertura vegetale; di servizi alle infrastrutture, come la capacità

di certe piante di trattenere le frane o moderare le **alluvioni** su un pendio che magari sovrasta un'autostrada.

Fino a servizi molto più imponderabili ma egualmente essenziali, che possono essere persino di equilibrio sociale o di identità culturale: aspetti di secondo piano, verrebbe da pensare; eppure, la persistenza o meno di una certa pianta conferisce o toglie un ruolo produttivo alle donne in alcuni contesti rurali. L'imprevedibilità del clima, oltre alla sua inedita estremizzazione, finisce quindi per trasformarsi in un problema di sicurezza economica e di diritti umani: sopprime, disloca, o "randomizza", cioè rende imprevedibili, i servizi ecosistemici. Porta insicurezza, mentre apre una competizione per l'accaparramento dei servizi che si sono spostati o divenuti più rari.

La competizione può creare difficoltà ma rimanere pacifica in contesti più ricchi e strutturati. Nei paesi più fragili sospinge più facilmente conflitti formalizzati o striscianti e nascosti.

Bibliografia

- Gerdis Wischnath G., Buhaug H., (2014) "On climate variability and civil war in Asia", *Climatic Change* vol. 122, pp. 709-721.
- Gilmore E. A. (2017), "Introduction to Special Issue: Disciplinary Perspectives on Climate Change and Conflict", *Current Climate Change Reports* vol. 3, pp. 193-199.
- Ide T., (2018) "Climate War in the Middle East? Drought, the Syrian Civil War and the State of Climate-Conflict Research", *Current Climate Change Reports* vol. 4, pp. 347-354.
- Johannes A., et al. (2015) "The ECC Factbook". Berlin: adelphi.
- Mastrojeni G., Pasini A., (2017) "Effetto serra effetto Guerra", Chiarelettere editore.
- Ragnhild N., Gleditschab N. P., (2007) "Climate change and conflict", *Political Geography*, vol. 26, Issue 6, pp. 627-638.

/Consumo e cambiamenti climatici/ Consumption and Climate Change

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

Il **consumo** è per definizione un processo di adattamento della specie umana alle mutevoli condizioni ambientali e sociali: senza consumo non vi è riproduzione, evoluzione, cambiamento ma nemmeno conservazione, ripetizione, stabilità. Come sosteneva Marx, «come una società non può smettere di consumare, così non può smettere di produrre. Quindi ogni processo sociale di **produzione**, considerato in un nesso continuo e nel fluire costante del suo rinnovarsi, è insieme processo di riproduzione» (Marx, *Il capitale*, vol. I, p. 621) e di consumo.

Trattandosi di un processo indispensabile per tutti i sistemi viventi, il consumo non dovrebbe creare così tante problematiche. Tuttavia esso è la causa dei **cambiamenti climatici**.

Ogni attività implica il “consumo di natura” ossia di materia ed **energia** e tale energia, che si tratti di energia endosomatica o esosomatica, proviene dalla natura (o meglio dal Sole) trasformandosi in differenti *carriers* (vettori) materiali: petrolio, carbone, gas, ma anche biomassa, vento, maree. La **combustione** di fonti fossili genera gas climalteranti che ad alte concentrazioni incrementano l'**effetto serra** naturale, dando origine al moderno **riscaldamento globale** del Pianeta. Il fattore critico è che nell'attuale sistema economico il consumo di energia e materia, pur essendo un'attività universale e transtorica, tende a crescere continuamente per produrre beni di consumo e generare profitti economici. Il fatto che il “consumo di natura” si dipani sulla base dei principi dell'economia capitalista in società sempre più complesse, lo trasforma in qualcosa di molto diverso dal semplice processo riproduttivo e metabolico, che rimane purtuttavia il suo principale obiettivo. La continuità storico-biologica della specie umana e dei suoi membri, garantita nel tempo da un sistema complesso di attività e pratiche di produzione, distribuzione, utilizzo e scarto di oggetti, si trasforma in attività tese principalmente al guadagno economico che rimuovono sistematicamente ogni limite fisico e umano all'aumento del consumo e quindi della produzione.

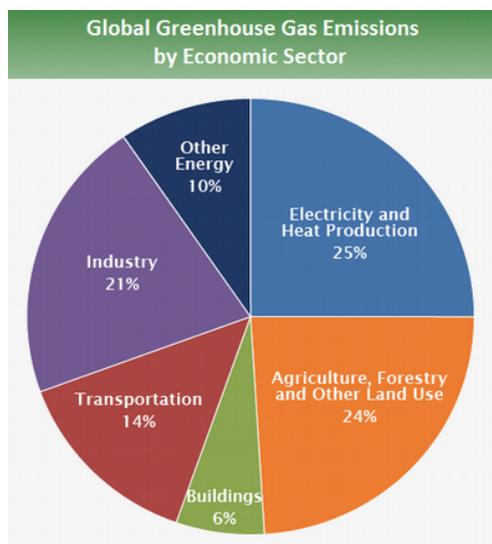
Quando il processo di riproduzione bio-sociale non riconosce più limiti sociali e naturali al suo divenire, quando la materialità delle nostre vite dipende da quanti beni abbiamo a disposizione, quando si pensa che la prosperità economica e il benessere

re sociale aumentino con l'aumentare del consumo, abbiamo già definito l'insieme di cause alla base del cambiamento climatico. Il consumo che contribuisce al riscaldamento globale è quello richiesto dai processi di estrazione di materie prime e altra energia, che viene poi spesa nei processi allargati di produzione, circolazione e consumo di beni finali.

In questa interdipendenza di produzione e consumo sta probabilmente la principale moderna spiegazione del cambiamento climatico: senza consumo non vi è produzione, senza consumo, esaurimento, distruzione di materia, energia e beni finali non vi sono opportunità per la produzione (crescente) di merci. Consumo e produzione non vanno dunque trattati come mondi separati, inconciliabili, addirittura antagonisti, ma come due insiemi di processi e di attività che sono strettamente interdipendenti, e spesso, come nel caso del "consumo di natura", indistinguibili. Ovviamente il consumo finale di molti beni da parte dei consumatori non genera direttamente **gas serra**. Piuttosto è il consumo di energia fossile nel processo di produzione, o l'allevamento dei bovini – e non il consumo di una bistecca – che genera gas serra. Purtroppo, il **driver** della produzione di beni è il consumo di questi beni, e quanto più si consumano e più rapidamente, tanto più occorre produrne. D'altra parte, il consumo, proprio perché organizzato collettivamente e gestito da

grandi organizzazioni, è una causa delle emissioni di gas serra. Il trasporto, la circolazione, la distribuzione e la vendita al dettaglio delle merci implica un costante e crescente consumo di energia e di suolo, e perciò di emissioni.

Pertanto, la separazione di produzione e consumo pone il problema della valutazione dell'impatto delle varie attività sulle emissioni di gas serra e quindi sul cambiamento climatico. Normalmente i settori di consumo presi in considerazione per valutare i loro impatti sulle emissioni globali sono quelli riportati nel grafico seguente.



Emissioni globali di gas serra per comparto economico (grafico basato sulle emissioni globali calcolate dal 2010 al 2014).

Fonte: IPCC (2014). Dettagli su 'Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'.

/Conference of Parties (COP)/

Vedi **Protocollo di Kyoto**.

/Copertura nevosa ed equivalente in acqua del manto nevoso/ Snow Cover Area (SCA) and Snow Water Equivalent (SWE)

ambito disciplinare
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Michele Freppaz

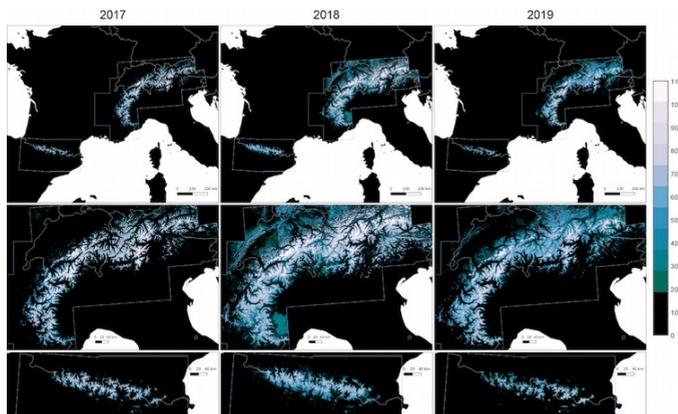
La **criosfera** ha un ruolo fondamentale nella regolazione del **clima** e del **bilancio idrologico** di una larga porzione del nostro Pianeta. La neve in particolare, in relazione alla sua elevata **albedo** (~90%), è in grado di riflettere la maggior parte della radiazione solare incidente, contribuendo in questo modo alla riduzione del riscaldamento della superficie terrestre. Per un confronto, basti pensare che da un bosco di conifere viene riflesso il 15-20%, mentre da uno specchio d'acqua calma appena il 5-10%. Ciò significa che, rispetto ad altre superfici, la neve assorbe solo una frazione minima dell'energia solare che arriva sul nostro Pianeta. La neve poi immagazzina un'enorme quantità d'acqua che viene resa disponibile nel corso del disgelo, quando è massima la richiesta d'acqua necessaria, ad esempio per la ripresa vegetativa. È quindi fondamentale conoscere l'estensione della **copertura nevosa**, così come la sua durata ed il quantitativo d'acqua che immagazzina.

La nivologia è la disciplina scientifica che studia le proprietà fisiche e chimiche del manto nevoso, con un occhio di riguardo ai fattori che ne possono determinare l'instabilità e quindi la predisposizione alla formazione delle valanghe. L'analisi periodica del manto nevoso permette di valutarne prima di tutto lo spessore, unitamente ad altre caratteristiche fisiche quali ad esempio la densità, variabile tra i 70 kg/m³ per la neve fresca e i 400-500 kg/m³ nel caso di una neve "vecchia", che ha avuto modo di assestarsi. Densità e altezza del manto nevoso sono variabili fondamentali per il calcolo dell'equivalente del manto nevoso (**Snow Water Equivalent - SWE**): a parità di spessore, maggiore è la densità della neve, maggiore è il suo contenuto idrico.

L'**equivalente in acqua** del manto nevoso viene tipicamente espresso in millimetri d'acqua, unità di misura da cui si deriva facilmente il volume di acqua per unità di superficie, dal momento che una lama d'acqua dello spessore di 1 mm corrisponde ad un 1 l/m². Conoscendo l'estensione della superficie coperta dal manto nevoso (**Snow Covered Area - SCA**) si può quindi calcolare il volume complessivo di acqua immagazzinata in un determinato territorio: in una regione montana come la Valle d'Aosta il totale può superare i 1000 milioni di m³, con un massimo generalmente nel mese di Febbraio. La SCA viene calcolata attraverso dati telerilevati, generalmente provenienti da piattaforme satellitari (**Earth Observation - EO**

Data). Sulla base di immagini multispettrali o interferometria radar è possibile, a partire da **indici spettrali** opportunamente calcolati (come ad esempio NDSI: *Normalized Difference Snow Index*), discriminare e valutare l'estensione delle superfici innevate da quelle prive di copertura nevosa (si veda la figura).

Il manto nevoso, quindi, accumula acqua nei periodi più freddi che viene poi resa disponibile nei periodi più caldi. Il disgelo primaverile è un periodo cruciale per il funzionamento degli ecosistemi nelle aree stagionalmente coperte dal manto nevoso in quanto per un fenomeno conosciuto come *ionic pulse*, l'80% delle specie chimiche contenute nel manto nevoso viene rilasciato nel primo 20% dell'acqua di fusione. I **cambiamenti climatici** stanno alterando questi delicati equilibri, anticipando la fusione primaverile del manto nevoso e aumentando, almeno alle basse e medie quote, il rapporto fra precipitazioni liquide e solide, con importanti effetti sulla produzione agricola nelle regioni che dipendono per l'irrigazione dall'acqua immagazzinata sotto forma di neve nel corso dell'inverno.



Le tre serie di immagini (in colonna) indicano la persistenza al suolo espressa come durata del manto nevoso per le tre stagioni nevose (2017, 2018 e 2019) espresse in DOY (Day-Of-Year – Giorno dell'Anno) dal 01 gennaio al 15 aprile nelle Alpi e nei Pirenei. La legenda di destra esprime con differenti colori la persistenza della neve al suolo (in numero di giorni), cioè per quanto tempo è rimasto innevato.

Fonte: processamento per esercitazione tecnica su GEE a partire da dati Landsat 8 OLI e Sentinel 2a - Tommaso Orusa.

Bibliografia

- Bocchiola, D., & Rosso, R. (2007). "The distribution of daily snow water equivalent in the central Italian Alps". *Advances in water resources*, 30(1), 135-147
- Hall, D. K., Riggs, G. A., & Salomonson, V. V. (1995). "Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data". *Remote sensing of Environment*, 54(2), 127-140.
- Mote, P. W. (2003). Trends in snow water equivalent in the Pacific Northwest and their climatic causes. *Geophysical Research Letters*, 30(12).
- Filippa G., Freppaz M., Williams M.W., Zanini E. (2010) "Major element chemistry in inner alpine snowpacks (Aosta valley Region, NW Italy)". *Cold Regions Science and Technology* 64, vol.2: 158-166.
- Filippa G., Maggioni M., Zanini E., Freppaz M. (2014) "Analysis of continuous snow temperature profiles from automatic weather stations in Aosta Valley (NW Italy): uncertainties and applications". *Cold Regions Science and Technology* 104-105: 54-62.
- Freppaz M., Pintaldi E., Magnani A., Viglietti D., Williams MW (2018) "Topsoil and snow: a continuum system". *Applied Soil Ecology* 123: 435-440.

/Correnti oceaniche/ Ocean Currents

ambito disciplinare
fisico

autori
Tommaso Orusa
Marco Bagliani

In oceanografia la **corrente oceanica** (o corrente marina) è una massa di acqua marina in movimento rispetto all'acqua che la circonda e dalla quale si può differenziare per densità, salinità, temperatura o colore.

Vi sono vari tipi di correnti marine, classificate in base a diversi aspetti:

- processo formativo (correnti di gradiente, correnti di deriva);
- distanza dal fondale (correnti di superficie, di profondità media e profondità abissali);
- temperatura media interna:
 - calde: correnti superficiali che vanno dall'equatore ai poli;
 - fredde: correnti superficiali che vanno dai poli all'equatore;
- tipo di flusso:
 - orizzontali: correnti che si spostano parallelamente alla superficie
 - verticali: correnti che si spostano perpendicolarmente alla superficie (in particolare vi sono correnti che dalla superficie affondano verso il fondale marino definite *downwelling* e correnti che dal fondale risalgono verso la superficie del mare definite *upwelling*).

Le correnti "oceaniche superficiali", che caratterizzano i primi 100-200 m dell'estensione marina, sono mosse dalla forza del vento, mentre le "correnti profonde", sono generate dalla differenza di densità delle diverse masse d'acqua. A differenza dell'atmosfera, la densità dell'acqua marina dipende non solo dalla temperatura, ma anche da un altro fattore: la "salinità". È bene infatti ricordare che l'acqua marina ha una salinità media di 35 parti per mille, corrispondente a 35 grammi di sali in soluzione per ogni litro. Tale valore varia in funzione della latitudine e della profondità.

In generale, a parità di altri fattori, la densità dell'acqua marina:

- aumenta quando viene raffreddata e diminuisce se riscaldata;
- aumenta quando la concentrazione di sale diventa maggiore e diminuisce se tale concentrazione diventa minore.

Le correnti profonde sono quindi mosse dalla combinazione dei gradienti termici e salini. L'insieme di tali correnti forma, con le correnti verticali e quelle superficiali un complesso intreccio di flussi tra loro interrelati noti come "circolazione termoalina" (dal greco *thermos* che

vuol dire caldo e *als* che vuol dire sale), che ha l'effetto globale di trasportare calore dalle zone equatoriali e tropicali verso i poli.

Le correnti marine hanno una notevole importanza per il loro condizionamento del **clima**. Tra i casi più noti si ricorda quello della Corrente del Golfo che rende mite il clima dell'Europa nord-occidentale.

Bibliografia

- Goldstein, R. M., H. A. Zebker, and T. P. Barnett. "Remote sensing of ocean currents." *Science* 246.4935 (1989): 1282-1285.
- Hoegh-Guldberg, Ove, and John F. Bruno. "The impact of climate change on the world's marine ecosystems." *Science* 328.5985 (2010): 1523-1528.
- Rahmstorf, Stefan. "Thermohaline circulation: The current climate." *Nature* 421.6924 (2003): 699.
- Toggweiler, J. R., and Joellen Russell. "Ocean circulation in a warming climate." *Nature* 451.7176 (2008): 286.

/Coscienza ambientale e cambiamenti climatici/ Environmental Consciousness

ambito disciplinare
psicologico

autore
Mauro Sarrica

Nell'ambito del ricco dibattito sulla natura della mente, quello della coscienza è stato definito "il problema difficile" con cui le diverse opzioni sulle modalità di funzionamento dei processi psichici devono confrontarsi (Chalmers 1996). Potremmo dire che la coscienza è un processo cognitivo che crea rappresentazioni simboliche di quel che percepiamo, dei nostri pensieri, di noi stessi e di come ci comportiamo. Anche se ci sembra uno stato unitario (io sono), è meglio intendere la coscienza come un processo multicomponentiale, un flusso in divenire che integra consapevolezze parziali.

Ad esempio, voi percepite l'ambiente in cui siete immersi (la sedia, il tavolo, la luce), sapete che state leggendo e ragionando su quel che leggete e, magari, vi state domandando "cosa c'entra tutto questo con i **cambiamenti climatici**"? Il concetto di coscienza aiuta a discernere l'impatto dei comportamenti dal loro intento, gli effetti che abbiamo o vorremmo avere sull'ambiente. Ad esempio, potrei cambiare la caldaia per approfittare degli incentivi economici: questo ha un impatto sull'ambiente, ma è un comportamento ecologico? Potrei invece cambiare la caldaia anche spendendo di più, perché sono coscientemente intenzionato ad aver un pur minimo effetto sui cambiamenti climatici. Quest'ultimo è un "comportamento significativo" (Stern, 1992), ovvero un "comportamento che scientemente cerca di minimizzare l'impatto negativo che le azioni individuali hanno sul mondo naturale e costruito" (Kollmuss e Agyeman, 2002, p. 240).

Anche la **coscienza ambientale** può essere vista come una funzione multi-dimensionale che include conoscenze, esperienze, consapevolezza, preoccupazioni e valori, in una visio-

ne integrata che deve molto alla prospettiva fenomenologica (Cataldi, Hamrick 2007).

Le componenti cognitive includono le conoscenze dichiarative (quello che so) e procedurali (cosa so fare), così come le esperienze dirette e vicarie. Purtroppo, una maggior conoscenza non determina direttamente un incremento nei **comportamenti pro-ambientali**, tuttavia è fondamentale per sostenerli nel tempo. Infatti, in base a quel che conosciamo avremo un'idea diversa di ciò che è giusto in ambito ambientale, valuteremo diversamente i **rischi** e il rapporto costi/benefici, e saremo in grado di acquisire nuove norme sociali (descrittive e prescrittive).

Gli aspetti affettivi e valutativi della coscienza sono colti dai concetti *awareness & concern* (consapevolezza e preoccupazione). La consapevolezza è come un primo stadio di allerta, necessario per attivare risposte psicologiche e comportamentali. È un processo che combina cognizioni e valutazioni, non si limita a enumerare i fatti ma li valuta e li riconosce come problemi ambientali. Le preoccupazioni ambientali, invece, identificano più propriamente le dimensioni affettive negative, che possono riferirsi sia ad aspetti specifici (sono preoccupato dell'erosione della mia spiaggia preferita) che a orientamenti generali (sono preoccupato per l'innalzamento dei mari).

Infine, nella coscienza possiamo far rientrare i valori ambientali, i principi guida fondamentali che forniscono le basi per valutazioni, preoccupazioni e comportamenti e che "si riferiscono alle credenze individuali e condivise della comunità o della società sul significato, l'importanza e il benessere dell'ambiente naturale

e su come il mondo naturale dovrebbe essere visto e trattato dall'uomo" (Reser e Bentrupperbäumer 2005, 191; Stern e Dietz 1994; Poortinga et al. 2004). Tutti questi fattori, in particolare valori, preoccupazioni, emozioni e controllo percepito, devono essere considerati congiuntamente per comprendere non solo i comportamenti individuali ma anche quelli pubblici, dal firmare petizioni a partecipare a movimenti collettivi (Takala 1991; Frans son e Garling 1999; Stern 2000; Kurz 2002).

Dobbiamo in questo senso riconoscere alla coscienza una dimensione collettiva oltre che individuale affinché questa si tramuti in azione e cambiamento. Da un lato, ad esempio, vuol dire fornire informazioni e dati sui cambiamenti climatici ancorandoli non solo al piano cognitivo e all'esperienza individuale, ma anche a norme, valori e rappresentazioni sociali. Dall'altro, vuol dire riconoscere i processi di **negazione**, difese e strategie in parte coscienti e in parte no, forse funzionali sul piano individuale, sicuramente utili nella gestione immediata, ma in ultima analisi non adattive e dannose per la comunità umana e per l'ambiente.

Bibliografia

- Cataldi S.L., Hamrick W.S. (2007)(Eds). "Merleau-Ponty and Environmental Philosophy. Dwelling on the Landscapes of Thought". New York: State University of New York Press.
- Jiménez Sánchez, M., & Lafuente, R. (2010). "Defining and measuring environmental consciousness". *Revista Internacional de Sociología*, 68(3), 731-755.
- Sarrica, M., Brondi, S., Piccolo, C., & Mazzara, B. M. (2016). "Environmental Consciousness and Sustainable Energy Policies: Italian Parliamentary Debates in the Years 2009-2012". *Society & Natural Resources*, 29(8), 932-947.

/Costante solare/ Solar Constant

ambito disciplinare
fisico

autrice
Silvia Ferrarese

Bibliografia

- Kopp, G., and J.L. Lean. "A new, lower value of total solar irradiance: evidence and climate significance". *Geophys. Res. Lett.*, 38, L01706, 2011.

La costante solare è la misura dell'intensità della radiazione solare incidente sulla Terra. È definita come il flusso di radiazione solare incidente su una superficie perpendicolare ai raggi solari e posta all'esterno dell'**atmosfera** alla distanza media dal Sole (1.50×10^8 km). Il suo valore è stato misurato sperimentalmente per mezzo di misure satellitari ed è stato stimato pari a $1360.8 \pm 0.5 \text{ Wm}^{-2}$ da Kopp e Lean (2011).

Il termine "costante solare" può trarre in errore, perchè il suo valore non è costante, ma varia leggermente a causa della variazione dell'attività solare, per cui è preferibile parlare di Irradianza Totale Solare (TSI). Le misure sperimentali evidenziano infatti una variabilità di 1.6 Wm^{-2} con ciclicità di 11 anni legata ai cicli di attività solare. È un termine fondamentale in tutti i bilanci energetici del **sistema climatico**.

/Crescitismo/ Growthism

ambito disciplinare
linguistico

autrice
Maria Cristina Caimotto

Il concetto di "**crescitismo**" ("**growthism**" in inglese) è stato introdotto nel dibattito dell'**ecolinguistica** da M.A.K. Halliday durante un convegno dell'AILA a Thessaloniki nel 1990.

Halliday (1992, 84-87) spiega che le ideologie del crescitismo, sessismo e classismo sono parte della grammatica delle lingue che parliamo, così come l'idea che le risorse siano infinite e che gli esseri umani occupino una posizione speciale all'interno degli ecosistemi. In particolare fa notare alcune caratteristiche riscontrabili nelle lingue SAE (*Standard Average European*, le lingue letterarie dell'Europa accomunate dall'influenza culturale del latino nel periodo medievale) che rendono difficile trasmettere alcuni concetti fondamentali per coltivare una maggiore sensibilità ambientale.

- Nelle lingue SAE le risorse sono rappresentate come prive di limiti: "acqua", "**energia**", "petrolio", "aria" sono nomi di massa non numerabili. Possiamo usare partitivi ("dell'acqua") ma non possiamo usare i numerali ("un petrolio"). Sappiamo che si tratta di risorse finite, ma la lingua le rappresenta come se l'unica fonte di restrizione fosse il nostro modo di quantificarle ("un barile", "un serbatoio") e questo porta a percepirle come inesauribili.

- Nelle coppie di contrasti come “grande” e “piccolo” la parola legata alla crescita è usata come neutra. Quindi chiediamo “a quale velocità viaggia l’auto” (non a quale lentezza), “quanto è alto l’edificio” (non quanto è basso). Quando ci sono proprietà che si esprimono in gradi, qualità e quantità sono abbinate, la grandezza è associata alla positività e ciò che è piccolo è negativo. Halliday aggiunge che l’uso dei diminutivi come vezzeggiativi appare in contrasto con questa osservazione, ma viene neutralizzato dalla natura patriarcale della società.

- Le nostre lingue tendono a non ammettere agenti non umani, per esempio “cosa sta facendo la foresta?” è tendenzialmente considerata dai parlanti un’espressione non accettabile. Se osserviamo la transitività dei verbi abbiamo gli esseri umani all’estremo più attivo e gli oggetti inanimati all’altro estremo. Se parliamo di eventi in qualche misura distruttivi, allora soggetti normalmente inanimati diventano agenti “il terremoto ha distrutto la città”, “un ramo è caduto sull’automobile”. Ma difficilmente diremo che “la foresta sta accogliendo forme di vita, si sta occupando di ripulire l’**atmosfera**, sta prevenendo le alluvioni”.

- La posizione speciale degli umani è espressa attraverso i pronomi riferiti alle persone: “egli” “ella” si riferiscono agli umani, e per gli esseri non umani si usa “esso” “essa”. Questa separazione netta, sottolinea Halliday, non è tanto legata alla dicotomia umano/non-umano, quanto a una dicotomia cosciente/privo di coscienza: solo gli esseri coscienti capiscono, hanno opinioni e preferenze. Eccezionalmente accogliamo all’interno di questa categoria alcuni animali addomesticati, ma faticiamo a concepire il Pianeta come un’entità vivente. Di nuovo, in caso di azioni distruttive, tendiamo ad at-

tribuire agentività, magari attraverso forme metaforiche per esempio rappresentando un virus come un nemico che vuole distruggerci.

In conclusione, Halliday riprende il collegamento al sessismo nel linguaggio e fa notare come da un lato l’esistenza di scelte linguistiche sessiste – così come razziste – sia riconosciuto nella società e combattuto attraverso istituzioni e linee guida. Dall’altro lato, invece, il classismo non è altrettanto riconosciuto, né esistono tentativi di arginarlo. Il motivo, spiega, è che la rimozione dei pregiudizi sessisti o razzisti non minaccerebbero l’ordine sociale esistente, la società capitalista potrebbe esistere senza discriminazioni sessiste o razziste. Invece, un’oggettiva analisi linguistica volta a rivelare il classismo implicito tende a essere osteggiata poiché la società capitalista non può esistere senza discriminazione di classe.

E l’egemonia che la specie umana si è arrogata nei confronti delle altre, conclude Halliday, è inseparabile dall’egemonia usurpata da un gruppo di umani verso gli altri e non è possibile eliminare soltanto una delle due, fin quando esisterà l’una esisterà l’altra.

Bibliografia

- Halliday, M. A. K. (2001). “New Ways of Meaning: The Challenge to Applied Linguistics”. In A. Fill & P. Mühlhäusler (Eds.), “The Ecological Reader: Language, Ecology and Environment” (pp. 175-202). London and New York: Continuum.

ambito disciplinare

fisico
ambientale

autori

Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini

La **criosfera** è la porzione della superficie terrestre coperta da acqua allo stato solido. Essa comprende le coperture di neve, il ghiaccio presente su mari (definito ghiaccio marino), laghi e fiumi, i ghiacciai terrestri, le calotte polari (come Groenlandia e Antartide) e suoli gelati (**permafrost**).

La criosfera è una delle **componenti del sistema climatico** più interessate dai **cambiamenti climatici**: l'innalzamento delle temperature medie annuali dovute al **riscaldamento globale** non è equamente distribuito sul Pianeta nelle diverse aree e nei diversi ecosistemi e, in particolare, tale innalzamento è funzione della latitudine e della quota. Infatti, le regioni più interessate dall'innalzamento delle temperature sono quelle polari e quelle montane, in particolare quelle ricoperte da ghiacciai. L'impatto dei cambiamenti climatici sulla quantità di acqua presente allo stato solido sulla Terra è importante, in quanto incide sul rapporto di volume tra acqua e ghiaccio (con l'effetto dell'innalzamento del livello del mare) e la densità e la salinità delle acque oceaniche. Queste ultime sono variabili determinanti nella regolazione delle **correnti oceaniche**, che hanno un ruolo fondamentale sul **clima globale** e le sue variazioni.

Per approfondire i temi legati alla criosfera, vedi anche le voci "**Albedo**", "**Bilancio di massa dei ghiacciai**", "**Copertura nevosa ed equivalente in acqua del manto nevoso**", "**Carotaggio**", "**Ghiacciazioni ed ere glaciali**".

Bibliografia

- Ananicheva, M., et al. "Snow, water, ice and permafrost in the Arctic (SWIPA): climate change and the cryosphere". Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2011.
- Bishop, Michael P., et al. "Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS): remote sensing and GIS investigations of the Earth's cryosphere". Geocarto International 19.2 (2004): 57-84.
- Huggel, Christian, et al. "Loss and Damage in the mountain cryosphere". Regional Environmental Change 19.5 (2019): 1387-1399.
- Yumashev, Dmitry, et al. "Climate policy implications of nonlinear decline of Arctic land permafrost and other cryosphere elements". Nature communications 10.1 (2019): 1-11.
- Knight, Peter G., ed. "Glacier science and environmental change". John Wiley & Sons, 2008.
- Marshall, Shawn J. "The cryosphere". Vol. 2. Princeton University Press, 2011.
- Shepherd, Andrew, Helen Amanda Fricker, and Sinead Louise Farrell. "Trends and connections across the Antarctic cryosphere". Nature 558.7709 (2018): 223-232.
- Tang, Qihong, Xuejun Zhang, and Jennifer A. Francis. "Extreme summer weather in northern mid-latitudes linked to a vanishing cryosphere". Nature Climate Change 4.1 (2014): 45-50.
- Tedesco, Marco, "Remote sensing of the cryosphere". John Wiley & Sons, 2014.

/Crisi climatica/ Climate Crisis

ambito disciplinare
linguistico
giornalístico

autrice
Giulia Alice Fornaro

Nel maggio 2019 il quotidiano inglese *The Guardian*, nell'ambito di una serie di azioni concrete per contribuire alla lotta al **riscaldamento globale**, come ridurre le proprie emissioni e non accettare pubblicità da aziende altamente impattanti sul piano ambientale, aggiorna le sue linee guida anche in fatto di terminologia. Rigore scientifico e incisività sono infatti gli obiettivi da raggiungere per trasmettere l'urgenza di agire. In primo piano vi è il suggerimento di sostituire l'espressione *climate change* (**cambiamento climatico**), dove è possibile, e quindi nella maggior parte dei casi, con *climate emergency*, *c. crisis* o *c. breakdown*, rispettivamente "**emergenza climatica**", "**crisi c.**" o "collasso c.". A detta della direttrice Katharine Viner «*climate change* suona piuttosto passiva e gentile, mentre gli scienziati ci parlano di un fenomeno che rappresenta una catastrofe per l'umanità».

In effetti, "cambiamento" è un termine neutro: si può cambiare in peggio ma anche in meglio. Oltretutto si può affermare, a ragione, che sulla Terra il **clima** è sempre cambiato, portando la riflessione verso pericolose derive scettiche se non **negazioniste**. Se infatti è vero che ci sono stati periodi nella storia della Terra in cui le concentrazioni di **gas serra** raggiungevano valori più alti di quelli attuali, si trattava di un pianeta ancora privo di vita. Inoltre il cambiamento non è mai stato così rapido e globale, diminuendo drasticamente le possibilità di adattamento evolutivo delle forme di vita presenti, inclusa la nostra.

Tuttavia occorre tener presente, come fa notare il giornalista scientifico Pietro Greco su rivistamicron.it, che i termini "crisi" o "emergenza" hanno una connotazione antropocentrica, perché non riguardano il clima in sé, bensì gli effetti sull'umanità che il cambiamento comporta. Per cui «dovremmo parlare, a rigore, di effetti sulla società umana indotti dai cambiamenti anomali del clima. Ma ecco che, per essere troppo rigorosi, perderemmo in comunicabilità», chiosa Greco, perché rivolgersi al grande pubblico in modo efficace vuol dire cercare sempre un compromesso tra questi due aspetti.

Che queste espressioni siano incisive sul piano della nostra percezione, lo dimostra per esempio uno studio riportato, tra gli altri, anche da *CBS News* e *Il Sole24Ore* e condotto da Spark Neuro, una società di consulenza pubblicitaria che si basa su ricerche neuroscientifiche. Monitorati sulla base dell'attività cerebrale, delle espressioni facciali e della sudorazione, 120 volontari hanno restituito una risposta emotiva del 60% più marcata ascoltando

la registrazione audio di “crisi climatica” rispetto a “cambiamento climatico” o “riscaldamento globale”, che li lasciava invece pressoché indifferenti. Ovviamente puntare sullo sconcerto e sulla paura rischia alla lunga di sortire effetti opposti: i sentimenti di indifferenza (per “assuefazione”), apatia, senso di impotenza o di panico, che ne possono derivare, producono, di fatto, immobilismo (al riguardo, si vedano anche i lemmi “**Distanza psicologica e cambiamenti climatici**” ed “**Emozioni e cambiamenti climatici**” - N.d.C.). Occorre allora associare a questa narrazione (vedi il lemma “**Framing ambientali**”), quella dei casi virtuosi, per esempio relativi a ecosistemi che si riprendono grazie alla proattività umana. Una narrazione che può e deve essere sostenuta da una scelta adeguata delle immagini che accompagnano i servizi giornalistici: non più orsi polari sofferenti e iceberg che fondono, ma persone reali e paesaggi familiari in difficoltà a causa della crisi climatica - ancor meglio se dei nostri paesi più ricchi - e altre che documentino storie virtuose di lotta e **resilienza**. Per questo *The Guardian* si appoggia alla piattaforma *ClimateVisual.org* che raccoglie molte foto di questo tipo indicando anche delle linee guida su come usarle. Allo stesso modo i media italiani, quando si parla di

crisi climatica, che sia un incontro tra capi di stato o l’ennesimo allarme lanciato dagli scienziati, possono mostrare luoghi in Italia devastati dagli **impatti** di questa crisi, a sottolineare, toccando corde anche emotive, come questo ci riguardi da vicino.

In ultimo una considerazione sul termine “crisi”. In alcuni discorsi motivazionali si sente dire che i caratteri che formano il cinese *wēijī* (crisi) starebbero per “pericolo” (*wēi*) e “opportunità” (*jī*). Non è vero. Almeno non completamente: Victor H. Mair, sinologo dell’Università della Pennsylvania suggerisce che *jī*, corrisponde a “macchina” o “perno”, avvicinandosi quindi all’area semantica di “punto cruciale” più che di “opportunità”, e non è chiaro - aggiunge Stefania Stafutti dell’Università di Torino - come questa sillaba sia entrata a far parte della parola che sta per “crisi”. È invece certo che il termine italiano, trova le sue origini nel greco *κρίσις*, che sta per «scelta, decisione», a sua volta derivante da *κρίνω* «distinguere, giudicare». “Decidere” allora è il concetto chiave che deve stare alla base di una seria volontà di cambiamento. A partire dall’uso di un linguaggio consapevole.



Alle espressioni più appropriate per riferirsi agli impatti della crisi climatica come qualcosa che riguarda da vicino i destinatari dei servizi giornalistici, vanno associate immagini che sostengano questa narrazione.

Nella foto: il cimitero di Garessio devastato dall’alluvione dell’ottobre 2020 con oltre 200 salme disperse. Fonte: La Stampa.it

Bibliografia

- Beradelli J., “Does the term “climate change” need a makeover? Some think so - here’s why”, CBS NEWS, 16 maggio 2019.
- Greco P., “Le parole giuste per comunicare il clima”, Micron, 9 luglio 2019.
- Lakoff, G. (2010), “Why It Matters How We Frame the Environment”. *Environmental Communication*, 4(1), 70-81.
- Mair V. H., “How a misunderstanding about Chinese characters has led many astray”, Pinyin.info, Settembre 2019.
- Meadows, D. (2019), “Pensare per sistemi. Interpretare il presente orientare il futuro verso uno sviluppo sostenibile”. Milano: Guerini Next.
- Sturloni G., “La comunicazione del rischio per la salute e l’ambiente”. Mondadori, Milano 2018.

/Curva di Keeling/ Keeling Curve

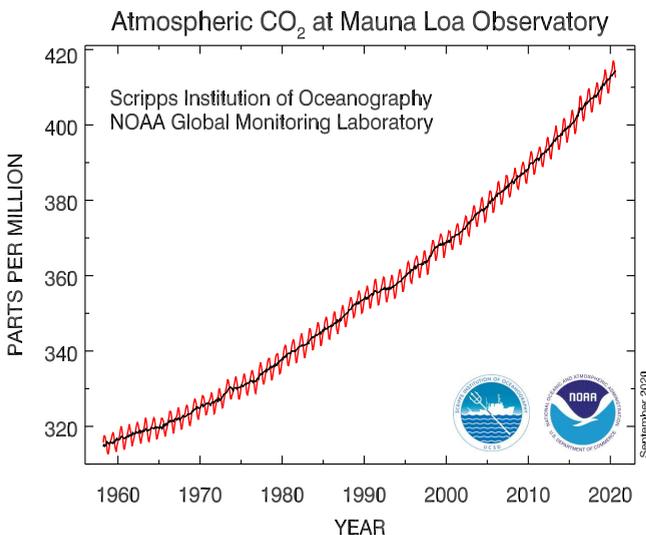
ambito disciplinare
fisico
autrice
Silvia Ferrarese

Nel 1958 presso l'osservatorio di Mauna Loa (latitudine: 19.5362°N, longitudine: 155.5763°W, quota: 3397m s.l.m.), nelle isole Hawaii, Charles David Keeling iniziò la misurazione in continuo della CO₂ atmosferica (**anidride carbonica** atmosferica), misurazione che curò per tutta la sua vita e che viene oggi proseguita dal figlio Ralph Keeling e dai ricercatori dello *Scripps Institution of Oceanography e della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. La posizione geografica del sito e la sua quota sul livello del mare ne fanno un luogo idoneo alla misura del fondo atmosferico di CO₂, in quanto non disturbato da fenomeni di inquinamento locale o dalla vegetazione. La serie storica della CO₂ atmosferica misurata a Mauna Loa è la più lunga al mondo e il grafico dei valori medi mensili è detta curva di Keeling.

Queste misure sono fondamentali perchè sono le uniche misure dirette della concentrazione di CO₂ atmosferica. Su questo argomento si veda anche la voce "**Tasso di crescita del CO₂**".

Curva di Keeling. L'unità di misura della concentrazione (asse delle ordinate) è in parti per milione (ppm).
Fonte: Global Monitoring Laboratory (GML) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>

Nella figura seguente, è rappresentata la curva di Keeling dal 1958 ad oggi. La curva (linea rossa) mostra due segnali sovrapposti: il trend interannuale crescente (linea nera) di origine antropogenica e l'oscillazione stagionale dovuta alla respirazione della vegetazione (su questa "respirazione terrestre" si veda anche la voce "**Ciclo del carbonio**" - N.d.C.).



Bibliografia

- Keeling, R.F., 2008. "Recording Earth's vital signs". *Science* 319, pp. 1771-1772.
- Keeling, C.D., Bacastow, R.B., Bainbridge, A.E., Ekdahl, C.A., Guenther, P.R., Waterman, L.S., Chin, J.F.S., 1976. "Atmospheric carbon dioxide variations at Mauna Loa Observatory", Hawaii. *Tellus* 28, pp. 538-551.
- Thoning, K., Tans, P., Komhyr, W., 1989, "Atmospheric Carbon Dioxide at Mauna Loa Observatory. 2. Analysis of the NOAA GMCC Data, 1974-1985", *J. Geophys. Res.*, 94, pp. 8549-8565.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Potrei sopravvivere alla scomparsa di tutte le cattedrali del mondo, non potrei mai sopravvivere alla scomparsa del bosco che vedo ogni mattina dalla mia finestra.



Ermanno Olmi

Regista, sceneggiatore e scrittore.
Tutti i santi giorni di Michele Serra

/Dati satellitari/ Earth Observation Data - EO Data

ambito disciplinare
ambientale
geomatico

autori
Enrico Borgagnò
Mondino
Tommaso Orusa

I **dati satellitari** (o **telerilevati**) per lo studio della superficie terrestre rappresentano l'ossatura del Telerilevamento satellitare (TR) e vanno sotto il nome di **EO (Earth Observation) Data**. Il Telerilevamento afferisce al più ampio ambito della Geomatica, rivisitazione moderna, tecnologica e informatizzata, delle più tradizionali discipline della Topografia (rilievo) e della Cartografia (rappresentazione).

Il TR è una tecnica conoscitiva per l'ottenimento di informazioni (qualitative e quantitative) relative a oggetti (superfici) posti a distanza rispetto allo strumento rilevatore (il sensore), che normalmente registra segnali complessi di tipo elettromagnetico rappresentandoli sotto forma di immagine digitale.

I dati EO possono venire da sistemi "attivi" dove la sorgente del segnale elettromagnetico registrato è parte integrante dello strumento rilevatore (per esempio RADAR - *Radio Detection and Ranging* e LiDAR - *Light Detection and Ranging*); oppure da sistemi "passivi", dove la sorgente del segnale è esterna al sistema rilevatore (telerilevamento ottico e termografia).

Se la sorgente è il Sole si parla di telerilevamento "ottico"; se è una superficie terrestre di "termografia".

Il telerilevamento ottico passivo, in particolare, costituisce una estensione della fotografia che sostituisce al concetto di "colore" quello di "firma spettrale". Questa definisce il comportamento riflettivo delle superfici nei confronti della radiazione elettromagnetica incidente. Sulla base della loro natura chimico-fisica, i corpi riflettono differenzialmente le diverse lunghezze d'onda del segnale proveniente dalla sorgente esterna. I sensori scompongono il segnale complesso in bande (tipicamente nella regione delle lunghezze d'onda dai 400 ai 2500 nm) che codificano separatamente sotto forma di immagini digitali. L'interpretazione della firma spettrale di ciascun pixel dell'immagine consente di derivarne informazioni utili alla sua caratterizzazione, cioè del corrispettivo territoriale che il pixel rappresenta.

Le caratteristiche tecniche di una immagine multispettrale sono:

- la *risoluzione geometrica* che definisce l'ingombro a terra del pixel e si misura in metri;
- la *risoluzione radiometrica*, che definisce il numero di bit allocati per rappresentare il quantitativo energetico registrato dal sensore sul singolo pixel (detto radianza). Essa definisce anche il livello di sensibilità della misura, cioè il quantitativo minimo energetico registrabile;

- la *risoluzione spettrale*, che definisce il numero di intervalli spettrali (bande) che il sensore è in grado di acquisire. All'informazione relativa al numero di bande è associato quello di valore e ampiezza di banda;
- la *risoluzione temporale*, che definisce il numero di giorni tra due acquisizioni successive della stessa area.

Esiste oggi grande disponibilità di archivi di *EO data* gratuiti e pronti all'uso rilasciati sotto forma di immagini calibrate e georiferite e di prodotti semilavorati immediatamente fruibili. Nella maggioranza dei casi gli archivi fanno riferimento a missioni a carattere scientifico per le quali è prevista una regolarità di acquisizione che consente di disporre di immagini relative alla stessa area con cadenza temporale che va da sovra-giornaliera (dati a bassa risoluzione geometrica) fino a quindicinale. Tale insperata disponibilità di dati consente oggi il monitoraggio di numerosi parametri "vitali del Pianeta". Nei primi anni settanta (1972), il programma statunitense *Landsat* (NASA e USGS) inaugurò l'epoca degli *EO data* a cui ne seguirono molte altre. Dopo una prolungata politica di distribuzione dei dati basata su dinamiche commerciali, a partire dagli anni '10 del 2000 le principali missioni satellitari a carattere scientifico hanno iniziato a rendere disponibili

gratuitamente i loro archivi. Oggi disponiamo di quasi 50 anni di immagini multispettrali a copertura globale.

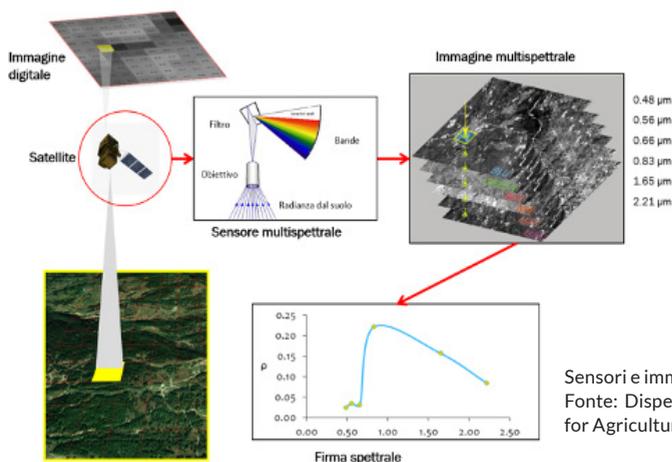
La disponibilità di dati aggiornati, continuativi e ripetuti garantita dalle missioni esistenti, consente di affrontare con successo sia applicazioni di monitoraggio che di analisi storica basata sull'utilizzo di serie multitemporali estese, che assicurano coerenza spettrale e geometrica grazie alle consolidate catene di pre-processamento.

Le informazioni spettrali consentono di inseguire le dinamiche temporali e la distribuzione spaziale delle caratteristiche chimico-fisiche espresse da diversi sistemi, tra cui i principali sono:

- i *sistemi vegetati agricoli*: produzioni, tipologia, fabbisogni idrici, fitopatie, controlli PAC (Politica Agricola Comunitaria), assicurazioni, ecc.;
- i *sistemi forestali*: biomassa, monitoraggio dei tagli forestali, inventari forestali, deforestazione, *carbon sink* ("pozzi di assorbimento del carbonio" atmosferico), ecc.;
- i *sistemi nivologici e glaciali*: coperture, arretramenti, composizione, ecc.;
- i *sistemi antropici urbani*: consumo di suolo, **atmosfera**, regimi termici delle superfici, ecc.

Inoltre costituiscono un irrinunciabile strumento per la mappatura dei danni da eventi calamitosi e per la gestione delle emergenze (per esempio con il *Rapid Mapping*).

A fronte di tale potenziale informativo, resta tuttavia ancora fondamentale il ruolo dei dati di



Sensori e immagini multispettrali.

Fonte: Dispense del Corso di Basics of Remote Sensing for Agriculture di Borgogno Mondino, 2020.

campo senza i quali le deduzioni remote risulterebbero meramente indiziarie (non conclusive). I dati di campo devono pertanto confluire costantemente all'interno della catena conoscitiva per garantire calibrazione specifica (nel tempo e nello spazio) dei modelli deduttivi oltre che la loro validazione.

Bibliografia

- Mather, Paul M., and Magaly Koch. "Computer processing of remotely-sensed images: an introduction". John Wiley & Sons, 2011.
- Gomasca, M. A. (2009). "Basics of geomatics". Springer Science & Business Media.
- Lewis, A., Lymburner, L., Purss, M. B., Brooke, B., Evans, B., Ip, A., ... & Oliver, S. (2016). "Rapid, high-resolution detection of environmental change over continental scales from satellite data—the Earth Observation Data Cube". *International Journal of Digital Earth*, 9(1), 106-111.
- De Petris, S., Boccoardo, P., & Borgogno-Mondino, E. (2019). "Detection and characterization of oil palm plantations through MODIS EVI time series". *International Journal of Remote Sensing*, 40(19), 7297-7311.
- Orusa, T., & Mondino, E. B. (2019, October). Landsat 8 thermal data to support urban management and planning in the climate change era: a case study in Torino area, NW Italy. In *Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments IV* (Vol. 11157, p. 1115700). International Society for Optics and Photonics.

/Decarbonizzazione/ Decarbonization

Vedi **Transizione energetica**.

/Deforestazione e cambiamenti climatici/ Deforestation and Climate Change

ambito disciplinare
ambientale

autori
Enrico Borgogno
Mondino
Tommaso Orusa

La **deforestazione** (o disboscamento) è la riduzione delle aree forestali della Terra in gran parte imputabile al cambio d'**uso del suolo** e alla pressione antropica sulle risorse naturali che hanno innescato l'**Antropocene**.

I principali fenomeni che possono determinare nel tempo processi di deforestazione sono:

- i cambi d'uso del suolo con il passaggio da aree boschive a superfici per l'attività agricolo-zootecnica o a cave per l'estrazione mineraria o per l'espansione di insediamenti umani;
- la "selvicoltura di rapina" (pratica che mira a massimizzare il prelievo delle specie migliori destabilizzando la dinamica evolutiva del popolamento forestale);
- i tagli nei confronti di specie legnose rare che provocano degrado (*forest degradation*);

- i prelievi della risorsa legnosa superiori alle capacità di incremento medio su una data superficie (che non tengono conto della capacità di rinnovazione della specie e delle caratteristiche stagionali ed ecologiche su cui l'area forestale insiste).

La deforestazione è spesso associata a una gestione a taglio raso volta alla conversione di vaste superfici da bosco ad altre destinazioni d'uso del suolo: ne è un esempio la pratica agricola dello "slash and burn" - taglia e brucia - per ottenere una temporanea fertilizzazione delle neo-superfici agricole e pascolive così ottenute. Un esempio tipico di tale pratica avviene in Amazzonia e in Africa, in particolare in Congo (principalmente per il prelievo massiccio di legna da ardere come combustibile e a fenomeni di agricoltura di sussistenza).

Le ragioni della deforestazione sono numerose, spesso articolate e in alcuni casi non riconducibili alla filiera del legno. Fra le cause principali del disboscamento (termine che indica la perdita di superficie forestale senza adottare una gestione selvicolturale sostenibile basata su principi scientifici dell'ecologia forestale, dell'assetamento e della dendrometria) vi sono, come detto in precedenza, l'attività agricola-zootecnica, l'attività estrattiva, l'espansione delle aree urbane e industriali (anche in Europa e Nord America, es. nelle pianure attraverso il consumo di suolo), l'incremento demografico, la produzione di carta e più in generale la pressione dell'essere umano sulle risorse naturali e sugli ambienti naturaliformi.

Le aree maggiormente interessate da questo fenomeno sono le foreste primarie pluviali del Sud America, Asia e Africa. In particolare gli *hotspot* si localizzano in Amazzonia, Indonesia, Malesia, Congo e Centro Africa.

A livello globale le foreste occupano poco più del 30% delle terre emerse e svolgono una funzione fondamentale nella regolazione degli

ecosistemi e più in generale come **driver** nel **sistema climatico** e per il microclima. Assieme alla **biodiversità**, di cui gli alberi fanno parte, sono ottimi bioindicatori e sono un elemento imprescindibile per la vita sulla Terra. Grazie all'attività fotosintetica svolta da tutti i vegetali e dal fitoplancton negli oceani (**idrosfera**) permettono di sottrarre, immagazzinare e stoccare l'**anidride carbonica** dall'**atmosfera** alla **pedosfera** svolgendo un ruolo chiave non solo nel **ciclo del carbonio** e in alcuni **cicli biogeochimici** ma anche nella **mitigazione** e **adattamento** ai cambiamenti climatici. Le foreste inoltre assolvono a molti **servizi ecosistemici**, sono riserve di biodiversità e fonte di sussistenza primaria per buona parte della popolazione mondiale.

Occorre inoltre non dimenticare che politiche e fenomeni di deforestazione hanno impatti socio-ambientali notevoli. Tra le conseguenze prodotte dalla deforestazione si annoverano: le emissioni di gas a **effetto serra**, l'erosione di biodiversità, le minacce alle culture indigene, le alterazioni del ciclo dell'acqua anche a grande distanza (**bilancio idrologico**), alla diminuzione dei servizi ecosistemici, ovvero minore protezione nei confronti di fenomeni di dissesto idrogeologico ed erosione del suolo, minore contributo alla purificazione dell'acqua e dell'aria, alla produzione di ossigeno, alla fornitura ad esempio di piante medicinali (come quelle di nuova scoperta botanica) sempre più necessarie per sintetizzare farmaci utili, in un momento storico in cui lo sfrenato consumismo e uso indiscriminato di antibiotici, particolarmente evidenti nelle produzioni animali, ha determinato fenomeni di antibiotico resistenza.

Nella maggior parte dei casi i servizi delle foreste e dei boschi non vengono considerati nel sistema economico, eppure se quantificati e stimati hanno valori economici e incidenze enormi.

Ogni anno la FAO (Organizzazione Mondiale



Immagine multispettrale RGB di uno dei tanti incendi adottati come tecnica agricola per disboscare e cambiare la destinazione d'uso del suolo.

Credit: Planet Team (2017). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA.

<https://api.planet.com>.

sul Cibo e l'Agricoltura) redige il report sullo stato delle foreste mondiali. Il tema centrale dell'edizione dell'ultimo report è il legame esistente tra gestione forestale sostenibile e raggiungimento dei *Sustainable Development Goals* (SDGs), individuati nell'ambito della definizione dell'**Agenda 2030** per lo sviluppo sostenibile. Nel rapporto vengono riportati numeri e fatti che testimoniano come le foreste siano in grado di contribuire al raggiungimento degli SDGs relativi a: mezzi di sussistenza e **sicurezza alimentare**; accesso a **energia** a prezzi accessibili; **consumo** e **produzione** sostenibili; **mitigazione** dei **cambiamenti climatici**; gestione forestale sostenibile ecc.

Tra i principali dati che emergono, si evidenzia il fatto che le foreste da sole siano in grado di garantire circa il 20% dei redditi alle famiglie che abitano nelle zone rurali dei paesi in via di sviluppo. Un altro punto chiave evidenziato nel rapporto è che dagli alberi arriva il 40% dell'**energia da fonte rinnovabile** del mondo intero: un valore pari a quelli di solare, eolico e idroelettrico sommati tra loro che sono la chiave della **transizione energetica**. Nel rapporto si parla, oltre agli aspetti legati all'Obiettivo 15 ("Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre") anche di produzione di legno e certificazione

forestale, individuata come strumento in grado di rispondere specificatamente all'Obiettivo 12 ("consumo e produzione sostenibile"). Infatti, dal report si evince che il settore della lavorazione del legno ha compiuto importanti progressi nell'aumentare l'efficienza di utilizzo del legno. Sebbene la produzione di pannelli di legno e segatura sia cresciuta dell'8,2% ogni anno tra il 2000 e il 2015, ciò ha richiesto solo una crescita dell'1,9% in termini di input da tonnage industriale. Nel frattempo, il consumo pro capite di pannelli è cresciuto dell'80%, mentre il consumo di segatura è rimasto statico. Sono stati inoltre ridotti i rifiuti nel settore cartario (uno dei più impattanti a livello sia ambientale sia di gestione sostenibile delle risorse forestali), con un raddoppio del tasso di recupero della carta dal 24,6% nel 1970 al 56,1% nel 2015. Ultimo (ma non ultimo in termini di importanza) il dato sulla quota di prodotti in legno certificati PEFC e FSC che è arrivata a rappresentare circa il 38% della produzione mondiale di tonnage industriale nel 2016.

Ogni anno in Amazzonia, che ha una superficie comparabile all'Unione Europea, si registrano migliaia di fuochi. Ogni anno tra luglio e ottobre i satelliti rileva-

no molti incendi nel bacino amazzonico. Il 99% di questi incendi ha origine antropica. Le immagini satellitari multispettrali, *Earth Observation Data* (vedi "**Dati satellitari**") mostrano che a bruciare sono le zone di margine della foresta, al confine con i campi coltivati e i pascoli o le aree comunque utilizzate dalle comunità umane (e spesso deforestate in tempi recenti). Tramite l'evaporazione dagli alberi, la foresta amazzonica regola in modo significativo la **meteorologia** sulla sua area, in particolare la formazione di nubi e precipitazioni. Se incendi e deforestazione arriveranno a riguardare il 25%-40% di questo sistema forestale (al momento intorno al 15%), l'ecosistema non sarà più in grado di regolare il proprio **clima** e potrebbe in tempi brevi trasformarsi in una savana (come era già 55 milioni di anni fa), rilasciando enormi quantità di **anidride carbonica** nell'atmosfera con effetti notevoli sulla **biodiversità** e il genere umano.

La carne è uno dei principali prodotti di esportazione dal Brasile, e l'Italia è uno dei principali importatori (30.000 tonnellate/anno - soprattutto per carni lavorate di bassa qualità). Un accordo commerciale UE-Mercosur firmato nel 2019 facilita l'importazione di altre 100.000 t di carne bovina all'anno dal sudamerica all'Europa ed è oggetto di una interrogazione al Parlamento Europeo di Coldiretti, che teme la concorrenza sleale nei confronti delle carni italiane. Gli animali in Italia non sono allevati su terreni sottratti alle foreste primarie, tuttavia spesso sono alimentati con la soia proveniente dal sudamerica, responsabile di deforestazione (soprattutto per quanto riguarda pollo, maiale e carni trasformate). Studi dimostrano come l'UE (in cui molti paesi, Italia inclusa, per altro caratterizzati da un aumento della superficie forestale, con boschi

non gestiti per mancanza di convenienza economica e scarsità di investimenti nel settore) è stata indirettamente responsabile di 9 milioni di ettari di deforestazione nel mondo nel periodo 1990-2008 mediante il consumo di prodotti ottenuti grazie a disboscamento (soia, carne, olio di palma). In merito a quale condotta adottare per tentare di risolvere il problema, le azioni più efficaci sono quelle collettive e politiche. Occorre affidarsi a scienziati forestali e fare pressione per modificare le abitudini alimentari, i meccanismi di importazione, e allineare la spesa pubblica al reale valore delle cose: quanto viene destinato alla cooperazione ambientale? Quanto invece a sostenere i consumi domestici di prodotti responsabili di deforestazione? Il primo passo (necessario non sufficiente) può certamente essere a livello personale - accettare la sfida della complessità e cercare di capire da dove proviene e che conseguenze ha ciò che consumiamo.

Bibliografia

- Bonan, G. B., "Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests." *science* 320.5882 (2008): 1444-1449.
- Grassi, G., "La deforestazione nascosta dell'Amazzonia." *Forest@Journal of Silviculture and Forest Ecology* 2.4 (2005): 319.
- Hansen, Matthew C., et al. "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change." *Science* 342.6160 (2013): 850-853.
- Kulakowski, D., Vacchiano G., et al. "A walk on the wild side: disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems." *Forest ecology and management* 388 (2017): 120-131.
- Song, Xiao-Peng, et al. "Global land change from 1982 to 2016." *Nature* 560.7720 (2018): 639.
- *The State of the World's Forests 2018*, FAO

/Deperimento foresta pluviale amazzonica/ Amazon Rainforest Dieback

ambito disciplinare
ambientale
forestale

autore
Tommaso Orusa

La foresta pluviale amazzonica è la più grande foresta pluviale del mondo. Comprende nove paesi del Sud America ed è uno dei principali *hot-spot* di **biodiversità** a livello di ecosistema terrestre. La foresta pluviale è sostenuta da condizioni di umidità tali per cui essa stessa gioca un ruolo fondamentale nella regolazione del suo **clima** e del ciclo idrologico. In tale bioma la foresta si è insediata talora su suoli molto antichi, spesso privi di elementi essenziali alla vita delle piante; pertanto la sostanza organica e la rapida mineralizzazione in tale ambiente rivestono un ruolo fondamentale per il mantenimento di tale ecosistema e del suo stato stazionario. Si tratta a tutti gli effetti di una foresta che si "autoalimenta" e in cui l'evapotraspirazione riveste un ruolo centrale nel mantenimento di questo delicato e complesso ecosistema forestale. Questi processi mantengono l'atmosfera umida, ma aiutano anche a guidare la convezione (forte movimento verso l'alto dell'aria) che, alla fine, crea nuvole e precipitazioni.

Negli anni Settanta del secolo scorso diversi studi hanno mostrato che l'Amazzonia genera circa la metà delle proprie precipitazioni. Il risultato è che la riduzione della quantità di pioggia o un cambiamento d'**uso del suolo** - accompagnato dalla **deforestazione** in assenza di una **gestione forestale sostenibile** - può significativamente alterare il clima di questo luogo, spostandolo in uno stato più secco che non è più in grado di sostenere una foresta pluviale, ma piuttosto una savana. Per tale ragione - e a seguito del ruolo che più in generale le foreste hanno nella regolazione del clima come componenti del sistema climatico - le alterazioni di superficie e/o le risposte ai **cambiamenti climatici** rendono questo particolare bioma un **tipping point**, oggetto di monitoraggio al pari di altri ecosistemi forestali. Va considerato anche il fatto che le foreste, oltre all'azione di **mitigazione** dei cambiamenti climatici offerta, sono un'importante riserva di carbonio.

Sono individuabili tre cause di spostamento oltre il "punto critico" (cioè il passaggio da una zona sicura a una a rischio nel comportamento del sistema; si veda il lemma **Punti critici**, N.d.C.). La prima è un calo delle precipitazioni in risposta al riscaldamento del clima. Le proiezioni suggeriscono che questo sarebbe il risultato di variazioni della temperatura della superficie del mare nell'Atlantico tropicale e nel Pacifico, anche se sono grandi le incertezze tra i vari modelli riguardo all'intensità dell'impatto sull'Amazzonia. La seconda è una ridotta evapotraspirazione in risposta a una maggiore concentrazione di **diossido di carbonio** (CO₂). Infine, la terza causa sarebbe l'impatto diretto della deforestazione e

cambio d'uso del suolo: meno alberi significano meno evapotraspirazione e meno umidità che entra nell'**atmosfera**.

Una variazione del clima locale spingerebbe la foresta pluviale a non essere più in grado di autosostenersi. Oltre questo punto, la foresta andrebbe verso un diffuso **deperimento** e transizione alla savana: un ecosistema più secco dominato da praterie aperte con pochi alberi.

Ad oggi la deforestazione e gli incendi contribuiscono a raggiungere il punto critico e l'ipotesi è suffragata da simulazioni di vari modelli climatici e forestali. Una foresta frammentata è più sensibile alla riduzione delle precipitazioni causata dal riscaldamento globale. Studi di lungo termine sul microclima post-deforestazione su vaste aree soggette a taglio raso, sembrano suggerire come da un micro-clima molto umido si passi rapidamente a uno più secco, con una stagione secca molto più lunga. Secondo una ricerca pubblicata sulla rivista *Science* da Nobre et al. nel 1990, e senza considerare l'effetto del riscaldamento globale, un punto critico per il deperimento della foresta pluviale Amazzonica potrebbe essere raggiunto se si superasse il 40% dell'area totale deforestata.

In questo scenario, circa il 60-70% della foresta amazzonica si trasformerebbe in una savana secca, soprattutto nell'Amazzonia meridionale e settentrionale, aree che a oggi confinano con le savane. Solo l'Amazzonia occidentale, vicino alle Ande, sarebbe risparmiata in quanto molto piovosa e per questioni di vicinanza orografica.

Nel 2019 Nobre et al. e altre ricerche stimano che finora circa il 17% della foresta pluviale amazzonica sia stata soggetta a cambio di destinazione d'uso del suolo, principalmente per l'allevamento di bestiame e le piantagioni di soia. Sebbene i tassi di deforestazione siano rallentati all'inizio del XXI secolo, di recente sono aumentati.

Nell'Amazzonia brasiliana, ad esempio, la rimozione degli alberi è diminuita di due terzi tra il 2005 e il 2011, ma il 2018 ha visto i tassi annuali salire ai livelli più alti in un decennio. Nel 2019, la deforestazione è nuovamente aumentata, con tassi superiori dell'85% rispetto al 2018.

I Rapporti Annuali sullo Stato delle Foreste globali della FAO suggeriscono che un cambiamento nella politica sotto il presidente brasiliano Bolsonaro sta incoraggiando lo sviluppo, a scapito della foresta pluviale e delle risorse idriche future (**servizio ecosistemico** fornito dalla foresta pluviale), a fronte di una maggiore richiesta per l'incremento demografico. Il cambiamento climatico unitamente al cambio d'uso del suolo con l'uso diffuso del fuoco per la pratica agricola sembrano avvicinare il punto critico. Appare necessario, piuttosto, ricostruire un margine di sicurezza riducendo l'area deforestata a meno del 20%.

Una nuova ricerca pubblicata su *Nature Communications* da Cooper et al. 2020 suggerisce che, una volta superato il punto critico, la foresta pluviale amazzonica potrebbe diventare una savana entro circa 50 anni. Questo risultato, che si basa su un modello empirico come suggerito dagli stessi autori, è ampiamente in linea con le proiezioni di molti modelli forestali e a scala climatica locale.

L'impatto della perdita della foresta pluviale amazzonica si farebbe sentire a livello locale e globale. Oltre ad essere una catastrofe ecologica per la flora e fauna selvatica, il danno socio-economico alla regione potrebbe ammontare tra gli 0,9 e i 3,6 trilioni di dollari in un periodo di 30 anni, secondo una stima prudenziale presentata accanto alla ricerca.

L'evapotraspirazione ridotta e la convezione ridotta altererebbero la circolazione atmosferica in tutto il mondo. Il deperimento della foresta amazzonica renderebbe anche più difficile affrontare il cambiamento climatico attraverso azioni di mitigazione ed **adattamento**, infatti, l'aumento del rilascio di CO₂

durante gli incendi boschivi seguito dalla moria degli alberi accelererebbe l'aumento di CO₂, e con la scomparsa della foresta avremmo anche perso un importante serbatoio di carbonio, il che significherebbe la necessità di tagli sempre più profondi delle emissioni per fermare l'aumento del CO₂ atmosferico.

Vi sono già profondi cambiamenti in Amazzonia, affermano Lovejoy e Nobre in un contributo di *Science Advances* pubblicato a dicembre 2019: «le stagioni secche nelle regioni amazzoniche sono già più calde e più lunghe e frequenti. I tassi di mortalità delle specie a clima umido sono aumentati, mentre le specie a clima secco mostrano **resilienza**. La crescente frequenza di **siccità** senza precedenti nel 2005, 2010 e 2015/16 sta segnalando che il punto critico appare tristemente vicino». Il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC ("AR5") descrive il deperimento delle foreste tropicali e pluviali come "potenzialmente improvviso" ma "reversibile entro secoli". Mentre in un recente articolo sulla "visione del mondo" di *Nature*, Nobre scrive che un recupero da un punto critico dell'Amazzonia sarebbe "probabilmente impossibile" e, semmai fosse, realizzabile, sarebbe comunque troppo lenta, senza aggiungere l'erosione senza precedenti della biodiversità.

Bibliografia

- Cabral, Ana IR, et al. "Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data." *Applied Geography* 100 (2018): 101-115.
- Cooper, Gregory S., Simon Willcock, and John A. Dearing. "Regime shifts occur disproportionately faster in larger ecosystems." *Nature communications* 11.1 (2020): 1-10.
- Lovejoy, Thomas E., and Carlos Nobre. "Amazon tipping point: Last chance for action." (2019): eaba2949.
- Martins, Vitor S., et al. "Seasonal and inter-annual assessment of cloud cover and atmospheric constituents across the Amazon (2000–2015): Insights for remote sensing and climate analysis." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 145 (2018): 309-327.
- Parente, Leandro, et al. "Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing." *Remote Sensing of Environment* 232 (2019): 111301.
- Salati, Eneas, et al. "Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study." *Water resources research* 15.5 (1979): 1250-1258
- Shukla, Jagadish, Carlos Nobre, and Piers Sellers. "Amazon deforestation and climate change." *Science* 247.4948 (1990): 1322-1325.
- Souza Jr, Carlos M., et al. "Ten-year Landsat classification of deforestation and forest degradation in the Brazilian Amazon." *Remote Sensing* 5.11 (2013): 5493-5513.

/Desalinizzazione (o Dissalazione)/ Desalination

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

Il 71% della superficie terrestre è ricoperto da acqua, ma solo una frazione molto piccola di questa è direttamente utilizzabile per l'alimentazione umana.

Il 95,5% dell'acqua sulla Terra è infatti acqua salata presente in mari e oceani, l'1,74% è acqua delle calotte polari (acqua dolce ma difficilmente sfruttabile), lo 0,76% è acqua dolce sotterranea e meno dello 0,01% è acqua dolce presente in laghi e fiumi. Solo le ultime due fonti possono fornire acqua con un contenuto salino tale da essere adatta all'alimentazione umana, non per niente il Vecchio Marinaio

della ballata *The Rime of the Ancient Mariner* di Samuel Taylor Coleridge diceva "Water, water everywhere, / Nor any drop to drink!" ("Acqua, acqua ovunque, / e neanche una goccia da bere!").

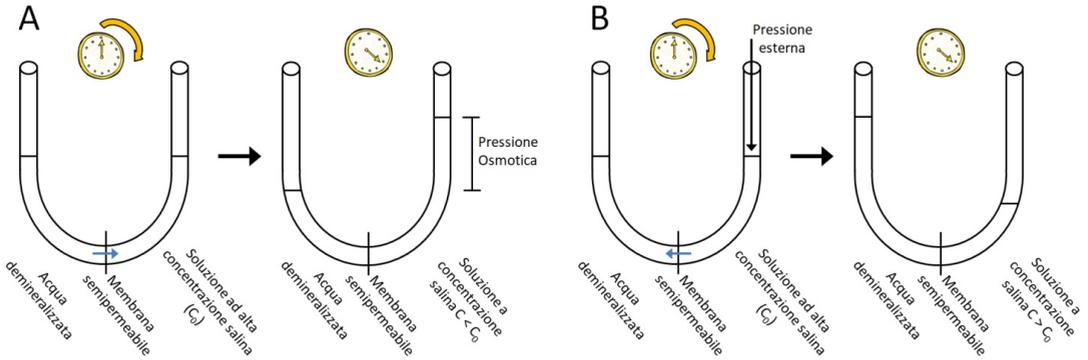
È evidente da una parte la necessità di preservare le risorse di acqua dolce, dall'altra la necessità di sviluppare tecnologie per l'ottenimento di acqua potabile da acque ad alto contenuto salino specialmente in zone ove le risorse di acqua dolce sono scarse o in via di esaurimento, anche a causa degli **impatti dei cambiamenti climatici**. Le tecnologie per la produzione di acque adatte all'alimentazione umana a partire da acque ricche in sali sono note come processi di **desalinizzazione** o **dissalazione**.

Il processo di desalinizzazione è, dal punto di vista termodinamico, non spontaneo; per ciò, qualunque sia la tecnologia adottata questa richiede un input energetico. L'ottenimento di acqua potabile da acque salmastre è caratterizzato quindi da un'**impronta ecologica** potenzialmente non trascurabile. I processi tecnologicamente disponibili per la desalinizzazione sono di tre tipologie.

- *Dissalatori evaporativi*. Si basano sull'evaporazione e successiva condensazione del solvente in sistemi a più stadi. Tra le tecnologie maggiormente sviluppate vi sono i dissalatori a multiplo effetto (in cui un fluido caldo, tipicamente vapore acqueo, permette l'evaporazione del solvente i cui vapori vengono fatti condensare e il calore latente di condensazione utilizzato per l'evaporazione di ulteriore acqua nello stadio successivo) oppure dissalatori *multiflash* (MSF) dove l'evaporazione dell'acqua salata avviene in evaporatori successivi a pressioni via via decrescenti
- *Dissalatori per scambio ionico*. Si basano

sull'utilizzo di resine capaci di rimuovere gli ioni Na^+ e Cl^- con ioni H^+ e OH^- e quindi portare a una netta diminuzione della concentrazione salina dell'acqua. Questi sistemi risultano inadatti a trattare grandi volumi o flussi di acque eccessivamente ricche di sali.

- *Dissalatori a membrana e in particolare tecnologie a osmosi inversa (OI)*. Per comprendere questo processo si pensi a un tubo a U aventi due bracci comunicanti separati da una membrana semipermeabile (permeabile cioè al solvente, l'acqua, e non ai soluti, ad esempio il cloruro di sodio dell'acqua di mare). Mettendo in uno dei due bracci acqua demineralizzata e nell'altro acqua salmastra, si verifica un netto flusso di acqua (flusso osmotico) verso la soluzione salina che vedrà diminuire la sua concentrazione in NaCl . Il processo in questione è esattamente l'opposto di quanto voluto in un desalinizzatore. Al fine di osservare un flusso di acqua priva di sali dalla soluzione concentrata a quella diluita è necessario imporre una pressione al di sopra della prima, al fine di invertire la direzione del flusso osmotico. Al termine del processo la soluzione salina si sarà ulteriormente concentrata e si sarà ottenuto dell'acqua demineralizzata. Gli impianti industriali, chiaramente con soluzioni tecnologicamente diverse e membrane dalla corretta porosità (inferiore a 1 nm), sfruttano questo principio. È chiaro che, affinché un processo di OI possa avvenire, è necessario fornire **energia** al sistema (sottoforma di pressione in testa alla soluzione più concentrata, fino a 100 bar in impianti industriali) per cui, a seconda della fonte energetica utilizzata (fonti fossili o **fonti rinnovabili**), l'impatto ambientale dell'intero processo può essere più o meno marcato.



Schema di funzionamento di un processo osmotico spontaneo (A) e di un processo di osmosi inversa attivato dall'imposizione di una pressione esterna (N).

Attualmente le tecnologie a OI e quelle MSF sono quelle maggiormente diffuse. La scelta della tecnologia da applicare è funzione non solo delle proprietà dell'acqua da trattare, ma anche di aspetti quali il costo del lavoro, l'area disponibile per l'impianto, il costo e la richiesta locale di energia. Circa il 50% degli impianti di dissalazione sono presenti nell'area mediorientale (per lo più MSF). Attualmente la tecnologia di dissalazione maggiormente installata, specialmente in Europa ove rappresenta sostanzialmente l'attuale unica scelta impiantistica, è quella a osmosi inversa.

Bibliografia

- Abdullah Alkhudhiri, Naif Darwish, Nidal Hilal, "Membrane distillation: A comprehensive review", *Desalination* 287 (2012) 2-18.
- Tzahi Y. Cath, Amy E. Childress, Menachem Elimelech, "Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments", *Journal of Membrane Science* 281 (2006) 70-87.
- Menachem Elimelech and William A. Phillip, "The Future of Seawater Desalination: Energy, Technology, and the Environment", *Science* 333 (6043), 712-717.
- Lauren F. Greenlee, Desmond F. Lawler, Benny D. Freeman, Benoit Marrot, Philippe Moulin, "Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges", *Water Research* 43 (2009) 2317-2348.
- Mark A. Shannon, Paul W. Bohn, Menachem Elimelech, John G. Georgiadis, Benito J. Mariñas, Anne M. Mayes, "Science and technology for water purification in the coming decades", *Nature*, 452, 2008, 301-310.

/Desertificazione/ Desertification

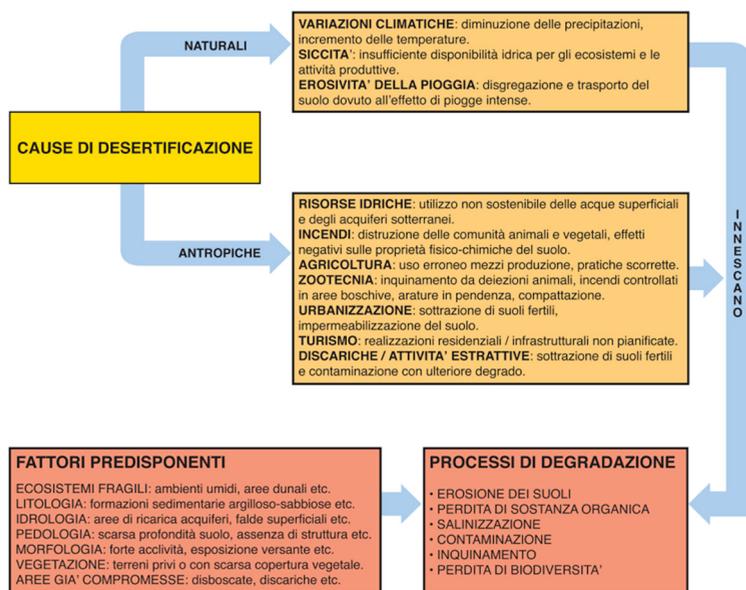
ambito disciplinare
ambientale

autrici
Simona Fratianni
Alice Baronetti

La **desertificazione** è il degrado del territorio nelle zone aride, semi-aride e sub-umide secche attribuibile a caratteristiche ambientali e fenomeni naturali, ma anche allo sfruttamento e alla gestione non sostenibile delle risorse naturali.

La desertificazione è una delle maggiori sfide attuali, infatti il degrado del suolo (di solito irreversibile) e la perdita delle sue capacità produttive sono fenomeni presenti in tutti i continenti, con aspetti e cause differenti.

La desertificazione minaccia la sopravvivenza di milioni di persone,



Cause di desertificazione e fattori predisponenti.
 Fonte: Enne, G., & Luise, A. (2006) – vedasi bibliografia.

in particolare quella delle popolazioni più povere dei paesi in via di sviluppo, laddove essa è direttamente collegata all'utilizzo di risorse naturali locali per la produzione di cibo ed **energia**. In paesi sviluppati, come l'Italia, la combinazione di desertificazione, **cambiamenti climatici** e sfruttamento intensivo del suolo provocano dei processi di perdita della produttività biologica ed economica del territorio.

La desertificazione può essere prevenuta o mitigata da strategie politiche volte a ridurre la **vulnerabilità** del territorio, a realizzare interventi che incidono su cause ed effetti del fenomeno e ad adattarsi ad esso.

Bibliografia

- P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, Eds., "IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems" (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019).
- Enne, G., & Luise, A. (2006). "La lotta alla desertificazione in Italia: stato dell'arte e linee guida per la redazione di proposte progettuali di azioni locali". Manuali e linee guida Apat, 41, 2006.

/Diossido di carbonio/ Carbon Dioxide

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

Il **diossido di carbonio** (o **anidride carbonica**) è un composto chimico formato da un atomo di carbonio e due atomi di ossigeno avente formula bruta CO_2 . L'espressione "diossido di carbonio" è l'attuale e più corretto nome, previsto dalla IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), per tale composto che, nella nomenclatura chimica tradizionale era indicato come "anidride carbonica". A volte

è anche utilizzata l'espressione "**biossido di carbonio**". Nella letteratura scientifica ormai è invalso l'uso moderno "diossido di carbonio".

I due atomi di ossigeno sono covalentemente legati all'atomo di carbonio centrale attraverso un doppio legame. La sua molecola presenta una geometria lineare e la distanza tra l'atomo di carbonio centrale e i due atomi di ossigeno è mediamente di 116,3 pm ($116,3 \times 10^{-12}$ m). Il diossido di carbonio è un componente in tracce dell'**atmosfera** terrestre essendo presente nella fascia troposferica a una concentrazione media attuale di circa 410 ppmv (parti per milione; ovvero lo 0,04% in volume).

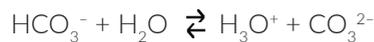
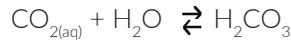
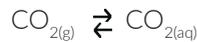
In epoca preindustriale la sua concentrazione si attestava intorno a 260 ppmv; i forti rilasci di CO_2 in atmosfera legati all'utilizzo di **combustibili fossili** per fini energetici hanno portato a un progressivo innalzamento della concentrazione di questo gas, come ben documentato dai monitoraggi continui del suo contenuto in atmosfera.

Il diossido di carbonio atmosferico è la principale sorgente di carbonio per gli organismi terrestri. Piante, alghe e cianobatteri sono in grado di promuovere reazioni fotosintetiche nelle quali CO_2 e acqua reagiscono grazie all'assorbimento di **energia** luminosa per dare carboidrati e ossigeno come sottoprodotto.

I processi massivi di **deforestazione**, diminuendo la superficie ricoperta da foreste e quindi la capacità della **biosfera** di bloccare il CO_2 atmosferico, contribuiscono a una minore capacità del sistema Terra di compensare i rilasci antropogenici massicci di CO_2 .

Il diossido di carbonio è un gas solubile in acqua, in fase acquosa è in grado di reagire con l'acqua stessa per generare acido carbonico (H_2CO_3) il quale può dissociare generando le sue forme deprotonate (idrogeno carbonato, HCO_3^- e carbonato, CO_3^{2-}) portando a un netto incremento dell'acidità dell'acqua (aumento della concentrazione di ioni H_3O^+ , con conseguente decremento del pH; vedi anche "**Acidificazione degli oceani**").

Il rapporto relativo in acqua delle diverse specie è regolato dal pH della soluzione e dalla concentrazione in atmosfera del gas.



Come conseguenza della sua struttura molecolare, il diossido di carbonio è in grado di assorbire radiazione nella regione dell'infrarosso (IR) contribuendo in modo effettivo all'**effetto serra**. Per convenzione è attribuito al diossido di carbonio un *Global Warming Potential* unitario.

Sulle misurazioni della concentrazione del CO_2 atmosferica e del relativo tasso di crescita vedi anche le voci **Curva di Keeling** e **Tasso di crescita del CO_2** .

Bibliografia

- Ken Caldeira, Michael E. Wickett, "Anthropogenic carbon and ocean pH", *Nature*, 425, 2003, 365
- Doney, S.C. et al., "Ocean acidification: The other CO_2 problem", *Annual Review of Marine Science*, 1, 2009, 169-192.
- Feely, R.A. et al., "Impact of anthropogenic CO_2 on the CaCO_3 system in the oceans", *Science* 305, 5682, 2004, 362-366

/Diritto alla sicurezza climatica/

ambito disciplinare
giuridico

autore
Roberto Louvin

Il tema del **diritto a un “clima sicuro”** si è imposto all’attenzione dell’opinione pubblica negli ultimi tre decenni, con caratteri propri che lo distinguono, per complessità, dalla concezione classica di “diritto”. La pretesa del singolo o della collettività a un clima particolare può apparire a tutta prima utopica e velleitaria e il campo d’intervento si limita perciò, ragionevolmente, alla regolazione dei fattori di interferenza umana rispetto al clima e ai connessi doveri di solidarietà a fronte degli effetti prodotti dall’alterazione climatica. Entro questo limite, si possono individuare da un lato obiettivi di rivendicazione sociale e politica in ordine alle mutazioni climatiche indotte e dall’altro una gamma articolata di tutele che l’ordinamento appresta per garantire condizioni collettive di salubrità e vivibilità.

Il **diritto alla sicurezza climatica** precisa i propri connotati come diritto a una “stabilità climatica” che protegga tutte le forme di vita sociale, culturale ed economica che si sono storicamente sviluppate nei diversi luoghi in cui la specie umana si è insediata. Questa rivendicazione implica anche la tutela della **biodiversità**, sia per le comunità umane che per il mondo vegetale e animale considerati anche nelle loro relazioni sistemiche. La protezione di questo complesso patrimonio è declinata in maniera differenziata a seconda delle diverse cosmovisioni del rapporto esseri umani-natura: alcune di esse, personificando i diritti della natura, travalicano i confini di un diritto esclusivamente umano, ma la stessa visione antropocentrica più familiare al pensiero occidentale si sta già essa stessa allargando verso una lettura più ampia, ecocentrica, che estende in vario modo la titolarità della pretesa climatica a tutti gli esseri viventi. Nella prospettiva ristretta del diritto al clima come diritto fondamentale dell’umanità, si rileva ancora la prevalenza nel diritto internazionale di richiami non direttamente precettivi, fondati - come nell’**Accordo di Parigi** del 2015 - più sulla constatazione di esigenze specifiche e situazioni particolari che sul riconoscimento esplicito di diritti.

Il tratto saliente del diritto alla stabilità e alla sicurezza climatica risiede nella sua natura eminentemente intergenerazionale: una equa regolazione delle attività umane tiene necessariamente conto degli impatti sulle condizioni di vita delle generazioni future, tutelandone le aspettative. Dal punto di vista del contenuto, la pretesa a un clima stabile e salubre ha un carattere trasversale e trova fondamento nel diritto alla vita, all’integrità della persona e alla salute. Essa investe però anche di riflesso - come emerge dal contenzioso in corso di fronte alla Corte di Giustizia dell’Unione

europea, Causa Carvalho e altri contro Parlamento europeo e Consiglio dell'Unione europea, T-330/18 - una serie di altri diritti che vanno tutti ugualmente tutelati: diritto al lavoro, libertà di impresa, diritto di proprietà, diritti di non discriminazione e diritti delle categorie (come donne e minori) maggiormente esposte al pregiudizio climatico. Il diritto alla sicurezza climatica implica, dal punto di vista strumentale, modalità ben strutturate di accesso all'informazione e di partecipazione ai processi decisionali che si ricollegano agli impatti climatici (Convenzione di Aarhus).

Il versante solidaristico del diritto a un clima sicuro comporta infine, per le responsabilità che incombono su diversi soggetti pubblici o privati, il dovere di stati e individui di partecipare a uno sforzo generale di **resilienza, adattamento e mitigazione** degli effetti del clima, garantendo nella legislazione e nelle politiche interventi effettivi e tempestivi. Data l'importanza di un'azione globale e coordinata nel contrasto alle **variazioni climatiche**, la rivendicazione di questo diritto è rivolta sia agli organismi internazionali che ai singoli stati, anche per una doverosa assistenza e solidarietà verso i **rifugiati** per causa climatica.

La rivendicazione di un ambiente climaticamente salubre e stabile sfocia, oggi più che mai - come dimostra in Francia l'iniziativa *Affaire du Siècle* - in una larga pretesa sociale e politica a una giusta **transizione** verso una società sostenibile.

Bibliografia

- D. Bodansky, J. Brunnee, L. Rajamani (Eds), "International Climate Change Law", Oxford University Press, 2017.
- F. Franceschelli, « "L'impatto dei cambiamenti climatici nel diritto internazionale", Napoli Editoriale scientifica, 2019.
- R. Louvin, "Strategie e giustizia per il clima", in S. Bagni (cur.), "Come governare l'ecosistema?", Bologna, Dipartimento di Scienze giuridiche, 2018.
- J. Rochfeld, "Justice pour le climat", Paris, Odile Jacob, 2019.
- L. Westra, K. Bosselmann, M. Fermeglia (Eds), "Ecological Integrity in Science and Law", Springer Press, 2020.

/Disastro/ Disaster

ambito disciplinare
ambientale

autori

Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariolo

Il **disastro** descrive gravi alterazioni del normale funzionamento di una comunità o società a causa di eventi rischiosi che interagiscono, quindi, con le condizioni di **vulnerabilità, esposizione** e capacità adattiva del sistema colpito. Le conseguenze derivanti dal disastro possono essere impatti o perdite umane, materiali, economiche e ambientali, e si tratta di effetti immediati e localizzati. I danni da disastro sono misurabili in unità fisiche (es. chilometri quadrati di case) e descrivono la distruzione parziale o totale verificatesi nell'area.

Bibliografia

- Belcore, E.; Calvo, A.; Canessa, C.; Pezzoli, A. "A Methodology for the Vulnerability Analysis of the Climate Change in the Oromia Region, Ethiopia". Springer, Cambridge International Science Publishing: Great Abingdon, UK, 2017; pp. 73-102. ISBN 978-3-319-59095-0.
- Cardona, O.D. et al., 2012: "Determinants of risk: exposure and vulnerability. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)". Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: "Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction"; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

/Disaster Risk Reduction/ Riduzione del rischio di disastri

ambito disciplinare
Sociologico

autrice
Sara Bonati

L'UNDRR (*United Nations Office for **Disaster Risk Reduction***) definisce la **riduzione del rischio di disastri** (DRR): “la pratica di ridurre il rischio di disastri attraverso sforzi sistematici per analizzare e ridurre i fattori causativi”, tra i quali si ritrovano la riduzione dell'**e-sposizione** e della **vulnerabilità** di persone e beni, una migliore gestione del territorio e delle risorse, e un avanzamento nelle fasi di preparazione e allerta (UNISDR, 2017).

Come spiegato da Marincioni (2015, p. 145), la DRR si basa sostanzialmente su tre azioni: analisi della probabilità che un evento estremo abbia luogo (**pericolo**), definizione di ciò che è esposto a possibile danno (**rischio**), e applicazione di misure atte a ridurlo (Marincioni parla più precisamente di convincere le persone affinché intraprendono in prima persona misure di riduzione dei rischi). La centralità dei processi di DRR nelle politiche di gestione dei rischi è stata sancita nel 2015 dall'assemblea Generale delle Nazioni Unite che ha approvato il *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* (SFDRR, 2015-2030) a sostituzione del precedente *Hyogo Framework for Action* (HFA, 2005-2015).

Con Sendai si prende atto della necessità di operare un cambio di paradigma, promuovendo il superamento di una visione unicamente tecnocentrica e *top-down* a favore di una sociocentrica e *bottom-up* basata sul *vulnerability paradigm*, che riconosce la vulnerabilità sociale come elemento chiave. Come si legge nel testo del SFDRR, i governi sono chiamati a interagire con i diversi gruppi sociali e gli attori presenti sul territorio, quali donne, bambini, anziani, persone con disabilità, poveri, migranti, popolazioni indigene, volontari e professionisti, coinvolgendoli nella preparazione e implementazione delle politiche e dei piani di DRR. “Una sostanziale riduzione del rischio di disastri richiede la perseveranza e persistenza, con un più esplicito focus sulle persone, la loro salute e i mezzi di sussistenza, e un regolare *follow-up*” (UN, 2015, p. 5-6).

Questo significa riconoscere il ruolo che i saperi delle comunità locali possono avere nella prevenzione e riduzione dei rischi (Gillard e Mercer, 2013). Il piano inoltre definisce quattro priorità:

- capire le dinamiche che stanno alla base della costruzione del rischio di disastri;
- rafforzare il sistema di coordinamento e supervisione delle strategie di riduzione e gestione dei rischi;
 - investire in azioni di riduzione della vulnerabilità;

- promuovere migliori strategie di risposta e ricostruzione (*build back better*) per accrescere la **resilienza** dei luoghi (UN, 2015).

Un ultimo elemento di avanzamento presente nel SF-DRR riguarda l'integrazione tra le politiche di riduzione del rischio di disastri e l'**adattamento al cambiamento climatico**. Concependo il cambiamento climatico come un rischio/disastro "a lungo termine", diventa inevitabile ragionare sul ruolo che le politiche e gli studi sulla riduzione dei rischi possono avere nel promuovere comportamenti e trovare soluzioni di fronte all'**emergenza climatica**.

Considerata la complessità di fattori che interagiscono nella materializzazione di rischi e disastri, il contributo degli studi di DRR è volto a promuovere una lettura più completa degli **impatti del cambiamento climatico** e in particolare dei disastri di origine meteorologica. In particolare, gli studi che promuovono l'integrazione tra i due saperi puntano sull'importanza di importare il concetto di disastro, inteso come fenomeno socio-economico e politico, nelle **politiche di adattamento** al cambiamento climatico, favorendo una lettura sociale del fenomeno.

Bibliografia

- Alexander, D. E. (2013). Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 13(11).
- Gaillard, J. C., & Mercer, J. (2013). "From knowledge to action: Bridging gaps in disaster risk reduction". *Progress in human geography*, 37(1), 93-114.
- Marincioni, F. (2015). "Riduzione del rischio disastri: l'immane ruolo della geografia". *Rivista geografica italiana*, 122(1), 143-150
- UNITED NATIONS, "Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030", 2015.
- UNISDR, "Terminology on disaster risk reduction: UNISDR (United Nations Secretariat for the International Strategy for Disaster Risk Reduction)", Geneva, 2017.

/Distanza psicologica e cambiamenti climatici/ *Psychological Distancing and Climate Change*

ambito disciplinare
psicologico

autori
Valentina Rizzoli
Mauro Sarrica

Si parla di **distanza psicologica** quando un fatto, un evento, un fenomeno in generale viene percepito come distante dal sé. La distanza percepita, che non corrisponde necessariamente a quella reale, varia rispetto a quattro dimensioni:

- *geografica*, fa riferimento a fenomeni percepiti come lontani nello spazio;
- *temporale*, quando viene percepita lontananza nel tempo, verso il futuro o il passato;
- *sociale*, tale distanza indica la credenza che qualcosa possa accadere ad altri piuttosto che a sé;
- *ipotetica*, una forma di ragionamento per cui si mette in dubbio che un fatto sia avvenuto o che possa effettivamente accadere (Trope & Liberman, 2010).

La distanza ideativa, infine, opera a più livelli: a un livello profondo può attivare veri e propri processi di **negazione**. In altri casi si trasforma in distanza esperienziale: non avere mai esperito un evento porta

a non avere familiarità e quindi a non riuscire a crearne un'immagine concreta. Le caratteristiche del **cambiamento climatico** fanno sì che esso possa essere percepito come distante lungo le dimensioni appena citate. Le sue conseguenze, spesso, vengono percepite come non imminenti e parte di un processo di declino naturale e si ritiene sia più facile che riguardino altre persone o specie, che vivono in luoghi distanti e, in generale, che sia un problema più che altro per le generazioni future. La distanza psicologica che mettiamo tra noi e il cambiamento climatico è da alcuni considerata come una strategia per proteggere il sé di fronte a una minaccia estrema la cui portata complessiva è intangibile direttamente, difficile da concepire e da gestire. La distanza psicologica si collega quindi al tema più generale della **percezione del rischio**.

Lee e colleghi (2015) ad esempio mostrano chiaramente che la coscienza del rischio connesso al cambiamento climatico non corrisponde alla percezione di una analoga minaccia. Il loro studio condotto in 119 Paesi del mondo indica processi di distanziamento sociale che si manifestano nella discrepanza tra livelli di consapevolezza del cambiamento climatico e grado di preoccupazione che il cambiamento climatico possa colpire se stessi e/o i propri cari. Altri fattori interagiscono con i processi di distanziamento descritti. La percezione del rischio in particolare cambia in relazione al contesto culturale, alle convinzioni, all'ambiente circostante. Quando il rischio viene percepito come poco concreto, per esempio, l'ideologia politica entra in gioco nel modulare pensieri o azioni in merito. Persone con forti convinzioni ideologiche e valoriali inerenti (riguardanti per esempio la relazione uomo-ambiente), più coinvolte a livello pubblico, percepiscono meno la distanza, con effetti sulle intenzioni comportamentali. Contro-intuitivamente, invece, chi è esposto agli effetti del cambiamento climatico o chi vive in territori ad alto

rischio continua a percepire questa distanza, se non ad accentuarla: nel primo caso, perché non viene percepito il legame tra cambiamento climatico e i suoi effetti, nel secondo come strategia protettiva davanti a un **pericolo** per contrastare il quale si è privi di mezzi.

Perché è un problema la distanza psicologica? Perché l'effetto di questi processi psicologici può anche tradursi in riluttanza all'azione. A un livello individuale la persona che considera il cambiamento climatico come un fenomeno distante, è più probabile lo consideri anche meno rilevante per sé e, non sentendosi personalmente a rischio, non si sentirà motivata a mettere in atto comportamenti contro la fonte di rischio. Ridurre la distanza psicologica può quindi fungere da fattore motivante per mettere in atto **comportamenti pro-ambientali**.

La comunicazione del rischio può giocare un ruolo fondamentale a riguardo. Per ridurre la distanza è possibile far leva sulle **emozioni**, ritenute una delle maggiori determinanti dei comportamenti individuali e di gruppo. È inoltre possibile spostare il focus attentivo sulle conseguenze riscontrabili "qui e ora", invece che quelle remote. Infine è possibile ridurre la distanza sociale aumentando la salienza dell'identità delle persone come parte di una comunità più ampia (Loy & Spence, 2020). Questo rende le conseguenze del cambiamento climatico più facili da visualizzare e più rilevanti personalmente.

Bibliografia

- Lee, T. M., Markowitz, E. M., Howe, P. D., Ko, C. Y., & Leiserowitz, A. A. (2015). "Predictors of public climate change awareness and risk perception around the world". *Nature climate change*, 5(11), 1014-1020.
- Loy, L. S., & Spence, A. (2020). "Reducing, and bridging, the psychological distance of climate change". *Journal of Environmental Psychology*, 67, 101388.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2010). "Construal-Level Theory of Psychological Distance". *Psychological Review*, 117(2), 440-463.

/Disturbi psicologici da cambiamenti climatici/ Climate Change Psychological Diseases

ambito disciplinare
psicologico

autore
Marino Bonaiuto

L'ambiente in generale e i luoghi specifici che le persone frequentano possono avere un impatto, a breve o lungo termine, sulla salute fisica e mentale delle persone, nonché sul loro benessere complessivo. Tali **impatti** possono essere benefici, come nel caso della natura (aree naturali verdi e/o blu in ambito urbano, peri-urbano o extra-urbano), la quale può sia proteggere da fattori di **rischio** (cosiddetta *harm reduction o mitigation*), sia ripristinare capacità e funzioni deterioratesi (cosiddetta *restorativeness* o rigeneratività), sia promuovere l'acquisizione o adozione di nuove capacità e funzioni (cosiddetta *instoration*).

Analogamente, l'ambiente e i luoghi possono avere impatti patogeni a vari livelli sulle persone che li vivono e li frequentano. Entro un tale quadro, anche il mutare delle condizioni ambientali, sia a livello generale (mutamenti globali) sia a livello di luogo specifico (mutamenti locali), possono produrre il deterioramento dei parametri di salute e benessere umani.

I **cambiamenti climatici** si inseriscono in tale quadro, ma ciò non va considerato come un fenomeno nuovo nella storia dell'umanità (la geomitologia offre numerosi esempi).

Espressioni ombrello quali quella di "*climate anxiety*", o di "*eco-anxiety*", comprendono un ampio spettro di fenomeni relativi a sintomi o sindromi di leggero o grave disagio psicologico dovuto alla consapevolezza dei cambiamenti climatici e del loro impatto sulla persona e sulla società, nonché all'incertezza connaturata a tutto ciò.

Molti di questi fenomeni possono essere ricondotti a disturbi della sfera psicologica che, pertanto, indicano condizioni di patologia mentale, con diversi possibili gradi di gravità. Tuttavia allo stato attuale questo tipo di fenomeni psicologici non si sono necessariamente tradotti in una nosografia ufficiale accettata a livello mondiale. Vi sono però alcune associazioni specialistiche che hanno intrapreso iniziative in tale senso, volte a descrivere il fenomeno e a cercare di formalizzarne categorie diagnostiche per svilupparne poi strumenti di misura, almeno in alcuni paesi (USA, alcuni paesi entro la UE, tra cui UK e Italia).

In generale, tale fenomeno può rientrare nei disturbi d'ansia: patologia mentale tra le più diffuse che può comprendere emozioni negative, disturbi dell'umore, limitazioni comportamentali quotidiane, nonché conseguenze come stress, insonnia, aggressività e depressione. Bisogna però precisare che, in quanto risposta a una minaccia, essa si configura come ansia cosiddetta "reattiva", e in quanto tale non può essere considerata una risposta patologica, bensì adattiva.

Allorquando però tale stato d'ansia e le relative manifestazioni doves-

sero cronicizzarsi, per il persistere della minaccia, le conseguenze potrebbero diventare patologiche. Infatti mentre l'ansia reattiva è utile all'organismo e alla collettività per fronteggiare situazioni di breve durata più impegnative rispetto al normale andamento degli eventi, e può quindi considerarsi manifestazione funzionale all'adattamento dell'individuo, l'ansia climatica può diventare patologica se permane a lungo, rischiando in tale modo di portare a conseguenze psico-fisiche negative. Su tale problema possono poi innescarsi conseguenze che minano lo stato di salute e benessere del singolo, legate all'alterazione nel rapporto della persona col proprio luogo, proprio a causa dei cambiamenti indotti localmente nel luogo da parte dei processi di cambiamento climatico globale.

In proposito è stato coniato il termine **"solastalgia"**, il quale descrive il fenomeno della persona, abitante di un determinato luogo, la quale non riconosce più tale luogo come abituale e come "suo", a causa di cospicui cambiamenti, o stravolgimenti, occorsi per i processi di cambiamento climatico. I cambiamenti climatici, infatti, possono avere indotto a livello locale specifiche alterazioni le quali hanno poi innescato processi locali di trasformazione a carico di corsi d'acqua, vegetazione, forme di vita animale, elementi edificati dall'uomo, ecc.

A seguito di tali trasformazioni e degradazioni del territorio in cui vive, l'abitante di tale luogo prova un sentimento di perdita del luogo stesso e/o dell'identità di luogo fisica, sociale, culturale.

Si può notare come il sentimento di solastalgia sia analogo nei contenuti, ma complementare nella dinamica, rispetto a quello di nostalgia: in entrambi i casi il disagio psicologico della persona è indotto dalla separazione dal luogo al quale essa è legata, con la differenza che la nostalgia è indotta dall'allontanamento dal luogo (o perdita del

luogo) in virtù di un dislocamento della persona, mentre nella solastalgia l'analogo esito è prodotto dall'allontanamento o perdita del luogo risultante in virtù delle trasformazioni subite dal luogo stesso.

Il fenomeno della solastalgia può considerarsi differente ma interconnesso all'**eco-ansia**, in quanto quest'ultima è un'ansia anticipatoria, rivolta a eventi che devono ancora verificarsi, mentre la solastalgia rappresenta una delle possibili conseguenze patologiche delle trasformazioni locali indotte dai cambiamenti climatici globali. La ricerca scientifica ha messo a punto strumenti per la misura della solastalgia (scala di misura *self-report*), ma non vi sono protocolli standard condivisi dalla comunità scientifica per la sua gestione e trattamento.

È importante sottolineare anche il ruolo che i media (di massa e sociali), nonché altre agenzie di socializzazione tradizionali dalla famiglia alla scuola, giocano in tali complessi fenomeni, poiché l'ansia climatica può essere gestita come una risposta adeguata al pericolo e quindi come risorsa in grado di mobilitare energie, umane e materiali, per intervenire sulle cause dei cambiamenti climatici globali (**mitigazione**), o sulle manifestazioni a livello locale (**adattamento**).

Al contrario, l'eco-ansia è patologica e diviene patologizzante quando mal gestita, cioè quando non sfocia in linee d'azione comportamentali che restituiscano al singolo spazi e canali di condivisione sociale e strategie comportamentali di autoefficacia per incidere sulla realtà.

Tali esiti patologici si intrecciano con altri disturbi della sfera psicologica connessi alla relazione persona-ambiente, anch'essi ancora fuori dalla nosografia ufficiale, ma già ricorrentemente etichettati con espressioni quali *"Nature Deficit Disorder"*: ciò sta a indicare una disconnessione mentale e comportamentale degli individui, soprattutto delle ultimissime generazioni, dalla natura e dai suoi processi.

Tale disconnessione è dovuta alla scarsa o quasi nulla esposizione diretta agli elementi e ai processi delle realtà minerali, vegetali, animali, la quale affligge i bambini cresciuti prevalentemente in ambiente urbano. Apposite attività di **educazione ambientale in situ** – ma anche un mutamento in alcune abitudini di vita quotidiana – vengono invocate per invertire tale tendenza e favorire un assetto mentale e comportamentale consono all'adattamento e alla mitigazione.

Bibliografia

- Lindell, M. K. (2012). "Response to environmental disasters". In S. Clayton (a cura di), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 391-413). Oxford University Press, New York.
- Russell, K. C. (2012). "Therapeutic uses of nature". In S. Clayton (a cura di), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 428-444). Oxford University Press, New York.
- Venhoeven, L., Taufik, D., Steg, L., Bonaiuto, M., Bonnes, M., Ariccio, S., De Dominicis, S., Scopelliti, M., van den Bosch, M., Piff, P., Zhang, J.W., Keltner, D. (2018). "The role of nature and environment in behavioural medicine". In W. Bird & M. van den Bosch (Eds.), "Nature and Public Health: The Role of Nature in Improving the Health of a Population" (pp. 89-94). Oxford: Oxford University Press.
- Vining, J., Merrick, M. S. (2012). "Environmental epiphanies: Theoretical foundations and practical applications". In S. Clayton (a cura di), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 485-508). Oxford University Press, New York.

/Driver dei cambiamenti climatici/ Drivers of Climate Change

ambito disciplinare
fisico

autori
Elisa Palazzi
Marco Bagliani

In generale, quando si parla di **driver** nell'ambito dei recenti **cambiamenti climatici** si indica l'insieme di fattori che influiscono sulle emissioni di **gas serra** o sugli altri forzanti antropici, che sono responsabili dell'aumento recente della temperatura globale e degli effetti che ne sono derivati sulle varie componenti del **sistema climatico**.

Occorre notare che il concetto di *driver* si differenzia da quello di **forzante**. Questi ultimi si riferiscono infatti alla causa diretta dei cambiamenti climatici, come appunto le emissioni di gas serra o quelle di **aerosol** o i cambiamenti superficiali dell'**albedo**.

Il concetto di *driver* (detto anche "determinante" in italiano) indica invece quei fenomeni che agiscono indirettamente sugli equilibri climatici. L'esempio classico è dato dalla crescita della popolazione: questa dinamica di per sé non ha diretta influenza sul **bilancio energetico terrestre**, ma genera crescita nei trasporti, nei **consumi** di cibo, di **energia** e di altri beni e servizi economici, la cui **produzione** porterà a un aumento delle emissioni.

I *driver* sono molteplici e tra loro interconnessi: spaziano da elementi, come quello già citato, che riguardano le dinamiche demografiche, fino alla crescita economica, della produzione al consumo

pro capite, dalle richieste energetiche agli standard di vita, dal commercio internazionale alle diete adottate e molti altri ancora.

Bibliografia

- Blanco G., et al. "Drivers, Trends and Mitigation". In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



Alba della Terra.
Missione Apollo 8 (dicembre 1968). NASA.

LESSICO NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico

E



Nulla si crea,
nulla si distrugge,
tutto si trasforma.



Antoine-Laurent
de Lavoisier

Chimico.

Citato in *Histoire et Dictionnaire
de la Révolution Française*

/Earth Observation Data - EO Data/

Vedi **Dati satellitari**.

/Eco-ansia/Eco-anxiety

Vedi **Disturbi psicologici da cambiamenti climatici**.

/Eco-colpa/Eco-guilt

Vedi **Emozioni e cambiamenti climatici**.

/Ecocidio/ Ecocide

*ambito disciplinare
giuridico*

*autore
Matteo Fermezzia*

La definizione di **ecocidio** incapsula una condotta di carattere criminoso, diretta a ledere l'integrità di uno o più ecosistemi terrestri; e dunque atta ad attentare, come sua conseguenza indiretta, alla stessa umanità. Tale nozione ricomprende, nello specifico, le lesioni agli ecosistemi terrestri e marini nelle sue componenti biotiche e abiotiche, nonché – secondo la concezione di elaborazione più recente – ogni alterazione agli equilibri climatici terrestri. In un'accezione abbracciata più di recente, tuttavia minoritaria, la definizione di ecocidio come macro-lesione sull'equilibrio ecologico terrestre includerebbe anche le lesioni di natura culturale, psicologica ed emotiva, in particolar modo laddove la lesione insista su un ecosistema caratterizzato da forti legami con le comunità locali come, ad esempio, nel caso delle popolazioni indigene dell'Amazzonia o quelle aborigene australiane. L'ecocidio inteso come eradicazione della natura perpetrata dall'essere umano trova la sua prima concettualizzazione nelle poesie dell'eco-martire nigeriana Ken Saro-Wiwa, che ne fa espressa menzione nelle sue poesie "*ecocide*" e "*omnicide*" come mezzo di denuncia per i danni ambientali su larga scala perpetrati nel suo paese come conseguenza dello sfruttamento per le attività estrattive (principalmente di idrocarburi). Inoltre, il termine "*ecocide*" è stato originariamente associato all'uso di armi chimiche e della conseguente distruzione ambientale su larga scala nell'ambito del conflitto in Vietnam da parte dell'esercito Americano.

A livello giuridico, il termine "*ecocide*" compare per la prima volta negli anni Settanta del secolo scorso, nell'ambito della Conferenza

sulla guerra e la responsabilità nazionale a Washington (1970). Da allora, principalmente attraverso la spinta del mondo accademico e della società civile, l'ecocidio ha acquisito una dimensione giuridica definita nell'ambito del diritto penale internazionale.

Sotto questo profilo, lo Statuto di Roma (1998), che istituisce e regola il funzionamento della Corte Penale Internazionale (con sede all'Aja), riconosce quattro categorie di crimini contro la pace: 1) il genocidio; 2) i crimini contro l'umanità; 3) i crimini di guerra; 4) i crimini di aggressione.

I recenti sforzi per il riconoscimento dell'ecocidio quale crimine internazionale mirano, in particolare, a riconoscere l'ecocidio come categoria a sé stante, nell'ambito dei crimini internazionali contro la pace. La campagna per il riconoscimento di dignità giuridica autonoma alla figura dell'ecocidio è, a oggi, da ricondurre principalmente, come detto, a elaborazioni intellettuali e movimentazioni dal basso. Sotto questo profilo, di particolare importanza è il movimento di Pauline Hélène "Polly" Higgins, avvocatessa e ambientalista britannica. Nel 2010, Higgins si è fatta promotrice di una proposta di legge internazionale sull'ecocidio, presentata all'attenzione della Commissione del diritto internazionale (*International Law Commission*, ILC), organo consultivo ancillare alle Nazioni Unite, rivolto allo sviluppo e codificazione del diritto internazionale. In sostanza, la proposta mirava a definire l'ecocidio come qualsiasi lesione dell'ecosistema dovuta ad azione umana o altre cause, verificatasi nell'ambito di un determinato territorio, la cui estensione tale da pregiudicare severamente il godimento di quel territorio da parte dei suoi abitanti. Secondo la proposta di Higgins, inoltre, la responsabilità per ecocidio si dovrebbe applicare tanto agli stati quanto a soggetti privati (in particolare, grandi industrie), mediante la costituzione di un più generale dovere di protezione (*duty of care*) rispetto al verificarsi di ca-

tastrofi ambientali su larga scala. Tale dovere, pertanto, da un lato obbligherebbe i governi e gli operatori economici a prevenire e limitare il verificarsi di detti danni; dall'altro, imporrebbe ai medesimi di fornire adeguato sostegno a zone del Pianeta in cui tali danni sono maggiormente suscettibili di verificarsi, poiché maggiormente sensibili a fenomeni come l'**innalzamento del mare** ed **eventi metereologici estremi** (ad es., inondazioni, incendi su larga scala, ecc.).

A oggi la proposta di Polly Higgins giace nei cassetti dell'ILC e l'auspicata riforma dello Statuto di Roma sembra lontana dal concretizzarsi. Nel 2016, tuttavia, la Corte Penale Internazionale ha annunciato la volontà di attribuire priorità anche ai crimini che portano alla "distruzione dell'ambiente", allo "sfruttamento delle risorse naturali" e alla "espropriazione illegale" della terra. Secondo la dichiarazione della Corte, particolare attenzione sarebbe da attribuire in questo senso ai casi di *land-grabbing* (accaparramento delle terre) su vasta scala.

A ogni modo, permane a oggi la mancanza di un riconoscimento dell'ecocidio come crimine internazionale sotto la giurisdizione della Corte Penale Internazionale, mentre nel mondo almeno dieci nazioni (per lo più paesi del Mar Caspio, oltre alla Russia e al Vietnam), riconoscono l'ecocidio come un crimine secondo le proprie legislazioni penali domestiche.

Bibliografia

- Fronza E., "L'ecocidio. Alcune riflessioni a margine della proposta di introduzione di un nuovo crimine internazionale", in: *Scritti in onore di Luigi Stortoni*, Bologna, Bononia University Press, 2016, pp. 797 - 814
- Higgins P., Short D., South N., "Protecting the planet: a proposal for a law of ecocide", 2013 59 *Crime, Law and Social Change*, 251-266
- Higgins P., "Eradicating Ecocide", Shephard-Walwyn Publishers, Londra, 2011
- Neyret L., "Des écocrimes à l'écocide. Le droit pénal au secours de l'environnement", Bruylant, Parigi, 2015.

/Ecolinguistica/ Ecolinguistics

ambito disciplinare
linguistico

autore
Cristiano Furiassi

Per definire l'**ecolinguistica**, dal francese *écolinguistique* (Hagège 1985: 246), anche conosciuta come “linguistica ecologica”, bisogna innanzitutto differenziarla dalla “ecologia linguistica”, dall'inglese *language ecology* o *ecology of language* (Haugen 1972: 325). Il fattore che accomuna tali concetti è la loro natura intrinsecamente interdisciplinare: entrambi possono infatti essere circoscritti all'interno della vasta gamma di settori propri della linguistica applicata, la quale esamina i diversi aspetti della lingua individuandone l'utilizzazione pratica.

L'ecologia linguistica, paradigma analitico della sociolinguistica - la scienza che studia i rapporti tra lingua e società - concepisce le lingue all'interno di un ecosistema, da intendersi metaforicamente come “contesto sociale” e quindi senza alcuna connotazione propriamente ambientalistica. L'ecologia linguistica - dove il termine ecologia va appunto interpretato, in senso lato, come “equilibrio” di un dato sistema - indaga l'evoluzione, il cambiamento, la convivenza e la sopravvivenza (o scomparsa) delle lingue che vivono in costante interazione con l'ambiente circostante - da qui il prefissoide di matrice greca “eco-”.

L'ecolinguistica propriamente detta tratta invece lo studio delle rappresentazioni linguistiche di fenomeni naturali e si focalizza sul rapporto tra lingua ed “ecologia” in senso stretto, ovvero sugli usi della lingua che concernono tematiche ambientali e che potenzialmente influenzano l'ecosistema (Stibbe 2015: 183). In sé, l'ecolinguistica scaturisce dalla “analisi critica del discorso”, dall'inglese *critical discourse analysis* (Fairclough 1985: 739), disciplina altamente politicizzata che mira a individuare le ideologie soggiacenti ai contenuti linguistici veicolati da determinati gruppi di potere attraverso i mass media. Specificatamente per questa variante dell'analisi critica del discorso è stata coniata l'etichetta “analisi ecocritica del discorso”, dall'inglese *eco-critical discourse analysis* (Harré, Brockmeier & Mühlhäusler 1999: 93). Così demarcata, l'ecolinguistica analizza i temi propri dell'ambiente e dell'ambientalismo, ossia la loro raffigurazione attraverso la lingua in ambiti che includono (ma non si limitano) al discorso politico, economico, turistico, aziendale e pubblicitario: qui il termine discorso si riferisce precisamente a un'enunciazione effettuata da un emittente con l'intenzione di influenzare il destinatario. L'analisi eco-critica del discorso non si limita a evidenziare le ideologie potenzialmente dannose esposte nei testi presi in considerazione - siano essi orali, scritti, multi-

modali o multimediali – ma tenta di estrapolarne anche rappresentazioni discorsive che possano rivelarsi utili per una società che sia ecologicamente (più) sostenibile.

Nuova linfa alla ricerca ecolinguistica è stata apportata dal recentissimo rilievo dato dai mezzi di comunicazione di massa ai **cambiamenti climatici** e alle conseguenze, spesso negative, che gli stessi hanno avuto e tuttora hanno sull'ecosistema, nonché dalla sempre maggiore sensibilità e sensibilizzazione nei confronti dello **sviluppo sostenibile** diffusi soprattutto all'inizio del nuovo Millennio.

Nella letteratura in lingua italiana, la disambiguazione dei termini "ecolinguistica" ed "ecologia linguistica" non è per nulla facilitata a causa dell'utilizzo che ne fecero, ben più di quattro decenni or sono, Berruto & Grassi (1974: 805), i quali si servirono del termine ecolinguistica per designare in realtà contenuti e temi propri dell'ecologia linguistica, non alla maniera di Hagège bensì alla Haugen. Relativamente alle diverse interpretazioni di *ecolinguistics* nella letteratura internazionale, per lo più scritta in inglese, si possono trovare utili ragguagli nel manuale curato da Fill & Penz (2018), dal quale si evince che la commistione dei significati dei termini succitati, sebbene originariamente divergenti, sembra ormai una pratica condivisa – ma non sempre proficua – dall'intera comunità scientifica (Steffensen & Fill 2014: 21).

Bibliografia

- Berruto, Gaetano & Grassi, Corrado. 1974. "Dinamica dei sistemi morfologici e degradazione culturale dell'area: proposta per un'ecolinguistica". In Heilmann, Luigi (ed.), "Proceedings of the Eleventh International Congress of Linguists". Bologna-Florence, Aug. 28-Sept. 2, 1972. Bologna. Il Mulino, vol. I: 805-811.
- Fairclough, Norman. 1985. "Critical and Descriptive Goals in Discourse Analysis". *Journal of Pragmatics* 9: 739-763.
- Fill, Alwin F. & Penz, Hermine (eds). 2018. "The Routledge Handbook of Ecolinguistics". London & New York: Routledge.
- Hagège, Claude. 1985. "L'homme de paroles: Contribution linguistique aux sciences humaines". Paris: Fayard.
- Harré, Rom, Brockmeier, Jens & Mühlhäusler, Peter. 1999. "Green-speak: A Study of Environmental Discourse". Thousand Oaks (CA): Sage.
- Haugen, Einar. 1972. "The Ecology of Language". Stanford (CA): Stanford University Press.
- Steffensen, Sune Vork & Fill, Alwin F. 2014. "Ecolinguistics: The State of the Art and Future Horizons". *Language Sciences* 41: 6-25.
- Stibbe, Arran. 2015. "Ecolinguistics: Language, Ecology and the Stories We Live By". London & New York: Routledge.

/Economia circolare/ Circular Economy

ambito disciplinare
economico

autori

Dario Cottafava
Grazia Sveva
Ascione
Simona Grande
Laura Corazza

Il nostro momento storico è stato definito dagli studiosi "**Antropocene**", in quanto si differenzia dalle epoche precedenti per il ruolo centrale dell'essere umano (*anthropos*) nella modifica del nostro pianeta, sia con riferimento agli aspetti positivi dell'operato umano sull'ecosistema (tecnologia, progresso, sviluppo della civiltà) che a quelli negativi (**cambiamenti climatici**, riduzione della **biodiversità**, sovrasfruttamento delle risorse).

In risposta ad alcune criticità, come la produzione di **rifuti** e l'**in-**

quinamento, la fondazione Ellen MacArthur ha promosso il concetto di **economia circolare** pubblicando report e studi. Si tratta di una visione che affonda le sue radici nella *blue economy*, nel *design* rigenerativo, nell'ecologia e nel "metabolismo industriale", ossia nel coniugare i valori di crescita e **sviluppo sostenibile**, per creare una società dove rifiuti e inquinamento sono sostanzialmente ridotti. La definizione proposta dalla Fondazione Ellen MacArthur per economia circolare è quella di "un'economia che riesce a rigenerarsi da sola, dove i flussi di materiali, sia biologici che tecnici, sono destinati a essere rivalorizzati senza entrare nella **biosfera**". Per il suo fine dunque, l'economia circolare si oppone al modello lineare vigente, definito come una catena di azioni di estrazione delle risorse – **produzione – consumo** – scarto, ossia sfruttare indiscriminatamente risorse naturali, servirsene per creare prodotti di consumo per poi liberarsi di questi ultimi quando non sono più graditi dai consumatori. L'economia circolare offre un'alternativa al modello vigente che confuta la possibilità di una crescita costante dell'economia, bensì propone l'esistenza di un continuo bilanciamento da un punto di vista economico, sociale ed ambientale. Tale alternativa è riassunta dal motto "riusare, ridurre e riciclare" (le tre R dell'economia circolare); un modello circolare che porta con sé non solo la necessità di una maggiore consapevolezza del singolo nell'ecosistema del **consumo**, ma anche una modificazione delle sue abitudini in senso "circolare", volta a ridurre la quantità di risorse e prodotti che escono dal cerchio e dunque la produzione di rifiuti e inquinamento. Per questo l'economia circolare richiede un ripensamento dell'intera filiera di prodotti e processi, dalla progettazione, al consumo e al fine vita. È importante sottolineare che, affinché l'economia circolare raggiunga pienamente il

suo scopo, questa deve rimanere sostenibile nelle tre dimensioni – economica, sociale e ambientale – e non sempre questo aspetto viene considerato da tutti gli studiosi: talvolta l'aspetto economico prevale. La gestione delle tre aree della sostenibilità in ottica di economia circolare può portare ad alcuni problemi di bilanciamento: ad esempio, il riutilizzo di una risorsa/scarto/rifiuto potrebbe comportare globalmente un incremento delle emissioni o di altri inquinanti, rispetto all'utilizzo di una materia prima vergine. Pertanto occorre considerare criticamente l'enfasi posta sui processi circolari, considerando in maniera olistica tutti gli impatti prodotti/generati.

In realtà, seguendo la prospettiva dell'economia circolare occorre compiere in qualsiasi caso un'innovazione radicale del modello di *business* poiché processi, azioni, prodotti devono essere rivisti nella loro interezza e il *design* degli stessi subirà di conseguenza delle modifiche a seconda delle componenti innovative caratterizzanti. Ad esempio, si parla di rallentare, avvicinare geograficamente le varie fasi, e non da ultimo, chiudere il ciclo di utilizzo delle risorse. Mentre, per quanto concerne le problematiche di *design*, si parla di estensione del ciclo di vita del prodotto, di *design* di un prodotto per far sì che già in fase di progettazione si consideri tale allungamento, *design* del ciclo tecnologico attraverso il riciclo totale di un prodotto, oppure il riciclo di sue componenti, in modi alternativi/innovativi, *design* del ciclo biologico di un prodotto, e infine, *design* che consideri disassemblaggio e re-assemblaggio di componenti.

La transizione verso una maggiore adozione di modelli di economia circolare rientra tra i principali assi strategici della politica europea. Nel 2015 la Commissione Europea ha promosso un primo documento attuativo con

il quale si proponeva di promuovere una stretta collaborazione tra stati membri, le regioni e i comuni, le imprese, gli organismi di ricerca, i cittadini e le altre parti interessate che partecipano all'economia circolare. Nel primo *Action Plan*, la Commissione Europea ha identificato 54 azioni, che, secondo il report più recente risalente al 2019, sono quasi tutte terminate o in procinto di concludersi nel breve periodo (Commissione Europea, 2019). A marzo 2020 però, la Commissione Europea ha promosso un secondo documento, che scaturisce dal precedente, ed è connesso fortemente al **Green Deal Europeo**. Questo documento, dal titolo *Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe* riconosce sia alcuni principi chiave nonché alcuni settori di importanza immediata. Le azioni suggerite sono in linea con quanto avviene già da tempo grazie ad esempio alle direttive su *Ecodesign*, *Ecolabel* e *Acquisti Pubblici Ecologici*.

Bibliografia

- Bocken N. M. P., De Pauw I., Bakker C., Van der Grinten B. (2016) "Product design and business model strategies for a circular economy", *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33:5, 308-320.
- Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., de Carvalho, M. M., & Evans, S. (2018). "Business models and supply chains for the circular economy". *Journal of Cleaner Production*, 190, 712-721
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions". *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232.

/Ecopsicologia/ Ecopsychology

ambito disciplinare
psicologico

autori
Laura Bretti
Bruno Mazzara

Con il termine **ecopsicologia**, ufficialmente coniato nel 1992 da uno dei suoi primi esponenti, Theodore Roszak, si intende una sintesi tra la psicologia e l'ecologia fondata sulla consapevolezza di una inscindibile continuità tra i bisogni e le modalità di funzionamento della psiche umana e quelli del Pianeta, da cui deriva l'idea di una connessione diretta fra mondo naturale e sviluppo personale (Roszak et al. 1995; Roszak 2001; Kahn and Hasbach 2012).

In realtà l'esigenza di riconsiderare il rapporto uomo-natura nasce molto prima, alla fine degli anni '60 del secolo scorso, nell'ambito della riflessione critica sui limiti della crescita e sulle conseguenze drammatiche di un modello di sviluppo che non tenesse nel dovuto conto le leggi che regolano la **biosfera**. Il movimento ambientalista è stato dunque un tassello fondamentale per la nascita e lo sviluppo dell'ecopsicologia creando un ponte tra la crisi ambientale e la **coscienza** pubblica; ma d'altro canto si è ritenuto che a sua volta la psicologia convenzionale avesse bisogno di riconcettualizzare la sua teoria e pratica in un contesto ecologico per poter contribuire in maniera concreta ad affrontare la crisi ambientale (Roszak, 1992).

Secondo questa prospettiva, il movimento ambientalista ha bisogno di "una nuova sensibilità psicologica" che aiuti a comprende-

re come motivare le persone a cambiare il loro comportamento dannoso per l'ambiente. Il fatto che sia stato proprio il movimento ambientalista a stimolare la nascita dell'ecopsicologia ha favorito un approccio abbastanza radicale, molto saturo anche di critica socio-politica.

Possiamo dire, in linea più generale, che l'ecopsicologia si fonda sul riconoscimento di una profonda interrelazione fra gli esseri umani e l'ambiente non umano e una considerazione della psiche umana come parte integrante della rete della natura (Brown 1995). La psiche, in questa prospettiva, non può essere considerata come una dimensione isolata dal mondo dell'esperienza sensoriale e, d'altro canto, la natura non è un insieme di oggetti e processi indipendenti dalla soggettività e dalla sensibilità umana (Fisher 2002). Si tratta quindi di un approccio interdisciplinare, che si presenta come un'area di riflessione molto articolata, in cui si fondono, in maniera talvolta confusa, aspetti legati alla fisica, alla chimica, alla biologia, all'antropologia, alle scienze sociali e psicologiche, con innesti anche di tipo spiritualistico. Inoltre dal versante più specificamente ambientalista provengono sensibilità più specifiche come ad esempio l'ecoetologia, l'ecofilosofia, l'ecologia profonda e l'ecofemminismo. Sul piano più strettamente psicolo-

gico, è utile ricordare il riferimento dell'ecopsicologia al concetto di biofilia, inteso come amore per tutto ciò che ha vita, che si traduce in energia psichica che nutre la nostra relazione con il mondo naturale (Wilson 1984). Per tale motivo, perdere la connessione con la dimensione naturale può causare l'insorgere di forme di malessere psichico (vedi **"Disturbi psicologici da cambiamenti climatici"**), e in questo senso l'ecopsicologia ha sviluppato un suo specifico filone clinico-terapeutico, focalizzato ad esempio sull'idea di un inconscio ecologico, secondo una prospettiva junghiana.

Bibliografia

- Fisher, A. (2002). "Radical ecopsychology: Psychology in the service of life". New York: State University of New York Press
- Kahn, P. H., & Hasbach, P. H. (Eds.) (2012). "Ecopsychology: Science, totems, and the technological species". Cambridge, MA: MIT Press.
- Roszak, T. (1992). The voice of the earth: An exploration of ecopsychology". New York: Simon & Schuster.
- Roszak, T. Gomes, M. E. & Kanner, A. D. (Eds.) (1995), "Ecopsychology: Restoring the earth, healing the mind". San Francisco: Sierra Club Books
- Winter, D. D. (2003). "Ecological Psychology: Healing the Split between Planet and Self". Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates ed. or. 1996

/Ecosofia/ Ecosophy

ambito disciplinare
linguistico
filosofico

autrice
Maria Cristina
Caimotto

La parola **"ecosofia"** fu usata per la prima volta nel 1972 da Arne Naess, quando insegnava all'Università di Oslo, insieme al "movimento per l'ecologia profonda" (Drengson and Inoue 1995, 8). Dal punto di vista etimologico, la parola "ecosofia" unisce *oikos* e *sophia*, "abitazione" e "saggezza". Naess (1989, 37-38) sottolinea che, come nella parola "ecologia", *oikos* ha un significato più ampio che non si limita alla famiglia, alla casa o alla comunità, ma piuttosto all'idea della Terra come abitazione.

L'ecosofia, spiega, è quindi “una visione del mondo filosofica o un sistema ispirato dalle condizioni della vita nell'ecosfera” (si veda inoltre Guattari 1992).

Riassumiamo di seguito, a titolo di esempio, l'ecosofia alla base del libro di Arran Stibbe (2015, 14-15). Nell'introdurla, Stibbe spiega che ogni ecolinguista valuterà le varie ecosofie esistenti in letteratura e, dopo averle prese in considerazione alla luce delle prove scientifiche e della propria esperienza delle comunità umane e del mondo naturale, costruirà la propria ecosofia combinandole, espandendole oppure creando qualcosa di completamente nuovo. Soggetta ai cambiamenti dati dal tempo e dalle nuove idee, scoperte, prove e esperienze di chi l'ha costruita, un'ecosofia è necessariamente parziale e incompleta, ma rappresenta un necessario punto di partenza.

Ecosofia in una parola: vivere!

Spiegazione:

Dare valore alla vita: ogni forma di vita deve essere “valorizzata, celebrata, rispettata, affermata”. Si tratta di una norma e di una dichiarazione di valore ma si basa sull'osservazione di come un essere vivente dà valore alla propria vita e fa qualsiasi cosa pur di mantenerla.

Benessere: “vivere!” non è sinonimo di “essere vivi”, lo scopo non è vivere nel senso di sopravvivere ma vivere bene, con un livello alto di benessere. Anche se il benessere va applicato a tutte le specie, il benessere per gli umani è una condizione *sine qua non* poiché nessuna misura per risolvere i problemi ecologici sarà accettata se danneggia gli interessi umani.

Ora e nel futuro: l'obiettivo temporale non è limitato al presente, include la possibilità di vivere con alti livelli di benessere nel presente e nel futuro, dando alle generazioni future la possibilità di vivere e di vivere bene.

Cura: anche se è fondamentale rispettare tutte le specie, la continuazione della vita implica un inevitabile scambio di vite. Ci saranno quindi vite che interrompiamo e vite che danneggiamo per mantenere le nostre e il nostro benessere. L'aspetto etico dell'ecosofia affronta questo aspetto attraverso empatia, rammarico e gratitudine (cioè cura) invece di tentare di preservare la propria coerenza morale considerando le vite a cui facciamo del male come inferiori, o prive di valore, o come mere risorse a nostra disposizione. L'empatia implica la consapevolezza del nostro impatto sulle altre vite, il rammarico implica ridurre al minimo i danni e la gratitudine implica il dovere di “restituire” qualcosa al sistema che ci supporta e ci permette di vivere.

Limiti ambientali: se il **consumo** umano non permette alle risorse di rigenerarsi o crea più scarti di quanti gli ecosistemi siano in grado di assorbire, questo non permette ai sistemi ecologici di supportare la vita, mantenendo un alto livello di benessere. Quindi è necessaria un'immediata riduzione su larga scala dei livelli globali di consumo.

Giustizia sociale: attualmente molte persone non hanno le risorse per vivere o per vivere bene. Quando crolleranno i livelli di consumo globale (volontariamente o a causa dell'estinzione delle risorse) bisognerà elaborare strategie di redistribuzione dai ricchi ai poveri per garantire un alto livello di benessere a tutti.

Resilienza: livelli significativi di distruzione ecologica sono già in atto e altri sono inevitabili data la traiettoria delle società industriali. È pertanto necessario adattarsi ai cambiamenti ambientali, migliorare la resilienza verso ulteriori cambiamenti e trovare nuove forme di società mentre si disfano quelle attuali. Questo è necessario al fine di permettere la continuazione della vita con alti livelli di benessere (nei limiti del possibile) anche mentre la Terra diventa meno ospitale per la vita.

Bibliografia

- Drengson, A. and Inoue Y. (Eds.) (1995) "The Deep Ecology Movement: An Introductory Anthology". Berkeley, North Atlantic Publishers.
- Guattari, F., Pour une refondation des pratiques sociales in *Le Monde Diplomatique* (Oct. 1992): 26-7.
- Naess, A. (1989) "Ecology, Community and Lifestyle. Outline of an Ecosophy". Translated and revised by David Rothenberg. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stibbe, A. (2015) "Ecolinguistics. Language, Ecology and the Stories we live by". London and New York: Routledge.

/Educazione ai cambiamenti climatici/ Climate Change Education

*ambito disciplinare
educazione*

*autore
Marco Davide Tonon*

L'**emergenza climatica**, nella sua attualità e drammatica estensione globale, può essere lo stimolo decisivo per una trasformazione radicale dell'insegnamento delle scienze, e del sistema educativo in generale. Per realizzare una rivoluzione ecologica e culturale è fondamentale acquisire la consapevolezza della nostra responsabilità verso i **cambiamenti climatici** in atto, sviluppando un atteggiamento critico verso la loro minimizzazione e **negazione**. Occorre sviluppare un'educazione trasformativa ai cambiamenti climatici, attraverso l'assunzione di responsabilità individuale e collettiva, il coinvolgimento della scuola e l'*empowerment* sociale e politico, per attuare un'azione congiunta ed efficace.

Educare significa, come nella sua radice latina (da *educĕre* portare, trarre fuori), sviluppare le attitudini e le sensibilità di un individuo. Da un punto di vista didattico e olistico potrebbe anche voler dire "portare fuori nel mondo" il discente; farlo uscire dall'aula per scoprire il mondo in cui vive attraverso l'esperienza diretta. Per risolvere un problema occorre, inizialmente, sentirsene parte; percepire come la nostra vita è indissolubilmente connessa ai fenomeni climatici e come essa può influenzarli ed essere influenzata; in altre parole, sviluppare una forte identità ecologica. L'identità ecologica è definita come la capacità di una persona di percepirsi in relazione all'ambiente naturale, ovvero la capacità di sentirsi connesso con gli altri esseri viventi, con i tempi della Terra, con i **cicli biogeochimici** e con la complessità dei sistemi ecologici. Il processo di identificazione tra un individuo e l'ambiente da cui trae le risorse per vivere coinvolge, da un lato, la sua sfera emotiva, i suoi ricordi e i sentimenti, dall'altro la sua razionalità,

legata al sapere. Fra i due aspetti c'è l'esperienza che egli ha fatto in natura, diretta, concreta e continuativa.

È però pedagogicamente innegabile che, all'aumento di conoscenze scientifiche non corrisponde necessariamente una crescita di identità ecologica: infatti, pur vivendo in un mondo strabordante di informazioni, il progressivo allontanamento sia fisico, sia culturale dall'ambiente naturale di gran parte della popolazione mondiale, ha determinato una perdita graduale di identità ecologica e, con essa, della consapevolezza di vivere su un pianeta che funziona come un sistema chiuso, ove la materia che circola è limitata nello spazio e nel tempo. Risulta indispensabile, quindi, realizzare un profondo cambiamento educativo nel mondo della scuola: una corretta educazione ai cambiamenti climatici è influenzata dalle rappresentazioni mentali ingenuie degli insegnanti e dei discenti sul tema, dall'estrema semplificazione del problema e dalla comprensione delle proprie capacità di risolvere questioni complesse e controverse. Vi è l'urgente necessità di interventi mirati nella formazione degli insegnanti, che promuovano una comprensione sistemica delle questioni globali e locali, che affrontino in modo critico le ragioni dell'attuale crisi e che considerino i discenti come cittadini capaci di generare azioni individuali e collettive efficaci. La finalità più alta di un progetto di educazione ai cambiamenti climatici deve evolvere dalla conoscenza, come mero oggetto di studio, alla consapevolezza di come l'ambiente ci include e ci orienta. La "abitudine didattica" ad avere solo uno sguardo descrittivo o nozionistico emerge sempre di più nel sapere degli studenti, in riferimento

ai vari livelli organizzativi della natura (dalla singola cellula all'intero Pianeta). La conseguenza di tale *forma mentis* porta inevitabilmente al non percepire sé stessi come inclusi nelle dinamiche naturali e, quindi, al diffondersi di una forte scissione uomo-natura. Da qui, a sua volta, deriva una visione del mondo lontana dall'idea di sostenibilità.

Partendo da questi presupposti, qualsiasi insegnante dovrebbe realizzare percorsi tesi a rispondere ad alcuni interrogativi cruciali: *Come aiutare gli studenti a costruirsi una visione d'insieme del mondo che sviluppi in loro la consapevolezza che viviamo in un pianeta con risorse limitate e mal distribuite, che si basa su una complessa rete di interdipendenze? Come sviluppare il senso di inclusione nei sistemi naturali e nella società globale? Come evidenziare le caratteristiche multidisciplinari legate ai cambiamenti climatici?*

Si tratta, quindi, di imparare a coniugare il sapere delle scienze in relazione al sapere sociale ed economico. La necessità è di passare da un apprendimento trasmissivo a uno "trasformativo", critico e creativo, attento alle diverse forme dell'intelligenza umana e alle differenze individuali e di gruppo, orientato al futuro e impegnato a sviluppare la comprensione della crescente complessità e interdipendenza del mondo contemporaneo.

Occorre realizzare un'educazione transdisciplinare sostenibile che implichi un cambiamento dalle fondamenta a favore di un nuovo paradigma ecologico; un'educazione globale che crei un cambiamento sistemico dei processi di insegnamento/apprendimento e dell'intera cultura educativa.

Bibliografia

- Gautier C., Deutsch K. e Rebich (2006). „Misconceptions about the Greenhouse effect”, *Journal of Geoscience Education*, 54 (3), 386-395.
- Mochizuki Y. e Bryan A. (2015). “Climate Change Education in the Context of Education for Sustainable Development: Rationale and Principles”, *Journal of Education for Sustainable Development*, 9 (1), 4-26.
- Sterling S. (2006). “Educazione sostenibile”, Anima Mundi Editrice, Otranto.
- Tomashow M. (1996). “Ecological identity”, The MIT Press, Cambridge (USA).
- Waldron F., Ruane B., Oberman R. e Morris S. (2016). “Geographical process or global injustice? Constrasting educational perspectives on climate change”, *Environmental Educational Research*, 26 (6), 896-911.



ambito disciplinare
psicologico
autore
Marino Bonaiuto

Nel vasto ambito dell'educazione ambientale, la **psicologia ambientale** studia il ruolo giocato da variabili psicologico-sociali nel favorire il cambiamento comportamentale a seguito della partecipazione ad attività intese, in senso lato, di educazione ambientale. Esse possono quindi comprendere attività tradizionali come pure attività innovative.

In chiave psicologica si considera cruciale non solo o non tanto l'apprendimento di specifiche conoscenze, quanto anche e soprattutto l'acquisizione da parte dell'individuo di un'ampia gamma di costrutti psicologico-sociali che possono, agendo singolarmente o sinergicamente, aumentare la probabilità che una persona metta in atto **comportamenti pro-ambientali**. Nel caso specifico, adotti comportamenti maggiormente sostenibili che quindi mitighino l'impatto della persona in termini di effetti del suo comportamento sul cambiamento climatico. L'effetto di tali costrutti psicologico-sociali può essere diretto - cioè agire direttamente mutando il comportamento - oppure indiretto, attraverso una catena causale di mediazione: cioè, un costrutto agisce su uno o più altri costrutti e uno di questi, infine, muta il comportamento. Tutti questi costrutti psicologico-sociali vengono pertanto considerati come potenziali fattori causali, capaci di aumentare la probabilità di adozione di comportamenti più sostenibili (vale a dire atti a mitigare l'impatto umano sull'ambiente) o in termini di minore o maggiore frequenza di uso di un prodotto o servizio, o in termini di scelta di uso di un diverso prodotto o servizio.

Nel complesso, l'educazione ambientale, inclusa quella sui cambiamenti climatici, è considerata uno strumento di cambiamento del comportamento (*behavioural change*) per favorire la **mitigazione** (o anche l'**adattamento**, laddove necessario).

Il suo obiettivo, tradizionalmente, è quello delle conoscenze. Tuttavia numerose ricerche dimostrano come esse possano non essere sufficienti a indurre un cambiamento comportamentale e, talvolta, neppure essere necessarie. Tra i numerosi fattori psicologico-sociali sui quali l'educazione può intervenire (in vari modi e tempi) per migliorare i comportamenti di mitigazione e di adattamento figurano, oltre alle conoscenze, ad esempio: le norme (per esempio quelle familiari e scolastiche), le esperienze ordinarie abitudinarie ma anche le esperienze straordinarie capitate (sia vissute singolarmente che condivise con altre persone), i valori, le credenze, gli atteggiamenti, la connessione con la natura, l'identità ambientale. Le conoscenze stesse inoltre possono essere più o meno rilevanti a seconda del tipo di esse (per esempio, rispetto ai contenuti specifici, all'oggetto, ai processi, ecc.).

Tipicamente gli studi di educazione ambientale e ai cambiamenti climatici considerano l'intervento di educazione come un'attività indirizzata a bambini e adolescenti; tuttavia il *target* possono anche essere persone adulte. Vi sono inoltre dati che dimostrano come l'educazione ambientale rivolta a bambini o ragazzi (per esempio, tramite attività scolastiche), siccome prevede un qualche grado di coinvolgimento anche dei ge-

nitatori, può a cascata influire indirettamente anche sul comportamento di tali adulti.

Importante è condurre attività di monitoraggio e ricerca a monte e a valle di interventi di educazione ambientale e ai cambiamenti climatici, utilizzando adeguati gruppi di controllo, onde poter attentamente valutare efficacia ed efficienza dell'intervento realizzato rispetto ad aspettative e ipotesi, sulla base della rilevazione di evidenze empiriche sui cambiamenti ipotizzati.

Gli interventi di educazione possono variare per la durata, da molto breve a lunga, con conseguenti riverberi sui costi finanziari e umani; inoltre possono variare in ragione delle attività e dei programmi che contemplano, comprendendo attività d'aula, giochi, escursioni, sino a programmi di lunga durata per il contatto con o l'immersione in contesti ambientali tipicamente naturali (*school-based programs, communities that facilitate free access to nature, wilderness adventure programming*).

Bibliografia

- Chawla, L., Derr, V. (2012). "The development of conservation behaviors in childhood and youth". In S. Clayton (a cura di), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 527-555). Oxford University Press, New York.

/Effetto rimbalzo/ Rebound Effect

ambito disciplinare
sociologico

autore
Osman Arrobbio

Nel campo delle politiche ambientali ed energetiche, con **effetto rimbalzo** ci «[...] si riferisce a risposte comportamentali, o sistemiche di altro tipo, che controbilanciano gli effetti di misure finalizzate a ridurre gli impatti ambientali» (Hertwich, 2005).

Fra le numerose definizioni di effetto rimbalzo, questa permette di cogliere un importante aspetto: gli effetti delle misure risultano indeboliti, se non controbilanciati, da risposte che derivano o dipendono, in maniera più o meno diretta, dalle misure stesse.

Nel campo delle politiche ambientali ed energetiche, con **effetto rimbalzo** ci «[...] si riferisce a risposte comportamentali, o sistemiche di altro tipo, che controbilanciano gli effetti di misure finalizzate a ridurre gli impatti ambientali» (Hertwich, 2005).

Fra le numerose definizioni di effetto rimbalzo, questa permette di cogliere un importante aspetto: gli effetti delle misure risultano indeboliti, se non controbilanciati, da risposte che derivano o dipendono, in maniera più o meno diretta, dalle misure stesse.

Si prenda un fatto universalmente accettato: le performance tecniche (di ogni tipo: energetiche, organizzative, ecc.) sono generalmente migliorate. È quello che si chiama per l'appunto progresso tecnico, tecnologico o organizzativo. L'efficienza, tra cui quella energetica, è andata via via aumentando in tutti i campi. I consumi però, di **energia**, di risorse materiali in generale e di risorse non materiali quale il tempo, non solo non sono diminuiti, ma sono finanche aumentati. Possono eventualmente essere diminuiti in alcune pratiche, in alcuni settori, in alcune regioni, in alcuni anni, ma non nel lungo periodo e a livello mondiale. Un tale paradosso lo si può ritrovare generalmente spiegato, seppur implicitamente, nel seguente modo: esistono delle forze che spingono all'aumento del **consumo** di risorse. Queste possono essere, per fare alcuni esempi: il sistema economico, taluni stati, il marketing ossessivo e la debolezza dei consumatori in sua risposta, l'aumento della popolazione. Gli aumenti di efficienza finora raggiunti non sono bastati a contrastare tali forze e si rende perciò necessario continuare a perseguire - possibilmente con maggiore decisione - la "strategia dell'efficienza" (Arrobbio e Padovan, 2018).

L'effetto rimbalzo capovolge tale interpretazione: il consumo di risorse aumenta a causa degli aumenti di efficienza.

Per quanto questo possa sembrare controintuitivo e paradossale - è difatti anche noto come **Paradosso di Jevons** - è in realtà spiegabile con una certa facilità: se l'utilizzo di una risorsa diviene più efficiente, quindi più facile e meno costoso, si sarà propensi a usarla di più e non ad usarla di meno (Jevons, 1865). Esisterebbe, per dirla in altri termini, una relazione sistemica tra efficienza ed espansione (Santarius et al., 2016). Le obiezioni a questo ragionamento si basano generalmente sulle ipotesi relative alla "sazietà dei consumatori". Queste possono essere maggiormente valide in alcuni paesi - quelli a più alto reddito pro-capite, aventi un livello più o già elevato di soddisfacimento dei loro bisogni - e in alcuni campi. Si prenda ad esempio il caso del riscaldamento domestico: si suppone che la richiesta di ulteriori aumenti delle temperature invernali negli spazi chiusi, se non si è già arrestata, difficilmente comunque proseguirà molto oltre, anche se dovessero apparire - e diffondersi - caldaie o sistemi di coibentazione sempre più efficienti.

Ma in molti campi ciò risulta essere stato finora ben lungi dal verificarsi: le lampadine sono divenute più efficienti ma sono aumentati i punti di illuminazione artificiale; i motori sono divenuti più efficienti ma la dimensione media delle automobili è aumentata; i frigoriferi sono ora più voluminosi di un tempo; le aspirapolveri più potenti; e per ritornare al caso del riscaldamento, le abitazioni sono comunque diventate più grandi o è aumentato lo spazio abitato pro-capite.

E se anche l'aumento della richiesta di questi servizi energetici dovesse arrestarsi, nuovi modi di utilizzare i risparmi conseguiti grazie ai miglioramenti di efficienza potranno comunque continuare a manifestarsi. O appariranno proprio in virtù dell'esistenza di tali risparmi inoperosi.

Non tutti vedono gli stessi rapporti causa-effetto in questo complesso scenario. Da un

lato è possibile difatti vedere i due fatti - aumento di efficienza e aumento del consumo - come causalmente separati: per esempio, le lampadine sono più efficienti e, incidentalmente, sono contemporaneamente aumentati i punti di illuminazione artificiale.

Dall'altro lato è possibile vedere nei due fatti delle relazioni causa-effetto, ma che possono essere fra loro diametralmente opposte: le lampadine sono state rese più efficienti perché sono aumentati i punti di illuminazione artificiale; i punti di illuminazione artificiale sono aumentati perché le lampadine sono divenute più efficienti.

Risulta essere purtroppo assai arduo dimostrare inequivocabilmente la correttezza di una di queste ipotesi interpretative o l'infondatezza di un'altra. Ad ogni modo, non resta che constatare che non si intravedono segnali di una inversione duratura della tendenza generale all'aumento del consumo di risorse. Sia che gli aumenti di efficienza siano inefficaci in tal senso, sia che siano la causa di tale tendenza, l'effetto rimbalzo sembra suggerire la necessità di una revisione delle strategie di **mitigazione** dei problemi ambientali e di quelli legati all'esaurimento delle risorse che superi la centralità attualmente attribuita alla "strategia dell'efficienza".

Bibliografia

- Arrobbio O., Padovan D., (2018) "A vicious tenacity: the efficiency strategy confronted with the rebound effect". *Frontiers in Energy Research* 6, 114
- Hertwich E. G., (2005) "Consumption and the rebound effect: an industrial ecology perspective". *Journal of Industrial Ecology* 9(1-2), pp. 85-98.
- Jevons W. S., (1865) "The coal question: an inquiry concerning the Progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines". The Macmillan Company, London.
- Santarius T., Walnum H.J., Aall C. (2016) "Rethinking climate and energy policies. New perspectives on the rebound phenomenon". Springer, New York.

/Effetto serra/ Greenhouse Effect

ambito disciplinare
fisico
chimico
ambientale

autori
Claudio Cassardo
Marco Minella
Tommaso Orusa
Gianni Latini

L'**effetto serra** è un fenomeno climatico naturale che produce il riscaldamento del nostro intero pianeta ed è dovuto alla presenza di alcuni gas nell'**atmosfera** terrestre. In particolare modo, **diossido di carbonio** (o anidride carbonica - CO_2), metano (CH_4) e vapore acqueo (H_2O). Insieme ad altri (presenti in percentuali molto inferiori) tali gas vengono anche denominati **gas serra**.

Per comprendere il processo che determina l'effetto serra si deve tener presente, in primo luogo, che la radiazione solare che colpisce costantemente la Terra - che è sempre, in parte, illuminata dal Sole - viene in parte riflessa e in parte trattenuta dal sistema atmosfera-superficie (terre emerse e oceani).

Infatti, di tutta la radiazione solare incidente, una parte viene riflessa verso l'alto - in prima battuta dall'atmosfera (direttamente verso lo spazio esterno, da parte dei gas atmosferici e delle nubi) e dalla superficie terrestre - e una parte viene assorbita dalla superficie stessa. Parte di quest'ultima frazione assorbita,

viene successivamente riemessa dalla superficie verso l'alto sotto forma di radiazione infrarossa (IR), ossia di calore. Successivamente, a opera dei **gas serra**, una parte di questa radiazione infrarossa rimbalza nuovamente verso il basso, restando all'interno del sistema. In questo modo il calore del Pianeta non si disperde del tutto nello spazio e la temperatura media risulta adeguata allo sviluppo e alla sopravvivenza della vita. Questo processo è ben rappresentato nella figura, che riporta anche i valori in $W\ m^{-2}$ delle diverse componenti del "**bilancio energetico terrestre**", osservando come, da sinistra a destra, il flusso energetico entrante e proveniente dal Sole (circa $342\ W\ m^{-2}$) viene in parte riflesso e assorbito (in giallo) e poi riemesso e riassorbito (in rosso).

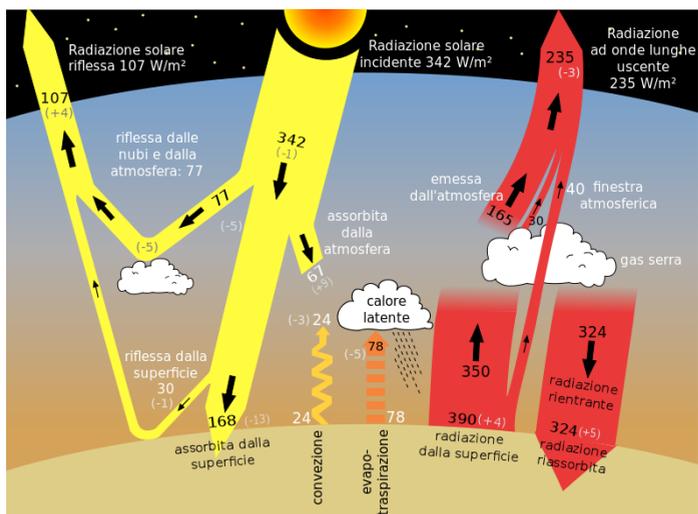
Questi **gas serra** svolgono quindi due importanti funzioni: ostacolano la fuoriuscita di una parte delle radiazioni infrarosse riflesse dalla Terra e filtrano le radiazioni solari più nocive per la salute umana e degli altri esseri viventi. Infatti, grazie all'effetto serra naturale la temperatura media sulla Terra si attesta in-

torno ai $15\ ^\circ C$ e il **clima** è ospitale per la vita. Senza questo fenomeno la temperatura media del nostro pianeta sarebbe di circa $-18\ ^\circ C$, molto inferiore al punto di congelamento dell'acqua; le condizioni ambientali sarebbero pertanto proibitive per gran parte delle specie viventi.

Dato tale funzionamento dell'effetto serra naturale risulta comprensibile come un accumulo di gas serra in atmosfera, dovuto in particolare alle emissioni di CO_2 e di metano da parte delle attività umane, possa alterarne l'equilibrio accentuando al capacità dei gas serra di riflettere verso il basso la radiazione infrarossa riemessa, dando origine al **riscaldamento globale** che si osserva attualmente. In questo caso si parla di effetto serra antropico.

Bibliografia

- Raval, Ameet, and Veerabhadran Ramanathan. "Observational determination of the greenhouse effect." *Nature* 342.6251 (1989): 758-761.
- Schneider, Stephen H. "The greenhouse effect: science and policy." *Science* 243.4892 (1989): 771-781.
- Wigley, Tom ML, and Sarah CB Raper. "Natural variability of the climate system and detection of the greenhouse effect." *Nature* 344.6264 (1990): 324-327.
- Nordhaus, William D. "To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect." *The economic journal* 101.407 (1991): 920-937.
- Lovreglio, R., and V. Leone. "Difesa dagli incendi boschivi e contenimento dell'effetto serra." *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology* 2.2 (2005): 160.



Componenti del bilancio energetico terrestre ed effetto serra. Fonte: NASA, Earth Observation System, traduzione italiana tratta da Wikipedia.

/Efficienza energetica/ Energy Efficiency

ambito disciplinare
energetico

autori
Andrea Tartaglino
Tommaso Orusa

L'**efficienza energetica** di un dato processo, trasformazione, servizio, può definirsi come il rapporto tra l'effetto utile ottenuto (o prestazione erogata) e l'**energia** immessa in ingresso.

Nel caso in cui l'effetto utile sia l'erogazione di energia, l'efficienza coincide con il rendimento della trasformazione associata, in base al primo principio della termodinamica.

Per miglioramento dell'efficienza energetica si intende un incremento dell'efficienza degli usi finali dell'energia, risultante da cambiamenti che possono essere sia tecnologici, sia comportamentali, sia economici.

L'impiego di soluzioni energeticamente efficienti consente di ottenere numerosi benefici:

- riduzione delle spese energetiche, con vantaggi diretti e indiretti (quali aumento di competitività per le imprese e mitigazione del rischio di povertà energetica per le famiglie);
- riduzione della domanda di energia globale del Paese, con minori importazioni e aumento della sicurezza energetica;
- un numero minore di infrastrutture a seguito di minor produzione e trasmissione di energia (meno centrali e linee di trasmissione e distribuzione);
- riduzione delle emissioni di gas serra, con benefici immediati sulla qualità dell'aria e sulla salute della popolazione;
- creazione di nuove filiere occupazionali nell'industria e nei servizi energetici.

Bibliografia

- Enea, Dipartimento Unità Per L'efficienza Energetica (2019) "Glossario Le Parole Dell'energia".
- Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 Ottobre 2012 sull'efficienza energetica, GUUE del 14/11/2012
- D., Cottafava, P., Gambino, M., Baricco, and A., Tartaglino, "Energy efficiency in a large university: the Unito experience". Sustainable Built Environment. Towards Post Carbon Cities, 92-101 (2016)

Legato all'efficienza energetica è il concetto di "risparmio energetico", che può essere definito come la quantità di energia risparmiata, determinata mediante una misurazione o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico (ad esempio la temperatura esterna nel caso di un intervento di miglioramento dell'efficienza energetica sull'impianto di riscaldamento).

/ El Niño - La Niña/

Vedi **Teleconnessioni**.

/ Emergenza climatica/

Vedi **Crisi climatica**./ Emozioni e cambiamenti climatici/
*Emotions and Climate Change*ambito disciplinare
psicologicoautori
Stefano Migliorisi
Giovanna Leone

Per comprendere il ruolo delle **emozioni** rispetto ai **cambiamenti climatici** occorre riflettere sulla relazione tra emozioni e razionalità. Tradizionalmente l'attivazione fisiologica (*arousal*) provocata dalle emozioni è stata temuta come un intralcio al pensare. Tuttavia, un'altra tradizione di studi di ispirazione darwiniana considera l'*arousal* come una prontezza a reagire a eventi critici (eventi emotigeni), esprimendo al contempo dei segnali di attivazione di fronte all'evento che si trasmettono in modo universale e innato ai co-specifici (*individui appartenenti alla stessa specie - N.d.C.*), sebbene adeguandosi, nel caso della specie umana, a regole di esibizione culturalmente definite. Inoltre nell'uomo si innesca anche una valutazione dell'evento e della propria reazione (*appraisal*) che regola la risposta innata (Matarazzo & Zammuner, 2009) verso un corso di azione talvolta anche molto diverso rispetto alla direzione originaria. Ciò accade sia per le emozioni di base (gioia, tristezza, paura, rabbia, disgusto e sorpresa) sia per le emozioni di autoconsapevolezza, innescate quando l'evento contiene informazioni positive (fierezza), o informazioni negative (imbarazzo, vergogna e/o colpa) per il Sé.

Ad esempio, la tendenza alla lotta, tipicamente innescata dalla rabbia, può essere disattivata da *appraisals* quali: "Perché io dovrei lottare se gli altri non fanno nulla per cambiare le cose?". Anche la valutazione di essere vittimizzati da chi non agisce responsabilmente per ridurre il cambiamento climatico può fare da barriera all'azione di autodifesa innescata dalla paura. L'*appraisal* adottato nega, infatti, l'importanza della responsabilità personale, che appare irrilevante. In altri casi, l'*appraisal* può invece rafforzare la tendenza reattiva suggerita dall'*arousal* emotivo. Se, ad esempio, l'impegno per la riduzione del **rischio** climatico viene

valutato come un comportamento moralmente positivo per sé, per gli altri e per le generazioni future, viene innescata l'emozione di autoconsapevolezza morale della fierezza che, se l'azione è collettiva, nasce anche dalle azioni dei gruppi di cui ci si sente parte.

Solo di recente, la ricerca psicologica ha iniziato a esplorare il ruolo di tali emozioni di autoconsapevolezza morale nel contesto del comportamento ambientale (Harth, Leach & Kessler, 2013). Mallett (2012), per esempio, ha definito l'**eco-colpa** come la «colpa che nasce quando le persone pensano alle volte in cui non hanno rispettato gli standard personali o sociali riguardo ai comportamenti ambientali» (p. 223). L'eco-colpa è stata, successivamente, collegata a intenzioni comportamentali rispettose verso l'ambiente e al supporto per gruppi pro-ambientali. Nel complesso, le ricerche suggeriscono che le emozioni morali negative (come la colpa e la vergogna) potrebbero motivare **comportamenti pro-ambientali**. Tuttavia, allo stesso tempo, queste emozioni possono implicare il rischio di reazioni avverse, di nuovo a ragione del tipo di *appraisal* che le sostiene. Ad esempio, la vergogna, se legata ad un senso di inferiorità nella valutazione del possibile impatto della propria azione, può portare a reazioni come il ritiro o la **negazione** del problema. Allo stesso modo, se durante la comunicazione dei problemi climatici viene minacciato lo status morale del proprio gruppo, possono verificarsi reazioni di evitamento difensivo dell'argomento. Tuttavia, è

possibile aggirare queste reazioni indesiderate evitando di dire agli individui cosa dovrebbero fare in risposta (cioè senza implicare direttamente un imperativo o una minaccia morale). In questo caso, le emozioni morali possono, infatti, svolgere un ruolo positivo nella scelta di compiere comportamenti pro-ambientali.

In sintesi, la riflessione sul ruolo delle emozioni nel fronteggiamento della crisi climatica può servire a due scopi: favorire una conoscenza più approfondita dell'impatto morale del cambiamento climatico, facilitando l'empatia con le sue vittime e sottolineando l'impegno di **giustizia** verso le generazioni future, e fornire una motivazione all'azione maggiore rispetto alla conoscenza puramente razionale e astratta dei cambiamenti climatici.

Bibliografia

- Harth N.S., Leach, C. W. & Kessler, T. (2013). "Are we responsible? Guilt, anger, and pride about environmental damage and protection". *J Environ Psychol* 34:18-26.
- Mallett, R. K. (2012). "Eco-guilt motivates eco-friendly behavior". *Ecopsychology* 4:223-231.
- Matarazzo, O., & Zammuner, V. (2009). "La regolazione delle emozioni" (pp. 1-229). Bologna, Il Mulino.
- Ferguson, M. A. & Branscombe, N. R. (2010). "Collective guilt mediates the effect of beliefs about global warming on willingness to engage in mitigation behavior". *J Environ Psychol* 30:135-142.
- Rees, J. H., Klug, S., & Bamberg, S. (2015). "Guilty conscience: motivating pro-environmental behavior by inducing negative moral emotions". *Climatic Change*, 130(3), 439-452.

ambito disciplinare

fisico

autori

Andrea Tartaglino

Tommaso Orusa

Dal punto di vista fisico l'**energia** è la capacità di un sistema di compiere lavoro; non si crea né si distrugge ma si trasforma. L'unità di misura dell'energia è il joule (simbolo: J), chiamata così in onore di James Prescott Joule e dei suoi esperimenti sull'equivalente meccanico del calore.

Un joule equivale a 1 Newton x 1 Metro.

La parola energia deriva dal tardo latino "energīa", a sua volta dal greco "energheia", usata da Aristotele nel senso di azione efficace, composta da "en" particella intensiva, ed "ergon", capacità di agire. L'energia esiste in varie forme, ognuna delle quali possiede una propria equazione. Alcune delle più comuni forme di energia sono le seguenti: meccanica, cinetica, potenziale, termica, elettrica, chimica, nucleare.

La principale forma di energia che viene trasformata dal sistema terrestre è quella del Sole che, a sua volta, trasforma l'energia proveniente dall'idrogeno, di cui è composto, in energia radiante e luminosa attraverso processi di fusione nucleare e processi di emissione verso lo spazio esterno. L'energia solare accumulata dalle piante e dagli animali nelle trasformazioni di fissazione del carbonio si è depositata nelle ere geologiche in giacimenti fossili di carbone, gas naturale e petrolio. L'uso indiscriminato di energia da fonte fossile, accumulata in milioni di anni mediante processi lentissimi e non replicabili, sta portando a un rapido e inarrestabile depauperamento delle risorse con la conseguenza che i giacimenti di petrolio potrebbero esaurirsi completamente in un prossimo futuro. Inoltre la **combustione** dei **combustibili fossili** produce **diossido di carbonio** che immessa nell'ambiente aumenta l'**effetto serra**, provocando un incremento costante della temperatura media globale del Pianeta e conseguenze disastrose nel lungo periodo.

Nel duplice tentativo di migliorare le condizioni ambientali del Pianeta e di far fronte alla ormai imminente scarsità dei combustibili fossili, si stanno sperimentando con discreto successo fonti alternative di energia, pulite e inesauribili. Tali **fonti rinnovabili** si basano sull'energia solare, sull'energia termica contenuta all'interno della Terra e sull'energia gravitazionale accumulata dai movimenti del Pianeta. Di origine solare sono molte forme di energia rinnovabile: gli ac-

cumuli d'acqua per produrre energia idroelettrica (in quota l'acqua arriva grazie ai moti convettivi dell'**atmosfera**, originati dalla radiazione solare, e alle successive precipitazioni), il vento per l'energia eolica, l'irraggiamento per l'energia fotovoltaica, solare termica e termodinamica e, per il tramite della fotosintesi clorofilliana, energia dalle biomasse.

Dal calore contenuto all'interno della Terra è possibile produrre energia geotermica. Sfruttando l'energia gravitazionale (interazione Terra-Luna) è possibile produrre energia dalle maree. Un'altra fonte di energia pulita, ancora in fase di studio, è quella derivante dalla fusione dell'idrogeno, ma gli sviluppi applicativi ancora appaiono lontani.

Con l'obiettivo di ridurre l'effetto serra, molti stati hanno siglato vari accordi, impegnandosi almeno formalmente a finanziare la ricerca e lo sviluppo delle energie rinnovabili.

//

ambito disciplinare
Sociologico
autore
Dario Padovan

Il nostro "vivere insieme" è profondamente radicato e organizzato attorno a grandi concentrazioni di **energia** e materie prime che supportano e assorbono volumi crescenti di attività. Anche le civiltà o le culture dell'umanità possono essere considerate una forma o un'organizzazione di energia.

Questa osservazione, secondo cui le società o le "forme di esistenza umana" sono organizzazioni o forme di energia potrebbe sembrare banale; tuttavia ha conseguenze radicali per la teoria sociale e per una nuova lettura delle dinamiche in corso del capitalismo globale.

L'economia globale dipende dall'energia ai fini della creazione di valore, della massimizzazione del profitto e dell'accumulazione di capitale, tuttavia questo regime materiale ed energetico sembra essere completamente, e sempre più, insostenibile.

L'orizzonte che emerge a causa della crisi ecologica causata principalmente dall'uso di energia da combustibili fossili (da cui: cambiamenti climatici, alterazione del ciclo dell'azoto e del carbonio, riduzione della **biodiversità**, picco dell'energia fossile, picco delle materie prime) presenta elementi cruciali e problematici per la dinamica del sistema terrestre, per il sistema ecologico globale e per l'accumulazione capitalista globale.

L'aumento del consumo di energia fossile per produrre i beni genera i gas climalteranti che mettono in moto il cambiamento climatico. Questo aumento ha diverse cause: l'aumento della produzione di beni, l'aumento della produttività del lavoro umano, l'aumento della produttività dei terreni agricoli, l'aumento della mobilità globale e dei mezzi di mobilità delle persone e delle merci (auto, aerei, treni, navi).

/Environmental Humanities and Climate Change/ Studi umanistici ambientali e cambiamenti climatici

ambito disciplinare
environmental
humanities
(studi umanistici
ambientali)

autrice
Daniela Fargione

Le **Environmental Humanities (EH)** o **Studi umanistici ambientali** sono un campo di studi interdisciplinare molto ampio che si è originato in Australia agli inizi degli anni 2000, in concomitanza con l'emergere del concetto di **"Antropocene"** e che ora è in rapida espansione in tutto il mondo. Sotto lo stesso ombrello concettuale troviamo un ampio ventaglio di discipline umanistiche - ecocritica, geografia culturale, linguistica, storia e filosofia ambientali, studi di genere e media, ecc. - raggruppate con l'intento di promuovere un dialogo tra vari approcci e metodi di ricerca nel tentativo di rispondere alle diverse sfide ambientali globali.

È ormai evidente che le cosiddette "scienze dure" da sole non sono in grado di affrontare le problematiche ambientali più cogenti. Risulta necessaria, pertanto, una vera e propria rivalutazione del ruolo degli studi umanistici, capaci di promuovere ambiti di ricerca innovativi e favorire una mappatura di terreni comuni alle scienze all'interno di orizzonti globali. Recenti narrazioni e rappresentazioni artistiche hanno messo in evidenza l'intersezionalità degli studi umanistici, economici e politici applicati ai **cambiamenti climatici**, dimostrando come le discipline umanistiche non siano più limitate a singole prospettive e modelli culturali, bensì coinvolte in un sistema complesso di pollinazione incrociata. La *conditio sine qua non* delle EH, pertanto, è la ri-concettualizzazione dell'umano e di tutte quelle pratiche che più volte nella Storia si sono declinate secondo modalità di dominio sulla natura e sulle risorse naturali. Studi innovativi di antropologia umana e animale, per esempio, hanno contribuito ad analizzare le relazioni interspecie. Il falso "eccezionalismo" umano, nato dal presupposto che gli esseri umani possano sussistere da soli, ha perpetuato per secoli la falsa dicotomia di natura e cultura, alimentando un'ideologia imperialistica del Pianeta.

Solo attraverso un metodo discorsivo e critico non antropocentrico e con nuove forme di *network* globali si potranno generare alleanze e favorire prassi ecologiche sostenibili, ovvero una partecipazione attiva di tutti gli agenti della società attraverso una presa di coscienza - materiale e simbolica - che il nostro pianeta è uno spazio domestico, un *oikos* naturale pervaso da forze più che umane che agiscono insieme all'elemento umano in varie forme di interdipendenza.

Bibliografia

- Daniela Fargione e Carmen Concilio (a cura di), "Antroposcenari. Storie, paesaggi, ecologie". Bologna: Il Mulino, Percorsi, 2017.
- Deborah Bird Rose, et al., "Thinking Through the Environment, Unsettling the Humanities" *Environmental Humanities*, 2012, 1 (1): 1-5.
- Ursula K. Heise, Jon Christensen, Michelle Niemann (a cura di), "The Routledge Companion to the Environmental Humanities", New York: Routledge 2017.

/Esposizione/ Exposure

ambito disciplinare
ambientale

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariello

Questo lemma rappresenta e valuta la condizione di quegli elementi potenzialmente soggetti a **impatti** negativi, perché situati in aree di **pericolo** climatico.

Gli elementi esposti ai pericoli possono essere persone, infrastrutture, edifici, ecosistemi, specie, servizi e risorse sociali, economiche e culturali.

L'**esposizione** è dinamica, poiché varia attraverso diverse scale temporali e spaziali, e dipende da fattori economici, sociali, culturali, demografici, istituzionali e ambientali che caratterizzano un determinato sistema esposto.

L'esposizione è una determinante necessaria di **rischio**, ma non sufficiente, poiché è possibile essere esposti ma non vulnerabili (per esempio vivendo in un'area a pericolo alluvionale ma avere i mezzi per modificare la struttura degli edifici per mitigare le potenziali perdite).

Ciò nonostante, per essere vulnerabile a un **evento estremo**, è necessario che il sistema sia anche esposto.

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- CMCC, 2017. "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica". Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): Italy.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: "Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction"; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

/Esternalità ambientali/ Environmental Externalities

ambito disciplinare
economico

autrice
Silvana Palmazzone

Un'**esternalità** ha luogo quando la decisione di **produzione** o di **consumo** di un agente influenza l'utilità di un altro agente in modo non intenzionale, e la parte che subisce l'effetto non ha legalmente diritto a ricevere alcun risarcimento da chi l'ha generato, se l'effetto è negativo, né è tenuto a ricompensare la fonte, se l'effetto ricevuto è positivo.

Dunque una violazione di legge non genera un'esternalità negativa

(può essere punita, imponendo un costo al responsabile dell'azione, e dà diritto a un risarcimento a chi ne subisce danno). Un'esternalità negativa, o diseconomia esterna, può essere generata da attività di produzione (esempio tipico è l'inquinamento industriale) ma anche da attività di consumo (come il contributo degli automobilisti all'**inquinamento atmosferico** e al traffico, il fumo passivo, l'inquinamento acustico prodotto da musica ad alto volume, il danno prodotto ai fondali dalle imbarcazioni turistiche). Lo stesso vale per le esternalità positive: le api di un apicoltore inducono un aumento di produttività nel frutteto del vicino agricoltore; vaccinandosi un individuo produce esternalità positive per i non vaccinati sotto forma di riduzione del rischio di contagio.

In presenza di esternalità negative gli agenti economici non sostengono l'intero costo delle loro azioni: il responsabile di un'impresa fonte di emissioni inquinanti, ad esempio, prenderà decisioni considerando i propri costi privati e le proprie opportunità di profitto, e non i costi indiretti imposti sulla collettività. Il costo sociale di quell'attività, in altre parole, sarà maggiore del costo privato. Di conseguenza, l'attività che genera un costo esterno verrà portata a un livello superiore a quanto sarebbe socialmente efficiente – un cosiddetto “fallimento del mercato”. Analogamente, in presenza di esternalità positive gli agenti non sono in grado di appropriarsi per intero dei benefici delle proprie azioni, e dunque non portano la loro attività sino al livello efficiente dal punto di vista collettivo. Per questo l'esistenza di esternalità è una delle tipiche ragioni che giustificano forme di intervento pubblico. Le esternalità hanno luogo tipicamente in situazioni in cui i diritti di proprietà non sono ben definiti. Gli oceani, l'**atmosfera**, lo spettro acustico non sono proprietà privata di nessuno, e dunque è possibile inquinarli senza

incorrere in una denuncia o una richiesta di risarcimento – come invece accade quando viene danneggiata una proprietà altrui (*sul tema, si veda anche la voce “Climate Commons” – N.d.C.*).

L'intervento dei governi può prendere la forma di azioni per rendere più completa la definizione dei diritti di proprietà, ad esempio privatizzando determinate risorse o definendo tramite strumenti normativi quali azioni siano legittime e quali no. Una definizione meno incerta dei diritti di proprietà facilita l'internalizzazione delle esternalità tramite processi di “contrattazione spontanea” fra le parti coinvolte, soprattutto se queste ultime sono facilmente identificabili e non troppo numerose, dispongono di un sufficiente livello di informazione e di potere contrattuale non troppo dissimile. Sotto queste condizioni, Coase (1960) dimostrò che la negoziazione fra gli agenti economici coinvolti è in grado di ristabilire un risultato efficiente indipendentemente da quale allocazione iniziale dei diritti di proprietà venga preferita.

Quando queste condizioni non sono verificate e dunque i costi di transazione sono significativi, l'intervento pubblico assume generalmente forme più dirette, come l'introduzione di normative o delle cosiddette “tasse pigouviane”, dall'economista britannico Arthur Pigou che nel 1920 suggerì l'introduzione di una tassa che facesse gravare sugli inquinatori il costo inferto alla collettività. Simmetricamente, le attività che generano esternalità positive andrebbero sussidiate per un ammontare pari al beneficio che esse apportano alla collettività. Internalizzando l'esternalità, una tassa pigouviana induce un cambiamento nei comportamenti individuali, portando il meccanismo di mercato a produrre il risultato socialmente efficiente.

Le situazioni in cui l'internalizzazione delle esternalità diventa in assoluto più comples-

sa sono quelle in cui nemmeno il governo ha titolo a intervenire, come accade di fronte a fenomeni di inquinamento internazionale o globale. Laddove gli effetti travalicano le giurisdizioni nazionali occorrono meccanismi di cooperazione internazionale (ad esempio accordi per il controllo dell'inquinamento atmosferico transfrontaliero) o, come nel caso delle politiche necessarie per internalizzare le esternalità prodotte dalle emissioni di gas *ozone-depleting* (riduttori dell'**ozono**) o climalteranti, accordi e meccanismi di implementazione su scala globale.

Bibliografia

- Coase, R. (1960), "The Problem of Social Cost", *Journal of Law and Economics*, vol. 3(1), 1-44.
- Perman R., Ma Y., Common M., Maddison D., McGilvrey J. (2011), "Natural Resource and Environmental Economics, 4th edition". Harlow: Pearson Education, \$4.10.
- Pigou, A. C., 1920, "The Economics of Welfare". London: Macmillan.

/Estinzione e cambiamenti climatici/ *Extinction and Climate Change*

ambito disciplinare
environmental
humanities

autrice
Daniela Fargione

L'**estinzione** è un processo evolutivo che implica la scomparsa di una determinata specie di organismo vivente e del suo patrimonio genetico.

Nel processo di adattamento si pone in netto contrasto con la "speciazione", l'emergenza di una nuova specie, sicché non risulta difficile cogliere la stretta correlazione con la **biodiversità**.

Assodata nella prima metà del XIX secolo e supportata da prove fornite dalla teoria evuzionistica e da discipline quali la geologia e la paleontologia, l'estinzione di massa si è già manifestata cinque volte nella storia del Pianeta, distruggendo tra il 70 e il 95% di specie vegetali, animali e microorganismi. La più recente è avvenuta 66 milioni di anni fa e ha provocato la scomparsa del dinosauro.

Ogni volta che una specie si estingue, non solo si perde anche un'ampia gamma di altri elementi – dai geni alle interazioni con fenotipi – ma un intero ecosistema ne è intaccato.

Ecco perché l'antropologa Anna Tsing sostiene che i venti dell'**Antropocene** siano "spettrali": portano con sé segni e vestigia di uno stile di vita passato che si ripercuote nel presente, condizionando scelte e comportamenti. Sono venti che soffiano su spazi intricati di forme e vite alle quali si è dato il nome di "paesaggi" e che incitano alla dimenticanza, ovvero alla licenza concessa a pochi beneficiari di fingere, nel nome di un guadagno individuale e del tutto effimero, che la devastazione ambientale sia solo un'invenzione moderna. Sicché, se la lusinga di profitti immediati induce a ignorare la storia, è forse proprio il recupero di quei molteplici passati – i "fantasmi", appunto, di Anna Tsing – a offrire qualche opportunità di riflessio-

ne. Si pensi, per citare un semplice esempio, al paesaggio spettrale fornito da quelle piante che hanno perso i propri compagni (insetti o piccoli roditori) il cui compito, in una stretta interazione biologica, consisteva nella pollinazione o nella dispersione di semi fertili. Quella mancanza, che narra tragicamente di un'estinzione e dei suoi effetti indesiderati, influisce su tutto un ecosistema, a sua volta costituito da creature imbrigliate in relazioni e intrichi complessi, trasformandosi così in un fenomeno tanto locale quanto globale.

Secondo Thom van Dooren, sebbene susciti un tiepido interesse al momento, l'estinzione è destinata ad acquisire una posizione di centralità nei dibattiti dell'Antropocene. Ciò che sappiamo con certezza è che la **deforestazione**, l'uso indiscriminato di nuove sostanze chimiche e l'emissione di tossine, lo sfruttamento del suolo, l'**aumento demografico** e la sovrappopolazione, la caccia, l'impatto sempre più diretto di disastri ambientali dovuti ai **cambiamenti climatici** sono solo alcune delle cause più comuni di quello che per alcuni è già l'inizio della sesta estinzione (Klein 2014, Kolbert 2014): «Questa volta,» afferma la giornalista del *New York Times* Elizabeth Kolbert, «gli asteroidi siamo noi», e l'attuale estinzione che stiamo già attraversando potrebbe rivelarsi la minaccia ambientale più seria nella storia dell'umanità per via di un elemento nuovo: la sua irreversibilità. Il rischio di estinzione diventa una minaccia sempre più seria, ma è evidente che le azioni adottate per sensibilizzare l'opinione pubblica sul tema della **crisi climatica** sono state finora fallimentari. Ecco perché alcuni movimenti ambientalisti radicali come *Extinction rebellion* – nato nel Regno Unito nel 2018, oggi presente in 28 paesi e facilmente riconoscibile dal simbolo della clessidra inscritta un cerchio a ricordare che il tempo stringe – sono convinti che l'unica strategia efficace sia ribellarsi all'inevitabilità dell'estinzione

mettendo in atto azioni di protesta pacifica. Interessante pensare che l'ispiratore del movimento sia il noto scrittore statunitense H.D. Thoreau con il suo saggio *La disobbedienza civile* che nella storia ha ispirato personaggi illustri: da Gandhi a Martin Luther King. Anche oggi la letteratura e le altre arti – dal romanzo *La strada* (2006) di Cormac McCarthy alla serie *Mad Max* al cinema, fino alle svariate espressioni culturali incluse le serie TV, la musica e i videogames – hanno contribuito (e non sempre senza una discutibile indulgenza nei confronti di un sentimento di panico o di compianto nostalgico, o persino di eccentricità transumanista) non solo a denunciare un comportamento predatorio tutto umano, ma anche a immaginare un'umanità globale potenzialmente capace di organizzarsi e di implementare una nuova visione multispecie, a patto di saper decifrare le storie e i simboli di tutte le creature in pericolo (Heise 2016).

Bibliografia

- Elmore, Jonathan (ed.), 2020, "Fiction and the Sixth Mass Extinction: Narrative in an Era of Loss". Lexington Books, Boulder, New York, London.
- Heise, Ursula, 2016. "Imagining Extinction: The Cultural Meanings of Endangered Species". University of Chicago Press, Chicago, IL, U.S.A.
- Klein N., 2014, "This Changes Everything". Capitalism Vs. the Climate, Penguin, London.
- Kolbert E., 2014, "The Sixth Extinction: An Unnatural History", Bloomsbury, London.
- Tsing A. et al. (eds.), 2017, "Arts of Living on a Damaged Planet: Ghosts of the Anthropocene", University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Van Dooren T., 2014, "Flight Ways: Life and Loss at the Edge of Extinction", Columbia University Press, New York.

/Evento meteorologico estremo/ Meteorological Extreme Event

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Tommaso Orusa

Gli **eventi meteorologici estremi** sono condizioni che si discostano dalle caratteristiche medie tipiche di un certo luogo e possono interessare in misura variabile il sistema socio-economico, quello fisico e biologico.

Nonostante esistano varie descrizioni possibili di evento meteorologico estremo, esso può essere definito come un valore meteorologico molto grande o molto piccolo che si realizza raramente.

Secondo l'**IPCC** (2001, p.790), all'interno della sua distribuzione esso è più raro del suo 10° o 90° percentile (*il percentile è una misura usata in statistica per raffrontare una o più caratteristiche di un elemento in rapporto a quelle degli altri elementi dello stesso insieme; esso viene solitamente usato per definire ciò che è "normale" e ciò che è "anomalo" - N.d.C.*).

L'evento meteorologico estremo battezzato "tempesta di Vaia" nell'autunno 2018 ha colpito le Alpi centro orientali provocando migliaia di ettari di schianti da vento nei boschi di Veneto, Trentino Alto Adige, Lombardia e Friuli Venezia Giulia, tra cui anche il mitico bosco dei violini di Stradivari.
Fonte: Società Italiana di Selvicoltura ed Ecologia Forestale (sisef.org).



Bibliografia

- Easterling, G. A. Meehl, C. Parmesan, S. A. Changnon, T. R. Karl, and L. O. Mearns, (2000). "Climate extremes: Observations, modeling and impacts". *Science*, 289:2068-2074.
- IPCC, 2001. "Climate Change 2001: The Scientific Basis". Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Edited by J. T. Houghton et al. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Wisner, B., P. Blaikie, T. Cannon, and I. Davis. (2004). "At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters". 2nd edition. New York: Routledge.

Inoltre, generalmente l'evento estremo è collegato a notevoli danni economico-sociali (Easterling et al., 2000). Ne sono esempi: i picchi di temperatura o le **ondate** estreme **di calore**, gli uragani/tifoni, le tempeste di vento e le precipitazioni estremamente intense.

Sebbene la loro intensità e frequenza siano cresciute nel tempo (Wisner et al., 2004), data la loro rarità è difficile studiarli e prevederli anche se a oggi vi sono numerose ricerche attive in proposito.

Evidenze dei cambiamenti climatici/ Evidences of Climate Change

*ambito disciplinare
ambientale
fisico
geografico*

*autori
Marco Bagliani
Tommaso Orusa*

Le osservazioni del **sistema climatico** si basano sulle misurazioni dirette e negli ultimi decenni anche sul telerilevamento da satelliti e altre piattaforme. Le ricostruzioni **paleoclimatiche** con *proxy data* permettono di ricostruire dati climatici fino a centinaia di milioni di anni fa. Presi nel loro complesso, questi dati forniscono una panoramica completa ed esauriente della variabilità e dei cambiamenti a lungo termine nelle differenti **componenti del sistema climatico**.

Per meglio capire come i forzanti sia naturali sia antropici possano agire sul sistema climatico, determinando variazioni, i ricercatori utilizzano ad esempio serie storiche di variabili meteorologiche come temperatura, precipitazione, così come altre grandezze fisiche, definendone quantitativamente l'andamento nel tempo.

A livello tecnico si svolgono due tipi di analisi (Bagliani et al., 2019):

- a) *Rilevazione (detection)*: concerne il processo di individuazione di variazione statistica nelle variabili del sistema climatico. L'operazione di rilevazione non mira ad accertare quale sia la causa del cambiamento, ma unicamente a stabilire, in modo scientifico, l'esistenza di variazioni statisticamente significative di uno o più componenti del sistema climatico. Sono identificati come variazioni unicamente quelle che hanno una bassa probabilità di verificarsi per caso, a causa della sola variabilità interna.
- b) *Attribuzione (attribution)*: concerne lo studio delle cause dei **cambiamenti climatici** evidenziati mediante la fase di rilevazione. Questa analisi prende in considerazione tutti i forzanti che possono aver giocato un ruolo significativo nella variazione climatica oggetto di studio. Tale fase unisce, all'analisi statistica, la conoscenza fisica dei diversi forzanti, consentendo di determinare quali tra essi sono intervenuti, e quali sono i contributi relativi e la loro confidenza statistica.

In questi ultimi anni vi sono state molte analisi che, in modo indipendente, hanno rilevato importanti cambiamenti nel sistema climatico, che riguardano numerosi aspetti e componenti. Da questo ampio corpus di studi emerge che il riscaldamento globale è "inequivocabile" e che «dalle profondità oceaniche fino alla cima della troposfera, l'evidenza di aria ed oceani più caldi e di ghiaccio che fonde e di mari che si innalzano, tutto punta inequivocabilmente

te ad un fatto: il mondo si è riscaldato dalla fine del XIX secolo» (Hartmann et al. 2013, 188). La figura proposta, ripresa da (Hartmann et al. 2013, 161) mostra l'evoluzione temporale di dieci grandezze fisiche che evidenziano, in modo totalmente concorde l'esistenza e la gravità del **riscaldamento globale**. Parallelamente, sul fronte dell'attribuzione, le ricerche hanno evidenziato che: «è estremamente probabile che le attività umane abbiano causato più della metà dell'aumento osservato della temperatura superficiale media globale dal 1951 al 2010» (Bindoff et al. 2013, 869). Si noti come con le locuzioni «virtualmente certo» ed «estremamente probabile» fanno parte del gergo tecnico e indicano, rispettivamente, probabilità pari al 99% e il 95%.

Le variazioni fisiche indotte dal riscaldamento globale riguardano molti ambiti del sistema climatico. I cambiamenti più importanti sono quelli qui di seguito elencati.

Energia. A partire dal 1970 circa, l'aumento dei forzanti antropici (soprattutto emissioni di **gas serra** climalteranti e variazioni d'**uso del suolo**) hanno provocato una diminuzione della radiazione infrarossa in uscita, causando un grande aumento dell'energia all'interno del sistema e un conseguente progressivo innalzamento della temperatura. Dal 1971 al 2010 il "sistema Terra" ha accumulato una quantità di energia pari a $274 \pm 78 \cdot 10^{21}$ Joule (mille miliardi di miliardi di Joule) (Rhein et al. 2013, 265). Si tratta di un surplus energetico immenso che è stato assorbito per il 93% dall'oceano, il 3% dalla criosfera, un altro 3% dalle terre emerse e il restante 1% dall'atmosfera.

L'**atmosfera** ha subito nell'ultimo secolo un aumento consistente della temperatura. La comunità scientifica «è certa che la temperatura superficiale media globale è aumentata dalla fine del XIX secolo. I valori del riscaldamento sono pari a $0,85 \pm 0,2$ °C nel periodo 1880-2012 e $0,72 \pm 0,2$ °C nel periodo 1951-2012»

(Hartmann et al. 2013, 161).

Oceani. A causa della loro enorme massa le variazioni di temperatura dell'**idrosfera** sono state di minore entità rispetto a quelle dell'atmosfera ma non meno significative: bisogna infatti ricordare che gli oceani hanno assorbito la maggior parte dell'energia in eccesso accumulata nel sistema Terra. La comunità scientifica, in modo concorde afferma che «è virtualmente certo che lo strato superiore dell'oceano (da 0 a 700 m) si è globalmente riscaldato dal 1971 al 2010 ed è probabile che questo riscaldamento sia iniziato già a partire dal 1870. Il tasso di aumento della temperatura è pari a $0,11 \pm 0,2$ °C per decennio nei 75 m superiori e diminuisce progressivamente con la profondità, arrivando a valori $0,015$ °C per decennio a 700 m.» (Rhein et al. 2013, 257, 262).

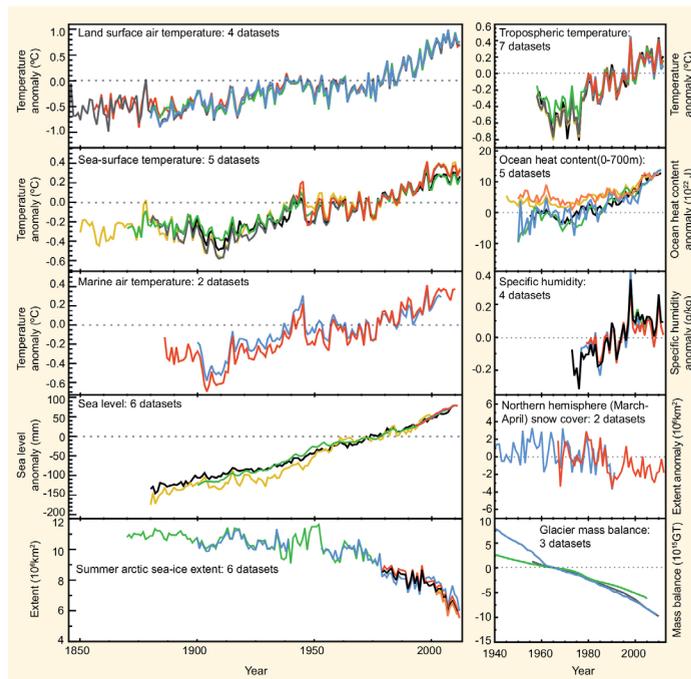
Il riscaldamento agisce anche sul livello medio globale del mare, che ha subito un progressivo innalzamento a causa dell'apporto di nuova acqua derivante dalla fusione della criosfera e della dilatazione termica dell'acqua all'interno dell'oceano. La comunità scientifica afferma in modo concorde che «il livello del mare globale è aumentato di $0,19 \pm 0,2$ m nel periodo 1901 - 2010, ed è molto probabile che il tasso medio di innalzamento sia progressivamente accelerato per arrivare al valore di $3,2 \pm 0,4$ mm/anno tra il 1993 e il 2010» (Rhein et al. 2013, 257, 262).

La **criosfera** ha assorbito circa il 3% dell'energia in eccesso nel sistema Terra dal 1971 al 2010, con notevoli conseguenze. Numerosi studi evidenziano che la calotta glaciale della Groenlandia ha subito una diminuzione di massa tra il 1993 e il 2013, con una confidenza molto elevata, e che anche quella dell'Antartide ha perso massa glaciale, con alto grado di confidenza; *su questi fenomeni si rimanda alle relative voci sulla **perdita** delle due calotte - N.d.C.*

Anche i ghiacciai di montagna sono caratterizzati da grandi diminuzioni delle proprie masse: a livello mondiale sono già scomparsi oltre 600 di essi e per i rimanenti, vi è una confidenza molto alta che quasi tutti gli altri si sono ridotti. Anche senza un ulteriore riscaldamento è probabile che molti altri ghiacciai siano destinati a scomparire (Vaughan et al. 2013, 319, 340).

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, teorie". Bologna, Il Mulino, 2019.
- Bindoff, Nathaniel L., et al. "Detection and attribution of climate change: from global to regional." (2013)
- Crowley, Thomas J. "Causes of climate change over the past 1000 years." *Science* 289.5477 (2000): 270-277.
- Fisher, Anthony C., et al. "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather: comment." *American Economic Review* 102.7 (2012): 3749-60.
- Hartmann, Dennis L., et al. "Observations: atmosphere and surface." *Climate change 2013 the physical science basis: Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge University Press, 2013. 159-254.
- IPCC, 2013: "Summary for Policymakers." In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Rhein, Monika, et al. "Observations: ocean." *Climate change* (2013): 255-316.
- Stott, Peter A., et al. "Detection and attribution of climate change: a regional perspective." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1.2 (2010): 192-211.
- Vaughan, David G., et al. "Observations: cryosphere." *Climate change* (2013): 317-382.
- Wolff, Eric. "Climate Change: Evidence and Causes." *School Science Review* 96.354 (2014): 17-23.



La figura mostra gli andamenti di 10 indicatori indipendenti di un clima globale in evoluzione. Nella colonne di sinistra e di destra, rispettivamente, sono riportati, dall'alto verso il basso:

Temperatura superficiale dell'aria sulla terraferma	Temperatura della Troposfera
Temperatura superficiale degli oceani	Contenuto di calore degli oceani (tra gli 0 e i 700 m)
Temperatura dell'aria sul mare	Umidità specifica dell'aria
Livello del mare	Copertura nevosa (tra marzo e aprile) nell'emisfero nord
Estensione estiva del ghiaccio marino artico	Bilancio di massa dei ghiacciai montani

Ogni linea rappresenta una stima derivata in modo indipendente del cambiamento del clima. In ogni grafico sono riportati differenti serie di dati (datasets) normalizzati a un periodo di registrazione comune.

Fonte: IPCC, 2013 "Summary for Policymakers" (si veda la bibliografia).

LESSICO NUVOLE

le parole del cambiamento climatico



Soprattutto nella tecnologia
abbiamo bisogno di
cambiamenti rivoluzionari,
non di incrementare
l'esistente.



LARRY PAGE

Fondatore di Google.
Intervista sull'Huffington Post

Fenologia e cambiamenti climatici/ Phenology and climate change

ambito disciplinare
ambientale
geomatico

autori
Enrico Borgagno
Mondino
Tommaso Orusa

La **fenologia** definisce le relazioni tra fattori meteo/climatici (temperatura, umidità, fotoperiodo, ecc.) e manifestazioni stagionali proprie del processo vegetativo di una pianta: germogliazione, fioritura, maturazione dei frutti, comparsa e abscissione (caduta) delle foglie, ecc.

La possibilità di descrivere la distribuzione spazio-temporale della fenologia può irrobustire i processi conoscitivi relativi agli effetti dei **cambiamenti climatici**, soprattutto laddove essa venga espressa da sistemi naturali non gestiti; una certa importanza tuttavia riveste anche in agricoltura, allevamento (erbe dei pascoli, epoca di fioritura per le api) e medicina (epoca di emissione dei pollini che determinano la pollinosi). La caratterizzazione fenologica richiede il monitoraggio continuato, per anni e nella stessa località, di singole specie di interesse (fenoidi) o di interi popolamenti (sistemi complessi, generalmente misti e in equilibrio, detti cenosi). La fenologia dei fenoidi non può che essere condotta a terra a livello di singolo individuo vegetale. La fenologia delle cenosi, invece, riferisce di un comportamento medio espresso da gruppi vegetati aggregati. In tale situazione, evidenze fenologiche "medie", come ad esempio la comparsa e la caduta delle foglie, il massimo vigore vegetativo, la fioritura prevalente, la durata della stagione vegetativa ecc., possono essere descritte da remoto avvalendosi di tecniche di telerilevamento (vedi "Dati satellitari"). L'analisi è in questo caso condotta avvalendosi dei cosiddetti **indici spettrali**, cioè formulazioni matematiche, più o meno complesse, costruite attorno ai valori di riflettività espressa dalle superfici e registrate dai sensori ottici passivi. Tra questi, il più noto per la vegetazione e spesso efficace (al netto di alcune situazioni limite) è il **Normalized Differencing Vegetation Index - NDVI**, considerato un predittore di vigore vegetativo e di biomassa in grado, se misurato nella stessa posizione nel tempo, di caratterizzare la (macro) fenologia locale.

Nell'ambito del telerilevamento ottico passivo la descrizione della (macro)fenologia di cenosi passa attraverso la preventiva strutturazione di serie multi-temporali di mappe di indice (per esempio l'NDVI), generate a partire da acquisizioni ripetute nel tempo. La continuità temporale dell'acquisizione e la garanzia di omogeneità dei dati confrontati sono requisiti irrinunciabili laddove l'interesse sia la mappatura dei processi fenologici che interessano una certa

area. Se la finalità è quella di confrontare anni diversi (possibilmente alla scala temporale climatica) una sintesi informativa efficace è necessaria, visto che la variabilità espressa dai dati satellitari si esprime sia nel tempo (alla stessa posizione) che nello spazio (nello stesso istante in posizione diverse).

Questa è spesso ottenuta computando delle “**metriche fenologiche**”, cioè dei parametri numerici desumibili dal profilo temporale di indice (del singolo pixel) in corrispondenza di momenti significativi dell'anno (un esempio in figura 1). Tra questi i più utilizzati sono:

- L'inizio della stagione (SOS = Start of the Season) indicato con riferimento alla data (spesso espressa sotto forma di DOY, Day of Year) a cui si ammette che inizi l'attività vegetativa in quella posizione.
- La fine della stagione (EOS = End of the Season) indicato con riferimento alla data a cui si ammette che termini l'attività vegetativa in quella posizione.
- La durata della stagione (LOS = Length of the Season) definita come la differenza in gironi che separa EOS da SOS.
- Il massimo valore di indice (MAX_VI) espresso tra SOS e EOS.
- La data a cui MAX_VI si manifesta (MAX_DOY);
- L'ampiezza della stagione (SA = Season Amplitude) che definisce la differenza tra il valore massimo e minimo di indice nella stagione considerata.
- La produttività totale (TP = Total Productivity) che definisce l'integrale del profilo interpolato sull'intero anno.
- La produttività stagionale (SP = Seasonal Productivity o SMI = Small Integral) che definisce l'integrale del profilo interpolato di VI tra SOS e EOS.
- La velocità di crescita all'inizio della stagione (Rate of Increase) definita, in riferimento alla parte crescente della campana fenologica (sinistra), come la differenza tra i valori di indice corrispondenti rispettivamente all'80% e al 20% di SA, divisa per l'intervallo temporale corrispondente.
- La velocità di decrescita alla fine della stagione (Rate of Decrease) definita, in riferimento alla parte decrescente della campana fenologica (destra), come il valore assoluto della differenza tra i valori di indice corrispondenti rispettivamente all'80% e al 20% di SA, divisa per l'intervallo temporale corrispondente.

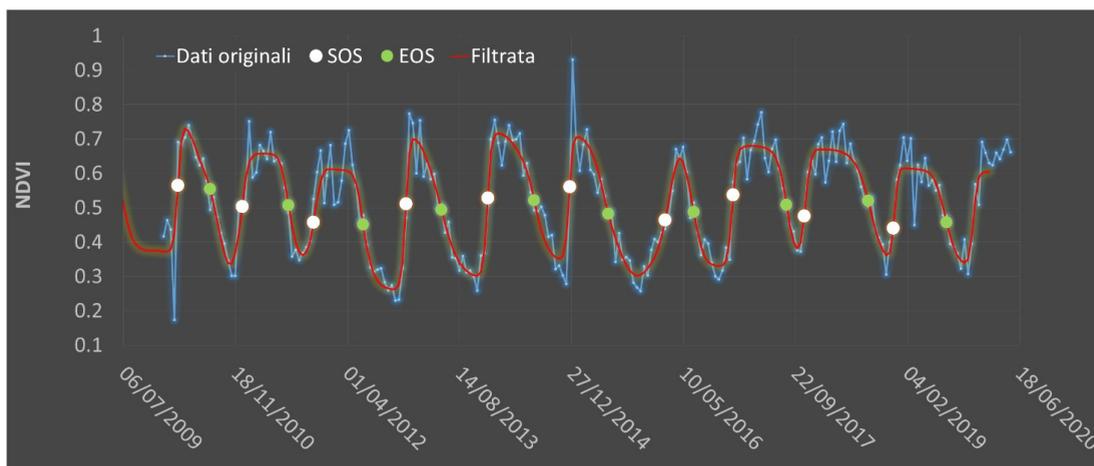


Figura 1. Esempio di metriche fenologiche. SOS = Start of Season, EOS = End of Season. Fonte: immagine degli autori.

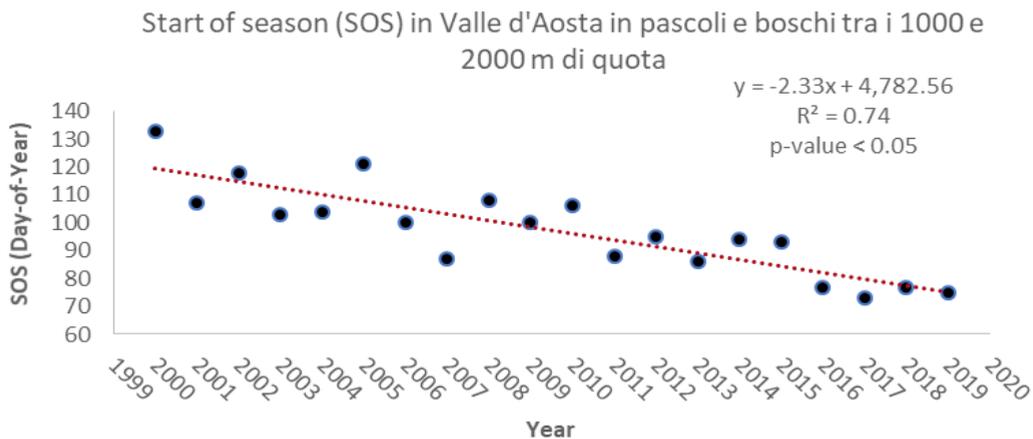


Figura 2. Esempio di trend temporale di SOS (Start of Season, espresso come numero di giorni dall'inizio anno) misurato a partire da serie multi-temporali di NDVI ottenute dal prodotto USGS MODIS MOD13Q1. Il valore riportato corrisponde alla media espressa dai sistemi naturali (foreste e pascoli alpini) in Valle d'Aosta nel periodo 2000-2019. Fonte: immagine degli autori.

L'estrazione delle metriche fenologiche avviene in modo automatico a livello di singolo pixel per singolo anno secondo le seguenti fasi procedurali: composizione della serie multitemporale, filtratura, interpolazione, estrazione delle metriche e loro codifica spaziale in forma di mappa (annuale). Il confronto dei valori della stessa metrica espressa nella stessa posizione in anni diversi, consente di verificare l'effetto indotto da eventuali **variazioni climatiche** sulla fenologia. In tal modo è possibile individuare trend potenzialmente relazionabili ai cambiamenti climatici evidenziando resistenza, **resilienza** e fragilità dei sistemi vegetali rispetto ai cambiamenti in essere (figura 2).

La loro rappresentazione sotto forma di mappa consente, inoltre, di collocare spazialmente le deduzioni, arrivando a identificare le aree di maggior o minor impatto. Tale approccio consente, in estrema sintesi, di misurare in forza e posizione l'effetto dei cambiamenti climatici sulla componente vegetale del territorio.

Bibliografia

- Jönsson, P., & Eklundh, L. (2004). "TIME-SAT—a program for analyzing time-series of satellite sensor data". *Computers & geosciences*, 30(8), 833-845.
- Hmimina, G., et al. (2013). "Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: An investigation using ground-based NDVI measurements". *Remote Sensing of Environment*, 132, 145-158.
- Migliavacca, M., et al. (2008). "European larch phenology in the Alps: can we grasp the role of ecological factors by combining field observations and inverse modelling?". *International journal of biometeorology*, 52(7), 587-605.
- Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L., & Mondino, E. B. (2018). "MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests". *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 64, 132-144.
- White, M. A. et al. (2009). "Intercomparison, interpretation, and assessment of spring phenology in North America estimated from remote sensing for 1982-2006". *Global Change Biology*, 15(10), 2335-2359.

/Finanza sostenibile/ Green Finance

ambito disciplinare
economico

autrice
Vera Palaia

L'espressione "**finanza sostenibile**" viene utilizzato per identificare investimenti finanziari responsabili sotto il profilo ambientale e sociale.

Il termine è entrato nel linguaggio comune in conseguenza dell'adozione, da parte della Commissione europea, del "Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile", noto anche come "Piano per la finanza sostenibile".

Pubblicato nel 2018, il Piano intende contribuire, con le iniziative in esso previste, al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite e agli impegni presi dall'Unione europea con la firma dell'**Accordo di Parigi**.

Il raggiungimento degli obiettivi previsti nell'Accordo di Parigi richiede una profonda riconversione del sistema economico verso un modello a basse emissioni, per la quale sono necessari significativi investimenti in tecnologie verdi, nella trasformazione dei modelli di business delle imprese (vedi "**Economia circolare**"), nel miglioramento dell'**efficienza energetica** degli edifici, dei trasporti, dell'agricoltura. Si stima che, per la trasformazione del sistema economico in senso *green*, siano necessari nei prossimi anni 260 miliardi di euro di investimenti annuali aggiuntivi. Con il "Piano per la finanza sostenibile", la Commissione intende mobilitare il risparmio privato indirizzandolo, attraverso gli investitori istituzionali come i fondi pensioni e le assicurazioni, verso il finanziamento di tali investimenti.

Il Piano si pone tre obiettivi principali:

- Riorientare i flussi di capitali verso investimenti sostenibili al fine di realizzare una crescita sostenibile e inclusiva
- Gestire i rischi finanziari derivanti dai **cambiamenti climatici**, l'esaurimento delle risorse, il degrado ambientale e le questioni sociali.
- Promuovere la trasparenza e la visione a lungo termine negli investimenti economico-finanziari.

Questi tre obiettivi vengono articolati nel Piano in dieci azioni finalizzate a coinvolgere tutti gli attori del sistema finanziario e a ridurre le asimmetrie informative collegate ai rischi climatici, migliorando così l'allocazione dei capitali verso investimenti sostenibili. La prima azione del Piano prevede la definizione di una **tassonomia europea delle attività finanziarie sostenibili**, tale da ridurre il rischio di **greenwashing**.

La seconda azione prevede l'utilizzo di tale tassonomia per elaborare

un marchio identificativo per i prodotti finanziari *green*, che ne agevoli il riconoscimento. L'azione 3 intende promuovere gli investimenti in progetti sostenibili tramite il rafforzamento di strumenti quale il Fondo europeo per gli investimenti strategici (FEIS), il piano dell'UE per gli investimenti esterni e il Fondo europeo per lo sviluppo sostenibile (EFSD). L'azione 4 è finalizzata all'adeguamento delle direttive relative ai mercati degli strumenti finanziari (MiFID II) e alla distribuzione assicurativa (IDD) in modo tale che gli investitori tengano in dovuta considerazione le preferenze dei risparmiatori in materia di sostenibilità. L'azione 5 mira all'elaborazione di indici di riferimento in materia di sostenibilità in modo da consentire il monitoraggio delle *performance* ambientali delle imprese nel tempo. L'azione 6 prevede iniziative finalizzate a integrare meglio la sostenibilità nei *rating* e nella ricerca di mercato. L'azione 7 stabilisce che la Commissione presenti una proposta legislativa per imporre esplicitamente agli investitori istituzionali e ai gestori di attività di incorporare gli elementi di sostenibilità nelle decisioni di investimento e per aumentare la loro trasparenza rispetto agli investitori finali su come la sostenibilità viene integrata nelle decisioni di investimento, in particolare in riferimento ai rischi. Particolarmente rilevante è l'azione 8, in base alla quale la Commissione deve valutare la praticabilità di includere i rischi associati al **clima** nei requisiti patrimoniali degli intermediari finanziari. Effettivamente, il ruolo di banche e assicurazioni non è limitato solamente all'orientamento dei flussi di capitali ma riguarda anche la difesa della stabilità del sistema economico nel suo complesso.

Anche l'azione 9, che prevede il rafforzamento della comunicazione in materia di sostenibilità, ricopre una posizione chiave all'interno del Piano per la finanza sostenibile. Le comunicazioni in materia di sostenibilità rese pubbliche dalle imprese consentono, infatti, a potenziali investitori, istituzionali o al dettaglio, di valutare come queste si posizionino rispetto alle sfide collegate al clima e all'ambiente. Pertanto, un dettagliato livello informativo riguardo alle emissioni di **gas serra**, agli strumenti di *governance*, e alle strategie di investimento per affrontare i rischi fisici e di transizione permette agli utilizzatori dell'informativa delle imprese di meglio valutare il loro rischio ambientale e di meglio allocare le proprie risorse finanziarie coerentemente con le preferenze in materia ambientale. L'azione 10, infine, ha l'obiettivo di promuovere forme di governo societario sostenibili, che limitino la visione a breve termine (*short-termism*) che caratterizza il mercato dei capitali. Chiaramente, un'eccessiva attenzione da parte dei *board* delle imprese verso orizzonti temporali ristretti rischia di impedire un'adeguata valutazione delle opportunità e dei rischi collegati alla sostenibilità, tra cui quella ambientale.

Bibliografia

- Finanza sostenibile: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_it
- Piano d'Azione per finanziare la crescita sostenibile della Commissione Europea.

/Fitopatogeni e cambiamenti climatici/ Plant Pathogens and Climate Change

ambito disciplinare
agronomico
forestale
ambientale

autori
Massimo Pugliese
Tommaso Orusa

I **patogeni vegetali**, o **fitopatogeni**, sono organismi che provocano malattie alle piante e sono oggetto di studio della patologia vegetale. Convenzionalmente i principali patogeni vegetali sono virus, fitoplasmi, batteri, oomiceti e funghi; di seguito sono presentate le principali malattie da essi causate.

Tra i virus vi è quello dell'avvizzimento maculato del pomodoro, il virus del mosaico del cetriolo, il virus della tristezza degli agrumi, il virus del mosaico del tabacco.

Le principali malattie causate da fitoplasmi che minacciano le nostre colture sono la flavescenza dorata della vite, gli scopazzi del melo e lo "stolbur" del pomodoro.

I batteri invece causano alcuni tipi di cancro come quelli causati da *Agrobacterium tumefaciens*, e sono responsabili del marciume nero e della macchiettatura batterica. Altre malattie di origine batterica sono: maculatura angolare causata da *Pseudomonas syringae*, il marciume nero e la maculatura batterica causata da *Xanthomonas campestris*, i marciumi molli causati da *Erwinia carotova*, il fuoco batterico dei fruttiferi causato da *Erwinia amylovora*.

Gli oomiceti causano invece le peronosspore, le morie e i marciumi.

Infine, tra le principali malattie provocate da funghi si citano la bolla del pesco, gli agenti di alterazioni in post-raccolta e produttori di micotossine, la grafiosi dell'olmo, la moria del platano, i mal bianchi, l'antracnosi, il mal del piede, le fusariosi e verticilliosi, le scloritionisi, la muffa grigia, la cercosporiosi, l'alternariosi, l'emintosporiosi, la ticchiolatura, le carie, i carboni, le ruggini, la rizottoniosi.

Tra le malattie citate, d'interesse sia agronomico sia forestale, alcune sono provocate da agenti patogeni "di debolezza", capaci di attaccare le piante che si trovano in situazione di stress e deficit fisiologico a seguito di fenomeni abiotici (come vento, gelate, **inquinamento**, ecc.) o biotici, come le infestazioni di insetti, che a loro volta possono fungere da vettori di microorganismi patogeni o ancora, piante infestanti e malformazioni genetiche.

Tutti fattori che possono anche agire contemporaneamente. Per farvi fronte la ricerca in patologia vegetale è concentrata su diversi fronti a livello diagnostico e di lotta ai patogeni, lotta nella quale gli agrofarmaci, se usati opportunamente, sono validi alleati. Tuttavia il loro impiego, concesso per le piante d'interesse agronomico/ornamentale, è limitato per legge nei contesti forestali.

Relativamente alla relazione con i **cambiamenti climatici**, visti come

componente ambientale del “triangolo della malattia” - che include l'ospite (la pianta), l'agente patogeno (e suoi eventuali vettori) e, appunto, l'ambiente - esistono diversi studi e si stanno sviluppando dei modelli previsionali (spesso a partire da osservazioni empiriche, osservazioni di campo e **dati satellitari**) per capire quale sarà la risposta dei diversi patosistemi. Gli studi finora condotti dimostrano come i cambiamenti climatici possano indurre variazioni nelle produzioni agricole e forestali a causa di “effetti diretti” sulla fisiologia e sulla morfologia delle colture e di “effetti indiretti” sul ciclo degli elementi nutritivi, sull'interazione coltura-infestante, e sulla comparsa di patogeni e insetti dannosi e sul manifestarsi di malattie. Il potenziale impatto dei cambiamenti climatici viene attualmente simulato e studiato adottando metodologie diverse: in prove sperimentali condotte in ambiente protetto (ad es. in celle fitotroniche, camere di crescita, ecc.) o in condizioni di campo, oppure è stimato attraverso l'impiego di modelli di simulazione climatica abbinati a modelli di crescita. Poiché attualmente le conoscenze relative all'impatto dei cambiamenti climatici sulle malattie delle piante risultano in fase di studio, l'impiego combinato di modelli di simulazione (climatica, produttiva ed epidemiologica) risulta lo strumento più adatto, nonché il più economico, al fine di comprendere in quale modo i patosistemi possano reagire ai cambiamenti ambientali. Ad esempio, nel caso della peronospora della vite i modelli hanno previsto un intensificarsi delle epidemie future a causa delle condizioni climatiche più favorevoli al patogeno durante i mesi di maggio e giugno; temperature in media più alte non riusciranno a essere controbilanciate dall'effetto della riduzione delle precipitazioni, imponendo di conseguenza un maggior ricorso a trattamenti con agrofarmaci volti a contenere il patogeno (fino a due volte in più rispetto a quelli attuali). Analoga situazione si potrebbe verificare per il batterio *Erwinia amylovora*, agente eziologico del colpo di fuoco delle piante appartenenti alla famiglia delle *Rosaceae*, come il melo.

Bibliografia

- Agrios G.N., (2004), “Plant Pathology”, 5th Edition, Academic Press.
- Chakraborty, S., Murray, G. M., Magarey, P. A., Yonow, T., O'Brien, R. G., Croft, B. J., ... & Sutherst, R. W. (1998). “Potential impact of climate change on plant diseases of economic significance to Australia”. *Australasian Plant Pathology*, 27(1), 15-35.
- Gullino M. L., Pugliese M., Gilardi G., Garibaldi A. (2018) “Effect of increased CO₂ and temperature on plant diseases: a critical appraisal of results obtained in studies carried out under controlled environment facilities”. *Journal of Plant Pathology*, 100, 371-389.
- Lione, G., Giordano, L., Sillo, F., & Gonthier, P. (2015). “Testing and modelling the effects of climate on the incidence of the emergent nut rot agent of chestnut *Gnomoniopsis castanea*”. *Plant pathology*, 64(4), 852-863.
- Matta A. (1996) “Fondamenti di patologia vegetale”. Patròn Editore, XVI.
- Scherm, H. (2004). “Climate change: can we predict the impacts on plant pathology and pest management?”. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 26(3), 267-273.
- Pautasso, M., Döring, T. F., Garbelotto, M., Pellis, L., & Jeger, M. J. (2012). “Impacts of climate change on plant diseases—opinions and trends”. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1), 295-313.
- Sturrock, R. N., Frankel, S. J., Brown, A. V., Hennon, P. E., Kliejunas, J. T., Lewis, K. J., ... & Woods, A. J. (2011). “Climate change and forest diseases”. *Plant pathology*, 60(1), 133-149.

/Fonti di Energia Rinnovabile/ Renewable Energy Sources

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Andrea Tartaglino

Sono **fonti di energia rinnovabile** (fonti di e. r. o anche “FER”) quelle fonti di energia non soggette a esaurimento. L’Agenzia Internazionale dell’Energia - *International Energy Agency* (IEA) - include nella categoria delle FER:

- l’energia solare
- l’energia eolica
- l’energia geotermica
- l’energia da biomassa (scarti agricoli-zootecnici e biomasse forestali)
- l’energia idroelettrica
- l’energia che sfrutta il moto-ondoso.

In maniera più semplice possiamo indicare come fonti rinnovabili di energia, tutte quelle fonti che si contrappongono alle energie tradizionali ottenute da **combustibili fossili**, sia perché potenzialmente illimitate sia perché hanno un minore impatto sull’ambiente.

Il loro sviluppo è indiscutibilmente una delle componenti fondamentali di ogni strategia politica tesa a raggiungere la minimizzazione globale degli impatti ambientali associati al funzionamento dei sistemi energetici. La sicurezza ambientale aumenta utilizzando una fonte di e. r. disponibile sul territorio e consentendo così di sostituire fonti non rinnovabili che sono, per lo più, importate (*dal nostro Paese la quota di fonti fossili importate è stata di circa il 90% nel 2019. Fonte: Ministero dello sviluppo economico, 2020 - N.d.C.*)

Tuttavia per alcuni usi (in particolare la produzione di elettricità), la scarsa disponibilità delle risorse rinnovabili può limitare le possibilità di sostituzione; occorre quindi prestare particolare attenzione alla ricerca di una ragionevole integrazione tra e. r. e non rinnovabili.

Per quanto riguarda la minimizzazione degli impatti ambientali, invece, tutti gli studi comparativi sugli effetti delle diverse filiere energetiche mostrano che quelli legati alle fonti rinnovabili sono significativamente inferiori alle compromissioni ambientali delle non rinnovabili. Nonostante gli effetti globalmente positivi, alcuni progetti di sfruttamento delle rinnovabili vengono talvolta rifiutati a livello locale, in ragione di determinati tipi di impatto sull’ambiente.

Inoltre lo sviluppo delle fonti rinnovabili sembra per lo più non partecipare all’obiettivo della competitività, in quanto i costi di produzione e di fruibilità da parte dei consumatori sono, nella maggior parte dei casi, più elevati di quelli delle filiere tradizionali.

Questa mancanza di competitività, per alcune fonti rinnovabili è legata alle loro specificità (insufficiente maturità tecnica, elevati costi finanzia-

ri in conseguenza dell'intensità di capitali per gli investimenti, ecc.). Tuttavia, in altri casi, la scarsa competitività deriva direttamente dalla mancata internalizzazione, tra i costi delle fonti energetiche non rinnovabili, delle loro **esternalità ambientali** negative. Ovvero, nel valutare i costi di produzione, trasporto e impiego dell'energia prodotta dalle fonti non rinnovabili non vengono solitamente conteggiati anche i relativi costi ambientali; costi che, per le fonti rinnovabili, sono generalmente molto minori.

Bibliografia

- CMCC, 2017. "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (PNACC).
- Ministero dello Sviluppo economico Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari (DGISSSEG), 2020. "La situazione energetica nazionale nel 2019".

/Forzante radiativo/ Radiative Forcing

ambito disciplinare
fisico

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Marco Bagliani

Il **forzante radiativo** misura la variazione del **bilancio energetico terrestre** causata da un singolo fattore in un certo intervallo di tempo, ad esempio l'emissione di una certa quantità di **gas serra**. Il forzante radiativo rappresenta quindi una misura della potenziale capacità di indurre un cambiamento nel **sistema climatico** da parte di una perturbazione esterna.

Il forzante radiativo è espresso in $W m^{-2}$.

Esistono numerosi forzanti, che vengono solitamente distinti in forzanti esogeni ed endogeni, a seconda che essi siano generati da cause esterne o interne al sistema Terra. I forzanti esogeni sono tutti di origine naturale e comprendono:

- variazione della radiazione solare;
- piccole variazioni dell'orbita terrestre, anche dette cicli di Milankovitch;
- caduta di meteoriti

I forzanti endogeni possono avere cause naturali e/o antropiche.

I principali forzanti endogeni naturali sono:

- emissioni vulcaniche;
- emissioni di **gas serra**;
- emissioni di **aerosol**;
- variazione dell'**albedo** della superficie terrestre.

Tra i forzanti endogeni di origine antropica si ritrovano molti di quelli che hanno anche una causa naturale:

- emissioni di **gas serra**;
- emissioni di **aerosol**;
- variazione dell'**albedo** della superficie terrestre, che in questo caso viene detta variazione nell'**uso dei suoli (land use e land use change)**.

Bibliografia

- Hansen, J., Mki Sato, and R. Ruedy. "Radiative forcing and climate response." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 102.D6 (1997): 6831-6864.
- Shindell, Drew, and Greg Faluvegi. "Climate response to regional radiative forcing during the twentieth century." *Nature Geoscience* 2.4 (2009): 294.
- Ramanswamy, V., et al. "Radiative forcing of climate." NASA, Washington, Scientific Assessment of Ozone Depletion (1991).

/Framing ambientali/ Environmental Framing

ambito disciplinare
linguistico

autrice
Maria Cristina
Caimotto

Con il termine **“framing”** (letteralmente “cornice”) indichiamo le strutture inconscie che strutturano il nostro modo di pensare.

Gli studi di George Lakoff (2009) mostrano il ruolo centrale dei *frame* nella comunicazione e nei modi in cui capiamo il mondo che ci circonda. Ogni *frame* attiva nella nostra mente ruoli semantici, relazioni tra questi e relazione tra quel *frame* e altri.

Per esempio se si parla di “ospedali”, nella mente si attiva il *frame* che include dottori, infermieri, pazienti, visitatori, sale operatorie, bisturi, ecc. I dottori operano i pazienti in una sala operatoria usando il bisturi. Leggendo la frase “il paziente ha usato il bisturi per operare il dottore” si fa riferimento a una situazione che non rientra nel *frame*, quindi il cervello immediatamente cerca di stabilire se si tratta di un errore oppure di uno scherzo, in base al contesto. La possibilità che il messaggio sia effettivamente quello trasmesso viene automaticamente scartata.

I *frame* sono inconsci e inevitabili: ogni volta che parliamo attiviamo nella mente di chi ascolta specifici *frame*. Inoltre sono collegati alle emozioni ed è importante sapere che negare un *frame* lo rinforza. Se vogliamo comunicare una verità complessa, dobbiamo attivare nella mente di chi ascolta i *frame* giusti affinché la verità sia capita bene. Spesso per farlo ricorriamo all’uso di metafore, descrivendo qualcosa di astratto e complesso attraverso un’immagine concreta e più familiare. La scelta di queste metafore può avere importanti effetti ideologici poiché si tratta di una semplificazione e si trasmette solo una parte della verità che si sta spiegando. Attraverso la scelta della metafora decidiamo, anche inconsciamente, quale parte della verità vogliamo descrivere; per esempio, si può dire che una storia d’amore è “un viaggio” oppure che è “un incontro di boxe”.

Nell’articolo *Why it matters how we frame the environment* (2010) Lakoff applica la teoria del *framing* ai discorsi riguardanti l’ambiente e mette in evidenza un problema che non esita a definire “ipocognizione tragica”. Con ipocognizione intendiamo la mancanza delle parole e dei modelli di interpretazione necessari per capire la realtà. Secondo Lakoff, come umani soffriamo di ipocognizione quando parliamo di ambiente. Lo stesso concetto di “ambiente” è rappresentato e percepito come esterno a noi. L’ambiente è compreso come qualcosa che ci circonda e attraverso il linguaggio faticiamo a esprimere l’idea che noi “siamo parte” dell’ambiente ed è grazie alla sua esistenza

che possiamo esistere. Abbiamo difficoltà a capire e trasmettere la seguente verità: “il disastro economico e quello ecologico hanno la stessa causa” ossia derivano dall’idea che l’avidità è un bene e che il mondo naturale rappresenta una risorsa a disposizione per l’arricchimento privato. I risultati, commenta Lakoff, sono titoli tossici e **atmosfera** tossica. Abbiamo bisogno di pensare a livello di sistema e non in termini di causa-effetto a livello locale. A questo scopo è molto utile il lavoro divulgativo di Donella Meadows (2019) sul **pensiero sistemico**. I nostri *frame* ambientali, quindi, sono molto deboli. Questo rende difficile far capire la portata della crisi ambientale e i suoi effetti catastrofici. La mente che non ha i *frame* adatti per comprendere quella verità complessa rifiuterà quella verità o cercherà di comprenderla attraverso i *frame* dominanti (per esempio attribuendo agli scienziati esperti di **clima** la volontà di cercare

guadagni personali, applicando il *frame* dominante dell’avidità come caratteristica naturale e positiva negli esseri umani).

Per rispondere in modo efficace ai pericoli imminenti di origine antropica, abbiamo bisogno di creare e rinforzare nuovi *frame* che permettano di capire le verità complesse della **crisi climatica**. Pur trattandosi di un’operazione complessa e purtroppo dagli effetti non immediati, rappresenta un tassello imprescindibile per poter costruire una società in equilibrio con l’ecosistema.

Bibliografia

- Lakoff, G. (2010). “Why It Matters How We Frame the Environment”. *Environmental Communication*, 4(1), 70-81.
- Lakoff, G. (2009). “Pensiero politico e scienza della mente”. Milano: Bruno Mondadori.
- Meadows, D. (2019) “Pensare per sistemi. Interpretare il presente orientare il futuro verso uno sviluppo sostenibile”. Milano: Guerini Next.

/ Fridays For Future /

Vedi **Movimenti per il clima**.

/ Fusione del permafrost / Permafrost Melting

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Il **permafrost** è il nome dato al terreno, suolo o roccia, che contiene ghiaccio o materiale organico congelato che è rimasto al di sotto della temperatura di 0 °C per almeno due anni. Copre circa un quarto della terra non ghiacciata nell’emisfero settentrionale, comprese ampie aree della Siberia, dell’Alaska, del Canada settentrionale e dell’altopiano tibetano. Nell’emisfero meridionale, il permafrost si trova in alcune parti della Patagonia, dell’Antartide e delle montagne meridionali della Nuova Zelanda. Il permafrost sottomarino si trova anche nelle parti poco profonde degli oceani artici e meridionali.

Questo terreno ghiacciato contiene una grande quantità di carbonio, accumulato da piante e animali morti nel corso di migliaia di anni. Da vari studi a livello internazionale si ritiene che al di sotto di esso vi sia il doppio del carbonio rispetto a quello che è attualmente nell'**atmosfera terrestre**. Con il **riscaldamento globale**, aumenta il **rischio** che il permafrost vada incontro a processi di fusione. Questo porta da un lato i microbi nel terreno ad attivarsi, consentendo loro di abbattere il carbonio organico nel suolo e dall'altra di liberare **gas serra** e metano rimasti "intrappolati". Questo processo rilascia gas serra, in particolare **diossido di carbonio** (CO₂) e in misura minore metano (CH₄). Pertanto, la fusione su larga scala del permafrost ha il potenziale per causare un ulteriore riscaldamento dell'atmosfera e incidere sui **cambiamenti climatici**.

Per tale motivo, il suo monitoraggio e il ruolo che esso riveste nel **sistema climatico** lo rendono un **tipping point** di fondamentale importanza. Il rapporto speciale dell'**IPCC** sull'oceano e la **criosfera** in un **clima** che cambia (SROCC), afferma che esiste «una confidenza molto elevata» in merito a un aumento delle temperature a carico del permafrost e che ne sono state «registrate a lungo, in diversi siti di monitoraggio nella regione del permafrost circumpolare dell'emisfero settentrionale». In alcuni luoghi, queste temperature sono risultate di 2-3 °C superiori rispetto a 30 anni fa, a causa del *global warming* e dei suoi effetti. Nel frattempo, l'*Arctic Report Card 2019* della *US National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) ha concluso che la fusione del permafrost nell'Artico potrebbe rilasciare circa 300-600 milioni di tonnellate di carbonio nette all'anno nell'atmosfera. Lo SROCC afferma che c'è un'elevata confidenza nelle proiezioni di «diffusa

scomparsa del permafrost artico vicino alla superficie durante questo secolo a causa del riscaldamento globale, con importanti conseguenze per il clima globale [...] Entro il 2100, le zone a permafrost vicino alla superficie diminuiranno del 2-66% per RCP2.6 e del 30-99% per RCP8.5 (in base allo scenario di emissione di gas serra considerato). Si prevede che questo fenomeno rilasci dai 10 ai 100 miliardi di tonnellate (o gigatonnellate, GtC) e fino alle 240 GtC di carbonio per la fusione del permafrost sotto forma principalmente di CO₂ e metano nell'atmosfera con il potenziale per accelerare il cambiamento climatico».

Il rapporto avverte anche che la riduzione delle aree a permafrost «dovrebbe essere irreversibile su scale temporali rilevanti per le società umane e gli ecosistemi». Inoltre rileva: «la fusione della criosfera e del permafrost comportano soglie (cambiamenti di stato) che determinano risposte brusche e non lineari al riscaldamento climatico in corso».

Allo stesso modo, la rapida fusione del permafrost può anche essere innescata e potenziata da disturbi come incendi, disseccamenti e perdita improvvisa di una certa copertura vegetale, subsidenza del suolo ed erosione e fenomeni di termocarismo (*thermokarst*). In merito alla fusione del permafrost, gli scienziati rivolgono particolare attenzione anche verso gli idrati di metano. Questi composti chimici, simili al ghiaccio, si formano quando metano e acqua si combinano a basse temperature e pressione moderata. Essi si trovano quasi esclusivamente sotto il fondale marino sulle piattaforme continentali e le aree immediatamente circostanti una massa terrestre, dove il mare è relativamente poco profondo rispetto all'oceano aperto. La teoria suggerisce che il riscaldamento degli oceani potreb-

che il riscaldamento degli oceani potrebbe favorire la variazione di stato di questi composti, rilasciando così grandi quantità di metano nell'atmosfera anche se, a tal proposito, vi sono molte ricerche che sembrano smentire questa possibilità. Di certo, i fenomeni di fusione del permafrost e la conseguente emissione di gas serra costituiscono oggi motivo di grande attenzione da parte della comunità scientifica internazionale.

Bibliografia

- Frederick, J. M., and B. A. Buffett. "Taliks in relict submarine permafrost and methane hydrate deposits: Pathways for gas escape under present and future conditions." *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 119.2 (2014): 106-122.
- Koven, Charles D., et al. "Permafrost carbon-climate feedbacks accelerate global warming." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108.36 (2011): 14769-14774.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) "Arctic Report Card 2019": <https://arctic.noaa.gov/>
- IPCC, SR Ocean and Cryosphere Final Draft, (2019): https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_FinalDraft_Chapter1.pdf
- Schuur, Edward AG, et al. "Climate change and the permafrost carbon feedback." *Nature* 520.7546 (2015): 171-179.
- McGuire, A. David, et al. "Dependence of the evolution of carbon dynamics in the northern permafrost region on the trajectory of climate change." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115.15 (2018): 3882-3887.
- O'Connor, Fiona M., et al. "Possible role of wetlands, permafrost, and methane hydrates in the methane cycle under future climate change: A review." *Reviews of Geophysics* 48.4 (2010).
- Zhu, Yiming, et al. "Effects of sand contents on mechanical characteristics of methane hydrate-bearing sediments in the permafrost." *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 75 (2020): 103129.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Vi è un chiaro legame tra la protezione della natura e l'edificazione di un ordine sociale giusto ed equo.

Non vi può essere un rinnovamento del nostro rapporto con la natura senza un rinnovamento dell'umanità stessa.



Papa Francesco

Discorso in occasione dell'Incontro con le Autorità del Kenya e con il Corpo Diplomatico

/GAS SERRA/ Greenhouse Gases

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

I **gas serra** sono specie gassose presenti in **atmosfera** in grado di attivare il fenomeno noto come **effetto serra**. Questi gas, a causa della loro struttura molecolare, sono in grado di assorbire la radiazione IR termica (radiazione elettromagnetica infrarossa, avente lunghezza d'onda compresa fra 3 e 15 μm , dove 1 μm pari a 1×10^{-6} m; 1 micron) emessa dalla superficie terrestre, ed essere trasparenti (ossia non assorbire) alla radiazione solare in entrata nel sistema Terra (centrata nel visibile, che possiede lunghezze d'onda inferiori).

L'**effetto serra** è un processo essenziale perché la vita possa esistere e persistere sulla Terra; senza di esso infatti la temperatura terrestre media sarebbe tale (circa -18 °C) da impedire lo sviluppo di qualsivoglia forma di vita. In tal senso non è del tutto corretto identificare come effetto serra il fenomeno di accrescimento della temperatura media terrestre a seguito dell'incremento della concentrazione di gas serra in atmosfera, ma bisognerebbe più propriamente parlare di intensificazione dell'effetto serra o di effetto serra antropico.

I principali gas serra sono il vapore acqueo, il **diossido di carbonio** (CO_2), il metano (CH_4) e il monossido di diazoto (N_2O). Fatta eccezione per il vapore acqueo, il quale può essere presente anche a concentrazioni significative in atmosfera, i gas serra non sono costituenti maggioritari dell'atmosfera terrestre e la loro concentrazione si misura in ppm (parti per milione), ppb (parti per bilione, ossia per miliardo) e ppt (parti per trilione, per mille miliardi). Il loro contributo all'effetto serra è dato dalla combinazione della loro capacità di assorbire la radiazione IR emessa dalla superficie terrestre - in altri termini dal loro "spettro di assorbimento" - che è funzione della loro stessa struttura molecolare e della loro concentrazione atmosferica. La capacità per un gas di contribuire all'effetto serra viene valutata attraverso il cosiddetto Potenziale di Riscaldamento Serra più noto con il termine inglese *Global Warming Potential* (GWP). Il GWP assoluto indica la quantità di radiazione IR assorbita in un definito arco temporale (per convenzione definito a 20, 100 e 500 anni), da qui la dipendenza di questo fattore anche dal tempo di residenza medio del composto in atmosfera, da parte di 1 kg di gas. Convenzionalmente si preferisce esprimere il GWP in termini relativi rispetto al diossido di carbonio, al quale si attribuisce GWP unitario. In tal senso il GWP relativo esprime

il numero di molecole di CO₂ equivalenti in grado di fornire lo stesso effetto serra di una molecola del gas indagato.

Alcuni composti alogenati, quali ad esempio alcuni clorofluorocarburi, hanno GWP migliaia di volte superiore rispetto al CO₂ (ad esempio su un arco temporale di 100 anni il tetrafluorometano - CF₄ - ha un GWP pari a 6630 mentre l'esafluoruro di zolfo (SF₆) ha un GWP di 23500).

Si noti che i gas serra sono sia gas naturalmente presenti in atmosfera (la cui concentrazione media è o meno modificata dalle attività antropiche), sia composti di origine squisitamente antropica quali i sopra citati clorofluorocarburi, caratterizzati tra l'altro da un'elevata inerzia chimica anche in contesti fortemente reattivi quali l'atmosfera terrestre.

Questi gas, data la loro capacità di incidere sul **clima**, vengono anche detti "gas climalteranti".

Bibliografia

- Khan I., "Greenhouse gas emission accounting approaches in electricity generations systems: A review", Atmospheric Environment 200(2019) 131-141.
- Petit J. R. , Jouzel J. et al. "Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica", Nature, 399, 6735, 1999, 429-436.
- Restelli G., Zanderighi G., "Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico", Edizioni UnicoPLI, Milano, 2001, pag. 344.

/Geografia e cambiamenti climatici/ Geography and Climate Change

ambito disciplinare
geografico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Il **cambiamento climatico** si presta particolarmente bene a una lettura geografica per numerose ragioni (Maslin, 2013; Bagliani et al., 2019). Anzitutto è importante sottolineare che le proprietà che caratterizzano il **sistema climatico** e i suoi cambiamenti sono strettamente legate alla dimensione spaziale e possono essere studiate e capite in modo completo solo utilizzando una visione attenta anche agli aspetti geografici.

Il funzionamento fisico del sistema climatico dipende infatti, in modo sostanziale, da caratteristiche e fenomeni di tipo spaziale. All'origine delle correnti presenti in **atmosfera** e negli oceani vi è la non omogenea distribuzione spaziale dell'**energia** (proveniente dal Sole) in entrata nel "sistema Terra" e di quella infrarossa in uscita dal Pianeta. Queste differenze spaziali di energia innescano il movimento regolare di grandi masse di aria e acqua, che sono all'origine delle diverse zone climatiche. In secondo luogo, l'attenzione alla dimensione spaziale fa emergere la necessità di "regionalizzare" i cambiamenti che subisce il sistema climatico a causa del **riscaldamento globale**. In generale, infatti, le variazioni medie della temperatura e delle altre grandezze fisiche sono riferite alla scala globale. Occorre quindi tradurre questi cambiamenti fisici medi e proiettarli alla scala locale per i diversi ambiti territoriali. Questa operazione di regionalizzazione consente di com-

prendere l'entità delle **variazioni climatiche** sulle diverse regioni del globo. Ad esempio, l'aumento medio globale della temperatura di 1 °C al secolo si traduce in riscaldamenti anche molto diversi a seconda della regione considerata: l'Artico e la catena delle Alpi presentano innalzamenti doppi della temperatura, mentre alcune zone dell'oceano sono caratterizzate addirittura da lievi abbassamenti.

Vi è un terzo ambito su cui la disciplina geografica può dare un contributo importante: si tratta dello studio degli **impatti** del cambiamento climatico. Le variazioni fisiche locali provocate dal riscaldamento globale devono essere declinate a livello territoriale, perché lo stesso tipo di cambiamento può avere conseguenze molto diverse a seconda del contesto considerato. La riflessione geografico-territoriale permette di comprendere come le molteplici variazioni fisiche che il sistema climatico subisce (aumento della temperatura, cambiamento delle precipitazioni, **innalzamento del livello del mare**, fusione dei ghiacciai, ecc.) possano interagire con le peculiarità locali, che riguardano sia gli aspetti naturali, come la dimensione geomorfologica ed ecologica, sia quelli antropici e dunque di capire come lo stesso fenomeno fisico (ad

esempio una precipitazione intensa) possa causare impatti differenti nei diversi territori. Questi ultimi sono infatti caratterizzati da dotazioni fisiche, ecosistemiche e tecnologiche, ma anche da culture, storie e tradizioni differenti che influenzano la **vulnerabilità** del territorio e la sua capacità di rispondere ai cambiamenti climatici.

Lo studio del sistema climatico, dei suoi cambiamenti e degli effetti provocati sui sistemi ecologici e socioeconomici non può essere appannaggio di un'unica disciplina ma piuttosto di un insieme di prospettive disciplinari diverse e complementari tra loro. Anche in questo caso l'approccio geografico si dimostra utile perché in grado di costruire un ponte tra l'ambito degli studi tecnici e quantitativi, che indagano i meccanismi fisici di funzionamento del sistema climatico, e quello dei saperi economici, sociali e delle politiche, che approfondiscono maggiormente le conseguenze dei cambiamenti climatici.

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, teorie". Bologna, Il Mulino, 2019.
- Maslin M., "Climate: a very short introduction", Oxford, University Press, 2013.

/Geoingegneria o Ingegneria climatica/ Geoengineering or Climate Engineering

*ambito disciplinare
ingegneristico
ambientale*

*autori
Tommaso Orusa
Marco Bagliani*

Ingegneria climatica (o **geoingegneria**) è la disciplina che studia le tecniche e le tecnologie che mirano, in tutto o in parte, a contrastare i **cambiamenti climatici** dovuti al graduale e progressivo accumulo di **diossido di carbonio** in **atmosfera**. I promotori di tale disciplina sostengono che le azioni di **mitigazione** possano avere solo una natura provvisoria, o non sufficiente, nel contrastare l'aumento della temperatura, mentre le tecni-

che di geoingegneria permetterebbero un approccio più radicale attraverso un intervento globale sul **sistema climatico** terrestre.

La comunità scientifica è profondamente divisa sui possibili effetti di alcune delle tecniche proposte a livello teorico a causa della insostenibilità sia ambientale (in termini di effetti imprevedibili sul sistema climatico e gli ecosistemi) sia economica (costi onerosi) di questi interventi.

La geoingegneria va distinta in *geoingegneria localizzata* e *geoingegneria sistemica* (su scala globale). La prima trova già delle applicazioni all'interno della comunità scientifica; la seconda su scala globale, invece, è al momento solo teorica. Entrambe sono fortemente dibattute. Di seguito sono riportati due esempi di geoingegneria localizzata.

Il primo sono gli studi e le azioni per aumentare l'**albedo** delle nubi a livello artico al fine di rallentare la fusione dei ghiacci attraverso l'emissione in troposfera di **aerosol**, in modo tale che le sue particelle fungano da nuclei di condensazione per la formazione delle nubi (McGee, J., et al. 2018). Il secondo esempio è rappresentato dalle opere per la creazione di bacini idrici artificiali e di derivazione del corso di fiumi o di barriere per il contenimento delle maree (ne è un esempio il MOSE di Venezia). Un ulteriore esempio, a cavallo con la mitigazione, è quello delle politiche e le tecniche di riforestazione in aree come le savane, al fine di modificare il meso-clima e microclima locale, incidendo ad esempio sulle precipitazioni.

La geoingegneria, in funzione degli interventi, che siano a scala locale o globale, è divisa in tre macrocategorie:

- *geoingegneria solare*: mira ad agire sul **bilancio energetico terrestre** con azioni che agiscono direttamente sulla causa del riscaldamento e si propongono di modificare il **forzante radiativo** in ingresso;
- *geoingegneria carbonica*: mira ad agire sugli effetti dei cambiamenti climatici rimuovendo l'eccesso di diossido di carbonio dall'atmosfera ed eliminando, così, il principale fattore che aumenta l'**effetto serra** naturale. Tutto ciò, prevalentemente tramite lo sviluppo di tecnologie di riforestazione in aree tipicamente non vocate all'agricoltura e selvicoltura;
- *geoingegneria idraulica*: mira a influire su dinamiche locali (quali le maree), contrastare l'**acidificazione** dei mari e gestire la disponibilità di risorsa idrica locale per le attività antropiche.

Bibliografia

- Barrett, S. (2008). "The incredible economics of geoengineering". *Environmental and resource economics*, 39(1), 45-54.
- Keith, D. W. (2000). "Geoengineering the climate: History and prospect". *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 245-284
- McGee, J., Brent, K., & Burns, W. (2018). "Geoengineering the oceans: an emerging frontier in international climate change governance". *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 10(1), 67-80.
- Shepherd, J. G. (2009). "Geoengineering the climate: science, governance and uncertainty". *Royal Society*.
- Wigley, T. M. (2006). "A combined mitigation/geoengineering approach to climate stabilization". *Science*, 314(5798), 452-454.

/Geopolitica dei cambiamenti climatici/ Geopolitic of Climate Change

ambito disciplinare
geopolitico
sociologico

autore
Dario Padovan

Il **cambiamento climatico** è un problema geopolitico. Nasce dalle emissioni passate e presenti di **gas serra** che aumentano le concentrazioni preesistenti di questi gas nell'**atmosfera**. Queste emissioni, prodotte dall'attività industriale e da cambiamenti radicali nell'**uso del suolo**, si distribuiscono quantitativamente in modo molto disuguale tra i paesi della Terra. Inoltre, non c'è nemmeno uniformità spaziale negli **impatti del cambiamento climatico**, che differisce già ora in natura e grandezza da un luogo all'altro e nel tempo.

Sebbene le responsabilità si distribuiscano in maniera radicalmente diseguale tra i paesi, il cambiamento climatico rimane un problema "globale", in quanto ogni paese genera gas serra che si disperdono in modo egualitario nell'atmosfera e le conseguenze di queste emissioni hanno un certo impatto in tutti i paesi. Anche i processi per combattere i cambiamenti climatici sono "globali". Essi implicano misure e adeguamenti da parte dei principali emettitori quali gli Stati Uniti, la Cina e altri paesi in via di sviluppo. Esiste quindi una complessa politica spaziale del cambiamento climatico, con importanti ramificazioni geopolitiche.

Come suggerisce Anthony Giddens, le discussioni sulle implicazioni geopolitiche dei cambiamenti climatici tendono essere di due tipi. Da un lato, ci sono molti studi che si concentrano sui meccanismi necessari per raggiungere accordi internazionali per il contenimento delle emissioni. Dall'altro, un numero crescente di studi analizza le implicazioni del cambiamento climatico per la geopolitica concentrandosi sui **conflitti** e le controversie. Questi due approcci non sono alternativi e il loro punto di sutura è l'**energia**, in particolare il petrolio e le lotte incentrate su di esso. La risposta al cambiamento climatico dovrebbe spingere naturalmente alla collaborazione internazionale. Eppure sono all'opera processi e interessi che promuovono radicali divisioni. La fusione del ghiaccio artico fornisce un buon esempio. Quando l'area era solo un campo di ghiaccio c'era un considerevole livello di cooperazione internazionale sulle attività lì svolte, che erano principalmente di natura scientifica. Il fatto che la navigazione attraverso l'Artico stia diventando possibile - e soprattutto il fatto che petrolio, gas e risorse minerali conservate sotto lo strato di ghiaccio e il **permafrost** potrebbero diventare disponibili - sta suscitando divisioni, interessi e attriti internazionali, per fortuna finora di natura

limitata. Le questioni relative ai cambiamenti climatici, soprattutto in combinazione con i problemi di approvvigionamento energetico, potrebbero militarizzarsi, aumentando i rischi per la sicurezza e deteriorando ulteriormente le già fragili relazioni internazionali.

Bibliografia

- Barnett J., "The Geopolitics of Climate Change", *Geography Compass* 1/6 (2007): 1361-1375.
- Giddens A., "La politica del cambiamento climatico", Il Saggiatore, 2015.
- Zellen, Barry Scott, "Arctic doom, Arctic boom: the geopolitics of climate change in the Arctic", ABC-CLIO, Santa Barbara, 2009.

/Gestione forestale sostenibile/ Sustainable Forest Management

ambito disciplinare
forestale

autore
Tommaso Orusa

La **gestione forestale sostenibile** viene definita come la gestione e l'uso delle foreste e dei terreni forestali secondo i principi scientifici della selvicoltura e dell'ecologia forestale e con modalità e ritmi che mantengano la loro **biodiversità**, produttività, capacità di rigenerazione, vitalità e il loro potenziale per svolgere – ora, in futuro e anche a seguito della **variazioni climatiche** - le loro funzioni ecologiche, economiche e sociali, in modo da dare continuità ai **servizi ecosistemici**. Tale gestione dovrebbe essere adottata a livello locale, nazionale e globale in modo da non provocare danni ad altri ecosistemi e nel rispetto delle comunità indigene locali.

Si tratta della gestione basata sui principi scientifici delle Scienze Forestali e Ambientali (e di approcci integrati con svariate discipline) al fine di sviluppare studi, ricerche e modelli matematici utili alla migliore gestione possibile, ossia quella che "imita la natura e le sue dinamiche" e tiene conto dell'ambiente forestale in cui ci si trova.

Secondo la definizione di *Forest Europe* e adottata dall'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura (FAO), la gestione sostenibile è essenziale per garantire che le richieste della società non compromettano la risorsa. La gestione sostenibile delle foreste offre un approccio olistico per garantire che le attività forestali apportino benefici sociali, ambientali ed economici, bilancino le esigenze concorrenti e mantengano e migliorino le funzioni forestali oggi e in futuro.

La "certificazione forestale" è lo strumento per dimostrarlo e per connettere il consumatore alle origini sostenibili dei suoi prodotti. Ne sono un esempio enti certificatori di gestione sostenibile come l'*FSC (Forest Stewardship Council)* e il *PEFC (Programme for Endorsement of Forest Certification schemes)*.

Bibliografia

- Burton, Philip J., et al., eds. "Towards sustainable management of the boreal forest". NRC Research Press, 2003.
- Kulakowski, Dominik, et al. "A walk on the wild side: disturbance dynamics and the conservation and management of European mountain forest ecosystems." *Forest ecology and management* 388 (2017): 120-131
- Negro, Matteo, et al. "Effects of forest management on ground beetle diversity in alpine beech (*Fagus sylvatica* L.) stands." *Forest ecology and management* 328 (2014): 300-309.
- Motta, Renzo, et al. "Selvicoltura e schianti da vento. Il caso della "tempesta Vaia". *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology* 15.1 (2018): 94.
- Piussi, Pietro. "Selvicoltura generale". Torino, Italy: Utet, 1994.
- Vacchiano, Giorgio, et al. "Reproducing reproduction: How to simulate mast seeding in forest models." *Ecological Modelling* 376 (2018): 40-53.
- Wiersum, K. Freerk. "200 years of sustainability in forestry: lessons from history." *Environmental management* 19.3 (1995): 321-329.

/Giustizia climatica/ Climate Justice

*ambito disciplinare
sociologico*

*autore
Dario Padovan*

Il termine **giustizia climatica** viene impiegato per indicare che il **riscaldamento globale** costituisce una questione etica e politica e non puramente di natura ambientale o climatica. Ciò avviene collegando gli effetti dei **cambiamenti climatici** ai concetti di giustizia, in particolare di giustizia ambientale e di giustizia sociale, ed esaminando questioni quali l'uguaglianza, i diritti umani, i diritti collettivi e le responsabilità storiche per il cambiamento climatico. Questione fondamentale della giustizia climatica è che coloro che subiscono le conseguenze più gravi del cambiamento climatico sono coloro che hanno contribuito in misura minore a crearlo.

Diverse le proteste pacifiche in tutto il mondo da **movimenti** come Fridays For Future e molti altri, per chiedere un sistema politico-economico globale che cambi rotta e sia capace di mettere in cima alle priorità gli investimenti sull'ambiente, le **variazioni climatiche**, la sostenibilità.

Bibliografia

- Shue, Henry. "Climate justice: Vulnerability and protection." Oxford University Press, USA, 2014.
- Meyer, Lukas H., and Dominic Roser. "Climate justice and historical emissions." *Critical review of international social and political philosophy* 13.1 (2010): 229-253.
- Goodman, James. "From global justice to climate justice? Justice ecologism in an era of global warming." *New Political Science* 31.4 (2009): 499-514.

ambito disciplinare
giuridico

autore
Roberto Louvin

La locuzione “**giustizia climatica**” racchiude in sé due diversi concetti.

Dal punto di vista etico e politico, essa pone il **riscaldamento globale** come “questione morale e politica”, mettendo in relazione i fattori umani che provocano i **cambiamenti climatici** con l’assunzione delle responsabilità che ne derivano in applicazione dei principi di giustizia.

La sensibilizzazione e la crescente mobilitazione popolare riguardo al tema del cambiamento climatico hanno dato vita a proteste collettive e **movimenti** di massa, oltre a un crescente contenzioso nazionale e internazionale nei confronti di grandi aziende e di stati sovrani che ha portato a individuare, in risposta a queste sollecitazioni, forme appropriate di giustizia sociale e ambientale.

In una prospettiva più strettamente giuridica, si intende però per giustizia climatica l’insieme delle norme, delle procedure, degli apparati giudiziari e della giurisprudenza riguardanti l’accertamento delle responsabilità e l’applicazione delle sanzioni conseguenti a comportamenti o omissioni che influiscano negativamente sul cambiamento del **clima**.

Fondamenti

Il tema della giustizia climatica, sia come aspirazione etica che come realtà procedurale, è oggetto di dibattito in merito ai principi fondanti di questa particolare forma giustiziale, al tempo stesso globale e intergenerazionale. Il nucleo principale della discussione riguarda la ricerca dei criteri legali per definire la “responsabilità ambientale”.

La riflessione parte dalla qualificazione del clima - o meglio, della tendenziale “stabilità del clima” - come “bene comune” per singole popolazioni come per l’intera umanità, a seconda della scala dei fenomeni che si considerano (vedi anche le voci “**Diritto alla sicurezza climatica**” e “**Climate Commons**” - *N.d.C.*).

La stabilità climatica è un bene collettivo non esclusivo, rivale in quanto oggetto di interessi antagonisti in competizione, la cui integrità va protetta per evitare conseguenze negative alle parti più deboli dell’umanità e alle generazioni a venire.

La tutela di questo bene condiviso spinge a strutturare procedure e apparati giustiziali, anche in forma di appositi **tribunali ambientali**, in risposta alle sfide dei cambiamenti climatici prodotti dalle attività antropiche.

Le strategie giudiziali finora messe in atto hanno fatto leva principalmente sull’affermazione e la garanzia internazionale e costituzionale dei diritti fondamentali dell’uomo (vita, salute, lavoro, ecc.), diritti in molti casi lesi o minacciati da tali cambiamenti.

Principi in gioco

La giustizia climatica si fonda in primo luogo su principi di “giustizia distributiva” che esigono di assegnare ai cittadini e agli stati benefici proporzionali ai loro rispettivi meriti o valori in termini di beni da attribuire (possibilità di reddito, beni primari, risorse, libertà, ecc.). Se è giusto “dare a ciascuno il suo”, non è lecito deteriorare le condizioni essenziali di vita del Pianeta in nome della crescita economica e di stili di vita più confortevoli solo per una parte dell’umanità, e chi è responsabile di tali squilibri deve risponderne in termini di giustizia regolatrice e riparatrice. È tuttavia difficile, per via della natura progressiva e incrementale dei danni climatici, individuare precise ed esclusive responsabilità per questo tipo di pregiudizio: occorre risalire alle generazioni precedenti e ricorrere a tecniche complesse e sovente controverse per stabilire prevedibilità, intenzionalità e imputabilità delle condotte che hanno portato a questi eventi. Perciò in molti casi il ricorso agli strumenti tradizionali di giustizia correttiva risulta inefficace: non siamo di fronte al classico mancato rispetto di obblighi o a violazioni di regole, ma a condotte (come il ricorso generale all’uso massiccio di **combustibili fossili**) finora del tutto lecite, oltre che socialmente e internazionalmente accettate.

In materia climatica il principio cardinale della giustizia ambientale secondo cui “chi inquina paga” opera solo parzialmente: risulta infatti in genere più pertinente fare ricorso, per individuare i soggetti o i paesi gravati dall’obbligo di ristabilire le condizioni climatiche originarie, ad altri criteri come ad esempio quello del “beneficiario pagatore”: chi ha fruito di condizioni più favorevoli al proprio sviluppo danneggiando, seppur involontariamente, la stabilità climatica, deve sopportare maggiormente l’onere di riparare le conseguenze negative.

Su scala internazionale, l’orientamento oggi emergente punta al riconoscimento di una **“responsabilità comune ma differenziata”**, per cui i paesi maggiormente industrializzati sono assoggettati a maggiori responsabilità nel controllo delle emissioni di **gas serra** rispetto ai paesi in via di sviluppo, tenendo adeguatamente conto dei bisogni di questi ultimi.

Indicatori e tecniche

La giustizia climatica necessita di “indicatori specifici di responsabilità” scientificamente dimostrabili: quantità di emissioni prodotte, indici di sviluppo, reddito pro capite, ecc.

Tra le tecniche a cui si ricorre, partendo da questi parametri per ristabilire condizioni di equità, si è inizialmente generalizzata quella del riparto fra gli stati (o gli operatori economici) di quote negoziabili autorizzate di emissione (*carbon credit*), in specie di diossido di carbonio (CO₂), scambiabili come quote di mercato.

In un secondo tempo, a fronte della scarsa incisività dei meccanismi di mercato di questa natura, si è fatto ricorso a forme partecipative allargate e a iniziative di mediazione nei processi decisionali internazionali, alla ricerca di un consenso generale e di un’effettiva mobilitazione di mezzi allo scopo di contenere gli effetti negativi dei cambiamenti climatici, rafforzando la **resilienza** di comunità e territori. Questa convergenza d’intenti ha portato all’accoglimento generalizzato (**Accordo di Parigi**) del già citato principio giuridico di “responsabilità comune ma differenziata”.

La forma più vistosa del recente sviluppo della giustizia climatica è sfociata nei tentativi di sanzionare, mediante appositi procedimenti giudiziari, la responsabilità – principalmente per omissione – degli stati nel non aver messo in atto le iniziative necessarie per contenere gli effetti del riscaldamento

climatico globale. Tra i casi di maggior rilievo spiccano in questo senso il *Caso Urgenda* in Olanda e l'*Affaire du Siècle* in Francia. La stessa Unione europea è stata convenuta in giudizio da un collettivo di famiglie europee e di cittadini e associazioni (anche extra-europei) per l'annullamento di tre normative sul clima riguardanti il sistema di scambio delle emissioni dell'UE (*Emission Trading System* - ETS UE), il taglio dei gas a effetto serra nei settori non coperti dall'ETS (agricoltura e trasporti) e sulle modalità compensatorie delle emissioni riguardo all'uso del suolo e delle foreste.

Bibliografia

- Consiglio d'Europa, "Manual on Human Rights and the Environment", 2012.
- Nachmany M., Fankhauser S., Setzer J. e Averchenkova A., "Global trends in climate change legislation and litigation", Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, 2017.
- Unione Europea, ETS UE https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/ets_handbook_en.pdf

/Glaciazioni ed ere glaciali/ Glaciations and Ice Ages

ambito disciplinare
ambientale

autori

Claudio Cassardo

Elisa Palazzi

Marco Bagliani

Tommaso Orusa

Una **glaciazione** è un periodo climatico freddo (detto anche **era glaciale**) durante il quale si ha un'espansione dei ghiacciai con intensificazione dei fenomeni legati al glacialismo.

Glaciazioni si sono verificate in diversi periodi della storia geologica della Terra. Nel Precambriano sono state riconosciute quattro distinte glaciazioni: la Huroniana, compresa tra 2700 e 1800 milioni di anni fa; la Gnejsö, circa 910 milioni di anni fa; la Sturziana, 770 milioni di anni fa, e la glaciazione di Varanger, datata 615 milioni di anni fa. Nel Fanerozoico i primi depositi glaciali, riscontrati in Sudafrica, vengono attribuiti all'Ordoviciano, circa 500 milioni di anni fa; successivamente, sempre nel Paleozoico, la glaciazione meglio conosciuta è quella Permo-Carbonifera (320-270 milioni di anni fa), che lasciò estesi depositi in tutto il Pangea

Nel Mesozoico si verificarono alterne fasi di **variazione climatica**, che tuttavia non produssero glaciazione; mentre nel Cenozoico, a partire dal Miocene, si andò formando l'attuale calotta glaciale antartica. Nel Pliocene si sviluppò invece la calotta glaciale artica.

Il deterioramento climatico intervenuto alla fine del Cenozoico portò nel Quaternario (circa 2 milioni di anni fa) all'inizio dell'era glaciale più recente. Durante questa glaciazione si verificarono alterni *periodi glaciali*, di avanzamento dei ghiacciai (fasi stadiarie) e *interglaciali*, di arretramento (fasi interstadiarie), caratterizzati da un **clima** più temperato, registrati sia in Europa sia in America Settentrionale.

Nell'area alpina si distinguono fundamentalmente quattro periodi glaciali: dal più antico al più recente, Günz, Mindel, Riss e Würm, separati da periodi interglaciali più caldi. Si possono inoltre riconoscere due altri periodi glaciali precedenti al Günz, chiamati Donau e Biber.

Dopo la fine dell'ultima glaciazione (a partire da 20.000 anni fa) le condizioni climatiche migliorarono; tuttavia, in epoca protostorica e storica sono state riconosciute alcune importanti variazioni come l'optimum climatico postglaciale (intorno a 7000 anni fa), l'epoca climatica fredda (tra il 900 e il 300 a.C.), il periodo caldo del Medioevo (800-1200), la "piccola età glaciale" (compresa tra il 1550 e il 1850), per terminare con il periodo caldo, che durò circa un secolo, tra il 1850 e il 1950.

Lo sviluppo di una glaciazione è legato a un fatto preminente, rappresentato dalle variazioni climatiche. Le cause di queste variazioni sono rappresentate dai diversi **forzanti** che possono essere sia endogene (come ad esempio la posizione dei continenti e le eruzioni vulcaniche) sia esogene (soprattutto variazione dell'orbita terrestre). Questi ultimi hanno comunque ricevuto un credito maggiore, soprattutto in considerazione dell'importanza dei cambiamenti legati alla radiazione solare. Dal punto di vista geologico e stratigrafico gli effetti legati alla glaciazione sono stati principalmente di due tipi: le variazioni del livello del mare (glacieuostasia), che hanno prodotto una ciclicità sedimentaria ad alta

frequenza; la deformazione che il peso dei ghiacciai produceva sulla crosta terrestre (glacisostasia), determinando fasi di abbassamento della crosta terrestre durante i periodi glaciali, mentre sollevamenti si verificarono durante e dopo la deglaciazione, in conseguenza della fusione dei ghiacciai. A questo proposito, in Canada (Baia di Hudson) si sono calcolati sollevamenti che hanno raggiunto anche i 100 m/anno; gli stessi effetti si sono avuti anche in altre regioni, laddove lo spessore dei ghiacci era stato di notevole entità, come in Scandinavia, dove il sollevamento è ancora in atto, nella zona del Baltico e in Scozia.

Bibliografia

- Cronin T. M. et al. "Medieval Warm Period, Little Ice Age and 20th century temperature variability from Chesapeake Bay". *Global and Planetary Change* (2003)
- Fu, Q., Posth, C., Hajdinjak, M. et al. "The genetic history of Ice Age Europe". *Nature* 534, 200-205 (2016)
- Kreuz, K. J. et al. "Bipolar Changes in Atmospheric Circulation During the Little Ice Age", *Science*, 29 (1997)
- Peltier, R., "Dynamics of the Ice Age Earth". *Advances in Geophysics*, volume 24, 1982, Pages 1-146.

/Green Deal Europeo/ European Green Deal

ambito disciplinare
economico

autrici
Laura Corazza
Vera Palea
Giulia Dario

Il **Green Deal Europeo** (anche conosciuto come **Green New Deal**) è un piano strategico della Commissione Europea che intende coniugare crescita economica e sostenibilità ambientale. Presentato dalla Commissione Europea l'11 dicembre 2019, il piano ha come obiettivo la trasformazione dell'UE in un continente a basse emissioni entro il 2030 e climaticamente neutro entro il 2050. Con il **Green New Deal**, l'UE intende contribuire agli obiettivi fissati dall'**Accordo di Parigi** (vedi anche la voce "**Agenda 2030**") di contenimento della temperatura entro gli 1,5 °C rispetto all'era

preindustriale. È importante sottolineare che la sostenibilità ambientale è un valore fondativo della UE. Il Trattato di Lisbona, che rappresenta il quadro costituzionale dell'Unione, stabilisce - all'articolo 3 - che lo **sviluppo sostenibile** rappresenta un obiettivo fondamentale dell'Unione. In effetti, l'Unione ha avuto sempre un ruolo di *leadership* nella riduzione delle emissioni di **gas serra**. Si pensi, ad esempio, alla Strategia 20-20-20 del 2007, con la quale l'UE si è impegnata - entro il 2020 - a ridurre del 20% le emissioni di gas serra rispetto al 1990, a incrementare del 20% l'energia prodotta da **fonti rinnovabili** e a migliorare del 20% l'**efficienza energetica**. Emblematico dell'importanza del *Green New Deal*, nella visione strategica del futuro dell'Unione, è il fatto che l'obiettivo di neutralità climatica è in corso di recepimento in un atto normativo (regolamento), che lo renderà legge dell'Unione e pertanto vincolante per gli stati membri. Il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica richiede una profonda trasformazione dell'economia, con investimenti significativi in tecnologie verdi, nella trasformazione dei modelli di business da lineare a circolare (vedi "**Economia circolare**"), nel miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, dei trasporti, dell'agricoltura.

In estrema sintesi, il Piano prevede le seguenti azioni:

- Ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 50% (mirando al 55%) entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990 e arrivare alla neutralità climatica entro il 2050.
- Incrementare significativamente l'uso delle energie rinnovabili in modo da avere fonti di energia pulita, ma anche economica e sicura.
- Mobilitare l'industria per un'economia pulita e circolare.
- Costruire e ristrutturare gli edifici in modo efficiente sotto il profilo energetico delle risorse.
- Accelerare il passaggio a una **mobilità sostenibile** e intelligente.
- Aumentare in agricoltura modelli di business "dal produttore al consumatore".
- Preservare e ripristinare gli ecosistemi e la **biodiversità**.

Il *Green Deal* prevede che, solamente nei prossimi anni, saranno necessari 260 miliardi di euro di investimenti annuali aggiuntivi (circa l'1,5% del PIL europeo del 2018). Per fare fronte a tale fabbisogno, la Commissione ha avviato il Piano per la **finanza sostenibile**, con il quale intende mobilitare il risparmio privato indirizzandolo, attraverso gli investitori istituzionali come i fondi pensioni e le assicurazione, verso gli investimenti necessari a riorientare l'economia verso un modello *low carbon*.

Chiaramente, la riconversione del sistema economico verso un modello a basse emissioni - prima, e a zero emissioni successivamente - distruggerà posti di lavoro per crearne, in compenso, nuovi e diversi. Per far sì che la **transizione** si realizzi in modo equo, senza lasciare indietro nessuno, il *Green Deal* prevede il cosiddetto "Meccanismo per la giusta transizione". Tale meccanismo, che prevede l'impegno di almeno 100 miliardi di € nel periodo 2021-2027, fornirà un sostegno mirato alle aree quelle più colpite dalla transizione - quelle che dipendono dalla catena del valore dei **combustibili fossili** - attenuandone così l'impatto socioeconomico.

Bibliografia

- Sito ufficiale UE: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Green New Deal: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf

ambito disciplinare
linguistico

autore
Cristiano Furiassi

Circoscritto all'uso consueto delle scienze linguistiche, il concetto di **greewashing** appartiene al paradigma analitico dell'**ecolinguistica**, essa stessa collocabile all'interno della "analisi ecocritica del discorso". Per illustrare il *greenwashing* è necessario innanzitutto chiarire il significato di altri due termini ad esso strettamente correlati, rispettivamente *greenspeake* *greening*.

L'anglicismo *greenspeak* (Harré, Brockmeier & Mühlhäusler 1999: 3) si riferisce a tutti gli artifici retorici impiegati per discutere di ambiente ed ecologia con l'intento di promuovere la salvaguardia delle risorse naturali e migliorare l'ecosistema. Di conseguenza, il *greenspeak* non si limita a descrivere la costruzione del processo informativo sui rischi ambientali ma è anche finalizzato a rendere tale tipo di discorso particolarmente persuasivo. Diversamente dal *greenspeak*, il *greening* non è un fenomeno meramente linguistico. Con *greening* (Howlett & Raglon 1992: 55), a volte reso in italiano da "ambientalizzazione", "ecologizzazione" o "inverdimento", si intendono infatti tutte le iniziative ecologiche e le azioni implementate a difesa della natura e del Pianeta. Sebbene possa essere applicato a ogni sfera sociale e culturale, come la politica, l'economia, l'agricoltura, lo sport o il turismo (Miller 2017a; 2017b), *greening*, termine privo di connotazioni, è utilizzato in linguistica per riferirsi alle strategie comunicative, per lo più aziendali e pubblicitarie, atte a diffondere invenzioni o prodotti realmente in grado di ridurre il consumo energetico e, di conseguenza, l'**inquinamento**. Tuttavia, tra gli intenti sinceri soggiacenti al *greening*, si nascondono a volte pratiche di comunicazione istituzionale più subdole, che mirano semplicemente a far apparire ecosostenibili aziende o prodotti che effettivamente non lo sono. Ciò spesso succede quando l'immagine di una determinata azienda necessita di essere rivalorizzata dopo essere stata danneggiata da eventi inquinanti o da comportamenti antiecologici causati dalla stessa. È qui pertanto doveroso parlare più propriamente di *greenwashing*.

Sebbene non vi siano fonti certe a sostegno di questa ipotesi, l'anglicismo *greenwashing* – tale si mantiene in italiano – parrebbe essere stato coniato nel 1983 dall'ambientalista Jay Westerveld, il quale, dopo averlo utilizzato in un suo saggio per l'università, l'avrebbe apparentemente incluso in una pubblicazione apparsa su una rivista letteraria newyorchese nel 1986 (Watson 2017: 38). Indipendentemente dall'etimologia, il verbo *greenwash* e il sostantivo deverbale *greenwashing* sono presumibilmente stati creati per affinità formale e semantica con i composti *whitewash* e *whitewashing*, già presenti nella lingua inglese, sostituendo

green a white. Va considerato che *whitewash* è intrinsecamente polisemico e può quindi avere diversi significati, tutti caratterizzati da negatività: “sbiancare” in senso letterale; più generalmente “mascherare” o “coprire”; “annientare” (l’avversario) nel gergo sportivo; “occultare” o “insabbiare” nel lessico politico; “scagionare”, solitamente tramite difetti procedurali, in contesti legali; “riciclare” (denaro) nell’ambito dell’economia. Nel linguaggio dell’industria cinematografica *whitewashing* è inoltre legato alla pratica che prevede di assegnare a un attore caucasioide il ruolo di un personaggio storicamente di un’etnia diversa per renderlo più attraente agli occhi degli spettatori. Infine, nella linguistica del contatto e nella metalessicografia, *whitewashing* indica una prospettiva eurocentrica o occidentale volta a mitigare la vera natura di alcune varietà dell’inglese ed, eventualmente, dei dizionari che le rappresentano.

Il termine politicamente connotato *greenwashing*, verosimilmente diffuso dal giornalese, comprende pertanto tutte quelle consuetudini linguistiche ed extralinguistiche – come appunto l’utilizzo del colore verde – tipiche della comunicazione aziendale che fanno leva sull’ecosostenibilità ma che in realtà mirano intenzionalmente a incrementare le vendite per ricavarne un profitto. Il linguaggio del *greenwashing* è perciò contraddistinto da alterazioni consapevoli della verità che vengono diffuse tramite i mass media dalle grandi aziende, generalmente multinazionali, le quali fingono o si vantano di essere – o essere diventate – ecosostenibili e come tali vogliono presentarsi ai consumatori (Cox 2012: 298). Sostanzialmente, attraverso il *greenwashing* un’azienda tenta di apparire più ecososteni-

bile di quanto lo sia in realtà. D’altro canto, l’intento del *greenwashing* è principalmente quello di sensibilizzare l’opinione pubblica sui problemi dell’ambiente e motivarla affinché si attivi (più) concretamente per proteggerlo.

Non sembrerebbe plausibile rendere *greenwash* e *greenwashing* in italiano con, rispettivamente, “verdizzare” e “verdizzazione”, poiché entrambi i termini, sebbene scarsamente diffusi, possiedono già un referente relativamente consolidato: se il primo, il verbo verdizzare, anche utilizzato al participio passato, tende a indicare opere liriche ispirate da o somiglianti a quelle di Giuseppe Verdi, il secondo, il sostantivo verdizzazione, sembra riferirsi esclusivamente al lessico politico, prettamente italiano, per evidenziare svolte ambientaliste di determinati partiti.

Bibliografia

- Cox, Robert (2012) “Environmental Communication and the Public Sphere”, 3a ed. Thousand Oaks (CA): Sage.
- Harré, Rom, Brockmeier, Jens & Mühlhäusler, Peter (1999) “Greenspeak: A Study of Environmental Discourse”. Thousand Oaks (CA): Sage.
- Howlett, Michael & Raglon, Rebecca (1992) “Constructing the Environmental Spectacle: Green Advertisements and the Greening of the Corporate Image, 1910-1990”. *Environmental History Review* 16(4): 53-68.
- Miller, Toby (2017a) “Greenwashing Culture”. London & New York: Routledge.
- Miller, Toby (2017b) “Greenwashing Sport”. London & New York: Routledge.
- Watson, Bruce (2017) “The Troubling Evolution of Corporate Greenwashing”. *Chain Reaction* 129: 38-40.

//

ambito disciplinare
economico
autrice
Laura Corazza

Crasi delle parole “*green*” e “*whitewash*”, tale parola si ritrova per la prima volta inserita all’interno del *Concise Oxford Dictionary* nel 1999, definita come disinformazione disseminata da un’organizzazione per presentare la propria immagine pubblica come istituzione responsabile verso l’ambiente. Tale termine viene fatto risalire al 1986 come

1986 come coniato da Jay Westerveld, biologo e attivista (si veda per completezza anche l'altra definizione di **greenwashing** secondo un approccio linguistico). Secondo una ricerca redatta da Seele e Gatti (2015), esistono diverse modalità attraverso le quali un'organizzazione ricorra al *greenwashing*, nonché esistono diverse spiegazioni teoriche. In generale, si può affermare come il *greenwashing* sia un segnale di comunicazione distorta che segue una strategia di manipolazione dell'informazione trasmessa.

Seguendo questo modello, ne esistono quattro tipologie diverse:

- il *greenwashing* falso: quando un'organizzazione viene ugualmente tacciata di praticare *greenwashing* sebbene la sua comunicazione di sostenibilità non sia falsa o compromessa. Purtroppo in questo caso l'organizzazione paga le stesse conseguenze negative in termini di perdita di legittimità e di reputazione.
- Il *greenwashing* puro: quando un'organizzazione intenzionalmente comunica informazioni "verdi" false o pubblica dichiarazioni relative ad azioni e comportamenti di fatto inesistenti. Il risultato che ne deriva è l'accusa di *greenwashing*, che di conseguenza si traduce in una perdita di legittimità e un danno di immagine.
- il *greenwashing* potenziale. Un'organizzazione comunica intenzionalmente informazioni "verdi" false e gode dei benefici derivanti dallo sfruttamento di questa tecnica moralmente distorta, ma nessuno l'accusa. In pratica, mancando la scoperta e di conseguenza "l'accusa", esso rimane solo a livello potenziale.

- per ultimo, l'inesistenza del *greenwashing* ossia quando un'organizzazione produce, pubblica e diffonde in maniera cristallina le proprie informazioni in ambito di sostenibilità, e gli *stakeholder* recepiscono tali messaggi come autentici.

Le organizzazioni, in passato, hanno fatto ampio ricorso a diverse tipologie di manipolazione dell'informazione trasmessa. Un esempio è il cosiddetto "*bluwashing*", utilizzato a partire dal Summit mondiale del 2002 delle Nazioni Unite a seguito del quale molte organizzazioni iniziavano a pubblicare informazioni circa le problematiche umanitarie, ma senza alcun reale impegno. O ancora, si parla sempre più recentemente di "*SDGs washing*", quando le aziende inseriscono nella propria reportistica riferimenti agli SDGs solo per "moda" e non per reale impegno. In conclusione, il *greenwashing* è una delle tecniche utilizzate dalle aziende nella costruzione di una *organisational façade* (facciata ben organizzata) ed è un esempio della cosiddetta ipocrisia aziendale (Cho, et al. 2015).

Bibliografia

- Seele, P., & Gatti, L. (2017). "Greenwashing revisited: In search of a typology and accusation-based definition incorporating legitimacy strategies". *Business Strategy and the Environment*, 26(2), 239-252.
- Cho, C. H., Laine, M., Roberts, R. W., & Rodrigue, M. (2015). "Organized hypocrisy, organizational façades, and sustainability reporting". *Accounting, Organizations and Society*, 40, 78-94.

LESSICO NUVOLE

le parole del cambiamento climatico



Non viviamo un solo giorno senza avere un impatto sul mondo circostante. Ogni azione fa la differenza, sta a te decidere quale tipo di differenza vuoi fare.



Jane Goodall

Etologa.
Mother Earth

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini

Bibliografia

- Balestro, G., et al. "La componente Idrosfera: acque superficiali e sotterranee." (2002) CNR. 472-556.
- Businelli, Mario. "Principi di Chimica del suolo". Morlacchi Editore, 2007.
- Fidelibus, M. Dolores. "Geochimica dell'idrosfera: come, quando e perché." *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater* 1.2 (2012).
- Valero, Antonio, Andrés Agudelo, and Alicia Valero. "The crepuscular planet. A model for the exhausted atmosphere and hydrosphere." *Energy* 36.6 (2011): 3745-3753.
- Wagener, Thorsten, et al. "The future of hydrology: An evolving science for a changing world." *Water Resources Research* 46.5 (2010).
- Wsetall, J., and W. Stumm. "The hydrosphere. The natural environment and the biogeochemical cycles". Springer, Berlin, Heidelberg, 1980. 17-49.

Con **idrosfera** si intende l'insieme di tutte le acque presenti sulla Terra, nei vari stati di aggregazione e dislocate sia sulla superficie (mari, fiumi, laghi, ghiacciai e calotte polari), sia diffuse in **atmosfera** (vapore acqueo e gocce d'acqua sospese), sia presenti nel sottosuolo (acque sotterranee e intrappolate nelle rocce). La maggior parte è rappresentata dall'acqua di mari e oceani (circa il 97%) e dall'acqua dolce (circa il restante 3%). In percentuale, l'acqua dolce presente sul Pianeta è così distribuita:

- circa il 79% in calotte e ghiacciai allo stato solido;
- circa il 20% come acque sotterranee;
- circa l'1% in superficie: laghi, fiumi e torrenti, umidità del suolo, vapore acqueo.

Le acque dell'idrosfera sono interessate da continui scambi di materia (ed energia) con l'atmosfera, la superficie terrestre (**pedosfera**) e la zona più esterna della **litosfera**, attraverso il ciclo idrologico. Dal mare l'acqua evapora, principalmente a causa della radiazione solare, e diventa vapore acqueo diffuso in **atmosfera**. Anche il terreno e le piante, attraverso l'evapotraspirazione e la traspirazione, liberano vapore acqueo in atmosfera. Qui il vapore acqueo viene trasportato dai venti e dai moti convettivi e, quando si raffredda, il fenomeno della condensazione - attorno a piccole impurità (cristalli di sale marino, particelle di polvere, **aerosol**) - lo trasforma di nuovo in acqua liquida o direttamente in cristalli di ghiaccio (brinamento), dando origine a una vasta tipologia di nuvole. Quando le gocce d'acqua diventano troppo grandi e pesanti ricadono al suolo come pioggia, neve, grandine (precipitazione); la precipitazione scorre poi in diversi modi, sulla superficie e nel sottosuolo, di nuovo verso il mare.

Le diverse fasi del ciclo dell'acqua variano con le zone climatiche; il loro rapporto costituisce il **bilancio idrologico**, che fornisce indicazioni sulle risorse idriche presenti sulla Terra e nelle varie regioni. Oltre al ciclo idrologico, le masse d'acqua dell'idrosfera sono interessate dai movimenti interni agli oceani: qui le **correnti oceaniche** trasportano materia e calore tra le diverse zone della Terra, indicando notevolmente sul **clima** e sulle sue variazioni (vedi anche la voce "**Teleconnessioni**").

/Impatti da cambiamenti climatici/ Climate Change Impacts

ambito disciplinare
gestione del rischio

autori
Alessandro Pezzoli
Calotta Quagliolo

Questo lemma definisce le conseguenze derivanti dai **cambiamenti climatici** e da **eventi meteorologici estremi**.

Generalmente gli **impatti** si riferiscono agli effetti che subiscono i sistemi naturali e umani, a partire dalle vite umane agli ecosistemi naturali, dalle abitazioni alle infrastrutture e ai servizi, e dalle economie alle società e alle culture, dovuti all'interazione del cambiamento climatico o dell'evento climatico pericoloso per un determinato periodo di tempo e con la **vulnerabilità** del sistema esposto.

Gli impatti possono essere di "natura fisica" (chimica/meteo-climatica), comprendendo l'innalzamento medio della temperatura atmosferica a scala globale (**riscaldamento globale**) e gli effetti sul sistema meteorologico con, ad esempio, l'aumento di eventi siccitosi, oppure l'intensificarsi di precipitazioni che causano **alluvioni**, erosione del suolo, frane, ecc.

Tra tali impatti di natura fisica, vi sono anche l'**innalzamento del livello del mare** dovuto all'espansione termica (a sua volta causata dall'aumento della temperatura marina) e alla fusione della **criosfera**. Anche l'effetto di **acidificazione degli oceani** è conseguenza di un maggior assorbimento di **diossido di carbonio** (CO₂) da parte di essi. Importante risulta sottolineare come l'innalzamento delle temperature non è uniforme sul Pianeta e di conseguenza gli impatti dei cambiamenti climatici a scala locale possono essere diversi.

Poiché gli impatti di natura fisica influenzano sia i sistemi ecologici, sia quelli umani, gli effetti si possono riflettere e osservare sui sistemi naturali, come per esempio gli effetti sugli ecosistemi marini e terrestri, gli incendi (si veda la voce "**Pirocene**") e la perdita di **biodiversità**, e sui sistemi socio-economici, tra cui gli effetti sulla salute umana (si veda la voce "**Malattie da cambiamenti climatici**") e i danni alle infrastrutture.

Tali impatti possono risultare negativi o positivi a seconda dell'area geografica e del settore interessato. Ad esempio, nei paesi con clima rigido, l'innalzamento delle temperature può anche rivelarsi positivo, consentendo la produzione di alimenti altrimenti non adatti a temperature inferiori.

L'analisi del cambiamento climatico presente e futuro viene affiancata dalle analisi territoriali per meglio comprendere i potenziali impatti e quindi pianificare un **adattamento** appropriato.

Per poter definire una strategia di adattamento prevenendo l'ac-

cadimento di **disastri**, è necessario individuare i sistemi e territori a maggior **rischio** di subire effetti dannosi. La valutazione della propensione al rischio associata al cambiamento climatico si basa sulla valutazione delle sue diverse componenti: gli effetti sono infatti dovuti all'interazione del **cambiamento climatico** o dell'evento pericoloso - che si verificano in un determinato periodo di tempo - con la **vulnerabilità** di un sistema o di una società esposta al **pericolo** (si veda il lemma "**Esposizione**"). Tale sistema o società sarà più vulnerabile se la sua **capacità di adattamento** o di reagire è bassa, e, al contrario, la sua predisposizione al pericolo o suscettibilità al danno (si veda "**Sensibilità**") è elevata. Inoltre quanto più il sistema riesce ad affrontare gli effetti del cambiamento climatico riorganizzandosi e reagendo in maniera efficace, tanto più il sistema sarà resiliente (si veda "**Resilienza**"). Infine, la conoscenza del rischio consente la preparazione di un **sistema di allerta** per le comunità.

Esempio di impatto da cambiamenti climatici
Le città costiere vengono considerate tra le più vulnerabili agli impatti del cambiamento climatico essendo le aree urbane maggiormente popolate e con la concentrazione di numerose attività economiche. Tali città sono infatti esposte al pericolo inondazione come effetto dell'innalzamento del livello degli oceani. La probabilità di subire maggiori danni dipende dal livello di rischio. Cosa significa? Se prendiamo due città come Bombay (India) e Shangai (Cina), che presentano un numero simile di popolazione esposta al pericolo di inondazione costiera, tali sistemi urbani non avranno lo stesso livello di rischio. Questo perché, ad esempio, la popolazione di Bombay vive in condizioni di maggior disagio rispetto a quella di Shangai, per cui tale sistema urbano sarà considerato maggiormente suscettibile a subire i danni, oltre ad avere una minor capacità di reagire all'evento disastroso.

Le popolazioni povere vengono, infatti, considerate tra le categorie di persone più vulnerabili. È evidente, in questo caso, come la diversa capacità di adattamento, che è strettamente correlata alla pianificazione territoriale e al sistema socio-economico, influisca direttamente sulla valutazione di vulnerabilità dell'area interessata dall'evento calamitoso.

Bibliografia

- CMCC, 2017. "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): Italy.
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plattner and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: "Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects". Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
- Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014: "Adaptation needs and options". In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 833-868.

/Impronta di carbonio/ Carbon Footprint

ambito disciplinare
chimico
ambientale

autori

Enrica Vesce
Marco Bagliani
Rosalia Stella Evola
Tommaso Orusa

L'**impronta di carbonio** (**Carbon Footprint** – CFP) è un indicatore quantitativo che si inserisce nella più ampia categoria delle impronte ambientali, utili a misurare il contributo delle attività umane al **cam-**
biamento climatico esprimendolo in termini di **gas serra** emessi. Nello specifico, l'impronta di carbonio stima la quantità totale di emissioni, dirette e indirette, di gas ad effetto serra associate a un individuo, a un prodotto, a un servizio, a un evento, alle attività di un'organizzazione o di un'intera nazione.

Nel rispetto ai dettami del **Protocollo di Kyoto** i sei principali gas climalteranti che rientrano nel calcolo sono: il **diossido di carbonio** o anidride carbonica (CO_2), il metano (CH_4), il protossido d'azoto (N_2O), l'esafluoruro di zolfo (SF_6), gli idrofluorocarburi (HFCs) e i perfluorocarburi (PFCs). Date le differenti proprietà chimico-fisiche dei gas considerati, l'impronta di carbonio viene espressa in termini di CO_2 equivalente (CO_{2e}), un'unità di misura che permette di confrontare e aggregare in maniera omogenea il contributo al cambiamento climatico proveniente da ogni specifico gas a effetto serra.

La quantità di emissioni espressa in CO_2 equivalente si ottiene moltiplicando la massa molecolare di un certo gas a effetto serra per il suo Potenziale di Riscaldamento Globale (*Global Warming Potential* – GWP) relativo, un coefficiente calcolato dall'**IPCC** (vedi anche la definizione di diossido di carbonio).

Tra le metodologie più comunemente utilizzate vi è il *GHG Protocol* (dove *GHG* sta per *Greenhouse Gas* – *N.d.C.*), standard sviluppato a partire dagli anni 2000 dal *World Resources Institute* (WRI) e dal *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Ai suoi esordi il *GHG Protocol* si è maggiormente focalizzato sulle organizzazioni ma ha poi ampliato il suo lavoro per fornire una guida per contabilizzare le emissioni di città, nazioni e anche di politiche. Anche l'*International Organization for Standardization* (ISO) ha prodotto degli standard utili al calcolo dell'impronta di carbonio delle organizzazioni (ISO-14064) e dei prodotti (ISO-14067).

Nel caso specifico del calcolo dell'impronta di carbonio di un prodotto fondamentale è il concetto di ciclo di vita: per riuscire a ottenere un risultato significativo le emissioni dei gas climalteranti devono essere contabilizzate per tutte le fasi che scandiscono il ciclo di vita del prodotto oggetto d'analisi; devono rientrare quindi nel conteggio tutte le emissioni originatesi nelle fasi di acquisizione delle materie prime ed energia, di trasporto, di produzione, di consumo e fine vita. Su questo argomento vedi anche "**Life cycle analysis**".

In fine, in merito alle emissioni di CO₂ equivalente prodotte dai singoli paesi, è interessante stimarne e conoscerne l'emissione annua. L'immagine riprodotta è relativa all'anno 2015 per i soli paesi europei.

Totale delle emissioni di CO₂ equivalente (CO_{2e}) per paese europeo nel 2015. Unità di misura; migliaia di tonnellate di CO_{2e}.
Fonte: Agenzia europea dell'ambiente (European Environment Agency (EEA))
<https://www.eea.europa.eu/>



Bibliografia

- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)/World Resources Institute (WRI). "Greenhouse Gas Protocol, Corporate Accounting and Reporting Standard", April 2004 and "GHG Protocol Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard", 2011.

/ Impronta ecologica / Ecological Footprint

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori

Enrica Vesce
Marco Bagliani
Rosalia Stella Evola
Tommaso Orusa

Il concetto di **impronta ecologica** venne introdotto agli inizi degli anni '90 del secolo scorso da William Rees e Mathis Wackernagel, successivamente autori del libro *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, del 1996.

L'impronta ecologica è un sistema di contabilità ambientale che stima la quantità di risorse ecologiche e **servizi ecosistemici** che una popolazione utilizza per soddisfare i propri bisogni, in termini di **consumo** di risorse e assorbimento di tutte le emissioni e i **rifiuti** prodotti dalla popolazione stessa per vivere. Questa stima è espressa calcolando la superficie di terreno produttivo corrispondente, quantificando l'area totale degli ecosistemi richiesta per produrre (direttamente e indirettamente) in modo

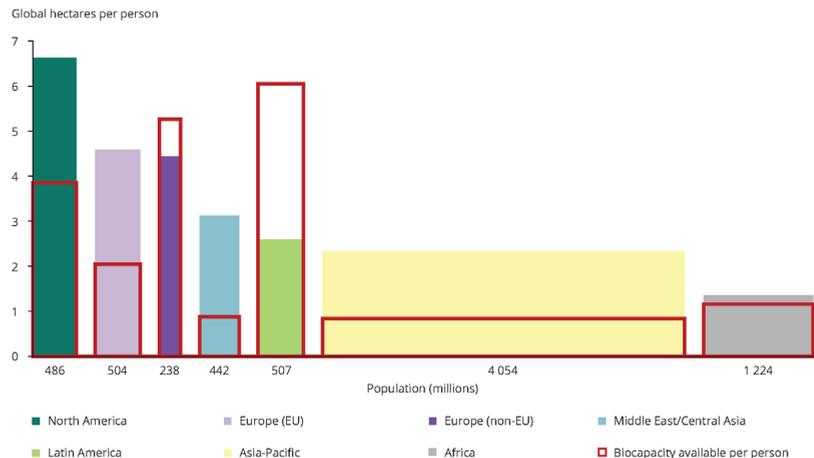
sostenibile tutte le risorse consumate, e per riassorbire, sempre in modo sostenibile, tutte le emissioni prodotte da quella popolazione. La proposta iniziale dell'impronta ecologica si è progressivamente sviluppata in un sistema di contabilità completo, composto da diversi indicatori:

- circa il 79% in calotte e ghiacciai allo stato solido;
- l'impronta ecologica delle produzioni, che conteggia tutti gli utilizzi di terreno che avvengono all'interno del territorio considerato;
- l'impronta ecologica dei consumi che quantifica tutti gli usi di superficie produttiva connessi con i consumi degli abitanti del territorio considerato. In questo caso all'impronta ecologica delle produzioni vengono sommati i terreni utilizzati per produrre i beni importati mentre sono sottratti quelli utilizzati per produrre i beni esportati.
- la biocapacità, che stima, sempre in ettari di terreno produttivo, l'aggregato dei servizi ecosistemici erogati dagli ecosistemi locali.

A partire da questi indicatori è possibile costruire dei veri e propri bilanci ambientali, confrontando la biocapacità con l'impronta ecologica delle produzioni o con quella dei consumi e analizzare se un territorio è in deficit o surplus ecologico (si veda la figura).

Le aree delle barre colorate mostrano l'impronta ecologica totale di ciascuna regione del mondo nel 2016. Sono il prodotto dell'impronta ecologica pro-capite e della popolazione di ciascuna regione. La biocapacità di ciascuna regione è rappresentata, invece, dall'area all'interno delle linee rosse. Si evince che molte regioni - Nord America, Europa (EU), Medio Oriente, Asia Centrale, - Asia-Pacifica e Africa - sono in "deficit ecologico" poiché l'area corrispondente all'impronta è maggiore dell'area della biocapacità. Invece, le regioni dell'Europa (non-EU) e dell'America Latina hanno ancora una biocapacità superiore all'impronta ecologica della loro popolazione.

Fonte: Agenzia europea dell'ambiente (European Environment Agency - EEA)



Se l'impronta ecologica delle produzioni è minore/maggiore della biocapacità si ha una situazione di erosione/accumulo di capitale naturale locale, mentre quando l'impronta ecologica dei consumi è minore/maggiore della biocapacità è possibile affermare che la popolazione alla quale è riferito il calcolo usufruisce di più/meno di quanto il territorio è in grado di offrire per produrre le risorse naturali e assorbire le emissioni e i rifiuti e, di conseguenza, il territorio si trova in una situazione di deficit/surplus ecologico. Per la costruzione di questo indicatore si considerano quindi le varie categorie di

consumi o di rifiuti prodotti e si convertono in area di terreno biologicamente produttivo necessario per la loro produzione o smaltimento. Si distinguono sei tipologie di terreno: per **energia**, agricolo, a pascolo, a foreste, superficie marina e infine superficie degradata. I fattori di conversione rappresentano lo strumento atto a effettuare questa operazione. Questi fattori indicano quanta superficie serve per produrre un bene e possono essere espressi in ha/unità di misura fisiche o in ha/unità di misura monetaria (*ovvero in ettaro per unità di misura scelta* – N.d.C.) in base al tipo di bene consumato. In seguito si rendono necessari dei fattori di equivalenza per normalizzare le superfici precedentemente calcolate e ottenere così un unico valore dell'impatto di ogni singolo prodotto o servizio consumato, espresso in "ettaro globale". Per interpretare il valore scaturito dal calcolo dell'impronta ecologica, è opportuno confrontare questa grandezza con un valore *benchmark* (di riferimento): la biocapacità.

Bibliografia

- Bagliani M., Battaglia M., Ferlino F., Guarino E., 2012 "Atlante della contabilità ambientale del Piemonte: geografia e metabolismo dell'impronta ecologica", Edizioni IRES.
- Milan and WWF Italia, "L'impronta ecologica", Edizioni Ambiente, Roma, 1996.
- Wackernagel, M. and Rees, W.E., 1996, "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth". New Society Publishers, Gabriola Island. available from: <https://ghgprotocol.org>

/Indici spettrali della vegetazione/ Spectral Vegetation Indices

*ambito disciplinare
ambientale
geomatico*

*autori
Filippo Sarvia
Samuele De Petris
Tommaso Orusa
Enrico Borgogno
Mondino*

La firma spettrale descrive il comportamento riflettivo delle superfici rispetto alle diverse lunghezze d'onda della radiazione elettromagnetica (EE) incidente. Il telerilevamento (vedi "**Dati satellitari / EO data**") misura e interpreta le firme spettrali (tipicamente nel range spettrale 350-2500 nm) per derivare informazioni circa le proprietà dei corpi che le esprimono. In particolare, la firma spettrale della vegetazione è influenzata da diversi fattori legati alla struttura fogliare (latifoglie o aghifoglie), alla biomassa (stadio fenologico), allo stato di salute (efficienza fotosintetica) e al contenuto idrico. Spesso il contenuto informativo complesso insito nella firma spettrale viene sintetizzato mediante **indici spettrali (IS)**, cioè formulazioni matematiche che coinvolgono i valori di riflettività registrati in alcune delle bande spettrali disponibili. Nel caso della vegetazione gli IS che ne sintetizzano il comportamento risultano correlabili alla biomassa, allo stato di salute, alla produttività e allo stato nutrizionale.

Esistono tre principali tipologie di IS di vegetazione basati su dati ottici (Brivio et al., 2006):

1. *Indici intrinseci (o di pendenza)*: costruiti come rapporti più o meno complessi tra bande spettrali che geometricamente identificano delle direzioni (pendenze) di specifiche linee nello spazio delle bande. Per la vegetazione questi in genere combinano il segnale riflesso nella banda del rosso (580-750 nm), correlabile all'assorbimento operato dalla clorofilla per supportare la funzione fotosintetica, con quello riflesso nella banda del vicino infrarosso (750-1100 nm) dove invece si esprimono le caratteristiche di struttura fogliare e di chioma. A questa famiglia di indici appartengono per esempio il *Ratio Vegetation Index - RVI* e il *Normalized Difference Vegetation Index - NDVI* (Bannari et al., 1995).
2. *Indici di distanza (rispetto alla "linea dei suoli")*: ragionano con riferimento alla firma spettrale del suolo nello spazio delle bande (che della vegetazione costituisce il *background*, soprattutto laddove la risoluzione geometrica delle immagini multispettrali non sia elevatissima). Essi tentano di minimizzare il contributo riflettivo del suolo sottostante la copertura vegetata poco densa. Tra questi indici ricordiamo il *Perpendicular Vegetation index - PVI* e *Soil adjusted Vegetation Index - SAVI* (Huete, 1988).
3. *Indici con correzioni atmosferiche*: poiché ogni misura spettrale è nativamente "sporcata" dal contributo diffusivo e di assorbimento operato dall'**atmosfera**, alcuni indici cercano di minimizzarne l'effetto. Tra questi l'*Atmospheric Resistant Vegetation Index - ARVI* (Kaufman & Tanre, 1992) e *Enhanced Vegetation index - EVI*.

L'NDVI è certamente il più diffuso e utilizzato per il monitoraggio della vegetazione

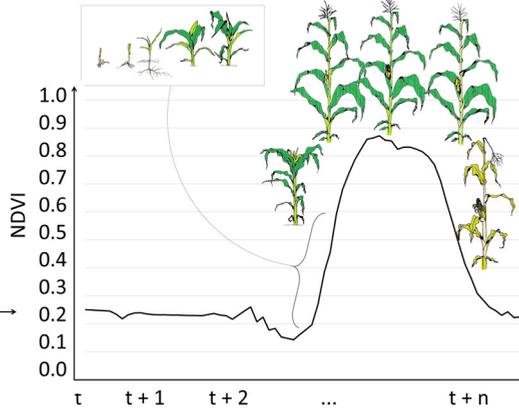
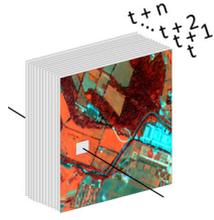
(Bannari et al., 1995). Esso risulta dalla seguente relazione:

$$NDVI = \frac{(P_{NIR} - P_{RED})}{(P_{NIR} + P_{RED})}$$

in cui P_{NIR} e P_{RED} rappresentano la riflettività (rapporto tra energia riflessa ed energia incidente disponibili per una certa banda) nelle bande del vicino infrarosso (NIR) e del rosso (RED) rispettivamente.

In queste bande le piante esprimono un comportamento peculiare che permette di isolare e mappare la biomassa presente. In particolare, più la riflettività nel rosso diminuisce più la funzione clorofilliana è attiva, cioè aumenta l'efficienza fotosintetica della pianta. La riflettività nel NIR è invece correlata alla struttura fogliare e di chioma, quindi, in qualche modo, alla biomassa espressa. Se la differenza tra NIR e RED è alta, significa che si è in presenza di una biomassa significativa in ottimo stato di funzionamento. Se si confronta il valore dell'indice in tempi successivi, è possibile pertanto derivare informazioni circa l'evoluzione fenologica o fitosanitaria della pianta. Se calcolato, come vorrebbe la prassi, da bande calibrate e corrette atmosfericamente, l'NDVI assume valori compresi nell'intervallo [-1 ; 1]. Valori tra 0.4 e 1.0 indicano la presenza di vegetazione a densità (o attività) crescente, mentre valori compresi tra 0 e 0.4 denotano l'assenza di vegetazione identificando suoli nudi o superfici antropiche. Valori negativi sono generalmente legati alla presenza di corpi idrici o di neve.

L'NDVI costituisce pertanto una misura indiretta, costruita per formulazione matematica, a partire dalle bande registrate dai sensori multispettrali ospitati su satelliti, aerei, droni o prossimali di campo. L'analisi di serie multi temporali di mappe di NDVI consente di descrivere il comportamento negli anni della vegetazione naturale o delle colture (si veda la figura), evidenziando eventuali



Serie multi-temporale di mappe NDVI di una zona agricola in cui è stato estrapolato il profilo di un pixel (coltura di mais). Valori di NDVI < 0.3 corrispondono a suolo nudo, mentre NDVI aumenta con lo sviluppo fenologico della coltura. La raccolta comporta un decadimento dell'indice. Se però si registrano decadimenti in momenti non attesi dell'anno, questo indice può misurare tali anomalie e una loro mappatura può aiutare lo studio del fenomeno indagato e una sua gestione. Fonte: immagine a cura degli autori.

anomalie, la cui spiegazione non può che avvenire sulla base di doverosi controlli di campo. Il valore dell'indice è infatti la sintesi degli effetti e della reazione dei sistemi vegetati alle sollecitazioni indotte dai molteplici fattori esterni che su essi agiscono (fenologia, gestione, patologie, **meteo/clima**).

Bibliografia

- Bannari, A., Morin, D., Bonn, F., & Huete, A. R. (1995). "A review of vegetation indices". *Remote sensing reviews*, 13(1-2), 95-120.
- Brivio, P., Lechi, G., & Zilioli, E. (2006). "Principi e metodi di telerilevamento" (pp. 1-525). CittaStudi.
- Huete, A. R. (1988) "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)". *Remote Sensing of Environment*, 25, 295-309.
- Kaufman, Y. J., & Tanre, D. (1992). "Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS". *IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30(2), 261-270.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gailard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). "Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change". *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.

/Indici di vegetazione da dati RADAR/ RADAR vegetation indices

ambito disciplinare
ambientale
geomatico

autori
Samuele De Petris
Filippo Sarvia
Enrico Borgogno
Mondino

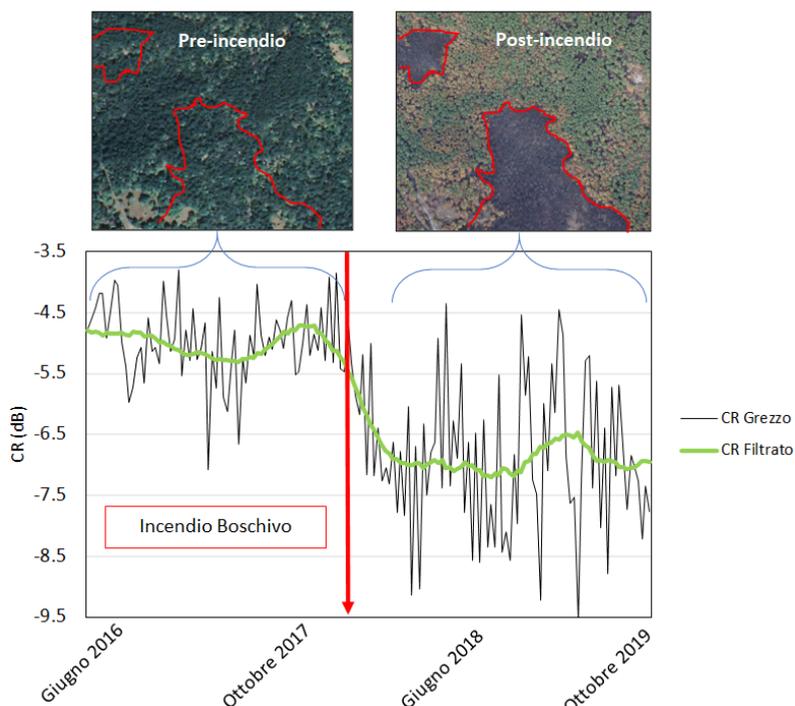
Il telerilevamento attivo (vedi **"Dati satellitari - EO Data"**), in particolare quello basato su tecnologia SAR (*Synthetic Aperture RADAR*), permette di definire indici spettrali sintetici utili alla caratterizzazione delle superfici vegetate (Ulaby et al., 2015). I sensori attivi RADAR (*RADio Detection And Ranging*) utilizzano lunghezze d'onda variabili tra 0.6 e 140 cm; lo stesso sensore emette e registra l'energia elettromagnetica riflessa dalle superfici illuminate. Grazie a queste caratteristiche i sensori SAR operano anche in presenza di copertura nuvolosa ed in assenza di luce diurna.

Il telerilevamento attivo (vedi "**Dati satellitari - EO Data**"), in particolare quello basato su tecnologia SAR (*Synthetic Aperture RADAR*), permette di definire indici spettrali sintetici utili alla caratterizzazione delle superfici vegetate (Ulaby et al., 2015). I sensori attivi RADAR (*RADio Detection And Ranging*) utilizzano lunghezze d'onda variabili tra 0,6 e 140 cm; lo stesso sensore emette e registra l'energia elettromagnetica riflessa dalle superfici illuminate. Grazie a queste caratteristiche i sensori SAR operano anche in presenza di copertura nuvolosa ed in assenza di luce diurna.

I dati RADAR sono molto sensibili alle proprietà geometriche e di umidità delle superfici. In particolare, le caratteristiche di polarizzazione del segnale derivabili dall'informazione di ampiezza del segnale registrato (noto anche in fase) permettono di caratterizzare la vegetazione. I sensori SAR sono in grado di registrare simultaneamente da 1 a 4 diverse combinazioni di polariz-

zazione: VV, VH, HH, HV. La prima lettera della coppia si riferisce alla polarizzazione del segnale elettromagnetico emesso; la seconda a quella ricevuta. In queste lunghezze d'onda, la vegetazione è responsabile di un'interazione peculiare con l'energia elettromagnetica chiamata "diffusione volumetrica". A partire da questo fenomeno si possono ricavare degli indici che misurano il grado di depolarizzazione indotta dalla vegetazione sul segnale incidente. In generale, all'aumentare della densità di vegetazione aumenta il grado di depolarizzazione (Ulaby et al., 2015).

Gli indici più diffusi che si basano su questo fenomeno sono: il *Radar Vegetation Index - RVI* (Ulaby et al., 2015), il *Cross-Ratio - CR* (Vreugdenhil et al., 2018) e il *Normalized Ratio Procedure between Bands - NRPB* (Figueiras et al., 2019). L'utilizzo di questi indici deve essere preceduto da opportune fasi di calibrazione geometrica e radiometrica dei dati originali.



Profilo multi-temporale di CR (indice Cross-Ratio) di una zona boscata interessata da incendi. In nero l'andamento dell'indice CR senza alcuna elaborazione; come si può notare da un'osservazione all'altra il segnale è fortemente variabile (fenomeno chiamato speckle). In verde l'andamento dell'indice CR dopo una filtratura. In alto a sinistra immagine dell'area boscata pre-incendio, in alto a destra la stessa area percorsa da incendio. L'analisi del trend (pre e post-incendio) di questa serie di dati, opportunamente elaborati, permette il riconoscimento e la mappatura dei danni alle chiome. La bruciatura della chioma ha eliminato le foglie e i rami più piccoli andando a modificare la risposta riflettiva degli alberi. Fonte: immagine degli autori.

L'analisi di serie multi-temporali di questi indici permette di monitorare le proprietà geometriche (altezza e disposizione delle foglie/rami) e l'umidità della vegetazione evidenziando anomalie dovute a disturbi (incendi, frane, alluvioni e asporto della vegetazione) o trend particolari (si veda la figura).

Bibliografia

- Filgueiras, R., Mantovani, E. C., Althoff, D., Fernandes Filho, E. I., & Cunha, F. F. D. (2019). "Crop NDVI Monitoring Based on Sentinel 1". *Remote Sensing*, 11(12), 1441.
- Ulaby, F., & Long, D. (2015). "Microwave radar and radiometric remote sensing". (pp. 461-548) Artech House.
- Vreugdenhil, M., Wagner, W., Bauer-Marschallinger, B., Pfeil, I., Teubner, I., Rüdiger, C., & Strauss, P. (2018). "Sensitivity of Sentinel-1 backscatter to vegetation dynamics: An Austrian case study". *Remote Sensing*, 10(9), 1396.

/Infodemia/

ambito disciplinare
linguistico

autore
Alec Piován

Per dare conto del ruolo svolto dall'informazione durante l'emergenza sanitaria dovuta alla Covid-19 è stato coniato il termine **infodemia**: un contagio informativo, in cui l'ingente quantità di informazioni che viene diffusa non è vagliata criticamente e si trasmette per lo più attraverso canali non ufficiali, come i *social network* o le app di messaggistica, che consentono a chiunque di diffondere presunte notizie e informazioni con grande rapidità. Le conseguenze di tale immediatezza non sono necessariamente positive: qualsiasi informazione può diventare, ricorrendo a un termine abusato, "virale", indipendentemente dalla sua attendibilità e veridicità. Tuttavia, nemmeno i mezzi d'informazione tradizionali, per esigenza di rapidità o per accattivarsi più lettori o spettatori, sono esenti dal partecipare a questo "contagio". I principi per tutelarsi sono, in linea teorica, abbastanza semplici: verificare la presenza di fonti, la loro attendibilità e controllare se tali notizie sono confermate o smentite ufficialmente. La frenesia che spesso caratterizza le nostre vite e il costante bombardamento informativo, però, non di rado ci spingono a non metterli in pratica.

È ragionevole dire che alcune caratteristiche e modalità della presente infodemia si riscontrano anche altrove e relativamente ad altri temi. Un esempio è dato da quelle notizie scientifiche che, man mano che vengono rilanciate dalle testate giornalistiche e catturano l'interesse del grande pubblico, tendono a essere riportate con sempre minor precisione, magari non menzionando variabili rilevanti o estendendo le loro implicazioni più del dovuto (Bangerter/Heat 2010). La diffusione di grandi quantità di informazioni a un'ampia fetta della popolazione si presta così a manipolazioni e raggiri: in questo, la lingua ha un ruolo primario. Affinché informazioni imprecise

o false siano accettate con più facilità da chi le riceve, è frequente il ricorso ai cosiddetti contenuti impliciti, ovvero contenuti che non vengono affermati esplicitamente ma che si danno per condivisi oppure affidati alla ricostruzione del lettore/ascoltatore (Lombardi Vallauri 2019).

Negli ultimi anni, grazie al proliferare di movimenti e iniziative, il dibattito intorno al **riscaldamento globale** ha ottenuto sempre più spazio, e spesso proprio grazie ai mezzi di comunicazione di cui sopra. Anche in questo caso non mancano la condivisione di notizie prive di basi scientifiche e il ricorso a precise strategie linguistiche per persuadere la popolazione di un'idea o dell'altra.

A questo proposito, nel libro *Non pensare all'elefante* (2019), il linguista cognitivo George Lakoff spiega come Frank Luntz, «guru del linguaggio per tutto il mondo dei conservatori americani», abbia convinto la sua fazione «a smettere di parlare di “riscaldamento globale” perché suonava un po' inquietante e implicava la responsabilità di tutti. Al suo posto, ha introdotto nel discorso pubblico l'espressione “**cambiamento climatico**”, supponendo che la parola “**clima**” evochi qualcosa di più piacevole (ad esempio palme) e che il cambiamento sia avvenuto senza la responsabilità degli esseri umani». Questo fatto, benché in apparenza marginale, suggerisce che l'attenzione e gli accorgimenti che si hanno di fronte a un'infodemia sono sempre opportuni sempre, dinanzi a qualsiasi diffusione di informazioni, e perciò anche quando si parla di clima.

Bibliografia

- Bangeter, A., Heath, C. “The Mozart Effect: Tracking the Evolution of a Scientific Legend”, *British Journal of Social Psychology* 2010.
- Faloppa, F. “Sul nemico invisibile e altre metafore di guerra”, in “La cura delle parole”, Treccani online 2020.
- Grandi, N., Piovan, A. “Coronavirus. Un contagio (anche) informativo”, *MicroMega* 3/2020: 39-48.
- Lakoff, G. *Non pensare all'elefante*, Chiarelettere 2019.
- Lombardi Vallauri, E. “La lingua disonesta. Contenuti impliciti e strategie di persuasione”, Il Mulino 2019.

/Innalzamento livello del mare/ Sea Level Rise

ambito disciplinare
ambientale

autrice
Elisa Palazzi

Nel corso della storia della Terra, il livello medio del mare ha subito molte oscillazioni, alzandosi e abbassandosi anche drasticamente. Nei periodi molto caldi con assenza di ghiaccio ai poli, l'oceano era centinaia di metri più alto rispetto ad oggi; nei periodi molto freddi in cui il ghiaccio ricopriva il pianeta, il livello del mare era centinaia di metri più basso. Cambiamenti che fanno parte dei cicli naturali della Terra, verificatisi in milioni di anni.

Nel periodo glaciale più recente della Terra, che ha avuto il suo massimo circa 21.000 anni fa, si stima che il livello globale medio del mare fosse più basso di circa 120 m rispetto ad oggi. Da quel periodo, il livello del mare è salito fino ai valori odierni:

I

all'inizio molto rapidamente (con velocità anche superiori a 3 metri per secolo), successivamente ha continuato a crescere, a tratti innalzandosi rapidamente, fino a circa 7.000 anni fa. Poi, l'**innalzamento del livello del mare** rallentò, mantenendosi in gran parte stabile per la maggior parte degli ultimi 2.000 anni, sulla base delle informazioni indirette ricavate dai coralli e dai sedimenti. Dal 1850 il livello del mare si sta di nuovo innalzando, salendo più velocemente di quanto non abbia fatto negli ultimi 6.000 anni. Il livello medio globale del mare è aumentato dal 1880 di circa 21-24 cm, di cui circa un terzo dal 1993 a oggi (90 mm circa), cioè da quando lo si misura da satellite. La velocità di innalzamento è stata di 3.2 mm/anno dal 1993 (e nel periodo 2006-2015 si è spinta fino a 3.6 mm/anno, che è stato 2,5 volte il tasso medio di innalzamento all'anno per la maggior parte del XX secolo). Nel 2019, il livello medio globale del mare è stato di 87 mm sopra la media del 1993, la più alta media annuale presente nel record satellitare.

Le due principali cause dell'innalzamento del livello medio del mare sono l'espansione termica causata dal riscaldamento dell'oceano (l'acqua si espande, cioè aumenta il proprio volume, ma mano che si scalda, e gli oceani stanno assorbendo più del 90% del calore in eccesso accumulatosi nel sistema in seguito alle emissioni antropiche) e l'apporto di acqua dolce per la fusione dei ghiacciai continentali (calotte glaciali di Groenlandia e Antartide soprattutto, e ghiacciai montani - *su questi fenomeni si veda la voce "Punti critici" e quelle a essa collegate, N.d.C.*). Dagli anni '70 del secolo scorso fino all'ultimo decennio circa, la fusione dei ghiacci continentali e l'espansione termica delle acque oceaniche calde hanno contribuito in egual misura all'in-

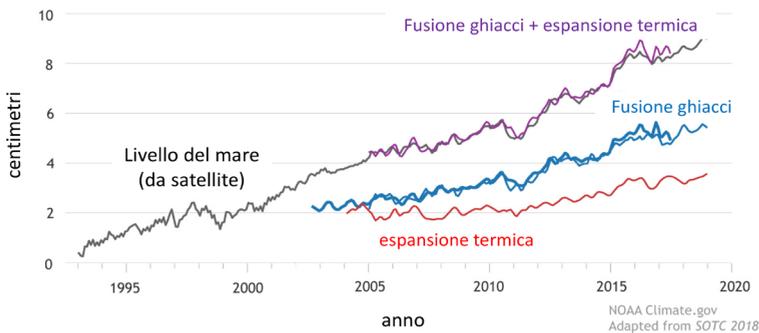
nalzamento del livello medio del mare. Nel periodo più recente, tuttavia, la fusione dei ghiacci delle calotte e dei ghiacciai montani ha subito un'accelerazione così da contribuire in misura maggiore all'aumento del livello del mare:

- la perdita media di ghiaccio nei ghiacciai montani si è quintuplicata negli ultimi decenni, passando da 171 millimetri di acqua liquida equivalente negli anni '80, a 460 millimetri di acqua liquida equivalente negli anni '90, a 500 millimetri negli anni 2000, a 850 millimetri nel periodo 2010-2018;
- la **perdita** di ghiaccio **dalla calotta glaciale della Groenlandia** è aumentata di sette volte, passando da 34 miliardi di tonnellate all'anno tra il 1992-2001 a 247 miliardi di tonnellate all'anno tra il 2012 e il 2016.
- la **perdita** di ghiaccio **in Antartide** è quasi quadruplicata, passando da 51 miliardi di tonnellate all'anno tra il 1992 e il 2001 a 199 miliardi di tonnellate all'anno tra il 2012 e il 2016.

L'innalzamento del livello del mare in luoghi specifici può essere inferiore o superiore a quello medio globale (in alcuni bacini oceanici, ad esempio, l'innalzamento del livello del mare è stato di ben 15-20 centimetri dal 1993), a causa di fattori locali come la subsidenza del terreno dovuta a processi naturali o per l'estrazione antropica di **combustibili fossili**, per cambiamenti nelle correnti marine a scala regionale, e altri fattori ancora che influenzano quanto e dove gli strati più profondi dell'oceano immagazzinano il calore.

Entro il 2100, il livello degli oceani potrà innalzarsi in media di quasi un metro, costringendo centinaia di città costiere di tutto il mondo a situazioni di estrema difficoltà. Il rapporto speciale più recen-

Contributo all'innalzamento del livello medio del mare (1993-2018)



Livello del mare osservato dal 1993 (inizio misure satellitari, linea nera) ad oggi. Le linee colorate indicano i diversi contributi all'innalzamento del livello del mare.

Riadattato da grafico della National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Climate.gov - Climate change global sea level.

te dell'IPCC sugli oceani e la **criosfera** in un clima che cambia (SROCC) dice che entro il 2100 il livello del mare potrebbe salire dai 26 ai 77 centimetri con temperature più calde di 1,5 °C rispetto ai livelli pre-industriali. A causa del riscaldamento globale molte aree costiere sono già oggi a rischio allagamento e sempre più persone rischiano di dover abbandonare la propria casa, diventando a tutti gli effetti migranti climatici.

Negli Stati Uniti sono circa 25 milioni gli abitanti che vivono in territori vulnerabili all'innalzamento del livello del mare,

mentre in Europa un terzo della popolazione abita entro 50 km dalla costa. In Italia, l'estensione totale delle coste a rischio inondazione è di 5.686,4 km quadrati.

Bibliografia

- IPCC, 2019: "IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate" (SROCC) [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

/Inquinamento atmosferico/ Air Pollution

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

Col termine **inquinamento atmosferico** si è soliti indicare un'alterazione della composizione atmosferica a causa dell'attività antropica, che porta a una modifica delle capacità dell'**atmosfera** di sostenere funzioni ecologiche andando a impattare su definiti recettori. Il ricettore primo è la salute delle specie viventi (animali e vegetali) a contatto con lo strato di atmosfera interessata al fenomeno di inquinamento, ma anche manufatti ed edifici che risentono della presenza di inquinanti che impattano sulle loro caratteristiche.

Un esempio può essere l'inquinamento della troposfera urbana che ha un dimostrato impatto sulla salute dei cittadini, ma porta anche a una notevole accelerazione dei processi degradativi di edifici di pregio artistico o di importanza culturale (ad esempio, tutti abbiamo presente l'effetto dell'inquinamento urbano su statue e rico-

erture lapidee presenti all'esterno di chiese e cattedrali di città particolarmente colpite da fenomeni di inquinamento).

L'inquinamento atmosferico è legato al rilascio di una o più specie chimiche in atmosfera; si parla di inquinanti primari se di diretta produzione antropica e di inquinanti secondari se formati a partire da specie primarie.

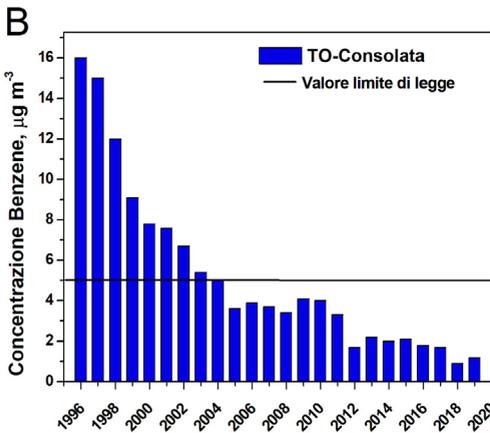
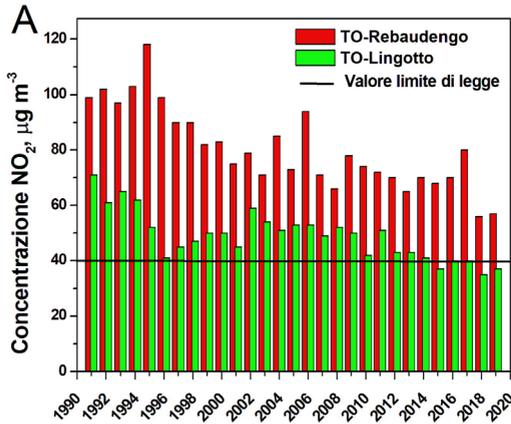
Esempi di inquinanti atmosferici primari sono ad esempio l'anidride solforosa (SO_2) emessa durante la combustione di combustibili ad alto contenuto di zolfo oppure l'emissione di composti organici volatili (cosiddetti COV) dai serbatoi dei nostri veicoli per evaporazione di combustibili liquidi. Esempi invece di inquinanti secondari sono ad esempio l'acido nitrico (HNO_3) che si forma per ossidazione dell'ossido di azoto (NO , inquinante primario) rilasciato durante la combustione in aria ad alta temperatura di gasoli e benzine nei motori a scoppio oppure i perossiacetilnitrati (PAN), composti irritanti per gli occhi e le vie respiratorie che si formano durante i fenomeni di **"smog fotochimico"**. Quest'ultimo è un fenomeno di inquinamento presente principalmente in contesti urbani durante le stagioni più calde dovuto alla contemporanea presenza di COV, ossidi di azoto (NO_x), un'atmosfera scarsamente rimescolata e forte irraggiamento solare.

In alcuni casi una specie chimica (composto o elemento che sia) non può essere classificato a priori come inquinante. La capacità di impattare su recettori dipende principalmente dalla sua concentrazione e dalla frazione di atmosfera in cui la specie è presente. Il **diossido di carbonio** (anidride carbonica, CO_2) è una specie naturalmente presente nell'atmosfera e che fornisce un vitale contributo all'**effetto serra**, ma diviene un inquinante nel momento in cui la sua concentrazione viene ad aumentare fino a sbilanciare i bilanci termici globali. L'**ozono** è naturalmente presente negli strati alti dell'atmosfera, nella cosiddetta ozonofera

a 15-35 km dalla superficie, e qui funge da filtro per la frazione ultravioletta della luce solare più pericolosa; senza questo filtro probabilmente la vita non si sarebbe potuta sviluppare sulla Terra, o comunque si sarebbe sviluppata in forme decisamente diverse. La stessa molecola, formatasi a partire dal rilascio di inquinanti primari nella fascia più bassa dell'atmosfera (ad esempio durante i fenomeni di smog fotochimico), è un grosso problema per la salute pubblica, essendo l'ozono una specie fortemente irritante e capace di provocare danni anche importanti alle vie respiratorie o agli apparati fogliari delle piante.

Un aspetto importante da sottolineare è che l'atmosfera terrestre è a tutti gli effetti un enorme reattore chimico nel quale avvengono reazioni, spesso attivate dalla radiazione solare, che forniscono all'atmosfera una spiccata capacità autopulente. Questo fa sì che spesso le specie gassose rilasciate in atmosfera (di origine antropica o naturali) vengano coinvolte in reazioni chimiche che portano alla loro trasformazione con generalmente una diminuzione del loro potenziale impatto.

Aspetto peculiare dell'inquinamento atmosferico è legato alla possibilità che gli inquinanti possano impattare recettori anche molto lontani dal luogo del rilascio. Specie fortemente stabili (sulle quali la reattività atmosferica può poco) e abbastanza volatili possono muoversi a migliaia di chilometri dal punto di rilascio. Composti organici stabili e volatili vengono comunemente trovati ad esempio nelle nevi antartiche. Un aspetto importante dell'inquinamento dell'aria è legato ai fenomeni di inquinamento *indoor*, ovvero la presenza di specie impattanti sulla salute umana in ambiente confinati (le nostre abitazioni o i nostri ambienti di lavoro). Questo aspetto, spesso trascurato, è invece di grande importanza visto che mediamente passiamo una percentuale della nostra vita superiore all'80 % in spazi chiusi.



Evoluzione della concentrazione media annuale di NO₂ (A) e benzene (B) negli ultimi 20 anni nell'area della città di Torino. TO-Rebaudengo, TO-Lingotto e TO-Consolata sono tre differenti siti di campionamento presenti all'interno dell'area urbana. Dati da "Uno sguardo all'aria. Relazione annuale sui dati di qualità dell'aria", Anteprima 2019, Città metropolitana di Torino e ARPA Piemonte (<http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/qualita-aria/dati-qualita-aria/relazioni-annuali>). Fonte: immagine originale dell'autore.

Bibliografia

- Akimoto H., "Global Air Quality and Pollution", Science 302 (5651), 1716-1719.
- Chana C. K., Xiaohong Yao, "Air pollution in mega cities in China", Atmospheric Environment 42 (2008) 1-42.
- Hoek G., Ranjini M Krishnan, Rob Beelen, Annette Peters, Bart Ostro, Bert Brunekreef, Joel D Kaufman, "Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review", Environmental Health 2013, 12:43.
- Kampa M., Elias Castanas, "Human health effects of air pollution", Environmental Pollution 151 (2008) 362-367.
- Ramanathan V., P. J. Crutzen, J. T. Kiehl and D. Rosenfeld, "Aerosols, Climate, and the Hydrological Cycle", Science 294 (5549), 2119-2124.
- Sillman S., "The relation between ozone, NOx and hydrocarbons in urban and polluted rural environments", Atmospheric Environment 33 (1999) 1821-1845.
- Van Tran V., Duckshin Park, Young-Chul Lee, "Indoor Air Pollution, Related Human Diseases, and Recent Trends in the Control and Improvement of Indoor Air Quality", Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2927.

1/Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)/

ambito disciplinare
politologico

autori
Tommaso Orusa
Marco Bagliani

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Gruppo Intergovernativo sul Cambiamento Climatico) è il principale organismo internazionale per la valutazione dei **cambiamenti climatici**.

È stato istituito nel 1988 dalla *World Meteorological Organization* (WMO) e dall'*United Nations Environment Program* (UNEP) dalle Nazioni Unite per fornire ai governi di tutto il mondo una visione scientifica chiara e coerente dello stato attuale delle conoscenze sul cambiamento climatico e sui suoi potenziali impatti ambientali e socio-economici. È un organismo intergovernativo aperto a tutti i paesi membri delle Nazioni Unite (ONU) e del WMO. Attualmente 194 paesi sono membri dell'IPCC.

Il compito dell'IPCC, come indicato dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite con la risoluzione 43/53 del 6 dicembre 1988, è di raccogliere e sistematizzare le conoscenze scientifiche rilevanti sui cambiamenti climatici, sul loro impatto sociale ed economico e sulle possibili strategie di risposta. L'IPCC non è coinvolto direttamente nelle attività di studio e ricerca, ma si occupa di passare in rassegna, analizzare e armonizzare la produzione scientifica mondiale sulla tematica dei cambiamenti climatici. Questa attività si concretizza nella redazione di rapporti che riassumono lo stato dell'arte più avanzato delle conoscenze espresse dalla comunità scientifica. Il Secondo Rapporto di Valutazione (*Second Assessment Report*) dell'IPCC del 1995 ha fornito un contributo chiave per l'adozione del **Protocollo di Kyoto** (1997), che attua la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC, Rio 1992). L'ultimo rapporto è il Quinto Rapporto di Valutazione (*Fifth Assessment Report*, AR5), un'opera monumentale composta da tre

volumi, più di 5000 pagine e composto da 831 scienziati da più di 180 paesi. I governi hanno partecipato al processo di revisione e di approvazione delle diverse parti del documento.

L'IPCC ha, inoltre, prodotto diverse relazioni speciali su vari argomenti di crescente interesse e molti altri documenti e contributi ai progressi della scienza del cambiamento climatico.

Bibliografia

- CMCC, 2017. "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica". Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).
- IPCC, 2014. "Climate Change 2014: Synthesis Report". Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

/Intermittenza idrologica e cambiamenti climatici/ Hydrological Intermittency and Climate Change

*ambito disciplinare
ambientale*

*autrice
Elisa Falasco*

In tutte le tipologie fluviali, il regime naturale del flusso regola e modella la struttura e la funzionalità dell'ecosistema, sostiene la **biodiversità**, l'integrità ecologica e supporta i **servizi ecosistemici**. Al contrario, le alterazioni idrologiche generalmente indotte dall'uomo, possono causare significativi effetti a cascata a partire dalla modificazione dei flussi energetici all'interno della catena alimentare, fino al danneggiamento dell'intero ecosistema.

Nei corsi d'acqua intermittenti il regime idrologico è definito dall'alternanza di periodi di secca, con diversi gradi di intensità nel tempo e nello spazio, e periodi in cui l'acqua è invece presente.

L'**intermittenza idrologica** è un fenomeno naturale nei corsi d'acqua mediterranei poiché parte del naturale ciclo idrologico fluviale e regolata dal clima. Negli ultimi anni, però, la carenza idrica ha interessato zone sempre più vaste del nostro paese, arrivando a colpire in alcuni casi anche i torrenti alpini, che presentano tratti privi di acqua per svariati mesi all'anno e non solo nel periodo estivo (Doretto et al., 2019; Falasco et al., 2020). Le cause dell'inasprimento di questo fenomeno sono da ricercare nei **cambiamenti climatici** globali uniti all'incremento della richiesta di acqua per uso antropico. L'intermittenza idrologica porta alla frammentazione dell'habitat e alla perdita della "connettività tridimensionale" del fiume: in senso longitudinale tra le zone di monte e quelle di valle, in senso trasversale tra l'alveo bagnato e le fasce perifluviali, in senso verticale tra il letto fluviale e la zona iporreica (sotto al fiume). Alcune comunità biologiche, in particolare quelle che vivono nei corsi d'acqua mediterranei, si sono naturalmente adattate a questo fenomeno e nel tempo hanno sviluppato caratteristiche e meccanismi di resistenza per sopravvivere durante i periodi di siccità, manifestando inoltre una significativa **resilienza** (Falasco et al., 2016). Al contrario, i torrenti alpini, dal regime per natura perenne, presentano una flora ed una fauna peculiari e sono caratterizzati da specie sensibili, adattate a flussi lotici (delle acque correnti) e turbolenti e spesso ritenute minacciate. In questi ecosistemi le secche hanno conseguenze fortemente negative, poiché le comunità biologiche che colonizzano questi tratti non presentano meccanismi di resistenza né particolare resilienza.

In questo scenario, molte specie sensibili non sono in grado di sopravvivere e scompaiono, portando ad una significativa perdita di biodiversità. Dal punto di vista tassonomico, le comunità tendono in questo modo a diventare banali e omogenee, ossia composte da specie cosmopolite e resistenti. Inoltre, in molti casi il disturbo determinatosi facilita la proliferazione di specie alloctone a carattere invasivo, ulteriore minaccia per questi ecosistemi. Dal punto di vista funzionale, vengono invece favorite le corporazioni ecologiche maggiormente adattate all'intermittenza idrologica (es. per quanto riguarda le diatomee le specie di piccole dimensioni, i taxa areofili o mobili) con una conseguente perdita della diversità funzionale dell'ecosistema (Falasco et al., 2018).

Bibliografia

- Doretto A., Bona F., Falasco E., Morandini D., Piano E., Fenoglio S., 2019. "Stay with the flow: How macroinvertebrate communities recover during the rewetting phase in Alpine streams affected by an exceptional drought". *River Research and Applications*
- Falasco E., Piano E., Bona F., 2016. "Diatom flora in Mediterranean streams: flow intermittency threatens endangered species". *Biodiversity and Conservation* 25:2965-2986
- Falasco E., Piano E., Doretto A., Fenoglio S., Bona F., 2018. "Lentification in Alpine rivers: patterns of diatom assemblages and functional traits". *Aquatic Sciences* 80: 36
- Falasco E., Doretto A., Fenoglio S., Piano E., Bona F., 2020. "Supraseasonal drought in an Alpine river: effects on benthic primary production and diatom community". *Journal of Limnology*

/Inventario delle emissioni/ Greenhouse Gas Emission Inventories

ambito disciplinare
ambientale

autori
Marco Bagliani
Tommaso Orusa

Un **inventario delle emissioni di carbonio** e/o **gas serra** climalteranti è un database in cui sono contenute le emissioni per diverse tipologie di sorgenti, combustibili e inquinanti, nonché i dati e gli algoritmi di calcolo necessari per le stime. L'inventario delle emissioni risulta pertanto una serie organizzata di dati relativi alla quantità di inquinanti introdotti in **atmosfera** a seguito di attività antropiche e da sorgenti naturali. Le stime emissive sono organizzate per inquinante, tipo di attività, combustibile eventualmente utilizzato, unità territoriale, periodo di tempo.

L'inventario permette di:

- stimare le emissioni in atmosfera generate dalle principali attività antropiche e naturali;
- individuare i settori maggiormente sensibili su cui indirizzare le misure e gli interventi per la riduzione delle emissioni;
- alimentare i modelli diffusionali e previsionali che, partendo dalle quantità e dalle caratteristiche delle emissioni, stimano i valori di concentrazione attesi al suolo;
- costruire gli scenari emissivi corrispondenti ad azioni e politiche di risanamento.

L'aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera è svolto con cadenza almeno triennale, come previsto dalla normativa (DLgs 155/2010, art.22). Il compito di chi realizza gli inventari delle emissioni è quello di ottimizzare le risorse, in modo da assicurare la migliore qualità complessiva dell'inventario, evitando di spendere tempo e risorse per sorgenti poco rilevanti e magari trascurare altre veramente importanti. Oggi la redazione degli inventari delle emissioni è obbligatoria a livello nazionale per i gas climalteranti e per i gas alterano la qualità dell'aria e considerati inquinanti a livello di legge (si veda anche "**Inquinamento atmosferico**"); le Regioni italiane sono tenute alla redazione periodica dell'inventario regionale ai fini della predisposizione dei Piani di Risanamento della Qualità dell'aria, ma non hanno obblighi per gli inventari dei gas serra.

La necessità di redazione a livello nazionale ed internazionale di inventari delle emissioni di gas climalteranti, affidabili e congruenti, ha portato alla definizione da parte di organismi internazionali

di linee guida molto particolareggiate per la stima delle emissioni, in grado di permettere di quantificare le emissioni da numerose attività in modo trasparente, secondo criteri periodicamente aggiornati e con livelli di incertezza quantificabili. Le emissioni dei sei gas principalmente responsabili dei cambiamenti climatici sono stimate secondo metodologie definite dall'**IPCC**. A seguito della ratifica della Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e del relativo **Protocollo di Kyoto** e dai successivi Accordi sul clima, ogni paese membro è tenuto alla preparazione dell'inventario nazionale delle emissioni, adottando la metodologia IPCC per garantire la comparabilità delle stime tra i diversi paesi. Gli inventari nazionali suddividono le emissioni in 6 settori: **Energia**, Processi industriali, Solventi, Agricoltura-Zootecnica-Attività-Forestale, LULUCF e **Rifiuti** (*l'acronimo LULUCF sta per Land-Use, Land-Use Change and Forestry; si veda a proposito il lemma "Pozzi e fonti di carbonio" - N.d.C.*).

Come riferimento europeo per la redazione degli inquinanti convenzionali è invece utilizzato il *Guidebook* dei fattori di emissione dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA). Il compito di redigere gli inventari di emissioni in Italia è stato demandato a livello nazionale all'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e a livello regionale solitamente alle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA). I dati dell'inventario nazionale sono disponibili nei Sistemi informativi ambientali ISPRA, mentre le informazioni e i dati sugli inventari delle emissioni realizzati a livello regionale e provinciale sono disponibili presso i siti di INVENTARIA e INEMAR.

L'inventario delle emissioni in atmosfera è una raccolta coerente ed ordinata dei valori delle emissioni generate dalle diverse attività naturali e antropiche, quali ad esempio i

trasporti su strada, le attività industriali o gli allevamenti, riferita a una scala territoriale e a un intervallo temporale definiti. L'inventario non costituisce dunque un calcolo esatto dell'emissione ma una stima dei contributi emissivi provenienti dall'insieme delle attività antropiche e naturali collocate in un determinato territorio in un certo periodo temporale. Il calcolo esatto delle emissioni di inquinanti non sarebbe infatti praticamente effettuabile data la complessità e la quantità delle sorgenti esistenti. L'inventario delle emissioni individua i settori su cui indirizzare le misure e le azioni per la riduzione delle emissioni inquinanti. Esso costituisce quindi uno strumento fondamentale per la pianificazione di settore, ad esempio all'interno del Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera poiché fornisce un supporto conoscitivo e decisionale alla valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Lo strumento informatico utilizzato per costruire l'inventario delle emissioni in atmosfera nella più parte del territorio italiano è il database INEMAR (acronimo di Inventario Emissioni Aria), un *software* messo a punto dalla Regione Lombardia con la collaborazione della Regione Piemonte. Il software è in larga misura basato sulla metodologia EMEP/EEA per la definizione dei metodi di stima, fattori di emissione e nomenclatura delle fonti. Questo strumento è integrato dalla metodologia e dai fattori di emissione IPCC per la stima dei gas ad effetto serra, e, per talune attività SNAP97 (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution - anno 1997*), da fattori di emissione utilizzati nell'inventario nazionale dell'ISPRA od elaborati nell'ambito di indagini e studi di settore realizzati dal consorzio di Regioni/ARPA aderenti alla convenzione interregionale INEMAR. Il software elabora le stime raggruppando le fonti delle emissioni in "moduli", pacchetti di calcolo che racchiu-

dono al proprio interno gli algoritmi, i fattori di emissione e i dati raccolti da assegnare in input. A livello nazionale e globale esistono tuttavia numerosi software capaci di svolgere funzioni analoghe. L'obiettivo è quello di uniformare le metodologie di calcolo rendendole standardizzate e aggiornandole a cadenza periodica. Numerosi enti pubblici e privati redigono inventari delle emissioni per migliorare la propria efficienza produttiva in un'ottica di sostenibilità.

È bene notare che gli inventari delle emissioni contengono implicite assunzioni di tipo spaziale-geografico per quanto riguarda la definizione del tipo di contabilità adottata. Si tratta di un aspetto sostanziale, che travalica le questioni tecnico-metodologiche, perché si riferisce alle modalità di attribuzione delle emissioni. È infatti possibile assegnare ad un territorio (ad esempio una nazione) tutte e sole le emissioni che avvengono all'interno dei propri confini, centrando il conteggio sulle produzioni, oppure seguire altre metodologie centrate sui consumi (si veda il lemma "**Centratura produzioni/ consumi degli inventari**").

Bibliografia

- Caserini S., Baglione P. (2016) "Progetto stima emissioni CO₂ Politecnico di Milano - Report 2015". Politecnico di Milano, Servizio di Sostenibilità di Ateneo.
- Colleoni M. (2018) "Indagine sugli spostamenti e sulla mobilità condivisa nelle Università italiane". In "Sharing Mobility Management - Indicare alle persone la strada verso scelte di spostamento multimodali". Quaderni Ambiente e Società 19/2018, ISPRA, (pp. 201-238).
- EEA, European Environment Agency (2015) "Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration, TERM 2015: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe", EEA Report 7.
- Ibrahim, Nadine, et al. "Greenhouse gas emissions from cities: comparison of international inventory frameworks." *Local Environment* 17.2 (2012): 223-241.
- ISPRA, Istituto Superiore per la Ricerca ambientale. (2018), "Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2016". National Inventory Report 2018. ISPRA Rapporto 283
- RUS (Rete delle Università per lo Sviluppo sostenibile)- Gruppo di lavoro "Cambiamenti climatici" (2019), "Linee guida operative per la redazione degli inventari delle emissioni di gas serra degli atenei italiani".
- Samer, Mohamed. "Emissions inventory of greenhouse gases and ammonia from livestock housing and manure management." *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 15.3 (2013): 29-54.

/Iperoggetto riscaldamento globale/ Hyperobject Global Warming

*ambito disciplinare
filosofico
escritico*

*autore
Alberto Baracco*

Utilizzato in ambito filosofico dall'autore Timothy Morton e inquadrato all'interno della cosiddetta "OOO", l'Ontologia Orientata all'Oggetto, il termine "**iperoggetto**" identifica una forma di realismo radicale caratterizzata da una prospettiva marcatamente non-antropocentrica.

Nel suo libro *Hyperobjects* (2013) Morton precisa che gli iperoggetti non sono costrutti mentali, bensì entità che sono reali indipendentemente dal fatto che vi sia qualcuno che li contempi. È invece l'idea di uno spazio esterno che dovrebbe contenerli a essere frutto della nostra immaginazione, per un'ontologia che è per

definizione “piatta” e in cui “non vi è praticamente alcuna differenza tra una persona e un portaspilli”. È una prospettiva che attesta in modo inequivocabile la rivincita degli oggetti, dopo secoli di filosofie idealistiche e di antropocentrismo arrogante e distruttivo. La filosofia di Morton ci offre un modo per ripensare fenomeni complessi, distribuiti nello spazio e nel tempo, come il **riscaldamento globale**, iperoggetto paradigmatico che eccede la nostra esperienza e può essere colto solo attraverso rappresentazioni sensoriali che ce ne raffigurano piccoli e parziali frammenti. A tale riguardo Morton scrive:

«Essendo distribuito nella **biosfera**, è difficile percepirlo come entità unica. Eppure eccolo, piove su di noi, brucia la nostra pelle, fa tremare la Terra, causa uragani devastanti. Il riscaldamento globale è un oggetto fatto da tanti pezzi diffusamente distribuiti: le gocce di pioggia che mi bagnano in California, lo tsunami che distrugge le città giapponesi, l'incremento dell'attività sismica causata dall'aumento dei valori pressori sul fondo dell'Oceano [...] il riscaldamento globale è reale: è solo che per vederlo serve un radicale (e controintuitivo) cambio di prospettiva.»

In quanto iperoggetto, il riscaldamento globale è “non-locale” e “viscoso”, e più informazioni raccogliamo più ci rendiamo conto della sua pervasività e di quanto siamo inesorabilmente intrappolati nella sua rete. È «un'entità colossale» che include una miriade di altri oggetti, distanti anche millenni e collocati anche al di là dell'**atmosfera** terrestre. Cominciamo così a renderci conto che gli oggetti non esistono nello spazio e nel tempo («emettono lo spaziotempo») e non sono fatti a misura d'uomo (abbiamo «l'inevitabile tendenza a antropomorfizzare» gli oggetti con i quali entriamo in relazione). È l'inesorabile rivelazione che “noi

non siamo il mondo”, anzi, è lo stesso concetto di mondo a sfumare e venir meno. L'uomo, oggetto al pari delle altre entità, «non è situato in un mondo unico e stabile, ma in un insieme mutevole di zone emesse da oggetti specifici». E se già gli oggetti sfuggono alla pretesa razionale dell'uomo, gli iperoggetti sono entità ancora più estese e oscure su cui si infrange definitivamente la pretesa umana di conoscenza e controllo. Scrive ancora Morton: «Gli iperoggetti hanno provocato la fine del mondo. Ovviamente, il pianeta Terra non è esploso: ma il concetto di mondo ha smesso di essere operativo, e sono stati proprio gli iperoggetti a causarne la morte». La catastrofe climatica non va perciò collocata in un ipotetico futuro più o meno prossimo, ma colpisce l'umanità ora: non è una cosa che accadrà, è una cosa che sta già accadendo. È quello che Morton definisce «il trauma ecologico della nostra epoca», trauma che comporta una «perdita definitiva di coordinate» e «la fine del mondo». Per questo motivo, nel suo libro *Being Ecological* (2018) Morton afferma che «quasi tutto il discorso ecologico non è ecologico». Per impegnarci in una riflessione coerente, dovremmo innanzitutto smarcarci da quella che Morton definisce la «modalità discarica di informazioni», che è il vano tentativo «di collocarci nel tempo prima che arrivi il riscaldamento globale. Qualcosa entro cui invece già ci troviamo».

L'approccio tecnocratico e scientifico basato su informazioni e dati ci dà ancora l'illusione del controllo, ma è la causa del problema e non la soluzione. Non possiamo uscire dalla crisi ecologica e ancor meno lo possiamo con la pretesa del controllo tecnocratico del Pianeta. Dovremmo invece abbandonare ogni visione antropocentrica, ogni concetto ideologico ed economico di sostenibilità, rinunciare anche all'idea stessa di Natura,

I

che porta con sé un implicito e ingiustificabile dualismo, e provare a «usare alcuni degli strumenti rotti e inadeguati che abbiamo» per «re-immaginare completamente come fare le cose» e «sviluppare nuove forme di convivenza», per tornare a essere «esseri tra gli altri».

Bibliografia

- Morton, Timothy. 2010. "The Ecological Thought". Cambridge: Harvard University Press.
- Morton, Timothy. 2013. "Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World". Minneapolis and London: University of Minnesota Press.
- Morton, Timothy. 2016. "Dark Ecology: For a Logic of Future Coexistence". New York: Columbia University Press.
- Morton, Timothy. 2018. "Being Ecological". Cambridge: MIT Press.

/Isole che affondano / Sinking Islands

ambito disciplinare
environmental
studies
antropologico
sociologico

autrice
Paola Della Valle

L'espressione **sinking islands** (isole che affondano) è stata spesso usata dai media per indicare gli effetti del **riscaldamento globale** antropogenico su alcuni arcipelaghi formati in larga parte da atolli di origine corallina, come le Maldive nell'Oceano Indiano, Tuvalu in Polinesia, Kiribati e le Isole Marshall in Micronesia. Nonostante il ribaltamento di prospettiva (non sono le isole che affondano ma è l'**innalzamento del livello del mare** a generare il fenomeno) l'espressione dipinge ciò che sta realmente accadendo in quei lembi di terra, chiamati anche *low islands* perché l'altezza massima spesso non raggiunge i 2 metri a differenza delle *high islands* di origine vulcanica.

Le comunità di questi stati insulari devono confrontarsi con una serie di problemi quali l'inquinamento delle riserve di acqua dolce, l'**acidificazione** dell'acqua del mare, la riduzione delle formazioni coralline e gli impatti negativi di ciò sugli eco-sistemi marini, la diminuzione della quantità e varietà disponibile di pescato e di altre risorse del mare, l'erosione di coste e terre coltivabili o abitabili, il danneggiamento di infrastrutture e costruzioni, lo stravolgimento dell'economia di sussistenza e la fine dell'autosufficienza alimentare. Anche se la massa insulare non dovesse essere del tutto sommersa, quelle comunità vedrebbero minate le condizioni per poter vivere nelle loro terre. La perdita di autonomia nella produzione alimentare li porterebbe a dover dipendere totalmente da cibi industriali importati e a lunga conservazione, rinunciando alla propria **sovranità alimentare**. Una dieta priva di alimenti freschi può avere notevoli ripercussioni sulla salute. È stato accertato che alcune comunità del Pacifico che già si nutrono prevalentemente con cibi conservati d'importazione hanno tassi di malattie non trasmissibili (obesità, diabete e malattie cardio-circolatorie) tra i più alti al mondo.

La **vulnerabilità** delle comunità costiere e dei residenti degli atolli è ormai scientificamente provata e internazionalmente riconosciuta da almeno vent'anni. Gli scienziati concordano che, se il trend attuale di emissione dei **gas serra** non verrà limitato, ci potrebbe essere un innalzamento della temperatura globale di 4-5 °C entro il 2100, con effetti devastanti per la Terra. Comunque, un innalzamento superiore ai 2 °C avrebbe già un impatto disastroso sulle società umane e sui sistemi ecologici di tutto il pianeta. La Conferenza di Parigi del 2015 (**COP 21**, vedi anche **"Accordo di Parigi"**) è stata vista come il raggiungimento di un traguardo storico. I rappresentanti dei 196 stati partecipanti hanno firmato un accordo per impegnarsi a ridurre le emissioni di gas serra, assumendosi una **responsabilità comune ma differenziata**. Ai paesi in via di sviluppo (in particolare India e Cina) è stato concesso di procedere con maggiore calma, a causa della loro più recente industrializzazione. La COP 21 ha fissato anche un obiettivo a lungo termine, che impone di contenere l'aumento del riscaldamento globale "ben al di sotto dei 2 °C" e sollecita sforzi per centrare l'obiettivo di 1,5 °C. Gli impegni per la riduzione delle emissioni saranno soggetti a revisione ogni 5 anni a partire dal 2023, nell'ottica di aumentarne progressivamente l'ambizione. Nonostante le ragionevoli conclusioni raggiunte dai grandi della Terra, la strada sembra più impervia del previsto dopo l'uscita dall'Accordo di Parigi annunciata dal Presidente americano Trump a fine 2019.

Comunque sia, visti gli effetti già in atto, nel vocabolario delle negoziazioni internazionali riguardanti il Pacifico la parola **mitigation** (**mitigazione**, attenuazione) ha lasciato il posto ad **adaptation** (**adattamento**). Se il precedente obiettivo era rallentare l'innalzamento delle temperature e attenuarne gli

effetti, ora l'attenzione è concentrata sulle misure d'emergenza da adottare nel breve termine, gli *adaptation aid packages* (pacchetti di aiuti all'adattamento).

L'enfatica definizione *sinking islands* sembrava essere fatta apposta per una "spettacolarizzazione" del fenomeno rivolta a un pubblico generico, ma è ora utilizzata in saggi accademici, come si evince in bibliografia. In particolare questo tema è studiato da un punto di vista giuridico e filosofico, oltre che scientifico e socio-politico. L'urgenza della situazione ha incentivato studi giuridici sulla questione della responsabilità economica ed etica dei paesi occidentali, i maggiori produttori di gas serra, e una lettura filosofica sugli obblighi morali della comunità internazionale verso le popolazioni maggiormente toccate.

Bibliografia

- Halstead, Erin (2016). "Citizens of Sinking Islands: Early Victims of Climate Change", in *Indiana Journal of Global Legal Studies*, Vol. 23, No. 2 (Summer 2016), pp. 819-838.
- Kempf W., E. Hermann (2014), "Epilogue. Uncertain Futures of Belonging: Consequences of Climate Change and Sea-level Rise in Oceania", in E. Hermann, W. Kempf, T. van Meijl (a cura di), *Belonging in Oceania: Movement, Place-Making and Multiple Identifications*, New York-Oxford, Berghahn, pp. 189-213
- Kolers, Avery (2012). "Floating Provisos and Sinking Islands", in *Journal of Applied Philosophy*, Vol. 29, No. 4, pp. 333-343
- McAnaney, Sheila C. (2012) "Sinking Islands - Formulating a Realistic Solution to Climate Change Displacement", *87 New York University Legal Review*, pp. 1172-1209.
- Smith, Roy (2013). "Should they stay or should they go? A discourse analysis of factors influencing relocation decisions among the outer islands of Tuvalu and Kiribati", in *Journal of New Zealand & Pacific Studies*, Vol 1 (1), pp.23-39.



Acquazzone estivo sulle Alpi francesi. Foto: Gianni Latini

LESSICO NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico

Percorsi di lettura

I percorsi di lettura sono dossier di approfondimento tematici che includono e contestualizzano elenchi specifici di lemmi. Solo il dossier iniziale non presenta un elenco di lemmi, poiché funge da premessa generale e da collegamento tra i diversi percorsi.





1. Diversi sguardi, un solo obiettivo: l'approccio interdisciplinare alla crisi climatica

di MARCO BAGLIANI, TOMMASO ORUSA, GIANNI LATINI

2. Astronave Terra: uno sguardo da lontano

di MARCO MINELLA

3. Quel filo invisibile tra salute e cambiamenti climatici

di ANNALISA VIANI

4. Satelliti, fuoco e tagli selettivi. La gestione dei boschi che li salverà

di TOMMASO ORUSA, GIULIA ALICE FORNARO,
DAVIDE ASCOLI, GIORGIO VACCHIANO

5. Patogeni in movimento: quale impatto sugli agroecosistemi?

di MASSIMO PUGLIESE, GIULIA ALICE FORNARO,
ALBERTO ALMA, VLADIMIRO GUARNACCIA,
TOMMASO ORUSA

6. Il Diritto di vivere. Verso una giurisprudenza che tutela la natura

di CRISTINA PONCIBÒ

7. Globale e locale. La geografia dei cambiamenti climatici

di MARCO BAGLIANI, ANTONELLA PIETTA

8. La via europea per l'economia green

di LAURA CORAZZA, VERA PALEA

9. I fondamenti sociali della crisi climatica

di OSMAN ARROBBIO, DARIO PADOVAN

10. Le dimensioni umane della crisi climatica

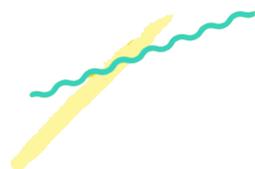
di MARINO BONAIUTO, MAURO SARRICA

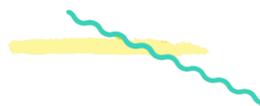
11. Parlare è pensare

di MARIA CRISTINA CAIMOTTO,
DANIELA FARGIONE, CRISTIANO FURIASSI,
TOMMASO ORUSA, ALEX PIOVAN

12. Ragnatele e farfalle: la complessità del sistema climatico

di GIANNI LATINI, ELISA PALAZZI





Diversi sguardi, un solo obiettivo: l'approccio interdisciplinare alla crisi climatica

di Marco Bagliani, Tommaso Orusa, Gianni Latini

«Abbiamo bisogno di scienza, solidarietà e soluzioni decisive» per cambiare la rotta che ci sta portando verso punti di non ritorno e un futuro non sostenibile e ancora lontano dall'obiettivo zero emissioni di carbonio, afferma il segretario generale delle Nazioni Unite Antonio Guterres nel rapporto *United in Science 2020*. Abbiamo bisogno di agire con urgenza perché, come indicato anche nel rapporto, i *lockdown* a breve termine non sostituiscono le azioni e le politiche di adattamento e mitigazione per il clima di cui abbiamo bisogno per raggiungere gli obiettivi dell'Accordo di Parigi. Lo tsunami della pandemia e della recessione economica sono oggi il principale motivo di preoccupazione, ma occorre ricordare come dietro di essi ve ne siano altri di proporzioni senza eguali, da cui dipende lo sviluppo attuale e delle generazioni future.

Si tratta della crisi climatica, della perdita di biodiversità e del relativo degrado degli ecosistemi; questi ultimi hanno fino a ora garantito la sopravvivenza e il benessere delle società umane finché, con l'inizio dell'era industriale, le attività antropiche hanno provocato lo squilibrio del sistema climatico attraverso alcuni importanti forzanti: l'aumento delle concentrazioni di gas serra e aerosol in atmosfera, la deforestazione e i cambiamenti di albedo della superficie terrestre, hanno effetti di cui ci sono evidenze (e purtroppo emergenze collegate) inequivocabili, così come ben esposto nel percorso di Marco Minella, *Astronave Terra*.

ENTRO I CONFINI PLANETARI

Sempre nel rapporto *United in Science 2020* si legge che le concentrazioni di gas serra, hanno raggiunto nuovi record massimi nel 2020 e che le emissioni globali di CO₂ hanno raggiunto il record di 36,7 gigatonnellate nel 2019, il 62% in più rispetto al 1990. Anche le emissioni di metano (CH₄) derivanti dalle attività umane sono in costante e progressivo aumento. In generale le attuali emissioni di gas serra non sono compatibili con l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C come previsto dall'Accordo di Parigi.

Se si osservano i trend delle temperature medie globali, il periodo che va dal 2016

al 2020 è stato il più caldo mai registrato, con una temperatura media globale della superficie terrestre di 1,1 °C al di sopra dell'era pre-industriale (1850-1900) e con un riscaldamento ancora più marcato nelle aree montane e alle maggiori latitudini. Temperature che vedono il ghiaccio marino artico diminuire gradualmente, e i ghiacciai alpini perdere il 13% della loro superficie in soli 12 anni secondo le osservazioni effettuate grazie ai satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA).

Inoltre, uno sviluppo oltre i confini planetari ha portato il "sistema Terra" ad avvicinarsi pericolosamente ad alcuni "punti critici" (*tipping points*). Le emissioni di gas serra antropiche hanno determinato un aumento delle temperature con effetti oggi molto marcati nell'area artica e in molti ecosistemi. La foresta boreale, uno dei principali biomi terrestri, nel corso degli ultimi anni sta diventando sempre più vulnerabile a incendi e attacchi di agenti patogeni o parassiti (come funghi e insetti). La deforestazione e la crisi climatica stanno destabilizzando la foresta Amazzonica, la più grande foresta pluviale del mondo. Stime sul punto di non ritorno dell'Amazzonia oscillano fra tra il 20 e il 40% di perdita della copertura forestale e circa il 17% è stato perso dal 1970. Il *global warming* e l'acidificazione delle acque hanno portato a un massiccio sbiancamento dei coralli e alla perdita di oltre la metà dei coralli nelle acque poco profonde della Grande Barriera australiana. Si prevede la morte di quasi la totalità dei coralli se la temperatura media globale aumentasse di 2 °C. Questo sarebbe una grave perdita di biodiversità marina perché i coralli sono fondamentali per l'equilibrio degli ecosistemi marini.

Tuttavia gli effetti della crisi climatica non interessano solo le componenti del sistema climatico ma hanno impatti pervasivi che investono una moltitudine di aspetti di natura fisica, chimica, ecologica, ma anche economica, politica, sociale e della salute. Bisogna inoltre considerare che la dinamica climatica è quella tipica di un sistema non lineare, in cui sono presenti effetti di soglia, punti critici e retroazioni, talora ignoti o di difficile previsione poiché si tratta di un sistema complesso con numerose variabili in gioco (su questo argomento si veda il percorso *Ragnatele e farfalle*).

COMPRENDERE: UNA SFIDA AD AMPIO SPETTRO

Comprendere i cambiamenti climatici significa non solo ricostruire i processi di base del sistema climatico (modellarli e farne proiezioni in base a degli ipotetici scenari di emissione e di concentrazione di gas serra) ma anche capire come essi incidano sullo stato di salute generale del sistema Terra, nelle sue diverse componenti, sia fisico-ecologiche, sia antropiche. Le variazioni fisiche indotte dal riscaldamento globale (aumento temperatura, innalzamento livello del mare, fusione della criosfera, ecc.) provocano infatti molteplici impatti, sia sui sistemi ecologici (aumento dei patogeni, cambiamento nella fenologia, migrazioni degli ecosistemi, ecc.) sia su quelli sociali ed economici, rendendo più problematico l'accesso all'acqua e la produzione di risorse alimentari, provocando numerose problematiche nel campo della salute umana, portando a un aumento della conflittualità e a nuove e più numerose migrazioni.

Le politiche messe in atto sono numerose e variegata e vanno dalle azioni di mitigazione, tese a decarbonizzare il sistema produttivo attuale, riducendone le emissioni di gas serra, fino alle politiche di adattamento.

Sugli aspetti qui sopra elencati si concentrano, rispettivamente, i tre percorsi di lettura *Quel filo invisibile tra salute e cambiamenti climatici*, *Patogeni in movimento e Satelliti*, *fuoco e tagli selettivi*, per la parte relativa alla salute del Pianeta, e i tre percorsi *I fondamenti sociali della crisi climatica*, *La via europea per l'economia green* e *Il Diritto di vivere*, per gli impatti economici, sociali e giuridici.

Un'altra fondamentale componente di questa comprensione è quella relativa alla percezione e alla rappresentazione dei cambiamenti climatici.

Nel caso della percezione, sono gli studi in ambito psicologico e sociologico a indagare come i cambiamenti climatici suscitano emozioni e comportamenti, a livello individuale e collettivo e, a questo proposito, si raccomanda la lettura dei percorsi *Le dimensioni umane della crisi climatica* e, nuovamente, *I fondamenti sociali della crisi climatica*. Da queste letture si potrà evincere come siano molteplici e variegati gli impatti della crisi climatica sulle persone e sulle società e anche come questi effetti si ripercuotano in comportamenti, politiche e strategie che, a loro volta, hanno conseguenze sul clima e sull'ambiente.

Nel caso della rappresentazione, è determinante il modo in cui i cambiamenti climatici vengono descritti dalle varie forme di linguaggio: dalla letteratura scientifica a quella divulgativa, dai romanzi al giornalismo, dai media all'arte. Il percorso *Parlare è pensare* ci accompagna alla scoperta di come le varie forme del linguaggio costruiscano *de facto* la nostra realtà e la nostra comprensione dei cambiamenti climatici e di come i frame narrativi, che necessariamente derivano dal linguaggio scelto, potrebbe essere sfruttati per promuovere un'inversione di tendenza radicale nel nostro "sentirci nel mondo", non più da dominatori e manipolatori della realtà, ma come sua parte integrante.

Per intraprendere queste riflessioni sulla comprensione e sulla consapevolezza della crisi climatica è necessario un pensiero sistemico e un linguaggio adeguato, capace di tradursi in cambiamenti dello stile di vita, in azioni efficaci alle diverse scale, in applicazioni ambientalmente positive della tecnologia.

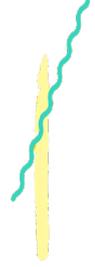
Un ultimo, importante aspetto che bisogna considerare per comprendere appieno i cambiamenti climatici e i suoi impatti, ma anche figurarsi strumenti concreti per affrontarla, riguarda la riflessione geografica, illustrata nel percorso di lettura *Globale e locale. La geografia dei cambiamenti climatici*.

In effetti le proprietà del sistema climatico e dei suoi cambiamenti sono strettamente legate alla dimensione spaziale: all'origine delle correnti atmosferiche e oceaniche vi è la non omogenea distribuzione spaziale dell'energia solare in entrata nel nostro pianeta e di quella infrarossa in uscita dal Pianeta. Inoltre gli impatti della crisi climatica dipendono in modo cruciale dalle caratteristiche fisiche e ambientali, ma anche sociali, economiche e culturali del territorio locale su cui ricadono. Lo stesso tipo di variazione fisica (per esempio un innalzamento di temperatura) può avere conseguenze molto diverse a seconda del contesto considerato.

In sintesi, comprendere la crisi climatica in tutti i suoi aspetti è una sfida che può essere affrontata soltanto mettendo a sistema una molteplicità di approcci e competenze: un passo fondamentale verso una gestione sistemica e davvero efficace di questa crisi inedita.

Bibliografia

- Bagliani M. (2019), "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica: aspetti fisici, impatti, politiche", Il Mulino.
- Balzani V., Venturi M., "Energia, risorse, ambiente", Zanichelli Editore, 2014, Bologna
- Behringer, Wolfgang, "Storia culturale del clima: Dall'Era glaciale al Riscaldamento globale", Bollati Boringhieri, 2013.
- Bernkirane, "Reda, La teoria della complessità". Bollati Boringhieri, 2007
- Fargione D., Concilio C. (a cura di) (2017) "Antroposcenari. Storie, paesaggi, ecologie". Bologna. Il Mulino, Percorsi.
- Gladwell, Malcolm, "The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference", (2000), Little Brown Ed. Edizione italiana "Il punto critico. I grandi effetti dei piccoli cambiamenti". (2000) Rizzoli.
- Giddens, A. (2015). "La politica del cambiamento climatico". Il Saggiatore. Milano.
- Ghosh Amitav, "La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile", Vicenza: Neri Pozza, 2017.
- Jason W. Moore, "Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism", Oakland: PM Press, 2016 [Anthropocene o capitalocene? Scenari di ecologia-mondo nella crisi planetaria, trad. it. e cura di A. Barbero e E. Leonardi, Verona: Ombre Corte, 2017].
- Lakoff, G. (2009). "Pensiero politico e scienza della mente". Milano: Bruno Mondadori.
- Mastrojeni G., Pasini A., (2017) "Effetto serra effetto Guerra", Chiarelettere editore.
- Mercalli L. (2019) "Il clima che cambia. Perché il riscaldamento globale è un problema vero, e come fare per fermarlo", Collana Le scoperte · Le invenzioni, Milano, BUR Rizzoli.
- Restelli G., Zanderighi G., "Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico", Edizioni Unicopli, Milano, 2001, pag. 344.
- Rockström J., Klum M. (2015) "Grande mondo, piccolo pianeta, La prosperità entro i confini planetari". Edizioni Ambiente.
- Stewart Ian, Dio gioca a dadi? La nuova matematica del caos. Bollati Boringhieri, 1990.
- United in Science 2020 (https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science)
- WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019 https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21700



Astronave Terra: uno sguardo da lontano

di Marco Minella

Tra le immagini più iconiche legate alla conquista dello spazio da parte dell'essere umano non vi sono, stranamente, fotografie di corpi celesti lontani migliaia di anni luce dal nostro pianeta, ma fotografie della Terra. Tra queste vi sono le immagini che gli astronauti hanno scattato dal suolo lunare e un esempio celebre è lo fotografia "Alba della Terra" scattata da William Anders nel 1968 durante la missione Apollo 8 (vedi pag. 146). Perché queste immagini sono così evocative? Principalmente perché guardando il nostro pianeta da lontano possiamo cogliere degli aspetti che invece sono difficilmente percepibili standovi sopra.

UN SISTEMA CHIUSO FATTO DI SFERE

Una prima cosa da notare è che il nostro pianeta è totalmente "solo" nel suo roteare intorno a sé stesso e intorno al Sole. Vincenzo Balzani, chimico di fama mondiale e attento conoscitore delle dinamiche terrestri, ha definito la Terra come un'astronave, a sottolineare un aspetto che non possiamo dimenticare: la Terra è un sistema chiuso, non potendo scambiare materia con il suo ambiente esterno, ma solo energia. Questo significa che la materia costituente noi stessi e l'intero Pianeta nella sua globalità è costante e la sua massa non può né crescere né diminuire nel tempo. È allora chiaro che gli oggetti che produciamo – trasformando le materie prime disponibili sulla Terra – e usiamo quotidianamente non possono sparire dopo il loro utilizzo; diventeranno un rifiuto che magari proveremo a nascondere sotto un tappeto, ma che non potrà sfuggire dal nostro pianeta. Osservando sempre da lontano la Terra si può vedere l'eterogeneità della sua struttura, con una superficie ampia di colore blu (gli oceani e i mari), zolle di colori variabili dal verde al marrone (le terre emerse) e fasce coperte da soffici cumuli bianchi (le nuvole, a riprova della presenza di uno strato gassoso che circonda il nostro pianeta). Le diverse strutture costituenti la Terra sono fortemente interagenti e sono comunemente definite sfere; alcuni si sono spinti a vedere la Terra come un macro-organismo di cui le singole sfere costituiscono gli organi vitali. Gli atomi e le molecole che costituiscono gli elementi base di ciascuna sfera sono interessati da cambiamenti più o meno repentini, che li trasformano e muovono da una parte all'altra del Pianeta in quelli che sono definiti "cicli biogeochimici", come il ciclo del carbonio.

ENERGIA VITALE

Continuando nella nostra visione da lontano della Terra si osserva un aspetto che generalmente diamo per scontato: è sempre in parte illuminata dalla luce del Sole. Più che di luce, tuttavia, è più corretto parlare di radiazione elettromagnetica, poiché l'irraggiamento solare include lunghezze d'onda proprie anche dello spettro non visibile. Questa radiazione è l'energia che garantisce la vita sul nostro pianeta. Opportunamente filtrata dall'atmosfera, che ci scherma dalle sue componenti più dannose, permette non solo di avere su buona parte della superficie terrestre una temperatura adeguata, ma anche di alimentare processi fondamentali quali il ciclo idrologico – che permette la circolazione dell'acqua a livello globale – o l'attività fotosintetica delle piante, in grado di trasformare l'anidride carbonica presente nell'atmosfera in strutture molecolari più complesse e fondamentali per la vita, rilasciando ossigeno molecolare, anch'esso essenziale per sostenere le attività vitali di specie complesse, tra cui l'essere umano.

L'ossigeno è uno dei costituenti dell'atmosfera terrestre, la sottile coperta gassosa essenziale nel regolare la temperatura della Terra. La sua composizione è tale da permettere, a opera di un numero abbastanza limitato di gas – tra cui vapore acqueo, anidride carbonica e metano – il trattenimento di parte dell'energia incidente sulla Terra. Il meccanismo con cui questo avviene è noto come "effetto serra" le cui proprietà sono tali da garantire alla superficie terrestre una temperatura media di decine di gradi superiore rispetto a quella che ci sarebbe (vista la distanza della Terra dal Sole) in sua assenza.

INVISIBILE DA LONTANO MA ESTREMAMENTE IMPATTANTE

Un aspetto che non si può percepire guardando da molto lontano la Terra è la presenza di circa 7 miliardi di individui di una specie autodefinitasi "*Homo sapiens*". Se per decine di migliaia di anni gli esseri umani hanno vissuto sulla Terra diffondendosi capillarmente sulla sua superficie senza essere realmente in grado di modificare le dinamiche dei cicli biogeochimici, da un paio di secoli le cose stanno cambiando rapidamente. L'innata necessità umana di fonti energetiche – si pensi inizialmente alla combustione della legna o alla capacità di imbrigliare l'energia del vento e dell'acqua attraverso mulini – ha modificato questa situazione. Lo sviluppo di tecnologie energetiche basate sulla combustione di prodotti fossili (inizialmente carbone, successivamente greggio e gas naturale) ha permesso un impressionante sviluppo tecnologico che ha portato un sostanziale miglioramento della qualità media di vita, con un incremento notevole del numero di individui e della loro età.

I combustibili fossili sono principalmente costituiti da atomi di carbonio e idrogeno aggregati in strutture molecolari più o meno grandi. Dalla loro combustione è possibile ricavare energia utile, non solo per la diretta movimentazione di cose e persone, ma anche per la produzione di energia elettrica. Come però detto sopra, gli atomi e le molecole costituenti del nostro pianeta non possono sparire, ma al più si trasformano dando luogo a specie chimiche differenti. In questo caso la combustione, ovvero l'ossidazione da parte dell'ossigeno di combustibili fossili, porta alla

produzione di acqua e anidride carbonica. Quest'ultima, rilasciata in atmosfera, ha tempi di vita relativamente lunghi prima di essere riutilizzata come materia prima dalla biosfera, per cui tende ad accumularsi incrementando la sua concentrazione. In qualche modo l'atmosfera è il tappeto sotto il quale stiamo nascondendo un prodotto di scarto di una tra le più diffuse attività umane. L'anidride carbonica ha un ruolo essenziale come gas serra e un suo notevole incremento in atmosfera accresce l'effetto serra naturale, incidendo significativamente sul bilancio energetico globale. Il risultato è quello che viene definito "riscaldamento globale", che a sua volta genera i cambiamenti climatici che tutti noi, in modo più o meno marcato a seconda del luogo ove viviamo, sperimentiamo quotidianamente.

TORNIAMO SULLA LUNA... RESTANDO PERÒ CON I PIEDI PER TERRA

Com'è possibile uscire da questo ciclo tutt'altro che virtuoso che ha già creato problemi alla popolazione umana e agli ecosistemi terrestri? Forse la soluzione si può trovare tornando sulla superficie lunare per osservare la Terra. L'astronave Terra è un sistema chiuso per cui non è pensabile prendere i prodotti di scarto delle nostre attività e spedirli altrove. La Terra non è però un sistema isolato: riceve vitale energia dal Sole in quantità tale da alimentare non solo i "fisiologici" bisogni del sistema Terra, ma, potenzialmente, soddisfare le nostre necessità energetiche attraverso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili senza depauperare le risorse fossili, più utili per produrre altri beni che non per essere bruciate.

Abbiamo qui toccato una serie di lemmi la cui definizione è presente all'interno di questa pubblicazione. Il percorso proposto muove molto dalla visione chimica dei processi naturali propria dell'autore. Allo stesso tempo, l'invito è di non limitarsi a questo percorso poiché la complessità del sistema Terra è tale da non poter essere sovra-semplificata; anzi, può essere compresa in tutta la sua bellezza solo se si percepisce l'enorme rete di connessioni che la regolano.

Bibliografia

- Nicola Armaroli, Vincenzo Balzani, "The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities", *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46,52-66
- Vincenzo Balzani, Margherita Venturi, "Energia, risorse, ambiente", Zanichelli Editore, 2014, Bologna
- Primo Levi, "Carbonio". In "Il sistema periodico", Einaudi (Supercoralli Nuova serie) , 1975, Torino.
- Jan Zalasiewicz, Mark Williams, Will Steffen, Paul J. Crutzen, "The New World of the Anthropocene", *Environmental Science & Technology*, 2010, 44 (7), 2228-2231

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**



Per seguire il percorso 2 vai a

Componenti del sistema climatico

Ciclo biogeochimico

Energia

Gas serra

Effetto serra

Aumento demografico

e cambiamenti climatici

Combustione

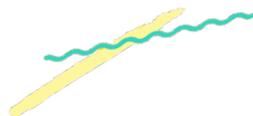
Combustibili fossili

Diossido di carbonio

Riscaldamento globale

Cambiamenti climatici

Fonti di energia rinnovabile



Quel filo invisibile tra salute e cambiamenti climatici

di Annalisa Viani

Sin dalla sua comparsa sul pianeta Terra, l'essere umano è stato costretto a conoscere rapidamente l'ambiente in cui viveva, e in particolar modo gli animali che incontrava, ancor più che per esigenze alimentari, soprattutto per problemi di auto-difesa e quindi di sopravvivenza. Parecchie di queste specie erano estremamente pericolose e apparivano, ai nostri più antichi antenati, dotati di virtù soprannaturali. Questo spiega come in antiche civiltà, come quella egizia o quella indù, tanti animali erano considerati divinità da rispettare e venerare.

Poi, man mano che l'evoluzione culturale conferiva alla nostra specie sempre maggiori successi, questa sopravvalutazione degli animali ha subito un progressivo ridimensionamento, fino a giungere a un totale ribaltamento e all'errata convinzione di Aristotele, secondo la quale l'uomo, nella scala della natura, deve essere collocato nella posizione più elevata, addirittura al di sopra dei mammiferi. Purtroppo questo errore, data l'autorevolezza della sua provenienza, ha influenzato il rapporto essere umano-animale per quasi due millenni, portando prima a considerare l'animale come entità esistente per essere al servizio dell'essere umano, fino a giungere alla concezione cartesiana degli animali-automi e dell'uomo quale unico essere pensante e autocosciente. Solo con Darwin, poco più di un secolo e mezzo fa, viene postulata una parentela fra l'*Homo sapiens* e gli altri animali e vengono create le basi non solo per inquadrare la nostra specie in un contesto filogenetico, ma anche per avviare finalmente una seria ricostruzione del processo di ominazione, il processo di origine ed evoluzione della nostra specie.

VINCENTI MA NON "AL CENTRO"

Nel rapporto con gli animali abbiamo molto spesso una visione antropocentrica: esistiamo noi esseri umani e poi, in una condizione quasi di alterità, la natura (una visione rafforzata dal linguaggio, come spiegato nel percorso *Parlare è pensare*). In realtà, noi siamo perfettamente immersi, facciamo parte della natura e quando costruiamo una casa non facciamo altro che fare quello che fa il picchio quando buca la corteccia di un albero e scava una nicchia per creare il nido. Siamo certamente una specie vincente che ha avuto successo tra le tante altre, con forse una

responsabilità in più perché abbiamo la capacità, e ne siamo consapevoli, di manipolare e di intervenire sulla natura. Il senso di responsabilità, quindi, dovrebbe guidarci a conoscere e apprezzare l'ambiente che ci circonda rispettandolo e sentendo di farne parte. Tra essere umano e altri animali esistono certamente tante differenze, ma anche tante similitudini. Come, d'altronde, esistono differenze e similitudini tra una specie e qualsiasi altra. L'entità delle differenze e delle similitudini tra le varie specie si presenta nel mondo dei viventi in forma più o meno accentuata a seconda della storia filogenetica che hanno percorso, e si può tranquillamente sostenere l'idea di Darwin secondo cui molte delle presunte esclusività dell'*Homo sapiens*, come il linguaggio, sono invece ben presenti in tante altre specie, sia pure con gradazioni più o meno differenti.

PERICOLOSI SALTI DI SPECIE

La similitudine, unita alla millenaria convivenza tra esseri umani e animali, ha inevitabilmente favorito la circolazione di patogeni tra le specie, consentendo in alcuni casi anche uno spillover, ovvero un salto di specie di virus che prima colpivano solo alcune specie di animali e che in un secondo momento interessavano poi anche la nostra specie. Le malattie infettive degli animali trasmissibili all'essere umano, dette zoonosi, sono frequenti e molte di queste sono sfociate in vere e proprie pandemie che hanno segnato e influenzato la storia umana. Pensiamo per esempio al vaiolo e all'ebola, tanto per citarne due. L'attuale periodo storico, ribattezzato Antropocene, rispetto al passato, facilita ancora di più l'origine e la diffusione di zoonosi. Tra i fattori che favoriscono l'insorgere di queste malattie vi sono le alterazioni degli ecosistemi (cambi d'uso del suolo e deforestazione) e l'espansione delle aree urbane o antropizzate. L'habitat delle specie selvatiche da cui si originano i virus è sempre più ridotto e "invaso" da attività umane, che oltre a costringere animali selvatici a una coabitazione ravvicinata e forzata con esseri umani e animali domestici (polli, suini, bovini), minaccia sempre più la biodiversità; biodiversità che, se tutelata, ha un ruolo nel ridurre il rischio che, tra le tante specie animali, il virus trovi la via per replicarsi proprio nel nostro organismo.

Una volta che un virus è in grado di compiere il salto di specie, e arrivare persino a infettare l'uomo, la successiva trasmissione tra individui è molto rapida, favorita dal modo sempre più promiscuo in cui viviamo e dalla frequenza degli spostamenti che effettuiamo. Il numero di esseri umani sulla Terra sfiora gli otto miliardi, di cui il 55 per cento vive nei grandi centri urbani, una quarantina dei quali con più di cinque milioni di abitanti, una percentuale che cresce dell'un per cento ogni anno. Il flusso quotidiano di persone che si spostano per motivi economici e turistici, rende teoricamente possibile il trasporto di un agente patogeno da un capo all'altro del Pianeta nel giro di 24 ore.

L'APPROCCIO "ONE HEALTH"

Anche i cambiamenti climatici, l'inquinamento atmosferico e il riscaldamento globale giocano un ruolo molto importante; a causa dei primi, infatti, si espandono gli ambienti favorevoli alla proliferazione di insetti e altri animali veicolo di agenti patogeni. L'inquinamento atmosferico, invece, rende le persone mediamente più vulnerabili alle infezioni respiratorie, nel caso di zoonosi che si propagano tramite via aerea. In questo scenario, se non si verificherà un'inversione di tendenza nella crescita demografica umana e, soprattutto, se non si gestirà il nostro rapporto con l'ambiente in maniera più sostenibile, la frequenza delle zoonosi infettive è destinata ad aumentare nei decenni a venire. Per questi motivi si rende necessario un approccio *One Health*, secondo il quale la salute umana passa attraverso la salute degli animali e dell'ambiente tutto.

È riconosciuta ufficialmente dal Ministero della salute italiano, dalla Commissione europea e da tutte le organizzazioni internazionali quale strategia rilevante in tutti i settori che beneficiano della collaborazione tra diverse discipline (medici, veterinari, ambientalisti, economisti, sociologi, ecc.). La *One Health* è un approccio ideale per raggiungere la salute globale perché affronta i bisogni delle popolazioni più vulnerabili sulla base dell'intima relazione tra la loro salute, la salute dei loro animali e l'ambiente in cui vivono, considerando l'ampio spettro di determinanti che da questa relazione emerge. Come scrivono Cristina Prandi, Valentina Dell'Oste e Francesca Spyraakis su frida.unito.it, il portale della ricerca dell'Università di Torino:

«Una ricerca sulla salute umana necessita della stretta collaborazione di medici, veterinari, biologi, chimici, botanici e professionisti delle scienze ambientali. Se correttamente implementata, questa visione consentirà di accelerare le scoperte della ricerca biomedica, migliorare l'efficacia della salute pubblica, espandere rapidamente la base di conoscenze scientifiche e migliorare l'educazione medica e l'assistenza clinica. L'approccio *One Health* propone una prospettiva univoca che, trasversalmente, va dalle discipline medico-scientifiche a quelle della sanità pubblica, dalle discipline veterinarie a quelle agronomiche passando per le ricerche di base della chimica e della biologia molecolare, il cui obiettivo è quello di affrontare in modo più efficace i problemi di patologie emergenti applicando un programma innovativo e integrato. Questo permetterebbe di colmare il divario tra le varie aree nell'ambito della salute animale e umana (ad esempio problemi clinici, malattie infettive, diagnosi, patologia, ispezione degli alimenti, igiene, allevamento di animali), promuovendo la ricerca multidisciplinare per migliorare la salute e il benessere di tutte le specie».

A complemento di quanto scrivono è inoltre importante sottolineare quanto l'istruzione e la formazione abbiano un ruolo fondamentale per la costruzione di

una mentalità *One Health* e per promuovere un'azione culturale di contrasto alla percezione che la società e le istituzioni hanno del ruolo secondario degli animali (*reservoir* o ospiti intermedi di patogeni) nell'epidemiologia delle infezioni umane.

Questo breve saggio ha toccato una serie di lemmi la cui definizione è presente all'interno della presente pubblicazione. Il percorso suggerito mira a focalizzare l'attenzione del lettore sullo stretto rapporto esistente tra uomo e animale, come un filo invisibile, appunto, che lega inesorabilmente le sorti di uno a quelle dell'altro.

Bibliografia

- Anyamba, A., Chretien, J. P., et al. (2019). "Global disease outbreaks associated with the 2015-2016 El Nino Event". *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Caminade C., McIntyre K. M., Jones A. E. (2018). "Impact of recent and future climate change on vector-borne diseases". PubMed.
- Giorgetti F. (2019) "La storia della malattia", Book Sprint edizioni.
- Githeko A.K., Lindsay S.W., Confalonieri U.E., Patz J.A. "Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis".
- Harari Y. H. (2015) "Da animali a dèi. Breve storia dell'umanità", Bompiani.
- Quammen D.. Spillover. "L'evoluzione delle pandemie". Adelphi Edizioni, 2014.
- Wilson E. O. (2009), "La diversità della vita. Per una nuova etica ecologica", BUR Biblioteca Univ. Rizzoli.

Per seguire il percorso 3 vai a

Malattie da cambiamenti climatici

Malattie da vettore

Spillover

Zoonosi da cambiamenti climatici

Sistema climatico

Riscaldamento globale

Impatti da cambiamenti climatici

Biodiversità

Deforestazione

e cambiamenti climatici

uso del suolo e cambio d'uso del suolo

Aumento demografico

e cambiamenti climatici

One Health

Educazione ai cambiamenti climatici

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**





Satelliti, fuoco e tagli selettivi. La gestione dei boschi che li salverà

di Tommaso Orusa, Giulia Alice Fornaro, Davide Ascoli, Giorgio Vacchiano

Viviamo nell'Antropocene, un'epoca in cui le azioni di (quasi) otto miliardi di persone stanno destabilizzando buona parte dei sistemi naturali della Terra; sistemi complessi (come ben illustrato dal percorso *Ragnatele e farfalle*) la cui perturbazione porta a conseguenze a cascata sul sistema climatico e sui tessuti sociali ed economici nei quali l'umanità si è organizzata ed evolve.

Le esternalità generate da uno sviluppo basato sulla combustione del carbonio hanno portato a una profonda alterazione dei cicli biogeochimici, primo fra tutti il ciclo del carbonio. Le maggiori concentrazioni di gas serra rilasciati in atmosfera hanno determinato un rafforzamento dell'effetto serra; il conseguente riscaldamento globale e lo squilibrio chimico di atmosfera e oceani hanno innescato la crisi climatica in corso. Per questo ormai da anni si parla di limitare fino ad annullare le emissioni antropiche di gas serra mitigando così il riscaldamento in atto.

ALLEATI A RISCHIO

Nostri alleati in questa lotta sono da sempre boschi e foreste che, oltre a fornire fondamentali servizi ecosistemici come la prevenzione dei dissesti, la purificazione delle acque, la regolazione dei flussi biogeochimici, costituiscono formidabili sistemi di estrazione e stoccaggio di CO₂, fino ai 150 chili per ettaro ogni anno! Si tratta tuttavia di ecosistemi che purtroppo sono minacciati a loro volta dalla stessa crisi climatica: la maggiore frequenza di eventi meteorologici estremi comporta ogni anno impatti sui servizi forniti da milioni di ettari di foreste interessate da siccità, incendi, pullulazioni di insetti e tempeste di ghiaccio e vento sempre più frequenti, intensi e severi. A questo si aggiunge poi lo sconsiderato consumo del suolo per le attività umane e la deforestazione in molte aree geografiche, condotta senza il ricorso ai principi della gestione forestale sostenibile.

Stiamo quindi assistendo a un progressivo degrado della biosfera, all'erosione massiccia di biodiversità, e alla riduzione di nicchie ecologiche con il conseguente innescò di condizioni favorevoli a pericolosi *spillover*, e quindi alla diffusione di epidemie e pandemie (come raccontato nel percorso *Quel filo invisibile tra salute e cambiamenti climatici*).

Diventa allora fondamentale operare per rendere le foreste e i loro servizi resistenti e resilienti alla crisi climatica in atto. Le azioni devono procedere nella direzione del monitoraggio e raccolta di dati e l'implementazione di una corretta gestione forestale.

UNO SGUARDO DALL'ALTO

Sul fronte di una migliore comprensione dei fenomeni ambientali e dei cambiamenti climatici, l'osservazione satellitare è ormai da tempo lo strumento chiave. Numerose sono le missioni spaziali e i programmi di osservazione della Terra sviluppati da diverse agenzie spaziali.

Le missioni scientifiche di maggior lungo corso sono Landsat (con oltre 40 anni di raccolta di dati globali) e Modis della NASA, i programmi COSMO SkyMed e PRISMA dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e altri di agenzie spaziali di vari paesi come quelli della DLR con SAR DLR TanDEM-X della Germania; mentre l'ESA, l'Agenzia Spaziale Europea sta portando avanti l'ambizioso programma Copernicus e le diverse missioni Sentinel, precedentemente conosciuto come GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*). Anche colossi dell'industria privata iniziano a porre attenzione alle questioni ambientali: si pensi al programma PLANET di Google.

Guardando in particolare al progetto europeo, Copernicus, si tratta di un complesso programma di osservazione satellitare della Terra, lanciato nel 1998, inserito nel più vasto progetto GEOSS, che mira allo sviluppo di un sistema per l'osservazione globale. L'obiettivo principale di Copernicus è garantire all'Europa una sostanziale indipendenza nel rilevamento e nella gestione dei dati sullo stato di salute del Pianeta fornendo alle politiche pubbliche europee servizi precisi e affidabili sugli aspetti ambientali e di sicurezza. I servizi si dividono in sei aree tematiche: il suolo, il mare, l'atmosfera, i cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze e la sicurezza.

Tali servizi si esplicano in una vasta gamma di applicazioni a supporto delle aree urbane, della pianificazione regionale e locale, dell'agricoltura, della selvicoltura (gestione e monitoraggio delle attività forestali e dei serbatoi di carbonio), della pesca, della salute, dei trasporti, dei cambiamenti climatici, dello sviluppo sostenibile e della protezione civile. A oggi il sistema garantisce infatti la possibilità di gestire dati precisi e aggiornati a scala globale, per esempio, sullo stato di salute degli ecosistemi forestali, l'ottimizzazione delle pratiche agricole, studi fenologici, per arrivare alla temperatura degli oceani e allo spostamento di profughi.

Più recente e di particolare interesse, specie in campo forestale, vi è la missione *Global Ecosystem Dynamics Investigation* (GEDI), un sensore montato sulla Stazione Spaziale Internazionale che produce osservazioni laser ad alta risoluzione e consente una ricostruzione 3D della Terra. GEDI consente di stimare l'altezza delle chiome forestali e la struttura verticale del bosco, migliorando la stima degli inventari di carbonio, caratterizzando importanti processi del ciclo idrologico e del carbonio. Permette inoltre di migliorare la gestione delle risorse idriche, le stime del rischio di inondazioni da tempeste, e può aiutare a identificare le priorità per la conservazione

della biodiversità. I dati di GEDI possono essere usati da scienziati, modellisti, gestori di risorse, responsabili politici e altri per migliorare la nostra conoscenza delle risorse naturali e promuoverne l'uso sostenibile.

COSA CI DICONO I DATI

Dal 1990 a oggi si stima che 420 milioni di ettari di foresta siano andati persi, circa 4,7 milioni ogni anno tra il 2010 e il 2020. Questi e altri dati sono stati pubblicati nel recente rapporto annuale (2020) della FAO relativo allo stato delle foreste nel mondo.

Diversi studi satellitari volti al monitoraggio ed estensione della superficie forestale globale da parte dell'ESA e altri enti di ricerca nel 2017 hanno messo in luce come il tasso di deforestazione globale annuale sia pari a circa 50 mila km² all'anno equivalenti a circa l'estensione di Piemonte e Lombardia insieme. L'agricoltura rimane una delle principali cause di questo fenomeno, insieme all'allevamento di bestiame: soia e olio di palma, come specifica la FAO, sono tra le principali colture che sottraggono terreno alle foreste, facendo registrare circa il 40% delle deforestazioni tra il 2000 e il 2010.

Tuttavia, ci sono altri fattori che hanno contribuito al degrado delle foreste. Tra i principali attori troviamo l'alterazione dei regimi di incendio a opera dell'essere umano: dal 2003 al 2012 circa 67 milioni di ettari (oltre due volte l'Italia) sono stati percorsi dal fuoco; 98 milioni solo nel 2015, soprattutto nella zona dei tropici dove spesso l'incendio è associato alle aree appena deforestate dove la vegetazione è più secca. La biomassa delle foreste è minacciata anche dagli insetti: infestazione e malattie hanno portato alla degradazione di circa 142 milioni di ettari tra il 2003 e il 2015.

Molte aree forestali naturali, come quella amazzonica, subiscono un eccessivo sfruttamento e sono soggette a cambi d'uso del suolo con effetti notevoli sulla loro persistenza e sul clima a scala globale (si veda la voce "Punti critici"); sarebbe quindi vitale tutelare questi ecosistemi per esempio da un punto di vista giuridico, come viene ribadito nel percorso *Il Diritto di vivere*.

Viceversa le foreste e i boschi italiani che sono ecosistemi forestali antropizzati da secoli o al più naturaliformi, come in altre zone del mondo, non ricevono le adeguate attenzioni, perché mancano investimenti e politiche forestali adeguate.

EQUILIBRI IN MOVIMENTO

A partire dai dati raccolti dalle rilevazioni satellitari è possibile costruire modelli di evoluzione grazie a *software* in grado di simulare l'evoluzione dei boschi nel tempo e in funzione dei cambiamenti ambientali e climatici. Come abbiamo scritto anche su frida.unito.it, tramite rilievi sul campo, analisi statistiche ed elaborazioni di immagini satellitari, i ricercatori in scienze forestali esaminano le caratteristiche delle foreste vergini europee perché rappresentano un modello di riferimento per i processi ecologici e le dinamiche di resistenza e resilienza alle variazioni ambientali. Lo scopo è

sapere cosa fa funzionare meglio gli ecosistemi e imparare a “imitare” la natura nella gestione forestale, per garantire nel tempo la funzionalità delle foreste e favorirne il ripristino in caso di eventi perturbatori come eventi meteorologici estremi supportando la loro resilienza.

E proprio studiando a fondo le dinamiche del bosco che gli scienziati forestali si sono resi conto che occorre sfatare il mito del bosco stabile e in equilibrio, come anche l'idea che il taglio degli alberi o la diffusione di incendi siano azioni necessariamente e aprioristicamente dannose per l'ecosistema del bosco. Misurando invece la risposta a grandi incendi, estese pullulazioni di insetti o tempeste invernali che abbattano migliaia di alberi, si sta scoprendo che questi eventi fanno parte di un ciclo naturale a cui le foreste non solo si sono adattate, ma (addirittura) con i quali si sono evolute e grazie ai quali si mantengono nel tempo. Uno schianto da vento, per esempio, aumenta la luce che arriva al suolo, cambia la temperatura del sottobosco in inverno, produce grandi quantità di legno morto, tutte condizioni indispensabili a ospitare piante e animali specializzati e ad assicurare la rinnovazione della foresta. Di conseguenza, con la selvicoltura studiamo le modalità per simulare le modifiche apportate dai disturbi naturali con tagli e rimozioni di alberi e aumento della necromassa al suolo, laddove studi empirici e simulazioni ci suggeriscono che questo sia utile a conservare o aumentare i benefici offerti dalla foresta alle comunità come l'assorbimento di carbonio, ma anche la protezione dai dissesti, la produzione di materiale rinnovabile, fornitura e purificazione dell'acqua.

Allo stesso modo abbiamo capito che, per esempio, nelle foreste boreali gli incendi hanno un ruolo ecologico indispensabile per le dinamiche di quelle foreste e per il mantenimento della loro ricca biodiversità. Stiamo osservando addirittura come intere aree di foreste siano in grado di sincronizzare la loro riproduzione in coincidenza con incendi a scala di paesaggio, in modo da ricostituirsi naturalmente subito dopo un disturbo di larga scala.

Perché preoccuparsi allora?

Il problema è che la situazione attuale è senza precedenti: le attuali condizioni dell'atmosfera, in particolare per la concentrazione di diossido di carbonio (CO₂), non si sono mai verificate negli ultimi 700 mila anni, come anche sono inediti i conseguenti cambiamenti di regime di eventi climatici estremi in termini di frequenza, intensità e severità degli impatti. Riusciranno ancora gli alberi a rispondere e adattarsi? Migliaia di ricercatori nelle scienze forestali continuano il lavoro sul campo, in laboratorio, sviluppando sistemi di modelli previsionali per capire quello che ci aspetta e come prepararci ai diversi scenari.

BRUCIARE LA CARTA

Per quanto riguarda la gestione degli incendi boschivi per esempio, occorre agire in anticipo: è infatti parzialmente efficace e molto costoso agire solo “a danno fatto”, per esempio con i *canadair* o nella ricostituzione post-incendio.

Cosa si può fare allora? Pensate alla ricetta per accendere un caminetto: si costruisce una catasta a partire dalla carta asciutta, poi i pezzetti di legno secco e infine i tronchetti più grossi... quindi si dà fuoco alla carta. Senza carta è quasi impossibile accendere il camino! Una delle tecniche di gestione forestale più all'avanguardia consiste proprio nello studiare metodi efficaci e sostenibili per togliere la "carta" dal bosco, senza però toccare "legnetti" e "tronchetti", ovvero il suolo, il sottobosco, gli alberi e gli animali che vivono nella foresta. Se ci riusciamo, gli incendi saranno meno intensi e dannosi e più facili da spegnere. Cosa vuol dire in pratica? Si ricorre al così detto "paradosso del fuoco", applicando in modo scientifico proprio il fuoco per consumare foglie, prati e arbusti secchi in modo preventivo, ovvero prima che si verifichi un incendio dannoso.

Per nostra diretta esperienza, affinché questo lavoro sia davvero efficace, occorre coinvolgere chi lavora sul territorio, come i servizi forestali regionali e statali, i volontari antincendio e la Protezione Civile, e contribuire, come ricercatori alla formazione di professionisti che possano progettare e applicare il fuoco prescritto in modo esperto e sicuro.

Tra gli impatti positivi di queste ricerche vi è non solo la salvaguardia e il recupero di foreste abbandonate ma anche l'aumento dell'occupazione, l'impulso allo sviluppo di quei territori e l'educazione della società che può imparare a convivere con gli eventi naturali estremi, trasformandoli in opportunità.

In questo senso, un esempio su tutti è quello che sta succedendo in Val di Fiemme. Come infatti fa notare l'antropologo Nicola Martellozzo su frida.unito.it, la tempesta di Vaia, che ha causato lo sradicamento di 14 milioni di alberi in una sola notte, ha messo in crisi una modalità storica dell'abitare la valle trentina, così la comunità sta ripercorrendo a ritroso il suo approccio con l'ambiente ridimensionando la visione ottocentesca del bosco come fornitore di legname e mettendo le basi per un'alleanza per il contrasto alla crisi climatica.

Un bell'esempio di territorializzazione di queste azioni come auspicato dagli autori del percorso *Globale e Locale. La geografia dei cambiamenti climatici*.

Per seguire il percorso 4 vai a

ciclo del carbonio
 Esternalità ambientali
 Servizi ecosistemici
 Pozzi e fonti di carbonio
 uso e cambio d'uso del suolo
 Deforestazione e cambiamenti climatici
 Pirocene
 Tempo di vita dei gas serra
 Punti critici (Tipping Points)
 Dati satellitari
 Fenologia e cambiamenti climatici
 Indici di vegetazione da dati RADAR
 Modellistica Forestale
 Gestione forestale sostenibile

Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it



Bibliografia

- Curtis, Philip G., et al. "Classifying drivers of global forest loss." *Science* 361.6407 (2018): 1108-1111.
- Dengsheng, Lu, "The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation." *International journal of remote sensing* 27.7 (2006): 1297-1328.
- Duncanson, Laura, et al. "Biomass estimation from simulated GEDI, ICESat-2 and NISAR across environmental gradients in Sonoma County, California." *Remote Sensing of Environment* 242 (2020): 111779.
- Hansen, Matthew C., et al. "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change." *Science* 342.6160 (2013): 850-853.
- Hansen, Matthew C., et al. "Humid tropical forest disturbance alerts using Landsat data." *Environmental Research Letters* 11.3 (2016): 034008.
- Lewis, Adam, et al. "Rapid, high-resolution detection of environmental change over continental scales from satellite data—the Earth Observation Data Cube." *International Journal of Digital Earth* 9.1 (2016): 106-111.
- Vacchiano G., "La resilienza del bosco", Mondadori 2019.
- Valentini, R., et al. "Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests." *Nature* 404.6780 (2000): 861-865.
- Duncanson, Laura, et al. "Biomass estimation from simulated GEDI, ICESat-2 and NISAR across environmental gradients in Sonoma County, California." *Remote Sensing of Environment* 242 (2020): 111779.
- Lewis, Adam, et al. "Rapid, high-resolution detection of environmental change over continental scales from satellite data—the Earth Observation Data Cube." *International Journal of Digital Earth* 9.1 (2016): 106-111.



Patogeni in movimento: quale impatto sugli agroecosistemi?

di Massimo Pugliese, Giulia Alice Fornaro, Alberto Alma,
Vladimiro Guarnaccia, Tommaso Orusa

I cambiamenti climatici, e in particolare l'aumentata concentrazione di diossido di carbonio (CO₂) accompagnata dall'innalzamento delle temperature, stanno impattando in modo significativo sulle piante coltivate e il loro ambiente, gli agroecosistemi. La concentrazione di diossido di carbonio è passata dalle 280 parti per milione (ppm) dell'epoca preindustriale alle oltre 400 ppm di oggi; ed entro il 2100 si prevedono valori superiori a 700 ppm. A causa dell'effetto serra che ne consegue c'è stato un incremento di circa 1 °C delle temperature medie globali nel secolo scorso, che, purtroppo, senza improbabili inversioni di tendenza nei comportamenti e consumi, rischiano di subire un ulteriore innalzamento di 1,5–2 °C nel corso di questo secolo.

LA PIRAMIDE DELLA MALATTIA

Quale impatto hanno dunque i cambiamenti climatici sulle aree agricole? I modelli di simulazione ci permettono di ipotizzare scenari futuri. Per quanto riguarda l'aumento del diossido di carbonio atmosferico, i modelli prevedono maggiori rese delle colture perché il gas ha un effetto fertilizzante sui vegetali e genera un aumento dei meccanismi di difesa. Allo stesso tempo, più vigore vegetativo significa anche condizioni favorevoli per lo sviluppo di alcuni tipi di patogeni e fitofagi, nonché degli insetti che fungono da loro vettori. Anche l'aumento delle temperature ha una doppia valenza: da un lato permette di estendere le colture in zone finora climaticamente meno adatte o avverse, basti osservare in montagna l'innalzamento della *tree-line*, ossia del limite per le piante in particolare larici e pini cembri; dall'altro lato però, l'incremento delle temperature fornisce la possibilità per alcuni fitofagi di riprodursi più frequentemente. Inoltre l'intensificarsi di fenomeni atmosferici estremi come inondazioni, tempeste o, all'opposto, ondate di siccità non potranno che nuocere alle coltivazioni, con conseguenti effetti negativi sulla produzione agricola, a livello forestale e più in generale sulla sicurezza alimentare. I cambiamenti nelle precipitazioni poi stanno già modificando le caratteristiche chimiche e fisiche del suolo e dell'acqua di irrigazione, con conseguenze ancora da studiare e capire appieno. La variazione di ciascuno di questi fattori ha delle conseguenze sull'attività dei patogeni delle piante e sul loro rapporto con l'ospite. Occorre allora studiare l'impatto

dei cambiamenti climatici sull'intero "triangolo della malattia" che include l'ospite (la pianta), l'agente patogeno (e suoi eventuali vettori) e l'ambiente. Chi troverà condizioni più favorevoli a seguito dell'aumento delle temperature e dell'anidride carbonica e quale sarà la risposta a seguito di eventi meteorologici estremi, siccità o altre variazioni climatiche? A tale domanda solo uno studio mirato sulla biologia del patogeno, dei potenziali vettori e dell'ospite permette di trovare delle risposte.

QUALI SONO I PATOGENI DELLE PIANTE?

Si tratta di funghi o batteri responsabili di marciumi dei frutti, cancro dei rami, marciumi delle radici o infezioni fogliari. Un enorme numero di microrganismi che spesso risiede nei suoli in fase latente o nei tessuti vegetali come endofiti, finché le mutate condizioni ambientali non favoriscono l'alterazione del loro rapporto con la pianta ospite che diventa così di tipo parassitario. Un po' come succede a noi esseri umani con alcune infezioni micotiche o batteriche.

Numerose malattie delle piante sono storicamente note agli addetti ai lavori e non solo, eppure, negli ultimi anni, diverse malattie emergenti si presentano improvvisamente e senza alcuna traccia nella letteratura internazionale. Ampiamente noto l'esempio del batterio *Xylella fastidiosa*, studiato per decenni come patogeno della vite e degli agrumi, ma che recentemente è stato riscontrato come responsabile di una devastante epidemia degli ulivi pugliese. Ancora, diverse specie fungine (*Diaporthaceae* e diverse specie appartenenti alla famiglia delle *Diatrypaceae*) note da decenni come comuni abitanti dei tessuti di varie specie vegetali, oggi vengono riportate come una seria minaccia per i campi commerciali del nord Italia destinati alla produzione del mirtillo. Specie raramente rilevate in associazione a malattie di piante aromatiche e ornamentali, appartenenti a gruppi fungini quali *Colletotrichum*, rappresentano oggi alcune delle più importanti cause di malattie fogliari in grado di compromettere la produzione di tali piante.

SPECIALI MACCHINE DEL TEMPO

Come si studia l'impatto che i cambiamenti climatici hanno su piante e loro patogeni? Gli approcci sono diversi e tra loro complementari. Ci sono studi che monitorano in loco cosa accade a piante coltivate e non in determinate aree geografiche più esposte ai cambiamenti e ci sono studi sperimentali in grado di simulare "in laboratorio" cosa accadrà in futuro in un lasso di tempo di 30, 50 o più anni. A partire infatti dai dati forniti da modelli in grado di fare proiezioni a lungo termine sugli scenari possibili, diversi sono i laboratori nel mondo che stanno cercando di simulare quello che accadrà alle piante di interesse agroalimentare. Per esempio in Germania, il GSF di Oberschleissheim dal 1996 ha messo a punto delle celle di crescita per studiare gli effetti di stress ambientali sulle piante; a Kuopio in Finlandia e a Rhinelander in USA si utilizzano sistemi per analizzare gli effetti dell'ozono sulle foreste, mentre in

Giappone, presso il *Kyushu Okinawa Agricultural Research Center* di Fukuoka, vengono condotti studi per valutare l'effetto di stress termici sulla fertilità e produttività di piante di riso.

Tuttavia è presso l'Università di Torino, e in particolare all'interno del Centro Agroinnova, che, per la prima volta, sono stati messi a punto dei laboratori pionieristici per studiare gli effetti dei cambiamenti climatici sulle malattie delle piante. Si tratta di speciali camere climatiche, dette fitotroni, costruite su misura per coltivare piante anche di grandi dimensioni, che possono riprodurre le variazioni previste dei parametri climatici più importanti. È così possibile simulare in modo preciso, pur ovviamente in cicli colturali brevi, la reazione delle piante e dei loro patogeni in presenza di condizioni di temperatura e livelli di CO₂ diversi rispetto a quelli attuali.

Particolare attenzione in queste simulazioni è dedicata alle colture orto-fioricole anche per la grande importanza che esse rivestono nell'area mediterranea e nel nostro Paese, potenzialmente interessato (per la particolare posizione geografica) dagli effetti dei cambiamenti climatici, con possibili gravi conseguenze sull'agricoltura e sulla sicurezza alimentare in generale.

Diversi studi condotti dal Centro Agroinnova hanno evidenziato che, all'aumento di CO₂, i patogeni fungini sono poco influenzati direttamente da variazioni nel livello di diossido di carbonio con concentrazioni che arrivano fino a 800 ppm; lo sono invece molto di più indirettamente, a seguito della risposta fisiologica delle piante ospiti. Indagini condotte sulla vite hanno mostrato come a un aumento sia della temperatura sia del CO₂, possa corrispondere un incremento dell'incidenza e della gravità della peronospora, una malattia causata da un parassita che sottrae risorse alle piante provocando una depigmentazione delle foglie, soprattutto nelle prime fasi dell'infezione. I risultati ottenuti possono quindi far ritenere che in futuro, con l'aumento del diossido di carbonio e delle temperature, le condizioni ambientali favoriranno attacchi di peronospora più gravi e anticipati rispetto alle condizioni attuali.

Inoltre abbiamo avuto modo di verificare che l'interazione combinata tra alta concentrazione di CO₂ ed elevata temperatura è in grado di aumentare gli attacchi di mal bianco su zuccino, di *Alternaria japonica* su rucola, di *Colletotrichum ocimi* su basilico, di *Phoma betae* su bietola, di *Fusarium equiseti* su ravanella e rucola e di *Allophoma tropica* su lattuga.

A complicare la situazione viene poi il possibile effetto di aumenti di temperature e concentrazioni di CO₂ sulla produzione di micotossine (tossine prodotte da funghi) da parte dei patogeni soggetti ai cambiamenti climatici. Diversi studi hanno considerato tale aspetto per alcune specie di *Alternaria* su cavoli, cavolfiori e rucola, *Myrothecium verrucaria* su spinacio e *Myrothecium roridum* su rucola coltivata. In alcuni casi si è visto che l'effetto della temperatura elevata portava alla produzione di micotossine solo in caso di elevata concentrazione di CO₂.

Particolarmente interessanti sono gli studi condotti su patogeni terricoli, finora poco investigati in questo ambito, anche in relazione al ruolo che svolgono i microrganismi presenti nel terreno sulla salute delle piante e sulla loro produttività. In merito alla tracheofusariosi della lattuga, per esempio, causata da *Fusarium oxysporum*, la gravità della malattia aumenta in modo significativo all'aumentare della

temperatura, mentre il raddoppio della concentrazione di diossido di carbonio non sembra influenzare la malattia. Un'altra fusariosi, che colpisce invece rucola coltivata, è stata stimolata dall'aumento di entrambi i parametri.

IL RUOLO DEGLI INSETTI

Fra i fattori abiotici che influiscono sulla fisiologia degli insetti, la temperatura è uno dei più importanti, dal momento che regola lo sviluppo embrionale e post-embryonale, la diapausa, ovvero il periodo di stasi dello sviluppo per superare periodi avversi come l'inverno, e altre importanti funzioni biologiche come il volo e l'alimentazione. Ne deriva che i cambiamenti climatici in atto, e in particolare l'aumento delle temperature, si ripercuotono sul ciclo biologico, talvolta aumentando la vita di alcune fasi, sul voltinismo (il numero di nuove generazioni originate ogni anno) e sulla distribuzione geografica. In questo contesto la maggiore conseguenza del riscaldamento globale implica spostamenti in termini di gradienti di latitudine e altitudine (di cui si è fatto cenno nel percorso *Pensare è parlare* con particolare riferimento al romanzo "La collina delle Farfalle", di Barbara Kingsolver, *N.d.C.*). Ma la crisi climatica ha un effetto anche sulle piante ospiti: l'alterazione della sincronia tra un insetto fitofago e la sua pianta ospite può presentare vantaggi e svantaggi per l'uno e per l'altra.

Tutti questi aspetti risultano particolarmente importanti quando coinvolgono specie dannose alle colture, compresa la vite, una delle principali colture di interesse all'Università di Torino. Calandoci in questo caso specifico, qui di seguito cercheremo di evidenziare alcune delle più importanti conseguenze che l'aumento delle temperature ha avuto e ha tuttora sui principali insetti presenti in Italia o di temuta introduzione. La flavescenza dorata è una grave malattia causata da un fitoplasma, trasmesso alle piante ospiti principalmente dalla cicalina *Scaphoideus titanus*, un insetto vettore introdotto in Europa negli anni '50 del secolo scorso, per il quale lo svernamento avviene allo stadio di uovo e di conseguenza la schiusa accade alla fine di un lungo periodo freddo. Come hanno dimostrato alcuni nostri studi, la schiusa delle uova è molto più concentrata nel tempo in caso di inverni rigidi e molto più scalare (distribuita nel tempo) in caso di inverni miti, come sempre più sono gli inverni alle nostre latitudini. Ne deriva uno sfasamento del ciclo biologico di *S. Titanus* e di conseguenza la difesa insetticida, che avviene in funzione della presenza o meno di determinati stadi giovanili dell'insetto, è più difficile da gestire, con conseguenze anche economiche sull'intera filiera.

Un altro aspetto estremamente preoccupante che ha indirettamente a che fare con l'aumento delle temperature è la temuta introduzione di *Xylella fastidiosa*: un batterio che negli ultimi anni ha attirato una forte attenzione mediatica per aver colpito estensivamente gli ulivi pugliesi, e che nella vite provoca la *Pierce's disease* che è in grado di far perire la pianta in pochi anni. Le modalità di trasmissione di *X. fastidiosa* sono tali che solo gli insetti adulti rimangono infettivi per tutta la vita, ed è quindi necessario un vettore con svernamento allo stadio adulto per la sopravvivenza dell'inoculo durante l'inverno e per l'inoculazione alla vite. La cicalina, *Homalodisca vitripennis*, che in inverno sopravvive alimentandosi della linfa grezza dei rametti lignificati di vite possiede queste caratteristiche. Tuttavia, al di sotto di una certa

e propria “cura del freddo” (*cold curing*) nei confronti del patogeno, e in effetti *X. fastidiosa* è diffusa principalmente in zone tropicali e sub-tropicali. Il surriscaldamento globale potrebbe però comportare un’espansione a nord di *X. fastidiosa* e, peraltro, *H. vitripennis* sarebbe perfettamente in grado di adattarsi al clima mediterraneo.

COME AGIRE?

La ricerca nel campo della patologia vegetale concentra le proprie forze per cercare di battere sul tempo il cambiamento, trovando nuove strategie per continuare a garantire alti standard qualitativi del comparto agricolo e rimanendo al passo delle tendenze imposte dal consumatore. In termini di adattamento, al diffondersi di alcuni patogeni fungini per esempio, oltre a evitare la loro diffusione in campo, si può intervenire anche indirettamente attraverso la gestione integrata delle condizioni climatiche e di impianto.

Per quanto riguarda la minaccia che proviene dal ruolo degli insetti, la stagionalità, i cambiamenti nella durata delle varie fasi del ciclo biologico, nel voltinismo e nella sopravvivenza di determinati stadi vitali richiedono adattamenti nell’approccio al problema, in particolare riguardo alla gestione fitosanitaria, che possono essere calibrati di anno in anno con semplici monitoraggi. Tuttavia l’irruzione di un fitofago in aree nuove, dovuto all’introduzione accidentale in una zona analoga dal punto di vista climatico e distante solo geograficamente, o alla colonizzazione naturale di zone divenute adatte in seguito a modificazioni del clima, pone invece l’agricoltura di fronte a problemi totalmente nuovi, che richiedono una risposta rapida.

Un valido aiuto può giungere dallo sviluppo e dall’applicazione di modelli matematici di simulazione, siano essi fenologici, demografici o di distribuzione geografica. Tali strumenti consentono infatti di giocare d’anticipo e di non farsi trovare impreparati nel momento in cui si presentasse la necessità di gestire nuove emergenze fitosanitarie.

Per riassumere e concludere possiamo dire che oggi l’attenzione di patologi vegetali, entomologi, agronomi e forestali è focalizzata su tre aspetti principali: le perdite di produzione legate alle malattie, la variazione nell’efficacia delle strategie di difesa (mezzi di sintesi chimica e mezzi di lotta biologica) e la variazione della distribuzione geografica dei patogeni (latitudinale e altitudinale). La tematica, oltre ad avere forti ripercussioni in materia di geopolitica, sicurezza alimentare e bioterrorismo, è di forte interesse anche a livello forestale sia per il comparto selvicolturale–produttivo sia, e soprattutto, per quello ecologico. La risposta a queste problematiche va cercata, oltre che in una spinta sempre più decisa verso la mitigazione della crisi climatica, anche e soprattutto nella ricerca: in tempi in cui molto si parla di *Next generation fund* in risposta alla crisi Covid-19, essa va sostenuta e finanziata. Solo così potremo arrivare a efficaci strategie di adattamento facendo fronte in modo adeguato alla crisi in atto.

Per seguire il percorso 5 vai a

Fitopatogeni
e cambiamenti climatici
Diossido di carbonio
Tempo di vita dei gas serra
Biodiversità
cambiamenti climatici
Riscaldamento globale
Ondate di calore
Malattie
e cambiamenti climatici
One Health
Sicurezza alimentare
Siccità
Politiche di adattamento
ai cambiamenti climatici
Politiche di mitigazione
dei cambiamenti climatici

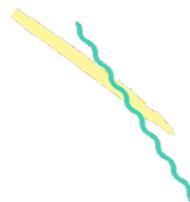
Bibliografia

- Alma A., Lessio F., Nickel H. (2019) "Insects as phytoplasma vectors: ecological and epidemiological aspects". In Phytoplasmas: Plant Pathogenic Bacteria-II (Bertaccini A., Weintraub P.G., Rao G.P., Mori N., eds.) Springer, Singapore, 1-25.
- Gullino M. L., Gilardi G., Pugliese M., Garibaldi A. (2017). "Effetto dei cambiamenti climatici sulla gravità di alcune malattie". Protezione delle Colture, 10 (4), 14-18.
- Gullino M. L., Pugliese M., Gilardi G., Garibaldi A. (2018) "Effect of increased CO₂ and temperature on plant diseases: a critical appraisal of results obtained in studies carried out under controlled environment facilities". Journal of Plant Pathology, 100, 371-389.
- Pugliese M., Gullino M. L., Garibaldi A. (2018). "Gestione dell'acqua e cambiamenti climatici: effetti sulle malattie delle piante". Protezione delle Colture, 11 (3), 27-32.

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**



Il Diritto di vivere. Verso una giurisprudenza che tutela la natura



di Cristina Poncibò

«Bisogna tornare al pianeta, in primo luogo dobbiamo farlo noi spiritualmente. Bisogna rispettarlo, fare qualcosa per proteggerlo, la terra, gli oceani. Io fotografo, io pianto alberi, faccio le cose che ritengo vadano fatte. Ma bisogna che lo facciano le persone, gli stati, le grandi aziende: perché bisogna amare la natura, l'acqua, la nostra terra per ripartire» (Sebastião Salgado).

Sebastião Salgado è un fotografo di fama mondiale che, per lavoro, ha girato tutto il mondo. Durante uno di questi viaggi, nello specifico quello in Rwanda, durante il drammatico genocidio, il fotografo si ammala e si vede costretto a tornare a casa. Così, nel 1998 Salgado torna in Brasile: quel che trova è un ambiente completamente devastato, ben lontano da quello che ricordava. Migliaia di alberi rimossi, tagliati o sradicati, la terra erosa e l'acqua piovana che distrugge il terreno rimasto nudo: quello che era un paradiso naturale si trovava ormai irrimediabilmente distrutto e della foresta pluviale, che pochi decenni prima occupava più della metà di quel territorio, restava un'inezia: solo lo 0,5%. La moglie, dunque, gli suggerisce una follia: ripiantare gli alberi. Lui la prende in parola. Nell'arco di 20 anni l'Istituto Terra del fotografo restituisce la vita a ben 17mila ettari di foresta piantando più di 2 milioni di alberi di oltre 290 specie differenti (vedi il progetto "Il dono della Terra" sul sito progettoimpattozero.org, N.d.C).

Questa storia straordinaria è narrata, fra l'altro, nel commovente film-documentario *Il sale della Terra* (2014) diretto dal regista Wim Wenders e da Juliano Ribeiro Salgado. Lo stesso fotografo è anche autore del progetto fotografico *Genesi* che si è proposto di far conoscere la bellezza del nostro Pianeta, porre rimedio ai danni causati dall'uomo e preservarlo per le generazioni future. Di entrambi i progetti si trovano diversi estratti e video presentazioni online, incluso anche il TED di Salgado *The silent drama of photography*.

INEDITI SOGGETTI GIURIDICI

Guardando *Il Sale della Terra* come giuristi ci si chiede se quegli alberi rimossi, tagliati o sradicati della foresta pluviale non dovrebbero avere dei diritti. Per esempio, il

diritto di vivere. Ebbene, la dottrina di diritto comparato (che studia gli ordinamenti giuridici in comparazione, evidenziando somiglianze e divergenze) pone in luce, da tempo, come le corti, i parlamenti e i governi del Pianeta, per quanto espressione di sistemi giuridici molto diversi e lontani per geografia e cultura, siano sempre più pronti nell'affermare l'esistenza dei diritti della natura e delle piante.

In effetti osserviamo delle interessanti iniziative normative e giurisprudenziali. Per esempio nel 2019, in una sentenza storica, la Corte Suprema della Colombia ha riconosciuto alla Foresta Amazzonica la soggettività giuridica e, in quanto tale, le ha attribuito il diritto di protezione e manutenzione che incombe sui governi del bacino amazzonico, ordinando di intervenire con urgenza per arginare la deforestazione della foresta pluviale.

«Pertanto, al fine di proteggere questo ecosistema vitale per il futuro del mondo (*omissis*) si ritiene che l'Amazzonia colombiana debba essere considerata un soggetto di diritto e, pertanto, che lo Stato e gli enti territoriali siano tenuti a proteggerla, conservarla e curarla» (Corte Suprema della Repubblica di Colombia, sentenza 5 aprile 2018, 4360, punto 14, traduzione a cura dell'autrice).

Negli ultimi anni, dall'India alla Nuova Zelanda, quattro fiumi, due ghiacciai e una montagna sacra hanno ottenuto il riconoscimento della soggettività giuridica. Infatti dopo 170 anni, il fiume Whanganui, sacro per i Maori della Nuova Zelanda, nel 2017 ha ottenuto il riconoscimento della soggettività giuridica. Conseguentemente, il fiume sarà rappresentato congiuntamente da un membro nominato dalla comunità Maori e uno nominato dal governo. Si tratta del primo fiume al mondo a ottenere questo riconoscimento. Dunque, è possibile notare l'emersione di un diritto climatico e di una giurisprudenza ecologica.

UN PROFONDO CAMBIO DI PROSPETTIVA

L'idea, tuttavia, non è nuova. Nel 1972, lo studioso di diritto americano Christopher Stone scrisse un saggio visionario, *Should Trees Have Standing?*, in cui proponeva di garantire i diritti della natura. Il giudice William Douglas della Corte Suprema degli Stati Uniti si è dichiarato d'accordo e in una celebre *dissenting opinion* ha sostenuto la tesi secondo cui anche la natura sarebbe un soggetto titolare di diritti. Dopotutto, trattiamo le società, i *trust* e persino le navi - che non possono respirare, parlare o votare - come persone giuridiche. Abbiamo creato queste finzioni legali perché servivano a scopi commerciali. «Allora perché non montagne, fiumi e mari? », si chiedeva il giudice Douglas.

L'idea non è riuscita a mettere radici negli anni Settanta del secolo scorso, ma ha dato vita a un movimento globale. Ora, in esito alla crescente consapevolezza della crisi climatica e all'esperienza della pandemia Covid-19, potrebbe essere giunto il momento di un profondo cambiamento di prospettiva. L'Amazzonia ha il diritto di vivere. È tempo di parlare di fermare l'ecocidio e di affermare il valore della giustizia

climatica.

Invero, nonostante i successi della legislazione ambientale a livello internazionale, europeo e nazionale, nonché l'impegno dei tribunali ambientali, l'attuale quadro giuridico non è riuscito a fermare la distruzione di interi ecosistemi e specie che sono essenziali per la vita, come purtroppo ci riportano periodicamente le cronache.

Tali sfide senza precedenti richiedono un nuovo modo di pensare. Nella tradizione giuridica occidentale, abbiamo generalmente trattato la natura come una proprietà e affidato ai governi la sua protezione. Abbiamo incaricato le agenzie di gestire le risorse naturali e la fauna selvatica nell'interesse pubblico. Tuttavia, il concetto di "interesse pubblico" assume significati diversi per gli individui che possono privilegiare la massimizzazione del profitto a breve termine rispetto al benessere a lungo termine, rispetto cioè alla sostenibilità e ai diritti delle generazioni future.

Lo stesso diritto di essere ascoltati riconosciuto ai movimenti per il clima non pare essere sufficiente ad assicurare la tutela dell'ambiente e, in particolare, i diritti dell'ecosistema, anche a causa di una narrazione che contrappone il benessere della natura alla prosperità economica delle società umane. Eppure, la concessione di diritti alla natura e degli elementi naturali non fermerebbe l'attività economica, ma assicurerebbe, come ha scritto il giudice Douglas, che gli oggetti inanimati, che sono il vero nucleo della bellezza della Terra, abbiano dei portavoce prima di essere distrutti dall'egoismo umano.

NON SOLO ALTRUISMO

Come abbiamo imparato a nostre spese, i nostri diritti fondamentali - alla vita e alla salute - dipendono da un ambiente sano. Questo è il motivo per cui più di 100 costituzioni nazionali (adottate dopo il 1970) sanciscono il diritto a un ambiente sano. Naturalmente, molte culture indigene lo hanno capito da tempo. La legislazione della Nuova Zelanda, per esempio, integra le visioni del mondo Maori. Papa Francesco ha abbracciato l'idea dell'interdipendenza nella sua Enciclica *Laudato Si* del 2015, mentre il Consiglio supremo islamico dell'Indonesia ha emesso, nel 2014, una fatwa contro il commercio di animali in via di estinzione (Si veda l'articolo "Indonesia: fatwa contro chi uccide o commercia animali protetti" su Lifegate.it N.dC). Il tema si lega chiaramente con la tutela dei diritti degli animali.

Se riusciamo a proteggere il nostro patrimonio naturale, le generazioni future (un altro gruppo senza voce nel difendere la sostenibilità) avranno maggiori probabilità di ereditare un mondo prospero. Significativamente, il caso della Amazzonia è stato portato in giudizio da 25 bambini e giovani. Per proteggere i loro diritti, il tribunale ha riconosciuto la necessità di un «Patto intergenerazionale per la foresta pluviale». Il passo verso il riconoscimento del diritto alla sicurezza ambientale, alla sicurezza climatica, nonché di taluni principi eco-giuridici a tutela del bene comune ambientale, è breve. Quindi, sarebbe utile se le foreste e i fiumi minacciati avessero dei diritti (e dei tutori).

La strada per il riconoscimento di tali diritti non è facile poiché essa implica la capacità dei visionari, come il citato Stone, di guardare avanti e sostenere la necessità di

una evoluzione del pensiero giuridico verso nuovi territori.

Osservando dalla cascina della mia famiglia le colline del Monferrato, con gli alberi dai colori autunnali, comprendo profondamente il senso della scelta di Salgado e sento che questo cambiamento di prospettiva nei confronti della natura nella sua vulnerabilità è un'opportunità che dobbiamo cogliere con coraggio nel rispetto delle generazioni passate e di quelle future.

Per seguire il percorso 6 vai a

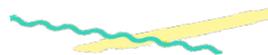
Deperimento foresta
pluviale amazzonica
Ecocidio
Climate Commons
Principi ecogiuridici
Diritto alla sicurezza
climatica
Giustizia climatica
Tribunali ambientali
Responsabilità comune
ma differenziata
Movimenti per il clima
One Health
Ecosofia

Bibliografia

- Mancuso S., La Nazione delle piante, Laterza, 2020.
- Mattei U., Quarta A., "The Turning Point in Private Law: Ecology, Technology and the Commons" (Elgar Studies in Legal Theory), Edward Elgar, 2018.
- Poncibò C., "The Contractualisation of Environmental Sustainability", in European Review Private Law, 2016, 12:4, pp. 335-355
- Poncibò C., "A Contract Law for Future Generations", in Review of the Kopaonik School of Natural Law, 2020, in corso di stampa
- Stone C., "Should Trees Have Standing?: Law, Morality, and the Environment," Oxford University Press, 2010 (ultima e terza edizione; prima edizione: 1972).
- Viola A., "Plant Power", Einaudi, 2020.

Vuoi approfondire? Continua su frida.unito.it





Globale e locale. La geografia dei cambiamenti climatici

di Marco Bagliani, Antonella Pietta

Come si evince dalla lettura dei molti lemmi che compongono questo Lessico, lo studio del sistema climatico, dei suoi squilibri, degli impatti che si generano e delle possibili risposte è estremamente complesso e coinvolge numerosi ambiti disciplinari. È quindi importante riuscire a costruire relazioni e connessioni tra le diverse conoscenze, in particolar modo tra la sfera dei saperi tecnico-scientifici, che spiegano i meccanismi fisici di funzionamento del sistema climatico, e la sfera degli studi sociali, economici, politici, culturali e psicologici, che indagano gli impatti derivanti dal riscaldamento globale.

Si pensi, ad esempio, all'importanza di analizzare gli effetti che il cambiamento climatico ha sugli ecosistemi e, di conseguenza, sui servizi ecosistemici, intesi come i benefici che derivano alla popolazione umana dagli ecosistemi garantendone la stessa sopravvivenza, nonché il benessere. Gli impatti sui servizi ecosistemici si traducono, tra gli altri, in termini di minaccia alla sicurezza alimentare, con particolare riferimento a disponibilità, accessibilità, consumo di cibo e acqua, con rilevanti ripercussioni sulla salute e sui servizi a essa preposti.

UN PONTE TRA I SAPERI

Nella costruzione di questo "ponte" tra le sfere dei saperi, un approccio geografico che fa riferimento alle relazioni tra luoghi e alle interdipendenze tra le diverse scale consente di individuare i meccanismi attraverso cui i cambiamenti climatici globali (come l'innalzamento della temperatura) si traducono in variazioni anche molto differenti a seconda della regione considerata. Per esempio, come spiegato anche nel percorso *Ragnatele e farfalle*, l'aumento medio globale della temperatura di 1 °C al secolo si concretizza in valori doppi nell'Artico e nella catena delle Alpi, mentre alcune zone dell'oceano sono caratterizzate addirittura da lievi abbassamenti.

L'approccio geografico si rivela inoltre particolarmente prezioso per l'attenzione che pone al territorio e alla sua complessità. I territori sono infatti caratterizzati da dotazioni fisiche, ecosistemiche e tecnologiche, ma anche da culture e storie differenti. Tutto ciò si traduce in una molteplicità di livelli di vulnerabilità e resilienza e consente di spiegare come le variazioni fisiche causate dal riscaldamento globale (come l'aumento della temperatura, il cambiamento delle precipitazioni, l'innalzamento del livello del mare, la fusione dei ghiacciai, ecc.) interagendo con i territori possano dar luogo a impatti diversi a seconda del contesto presente.

Con riguardo alle risposte alla crisi climatica, l'attenzione al territorio si rivela proficua in particolare nel declinarle alle diverse scale spaziali.

Da un lato vi sono, infatti, le politiche di mitigazione che, essendo volte a ridurre le cause alla base del cambiamento climatico, fanno riferimento alla scala planetaria, che meglio si presta per fissare gli obiettivi di riduzione delle emissioni. Questi, per essere tradotti in pratica, devono però essere definiti (o ri-definiti in alcuni casi) anche alla scala nazionale e a quelle sub-nazionali. Dall'altro lato vi sono le politiche di adattamento, che puntano ad agire sugli effetti della crisi climatica facendo leva sulla capacità delle società di modificare i comportamenti per ridurre gli impatti negativi e, se possibile, creare nuove opportunità. Questo implica che il processo parte dalla scala locale, livello a cui le società rispondono a cambiamenti di varia natura: da quelli ambientali, socioeconomici e tecnologici, a quelli culturali, legislativi, politici, istituzionali, gestionali e, più in generale, di *governance*.

Considerato lo stretto legame di complementarietà tra politiche di mitigazione e adattamento, un approccio attento al territorio e alle interdipendenze tra scale consente dunque di evitare che i traguardi globali delle politiche di mitigazione vengano meramente «calati» a livello locale e che gli obiettivi locali delle politiche di adattamento risultino poco integrati orizzontalmente, tra settori, e verticalmente, tra scale.

EMISSIONI E CONTEGGI: LE DIVERSE PROPOSTE

Lo studio delle relazioni tra luoghi permette di scegliere correttamente il sistema di contabilità da adottare negli inventari delle emissioni individuando e superando una prima criticità. Questi conteggi possono infatti fare riferimento al territorio dove avvengono le emissioni, associando in modo semplicistico la responsabilità del rilascio di gas serra alla localizzazione spaziale della fonte emissiva (supponiamo una regione del nostro Paese), oppure considerare tutte le emissioni causate per produrre i beni e i servizi effettivamente consumati da un paese, dando origine a impostazioni molto differenti dei processi di mitigazione che tengano conto di un maggior grado di complessità della situazione. In questa seconda opzione vengono incluse le relazioni tra i territori di produzione e quelli del consumo attribuendo la responsabilità delle emissioni avvenute nei primi ai secondi. In questo modo è possibile disegnare un quadro degli impatti ambientali più esaustivo e adatto a monitorare la reale evoluzione delle emissioni e in grado di tenere conto della delocalizzazione delle attività produttive.

Un'altra criticità di rilievo che emerge dallo studio delle relazioni tra luoghi è rappresentata dall'idea, introdotta dai meccanismi di flessibilità del Protocollo di Kyoto, secondo cui emissioni e compensazioni siano perfettamente sostituibili, consentendo di continuare a bruciare i combustibili fossili finché sarà possibile controbilanciare le loro emissioni attraverso l'acquisizione di crediti derivanti da risparmi di carbonio ottenuti altrove. Inoltre, l'accettazione dell'equivalenza tra emissioni e assorbimenti e le politiche di mitigazione che ne derivano producono numerosi effetti negativi sia in termini ambientali, di depauperamento dei servizi ecosistemici, sia in termini sociali, di giustizia ambientale e climatica. Per esempio, si sono verificati casi in cui la CO₂ emessa dalla deforestazione è stata compensata dalla biomassa di piantagioni in crescita. Questo tipo di azioni pur consentendo, da un punto di vista meramente contabile, di controbilanciare le emissioni, in realtà può provocare gravi pressioni

sull'ambiente (perdita di biodiversità, formazione del terreno, resistenza all'erosione del suolo, ecc.) e sulle società locali (appropriazione di terreni, violazione dei diritti di proprietà, perdita dell'identità culturale, ecc.). Si tratta di nuove dinamiche di impoverimento che ricadono sui paesi in via di sviluppo note come “colonialismo del carbonio”, attraverso cui il Sud del mondo viene utilizzato alla stregua di un pozzo di carbonio (*carbon sink*) per compensare le emissioni del Nord del mondo.

VERSO L'INTEGRAZIONE TRA LE POLITICHE

Il Report 1.5 (IPCC, 2018) rappresenta un passaggio fondamentale per l'integrazione delle diverse politiche, con particolare riguardo ai *climate-resilient development pathways* quali traiettorie di sviluppo sostenibile capaci di combinare adattamento e mitigazione nel fronteggiare il cambiamento climatico e i suoi impatti puntando a limitare il riscaldamento globale a 1,5 °C.

Si tratta di processi iterativi per la gestione del cambiamento nei sistemi complessi che, discostandosi nettamente dal *business as usual*, contribuiscono a rendere i territori maggiormente resilienti ai cambiamenti climatici, ponendo in essere politiche di mitigazione e di adattamento che mirano al tempo stesso a sradicare la povertà e ridurre le disuguaglianze. Tali percorsi vengono inquadrati nell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite del 2015 (*Sustainable Development Goals* - SDGs): questo da un lato rende più semplice l'analisi dei legami tra riscaldamento globale a 1,5 °C piuttosto che a 2 °C e gli obiettivi di sviluppo e, dall'altro, il raggiungimento dei SDGs favorisce i percorsi verso la stabilizzazione delle temperature a 1,5 °C. Date le differenze in termini di vulnerabilità che caratterizzano i territori, anche i *climate-resilient development pathways* devono essere adeguati per rispondere alle diverse esigenze (IPCC 2012, 2014) che in termini culturali, sociali, economici, politici caratterizzano i contesti locali.

Alla complessità del territorio locale sono strettamente collegate le relazioni instaurate con altri luoghi e le interdipendenze tra le varie scale, da cui molte caratteristiche dei territori locali dipendono. Tenere in conto questo duplice livello di elementi consente di rappresentare, per esempio, la complessità delle interconnessioni tra i luoghi in cui si produce cibo e quelli in cui lo si consuma, tra i luoghi in cui si produce energia e quelli in cui la si utilizza. A tal proposito, l'IPCC ha individuato alcuni settori, tra loro interdipendenti, sui quali intervenire coinvolgendo le varie scale geografiche, dal locale al globale. Si ritiene fondamentale anzitutto indirizzare la finanza, mobilitando investitori istituzionali e fondi pubblici verso investimenti *ad hoc*, anche attraverso politiche governative che abbassino i rischi insiti in tali investimenti.

L'IPCC punta in secondo luogo sulla necessità di innovare gli strumenti di *policy*, rafforzando la *governance* multilivello con maggiore impegno da parte di tutti i paesi e degli *stakeholder* non istituzionali. Particolare rilievo viene inoltre attribuito all'innovazione tecnologica.

Una leva essenziale è rappresentata da cambiamenti di comportamento e stili di vita che riducano la domanda di energia e materiali. A tal proposito l'IPCC evidenzia anche le modalità con cui creare le condizioni per modificare i modelli di consumo, e dunque l'importanza degli aspetti culturali, innalzando la consapevolezza attraverso

7. istruzione, informazione e responsabilizzazione della popolazione che includa anche un coinvolgimento attivo nei vari percorsi.

Per seguire il percorso 7 vai a

Geografia e cambiamenti climatici
Evidenze dei cambiamenti climatici
Vulnerabilità
Impatti da cambiamenti climatici
Servizi ecosistemici
Accordo di Parigi
Mitigazione dei cambiamenti climatici
Adattamento ai cambiamenti climatici
Politiche di mitigazione
dei cambiamenti climatici
capacità di adattamento
ai cambiamenti climatici
Politiche di adattamento
ai cambiamenti climatici
Centratura produzioni/consumi
degli inventari delle emissioni
Impronta ecologica
Colonialismo del carbonio
Agenda 2030 e obiettivi
di sviluppo sostenibile

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**



Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche". Bologna, Il Mulino, 2019.
- IPCC, 2012 "Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation". A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, a cura di C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker et al., Cambridge-New York, Cambridge University Press.
- IPCC, 2014 "Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability". Glossary. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, a cura di C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken et al., Cambridge-New York, Cambridge University Press.
- IPCC 2018 "Global warming of 1.5 °C". An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. . Kythreotis, A.P., 2012 Progress in Global Climate Change Politics? Reasserting National State Territoriality in a 'Post-Political' World, in «Progress in Human Geography», 36, 4, pp. 457-474.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005 "Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis", Washington, D.C., World Resources Institute.
- O'Brien, K., Eriksen, S., Inderberg, T.H. e Sygna, L., 2015 "Climate Change and Development: Adaptation Through Transformation", in T.H. Inderberg, S. Eriksen, K. O'Brien e L. Sygna (a cura di), Climate Change Adaptation and Development: Changing Paradigms and Practices, Abingdon-New York, Routledge, pp. 273-289.
- UN 2015 "Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development, A/RES/70/1", United Nations General Assembly (UNGA).

La via europea per l'economia green



di Laura Corazza, Vera Palea

È ormai accertato che la causa principale della crisi climatica in atto, e in particolare dell'aumento delle temperature, è riconducibile all'incremento delle concentrazioni di gas a effetto serra nell'atmosfera causato dall'attività umana, in particolare dalla produzione di elettricità, dai trasporti, dall'industria – soprattutto quella dell'acciaio e del cemento –, dal riscaldamento o il raffreddamento degli edifici.

GLI IMPATTI SULL'ECONOMIA

In assenza di efficaci politiche di mitigazione, gli effetti non solo fisici, ma anche economici, della crisi climatica saranno drammatici. Tra questi, ad esempio, l'incremento della siccità in alcune aree geografiche, che ridurrà la produttività dell'agricoltura e le ondate di calore, che determineranno l'insorgere di significativi rischi sanitari, con conseguente riduzione della produttività del lavoro. Anche gli eventi meteorologici estremi aumenteranno significativamente. Si prevede, ad esempio, che il rischio di alluvioni si intensificherà in molte regioni, e l'Italia sarà tra i paesi più colpiti in Europa. Conseguentemente, i trasporti e le infrastrutture localizzate nelle pianure alluvionali e vicino al mare saranno sempre più soggette a danni e interruzioni a causa delle inondazioni.

La maggiore frequenza e intensità di eventi naturali estremi verosimilmente danneggerà il capitale fisso delle imprese nelle zone colpite da calamità e richiederà a queste ultime di rivedere il proprio modello di *business*.

In generale gli impatti dei cambiamenti climatici saranno di portata enorme e crescente rispetto a quanto già ora avviene, determinando condizioni di precarietà e imprevedibilità che, inevitabilmente, si rifletteranno sull'economia e sulla finanza sia nel nostro Paese sia a livello globale.

Se, come anche accennato nel percorso *I fondamenti sociali della crisi climatica*, l'attuale modello economico è uno dei principali responsabili della crisi, che, a chiudere il cerchio, danneggerà l'economia stessa, per poter affrontare efficacemente il problema è necessario riorientare quest'ultima verso un sistema produttivo a basse emissioni.

SOSTENIBILITÀ: VALORE FONDANTE DELL'UNIONE EUROPEA

Nell'ambito dell'Unione Europea, il *Green Deal* rappresenta un passo importante verso un modello di sviluppo sostenibile. L'obiettivo è trasformare l'Europa in un continente a basse emissioni entro il 2030 e climaticamente neutro entro il 2050. In questo modo, l'UE intende contribuire agli obiettivi fissati dall'Accordo di Parigi di contenimento dell'aumento della temperatura entro gli 1,5 °C rispetto all'era preindustriale.

È importante sottolineare che la sostenibilità ambientale è un valore fondativo della UE. Il Trattato di Lisbona, che, entrato in vigore nel 2009, rappresenta il quadro costituzionale dell'Unione, stabilisce che lo sviluppo sostenibile è un obiettivo fondamentale (articolo 3). Coerentemente, l'Unione ha svolto nel tempo un ruolo di *leadership* nella riduzione delle emissioni di gas serra. In questo contesto il *Green Deal* Europeo è centrale nella visione strategica della Commissione sul futuro dell'Unione: lo dimostra il fatto che l'obiettivo di neutralità climatica è in corso di recepimento in un atto normativo (ovvero in un regolamento) dell'Unione, che lo renderà vincolante per gli stati membri.

NON SOLO PUBBLICO: SERVE ANCHE UNA FINANZA SOSTENIBILE

Il *Green Deal* prevede una profonda trasformazione dell'economia, con investimenti significativi in tecnologie verdi, nell'economia circolare, nel miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, dei trasporti e della agricoltura. Si stima che per la trasformazione del sistema economico in senso *green* siano necessari nei prossimi anni 260 miliardi di euro di investimenti annuali aggiuntivi. Una cifra che, sebbene si tratti di appena l'1,86% del PIL europeo del 2019, a causa dell'elevato indebitamento del settore pubblico non può fare affidamento esclusivo su finanziamenti pubblici. Una buona parte dei finanziamenti dovrà quindi provenire dal mondo della finanza sostenibile, ovvero da operatori del sistema finanziario che hanno adottato strategie di investimento responsabile sotto il profilo sociale e ambientale. È evidente che la transizione verso un nuovo modello produttivo a basse emissioni richiede uno sforzo collettivo che coinvolge una pluralità di soggetti: non solo le istituzioni pubbliche, ma anche investitori privati, imprese e singoli individui.

DAL REPORT DI SOSTENIBILITÀ AI RISCHI DEL GREENWASHING

Attraverso il lavoro di un gruppo di esperti l'UE ha elaborato un sistema di classificazione delle attività economiche, la cosiddetta tassonomia, che definisce i criteri di conformità delle attività economiche agli obiettivi di sviluppo sostenibile. Ciò dovrebbe aiutare gli investitori a orientare i capitali verso investimenti sostenibili, le imprese a riorientare il proprio modello di business in senso circolare, e i singoli individui a prendere decisioni di consumo e di investimento sostenibili.

Queste decisioni di consumo e investimento si devono ovviamente basare sulla

disponibilità di informazioni facilmente reperibili da parte delle imprese. Di norma, lo strumento privilegiato dalle aziende per divulgare tali informazioni è il report di sostenibilità che nasce su base volontaria, ma che da alcuni anni, è diventato obbligatorio per le imprese sopra una certa soglia dimensionale.

Finalizzato ad aumentare la trasparenza informativa con riguardo ai temi sociali e ambientali, e ad aiutare gli investitori e consumatori a orientare le proprie decisioni e comportamenti in conformità con l'obiettivo di ridurre le emissioni, il report di sostenibilità è anche utilizzato in maniera impropria per offrire ai consumatori un'immagine più "verde" ed "etica" delle imprese.

Con *greenwashing* si intende proprio la costruzione di una percezione maggiormente etica e verde delle imprese, che si ottiene attraverso la pubblicazione di informazioni non corrette, alterate e talvolta completamente false. Per aumentare e migliorare la trasparenza informativa e la credibilità delle informazioni riguardanti i cambiamenti climatici, le imprese possono ispirarsi, per esempio, alle linee guida elaborate dalla *Task Force on Climate-related Financial Disclosure*.

Infine, proprio per sancire la rilevanza della crisi climatica sulle imprese, si sta studiando come dare evidenza di ciò all'interno delle voci e dei documenti finanziari tradizionali delle imprese, come il bilancio d'esercizio (vedi "Bilancio e rischi climatici").

Per seguire il percorso 8 vai a

Gas serra
Mitigazione
dei cambiamenti climatici
Impatti
dei cambiamenti climatici
Green Deal Europeo
Sviluppo sostenibile
Accordo di Parigi
Economia circolare
Finanza sostenibile
Tassonomia Europea
per le attività sostenibili
Report di sostenibilità
Greenwashing
Task Force on climate-related
Financial Disclosure
Bilancio e rischi climatici

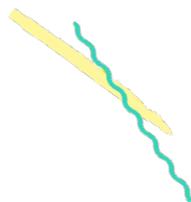
Bibliografia

- Bertrand Badré, "Ese la finanza salvasse il mondo?", Edizioni Solferino, 2019
- Emanuele Bompan, "Che cosa è l'economia circolare", Edizioni Ambiente, 2016.
- Kate Raworth, "L'economia della ciambella. Sette mosse per pensare come un economista del XXI Secolo", Edizioni Ambiente, 2017.

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**



I fondamenti sociali della crisi climatica



di Osman Arrobbio, Dario Padovan

La logica di analisi del cambiamento climatico è costituita da una circolarità che implica un insieme di concetti che retroagiscono costantemente e reciprocamente. Se il clima è un fenomeno strettamente fisico, il cambiamento climatico, o crisi climatica, come ribattezzata più di recente, è un fenomeno che combina aspetti sociali e fisici. Quindi se partiamo dall'evidenza delle cause umane dell'attuale crisi climatica, l'analisi del fenomeno deve avere un punto di partenza sociale ma anche un punto di arrivo sociale, rappresentato dai suoi impatti finali e dalle misure per farvi fronte. La crisi climatica, insieme alle altre sfide esibite dai processi collegati ai cosiddetti *planetary boundaries* (confini planetari) quali la "sesta estinzione di massa" e la perturbazione del ciclo dell'azoto, costituisce per l'umanità la principale sfida dei prossimi decenni.

Se è ormai un fatto che la crisi climatica investirà in modi in parte imprevedibili il "sistema Terra", con i suoi sistemi fisici, ecologici e naturali e conseguentemente i sistemi sociali, urbani, economici, territoriali e i modi di vita delle persone, occorre puntualizzare quali siano le cause sociali che vi stanno all'origine. Per individuarle, e comprendere come queste interagiscono con i cambiamenti spontanei del clima, occorrerà tener conto del carattere non-lineare delle dinamiche climatiche – come per esempio l'instabilità e variabilità dei microclimi locali influenzate dal riscaldamento del Pianeta – e dei complessi meccanismi di compensazione e amplificazione che ne influenzano l'evoluzione, come per esempio la riduzione dell'albedo delle calotte polari o l'ulteriore contributo all'effetto serra del vapore acqueo proveniente dal riscaldamento dei mari.

LE ATTIVITÀ UMANE E LE CONSEGUENZE SUI SISTEMI BIOFISICI E TECNICI

Le cause del cambiamento climatico hanno a che fare con le attività socio-economiche che le società del Pianeta pongono in essere per vivere e riprodursi: ci riferiamo per esempio ad attività di produzione, circolazione, distribuzione, consumo di energia, biomasse, materie prime, lavoro umano. Queste grandi macro aree di attività contribuiscono in modi qualitativi e quantitativi differenziati al cambiamento climatico, ma tutte hanno in comune il consumo di combustibili fossili che produce quei gas – essenzialmente diossido di carbonio e metano – responsabili della variazione

di irradianza che cambia il clima. Contemporaneamente, sempre per motivi legati alla produzione, circolazione e consumo di merci, si ha una riduzione dei cosiddetti “pozzi” del carbonio, come le foreste tropicali, detti anche “*sink* biosferici” (o *carbon sink*), ovvero assorbitori netti di gas climalteranti.

Merita qui ricordare che i processi di produzione e riproduzione sociale sono spinti da motivi prettamente economici che hanno fatto della crescita, dell'espansione della produzione di merci e della generazione di profitti il principale orizzonte del geo-capitalismo globale. L'atmosfera diventa in questa prospettiva un *sink*, ovvero un dissipatore globale, dove si accumulano i gas residui dei processi di combustione fossile. Ma l'atmosfera è anche uno dei *commons* globali che devono essere gestiti collettivamente.

Il cambiamento climatico agisce direttamente sui sistemi biofisici che garantiscono la vita del sistema Terra, mettendone a repentaglio la stabilità e la riproduzione. Questi sistemi sono spesso chiamati servizi ecosistemici e geosistemici. Inoltre la crisi climatica, nelle sue varie determinazioni locali, mette in pericolo anche l'efficienza di buona parte dei sistemi tecnici dai quali le società sono sempre più dipendenti: parliamo dei sistemi di gestione delle acque urbane, dei sistemi di trasporto e dei sistemi insediativi, ossia abitazioni e luoghi di lavoro e consumo.

IMPATTI, RISCHI E VULNERABILITÀ

Le conseguenze dei cambiamenti climatici sono chiamati “impatti” e possono essere divisi in due grandi categorie: impatti già in essere e impatti potenziali, o “rischi”. In entrambi i casi tali impatti sono normalmente riferiti alle società perché queste ultime dipendono per la loro riproduzione e benessere dai servizi forniti dalla natura e più in generale dal clima, che ne garantisce le forme di adattamento e di sviluppo. Si tratta di quel legame di co-evoluzione tra società e natura che, come puntualizzato nel percorso *Pensare è parlare*, raramente trova spazio in quei *frame* linguistici e narrativi che descrivono l'ambiente naturale come altro dall'essere umano e dalle sue società.

Gli impatti sociali della crisi climatica sono inoltre mediati dagli impatti sugli ambienti biofisici e tecnici che costituiscono la filigrana materiale che permette la vita sociale e il suo benessere, anche dal punto di vista della salute. I rischi sono in parte prevedibili, ma tali previsioni sono spesso segnate da incertezze e variabilità.

Una scienza degli impatti e dei rischi climatici si è sviluppata tenendo in considerazione non solo le potenziali conseguenze negative della crisi climatica ma anche le condizioni di vulnerabilità che riguardano i differenti sistemi e sotto-sistemi – biofisici, tecnici e sociali – che ne subiscono le conseguenze.

Le vulnerabilità, misurate e valutate sulla base di diversi indicatori che sono poi successivamente sintetizzati in indici, sono spesso interdipendenti: sistemi biofisici vulnerabili possono influenzare la vulnerabilità sociale così come un sistema sociale dinamico può ridurre le vulnerabilità dei sistemi biofisici. In questo ultimo caso per esempio una società un po' più coesa può difendersi dall'aumento delle temperature con misure ecologiche quali la forestazione urbana, l'ampliamento degli spazi verdi, la riduzione del traffico, ecc.

Le vulnerabilità sociali e le loro differenze sono generate da fattori non climatici e da disuguaglianze multidimensionali prodotte da processi di sviluppo ineguale. La presenza di rilevanti disuguaglianze etniche, di salute, età, genere, reddito in relazione a protezione sociale, *welfare*, povertà (anche energetica) e disoccupazione, incidono sulle vulnerabilità a fronte degli impatti da cambiamento climatico. Inoltre, facciamo riferimento a vulnerabilità sociali come la diffusione di insicurezze, paure, preoccupazioni, sfiducia sociale e istituzionale, disordine e anomia sociale, conflitti per le risorse, discriminazioni, degrado sociale. La percezione pubblica della crisi climatica è influenzata da diversi fattori – pregiudizi, ideologie, interessi –, ma può cambiare di fronte all'esperienza e alle sue conseguenze. In ogni caso tale percezione può generare atteggiamenti in grado di ostacolare o facilitare l'implementazione delle politiche climatiche.

QUALI STRATEGIE DA METTERE IN CAMPO?

L'adattamento climatico è finalizzato a ridurre le vulnerabilità prevenendo e limitando i danni, o sfruttando possibili opportunità a valle di impatti climatici sull'ambiente naturale e antropizzato, sul sistema socioeconomico e sulla salute umana. L'adattamento è ritenuto una delle principali strategie che le popolazioni hanno in dotazione per fronteggiare i cambiamenti del clima. Sono misure di adattamento le migrazioni, il miglioramento degli ambienti urbani tramite la riforestazione delle città, la predisposizione di piani di intervento a livello idrogeologico, il miglioramento dell'agricoltura in vista dei mutamenti del clima. Le azioni di mitigazione, indispensabili perché da solo l'adattamento non basta, affrontano i *drivers* del cambiamento climatico. Per diminuire le emissioni di gas serra occorre non solo ragionare sulle soluzioni tecniche relative ai differenti settori maggiormente impattanti – come l'industria, il trasporto e l'agricoltura – ma guardare anche ai meccanismi socio-economici che stanno dietro i processi di produzione di gas serra. In questa prospettiva diventa quindi importante considerare:

- i) le relazioni tra cicli socio-economici (espansione, recessione, depressione, globalizzazione) ed emissioni di gas serra;
- ii) il “*coupling*” o “*decoupling*” (*l'accoppiamento o il disaccoppiamento, ovvero il collegamento tra due o più elementi – N.d.C.*) tra il PIL (prodotto interno lordo) e le emissioni di gas serra;
- iii) l'intensità carbonica del benessere umano, che è il rapporto tra le emissioni pro capite di gas serra e gli indicatori di benessere umano;
- iv) la disparità nel consumo di energia, che influenza la distribuzione dei benefici derivanti dallo stesso consumo di energia. Per esempio, la domanda di beni ad alta intensità energetica (come per esempio i condizionatori d'aria, i SUV o la carne) tende a crescere sensibilmente all'aumentare del reddito portando a impronte energetiche più elevate per gli individui ad alto reddito, mentre la quota di energia consumata dalla metà più povera della popolazione è inferiore all'energia consumata dal 5% più ricco della popolazione;
- v) i trend storici delle emissioni per paese e per settore economici.

La mitigazione implica una profonda ristrutturazione del geo-capitalismo ancora saldamente fondato, per la produzione e la circolazione globale di merci, sulle fonti fossili. Una radicale decarbonizzazione presuppone un profondo cambiamento dei sistemi sociali e dei modi di produzione di merci e ricchezza.

Bibliografia

- Giddens A., "La politica del cambiamento climatico", Il Saggiatore, 2015.
- Rockström J., Mattias K., "Grande mondo, piccolo pianeta. La prosperità entro i confini planetari", Edizioni Ambiente, 2015.
- Sciuolo A. La tecnologia non basta, la transizione energetica sia anche cambiamento sociale, frida.unito.it, 2020

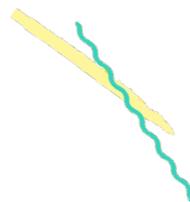
**Per seguire
il percorso 9 vai a**

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**

Confini planetari
 Sistema complesso
 Pozzi e fonti di carbonio
 Consumo
 Produzione
 Effetto rimbalzo
 climate commons
 Giustizia climatica
 Adattamento
 ai cambiamenti climatici
 Mitigazione
 dei cambiamenti climatici
 Strategia della sufficienza
 Framing ambientali
 Percezione
 dei cambiamenti climatici
 Transizione socio-ecologica



Le dimensioni umane della crisi climatica



di Marino Bonaiuto, Mauro Sarrica

L'essere umano è talmente centrale in tutte le riflessioni sui cambiamenti climatici da aver portato a definire Antropocene l'era geologica, compresa nell'Olocene, iniziata con la rivoluzione industriale. Tuttavia, concludere che la natura intrinseca della specie umana sia dannosa per il Pianeta e per la specie stessa è tanto rischioso quanto affrettato. È rischioso perché favorisce sia forme di auto-assoluzione dalle responsabilità («è la mia natura non posso farci nulla») sia credenze di *technosalvation*, cioè una fiducia salvifica nella tecnica che, superando i limiti della natura umana, troverà una soluzione a tutto. È affrettato perché nasconde una presunta omogeneità dei comportamenti di singoli e comunità, laddove invece alcuni contribuiscono alla distruzione dell'ambiente, altri lo difendono a costo della vita, alcuni sembrano disinteressati, altri sono preoccupati o arrabbiati. Non solo: molte persone, in condizioni diverse e in momenti diversi della vita, attraversano ciascuna di queste condizioni.

LA PSICOLOGIA DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Nelle sue declinazioni di psicologia ambientale ma anche di ecopsicologia, la psicologia del cambiamento climatico affronta esattamente questo problema. Perché, in quali contesti, a quali condizioni possiamo comportarci in modi pro-ambientali? E ancora, come percepiamo il cambiamento climatico? Che effetti ha su di noi esseri umani, e quali sono i significati che gruppi e comunità diverse hanno elaborato per comprendere questo fenomeno?

A partire dalla classica e ormai quasi centenaria equazione di Lewin per cui il comportamento (C) è funzione della (ovvero dipende dalla) persona P e dell'ambiente A,

$$C=f(P,A)$$

la psicologia studia i processi psicologici e sociali che intervengono nel determinare la relazione tra individuo e ambiente, al fine di fornire strumenti di misura (metodologie) e modelli interpretativi (teorie) per poter poi approntare strategie di intervento (preventive o correttivo-curative ma anche migliorative e di sviluppo) che non indulgano in semplificazioni e generalizzazioni indebite.

Se l'ambiente, costruito o naturale che sia, influenza i comportamenti umani (psicologia architettonica) è vero anche il viceversa: la persona agisce sull'ambiente, sostanziando le modalità di adattamento e di mitigazione alla crisi climatica (psicologia della sostenibilità). Proprio i processi individuali e psicologico-sociali che regolano queste relazioni sono oggetto di studio della psicologia ambientale.

Dall'altro canto, nelle sue accezioni più critiche, tipiche dell'ecopsicologia, questo ambito disciplinare pone l'enfasi su relazioni di potere, scambi comunicativi, dimensione societaria e culturale, ove gli studi psicologici di impostazione socio-costruzionista suggeriscono che solo operando sui significati che sottendono la relazione uomo-natura si potrà giungere alla profonda trasformazione auspicata da quanti condividono una visione forte di sostenibilità.

IL VISSUTO DELLA PSICHE TRA SOLASTALGIA E NEGAZIONISMO

Si accumulano da anni evidenze scientifiche relative all'impatto umano sul clima e si raccolgono sempre più dati sull'emergere di veri e propri disturbi della sfera psicologica connessi alla relazione persona-ambiente: disturbi d'ansia, solastalgia (quella forma di disagio emotivo ed esistenziale causato dalle trasformazioni che i luoghi subiscono per effetto dei cambiamenti ambientali) e altre forme di disturbi che, in generale, vengono indicati come "*nature deficit disorders*" cioè disagi connessi alla deprivazione da ambienti naturali.

A questi dati si sommano le esperienze personali di prati e ghiaioni al posto dei ghiacciai, che a loro volta rendono più acuti i disagi sopra citati.

Allo stesso tempo, e nonostante le evidenze scientifiche che continuamente ribadiscono e avvalorano sia l'origine antropica dei cambiamenti climatici sia la loro natura notevolmente complessa, c'è chi ancora indulge in meccanismi di negazione o è attratto da formule retoriche e semplicistiche di vero e proprio populismo climatico. In realtà, la difficoltà di riconoscere fino in fondo la gravità della situazione e di accettare le nostre responsabilità nel fronteggiarla chiama in causa alcuni processi psicologici:

- gli studi sulla percezione del rischio, sottolineano la discrepanza tra elementi oggettivi e vissuto individuale, e in particolare che la percezione del cambiamento climatico è fortemente influenzata dall'orientamento valoriale e politico;
- gli studi sulle emozioni, in particolare i meccanismi di *appraisal*, ovvero il modo in cui valutiamo gli eventi, indicano che i significati attribuiti alla crisi climatica determinano attivazioni e reazioni emotive di diversa natura. Tra tutte, le cosiddette emozioni di autoconsapevolezza morale, come l'eco-ansia e l'eco-colpa sembrano particolarmente rilevanti oggi per comprendere come l'uso di una comunicazione esplicita e diretta, insieme alla capacità di modulare le emozioni negative, sia in grado di scardinare il silenzio e i meccanismi di negazione;
- l'esame delle componenti individuali e dell'evoluzione sociale di una coscienza ambientale suggerisce che è necessario non solo fornire informazioni dettagliate, ma anche occuparsi dell'interazione tra aspetti cognitivi, valoriali ed emotivi e favorire momenti in cui questa combinazione, venendo alla superficie, orienti le nostre scelte, decisioni, azioni. In questo può sicuramente aiutare l'arte e in particolare il cinema o la letteratura, come ribadiremo tra poco.

La sfida è quindi attivare processi psicologici e forme di comunicazione in grado di bilanciare la percezione del rischio, far emergere strutture valoriali di tipo biosferico, la consapevolezza di preoccupazioni e senso di urgenza, da un lato, con la necessaria percezione di controllo e di auto-efficacia, ovvero la percezione che abbiamo di noi stessi di sapere di essere in grado di gestire i nostri disagi per quanto riguarda, nello specifico la crisi climatica e di essere parte attiva nel cambiamento necessario. Forme innovative di comunicazione, di uso del linguaggio e di costruzione della cultura, come quelle della *science* e *climate fiction* (*sci-fi* e *cli-fi*) – vedi il percorso *Parlare è pensare* – sembrano promettenti al riguardo e potrebbero ridurre la distanza psicologica che mettiamo tra noi e il cambiamento climatico.

COSA CAMBIARE NELLA RELAZIONE PERSONA-AMBIENTE?

Se la causa del cambiamento climatico è antropica, una volta acquisita piena consapevolezza dei rischi e presa coscienza delle responsabilità umane, l'obiettivo è modificare i comportamenti a vari livelli.

La psicologia distingue tra intenzioni e impatto che i comportamenti hanno sull'ambiente, e tra comportamenti privati e pubblici, individuali e di gruppo. Fra le diverse partizioni, una delle più rilevanti è sicuramente quella tra mitigazione e adattamento che riprende la biunivocità nel rapporto persona-ambiente. Le scelte rivolte alla mitigazione cercano di ridurre l'impatto dei comportamenti sostituendo quelli ad alto impatto ambientale con altri meno dannosi. Le strategie di adattamento prevedono invece di ridurre gli effetti della crisi climatica sulla sicurezza e la salute psico-fisica della persona, migliorando la risposta ai rischi ambientali da parte di singoli e comunità. Queste strategie non riguardano ovviamente solo le scelte di cittadine e cittadini ma anche le decisioni a medio-lungo termine da parte dei pianificatori.

Si pensi ad esempio all'efficacia delle cosiddette soluzioni basate sulla natura (*Nature Based Solutions, NBS*), cioè quelle scelte di pianificazione e progettazione innovative basate sull'uso di elementi e processi naturali per migliorare resilienza e vivibilità dei centri urbani. Tra queste soluzioni possiamo citare l'estensione del verde urbano per mantenere sotto controllo l'aumento di temperatura di strade e palazzi, nonché per migliorare benessere fisico e psicologico-sociale degli abitanti.

Per queste e altre tipologie di comportamenti la psicologia ha cercato di identificare determinanti sociali, come norme, valori, credenze, e determinanti individuali, come processi cognitivi ed emotivi, atteggiamenti, efficacia percepita, attaccamento al luogo. L'obiettivo ultimo è massimizzare le probabilità che le scelte individuali abbiano, appunto, esiti di mitigazione e di adattamento nel rapporto reciproco persona-ambiente.

Questo sforzo, tuttavia, espone alla tentazione di agire sui comportamenti anche al di là della consapevolezza degli attori, guardando agli effetti pro-ambientali più che alle intenzioni individuali. Modelli attualmente di successo come il *nudging*, la "spinta gentile" ad agire, suggeriscono ai decisori esperti di far leva su limiti cognitivi e meccanismi psicologici per aumentare la probabilità che le persone adottino i comportamenti desiderati, utili alla società e all'ecosistema. Per esempio, a livello cognitivo introdurre premialità per un comportamento pro-ambientale, trasformarlo in gioco, o renderlo normale suggerendo che la maggioranza delle persone intorno a noi sia già impegnata

in quell'azione virtuosa è sicuramente più efficace che la minaccia di sanzioni future e ipotetiche verso comportamenti che danneggiano l'ambiente. Più complesso, ma anche più efficace a lungo termine, è invece modificare le motivazioni profonde dei comportamenti, i valori e le norme sottostanti l'azione. In questa seconda prospettiva si sono dimostrate particolarmente efficaci attività di educazione ai cambiamenti climatici, rivolte tanto a bambini quanto a giovani e adulti su temi come consumi, mobilità sostenibile, energia, esperienza della natura, con effetti diretti e indiretti su tutte le diverse forme di comportamento.

In ultima analisi, per affrontare in chiave sistemica i cambiamenti climatici, occorre riconoscere che anche profondi meccanismi psicologico-sociali, al pari dei mutamenti tecnologici, economici, e ambientali, contribuiscono a determinare le percezioni e il modo in cui ci adattiamo a, e affrontiamo, l'emergenza climatica, attivando per il cambiamento.

Bibliografia

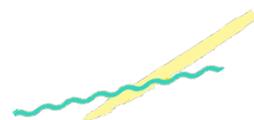
- Bonaiuto, M., Bilotta, E., Fornara, F. (2004). "Che cos'è la psicologia architettonica". Roma: Carocci.
- Clayton, S. (a cura di). "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology". New York: Oxford University Press.

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**



**Per seguire
il percorso 10 vai a**

Antropocene
Crisi climatica
Psicologia ambientale
e architettonica
Populismo climatico
Disturbi psicologici
da cambiamenti climatici
Coscienza ambientale
Emozioni e cambiamenti climatici
Distanza psicologica
e cambiamenti climatici
Negazione
dei cambiamenti climatici
Percezione
dei cambiamenti climatici
Cli-fi Fiction
Nature Based Solutions
Comportamenti pro-ambientali
Educazione
ai cambiamenti climatici



Parlare è pensare

di Maria Cristina Caimotto, Daniela Fargione,
Cristiano Furiassi, Tommaso Orusa, Alex Piovani

Se, nel suo complesso, lo scopo di *Lessico e Nuvole* è offrire ai lettori da un lato maggiore chiarezza circa i fenomeni legati al cambiamento climatico e dall'altro un'analisi critica delle sue rappresentazioni, lo scopo di questo percorso di lettura è guidarli, attraverso i 12 lemmi che più marcatamente si concentrano sugli aspetti linguistici, comunicativi e narrativi.

Partiamo proprio dalle parole che usiamo per definire il periodo geologico che stiamo vivendo: Olocene, Antropocene o Capitalocene? L'Olocene inizia 10mila anni fa, con la scomparsa dei grandi carnivori. Il termine Antropocene vuole sottolineare, all'interno dell'Olocene, l'impatto che l'azione umana ha avuto sul Pianeta a partire dalla rivoluzione industriale. Tuttavia, si tratta di un termine che continua ad alimentare dibattiti e che è stato pertanto affiancato da Capitalocene, a sottolineare il fatto che non è l'umanità tutta ad aver innescato e accelerato questo processo, bensì l'umanità "industriale", quella che più fortemente alimenta tutte le forme di violenza generate dal capitalismo.

PUÒ IL LINGUAGGIO CREARE LA REALTÀ?

In questo dibattito si inserisce l'emergere del settore dell'ecolinguistica, che tratta del rapporto tra lingua ed ecologia e studia come le rappresentazioni linguistiche influenzino l'ecosistema.

È un approccio che si iscrive all'interno dell'analisi critica del discorso, un tipo di analisi linguistica in cui il lavoro di ricerca è guidato da una precisa visione del mondo, un'ecosofia appunto, che viene esplicitata, dichiarata e difesa.

Chi si occupa di ecolinguistica vuole proporre narrative e *framing* più efficaci, che permettano all'umanità di migliorare la propria presenza sul Pianeta. I testi oggetto di analisi sono selezionati al fine di rivelare i discorsi più distruttivi oppure di identificare, attraverso la *positive discourse analysis*, le strategie linguistiche che possono essere utilizzate per migliorare lo stato delle cose. Esponendo la propria ecosofia, l'ecolinguista spiega la visione del mondo che la contraddistingue e guida i lettori nell'osservazione delle strategie linguistiche impiegate, evidenziando perché certe scelte discorsive possono avere un impatto reale e concreto sull'ecosistema.

Un approccio simile è quello che osserva il concetto di "*framing* ambientali". Il linguista cognitivo George Lakoff ci mostra l'impatto di quella che lui stesso definisce

“ipocognizione”, di cui tutti soffriamo nel momento in cui cerchiamo di comprendere o spiegare la complessità del cambiamento climatico. Il nostro sistema cognitivo è influenzato dai *frame* dominanti: abbiamo per esempio difficoltà a parlare di ambiente e a concepirlo come qualcosa di cui siamo parte integrante, poiché il linguaggio stesso ci spinge a concepire l'ambiente come qualcosa di esterno, che ci circonda ma è altro da noi. Per poter ricostruire un equilibrio con l'ecosistema di cui, come esseri umani, siamo parte, abbiamo bisogno di operazioni di *reframing*, che ci portino a parlare, e quindi a pensare, in modo diverso. Il linguaggio che parliamo ogni giorno implica *frame* e visioni del mondo che risultano dannosi per l'ecosistema e per la prosperità umana, un problema spiegato dalla nozione del crescitismo, che evidenzia come nelle lingue europee moderne appartenenti all'Indoeuropeo alcune caratteristiche proprie della grammatica tendano a rinforzare una visione del mondo antropocentrica, e quindi controproducente quando si tenta di costruire un discorso alternativo e in equilibrio con l'ecosistema. Per esempio non riteniamo corretto dire “cosa sta facendo la foresta?” e utilizziamo pronomi diversi per gli umani e per le altre forme di vita per sottolineare una presunta superiorità umana.

Un altro esempio di applicazione dell'ecolinguistica a tematiche ambientali è l'analisi del discorso della mobilità sostenibile, che mostra come le scelte relative agli usi e alla suddivisione degli spazi in ambito urbano e in particolare alle destinazioni del suolo pubblico, derivino da *frame* e assunti culturali che è necessario mettere in discussione se si mira alla creazione di un migliore equilibrio ecologico all'interno delle città. Per esempio, affinché le politiche a favore della ciclabilità siano ampiamente accettate e funzionino è importante focalizzare l'attenzione sui benefici non solo per i ciclisti ma per tutti i cittadini (maggiore sicurezza, miglioramento della salute, riduzione delle spese sanitarie e promozione del piccolo commercio). Una scelta linguistica vincente in questo senso è stata implementata nel documento della *Mayor's Transport Strategy* di Londra: in 163 pagine la parola “*cyclists*” è usata una sola volta, mentre “*Londoner(s)*” 155 volte, a sottintendere che i discorsi affrontati riguardano tutti.

Un approccio umanista, da affiancare al lavoro degli ingegneri impegnati nella progettazione degli spazi urbani, è quindi indispensabile per promuovere la mobilità attiva in modo efficace.

NUOVI GENERI LETTERARI

Le *environmental humanities*, o studi umanistici ambientali, si pongono l'obiettivo di fare ricorso a un ventaglio di discipline umanistiche al fine di offrire assistenza alle cosiddette “scienze dure”, certamente indispensabili per studiare il problema ma poco efficaci quando si tratta di comunicare la gravità della situazione al grande pubblico e generare una necessaria presa di coscienza. Attraverso un metodo discorsivo e critico, non antropocentrico, le *environmental humanities* raggruppano narrazioni e rappresentazioni artistiche al fine di mettere in discussione la narrazione fuorviante dell'eccezionalismo umano. Questo obiettivo è condiviso in campo artistico dalla Cli-Fi o *Climate-change Fiction*, un nuovo genere letterario e cinema-

tografico che traduce in immagini ed emozioni il linguaggio e le formule della scienza, riuscendo così a trasmettere messaggi e nozioni che altrimenti faticerebbero a essere comprese. A volte criticate per le inesattezze scientifiche e il loro carattere distopico, queste opere artistiche sono state seguite da altre più recenti, descritte con il termine Eco-fiction, caratterizzate da una maggiore aderenza alla realtà. Ne è un esempio *La collina delle farfalle* della biologa e scrittrice Barbara Kingsolver, in cui uno sciame di farfalle monarca, disorientate a causa del riscaldamento globale, invece di raggiungere il Messico si ferma a svernare in un paesino degli Appalachi, un habitat non idoneo alla loro sopravvivenza. L'ombra dell'estinzione, in questo caso spirituale, sovrasta anche la protagonista umana, una donna che non si sente a proprio agio nel ruolo e nel posto che la comunità di residenza le impone.

VERSO UN USO ATTIVO E CONSAPEVOLE DEL LINGUAGGIO

A questi tentativi di generare nuove narrazioni, di costruire nuovi discorsi e, più in generale, di dare forza a nuove visioni del mondo si oppongono alcuni fenomeni come il *greenwashing* e l'infodemia. Con *greenwashing* si intende il genere di pratiche discorsive che mirano a far apparire ecosostenibili aziende o prodotti che effettivamente non lo sono, sfruttando quindi la tendenza, sempre più dominante, ad attribuire importanza alle questioni ambientali ma ribaltandone e indebolendone il significato. Analogamente, il fenomeno dell'infodemia consiste nella diffusione di informazioni imprecise o false, sfruttando i meccanismi frenetici dei mezzi di informazione e la capacità dei *social network* di amplificare un messaggio accattivante.

Queste contraddizioni si riflettono nel concetto stesso di "sviluppo sostenibile", che alcuni studiosi hanno definito un ossimoro poiché non è possibile concepire un sistema sostenibile senza mettere in discussione il concetto stesso di sviluppo; in altre parole, non è possibile continuare ad alimentare la crescita imposta dal sistema capitalistico e allo stesso tempo sperare di poter mantenere il consumo delle risorse entro limiti che ne permettano la rigenerazione.

Arriviamo quindi all'ultimo lemma di questo percorso: il pensiero sistemico. Si tratta di un metodo trans-disciplinare, non esclusivo della linguistica, che pone grande attenzione al modo in cui pensiamo ai problemi da affrontare e offre metodi per pensare partendo da presupposti diversi, concentrandosi appunto sul sistema e non sui singoli aspetti che ne fanno parte. È affascinante osservare i punti di contatto tra il pensiero sistemico e l'ecolinguistica, riconoscendo il ruolo predominante e imprescindibile che il linguaggio svolge nel formare e influenzare il nostro modo di vedere il mondo. Soltanto se saremo in grado di affinare le nostre capacità critiche e rielaborare la realtà attraverso altri schemi, quindi prestando attenzione al linguaggio che utilizziamo e a come questo plasmi i nostri pensieri, riusciremo a concepire soluzioni nuove, che ci offrano prosperità ed equilibrio all'interno dell'ecosistema.

Bibliografia

- Fargione D. e Concilio C. (a cura di), "Antroposcenari". Bologna: Il Mulino, 2018.
- Kingsolver B., "La collina delle farfalle". Vicenza: Neri Pozza Editore, 2013.
- Moore, J. W., "Antropocene o capitalocene? Scenari di ecologia-mondo nella crisi planetaria", trad. it. e cura di A. Barbero e E. Leonardi, Verona: Ombre Corte, 2017.

**Per seguire
il percorso 11 vai a**

**Vuoi approfondire?
Continua su frida.unito.it**

Antropocene e Olocene
Ecolinguistica
Ecosofia
Framing ambientali
Crescitismo
Mobilità sostenibile
Environmental Humanities
Cli-fi Fiction
Greenwashing
Infodemia
Sviluppo sostenibile
Pensiero sistemico





Ragnatele e farfalle: la complessità del sistema climatico

di Gianni Latini, Elisa Palazzi

Capita di sentire dire che quello climatico è un sistema complesso. Ma cosa vuol dire? Nel linguaggio comune, all'aggettivo "complesso" associamo comunemente significati diversi e piuttosto vaghi, legati a concetti di difficoltà (un compito complesso), molteplicità, lunghezza e incertezza (un procedimento complesso) e a volte utilizziamo aggettivi simili come "articolato", "composito", "macchinoso", "problematico", ecc. Senza contare che, come sostantivo, "complesso" ha parecchi altri significati, anche molto diversi tra loro (si pensi per esempio a complesso orchestrale, scolastico o editoriale).

In matematica e in fisica questo termine assume invece un significato "tecnico" molto preciso. Definiamo "complesso" un sistema con particolari caratteristiche, legate alla sua struttura intrinseca e all'evoluzione nel tempo, che si riflettono anche sui sistemi di equazioni che lo descrivono.

In particolare, tra queste caratteristiche (si veda la definizione all'interno del Lessico per scoprirle tutte), la "non-linearità" è quella che, principalmente, prendiamo in considerazione in questo percorso di lettura.

Ragionando sulla non-linearità vedremo come questa sia collegata non solo alla complessità ma anche alle criticità, oggi sempre più evidenti, del clima (e non solo) e alle modalità con le quali studiarlo.

COME UNA RETE VIBRANTE

In un "sistema semplice" le relazioni tra le varie componenti sono "lineari": potremmo dire che a un'azione corrisponde una reazione (causa-effetto). Se con una racchetta colpisco violentemente una palla da tennis e rompo una finestra, a una causa (il colpo) segue un effetto (la rottura del vetro). Lo stato finale della finestra è radicalmente cambiato mentre quello della racchetta e della palla no. Non ci sono altri effetti, il fenomeno si "esaurisce" in quel momento.

In generale si può dire che in un sistema semplice i fenomeni che originano dall'interazione tra le componenti del sistema si possono descrivere come una causa (la variazione dello stato di una componente) che genera un effetto (la variazione dello stato di un'altra componente).

In un "sistema complesso", invece, vi sono molti fenomeni nei quali la relazione tra le

componenti non è semplicemente lineare, in quanto lo stato perturbato di una delle componenti, variato a seguito di una “prima causa”, ha un effetto “di ritorno” sullo stato della componente che ha originato la causa stessa: questo effetto viene indicato col termine “retroazione” o *feedback*. Questo determina una relazione di tipo “circolare” anziché lineare tra le due componenti e, nel lungo termine, l’evoluzione può vedere un’amplificazione (nel caso di retroazioni positive) o uno smorzamento (retroazioni negative) degli effetti sul sistema.

Facciamo un esempio tipico del sistema climatico. Un significativo riscaldamento dell’atmosfera nell’Artico fa diminuire l’albedo, ovvero la capacità di riflettere la radiazione solare poiché fonde una parte della banchisa (bianca) e lascia spazio al mare, che è più scuro e quindi assorbe più radiazione. Tale effetto produrrà un ulteriore riscaldamento dell’atmosfera (che era la causa iniziale), perché sarà minore la quantità di radiazione solare riflessa verso lo spazio e maggiore la quantità di energia assorbita dal mare e dalla parte bassa dell’atmosfera vicina alla superficie. Di conseguenza, la diminuzione dell’albedo subirà un’accelerazione. In altre parole, il “primo effetto” (la diminuzione dell’albedo) retroagisce sulla prima causa (l’aumento della temperatura), amplificandola.

Gli studi di questo fenomeno fanno prevedere che l’Artico sarà libero dai ghiacci in estate entro la fine di questo secolo se le concentrazioni di gas serra dovessero continuare ad aumentare e non accennassero a stabilizzarsi entro il 2100 (nello scenario ad alte emissioni). Il *feedback* ghiaccio-albedo, insieme ad altri meccanismi di retroazione positiva, contribuisce a un’amplificazione del riscaldamento regionale alle latitudini settentrionali, che è attualmente due volte più veloce della media globale, ma anche alle alte quote nelle regioni montane.

Nell’interpretare le relazioni di questo tipo non sarà più funzionale ragionare in termini di causa ed effetto (che, potremmo quasi dire, si confondono) quanto più di interdipendenza, abbastanza ben rappresentata dalla circolarità.

Il fatto è che nel sistema climatico ci sono molte componenti e molti fenomeni interconnessi e parlare solo di interdipendenze circolari tra coppie di tali elementi è, anche questo, riduttivo.

Esistono per esempio fenomeni come le teleconnessioni in base alle quali i parametri fisico-meteorologici (ad esempio pressione o temperatura) in un punto del globo sono legati (correlati o anticorrelati nel tempo) ai parametri in un altro punto del globo, cioè variano contestualmente in maniera tale da evidenziare una stretta correlazione statistica tra quei parametri.

Le teleconnessioni, così come le retroazioni, sono una delle espressioni della variabilità interna del clima: quel tipo di variabilità, cioè, che esiste per la natura complessa del sistema climatico e per le dinamiche interne dell’atmosfera, dell’oceano e del loro accoppiamento, indipendentemente dall’azioni di forzanti o perturbazioni esterne.

Volendo rappresentare con un’altra immagine la struttura delle interdipendenze del sistema climatico potremmo utilizzare quella di una ragnatela (magari di tipo tridimensionale, come una rete neurale), laddove, da ogni “nodo” dipartono n interdi-

pendenze con altri n nodi.

Quando si “pizzica” un nodo, creando una perturbazione del suo stato, questa si riverbera sugli altri che, in alcuni casi, possono retroagire con dei *feedback* auto-rinforzanti, amplificando la perturbazione iniziale sul nodo di partenza e quindi su tutta la “ragnatela” (nel sistema climatico, in alcuni casi fino ad arrivare a dei punti critici). Questa rappresentazione richiama da vicino il significato del latino *complexus*, che significa “ciò che è tessuto insieme”, così come ricorda Réda Benkirane nell’introduzione del suo libro *La teoria della complessità*.

DALLA COMPLESSITÀ ALLA CRITICITÀ

Nel sistema climatico sono stati scoperti molti di questi legami circolari tra componenti (per lo più di tipo rinforzante, come quello dell’esempio) che sono potenzialmente devastanti per gli equilibri globali, in quanto destabilizzanti.

L’innescò di *feedback* auto-rinforzanti può portare il sistema climatico a oscillazioni tali che, da uno stato “stazionario” (dove le variazioni di alcuni parametri, come albedo e temperatura, si aggirano intorno a un valor medio), il sistema passi, più o meno violentemente, a uno stato stazionario completamente diverso: per esempio, la foresta pluviale amazzonica può transire verso la savana. Si parla allora di *tipping points*, “elementi di ribaltamento”: ossia fenomeni di soglia capaci di spingere alcuni sistemi oltre un punto critico in modo irreversibile. Una volta “ribaltati”, questi sistemi possono continuare nel nuovo stato senza ulteriori forzature esterne.

Alla voce “Punti critici” di questo Lessico sono introdotti i nove più importanti fenomeni recentemente identificati come possibili *tipping points*: dal deperimento della foresta pluviale amazzonica alla perdita della calotta glaciale in Groenlandia, dalla già citata fusione del ghiaccio marino artico al rafforzamento della teleconnessione di *El Niño*, e altri ancora.

NON SOLO CLIMA

Il sistema climatico non è il solo sistema complesso che conosciamo. Molti altri sistemi naturali, biologici, sociali ed economici sono pervasi da fenomeni simili e, ormai da almeno un trentennio, la complessità è diventata oggetto di studio in molti ambiti e un nuovo modo di interpretare la realtà e di fare ricerca.

In questo Lessico si trovano descritti fenomeni complessi non solo in ambito climatologico o meteorologico ma, per esempio, in ambito economico.

L’economia circolare, per esempio, propone una visione alternativa ai processi della produzione e del consumo, per come li abbiamo conosciuti e praticati fino al secolo scorso, quando il processo era del tutto lineare: estrazione delle risorse, produzione, distribuzione, consumo, produzione degli scarti e smaltimento. Grazie al riciclo degli scarti come nuove risorse di partenza (che possiamo interpretare come un *feedback*), alla riduzione dei consumi e al riuso, l’economia circolare è un valido strumento per limitare l’impatto antropico su un Pianeta che ha dei confini e anche per

mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici.

Un esempio ancora più eclatante di complessità e di *feedback* auto-rinforzante è rappresentato dal paradosso di Jevons. Come ben spiegato nel lemma “Effetto rimbalzo”, una tecnologia che renda più efficiente un processo (industriale per esempio), retroagisce sulla sua causa iniziale (ovvero la richiesta di efficienza: minori consumi e tempi, minore personale addetto, più sicurezza e comodità, ecc.) poiché questa nuova tecnologia verrà poi utilizzata più frequentemente e massivamente dal processo stesso e, quindi, non solo per migliorare l'efficienza ma, alla fine, per produrre di più. Così, nel lungo termine il consumo di risorse ed energia cresce anziché diminuire, rendendo paradossale la “strategia dell'efficienza” e andando nuovamente in contrasto con la finitezza delle risorse e i limiti della Terra di autorigenerarsi.

Siamo ormai lontani dagli anni del determinismo che portava Laplace (tra i padri del calcolo infinitesimale del XVIII secolo) ad affermare: «Un'intelligenza che per un dato istante conoscesse tutte le forze da cui la natura è animata e la situazione rispettiva degli esseri che la compongono, se fosse così vasta da sottoporre questi dati all'analisi, abbraccerebbe in un'unica e medesima formula i movimenti dei più grandi corpi dell'universo e quelli del più lieve atomo: nulla sarebbe incerto per essa, e l'avvenire, come il passato, sarebbe presente ai suoi occhi».

Oggi, invece, sappiamo che i sistemi complessi sono intrinsecamente caotici, come dimostrano le teorie del “caos deterministico” per le quali l'estrema sensibilità alle condizioni iniziali talvolta porta a una totale imprevedibilità dello stato futuro del sistema e alle sue proprietà emergenti.

DI CLIMA, METEO E PREVISIONI

Chi fa le previsioni del tempo è molto familiare con il concetto di caos deterministico e imprevedibilità. Perché non è possibile fare previsioni del tempo “perfette”? Il motivo è che bastano piccole variazioni nei moti dell'atmosfera in un dato momento per portare a grandi conseguenze sul meteo futuro. Il matematico e meteorologo Edward Norton Lorenz, uno dei padri della moderna teoria del caos, arrivò a chiedersi se il battito d'ali di una farfalla in Brasile (le “piccole variazioni”) avrebbe potuto scatenare un tornado nel Texas. Da allora si parla di “effetto farfalla” per indicare l'enorme sensibilità delle previsioni meteorologiche rispetto a variazioni infinitesime nelle condizioni iniziali. Poiché è impossibile conoscere lo stato dell'atmosfera con una tale esattezza da avere condizioni iniziali perfette, solo con pochi giorni di anticipo si può parlare di previsioni del tempo affidabili (e comunque non certe al 100%, altrimenti le chiameremmo certezze e non previsioni!).

Com'è dunque possibile prevedere il clima tra 30 anni o a fine secolo se non sappiamo prevedere che tempo farà tra 10 giorni?

La risposta sta nella differenza tra clima e tempo meteorologico o tra climatologia e meteorologia, per cui si rimanda ai lemmi corrispondenti. Qui basterà ricordare che le previsioni o, meglio, le proiezioni climatiche non hanno l'obiettivo di prevedere il tempo meteorologico di un giorno preciso di un dato anno futuro (il 16 ottobre

2075) ma, piuttosto, di prevedere se un'estate tipica per esempio di metà di questo secolo sarà più o meno calda, più o meno secca, o umida, di un'estate tipica dei giorni nostri. In altre parole si cerca di prevedere come cambia la probabilità che in un certo luogo, in una certa stagione ci sia più o meno pioggia, più o meno sole, più o meno caldo, più o meno freddo. Una tale proiezione mira a prevedere come varieranno le proprietà statistiche del sistema climatico al variare di un qualche parametro esterno, che abbiamo definito forzante.

Per ottenere proiezioni climatiche è necessario utilizzare modelli matematici che descrivano, al meglio delle nostre conoscenze attuali, il funzionamento del sistema climatico, includendo rappresentazioni non solo dell'atmosfera (come sarebbe sufficiente in un modello previsionale meteorologico), ma anche delle altre componenti che determinano il clima (oceano, suolo e sottosuolo, biosfera e ghiacci) e delle loro interazioni non lineari.

In particolare, le proiezioni future richiedono lo sviluppo di scenari che descrivano la possibile evoluzione delle forzanti antropiche, prime fra tutte le emissioni di gas serra e i cambiamenti nell'uso del suolo, sulla base delle possibili scelte economiche, energetiche e tecnologiche della società e della crescita demografica (cioè dei *driver* delle emissioni). Esistono scenari che ipotizzano una drastica riduzione futura delle emissioni (scenari di forte mitigazione), scenari intermedi di stabilizzazione delle emissioni e scenari estremi in cui le emissioni continueranno ad aumentare senza arrivare a una stabilizzazione alla fine di questo secolo, di tipo "*business-as-usual*" (lo scenario ad alte emissioni già citato in precedenza). Sulla base dei vari scenari, i modelli climatici producono proiezioni future per il clima della Terra, a livello sia globale sia regionale. Come fare però a verificare la loro validità in anticipo?

Per essere validati, i modelli sono messi alla prova nel passato, per verificarne la capacità di riprodurre i cambiamenti climatici già osservati e le relative dinamiche del clima oltre che per effettuare studi di attribuzione, utili a identificare le cause (o le forzanti principali), che hanno dato luogo a cambiamenti climatici passati e recenti.

VERSO UN APPROCCIO SISTEMICO ALLA COMPLESSITÀ

Dopo questa panoramica sulle caratteristiche di un sistema complesso come quello climatico possiamo chiederci: per affrontare le problematiche del clima, possiamo proporre e utilizzare soluzioni semplici? Molto probabilmente la risposta è "no". È infatti improbabile che, per esempio, assorbendo in poco tempo tutto il diossido di carbonio in eccesso rispetto all'era pre-industriale il sistema torni "come prima". Le questioni globali non possono essere affrontate pensando che esista una soluzione unica; serve un approccio sistemico e integrato che veda l'adozione di misure di mitigazione (per limitare, fino ad azzerare le nostre emissioni di gas e aerosol climalteranti) e di adattamento, per contrastare gli effetti negativi dei cambiamenti già in corso o che inevitabilmente si presenteranno nel prossimo futuro. Nel progettare e successivamente mettere in atto un insieme eterogeneo di soluzioni, anche la nostra conoscenza, la consapevolezza e i nostri comportamenti avranno un peso determinante. Per esempio, a livello individuale, diventare consapevoli

della natura di questi processi aumentando le nostre competenze, utilizzando un linguaggio adeguato per condividerle e mettendo in atto comportamenti pro-ambientali, potrà essere un elemento di cambiamento per la società intera e, in seguito, riverberarsi a livello globale.

Bibliografia

- Bernkirane, Reda, "La teoria della complessità". Bollati Boringhieri, 2007.
- Gleick, J., "Chaos", Rizzoli, Milano, 1989.
- Held Isaac, "Simplicity amid Complexity", Science 14, Vol. 343, Issue 6176, pp. 1206-1207
- Lenton, Timothy M., et al. "Tipping elements in the Earth's climate system." Proceedings of the national Academy of Sciences 105.6 (2008): 1786-1793
- Lorenz Edward N., "Deterministic non period Flow", Journal of the Atmospheric Sciences, Vol 20, 1963.
- Stewart Ian, "Dio gioca a dadi? La nuova matematica del caos". Bollati Boringhieri, 1990.

Vuoi approfondire?

[Continua su frida.unito.it](http://frida.unito.it)

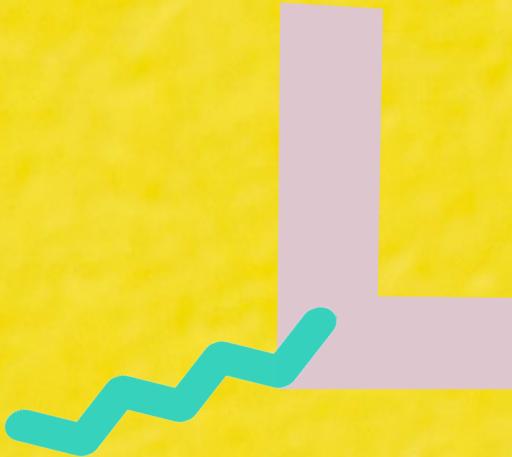


Per seguire il percorso 12 vai a

Sistema complesso
 Sistema climatico
 Retroazione
 Punti critici (Tipping Points)
 Teleconnessioni
 Confini planetari
 Effetto rimbalzo
 Impronta ecologica
 Meteorologia
 Climatologia
 Scenario climatico
 Modello climatico
 Proiezione climatica
 Pensiero sistemico
 Framing ambientali
 Comportamenti pro-ambientali

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



”

Abbiamo tutto ciò
che serve per iniziare,
con l'unica possibile
eccezione della volontà
di agire, che è una risorsa
rinnovabile.

”

Al Gore

Politico e attivista.
Discorso per il Premio Nobel
per la Pace del 2007

Lentificazione/ Lentification

ambito disciplinare
ambientale

autrice
Francesca Bona

Il termine "**lentificazione**" (nell'originale *lentification*) è stato per la prima volta utilizzato dal professor Sergi Sabater dell'Università di Girona (Sabater, 2008) per indicare la trasformazione del carattere "lotico" degli habitat dei corsi d'acqua in carattere "lentico" come conseguenza delle opere di regimazione da parte dell'uomo.

In ecologia gli ambienti acquatici d'acqua dolce sono tradizionalmente suddivisi in ecosistemi lentic (acque ferme come laghi, stagni e pozze) ed ecosistemi lotici (acque correnti, cioè fiumi e torrenti), caratterizzati da una corrente monodirezionale da monte verso valle. Negli ambienti lotici il flusso di acqua corrente è un fattore di primaria importanza nel plasmare gli habitat e le loro comunità biologiche garantendo così un'elevata diversificazione ambientale e biologica. Il flusso idrico verso valle ha profondi effetti sulle caratteristiche morfologiche, fisico-chimiche e biologiche degli ambienti fluviali, che proprio per questo sono ambienti estremamente dinamici, in continuo cambiamento. Si avverte questa dinamicità nel fluire delle stagioni, che i fiumi assecondano con un ciclo idrologico ben definito, scandito da portate d'acqua intermedie (*régime* di morbida) interrotte da piene o al contrario da fasi di magra in cui il flusso è talvolta appena percettibile.

Nell'ultimo secolo la crescita esponenziale della popolazione umana e il conseguente aumento dei consumi idrici hanno prodotto una crescente alterazione dei regimi idrici naturali e la proliferazione di dighe e invasi artificiali ("bacinizzazione") che hanno a loro volta favorito la progressiva lentificazione dei corsi d'acqua.

Nel corso degli ultimi anni, inoltre, la tendenza alla lentificazione è aumentata come effetto dei **cambiamenti climatici**, per la riduzione delle precipitazioni, l'aumento delle temperature e dell'evapotraspirazione. Gli effetti macroscopici della lentificazione su un tratto fluviale sono l'aumento del tempo di residenza dell'acqua (che tende a stagnare anziché scorrere regolarmente verso valle), la progressiva scomparsa dei microhabitat a elevato idrodinamismo e la colonizzazione del letto fluviale da parte di piante erbacee. Tali cambiamenti idromorfologici hanno notevoli ripercussioni sia sul funzionamento dell'ecosistema acquatico sia sulle comunità biologiche. La lentificazione altera diversi processi ecosistemici: aumenta la temperatura delle acque e l'evapotraspirazione, favorendo la concentrazione di nutrienti e inquinanti mentre diminuisce l'ossigeno disciolto nell'acqua. Possono instaurarsi condizioni di eutrofizzazione, tipici di ambienti a scarso ricambio idrico; si altera l'equilibrio tra i fenomeni di erosione, trasporto e sedimentazione

di particellato solido; aumenta la frammentazione degli habitat acquatici residui che diventano sempre più isolati. Il processo della lenticizzazione incide insomma su molti aspetti del funzionamento dei fiumi. Di conseguenza le comunità biologiche subiscono profonde alterazioni: la lenticizzazione favorisce gli organismi che meglio si adattano alla scarsità del flusso idrico, come alcuni insetti dotati di migliori capacità di dispersione o in grado di produrre forme di resistenza. Diversi studi hanno dimostrato che le condizioni di stabilità idrologiche indotte dagli invasi favoriscono la proliferazione di specie esotiche invasive come i molluschi asiatici *Dreissena polymorpha* e *Corbicula fluminea*, che hanno colonizzato una gran parte del bacino del Po e rappresentano una seria minaccia alla **biodiversità** del nostro reticolo idrografico (Fenoglio et al., 2019).

I primi studi sulle conseguenze della lenticizzazione indotta dai cambiamenti climatici hanno riguardato aree a clima mediterraneo, dove le portate tendono a essere più fluttuanti (Tornés and Rù, 2013). Ma questo processo si sta diffondendo anche nei fiumi alpini, per l'effetto congiunto dei cambiamenti climatici e della bacinizzazione a scopo idropotabile ed energetico.

Studi recenti condotti dall'Università di Torino e del Piemonte Orientale hanno messo in evidenza la perdita di biodiversità funzionale nelle comunità di alghe diatomee e di insetti acquatici in fiumi alpini che solo recentemente hanno subito eventi siccitosi prolungati (Doretto et al., 2019; Falasco et al. 2020), con ripercussioni sulla biodiversità e sul funzionamento stesso dei tratti fluviali interessati.

Bibliografia

- Doretto A., Bona F., Falasco E., Morandini D., Piano E., Fenoglio S., 2019. "Stay with the flow: How macroinvertebrate communities recover during the rewetting phase in Alpine streams affected by an exceptional drought". River Research and Applications
- Falasco E., Doretto A., Fenoglio S., Piano E., Bona F., 2020. "Supraseasonal drought in an Alpine river: effects on benthic primary production and diatom community". Journal of Limnology
- Fenoglio S., Bo T., Bona F., Ridolfi L., Vesipa R., Viaroli P. (2019) "Ecologia Fluviale". UTET 517 pp
- Sabater S (2008) "Alterations of the global water cycle and their effects on river structure, function and services". Freshw Rev 1:75-88
- Tornés, E., & Rù, A. (2013). "Flow intermittency decreases nestedness and specialisation of diatom communities in Mediterranean rivers". Freshwater Biology, 58(12), 2555-2566.

Life Cycle Analysis/ Analisi del ciclo di vita

ambito disciplinare
ambientale

autrici
Rosalia Stella Evola
Enrica Vesce

La **Life-Cycle Analysis (LCA)** è uno strumento analitico, nato in seno alla teoria del *Life-Cycle Thinking* (LCT) alla fine degli anni '70, che gode oggi di un elevato grado di diffusione tanto da essere accompagnato da una metodologia standardizzata dalle norme ISO 14040:2006 (Principi e quadri di riferimento) e ISO 14044:2018 (Requisiti e linee guida).

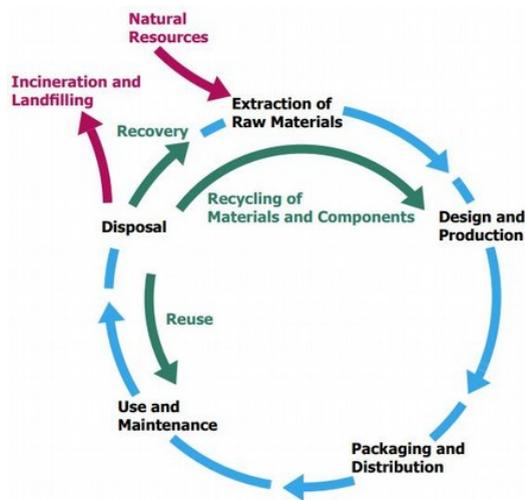
Lo standard definisce la LCA "un processo di compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in

uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto” (UNI EN ISO 14040, 2006). Questo presenta un quadro composto da quattro fasi in tutto: definizione dello scopo dell’analisi, *Life-Cycle Inventory* (LCI), *Life-Cycle Impact Assessment* (LCIA) e fase finale dell’interpretazione dei risultati raggiunti.

In particolare, uno studio si definisce “*cradle to grave*” (letteralmente “dalla culla alla tomba”, ovvero dall’inizio alla fine) quando prende in considerazione tutte le fasi del ciclo di vita del prodotto, dalla produzione delle materie prime allo smaltimento del prodotto finito, viene invece denominato “*gate to gate*” quando vengono escluse a priori dallo studio alcune delle fasi del ciclo. Successivamente, sulla base di un inventario disaggregato dei flussi in entrata e in uscita che caratterizzano il sistema analizzato (fase LCI), viene quindi implementata la valutazione degli impatti ambientali (fase LCIA) delle sostanze identificate secondo una serie di categorie suddivise per problematiche ambientali, denominate categorie di impatto. In pratica, tutte le sostanze individuate nell’analisi di inventario, sia consumate che emesse, vengono assegnate a una categoria in base al loro contributo alla problematica ambientale che la categoria in questione tratta.

Le problematiche considerate sono ad esempio **riscaldamento globale**, **acidificazione**, eutrofizzazione, esaurimento delle risorse abiotiche, assottigliamento dello strato d’ozono e creazione di smog fotochimico. Una volta eseguita la prima operazione di associazione, le sostanze vengono poi convertite attraverso un fattore di caratterizzazione in una sostanza di riferimento per poter così essere aggregate tra loro e trattate con una comune unità di misura all’interno di un’unica categoria. Il procedi-

mento è funzionale all’ottenimento di un unico indicatore quantitativo che sappia così esprimere, in maniera sintetica, l’impatto derivante: tutti i **gas a effetto serra**, ad esempio, vengono convertiti in CO_{2e} (CO_2 equivalente), indicatore di impatto selezionato per la categoria riscaldamento globale. Altri step successivi facoltativi riguardano il passaggio alle meno numerose categorie di danno. Ad esempio, il metodo *Impact2002+* (Jolliet et al., 2003) individua quattro categorie di danno in tutto: salute umana, risorse, qualità dell’ecosistema e **cambiamento climatico**.



Fonte: UNEP/SETAC. *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*, Paris, 2007.

Il ciclo di vita di un prodotto ha origine dall’estrazione delle materie prime ed energia a partire dall’ambiente naturale. Seguono le tipiche fasi di progettazione, produzione, distribuzione ed utilizzo fino allo smaltimento finale del prodotto in questione. Per ognuna di queste fasi, l’analisi di ciclo di vita permette di valutare l’impatto ambientale derivante. In verde sono indicate possibili azioni indirizzate alla chiusura del ciclo e quindi all’efficienza nell’utilizzo di materia ed energia nel sistema considerato.

Uno dei risultati che è possibile raggiungere attraverso l’implementazione dell’**analisi del ciclo di vita** (LCA) dei prodotti è l’identificazione degli *hot spots*, cioè di quelle fasi dei processi presso le quali intervenire per riuscire ad ottenere dei miglioramenti ambientali significativi in termini di dimi-

nuzione di impatto. Inoltre, lo strumento è utilizzato anche per effettuare comparazioni della performance ambientale tra prodotti: riferendoci ad esempio al metodo *Impact2002+*, scegliere di valorizzare un prodotto per cui si calcola un minor punteggio per la categoria cambiamento climatico significa scegliere di produrre il prodotto a cui si associano minori emissioni di gas ad effetto serra.

Bibliografia

- Giudice, A. L., Ingraio, C., Clasadonte, M. T., Tricase, C., & Mbohwa, C. (2017). Life cycle assessment for high-lighting environmental hotspots in the Sicilian traditional ceramic sector: the case of ornamental ceramic plates. *Journal of Cleaner Production*, 142, 225-239.
- H. Scott Matthews, Chris T. Hendrickson, and Deanna Matthews, *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions that Matter*, 2014. Open access textbook, retrieved from <https://www.lcatextbook.com/> .
- Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., & Rosenbaum, R. (2003). IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *The international journal of life cycle assessment*, 8(6), 324.
- UNEP/SETAC. *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*. Paris, 2007.

Litosfera/ Lithosphere

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini

La **litosfera** è la parte più esterna della Terra: riunisce tutte le terre emerse, il fondo degli oceani e i primi strati dell'interno del Pianeta. Il suo spessore non è uniforme (più sottile, mediamente, nelle zone oceaniche) e termina alla profondità alla quale incontra l'astenosfera, al di sotto della quale ci sono il mantello e il nucleo terrestre. La litosfera è interessata da un complesso sistema con scambi di energia e di materia con le altre **componenti del sistema climatico**, in particolare attraverso il **ciclo biogeochimico** (vedi anche la voce "**Ciclo del carbonio**").

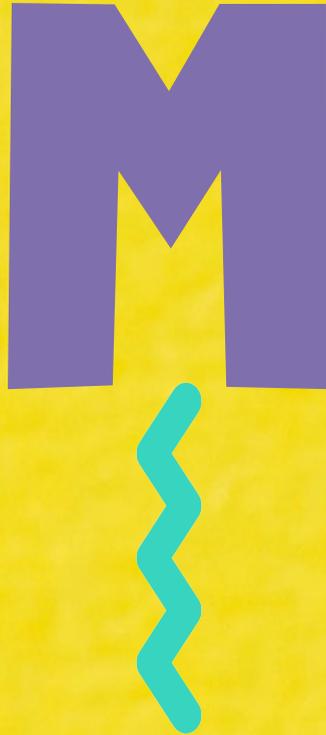
Bibliografia

- Carter, Neville L., and Michael C. Tsenn. "Flow properties of continental lithosphere". *Tectonophysics* 136.1-2 (1987): 27-63.
- Coleman, Robert Griffin. "Ophiolites: ancient oceanic lithosphere?". Vol. 12. Springer Science & Business Media, 2012
- Maocang, Tang. "The impact of lithosphere forcing on climate change". *Scientia Meteorologica Sinica* 15.4 (1995): 2-6.
- Storey, Bryan C., Alan PM Vaughan, and Teal R. Riley. "The links between large igneous provinces, continental break-up and environmental change: evidence reviewed from Antarctica". *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 104.1 (2013): 17-30.

Alcuni fenomeni e processi che vi si sviluppano, come il vulcanismo (con emissione di importanti quantità di polveri e **aerosol**), l'orogenesi (processo di formazione delle catene montuose) e l'epirogenesi (movimenti delle zolle continentali), possono determinare cambiamenti del **clima**, agendo su **tempi scala** anche molto diversi. Essi, infatti, possono modificare l'**albedo**, i movimenti delle masse d'aria e delle **correnti oceaniche** e lo scambio di calore tra le zone polari ed equatoriali, andando a incidere sul **bilancio energetico terrestre**.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



La realtà è che nella meteorologia appena si esce dall'ovvio si entra nell'assurdamente complesso.



Giovanni Badino

Speleologo.

Filosofia delle nuvole di Luca Mercalli

Malattie e cambiamenti climatici/ Diseases and Climate Change

ambito disciplinare
sanità pubblica
medico
veterinario

autori
Riccardo Orusa
Enrico Bollo

Oggi i **cambiamenti climatici** rappresentano, in modo inequivocabile, una tema al centro di numerose discussioni ed evidenze scientifiche in molte discipline, anche diverse dalla **climatologia** e dalle scienze ambientali. Mai come in questi ultimissimi anni le discussioni e le ricerche sui cambiamenti climatici si connettono e intersecano, molto strettamente, con alcune malattie sia di natura fisica sia psicologica, così come con malattie degli animali o veicolate da vettori (insetti o animali).

Le malattie con caratteristiche zoonosiche e le emergenze da loro poste in essere possono essere emergenti, riemergenti o in talune situazioni anche nuove (come la SARS-CoV-2) poiché poco conosciute o studiate o perché in altri casi si sono già manifestate, anche solo parzialmente, in passato. Nel corso degli ultimi decenni, a causa del consumo irrazionale e spregiudicato delle risorse naturali, della compressione degli spazi ambientali, sempre più limitati, e della pressione sugli ecosistemi, gli **impatti del cambiamento climatico** hanno innescato variazioni ancora in buona parte sconosciute e in fase di ricerca nei patosistemi, in particolare nella relazione ospite - patogeno a seguito delle nuove condizioni ambientali in continuo mutamento. Alcune di queste malattie, a seguito delle nuove condizioni createsi, possono riguardare la sfera psico-fisica delle persone più vulnerabili e non, altre ancora quella fisica indipendentemente dal benessere psicologico.

Le nuove condizioni climatiche e la pressione sugli ecosistemi sembrano aver innescato negli ultimi decenni, come testimoniato da numerosi studi in campo medico e medico-veterinario, un aumento e insorgenza di nuove malattie sia di natura biotica sia abiotica, a livello sia umano sia animale. Recenti ricerche in campo veterinario hanno messo in luce come negli ultimi decenni il salto di specie tra diversi animali e tra animali e uomo, ossia lo **spillover** - come ad esempio nel caso di virus pericolosi (MERS, SARS-CoV, Hendra, Ebola, ecc.) - sia aumentato, così come la capacità di diffondersi in areali in passato sconosciuti (in parte anche a seguito di una scarsa profilassi e di un consumo globalizzato). Nel caso di alcune patologie, in particolare le **zoonosi** e/o quelle veicolate da vettori, in cui i cambiamenti climatici sembrano rivestire un ruolo importante nella loro insorgenza, al pari dell'eccessiva pressione antropica sugli ecosistemi, non è ancora ben chiaro (e perciò in continua fase di studio), se le nuove condizioni favoriscano il patogeno o sfavoriscano l'ospite o entrambe le situazioni, o ancora altri meccanismi.

Alcune zoonosi, per lo più causate da vettori (in particolare da dette ecto-parassiti, tra cui ad esempio zanzare e zecche) sono certamente dipendenti e strettamente correlate a un aumento delle temperature e dell'umidità e agli **eventi meteorologici estremi** con annesse alluvioni, non necessariamente acute o gravi. L'emergenza delle zoonosi è un fenomeno di natura universale e il suo impatto sugli ecosistemi, sulla natura, sulle popolazioni umana e animale può essere molto consistente e importante, ed è in grado di rappresentare un grave rischio sia di natura sanitaria, sempre preponderante, sia economica con gravi ricadute in ambito globale (ad oggi infatti l'Europa sta attraversando una delle più grosse epidemie animali della sua storia con la diffusione della peste suina africana). Il miglior strumento di difesa intra ed inter-specie contro queste potenziali epidemie e pandemie appare la profilassi, che richiede non solo un approccio clinico, ma una visione di sistema, un **pensiero sistemico** e integrato tra medici, veterinari, forestali, fisici, ecc.

Che cosa fare?

Di certo iniziare con il contenere la massiccia erosione della **biodiversità** (una crisi talora più taciuta di quella climatica, considerando che è proprio da un biodiversità ricca che parte la resistenza e **resilienza** nei confronti dei patogeni per elaborare cure e vaccini, oltre che di importanza per il sistema globale), favorire una cultura della prevenzione e della profilassi fornendo idonei strumenti conoscitivi di gestione del territorio, della sostenibilità e delle buone pratiche in sanità animale e alimentare (dalla formazione del cacciatore a quella dell'allevatore) sono gli strumenti più utili per evitare di innescare rischi sanitari esacerbati dalle variazioni spesso inattese del sistema climatico con effetti imprevisi sul sistema sanitario. È sbagliato puntare sulla capacità d'urto del sistema sanitario: occorre consapevolezza. In questo frangente la velocità e la raziona-

lità delle azioni intraprese sono condizioni essenziali e fondamentali per offrire risposte plausibili e pragmatiche. Come emerso per esempio da uno studio del GIEC (Gruppo Intergovernativo sulla Evoluzione del Clima) occorre e sarà necessario conoscere e intersecare sempre di più ogni dato ed evidenza scientifica su questa materia, e immaginare e configurare di conseguenza i differenti scenari che ne potranno derivare per il nostro futuro che tutti/e e dovunque nel mondo potremmo dover affrontare.

Ad oggi ancora una parte consistente della letteratura scientifica esistente tratta le malattie umane solo a livello clinico, spesso non fornendo un quadro connesso alla dimensione ambientale e climatica. Maggiori risultano, invece, le esperienze in ambito di sanità pubblica e di medicina veterinaria che, per fortuna, negli ultimi anni sono sempre più incentrate, focalizzate e collegate al comparto ambientale e in cui emerge la forte connessione tra i cambiamenti climatici, le malattie in ambito animale e la loro gestione epidemiologica.

Questa gestione e il relativo controllo, che si traduce anche in conoscenza epidemiologica, non solo predittiva, sono basati per lo più, come per la climatologia, su modelli matematici. Ciò comporta un migliore e più adeguato livello di approccio metodologico con una visione olistica e integrata di tutti i fattori e i dati che vengono inseriti e che comportano degli effetti sulla biodiversità, sui vari sistemi biologici e sui loro meccanismi di trasmissione, nonché sulla distribuzione dei patogeni e sugli impatti eco-patologici che portano poi a migliori conoscenze e azioni di **mitigazione** nei confronti degli stessi agenti a tutela degli esseri umani e animali. A tal proposito, negli ultimi anni un importante ruolo è stato assunto dagli **EO (Earth Observation) Data**, utilizzati per cercare di meglio comprendere le relazioni del sistema.

Una buona conoscenza dell'impatto eco-pa-

tologico di un agente infettante, che sia un batterio, un virus, un parassita, un micoplasma, o di un **disturbo psicologico**, consente una migliore valutazione della analisi del **rischio** reale da affrontare, che consegue, spesso, a un migliore e più appropriato uso delle risorse, con un generale beneficio di risposte adeguate. E infine garantisce un migliore quanto corretto uso delle risorse pubbliche verso ambiente e società, fornendo risposte scientifiche corrette a fronte di un **clima** che cambia.

Per un maggiore approfondimento di tutti i fenomeni e le tematiche citate in questo testo, si consiglia la lettura delle voci: **“Malattie da vettore e clima”, “Malattie infettive e cambiamenti climatici”, “Disturbi psicologici da cambiamenti climatici”, “Zoonosi”, “Spillover”, “One Health”.**

Bibliografia

- AA.VV. (2008): “Climate Change: impact of the epidemiology and control of animal diseases”. Rev. Sci. Tech. OIE, 27 (2), pp.305-306, 319, 343, 362
- Aguirre A.A. et al. (2002): “Conservation Medicine: ecological health in practice”. Oxford Univ. Press, N.Y.
- Baylis M., Githeko A.K. (2006): “The effects of climatic change on infectious diseases of animals in infectious diseases preparing for the future”. Office of Science and Innovation. UK, 35 pp.
- Benegal S.D. (2008): “The spillover of race and racial attitudes into public opinion about climate change”. Environmental Politics, 27.4, 733-756.
- Daszak P., Cunningham A.A., Hyatt A.D. (2000): “Emerging infectious diseases of wildlife: threats to biodiversity and human health”. Science, 287, 443-449.
- Doherty T.J., Clayton S. (2011): “The psychological impacts of global climate change”. American Psychologist, 66.4, 265.
- Gerardo M. et al. (2018): “Climate change could increase the geographic extent of Hendra virus spillover risk”. EcoHealth, 15.3, 509-525.
- Hunter P.R. (2003): “Climate change and waterborne and vector borne disease”. J. Appl. Microbiol., 94, 375-465.
- Mattar S., Edwards E., Gonzales M., Alvarez J., Komor N. (2005): “West Nile virus antibodies in Colombian horses”. Emerg. Infect. Dis., 11, 1497-1498.
- Reycharde R.E. (2002): “Area wide biological control of diseases vectors and agents affecting wildlife in infectious diseases of wildlife: detection, diagnosis and management”. R.G. Bengis Ed., Rev. Sci. Tech. OIE, 21 (1), 179-185.
- Wigley T.M.L. (2005): “The climate change commitment”. Science, 307, 1766-1741.

/Malattie da vettore/ Vector-borne Diseases

ambito disciplinare
sanità pubblica
veterinaria

autrice
Annalisa Viani

Un vettore è un organismo vivente in grado di trasmettere un agente patogeno da un animale infetto all'uomo o a un altro animale. I vettori sono spesso artropodi, come le zecche, ma anche insetti come le mosche, le pulci e i pidocchi, e possono trasmettere una malattia infettiva attivamente o passivamente: esiste infatti una distinzione tra vettori biologici e meccanici. I primi, come le zanzare e le zecche, sono anch'essi contagiati dagli agenti patogeni, che si moltiplicano all'interno del loro organismo e vengono successivamente trasmessi al nuovo ospite, in genere in seguito a morso o puntura. I secondi, invece, come le mosche, possono

trasportare l'agente infettivo sulla superficie del loro corpo e trasmetterlo attraverso il contatto fisico.

Le malattie così veicolate sono denominate **“malattie trasmesse da vettori” (VBD: vector-borne diseases)**. Molte di queste sono **zoonosi**, ossia infezioni o malattie che possono essere trasmesse direttamente o indirettamente tra animali ed esseri umani. Tra queste si annoverano, ad esempio, la malattia di Lyme, l'encefalite trasmessa da zecche, il virus del Nilo occidentale, la Leishmaniosi e la febbre emorragica Congo-Crimea. Alcune sono considerate malattie infettive “emergenti” nell'Unione europea, ossia malattie che si manifestano per la prima volta all'interno di una popolazione. In altri casi si tratta di malattie che possono essere esistite in precedenza, ma che a seguito di cambiamenti ambientali, strutturali del virus e/o della popolazione presentano un aumento dell'incidenza o della diffusione geografica.

Le malattie trasmesse da vettori rappresentano oltre il 17% di tutte le malattie infettive, causando ogni anno oltre 1 milione di decessi. La malaria provoca oltre 600.000 morti ogni anno a livello globale, la maggior parte dei quali bambini di età inferiore ai 5 anni. Altre malattie come la malattia di Chagas, la leishmaniosi e la schistosomiasi colpiscono centinaia di milioni di persone in tutto il mondo. Molte di queste malattie sono prevenibili attraverso una corretta informazione e l'adozione di misure igienico-sanitarie specifiche. L'accesso all'acqua e ai servizi igienico-sanitari è un fattore molto importante nel controllo e nell'eliminazione delle malattie trasmesse da vettore. L'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) collabora da anni con i dipartimenti governativi dei paesi più poveri del Pianeta per migliorare lo stoccaggio idrico e i servizi igienico-sanitari, oltre che promuovere campagne di

educazione e sensibilizzazione affinché le persone sappiano proteggere se stesse e l'intera comunità da zanzare, zecche, insetti, mosche e altri vettori.

Gran parte dei vettori sono in grado di coprire distanze enormi, con conseguenti ripercussioni sul raggio d'azione delle zoonosi a essi correlate. Possono comparire in nuove aree geografiche, per esempio, attraverso i viaggi compiuti dall'uomo, gli scambi commerciali internazionali, il trasporto di animali vivi, le variazioni delle pratiche agricole ed il vento. Altri fattori, come le condizioni climatiche, possono influenzarne la diffusione e la persistenza in nuove aree.

Il **clima** ha un impatto diretto sulla dinamica delle malattie trasmesse da vettori, essendo lo sviluppo e la sopravvivenza dei vettori significativamente influenzati dalle condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente in cui essi vivono. Gli artropodi, per esempio, sono molto sensibili a queste variabili: infatti, oltre a regolare la propria temperatura interna in funzione della temperatura esterna, possiedono uno stadio di sviluppo larvale che richiede la presenza di corpi idrici e/o condizioni di umidità specifiche.

Lo sviluppo e la replicazione degli agenti patogeni trasmessi, all'interno dei vettori (conosciuto come “periodo di incubazione estrinseco” o EIP) o nell'ambiente, si verificano più velocemente alle alte temperature. L'intervallo di temperatura ottimale per la trasmissione della malattia varia a seconda della combinazione vettore-patogeno; tuttavia, le capacità vettoriali dei VBD tropicali più dannosi raggiungono costantemente picchi a temperature relativamente elevate.

I **cambiamenti climatici** hanno un impatto diretto sulla durata della stagione di trasmissione dei vettori e sull'estensione geografica dei loro areali di azione.

Ne è un esempio il fatto che negli ultimi anni le zecche siano riuscite a spingersi fino ad altitudini prima non idonee alla loro sopravvivenza, spostando così potenzialmente nuove malattie a fasce altimetriche più elevate, determinando una maggiore esposizione di animali e uomo. Secondo i **modelli climatici** tutti i nuovi scenari comporteranno condizioni maggiormente idonee alla diffusione di patogeni veicolati da vettori.

Bibliografia

- Andrew K. Githeko, Steve W. Lindsay, Ulisses E. Confalonieri, & Jonathan A. Patz, (2000) "Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis". Bulletin of the World Health Organization: the International Journal of Public Health 2000 ; 78.
- Cyril Caminade, K. Marie McIntyre, and Anne E. Jones, (2019) "Impact of recent and future climate change on vector-borne disease". Annals of the New York Academy of Sciences.

Malattie infettive e cambiamenti climatici/ Infectious Diseases and Climate Change

ambito disciplinare
medico
ambientale

autori

Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariello

La relazione tra le **malattie infettive** e il **clima** (e i **cambiamenti climatici**) è modulata da molti fattori e con molteplici possibili effetti. Per esempio, un clima che cambia può alterare il percorso di trasmissione atteso di questo tipo di malattie.

Uno degli effetti derivanti dall'impatto dei cambiamenti climatici sulla salute umana include l'influenza sull'aumento dell'incidenza, del tasso di nuove casistiche di una malattia oppure delle "emergenze" (nel senso di nuove manifestazioni - N.d.C.), come per esempio l'insorgere di malattie infettive in aree dove non si erano mai viste prima. La recente diffusione del virus della Zika in zone della Florida (Nord America) ne è un chiaro esempio.

Inoltre, sono state dimostrate relazioni tra l'aumento dei fenomeni piovosi e di eventi legati a **El Niño** con la diffusione di malattie trasmissibili via vettori, come ad esempio la malaria, e via acqua come ad esempio il colera (Dhiman, 2017).

Un altro esempio è come il cambiamento nelle condizioni ventose sono associate a malattie di febbre Q. Quest'ultima è una zoonosi acuta causata dal batterio *Coxiella burnetti* che colpisce animali e uomini, e può essere trasmessa anche attraverso l'inalazione delle spore. Molti studi confermano la correlazione esistente tra la diffusione di tale malattia e le condizioni meteorologiche di vento (ad es. Tissot-Dupont, 2004).

Bibliografia

- Demissie, S., Mengistie, B. 2017. "The impact of El Niño on diarrheal disease incidence: a systematic review". Science, 5(6):446-451.
- Dhiman, R.C., Sarkar, S. 2017. "El Niño southern oscillation as an early warning tool for malaria outbreaks in India". Malar J., 16:122.
- Pezzoli, A., Dávila, J., D'Elia, E. 2016. "Climate and Human Health: Relations, Projections, and Future Implementations". Climate, 4(2):1-18.
- Smith, E., 2019. "The Effect of Potential Climate Change on Infectious Disease Presentation". The Journal for Nurse Practitioners, 15 (6): 405-409.
- Tissot-Dupont, H., Amadei, M.A., Nezri, M., Raoult, D. 2004. "Wind in November, Q fever in December". Emerging Infectious Diseases journal, 10(7):1264.

/Metabolismo del carbonio/ Carbon Metabolism

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

La prospettiva del “**carbon metabolism**” offre un’ampia base teorica per la comprensione dell’influenza umana sul **ciclo** globale **del carbonio** e dell’influenza dei **cambiamenti climatici** (potenzialmente derivante da rotture nel ciclo stesso) sulle società.

Tale approccio teorico deriva dalla ricerca sociologica, in particolare dalla sociologia dell’ambiente, e da approfondimenti della tradizione materialista storica, in particolare il concetto di Marx di “frattura metabolica” sviluppato da John Bellamy Foster.

La teoria della frattura metabolica (*metabolic rift*) è particolarmente interessante per studiare la dialettica natura-società ed estendere la sua applicazione alla comprensione del cambiamento climatico globale, esaminando le connessioni tra influenze antropogeniche (generate dall’umanità) sul ciclo del carbonio e l’accumulo di carbonio nella **biosfera**, l’incapacità della tecnologia di risolvere i cambiamenti climatici dato il “**paradosso di Jevons**” e la distruzione degli assorbitori di carbonio (*carbon sink*), a causa della spinta incessante all’appropriazione di natura da parte del capitale .

Come notano Rosa e Dietz, «La possibilità di sostenere la vita sulla Terra - e, pertanto, tutte le società - dipende dalla capacità di moderazione, esercitata dai gas che avvolgono il Pianeta, riscaldandone la sua superficie e proteggendolo dai danni delle radiazioni».

L’esistenza umana si perpetua creando una propria storia sociale grazie allo scambio materiale con il mondo naturale e la modificazione di questo processo può potenzialmente minare l’esistenza delle società. Le condizioni di scambio materiale tra natura e società fanno sì che esse si influenzino e modellino reciprocamente. Questa è una costante della vita. Tuttavia, le modalità specifiche di questo scambio sono determinate da una varietà di sistemi sociali organizzati storicamente.

Per diverse centinaia di anni, il capitalismo è stato il sistema economico egemonico globale che ha profondamente influenzato le interazioni umane con la natura. Mentre la capacità degli umani di trasformare la natura in modo dannoso per le società è nota da tempo, è solo di recente che le interazioni sociali con la natura, così come i limiti ecologici, sono diventati importanti campi di studio e ricerca per gli scienziati sociali.

La frattura biosferica che influenza ed è influenzata dai cambiamenti climatici pone molte sfide, non solo alle scienze biofisiche ma anche a quelle sociali. In questa prospettiva, gli scienziati sociali stanno dando importanti contributi alla letteratura sui cambiamenti

climatici esaminando una varietà di variabili e condizioni sociali che contribuiscono al **riscaldamento globale**: tendenze demografiche, accordi politici tra stati, **politiche di mitigazione e adattamento**, operazioni dei sistemi economici, sviluppo tecnologico, strategie energetiche, disuguaglianze globali nelle emissioni e negli impatti, **deforestazione**, strutture sociali, appropriazione di beni comuni globali, debito ecologico.

Bibliografia

- Brett C., York R., "Carbon metabolism: Global capitalism, climate change, and the biospheric rift", *Theory and Society* (2005) 34: 391-428.
- Rosa E. A., Dietz T., "Climate Change and Society: Speculation, Construction and Scientific Investigation," *International Sociology* 13/4 (1998): 421-455.

/Meteorologia/ Meteorology

ambito disciplinare
fisico

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Tommaso Orusa

In un'accezione generale, la **meteorologia** è la scienza che studia l'**atmosfera** terrestre e i fenomeni di varia natura (dinamici, termodinamici, ottici, elettrici, ecc.) che in essa si verificano. Con significato più ristretto, settore dell'aerofisica che si occupa dei fenomeni dinamici e termodinamici dell'atmosfera (movimenti di masse d'aria, precipitazioni, venti, ecc.), limitatamente alle regioni più vicine al suolo; in particolare la meteorologia descrittiva, che si occupa dell'osservazione, descrizione e classificazione dei fenomeni meteorologici (nubi, venti, precipitazioni), avvalendosi anche di mezzi tecnici quali il radar, i radiogoniometri, ecc.

Si distinguono poi altre branche della meteorologia che hanno scopi, metodi e strumenti specifici.

Bibliografia

- Giuliacci, Mario, Andrea Giuliacci, and Paolo Corazzon, eds. "Manuale di meteorologia". Alpha Test, 2010.
- Giuffrida, Alfio, and Girolamo Sansosti. "Manuale di meteorologia. Una guida alla comprensione dei fenomeni atmosferici e climatici". Gremese Editore, 2006.
- Kappenberger, Giovanni, and Jochen Kerkmann. "Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina". Zanichelli, 1997.

- La *meteorologia fisica e dinamica*, che studia le trasformazioni dell'atmosfera nelle loro cause, nel loro prodursi e nelle loro conseguenze, costituendo la principale base scientifica per la previsione del tempo;
- la *meteorologia statistica*, che elabora statisticamente tutte le osservazioni fornite dalle altre branche della meteorologia, tendendo a dare una completa descrizione del comportamento di una località in una data situazione;
- la *meteorologia sinottica*, che, attraverso l'osservazione simultanea di numerose stazioni e, più recentemente, l'analisi dei dati forniti dai satelliti artificiali stazionari ed eliosincroni (es. METEOSAT e MODIS), segue l'evoluzione dei fenomeni su scala sia regionale sia continentale;
- infine la *meteorologia prognostica*, che, sui dati della meteorologia sinottica, elabora le previsioni del tempo.

/Microclima e Isola urbana di calore/ Micro-climate and Urban Heat Island

ambito disciplinare
ambientale

autori

Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariolo

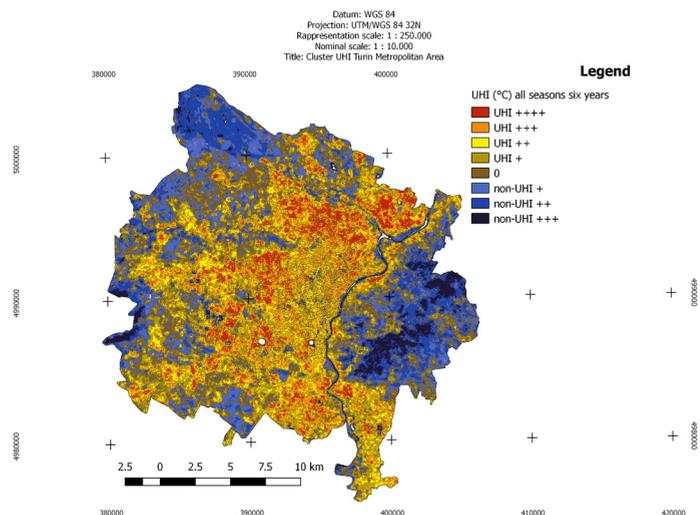
Bibliografia

- Orusa, T., Borgogno Mondino, E., "Landsat 8 thermal data to support urban management and planning in the climate change era: a case study in Torino area, NW Italy," Proc. SPIE 11157, Remote Sensing Technologies and Applications in Urban Environments IV, 111570O (2 October 2019).
- Ren, C. E. Y. Ng; Katzschner, L. 2011. "Urban climatic map studies: A review". Int. J. Climatology, 31, 2213-2233.
- Stewart, I.D.; Oke, T.R. 2012. "Local climate zones for urban temperature studies". Bulletin of the American Meteorological Society, 93 (12) (2012), pp. 1879-1900. 10.1175/BAMS-D-11-00019.1.

Cartografia delle isole di calore sulla città metropolitana di Torino a partire da una serie multitemporale di dati satellitari (Immagini multispettrali sottoposte a calibrazione e validazione a partire dagli EO data Landsat 8 TIRS dal 2013 al 2018) considerando le diverse estati meteorologiche. Le aree in colore caldo indicano la presenza di isole di calore a forte intensità con differenze di temperature rispetto alle zone a colori freddi anche di diversi gradi centigradi (Credits: doi: 10.1117/12.2533110).

Il **microclima urbano** fa riferimento alle variazioni di **clima** nell'ambiente tipico delle città e delle aree urbane. Questo fenomeno avviene a causa di vari fattori, ad esempio per l'aumento delle attività umane, per lo stoccaggio del calore da parte del costruito, per assenza di ventilazione, per la presenza di coperture vegetative, ecc. Le geometrie urbane degli spazi aperti possono essere i principali parametri responsabili per la variazione dei microclimi nelle città.

Un fenomeno caratterizzante di questo contesto è quello della formazione delle **isole di calore** (*Urban Heat Island* - UHI). Tale fenomeno si riferisce allo sviluppo di un incremento della temperatura dell'aria nelle zone centrali della città (maggiormente costruite), rispetto alle aree circostanti o rurali. Le geometrie urbane e i materiali di costruzione possono influire sull'aumento o sulla diminuzione delle temperature, sulla velocità e l'intensità del vento, sull'irraggiamento, l'**albedo**, ecc. Le conseguenze delle isole di calore si possono definire positive o negative a seconda della macro-area climatica in cui è situata la città. In città con clima rigido e stagioni molto fredde, si può o parlare di benefici e *comfort* termico negli spazi aperti; per città con clima caldo e umido, si verifica l'aumento dello stress termico associato al *discomfort* termico, aggravato particolarmente quando il microclima urbano mantiene temperature elevate anche durante le ore notturne.



/Migrazione climatica/ Climate Migrations

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

Uno degli **impatti** più drammatici dei **cambiamenti climatici** è l'aumento delle **migrazioni** (*displacements*) delle persone. Le previsioni indicano che nei prossimi decenni un numero crescente di persone saranno in movimento a causa dei sempre più frequenti e intensi **disastri** legati al cambiamento climatico, come precipitazioni e temperature estreme, che influenzano in ultima istanza la disponibilità di mezzi di sussistenza (IPCC, 2014). Sebbene non vi sia a disposizione fino ad ora una definizione univoca per identificare le persone che si muovono a causa di radicali mutamenti ambientali, l'Organizzazione internazionale per le migrazioni ha avanzato un'ampia definizione operativa, che tenta di cogliere la complessità delle problematiche in gioco: «I migranti ambientali sono persone o gruppi di persone che, principalmente a causa di cambiamenti improvvisi o progressivi dell'ambiente che influiscono negativamente sulla loro vita o sulle loro condizioni di vita, sono obbligati a lasciare le loro residenza abituali, o scelgono di farlo, sia temporaneamente sia permanentemente, spostandosi all'interno del proprio paese o all'estero» (*International Organization for Migration* 2011: 33).

I cambiamenti ambientali e le catastrofi naturali sono sempre stati i principali motori di migrazione. Si prevede che i cambiamenti climatici avranno gravi ripercussioni sulla mobilità umana e i movimenti della popolazione. Secondo il *Global Report on Internal Displacement* (2018) le persone colpite da spostamenti interni nel 2017 sono state di 30,6 milioni. Le stime suggerisce che tra i 25 milioni e il miliardo di persone potrebbero essere gli sfollati dei cambiamenti climatici nei prossimi 40 anni, senza ovviamente tener conto delle misure che potrebbero essere adottate per adattarsi a questi cambiamenti. Le migrazioni ambientali previste possono assumere forme molto complesse: forzate o volontarie, temporanee o permanenti, interne e internazionali (Piguet, Pécoud, & de Guchteineir, 2011). Le persone più vulnerabili possono essere quelle che non sono in grado di muoversi (popolazioni intrappolate). Le migrazioni ambientali non dovrebbero essere intese come un tutto negativo o positivo; le migrazioni possono sia amplificare le **vulnerabilità** esistenti ma possono anche consentire alle persone di costruire processi resilienti (IPCC, 2014). La migrazione è attualmente considerata una forma di **adattamento** alle mutevoli condizioni climatiche. Come notato anche da

IPCC (2014), il rischio di spostamento aumenta quando le popolazioni, in mancanza delle risorse per pianificare processi migratori, si trovano maggiormente esposte agli **eventi meteorologici estremi**, sia nelle aree rurali che urbane, in particolare nei paesi in via di sviluppo con reddito basso. L'ampliamento delle opportunità di mobilità può ridurre la vulnerabilità di tali popolazioni. I cambiamenti nei modelli di migrazione possono essere sia una risposta agli eventi meteorologici estremi sia alla variabilità climatica di più lungo termine. La migrazione può essere, quindi, un'efficace strategia di adattamento (IPCC, 2014). Tuttavia, rimane un tema di ricerca e riflessione il fatto che gli spostamenti di massa siano dovuti direttamente e senza mediazioni al **riscaldamento globale** o siano la conseguenza di schemi complessi di causalità multipla, in cui i fattori ambientali e climatici si legano strettamente a fattori economici, sociali e politici.

Sebbene la migrazione sia sempre stata uno dei modi che le persone hanno scelto per adattarsi ai cambiamenti ambientali, il discorso sulle migrazioni come adattamento contiene alcuni paradossi. Considerate nella prospettiva della strategia di adattamento, le migrazioni vengono private dei toni negativi con cui i migranti, richiedenti asilo e rifugiati vengono regolarmente additati. Se le migrazioni possono dare un contributo positivo all'adattamento ai cambiamenti climatici e al benessere planetario, tale formulazione è in netto contrasto con le narrazioni xenofobe che descrivono i migranti come invasori che minacciano la vita pubblica. Inoltre, tale formulazione sfida le strategie dei governi di tutto il mondo volte a tenere le "persone in movimento" fuori dai loro confini, e spesso implicitamente orientate a re-incatenarle alla terra che hanno lasciato. In questa prospettiva, la migrazione è sempre più considerata una legittima risposta adattativa ai cambiamenti climatici piuttosto che un mancato adattamento.



*ambito disciplinare
geopolitico*

*autore
Grammenos
Mastrojeni*

Migrazioni climatiche: un'espressione comune ma che tradisce la realtà dei fatti.

Il **clima** alterato non provoca migrazioni, bensì movimenti forzati di popolazioni e la differenza è sostanziale. Il migrante – colui che si muove in base alla volontaria scelta di migliorare la propria vita – può infatti recare beneficio a sé stesso, alla comunità di origine (rimesse monetarie e circolazione di saperi) e alla comunità di destinazione (riequilibrio delle piramidi demografiche, riattivazione di aree o settori produttivi, ecc.). Tuttavia, non sono migranti i più fragili dei fragili: questi ultimi non hanno la migrazione fra le proprie prospettive: sono

Bibliografia

- Agustoni A. et al., (2019) "Towards a global ecology of migration: an introduction to climatic-environmental migration", *International Review of Sociology*, Volume 29, Issue 2.
- Padovan D. and Alietti A., (2019) "Geo-capitalism and global racialization in the frame of Anthropocene", *International Review of Sociology*, vol. 29, issue 2, pp. 172-196.
- Padovan D., Alietti A., (2019) "When the ecological-crisis meets a stratified Earth. Geo-capitalism and the racialized Anthropocene", in *Culture della sostenibilità* - ISSN:1972-5817 vol. 23 (1), pp.109-137.
- Piguat, E., A. Pecoud, and P. de Guchteneire. 2011. "Migration and Climate Change: An Overview." *Refugee Survey Quarterly* 30 (3): 1-23.

rinchiusi nella cosiddetta “trappola della povertà” che imprigiona chi ha necessità così urgenti, minime e impellenti da non potersi permettere di considerare uno spostamento. Migra invece chi ha già una basilare sicurezza di reddito e intende migliorare le proprie prospettive; tuttavia, queste stesse persone, che possono considerare una migrazione da una prospettiva di relativa sicurezza, possono anche resistere a un’inattesa **siccità**, carestia o inondazione. Tali eventi costringono, invece, a spostarsi per sopravvivenza chi ha pochissimo o nulla e costoro, in movimento, sono vittime e preda dell’illegalità e dello sfruttamento, del fanatismo e dell’instabilità. La **crisi climatica** richiede quindi, a beneficio di tutti, celeri interventi di protezione dei più poveri fra i poveri (Mastrojeni, 2017).

Nei prossimi decenni, i **cambiamenti climatici** esporranno centinaia di milioni di persone ai suoi impatti. Come dimostrato dalle ricerche più recenti (IPCC, 2014), alcune parti del mondo saranno più vulnerabili di altre a questi impatti. A parte l’aumento della temperatura media e le variazioni delle precipitazioni, molte aree dovranno affrontare condizioni meteorologiche estreme come **ondate di calore**, siccità e inondazioni. Inoltre, poiché il clima opera come “orologio” dei servizi offerti dalla natura, la generale imprevedibilità di fattori come le piogge, la fertilità delle terre e la disponibilità di pascoli, porterà alla non pianificabilità delle economie e instabilità delle comunità meno forti, con prime vittime i più poveri costretti a spostarsi. Particolarmente vulnerabili risultano le aree ove si sommano due fattori di debolezza: quelle più esposte agli **impatti dei cambiamenti climatici** e contemporaneamente meno solide sul piano economico, sociale ed amministrativo. Allo stato attuale il clima mutato da solo non è, se non raramente, l’unica determinante di movimenti forzati di popolazioni e ciò – il carattere multifat-

toriale delle cause – rende difficile stimare il volume del fenomeno. Milioni di persone dovrebbero migrare da sud a nord, dalle coste esposte all’**innalzamento del livello del mare** a pianure più alte e da aree sempre più aride a più fertili. Secondo l’Organizzazione internazionale delle migrazioni potrebbero esserci tra i 25 milioni e il miliardo di migranti climatici nei prossimi 40 anni. Tale estrema variabilità delle previsioni dipende da un’incognita fondamentale: quanto l’umanità sarà capace di mitigare i cambiamenti climatici?

Negli scenari di scarsa mobilitazione, è possibile il movimento in massa degli abitanti delle montagne (sparsi ma numerosi, 913 milioni di persone direttamente dipendenti da un ecosistema vulnerabile), delle zone aride (la stima è fino a 250 milioni di persone), dalle regioni costiere soggette a salinizzazione per l’aumento del livello dei mari (fino a 450 milioni di persone), nonché dalle isole e dalle regioni artiche.

È utile comprendere i movimenti climatici non solo come un pericolo ma focalizzarne il potenziale di soluzione. A tal fine, dobbiamo comprendere meglio l’intero processo di movimento: distinguere tra spostamento che deriva da eventi estremi e quella risultante da cambiamenti a lungo termine della temperatura e delle precipitazioni. Il primo è più riconoscibile: nel 2008, 20 milioni di persone sono state sfollate a seguito di **eventi meteorologici estremi** (dati dell’OIM - Organizzazione Internazionale per le Migrazioni), mentre nello stesso anno 4,6 milioni di persone sono state sfollate a causa di conflitti e violenze. Tuttavia, lo spostamento come movimento dettato da un evento specifico (e spesso temporaneo o di breve durata) ha impatti meno strutturali; la priorità è quindi quella di creare **resilienza** rispetto a dinamiche meno immediate ma di più vasta portata.

Nella realtà, comunque, le situazioni hanno carattere misto: sebbene disegniamo questa netta divisione, ci sono certamente un certo numero di casi studio tra i due. Ad esempio, la migrazione in risposta a una crisi alimentare indotta dalla siccità è uno di questi casi intermedi: non è una decisione tanto immediata quanto la migrazione a causa di un evento estremo e, tuttavia, è certamente più immediata della migrazione legata al degrado delle risorse naturali, che si verificano su una scala a più lungo termine.

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plattner and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report.
- Mastrojeni, G., 2017, "Effetto serra, effetto guerra", Chiarelettere Editore.

/Mitigazione dei cambiamenti climatici/ Climate Change Mitigation

ambito disciplinare
ambientale
sociologico

autori
Osman Arrobbio
Gianni Latini
Marco Bagliani

Per **mitigazione** dei cambiamenti climatici si intende quell'insieme di azioni che punta ad agire sulle cause dei cambiamenti stessi. Nel comprendere quali azioni possano operare in tal senso, è rilevante riportare come l'**IPCC** definisce la mitigazione nel Quinto Rapporto (IPCC, 2014): «l'intervento umano finalizzato alla riduzione delle sorgenti o all'aumento dei pozzi di **gas serra**» (a tal proposito si veda la voce "**Pozzi e fonti di carbonio**").

Tali azioni, pertanto, includono due tipi di interventi: quelli volti a operare "a monte", orientati alla riduzione delle emissioni di gas climalteranti, e quelli che operano "a valle", orientati all'aumento della capacità di assorbimento di tali gas da parte di tutti i "pozzi".

Tra gli interventi del primo tipo rientrano quelli finalizzati:

- all'efficientamento dei processi produttivi, dei trasporti e di altre attività ad alto impatto ambientale (come il riscaldamento/raffrescamento degli ambienti): non si cambiano le tecnologie di base ma le si rendono più efficaci e meno dispendiose in termini ambientali ed energetici;
- all'implementazione di nuove tecnologie per tutti gli ambiti sopra citati, ad esempio favorendo la **transizione energetica** verso **fonti rinnovabili** e la **mobilità sostenibile**;
- alla riduzione della domanda e/o della produzione di **energia**;
- alla riduzione della domanda e/o della produzione di beni, merci e servizi, soprattutto se ad alta intensità emissiva di gas a effetto serra (es. carne bovina, trasporti aerei), promuovendo quindi un cambiamento dello stile di vita consumistico o agendo, ad esempio, sul fenomeno della obsolescenza programmata;
- al riutilizzo degli scarti (materiali ed energetici), favorendo un'**economia** di tipo **circolare**.

Gli interventi sopra elencati possono, quindi, essere promossi e realizzati con azioni sia di natura tecnologica, sia di natura politica e di *governance*, anche su scale geografiche diversificate (come gli accordi internazionali o i piani per l'energia e il clima attivati in vari paesi), sia di natura comportamentale (anche a livello individuale, si veda la voce "**Comportamenti pro-ambientali**").

Tra gli interventi del secondo tipo rientrano quelli:

- finalizzati all'aumento e alla corretta gestione dei pozzi di assorbimento naturali (in particolare del carbonio, *carbon sink*) come le foreste e gli oceani, azzerando la deforestazione e implementando la ricrescita di nuove foreste e la **gestione forestale sostenibile**;
- finalizzati all'implementazione di nuove tecnologie e interventi di **geoingegneria** che possano sequestrare il **diossido di carbonio** (CO₂) già emesso in atmosfera.

Per altri approfondimenti si veda anche la voce "**Politiche di mitigazione**", nella quale vengono illustrate le principali azioni messe in atto fino ad oggi per realizzare gli obiettivi della mitigazione.

Bibliografia

- Giddens, A. (2015). "La politica del cambiamento climatico". Il Saggiatore. Milano.
- IPCC, 2014: "Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change". Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.



ambito disciplinare
psicologico

autrice
Silvia Aricciò

A livello di comportamenti individuali, la mitigazione dei cambiamenti climatici consiste nella messa in atto di comportamenti che mirano a limitarli. In genere la mitigazione consiste nel sostituire comportamenti ad alto impatto ambientale con **comportamenti pro-ambientali**. La letteratura in psicologia identifica diversi fattori psicologici che contribuiscono alla messa in atto di comportamenti di mitigazione: conoscenza, valori, credenze, atteggiamenti, norme, identità, agenticità, efficacia, controllo, abitudini e esperienza pregressa, emozioni e autoregolazione, **percezione** del rischio.

Bibliografia

- Schultz, P. W. & Kaiser, G. (2012) "Promoting Pro-Environmental Behavior". In S. Clayton (a cura di). "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 556-580). New York: Oxford University Press
- Swim, J. K., Markowitz, E. M., & Bloodhart, B. (2012) "Psychology and Climate Change: Beliefs, Impacts, and Human Contributions". In S. Clayton (a cura di). "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology" (pp. 645-669). New York: Oxford University Press.

/Mobilità sostenibile/ Sustainable Mobility

ambito disciplinare
ambientale

autori
Andrea Scagni
Micol Maggolini

La mobilità è l'insieme di azioni che permettono alle persone di spostarsi sul territorio per varie finalità. Lo sviluppo tecnologico ha ampliato enormemente le opportunità di mobilità, con la diffusione di massa di mezzi di trasporto che hanno incrementato la velocità degli spostamenti e ne hanno diminuito il costo. Oggi, soprattutto nelle aree a elevata densità abitativa delle società industrializzate, l'individuo dispone di una notevole varietà di "modi" di spostarsi.

I parametri di utilità individuale nelle scelte di mobilità sono legati alla velocità e al comfort dello spostamento, a cui si aggiunge la piacevolezza in caso di mobilità per turismo e svago.

La mobilità richiede un consumo di **energia** e l'utilizzo di mezzi di trasporto implica occupazione di spazio, fattori con un impatto molto diversificato in relazione al mezzo adottato.

Tali fattori generano le **esternalità** negative della mobilità sul benessere collettivo derivanti dall'azione individuale di spostarsi e, con la mobilità di massa, sono divenuti problemi di grande rilevanza. La sostenibilità degli stili prevalenti di mobilità è quindi messa in discussione, sia per il consumo di fonti non rinnovabili di energia, sia per l'indisponibilità di spazi sufficienti a permettere a tutti l'utilizzo di mezzi di trasporto ingombranti.

Inoltre, i veicoli non sono in grado di tradurre completamente l'energia consumata in propulsione: sebbene la loro efficienza sia cresciuta grazie alle tecnologie costruttive, parte dell'energia consumata si trasforma comunque in sottoprodotti non desiderati, in termini di **inquinamento atmosferico** e acustico, dannosi per la salute e per l'ecosistema del Pianeta.

Un ulteriore problema è l'incidentalità. Gli incidenti, tanto più gravi in relazione alla combinazione tra velocità degli spostamenti e massa dei mezzi di trasporto, sono maggiormente pericolosi per chi usa mezzi meno ingombranti, che offrono meno protezione.

Si delinea quindi la problematica di "sostenibilità della mobilità", in termini di esaurimento di fonti energetiche non rinnovabili, congestione, emissioni di gas inquinanti e climalteranti, rumorosità e incidentalità. In particolare, la combustione di carburanti immette in atmosfera di **diossido di carbonio** (CO₂), il principale gas la cui eccessiva presenza porta al **riscaldamento globale**. Il ruolo della mobilità nella produzione di CO₂, anche se non esclusivo, è rilevante e indiscutibile (vedi la figura).

Anche se non è ipotizzabile azzerare tale esternalità, esperti e la maggioranza dei *policy makers* condividono la necessità di una transizione verso forme di mobilità più sostenibili, in particolare,

ma non solamente, rispetto all'inquinamento atmosferico.

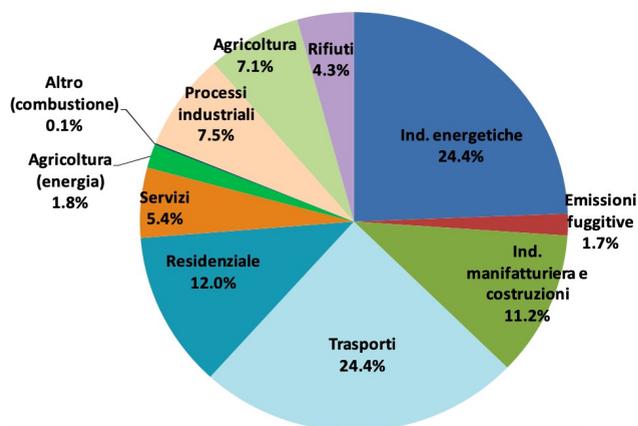
Le forme di mobilità di cui è auspicabile incrementare il *modal share* (quota di spostamenti sul totale) sono quelle più efficienti in termini di CO₂ prodotto per persona trasportata/unità di distanza coperta, ma anche più sostenibili rispetto agli altri parametri citati.

In cima alla piramide di priorità si trova la "mobilità attiva", in cui lo spostamento avviene grazie allo sforzo muscolare dell'individuo e la massa del mezzo di trasporto è limitata (es. spostamento a piedi, in bicicletta), poi la "micromobilità", nuova categoria di mezzi che combinano la propulsione muscolare a quella di motori elettrici su mezzi leggeri e compatti (es. *e-bike* e monopattini elettrici). Sfruttando un'altra dimensione di efficienza, quella dello spostamento concomitante di un elevato numero di individui, emerge il trasporto pubblico soprattutto se elettrico (treni, autobus, tram, metropolitane, ecc.).

In molti casi, peraltro, la sostenibilità si associa alla "multimodalità", l'impiego di più mezzi combinati nel tragitto.

Recentemente, alla sostenibilità intrinseca al mezzo di trasporto si è affiancato un altro piano di sostenibilità, legato al modo in cui i mezzi vengono utilizzati: è la *sharing mobility*, che implica l'uso condiviso ma non contemporaneo dello stesso mezzo, fornito da società specializzate. A tale modalità si affianca anche l'uso condiviso contemporaneo di mezzi di trasporto privati (es. *car pooling*).

Infine, grazie alle funzionalità degli *smartphone*, si sta sviluppando il concetto di MAAS (*mobility as a service*): in ambito urbano prevede la piena integrazione tariffaria e informativa che permette spostamenti efficienti e convenienti sfruttando i mezzi di trasporto più adatti al tragitto, pubblici e collettivi o in *sharing*, prescindendo dall'idea di possesso personale di mezzi di trasporto.



Distribuzione delle emissioni di gas a effetto serra in Italia nel 2016, per settore. Fonte: ISPRA, Emissioni nazionali di gas serra. Indicatori di efficienza e decarbonizzazione nei principali Paesi Europei, Rapporto 295/2018, p. 19.

Bibliografia

- Banister D., 2007, "The sustainable mobility paradigm", *Transport Policy* 15 (2008) 73-80.
- Censis, "Verso la mobilità 2.0. La gestione del cambiamento", Roma (2016).
- Donati A. Petracchini F., Gasparini C., Tomasetti L., Cozza V., Scarpinella M.S. "Mobilità 2020. Politiche di mobilità e qualità dell'aria nelle città italiane 2020. Analisi e proposte al tempo del Covid-19". Terzo rapporto Kyoto Club - CNR-IIA (2020).
- Donati A., Petracchini F., "Muoversi in città. Esperienze e idee per a mobilità nuova in Italia". Edizioni Ambiente (2015).
- Holden E., Banister D., Gössling S., Gilpina G., Linnerud K., 2020, *Grand Narratives for sustainable mobility: A conceptual review*, *Energy Research & Social Science*, 65 (2020) 101454.

ambito disciplinare
linguistico

autrice
Maria Cristina
Caimotto

Lo studio della **mobilità sostenibile**, tema tradizionalmente trattato da discipline quali Architettura e Ingegneria, in anni più recenti è stato oggetto di studio di sociologi, geografi e esperti degli Studi sul Comportamento. La mobilità è un argomento che influisce profondamente sulla vita delle persone e l'uso dei mezzi a motore è una delle prime cause di **inquinamento atmosferico**, soprattutto in ambito urbano. La percezione di come sia più opportuno gestire lo spazio pubblico dipende da fattori culturali. Per esempio esistono visioni diverse rispetto a quanta parte dello spazio urbano debba essere dedicata al traffico motorizzato, quanta parte del suolo pubblico vada riservata al parcheggio di mezzi privati e quanto spazio debba invece essere esclusivamente per le persone e in assenza di pericoli, quindi vietando l'accesso di mezzi a motore.

Dato il ruolo fondamentale svolto dal linguaggio nel dare forma al pensiero dominante, alcuni studi hanno analizzato i discorsi sulla mobilità sostenibile, spesso concentrandosi su quella ciclistica poiché la bicicletta e le infrastrutture dedicate al suo uso sono spesso oggetto di maggiori resistenze e ostilità (Caimotto, 2020). Nel 2019 un sondaggio di Sustrans sull'immagine dei ciclisti nei quotidiani nel Regno Unito ha rilevato sentimenti negativi nel 61% degli articoli presi in esame tra marzo 2017 e marzo 2018. Altri studi realizzati su articoli raccolti dai quotidiani (Ralph *et al.* 2019) dimostrano la tendenza dei quotidiani locali a riportare le collisioni che coinvolgono utenti deboli della strada (*Vulnerable Road Users*) attribuendo la colpa a questi ultimi e rimuovendo la responsabilità di chi era alla guida del veicolo. A livello discorsivo, questo avviene trasferendo l'agentività al veicolo stesso, per esempio specificando che il pedone "è stato investito da un'auto" – senza menzionare il guidatore – e "indossava vestiti scuri" – implicando che l'abbigliamento abbia avuto un ruolo e che quindi la vittima sia in parte colpevole dell'accaduto.

L'effetto sui lettori è confermato da un esperimento riportato in Goddard *et al.* (2019): modificando alcune scelte discorsive – ad esempio introducendo il guidatore e attribuendogli l'azione di aver investito il pedone – e sottoponendo poi alle persone coinvolte versioni diverse dello stesso articolo è stato dimostrato uno spostamento di opinioni pari al 30% nell'attribuire la colpa al guidatore o a chi è stato investito.

Poiché al fine di ridurre l'inquinamento derivato dall'uso massiccio delle automobili è necessario promuovere una mobilità alternativa e più sostenibile, rendendo più facile e sicura la mobilità attiva, l'analisi delle strategie discorsive che ostacolano questo obiettivo rappresenta una parte importante, se pur poco evidente, del lavoro da svolgere. La ricerca di Poli (2011) sottolinea l'importanza di

Lo studio della mobilità sostenibile, tema tradizionalmente trattato un approccio umanista da affiancare al lavoro degli ingegneri nella progettazione degli spazi urbani, la necessità di spostare la questione considerandola politica e non più tecnica e concentrando le politiche su una visione orientata non allo sviluppo economico, ma incentrata sull'ambiente.

Bibliografia

- Caimotto, M. C. (2020) "Discourses of Cycling, Road Users and Sustainability. An Ecological Investigation". Cham: Palgrave Macmillan.
- Goddard, T., Ralph, K., Thigpen, C. G., & Iacobucci, E. (2019). "Does News Coverage of Traffic Crashes Affect Perceived Blame and Preferred Solutions?" Evidence from an Experiment Transportation Research Interdisciplinary Perspectives.
- Poli, C. (2011). "Mobility and Environment: Humanists Versus Engineers in Urban Policy and Professional Education". Heidelberg: Springer.
- Ralph, K., Iacobucci, E., Thigpen, C. G., & Goddard, T. (2019). "Editorial Patterns in Bicyclist and Pedestrian Crash Reporting". Transportation Research Record, 2673(2), 663-671.
- Sustrans (2019, May) "Active Travel in the Media: Exploring Representations of Walking and Cycling in UK and Scottish Online News".

/Modellistica forestale/ Forestry Model

ambito disciplinare
forestale
ambientale
autore
Tommaso Orusa

Lo sviluppo della **modellistica** in campo **forestale** è materia abbastanza recente. La gestione fino a pochi anni fa era spesso condotta su esempi virtuosi del passato o su modelli spesso adesi a osservazioni empiriche. Tuttavia a seguito dei **cambiamenti climatici** la nuova sfida è rappresentata da una gestione adattativa che tenga conto degli **scenari** futuri. Tutto ciò appare possibile solo grazie a una modellistica con algoritmi generati a partire da esperienze empiriche, ricerche e studi continui, essendo l'ecosistema forestale e il clima **sistemi complessi**. Lo sviluppo del tipo *process-based*, basato cioè sulla comprensione e la modellizzazione dei processi fisiologici che determinano il comportamento degli alberi negli ecosistemi forestali – è iniziato a partire dagli '90 con il lavoro di Joseph J. Landsberg e Richard H Waring. L'obiettivo era quello di superare i limiti dei più tradizionali modelli statistici che, basandosi su dati storici, risultano inadatti nel prevedere la crescita degli alberi, di una certa foresta, in condizioni climatiche mai analizzate prima. Il modello, presentato per la prima volta nel 1997 con il nome di 3-PG (*Physiological Principles Predicting Growth*), si è evoluto grazie alla collaborazione di Nicholas C. Coops esperto di *Remote Sensing* e **Earth Observation Data**. L'uso di dati forestali omogeneamente telerilevati – sia fisiologici che strutturali – come input per le variabili vegetazionali, ha infatti permesso l'utilizzo del modello a scala più ampia, in diverse aree del mondo, per diverse specie e in condizioni climatiche diverse. Oggi, il modello 3-PG risulta ampiamente utilizzato sia in ambito scientifico che tecnico, creando un

ponte tra la scienza e la pratica forestale. La modellistica forestale odierna tiene conto di una miriade di parametri rilevati sia a terra sia telerilevati con l'obiettivo di simulare e modellizzare la risposta degli ecosistemi forestali (in particolare a livello di eco-fisiologia) a variazioni di parametri futuri, consentendo di elaborare proiezioni e scenari di gestione.

In ambito forestale ed ecologico uno tra i più controversi e dibattuti argomenti degli ultimi venti anni riguarda la relazione tra la fotosintesi, la biomassa e la respirazione delle piante. La fotosintesi è il maggior flusso biogenico di CO_2 dall'**atmosfera** alla biosfera terrestre (*ovvero è un carbon sink, si veda "Pozzi e fonti di carbonio" - N.d.C.*) e corrisponde a circa 120 Petagrammi di carbonio l'anno (1 Pg = 10^{15} g, in totale l'atmosfera contiene circa 750 PgC – petagrammi di carbonio). Al contrario, la respirazione delle piante – ovvero il processo metabolico di creazione di nuove cellule così come il mantenimento di quelle già esistenti – emette CO_2 in atmosfera nella misura di circa 60 PgC l'anno (quindi, circa la metà dell'assorbimento effettuato dalla fotosintesi). Il netto tra fotosintesi e respirazione rappresenta il carbonio organico che, sotto diverse forme, rimane nell'ecosistema e che quindi è sottratto all'atmosfera con ovvi benefici per la **mitigazione del cambiamento climatico**. Più di vent'anni fa Richard Waring e i suoi colleghi hanno analizzato i dati di dodici foreste boreali e temperate, confermando che il bilancio tra la quantità di carbonio emesso in un anno attraverso la respirazione annuale era pari a circa la metà di quello assorbito attraverso la fotosintesi durante lo stesso anno.

Riuscire a stimare la sola fotosintesi permetteva, in teoria, di ottenere facilmente anche la stima della respirazione delle pian-

te e quindi, per differenza, anche della loro produttività annuale.

Un'ipotesi alternativa, nota come "teoria metabolica scalare" che fonda le proprie basi nella matematica dei frattali, non considera la fotosintesi, ma piuttosto la biomassa totale degli alberi e postula che la respirazione delle piante possa crescere linearmente (o quasi) con la biomassa stessa. La sola conoscenza della biomassa permetterebbe quindi di ottenere facilmente sia la stima della respirazione delle piante sia quella della loro produttività.

Entrambe le teorie sono teoricamente utili a quantificare il rilascio ed indirettamente l'assorbimento di CO_2 delle foreste, ma risultano in contrasto tra di loro e sono difficilmente replicabili e validabili sperimentalmente nel mondo reale. Uno studio recentemente pubblicato del ricercatore Alessio Collalti del CNR-ISA-FOM, uno dei principali modellisti forestali assieme a Giorgio Vacchiano a livello italiano, analizza la questione nel dettaglio: la respirazione delle piante è controllata dalla fotosintesi oppure dalla biomassa? Lo studio utilizza un modello che simula 150 anni di sviluppo naturale di una foresta, mostrando che la respirazione non può essere controllata né unicamente dalla fotosintesi né unicamente dalla biomassa. Nel primo caso, se la respirazione fosse totalmente dipendente dalla fotosintesi, durante il riposo vegetativo in cui la fotosintesi è interrotta (o fortemente limitata), risulterebbe interrotta anche la respirazione, il che sarebbe incompatibile con la sopravvivenza delle cellule durante l'inverno. Nel secondo caso, una dipendenza lineare della respirazione dalla biomassa totale, implicherebbe che tutte (o quasi) le cellule che costituiscono la biomassa di un albero siano vive e metabolicamente attive, il che risulterebbe fisiologicamente troppo dispendio-

so, e quindi improbabile, soprattutto per le piante mature.

Entrambe le teorie sono scorrette e sono state confutate e non conciliabili tra di loro e grazie ad un modello forestale si è riusciti a scoprirlo. Come diceva ironicamente il padre della modellistica George Box: "Tutti i modelli sono sbagliati, ma qualcuno è utile." Al di là di ciò il loro utilizzo consente oggi di poter sviluppare una **gestione forestale** che sia davvero resistente e resiliente ai cambiamenti climatici.

Bibliografia

- Bellassen, Valentin, et al. "Modelling forest management within a global vegetation model - Part 1: Model structure and general behaviour." *Ecological Modelling* 221.20 (2010): 2458-2474.
- Carey, Eileen V., et al. "Are old forests underestimated as global carbon sinks?." *Global Change Biology* 7.4 (2001): 339-344.
- Collalti, Alessio, et al. "Plant respiration: controlled by photosynthesis or biomass?." *Global Change Biology* 26.3 (2020): 1739-1753.
- Landsberg, J. J., R. H. Waring, and N. C. Coops. "Performance of the forest productivity model 3-PG applied to a wide range of forest types." *Forest Ecology and Management* 172.2-3 (2003): 199-214.
- Seidl, Rupert, et al. "Forest disturbances under climate change." *Nature climate change* 7.6 (2017): 395-402.
- Seidl, Rupert, et al. "Scaling issues in forest ecosystem management and how to address them with models." *European Journal of Forest Research* 132.5-6 (2013): 653-666.
- Vacchiano, Giorgio, Federico Magnani, and Alessio Collalti. "Modeling Italian forests: state of the art and future challenges." *Forest - Biogeosciences and Forestry* 5(3) (2021):113-120.
- Vacchiano, Giorgio, et al. "Reproducing reproduction: How to simulate mast seeding in forest models." *Ecological Modelling* 376 (2018): 40-53.

/Modello climatico/ Climate Model

ambito disciplinare
fisico

autori
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo

Per studiare e comprendere i meccanismi del **clima**, i dati osservativi non sono sufficienti. È necessario integrarli con i modelli grazie ai quali è possibile costruire una visione coerente, espressa in termini di equazioni che utilizzano il linguaggio della matematica, di "come funziona il clima" e di come potrà evolvere in futuro. In particolare, per ottenere stime quantitative dell'evoluzione del clima nei prossimi decenni (le "**proiezioni climatiche**"), cruciali anche da un punto di vista applicativo, è necessario costruire modelli numerici in grado di descrivere la ricchezza e la complessità del **sistema climatico**, includendo rappresentazioni dell'**atmosfera**, dell'oceano, del suolo e del sottosuolo, della **biosfera** e delle interazioni tra queste componenti, oltre che dei principali **cicli biogeochimici**, come quello del carbonio, dell'azoto o dell'acqua. Prima di essere utilizzati per le proiezioni future, i modelli sono confrontati con le misure del clima presente e passato (anche remoto), per verificarne le capacità di riprodurre le condizioni e le dinamiche effettivamente misurate o ricostruite con le tecniche paleoclimatiche: un procedimento cui si dà il nome di validazione.

Il punto di partenza per ottenere proiezioni climatiche future sulla base dei possibili **scenari** di emissione e concentrazione di **gas ser-**

ra climalteranti, **aerosol** e di **uso del suolo**, sono i modelli globali di clima (GCM, *Global Climate Models*) anche noti come “modelli del sistema Terra” (ESM, *Earth System Models*), in grado di descrivere la dinamica del sistema climatico su tutte le regioni del nostro pianeta contemporaneamente. A un prezzo, però: quello di accettare di farlo a una risoluzione spaziale piuttosto limitata, ovvero immaginando di coprire l'intera Terra con un grigliato tridimensionale in cui la dimensione orizzontale di ogni cella è grande, in media circa 100 km x 100 km e la sua altezza è qualche centinaio di metri e dentro la quale definire le variabili importanti (temperatura, velocità del vento o delle correnti oceaniche, umidità atmosferica, pressione, precipitazione, ecc.). Tutto quello che succede a scale più piccole della risoluzione (cioè della grandezza di ogni singola cella) viene “parametrizzato”, cioè non descritto esplicitamente ma rappresentato in modo più semplice mediante relazioni empiriche che legano il valore delle variabili “sottogriglia” a quello delle variabili risolte dal modello. Per risolvere, ma solo in parte, questo problema, la strada maggiormente seguita è basata sullo sviluppo dei così detti modelli climatici regionali: concettualmente analoghi a quelli globali, essi sono pensati per descrivere il clima solo in una regione limitata della Terra (come un continente, o inferiore) e proprio per questo ci si può permettere di farli correre a risoluzioni più alte (tra i 10 e i 40 km). L'uso dei modelli regionali può essere particolarmente utile quando si vuole porre l'attenzione su specifiche regioni, come quelle a orografia complessa (ad esempio le montagne), oppure quelle particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici, quali l'area del Mediterraneo oppure l'Artico per cui si rende necessario un maggior dettaglio. I modelli regionali utilizzano le informazioni prodotte da quelli globali in cui sono “innestati” come condizioni al contorno del dominio dove sono definiti. Quando si usa un modello

regionale per ottenere proiezioni climatiche su una specifica regione del globo, ad esempio sull'Europa o sulla catena alpina, significa che esiste a monte almeno una simulazione fatta con un modello globale (vedi fig. 1).

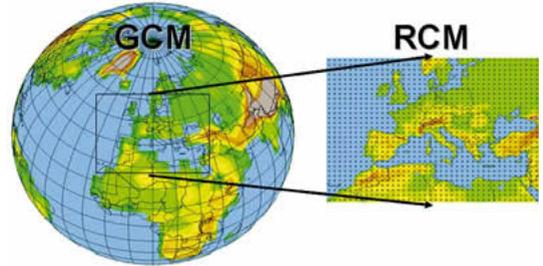


Figura 1. Dominio di un modello climatico (RCM) a griglia fine innestato nella griglia più grezza di un modello globale (GCM). Fonte dell'immagine: F. Giorgi, World Meteorological Organization WMO Bulletin 52(2), aprile 2008.

Con l'aiuto di altri metodi statistici e/o stocastici la risoluzione spaziale ottenuta con un modello regionale può essere ulteriormente affinata (tecniche di *downscaling*), il che può risultare davvero utile se i dati meteoroclimatici servono come input per modelli idrologici, eco-idrologici, di frana, di incendi o di impatto locale, più in generale. Questi metodi richiedono spesso la disponibilità di serie di misura pluriennali attendibili grazie alle quali è possibile costruire regressioni che permettano di elaborare scenari futuri per le località in cui si effettuano le misure meteorologiche. Un esempio di come l'integrazione tra misure e modelli sia davvero essenziale.

Data la complessità del sistema climatico, l'approccio usato nei modelli climatici, sia globale che regionali, per semplificare il problema è quello riduzionistico, che implica lo spezzare il sistema in pezzi e analizzarli uno alla volta. Una modalità per farlo, ad esempio, è analizzare una per una le “sfere” del sistema climatico: **atmosfera, idrosfera, criosfera, biosfera, litosfera** e dedicare un modulo del modello alla descrizione di ognuna di esse (ogni sfera ha le sue equazioni, le sue parametrizzazioni di processi non risolti, le

sue leggi empiriche) e poi metterle tutte insieme o “accoppiarle” mediante un modulo apposito all’interno del modello globale. Nel corso del tempo la modellistica climatica ha fatto passi da gigante incorporando nella descrizione sempre più componenti e migliorando la descrizione dei processi all’interno delle componenti stesse. La figura 2 mostra le varie tappe di questa evoluzione.

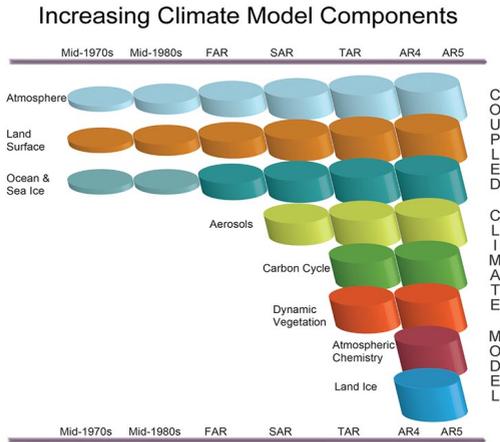


Figura 2. Evoluzione dei modelli nell’ultimo mezzo secolo: dal 1970 ad oggi la lista degli “ingredienti” è via via aumentata (maggiore numero di componenti) come pure il dettaglio nella descrizione delle componenti (altezza dei cilindri).

Fonte: U.S. Global Change Research Program.

Fonti di incertezza nei modelli.

L’incertezza nelle proiezioni future dei modelli climatici può essere attribuita a tre fonti principali:

- 1) la variabilità interna del clima: tiene conto delle fluttuazioni naturali che si verificano nel sistema climatico anche in assenza di forzanti esterni e che si verificano su scale temporali che vanno da giorni ad anni, decenni, secoli o più.
- 2) l’incertezza nella costruzione del modello: deriva dal fatto che i modelli sono sempre una semplificazione del mondo reale e sono in qualche modo imperfetti per costruzione. Inoltre, i modelli non sono in grado di risolvere esplicitamente i processi che si verificano a scale al di sotto della loro dimensione di griglia, o risoluzione, che includono, tra gli altri, la

radiazione, la convezione, la microfisica delle nubi. Questi processi sono incorporati nei modelli per mezzo di parametrizzazioni empiriche che sono, per costruzione, un’approssimazione della realtà e portano a ulteriori incertezze.

- 3) l’incertezza degli scenari: deriva dall’incertezza sui futuri cambiamenti demografici, dello sviluppo economico, dell’uso del territorio e dei cambiamenti tecnologici, che, determineranno le future emissioni antropiche di gas serra e di altri inquinanti.

L’importanza relativa di queste fonti di incertezza varia in funzione della variabile di interesse, delle scale spaziali e temporali coinvolte nella previsione del clima e dell’orizzonte temporale considerato. Per orizzonti di uno o due decenni, le fonti dominanti di incertezza su scale regionali sono l’incertezza del modello e la variabilità interna, mentre per orizzonti temporali di molti decenni o più, le fonti dominanti di incertezza su scale spaziali regionali o più ampie sono l’incertezza del modello e l’incertezza dello scenario emissivo. Per tenere conto di queste incertezze, la prassi è valutare congiuntamente diversi modelli climatici regionali o globali, in modo da costruire degli *ensemble* modellistici. L’assunto implicito è che ogni singolo modello di un *ensemble* può avere la sua incertezza e può riprodurre meglio o peggio di un altro una certa variabile o processo. Pertanto, l’intero insieme di modelli può fornire informazioni diverse rispetto a un singolo modello e più complete in ogni caso, permettendo di porre una maggiore confidenza sui risultati che sono comuni a tanti modelli di un insieme.

Bibliografia

- Beniston, Martin, et al. “Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections.” *Climatic change* 81.1 (2007): 71-95.
- Hawkins, E., and Sutton, R. (2009). The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90(8), 1095-1107
- Moss, Richard H., et al. “The next generation of scenarios for climate change research and assessment.” *Nature* 463.7282 (2010): 747.

/Movimenti per il clima/

ambito disciplinare
sociologico

autrice
Alessandra Pollo

Di fronte alla sfida epocale rappresentata dalla **crisi climatica**, sono molteplici i movimenti e le associazioni che sono nati o si sono riorganizzati per contrastarla. *Fridays For Future* ed *Extinction Rebellion* sono tra quelli più recenti e che hanno trovato maggiore seguito in tutto il mondo.

Fridays For Future (FFF) è un movimento globale che riconosce l'Emergenza Climatica ed esige un percorso sicuro dei governi per mantenere l'aumento di temperatura media globale al di sotto di 1,5 °C rispetto all'era preindustriale. Il movimento è, innanzitutto, studentesco: si fonda, infatti, sugli scioperi per il **clima** (*Climate Strike*) degli studenti, ogni venerdì. Da qui, la denominazione *Fridays For Future*. I *Climate Strike* sono iniziati alla fine dell'estate 2018 con le manifestazioni di Greta Thunberg nella piazza davanti al Parlamento svedese che hanno incoraggiato milioni di altri studenti in tutto il mondo a scioperare contro l'indifferenza e l'inazione della politica nei confronti della crisi climatica. L'obiettivo dei FFF è quello di costruire una società sostenibile dal punto di vista climatico e sociale, azzerando le emissioni antropogeniche di **diossido di carbonio** (CO₂) e mettendo al centro il principio della **giustizia climatica**. Le richieste del movimento sono riassunte dall'acronimo "FU.TU.RO":

- FUori dal fossile, ossia raggiungere la neutralità di emissioni nette a livello globale entro 2050 ed entro il 2030 in Italia;
- TUTti uniti, nessuno escluso, al fine di attuare la **transizione energetica** globalmente, seguendo il principio della giustizia climatica;
- ROMpiamo il silenzio, per dar voce alle evidenze scientifiche, agendo con gli strumenti individuati.

Le principali modalità con cui i *Fridays* agiscono sono scioperi, cortei, presidi, lezioni in piazza, *flash-mob*, volantaggio, raccolta firme, pedalate, *sit-in* e *die-in*. Talvolta, per attirare l'attenzione sulla causa FFF ricorre anche a "blocchi", definiti come azioni più dirette, ma sempre pacifiche e nonviolente.

Altro movimento internazionale che si batte per la giustizia climatica, ecologica e sociale è *Extinction Rebellion* (XR). Si tratta di un'organizzazione di attivisti e attiviste, la cui prima uscita pubblica fu l'occupazione nonviolenta di *Parliament Square* a Londra, con l'obiettivo di rendere pubblica la propria Dichiarazione di Ribellione. In risposta alla devastazione ecologica causata dal-

le attività umane, XR incoraggia la disobbedienza civile nonviolenta per richiedere ai decisori politici un'inversione di rotta. Le azioni di *Extinction Rebellion* si basano su tre richieste:

- dire la verità sull'emergenza climatica ed ecologica da parte del governo, comunicandola quotidianamente ai cittadini attraverso tutti i canali di divulgazione;
- interrompere immediatamente la distruzione degli ecosistemi e della **biodiversità** e attuare l'azzeramento delle emissioni di **gas serra** entro il 2025;
- dar vita a un'assemblea di cittadini/e che lavori sulle misure da attuare e sulla giustizia climatica ed ecologica, guidando l'operato del governo.

Ciò che distingue i FFF da XR sono prevalentemente le modalità di protesta.

Oltre a questi due neomovimenti, in Italia sono molteplici le altre organizzazioni che hanno fatto della lotta all'emergenza climatica una delle loro priorità, battendosi a diverse scale ter-

ritoriali (Legambiente, *Greenpeace* Italia, WWF Italia, *Italian Climate Network*, ecc.). A livello globale le azioni di lotta al cambiamento climatico, volte alla tutela della biodiversità, degli ecosistemi e del relativo stoccaggio di carbonio, sono innumerevoli e di lunga data. Tra queste, un ruolo centrale è rivestito dall'attivismo dei popoli indigeni. In particolare, le lotte indigene sono rivolte contro la costruzione di nuovi gasdotti e oleodotti, come avvenuto ad esempio in Canada, negli USA, in Ecuador o contro la **deforestazione**, come nella Foresta Amazzonica. I territori su cui vivono i 370 milioni di persone appartenenti alle popolazioni indigene coprono, infatti, il 24% del globo e contengono l'80% della biodiversità mondiale. Dunque, le lotte per mantenere il controllo delle loro terre, costumi, tradizioni e modo di vivere contribuiscono attivamente a proteggere le foreste più vulnerabili e, di conseguenza, a contrastare l'emergenza climatica.

Bibliografia

- Etchart, L. 2017. "The role of indigenous peoples in combating climate change". *Palgrave Commun* 3, 17085.



Manifestazione dei Fridays For Future a Berlino.
Foto: Jörg Farys / Fridays for Future

LESSICO NUVOLE

le parole del cambiamento climatico

N

”

Siamo figli dell'epoca,
l'epoca è politica.
Tutte le tue, nostre, vostre
faccende diurne, notturne
sono faccende politiche.

”

wislawa szymborska

Poetessa.
Figli dell'epoca

/Nature Based Solutions (NBS)/ Soluzioni basate sulla natura

ambito disciplinare
psicologico
ambientale

autori
Susana Martins
Alves
Marino Bonaiuto

Le **Nature Based Solutions** (NBS) sono interventi e azioni basati sulla natura volti a supportare lo sviluppo e il miglioramento dell'urbanizzazione sostenibile. L'espressione NBS si riferisce a una rete di aree naturali e semi-naturali progettate e gestite per fornire una vasta gamma di **servizi ecosistemici** e per creare sistemi socio-ecologici sostenibili, che migliorano la salute e il benessere umani. La Commissione Europea (2020) definisce NBS come «... soluzioni alle sfide della società [...] che sono ispirate e supportate dalla natura, sono efficaci in termini di costi, forniscono contemporaneamente vantaggi ambientali, sociali ed economici e aiutano a costruire la **resilienza**. Tali soluzioni introducono natura, e caratteristiche e processi naturali, in misura maggiore e più diversificata, in città, paesaggi terrestri e paesaggi marini, attraverso interventi per l'efficientamento di risorse e sistemici, adattati a livello locale».

Il concetto di NBS si è evoluto come un ombrello che abbraccia concetti come *Green / Blue / Nature Infrastructure*, *Ecosystem Approach*, *Ecosystem Services*. È integrato nelle discussioni più ampie sull'**adattamento ai cambiamenti climatici**, sui servizi ecosistemici e sulle infrastrutture verdi (Kabisch et al. 2016a). La *Green Infrastructure* (GI) si riferisce a una «rete interconnessa di spazi verdi che conserva i valori e le funzioni dell'ecosistema naturale e offre benefici associati alle popolazioni umane» (Benedict e McMahon, 2006, p. 5). Le NBS sono anche direttamente collegate agli Obiettivi di sviluppo sostenibile (si vedano anche le voci "**Agenda 2030**" e "**Sustainable Development Goal 13: Climate Action**" - N.d.C.).

L'NBS prevede il ripristino di ecosistemi degradati, lo sviluppo dell'adattamento e la **mitigazione dei cambiamenti climatici**, nonché il miglioramento della gestione del **rischio** e della resilienza in diverse aree spaziali (a livello locale, regionale o globale) le quali affrontano problemi socioeconomici e ambientali. Le NBS sono sfaccettate e vanno dalla regolazione del **clima** alla riduzione degli **impatti** di catastrofi naturali come terremoti ed epidemie, fino a ripristinare i livelli di attenzione per le persone sotto stress (Hartig et al., 2014) e a migliorare la salute fisica umana. In pratica, l'implementazione della gamma NBS varia in termini di dimensioni, forma e "naturalizza", a seconda dell'attività, del tipo di funzione o del servizio fornito (Lafortezza et al., 2013). Tuttavia, la sua idea principale è la conservazione e la diversificazione degli ecosistemi per promuovere il benessere umano.

Le NBS sono state promosse da scienziati ambientali sia come soluzione per i **cambiamenti climatici**, sia come modo per riconnettere le persone alla natura. Un aspetto importante, emerso sempre più di recente, riguarda l'impatto delle NBS su individui e collettività umane, nonché sull'interrelazione tra NBS, persone e società. Gli studi hanno dimostrato che l'integrazione di NBS nei paesaggi urbani migliora la salute e il benessere umani (Hartig et al. 2014). Gli spazi blu, ad esempio, hanno dimostrato di apportare benefici alla salute e al benessere attraverso tre percorsi distinti: riduzione degli effetti dannosi dei fattori di stress ambientale; promozione di esperienze di rigenerazione (cosidette "restoration" o "restorativeness") per regolare meglio le emozioni, le capacità cognitive e lo stress; facilitare esperienze di "generazione" (cosidetta "instoration") per sviluppare cioè capacità, come la promozione delle attività fisiche e della coesione sociale (Bonaiuto & Albers, 2020).

Le NBS non sono una panacea per tutte le sfide legate ai cambiamenti climatici, ma possono fungere da paradigma unificante per promuovere l'urbanizzazione sostenibile e sostenere la salute fisica, quella psicologica e sociale, e il benessere umano in genere. Per massimizzare i loro effetti devono essere integrate da soluzioni tecnologiche e culturali e basarsi sul comportamento nella pianificazione e nel governo del paesaggio.

Bibliografia

- Bonaiuto, M. & Albers, T. (2020). "Water Based Solutions and health in urban areas: a threefold pathway according to environmental psychology". In H. Herzog, T. Freitas, & G. Wiedman. "Soluções Baseadas na Natureza e os Desafios da Água: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis". European Commission - Directorate-General for Research and Innovation.
- Benedict, M. A. & McMahon, E. T. (2002) "Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities". Washington: Island Press.
- European Union (2020). "Nature-based solutions". <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>
- Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S., & Frumkin, H. (2014). "Nature and health". Annual Review of Public Health, 35, 207-228.
- Kabisch et al., (2017). In N. Kabisch, H. Korn, H. Stadler, A. Bonn (Eds.), "Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkage Between Science, Policy and Practice", Springer.
- Laforteza, R. & Chen, J. (2016). "The provision of ecosystem services in response to global change: Evidences and applications". Environmental Research, 147, 576-579.

Negazione dei cambiamenti climatici/ Climate Change Denial

*ambito disciplinare
psicologico*

*autori
Mauro Sarrica
Bruno Mazzara*

La **negazione** è tra gli ostacoli più difficili da superare, anche quando si tratta di **cambiamenti climatici**. Come meccanismo di difesa, essa prevede che elementi intollerabili emergano alla coscienza seppur in forma negativa (es. "io non sono..."). In questo si distingue dalla rimozione, che impedisce l'accesso alla coscienza di tali contenuti. Negare, dunque, vuol dire accettare che qualcosa di grave esiste e subito dirsi che quell'oggetto non è poi così minaccioso. La nega-

zione, studiata come processo individuale e di gruppo dalle scuole psicoanalitiche, dalla cognizione sociale e dagli approcci vittimologici (Cohen, 1993), può comparire tra le vittime di traumi, tra i perpetratori che hanno compiuto azioni riprovevoli e tra gli astanti che non le hanno impedito.

Anche nell'ambito dei cambiamenti climatici, tenendo presente che ne esistono diversi stati (Cohen, 2001), possiamo identificare alcune forme di negazione: che il cambiamento climatico si stia verificando; che sia così grave; che abbia cause antropogeniche; che le proprie azioni abbiano un ruolo; che sia necessario e possibile agire per contrastarlo. Al confine con la negazione troviamo i meccanismi di "auto-censura", spontaneamente e consapevolmente messi in atto per trarre vantaggi o evitare sanzioni: non dire qualcosa per non apparire diversi, per non contraddire la maggioranza o chi detiene il potere. All'auto-censura possiamo ricondurre il **negazionismo** di politici e media. Strategie e forme distorte di comunicazione che risuonano con processi e meccanismi più profondi. Lontana dalla patologizzazione, la prospettiva cognitivista vede la negazione come frutto di normali processi cognitivi ed emotivi, di omissioni, di errori sistematici nell'acquisizione e nella rievocazione di informazioni, della necessità umana di percepire controllo e di preservare una visione positiva di sé. Gli effetti di processi di base e incapacità si manifestano ad esempio nel **distanziamento psicologico**, nella ricostruzione positiva delle memorie o in illusioni ottimistiche del futuro (Gifford, 2011). Gilbert, addirittura, propone una spiegazione evolucionista. Secondo il suo modello *PAIN*, il nostro cervello risponderebbe a minacce in cui compare un nemico (*Personal*), improvvisate (*Abrupt*), che prevedono infrazioni morali (*Immoral*) e presenti nel qui e ora (*Now*). Il nostro sistema cerebrale, quindi, non sareb-

be configurato per riconoscere la minaccia del cambiamento climatico, che è graduale, senza chiari aspetti di agentività umana o morali, e proiettato in un futuro astratto. In chiave motivazionale e dinamica, la negazione è presente nel modo in cui le comunità costruiscono rappresentazioni sociali del cambiamento climatico. Secondo Joffé le persone vacillano in tre modi di fronte al **riscaldamento globale**:

È in/naturale? Mi riguarderà direttamente? Siamo davvero certi che sia causato dall'azione umana e che sarà definitivo?

La negazione è quindi un modo per difendersi dalle risposte a queste domande, troppo difficili da accettare (Smith & Joffé, 2013). Infine, su un piano culturale, la negazione accomuna tristemente l'**ecocidio** che stiamo perpetrando ad altri genocidi. Sappiamo, infatti, che i gruppi definiscono normativamente a chi e in quali occasioni si applichino i principi di **giustizia**. Così come l'etnocentrismo ha portato spesso a escludere gli "altri" per poi sterminarli, una visione antropocentrica - e secondo le letture ecofemministe patriarcale - esclude le specie animali e quelle vegetali da quello che Opatow chiama *scope of justice*. Considerandole "diverse da noi", giustifichiamo il loro sfruttamento attivando veri e propri meccanismi di disimpegno morale (Bandura).

Invocare la negazione, in sintesi, consente di comprendere diversi processi che ci allontanano dalla piena consapevolezza e dall'azione di contrasto al cambiamento climatico:

- sul piano cognitivo, distorsioni di memoria e limiti cognitivi edulcorano, distorcono e defalcano la comprensione di un tema così complesso;
- sul piano motivazionale costruiamo simboli e rappresentazioni sociali per difenderci da un futuro minaccioso e allontanarci dalle nostre co-responsabilità;

- sul piano culturale, costruiamo narrative che, escludendo la **biosfera** dal nostro sguardo e dai nostri stessi ideali di giustizia, consentono agli uomini di sfruttarla preservando un senso di superiorità, anche morale.

Eppure la negazione ha in sé un barlume di consapevolezza, una voce che bussava alla nostra porta per ricordarci che, per quanto noi ci sentiamo assolti, siamo comunque coinvolti.

Bibliografia

- Gifford, R. (2011). "The dragons of inaction: psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation". *The American Psychologist*, 66(4), 290-302.
- Marshall, G. (2015). "Don't even think about it: Why our brains are wired to ignore climate change". Bloomsbury Publishing USA.
- Opatow, S., & Weiss, L. (2000). "Denial and the Process of Moral Exclusion in Environmental Conflict". *Journal of Social Issues*, 56(3), 475-490.
- Smith, N., & Joffe, H. (2013). "How the public engages with global warming: A social representations approach". *Public Understanding of Science (Bristol, England)*, 22(1), 16-32.
- Swim, J. K., & Bloodhart, B. (2018). "The intergroup foundations of climate change justice". *Group Processes and Intergroup Relations*, 21(3), 472-496. *Research*, 147, 576-579.

Negazionismo climatico/ Climate Denial

ambito disciplinare
Sociologico

autori
Marco Bagliani
Gianni Latini

Per **negazionismo** dei **cambiamenti climatici** si intende quell'insieme di comportamenti tesi a negare l'evidenza del cambiamento climatico o la sua causa antropica.

Per una trattazione più specifica delle modalità utilizzate dal negazionismo e dei processi che agiscono a livello individuale e collettivo, si vedano anche le voci "**Infodemia**", "**Negazione dei cambiamenti climatici**", "**Populismo climatico**" e "**Tecniche del negazionismo**".

Normalized Difference Vegetation Index - NDVI

Vedi **Indici spettrali di vegetazione**.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



La sofferenza di molte persone paga il lusso di pochi. Se è impossibile trovare soluzioni all'interno di questo sistema, allora dobbiamo cambiare sistema.



Greta Thunberg

Attivista.

Discorso alla COP 24 del 2018 a Katowice

/Ondata di calore/ Heat Waves

ambito disciplinare
ambientale

L'**ondata di calore** è un periodo di tempo atmosferico prolungato durante il quale le temperature sono superiori alle temperature medie usualmente registrate in una determinata regione.

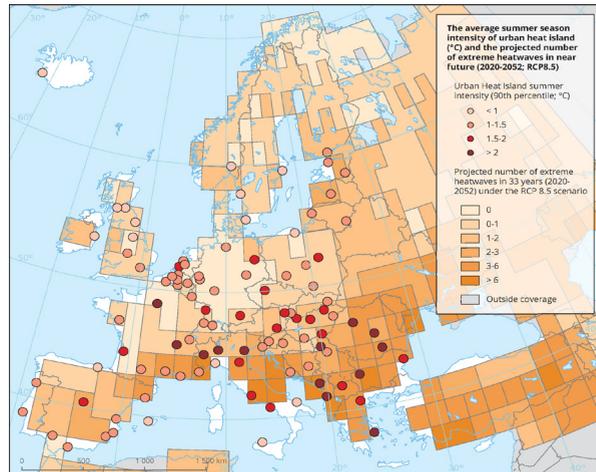
Il termine di ondata di calore non ha un significato oggettivo in quanto esso è relativo a una specifica area geografica (**clima** locale) e periodo dell'anno. Infatti, le temperature medie di un'area possono essere considerate un'ondata di calore in un'altra. Per esempio, la temperatura media giornaliera registrata nel Mediterraneo risulterebbe un'ondata di calore in Nord Europa.

Le ondate di calore possono avere numerosi **impatti** socio-economici e ambientali, quali incendi (spesso quando l'ondata di calore è associata a un episodio di **siccità**), **blackout** a macchia di leopardo dovuti all'uso eccessivo dell'aria condizionata, danni alle infrastrutture (strade, autostrade e condotte idriche), danneggiamento alle coltivazioni e incremento della mortalità per ipertermia.

autori
Simona Fratianni
Alice Baronetti
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariolo

La mappa presenta il numero di ondate di calore estreme previsto nel prossimo futuro in tutta Europa (rappresentate dai rettangoli colorati, nel periodo 2020-2052 e secondo lo scenario RCP8.5 previsto dall'IPCC nel caso di emissioni costanti del tipo "business as usual") e l'intensità estiva dell'effetto isola di calore urbana in 100 città europee (rappresentate dai cerchi colorati).

Fonte: Agenzia europea dell'ambiente (European Environment Agency (EEA) <https://www.eea.europa.eu/>)



Bibliografia

- Meehl, G. A., & Tebaldi, C. (2004). "More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century". *Science*, 305(5686), 994-997.
- Stöckli, R., R. Simmon, and D. Herring. 2011. "Land Surface Temperature Difference".

/One Health/

ambito disciplinare
sanità pubblica
veterinaria

"**One Health**" è una definizione lessicale anglosassone che significa e si traduce nella nostra lingua in "Una Salute".

È un concetto particolarmente importante perché racchiude in modo semplice e conciso la visione essenziale e olistica del nostro benessere e di quello dell'ambiente e degli animali con cui conviviamo. In pratica non esiste individuo alcuno che possa vivere sano in un ambiente che non lo sia.

autori
Riccardo Orusa
Enrico Bollo

Molto spesso le **malattie**, soprattutto emergenti, che colpiscono l'uomo sono di origine animale, ovvero originano da specie animali (anche a vita libera) e sono collegate in molti casi con alterazioni ambientali, **cambiamenti climatici** e processi sociali, e sostenute per lo più da agenti di natura virale ad alta patogenicità, elevata contagiosità e morbilità, nonché talvolta alta mortalità. Alcune malattie possono interessare solo gli animali (per esempio: afta epizootica, peste suina classica e africana, malattia di Newcastle, influenza aviaria, ecc.) oppure possono, a seguito di un salto di specie, colpire anche l'uomo (infezione da hantavirus, SARS, MERS, Ebola, SARS-CoV-2). In questo ambito si pone il concetto di *One Health*: l'approccio collaborativo di più discipline che operano a livello locale, nazionale e globale per raggiungere una salute ottimale delle persone, degli animali e dell'ambiente. La comparsa delle **zoonosi** emergenti o riemergenti, a pieno titolo nell'ambito del contesto *One Health*, rappresenta un fenomeno di natura pressoché universale e il suo impatto su ecosistema, natura, popolazioni umana e animali può essere molto consistente e importante. Una risposta efficiente garantita dai sistemi di sanità pubblica verso le zoonosi emergenti e riemergenti rappresenta il baluardo e la difesa primaria per il mantenimento e il miglioramento del benessere e della salute delle popolazioni umana e animali. L'emergenza di malattie zoonotiche ci deve stimolare a importanti riflessioni su quante ripercussioni ambientali, economiche e sociali si possano verificare in ogni giorno sul nostro pianeta, qualora non vengano attivati e mantenuti ovunque gli standard relativi allo studio, alla prevenzione e al controllo di malattie che necessitano di un approccio continuo, integrato, interdisciplinare e olistico. L'efficiente applicazione in ambito integrato di un approccio "uomo-animale-ambiente" rappresenta altresì un efficace risparmio di risorse, quantificabile

in riduzione dell'ospedalizzazione di pazienti, armonia e benessere nell'ambiente naturale delle specie animali sia in allevamento sia a vita libera, nonché salubrità delle produzioni animali destinate al consumo umano.

Inoltre il monitoraggio e controllo delle specie animali sempre più frequentemente a contatto con l'uomo (cinghiali, volpi, lupi, specie aviarie migratorie) può consentire di prevenire l'insorgenza di malattie zoonotiche e di gravi epidemie nelle popolazioni animali in allevamento. L'obiettivo primario e unico, a priori e a posteriori, della sanità pubblica consiste nel trovarsi pronti a prevenire l'insorgenza di malattie zoonotiche o emergenti, spesso imprevedibili, e al contempo essere in grado di esercitare un'adeguata e tempestiva reazione di contenimento a una malattia a insorgenza rapida e ad ampia diffusibilità, in un'ottica integrata e multidisciplinare di *One Health*, ovvero di "Una salute: uomo-animale-ambiente".

Bibliografia

- AA.VV. (2004). "Emerging zoonoses and pathogens of public health concern". *Revue Scientifique et Technique OIE*, vol. 23 (2).
- Aguirre A.A. et al. (2002). "Conservation Medicine: Ecological health in practice". Oxford Univ. Press, N.Y. (USA).
- Daszak P., Cunningham A.A., Hyatt A.D. (2000). "Emerging infectious diseases of wildlife: threats to biodiversity and human health". *Science* 287, 443-449.
- Lloyd G., Bowen E. T. W., Jones N., Pendry A. (1984). "HFRS outbreak associated with laboratory rats in UK". *Lancet* 1, 1175.
- Morse S.S. (1993). "Examining the origins of emerging viruses". In: *Emerging viruses* (S.S. Morse edit.). Oxford University Press, Oxford (UK), 10-28.
- O'Reilly L.M., Daborn C.J. (1995). "The epidemiology of *Mycobacterium bovis* infection in animal and man: a review". *Tubercle Lung Dis.* 76, 1-46.
- Peters C.J., Anderson G.W. (1981). "Pathogenesis of Rift Valley Fever". *Contrib. Epidemiol. Biostat.* 3, 21-41.
- World Health Organisation (WHO) (2003). "Fièvre du la Vallée du Rift, Egypte". *Relevé Epidémiol. Hebd. OMS*, 78 (36) 313-320.

ambito disciplinare
ambientale

autori

Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariello

Il lemma **One Health** si riferisce all'approccio collaborativo, multisettoriale e transdisciplinare a diverse scale (globale, nazionale, regionale e locale) che considera come elemento chiave l'interrelazione esistente per natura tra uomo, animale e ambiente per trarre la salute e il benessere di tali elementi. Perciò, la qualità e il benessere di un gruppo può direttamente o indirettamente impattare la qualità di uno degli altri due gruppi.

Tenendo in considerazione questi tre aspetti relativi alla salute, è possibile generare soluzioni non soltanto per indirizzare il problema di salute specifico di alcuni gruppi (es. persone o animali) ma, al contempo, si possono mitigare le fonti di tali problemi. In un'ambiente che evolve velocemente, in cui l'uomo e l'animale spesso entrano in stretto contatto, è necessario sempre più utilizzare un approccio *One Health* per raggiungere soluzioni integrate.

Una delle aree di ricerca che necessita urgentemente l'utilizzo di tale approccio riguarda i **cambiamenti climatici** e gli **impatti** del clima sulla salute animale, umana ed ecosistemica. Si parla di salute ambientale in riferimento a una branca della salute pubblica riguardante gli aspetti naturali e l'ambiente costruito che influisce sulla salute umana.

Riguardo alla componente ambientale, l'aria, l'acqua e il suolo rappresentano i fattori che favoriscono il trasporto e la diffusione delle malattie. I cambiamenti nell'**uso del suolo** (per esempio la **deforestazione**), la contaminazione e l'**inquinamento** ambientale forniscono nuove opportunità per il passaggio di malattie all'animale e all'uomo.

Secondo la *One Health* vi è la necessità di applicare un approccio integrato di gestione del rischio per la salute, essendo un concetto profondamente interdisciplinare e cross-settoriale che include l'interazione sistematica tra le sfere della salute globale: salute umana, salute animale e salute ambientale.

Per raggiungere un modo più sostenibile di vivere il pianeta, questo paradigma include tre fattori chiave legati alla salute: prevenzione, intervento e guarigione/riabilitazione.

Bibliografia

- One Health Commission (2019) "What is one health": https://www.onehealthcommission.org/en/why_one_health/what_is_one_health/
- O'Brien, E. and Xagorarakis, I. (2019) "A water-fo-

ambito disciplinare
chimico

autore
Marco Minella

L'**ozono** è un allotropo dell'ossigeno avente formula bruta O_3 . A temperatura e pressione ambiente si presenta in forma gassosa (la sua temperatura di condensazione è infatti $-112\text{ }^\circ\text{C}$), ha una colorazione blu e un odore pungente. Questo composto fu scoperto nel 1840 dal chimico tedesco Christian Friedrich Schönbein. L'ozono è una specie dalle proprietà ossidanti, è tossico per l'uomo poiché reagisce facilmente con tutti i composti contenenti legami doppi carbonio-carbonio. A livello polmonare porta alla formazione di perossidi precursori di radicali liberi. L'ozono è un gas naturalmente presente nell'**atmosfera** terrestre. La sua concentrazione massima si riscontra nell'**ozonofera** a circa 30 km di altezza dalla superficie ove raggiunge concentrazioni medie di 10 ppmv (parti per milione in volume). A livello troposferico la concentrazione naturale è circa 1000 volte inferiore, mediamente 20 ppbv (parti per billione per volume – da *billion*, miliardo), anche se fenomeni di **inquinamento**, specie in contesti urbani, possono portare a concentrazioni anche di qualche centinaio di ppbv.

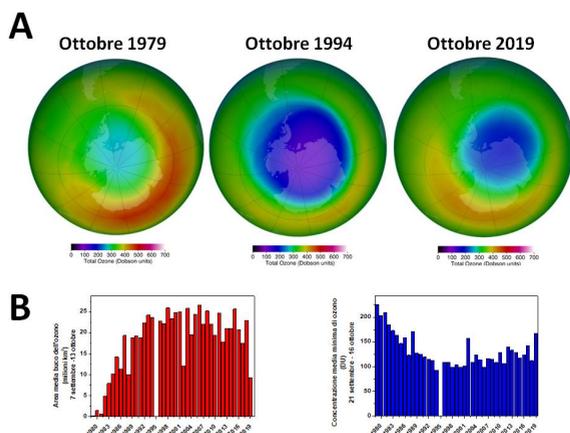
Evoluzione del buco dell'ozono sopra l'Antartide.

A) Mappa da dati satellitari della concentrazione di ozono nell'ottobre del 1979, 1994 e 2019;

B) Andamenti medi dal 1979 al 2019 (tra settembre e ottobre) dell'estensione in milioni di km² del buco dell'ozono (sx) e della concentrazione di ozono (dx).

Fonte e dati: Nasa Ozone Watch - <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/SH.html>

La concentrazione di ozono presente in atmosfera sull'intera colonna è espressa per mezzo di una specifica unità di misura, l'Unità Dobson (DU). La DU è definita ipotizzando di poter misurare l'altezza dello strato ottenuto comprimendo tutto l'ozono della colonna atmosferica ad 1 atmosfera e a $0\text{ }^\circ\text{C}$. 1 DU coincide con la quantità di ozono che fornisce uno strato avente 1/1000 di cm di altezza. Valori tipici dello strato di ozono sono 300DU, valori inferiori fino a 100 DU sono osservati in Antartide durante i periodi di massima estensione del buco dell'ozono.



L'ozono ha un ruolo essenziale; è infatti in grado di bloccare, assorbendola, la frazione UV-B della luce solare impedendo a questa di raggiungere la superficie terrestre. Un incremento dell'irraggiamento UV-B porterebbe a una minore produzione vegetale, una diminuzione marcata della popolazione di fitoplankton (essenziale per il sostenimento delle catene alimentari oceaniche), nonché importanti danni alla salute

umana, quale ad esempio la crescita di patologie tumorali della pelle. L'ozono si genera e distrugge continuamente a livello stratosferico mediante una serie di processi fortemente interagenti.

Fra questi vi è il ciclo di Chapman che prevede: la generazione di atomi di ossigeno per fotolisi (nelle formule "hv") di ossigeno molecolare (O₂) mediante radiazione UV-C (prima reazione, di seguito); la formazione di ozono per reazione di O₂ con un atomo di ossigeno (seconda reazione) ed infine la fotolisi UV-B dell'ozono per generare un atomo di ossigeno e O₂ (terza reazione).

Ciclo di Chapman

Prima reazione: $O_2 + hv_{(UV-C)} \rightarrow 2O$

Seconda reazione: $O + O_2 \rightarrow O_3$

Terza reazione: $O_3 + hv_{(UV-B)} \rightarrow O + O_2$

Il solo ciclo di Chapman prevedrebbe concentrazioni di ozono molto superiori a quelle reali; la motivazione di questo è che in atmosfera si possono instaurare una serie di cicli catalitici che portano alla rimozione di ozono ad opera di specie ossigenate radicaliche, come il monossido e il diossido di azoto (NO/NO₂) e di specie contenenti cloro.

F.S. Rowland e M.J. Molina proposero un ciclo catalitico attivato dalla presenza di ClO_x (ossidi di cloro) capace di portare alla distruzione di ozono. Questi ipotizzarono che i clorofluorocarburi, specie di origine antropica particolarmente stabili e ampiamente utilizzati prima della loro messa al bando (protocollo di Montreal, 1987), possono diffondere in stratosfera e qui fotolizzare rilasciando atomi di cloro in grado di distruggere l'ozono stratosferico. Il fenomeno risulta particolarmente marcato al di sopra dell'Antartide, dove le bassissime temperature invernali permettono la formazione di nuvole stratosferiche polari (*Polar Stratospheric Clouds*) formate da particelle

sulla cui superficie - e grazie alla presenza di radiazione solare - si generano atomi di cloro che portano alla massiccia rimozione di ozono stratosferico al termine del buio inverno antartico.

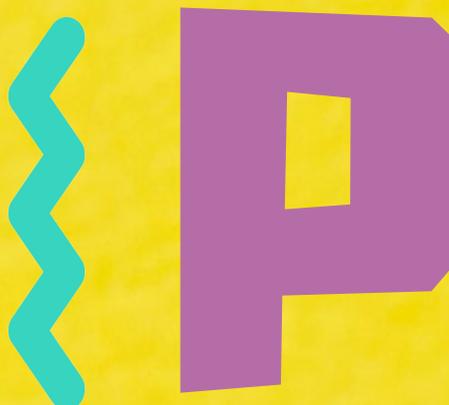
L'ozono se presente invece nella troposfera può avere forti impatti su recettori quali specie vegetali e uomo. L'ozono non è un inquinante primario, non esistono infatti sostanzialmente sorgenti emissive di questo gas. La sua presenza è dovuta all'instaurarsi di processi di **smog fotochimico** durante i quali in atmosfera si formano ossidanti (tra cui l'ozono) e particolato sottile. Gli elementi che possono attivare episodi di smog fotochimico sono la presenza di luce solare e alte concentrazioni di ossidi di azoto e composti organici volatili. Tra le applicazioni più importanti dell'ozono vi è la disinfezione delle acque all'interno di impianti di potabilizzazione o l'utilizzo di questo per l'abbattimento di inquinanti refrattari non rimossi dalle tradizionali tecnologie depurative.

Bibliografia

- Paul J. Crutzen, Frank Arnoldt, "Nitric acid cloud formation in the cold Antarctic stratosphere: a major cause for the springtime 'ozone hole'", *Nature*, 324, 651-655, 1986.
- F. Sherwood Rowland, "Stratospheric Ozone Depletion", *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 361, 1469, 769-79.0
- F. Sherwood Rowland, "Chlorofluorocarbons, Stratospheric Ozone, and the Antarctic 'Ozone Hole'", *Environmental Conservation*, 15, 2, 1988, 101-115.
- Jeffrey S. Gaffney, Nancy A. Marley, "Atmospheric Chemistry and Air Pollution", *The Scientific World Journal* JOURNAL, 2003, 3, 199-234.
- J. Blunden, D.S. Arndt, "State of the climate in 2018", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2019, 100, 9, cused one-health approach for early detection and prevention of viral outbreaks", *One Health*, 7, p. 100094.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Ciò che osserviamo non
è la natura in sé stessa ma
la natura esposta ai nostri
metodi di indagine.



Werner Heisenberg

Fisico.
Fisica e Filosofia

/Paleoclima/ Paleoclimate

ambito disciplinare
fisico

autore
Claudio Cassardo

Il **paleoclima**, di cui la paleoclimatologia ne rappresenta lo studio, è una parola che si riferisce ai climi antichi, cioè al **clima** del nostro pianeta prima della diffusa disponibilità di "record" (*informazioni storiche registrate con continuità - N.d.C.*) strumentali o di qualunque altro tipo.

Questo clima antico viene ricostruito in modo indiretto facendo uso di dati ancillari (chiamati dati vicarianti oppure, in inglese, *proxy data*) con i quali ricostruire le variazioni dei principali parametri climatici (temperatura media globale o regionale, precipitazioni, concentrazioni di particolari elementi come i **gas serra**, ecc.).

Infatti, nel corso degli anni, la Terra ha conservato le registrazioni delle sue condizioni climatiche immagazzinandole negli anelli degli alberi, negli scheletri delle barriere coralline tropicali, nei sedimenti oceanici e lacustri e nei ghiacciai delle calotte polari (si veda il lemma "**Carotaggio**"). In modo simile a come gli archeologi studiano i fossili e altri indizi per ottenere informazioni sul passato preistorico, i paleoclimatologi possono utilizzare questi indicatori ambientali indiretti per stimare come fosse il clima passato della Terra, e comprenderne il motivo, estendendo la nostra comprensione del clima da centinaia a milioni di anni.

La scienza paleoclimatica ha compiuto progressi significativi dagli anni '70 del secolo scorso, quando si iniziarono a studiare in dettaglio argomenti come l'origine delle **glaciazioni** e delle ere glaciali, e della cosiddetta "Piccola Età Glaciale" e del "Periodo Caldo Medievale". Il primo rapporto **IPCC** del 1990, in cui erano presenti già i risultati della prima generazione di **modelli climatici**, faceva già riferimento a questi argomenti, anche se le dinamiche di molte **variazioni climatiche** precedenti alla registrazione strumentale non erano ancora ben comprese. Tuttavia, molti risultati estremamente importanti sul paleoclima furono pubblicati tra la fine del secolo scorso e l'inizio di questo secolo, come ad esempio gli studi sui carotaggi di ghiaccio effettuati in Groenlandia e Antartide.

Il paleoclima, ricostruito in qualche modo nel passato con sempre maggiore imprecisione allontanandoci dal presente, evidenzia come il clima della Terra sia in continua evoluzione. Negli ultimi due milioni di anni, abbiamo avuto dei periodi glaciali con copertura quasi completa del Pianeta (si veda il lemma "**Terra palla di neve**") e, più recentemente, le glaciazioni, con ampie coperture glaciali sulle masse continentali del nostro emisfero e livello del mare decisamente inferiore a quello odierno, ma anche periodi molto più

caldi di oggi, ad esempio nel periodo Cretaceo (tra 145,5 e 65,5 milioni di anni fa) ma anche durante l'Eocene, quando la copertura glaciale non esisteva neppure sulle zone polari e il livello del mare era notevolmente maggiore rispetto ad oggi.

Le variazioni sono sicuramente state molto meno significative durante il periodo in cui si è sviluppata la civiltà umana di *Homo Sapiens Sapiens*, anche se a scala regionale ci sono tracce di variazioni significative in tempi relativamente brevi, come ad esempio il periodo *Younger Dryas*, che colpì soprattutto le zone affacciate sul nord Atlantico circa dodicimila anni fa, o anche le grandi e persistenti siccità nel Nord America negli ultimi mille anni.

Lo studio dei **cambiamenti climatici** del passato ci aiuta anche a capire qual è l'effetto dell'influenza antropica sul **sistema climatico** della Terra, separandolo dalle variazioni naturali delle **forzanti** del clima.

Bibliografia

- Alverson, Keith D., and Raymond S. Bradley. "Paleoclimate, global change and the future". Springer Science & Business Media, 2003.
- Bar-Matthews, Miryam, et al. "The Eastern Mediterranean paleoclimate as a reflection of regional events: Soreq cave, Israel." *Earth and Planetary Science Letters* 166.1-2(1999):85-95.
- Chiang, John CH. "The tropics in paleoclimate." *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 37 (2009): 263-297.
- Georgiadis, Teodoro, and Luigi Mariani. "Clima e cambiamento climatico. II. Dati osservativi, paleo-climatologia, modelli climatici, attività internazionali". *Rivista Italiana di Agrometeorologia* 2 (2006): 5-25.
- Jansen, Eysteinn, et al. "Paleoclimate." *Climate change 2007: the physical science basis; contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (2007)
- Mack, Greg H., and W. C. James. "Paleoclimate and the global distribution of paleosols." *The Journal of Geology* 102.3 (1994): 360-366.

/Paradosso di Jevons/ Jevons Paradox

Vedi **Effetto rimbalzo**.

/Pedoclima/ Pedoclimate

ambito disciplinare
ambientale

autore
Michele Freppaz

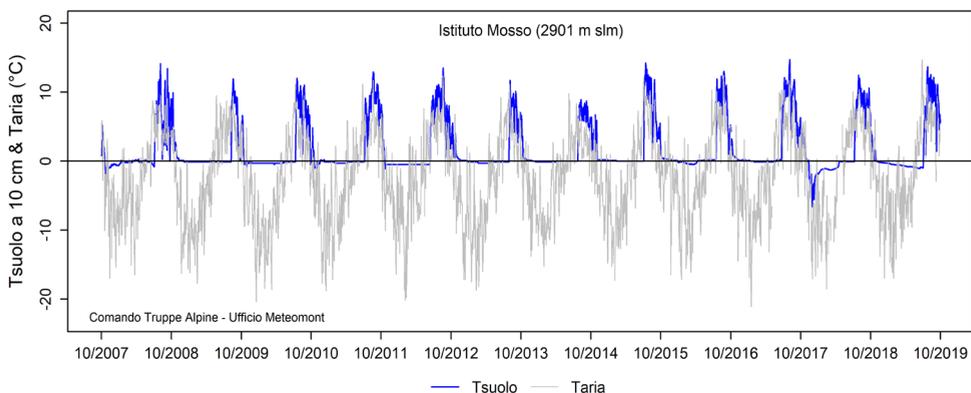
Il **pedoclima** ("clima" del suolo), rappresentato dalle condizioni di umidità e di temperatura e dalla loro variazione nel corso delle stagioni, è un parametro fondamentale per comprendere la genesi e il funzionamento di un suolo.

La misura di questi parametri può essere condotta in continuo con sensori specifici, collocati a diverse profondità. Negli strati ("orizzonti", per i pedologi) più superficiali i valori di temperatura possono scendere abbondantemente sotto gli 0 °C, ad esempio negli ambienti di tundra caratterizzati dalla presenza di **permafrost**, oppure raggiungere i 40 °C in estate nelle regioni tropicali.

La temperatura del suolo varia poi in funzione del tempo, con cicli giornalieri e annuali. Le fluttuazioni giornaliere sono maggiori negli orizzonti più superficiali di un suolo, mentre a profondità superiori ai 35 cm circa, tali oscillazioni si attenuano in maniera significativa. Nel corso dell'inverno gli orizzonti più superficiali del suolo possono poi andare incontro a fenomeni di congelamento, tranne dove vi è un manto nevoso di sufficiente spessore che, grazie al suo potere isolante, è in grado di mantenere la temperatura del suolo prossima agli 0 °C, anche se la temperatura dell'aria scende abbondantemente sotto gli 0 °C (si veda la figura). In questi ambienti, nel corso del disgelo primaverile l'ingente rilascio di acqua s'infiltra nel suolo, aumentandone in maniera significativa l'umidità, con valori massimi pari circa il 40-50% del volume complessivo. L'acqua nel suolo occupa gli spazi vuoti tra le particelle solide e, in funzione della forza con cui è trattenuta, può essere più o meno disponibile per le piante o trasferirsi in profondità. La quantità d'acqua che può essere stoccata in un suolo è decisamente importante con

valori che possono raggiungere, per un ettaro (10.000 m²) e per una profondità pari a 1 metro, centinaia di migliaia di litri. L'evapotraspirazione (quantità d'acqua che dal suolo passa nell'aria per effetto congiunto della traspirazione, attraverso le piante, e dell'evaporazione, direttamente dal suolo) condiziona il contenuto idrico con effetti anche sul **clima** terrestre, in quanto è un processo di "raffreddamento naturale".

La temperatura e l'umidità del suolo influenzano i processi di formazione del suolo e il ciclo degli elementi nutritivi, con importanti effetti sulla fertilità e di conseguenza sulla crescita delle piante. L'abbondanza d'acqua e le basse temperature del suolo possono indurre significativi accumuli di carbonio (anche 300 tonnellate a ettaro in una torbiera alpina), con la formazione di suoli particolari, denominati *Histosol* (dal greco *Histos*, tessuto). Si tratta dei suoli delle torbiere, diffuse soprattutto in Europa settentrionale, ma anche nelle Alpi. L'aumento delle temperature, così come la riduzione del contenuto idrico di questi suoli, possono contribuire ad accelerare la



Andamento della temperatura media giornaliera del suolo (10 cm di profondità) e dell'aria misurate dalla stazione nivometeorologica automatica gestita dal Comando Truppe Alpine - servizio Meteomont all'interno del sito LTER Istituto Mosso (2901 m slm, Alagna Valsesia - Gressoney La Trinité). La presenza di un consistente manto nevoso in questo ambiente di tundra alpina protegge il suolo dalle basse temperature invernali (minime anche di -20 °C), mantenendone la temperatura prossima agli 0 °C. L'inverno 2017-2018 è stato caratterizzato da un ritardo nell'accumulo del manto nevoso (~30 cm fino al 30 Novembre 2017), fenomeno che ha determinato un intenso fenomeno di congelamento del suolo, la cui temperatura ha raggiunto i -7 °C. Successivamente alla scomparsa della neve, intorno ai primi di Luglio, la temperatura del suolo generalmente riprende a crescere, raggiungendo valori massimi intorno ai 14 °C. Fonte: Istituto Scientifico A. Mosso, Università di Torino.

decomposizione e la mineralizzazione della sostanza organica, riducendo il contenuto di carbonio organico, con ingenti emissioni di **diossido di carbonio**.

Bibliografia

- Edwards A.C., Scalenghe R., Freppaz M. (2007) "Changes in the seasonal snow cover of alpine regions and its effect on soil processes: a review". *Quaternary International* 162-163: 172-181.
- Freppaz M., Celi L., Marchelli M., Zanini E. (2008) "Snow removal and its influence on temperature and N dynamics in alpine soils (Vallée d'Aoste - NW Italy)". *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 672-680.
- Freppaz M., Williams M.W., Seastedt T., Filippa G. (2012) "Response of soil organic and inorganic nutrients in alpine soils to a 16-year factorial snow and N-fertilization experiment, Colorado Front Range, USA". *Applied Soil Ecology* 62: 131- 141.
- Romeo R., Vita A., Manuelli S., Zanini E., Freppaz M. & Stanchi S. (2015) "Understanding Mountain Soils: A Contribution from mountain areas to the International Year of Soils 2015". FAO, Rome, 2015.
- Pintaldi E., Viglietti D., D'Amico M.E., Magnani A., Freppaz M. (2019) "Abiotic Parameters and Pedogenesis as Controlling Factors for Soil C and N Cycling Along an Elevational Gradient in a Subalpine Larch Forest (NW Italy)". *Forests* 2019, 10, 614.

/Pedosfera/ Pedosphere

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Gianni Latini

La **pedosfera** è ciò che comunemente chiamiamo "suolo". Si sviluppa grazie all'interazione dinamica tra **atmosfera, biosfera, idrosfera** e **litosfera** (di quest'ultima costituisce la parte più esterna).

La pedosfera è fondamentale per la vita sulla Terra essendo, negli ecosistemi continentali, la zona nella quale la materia organica viene mineralizzata e grazie alla quale le sostanze minerali vengono utilizzate per generare nuova materia organica (**ciclo del carbonio**). La pedosfera è costituita da minerali, sostanza organica, acqua e aria. Si trova all'interno della più ampia Zona Critica Terrestre (*Earth Critical Zone*) che comprende anche la vegetazione, i sistemi acquiferi sotterranei, la regolite e che termina a una certa profondità nella roccia, laddove la biosfera e l'idrosfera cessano di apportare cambiamenti significativi alla chimica in profondità. Si sviluppa arricchendosi di una complessa comunità vivente e, in funzione del **clima** e della disponibilità di acqua, raggiunge una maturità in equilibrio relativamente stabile con l'ambiente.

L'**uso del suolo** e il relativo cambio d'uso sono tra i **driver** determinanti dei **cambiamenti climatici**, in quanto la modificazione degli equilibri naturali a causa dello sviluppo delle aree antropizzate (città e aree residenziali, aree destinate a produzioni agricole, industriali e ai servizi) e della **deforestazione** incidono su alcune

variabili (albedo, concentrazione di gas serra, biodiversità, ecc.) del sistema climatico.

Bibliografia

- Belmonte, Sergio A., et al. "Effect of long-term soil management on the mutual interaction among soil organic matter, microbial activity and aggregate stability in a vineyard." *Pedosphere* 28.2 (2018): 288-298.
- Businelli, Mario. "Principi di Chimica del suolo". Morlacchi Editore, 2007.
- Freppaz, Michele, et al. "Suoli più freddi in un mondo più caldo? Il ruolo della neve nel condizionare la temperatura e la vita del suolo." (2006): 74-81.
- Dannenmann, Michael, et al. "The effect of forest management on trace gas exchange at the pedosphere-atmosphere interface in beech (*Fagus sylvatica* L.) forests stocking on calcareous soils." *European Journal of Forest Research* 126.2 (2007): 331-346.
- Scalenghe, Riccardo, Ermanno Zanini, and Donald R. Nielsen. "Modeling soil development in a post-incisive chronosequence." *Soil science* 165.6 (2000): 455-462.
- Vats, Siddharth, Neeraj Gupta, and Prachi Bhargava. "Vulnerability of Soil Micro Biota Towards Natural and Anthropogenic Induced Changes and Loss of Pedospheric Functionality." *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*. Springer, Singapore, 2019. 191-205.
- Zanini, Ermanno, and Michele Freppaz. "Parte A: Il suolo." (2012): 11-44. In "Guida pratica di pedologia". Progetto Napea, Alcotra 2007-2013.
- Zhong-Bing, L. I. N., and Ren-Duo Zhang. "Dynamics of soil organic carbon under uncertain climate change and elevated atmospheric CO₂." *Pedosphere* 22.4 (2012): 489-496.
- Zhongjun, J. I. A., et al. "Soil organic carbon in a changing world." *Pedosphere* 27.5 (2017): 789-791.

/ Pensiero sistemico/ System Thinking

ambito disciplinare
ambientale
linguistico

autori
Tommaso Orusa
Maria Cristina
Caimotto

La riduzione degli interi a parti è il cuore della visione del mondo che la scienza ha ereditato da Galileo, Bacone, Descartes.

Ad oggi, tuttavia, molti fenomeni (come i **cambiamenti climatici**) e gli stili di vita hanno spinto le discipline scientifiche a essere sempre più multidisciplinari, interdisciplinari e complementari tra loro per risolvere problemi legati a un **sistema complesso** (si veda quest'ultima voce per comprendere i meccanismi e le caratteristiche proprie di questo tipo di sistemi - N.d.C.). In tutti questi casi si rende necessario un **pensiero sistemico**.

Per esempio, nel caso dei cambiamenti climatici, fenomeni collegati come l'**aumento demografico**, il prelievo delle risorse naturali e l'utilizzo delle materie prime - che devono necessariamente fare i conti con la sostenibilità e la circolarità - richiedono un approccio sistemico poiché i mondi fisico, sociale ed economico sono sistemi "non-lineari". Pensare per sistemi vuole dire studiare e osservare da differenti prospettive e cercare di individuare elementi, flussi e comportamenti che nel loro insieme definiscono un sistema e, soltanto dopo questa

analisi, proporre strategie o soluzioni. Una volta definito il sistema è estremamente importante capire e osservare come esso si comporta, quali siano le sue dinamiche, le sue riposte e le sue **retroazioni** (o *feedback*), così da individuare punti di leva, in modo da minimizzare gli sforzi e massimizzare il risultato nel caso in cui si voglia o si debba intervenire sul suo funzionamento.

È chiaro che di fronte a uno scenario di questo tipo Scienza, Economia e Politica-Società devono dialogare. La Scienza dei sistemi trova oggi numerose applicazioni a livello matematico, fisico, biologico, ambientale, forestale ed economico. Gran parte degli approcci sulla gestione dei sistemi reali e il pensiero sistemico è cominciata con l'agricoltura e l'attività forestale, in particolare col lavoro dell'orticoltore Liberty Hyde Bailey, degli agronomi e forestali Albert Howard, Aldo Leopold, George Washington Carver, Nikolaj Ivanovič Vavilov, Miguel Altieri, Stephen Gliessman, Wes Jackson e Alan Savory. In molti casi si trattava di rispondere a domande in apparenza semplici ma che richiedevano un'analisi approfondita, come ad esempio garantire una produzione di legname senza compromettere l'ecosistema forestale e i **servizi ecosistemici** e, al contempo, rispondere ai bisogni sociali o sfamare un intero paese senza compromettere la fertilità dei suoli. Notevoli sono stati anche gli studi successivi in campo fisico, in particolare i decenni fra il 1950 e il 1980 sono stati l'era d'oro della teoria dei sistemi. Si iniziò a parlare di sostenibilità e di limiti allo sviluppo economico secondo l'attuale paradigma, in particolare con i contributi della scienziata Donella H. Meadows. Da allora numerosi studi, ricerche e contributi sono stati proposti da vari scienziati e tecnici di tutto il mondo, tra cui alcuni di università prestigiose come il MIT di Boston. Tali studi tuttavia presentavano interessanti linee guida e piani d'azione per il sistema politico-econo-

mico, tenendo conto della capacità portante del Pianeta e delle esigenze delle generazioni future. In pratica si tentava di dare indicazioni e rispondere a domande quali: *Come è possibile uno **sviluppo sostenibile**?*

*Come garantire una crescita economica entro i **confini planetari**?*

Purtroppo a tali studi non è stata attribuita la dovuta importanza e non sono stati applicati a livello internazionale come sarebbe stato opportuno. Ancora oggi conservano la loro validità e ci fanno capire dove ha avuto inizio uno dei grandi errori che ha portato all'attuale **crisi climatica**. Nella vita di tutti i giorni, infatti, oggi come allora, continuiamo ad amministrare, organizzare, analizzare, gestire e governare sistemi ecologici e sociali complessi come se fossero una raccolta di parti isolate e non un'unione di flussi.

Ma che cos'è un sistema? Facendo riferimento ad alcune definizioni:

«Un sistema è un insieme di elementi interconnessi che è organizzato coerentemente in un modo che ottenga qualcosa, deve consistere in tre tipi di cose: elementi, interconnessioni e una funzione o scopo.»
Donella Meadows

«Un sistema è (a) un insieme di unità o elementi interconnessi di modo che i cambiamenti di alcuni elementi o delle loro relazioni produca cambiamenti nelle altre parti del sistema e (b) l'intero sistema esibisce delle proprietà e dei comportamenti che sono diversi da quelli delle parti.»

Robert Jervis

Inoltre, l'approccio sistemico è collegato al linguaggio, poiché come parliamo influisce su come pensiamo e ci porta a saltare a proposte e soluzioni che coincidono con la nostra visione del mondo e che, come ci mostra Meadows (2008), spesso ci fanno ottenere un risultato opposto a quello sperato. Il pensiero sistemico

ci permette di superare i limiti imposti dai nostri schemi mentali, di abbandonare gli assunti che consideriamo condivisi da tutti e diamo per scontati, e vedere soluzioni non evidenti. La nostra capacità di previsione diventa così molto più affinata e precisa: lo dimostra la validità che hanno oggi le previsioni sulla crisi ambientale fatte negli anni '70 del secolo scorso, quando quelle idee sembravano del tutto scollegate dalla realtà circostante e non riuscivano a farsi ascoltare perché non rientravano negli schemi mentali dominanti.

Bibliografia

- Benndorf, R., et al. "Including land use, land-use change, and forestry in future climate change, agreements: thinking outside the box." *Environmental Science & Policy* 10.4 (2007): 283-294.
- Berry, Helen L., et al. "The case for systems thinking about climate change and mental health." *Nature Climate Change* 8.4 (2018): 282-290.
- Meadows, D. H., "Thinking in systems: A primer". Chelsea green publishing, 2008.
- Meadows, D. H., "Dancing with systems." *Whole Earth* 106 (2001): 58-63.
- Meadows, D. H., Randers J., and Meadows D., "Limits to growth: The 30-year update." Chelsea Green Publishing, 2004.
- Roychoudhury, Anita, et al. "The Need to Introduce System Thinking in Teaching Climate Change." *Science Educator* 25.2 (2017): 73-81.
- Ross A. D., Wade J. P. "A definition of systems thinking: A systems approach." *Procedia Computer Science* 44.2015 (2015): 669-678.

/Percezione dei cambiamenti climatici/ Perception of Climate Change

ambito disciplinare
sociologico

autore
Osman Arrobbio

Percepire consiste nel prendere coscienza di fatti o fenomeni, attraverso stimoli sensoriali, analizzati e interpretati mediante processi intuitivi, psichici, intellettivi. Il **cambiamento climatico** si manifesta attraverso un aumento delle temperature medie, un aumento nella frequenza di puntuali **eventi meteorologici estremi**, mutamenti nella composizione (durata, successione e intensità) di schemi ed eventi meteorologici stagionali.

Percepire il cambiamento climatico può riguardare sia la capacità di riconoscere, a livello meramente sensoriale, le anomalie climatiche e meteorologiche - ad esempio che le temperature della scorsa estate sono state più alte di quelle delle estati di un periodo precedente - sia la capacità (o propensione) a inscrivere fatti e fenomeni climatici e meteorologici, siano essi esperiti personalmente o indirettamente, all'interno del quadro interpretativo che supporta l'effettiva esistenza del cambiamento climatico.

Per quanto riguarda il primo caso, si può intuitivamente e generalmente supporre che l'esperire personalmente le manifestazioni del cambiamento climatico, che si suppone saranno sempre più intense e frequenti, porterà all'aumento del numero di individui che sostengono che il cambiamento climatico sia un fatto reale. Un recente studio (Moore et al., 2019) dimostra, peraltro, che ciò potrebbe non verificarsi. Perlomeno non con l'entità attesa e/o non per tutte le

manifestazioni del cambiamento climatico. Parrebbe infatti che la capacità di riconoscere le anomalie di temperatura risulti particolarmente influenzata dalle temperature percepite negli anni precedenti più ravvicinati (da 2 a 8 anni). Queste diventano (o perlomeno influenzano) la base di riferimento che gli individui adottano nello stabilire se le temperature da loro direttamente esperite siano “normali” o “anormali”. Allo stesso tempo, nonostante questa eventuale “imperfezione”, pare che l'accettazione del quadro interpretativo che supporta l'idea che il cambiamento climatico stia effettivamente avendo luogo sia sempre maggiore. Stando ai dati emersi dall'ottava tornata della *European Social Survey* (2016), svolta su un campione di 44.387 individui di 22 paesi europei più Israele, in 4 paesi la percentuale di popolazione che ritiene che il **clima** stia probabilmente o sicuramente cambiando è superiore all'80% (minimo 83,5%, Federazione Russa), mentre in tutti gli altri paesi è superiore al 90% (massimo 97,7% in Islanda) (Poortinga et al., 2019).

Per quanto riguarda l'Unione Europea, secondo l'indagine Eurobarometro 490 sul tema “*Climate Change*” (campione di 27.655 individui), il 93% dei rispondenti ritiene che il cambiamento climatico sia un problema serio (il 79% ritiene che sia un problema molto serio e il 23% ritiene che sia il problema più serio) (Eurobarometer, 2019).

Bibliografia

- Eurobarometer (2019). “Climate change. Special Eurobarometer 490”. European Union.
- European Social Survey (2016). “European Social Survey Round 8 Data. File Edition 2.0.” Bergen, Norway: Norwegian Centre for Research Data.
- Moore, F. C., Obradovich, N., Lehner, F., & Baylis, P. (2019). “Rapidly declining remarkability of temperature anomalies may obscure public perception of climate change”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(11), 4905-4910.
- Poortinga, W., Whitmarsh, L., Steg, L., Böhm, G., & Fisher, S. (2019). “Climate change perceptions and their individual-level determinants: A cross-European analysis”. *Global environmental change*, 55, 25-35.



ambito disciplinare
psicologico

autori
Susana Martins
Alves
Marino Bonaiuto

Il cambiamento climatico può essere inteso come la conseguenza di un problema più ampio: una mancanza di equilibrio nel modo in cui gli umani interagiscono con il mondo naturale (Swim, Markowitz & Bloodhart, 2012).

Le **percezioni** dei cambiamenti climatici sono fondamentali per l'impegno pubblico e il sostegno alle azioni di **adattamento** e **mitigazione** degli stessi. I ricercatori hanno studiato come fattori di livello individuale influenzano la percezione dei cambiamenti climatici e hanno scoperto che, oltre alle variabili socio-demografiche, i valori, le visioni del mondo e l'orientamento politico sono fattori chiave che la determinano. Un recente studio, incentrato su un confronto tra studi condotti in 23 paesi (Poortinga, Whitmarsh, Steg, Böhm, Fisher, 2019) ha dimostrato che i fattori sociopolitici e demografici sono predittori significativi delle convinzioni e delle preoccupazioni sul cambiamento climatico. In

relazione alle variabili socio-demografiche, non esistono modelli di variabili quali genere, età ed educazione nel modellare le percezioni dei cambiamenti climatici. Ad esempio, il livello di istruzione non è necessariamente associato alle credenze sul cambiamento climatico: gli scettici del clima possono essere informati quanto i non scettici (Hornsey et al., 2016). Per quanto riguarda i valori, gli studi si sono concentrati sulle dimensioni del valore di auto-trascendenza e di auto-miglioramento: la ricerca ha dimostrato che le persone che sostengono valori di auto-trascendenza o altruistici sembrano essere più preoccupate per il cambiamento climatico antropogenico, mentre quelle che credono in valori di auto-miglioramento o egoistici tendono a essere meno preoccupate (Steg e De Groot, 2012). I valori politici sono tra i più forti determinanti socio-politici delle percezioni dei cambiamenti climatici. Le persone che sottoscrivono valori conservatori, rispetto a valori di apertura al cambiamento, hanno minori probabilità di preoccuparsi o di voler apportare cambiamenti per l'ambiente e coerentemente maggiori probabilità di percepire impatti meno negativi da parte dei cambiamenti climatici (Poortinga et al., 2019).

Inoltre, la percezione dei cambiamenti climatici coinvolge questioni relative alle credenze (Swim, Markowitz & Bloodhart, 2012). Le credenze, ad esempio, sono modellate da esperienze dirette (ad es.

il meteo giornaliero) e indirette (ad es. come i cambiamenti climatici sono inquadrati nei media): le credenze sul cambiamento climatico sono pertanto fenomeni abbastanza mutevoli e dipendenti dalla situazione.

Esistono inoltre, diversi costrutti psicologici che incidono sulle credenze circa il cambiamento climatico, come la **distanza psicologica** e il *bias* (ovvero la tendenza, il pre-giudizio) ottimista. Sono necessarie ulteriori ricerche per imparare a comunicare meglio i cambiamenti climatici al pubblico, anche in base a tali conoscenze, e per aiutare conseguentemente le persone ad affrontarli in modo efficace.

Bibliografia

- Hornsey, M., Harris, E., Bain, P., & Fielding, K. (2016). "Meta-analyses of the determinants and outcomes of belief in climate change". *Nature Climate Change*, 6(6), 622-626.
- L. Steg, De Groot, J. I. M. (2012). "Environmental values". In S. Clayton (Ed.), *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*. Oxford: Oxford University Press.
- Poortinga, W., Whitmarsh, L., Steg, L., Böhm, G. & Fisher, S. (2019). "Climate change perceptions and their individual-level determinants: A cross-European analysis". *Global Environmental Change*, 55, 25-35.
- Swim, J. K., Markowitz, E. M., & Bloodhart, B. (2012). "Psychology and climate change beliefs, impacts, and human contributions". In S. Clayton (Ed.), *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*. Oxford: Oxford University Press.

/Perdita della calotta glaciale dell'Antartide occidentale/ West Antarctic Ice Sheet Disintegration

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

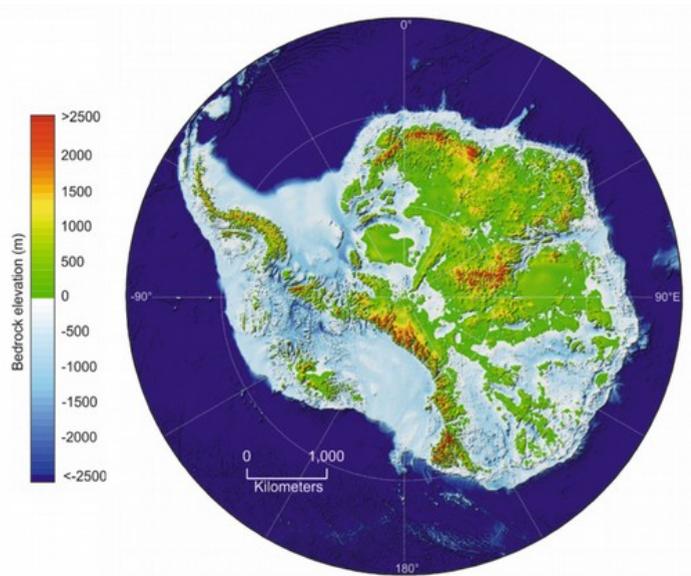
La calotta glaciale dell'Antartide occidentale (*West antarctic ice sheet* - WAIS) è una delle tre regioni che compongono l'Antartide. Le altre due sono l'Antartide orientale e la penisola antartica, con la catena montuosa transantartica che divide l'est dall'ovest. Sebbene molto più piccolo del suo vicino a est, il WAIS contiene ancora abbastanza ghiaccio per aumentare il livello globale del mare di circa 3,3 metri. Pertanto, anche una perdita parziale del suo ghiaccio sarebbe sufficiente per cambiare drasticamente le coste del mondo e avere effetti significativi sul **clima** e per tanto la sua dinamica è oggetto di un attento monitoraggio in quanto **tipping point**. La stabilità a lungo termine del WAIS è oggetto di forte preoccupazione all'interno della comunità scientifica internazionale perché è una calotta glaciale "a base marina". Come illustrato nell'ultimo rapporto speciale dell'IPCC del 2019 sull'oceano e la **criosfera** in un clima che cambia (*Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* - SROCC), essa si trova «su un substrato roccioso che si trova in gran parte al di sotto del livello del mare ed è in contatto con il calore dell'oceano, e quindi tale da renderla vulnerabile alla rapida e irreversibile fusione del ghiaccio.»

La cartografia (si veda la figura) riporta l'elevazione del substrato roccioso antartico; i verdi, i gialli e i rossi indicano le aree sopra il livello del mare, mentre i bianchi e i blu mostrano le aree che, senza ghiaccio, sarebbero ampiamente sotto il livello del mare e invase dall'acqua. La WAIS ha uno spessore di oltre 4 km in alcuni punti. Sotto la forza di gravità, il ghiaccio del WAIS scorre gradualmente dall'interno verso la costa riversandosi nell'Oceano Antartico. Le nevicate all'interno dell'ambiente antartico permettono normalmente di ricostituire il ghiaccio perduto: la neve permane al suolo trasformandosi in nevato e successivamente in ghiaccio. Se però la calotta glaciale perde più ghiaccio nell'oceano di quanto ne guadagni con la neve a seguito del riscaldamento globale, esso si aggiunge al mare contribuendo al suo innalzamento globale.

La ricerca pubblicata su *Nature* da Shepherd et al. nel 2018 ha mostrato che il tasso di perdita di ghiaccio dal WAIS era triplicato da 53 miliardi di tonnellate all'anno (media nel periodo 1992-97) a 159 miliardi di tonnellate all'anno (media nel periodo 2012-2017). Laddove il ghiaccio incontra l'oceano, si formano piattaforme di ghiaccio galleggianti. Queste piattaforme di ghiaccio hanno un effetto di "sostegno", trattenendo i ghiacciai sulla terra che vi con-

fluiscono. Adagiate sulla superficie dell'oceano, le piattaforme di ghiaccio rischiano di sciogliersi rispettivamente dall'alto e dal basso a causa dell'aria calda e dell'acqua. Nella penisola antartica, ad esempio, la ricerca di Shepherd et al. ha dimostrato che il collasso della piattaforma di ghiaccio Larsen B nel 2002 è stata determinata principalmente dalle temperature e dalle masse d'aria più calda e atipiche per i poli. Mentre la piattaforma di ghiaccio Larsen C, che si sta assottigliando rapidamente, si scioglie sia dall'alto e sia dal basso con variazioni in funzione dei trend stagionali. Dato che le piattaforme di ghiaccio galleggiano sull'acqua il loro collasso non causa direttamente l'innalzamento del livello del mare; al contrario l'assottigliamento e/o il collasso delle piattaforme glaciali del WAIS potrebbero innescare un ciclo a *feedback* positivo (cioè auto-rinforzante) che vede la perdita rapida e irreversibile di "ghiaccio terrestre" nell'oceano, che si aggiungerebbe al livello del mare. Questa teoria è chiamata "instabilità della calotta glaciale marina" (MISI).

Esiste probabilmente anche un meccanismo di "*feedback loop*" aggiuntivo che potrebbe ulteriormente mettere in pericolo il WAIS. Questo è chiamato *Marine Ice Cliff Instability* (MICI), che vedrebbe im-



Topografia del substrato roccioso sotto le calotte glaciali esistenti in Antartide. L'ombreggiatura indica le aree sopra (verde, giallo e rosso) e sotto (bianco e blu) il livello del mare.

Fonte: IPCC, Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC) (2019).

ponenti scogliere di ghiaccio collassare nell'oceano sotto il loro stesso peso, anche se la teoria è ancora in fase di discussione.

In termini di raggiungimento del "punto critico" della MISI, la maggior parte della ricerca si è concentrata sul settore del mare di Amundsen del WAIS in cui si riversano sei ghiacciai. Già negli anni Ottanta del secolo scorso, questa regione è stata identificata come il "punto debole". Qui, il ghiaccio fluisce direttamente nell'oceano senza alcuna barriera significativa a trattenerlo. Il contributo dell'Antartide all'innalzamento del livello del mare è attualmente, per la più parte, determinato dalla perdita di ghiaccio da questo settore marino. Ad esempio, le sezioni dei ghiacciai di Thwaites e Pine Island si stanno assottigliando rispettivamente a velocità di 49 e 45 cm all'anno (media nel periodo 1992-2017) e numerose sono le missioni satellitari e le spedizioni scientifiche atte a studiare e monitorare questa zona. La ricerca indica che i ghiacciai in questo settore contribuiranno in modo significativo all'innalzamento del livello del mare nei decenni o nei secoli a venire. In uno studio del 2014 sulla rivista *Science* si è dimostrato come il processo di destabilizzazione della calotta glaciale marina è già in corso

sul ghiacciaio Thwaites.

Lo SROCC dell'IPCC del 2019 è un po' più prudente nelle sue conclusioni. In esso si apprende come la rapida perdita di massa dovuta all'accelerazione del flusso del ghiacciaio in questa regione potrebbe indicare l'inizio del MISI; tuttavia, rileva anche che «i dati osservativi non sono ancora sufficienti per determinare se questi cambiamenti segnino l'inizio di una ritirata irreversibile.» In diversi articoli pubblicati su *Nature Climate Change* si legge come in condizioni di riscaldamento prolungato, una soglia chiave per la sopravvivenza delle piattaforme di ghiaccio antartiche, e quindi la stabilità della calotta glaciale, sembra essere compresa tra 1,5 e 2 °C della temperatura media annuale dell'aria al di sopra dell'attuale. Questa soglia di temperatura si riferisce tuttavia al riscaldamento regionale in Antartide, piuttosto che alla media globale.

Bibliografia

- Brown, Michael S., et al. "Enhanced oceanic CO₂ uptake along the rapidly changing West Antarctic Peninsula." *Nature Climate Change* 9.9 (2019): 678-683.
- IPCC, "Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC)", 2019: <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers/>
- King, John. "Climate science: A resolution of the Antarctic paradox." *Nature* 505.7484 (2014): 491-492.
- Levermann, Anders, et al. "Projecting Antarctica's contribution to future sea level rise from basal ice shelf melt using linear response functions of 16 ice sheet models (LARMIP-2)." *Earth System Dynamics* 11.1 (2020): 35-76.
- Medley, B., and E. R. Thomas. "Increased snowfall over the Antarctic Ice Sheet mitigated twentieth-century sea-level rise." *Nature Climate Change* 9.1 (2019): 34-39.
- Pattyn, Frank, et al. "The Greenland and Antarctic ice sheets under 1.5 °C global warming." *Nature Climate Change* 8.12 (2018): 1053-1061.
- Schmidtko, Sunke, et al. "Multidecadal warming of Antarctic waters." *Science* 346.6214 (2014): 1227-1231.
- Shepherd, Andrew, et al. "Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017." *Nature* 558 (2018): 219-222.

/Perdita della calotta glaciale della Groenlandia/ Greenland Ice Sheet Disintegration

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

La calotta glaciale della Groenlandia è la seconda più grande massa di ghiaccio sulla Terra, dopo l'Antartide. Contiene abbastanza acqua per aumentare il livello globale del mare di 7,2 metri e, di conseguenza, la sua disintegrazione cambierebbe la forma delle coste del mondo. La fusione della calotta glaciale della Groenlandia sta accelerando e attualmente (2019) aggiunge circa 0,7 mm al livello globale del mare ogni anno. In virtù dell'importanza che tale area riveste per la **criosfera** e per la regolazione del **clima** globale è considerata una sorvegliata speciale e di conseguenza un **tipping point**. Il superamento del suo "punto critico" sarà graduale, ma irreversibile. Circa la metà della fusione subita dalla calotta glaciale della Groenlandia si verifica in superficie. Il resto avviene attraverso la fusione alla base della calotta glaciale e la rottura, o distacco, degli iceberg dal

suo bordo. È probabile che la fusione superficiale coinvolga una serie di diversi circuiti di *feedback* auto-rinforzanti che possono accelerare la fusione.

Il più recente rapporto di valutazione completo dell'IPCC, l'AR5, pubblicato nel 2019, ha concluso che è "eccezionalmente improbabile" che la calotta glaciale della Groenlandia subirà una disintegrazione completa nel XXI secolo. Le ricerche più recenti suggeriscono che la calotta glaciale è a rischio su scale temporali più lunghe. Il destino della calotta glaciale della Groenlandia è quindi ancora fortemente dipendente dal tasso di emissioni di **gas serra** in futuro.

Uno studio di modellizzazione pubblicato sulla rivista *Science* da Aschwanden, et al. 2019 ha simulato l'evoluzione della calotta glaciale della Groenlandia fino all'anno 3000 in diversi **scenari** di emissioni. In esso si legge come: «Tra mille anni, la calotta glaciale della Groenlandia apparirà significativamente diversa da quella odierna. A seconda dello scenario di emissione, la calotta glaciale della Groenlandia avrà perso dall'8 al 25% (RCP2.6), dal 26 al 57% (RCP4.5) o dal 72 al 100% (RCP8.5) della sua massa attuale, contribuendo rispettivamente da 0,59 a 1,88 metri, da 1,86 a 4,17 metri o da 5,23 a 7,28 metri al livello medio globale del mare».

Il rapporto speciale dell'IPCC sull'oceano e la criosfera in un clima che cambia (*Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* - SROCC) rileva come la perdita della calotta glaciale in Groenlandia sia lenta ma "irreversibile per millenni". Sebbene sia possibile che la calotta glaciale possa stabilizzarsi in un punto intermedio durante il suo collasso, non riacquisterà le sue enormi dimensioni precedenti fino alla prossima era glaciale.

Bibliografia

- Aschwanden, Andy, et al. "Contribution of the Greenland Ice Sheet to sea level over the next millennium." *Science advances* 5.6 (2019): eaav9396.
- Chen, J. L., C. R. Wilson, and B. D. Tapley. "Satellite gravity measurements confirm accelerated melting of Greenland ice sheet." *science* 313.5795 (2006): 1958-1960.
- Keegan, Kaitlin M., et al. "Climate change and forest fires synergistically drive widespread melt events of the Greenland Ice Sheet." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.22 (2014): 7964-7967.
- IPCC, "Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC)", 2019: <https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/summary-for-policymakers/>
- Ryan, J. C., et al. "Greenland Ice Sheet surface melt amplified by snowline migration and bare ice exposure." *Science advances* 5.3 (2019): eaav3738.
- Robinson, Alexander, Reinhard Calov, and Andrey Ganopolski. "Multistability and critical thresholds of the Greenland ice sheet." *Nature Climate Change* 2.6 (2012): 429-432.
- Steffensen, Jørgen Peder, et al. "High-resolution Greenland ice core data show abrupt climate change happens in few years." *Science* 321.5889 (2008): 680-684.

/Pericolo/ Hazard

ambito disciplinare
ambientale

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

Il **pericolo** è rappresentato dal potenziale verificarsi di un evento di origine naturale o antropica che può colpire una determinata area e causare perdite di vite umane o impatti sulla salute umana, danni a proprietà, infrastrutture, servizi o risorse ambientali. Per questo ambito disciplinare il pericolo differisce dal **rischio**, poiché viene identificato come la causa (evento calamitoso).

Nell'ambito del **cambiamento climatico** si riferisce agli eventi e ai trend climatici, e ai loro **impatti**. Il cambiamento climatico può agire su diverse tipologie di pericoli determinando variazioni nella loro frequenza, intensità o distribuzione spaziale. Il pericolo può essere singolo o multiplo (*multi-hazard*). In un contesto di *multi-hazard*, gli eventi pericolosi possono verificarsi contemporaneamente, a cascata (un evento pericoloso a seguito di un altro pericolo) o cumulati nel tempo, considerando il potenziale degli effetti interconnessi. Tra gli *hazard* climatici, vengono considerati: i trend di riscaldamento, le **ondate di calore**, le ondate di freddo, le **alluvioni**, l'**allagamento**, le frane, la **siccità**, gli incendi, le forti tempeste, l'**innalzamento del livello del mare**, l'erosione della costa, l'**inquinamento atmosferico**, l'**acidificazione degli oceani** e dei laghi.

Bibliografia

- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012. "Determinants of risk: exposure and vulnerability". In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- CMCC, 2017. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): Italy.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

/Permafrost/ Permagelo

ambito disciplinare
ambientale
glaciologico

autore
Tommaso Orusa

Il **permafrost** è annoverato come tipologia di suolo in vari sistemi tassonomici ("Cryosol" per la USDA, "Gelisol" per la WRB). Il termine "permafrost", introdotto nel 1943 dallo statunitense S. W. Muller, indica una tipologia particolare di suolo permanentemente gelato a varie profondità che costituisce un "orizzonte" (strato di suolo - vedi anche la voce "**Pedoclima**") o nel sottosuolo di varie zone, specialmente ad alta latitudine e a elevata quota. Si tratta dunque di una particolare condizione termica del suolo o sottosuolo molto diffusa nei climi freddi che attualmente interessa circa il 25% della superficie terrestre.

A livello scientifico un suolo gelato si definisce permafrost quando, indipendentemente dal substrato (suolo, detrito, roccia, morena, ecc.), rimane congelato per almeno 2 anni consecutivi e con temperature permanentemente minori o uguali a 0 °C . Al di sopra del permafrost si trova uno strato attivo superficiale definito come *active layer* con spessori variabili generalmente da 30÷50 cm fino a 1÷3 m. Al di sotto di questo strato si trova

appunto il permafrost, che ha temperature costantemente al di sotto dello zero. Lo strato attivo è sensibile ai cambiamenti di temperatura stagionali, arrivando in taluni casi a fondersi, in tutto o in parte, durante il periodo estivo per poi ricongelare d'inverno. In situazioni "ordinarie" solo in alcuni casi lo strato attivo è interessato da tale fenomeno; tuttavia a seguito dei **cambiamenti climatici** anche lo strato inattivo, ossia il permafrost propriamente detto, può andare incontro a questo fenomeno con profonde ripercussioni ambientali e sulla sicurezza in ambiente montano. La maggior parte del permafrost è localizzato nelle regioni artiche e antartiche ma è presente anche nelle regioni montuose alle quote più elevate delle medie latitudini come le Alpi, la catena dell'Himalaya, le Montagne rocciose e altri sistemi montuosi. Per il permafrost, l'aspetto determinante non è la temperatura dell'aria, ma la temperatura della superficie del suolo e il suo albedo. La temperatura del suolo viene influenzata fortemente dall'irraggiamento solare nonché dallo spessore e dalla durata della copertura nevosa. Anche se il permafrost non è visibile direttamente, esistono particolari forme di terreno che segnalano la sua presenza, come ad esempio i ghiacciai rocciosi (*rock glaciers*) ampiamente diffusi sulle Alpi.

L'organizzazione meteorologica mondiale (*World Meteorological Organization* - WMO) ha inserito la temperatura del permafrost e lo spessore dello strato attivo tra le *Essential Climate Variables* (ECV), ovvero le variabili essenziali per valutare gli **impatti dei cambiamenti climatici** a livello globale. Il permafrost è influenzato essenzialmente dal **clima**, ma le caratteristiche della superficie topografica e del substrato giocano un ruolo fondamentale nella risposta del permafrost alle modificazioni climatiche.

Per questa ragione il permafrost delle regioni montuose (permafrost montano) è caratterizzato da una elevata variabilità spaziale che rende il suo studio, in termini di monitoraggio, mappatura e modellizzazione, estremamente complesso più che alle elevate latitudini. Nel contesto alpino le attività di monitoraggio rappresentano un aspetto fondamentale poiché forniscono un'evidenza diretta dello stato termico del permafrost e implementano una base dati essenziale per la calibrazione e la validazione dei modelli numerici. Di per sé il permafrost non è un pericolo naturale. Quando però il ghiaccio contenuto nel permafrost fonde a causa dei cambiamenti climatici, il suolo può destabilizzarsi e causare assestamenti, smottamenti, reptazioni, colate detritiche o crolli di rocce o, come avviene in Siberia e Alaska e più in generale nelle zone polari e boreali, liberare metano (CH₄) e altri **gas serra** intrappolati in sacche sotto il suolo gelato. La degradazione del permafrost avviene dunque come un diretto feedback al riscaldamento della superficie del suolo come conseguenza dell'aumento della temperatura dell'aria: è un fenomeno che, negli ultimi 50 anni, si sta verificando in modo significativo in molti settori dell'Artico.

La degradazione del permafrost si manifesta con l'aumento dello spessore dello strato attivo, ossia quella parte del permafrost che per alcuni mesi dell'anno sale sopra gli 0 °C. Essa provoca diversi effetti sulla superficie, come il suo cedimento (subsidenza) o la formazione di nuovi laghi, detti "*termokarst*", nelle zone di pianura.

Nelle zone montane si rileva invece la formazione di frane e colate detritiche, mentre lungo le coste dei mari artici si può avere l'erosione e l'arretramento del litorale.

Tali fenomeni possono causare conseguenze catastrofiche sulle infrastrutture esisten-

Un cedimento del terreno in una regione artica rivela la struttura del permafrost.

Fonte: International Permafrost Association

ti quali le strade, gli oleodotti, i gasdotti o anche gli aeroporti. Queste strutture infatti possono rompersi o diventare impraticabili a causa dei cedimenti del terreno, spesso localizzati e di entità variabile. Anche gli edifici, soprattutto se costruiti in modo improprio, per esempio se non sono sopraelevati in modo da consentire il passaggio dell'aria al di sotto del loro basamento, e con plinti e fondazioni particolarmente profonde possono subire danni irreparabili, sino al crollo degli stessi. In Russia, Alaska, le aree montane come le Alpi e in tutte quelle aree in cui il permafrost è presente, per garantire la sicurezza tecnica degli edifici vengono oggi collaudati nuovi metodi di costruzione che richiedono l'applicazione di metodologie in precedenza di rado adottate e spesso onerose, costringendo a un forzoso **adattamento** a fini di garantire la sicurezza delle opere realizzate. Uno dei problemi più importanti dovuti all'aumento dello spessore dello strato attivo (come accennato in precedenza) è il rilascio di metano dal permafrost disciolto sul fondo dei laghi, a loro volta generati dalla degradazione del permafrost. Questo fenomeno si riscontra soprattutto nella Siberia orientale. Qui, grandi quantitativi di materiale organico non decomposto sono presenti nel permafrost e l'aumento dello spessore dello strato attivo fa sì che parte di questa sostanza organica venga esposta all'aria (ad esempio per evaporazione dell'acqua o suo prelievo) e si decomponga, emettendo grandi quantità di metano e **diossido di carbonio in atmosfera** contribuendo all'amplificazione dell'**effetto serra** e, con un meccanismo di **retroazione** rinforzante, alla degradazione di ulteriore permafrost, con profonde ripercussioni ambientali.



Bibliografia

- Biskaborn, Boris K., et al. "Permafrost is warming at a global scale." *Nature communications* 10.1 (2019): 1-11.
- Haerberli, Wilfried, and Martin Beniston. "Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps." *Ambio* (1998): 258-265.
- Kvenvolden, Keith A., and Thomas D. Lorenson. "Methane in permafrost—preliminary results from coring at Fairbanks, Alaska." *Chemosphere* 26.1-4 (1993): 609-616.
- Noetzli, J., M. Hoelzle, and W. Haerberli. "Mountain permafrost and recent Alpine rock-fall events: a GIS-based approach to determine critical factors." *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*. Vol. 2. Swets & Zeitlinger Lisse, Zürich, 2003.
- Schuur, Edward AG, et al. "Climate change and the permafrost carbon feedback." *Nature* 520.7546 (2015): 171-179.
- Streletskiy, Dmitry, Oleg Anisimov, and Alexander Vasiliev. "Permafrost degradation." *Snow and ice-related hazards, risks and disasters*. Academic Press, 2015. 303-344.
- Vasiliev, Alexander A., et al. "Permafrost degradation in the Western Russian Arctic." *Environmental Research Letters* 15.4 (2020): 045001.

/Pianificazione socio-ecologica e cambiamenti climatici/

ambito disciplinare
Sociologico

autore
Dario Padovan

La necessità di fronteggiare a livello sociale i **cambiamenti climatici** sta portando a una riconsiderazione del tema della pianificazione. La pianificazione è stata importante per un lungo periodo dopo la Seconda guerra mondiale, prima di cadere in discredito. Nel dopoguerra, “pianificazione” normalmente significava forte direzione centrale da parte dello stato nell’interesse economico generale, della prosperità e della giustizia sociale. Nelle economie miste dell’Occidente ha segnalato la nazionalizzazione dell’industria, in particolare quei settori considerati strategicamente importanti, come le industrie energetiche, delle comunicazioni e del ferro e dell’acciaio. Si riferiva anche alla creazione di “comunità pianificate” e “nuove città”.

I motivi per cui il mondo si è ritirato dalla pianificazione, specialmente nelle sue versioni più centralizzate, sono varie. Da un lato la pianificazione venne associata al regime autoritario sovietico, dove dominavano pianificatori governativi, burocrati senza volto ciechi di fronte alle sensibilità e particolarità delle comunità locali. Inoltre, la pianificazione centralizzata dell’economia, che avrebbe dovuto superare l’irrazionalità del capitalismo, si dimostrò incapace di far fronte alle complessità di un sistema economico sviluppato. A partire dagli anni ’80 del secolo scorso iniziò un processo di diffusa privatizzazione accompagnato da una sempre più ridotta direzione macroeconomica. La parola stessa “pianificazione” venne messa in ombra per essere usata solo in relazione a ristretti progetti urbanistici.

Eppure, ogni volta che pensiamo al futuro in modo sistematico, nel senso del tentativo di modellarlo o guidarlo, la pianificazione è in qualche modo inevitabile. Occorre peraltro rilevare che alcune funzioni di pianificazione sono state mantenute nel tempo, come quelle relative alle dinamiche demografiche al fine di pianificare in anticipo le esigenze future in tema di istruzione, sanità e pensioni. In altri casi sono stati messi a punto piani di emergenza per far fronte a possibili catastrofi grazie all’impegno di istituzioni locali come le regioni o le municipalità. Il cambiamento climatico richiede degli interventi pianificati per la riduzione delle emissioni e l’**adattamento** alle conseguenze, così come richiede un’oculata strategia di pianificazione per realizzare la **transizione socio-ecologica**. Il fallimento della cosiddetta “deregolamentazione” economica e l’affidamento al mercato delle soluzioni ai problemi posti dallo sviluppo economico come il cambiamento climatico, pone con urgenza il ritorno a forme decentrate di piani-

ficazione socio-tecno-economica in grado di guidare la transizione socio-ecologica verso una società *low-carbon* (decarbonizzata). I settori interessati a una più decisa politica di regolazione e pianificazione riguardano la politica industriale, i **consumi**, i trasporti, l'**energia**, l'agricoltura, la formazione; quest'ultima per fornire sul lungo periodo le professionalità e le competenze per la transizione socio-ecologica. I soggetti della pianificazione possono essere diversificati, ma sono necessariamente gli stati e le loro configurazioni sovranazionali come l'Unione europea, ma anche, in una logica scalare e di sussidiarietà, le regioni, le province, le municipalità, le comunità rurali, montane e urbane.

Un ritorno alla pianificazione non sarà in alcun modo semplice. La pianificazione deve essere conciliata con la democrazia e le libertà e implica un'estensione di quest'ultime, dal lato della partecipazione e condivisione. Ci saranno controversie tra i centri politici nazionali e transnazionali, le regioni e le località, che dovranno essere risolte con meccanismi democratici. Non sarà facile decidere dove ci debba essere un equilibrio e probabilmente i processi di pianificazione saranno sempre segnati da disequilibri. Purtroppo, una dinamica può essere delineata perseguendo strategie di persistenza, adattamento, trasformazione, pianificando nuove forme urbane e paesaggi, infrastrutture eco-sistemiche e pianificando della "conoscenza per l'azione", includendo le persone e i loro saperi.

Bibliografia

- Ban, Natalie C., et al. "A social-ecological approach to conservation planning: embedding social considerations." *Frontiers in Ecology and the Environment* 11.4 (2013): 194-202.
- Bousquet, François, et al. "Socio-ecological theories and empirical research. Comparing social-ecological schools of thought." (2015).
- Pickett, Steward TA, Mary L. Cadenasso, and J. Morgan Grove. "Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms." *Landscape and urban planning* 69.4 (2004): 369-384.

/Piano Nazionale di Adattamento
ai Cambiamenti Climatici (PNACC)/

Vedi **Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti Climatici (SNAC)**

/Piano Nazionale Integrato
per l'Energia e il Clima/

Vedi **Politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici**

/Pirocene/ The Fire Age

ambito disciplinare
forestale
ambientale

autori
Giorgio Vacchiano
Davide Ascoli
Valentina Bacciu

L'ingresso nell'**Antropocene**, questa nuova era in cui l'umanità è un potente **forzante** del **sistema climatico**, ha segnato una svolta determinante sia per il ruolo giocato dall'umanità sui **cambiamenti climatici** sia sulla **percezione** e la gestione degli stessi.

Un ambito di particolare importanza e di attenzione, a causa dei rischi connessi, dei danni e degli **impatti** sugli insediamenti e le attività umane, è quello degli incendi.

Negli ultimi anni l'aumento di mega-incendi forestali in tutto il globo ha registrato un'impennata. A seguito dell'aumento delle temperature, delle **ondate di calore** e dell'aumento della **siccità**, la frequenza degli incendi estremi sta aumentando. Le alte temperature spingono la vegetazione verso maggiori condizioni di stress idrico e, in tali condizioni, la probabilità di innesco e soprattutto di propagazione di un incendio è maggiore.

L'Età dell'essere umano sta diventando quindi sempre più l'Età del fuoco. **Pirocene** è il nome coniato da uno dei più noti pirogeografi, Stephen J. Pyne dell'Arizona State University.

Nel 2019 le fiamme sono divampate in molte zone del mondo, dall'Artico alla Russia e all'Amazzonia, dalla California alle Canarie, dal Borneo all'Angola. È stato un anno record. Diversi studi prevedono nel prossimo cinquantennio un aumento inesorabile dell'area percorsa dagli incendi, a tutte le latitudini e in tutte le stagioni dell'anno.

Di fatto, siamo testimoni di una rivoluzione climatica della stessa portata di un'era glaciale, ma con le fiamme al posto del ghiaccio.

Il fuoco è stato un agente fondamentale che ha influito sull'evoluzione degli ecosistemi terrestri. La vegetazione della Terra convive con il fuoco da molti milioni di anni: esso ha favorito la persistenza di quelle specie che avevano casualmente sviluppato caratteri di resistenza o **resilienza** al fuoco, in alcuni casi selezionando addirittura strategie riproduttive che necessitano il passaggio di un incendio.-

Il rischio tuttavia è che i cambiamenti climatici spingano le caratteristiche dei regimi di disturbo da incendi (frequenza, severità, stagionalità, ecc.) al di là dell'intervallo naturale di

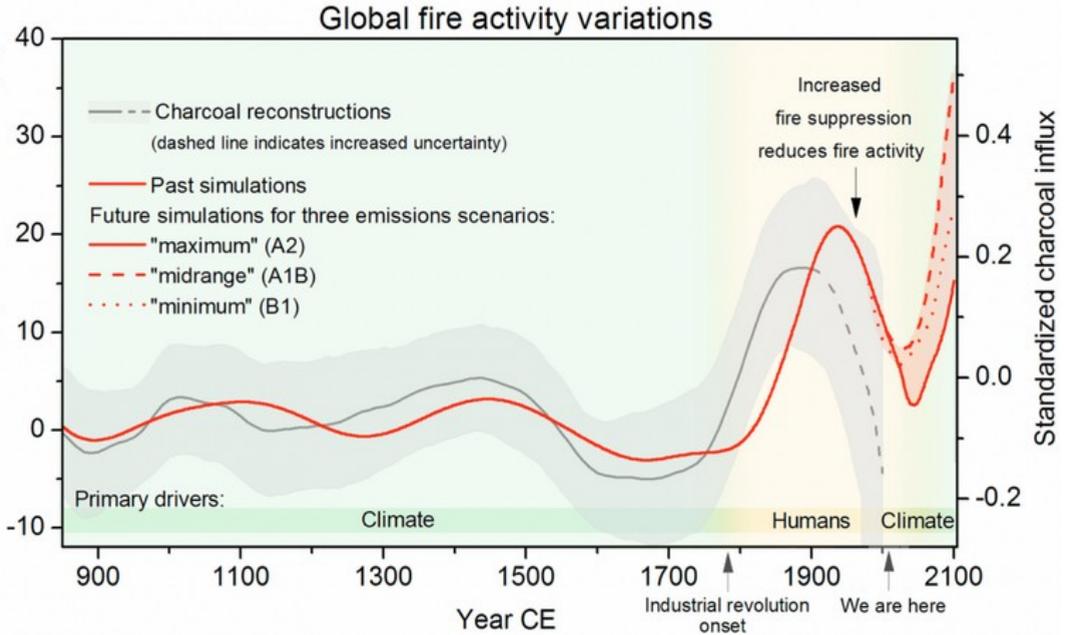
variabilità a cui gli ecosistemi sono adattati a rispondere. Da quando l'essere umano è intervenuto nei processi naturali del fuoco, tuttavia, l'attività degli incendi ha subito tre enormi variazioni (vedi l'immagine).

A partire dal 1800, l'espansione dell'umanità in territori ancora disabitati (Australia, l'ovest americano, Sud America), l'aumento delle attività in grado di produrre scintille (automobili, ferrovie, lavori agricoli) e il crescente uso del fuoco per eliminare la vegetazione indesiderata hanno causato un primo picco nell'attività degli incendi, riflesso dall'improvviso aumento della quantità di residui carboniosi nei sedimenti recenti.

Un secolo più tardi, accortesi della minaccia, le comunità umane si sono organizzate per affrontarla: la nascita e la diffusione delle tecniche e tecnologie di controllo e lotta agli incendi, le campagne informative e gli strumenti normativi di divieto di uso del fuoco sono stati efficaci nel ridurre gli incendi al loro minimo storico, con riferimento all'ultimo millennio a scala globale. Oggi stiamo assistendo alla terza grande variazione nell'attività degli incendi, forse l'inizio del Pirocene, con incendi che non siamo più in grado di controllare e generati principalmente dall'innalzamento delle temperature e dalla siccità dovuti ai cambiamenti climatici, che favoriscono la propagazione delle fiamme anche in ecosistemi naturalmente poco o nulla interessati da questo fenomeno.

Un aumento che osserviamo già in diverse parti del mondo (quelle più soggette a un aggravarsi delle siccità) e che è destinato a continuare secondo tutti gli attuali **modelli climatici**, arrivando a causare un aumento dal 40 al 100% dell'area percorsa dal fuoco nell'Europa mediterranea alla fine di questo secolo (Italia inclusa) e un prolungamento della stagione degli incendi di due settimane.

In diversi casi questi incendi sono stati descritti come fenomeni "senza precedenti", perché avvenuti in aree storicamente poco vulnerabili al fuoco o per l'insolito periodo dell'anno in cui si sono verificati, oppure per caratteristiche (estensione, intensità, velocità di propagazione, interessamento di aree già recentemente percorse dal fuoco) mai osservate prima. L'estremità di questi incendi, la loro simultaneità su una scala geografica vasta e il prolungarsi per diverse settimane fanno temere ricadute di lungo periodo sui **servizi ecosistemici** e impatti imprevedibili sulla **biodiversità** vegetale e animale.



Le variazioni delle attività degli incendi a livello globale.

Fonte: PNAS - Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America.

Non tutti gli ecosistemi del mondo rispondono ai cambiamenti climatici allo stesso modo: la temperatura è prevista in aumento ovunque, ma con velocità diverse; la siccità, invece, colpirà alcune zone (tra cui l'Australia, l'ovest americano, il Sudamerica, l'Europa mediterranea), mentre in altre potrebbe registrarsi un aumento della pioggia e delle precipitazioni intense. Inoltre, all'effetto del clima si sovrappone ancora una forte influenza dell'umanità che con le sue attività innesca gli incendi, modifica l'inflammabilità dei paesaggi (come le piantagioni di eucalipto in Portogallo, l'abbandono delle aree agricole invase dagli arbusti in Italia, la diffusione di specie esotiche estremamente infiammabili in Australia) e cerca di controllare il fuoco con la tecnologia. Una strategia che, se non pianificata con attenzione, potrebbe però rivelarsi controproducente: l'estinzione di tutti i focolai di incendio potrebbe portare, in ecosistemi associati a incendi frequenti e magari poco intensi, all'accumulo di vegetazione combustibile, e alla generazione di incendi molto più intensi ed "esplosivi" in occasione di annate particolarmente secche. È il "paradosso del fuoco", che osserviamo ormai ogni anno in California, dove un secolo di lotta senza quartiere agli incendi ha favorito l'aumento del carico di combustibile e della sua continuità spa-

ziale – due fattori chiave nell'aumento del rischio, insieme alla maggiore **vulnerabilità** e dell'esposizione degli insediamenti umani, sempre più vicini alla foresta.

Fino ad oggi, le ricerche sull'effetto dei cambiamenti climatici a carico dell'area percorsa dagli incendi hanno in realtà fornito due risposte opposte. Da un lato, il **pericolo** climatico degli incendi dovuto al riscaldamento globale è segnalato in aumento già su un quinto delle terre emerse e continuerà a crescere di intensità insieme alle emissioni di gas serra, specialmente negli **scenari climatici** meno "virtuosi". Dall'altro, la superficie percorsa dal fuoco sta diminuendo in molti territori, soprattutto a seguito dell'espansione delle aree agricole nelle zone di savana, all'aumento delle aree urbane (nelle quali i grandi incendi non si innescano) o dove le agenzie di lotta agli incendi riescono ancora a far valere la loro efficacia a fronte di ingenti spese. Secondo alcuni scienziati questi andamenti opposti potrebbero compensarsi e limitare l'avvento del Pirocene.

In Italia la superficie percorsa dal fuoco si aggira intorno ai 100.000 ettari ogni anno. Non tutti gli incendi sono distruttivi e possono esibire un diverso comportamento (es. fuoco radente oppure di chioma) e determinare un diverso grado e durata di alterazione dell'ecosistema; tuttavia, a causa della crisi climatica e della sempre maggiore continuità della vegetazione forestale, che colonizza coltivi e pascoli abbandonati, assistiamo all'aumento di annate eccezionali, come il 2007 e il 2017, a cui i sistemi di lotta antincendio sono impossibilitati a fronteggiare efficacemente.

Per questi motivi, legati alla intrinseca complessità dei fenomeni in gioco, serve comprendere le moltissime interazioni fra il mondo fisico, biologico e antropico che guidano l'attività degli incendi nel tempo e nello spazio, con l'obiettivo di trovare soluzioni innovative di governo del fenomeno partendo proprio da investimenti in **gestione forestale sostenibile** e territorio. A partire dalla "selvicoltura preventiva", rivolta cioè a ridurre l'infiammabilità degli ecosistemi forestali abbassando il carico e la continuità del combustibile (con diradamenti, viali tagliafuoco, la riduzione della vegetazione infiammabile del sottobosco mediante trinciatura, pascolamento o con il "fuoco prescritto"), da eseguire in punti strategici segnalati dall'applicazione di modelli di simulazione del comportamento del fuoco e pianificata in modo da conciliarsi con il mantenimento

di tutti i servizi ecosistemici della foresta.

Come in molti altri settori (in primis quello del dissesto idrogeologico) gli investimenti in prevenzione territoriale sono la chiave del problema, e consentono di intervenire sul rischio incendi con maggiore efficacia e efficienza di spesa rispetto alla sola lotta o al ripristino dei danni una volta che l'incendio è avvenuto.

Bibliografia

- Bovio, Giovanni, et al. "Gli incendi boschivi stanno cambiando: cambiamo le strategie per governarli." *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology* 14.1 (2017): 202.
- Fernandes, Paulo M., et al. "Wildfire policies contribution to foster extreme wildfires." *Extreme Wildfire Events and Disasters*. Elsevier, 2020. 187-200.
- Lizundia-Loiola, Joshua, M. Lucrecia Pettinari, and Emilio Chuvieco. "Temporal Anomalies in Burned Area Trends: Satellite Estimations of the Amazonian 2019 Fire Crisis." *Remote Sensing* 12.1 (2020): 151.
- Bovio, Giovanni, et al. "Gli incendi boschivi stanno cambiando: cambiamo le strategie per governarli." *Forest@-Journal of Silviculture and Forest Ecology* 14.1 (2017): 202.
- Seidl, Rupert, et al. "Forest disturbances under climate change." *Nature climate change* 7.6 (2017): 395-402.
- Vacchiano, Giorgio, et al. "Fire severity, residuals and soil legacies affect regeneration of Scots pine in the Southern Alps." *Science of the total environment* 472 (2014): 778-788.

/Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici/ Climate Change Adaptation Policies

ambito disciplinare
geografico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Le **politiche di adattamento** sono complementari rispetto a quelle di **mitigazione** poiché puntano ad agire sugli effetti del cambiamento climatico.

Le politiche di adattamento implementate in ambito comunitario, dal livello degli stati membri, a quello subnazionale sino alla scala comunale, hanno in comune l'obiettivo di rendere i territori maggiormente resilienti, identificando le **vulnerabilità**, gli indirizzi e le azioni per ridurre i **rischi** e valorizzare eventuali nuove opportunità. A tal fine, viene promossa l'adozione di strategie e piani d'azione alle varie scale, coinvolgendo gli *stakeholder* con un approccio coordinato riferito ai diversi settori ambientali e socio-economici, e alle relazioni tra di essi.

L'Unione Europea riveste un ruolo di promozione e coordinamento, fornendo supporto di vario tipo, tra cui linee guida, program-

mi di finanziamento, condivisione di dati e informazioni anche mediante una piattaforma europea dedicata (**Climate-ADAPT**). È inoltre responsabilità dell'UE integrare adattamento e mitigazione all'interno delle politiche comunitarie e dei programmi finanziari (CE 2013a; 2013b). I governi nazionali hanno il compito di creare una base per i processi decisionali e sostenere le politiche alle varie scale, favorendo la comprensione degli aspetti chiave comuni e delle modalità gestionali, facilitando la cooperazione tra i diversi attori attraverso la valorizzazione delle sinergie esistenti (CE 2013b).

Nel 2014 l'Italia ha messo a punto una **Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti Climatici** (SNAC), che offre una visione nazionale su come affrontare gli impatti (MATTM 2014). Questa SNAC è particolarmente importante in quanto nei prossimi decenni la necessità di adattarsi a nuove condizioni climatiche continuerà a sussistere anche in presenza di **politiche di mitigazione** che comportino una significativa riduzione delle emissioni ad **effetto serra** e della **deforestazione**. A questo si aggiunge il fatto che, nell'Europa meridionale, gli impatti derivanti dai cambiamenti climatici si combineranno agli effetti delle pressioni antropiche sulle risorse naturali già esistenti, rendendola una delle aree più vulnerabili d'Europa. La Strategia prevede inoltre che l'**adattamento** sia implementato a partire dalla scala locale, la più adatta per conoscere «come e dove sta cambiando e cambierà il clima sul territorio» (MATTM 2014, p. 59).

Per dare attuazione alla Strategia Nazionale è stata avviata l'elaborazione di un **Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici** (PNACC) (CMCC, 2017), che supporta le istituzioni alle varie scale nell'individuazione delle azioni più efficaci. Diverse regioni italiane hanno avviato per-

corsi volti a predisporre e adottare strategie e/o piani di adattamento. Tra queste, Abruzzo, Emilia Romagna, Lombardia e Sardegna sono giunte all'approvazione. Le strategie e i piani regionali forniscono supporto conoscitivo e favoriscono il coinvolgimento degli *stakeholder* regionali, provinciali e comunali nella definizione di politiche condivise che integrino i piani e i programmi esistenti, nonché nel processo continuo di informazione e monitoraggio delle implicazioni del cambiamento climatico sul territorio regionale. Negli ultimi anni anche le strategie e i piani di adattamento a livello urbano si stanno moltiplicando. Alla scala comunale l'analisi di vulnerabilità, rischi e **resilienza** risulta molto più puntuale, legandosi, in particolare, a temi quali **siccità** e carenza idrica, **ondate di calore**, eventi estremi di pioggia e rischio idrogeologico, incendi boschivi.

Con riferimento alle modalità attraverso cui implementare le politiche di adattamento, fino ad alcuni anni fa erano prevalentemente rappresentate dalle cosiddette misure "grigie", relative a soluzioni tecnologiche e ingegneristiche, come la costruzione di grandi opere per lo stoccaggio o il trasferimento a grande distanza di grandi quantità di acqua. Recentemente si punta su un approccio integrato che combini diverse tipologie, dunque oltre alle "grigie", anche quelle "verdi" che puntano a valorizzare i **servizi ecosistemici** e quelle "soft", o non strutturali, basate su strumenti giuridici, di *policy*, **pianificazione**, comunicazione e informazione che mirano a modificare il comportamento degli attori, come nel caso delle attività di informazione e gestione delle risorse per il risparmio idrico (MATTM 2014; Bagliani et al., 2019). Accanto a queste vengono, in alcuni casi, utilizzate anche misure di carattere trasversale, quali quelle *win-win*, che permettono di conseguire benefici sia nell'ambito dell'adattamento sia in altri con-

testi, ad es. mitigazione o riduzione dell'inquinamento ambientale, e le misure *no-regret*, che consentono di conseguire benefici più estesi di quelli riconducibili direttamente all'adattamento climatico.

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche". Bologna, Il Mulino, 2019.
- CE 2013a, "Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni". Strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici, COM(2013) 216 final.
- CE 2013b, "Impact Assessment - Part. 2. An EU Strategy on Adaptation to Climate Change", SWD(2013b) 132 final.
- CMCC - Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici 2017, "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)", prima stesura per la consultazione pubblica.
- MATTM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2014 "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (SNACC).change 7.6 (2017): 395-402.
- Vacchiano, Giorgio, et al. "Fire severity, residuals and soil legacies affect regeneration of Scots pine in the Southern Alps." *Science of the total environment* 472(2014): 778-788.

/Politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici/ Climate Change Mitigation Policies

ambito disciplinare
geografico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Le **politiche di mitigazione** sono volte a ridurre e, possibilmente, eliminare le cause alla base del **cambiamento climatico**, ossia a diminuire i **forzanti radiativi** che agiscono a livello planetario.

Si tratta in particolare della riduzione delle emissioni antropiche di **gas serra** e delle azioni di **deforestazione**. Poiché questi forzanti agiscono a livello globale, la scala privilegiata di riferimento per le politiche di mitigazione è quella internazionale che consente, attraverso l'adozione di trattati, di individuare obiettivi e obblighi realmente efficaci. Tali politiche rimandano inoltre a impegni nazionali e subnazionali, a cui gli stessi *target* globali devono essere declinati per diventare operativi. Nel 1988 interviene per la prima volta l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite con la risoluzione 43/53 sulla Protezione del clima globale per le generazioni umane presenti e future, che indica nel cambiamento climatico un fattore di preoccupazione comune per l'umanità e individua la necessità di intervenire in maniera tempestiva e condivisa a livello globale. Nel 1990 a Ginevra durante la Seconda Conferenza Mondiale sul Clima viene incoraggiata la negoziazione di un accordo globale sui cambiamenti climatici. Nello stesso anno, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite istituisce un Comitato Negoziale Intergovernativo per la stesura del-

la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (*UN Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC). La Convenzione Quadro è stata sottoscritta da 189 paesi ed è entrata in vigore nel 1994. L'obiettivo di lungo periodo è stabilizzare le concentrazioni di gas serra nell'**atmosfera** a un livello tale da escludere qualsiasi pericolosa interferenza delle attività umane sul **sistema climatico**. A tal fine, la UNFCCC promuove l'adozione sia di strumenti legali internazionali, quali protocolli e convenzioni, sia di programmi nazionali e misure specifiche, oltre alla presentazione periodica dei dati aggiornati sui trend delle emissioni a scala nazionale. I firmatari della UNFCCC sono definiti Parti della Convenzione e si riuniscono annualmente nella *Conference of the Parties (COP)*. La COP è l'organo decisionale della Convenzione, che ne promuove l'effettiva applicazione. Nel 1995 si tiene a Berlino la Prima Conferenza delle Parti della Convenzione (COP 1) durante la quale le Parti decidono di porre degli obiettivi vincolanti in termini di contenimento e riduzione delle emissioni climalteranti stabilendo le tappe di un processo negoziale per l'individuazione di un Protocollo. Durante la Terza Conferenza delle Parti, svoltasi a Kyoto nel 1997, si giunge all'accordo sul **Protocollo di Kyoto** che integra gli obiettivi della UNFCCC e li rende vincolanti per i paesi sviluppati (Grubb 2016; Bagliani et al., 2019), tenuti a diminuire le proprie emissioni, riportandole ai valori del 1990 e mantenendo quel livello per tutto il quinquennio 2008-2012. L'entrata in vigore del Protocollo, avvenuta nel 2005, è stata subordinata alla ratifica da parte di almeno 55 paesi responsabili di non meno del 55% delle emissioni dei paesi.

Il periodo che intercorre tra la firma del Protocollo di Kyoto e quella dell'**Accordo**

di Parigi si caratterizza per vicende alterne nelle quali i governi, caratterizzati da interessi e posizioni anche diametralmente opposte, discutono un accordo per proseguire, nel periodo 2013-2020, l'impegno preso a Kyoto, includendo anche i paesi in via di sviluppo. Tale momento si sarebbe dovuto concretizzare nella COP 15, tenutasi nel 2009 a Copenaghen. In quell'occasione prevale, tuttavia, un clima di scontro tra i paesi che sostengono la necessità di prevedere obblighi legali con ripercussioni per coloro che non li rispettano e paesi che chiedono soluzioni più blande. L'Accordo di Copenaghen non stabilisce dunque obiettivi globali per la mitigazione e nemmeno dichiarazioni vincolanti. Nel corso degli incontri successivi si insiste sull'esigenza di fissare l'obiettivo di limitare il riscaldamento planetario, a fine secolo, al di sotto di 2 °C di innalzamento della temperatura rispetto al periodo pre-industriale, aprendo alla possibilità di abbassarlo a 1,5 °C (Schleussner et al. 2016; Bagliani et al., 2019). La progettazione dell'Accordo di Parigi inizia nel 2013 durante la COP 19 di Varsavia, in particolare con l'introduzione di dichiarazioni, quali le *intended nationally determined contributions*, e meccanismi, quali quello del *loss and damage*, successivamente inseriti nell'Accordo stesso.

L'Accordo di Parigi è stato raggiunto nella COP 21 del 2015. Esso è composto da due documenti principali: il *Paris Agreement (PA)* e la *Cop Decision*, che adotta l'Accordo e stabilisce i passi che ne seguiranno. L'Accordo prevede che ogni paese stabilisca i propri obiettivi di riduzione delle emissioni (chiamati *Nationally Determined Contributions, NDC*) da raggiungere attraverso un meccanismo di impegno e revisione detto *pledge and review* (Falkner, 2016). Inoltre l'Accordo ribadisce la pari dignità all'**adattamento** rispetto alla **mitigazione**, questio-

ne emersa nelle COP che da Kyoto hanno condotto a Parigi.

Durante la COP 21 è stato inoltre rivolto un invito all'**IPCC** per la realizzazione di uno *Special report*, pubblicato ad ottobre 2018 (IPCC, 2018), da cui emerge che, per raggiungere l'obiettivo 1,5 °C, le emissioni nette globali dovrebbero essere ridotte del 45% entro il 2030 (rispetto ai livelli del 2010). In realtà le *Nationally Determined Contributions* stabilite a Parigi non sono in linea con questo livello di riduzione, perché comportano un aumento della temperatura di 3 °C e oltre entro il 2100.

Come anticipato, se la scala di riferimento per le politiche di mitigazione è quella internazionale, rappresentata dall'adozione di trattati e accordi, gli obiettivi e gli obblighi così individuati devono essere tradotti alle scale nazionale e subnazionale. A tal fine, tra gli altri, l'Unione Europea ha fissato obiettivi su energia e clima con scadenze al 2020, 2030 e 2050 (vedi lemmi "**Strategia Europa 2020**" e "**Quadro europeo 2030-2050**"), tradotti a livello nazionale, regionale e comunale. Ad esempio, in Italia sono stati predisposti la Strategia Energetica Nazionale - SEN e il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima, alla scala regionale vi sono i Piani Energetico-Ambientali Regionali (PEAR) e a quella comunale i Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC). I piani regionali e comunali contengono la descrizione delle azioni, con tempi e modi, che le autorità locali pianificano di intraprendere.

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche". Bologna, Il Mulino, 2019.
- Grubb, M. 2016 "Full Legal Compliance with the Kyoto Protocol's First Commitment Period - Some Lessons", in *Climate Policy*, 16, 6, pp. 673-681.
- IPCC, 2018, "Global warming of 1.5 °C". An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above PreIndustrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.
- Schleussner, C.F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R., Fischer, E.M. et al., 2016, "Science and Policy Characteristics of the Paris Agreement Temperature Goal", in *Nature Climate Change*, 6, 9, pp. 827-835.

/Populismo climatico/ Climate Populism

ambito disciplinare
Sociologico

autore
Dario Padovan

Un lemma dedicato al **populismo climatico** implica una riflessione sui processi di politicizzazione e de-politicizzazione del fenomeno del **cambiamento climatico**. Implica inoltre una qualche definizione che non potrà essere esaustiva.

Il populismo è uno dei più discussi fenomeni nel campo della politica e del sociale. Il termine populismo evoca immediatamente sentimenti di varia natura, di repulsione e adesione, di opposizione o di mistico consenso, a *leader*, programmi politici, retoriche della

differenza o di mitica omogeneità razziale. In ogni caso, il populismo è un fenomeno che le categorie della politica fanno fatica ad afferrare e decifrare. Una delle diverse condizioni che rendono possibile affermare che discorsi e pratiche sono populiste è quella che fa sì che il conflitto sociale venga dislocato sul piano della costruzione di un nemico esterno e reificato in un'entità ontologica, il cui annichilimento restaurerebbe una situazione di giustizia e armonia. Per i populistici, una volta che l'intruso o gli intrusi che hanno corrotto il sistema siano stati eliminati, la situazione tornerà alla sua condizione originaria, una condizione peraltro oggetto di narrazioni fantastiche e immaginarie. L'oggettivazione del nemico può avere diversi *target*: il migrante clandestino, l'élite finanziaria, la politica corrotta. Ma quello che è importante è che si tratta di una visione del mondo manichea, che divide la società in due sfere organiche e antagonistiche, il popolo puro virtuoso e la corrotta élite. Anche quando sono al governo, i populistici continuano a generare nemici più o meno reali verso i quali incanalare le pulsioni sociali dei sostenitori (Cas Mudde, 2004). Qui il populismo vira rapidamente verso visioni e pratiche fasciste, xenofobe, autoritarie.

In questo breve testo vogliamo provare a capire se il populismo può essere agganciato a opinioni, atteggiamenti e infine pratiche concrete che hanno a che fare con il cambiamento climatico. La nostra domanda è se le diverse correnti del populismo – in specifico il populismo di destra – manifesti certe visioni del cambiamento climatico che siano coerenti con i suoi presupposti politici e di valore. Ma d'altra parte ci interroghiamo anche sul fatto se le élite hanno presentato la problematica del cambiamento climatico nella maniera corretta o se invece il modo di

presentarlo abbia fin da subito prestato il fianco a visioni scettiche e negazioniste. Agli inizi, le evidenze empiriche e le dichiarazioni relative al cambiamento climatico sono state segnate da una crescente, ma decisamente pre-politica, preoccupazione per le conseguenze del fenomeno evocata essenzialmente dall'**IPCC** – che non è solo un organismo scientifico ma anche politico, essendo formato dai rappresentanti di centinaia di governi.

Il principale assillo dell'**IPCC** era quello di comunicare i dati scientifici sul fenomeno che via via si accumulavano e la cui condivisione con il pubblico e la politica avrebbe quasi automaticamente messo in moto le misure per farvi fronte. È in questo contesto che cresce un populismo climatico alimentato spesso inconsapevolmente dagli stessi scienziati del **clima** che evocano immaginari apocalittici, catastrofici o da collasso, spesso utilizzati per giustificare la richiesta di misure decise per diminuire le emissioni di diossido di carbonio (CO₂).

Tali immaginari apocalittici sono populistici in quanto implicano un tipico "frame politico" che ruota attorno ad alcuni fondamentali aspetti che elenchiamo qui di seguito.

Il primo riguarda il fatto che una visione apocalittica del cambiamento climatico chiama in causa l'idea che "siamo tutti sulla stessa barca" e che per far fronte all'aumento di CO₂ dobbiamo muoverci all'unisono, come specie o come umanità nella sua astrattezza. La riduzione di tutte le straordinarie diversità e differenze che segnano le società del Pianeta a un'unica entità – l'umanità, la specie, la popolazione, il popolo – è uno dei fondamenti del populismo.

Ne consegue che – e questo è il secondo aspetto – di fronte al cambiamento climatico e alla crescita di concentrazione

del CO₂ (si tratti di indagarne le cause o le conseguenze) siamo tutti corresponsabili in quanto specie, occultando in questo modo le radicali differenti responsabilità tra nazioni, società, classi, ecc., nella genesi del fenomeno.

Terzo aspetto, il fatto che in questa logica della guerra alle emissioni di CO₂ la natura si presenta come un'entità pericolosa che deve essere ulteriormente domata attraverso complessi sistemi tecno-manageriali.

Queste immagini del fenomeno sono populiste in una maniera differente da quella espressa dal populismo di destra: qui si tratta di un populismo tecnocratico promosso da una parte consistente delle élite mondiali, che il populismo di destra vorrebbe combattere. In breve, il cambiamento climatico non viene considerato un problema generato dal sistema stesso, dalle sue disuguali relazioni di potere, dalle sue crescenti ingiustizie, dal suo compulsivo, (ir)razionale e feroce desiderio di crescita, ma un problema esterno rappresentato dalle emissioni di CO₂ che si fissano nell'**atmosfera**. Non è il sistema il problema, ma l'eccesso di emissioni che può essere affrontato con le dovute tecniche, da quelle dedicate alla cattura del CO₂ in eccesso allo scambio degli stock di biossido di carbonio tra creditori e debitori di CO₂.

Successivamente, la narrazione apparentemente neutrale e irenica del fronte tecno-scientifico-politico rappresentato dall'IPCC inizia a trovarsi di fronte delle contro-narrazioni generate da un radicale processo di polarizzazione politica, soprattutto da parte dei partiti e dei movimenti di destra e conservatori, ma anche da parte dei movimenti di sinistra proiettati verso orizzonti di più risolutive trasformazioni.

Tale radicale politicizzazione è avvenuta in virtù di un duplice processo: da un lato una serie di tentativi – alla fine non riusciti – di delegittimazione dell'autorità scientifica dell'IPCC (e più in generale delle scienze dedicate allo studio del cambiamento climatico) ha generato una forte polarizzazione non tanto nel campo scientifico ma nel campo politico dei governi; dall'altro la scesa in campo di componenti politiche e poi di governi populistici – come quelli di Trump, Bolsonaro, e via dicendo – che hanno fatto del negazionismo e dello scetticismo relativo uno (non il principale) degli elementi della loro retorica.

Peraltro, i paesi con governi populistici e neo-nazionalisti sono responsabili del 30% delle emissioni e, come detto, hanno messo in campo strategie di resistenza contro le azioni orientate a combattere il cambiamento climatico. C'è da dire che tale scetticismo o **negazionismo** climatico, veicolato essenzialmente dai media molto vicini alle posizioni politiche del populismo di destra, non sia stato in grado di fare breccia nell'opinione pubblica se è vero che – come appare da una recente *survey* (Simgé Andi, 2020) – solo il 3% dell'opinione pubblica mondiale ritiene il cambiamento climatico inesistente, con picchi del 12% negli USA, dell'8% in Svezia e Australia. Se questa è di per sé una buona notizia, dall'altra parte dovrebbe invece preoccupare quello che possiamo chiamare la dissociazione o l'indifferenza per il fenomeno (si vedano anche le voci "**Distanza psicologica**" e "**Negazione**" N.d.C).

Se diamo uno sguardo ai dati di questa *survey* (si veda la figura) emerge che in alcuni paesi solo una leggera maggioranza pensa che il cambiamento climatico sia un problema molto o estremamente serio e tra questi paesi come appunto la Svezia, la Norvegia, la Svizzera, la Danimarca, la Repubblica



Percentuale del campione di popolazione intervistato, nelle varie nazioni indicate, che crede che il cambiamento climatico sia un problema molto o estremamente serio.

Fonte: Simge Andi, "How People Access News about Climate Change". In Reuters Institute Digital News Report 2020, Reuters Institute for the Study of Journalism.

Ceca. In Brasile paradossalmente il 75% della popolazione è molto preoccupata dal cambiamento climatico pur essendo governata da un presidente populista di destra. Questo indica che l'opinione pubblica mondiale, – almeno sulla base di questa *survey* ma i cui dati sono confermati da altre estese *survey* condotte in altri momenti – è segnata da un ancora alto livello di indifferenza e dissociazione, per usare un termine suggerito da Stanley Cohen.

Alcuni hanno inoltre notato come la destra populista sia non solo negazionista del clima ma stia anche optando per una strategia cospirazionista che accusa governi e movimenti che propongono misure di contrasto al cambiamento climatico come parte di un complotto globale e cosmopolita diretto da banchieri ebrei, segrete sette musulmane, o ancora da alcuni magnati – sempre ebrei – che vogliono arricchirsi combattendo il cambiamento climatico. Come si può intuire, la negazione del cambiamento climatico e l'invocazione dell'esistenza di un complotto che fa di questo fenomeno uno strumento per imporre al "popolo" sacrifici, tasse, rinunce, privazioni economiche e sociali, sono dichiarazioni ben poco politiche.

A sinistra invece il tema della lotta al cambiamento climatico è stato rapidamente quanto inaspettatamente abbracciato da

tutte le componenti, dalle più radicali alle più riformiste. Ma non sono mancate anche in questo caso non proprio velate critiche di populismo, per esempio relative al manifestarsi di posizioni politicamente generiche interclassiste e filo-governative. Ad esempio, secondo Arias-Maldonado, gli attuali **movimenti** di protesta climatica manifestano alcuni caratteri populistici, come per esempio l'eccessiva spettacolarizzazione della **crisi climatica**, la pretesa di radicali e drastiche misure che non tengono conto delle conseguenze sociali che potrebbero avere, o della richiesta addirittura di uno stato di eccezione.

Anche la richiesta di tacere e di iniziare ad agire è vista come un *claim* populista. Insomma, anche qui vi è il rischio che si presentino – anche se per motivi opposti – forme di democrazia plebiscitaria (non diretta) che reclamano il diritto a sopravvivere e di fronte al quale ogni forma di **giustizia** mediata da complessi interessi e bisogni scompare a favore di argomenti eco-autoritari. Occorre dire che queste sono forme estreme di critica che non colgono la realtà di questi movimenti. Purtroppo, questi semplici cenni rivelano quanto il tema del populismo climatico sia sfuggente ma interessante. Rimane il fatto che movimenti come *Friday for Future* o *Extinction rebellion* o anche i numerosi movimenti indigeni – (si veda il lemma "**Movimenti per il clima**")

– sono fondamentali per la mobilitazione sociale contro il cosiddetto “*climate Levianthan*”, sebbene a volte possano cadere un po’ nell’ingenuità propria di movimenti e giovani e in via di maturazione.

Bibliografia

- Alietti A. and Padovan D. (2020) (Eds), “Clockwork Enemy. Xenophobia and Racism in the Era of Neo-populism”, Mimesis International, Sesto San Giovanni, Milano.
- Arias-Maldonado M., “Sustainability in the Anthropocene: Between Extinction and Populism”, *Sustainability* 2020, 12.
- Mudde C., “Populist Radical Right Parties in Europe” Cambridge University Press, 2007.
- Simge Andi, “How People Access News about Climate Change”. In Reuters Institute Digital News Report 2020, Reuters Institute for the Study of Journalism.
- Swyngedouw, E. 2010. “Apocalypse Forever? Post-political Populism and the Spectre of Climate Change”. *Theory, Culture & Society*, 27(2-3): 213-32.

/Pozzi e fonti di carbonio/ Carbon Sink and Carbon Source

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

L’UNFCCC (*United Nation Framework Convention on Climate Change* - Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici) definisce **carbon sink** come “qualsiasi processo, attività o meccanismo per rimuovere gas a **effetto serra**, **aerosol** o un precursore di **gas serra** dall’atmosfera”.

Sink di carbonio (*carbon sink* - letteralmente “pozzi di assorbimento di carbonio”) sono quindi attività, processi, o meccanismi di rimozione e sequestro di **diossido di carbonio** (CO₂) dall’atmosfera. Il CO₂ è tra i più importanti gas a effetto serra, la cui emissione è enormemente cresciuta nell’era industriale primariamente a causa della **combustione** dei **combustibili fossili**: ma grazie all’azione dei *carbon sink* la CO₂ può essere rimossa dall’atmosfera e “compartimentata”, non svolgendo più nell’atmosfera la sua “capacità serra”. La quota di CO₂ sequestrata non concorre quindi più nel trattenere la radiazione solare riflessa dalla Terra, evitando incrementi radiativi (*forcing* radiativo - vedi “**forzante**”) dell’effetto serra naturale, che determina il conseguente **riscaldamento globale**.

Un *carbon sink* è quindi un sistema che trattiene CO₂ in quantità maggiore rispetto a quella che (eventualmente) rilascia: le foreste sono un tipico esempio a livello generale. Anche se, in alcuni ambienti, per evitare che le foreste si trasformino da *sink* a *source* nelle

fasi di senescenza appare necessaria una **gestione forestale sostenibile** (si pensi al caso dell'Italia con boschi spesso abbandonati, popolamenti stramaturi e non più in equilibrio).

I *carbon sink* forestali (*forestry carbon sink*) sono quindi luoghi dove si verifica il processo di assorbimento di CO₂ dall'atmosfera e suo sequestro mediante fissazione nelle molecole organiche vegetali ("organizzazione del CO₂").

Un altro *carbon sink* particolarmente importante è rappresentato dagli oceani.

Ritornando alle piante, esse, assorbendo anidride carbonica (CO₂) nel processo di fotosintesi, fissano il carbonio nella propria biomassa e nel suolo, fungendo da vere e proprie riserve di carbonio (*carbon stock*) sulla superficie terrestre. Secondo l'UNFCCC: "nell'ambito del **Protocollo di Kyoto** alcune specifiche attività antropiche come l'afforestazione e la riforestazione e lotta alla **deforestazione** possono essere utilizzati dai paesi sviluppati e in via di sviluppo per compensare i propri obiettivi di emissione. Al contrario, le variazioni di queste attività che riducono i *carbon sink* (ad esempio un aumento della deforestazione) saranno sottratte dalla quantità di emissioni che i questi stessi paesi possono emettere nell'ambito del loro periodo di impegno (del Protocollo di Kyoto)".

Le attività sopra descritte legate al suolo ed ai suoi usi sono le cosiddette attività LULUCF (*Land-Use, Land-Use Change and Forestry*) definite dall'**IPCC**, che ha codificato delle Linee guida (*Good Practice Guidance for LULUCF*) volte ad armonizzare le metodologie di stima dei flussi di carbonio nei diversi **usi del suolo**, anche a fini della loro rendicontazione annuale (**inventari delle emissioni**) e degli assorbimenti nazionali di gas serra. Secondo queste linee guida le variazioni negli *stock* di carbonio vengono

calcolate in 5 serbatoi di carbonio, quali: biomassa epigea (insieme di fusto rami e foglie), biomassa ipogea (apparato radicale), lettiera, necromassa, suolo.

È in fase di sperimentazione e oggetto di studi e di ricerca la creazione di pozzi artificiali di stoccaggio geologico della CO₂ (in modo da affiancare il processo naturale fotosintetico svolto dai vegetali) ricavati dai giacimenti esauriti di idrocarburi e dagli acquiferi salini (corpi idrici profondi), i quali sono ritenuti serbatoi adatti al confinamento geologico dell'anidride carbonica. Tutto ciò è noto come *carbon capture and storage* (CCS), con cui si intende - oltre al **servizio ecosistemico** del sequestro - tutto un complesso di tecnologie integrate in filiera finalizzato al confinamento geologico della CO₂. La tecnica CCS si articola in tre fasi: cattura, trasporto e stoccaggio. Nella cattura la CO₂ viene separata con l'ausilio di tecnologie collocate prima o dopo la combustione (per es., cattura di postcombustione per assorbimento chimico, cattura di pre-combustione per gassificazione del combustibile, cattura per condensazione da gas reflujo dopo ossi-combustione). Il trasporto della CO₂, qualora il sito di confinamento non si trovi già in prossimità del luogo di potenziale rilascio, può avvenire allo stato supercritico attraverso *pipeline* ad alta pressione o in forma liquida per mezzo di navi opportunamente attrezzate. Lo stoccaggio si realizza infine mediante iniezione e confinamento del gas all'interno di idonee e sicure formazioni geologiche sotterranee (giacimenti di idrocarburi in via di esaurimento, acquiferi salini, giacimenti di idrocarburi). Malgrado non raccolga l'unanimità dei consensi, l'opzione CCS è considerata dall'IPCC di grande prospettiva per la riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera e il conseguimento degli obiettivi di **mitigazione dei cambiamenti climatici**. Peraltro, le maggiori perplessità

riguardano la resa energetica complessiva degli interventi CCS (in relazione all'energia consumata per trasportare e iniettare la CO₂ nel sottosuolo rispetto a quella ricavata dai combustibili che la generano) ed eventuali loro impatti negativi, temuti prevalentemente a causa del rischio rilascio (*leakage*) della CO₂ dai serbatoi di confinamento. L'Unione Europea, all'interno delle politiche di sviluppo delle tecnologie *low carbon* e anche per stimolare la ripresa economica (per esempio con il programma EEPR, *European energy program for recovery*) sostiene la realizzazione di progetti CCS pilota.

Infine per **fonti di carbonio** (*source* di carbonio) si intendono tutti quei luoghi ed elementi presenti nell'ambiente che emettono carbonio anziché assorbirlo e/o immagazzinarlo. Nel ciclo del carbonio un esempio è rappresentato dagli insediamenti umani, le grandi città e le attività connesse. Sono quindi tutti quei luoghi e quei processi che spostano il carbonio stoccato in precedenti *sink* e *stock* (foreste, oceani, suolo, sottosuolo, ecc.) verso il comparto ambientale più dinamico, l'atmosfera.

Bibliografia

- Erb, Karl-Heinz, et al. "Bias in the attribution of forest carbon sinks." *Nature Climate Change* 3.10 (2013): 854-856.
- Landschützer, Peter, et al. "Recent variability of the global ocean carbon sink." *Global Biogeochemical Cycles* 28.9 (2014): 927-949.
- McGarvey, Jennifer C., et al. "Carbon storage in old-growth forests of the Mid-Atlantic: toward better understanding the eastern forest carbon sink." *Ecology* 96.2 (2015): 311-317.
- Phillips, Oliver L., and Simon L. Lewis. "Evaluating the tropical forest carbon sink." *Global change biology* 20.7 (2014): 2039-2041.
- Seidl, Rupert, et al. "Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage." *Nature climate change* 4.9 (2014): 806-810.
- Smith, Pete. "Do grasslands act as a perpetual sink for carbon?." *Global change biology* 20.9 (2014): 2708-2711.
- Wear, David N., and John W. Coulston. "From sink to source: Regional variation in US forest carbon futures." *Scientific reports* 5.1 (2015): 1-11.

/Principi ecogiuridici/ Ecological Legal Principles

ambito disciplinare
giuridico

autori

Michael Monterossi
Alessandra Quarta

I **principi ecogiuridici** rappresentano il risultato dell'incontro tra le scienze ecologiche e le scienze giuridiche le quali, negli ultimi anni, hanno dato vita a un dialogo molto proficuo anche in Europa. Tradizionalmente, infatti, sono stati i paesi latino-americani a introdurre regole attente ai sistemi ecologici, intervenendo anche a livello costituzionale per assicurare la tutela dell'ambiente e delle risorse naturali.

In Europa, gli studiosi del diritto iniziano a discutere del valore di questi principi e del loro impatto sull'ordinamento e anche alcuni tribunali iniziano ad applicarli nella soluzione di alcune cause che coinvolgono la protezione dell'ambiente (si veda la voce "**Tribunali ambientali**"). Alcuni di essi, infatti, trovano espressione all'interno di accordi internazionali e delle fonti del diritto dell'Unione europea, nonché dei singoli stati membri.

I principi ecogiuridici muovono entro la cornice concettuale dello **sviluppo sostenibile** e sono volti a coordinarne il significato e la portata con le leggi che governano il funzionamento dei processi ecologici. Intesa in senso stretto, la categoria dei principi ecogiuridici ricomprende, in particolare, il principio di “non regressione ambientale” e quello di **resilienza**. Il principio di non regressione obbliga i legislatori nazionali e le pubbliche amministrazioni a non introdurre nuove regole che possano diminuire la protezione giuridica dei sistemi ecologici che si è consolidata in un dato ordinamento. Il principio di resilienza è volto a salvaguardare il nucleo fondamentale dei processi funzionali dei sistemi ecologici, imponendo al legislatore nazionale e alle pubbliche amministrazioni l’obbligo di valutare che l’impatto delle proprie politiche non superi la soglia massima di degradazione e di esaurimento che questi possono sopportare. Sebbene tale principio non sia codificato dal diritto positivo, un’analisi sistematica della più recente legislazione italiana, stimolata dalle politiche dell’Unione europea, consente di registrare una maggiore sensibilità dell’ordinamento verso le scienze ecologiche, la quale si riflette in una serie di disposizioni volte a tutelare la capacità rigenerativa degli ecosistemi e delle risorse ambientali, sì da preservarne le relative funzionalità anche nel lungo periodo.

Intesa in senso lato, la categoria dei principi ecogiuridici può essere estesa al “principio di precauzione”. Tale principio, codificato dalla gran parte degli stati europei e in alcuni addirittura costituzio-

nalizzato (Francia), introduce nel sistema giuridico un criterio di azione che impone di adottare misure adeguate ed effettive per evitare o ridurre i rischi di danni futuri e irreversibili (alla salute e) all’ecosistema, anche laddove non vi sia certezza scientifica assoluta circa loro capacità lesiva. Le nozioni descritte stabiliscono dei limiti che riguardano principalmente l’azione dei soggetti pubblici. A tal riguardo, è interessante notare che negli ultimi anni gli impegni assunti dagli stati a livello nazionale o internazionale per rispondere alla crisi ambientale e all’**emergenza climatica** sono stati al centro di diverse iniziative giudiziarie, in cui associazioni di cittadini hanno agito in giudizio con successo per chiedere l’applicazione delle misure promesse. In queste decisioni, si registra una crescente tendenza da parte dei giudici a servirsi del principio di precauzione per giustificare l’inibizione di politiche o azioni che contribuiscono anche solo parzialmente alla produzione dei **rischi** che, nel futuro, possono causare conseguenze negative irreversibili per l’ecosistema.

Bibliografia

- Capra F., Mattei U., “Ecologia del diritto. Scienza, politica, beni comuni”, Aboca ed., 2017.
- Cafagno M., “Principi e strumenti di tutela dell’ambiente come sistema complesso, adattivo, comune”, Giappichelli, Torino 2007.
- Monteduro M., Candela S., De Nuccio A., Gatto E., Micello A., Scorza R. (2018), “Testo e contesto del progetto di «Global Pact for the Environment» proposto dal Club des Juristes2. Rivista quadrimestrale di diritto dell’ambiente, vol. 1, pp. 62-111
- Monterossi M., “L’orizzonte intergenerazionale del diritto civile. Tutela, soggettività, azione”. Edizioni ETS, 2020.

/Produzione e cambiamenti climatici/ Production and Climate Change

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

La **produzione** di beni implica il **consumo** di materia ed **energia**. Si tratta di produzione consumatrice. È la produzione di beni che direttamente consuma materia ed energia a generare i **cambiamenti climatici**. Più si produce, più **gas serra** vengono emessi.

Si specula se sia possibile migliorare l'efficienza materiale della produzione, ossia se sia possibile diminuire l'intensità materiale degli oggetti prodotti, ossia se sia possibile - per produrre un tavolo, un'auto, una casa - diminuire la quantità di materia ed energia che viene utilizzata per la loro produzione. Ci si chiede ancora se sia possibile non tanto ridurre l'intensità materiale dei prodotti, quanto la riduzione dell'intensità materiale del processo, con tecnologie per esempio *energy saving* (che risparmiano energia), o cambiando il *mix* energetico, per cui usare complesse macchine di produzione mosse da **fonti di energia rinnovabile**. Inoltre, il problema della produzione di beni è strettamente legata al ricavo economico che essi promettono: di conseguenza il problema dell'intensità materiale è messo in relazione all'*output* economico e non a quello materiale (oggetti, servizi, dispositivi, ecc.).

In sostanza, la sfida è quella di ridurre l'intensità materiale dell'*output* monetario, che implica una relazione tra materia usata e guadagno economico in forma di denaro. Infine, ci si chiede se sia possibile usare materiali per la produzione che siano rinnovabili: compaiono di conseguenza proposte che vanno nel senso di prolungare la vita degli oggetti prodotti per ridurre il tasso di sostituzione degli stessi, o se sia possibile accelerare il processo di riproduzione della natura, come per esempio con le *short rotation forestries* (selvicolture a ciclo breve) usate per produrre legno per la carta o il processo di riproduzione dei polli diminuendo il loro ciclo di crescita.

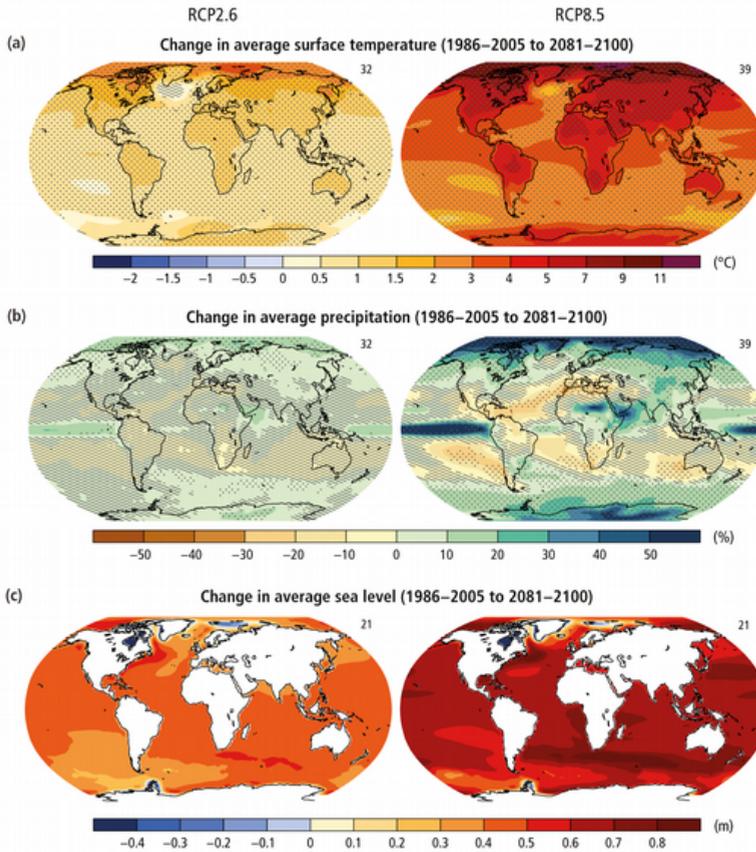
Per approfondire il tema si vedano anche le voci "**Consumo**", "**Effetto rimbalzo**" e "**Strategia della sufficienza**".

/Proiezione climatica/ Climate Projection

ambito disciplinare
ambientale

autrice
Elisa Palazzi

Una **proiezione climatica** è la risposta del **sistema climatico** (in termini di temperatura media superficiale dell'**atmosfera** e degli oceani, precipitazione, **copertura nevosa**, livello medio del mare, **eventi estremi meteoclimatici**, pH dell'oceano, e tante altre variabili), fornita da uno o più **modelli climatici**, a possibili scenari di emissione e concentrazione di **gas serra e aerosol** e di **uso del suolo** che sono elaborati in base a ipotesi riguardanti futuri sviluppi socio-economici e tecnologici della società. Esperti di varie discipline hanno elaborato un ventaglio di questi scenari, che vanno da quelli con una drastica riduzione futura delle emissioni, a quelli di stabilizzazione delle emissioni fino a quelli di tipo "*business-as-usual*", in cui le emissioni continueranno ad aumentare senza arrivare a una stabilizzazione alla fine di questo secolo. Le proiezioni climatiche dipendono quindi fortemente dallo scenario considerato: ad esempio, il mondo potrà scaldarsi in media da poco più di 1 °C (in uno scenario di stabilizzazione delle emissioni) a circa 5 °C (scenario ad alte emissioni) entro il 2100 (si veda la figura). 5 °C in media in più sulla Terra significherebbe un aumento di circa il doppio in alcune regioni più sensibili, come l'Artico, dove questo aumento significherebbe la scomparsa totale di ghiaccio marino (la banchisa) dopo la stagione estiva. A causa della fusione del ghiaccio continentale e della dilatazione termica delle acque oceaniche più calde, i modelli prevedono un **innalzamento del livello medio del mare** con stime di 32 cm (intervallo di incertezza 23 - 40 cm a seconda del modello) per il 2050 e 84 cm (61 - 110 cm) per il 2100 a livello globale nello scenario meno ottimistico. Anche in questo caso, si tratta di aumenti medi su tutto il globo, che possono tradursi in **impatti** significativi a livello regionale come il **rischio** di inondazioni per diverse aree costiere e isole, con diverse conseguenze tra cui possibili ondate migratorie. Gli estremi climatici potranno intensificarsi e gli eventi di precipitazione saranno più rari ma più intensi e, a seconda della **vulnerabilità** del territorio, potenzialmente più distruttivi. Le **ondate di calore** potranno intensificarsi e diventare più frequenti, aumentando il rischio per la salute umana soprattutto nelle fasce più vulnerabili della popolazione. I ghiacciai sono previsti in ritiro quasi ovunque nei prossimi decenni e in particolare le stime di alcuni modelli suggeriscono che nello scenario a più alte emissioni potranno restare in vita solo quelli che si trovano a quote superiori ai 3500 m. Le proiezioni climatiche riportate nel 5° rapporto dell'**IPCC** (IPCC,



Esempio di proiezioni di temperatura media superficiale, precipitazione, livello medio del mare a fine secolo (2081-2100 rispetto a un periodo storico di riferimento) in uno scenario di mitigazione (RCP 2.6, colonna di sinistra) e in uno scenario ad alte emissioni (RCP 8.5, colonna di destra). Fonte: IPCC, 2019: "Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate".

2013) indicano per la regione alpina, ad esempio, un aumento di temperatura compreso tra 1 °C e 3-4 °C a fine secolo, in funzione dello scenario di emissione di gas serra e di uso del suolo considerato. Questo porterà a una riduzione della durata della neve tra le 4 e 5 settimane e tra le 2 e 3 settimane rispettivamente al di sotto dei 2000 m e a 2500 m di quota. Il ritiro dei ghiacciai avverrà sempre più rapidamente con la possibile scomparsa del 90% dei ghiacciai svizzeri entro la fine del XXI secolo.

Effettuare proiezioni climatiche per il XXI secolo, su scala globale e regionale, in risposta all'aumento delle emissioni di gas serra, è necessario per valutare l'impatto dell'aumento di temperatura e dei cambiamenti nelle **componenti del sistema climatico** ad esso collegati, su molteplici aspetti della nostra società, inclusa la nostra salute, e per mettere a punto adeguate misure di **mitigazione** e di **adattamento** a fronte dei **cambiamenti climatici** in atto.

Bibliografia

- IPCC, 2013: Climate Change 2013: "The Physical Science Basis". Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC, 2019: "Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate" [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

ambito disciplinare

etico
filosofico
sociologico

autore

Mattia Craverò

Il termine **prometeismo** si riferisce a Prometeo, figura della mitologia classica e icona della capacità di sviluppo, in qualsiasi campo, dell'attività umana tramite la *techne* o, in termini moderni, la tecnologia. È l'antropofilo essere superiore, scaltro e intelligente, che spalanca le porte del progresso umano: secondo la versione più nota del suo mito, ruba il fuoco agli Olimpici e lo dona agli uomini, sancendo una svolta epocale per la loro storia. Viene poi punito: sarà incatenato per sempre e vessato da un rapace che ogni giorno gli dilanerà il fegato, che ogni notte ricrescerà. Secondo altre versioni, invece, plasma il primo uomo modellandone un idolo d'argilla.

Il suo antico mitologema rappresenta il moderno uomo antropocentrico (vedi "**Antropocene**") e la sua tendenza al progresso, nei vari campi delle scienze (della tecnica in particolare). Sin dal 1818: quando, nell'era delle rivoluzioni industriali inglesi, Mary Shelley si preoccupava dei pericoli della scienza e sottotitolava il suo Frankenstein *The Modern Prometheus*. Le gesta epiche dell'iniziatore e/o modellatore dell'umanità sono quelle che, grazie alla filosofia naturale e alla tecnica, compie anche Victor Frankenstein: crea un uomo con parti di cadaveri e lo rende immortale, sconfiggendo la morte. Fino a quando, però, la creatura non sfugge al controllo del creatore. Il paradigma riecheggia nel monito di Hans Jonas, in *Das Prinzip Verantwortung* (1979), dove la società odierna viene equiparata a un pericoloso Prometeo irresistibilmente scatenato. Il filosofo desume un nuovo imperativo etico, il principio-responsabilità, strumento auto-restrittivo a misura d'uomo che impedisce alle forze senza precedenti e all'impulso incessante dell'evoluzione, soprattutto scientifica e economica, di diventare una sventura per l'umanità e per il Pianeta.

Il prometeismo, atteggiamento di sfida continua nei confronti del progresso, è bifronte: benefico da un lato e malefico dall'altro perché può essere una devastante minaccia alla positività e alla sconfinata libertà dell'evoluzione. Lo provano i racconti di "Storie naturali" e "Vizio di forma", dove Primo Levi riprende questo atteggiamento per simboleggiare l'"euforia prometeica" degli anni Sessanta, il sinistro potere di scienza e tecnica nelle mani dell'umanità e il loro effetto sulla società e sulla Terra. Le "trappole morali" che scattano in ogni racconto, validi esempi di prometeismo scientifico-tecnologico, invitano a riflettere sul possibile danno per l'uomo, l'ambiente e il Pianeta.

Bibliografia

- Aa. Vv., Prometeo. "Variazioni sul mito", a cura di Federico Condello, Marsilio, Venezia, 2012.
- Jonas J., "Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation", Insel Verlag, Frankfurt am Main, 1979 (ed. it. "Il principio responsabilità: un'etica per la civiltà tecnologica", a cura di Pier Paolo Portinaro, Einaudi, Torino, 1990).
- Levi P., "Tutti i racconti", a cura di Marco Belpoliti, Einaudi, Torino, 2005.
- Pattoni M. P. (a cura di), "Prometeo. Il dono del fuoco", RCS, Milano, 2018.
- Shelley. M., "Frankenstein or, The modern Prometheus", New American Library, New York, 2000 (ed. it. "Frankenstein, ovvero il moderno Prometeo", a cura di Nadia Fusini, tr. di Luca Lamberti, Einaudi, Torino, 2011).

/Protocollo di Kyoto/ Kyoto Protocol

ambito disciplinare
geografico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Il **Protocollo di Kyoto** rappresenta uno dei passaggi più rilevanti nell'ambito delle **politiche di mitigazione**. Sottoscritto durante la COP 3 svoltasi a Kyoto nel 1997, punta a ottenere una stabilizzazione delle emissioni delle nazioni che sono storicamente maggiormente responsabili. Questi paesi, individuati nelle nazioni industrializzate, sono inseriti in un elenco chiamato "Annex I", e hanno l'impegno di diminuire le proprie emissioni, riportarle ai valori del 1990 e mantenere quel livello per tutto il quinquennio 2008-12, detto *first commitment period*.

L'accordo è basato su uno schema *cap and trade*, che prevede una limitazione delle quote di emissione delle varie nazioni (*cap*) accanto a "meccanismi di flessibilità" che consentono il trasferimento delle quote tra soggetti diversi (*trade*), per distribuire in modo più efficiente lo sforzo della **decarbonizzazione** laddove è meno oneroso economicamente. Le emissioni di **gas serra** considerate dal Protocollo sono: **diossido di carbonio** (CO₂), metano (CH₄), monossido di diazoto (N₂O) e quattro tipi di gas fluorurati: idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC), esafluoruro di zolfo (SF₆) e trifluoruro di azoto (NF₃). L'entrata in vigore del Protocollo è stata subordinata alla ratifica da parte di almeno 55 paesi responsabili di non meno del 55% delle emissioni dei paesi dell'Annex I. L'entrata in vigore è diventata possibile solo nel 2005 con la ratifica della Russia, che ha consentito di raggiungere i requisiti necessari. Gli Stati Uniti non hanno ratificato il Protocollo e il Canada è uscito dall'accordo nel 2011.

Il Protocollo di Kyoto prevede sia azioni di decarbonizzazione in loco, ossia relative al sistema produttivo dei paesi industrializzati, sia l'utilizzo dei già citati meccanismi di flessibilità. Attraverso l'adozione di tali strumenti, in linea teorica, paesi e imprese che emettono più di quanto stabilito possono acquistare sul mercato il diritto a quote in eccesso, mentre coloro che si sono mantenuti al di sotto del proprio limite possono vendere i diritti residui di emissione. Sono nati così mercati delle emissioni che permettono ai diversi soggetti di scegliere l'opzione meno costosa tra la riduzione delle emissioni e il pagamento di altri soggetti per farlo al loro posto (su questo argomenti si veda anche il lemma "**Carbon Pricing**"). Il Protocollo prevede tre principali meccanismi di flessibilità, voluti soprattutto dagli Stati Uniti: l'*Emission Trading*, che permette di instaurare mercati delle emissioni per acquistare e vendere quote di emissione, la *Joint Implementation*, che consente di attuare

programmi di cooperazione che portino a progetti di decarbonizzazione nei paesi a economia in transizione (ex blocco sovietico) e il *Clean Development Mechanism* che prevede progetti di sviluppo rivolti alla decarbonizzazione nei paesi Non-Annex I. Il Protocollo permette inoltre di considerare attività volte al sequestro di gas serra, quali afforestazione, riforestazione e pratiche di **gestione forestale sostenibile**.

Il Protocollo di Kyoto, nella sua versione finale senza gli Stati Uniti e il Canada, ha visto l'impegno di 36 paesi a stabilizzare, nel periodo 2008-12, le proprie emissioni di gas climalteranti (corrispondenti al 24% delle emissioni mondiali nel 2010) a un livello del 4% in meno rispetto ai valori del 1990. Di queste 36 nazioni, ben 27 (tra cui figura anche l'Italia) hanno raggiunto i propri obiettivi di stabilizzazione, riportando le proprie emissioni al livello richiesto da Kyoto, mentre 9 hanno emesso più gas climalteranti rispetto a quanto fissato, dovendo quindi ricorrere ai meccanismi di flessibilità per acquisire le quote mancanti da altri stati (Shishlov *et al.*, 2016).

Malgrado il soddisfacimento degli obiettivi formali di Kyoto, sono emerse numerose criticità, a partire dall'effettiva "efficacia ambientale" del Trattato, ossia la reale capacità del Protocollo di Kyoto di mitigare l'effetto serra (Bagliani *et al.*, 2019). L'obiettivo del Trattato, dato dalla stabilizzazione delle emissioni, implica infatti che i paesi continuino a emettere gas serra e quindi ad aumentare le loro concentrazio-

ni in **atmosfera**, sia pur a un tasso annuale costante e non più crescente. La stabilizzazione ha inoltre riguardato solamente 36 paesi e non ha incluso le emissioni del trasporto aereo e di quello marittimo. Tutti questi motivi hanno reso molto basso il reale effetto di mitigazione del Protocollo.

Un altro aspetto particolarmente critico è rappresentato dall'applicazione dei meccanismi di flessibilità che, inizialmente pensati per un utilizzo complementare rispetto alle azioni di decarbonizzazione del sistema produttivo dei paesi industrializzati, hanno invece prevalso, riducendo l'impegno di decarbonizzazione all'interno di questi paesi e riorientando le risorse a favore di interventi in altri territori, tipicamente nel Sud del mondo. L'utilizzo esagerato e perverso di questi meccanismi è all'origine di pratiche che impattano sugli ecosistemi e sulle società dei paesi in via di sviluppo: si tratta di una nuova forma di colonialismo, chiamata **colonialismo del carbonio** (Bachram, 2004).

Bibliografia

- Bachram, H. 2004 "Climate Fraud and Carbon Colonialism: The New Trade in Greenhouse Gases", in *Capitalism Nature Socialism*, 15, 4, pp. 5-20.
- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, teorie". Bologna, Il Mulino, 2019.
- . Shishlov, I., Morel, R. e Bellassen, V. 2016 "Compliance of the Parties to the Kyoto Protocol in the First Commitment Period", in *Climate Policy*, 16, 6, pp. 768-782.

/Psicologia ambientale e cambiamenti climatici/ Environmental Psychology and Climate Changes

ambito disciplinare
psicologico
autore
Marino Bonaiuto

La psicologia riguarda lo studio del comportamento e dei processi che lo governano, siano essi di livello fisiologico (processi fisico-chimico-biologici), di livello psicologico (processi cognitivi e affettivi), di livello sociale (processi interpersonali e di gruppo), di livello sistemico (processi dei sistemi economici, politici, culturali, ecc. sino all'ecosistema). Entro questa disciplina, la psicologia architettonica e la **psicologia ambientale** si concentrano sulle reciproche relazioni tra comportamento e ambiente. Storicamente, approssimativamente a partire già dalla metà del XX secolo, si è formalmente affermata anzitutto la psicologia architettonica, il cui interesse è quello di comprendere come l'ambiente, sia naturale sia costruito, influenzi il comportamento. Successivamente, approssimativamente dagli anni Settanta in corrispondenza col maturare della crisi e della coscienza ecologica globale, si è sviluppata la psicologia ambientale la quale conserva tale primo interesse e vi affianca quello per la relazione reciproca, ovvero come la persona e il suo comportamento individuale e sociale influenzi l'assetto ambientale.

Pertanto, la psicologia ambientale, includendo in essa la psicologia architettonica, ha oggi lo scopo di studiare le reciproche relazioni tra persona/e e ambiente/i, vale a dire sia quanto, come e perché l'ambiente (naturale e costruito) influenzi il comportamento umano; sia quanto, come e perché il comportamento umano influenzi l'ambiente (naturale e costruito).

Per quanto riguarda le innumerevoli relazioni che sussistono tra le variabili ambientali e il loro impatto su variabili della persona, la conoscenza accumulatasi in letteratura è tipicamente organizzata in ragione del tipo di ambienti: residenze, spazi urbani pubblici, ambienti lavorativi, scolastici, di cura, rieducativi, museali, naturali, estremi naturali o artificiali, eccetera. Ciascuna di tali aree d'indagine scientifica aiuta a comprendere come la progettazione e la gestione di ogni specifico ambiente umano può essere orientata, sulla base della ricerca psicologica, per massimizzare la probabilità – nel breve o nel lungo termine – di salute fisica, psicologica e sociale, di soddisfazione, di prestazione delle persone che vivono, utilizzano, si appropiano di un determinato ambiente.

Per quanto invece riguarda le molteplici relazioni sussistenti tra le variabili della persona e il loro impatto sull'ambiente, tipicamente i manuali specialistici che riassumono lo stato dell'arte, presentano

uno o qualche capitolo su temi rilevanti per i processi di **adattamento ai cambiamenti ambientali**: per esempio, sulle risposte ai **disastri** ambientali e sulla **resilienza** psicologico-sociale, allo scopo di migliorare tali risposte e massimizzarne gli esiti di resilienza umana. In quest'ambito inoltre figurano diversi capitoli su temi rilevanti per i processi di **mitigazione dei cambiamenti ambientali**: per esempio, sull'**educazione ambientale**, sui processi di miglioramento dei **comportamenti pro-ambientali** e di quelli di conservazione ambientale, sui processi collaborativi nella gestione ecosistemica, sulla psicologia della sostenibilità e del cambiamento climatico. Ciascuna di tali aree d'indagine scientifica aiuta a comprendere come numerose iniziative di tipo architettonico-urbanistico, economico e di mercato, giuridico, politico, educativo, comunicativo, ecc. possano essere progettate e implementate, sulla base della ricerca psicologica, per massimizzare la probabilità che – nel breve o nel lungo termine – aumenti l'adozione dei comportamenti di adattamento all'ambiente e ai cambiamenti climatici globali, ovvero dei comportamenti di mitigazione degli effetti sull'ambiente e sui cambiamenti climatici globali. In questo sforzo complessivo di comprensione dei reciproci rapporti tra persona e ambiente, è bene sottolineare come alcuni di tali effetti siano semplici e diretti, mentre altri siano mediati da talvolta complesse catene di variabili (cosiddetti effetti di mediazione) e altri ancora dipendano da più o meno complessi effetti congiunti tra più variabili (cosiddetti effetti di interazione o moderazione), nonché da combinazioni degli stessi. Ancora, va segnalato come la dimensione temporale vada tenuta presente: alcuni effetti possono infatti manifestarsi entro tempi brevissimi o brevi (frazioni di secondi, secondi, minuti, ore, giorni); men-

tre altri effetti, semplici o spesso cumulativi per via dell'esposizione cronica a una o più variabili, possano manifestarsi, in modi anche eclatanti, a distanza di settimane, mesi, anni, decenni.

La psicologia ambientale ha anche introdotto nuove nozioni (e relativi strumenti per misurarle) per concettualizzare il rapporto esistente tra persona e ambiente. Alla base, il concetto psicologico di luogo, il quale coincide con gli aspetti fisici di un ambiente corredati dalle valutazioni soggettive e dalle attività che la persona esperisce e conduce in esso. Più in particolare, l'identità di luogo (esplicitamente concettualizzata dagli anni Settanta del XX secolo in poi) indica quella parte dell'identità della persona definita non dalle sue caratteristiche più idiosincratiche (identità individuale), né dalle sue appartenenze a gruppi o categorie sociali (identità sociale), bensì da uno o più luoghi ove la persona è cresciuta e/o vissuta e quindi da conoscenze, credenze, rappresentazioni, eccetera che ivi ineriscono. O ancora, l'attaccamento al luogo (identificato formalmente all'inizio degli anni Sessanta del XX secolo) indica il processo affettivo per cui le persone, oltre a sviluppare un legame affettivo di dipendenza con le persone in base a legami interpersonali di cura (genitori, partner, ecc.), sviluppano analoghi legami affettivi di dipendenza con i luoghi in base a legami di prossimità spaziale e sociale (tipicamente luoghi dove si è nati, cresciuti, vissuti a lungo).

Tutti questi aspetti psicologico-ambientali, una volta consolidatisi, entrano poi in gioco nel determinare le relazioni persona-ambiente e possono quindi avere ripercussioni positive o negative sui comportamenti di adattamento e di mitigazione, venendo così ad agire, assieme ad altre possibili va-

riabili, quali fattori favorenti od ostacolanti la gestione ottimale dei cambiamenti climatici.

Bibliografia

- Bonaiuto, M. (2020). "Understanding environment impacts on people via environmental psychology: Three basic principles". In AA.VV., "Urban Planning and Wellbeing: Proceedings of the International Conference on Urban Planning & Wellbeing" (pp. 168-201). Centre for Bhutan & GNH Studies, Thimphu, Bhutan.
- Bonaiuto, M., Bilotta, E. & Fornara, F. (2004). "Che cos'è la psicologia architettonica". Carocci, Roma
- Clayton, S. (a cura di) (2012), "The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology". Oxford University Press, New York
- Gifford, R. (2014). "Environmental Psychology: Principles and Practice (5th ed.)". Optimal Books, Colville, WA.

/Punti critici/ Tipping Points

ambito disciplinare
climatico
ambientale

autori
Marco Bagliani
Tommaso Orusa

I **punti critici** o punti di non ritorno, noti anche come **tipping points**, sono caratteristiche intrinseche dei sistemi complessi. Si tratta di punti di soglia in cui un piccolo cambiamento potrebbe spingere il sistema verso uno stato completamente nuovo, che può essere irreversibile e con effetti talora imprevedibili.

Come esempio si consideri un ponte che ha la capacità di sopportare un certo carico, oltre al quale l'intera struttura collassa in modo irreversibile, portando il sistema a un nuovo stato di equilibrio, rappresentato dal ponte crollato.

Anche il **sistema climatico**, in quanto **sistema complesso**, è caratterizzato dalla presenza di numerosi punti critici. Una delle pietre miliari nello studio dei *tipping points*, è la ricerca di Broecker (1987) in cui si dimostra che « [...] il clima della Terra non risponde alla forzatura in modo regolare e graduale. Piuttosto, risponde con salti bruschi che comportano una riorganizzazione su larga scala del sistema terrestre».

Dal 1987 numerosi studi sono stati condotti su questa tematica, portando all'identificazione di diversi potenziali punti critici.

Il termine stesso *tipping point* è stato reso popolare dal giornalista e autore Galdwell nel suo libro del 2000 (Galdwell, 2000).

Un primo, importante caso di dinamica di non ritorno è rappresentato dalla riduzione del ghiaccio marino artico. Le simulazioni di **modelli climatici** hanno suggerito che l'estensione del ghiaccio marino estivo nell'Artico potrebbe vedere cali bruschi e accelerati durante questo secolo. Un tale potenziale declino è associato al meccanismo della **retroazione** ghiaccio-**albedo** ac-

compagnata da un innalzamento delle temperature. Qui di seguito vengono citati altri punti critici individuati in letteratura (Steffen, et al. 2018; Lenton, et al. 2019). Il loro superamento, a causa dei **cambiamenti climatici** oggi presenti, provocherebbe gravi effetti sul sistema terrestre e quindi anche a livello socio-economico:

- **perdita della calotta glaciale della Groenlandia;**
- **capovolgimento meridionale della circolazione atlantica;**
- **fusione del permafrost** e liberazione di idrati di metano in **atmosfera;**
- **perdita della calotta glaciale dell'Antartide occidentale;**
- **deperimento della foresta pluviale amazzonica** a seguito di un'alterazione del ciclo idrologico;
- **spostamento del regime monsonico dell'Africa occidentale;**
 - **spostamento del regime monsonico indiano;**
 - **sbiancamento delle barriere coralline;**
- **spostamento della foresta boreale** e aumento nel regime e intensità dei disturbi (incendi, attacchi parassitari, ecc.).

I punti critici sopra citati (*si vedano i relativi lemmi per una più approfondita trattazione – N.d.C.*) non costituiscono un elenco esaustivo: molte altre componenti del sistema Terra hanno il potenziale per il superamento di un punto critico. Alcuni ulteriori esempi includono: perdita dei ghiacciai alpini, anossia oceanica (drastico calo dell'ossigeno in vaste zone dell'oceano), cambiamenti nella frequenza e/o nella forza delle **teleconnessioni** (tra cui i fenomeni legati a *El Niño*).

Un'altra preoccupazione circa i punti critici è il potenziale da parte di uno di essi di innescare un effetto "a cascata" sugli altri. Come illustrato da Lenton et al. (2019) "gli effetti a cascata potrebbero essere comuni" nel sistema Terra, avvertendo che questa sarebbe "una minaccia esistenziale per la civiltà". Tale lavoro fa riferimento allo studio di Rocha et al. (2018) che ha valutato come 30 diversi potenziali "cambiamenti di regime" socio-ecologici potrebbero interagire tra loro attraverso "effetti domino" o "feedback nascosti".

Bibliografia

- Broecker, Wallace S. "Unpleasant surprises in the greenhouse?." *Nature* 328.6126 (1987): 123-126.
- Lenton, Timothy M., et al. "Tipping elements in the Earth's climate system." *Proceedings of the national Academy of Sciences* 105.6 (2008): 1786-1793.
- Lenton, Timothy M., et al. "Climate tipping points - too risky to bet against." (2019): 592-595.
- Levermann, Anders, et al. "Potential climatic transitions with profound impact on Europe." *Climatic Change* 110.3-4 (2012): 845-878.
- Steffen, Will, et al. "Trajectories of the Earth System in the Anthropocene." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115.33 (2018): 8252-8259.
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Rocha, Juan C., et al. "Cascading regime shifts within and across scales." *Science* 362.6421 (2018): 1379-1383.
- Schellnhuber, Hans Joachim. "Tipping elements in the Earth System." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106.49 (2009): 20561-20563.

LESSICO NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Chi parla lingue diverse
pensa in modo diverso [...]
Questo vi dà l'opportunità di
chiedervi: "Perché penso in
questo modo?" Come potrei
pensare diversamente?"
E ancora: "Quali pensieri
desidero creare?"



Lera Boroditsky

Scienziata cognitiva.
TEDWomen 2017

/Quadro europeo 2030-2050/ European Policies on Climate and Energy towards 2030-2050

ambito disciplinare
geografico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Nel 2014 l'impegno dell'Unione Europea per rendere l'economia regionale più competitiva, rafforzando la sicurezza e la sostenibilità del suo sistema energetico, si è intensificato con l'adozione del **Quadro per il 2030** in materia di energia e clima. Si tratta di una serie di politiche che coprono il periodo 2020-2030 e sono volte a favorire competitività, sostenibilità e sicurezza del sistema energetico, incentivando ricerca, sviluppo e innovazione, innalzando la domanda di tecnologie efficienti e a bassa intensità di carbonio e riducendo la dipendenza dalle importazioni.

Gli obiettivi, con scadenza 2030, sono:

- riduzione delle emissioni di **gas serra** interne alla regione di almeno il 40% rispetto ai livelli del 1990. Questo consente di conseguire una riduzione dell'80-95% (con riferimento ai livelli del 1990) entro il 2050. Si stima infatti che una diminuzione inferiore al 40% al 2030 aumenterebbe i costi a lungo termine per la **decarbonizzazione** dell'economia (CE, 2014);
- aumento delle energie rinnovabili ad almeno il 27% del consumo energetico della UE;
- incremento del risparmio energetico al 27% (nel 2020 è prevista una ridefinizione verso il 30%).

Nel 2011 la Commissione europea ha definito una prospettiva ancor più ambiziosa con riferimento al lungo periodo attraverso la *Roadmap to a Resource Efficient Europe* (CE, 2011b), che dovrebbe condurre a un'economia competitiva a basse emissioni di carbonio entro il 2050 stimolando l'economia e la creazione di posti di lavoro attraverso le tecnologie pulite e l'**energia low/zero carbon**, favorendo la diminuzione dell'utilizzo delle risorse, rendendo la UE meno dipendente dalle importazioni di **combustibili fossili**. In modo indiretto, anche i livelli di **inquinamento** sarebbero ridotti, con indiscussi benefici per la salute della popolazione. Tutti i settori economici sono coinvolti, con sforzi maggiori da parte di quelli che risultano più impattanti, ossia produzione di energia, industria, trasporti, edilizia e agro-alimentare. Oltre a limitare il riscaldamento globale sotto i 2 °C come stabilito dall'**Accordo di Parigi**, la UE si è impegnata con questa *roadmap* a:

- ridurre entro il 2050 le emissioni dell'80-95% rispetto ai livelli del 1990. Il percorso per raggiungere l'obiettivo al 2050 è scandito da alcune tappe intermedie: una riduzione del 40% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2030 (seguendo l'obiettivo già approvato nell'ambito del Quadro 2030) e del 60% entro il 2040;
- produrre l'energia per quasi il 100% da fonti a zero emissioni di carbonio;
- ridurre il consumo di energia del 30% (CE, 2011a; CE, 2014).

Bibliografia

- CE, 2011a Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle regioni, Tabella di marcia per l'energia 2050, COM(2011) 88.
- CE, 2011b Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle regioni, Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571.
- CE, 2014 Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale europeo e al Comitato delle regioni, Quadro per le politiche dell'energia e del clima per il periodo dal 2020 al 2030, COM(2014) 15.

Quadruplica morsa/ Quadruple Squeeze

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Drusa

La crescente evidenze scientifiche dell'ultimo decennio mostrano che l'umanità sta causando impatti ambientali indesiderati su scala regionale e planetaria. È sempre più chiaro che l'umanità ha intrapreso la "grande accelerazione" dell'impresa umana a metà degli anni '50, quando il metabolismo industriale ha raggiunto una scala critica, con impatti negativi sull'ambiente che accelerano e causano, per la prima volta nella storia umana, impatti ecologici a livello globale. Queste tendenze ambientali (*per esempio i grafici della concentrazione di **diossido di carbonio** in **atmosfera** – N.d.C.*) mostrano una forma improvvisa di "bastone da hockey", dove secoli di cambiamenti relativamente lenti e lineari, si spostano bruscamente in una direzione negativa per un ultimo breve periodo di tempo. Nell'ultimo decennio, la comprensione dei rischi integrati da queste pressioni multiple e accelerate è migliorata ed è stata anche osservata in termini di impatti sugli ecosistemi su larga scala. È stato ora stabilito che il sistema Terra funziona come un **sistema complesso**, integrato e autoregolante, ma esiste ancora una conoscenza limitata delle forze del sistema terrestre in gioco, in particolare in termini di dinamiche di *feedback* (**retroazioni**).

Questa "nuova" sfida socio-ecologica è complessa e, in una forma semplificata, può essere concettualizzata come una "**quadruplica morsa**" sulla capacità dell'umanità di assicurare uno **sviluppo sostenibile** a lungo termine sul pianeta Terra.

La prima compressione consiste nelle caratteristiche della crescita

demografica, che deriva dalla prevista espansione degli attuali 7,7 miliardi di persone nel mondo a una popolazione che dovrebbe superare i nove miliardi in soli 40 anni. Inoltre, la pressione planetaria dalla compressione demografica è caratterizzata da un “dilemma del 20/80”, con le vecchie economie “industrializzate” e ricche che rappresentano solo una minoranza (il 20% circa) avendo causato la maggior parte dell’accelerazione storica delle pressioni ambientali sul Pianeta, mentre la maggioranza povera (l’80% circa) è la più vulnerabile agli impatti del degrado ambientale globale ed è, almeno in misura significativa, su una traiettoria di sviluppo positiva verso il miglioramento del benessere umano e della crescita. Tuttavia, la tendenza finora è che questo slancio di sviluppo positivo si verifica in modo insostenibile, contribuendo a una maggiore accelerazione delle pressioni negative sul Pianeta.

La seconda compressione consiste nei **cambiamenti climatici** e nella crisi climatica antropica globale, che, nonostante sia solo una delle numerose sfide ambientali globali, si verifica a livello planetario, colpisce essenzialmente tutti gli altri sistemi biofisici e può innescare cambiamenti fondamentali nelle condizioni preliminari per lo sviluppo umano. La morsa climatica è caratterizzata da un “dilemma del 550/450/350”. Infatti, l’interpretazione politica della quarta relazione di valutazione **IPCC** (“AR4”) è che una stabilizzazione della concentrazione di CO₂ equivalenti (i vari **gas serra**) a 450 ppm può offrire buone possibilità di evitare un aumento della temperatura media globale superiore a 2 °C (considerato come soglia per più pericolosi cambiamenti climatici). Le proiezioni però indicano che il mondo si sta rapidamente muovendo verso concentrazioni di 550 ppm e oltre. A sua volta, la scienza post-IPCC AR4 suggerisce che

i sistemi sulla Terra potrebbero essere più sensibili al riscaldamento antropogenico di quanto si pensasse in precedenza (ad esempio, quando si includono i *feedback* causati dal cambiamento dell’**albedo** di superficie dalle calotte glaciali, che si stanno sensibilmente riducendo) e indicano che potrebbe essere necessaria una stabilizzazione a 350 ppm per ridurre i rischi di pericolosi cambiamenti climatici.

Il cambiamento climatico è quindi un grave regime di disturbo sul pianeta, che si sarebbe sperato si fosse verificato in uno stato di elevata **resilienza** planetaria. Sfortunatamente, le prove indicano che non è così, e che in effetti affrontiamo una crisi globale dell’ecosistema - la terza compressione - contemporaneamente alla crisi climatica globale. La valutazione dell’ecosistema del millennio delle Nazioni Unite ha dimostrato che gli esseri umani hanno accelerato il degrado degli ecosistemi negli ultimi 50 anni, deteriorando la capacità del 60% delle funzioni e dei **servizi ecosistemici** chiave (sia terrestri sia acquatici e marini) di continuare a offrire benessere e resilienza in futuro. Due sono le funzioni chiave degli ecosistemi: funzionare come pozzi assorbitori di carbonio (*sink* di carbonio come ad esempio le foreste e gli oceani) e di regolare i flussi d’acqua nei paesaggi. Infatti, circa il 50% delle emissioni globali di gas a **effetto serra** (GHG) sono assorbite dagli ecosistemi marini e terrestri, ma questa è una capacità che è già in declino in alcune aree.

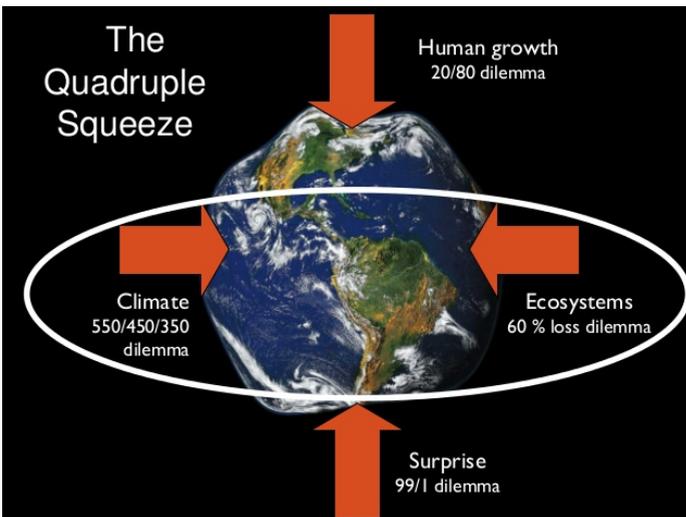
La quarta compressione planetaria è la crescente compressione dell’universalità della “sorpresa” nel cambiamento dell’ecosistema. Abbiamo sviluppato i nostri paradigmi sociali ed economici predominanti sulla nozione errata che il cambiamento degli ecosistemi avvenga in modo incrementale, generalmente lineare e quindi prevedibile (e controllabile).

Invece, l'evidenza empirica suggerisce il contrario. Gli ecosistemi cambiano in modo non lineare come risposta ai regimi di disturbo, spesso bruscamente e irreversibilmente, essendo il loro comportamento caratterizzato da "stati multipli stabili" separati da soglie (in quasi tutti i sistemi, dai laghi alle savane). Elementi critici di ribaltamento sono stati identificati nel **sistema climatico**, nei cambiamenti del regime idrico nei sistemi agricoli e in una serie di principali punti di non ritorno nel sistema terrestre (si veda "**Punti critici**"). La possibile sorpresa non lineare genera un dilemma secondo il quale il 99% dei cambiamenti negli ecosistemi tende a verificarsi nell'1% degli eventi, come i principali cam-

biamenti nelle foreste o nei sistemi marini dopo incendi e tempeste, ecc.

La compressione quadrupla, quindi, crea un complesso *cocktail* socio-ecologico di interazioni planetarie che pongono sfide critiche per lo sviluppo umano. Siamo entrati a tutti gli effetti in una nuova era geologica, l'**Antropocene**, dove l'umanità costituisce ora la principale forza trainante del cambiamento su scala planetaria.

Sulla base di prove scientifiche, il dilemma globale tra la sostenibilità o il collasso è una questione che ora deve essere posta e necessita di politiche e linee di condotta basate sulla scienza, prima che le azioni virtuose intraprese risultino inefficaci.



La quadruplicata morsa sul Pianeta.

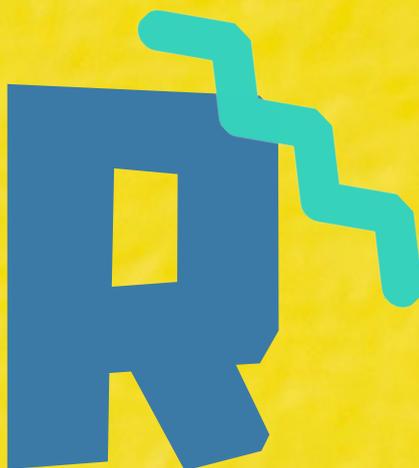
Fonte: Stockholm Resilience Centre <https://www.stockholmresilience.org/>

Bibliografia

- Rockström, Johan, and Louise Karlberg. "The Quadruple Squeeze: Defining the safe operating space for freshwater use to achieve a triply green revolution in the Anthropocene." *Ambio* 39.3 (2010): 257-265.
- Rockström, Johan, Mattias Klum, and Peter Miller. "Big world, small planet: abundance within planetary boundaries". Yale University Press, 2015.
- Steffen, Will, et al. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet." *Science* 347.6223 (2015).

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Se il programma Apollo ha conquistato la Luna in otto anni, nulla ci impedisce di fermare i cambiamenti climatici in dieci.



Mariana Mazzucato

Economista.
Intervista del *Corriere della Sera*

Realtà e rappresentazioni sociali dei cambiamenti climatici/ Social Representations and Shared Reality of Climate Change

ambito disciplinare
psicologico

autori

Laura Soledad

Norton

Mauro Sarrica

Dando un'enfasi particolare alla **realtà** come condivisione di significati, dagli anni Settanta del secolo scorso in poi, diversi autori anche in psicologia si sono soffermati sulla funzione che discorso e linguaggio svolgono nel nostro rapporto con la realtà. Più che soffermarsi sui processi individuali, tuttavia, questa prospettiva si concentra sul modo in cui creiamo **rappresentazioni** sociali, universi consensuali, realtà condivise in cui ci sentiamo a casa e in cui possiamo agire.

Gli approcci psicologico-discorsivi, retorici e la teoria delle rappresentazioni sociali sono quindi stati applicati con crescente interesse anche alle questioni ambientali. Fine comune è esaminare il modo in cui il rapporto uomo-ambiente, i **cambiamenti climatici** e la **transizione** verso il futuro siano continuamente ridefiniti. Essi, inoltre, forniscono una comprensione approfondita degli scambi comunicativi, dell'inter-azione tra i parlanti, delle relazioni di potere e dei conflitti impliciti nelle visioni alternative della realtà presenti nell'arena pubblica (Castro, 2006).

Realtà, discorso e rappresentazione sono in stretta relazione. In primis, gli approcci critici (Caillaud, 2016) sottolineano che discorsi e rappresentazioni non sono mai neutri ma sono elaborati all'interno di una cornice relazionale, storica e culturale. La crisi ambientale è in questo senso sia un'arena di confronto tra visioni diverse della realtà (Caillaud et al., 2012), sia un'occasione per ridefinire e ripensare quanto diamo per scontato. Da tale scontro dialogico, nuove rappresentazioni sociali possono nascere. Per fare un esempio, pensiamo all'accusa lanciata da Greta Thunberg al Summit ONU 2019 sul clima: *"Avete rubato la mia infanzia e i miei sogni con le vostre parole vuote eppure io sono una delle persone più fortunate (...) Come vi permettete?"*. In quelle frasi, in quella rappresentazione del *climate change*, troviamo tutti i temi classici della psicologia: identità (noi vs. voi), **giustizia** ed etica, minoranze attive, resistenza e critica al potere e all'autorità. Nei discorsi di Greta, lei non è la sola protagonista: è in scena la scienza come voce della verità, i leader politici rappresentati come usurpatori e bugiardi che raccontano favole, ciechi e sordi rispetto al **rischio**. Sono evocati i molti, meno fortunati, che subiscono gli **impatti del cambiamento climatico** senza avere voce.

Secondo elemento che collega realtà e rappresentazione sono le metafore: utilizzando le risorse linguistiche che ciascuno ha a disposizione, le metafore costruiscono ponti tra cognizione individuale e significati condivisi, consentono di esplorare ambiti sconosciuti e creare così nuove conoscenze. Pensiamo ad esempio alla leopardiana natura matrigna o alla *pachamama* di altri contesti culturali, o alle tante dicotomie sull'ambiente (visto come aperto/chiuso, potente/vulnerabile, antropocentrico/non-antropocentrico). Tali intuizioni sono riprese dalla *Cultural theory* e vengono riportate ad esempio da MacNaghten (1993) a quattro discorsi in cui la natura è:

“armonia delle attività”: la presenza umana è inclusa come uso naturale del territorio;
 “armonia visiva”: lo sviluppo umano è accettato a patto che sia armonico con il paesaggio;
 “equilibrio ecologico”: per cui l’impatto di qualsiasi azione deve essere minimizzato;
 “incontaminata”: in cui la vera natura non prevede la presenza umana.

Terzo elemento che collega discorso e realtà è un’idea specifica di agire sociale. Dire qualcosa è fare qualcosa; nel caso dei **movimenti** sociali è irrompere con la verità (potremmo dire con la *parresia*), turbare il silenzio su quello che non viene detto (o negato), trasformare le relazioni e costringere ciascuno a riflettere sulle proprie (non)azioni e responsabilità. Esempio è la domanda retorica formulata a chiusura dell’intervento di Greta Thunberg (citato in precedenza), che rovescia i ruoli di potere trasformando i grandi politici in spettatori senza parola.

Accanto ai testi, questa stessa lettura costruzionista è stata applicata alle molte immagini e video che circolano sui cambiamenti climatici. Oggi gli studiosi guardano ai *social media*: le classiche iconografie del rischio in contesti lontani persistono, ma le campagne comunicative includono nuovi modi partecipativi. Ciò, da una parte, contribuisce ad una produzione di nuove narrazioni visive “reali” e, dall’altra, ha la potenzialità di alterare l’immagine del cambiamento climatico nell’immaginario pubblico (Wang et al., 2018) favorendo l’elaborazione di nuovi scenari di azione.

Bibliografia

- Caillaud, S. (2016). “Social representations theory: A dialogical approach to the ecological crisis”. *Papers on Social Representations*, 25(1), 6.1-6.30.
- Caillaud, S., Kalampalikis, N., & Flick, U. (2012). “The Social Representations of the Bali Climate Conference in the French and German Media”. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 378(July 2011), 363-378.
- Castro, P. (2006). “Applying social psychology to the study of environmental concern and environmental worldviews: Contributions from the social representations approach”. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 16(4), 247-266.
- Harré, R., Brockmeier, J., & Mühlhäusler, P. (1999). *Greenspeak: A study of environmental discourse*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Hajer, M., & Versteeg, W. (2005). *A decade of discourse analysis of environmental politics: achievements, challenges, perspectives*. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7(3), 175-184.
- Macnaghten, P. (1993). “Discourses of nature: argumentation and power. In E. Burman & I. Parker (Eds.), *Discourse Analytic Research: Repertoires and Readings of Texts in Action* (pp. 52-72). London: Routledge.
- Wang, S., Corner, A., Chapman, D., & Markowitz, E. (2018). “Public engagement with climate imagery in a changing digital landscape”. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(2), e509.

/Report di sostenibilità/ Sustainability Reporting

ambito disciplinare
economico

autrici
Laura Corazza
Giulia Dario

Il **Report di Sostenibilità** (*sustainability reporting* o bilancio di sostenibilità) è un bilancio annuale pubblicato da un'azienda o un'organizzazione riguardante gli impatti economici, ambientali e sociali causati dalle sue attività quotidiane: esso trasmette i valori dell'organizzazione e permette di evidenziare il legame tra la sua strategia e il suo impegno per un'economia sostenibile. Il Report di Sostenibilità aiuta le organizzazioni a misurare, comprendere e comunicare le loro prestazioni economiche, ambientali, sociali e di *governance*, quindi a fissare obiettivi e gestire i cambiamenti in modo più efficace. La rendicontazione di questi temi non rappresenta più soltanto un'operazione volontaria di trasparenza, infatti secondo il D.lgs. n. 254/2016, il quale attua la direttiva europea 2014/95/UE, sono tenuti per legge a redigere la Dichiarazione non Finanziaria (DNF), le grandi aziende quotate e gli Enti di Interesse Pubblico (EIP) che superano determinate soglie dimensionali.

Esistono diverse linee guida prodotte a livello internazionale da enti, comitati e gruppi di studio per la corretta stesura del Report di Sostenibilità. Si presentano qui alcuni esempi:

- **GRI (Global Reporting Initiative):** è un'associazione indipendente internazionale che ha come missione lo sviluppo e la divulgazione globale di linee guida sul Reporting di Sostenibilità. Queste linee guida riportano i principi e gli indicatori (KPI) che le organizzazioni possono usare per misurare e pubblicare dati relativi alle proprie performance economiche, sociali e ambientali. Esso è composto di differenti serie considerati Standard Universali e Standard Specifici. Inoltre, le aziende sono tenute al rispetto di alcuni principi di qualità e di definizione del contenuto.
- **CDSB (Climate Disclosure Standards Board):** è un comitato internazionale di ONG aziendali e ambientali. Offrono alle aziende uno schema per la comunicazione di informazioni ambientali con lo stesso rigore delle informazioni finanziarie, considerandole ugualmente essenziali per la comprensione della performance aziendale.
- **GBS (Gruppo di Studio per il Bilancio Sociale):** è un gruppo di studio italiano sorto nel 1998, il quale ha redatto un documento denominato "Principi di redazione del Bilancio Sociale" definendo le caratteristiche e i principi alla base di uno strumento di rendicontazione sociale.

- **SASB (Sustainability Accounting Standard Board)** è una Fondazione americana, la quale ha stabilito uno standard indipendente per reportistica di sostenibilità nelle aziende. SASB si rivolge principalmente a settori aziendali specifici tramite la proposta di indicatori, ma occorre tener presente che anche la platea di riferimento è comunque quella degli investitori, interessati a capire come il cambiamento climatico impatti sul bilancio.
- **CDP (Carbon Disclosure Project)** rappresenta una delle iniziative più longeve attive in ambito di rendicontazione dei **cambiamenti climatici**. CDP si sviluppa come un questionario circa informazioni qualitative e quantitative su governo, strategia, rischi, impatti e performance in termini di cambiamenti climatici.

Tutte queste linee guida hanno creato congiuntamente un movimento, chiamato *Corporate Reporting Dialogue*, che ha pubblicato nel 2019 un primo report, dal titolo *Driving Alignment in Climate-related Reporting*, che contiene le indicazioni sui punti di giunzione presenti nei diversi standard in tema di cambiamento climatico e reporting. Oltretutto, il documento presenta le uniformità esistenti tra i diversi standard e quando stabilito dalla TCFD (si veda lemma "**Task Force on Climate-related Financial Disclosures**").

Bibliografia

- Bebbington, J., Unerman, J., & O'Dwyer, Brendan (2014). "Introduction to sustainability accounting and accountability". In *Sustainability accounting and accountability* (pp. 21-32). Routledge.
- Contrafatto, M. (2009). "Il social environmental reporting e le sue motivazioni. Teoria, analisi empirica e prospettive" (Vol. 10). Giuffrè editore.
- Truant, E.; Corazza, L.; Scagnelli, S.D. "Sustainability and Risk Disclosure: An Exploratory Study on Sustainability Reports". *Sustainability* 2017, 9, 636.

/Resilienza climatica/ Climate Resilience

ambito disciplinare
ambientale
sociologico

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo
Osman Arrobbio
Marco Bagliani

La **resilienza climatica** ha un'origine comune a quella intesa dalle scienze ecologiche. Essa viene definita come l'abilità di un sistema di reagire a fronte di eventi pericolosi (*shock*) e pressioni (disturbi/stress) riorganizzandosi per mantenere le sue funzioni essenziali, preservando, tuttavia, le **capacità di adattamento**, apprendimento e trasformazione. Ciò implica la necessità di sviluppare un approccio che sia in grado di superare le attuali **politiche di adattamento** puntuali per specifici rischi climatici, considerando la resilienza come concetto che racchiude al suo interno tre elementi essenziali:

- ridurre la fragilità del sistema di fronte agli **impatti del clima** e limitare gli effetti a cascata derivanti da uno specifico **rischio** tramite un potenziamento del sistema; costruire le capacità degli agenti sociali (es. famiglie, comunità, società civile, imprese, settore pubblico) per anticipare e sviluppare le risposte di **adattamento**;

- rinforzare e indirizzare le istituzioni (regole sociali e norme) fondamentali per orientare e connettere gli agenti e il sistema.

Operativamente si possono definire poco resilienti i sistemi intrinsecamente vulnerabili a stress e *shock*, interpretando la **vulnerabilità** di un sistema come sintomo di carenza della resilienza. Ciò nonostante, esiste una grande distinzione tra vulnerabilità e resilienza. La prima include l'**esposizione** a un **pericolo** specifico: soltanto legato a quest'ultimo la vulnerabilità prende significato. La seconda è intesa come caratteristica intrinseca esistente all'interno di un complesso sistema socio-ecologico, indipendentemente dall'esposizione, che si manifesta attraverso l'esposizione a stress e *shock*, e nella seguente ripresa del sistema. L'identificazione delle vulnerabilità è funzionale allo sviluppo degli interventi necessari a rinforzare la resilienza.

Bibliografia

- Folke, C. 2006. "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analysis". *Global Environmental Change*, 16: 253-267.
- Leichenko, R. 2011. "Climate change and urban resilience". Elsevier B.V., *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Volume 3, Issue 3, Pages 164-168.
- UN General Assembly (UNGA), 2016. "Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction"; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

Responsabilità comune ma differenziata *Common But Differentiated Responsibility*

ambito disciplinare
giuridico

autore
Matter Fermeiglia

Il principio di **responsabilità comune ma differenziata** (e secondo le relative capacità; in inglese *common but differentiated responsibility and respective capabilities*) rappresenta la pietra angolare del regime giuridico internazionale sulla lotta ai **cambiamenti climatici** di cui alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico (UNFCCC). Il principio di responsabilità comune ma differenziata si è sviluppato a partire dalla stessa Convenzione Quadro del 1992 (art. 3.1) e si è dunque posto come stilema dell'applicazione del principio di equità nel diritto internazionale, al fine di garantire un trattamento equo e non discriminatorio tra gli stati sulla base delle loro differenze di sviluppo economico, delle loro disponibilità finanziarie, alla loro **vulnerabilità** alle conseguenze del cambiamento climatico e delle loro capacità tecniche e del livello storico di emissioni di **gas serra**.

Il principio si fonda su due elementi chiave, che fanno peculiare riferimento al cambiamento climatico come fenomeno intrinsecamente globale nel suo sviluppo, ma che dispiega i suoi effetti a livello locale. Il primo elemento è dato dal riconoscimento del

cambiamento climatico come un fenomeno che comporta una “responsabilità comune”. Tale locuzione riprende quella, riconosciuta anche nel preambolo dell’**Accordo di Parigi**, per la quale il cambiamento climatico rappresenta un “problema comune dell’umanità” (*common concern of mankind*). Di conseguenza, ogni stato parte dell’UNFCCC è titolare di una responsabilità comune sancita dal diritto internazionale di contribuire all’obiettivo di combattere il cambiamento climatico. Il secondo elemento è dato dalla “differenziazione”, qui intesa in chiave sinergica e complementare rispetto ai principi sanciti dal diritto internazionale di sviluppo sostenibile e di equità intergenerazionale, nella misura in cui mira al bilanciamento fra le necessità di sviluppo economico e della protezione dell’ambiente sotto una prospettiva etica e di giustizia. Il principio, dunque, riconosce l’obiettivo comune, a tutti i Paesi firmatari dell’UNFCCC, di combattere il cambiamento climatico al fine ultimo di identificarne i relativi obblighi e contributi secondo un modello di equità e non discriminazione.

Il principio ha conosciuto diverse declinazioni nell’ambito dell’evoluzione del regime internazionale UNFCCC. Dapprima, nell’ambito della Convenzione di Rio del 1992 (art. 3.1 e 4.1) e del relativo **Protocollo di Kyoto** (1997), il principio è stato interpretato nel senso di segnare una netta distinzione tra paesi con economie sviluppate e in fase di transizione e i paesi non sviluppati o in via di sviluppo, traducendosi tale differenziazione in limiti vincolanti sul medio-lungo periodo alle emissioni di gas serra per il solo primo di questi gruppi di paesi. Tale approccio è stato superato nell’ambito dell’Accordo di Parigi del 2015. In particolare, il principio è stato qui interpretato nel senso, diametralmente opposto, di informare lo sviluppo dei piani nazionali di contribuzione (*National Determined Contributions*, NDCs) all’obiettivo generale dello stesso Accordo

di Parigi (aumento della temperatura globale massimo di 2 °C) secondo una logica che rifletta le capacità tecniche, economico-finanziarie di ogni stato parte dell’Accordo, la popolazione (e il relativo tasso di crescita), nonché il proprio contributo storico in termini di emissioni di gas a effetto serra globale. Inoltre, il principio come declinato nell’Accordo di Parigi non si applica solo alle azioni di **mitigazione** del cambiamento climatico, ma altresì alle azioni di **adattamento** al cambiamento climatico e al supporto finanziario, da parte dei paesi sviluppati, rispetto alle medesime azioni di mitigazione e adattamento da intraprendere nei paesi poveri e in via di sviluppo.

In assenza, pertanto, di una precisa definizione del concetto di equità nell’ambito del diritto internazionale dedicato alla lotta al cambiamento climatico, il principio di responsabilità comune ma differenziata (e secondo le relative capacità) si pone come estrinsecazione degli obblighi derivanti dalla partecipazione al medesimo regime UNFCCC per ogni stato partecipante, sia rispetto all’obiettivo globale di lotta al cambiamento climatico sia rispetto agli altri stati partecipanti.

Bibliografia

- Ellen Hey, “Common but Differentiated Responsibilities” in Max Planck Encyclopedia of Public International Law (2011).
- Lavanya Rajamani, “Differential Treatment in International Environmental Law” (OUP 2006).
- Lavanya Rajamani, “Ambition and Differentiation in the 2015 Paris Agreement: Interpretative Possibilities and Underlying Politics Shorter Articles and Notes” (2016) 65 International and Comparative Law Quarterly 493, 508.
- Christina Voigt and Felipe Ferreira, “Dynamic Differentiation”: The Principles of CBDR-RC, Progression and Highest Possible Ambition in the Paris Agreement’ (2016) 5 Transnational Environmental Law 285.

/Retroazione/ Feedback

ambito disciplinare
fisico

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Tommaso Orusa

I meccanismi di **retroazione**, noti anche come **feedback**, sono quelli che hanno la capacità di amplificare (retroazioni positive) o smorzare (retroazioni negative) gli effetti di una determinata perturbazione iniziale. Le retroazioni sono manifestazioni tipiche dei sistemi dinamici e complessi, come il **sistema climatico**, in cui le relazioni causa-effetto non sono mai lineari, ma sono piuttosto catene circolari in cui una causa iniziale produce un effetto che a sua volta retroagisce sulla causa amplificandone o smorzandone l'effetto.

Il sistema climatico presenta numerosi i meccanismi di retroazione, la maggior parte dei quali positivi.

Partiamo dalla retroazione ghiaccio-**albedo** che è attiva nelle regioni fredde del pianeta, come l'Artico o le zone di alta quota, ovvero quelle dove si ha una maggiore presenza di neve e ghiacci. Il **riscaldamento globale** (causa) ha determinato una diminuzione dell'estensione delle aree coperte da neve e ghiaccio (effetto) che hanno lasciato spazio a suolo più scuro. Ciò ha di conseguenza fatto aumentare la quantità di radiazione solare assorbita dalla superficie (in presenza di ghiaccio e neve, al contrario, la radiazione viene riflessa), amplificando così il riscaldamento iniziale e facilitando ulteriormente la fusione del ghiaccio e della neve per lasciare spazio a nuovo suolo nudo in grado di assorbire la radiazione solare e scaldarsi, determinando così una variazione dell'albedo. E così via: il meccanismo si rinforza a ogni ciclo.

Un'altra importante **retroazione** positiva del sistema climatico è quella associata al vapore acqueo. Il riscaldamento fa aumentare la quantità di acqua che l'**atmosfera** può contenere sotto forma di vapore (ogni grado centigrado in più di riscaldamento atmosferico, il vapore acqueo aumenta del 7% circa). Poiché il vapore acqueo è il gas a **effetto serra** naturale più importante, un aumento nella sua concentrazione determina un'amplificazione del riscaldamento iniziale, che a sua volta fa aumentare ancora di più la concentrazione di vapore acqueo atmosferico e con essa il riscaldamento, e così via.

Ecco un terzo esempio: con il riscaldamento globale anche gli oceani si riscaldano e questo limita la loro naturale capacità di assorbire il **diossido di carbonio** (CO_2) dall'atmosfera. Pertanto, se l'oceano inizia ad assorbire meno CO_2 a causa del riscaldamento globale, ne rimane di più nell'atmosfera, dove può contribuire a un ulteriore riscaldamento.

Una retroazione positiva funziona anche quando la causa iniziale porta a un raffreddamento del sistema: se ad esempio ci fosse un abbassamento della temperatura che portasse a un aumento delle superfici coperte da ghiaccio o neve, questo porterebbe a un aumento dell'albedo planetaria (capacità di riflettere la luce solare) e quindi a un ulteriore raffreddamento.

La principale retroazione negativa nel sistema climatico è l'effetto della temperatura sull'emissione di radiazione infrarossa: all'aumentare della temperatura di un corpo la radiazione emessa aumenta in maniera proporzionale alla quarta potenza della sua temperatura assoluta (legge di Stefan-Boltzmann) e l'emissione determina

un raffreddamento e quindi uno smorzamento dell'effetto iniziale.

Per una maggiore comprensione delle retroazioni e del loro ruolo nelle dinamiche del sistema climatico, si veda anche il lemma "**Sistema complesso**".

Bibliografia

- Curry, Judith A., Julie L. Schramm, and Elizabeth E. Ebert. "Sea ice-albedo climate feedback mechanism." *Journal of Climate* 8.2 (1995): 240-247.
- Schuur, Edward AG, et al. "Climate change and the permafrost carbon feedback." *Nature* 520.7546 (2015): 171
- Mitchell, John FB, C. A. Senior, and W. J. Ingram. "CO₂ and climate: a missing feedback?" *Nature* 341.6238 (1989): 132.

/Ricerca ecologica a lungo termine/ Long-Term Ecological Research

ambito disciplinare
ambientale

autore
Michele Freppaz

La "**ricerca ecologica a lungo termine**" (LTER, dall'inglese *Long-Term Ecological Research*) analizza fenomeni e processi in un intervallo temporale pluridecennale, una scala che può includere la durata delle nostre vite e di una o più generazioni precedenti e successive. Soltanto la paziente e faticosa raccolta di dati di lungo termine in siti rappresentativi permette di evidenziare i trend di evoluzione di un ecosistema, considerando il fatto che la maggior parte degli studi scientifici in campo ecologico ha una durata inferiore ai tre anni e solo il 10% riesce a catturare l'effetto di eventi estremi. In tale ambito, nel 1980 il *National Science Foundation* americano istituisce la Rete US-LTER, al fine di coordinare siti di ricerca in cui promuovere e sostenere attività di ricerca di lungo termine. Il programma ha un notevole successo e nel 1993 nasce la Rete LTER internazionale (ILTER), al fine di soddisfare le crescenti esigenze di comunicazione e collaborazione a livello globale. La rete LTER-Europa nasce nel 2003 mentre nel 2006 nasce la Rete LTER Italia, con l'obiettivo di coordinare siti di monitoraggio permanente di ricerca ecologica e socio-ecologica - l'approccio socio-ecologico considera la ricerca ecologica come un processo culturale, oltreché scientifico, collegandosi saldamente agli aspetti storici e sociali dell'ambiente di studio - non soltanto nel territorio na-

zionale, ma anche in prestigiosi siti di ricerca extraterritoriali (es. laghi himalayani e stazioni di ricerca in Antartide).

Attualmente la Rete LTER Italia è costituita da 79 siti di ricerca ecologica, organizzati in 25 “macrositi” distribuiti su tutto il territorio nazionale in ambienti terrestri, d’acqua dolce, di

acque di transizione e marine, dove vengono condotte ricerche ecologiche su scala pluri-decennale, con il coinvolgimento di numerose Istituzioni Scientifiche, Università ed Enti di ricerca e di monitoraggio, nonché Enti territoriali. LTER-Italia è una struttura aperta e in evoluzione che periodicamente verifica la congruità delle attività dei siti con gli obiettivi LTER, basandosi su criteri accettati e condivisi, quali ad esempio: la disponibilità di serie continue di dati (almeno 10 anni) e attività in corso, lo svolgimento di ricerca ecologica strutturata e con risultati elaborati e pubblicati, la disponibilità di adeguate risorse finanziarie e prospettive di mantenimento del sito nel lungo termine, la capacità di divulgare i risultati, anche a un pubblico non specializzato, e di svolgere attività di ricerca su temi strategici (es. **cambiamenti climatici**, **acidificazione**, sequestro del carbonio, **biodiversità**, ecc.).



Sito LTER Italia “Istituto Scientifico Angelo Mosso”, 2901 m slm, Alagna Valsesia-Gressoney La Trinité. Fonte: Università di Torino - <https://www.unito.it/gallerie/istituto-amosso>

Bibliografia

- Bertoni R. (a cura di). 2012. “La Rete Italiana per la ricerca ecologica a lungo termine (LTER-Italia). Situazione e prospettive dopo un quinquennio di attività (2006–2011)”. Aracne Editrice, Roma, 228 pp.
- Bergami C, L’Astorina A., Pugnetti A. 2018. “I Cammini della Rete LTER-Italia - Il racconto dell’ecologia in cammino”.
- Magnani A., Viglietti D., Godone D., Williams M.W., Balestrini R., Freppaz M. 2017. “Interannual Variability of Soil N and C Forms in Response to Snow - Cover duration and Pedoclimatic Conditions in Alpine Tundra, Northwest Italy”. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 49(2):227-242.
- Rogora M., Frate L., Carranza M.L., Freppaz M., Stanisci A. et al. 2018. “Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines”. *Science of the Total Environment* 624: 1429-1442.

/Rifiuti e cambiamenti climatici/ Waste and Climate Change

ambito disciplinare
ambientale

autori
Riccardo Beltramo
Silvia Mollo

Il termine **rifiuto** si riferisce a qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi, o abbia l’intenzione o l’obbligo di farlo. Coincide con la fase dello scarto della materia, che può essere solida o liquida, derivata da un processo domestico, agricolo o industriale.

I rifiuti vengono classificati in rifiuti urbani e rifiuti speciali in base all’attività di origine, e in rifiuti pericolosi e non pericolosi secondo la tipologia. I rifiuti urbani sono generalmente quelli domestici

provenienti da abitazioni, pulitura di strade, aree verdi e aree cimiteriali e provenienti da luoghi diversi da quelli abitativi, purché non pericolosi. I rifiuti speciali invece si riferiscono a quelli originati da attività produttive - quali agricoltura, industria, commercio e artigianato - e di servizio, come trasporti e ospedali. La produzione di rifiuti è strettamente legata a popolazione, urbanizzazione e ricchezza. Infatti, all'aumentare della popolazione e del tasso di urbanizzazione e di sviluppo economico, cresce la generazione di rifiuti, dipendente da un incremento nel consumo di beni e servizi. Le municipalità investite da un aumento di questi fattori incontreranno sfide significative nella raccolta, riciclo, trattamento e smaltimento delle quantità crescenti di rifiuti solidi e acque reflue.

Inoltre, il modello socioeconomico ha ricadute significative sul quantitativo di rifiuti prodotti da una certa comunità. Nell'economia lineare, nella quale le imprese producono mentre i consumatori utilizzano e smaltiscono, le fasi di produzione-consumo-smaltimento sono poste in successione, con la conseguenza che ogni prodotto è destinato ad arrivare a fine vita, determinando un alto grado di perdita di risorse. Altri modelli, come l'**economia circolare**, pongono invece l'attenzione su riutilizzo, rinnovo e riciclo di materiali e prodotti esistenti, generando la possibilità per il rifiuto di trasformarsi in risorsa. La gestione dei rifiuti ha diversi **impatti** sulla qualità dell'aria e, in parte, sui **cambiamenti climatici**. In relazione alla natura dei rifiuti e ai sistemi di smaltimento finale, gli impatti sulla qualità dell'aria si possono manifestare attraverso vari gas e particolati. La componente principale del legame tra rifiuti urbani (o organici o umidi) e cambiamento climatico è quella riferita al metano (CH₄) in discarica. Anche il processo di termovalorizzazione di alcuni rifiuti richiede attenzione, poiché provoca emissioni di **diossido di carbonio** (CO₂)

(così come esposto nel testo successivo di Roberto Cavallo - N.d.C.)

Vi sono poi altre componenti gassose in quantità inferiori, ma con un elevato livello di pericolosità per gli esseri viventi e quindi occorre che gli impianti siano dotati di sistemi di abbattimento ben dimensionati ed efficaci.

È importante considerare che le emissioni di **gas serra** hanno effetti verificabili anche diversi decenni dopo lo smaltimento, registrando uno scostamento temporale significativo. A tal proposito, uno strumento importante è rappresentato dal Potenziale di Riscaldamento Globale (*Global Warming Potential - GWP*), che misura, differenziando per intervalli temporali, quanto una molecola di un certo gas a effetto serra contribuisce all'**effetto serra**, in rapporto al diossido di carbonio.

Attualmente, le pratiche di gestione dei rifiuti possono fornire un'efficace **mitigazione** delle emissioni: infatti, è disponibile un'ampia gamma di tecnologie per ridurre la compromissione di salute pubblica, tenendo conto di protezione ambientale e **sviluppo sostenibile**.

Tra queste si distinguono in primo luogo tecnologie che riducono direttamente l'emissione di gas a effetto serra (attraverso il recupero di gas e il miglioramento delle pratiche in discarica e nella gestione delle acque reflue), e che ne evitano una generazione significativa (attraverso il compostaggio controllato dei rifiuti organici o l'incenerimento). In secondo luogo, vi sono una serie di misure che riducono indirettamente l'emissione di gas a effetto serra, quali la riduzione dei rifiuti, il riciclo e il riutilizzo, contribuendo alla conservazione di materie prime, al miglioramento dell'**efficienza energetica** e delle risorse e all'eliminazione dei **combustibili fossili**.

L'**analisi del ciclo di vita (LCA)** rappresenta uno strumento essenziale per considerare sia gli impatti diretti che indiretti di tecnologie e politiche della gestione dei rifiuti.

Bibliografia

- Bogner, J., M. Abdelrafie Ahmed, C. Diaz, A. Faaij, Q. Gao, S. Hashimoto, K. Mareckova, R. Pipatti, T. Zhang, Waste Management, In Climate Change 2007: "Mitigation". Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hoornweg, D. and Bhada-Tata, P., 2012. "What a Waste". World Bank, Washington, DC, USA.
- Michelini, G., Moraes, R., Cunha, R., Costa, J., and Ometto, A., 2017. "From Linear to Circular Economy: PSS Conducting the Transition". Procedia CIRP, 64, pp. 2-6.



ambito disciplinare
ambientale
energetico

autore
Roberto Cavallo

I **rifiuti** sono il risultato di un processo di **consumo**.

Ogni processo, naturale o artificiale che sia, produce rifiuti. Ogni trasformazione consuma materie prime ed **energia** e produce emissioni e scarti.

La natura, nei suoi processi evolutivi ha perfezionato, e perfeziona, i propri cicli, in modo che gli scarti di un processo diventino input per un altro ciclo. In questo quadro, la comparsa della specie umana ha accelerato lo sviluppo di nuovi cicli e il conseguente accumulo di scarti che la natura non è ancora in grado di metabolizzare in tempi compatibili con la generazione degli scarti stessi.

Questa accelerazione porta con sé modificazioni altrettanto rapide, ad esempio l'accumulo di **gas serra** climalteranti, come il **diossido di carbonio** (CO₂), metano (CH₄), monossido di diazoto (N₂O) o biossido di zolfo (SO₂), solo per fare qualche esempio.

I primi studi dell'impatto del trattamento rifiuti sul **cambiamento climatico** risalgono alla fine del millennio scorso, a cavallo dell'anno 2000. Le analisi condotte con i primi studi mettevano in comparazione i sistemi di trattamento. In particolare, erano gli anni in cui si incominciava a captare il biogas da discarica (LFG) con sistemi più efficienti e i sistemi di incenerimento recuperavano il calore per la produzione di energia elettrica e l'alimentazione di reti di teleriscaldamento.

Oggi, nonostante le tecnologie più avanzate e le cosiddette *Best Available Technologies* (BAT), basate su isolamento del fondo delle discariche e captazione del biogas con sistemi a depressione, le emissioni globali dalle discariche dovrebbero aumentare da 340 Tg CO_{2e} stimate nel 1990 a 1500 Tg CO_{2e} entro il 2030 e a 2900 Tg CO_{2e} entro il 2050 (*l'unità di misura di 1 Tg CO_{2e} significa: Teragrammi di diossido di carbonio equivalente - CO_{2e} - , ovvero 1x10¹⁵ grammi = 1 milione di tonnellate di gas serra, parametrizzati al diossido di carbonio - N.d.C.*).

Le riduzioni di emissioni più significative si avrebbero con un au-

mento dell'intercettazione dei gas da discarica, pari al 15% annuo in tutti i paesi. Se è vero che da un lato il recupero di LFG e l'incenerimento dei rifiuti possono sostituire altri combustibili per la produzione di elettricità, come carbone o metano, stimando così risparmi di emissioni, occorre anche considerare che i gas da discarica sono di origine biogenica e dunque la loro combustione non emette altro CO₂ "fossile", ovvero estratta da giacimenti. I risparmi di emissioni stimati sarebbero del 12% al 2050 rispetto alle emissioni complessive delle discariche senza recupero energetico. Tali risparmi scendono nel caso dell'incenerimento, sia per la relativamente bassa efficienza del processo, sia perché nel corso della combustione vengono bruciati anche rifiuti di origine fossile, come le plastiche.

Il tutto considerando che, secondo la maggior parte dei ricercatori, il recupero di energia nell'incenerimento dei rifiuti o nel recupero di LFG non è molto significativo per l'economia energetica globale nel prossimo futuro.

Alla luce di questi risultati sono andati in-

tensificandosi studi sui benefici ambientali, anche in termini di emissioni evitate, del recupero di materia o riciclaggio e, ancor più recentemente, sull'efficacia di azioni di prevenzione nella produzione dei rifiuti (si veda la figura relativa alla produzione annua, per abitante). È stato dimostrato che grazie al riciclaggio e al compostaggio le emissioni di gas serra nell'**atmosfera** sono minori se comparate con quelle dovute ai rifiuti smaltiti in discarica. Queste diminuzioni variano da 260 a 470 kg di CO_{2e} per tonnellata di rifiuti.

L'agenzia di protezione per l'ambiente statunitense, l'EPA, stima che un semplice incremento della raccolta differenziata e riciclo dal 30 al 35% su base nazionale negli Stati Uniti significa ridurre l'emissione di gas a effetto serra di 10 milioni di tonnellate di diossido di carbonio equivalente. L'Unione Province Italiane, in un suo documento sui cambiamenti climatici, presentato alla Commissione Ambiente della Camera, sostiene che "ogni incremento del 10% della quota di riciclo, su base nazionale, equivale all'incirca al 15% dell'obiettivo di riduzione aggiuntivo dell'Italia (41 milioni di tonnellate)".

Distribuzione mondiale della produzione annuale, per abitante, di rifiuti (in kg)

Fonte: R. Cavallo, "La Bibbia dell'ecologia", pag. 287, Elledici editore, 2018

LA PRODUZIONE DI RIFIUTI URBANI NEL MONDO (KG/AB ANNO)



(Rielaborazione ERICA su dati ISWA, EPA, UE, World Bank, 2014).

In uno studio realizzato da COMIECO, il consorzio che in Italia si occupa di avvio al riciclo degli imballaggi a base cellulosica, il riciclo di una tonnellata di carta, assumendo i valori ponderati tra carte grafiche e cartone, evita 210 kg CO_{2e} per tonnellata di carta come differenza tra le emissioni generate per la produzione di carta da fibre di riciclo e le emissioni evitate dalla produzione con fibre vergini. A queste si aggiungono le emissioni evitate per effetto del mancato smaltimento, pari a 1098 kg CO_{2e} per tonnellata di carta. Per ogni tonnellata di carta riciclata, sul sistema italiano, si ha, complessivamente, una evitata generazione di CO_{2e} di oltre 1300 kg.

Analogamente 1 kg di alluminio avviato a riciclo evita tra i 6 e gli 8 kg di CO₂, 1 kg di acciaio riciclato fa risparmiare poco meno di 1,5 kg di CO₂, 1 kg di plastiche evita da 1,57 a 2,1 kg di CO₂.

Se l'attenzione si sposta verso la prevenzione dei rifiuti le emissioni evitate aumentano esponenzialmente, perché significa risparmiare estrazione di materie prime e trasporti delle stesse, ma anche

energia e acqua per i trattamenti, evitare emissioni dovute alle raccolte e ai processi industriali di riciclo.

Gli studi in questo campo sono ancora pochi ma, senza entrare nei dettagli, un kg di rifiuti evitato con azioni come la riparazione e il riutilizzo o la vendita di prodotti sfusi, la dematerializzazione, la promozione dell'acqua del rubinetto e la riduzione degli imballaggi multipli, porta a una riduzione delle emissioni tra i 20 e i 60 kg di CO₂ per kg di rifiuti evitato!

Bibliografia

- Ackerman, F., (2000). "Waste Management and Climate Change", *Local Environment*, 5:2, 223-229.
- Bhada-Tata P., Hoornweg D. (2016) "Solid Waste and Climate Change". In: *State of the World. State of the World*. Island Press, Washington, DC.
- Cavallo R., Favoino E., Mercalli L. (2007) "Rifiuti e cambiamento climatico: dallo smaltimento corretto alla prevenzione". *L'ambiente* n. 6/2007, pp 8-14. Ranieri Editore. Milano.
- Cavallo R. (2011) "Meno 100 chili, Ricette per la dieta della nostra pattumiera", Edizioni Ambiente, Milano, pagg. 224.
- Cavallo R. (2018) "La Bibbia dell'ecologia, Riflessioni sulla cura del Creato", ElleDiCi Editore, Torino, pagg. 392.

/Rifugiati climatici/ Climate Refugees

ambito disciplinare
giuridico

autore
Roberto Louvin

Intendiamo, in senso generale, come **rifugiato climatico** una persona costretta a lasciare, in via temporanea o permanente, la propria residenza abituale per effetto di una degradazione ambientale, improvvisa o progressiva, dovuta a un mutamento di origine naturale o umana del **clima**.

Si tratta di persone che non possono più trovare sostentamento sicuro nelle loro terre d'origine a causa di **siccità**, erosione del suolo, **desertificazione** e altri problemi ambientali, e che nella loro disperazione sentono di non avere altra alternativa che cercare rifugio altrove, per quanto pericoloso possa rivelarsi questo tentativo (Myers, 1993).

Vi sono oggi tre principali effetti dei **cambiamenti climatici** all'origine di processi di **migrazione** forzata: l'**innalzamento del livello del mare**, l'intensificarsi delle catastrofi naturali (uragani, inondazioni, siccità, ecc.) e la diminuzione delle risorse disponibili di acqua potabile (stress idrico). Benché il cambiamento climatico sia da sempre un fattore naturale determinante nelle migrazioni umane, in epoche più remote ciò dipendeva da ragioni non condizionabili dall'intervento del genere umano. Solo con l'ingresso nell'**Antropocene**, e soprattutto a partire dagli ultimi decenni del XX secolo, il fattore umano ha inciso direttamente e in maniera crescente sul cambiamento del clima, provocando ingenti movimenti di profughi ambientali, sia nella dimensione della migrazione rurale-urbana che in quella transnazionale.

Il termine "rifugiato ambientale" ha iniziato a diventare di uso comune negli anni Settanta del secolo scorso, pur non corrispondendo ancora a una nozione giuridica formalmente consacrata. Il diritto internazionale limita attualmente gli effetti della propria protezione speciale alla sola categoria del "rifugiato politico" inteso come chi «temendo a ragione di essere perseguitato per motivi di razza, religione, nazionalità, appartenenza a un determinato gruppo sociale o per le sue opinioni politiche, si trova al di fuori del Paese di cui è cittadino e non può o non vuole, a causa di questo timore, avvalersi della protezione di questo Paese, ovvero [...] non avendo la cittadinanza e trovandosi fuori dal Paese in cui aveva residenza abituale [...] non può o non vuole tornarvi per il timore di cui sopra.» (Convenzione di Ginevra del 28 luglio 1951, art. 1, lett. A), c. 2). La figura del rifugiato ambientale non è, al momento, beneficiaria di diritti analoghi a quelli del rifugiato politico, anche se non sono mancate coraggiose e pionieristiche pronunce giudiziali tese a estendere anche ai

profughi climatici i benefici dell'asilo politico. Nel complesso, il tema del riconoscimento dello status di rifugiato per cause ambientali e climatiche è comunque finora stato affrontato in maniera episodica e contraddittoria dalle autorità nazionali e internazionali e dalle diverse giurisdizioni: in assenza di chiare e coerenti linee interpretative, la prassi seguita dai singoli stati non consente oggi alle persone costrette a fuggire per gli effetti devastanti del cambiamento climatico di esercitare gli speciali diritti che esse rivendicano. All'interno della categoria generale dei rifugiati ambientali emerge quella più circoscritta di rifugiati climatici, con i primi casi emblematici come l'evacuazione generale avviata nel 2003 dal governo della Papua Nuova Guinea dalle isole Carteret.

La dimensione del fenomeno è in costante allargamento ed è ricorrente la predizione di un numero globale planetario di sfollati climatici che potrebbe superare le 200 milioni di unità di qui al 2050. Malgrado gli appelli delle ONG e di tutta la comunità internazionale, la figura del rifugiato ambientale e climatico resta al momento non codificata dal diritto internazionale. L'OIM (Organizzazione Internazionale per le Migrazioni), principale organizzazione intergovernativa operante nel campo della migrazione per promuovere una migrazione umana ordinata e la cooperazione internazionale sulle questioni migratorie, ha qualificato l'atteggiamento della comunità internazionale come "politica dello struzzo".

Alcune recenti iniziative politiche e diplomatiche hanno puntato, ancora timidamente, ad accrescere la sensibilità e il senso responsabilità riguardo al crescente impatto degli sfollamenti di massa ambientali. Le proposte in campo sono però ancora generiche, come risulta anche dall'auspicio del Parlamento europeo secondo cui «alle persone sfollate a causa degli effetti del cambiamento climatico dovrebbe essere conferito uno speciale

status di protezione internazionale, che tenga conto della natura specifica della loro situazione.» (Risoluzione del Parlamento Europeo del 5 aprile 2017, 2015/2342). Alcuni studiosi, su posizioni ancora minoritarie, teorizzano l'esistenza già oggi di un vero e proprio obbligo giuridico degli stati di proteggere i migranti climatici forzati, quando i loro paesi d'origine diventino invivibili al punto da non garantire più l'esercizio dei diritti umani inalienabili nei loro territori. Ne conseguirebbe un vero e proprio dovere, in capo agli stati, di riconoscere già adesso diritti azionabili in capo ai migranti climatici forzati, anche a prescindere dalla loro auspicabile futura formalizzazione nelle carte internazionali (Sciaccaluga, 2020). In risposta alle evidenti lacune del diritto internazionale, sono emerse delle prime proposte volte all'adozione di specifici strumenti giuridici che sanciscano ufficialmente lo status di rifugiato ambientale e climatico, facendo così finalmente evolvere la condizione dei profughi climatici da migranti generici a veri e propri rifugiati climatici,

titolari di un preciso statuto giuridico internazionale per la loro protezione. Tra le possibili vie d'uscita sono state ipotizzate la modificazione della Convenzione di Ginevra attraverso l'introduzione di un nuovo Protocollo Aggiuntivo *ad hoc* e l'adozione di una specifica Convenzione internazionale approvativa di uno Statuto specificamente consacrato alla tutela dei migranti ambientali e climatici come teorizzato dal *Projet de Convention relative au statut international des déplacés environnementaux* elaborato da M. Prieur (Prieur, 2008).

Bibliografia

- Myers N., "Environmental Refugees in a Globally Warmed World", *BioScience*, Vol. 43, n. 11, 1993, pp. 752-761
- Prieur M. et al., "Projet de Convention relative au statut international des déplacés environnementaux", *REDE*, n. 4/2008, p. 38 ss.
- Sciaccaluga G., "International Law and the Protection of "Climate Refugees", 2020. Palgrave Macmillan.



ambito disciplinare
letterario
linguistico

autrice
Carmen Concilio

Lo scrittore sudafricano J. M. Coetzee, Premio Nobel per la letteratura nel 2003, ha sostenuto che occorre cambiare il nostro modo di pensare: dobbiamo pensare al flusso di **rifugiati** come un fatto del nostro presente e sempre più del nostro futuro a causa dei **cambiamenti climatici**. Occorre accettare e convivere con questo flusso e trovare soluzioni concrete. Lo scrittore bengalese-new-yorkese Amitav Ghosh definisce i propri antenati così: « I miei antenati sono stati rifugiati ambientali molto prima che si coniasse tale definizione. Venivano da quello che oggi è il Bangladesh, e il loro villaggio si trovava sulla riva del fiume Padma [...] il grande fiume deviò all'improvviso dal suo corso, sommergendo il villaggio». (Ghosh 2016: 2).

Anche Papa Francesco nell'Enciclica *Laudato si'* (2015), al paragrafo 25, - denuncia come «Per esempio, i cambiamenti climatici danno origine a migrazioni di animali e vegetali che non

sempre possono adattarsi, e questo a sua volta intacca le risorse produttive dei più poveri, i quali pure si vedono obbligati a migrare con grande incertezza sul futuro della loro vita e dei loro figli. È tragico l'aumento dei migranti che fuggono la miseria aggravata dal degrado ambientale, i quali non sono riconosciuti come rifugiati nelle convenzioni internazionali e portano il peso della propria vita abbandonata senza alcuna tutela normativa» (2015: par. 25). Il medesimo allarme viene dallo studioso Rob Nixon, il quale analizza la posizione dell'Alleanza delle piccole isole stato-nazione (AOSIS) che sono soggette agli stessi rischi di tutte le grandi aree costiere abitate, da Manhattan alle pianure costiere della Cina, da Venezia e Rotterdam a New Orleans, alle città lungo le coste dell'Australia, dove l'85% della popolazione vive sull'orlo dell'Oceano. I più poveri, dalle Maldive al delta del Niger, popolazioni a basso consumo di idrocarburi, vivono nella consapevolezza di essere ben presto spazzati via quali rifugiati climatici e andranno ad esacerbare la crisi nei paesi ad alto consumo di idrocarburi (Nixon 2011: 266). Dalle Marshall Islands si leva infatti la voce della poetessa Kathy Jetnil-Kijiner che, nella sua lirica dedicata alla figlioletta appena nata, promette che mai dovrà conoscere l'emigrazione forzata per cause climatiche, in particolare l'innalzamento degli oceani, grazie all'attivismo e alla **resilienza** delle madri indigene, che si batteranno per i diritti ambientali delle loro terre e delle popolazioni che vi abitano (Kijiner 2014).

Un'altra voce che mette in guardia rispetto all'imminente diaspora climatica è la studiosa Saskia Sassen, la quale vede non solo nel cambiamento climatico, ma anche nell'espulsione di grandi masse di poveri dalle zone rurali, a causa di **deforestazione**, espropriazioni, imprese minerarie, quale causa di flussi di "nuovi rifugiati", per i quali occorre un nuovo linguaggio giuridico.

Bibliografia

- Paola Della Valle, "Eco-poesia nel Pacifico, ieri e oggi: il nucleare e i cambiamenti climatici in Hone Tuwhare e Kathy Jetnil-Kijiner" in SEMI-CERVHIO, LVIII-LIX (2018/1-2), pp. 63-68.
- Rob Nixon, "Slow Violence and the Environmentalism of the Poor", Cambridge, Harvard University Press, 2011.
- Papa Francesco, "Laudato Si': Sulla cura della casa comune", Lettera Enciclica, Vaticano, 2015.
- Ericka Montaño Garfias, J. M. Coetzee "en México: trato de resistir la hegemonía del idioma inglés". Viernes, 25 oct 2019 08:23.
- Amitav Ghosh, "The Great Derangement. Climate Change and the Unthinkable". Chicago: Chicago University Press, 2016. Traduz. it. di A. Nadotti e N. Gobetti, "La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile", Vicenza: Neri Pozza, 2017.
- Kathy Jetnil-Kijiner, "Dear Matafele Peinem". UN Climate Leaders Summit 2014.
- Saskia Sassen, "At the Systemic Edge: Expulsions", European Review, vol. 24, n.1, Cambridge (Feb. 2016): 89-104.
- Roy Smith, Karen McNamara, "Future migrations from Tuvalu and Kiribati: exploring government, civil society and donor perceptions", Climate and Development, vol. 7, n. 1,

/Riscaldamento globale/ Global Warming

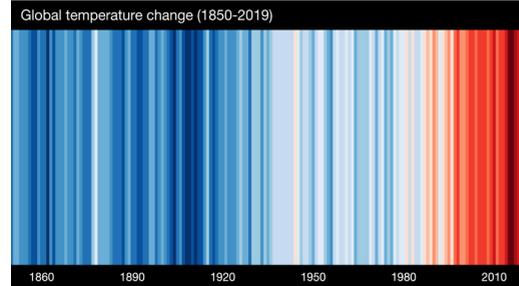
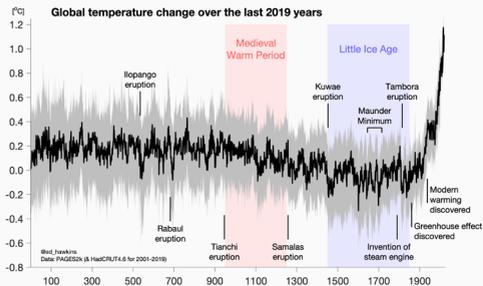
ambito disciplinare
fisico

In questo volume, con "**riscaldamento globale**", ci si riferisce all'aumento, osservato e/o previsto per il futuro, della temperatura media globale superficiale in risposta alla modifica del **forzante radiativo** causato dalle emissioni di gas a **effetto serra** di

autori
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo

antropica.

Le attività umane sono infatti oggi responsabili dell'emissione di grandi quantità di **gas serra** come **diossido di carbonio** (CO_2), metano (CH_4) e ossido nitroso (N_2O) il cui tempo di permanenza nell'**atmosfera** è abbastanza lungo da permetterne l'accumulo, e quindi l'aumento della concentrazione rispetto ai valori pre-industriali. L'aumento dei gas serra in atmosfera ha generato un'amplificazione dell'effetto serra naturale, dando luogo a un effetto serra antropico che ha determinato il surriscaldamento del Pianeta.



Serie temporale delle anomalie di temperatura media superficiale negli ultimi 2000 anni (a sinistra).

Nel grafico si nota la celebre curva a "hockey stick" (bastone da hockey), che evidenzia la rapida salita delle temperature nell'ultimo secolo; a lato, la rappresentazione a mezzo delle note "climate stripes" per gli ultimi 170 anni.

Fonte: *ShowYourStripes*. Graphics and lead scientist: Ed Hawkins.

Dati da: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD, SMHI, UoR, Meteo France & ZAMG.

Bibliografia

- Cox, Peter M., et al. "Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model." *Nature* 408.6809 (2000): 184.
- Meinshausen, Malte, et al. "Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2 °C." *Nature* 458.7242 (2009): 1158.
- Root, Terry L., et al. "Fingerprints of global warming on wild animals and plants." *Nature* 421.6918 (2003): 57.
- Neukom, R. et al. 2019: No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature* 571, 550-554.

Il riscaldamento antropico è stato ulteriormente aumentato da meccanismi di amplificazione interni al complesso **sistema climatico** (meccanismi di **retroazione** positiva) che fanno parte della sua variabilità interna. I dati osservativi mostrano che dal 1850 a oggi la temperatura è aumentata, in media su tutto il globo, di un po' più di 1 °C rispetto ai valori pre-industriali (si veda la figura). Anche se ciò non significa che dal 1850 ogni anno sia stato più caldo di quello che lo ha preceduto, è pur vero che 20 dei 21 anni più caldi dal 1850 sono quelli che vanno dal 2001 in avanti: in testa alla classifica a livello globale il 2016 (mentre per l'Italia è stato il 2018).

Il recente riscaldamento ha caratteristiche del tutto nuove rispetto ad altri periodi caldi che hanno caratterizzato la storia della Terra: è globale, poichè sta interessando il 98% della superficie terrestre, è sincrono (sta avvenendo dappertutto contemporaneamente) e si sta verificando a una rapidità che è senza precedenti negli ultimi millenni della storia del **clima** terrestre.

ambito disciplinare
ambientale

autori

Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

Bibliografia

- CMCC, 2017. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

Il **rischio** è rappresentato dalla possibilità che, in una determinata area e intervallo temporale, un fenomeno naturale (es. alluvione) o indotto dalle attività dell'uomo (esplosione industriale) possa causare effetti dannosi sulla popolazione, gli insediamenti abitativi e produttivi, e le infrastrutture. Per questo ambito disciplinare il rischio differisce dal **pericolo**, poiché il primo sussiste se sono presenti contestualmente una sorgente di pericolo, un sistema bersaglio (recettore di **vulnerabilità**) che può subirne le conseguenze negative e un'**esposizione** (possibilità di contatto tra pericolo e recettore).

Il rischio viene inteso pertanto come il danno che si può attendere (effetto), traducibile come una funzione diretta di pericolosità (P), vulnerabilità (V) ed esposizione (E). L'evento pericoloso non è considerato, quindi, l'unico *driver* del rischio, poiché c'è un alto livello di confidenza per cui il livello degli effetti dannosi siano determinati in buona parte dalla vulnerabilità e dall'esposizione del sistema socio-ecologico.

Funzione di rischio:

$$R = P \times V \times E$$

Ecco alcuni esempi di rischi specifici: rischio idrogeologico (alluvioni e frane); rischio sismico; rischio vulcanico; rischio di incendi; rischio antropico (inquinamento ed esplosioni).

Tra questi, il rischio idrogeologico, di incendi e quello antropico sono quelli più direttamente collegati ai **cambiamenti climatici**.

//

ambito disciplinare
psicologico

autrice

Silvia Aricciò

La **percezione** del rischio è la valutazione soggettiva che l'individuo dà del rischio a cui è esposto e può essere diversa dal rischio reale calcolato in base a parametri oggettivi. La percezione del rischio è un noto antecedente dei comportamenti di **mitigazione** e **adattamento** al cambiamento climatico: è necessario percepire il rischio per decidere di agire.

Bibliografia

- Swim, J. K., Markowitz, E. M., & Bloodhart, B. (2012) "Psychology and Climate Change: Beliefs, Impacts, and Human Contributions". In S. Clayton (a cura di). The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology (pp. p. 645-669). New York: Oxford University Press.
- Van der Linden, S. (2015). "The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: Towards a comprehensive model". Journal of Environmental Psychology, 41, 112-124.

/Rischio di transizione economica/

ambito disciplinare
economico

autrice
Vera Palea

Per **rischio di transizione** si intende il rischio economico che un'impresa, o settore industriale, sopporta in relazione alla **transizione** del sistema economico verso un modello a basse emissioni di **gas serra**. Il rischio di transizione può essere regolamentare o tecnologico.

Bibliografia

- Cambridge Institute for Sustainability Leadership (CISL) (2019). "Transition risk framework: Managing the impacts of the low carbon transition on infrastructure investments". UK: the Cambridge Institute for Sustainability Leadership.
- Rischio di transizione per il sistema finanziario: <https://www.bankofengland.co.uk/knowledgebank/climate-change-what-are-the-risks-to-financial-stability>

Il "rischio regolamentare" è collegato all'attuazione di politiche energetiche e climatiche volte alla **mitigazione** del **rischio climatico**, che possono avere ricadute sui modelli di *business* e sul valore delle società interessate. Un tipico esempio di rischio regolamentare è l'adozione di sistemi di **carbon pricing**, ovvero di tassazione delle emissioni. Il "rischio tecnologico", invece, è collegato allo sviluppo di nuove tecnologie che possono modificare la competitività di imprese o settori industriali. Innovazioni tecnologiche, così come l'entrata di nuovi competitori sul mercato, possono indebolire la posizione delle imprese sul mercato, risultando in minori ricavi, maggiori costi e ridotti margini economici.

A differenza del rischio fisico, il rischio di transizione potrebbe non essere persistente; tuttavia, potrebbe essere sistematico, ovvero interessare interi settori industriali o, addirittura, l'economia nel suo complesso.

/Rischio e pericolo/ Risk and Hazard

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

In questa definizione questi due concetti vengono trattati insieme benché l'**IPCC** li tenga radicalmente distinti. Molto probabilmente il concetto di **rischio** proviene dal vocabolo greco *riza* e significa "scoglio", oltre che "radice".

Si diffonde inizialmente in Italia e in Spagna nel 1400, ed è utilizzato specialmente nell'ambito della navigazione e del commercio via mare, in particolare nel settore delle assicurazioni marittime, che possono essere viste come una forma di controllo del rischio. Sotto forma di contratti commerciali si regolarizzava chi avesse la

responsabilità in caso di danni. Il rischio risulta da un rapporto fra la probabilità che il danno si verifichi, l'entità del danno e da altri parametri. Il rischio equivale alla prognosi calcolata di un possibile danno, di una perdita o della creazione di una situazione di pericolosità, se ha connotazione negativa. Se ha connotazione positiva si riferisce a possibili guadagni e profitti. Percepirlo in forma di un danno o di un guadagno dipende dalla combinazione di valori posseduti da ciascuno. Poiché c'è divergenza fra valori, sono differenti anche le situazioni di rischio. Nella letteratura socio-antropologica il rischio ha a che fare con la calcolabilità, ossia con una definizione razionale delle probabilità che un evento si realizzi o meno. I pericoli sono invece eventi completamente indeterminati le cui manifestazioni e conseguenze sono imprevedibili. Per esempio il rischio di essere vittima di un'azione criminale è dato da una serie di variabili (presenza forze di polizia, povertà sociale, illuminazione, presenza altre persone) che possono fornire un indice sintetico di sicurezza oggettiva. Il **pericolo** invece è associato alla casualità, al destino, alla "fortuna" machiavelliana.

Normalmente, anche nel linguaggio quotidiano, si parla di "correre un pericolo" e di "prendere un rischio". Queste due espressioni si riferiscono a differenti contingenze e situazioni. Nel primo caso, si pensa che l'eventuale danno subito sia dovuto a fattori esterni ed è quindi attribuito all'ambiente. Nel secondo caso, il danno è visto come una conseguenza di una decisione, di un'azione intenzionale decisa sulla base di un calcolo razionale tra costi e benefici. In breve, con il rischio entra in gioco il decidere, ossia la contingenza, mentre ai pericoli si è esposti. Poiché l'accettazione di un rischio dipende dal fatto se si sceglie di stare in situazioni pericolose per propria volontà o se si ritiene di avere sotto controllo le conseguenze del proprio comportamento, essa fa dimenticare i pericoli. Nel caso della richiesta di sicurezza, dove è

prevalente il senso della pericolosità dell'ambiente esterno, l'analisi delle opportunità passa in secondo piano (Luhmann, 1996). Le preoccupazioni vissute dalle persone sono raramente la conseguenza di una valutazione razionale dei rischi da correre, ma una modalità di interpretare il mondo e il livello di sicurezza, di fiducia e di opportunità che lo caratterizza. I rischi moderni, data l'impossibilità di tenerli sotto controllo, evocano l'idea premoderna della "fortuna" analizzata da Machiavelli, alimentando nelle persone piccole superstizioni e un nuovo senso del "destino", la sensazione che le cose vadano comunque per la loro strada, com'è il caso dei grandi rischi globali come i **cambiamenti climatici**. La nostra idea è che pericoli e rischi quasi mai sono separati e separabili, e che si confondono con facilità. Inoltre, pericoli e rischi non sono fenomeni statici e oggettivi, ma sono costantemente costruiti e negoziati nel contesto della rete relazionale della quale siamo parte e del processo di formazione del loro significato socialmente condiviso.

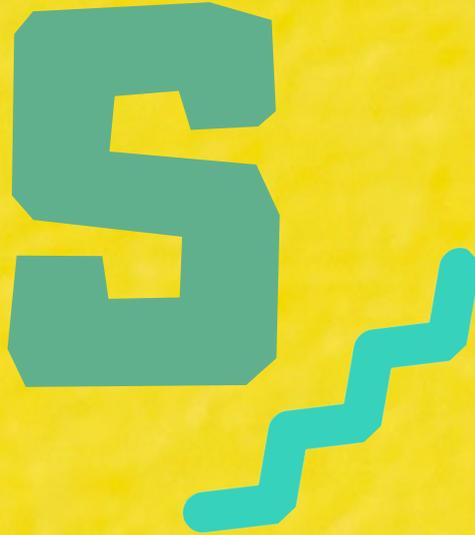
A livello della vita quotidiana molte allarmate reazioni a pericoli quali la criminalità sono in realtà un modo per ridare ordine a un mondo sempre più incerto. Raramente si verificano delle scelte razionali per valutare e far fronte ai rischi quotidiani, mentre sempre più spesso esse si sovrappongono ai timori legati ai pericoli macro-sociali o globali o planetari, che manifestano reiteratamente un carattere incombente e incontrollabile. A Luhmann è sfuggito il fatto che sia i pericoli sia i rischi sono costruiti e negoziati nel contesto della vita quotidiana, e che essi possono in qualunque momento essere rimossi o riaffermati per evitare che il flusso della quotidianità, che sta alla base di quasi tutte le sicurezze, s'interrompa.

Bibliografia

- Luhmann, N., 1996. "Modern society shocked by its risks". University of Hong Kong.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Non ci sono passeggeri
nell'Astronave Terra.
Siamo tutti membri
dell'equipaggio.



Marshall McLuhan

Sociologo e filosofo.
Gli strumenti del comunicare

/Sbiancamento a causa del deperimento delle barriere coralline/ Coral Die-off

ambito disciplinare
ambientale

autori

Tommaso Orusa
Mariasole Bianco
Arianna Liconti

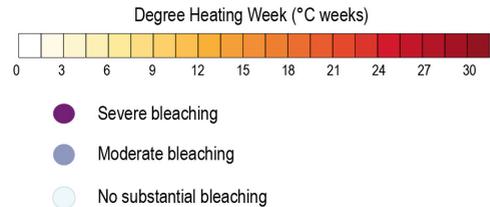
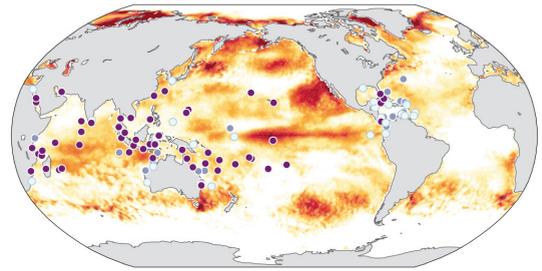
Le barriere coralline sono spesso citate come uno dei sistemi ecologici più importanti, seppure anche tra i più sensibili al **risaldamento globale**. Negli ultimi anni la frequenza e la virulenza di fenomeni di sbiancamento dei coralli (in inglese "*coral reef bleaching*"), è aumentata, principalmente a causa di fenomeni legati al **cambiamento climatico** come esposizioni prolungate ad alte temperature del mare.

A causa dell'incremento di gas ad **effetto serra** nell'**atmosfera**, la temperatura dell'Oceano sta aumentando di circa 0.13 °C ogni decade, causando inoltre numerosi eventi di anomalie termiche chiamate **ondate di calore** ("*heatwaves*"), e definite come lunghi periodi di temperature insolitamente alte. Sotto costante stress termico, i coralli espellono le minuscole alghe che conferiscono tipici colori caratteristici e che vivono nei loro tessuti, note come zooxantelle, lasciando un'impalcatura bianca. Le alghe sono indispensabili ai coralli poiché attraverso la fotosintesi conferiscono al corallo la maggior parte del proprio fabbisogno energetico, fino al 90% in alcune specie. I polipi di cui è formato il corallo forniscono alla colonia solamente una minima parte del proprio fabbisogno, e senza le minuscole alghe i coralli non solo perdono i colori, ma vanno incontro a un deperimento. Questo fenomeno è noto come sbiancamento. Sebbene essi possano riacquistare le loro zooxantelle, a patto che le condizioni diventino più favorevoli, lo stress termico persistente è in grado di provocare il deperimento di intere barriere coralline, e quindi degli ecosistemi che supportano. I fenomeni di sbiancamento delle barriere coralline sono diventati cinque volte più comuni in tutto il mondo negli ultimi 40 anni come evidenziato da numerose ricerche. Vista la loro fondamentale importanza ecologica per l'ecosistema marino e la capacità di sottrarre carbonio (sono dei "*carbon sink*"), sono oggetto di un attento monitoraggio e il deperimento del loro stato di salute è considerato un punto di non ritorno (" **tipping point** ") nella lotta per contrastare i cambiamenti climatici.

A confermare il ruolo dell'azione umana nell'induzione di questi fenomeni, vi è la correlazione temporale tra eventi di sbiancamento, ondate di calore e innalzamento dei **gas serra** nell'atmosfera. Il primo evento globale di sbiancamento di massa è stato registrato nel 1998. Questo è stato seguito dal secondo e dal terzo rispettivamente nel 2010 e nel 2014-17. Questi eventi

sono stati causati da ondate di calore marine, che sono state probabilmente rese più significative dal riscaldamento causato dalle emissioni antropiche e dalle oscillazioni della **teleconnessione** chiamato *El Niño*. Quest'ultimo è un fenomeno climatico periodico che provoca un forte riscaldamento delle acque dell'Oceano Pacifico centro-meridionale e orientale (America Latina) nei mesi di dicembre e gennaio in media ogni cinque anni, spesso correlato con eventi di sbiancamento delle barriere coralline. Nell'immagine, tratta dal rapporto speciale dell'IPCC sull'oceano e la criosfera in un clima che cambia (SROCC), mostra come le barriere coralline di tutto il mondo sono state colpite nel 2015-16. Le zone colorate sulla mappa indicano la massima settimana di riscaldamento per gradi (ACS) annuale nel 2015 e nel 2016. ACS è una misura dello stress termico cumulativo che descrive quanto calore si è accumulato in un'area nelle ultime 12 settimane sommando qualsiasi temperatura che sia superiore ad 1 °C al di sopra della media massima estiva. I punti evidenziano le barriere coralline che hanno subito uno sbiancamento grave (in viola), moderato (color grigio viola-malva) e debole o assente con di fatto nessun sbiancamento sostanziale (bianco).

Ma lo stress termico non è l'unica minaccia per le barriere coralline. Questi essenziali ecosistemi sono anche a rischio di altri fattori, tra cui la sovra-pesca, pratiche di pesca distruttive e non regolamentate, sedimentazione associata all'**innalzamento del livello del mare** ed allo sviluppo costiero, eccessivo deflusso di sostanze nutritive dalla terra (eutrofizzazione), danni provocati da eventi estremi, **acidificazione degli oceani** e cambiamenti nella circolazione termoalina oceanica. All'interno degli ecosistemi supportati dalle barriere coralline, ogni specie svolge un ruolo fondamentale nel mantenere la salute e l'integrità dell'intero sistema ecologico, ma la sovra-pesca può diminuire drasticamente dal popolazione di pesci essenziali al mante-



La mappa mostra il massimo annuale della settimana di riscaldamento dei gradi (ACS) nel 2015 e nel 2016. I simboli indicano dove lo sbiancamento grave ha colpito più del 30% dei coralli (punti viola), lo sbiancamento moderato ha colpito meno del 30% dei coralli (punti malva) e nessuno sbiancamento sostanziale è stato registrato (punti bianchi).

Fonte: IPCC SROCC (2019), Fig. 6.3.

nimento dell'ecosistema. Diversi studi hanno evidenziato come i pesci erbivori svolgano un ruolo importante nel promuovere la **resilienza** e resistenza della barriera corallina rimuovendo le alghe e altre specie competitor. Pertanto, la loro presenza cruciale per una barriera in grado di ritornare a uno stato dominato dal corallo quando si verifica un disturbo o un forte stress termico. Inoltre, pratiche di pesca distruttive come lo strascico, distruggono meccanicamente le barriere coralline sia tropicali che dei mari profondi ("*deep sea*"), così come gli **eventi meteorologici estremi**. Eccessivi nutrienti portati da corsi d'acqua fino al mare e alte temperature possono creare un connubio perfetto per la proliferazione di alghe. Le macro-alghe tropicali a crescita rapida possono rapidamente innescare fenomeni di successione ecologica nelle aree soggette a sbiancamento, impedendo potenzialmente che vengano ricolonizzate dai coralli.

Questi cambiamenti possono essere rapidi come evidenziato da diversi studi. Ad esem-

pio, dopo lo sbiancamento del 1998, la copertura media dei coralli nella riserva marina dell'isola di Cousin alle Seychelles è scesa a meno dell'1% nel 2005, mentre la copertura delle macroalghe è aumentata di circa il 40%. L'aumento dei gas ad effetto serra nell'atmosfera sta anche causando un fenomeno di progressiva "acidificazione" dell'acqua marina, innescata da reazioni chimiche dell'assorbimento dei gas da parte dell'Oceano. Questo fenomeno diminuisce la quantità di alcune molecole necessaria ad animali come coralli e molluschi per costruire la loro struttura solida, indebolendoli, rallentando la loro crescita e quindi la loro capacità di riprendersi dopo uno sbiancamento. Uno studio pubblicato nel 2020 da Cooper et al., su *Nature Communications* suggerisce che, una volta sbiancate, le barriere coralline caraibiche potrebbero collassare entro 15 anni. Tali "scale temporali decennali" sono «coerenti con le osservazioni secondo le quali la copertura corallina nei Caraibi è diminuita dell'80% dal 1977 al 2001 e potrebbe scomparire completamente entro il 2035, a seconda dei tassi di ulteriore pesca eccessiva, cambiamento climatico e acidificazione degli oceani», osservano gli autori.

Una barriera corallina "sana" può riprendersi in 10-15 anni dopo un evento di sbiancamento a patto che non vi siano stress ricorrenti e forte pressione da parte di altri competitor come le alghe. Vari studi hanno dimostrato che negli anni '80 si verificavano gravi sbiancamenti ogni 25-30 anni. Ora la frequenza è aumentata e ricorrono mediamente in meno di 6 anni e a un ritmo troppo veloce da riconsentire una ricolonizzazione in 10-15 anni. Il rapporto speciale dell'IPCC relativo agli 1,5 °C afferma: «Anche il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni coerenti con l'am-

bizioso obiettivo di 1,5 °C di riscaldamento globale ai sensi dell'**Accordo di Parigi** comporterà l'ulteriore perdita del 70-90% dei coralli che formano la barriera corallina rispetto ad oggi, con il 99% dei coralli persi a fronte di un riscaldamento di 2 °C o più.»

Autorevoli scienziati esperti in materia come C. Mark Eakin affermano che le barriere coralline hanno già raggiunto un punto critico: «La perdita su larga scala di coralli funzionalmente diversi è un presagio di ulteriori cambiamenti radicali nelle condizioni e nelle dinamiche di tutti gli ecosistemi, rafforzando la necessità di una valutazione del rischio di collasso dell'ecosistema, soprattutto se l'azione globale sul cambiamento climatico non riuscisse a limitare il riscaldamento a 1,5-2 °C.»

La diffusa perdita di barriere coralline sarebbe devastante per gli ecosistemi, le economie e le persone.

Secondo l'Unione internazionale per la conservazione della natura (IUCN), nonostante coprano meno dello 0,1% del fondo oceanico, le barriere coralline ospitano più di un quarto di tutte le specie ittiche marine. Inoltre, le barriere coralline inoltre supportano direttamente oltre 500 milioni di persone in tutto il mondo, che fanno affidamento su di loro per la sussistenza quotidiana, soprattutto nei paesi in via di sviluppo, perché esse hanno una funzione fondamentale negli oceani come le foreste per gli ecosistemi terrestri. Aiutando a supportare il corretto riciclo di nutrienti, lo stoccaggio di carbonio assorbito dal mare, e la **biodiversità** e produttività dell'Oceano, le barriere coralline contribuiscono ai **servizi ecosistemici** essenziali alla vita, e la loro protezione è dunque fondamentale per la salvaguardia non solo del nostro Oceano, ma anche della nostra stessa esistenza.

Bibliografia

- Cooper, Gregory S., Simon Willcock, and John A. Dearing. "Regime shifts occur disproportionately faster in larger ecosystems." *Nature communications* 11.1 (2020): 1-10.
- Holbrook, Sally J., et al. "Coral reef resilience, tipping points and the strength of herbivory." *Scientific Reports* 6.1 (2016): 1-11.
- Graham, Nicholas AJ, et al. "Predicting climate-driven regime shifts versus rebound potential in coral reefs." *Nature* 518.7537 (2015): 94-97.
- Hoegh-Guldberg, Ove. "Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs." *Marine and freshwater research* 50.8 (1999): 839-866.
- Hughes, Terry P., et al. "Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience." *Trends in ecology & evolution* 25.11 (2010): 633-642.
- Kwiatkowski, Lester, et al. "Coral bleaching under unconventional scenarios of climate warming and ocean acidification." *Nature Climate Change* 5.8 (2015): 777-781.
- IPCC, "Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC)", 2019.
- Suggett, David J., and David J. Smith. "Coral bleaching patterns are the outcome of complex biological and environmental networking." *Global Change Biology* 26.1 (2020): 68-79.
- Taylor, Brett M., et al. "Synchronous biological feedbacks in parrotfishes associated with pantropical coral bleaching." *Global Change Biology* 26.3 (2020): 1285-1294.

/Scenario climatico/ Climate Scenario

ambito disciplinare
ambientale

autrice
Elisa Palazzi

Lo **scenario** è una valutazione dei cambiamenti futuri relativi alle emissioni di **gas serra, aerosol, uso del suolo** sulla base di determinati assunti su come evolverà la società, su come verrà prodotta l'**energia**, sullo sviluppo tecnologico, sulla crescita demografica, ecc. Poiché non possiamo sapere cosa succederà nel prossimo futuro in ambito politico, sociale, tecnologico ed economico, siamo costretti a fare alcune ipotesi e tenere in considerazione diverse opzioni. Da queste opzioni, ovvero dagli scenari, dipende il risultato della simulazione di un **modello climatico** atto a fare **proiezioni del clima** futuro.

Nel più recente rapporto dell'**IPCC** pubblicato nel 2013 (*Fifth Assessment Report, AR5*) vengono distinti in particolare:

- *Scenari di emissione*: una rappresentazione plausibile dell'evoluzione futura delle emissioni in atmosfera di sostanze climalteranti (gas serra, aerosol, ecc.) sulla base di un insieme coerente di ipotesi sullo sviluppo demografico, socioeconomico e tecnologico della società.
- *Scenari di concentrazione*: sono derivati dagli scenari di emissione e poi utilizzati come input a un modello climatico per calcolare le proiezioni climatiche future.

Nel quinto rapporto dell'IPCC vengono introdotti i così detti "Representative Concentration Pathways (RCP)" che includono le serie

temporali (ovvero l'evoluzione nel tempo, anno dopo anno fino a fine secolo e oltre) delle emissioni e delle concentrazioni dell'intera serie di gas serra e di aerosol, nonché di uso e copertura del suolo.

In particolare, sono quattro gli scenari RCP considerati:

- RCP2.6: uno scenario di **mitigazione** spinta in cui il **forzante radiativo** raggiunge un picco di circa 3 W/m^2 prima del 2100 e poi diminuisce.
- RCP4.5 e RCP6.0: due scenari di stabilizzazione in cui il forzante radiativo si stabilizza a circa $4,5 \text{ W/m}^2$ e $6,0 \text{ W/m}^2$ dopo il 2100.
- RCP8.5: uno scenario ad alte emissioni, in cui il forzante radiativo raggiunge valori superiori a $8,5 \text{ W/m}^2$ entro il 2100 e continua ad aumentare per un certo periodo di tempo.

Gli scenari di emissione dei 3 principali gas serra antropici (CO_2 , CH_4 , N_2O) e di SO_2 e i livelli di forzante radiativo risultanti per i vari

i RCP sono mostrati in Figura 1. La Figura 2 mostra gli scenari di concentrazione per CO_2 , N_2O , CH_4 e $\text{CFC}_{12\text{-eq}}$, mentre la Figura 3 mostra a titolo di esempio le proiezioni future di temperatura, ghiaccio marino, **copertura di neve** e pH oceanico per cui si rimanda alla corrispondente voce di glossario ("**acidificazione degli oceani**").

Bibliografia

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Meinshausen, M., Smith, S.J., Calvin, K. et al. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. *Climatic Change* 109, 213 (2011).
- Moss, Richard H., et al. "The next generation of scenarios for climate change research and assessment." *Nature* 463.7282 (2010): 747.

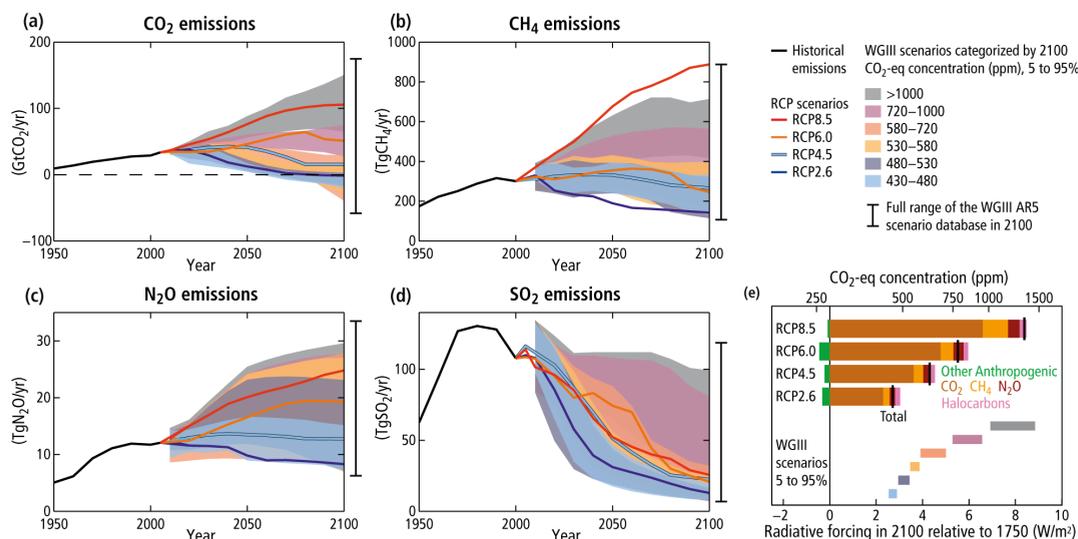


Figura 1.

I pannelli da a) a d) mostrano le emissioni di anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), protossido di azoto (N_2O) e anidride solforosa (SO_2). Il pannello e) mostra i futuri livelli di forzante radiativo per gli RCP. Le categorie di scenario WGIII in alto a destra (WGIII sta per Working Group III dell'IPCC dedito alla preparazione della parte del Rapporto AR5 sulla mitigazione "AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change") riassumono l'ampia gamma di scenari di emissione pubblicati nella letteratura scientifica e sono definite sulla base delle concentrazioni totali di CO_2 equivalente (in ppm) nel 2100. Le linee verticali nere (barrate ai limiti) a destra dei pannelli (a-d) indicano l'intera gamma del database degli scenari WGIII AR5.

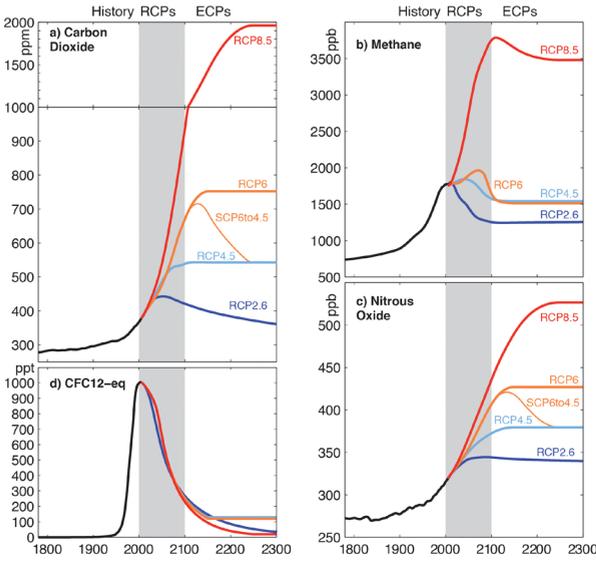


Figura 2. Concentrazioni dei gas serra antropici (a- CO_2 , b- CH_4 , c- N_2O , e- $\text{CFC}_{12\text{-eq}}$) per i 4 scenari RCP (fino al 2100) e per gli scenari estesi oltre il 2100 (chiamati ECP).

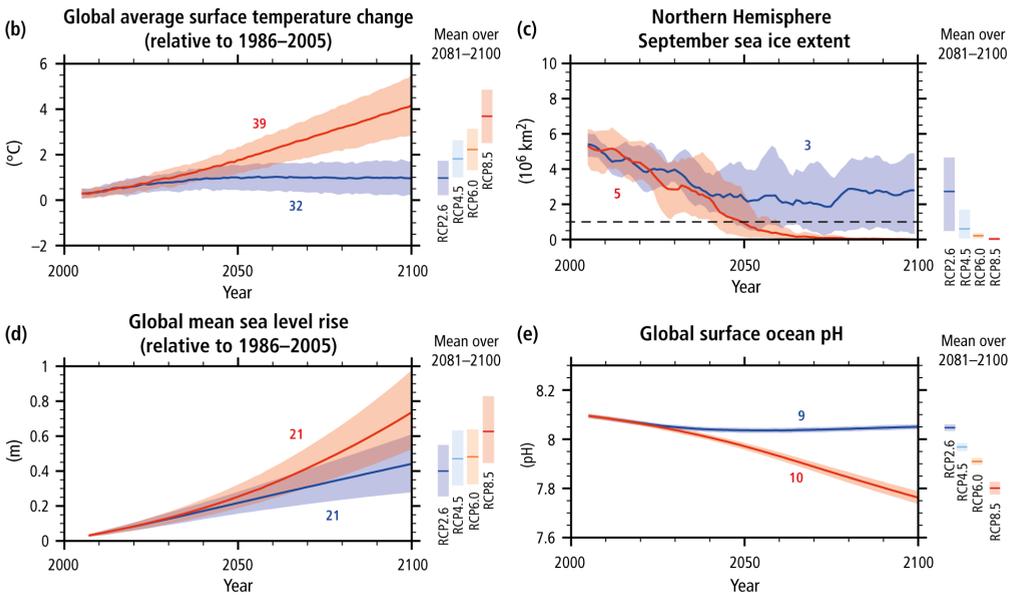


Figura 3. Serie temporali della deviazione (rispetto al 1986-2005) della temperatura media globale, del ghiaccio marino artico in settembre, del livello medio del mare e del PH oceanico nel periodo 2006-2100 in due diversi scenari di emissione, sulla base delle proiezioni dei modelli globali CMIP5.

/Sensibilità ai cambiamenti climatici/ Sensitivity to climate change

ambito disciplinare
ambientale
gestione del rischio

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

La **sensibilità** rappresenta il grado con cui un sistema è influenzato, negativamente o positivamente, dalla **variabilità climatica** e dai **cambiamenti climatici**. Si intende una predisposizione fisica di persone, infrastrutture e ambiente a essere colpiti da un **pericolo**. L'effetto può essere diretto (es. cambiamento nella resa della produzione di una coltura a seguito di una variazione di temperatura) o indiretto (es. danni causati dall'aumento della frequenza di inondazioni costiere a causa dell'innalzamento del livello del mare). Quando il pericolo è di natura climatica, un'alta sensibilità del sistema porta a una forte suscettibilità anche a seguito di piccole variazioni della condizione climatica.

Bibliografia

- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012: "Determinants of risk: exposure and vulnerability". In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- CMCC, 2017. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): Italy.
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

/Servizi ecosistemici/ Ecosystem Services

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Si definiscono funzioni ecosistemiche le capacità dei processi e dei componenti naturali di fornire beni e servizi che soddisfino, direttamente o indirettamente, le necessità dell'umanità e garantiscano la vita di tutte le specie.

Il *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), la più ampia e approfondita sistematizzazione delle conoscenze sino a oggi acquisite sullo stato degli ecosistemi del mondo, ha fornito una classificazione utile suddividendo le funzioni ecosistemiche in 4 categorie principali.

- *Supporto alla vita (Supporting)*: queste funzioni raccolgono tutti quei servizi necessari per la produzione di tutti gli altri servizi ecosistemici e contribuisce alla conservazione (*in situ*) della diversità biologica e genetica e dei processi evolutivi
- *Regolazione (Regulating)*: oltre al mantenimento della salute e del funzionamento degli ecosistemi, le funzioni regolative raccolgono molti altri servizi che comportano benefici diretti e indiretti per l'uomo (come la stabilizzazione del **clima**, il riciclo dei **rifiuti**), solitamente non riconosciuti fino al momento in cui non vengono persi o degradati.
- *Approvvigionamento (Provisioning)*: queste funzioni raccolgono tutti quei servizi di fornitura di risorse che gli ecosistemi naturali e semi-naturali producono (ossigeno, acqua, cibo, ecc.).
- *Culturali (Cultural)*: gli ecosistemi naturali forniscono una essenziale "funzione di consultazione" e contribuiscono al mantenimento della salute umana attraverso la fornitura di opportunità di riflessione, arricchimento spirituale, sviluppo cognitivo, esperienze ricreative ed estetiche.

Queste funzioni ecosistemiche racchiudono i beni e i servizi utilizzati dalla società umana per soddisfare il proprio benessere. Sulla base di tali funzioni, il *Millennium Ecosystem Assessment* ha individuato i (potenziali) aspetti utili degli ecosistemi naturali per il genere umano sotto forma di beni e servizi, definendoli con il termine generale di "**servizi ecosistemici**" (*ecosystem services*). Infatti, gli ecosistemi forniscono una grande

varietà di servizi e di vantaggi. Nonostante ciò, il loro valore reale non è "contabilizzato" nel lungo periodo nelle previsioni economiche della società. Se da un lato la domanda dei servizi ecosistemici è cresciuta in modo significativo dal 1950 a oggi, allo stesso tempo si stima che quasi due terzi dei servizi stessi siano in declino. Negli ultimi 50 anni l'essere umano ha modificato gli ecosistemi con una velocità e una forza che non si erano mai osservate in periodi precedenti; le cause principali sono state la crescente necessità di cibo, acqua dolce, legname, fibre e fonti energetiche: questo impatto sta provocando una perdita irreversibile di **biodiversità** in tutto il Pianeta e in particolare, è stato valutato che il 60% dei servizi ecosistemici siano stati compromessi.

Pertanto è chiaramente divenuta fondamentale l'integrazione del concetto di funzioni e servizi ecosistemici nelle decisioni di gestione e pianificazione del territorio affinché gli amministratori locali possano controllare le pressioni che minacciano l'ecosistema e la loro funzionalità, migliorarne l'efficacia e definire un modello di *governance* che si basi su strumenti come i pagamenti per i servizi ecosistemici.

Bibliografia

- Bolund, Per, and Sven Hunhammar. "Ecosystem services in urban areas." *Ecological economics* 29.2 (1999): 293-301.
- . Costanza, Robert, et al. "The value of the world's ecosystem services and natural capital." *Nature* 387.6630 (1997): 253.
- Worm, Boris, et al. "Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services." *Science* 314.5800 (2006): 787-790.

ambito disciplinare
ambientale

autrici
Simona Fratianni
Alice Baronetti

Bibliografia

- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). "A review of drought concepts. Journal of hydrology", 391(1-2), 202-216

- Wilhite DA. "Drought as a natural hazard: concepts and definitions". In: Wilhite DA, ed. Droughts: Global Assessment. London: Routledge; 2000, 3-18.

Il termine **siccità** indica un periodo di condizioni anomale di assenza di acqua lungo a sufficienza da determinare uno stress idrico; secondo questa accezione si presenta, quindi, come un fenomeno sporadico che può colpire anche aree non aride. La siccità è una normale e ricorrente caratteristica del ciclo idrologico e può verificarsi sia in regioni secche che umide ed essa viene valutata in relazione al bilancio locale tra la precipitazione e l'evapotraspirazione rispetto all'intervallo temporale in cui si verifica. Differisce dall'**aridità**, la quale è invece ristretta ad aree geografiche con poca precipitazione e risulta pertanto una caratteristica permanente del **clima**.

La siccità è una delle più importanti conseguenze delle **variazioni climatiche** e si ripercuote sui sistemi naturali e socio-economici. Poiché si manifesta dopo lunghi periodi in cui le precipitazioni sono assenti, è difficile quantificare oggettivamente le sue caratteristiche in termini di inizio, consistenza e fine. Pertanto, l'Associazione Meteorologica Americana ha classificato tre tipi differenti di siccità:

- *meteorologica*: è definita sulla base del grado di siccità (in confronto a una quantità media) e della durata del periodo siccitoso ed è considerata a livello locale, in quanto le condizioni atmosferiche che determinano deficienze di precipitazione sono altamente variabili da regione a regione; o degradati.
- *agricola*: collega varie caratteristiche di siccità meteorologica o idrologica agli impatti sull'agricoltura, focalizzandosi sulla scarsità delle precipitazioni, sulla differenza tra evapotraspirazione attuale e potenziale e sul deficit di acqua al suolo e nel sottosuolo.
- *idrologica*: è associata agli effetti dei periodi con deficit di precipitazione sul rifornimento idrico del suolo e del sottosuolo e ha frequenza e severità definite su scala di bacino fluviale o di spartiacque.

/Sicurezza alimentare/ Food Security

ambito disciplinare
ambientale
economico

autrice
Nadia Tecco

Nel *World Food Summit* del 1996, la **sicurezza alimentare** viene identificata come «la situazione in cui tutte le persone, in ogni momento, hanno accesso fisico, sociale ed economico ad alimenti sufficienti, sicuri e nutrienti che garantiscano le loro necessità e preferenze alimentari per condurre una vita attiva e sana» (FAO 1996).

Questa formulazione, oltre a rappresentare una definizione ampiamente condivisa e utilizzata da organismi governativi e organizzazioni non governative, ricomprende al suo interno 4 principali dimensioni, relative a:

- la disponibilità di quantità sufficienti di cibo di adeguata qualità (*food availability*);
- l'accesso - in termini sia di potere d'acquisto che di diritto all'uso di risorse comuni - a risorse adeguate per l'acquisizione di alimenti appropriati per una dieta nutriente (*food accessibility*);
- l'utilizzo del cibo per il raggiungimento di uno stato di benessere nutrizionale in cui siano soddisfatte tutte le esigenze fisiologiche (*food utilization*);
- la stabilità di un singolo, di una famiglia o popolazione nell'accedere ad un'alimentazione adeguata nel corso del tempo (*food stability*).

Per comprendere come gli effetti delle **variazioni climatiche** potranno impattare sui sistemi di **produzione** del cibo e come questi potranno variare significativamente da una latitudine all'altra, è opportuno guardare alle relazioni di interdipendenza che sussistono fra le quattro dimensioni della sicurezza alimentare appena elencate (Caserini, 2015).

Lo *Special Report* dell'IPCC del 2019, "*Climate Change and Land*", evidenzia nel quinto capitolo dedicato alla sicurezza alimentare, tali connessioni e la molteplicità dei nessi causa-effetto con i quali i **cambiamenti climatici** potranno manifestarsi e incidere sulla produzione alimentare, innescando una serie di effetti collaterali negativi a cascata fra insufficiente disponibilità di cibo, limiti nell'accesso alle risorse, elevata variabilità delle produzioni e il verificarsi di condizioni che impossibiliteranno un'adeguata nutrizione.

Se alle latitudini più elevate (quelle più fredde) alcune colture (mais, cotone, grano, barbabietole da zucchero) manifesteranno un aumento delle rese, le stesse potranno subire una considerevole riduzione a latitudini inferiori, a partire dalla regione dell'Europa Me-

ridionale e del Mediterraneo fino ad estendersi per intensità degli effetti nelle regioni tropicali e semi-tropicali. Ancora più a **rischio** saranno le zone aride del Pianeta, Africa e regioni montuose dell'Asia e del Sud America con conseguente rischio di aumento dei fenomeni migratori (vedi anche la voce "**Migrazioni climatiche**"). Gli effetti sulla diminuzione della produttività non saranno solo riconducibili a fenomeni di stress da calore, ma anche all'aumento delle invasioni di insetti, del pericolo di incendi, erosione del suolo, aumento della salinizzazione dell'acqua di irrigazione, nonché al verificarsi di **eventi meteorologici estremi**. Oltre alla produttività, potrebbe inoltre diminuire la stessa qualità nutrizionale di alcuni alimenti. Elevate concentrazioni di **diossido di carbonio** possono ridurre il contenuto proteico di risorse alimentari come riso, grano, orzo e patate, elementi che tradizionalmente rappresentano il fulcro delle diete a base vegetale che caratterizzano i paesi in via di sviluppo (Medek et al., 2017). La modifica nella geografia della produzione su scala globale avrà un effetto sui flussi commerciali di cibo, con implicazioni per gli introiti dei contadini e un possibile incremento dei prezzi fino al 23% per il 2050 rispetto agli scenari senza cambiamento climatico.

Queste conseguenze si esacerberanno ulteriormente in quei contesti e per quelle fasce di popolazione in cui i diritti tradizionali sulla terra e sull'acqua non sono garantiti e inaspriranno i **conflitti** legati alla competizione per utilizzi alternativi di risorse sempre più scarse. Un ulteriore circolo vizioso potrebbe innescarsi in riferimento all'accesso all'acqua e al suo uso per scopi alimentari e igienici (Caserini, 2015). La mancanza di accesso alle risorse idriche, potrebbe infatti favorire la diffusione di **malattie infettive**,

specie di carattere gastrointestinale, con un ulteriore indebolimento delle condizioni di salute di chi già suscettibile (IPCC, 2014). Se, quindi, come è evidenziato da numerosi studi in materia, la variabilità e il cambiamento climatico esaspereranno l'insicurezza alimentare in zone che già manifestano fragilità legata alla fame e alla malnutrizione, è necessario quindi integrare all'interno degli interventi per garantire la sicurezza alimentare strategie di **adattamento ai cambiamenti climatici**, senza tuttavia dimenticare che gli stessi sistemi di produzione alimentare possono svolgere, se adeguatamente gestiti, un significativo contributo alla **mitigazione del riscaldamento globale**.

Bibliografia

- Caserini, S (2015). "Cambiamenti climatici e sicurezza alimentare." *Ingegneria dell'Ambiente* 2.1.
- FAO (1996) "Rome declaration on world food security and World. Food Summit plan of action". World Food Summit, Rome, 13-17 November.
- Medek DE, Schwartz J, Myers SS (2017) "Estimated Effects of Future Atmospheric CO₂ Concentrations on Protein Intake and the Risk of Protein Deficiency by Country and Region". *Environ Health Perspect* 125:087002.
- IPCC (2014) Summary for policymakers. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ et al. (eds.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <http://ipcc-wg2.gov/AR5/>.
- IPCC (2019) *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].

/Sistema climatico/ Climate System

ambito disciplinare
fisico

autori
Elisa Palazzi
Claudio Cassardo
Tommaso Drusa

Il **sistema climatico** è un sistema dinamico e complesso costituito da cinque componenti principali: **atmosfera, idrosfera, criosfera, litosfera, biosfera** e le interazioni fra loro (**componenti del sistema climatico**).

Il sistema climatico evolve nel tempo e cambia sotto l'influenza delle proprie dinamiche interne e per effetto di fattori esterni (che sono chiamati forzanti) che possono essere di origine sia naturale sia antropica.

Le "forzanti naturali" sono i cambiamenti nei parametri dell'orbita terrestre intorno al Sole (eccentricità, obliquità e precessione dell'asse) che sono in grado di modificare la quantità totale di **energia** che arriva sul Pianeta e la sua distribuzione geografica o stagionale; le oscillazioni cicliche nell'intensità della radiazione solare stessa (i cicli di 11 anni descritti dalla dinamica delle macchie solari); le eruzioni vulcaniche.

Le prime due hanno un effetto sulla radiazione solare incidente alla sommità dell'atmosfera terrestre, mentre le eruzioni vulcaniche diminuiscono la frazione di questa che raggiunge la superficie terrestre, poiché portano alla formazione di particelle chiare (contenenti zolfo) che riflettono e quindi bloccano parte della radiazione solare impedendole di raggiungere il suolo.

Le "forzanti antropiche" sono invece quelle direttamente o indirettamente connesse alle attività umane, in grado di alterare la composizione atmosferica (ad esempio aumentando le concentrazioni di gas a **effetto serra** o immettendo **aerosol**) e di cambiare le proprietà dei suoli, come la loro **albedo** (una misura della capacità di riflettere la radiazione solare), la loro permeabilità, ecc.

Le forzanti antropiche possono quindi modificare sia la frazione della radiazione solare assorbita o riflessa da atmosfera e superficie, sia la frazione della radiazione infrarossa trattenuta dall'atmosfera alterando quindi l'effetto serra naturale. In ogni caso, le forzanti possono modificare il bilancio tra l'energia in arrivo dal Sole e l'energia infrarossa che la Terra emette (**bilancio energetico terrestre**), e quindi determinare un cambiamento nella temperatura superficiale del Pianeta e dunque nel suo **clima**.

Ma non finisce qui, perché un cambiamento nella temperatura che si verifica in risposta a una forzante può essere poi ulteriormente modificato (reso maggiore o minore) da meccanismi di amplificazione o di smorzamento interni al sistema climatico. Ciò avviene in quanto, come ogni **sistema complesso**, anche

il clima ha una sua dinamica interna, non controllata né causata da fattori esterni. A questi meccanismi si dà il nome di **retroazioni**: le retroazioni positive amplificano l'effetto prodotto da una causa iniziale, quelle negative lo smorzano. Oltre alle retroazioni la variabilità interna del clima si manifesta anche in altre forme, ad esempio attraverso alcune dinamiche dell'atmosfera, dell'oceano e del loro accoppiamento o attraverso le **teleconnessioni**, ovvero degli schemi di circolazione atmosferici a bassa, media e alta frequenza. Esse sono dunque espressione di parte della variabilità meteorologica e in alcuni casi anche di **variabilità climatica** cui assistiamo. La teleconnessione più emblematica è quella nota come ENSO, o più popolarmente El Niño: essa riguarda la temperatura superficiale del mare nell'oceano Pacifico equatoriale che ha ripercussioni climatiche un po' su tutto il globo. Essa è anche stata la prima a essere rilevata, storicamente, fin dal XIX secolo. Nell'ultimo trentennio, la diffusione dei modelli meteoclimatici e la necessità di dover predisporre degli archivi globali delle variabili meteorologiche e anche di quelle relative alla superficie terrestre hanno favorito la scoperta (o consentito di postulare le basi teoriche) di tutta una serie di altre teleconnessioni. Tra esse, una di quelle che hanno un peso non indifferente nell'andamento meteorologico alle latitudini europee è la *North Atlantic Oscillation* (NAO).

Bibliografia

- Parmesan, Camille, and Gary Yohe. "A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems." *Nature* 421.6918 (2003): 37.
- Walther, Gian-Reto, et al. "Ecological responses to recent climate change." *Nature* 416.6879 (2002): 389.
- Woodwell, George M., and Fred T. Mackenzie. "Biotic feedbacks in the global climatic system: will the warming feed the warming?". Oxford University Press, 1995.

/ Sistema complesso / Complex System

ambito disciplinare
fisico

autrice
Elisa Palazzi

Il **sistema climatico** rientra appieno nella categoria dei sistemi complessi. Tutti i sistemi complessi, qualunque sia l'ambito di studio o applicazione, hanno alcune caratteristiche in comune tra cui, insieme ad altre, spiccano:

- la non-linearità;
- la non validità del principio di sovrapposizione;
- la sensibilità alle condizioni iniziali.

Il sistema climatico è caratterizzato da una fortissima non-linearità che si manifesta in particolare nella presenza di **retroazioni** (o *feedback*), ovvero di catene circolari causa-effetto in cui una o più cause generano un effetto il quale a sua volta retroagisce sulla causa, amplificando l'effetto iniziale (retroazione positiva) oppure smorzandolo (retroazione negativa). Attraverso queste catene circolari le diverse **componenti del sistema climatico** (**atmosfera, idrosfera, criosfera, biosfera, li-**

tosfera e suolo) sono tra loro interconnesse: il cambiamento in una di esse causa cambiamenti in altre ma l'effetto finale della catena può tornare a influenzare la componente da cui è partito il primo cambiamento. Tutto questo suggerisce che in sistemi di questo tipo, come il **clima**, l'effetto finale di due cause non è la somma degli effetti causati da ciascuna singola causa, cioè non vale il principio di sovrapposizione. Pertanto, le proprietà del sistema climatico non sono la semplice somma delle proprietà delle sue parti e sono difficilmente prevedibili studiando le sue singole componenti: cioè il sistema presenta "proprietà emergenti". Occorre quindi avere, almeno a un certo punto, una visione di insieme, anche se lo studio del sistema climatico (ad esempio usando i **modelli climatici**) è fatto a partire dallo sviluppo di singoli moduli atti a descrivere le singole componenti che solo successivamente vengono "accoppiate". La sensibilità alle condizioni iniziali può determinare una forte imprevedibilità nello stato futuro del sistema: per esempio, una

piccola variazione nello stato iniziale dell'atmosfera (valori di temperatura, umidità, vento, ecc.) può determinare una grande incertezza nella determinazione dello stato dell'atmosfera a un certo istante finale futuro se l'orizzonte della previsione è troppo lungo (è il noto concetto di "caos deterministico" introdotto da Lorenz nel 1963). Lo sa bene chi si occupa di **meteorologia** e di previsioni meteorologiche.

Un po' diverso è il discorso per le **proiezioni climatiche**, che dipendono meno dalle condizioni iniziali e cercano di prevedere come variano le proprietà statistiche del sistema climatico al variare dei **forzanti** e all'interno di determinati **scenari** futuri ipotizzati.

Bibliografia

- Bernkirane, Reda, "La teoria della complessità". Bollati Boringhieri, 2007.
- Lorenz Edward N., "Deterministic non period Flow", Journal of the Atmospheric Sciences, Vol 20, 1963
- Stewart Ian, "Dio gioca a dadi? La nuova matematica del caos". Bollati Boringhieri, 1990.

/Sistema di allerta precoce/ Early Warning System

*ambito disciplinare
gestione del rischio*

*autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliariolo*

Si definisce **sistema di allerta precoce**, l'insieme delle capacità necessarie per produrre le informazioni di allerta e diffonderle in maniera tempestiva per consentire agli individui, alla comunità e alle organizzazioni minacciate dal **rischio** di intervenire adeguatamente in anticipo rispetto all'evento pericoloso riducendo la possibilità di danni.

Impedimenti nel flusso di informazioni possono amplificare il rischio. Un sistema di allerta efficiente dovrebbe includere quattro elementi chiave interconnessi tra loro:

- Conoscenza del rischio attraverso il collettamento dei dati, le analisi e la valutazione del rischio **disastro**.
- Identificazione, monitoraggio e previsione del pericolo e delle possibili conseguenze.

- Diffusione e comunicazione tempestiva delle informazioni associate alla probabilità e ai possibili **impatti** da parte di una fonte ufficiale.
- Preparazione ai vari livelli dell'allerta ricevuta.

Il coordinamento di tali componenti viene svolto attraverso vari settori e la mancanza in una componente può condurre al fallimento dell'intero sistema. Su questo importante argomento si veda anche la voce "**Disaster Risk Reduction**".

Bibliografia

- Lenton, T. Early warning of climate tipping points. *Nature Clim Change* 1, 201-209 (2011).
- Lowe, R., "Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil". *Computers & Geosciences* - Volume 37, Issue 3, March 2011, Pages 371-381
- Marvin, H.J.P. ET AL. "Proactive systems for early warning of potential impacts of natural disasters on food safety: Climate-change-induced extreme events as case in point". *Food Control* - Volume 34, Issue 2, December 2013, Pages 444-456.
- Murray V, Ebi KL, IPCC "Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)". *Journal Epidemiol Community Health* 2012;66:759-760.

/Smog fotochimico/

Vedi **Inquinamento atmosferico**.

/Solastalgia/

Vedi **Disturbi psicologici da cambiamenti climatici**.

/Sovranità alimentare/ Food Sovereignty

*ambito disciplinare
alimentare
economico*

*autrice
Nadia Tecco*

Contestualizzare la **sovranià alimentare** nel dibattito sul **risaldamento globale** - nelle sue cause, sfide, conseguenze e possibili soluzioni - ne definisce in modo immediato e nitido il significato, evidenziandone la connotazione politica e la sua ampia portata, che include considerazioni legate all'ambiente, all'economia, alla salute, alla cultura e alle dinamiche sociali. Infatti, rispetto a un concetto tecnico e tendenzialmente neutrale quale quello di **sicurezza alimentare**, che non entra nel merito di come e dove il cibo sia prodotto, la sovranità alimentare si schiera, secondo la formulazione riportata nella Dichiarazione di Nyéléni del 2007, a favore di un modello «in cui i popoli detengono il diritto ad alimenti nutritivi e culturalmente

adeguati, prodotti in forma sostenibile ed ecologica ed esercitano il diritto di poter scegliere il proprio sistema alimentare e produttivo».

Con una posizione fortemente critica rispetto al progetto neoliberista globalizzato in materia di agricoltura e alimentazione, che ha condotto di fatto a una privatizzazione della sicurezza alimentare e alla ricerca della massimizzazione della produttività a ogni costo, la sovranità alimentare muove dal riconoscimento di alcuni diritti fondamentali, a partire dal Diritto al Cibo stesso, includendo il diritto di accesso alle risorse per nutrirsi, alla terra, ai semi e alle varietà animali, all'acqua e alle risorse ittiche, ai servizi basilari di credito, alle competenze (Certomà, 2010) per promuovere un modello produttivo alternativo all'attuale regime alimentare e capace di rispondere e adattarsi alle attuali sfide dello scenario agroalimentare, inclusa la **crisi climatica**, attraverso strategie di **resilienza** locale/territoriale (Altieri et al., 2012). Lo sviluppo e il sostegno di agroecosistemi policolturali e agroforestali in cui vengano garantite la conservazione e la rigenerazione delle risorse, la tutela dell'agrobiodiversità, l'attività biologica del suolo attraverso il riciclo dei nutrienti e la rotazione delle colture, accanto a modelli di produzione di agricoltura familiare di piccola scala, sarebbero in grado di ridurre la **vulnerabilità** agli eventi climatici estremi, consentendo allo stesso tempo ai contadini una maggiore capacità nell'adattare la gestione aziendale ed economica (Astier et al., 2012).

Non solo. Questo insieme di pratiche sono sempre più riconosciute dalla comunità scientifica e dalle Agenzie Intergovernative e dalle Organizzazioni Non Governative (ONG) attive su questi specifici temi, come

una delle risposte più efficaci, disponibili e accessibili su larga scala per mitigare gli **impatti** negativi che i sistemi produttivi alimentari hanno sul **clima**, contribuendo al sequestro di carbonio nel suolo e andando ad agire direttamente sulla componente antropogenica dei **cambiamenti climatici**. Utilizzare quindi il concetto di sovranità alimentare nella sua relazione con i cambiamenti climatici significa sia considerare e cercare di garantire il bisogno alimentare nel breve e lungo termine a fronte della vulnerabilità a cui ci esporranno eventi sempre più estremi, sia promuovere un modello di produzione alimentare in grado di contribuire alla preservazione del sistema terrestre e ai suoi delicati equilibri. Di riflesso, una lettura dei cambiamenti climatici assumendo come prospettiva di partenza la sovranità alimentare rafforza il legame imprescindibile che intercorre tra **adattamento** e **mitigazione**, quali due facce della stessa medaglia nelle politiche di gestione territoriale e ambientale.

Bibliografia

- Altieri, M.A., Funes-Monzote, F.R. & Petersen, P. "Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty". *Agron. Sustain. Dev.* 32, 1-13, 2012.
- Astier M., García-Barríos L., Galván-Miyoshi Y., González-Esquivel C.E., Masera O.R.. "Assessing the sustainability of small-farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010)", *Ecol. Soc.* 17(3), 25, 2012.
- Certomà, Chiara. "Diritto Al Cibo, Sicurezza Alimentare e Sovranità Alimentare." *Rivista di diritto alimentare*, vol. IV, no. 2, 2010.
- Nyéléni Forum for Food Sovereignty. (2007). *Declaration of Nyéléni*.
- Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., "Agroecology as a science, a movement and a practice," *Agron. for Sustain. Dev.*, 29, 503- 515, 2009.

/Spillover/ Salto di specie

ambito disciplinare
biologico
sanità pubblica
veterinaria

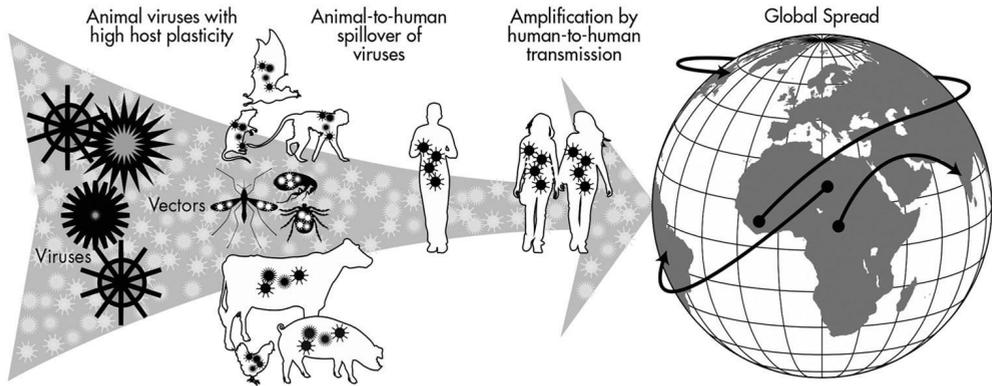
autrice
Annalisa Viani

Nell'uso corrente in ecologia ed epidemiologia, il termine **spillover** indica il momento in cui un agente patogeno è in grado di effettuare il salto di specie, riuscendo così a passare da una popolazione ospite a un'altra. L'infezione da spillover, nota anche come spillover patogeno o evento di spillover si verifica ogni qualvolta una popolazione definita "serbatoio" o "reservoir" (nella quale cioè un agente patogeno normalmente vive e si moltiplica, in alcuni casi senza provocare malattia clinicamente evidente) entra in contatto con una nuova popolazione ospite ed è potenzialmente in grado di trasmettere l'agente in questione.

Lo spillover è un evento piuttosto comune se si pensa che oltre i due terzi dei virus umani sono zoonotici, ovvero hanno un'origine animale dell'infezione. Le **zoonosi** comprendono un gruppo eterogeneo di infezioni, che possono essere causate da virus, batteri, funghi, altri organismi o agenti proteici non convenzionali (prioni).

Le zoonosi conosciute sono numerose, oltre 200 secondo l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) e il loro studio costituisce uno dei settori di maggior interesse della medicina umana e veterinaria. Sono esempi di zoonosi la rabbia, la leptospirosi, l'antrace, la SARS (*Severe Acute Respiratory Syndrome*), la MERS (*Middle East Respiratory Syndrome*), la febbre gialla, la dengue, l'HIV (*Human Immunodeficiency Virus*), Ebola, Chikungunya e i Coronavirus, ma anche la più diffusa e comune influenza stagionale. Il contagio può avvenire per contatto diretto (come nella rabbia), tramite altri organismi vettori (fra cui diversi insetti) o altri veicoli di tipo ambientale e alimentare (si veda la figura). Ovviamente per la specie umana sono più pericolose le zoonosi che si trasmettono non solo dagli animali, ma che successivamente si adattano alla specie consentendo, come per il virus ebola, che la malattia si diffonda da uomo a uomo. In questo caso il livello crescente di pericolosità è legato al fatto che miliardi di esseri umani che si assemano, socializzano e viaggiano possono facilitare la trasmissione dell'agente infettivo nonché la sua diffusione, generando in taluni casi vere e proprie epidemie se non pandemie, favorite dal crescente fenomeno della globalizzazione. In alcuni casi si può addirittura assistere all'adattamento finale del microbo agli esseri umani, che diventano così un nuovo serbatoio stabile, come accaduto con il virus dell'HIV con conseguente epidemia di AIDS (sindrome da immunodeficienza acquisita).

In effetti, la maggior parte dei patogeni che attualmente sono



Rappresentazione del fenomeno di spillover.

Fonte: Johnson, C. K., Hitchens, P. L., Evans, T. S., Goldstein, T., Thomas, K., Clements, A., ... & Mazet, J. K. (2015). *Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity*. *Scientific reports*, 5, 14830.

esclusivi degli umani sono stati probabilmente trasmessi da altri animali in passato. Se la storia dell'adattamento reciproco è abbastanza lunga è possibile stabilire associazioni permanenti tra microbi ospiti e risultanti in coevoluzione, e persino in una integrazione permanente del genoma del microbo nel genoma umano, come nel caso dei virus endogeni. Più le due specie sono vicine in termini filogenetici, più facile è per i microbi superare la barriera biologica per produrre spillover di successo. Per questo motivo, altri mammiferi sono la principale fonte di agenti zoonotici per l'uomo. Tra tutte le malattie emergenti, le zoonosi di origine selvatica potrebbero rappresentare in futuro la più consistente minaccia per la salute della popolazione mondiale. Il 75% delle malattie umane fino ad oggi conosciute derivano da animali e il 60% delle malattie emergenti sono state trasmesse da animali selvatici. Un ruolo non poco rilevante lo assume il commercio legale e, soprattutto, illegale di specie selvatiche: un commercio che avviene in condizioni igienico-sanitarie inesistenti e con stretto contatto tra le persone che affollano ogni giorno i mercati, teatro fisico degli scambi. È a partire da questa drammatica promiscuità che i virus riescono a passare da specie a specie e dagli animali all'uomo.

Le zoonosi causano ogni anno circa un miliardo di casi di malattia e milioni di morti. Lo spillover zoonotico è aumentato negli ultimi cinquant'anni, principalmente a causa dell'impatto del settore agricolo e zootecnico sull'ambiente circostante, in costante crescita per soddisfare le richieste di un mercato globale in continua espansione. Purtroppo, accade spesso che multinazionali promuovano la **deforestazione** di foreste primarie o vergini con conseguente eccessivo sfruttamento delle risorse naturali (non solo legno), provocando un cambiamento degli habitat della fauna selvatica. Anche i cambi d'**uso del suolo** come ad esempio la realizzazione di allevamenti intensivi a ridosso di aree con una elevata **biodiversità** (come ad esempio foreste tropicali) possono favorire maggiore interazione tra specie animali diverse e uomo, determinando le condizioni predisponenti a possibili spillover. Negli ultimi anni, i **cambiamenti climatici** hanno influito favorevolmente alla maggiore incidenza di spillover, grazie alla variazione delle temperature e umidità a scala locale. Un recente studio ha dimostrato come la **teleconnessione** nota come "El Niño" sia in grado di influenzare in modo più o meno accentuato a livello globale la diffusione di una serie di zoonosi.

Bibliografia

- Anyamba, A. et al. (2019). "Global disease outbreaks associated with the 2015–2016 El Nino Event". *Scientific reports*, 9(1), 1-14.
- Berger, Kevin (2020-03-12). "The Man Who Saw the Pandemic Coming". *Nautilus*. Retrieved 2020-03-16.
- Johnson, C. K. et al. (2015). "Spillover and pandemic properties of zoonotic viruses with high host plasticity". *Scientific reports*, 5, 14830.
- Power, A.G., Mitchell, C.E. (2004). "Pathogen spillover in disease epidemics". *The American Naturalist* 164 (Suppl 5): S79–89.
- Quammen David. "Spillover. L'evoluzione delle pandemie". Adelphi Edizioni, 2014.
- Woolhouse M, Scott F, Hudson Z, Howey R, Chase-Topping M. "Human viruses: discovery and emergence". *Philosophical Transactions of the Royal Society B*: 2864–2871

/Spostamento della foresta boreale/ Boreal Forest Shift

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Le foreste boreali si trovano nei climi freddi delle alte latitudini dell'emisfero settentrionale. Si trovano appena a sud della tundra artica, dove il principale fattore limitante alla crescita degli alberi è il **clima** e, in particolare, le basse temperature durante quasi l'intero l'anno e le ridotte precipitazioni. Conosciute in Russia come taiga, le foreste boreali sono caratterizzate da specie che possono far fronte al freddo, come il pino, l'abete rosso e il larice. Coprono vaste distese del Nord America (in particolare Canada), dell'Europa settentrionale (Scandinavia) e dell'Asia. Le foreste boreali sono il più grande bioma o ecosistema in termini di estensione sulla superficie terrestre e rappresentano circa il 30% delle foreste del mondo. Sono una riserva molto importante di carbonio. Sebbene vi sia molta incertezza sulla quantità precisa di carbonio che esse contengono, le stime suggeriscono che è più di un terzo di tutto il carbonio terrestre. Senza contare che circa un terzo del bioma boreale si sviluppa su suoli che presentano **permafrost**. In virtù dell'importante ruolo che tali foreste rivestono come *sink* di carbonio (ovvero "pozzi di assorbimento del carbonio", capaci di sottrarre CO₂ dall'atmosfera - N.d.C.) e di conseguenza di regolazione del clima, sono considerate oggetto di grande studio nonché un importantissimo **tipping point**.

Negli ultimi decenni, come evidenziato da numerose ricerche,

la zona boreale e la tundra si stanno riscaldando rapidamente, circa il doppio della media globale (al pari delle aree montane e alpine). Il continuo aumento della temperatura potrebbe generare rapidi cambiamenti nelle foreste boreali, compreso il deperimento. Le estati sempre più calde con **ondate di calore** creano forti condizioni di stress per le specie arboree attualmente dominanti e innescano vari fenomeni: una maggiore **vulnerabilità** alle **malattie**, una diminuzione dei tassi di riproduzione e la relativa produzione di semi, incendi più frequenti che causano una mortalità significativamente più alta. Uno studio pubblicato su *Nature Climate Change* nel 2017 da Seidl et al. ha, in effetti, evidenziato come il rapido riscaldamento in tali aree potrebbe mettere le regioni boreali a particolare **rischio** di disturbi naturali quali **siccità**, incendi, parassiti e malattie. Rispetto ad altri ecosistemi in tutto il mondo, lo studio rileva che «i futuri cambiamenti di disturbo saranno probabilmente più pronunciati nelle foreste di conifere e nel bioma boreale».

Diversi altri studi evidenziano come il continuo riscaldamento estivo, in assenza di aumenti sostenuti delle precipitazioni, ha determinato un punto di svolta già intorno alla metà degli anni '90 del secolo scorso determinando, nelle foreste boreali dell'Europa centrale occidentale, un regime più caldo e più secco. Ricerche dell'*Arctic Boreal Vulnerability Experiment* (ABOVE) della NASA indicano che piuttosto che mostrare risposte graduali, gli ecosistemi boreali tenderanno a spostarsi bruscamente tra stati alternativi in risposta ai **cambiamenti climatici**.

Un esempio di “punto critico” nelle foreste boreali è una situazione in cui un evento di incendio estremo (o altri eventi gravi e ripetuti) rendono il sistema incapace di rigenerarsi come ecosistema forestale e tendono a spostarlo verso un ecosistema scarsamente boscoso o prativo. In particolare ciò si sta già

osservando nei margini meridionali con clima relativamente più caldo e asciutto o ai limiti della foresta. Diversi studi di modellistica forestale mostrano che questi cambiamenti si tradurranno in una biomassa epigea (ovvero tutta la biomassa sopra il suolo, inclusi rami, corteccia e fogliame) molto ridotta. Il rapporto speciale dell'IPCC per lo scenario di aumento globale della temperatura di 1.5 °C rileva che «l'aumento della mortalità degli alberi comporterebbe la creazione di vaste radure e praterie, che favorirebbero un ulteriore riscaldamento regionale e una maggiore frequenza degli incendi, inducendo così un potente meccanismo di *feedback*».

Tendenze di **spostamento della foresta boreale** verso ecosistemi differenti sono già registrate in diverse regioni del Pianeta. Uno studio sulle foreste in Alaska, ad esempio, ha identificato un diffuso passaggio dalla vegetazione da foreste di conifere a quelle di latifoglie che, iniziato intorno al 1990, continuerà nei prossimi decenni. Il riscaldamento globale non ha solo effetti determinando un innalzamento della *tree-line* (limite di quota delle piante) ma anche a livello di distribuzione latitudinale. Infatti, mentre gli alberi all'estremità meridionale della zona boreale rischiano il deperimento o di essere soppiantati da specie decidue più resistenti, le ricerche suggeriscono l'estremità settentrionale delle foreste potrebbe spostarsi più nord, nella tundra, a causa del cambiamento climatico. Uno studio di modellistica di Ostberg et al. 2018 sulla rivista *Earth's Future* rileva che, anche se i limiti di riscaldamento dell'**Accordo di Parigi** verranno rispettati, «le foreste boreali si sposteranno verso la tundra, mentre [più a sud e nelle zone meridionali della taiga attuale] la composizione degli alberi si sposta verso specie temperate».

In base agli attuali impegni di riduzione delle emissioni in base agli Accordi di Parigi, lo studio prevede «importanti effetti del cambia-

mento climatico per oltre l'80% della tundra e oltre il 40% per tutte le foreste boreali».

Vari rapporti dell'IPCC (tra cui quello relativo ad 1.5 °C) concludono che «con alta confidenza le specie arbustive legnose stanno già invadendo la tundra e procederanno [a innescare nuove dinamiche di successione ecologica] con un ulteriore riscaldamento». Di conseguenza, si prevede una diminuzione dell'**albedo** della vegetazione (poiché gli arbusti e gli alberi riflettono meno radiazione solare rispetto alla prateria tipica della tundra) soprattutto in primavera spostandosi verso nord; ciò amplificherà il riscaldamento locale e favorirà condizioni per una maggiore frequenza e severità di incendi e mega-incendi, che già oggi si registrano, con effetti fortemente negativi sulle aree in cui è presente il permafrost e, più in generale, sul clima.

Bibliografia

- Buermann, Wolfgang, et al. "Recent shift in Eurasian boreal forest greening response may be associated with warmer and drier summers." *Geophysical Research Letters* 41.6 (2014): 1995-2002.
- Gauthier, Sylvie, et al. "Boreal forest health and globalchange." *Science* 349.6250(2015):819-822.
- Lenton, Timothy M. "Arctic climate tipping points." *Ambio* 41.1 (2012): 10-22.
- Mann, Daniel H., et al. "Is Alaska's boreal forest now crossing a major ecological threshold?." *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 44.3 (2012): 319-331.
- Ostberg, Sebastian, et al. "The biosphere under potential Paris outcomes." *Earth's Future* 6.1 (2018): 23-39.
- Scheffer, Marten, et al. "Thresholds for boreal biome transitions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109.52 (2012): 21384-21389.
- Seidl, Rupert, et al. "Forest disturbances under climate change." *Nature climate change* 7.6 (2017): 395-402.

/Spostamento del monzone indiano/ Indian Monsoon Shift

*ambito disciplinare
ambientale*

*autore
Tommaso Drusa*

L'India riceve circa il 70% delle sue precipitazioni annuali durante la stagione dei monsoni. Per alcune aree dell'India occidentale e centrale, rappresenta fino al 90%. Le piogge monsoniche sono cruciali per il settore agricolo, che costituisce circa un sesto dell'economia indiana e impiega circa la metà degli 1,3 miliardi attuali abitanti del paese. Il monzone indiano, noto anche come monzone dell'Asia meridionale, è un sottosistema del monzone asiatico più ampio, insieme al monzone del sud-est asiatico e al monzone del Pacifico settentrionale occidentale. A seguito dell'importanza rivestita è considerato un **tipping point**.

La parola "monzone" deriva dalla parola araba stagione. Descrive uno spostamento stagionale dei venti, in particolare un'inversione di 180 gradi che innesca il passaggio dalla stagione secca a quella umida. Questo cambiamento è determinato dalla posizione rispetto al Sole durante le stagioni. Nell'inverno dell'emisfero settentrionale, il fulcro dell'energia solare è sull'e-

misfero meridionale. Ciò provoca un vento prevalente sull'India da nord-est, portando aria secca da tutta la massa continentale asiatica. Il contrasto nel riscaldamento tra la terra e l'oceano provoca un gradiente di pressione che spinge i venti da sud-ovest in tutta l'India. Questa massa d'aria viaggia verso nord dall'Oceano Indiano, raccogliendo l'umidità mentre procede. Le piogge iniziano in genere a giugno - la data ufficiale di inizio della stagione dei monsoni è il primo giugno - spostandosi a nord attraverso l'India. Le piogge continuano fino a quando il monzone inizia a ritirarsi dal nord dell'India entro la fine di agosto, poiché la forza e la durata dell'irraggiamento solare estivo diminuiscono. Le piogge poi cessano per la maggior parte del paese fino a settembre e ottobre. Il gradiente di pressione tra l'Oceano Indiano e il continente asiatico determina la forza del monzone asiatico. Con le aree terrestri che si riscaldano più velocemente degli oceani, un rafforzamento di questo gradiente di pressione e del monzone stesso «può essere previsto sotto il **riscaldamento globale**», afferma il rapporto IPCC relativo all'aumento globale delle temperature di 1.5 °C. Inoltre, poiché un'atmosfera più calda può trattenere più umidità, ciò può anche comportare «un modesto aumento delle precipitazioni». Tuttavia, uno studio pubblicato su *Nature Climate Change* condotto da Turner et al. (2012) si conclude che «l'evidenza di tali tendenze nelle osservazioni non è convincente». Mentre il record osservato per la forza del monzone indiano mostra molta variabilità, i dati suggeriscono una tendenza negativa dal 1950. Ciò equivale a un calo delle precipitazioni di circa il 10% nell'India centrale, aggiunge lo studio.

Una potenziale causa potrebbe essere l'**inquinamento atmosferico**, dall'India stessa. Un fattore significativo nel mantenimento del monzone è il calore rilasciato quando il vapore acqueo che contiene si condensa per formare la pioggia. Studi paleoclimatici, utilizzando ricostruzioni delle condizioni passate, suggeriscono che in passato si sono verificati spostamenti verso uno stato monsonico di bassa piovosità in risposta ai cambiamenti nella quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre. Ad esempio, nell'ultima era glaciale e durante periodi freddi più recenti come la Piccola era glaciale.

Il rapporto dell'IPCC relativo agli 1,5 °C conclude che c'è una "bassa confidenza" in qualsiasi cambiamento previsto nel monzone indiano con un riscaldamento di 1,5-2 °C, ma che è "probabile" l'aumento dell'intensità delle piogge monsoniche in un mondo più caldo di 3 °C. Per il quinto rapporto di valutazione dell'IPCC ("AR5") del 2013 e successivi, tutti i modelli valutati «prevedono un aumento delle precipitazioni medie, così come la variabilità interannuale e i suoi estremi [del monzone]». Nell'ultimo riepilogo AR5 per i responsabili politici si legge: «A livello globale, è probabile che l'area coperta dai sistemi monsonici aumenterà nel corso del XXI secolo. Mentre è probabile che i venti monsonici si indeboliranno, è probabile che le precipitazioni monsoniche si intensificheranno a causa dell'aumento dell'umidità atmosferica. È probabile che le date di inizio dei monsoni diventino anteriori o non cambieranno molto, mentre le date di ritiro dei monsoni saranno probabilmente ritardate, con conseguente allungamento della stagione dei monsoni in molte regioni».

Bibliografia

- Levermann, Anders, et al. "Basic mechanism for abrupt monsoon transitions." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106.49 (2009).
- IPCC (2018) "Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C approved by governments".

- Knopf, B., M. Flechsig, and K. Zickfeld. "Multi-parameter uncertainty analysis of a bifurcation point." (2006).
- Schewe, J., A. Levermann, and H. Cheng. "A critical humidity threshold for monsoon transitions, *Clim. Past*, 8, 535-544." (2012).
- Turner, Andrew G., and Hariharasubramanian Annamalai. "Climate change and the South Asian summer monsoon." *Nature Climate Change* 2.8 (2012): 587-595.
- Zickfeld, Kirsten, et al. "Is the Indian summer monsoon stable

/Spostamento del regime monsonico dell'Africa occidentale/West African Monsoon Shift

ambito disciplinare
ambientale

autore
Tommaso Orusa

Il termine monzone, nella sua accezione più stretta, si riferisce all'inversione stagionale dei venti e alle precipitazioni che l'accompagnano. Insieme all'India, l'Africa occidentale è uno dei pochi posti sulla Terra in cui ciò accade. Il monzone dell'Africa occidentale (WAM) porta piogge in Africa occidentale e nel Sahel, una fascia di praterie semi-aride racchiusa tra il deserto del Sahara a nord e le foreste pluviali tropicali a sud. Il Sahel si estende dalla costa atlantica della Mauritania e del Senegal fino al Sudan, all'Eritrea e al Mar Rosso. Il WAM è una caratteristica dell'estate dell'emisfero settentrionale. La stagione secca dell'Africa occidentale, che va approssimativamente da novembre a maggio, vede prevalenti i venti secchi e polverosi che provengono dal deserto. Quando tale fenomeno si inverte, la bassa pressione sul Sahara spinge i venti dall'entroterra sud-occidentale e quelli sono venti umidi perché provengono dall'oceano. L'umidità che i venti portano nella regione fa parte della *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ), un'enorme cintura di bassa pressione che circonda la Terra vicino all'equatore. In definitiva, il monzone è guidato dall'insolazione, poiché l'ITCZ vaga da nord a sud attraverso i tropici ogni anno, seguendo approssimativamente la posizione del Sole attraverso le stagioni. Il Sahel segna la posizione più settentrionale dell'ITCZ e il monzone porta la pioggia nella regione da giugno a settembre.

Ma il monzone dell'Africa occidentale è notoriamente inaffidabile. Tra la fine degli anni '60 e gli anni '80 del secolo scorso, la mancanza di pioggia ha colpito gran parte del Sahel, con una diminuzione media delle precipitazioni di oltre il 30% sulla maggior parte della regione rispetto agli anni '50. Ciò ha portato nella regione una prolungata **siccità**, contribuendo a una carestia che ha ucciso decine di migliaia di persone e innescando una forte instabilità geopolitica, ondate di **migrazione** e uno sforzo di sostegno da parte della comunità internazionale.

Per tale ragione è considerato un **tipping point**. Nel 2003, un intenso lavoro di ricerca apparso sulla rivista *Science* di Alessandra Giannini e il suo team ha messo in luce che la causa della siccità risiede principalmente nel riscaldamento della temperatura superficiale del mare (*Sea Surface temperature* – SST) in Africa, e non della **desertificazione** provocata dalla pressione sempre più significativa sulle risorse idriche da parte degli agricoltori e dall'**aumento demografico**. Sono le temperature oceaniche calde che hanno ridotto il contrasto di temperatura tra il continente e le acque più fresche circostanti. Ciò ha provocato lo spostamento delle piogge monsoniche verso sud lontano dal Sahel, provocando siccità in quest'area. L'effetto è stato rafforzato dal *feedback* clima-vegetazione, dove condizioni più secche hanno visto una minore crescita della vegetazione, una riduzione dell'evapotraspirazione e ancora meno precipitazioni. La teoria suggerisce che un **clima** più caldo potrebbe effettivamente portare più precipitazioni nel Sahel. Poiché la terra si riscalda più velocemente dell'acqua, l'aumento delle temperature globali potrebbe rafforzare il contrasto terra-mare, il che aiuterebbe a guidare il WAM verso nord ogni anno. Ciò potrebbe portare più pioggia nel Sahel e, forse, vedere la vegetazione tornare in alcune parti meridionali del Sahara. Vi sono prove di cambiamenti simili nel lontano passato della Terra. Per esempio, durante il periodo umido africano (*African Humid Period* – AHP, circa 11.000-5.000 anni fa), le oscillazioni naturali nell'orbita terrestre attorno al Sole hanno visto il WAM rafforzarsi, portando maggiori precipitazioni in Nord Africa. Le prove dei dati paleoclimatici, come i sedimenti lacustri, suggeriscono che la regione era ampiamente ricoperta di vegetazione e laghi di acqua dolce profondi durante questo periodo. Nelle proiezioni future condotte su modelli in condizioni con scenari di forte riscaldamento, la risposta del Sahara sarà molto più debole di quanto non fosse il

cambiamento nell'insolazione diverse migliaia di anni fa. A oggi le proiezioni sembrano suggerire uno spostamento della zona del Sahel (e del suo clima tipico che siamo soliti osservare) a nord. Più in generale, le proiezioni di diversi **modelli climatici** hanno suggerito un futuro più secco che più umido per il Sahel, in un clima che cambia e con un "punto critico" di svolta potenzialmente intorno ai 3 °C di riscaldamento localizzato nel Golfo di Guinea. Il rapporto speciale dell'IPCC sullo scenario di riscaldamento globale di 1.5 °C conclude che vi è scarsa fiducia [bassa confidenza] nelle proiezioni di un «rafforzamento dei monsoni e dell'umidificazione e dell'inverdimento del Sahel e del Sahara». Rileva inoltre che per tale area vi sono "cambiamenti incerti" associati a un mondo più caldo di 1,5 °C o 2 °C, ed è "improbabile" che si raggiunga un punto critico entro questi livelli di riscaldamento della temperatura.

Bibliografia

- Demenocal, Peter, et al. "Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing." *Quaternary science reviews* 19.1-5 (2000): 347-361.
- Giannini, Alessandra, R. Saravanan, and Ping Chang. "Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales." *Science* 302.5647 (2003): 1027-1030.
- Yoshimori, Masakazu, and Anthony J. Broccoli. "Equilibrium response of an atmosphere-mixed layer ocean model to different radiative forcing agents: Global and zonal mean response." *Journal of Climate* 21.17 (2008): 4399-4423.
- Masson-Delmotte, Valérie, et al. "Global warming of 1.5 C." An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1 (2018).
- Raj, Jerry, Hamza Kunhu Bangalath, and Georgiy Stenchikov. "West African Monsoon: current state and future projections in a high-resolution AGCM." *Climate dynamics* 52.11 (2019): 6441-6461.
- Rowell, David P., et al. "Variability of summer rainfall over tropical North Africa (1906–92): Observations and modelling." *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 121.523 (1995): 669-704.

/Stazione meteorologica/ Weather Station

ambito disciplinare
fisico

autore
Claudio Cassardo

Una **stazione meteorologica** è una struttura dotata di strumenti per misurare le condizioni atmosferiche. La strumentazione tradizionale include:

- un termometro per la misurazione della temperatura dell'aria;
- un barometro per la misurazione della pressione atmosferica;
- un igrometro per misurare l'umidità dell'aria;
- un anemometro per misurare la velocità e la direzione del vento (per la direzione si può disporre di una banderuola);
- un pluviometro per misurare la precipitazione; ed eventualmente
- un piranometro per la misurazione della radiazione solare.

A tali strumenti possono essere aggiunti ulteriori sensori per misurare parametri fisici ausiliari, come visibilità, nuvolosità, quota della base delle nubi, la bagnatura fogliare, temperatura e umidità nel terreno, la radiazione netta, etc. L'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) prescrive che:

- i sensori per la misurazione del vento debbano essere installati a 10 metri di altezza dal suolo, in cima a un palo posizionato a una distanza di 100 metri dai più vicini ostacoli che potrebbero perturbarne il flusso;
- tutte le altre misure debbono essere effettuate a un'altezza compresa tra 1,5 e 2 metri di altezza dal suolo, che deve essere inerbato;
- le misurazioni della temperatura e dell'umidità debbono essere eseguite al riparo dalla radiazione solare diretta o dall'insolazione. Per soddisfare quest'ultimo requisito, di solito i termometri e gli igrometri sono alloggiati all'interno di una capannina ventilata (*Stevenson screen*) o al riparo di una pagodina.

Nel mondo sono presenti alcune reti che raccolgono i dati delle misure e li trasmettono al WMO: tra esse si ricorda la rete delle stazioni meteorologiche sinottiche, che acquisiscono dati ogni tre ore. Per quanto riguarda l'utilizzo dei dati meteorologici per scopi climatologici, le informazioni sul **clima** di una data località non possono prescindere dalla disponibilità di serie di dati a lungo termine per parametri meteorologici come temperatura, umidità, vento, precipitazioni, ecc.

Pertanto, è necessario poter disporre di serie storiche omogenee il più lunghe possibile. L'omogeneità di una serie dipende da molti fattori, in quanto l'andamento climatico può facilmente essere alterato dal cambio di sensore, o del luogo di posizionamento dello stesso, o delle caratteristiche del sito o del luogo di acquisizione, o ancora da diverse caratteristiche urbanistiche (per esempio, luoghi un tempo in piena periferia possono esser stati inglobati in contesti urbani, più cementificati e quindi con caratteristiche fisiche differenti).

Se è vero che esistono strumenti statistici in grado di valutare l'omogeneità di una serie di misure, è altrettanto vero che una descrizione dettagliata delle caratteristiche del sito nel tempo (i cosiddetti "metadati", che completano con le loro informazioni il dato stesso) può aiutare a ricostruire le modifiche intercorse. Inoltre, se in occasione delle modifiche sono stati acquisiti dati contemporaneamente (per esempio con il vecchio e nuovo sensore, o nel vecchio e nel nuovo sito) per un opportuno intervallo temporale, è possibile ricalibrare i dati stessi.

Bibliografia

- Campbell, Dwayne. "Weather station." U.S. Patent No. 7,171,308. 30 Jan. 2007.
- Ashraf, Muhammad, Jim C. Loftis, and K. G. Hubbard. "Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks." *Agricultural and forest meteorology* 84.3-4 (1997): 255-271.
- Baer, John S., Stephen K. Bohrer, and Michael A. Vietti. "Wireless weather station." U.S. Patent No. 5,920,827. 6 Jul. 1999.
- Chan, Raymond. "Weather station." U.S. Patent No. 7,088,221. 8 Aug. 2006.
- Grigioni, Paolo, et al. "La rete di stazioni meteorologiche dell'Osservatorio Meteo-Climatologico in Antartide". ENEA, 2016.
- Mendelsohn, Robert, et al. "Climate analysis with satellite versus weather station data." *Climatic Change* 81.1 (2007): 71-83.
- Woo, Ming-ko, et al. "Comparison of weather station snowfall with winter snow accumulation in High Arctic basins." *Atmosphere-Ocean* 21.3 (1983): 312-325.

/Storia sociale del clima/

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padova

Il **clima** non ha solo una storia fisica, ma ha anche una **storia sociale**. Il clima ha sempre influito sulle caratteristiche e sugli eventi sociali. Gli uomini sono figli dell'Era glaciale: solo quando il freddo intenso dell'ultima glaciazione cominciò a stemperarsi, oltre 10.000 anni fa, apparve la coltivazione e, con questa, l'urbanizzazione e l'inizio della storia. Può apparire paradossale, ma è stato il riscaldamento del clima ad averci creato. Nel corso di tutta la storia umana il clima non è certo rimasto stabile e i suoi effetti sulle culture sono stati enormi. Non si può prescindere dalle condizioni climatiche nello studio delle civiltà, dei popoli, delle guerre, delle **migrazioni**, delle carestie, delle religioni e persino dell'arte e della letteratura.

Diventa sempre più chiaro che il clima della Terra è parte integrante e motore inconsapevole dello sviluppo storico, politico e culturale dell'uomo. Per esempio, vi è un certo recente interesse per la cosiddetta "Piccola era glaciale" - il cui inizio è ancora in

discussione fra gli studiosi del clima - e le sue conseguenze sociali, economiche e culturali, come per esempio la ricerca di capri espiatori come la caccia alle streghe o il susseguirsi delle rivolte contadine dovute a un drastico calo di fertilità dei terreni agricoli, fino alla comparsa della Riforma protestante. In ogni caso, possiamo affermare che il **cambiamento climatico** è un fenomeno storico totale in senso braudeliano (*dal nome dello storico francese Fernand Paul Achille Braudel - N.d.C.*), che legittima di per sé la storia del clima come una branca speciale delle discipline storiche. La storia sociale del clima non studia il clima in sé, ma le storie degli agenti sociali così come sono state influenzate, manipolate, distorte dai cambiamenti climatici della loro epoca. In questo modo è possibile rendere i cambiamenti climatici pienamente parte della storia, sia nella sua dimensione naturale che nella società. Di qui l'interesse per concetti come tempo, progresso e declino; la storia sociale del clima non fa altro che incrociare i cambiamenti climatici con problemi e contesti del più ampio tessuto delle storie intellettuali, politiche e sociali.

Bibliografia

- Behringer, Wolfgang, "Storia culturale del clima: Dall'Era glaciale al Riscaldamento globale", Bollati Boringhieri, Torino, 2013.
- Blom Philipp, "Il primo inverno", Marsilio, Venezia, 2018.
- Carey, Mark. "Climate and history: a critical review of historical climatology and climate change historiography." Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change 3.3 (2012): 233-249.
- Zillman, John W. "A history of climate activities." World Meteorological Organization (WMO) Bulletin 58.3 (2009): 141.

/Strategia della sufficienza/ Sufficiency Strategy

ambito disciplinare
sociologico

autore
Osman Arrobbio

La "**strategia della sufficienza**" consiste dell'insieme di misure, azioni e politiche che mirano a ridurre il **consumo** di risorse attraverso la riduzione della quantità di beni e servizi necessari a soddisfare bisogni specifici, o il più generale bisogno di benessere.

La strategia deriva il suo nome dal "principio di sufficienza". Si definisca la sufficienza come l'area di estensione relativamente limitata situata lungo una scala, tra la più estesa area della "insufficienza" e quella, potenzialmente estensibile quasi all'infinito, del "troppo" (o "superfluo", o "eccesso").

Una volta oltrepassato il livello di sufficienza nel godimento di un bene o servizio, bastevole a soddisfare il bisogno che lo ha generato, livelli superiori di utilizzo o consumo portano velocemente a raggiungere il "troppo". Gli esiti dello sconfinamen-

Insufficienza

Sufficienza

Troppo

to (o irruzione) in tale zona si manifestano in diversi modi, che variano in base all'attività a cui esso si riferisce e in funzione della sua entità e durata. Fra i vari esempi è possibile citare l'indigestione, gli ingorghi, lo spossamento fisico e mentale, la riduzione del benessere e l'esaurimento delle risorse e del depauperamento degli ecosistemi.

Le peculiarità della strategia della sufficienza risultano maggiormente evidenti se confrontate con quelle della "strategia dell'efficienza" e della conservazione delle risorse.

La prima consiste dell'insieme di misure, azioni e politiche che mirano a incrementare l'efficienza, ovvero a ridurre la quantità di risorse necessarie per unità di bene prodotto/consumato o di servizio erogato/usufruito. La strategia dell'efficienza non mette in discussione l'idea che dosi aggiuntive di beni e servizi siano sempre preferibili a loro quantità stabili o ridotte; ciò, il più delle volte, contribuisce a indebolire o annullare il potenziale di riduzione del consumo di risorse che gli incrementi di efficienza, in teoria, permetterebbero (vedi la voce "**Effetto rimbalzo**").

La seconda ("strategia della conservazione"), così come quella della sufficienza ma diversamente da quella dell'efficienza, mira direttamente a ridurre il consumo di risorse. Per questo motivo si può ritenere la strategia della sufficienza una componente di quella della conservazione. Quest'ultima, però, non è specificamente diretta ad agire sui processi regolano l'apparizione del bisogno di beni e servizi.

La strategia della sufficienza porta quindi a incrementare l'utilità ricavata da ogni bene/servizio e, allo stesso tempo, a incrementare la disutilità attesa per ogni bene/servizio aggiuntivo.

Tradotto in termini di comportamenti, sufficienza significa astensione volontaria (non dovuta alla mancanza di potere di acquisto), totale o parziale, dal consumo di beni e servizi.

Bibliografia

- Herman E. Daly "Steady-State Economics: With New Essays", Island Press, Washington 1991. (Traduzione italiana della prima versione: Lo stato stazionario: l'economia dell'equilibrio biofisico e della crescita morale, Sansoni, Firenze, 1981).
- Thomas PRINCEN, "The Logic of Sufficiency", MIT press, Cambridge (MA) e Londra, 2005.

1/Strategia Europa 2020/ European Strategy 2020

ambito disciplinare
geografico
politico

autori
Marco Bagliani
Antonella Pietta

Sulla base delle **politiche di mitigazione** fissate a scala globale, nel 2008 l'Unione Europea è stata la prima regione al mondo ad adottare norme vincolanti per il raggiungimento degli obiettivi in materia di **energia e clima**, fissando il 2020 quale prima scadenza. L'impostazione data dall'UE riprende quella del **Protocollo di Kyoto**, con l'individuazione di obiettivi comuni e vincolanti a livello sovra-nazionale, dai quali derivano gli obblighi per i paesi membri.

La **Strategia globale Europa 2020** pone la lotta ai **cambiamenti climatici**, legata all'energia, come uno dei cinque temi

principali, insieme a occupazione, ricerca e sviluppo, istruzione, povertà ed esclusione sociale. Lo scopo finale di questa Strategia è di favorire una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, in grado di migliorare la competitività e la produttività dell'economia europea e favorire l'affermarsi di un sistema di mercato sostenibile. La Strategia Europa 2020 viene utilizzata per indirizzare le attività a livello nazionale e da essa deriva il quadro regolamentare noto come pacchetto "Clima ed energia" del 2009, il cui obiettivo è orientare le politiche in materia di energia e clima con scadenza il 2020.

Il pacchetto si articola attorno a tre obiettivi strategici: ridurre le emissioni di **gas serra**, innalzare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico, sostenere crescita, competitività e occupazione. A questi tre obiettivi strategici sono legati tre obiettivi specifici:

- riduzione del 20% delle emissioni dei gas serra rispetto ai livelli del 1990;
- incremento al 20% di energia da fonti rinnovabili sul consumo energetico della UE, con obiettivi distinti per i vari stati membri;
- riduzione del 20% del consumo energetico rispetto alle proiezioni.

A differenza dei primi due, l'ultimo è un obiettivo non vincolante e, di conseguenza, indirizzare la domanda verso tali tecnologie risulta più difficoltoso.

Sono anche previsti, sempre con scadenza 2020, obiettivi specifici che riguardano il settore dei trasporti e puntano a incrementare l'utilizzo di energia rinnovabile al 10% e la **decarbonizzazione** dei combustibili al 6%.

Dato che gli obiettivi legati al clima e all'energia hanno impatti differenti nei vari stati membri, le norme del pacchetto in oggetto tengono conto dei vari mix energetici e dei relativi consumi, delle risorse rinnovabili utilizzabili, della situazione economica, della struttura sociale e della capacità di risposta degli stati membri, fissando obiettivi che riflettono i diversi punti di partenza di ciascun paese e le loro potenzialità.

Il quadro regolamentare così predisposto favorisce inoltre la creazione di un mercato unico dell'energia maggiormente aperto, integrato, competitivo, volto a promuovere la sicurezza degli approvvigionamenti energetici mediante la creazione di un'economia a bassa intensità di carbonio, efficiente nell'uso delle risorse e resiliente ai cambiamenti climatici, puntando a migliorare la competitività dell'Europa e a creare nuovi posti di lavoro più "verdi" (CE, 2013).

Bibliografia

- CE, 2013, *Libro Verde*. "Un quadro per le politiche dell'energia e del clima all'orizzonte 2030", COM(2013) 169.

/Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC) e Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)/

ambito disciplinare
politico
ambientale

autori
Alessandra Pollo
Antonella Pietta
Marco Bagliani

Partendo dagli elementi messi a punto nella Strategia europea di adattamento ai cambiamenti climatici del 2013, l'Italia ha approvato, con il Decreto Direttoriale n.86 del 16 giugno 2015, la **Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC)**, che rappresenta il primo documento di riferimento a livello nazionale riguardante le politiche e le azioni di **adattamento** ai cambiamenti climatici (MATTM, 2015).

Innanzitutto, la Strategia individua i principali **impatti** e **vulnerabilità** settoriali, prendendo in considerazione le risorse ambientali e i settori socio-economici ritenuti rilevanti a livello nazionale. La SNAC avanza, poi, delle proposte preliminari di azioni di adattamento a tali impatti. I settori considerati sono: "Risorse idriche", "**Desertificazione**, degrado del territorio e **siccità**", "Dissesto idrogeologico", "**Biodiversità** ed ecosistemi", "Salute", "Foreste", "Agricoltura, pesca e acquacoltura", "**Energia**", "Zone costiere", "**Turismo**", "Insediamenti urbani" e "Infrastruttura critica".

Gli obiettivi della Strategia sono principalmente contenere la vulnerabilità dei sistemi sociali, naturali ed economici, aumentarne la capacità di adattamento, coordinando al meglio le azioni. Parallelamente, la SNAC si sofferma anche sulle possibilità di trarre vantaggio dalle eventuali opportunità create dalle nuove condizioni climatiche. Insieme ai relativi documenti tecnico-scientifici di supporto, la Strategia pone dunque le basi per la definizione di successive misure di adattamento sul territorio italiano utili ad autorità competenti e decisori politici. La realizzazione della Strategia ha visto il coinvolgimento del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), della comunità scientifica e accademica, delle regioni e di altri *stakeholder*, in particolare i rappresentanti dei diversi settori economici.

Per rendere operativi e dare piena applicazione ai principi e agli obiettivi individuati nella SNAC, è attualmente in fase di definizione il **Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)** (MATTM, 2018). Tale Piano è stato oggetto di una prima consultazione pubblica nel 2017, per condividerne il contenuto con i cittadini e di una seconda, nel 2018, con le Regioni, tramite lo strumento della Conferenza

Stato-Regioni. Le sezioni principali del Piano sono quattro:

1. *Analisi di contesto, scenari climatici e vulnerabilità climatica.* Il PNACC individua delle porzioni omogenee del territorio italiano rispetto al **clima** attuale, per le quali si prevede possano subire effetti simili a causa della **variazione climatica** futura. In questo modo, sono determinate delle aree di riferimento per le successive valutazioni di vulnerabilità, impatti e **rischio**. Queste analisi hanno un approccio *sector-based*, riproponendo l'organizzazione per settori considerata della SNAC.

2. *Azioni di adattamento.* Il PNACC individua un insieme di azioni settoriali in relazione agli impatti attesi, definendo le potenziali risorse economiche necessarie, le possibili fonti di finanziamento e i soggetti coinvolgibili per attuarle. Sono state avanzate 361 azioni di adattamento, partendo dalle proposte della SNAC, avvalendosi del giudizio di esperti e analizzando buone pratiche e normative settoriali.

3. *Strumenti per la partecipazione, il monitoraggio e la valutazione.* La costruzione e l'attuazione del Piano si basano su un processo partecipato: sono perciò stati individuati strumenti che favoriscono il

coinvolgimento dei soggetti interessati. Il PNACC specifica, inoltre, i criteri utili a definire gli indicatori di efficacia delle azioni adattative e a valutarne gli effetti.

4. *Indirizzi e criteri per l'attuazione e guida all'utilizzo.* Al fine di implementare e attuare il Piano, è stato suggerito un percorso da seguire a livello locale per facilitare gli enti territoriali.

Il PNACC non presenta un carattere cogente e non si pone gerarchicamente al di sopra di altri strumenti di pianificazione, ma offre elementi utili e non vincolanti per la pianificazione nazionale, regionale e locale sia per quanto riguarda l'adattamento al cambiamento climatico (ad es. strategie regionali di adattamento), sia di carattere territoriale settoriale (piani energetici, di trasporto, urbanistici, ecc.).

Bibliografia

- Bagliani M., Pietta A., Bonati S., "Il cambiamento climatico in prospettiva geografica. Aspetti fisici, impatti, politiche" Bologna, Il Mulino, 2019.
- MATTM, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2015.
- MATTM, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici, 2018. press, Cambridge (MA) e Londra, 2005.

/Sustainable Development Goal 13 (SDG13 climate Action)/ Obiettivo di sviluppo sostenibile 13 (lotta al cambiamento climatico)

ambito disciplinare
governance

autrici
Micol Maggolini
Nadia Tecco

Il **Sustainable Development Goal 13** dell'**Agenda 2030** dell'ONU promuove la lotta ai **cambiamenti climatici** e si articola in *target*.

- Rafforzare in tutti i paesi la capacità di ripresa e di **adattamento** ai rischi legati al **clima** e ai **disastri** naturali.

- Integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazioni nazionali.
- Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale per quanto riguarda la **mitigazione** del cambiamento climatico, l'adattamento, la riduzione dell'impatto e l'allerta tempestiva.
- Rendere effettivo l'impegno assunto dai partiti dei paesi sviluppati verso la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul cambiamento climatico, che prevede la mobilitazione - entro il 2020 - di 100 miliardi di \$ (dollari americani) all'anno, provenienti da tutti i paesi aderenti all'impegno preso, da indirizzare ai bisogni dei paesi in via di sviluppo, in un contesto di azioni di mitigazione significative e di trasparenza nell'implementazione, e al fine di rendere pienamente operativo il Fondo verde per il clima, attraverso la sua capitalizzazione.
- Promuovere meccanismi per aumentare la capacità effettiva di pianificazione e gestione di interventi inerenti ai cambiamenti climatici nei paesi meno sviluppati, nei piccoli stati insulari in via di sviluppo, con particolare attenzione a donne e giovani e alle comunità locali e marginali.

Di seguito si sintetizzano le azioni realizzate dall'Italia in relazione a ciascun *target*.

Rispetto al 1° *target* l'Italia avvia nel 2016 l'elaborazione del **Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)** per armonizzare le iniziative locali di adattamento. Esso descrive le aree climatiche omogenee, valuta **vulnerabilità** e **impatti**, identifica azioni integrate di adattamento e individua le priorità, indica strumenti di *governance* multilivello, monitoraggio e valutazione. Riguardo al 2° *target* il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima del 2020 stabilisce gli obiettivi nazionali al 2030 per **efficienza energetica, fonti rinnovabili** e riduzione delle

emissioni di CO₂, nonché i *target* per sicurezza energetica, mercato unico dell'energia, sviluppo e **mobilità sostenibili**; misure per rispettare l'**Accordo di Parigi** e la transizione verso un'economia a impatto climatico zero entro il 2050. Le linee di intervento - decarbonizzazione, efficienza, sicurezza energetica, sviluppo del mercato interno dell'**energia**, ricerca, innovazione e competitività - dovrebbero consentire di diminuire del 56% le emissioni della grande industria, del 35% di terziario e trasporti e portare al 30% la quota di energia rinnovabile.

Nel 2019 la Camera dei Deputati impegna il Governo a dichiarare l'emergenza climatica e quindi a rafforzare il Piano Energia e Clima, ridurre i sussidi dannosi per l'ambiente, attuare un piano di messa in sicurezza del territorio, mitigazione del rischio e adattamento.

Sono poi previsti l'accelerazione della **transizione energetica**, la riduzione delle emissioni di CO₂, il sostegno alla conversione ecologica e a forme di mobilità e produzione industriale eco-sostenibili, la promozione dell'**economia circolare**, lo sviluppo della filiera agricola convenzionale e biologica; l'inserimento dello **sviluppo sostenibile** in Costituzione e l'attuazione della Strategia Nazionale per lo sviluppo sostenibile; il sostegno in Europa della *carbon neutrality* entro il 2050.

Il Decreto clima del 2019 definisce misure per una strategia nazionale di contrasto ai cambiamenti climatici e per il miglioramento della qualità dell'aria con incentivi per rottamare veicoli inquinanti e acquistare abbonamenti al trasporto pubblico e ai servizi di mobilità condivisa; contributi economici per esercenti che vendono prodotti sfusi; finanziamenti ai Comuni per potenziare il trasporto pubblico e scolastico, creare foreste urbane, acquistare eco-compattatori per ridurre il volume dei rifiuti plastici.

Rispetto al 3° *target* le università offrono seminari e corsi tematici, anche grazie alla Rete delle Università per lo Sviluppo sostenibile (RUS), alla Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI) e all'Alleanza Italiana per lo

Sviluppo Sostenibile (ASviS). Inoltre la Legge 92/2019 prevede, nelle lezioni di educazione civica nelle scuole, lo studio dell'Agenda 2030, l'educazione eco-ambientale e lo sviluppo eco-sostenibile. Inoltre associazioni ambientaliste e movimenti (vedi anche la voce **"Movimenti per il clima"**), come *Fridays For Future* ed *Extinction Rebellion*, coinvolgono migliaia di persone in campagne di sensibilizzazione. Per il 4° target nel 2019 il contributo annuo italiano per il Fondo verde per il clima dell'ONU per aiutare i paesi in via di sviluppo a ridurre le emissioni CO₂ e adattarsi agli impatti dei cambiamenti climatici è di \$ 267 milioni.

Bibliografia

- Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile (2019) "L'Italia e gli obiettivi di sviluppo sostenibile". Rapporto ASviS 2019, Editron, Roma
- Alleanza Italiana per lo Sviluppo Sostenibile (2019) "La Legge di Bilancio 2020 e lo sviluppo sostenibile", Editron, Roma
- ISTAT (2020) "Rapporto SDGs 2020. Informazioni statistiche per l'Agenda 2030 in Italia", Istat, Roma

/Sviluppo sostenibile/ Sustainable Development

ambito disciplinare
ambientale
economico
sociologico
governance

autrici
Micol Maggolini
Nadia Tecco

Nonostante sia un concetto molto utilizzato, diventato quasi sinonimo dello sviluppo stesso, non esiste una definizione univoca di **sviluppo sostenibile**. Anzi, si tratta di un concetto dinamico che a partire dalla sua iniziale formalizzazione – avvenuta nella prima conferenza ONU sull'ambiente nel 1972 (con successiva definizione nel rapporto Brundtland del 1987 che lo identifica come lo sviluppo che «consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri» (*World Commission on Environment and Development* - WCED, 1987) e sino alla sua assunzione quale fondamento dell'**Agenda 2030** – ha registrato un'evoluzione significativa e non priva di controversie. Da una visione centrata preminentemente su aspetti ecologici, lo sviluppo sostenibile è gradualmente approdato a un significato più esteso che tiene conto, oltre che della dimensione ambientale, di quella economica e di quella sociale. Diversi modelli concettualizzano lo sviluppo sostenibile e le relazioni tra le sue componenti; tra i più noti citiamo: i "tre pilastri", la "*Triple Bottom Line*", i "tre cerchi" e i "cerchi concentrici". I modelli sono accomunati dalle dimensioni considerate - ambiente, società, economia - e si distinguono per la relazione tra esse, adottando nel tempo una visione sempre più integrata e sistemica (si veda la figura).

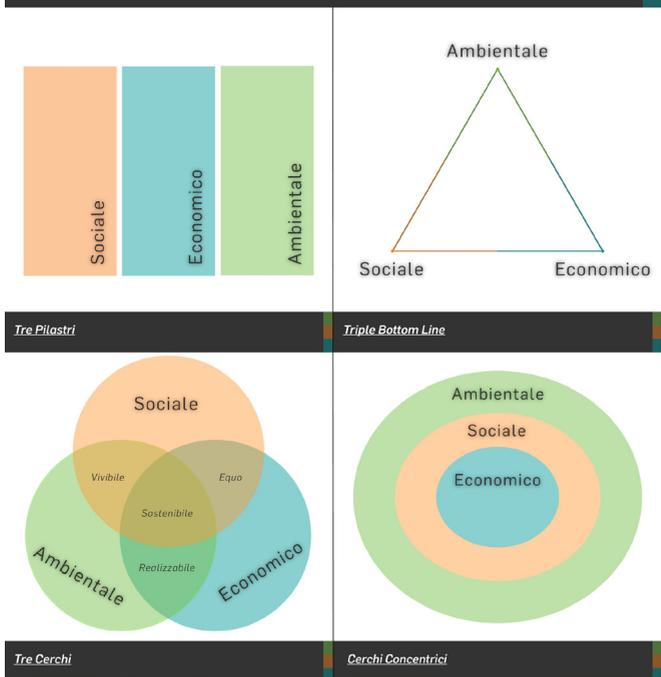
Il modello dei "tre pilastri" delinea la multidimensionalità dello sviluppo sostenibile individuando le tre dimensioni come componenti.

La “Triple Bottom Line” mette in evidenza la loro relazione e il modello dei “tre cerchi” ne enfatizza l’interconnessione, evidenziando gli ambiti di sovrapposizione. Solo le azioni che si posizionano nell’intersezione delle tre dimensioni possono generare uno sviluppo economico compatibile con l’equità sociale e la salute degli ecosistemi. Infine, il modello dei “cerchi concentrici” o della “sostenibilità ecocentrica”, si distingue dai precedenti perché non si fonda sul bilanciamento tra priorità economiche, sociali e ambientali ma introduce un principio gerarchico sottolineando che l’economia si sviluppa all’interno di una società, ma entrambe sono inserite nell’ambiente in una logica secondo cui il sistema economico deve ridurre al minimo l’uso delle risorse, anche con percorsi di **economia circolare**, a favore della conservazione e rigenerazione delle risorse naturali.

La coesistenza di modelli e prospettive divergenti ha favorito la genesi di una pluralità di definizioni (se ne contano più di 300) di sviluppo sostenibile. Non deve, però, sorprendere che non si sia giunti a una definizione univoca poiché le diverse visioni sono espressione dei differenti assunti adottabili in riferimento alla relazione uomo-natura e all’intercambiabilità tra “capitale naturale” e “capitale artificiale”.

Nel primo caso (la relazione uomo-natura) le posizioni si sviluppano lungo un *continuum* che contrappone i sostenitori del conservazionismo prudentiale e i fautori del preservazionismo am-

I Modelli di Sviluppo Sostenibile



Fonte: rielaborazione degli autori da Ramcilovic-Suominen and Pulzi (2018).

bientale. E le posizioni si differenziano ancora tra chi abbraccia un approccio utilitaristico/strumentale dell’ambiente e chi sposa un approccio normativo basato sul riconoscimento di un valore intrinseco ambientale. Invece, relativamente all’intercambiabilità tra capitale naturale e artificiale, le posizioni spaziano lungo un asse che contrappone l’idea che il capitale naturale possa essere sostituito dai prodotti dell’attività umana e pone al centro lo sviluppo della dimensione economica (sostenibilità debole) e la visione secondo cui il capitale artificiale non può sostituire quello naturale che quindi deve essere salvaguardato con misure per tutelare le risorse non rinnovabili e garantire la riproducibilità di quelle rinnovabili, ponendo al centro la dimensione ambientale (sostenibilità forte).

Di fronte a questa pluralità di definizioni è necessario sottolineare la comune natura delle questioni chiave dello sviluppo sostenibile, di cui il **cambiamento climatico** è emblema. Siamo di fronte a sfide caratterizzate da elevati livelli di complessità e incertezza, in continua evoluzione nello spazio e nel tempo, le cui cause sono profondamente radicate nel funzionamento dell’attuale sistema econo-

mico-sociale e la cui soluzione richiede a organizzazioni, collettività e individui di superare la resistenza al cambiamento, intrinseca a ogni processo di trasformazione.

A riguardo il Rapporto Brundtland (WCED, 1987), esso evidenzia che «lo sviluppo sostenibile, lungi dall'essere una definitiva condizione di armonia, è piuttosto processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali».

Bibliografia

- Christen, M., Schmidt, S., 2012. "A Formal Framework for Conceptions of Sustainability – a Theoretical Contribution to the Discourse in Sustainable Development". *Sustain. Dev.* 20, 400–410.
- Lozano, R., 2008. "Envisioning sustainability three-dimensionally". *J.Clean.Prod.* 16, 1838e1846.
- Ramcilovic-Suominen, S., & Pülzl, H. (2018). "Sustainable development – A 'selling point' of the emerging EU bioeconomy policy framework?". *Journal of cleaner production*, 172, 4170-4180.
- WCED (World Commission on Environment and Development), 1987. "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future".



ambito disciplinare
linguistico

autrice
Maria Cristina
Caimotto

Bibliografia

- Alexander, R. J., 2009. "Framing discourse on the environment". New York and Oxon: Routledge.
- Gonella, F., C.M.V.B. Almeida, G. Fiorentino, K. Handayani, F. Spanò, R. Testoni, A. Zucaro, 2019. "Is technology optimism justified? A discussion towards a comprehensive narrative". *Journal of Cleaner Production*, Volume 223, pagine 456-465.
- Krueger, R. e Gibbs D. (a cura di), 2007. "The sustainable development paradox. Urban political economy in the United States and Europe". London and New York: The Guilford Press.

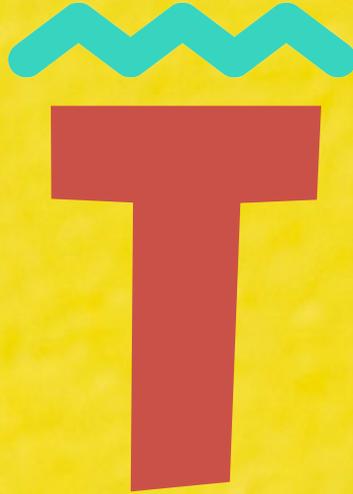
L'idea di uno **sviluppo sostenibile** nasce nel 1987 con il documento noto come il "Rapporto Brundtland" della Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (*World Commission on Environment and Development* - WCED), che lo definisce come «uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri».

Secondo numerosi critici, l'idea è contraddittoria e l'espressione è stata spesso descritta come un ossimoro (Alexander, 2009), poiché è fallimentare pensare di poter conservare il consumo delle risorse entro livelli che ne consentano la rigenerazione senza mettere in discussione l'idea stessa di una continua crescita economica. Di fatto, come spiegano Gonella et al. (2019, 460) «la realtà ci dimostra che la maggior parte delle nuove tecnologie vengono sviluppate per fronteggiare le questioni del **cambiamento climatico** purché allo stesso tempo la crescita economica rimanga immutata e si mantenga a regime».

Swyngendouw (in Krueger e Gibbs, 2007) evidenzia la correlazione tra la mancanza di reazioni davvero efficaci sul piano politico e la diffusione della postpolitica e dei **populismi** ed evidenzia il modo in cui il sistema economico del capitalismo neoliberista sia generalmente assunto come l'unico possibile, cercando soluzioni all'interno del sistema invece di mettere in discussione il sistema stesso.

LESSICO *le*NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico



Il cambiamento climatico è la più grande minaccia alla sicurezza per gli Stati Uniti e la sola più grande minaccia per la civiltà industrializzata a livello globale.



Alexandria Ocasio-Cortez

Politica e attivista.
Ocasio2018 website

/Task Force on Climate Related Financial Disclosure/

ambito disciplinare
economico
finanziario

autori
Laura Corazza
Alberto Bertello

La **Task Force on Climate-related Financial Disclosure** (dove per *disclosure* si intende l'attività di rendere pubbliche le informazioni - in forma abbreviata TCFD), si propone come fine ultimo quello di aiutare le aziende nello sviluppare e migliorare la *disclosure* volontaria relativa alle proprie performance aziendali che possano avere un impatto sulla sostenibilità, e in particolare, sui **cambiamenti climatici**.

La TCFD si costituisce come iniziativa volontaria di stampo aziendale che nasce grazie all'impulso ricevuto dal *Financial Stability Board* (FSB) che nell'Aprile 2015, durante il G20, chiarisce come il sistema finanziario mondiale non possa esimersi dal considerare l'impatto che i cambiamenti climatici potranno esercitare in futuro sul funzionamento del sistema e sulle sue performance.

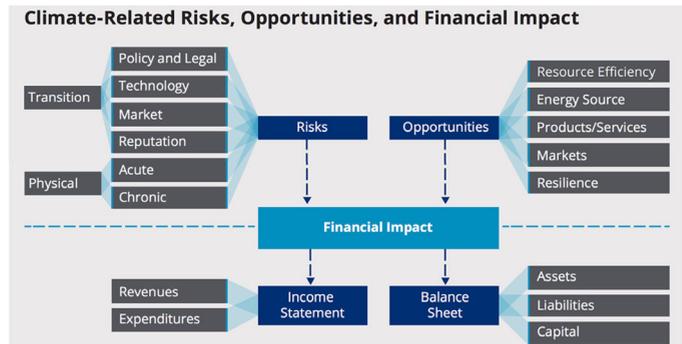
All'interno della TCFD partecipano aziende in rappresentanza di diversi settori economici, soprattutto multinazionali. La TCFD pubblica delle Raccomandazioni, che in quanto tali, non sono cogenti e rientrano tra i documenti che un'azienda può consultare quando rendiconta le proprie strategie e impatti in termini di sostenibilità. Diversamente da altre linee guida per la rendicontazione di sostenibilità, gli interlocutori di queste Raccomandazioni sono principalmente le aziende che operano o sono quotate su mercati finanziari. Infatti, i principali *stakeholder* (ovvero i soggetti attivamente coinvolti, i "portatori d'interesse") e utilizzatori di queste *disclosure*, sono gli investitori, assicuratori e tutti coloro che operano sui mercati finanziari. Conseguentemente il contenuto delle informazioni richieste è principalmente orientato verso le esigenze informative dei mercati finanziari e degli investitori stessi, circa le strategie, rischi, impatti e opportunità a cui una determinata azienda sarà soggetta nel prossimo futuro. Queste Raccomandazioni sono state elaborate per essere in linea con altre linee guida internazionali e sono formulate garantendo alcuni principi base quali produrre informazioni coerenti, comparabili, affidabili, chiare, tempestive, utili per gli *stakeholder* di natura principalmente finanziaria.

La TCFD pubblica annualmente, ossia nel mese di Giugno di ogni anno, un monitoraggio circa lo stato di applicazione delle sue raccomandazioni all'interno dei **report di sostenibilità**

delle aziende. Brevemente, queste raccomandazioni cercano di migliorare la comunicazione delle informazioni in merito alla relazione tra cambiamenti climatici e: governo, strategia, gestione dei rischi, e metriche e obiettivi.

Per divulgare informazioni sul governo, si intende spiegare come a livello organizzativo e di *governance* aziendale vengano affrontati i rischi e le opportunità derivanti dai cambiamenti climatici. Per strategie, si intendono invece sia strategie aziendali che di tipo finanziario e di investimenti che possono essere soggetti a potenziali impatti derivanti dai rischi e delle opportunità connesse al **clima**. Infine occorre comunicare come l'organizzazione identifica, valuta e gestisce i rischi connessi ai cambiamenti climatici, e come monitora e misura i propri **impatti**, nonché come si propone obiettivi di miglioramento di breve e di lungo periodo.

In merito ai rischi, si possono individuare due categorie: (i) rischi fisici e (ii) **rischi di transizione**. I rischi fisici (i) si dividono in rischi acuti e rischi cronici, mentre i rischi di transizione (ii) comprendono rischi politici e legali, rischi tecnologici, rischi di mercato e rischi reputazionali. Secondo l'ultimo Rapporto disponibile, risalente a Giugno 2019, si evince che la *disclosure* da parte delle aziende delle informazioni finanziarie relativa al cambiamento climatico è aumentata costantemente dal



Tale raffigurazione rappresenta una concettualizzazione delle raccomandazioni previste dalla TCFD. La parte superiore evidenzia la presenza di rischi e di opportunità connesse ai cambiamenti climatici, la parte sottostante suggerisce come questi rischi e opportunità si possano trasformare in impatti di natura economico-finanziaria sul bilancio delle aziende.

Fonte: Task Force on Climate-related Financial Disclosures. (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures.

2016, ma secondo gli investitori non è ancora sufficiente. Gli investitori reclamano maggiori informazioni relative all'impatto che i cambiamenti climatici avranno sui patrimoni delle aziende. Spesso infatti le aziende dichiarano solo parzialmente le analisi compiute. Ad esempio, si ricorre spesso all'analisi per scenari come metodologia privilegiata, ma essa viene solo menzionata e non ne vengono realmente discussi i risultati. L'analisi per scenari permette a un'azienda di sviluppare delle strategie di **mitigazione** e **adattamento** ai cambiamenti climatici, basata su rischi che essa ha identificato precedentemente.

Secondo il report del 2019, i risultati derivanti da tali analisi non vengono resi pubblici. L'investitore "attento", al contrario, è molto interessato alle strategie aziendali e pertanto la *disclosure* di queste informazioni sarà sempre più importante per veicolare le scelte d'investimento. Di conseguenza, la *disclosure* dei rischi e delle strategie a livello avanzato, richiede il coinvolgimento organizzativo di diverse funzioni aziendali e differenti profili in termini di competenze. A giugno 2019, sono state 785 le organizzazioni che hanno dichiarato di ispirarsi alla TCFD, 340 grandi investitori (per un totale di circa 34 trilioni di dollari di valore di mercato dei fondi gestiti), 36 banche centrali e sono 5 i governi che supportano apertamente la TCFD. Le Raccomandazioni della TCFD sono stata recepite dai principali standard e linee guida esistenti in ambito di redazione dei report di sostenibilità.

Bibliografia

- Bui B., de Villiers C., (2017) "Business strategies and management accounting in response to climate change risk exposure and regulatory uncertainty". *The British Accounting Review*, 49, 1, 4-24.
- De Bernardi P., Venuti F., Bertello A. (2019) "The Relevance of Climate Change Related Risks on Corporate Financial and Non-Financial Disclosure in Italian Listed Companies". In: De Vincenzi P., Culasso F., Cerrato S. (eds) "The Future of Risk Management", Volume I. Palgrave Macmillan, Cham.
- Task Force on Climate-related Financial Disclosures. (2017). "Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures".
- Task Force on Climate-related Financial Disclosures. (2019). "Status Report".
- Truant E., Corazza L., Scagnelli S.D., (2017) "Sustainability and Risk Disclosure: An Exploratory Study on Sustainability Reports". *Sustainability*, 9, 636.

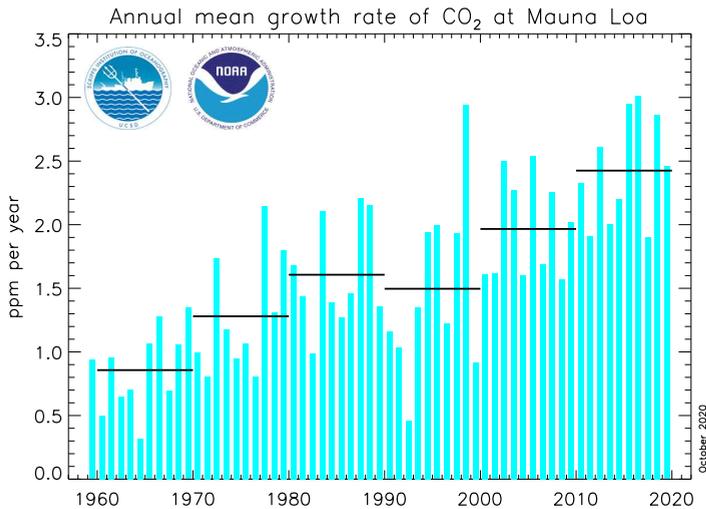
/TASSO di crescita del CO₂/ CO₂ Growth Rate

ambito disciplinare
fisico

autrice
Silvia Ferrarese

La concentrazione di **anidride carbonica** (CO₂) atmosferica di fondo viene misurata presso i siti remoti, posti lontano da sorgenti o pozzi di CO₂, dislocati in tutto il mondo. Tra essi, è di riferimento per la posizione geografica e la lunghezza della serie storica la stazione di Mauna Loa nelle isole Hawaii (vedi "**Curva di Keeling**"). Le serie temporali delle misure medie mensili di concentrazione di CO₂ forniscono una misura dell'andamento della concentrazione nel tempo; in particolare il **tasso di crescita** esprime quanto la concentrazione di CO₂ atmosferica di fondo cresca nel tempo. Il tasso può essere calcolato su base annuale o decennale e il suo valore e le sue fluttuazioni dipendono dalle emissioni di CO₂ in atmosfera e da fenomeni a scala globale come ENSO (*El Niño Southern Oscillation* - vedi "**Teleconnessioni**").

Si osserva un generale incremento nel tempo del tasso di crescita della CO₂ in tutte le stazioni in tutto il mondo, ad esempio presso la stazione di Mauna Loa il tasso di crescita nella decade 1960-1969 è di 0.85 ppm/anno (parti per milione all'anno) che diventa 2.42 ppm/anno nel periodo 2010-2019 (si veda la figura). Il tasso di crescita globale riportato dal WMO (*World Meteorological Organization*) *Greenhouse Gas Bulletin* (2018) è pari a 2.24 ppm/anno per la decade 2008-2017.



Andamento del tasso di crescita della CO₂ registrato presso la stazione di Mauna Loa, dal 1960 al settembre 2020.

Fonte: Global Monitoring Laboratory (GML) of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Bibliografia

- WMO Greenhouse Gas Bulletin. "The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2017", No. 14, 22 November 2018.

/Tassonomia Europea per le attività sostenibili/ Taxonomy for Sustainable Activities

ambito disciplinare
economico

autrici
Vera Palea
Laura Corazza

La **Tassonomia** è un sistema di classificazione, in corso di adozione nell'Unione europea, finalizzato ad aiutare gli investitori a individuare le attività economiche che rispondono a criteri di conformità con gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals, SDGs*).

La Tassonomia rappresenta il punto centrale del "Piano per la **finanza sostenibile**" della Commissione Europea, in quanto costituirà la base di riferimento per la definizione di marchi *green* per i prodotti finanziari e per la costruzione di indici in materia di sostenibilità che consentano il monitoraggio delle performance ambientali degli investimenti finanziari. Il documento finale sulla Tassonomia per le attività sostenibili dell'Unione europea, redatto da un gruppo di esperti tecnici della Commissione, è stato pubblicato il 9 marzo 2020 ed è in corso di recepimento come atto normativo dell'Unione. In coerenza con il mandato della Commissione Europea, esso è focalizzato prevalentemente sul tema della **mitigazione** e dell'**adattamento** al **cambiamento climatico**.

Gli obiettivi ambientali considerati nella Tassonomia sono i seguenti:

- Mitigazione dei cambiamenti climatici.

- Adattamento ai cambiamenti climatici.
- Utilizzo sostenibile e tutela delle risorse idriche e marine.
- Transizione verso un'**economia circolare**, prevenzione dei **rifiuti** e riciclo.
- Prevenzione e controllo dell'**inquinamento**.
- Protezione e tutela degli ecosistemi.
- Agricoltura e silvicoltura.
- Manifattura.
- Approvvigionamento di elettricità, gas, vapore ed aria condizionata.
- Acqua, fognature, rifiuti e risanamenti.
- Trasporto e magazzinaggio.
- Costruzioni.
- Miniere e cave.

Per essere considerata conforme alla Tassonomia, un'attività economica deve: (i) contribuire in modo significativo ad almeno uno degli obiettivi ambientali (rispettando specifici criteri tecnici, metriche e soglie); (ii) non danneggiare significativamente gli altri (Do No Significant Harm - DNSH); (iii) rispettare standard sociali minimi.

I criteri tecnici di valutazione includono sia soglie di tipo qualitativo sia metriche di tipo quantitativo (spesso espresse in termini di emissioni di **diossido di carbonio** - CO₂), rappresentative degli obiettivi di performance ambientale attesi dalle attività economiche in esame. Sono presenti, inoltre, criteri per valutare che le diverse attività economiche non danneggino significativamente gli altri obiettivi.

Ad oggi, la Tassonomia definisce specifici criteri tecnici per il raggiungimento degli obiettivi di mitigazione e adattamento con riferimento ai seguenti settori industriali:

Questi settori sono responsabili, complessivamente, della maggior parte delle emissioni di **gas serra**.

Diversi *stakeholder* potranno trarre benefici dall'implementazione della Tassonomia, in unione con le altre misure e strategie di finanza sostenibile promosse dalla UE. Gli operatori finanziari dovranno comunicare, per i prodotti da loro gestiti e/o emessi, come ad esempio fondi azionari e obbligazionari, il grado di conformità di questi con i criteri della Tassonomia. In questo modo, i risparmiatori (quindi anche i privati cittadini) e gli investitori istituzionali saranno aiutati ad indirizzare le proprie risorse finanziarie verso la scelta di investimenti maggiormente sostenibili. Con la Tassonomia, le imprese industriali potranno invece verificare, in relazione al settore di appartenenza, il proprio grado di conformità ai criteri di sostenibilità ambientale di riferimento e, pertanto, il possesso dei requisiti necessari per accedere a finanziamenti sostenibili quali, ad esempio, i *green bond*.

Bibliografia

- Unione europea, (2020) "Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance".

/Tecniche del negazionismo climatico/

ambito disciplinare
comunicazione

autori
Marco Bagliani
Tommaso Orusa

Le **tecniche del negazionismo** sono molto variegata e, a titolo di esempio, ne illustriamo qui 5 tra quelle più utilizzate.

Il meccanismo della **negazione** psicologica (si veda il relativo lemma per un approfondimento) parte da un'alterazione od omissione di elementi fondamentali utili alla reale e oggettiva

comprensione della realtà. Vengono infatti usati argomentazioni e ragionamenti fuorvianti per convincere gli altri che un fatto scientificamente o storicamente accertato sia in realtà falso o discutibile.

Un'argomentazione logica raggiunge conclusioni vere partendo da premesse certe. Invece, si può giungere a conclusioni errate o quando le premesse non danno il necessario supporto al ragionamento logico, oppure è il ragionamento "logico" stesso a essere viziato, pur partendo da premesse del tutto vere. Esiste una grande varietà di errori di ragionamento che puntano a confutare ciò che invece le evidenze non consentirebbero. Qui di seguito vengono illustrati alcuni dei casi più diffusi.

Falso indizio: è un'argomentazione basata su informazioni non pertinenti. Ad esempio affermare che la CO₂ non può essere dannosa perché è presente in **atmosfera** solo in concentrazione molto bassa. Come se, per fare un paragone, pochi grammi di sostanza altamente radioattiva non avessero effetti nocivi sulla salute di un individuo.

Travisamento: è un eccesso di semplificazione per distorcere la scienza o le argomentazioni dei propri avversari. Ad esempio si ribatte con una versione esagerata ed estremizzata di ciò che dicono gli avversari per far sembrare le loro teorie ingenui o errate ("fallacia dello spaventapasseri"). Nel caso dei **cambiamenti climatici** una comune fallacia si verifica con una eccessiva semplificazione di evidenze climatologiche scientificamente dimostrate. Ad esempio l'affermazione dell'**IPCC** che «la temperatura media superficiale si sta alzando» viene semplificata nella seguente affermazione: «fa sempre più caldo», che sembra simile, ma in realtà è errata ed è facilmente confutabile, nel caso si assista, in qualche regione, a un periodo più freddo.

Giungere alle conclusioni: in questi casi vengono ignorati passaggi fondamentali di un ragionamento logico, per "dimostrare" ciò si vuole. Ad esempio si sostiene che essendo il **clima** del passato cambiato per cause naturali, allora anche i cambiamenti attuali non possono essere di origine antropica.

Falsa dicotomia: consiste nel proporre due alternative nette e precise come se fossero le uniche possibilità in campo. Ad esempio si sostiene che le spese a difesa del clima devono essere meglio impiegate per contrastare altri più gravi problemi, come la povertà e la fame nel mondo. In realtà gli **impatti** del cambiamento climatico graveranno soprattutto sulle fasce più povere e deboli e quindi le **politiche di mitigazione** e di **adattamento** non sono in contrasto con la riduzione della povertà e della fame nel mondo ma l'aiutano.

Minoranza amplificata: il negazionismo è spesso aiutato da questa dinamica. Nel caso del cambiamento climatico questo fenomeno è purtroppo presente in modo palese: da un lato vi è l'intera comunità scientifica, rappresentata dall'**IPCC**, dalle migliaia di scienziati che collaborano e dalle decine di migliaia di articoli referati, il cui contenuto è stato raccolto e riassunto nel Quinto Rapporto e dall'altra parte poche persone, senza pubblicazioni sottoposte a referaggio (ovvero alla *peer review* da parte di altri scienziati), che negano i cambiamenti climatici.

Eppure nei *mass media*, quando si parla di cambiamenti climatici, molto spesso vengono intervistati, in nome di una *par condicio* dell'informazione, un esponente per ogni schieramento, distorcendo completamente la proporzione tra la totalità unanime della comunità scientifica e una minoranza numericamente molto esigua.

Bibliografia

- Erviti, M. Carmen, Mónica Codina, and Bienvenido León. "Pro-science, anti-science and neutral science in online videos on climate change, vaccines and nanotechnology." *Media and Communication* 8.2 (2020): 329-338.
- Hohenberger, Annette. "Cognitive science and the controversy of anthropogenic climate change." *Controversies and Interdisciplinarity: Beyond disciplinary fragmentation for a new knowledge model* 16 (2020): 75.
- John Perry 1981, *Energy and Climate: Today's problem, Not Tomorrow's Climate Change* 3: 223-225.
- Paliewicz, Nicholas S., and George F. McHendry, Jr. "Post-dialectics and fascistic argumentation in the global climate change debate." *Argumentation and Advocacy* (2020): 1-18.
- Ross Gelbspan, *Boiling Point, 51-52 and Heat is On, Appendix, A Scientific Critique of Greenhouse Skeptics.*
- Yale Project on Climate Change/ Gallup / Clear Vision Institute, 2007.

/Tecniche geoeingegneristiche/ Geoenineering Techniques

*ambito disciplinare
ingegneristico
ambientale*

*autore
Tommaso Orusa*

La **geoeingegneria** comprende una serie di tecniche atte a influenzare in maniera diretta o indiretta un **driver** e/o relativi feedback (**retroazioni**) di un dato comparto ambientale a diversa scala spaziale e temporale che può essere locale, regionale o planetaria. Molte tecniche geoeingegneristiche sono oggetto a tutt'oggi di profondo studio e discussione all'interno della comunità scientifica e riguardano ambiti molto variegati (clima, acqua, ciclo del carbonio, irraggiamento solare, ecc.), tra loro comunque tutti legati.

Per esempio, gestire la radiazione solare significa schermare in qualche modo i raggi solari lungo tutte le lunghezze d'onda che arrivano sulla Terra. Per far questo si può agire o sulla superficie o nella troposfera, o nell'alta atmosfera o, infine, direttamente nello spazio fra il pianeta Terra e il Sole. Sulla superficie terrestre, è possibile prima di tutto cercare di aumentare l'**albedo** e quindi la percentuale di radiazione solare che viene riflessa invece di essere assorbita sotto forma di calore. Per esempio le strade asfaltate riflettono solo dal 3 al 20% dei raggi solari che le colpiscono, assorbendo tutto il resto della luce ricevuta determinando così il fenomeno isola di calore sulle città. Se una strada (o anche una casa o una installazione industriale) fosse dipinta di bianco (o con vegetazione e materiali ad alta riflettività) tale fenomeno tipicamente urbano potrebbe essere forte-

mente attenuato. A oggi sono stati sviluppati pigmenti colorati che riflettono la maggior parte della radiazione solare pur permettendoci di vivere in un mondo a colori (che è un fenomeno di pura percezione). Nei Laboratori Berkeley hanno sviluppato vari pigmenti, fra i quali uno rosso rubino, in grado di riflettere efficacemente la luce. Già gli antichi egizi usavano un pigmento di colore azzurro sugli edifici (costituito da tetrasilicato di calcio e di rame che assorbe la luce visibile ma la disperde riemettendola come radiazione infrarossa in modo estremamente efficiente lasciando fresca l'anfora – o la casa – che ricopre) per ridurre il riscaldamento.

In merito alla **geoingegneria** idraulica, ai fini di contenere l'**acidificazione degli oceani** e lo **sbiancamento** dei coralli vi sono già progetti in atto a livello locale che prevedono la dispersione di calce (carbonato di calcio) nelle acque marine per tamponare il pH. Per aumentare l'albedo dell'intero Pianeta si sta anche ipotizzando di agire sugli oceani, disperdendovi sostanze galleggianti altamente riflettenti, ritenute a livello puramente teorico, e non pratico, stabili ed innocue per la fauna e per la flora marina.

Altri approcci geo-ingegneristici solari, a livello agricolo, prevedono anche di modificare geneticamente le principali colture, come frumento e riso, mais e soia, oppure selezionando varietà apposite o, più semplicemente, favorendo politiche di cambio della dieta e passare alla coltivazione intensiva di colture di colore più chiaro. Questo sistema permetterebbe, secondo alcuni studi molto discussi, di diminuire la temperatura della superficie anche di 1 °C e sarebbero relativamente rapidi da implementare. Si tratterebbe, di passare dalla semina delle colture tradizionali a quella delle colture ad alto albedo; ma potrebbe comportare problemi alimentari e sociali non secondari dovuti al cambio di dieta e anche al dibattito relativo alle piante geneticamente modificate. Salendo

alla troposfera, lo strato di atmosfera più vicino alla superficie, si studia come spruzzare goccioline d'acqua sopra gli oceani in modo da creare nubi artificiali che, con il loro biancore, riflettono la luce prima che colpisca le acque sottostanti, per loro natura più scure e quindi più efficaci nell'assorbimento dei raggi solari.

Ancora più in alto, nella stratosfera, si potrebbe attuare un'altra strategia, anche in questo caso ispirata a un fenomeno naturale. L'idea sarebbe di lanciare polveri di solfuri in atmosfera usando razzi o aerei per creare nuvole in grado, si stima, di eliminare con un solo kg di solfuri l'effetto riscaldante di diverse migliaia di tonnellate di CO₂. Tuttavia anche in queste soluzioni teoriche studiate al MIT di Boston vi sono problemi: i moti convettivi dominanti tenderebbero a fare migrare gli **aerosol** verso i tropici, raffreddandoli, ma a spese delle zone polari, dove proseguirebbe la fusione della calotta polare. Inoltre, se le correnti in quota dovessero trasportare questi aerosol a base di solfuri verso i poli, questi finirebbero per danneggiare lo strato di **ozono** che funge da schermo nei confronti dei raggi ultravioletti. Per non parlare poi dei *feedback* agli ecosistemi terrestri (in particolare forestali): come reagirebbero foreste, colture, animali alla lenta ricaduta in mare e sul terreno di questo eccesso di solfuri? Risposte che richiedono certamente studi scientifici empirici ad oggi molto circoscritti se non addirittura assenti.

La geoingegneria solare spaziale propone in via teorica di schermare o e filtrare parte della radiazione solare incidente (sebbene ad oggi si tratti più di mere ipotesi). Il primo problema da risolvere appare infatti dove piazzare un "ombrellone spaziale" che rimanga a orbitare proprio fra la Terra e il Sole. L'unico luogo possibile è quello che gli astronomi chiamano il punto lagrangiano L1: si trova proprio fra il Sole e la Terra a 1,5 milioni di km dal nostro pianeta. Solo in questo punto le forze gravitazionali prodotte dai due corpi e la forza centripeta

orbitale si equilibrano esattamente. Trovato il posto giusto per collocare tale “ombrellone”, il secondo problema è come portarvelo. La soluzione teoricamente più fattibile è quella di non utilizzare un solo gigantesco ombrellone, che oltretutto sconvolgerebbe il ciclo del giorno e della notte per tutti gli esseri viventi, ma di usarne tanti molto più piccoli e facilmente trasportabili. La NASA in questi anni ha già realizzato un prototipo: un disco di appena 60 cm di diametro, dello spessore di 5 micrometri e del peso di circa un grammo. L'idea sarebbe di produrne 16 milioni di miliardi, con un peso totale di circa 20 milioni di tonnellate e portarli nel punto L1. Se per vent'anni, ogni giorno, lanciasimo un razzo da 100 tonnellate di carico utile, sarebbe possibile formare una nuvola di dischi di 3,8 milioni di km² che complessivamente bloccherebbero circa il 2% della radiazione solare che colpisce la Terra senza, teoricamente, particolari conseguenze sugli ecosistemi. Unico problema la fattibilità economica oltre naturalmente al tempo e alla disponibilità di materia prima e la relativa perdita finendo nello spazio. Secondo la NASA si tratterebbe secondo una stima prudenziale di circa 130 mila miliardi di dollari. Pari a poco più di 17.000 euro a testa per ogni abitante del pianeta. Una soluzione alternativa, del tutto ipotetica ovviamente, è quella di una gigantesca lente di Fresnel da montare in orbita del diametro di 1000 km e dello spessore di pochi millimetri piazzata in L1. Secondo calcoli della NASA si potrebbe deviare nello spazio l'1% dei raggi solari. In questo caso, le spese complessive sarebbero di 20 mila miliardi di dollari. Sempre ipotetica la soluzione proposta da una ricerca dell'Università di Strathclyde in Scozia di deviare l'orbita di un asteroide in transito vicino alla Terra e collocarlo in L1. La sua massa attrarrebbe in quella zona polvere cosmica a sufficienza per schermare significativamente la luce del Sole. Se si riuscisse a deviare l'orbita dell'asteroide 1036 Ganymed (30 km di diametro, da non confondere con Ganimede, il

satellite di Giove) le polveri che raccoglierebbe questo asteroide ricollocato sarebbero sufficienti per schermare il 6,58% della radiazione. Ad oggi gran parte delle soluzioni propugate appaiono non traducibili nella pratica e scientificamente controverse o impraticabili, poiché accompagnate da un eccessivo grado di incertezze relative ai possibili effetti e/o troppo costose.

Certamente lo studio di tecnologie per sottrarre la CO₂ in eccesso o altre soluzioni geo-ingegneristiche a scala locale appaiono a tutt'oggi ampiamente studiate, perché più fattibili, senza gradi di incertezza, e meno al centro di un forte dibattito sia scientifico sia sociale sulle loro possibili applicazioni.

Bibliografia

- Bewick, R., Sanchez, J. P., & McInnes, C. R. (2012). “The feasibility of using an L1 positioned dust cloud as a method of space-based geoengineering”. *Advances in Space Research*, 49(7), 1212-1228.
- Kravitz, B., Robock, A., Oman, L., Stenchikov, G., & Marquardt, A. B. (2009). “Sulfuric acid deposition from stratospheric geoengineering with sulfate aerosols”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D14).
- McInnes, C. R. (2010). “Space-based geoengineering: challenges and requirements”. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 224(3), 571-580.
- Ming, T., Liu, W., & Caillol, S. (2014). “Fighting global warming by climate engineering: Is the Earth radiation management and the solar radiation management any option for fighting climate change?”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 792-834.
- Ridgwell, A., Singarayer, J. S., Hetherington, A. M., & Valdes, P. J. (2009). “Tackling regional climate change by leaf albedo bio-geoengineering”. *Current Biology*, 19(2), 146-150.
- Singarayer, J. S., Ridgwell, A., & Irvine, P. (2009). “Assessing the benefits of crop albedo bio-geoengineering”. *Environmental Research Letters*, 4(4), 045110.
- Zheng, F., Chen, M., & He, J. (2012). “Analyses of a huge space shield to weaken the global warming”. In *AIAA SPACE 2012 Conference & Exposition* (p. 5174).

/Teleconnessioni/ Teleconnections

ambito disciplinare
fisico

autrice
Elisa PALAZZI

Le **teleconnessioni** sono pattern o “schemi di circolazione” atmosferici, chiamati anche “modi di variabilità”, a scala sinottica (ovvero quella compresa tra le centinaia e le migliaia di chilometri) a bassa, media e alta frequenza. Le teleconnessioni sono una delle più importanti manifestazioni della variabilità interna del **sistema climatico** (ovvero quella che non è dovuta all'azione di **forzanti**) ma possono subire a loro volta delle modifiche per effetto dell'innalzamento della temperatura globale.

La dinamica di una teleconnessione è ciclica, caratterizzata da fasi diverse. A ogni fase dell'oscillazione si associano, statisticamente su una data regione, precise condizioni atmosferiche che riescono a influenzare le condizioni meteo-climatiche in altre regioni anche molto distanti dalla prima. Da qui il termine “teleconnessioni”: ovvero il verificarsi di possibili collegamenti tra la variabilità meteo-climatica in regioni geografiche del globo distanti anche migliaia di chilometri tra loro.

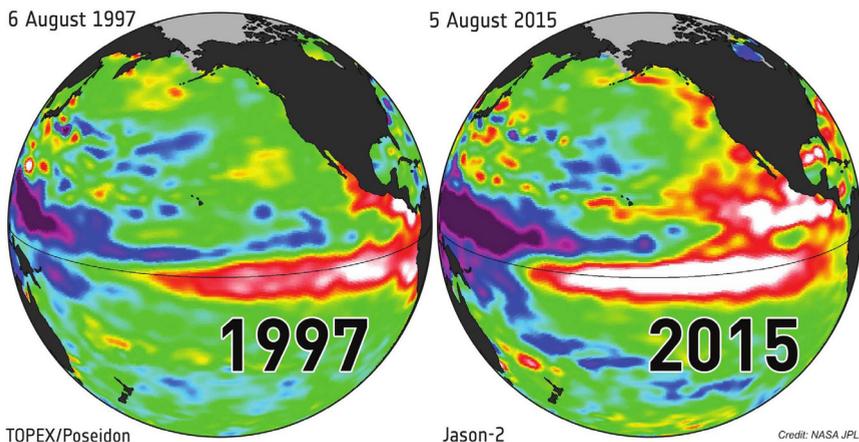
Ogni teleconnessione può essere descritta da un indice che si usa per quantificare la sua fase (positiva o negativa) e la sua intensità.

Una teleconnessione molto nota del sistema accoppiato **atmosfera**-oceano è *El Niño Southern Oscillation*, più conosciuta come ENSO, le cui due fasi sono definite *El Niño* (fase positiva) e *La Niña* (fase negativa).

El Niño è una corrente marina calda che appare periodicamente (anche se il periodo varia tra i 2 e i 7 anni) lungo le coste di Ecuador e Perù nel periodo natalizio, e che fa parte di un fenomeno più esteso di riscaldamento delle acque superficiali del Pacifico equatoriale orientale. Normalmente il Pacifico equatoriale è caratterizzato da acque più calde a ovest, vicino all'Indonesia e all'Australia (zona denominata *warm pool*) e più fredde a est (*cold tongue*), condizione che genera e rafforza i venti alisei che spingono l'acqua calda verso occidente.

El Niño si verifica quando le acque superficiali nella parte più a est del bacino sono più calde di almeno 0,5 °C rispetto alla media stagionale e quando questa condizione di riscaldamento dura per almeno 5 mesi (la figura mostra due eventi di *El Niño* molto intensi verificatisi nel 1997 e nel 2015). A questo si accompagna un indebolimento dei venti alisei.

La fase opposta a *El Niño*, *La Niña*, è caratterizzata invece da un'anomalia fredda di temperatura a est di almeno 0,5 °C e per almeno 5 mesi. Le oscillazioni della temperatura superficiale



I due episodi di El Niño molto intenso del 1997-98 e del 2015-16, osservati dal satellite artificiale TOPEX/Poseidon. Le aree bianche indicano l'insieme delle acque calde nel Pacifico equatoriale. Fonte: NASA/JPL.

dell'oceano si accompagnano a quelle della pressione atmosferica (variazioni che prendono il nome di *Southern Oscillation*), che a sua volta influiscono sui venti e quindi sulla circolazione atmosferica. ENSO, pur avendo origine nella regione del Pacifico equatoriale, ha un notevole impatto in vaste aree del globo. Quando, durante *El Niño*, una delle più grandi sorgenti di calore superficiale, la già citata *warm pool*, si sposta a est, si vanno a modificare alcuni aspetti della circolazione atmosferica, e in particolare delle correnti a getto, generando una sorta di effetto a catena che può propagarsi fino a regioni molto distanti da quella di origine. Ad esempio, si verificano **ondate di calore** sull'Australia orientale, piogge e inondazioni sulla costa occidentale del Sud America, **siccità** nel Sahel e in Estremo Oriente, piogge in Africa orientale.

Anche la temperatura media globale risente degli effetti di ENSO: un anno con un forte *El Niño* è più caldo su scala planetaria di un anno neutrale o con *La Niña*.

Se da un lato la temperatura globale risente degli effetti di ENSO, è lecito domandarsi se *El Niño* sia cambiato in risposta al **riscaldamento globale**. Uno studio recente (Cai et al., 2015) suggerisce che il riscaldamento globale provo-

cherebbe una maggiore probabilità di eventi di *El Niño* molto intensi. In effetti le osservazioni derivate da misure dirette sembrano indicare negli ultimi decenni una maggior frequenza di eventi di *El Niño*, a fronte di una diminuzione del numero di eventi di *La Niña*, anche se la serie storica di misure dirette probabilmente non è ancora abbastanza lunga per poter distinguere chiaramente un possibile segnale di risposta di ENSO al riscaldamento globale dalla variabilità naturale del **clima**. È pur vero, però, che studi di **paleoclima** che hanno ricostruito il comportamento di ENSO negli ultimi 600 anni (Mc Gregor et al., 2016) e negli ultimi 7000 anni (Cobb et al., 2013) hanno mostrato che l'intensità degli episodi di *El Niño* e *La Niña* è stata più alta nel XX secolo di quanto lo sia stata in passato.

Bibliografia

- Palazzi E. e Corti S., "El Niño: dal Pacifico equatoriale all'intero globo", Sapere, 2016.
- Cai W. et al., "ENSO and greenhouse warming", Nature Climate Change, 5, 2015, pp. 849-859.
- Cobb K.M. et al., "Highly Variable El Niño/Southern Oscillation Throughout the Holocene", Science, 339, 6115, 2013, pp. 67-70.
- McGregor S. et al., "Inferred changes in El Niño/Southern Oscillation variance over the past six centuries", Climate of the Past, 9, 2013, pp. 2269-2284.

/Tempi scala climatici/ Climate Time Scales

ambito disciplinare
fisico

autori
Claudio Cassardo
Elisa Palazzi
Tommaso Orusa

Il **clima** varia con **tempi scala** di diverse migliaia e di decine di migliaia di anni in risposta alla variazione di insolazione dipendente dai parametri orbitali della Terra.

Esiste inoltre l'ipotesi di una dipendenza delle **variazioni climatiche** su scala decennale e secolare in funzione dell'attività del Sole (ad esempio i cicli delle macchie solari).

Le discipline che studiano la storia umana prendono in considerazione le ipotesi del possibile legame con tutte queste variazioni sia dell'evoluzione dell'uomo sia delle crisi di antiche società e culture.

La climatologia, in ogni caso, prevede convenzionalmente che gli studi climatici prendano in considerazione periodi di 30 anni al fine di comparare valori medi dei parametri fisici che definiscono il clima di una regione; tale periodo comunque non è un tempo scala di variabilità naturale ma, appunto, convenzionale.

Negli ultimi decenni si è aggiunto un contributo antropico all'andamento naturale proprio del **clima** che produce fenomeni climatici e relativi cambiamenti su scale molto brevi (anni o mesi). Tale contributo all'andamento naturale si sovrappone e interagisce con i cicli naturali con modalità non del tutto prevedibili, essendo il **sistema climatico** un **sistema complesso** al quale contribuiscono molte variabili interconnesse.

Bibliografia

- Collins, M., et al., 2013: "Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility". In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Eby, M., et al. "Lifetime of anthropogenic climate change: millennial time scales of potential CO₂ and surface temperature perturbations." *Journal of Climate* 22.10 (2009): 2501-2511.
- Stott, Lowell, et al. "Super ENSO and global climate oscillations at millennial time scales." *Science* 297.5579 (2002): 222-226.
- Thompson, Lonnie G., et al. "Tropical glacier and ice core evidence of climate change on annual to millennial time scales.". Springer, Dordrecht, 2003. 137-155.

/Tempo di vita dei gas serra/ Lifetime of Greenhouse Gases

ambito disciplinare
ambientale

autori
Tommaso Orusa
Marco Minella

Per descrivere la permanenza di una sostanza (o anche di un isotopo radioattivo) nell'**atmosfera**, di solito si utilizza un parametro detto "tempo di latenza", meglio noto come "tempo di vita medio" (*mean lifetime*) o, a volte, il "tempo di semivita/emivita", che rappresentano rispettivamente il tempo dopo il quale è ancora presente in atmosfera (o in un dato ambiente) il 37% e il 50% della quantità iniziale. Generalmente le sostanze hanno uno specifico processo di rimozione, e la cinetica di decadimento è di tipo esponenziale (o del primo ordine), per cui il tempo di vita medio e il tempo di semivita possono essere stimati a partire dalla costante che descrive il decadimento esponenziale (tempo di vita medio e di semivita sono rispettivamente l'inverso della costante di decadimento e l'inverso moltiplicato per il logaritmo di 2).

Per molte sostanze inquinanti o climalteranti esistono delle apposite raccolte, generate a partire da studi di chimica e fisica, dei tempi di vita dei principali composti presenti in atmosfera, ad esempio la tabella 8.A.1 del quinto rapporto **IPCC** ("AR5"), volume 1. Come si può osservare nella tabella riportata, per il **diossido di carbonio** (CO₂) non è indicato un valore di tempo di vita medio, ma c'è una nota alla seguente dicitura: "No single lifetime can be given". C'è quindi il rimando a un rilevante articolo di Joos et al. del 2013 che ha confrontato l'andamento stimato da diversi modelli del CO₂ in atmosfera dopo un'emissione impulsiva.

Tempi di vita in anni dei principali composti climalteranti. Fonte: IPCC, AR5 - Myhre, G., et al., 2013: "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Acronym, Common Name or Chemical Name	Chemical Formula	Lifetime (Years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)
Carbon dioxide	CO ₂	see*	1.37e-5
Methane	CH ₄	12.4 [†]	3.63e-4
Fossil methane‡	CH ₄	12.4 [†]	3.63e-4
Nitrous Oxide	N ₂ O	121 [†]	3.00e-3
Chlorofluorocarbons			
CFC-11	CCl ₃ F	45.0	0.26
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100.0	0.32
CFC-13	CClF ₃	640.0	0.25
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	85.0	0.30
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂	190.0	0.31
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	1,020.0	0.20

Senza entrare nei dettagli, per il CO_2 non c'è un unico tempo di vita nell'atmosfera in quanto ci sono molti processi di rimozione con tempi diversi, per cui la cinetica del decadimento non può essere rappresentata da una singola funzione esponenziale. Il **ciclo del carbonio** è davvero molto complesso (si veda il lemma specifico per i dettagli). Giusto per menzionare i processi principali, una molecola di CO_2 presente nell'aria può essere assorbita dalle foreste o praterie e più in generale dalla **biosfera** o dagli oceani (e può essere anche rilasciata); può essere dilavata dalla pioggia e reagire con le rocce carbonatiche; può poi essere rimossa dalla superficie del mare dai processi biogeochimici depositandosi sui fondali (provocando altro assorbimento); può reagire con le rocce ignee, ecc. (a tal proposito si rimanda a un racconto poetico di questo ciclo fornito da Primo Levi ne *Il Sistema Periodico*).

Una formula semplificata proposta per calcolare la presenza del CO_2 dopo "t" anni dalla sua immissione è:

$$\text{CO}_2(\%) = 21,7 + 25,9e^{-t/172,9} + 33,8e^{-t/18,51} + 18,6e^{-t/1,186}$$

Quando emettiamo una certa quantità di CO_2 , metà del CO_2 aggiunto è rimosso dall'atmosfera entro 30 anni, un terzo è presente nell'atmosfera dopo circa 100 anni e un quinto ancora dopo 1000 anni; e continua in tutto questo tempo a esercitare il suo potere riscaldante di **gas serra**. Infatti, anche se il tempo di vita medio in atmosfera di una molecola di CO_2 è di circa 3 anni, va considerato che una volta assorbita dall'oceano la stessa molecola può essere riemessa nell'atmosfera. Di conseguenza il "tempo di residenza" di una parte consistente delle molecole di CO_2 nell'intero sistema aria - oceano - biosfera, considerando anche lo scambio con i carbonati solidi della Terra, è molto più lungo, dell'ordine di circa 100.000

anni.

Se si confronta l'andamento del decadimento del CO_2 con quello degli altri due più importanti composti climalteranti (il metano CH_4 e il protossido di azoto N_2O), si intuisce che il problema è che, a differenza di CH_4 e N_2O che hanno tempi di vita medi di 12,4 e 121 anni, l'andamento del CO_2 ha una "coda" molto lunga: un decimo del CO_2 emesso rimane in atmosfera per molte decine di migliaia di anni. Su questa scala temporale, il CO_2 continua a essere rimosso dall'oceano, perché la parte già assorbita dal mare reagisce e si dissolve in forma di bicarbonato e permette ad altre molecole di CO_2 atmosferico di essere assorbite. Quando il CO_2 si dissolve in acqua reagisce chimicamente formando acido carbonico e quindi carbonati e bicarbonati, e questo permette a ingenti quantità di carbonio di essere presente nell'acqua del mare (il 98% del carbonio presente nel sistema atmosfera/oceano è nel mare, solo il 2% in atmosfera). Se non ci fosse la reazione chimica di formazione dei bicarbonati (e quindi il sequestro in forma ionica), sulla base del valore della costante di Henry del CO_2 , la ripartizione di carbonio fra atmosfera e oceani sarebbe molto diversa.

Nel lunghissimo periodo (> 15.000 anni) diventa preponderante il (lento) processo di rimozione di CO_2 tramite la sua reazione con le rocce, ovvero i silicati solidi della Terra, per formare carbonati.

Le implicazioni della comprensione di questa particolarità del CO_2 sono molte.

La prima è che non è saggio continuare a emettere CO_2 in atmosfera se si vuole fermare il **riscaldamento globale**.

La seconda è che le conseguenze delle (mancate) politiche attuali di contenimento delle emissioni di CO_2 dureranno molte migliaia di anni. La terza è che se si vuole ridurre la presenza di CO_2 nell'atmosfera in tempi rapidi e in modo sensibile (es. tornare a 350 ppm) non basta mandare a zero le emissioni, ma bisogna

trovare il modo di sottrarre il CO₂ in eccesso (si veda la voce "**Pozzi e fonti di carbonio**").

Bibliografia

- Archer, David, and Victor Brovkin. "The millennial atmospheric lifetime of anthropogenic CO₂." *Climatic Change* 90.3 (2008): 283-297.
- Berner, Robert Arbuckle, and Robert A. Berner. "The Phanerozoic carbon cycle: CO₂ and O₂." Oxford University Press on Demand, 2004.
- Strassmann, Kuno M., and Fortunat Joos. "The Bern Simple Climate Model (BernSCM) v1. 0: an extensible and fully documented open-source re-implementation of the Bern reduced-form model for global carbon cycle-climate simulations." *Geoscientific model development (GMD)* 11.5 (2018): 1887-1908.
- Clark, Peter U., et al. "Consequences of twenty-first-century policy for multi-millennial climate and sea-level change." *Nature climate change* 6.4 (2016): 360-369.
- Joos, Fortunat, et al. "Carbon dioxide and climate impulse response functions for the computation of greenhouse gas metrics: a multi-model analysis." *Atmospheric Chemistry and Physics* 13.5 (2013): 2793-2825.
- Levi Primo, "Carbonio". In "Il sistema periodico", Einaudi (Supercoralli Nuova serie) , 1975, Torino.
- Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing". In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Strassmann, Kuno M., and Fortunat Joos. "The Bern Simple Climate Model (BernSCM) v1. 0: an extensible and fully documented open-source re-implementation of the Bern reduced-form model for global carbon cycle-climate simulations." *Geoscientific model development (GMD)* 11.5 (2018): 1887-1908.

/Terra palla di neve/ Snowball Earth

ambito disciplinare
fisico
ambientale

autrice
Elisa Palazzi

Se potessimo eliminare tutta l'**anidride carbonica** (CO₂) dalla nostra atmosfera succedrebbero diverse cose, tra cui una diminuzione della temperatura della Terra a tal punto che i ghiacci si espanderebbero e la superficie potrebbe diventarne ricoperta. Nell'intervallo di tempo compreso tra 750 e 600 milioni di anni fa, vaste distese di ghiaccio si estendevano dai Poli ai Tropici ricoprendo la Terra per periodi prolungati. Queste **glaciazioni** planetarie, che sono conosciute col termine "Terra Palla di neve" (*Snowball Earth*), trovano traccia in successioni rocciose che oggi si trovano in luoghi della Terra molto distanti tra loro, ad esempio in Canada, Australia, Namibia.

Si pensa che le glaciazioni siano partite dalla frammentazione del supercontinente Rodinia, che avvenne all'incirca 750 milioni di anni fa, che diede luogo a numerose fratture della **litosfera** con fuoriuscita di lava basaltica proveniente dal mantello terrestre, che ricoprì gran parte del granito che formava la superficie continentale a quei tempi. Erosa molto più facilmente del granito, la roccia basaltica disciolta in acqua sarebbe stata in grado di assorbire parte dell'anidride carbonica atmosferica causando una progressiva diminuzione dell'**effetto serra** e quindi un raffreddamento del Pianeta. A partire dalle regioni polari, i ghiacci iniziarono la loro espansione, alzando l'**albedo** planetaria e innescando un meccanismo di **retroazione** positiva di amplificazione del raffreddamento stesso. Le temperature raggiunte furono dell'ordine di $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. I ghiacci si espansero in un periodo molto rapido, se confrontato con i tempi geologici della Terra (qualche migliaio di anni), fino alle latitudini equatoriali (alimentando ulteriormente il circolo vizioso del raffreddamento) dove raggiunsero lo spessore di 1-2 km sopra gli oceani.

Gli scienziati studiano cosa possa essere capitato alla **biosfera** terrestre e marina in uno stato così estremo come quello che ha caratterizzato la Terra nelle fasi *snowball*. Nella fase iniziale, gli oceani si devono essere riempiti di nutrienti, a causa dell'azione meteorica di dilavamento

continentale. Gli organismi marini, intrappolati dalla coltre di ghiaccio marino, furono probabilmente gli unici a sopravvivere durante la fase massima di espansione dei ghiacci (probabilmente e soprattutto in corrispondenza delle sorgenti idrotermali nei fondali oceanici) che portò a una decimazione della biosfera.

L'enorme quantità di ghiaccio presente sulla superficie terrestre, deve aver poi impedito l'assorbimento di CO_2 dall'**atmosfera**, che avviene tramite alterazione meteorica delle rocce, causando un progressivo aumento delle concentrazioni di questo **gas serra** in atmosfera. Gradualmente (ovvero nel giro di qualche migliaio di anni) la CO_2 si accumulò in atmosfera raggiungendo un valore pari a circa 300 volte quello odierno e provocando un effetto serra estremo che ribaltò la situazione e portò a temperature dell'ordine di circa $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, conseguente fusione dei ghiacci e amplificazione del riscaldamento.

Quando la Terra uscì dalla Palla di neve, la biosfera subì pesanti modificazioni che, nel corso di 100 milioni di anni, portarono alla comparsa dei gruppi tassonomici oggi conosciuti.

Bibliografia

- Provenzale, A. (a cura di) "Il mutamento climatico. Processi naturali e intervento umano", Ed. Il Mulino, 2013.

/Tipping Points/

Vedi **Punti Critici**.

/Transizione energetica/ Energy Transition

ambito disciplinare
energetico
tecnologico

autori
Andrea Tartaglino
Tommaso Orusa

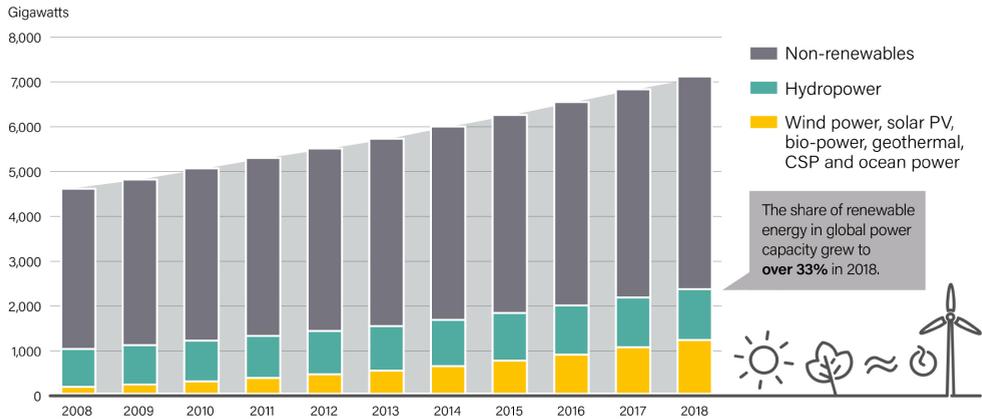
Con **transizione energetica** si indica il processo di trasformazione del soddisfacimento dei fabbisogni energetici verso soluzioni caratterizzate da un ridotto impatto ambientale (con particolare riferimento alle emissioni di **gas serra** climalteranti) e, più in generale, da una maggiore sostenibilità. Caratteristiche fondamentali di questo processo sono la transizione verso un mix di fonti energetiche prevalentemente basate sull'utilizzo di **fonti di energia rinnovabile**, la diffusione di soluzioni di efficienza in tutti gli utilizzi dell'**energia** e, infine, la disponibilità di soluzioni di cattura e sequestro del **diossido di carbonio** (CO₂), che rendano possibile l'utilizzo sostenibile delle fonti fossili.

Legato al concetto di transizione energetica è il concetto di “decarbonizzazione”, che è il processo di riduzione del rapporto carbonio-idrogeno nelle fonti di energia e che avviene quando si attuano politiche per la riduzione delle emissioni di diossido di carbonio o quando vengono predisposte delle conversioni di attività che producono CO₂, in attività che non ne producono o ne producono meno. Nell'ambito energetico un processo di decarbonizzazione potrebbe essere la conversione di una centrale elettrica a carbone o a petrolio in una centrale elettrica che utilizza fonti rinnovabili.

La transizione energetica è in corso in diversi paesi, in particolare nei più tecnologicamente avanzati o nei più motivati verso la conservazione dell'ambiente naturale. Per l'Italia, ad esempio, dal 1990 al 2016 il consumo interno lordo di energia da fonti rinnovabili è quadruplicato passando da 6,4 a 26 Mtep (benché il mix di fonti energetiche sia cambiato nel tempo). Anche l'Unione europea si era già impegnata fin dal 2008 a far ridurre ai propri stati membri le emissioni di gas a **effetto serra** di almeno il 20% al di sotto dei livelli del 1990 entro il 2020, migliorando al contempo l'efficienza energetica del 20% e aumentando la percentuale di fonti energetiche rinnovabili al 20%.

Nell'ottobre 2014 è stato approvato il pacchetto UE per l'energia e il clima 2030. Il suo obiettivo è di ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 40% al di sotto dei livelli del 1990 entro il 2030, fissando allo stesso tempo nuovi obiettivi sia per le fonti di energia rinnovabile e sia per i livelli di efficienza energetica. L'obiettivo del 40% entro il 2030 è stato alla base della posizione dell'UE prima dei negoziati internazionali sul clima a Parigi nel dicembre 2015, dove è stato raggiunto un accordo globale

Global Power Generating Capacity, by Source, 2008-2018



La figura mostra la capacità globale di generazione di energia, nel decennio 2008-2018, suddivisa per tre tipi di fonte: fonti non rinnovabili (combustibili fossili, in generale), idroelettrico e altre fonti rinnovabili (eolico, fotovoltaico, biomasse, geotermico, solare a concentrazione e maremotrice). In un quadro di crescita della capacità globale, le fonti rinnovabili hanno raggiunto un terzo del totale nel 2018 (nel 2008 erano al 24% circa).

Fonte: REN21 - Renewable Energy Policy Network REN21 for the 21st Century (<https://www.ren21.net/>)

sul clima (**Accordo di Parigi**).

Al fine di raggiungere gli obiettivi summenzionati per il 2030 sono state approvate numerose azioni legislative a livello dell'UE, tra cui norme per favorire il sistema di scambio di quote di emissioni, aumentare la diffusione di fonti di energia rinnovabile, edifici e prodotti ad alta efficienza energetica, norme per le emissioni delle automobili e per la riduzione di emissioni di gas fluorurati.

Nel quadro dell'Accordo di Parigi, la Commissione europea ha inoltre presentato nel novembre 2018 una strategia per un'economia "neutrale" dal punto di vista climatico, ossia per azzerare le emissioni entro l'anno 2050.

Bibliografia

- Amanatidis G., "European policies on climate and energy towards 2020, 2030 and 2050". Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies Directorate-General for Internal Policies
- Armaroli N., Balzani V., "Energia oggi e domani. Prospettive, sfide, speranze". Bonaonia University Press, 2004.
- Ispra - Rapporto "Emissioni nazionali di gas serra: Indicatori di efficienza e decarbonizzazione nei principali Paesi Europei" - 2018

//

ambito disciplinare
sociologico
politico
autore
Osman Afrobbio

Con il termine transizione si intende il passaggio da una situazione (o una fase, o uno stato) a un'altra situazione avente caratteristiche significativamente differenti rispetto a quella precedente. Con **"transizione energetica"** si può intendere il passaggio da una situazione in cui l'energia viene prodotta tramite un certo mix energetico - ovvero in cui si ha una certa distribuzione del peso relativo di diverse fonti energetiche - a

un'altra in cui l'energia viene prodotta tramite un mix differente. Nel campo delle politiche ambientali ed energetiche, con tale termine si intende oggi il passaggio (atteso e/o perseguito) da un mix energetico composto in grande prevalenza da fonti non rinnovabili come i **combustibili fossili**, a uno composto in prevalenza, o perlomeno in misura significativamente maggiore rispetto a oggi, da fonti rinnovabili.

Le transizioni energetiche del passato hanno richiesto diversi decenni per giungere a completamento. A livello mondiale la transizione a un mix energetico prevalentemente basato su fonti non rinnovabili si è verificata solo nel primo decennio del ventesimo secolo. Ciò grazie al deciso apporto del carbone tramite il quale, da solo, veniva prodotta più della metà dell'energia. Più di 50 anni sarebbero poi stati necessari, all'interno di questa inedita "era dell'energia non rinnovabile", per vedere il carbone rimosso dalla prima posizione, sostituito dal petrolio (Smil, 2010). Si prevede che l'attuale transizione energetica non saprà sfuggire a questi tempi lunghi. Secondo l'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA, 2018) la quota di energia prodotta nel mondo da fonti rinnovabili sarà, nel 2040 e nello scenario più favorevole, all'incirca del 40%.

La definizione di transizione energetica qui riportata è centrata sul mutamento

delle fonti energetiche utilizzate. Il termine può (o potrebbe) però ugualmente essere utilizzato per tenere conto di altri mutamenti. Tra questi risalta quello relativo alla quantità di energia prodotta (e consumata) sia in termini assoluti che pro capite. Da dati ricavabili da Smil (2010), tra il 1800 e il 2008 la quantità di energia prodotta pro capite è aumentata di circa il 220%, mentre l'energia prodotta in termini assoluti è aumentata di circa il 2140%.

Stando agli studi sui picchi di produzione (es. picco del petrolio), una transizione energetica che avrà luogo nei prossimi decenni porterà alla contrazione generale della disponibilità di energia. Si tratterebbe di un fatto, questo, che può essere visto da alcuni come una catastrofe, da altri come una liberazione.

Da alcune parti invece (o contemporaneamente) si mette in risalto l'attuale transizione energetica come opportunità per ridurre la concentrazione (in pochi paesi) della produzione di energia e per favorire una maggiore partecipazione dei cittadini in quanto produttori, siano essi isolati o in cooperazione tra loro, e in quanto consumatori consapevoli della necessità stessa della transizione energetica.

Bibliografia

- IEA (International Energy Agency) (2018). "World Energy Outlook 2018". Paris: IEA Publications.
- Smil, V. (2010). "Energy Transitions. History, Requirements, Prospects". Santa Barbara, CA: Praeger.

/Transizione socio-ecologia/

ambito disciplinare
sociologico

autore
Dario Padovan

Una **transizione socio-ecologica** è una transizione tra due diversi regimi energetici della società, intendendo per "regime" l'insieme delle fonti e delle tecnologie di conversione energetica che sono egemoni in una società. La transizione è un processo che inizia da uno stato del sistema e termina in un altro,

con fasi tipiche di “decollo”, “accelerazione” e “stabilizzazione”. Ogni régime energetico   accoppiato a un modo particolare di utilizzare e quindi trasformare l’ambiente naturale. Nell’orizzonte temporale della storia umana si possono identificare due transizioni:

- una transizione socio-ecologica dal régime agrario, basato su energia solare e **uso del suolo**, al régime industriale, basato sui **combustibili fossili** e un’ampia variet  di tecnologie di conversione (transizione “storica”);
- una transizione socio-ecologica lontana dai combustibili fossili, verso il solare e altri **fonti di energia rinnovabile** e a basso contenuto di carbonio (“nuova transizione”).

Questa seconda transizione appare inevitabile per limitare l’uso dei combustibili fossili e pu  essere accelerata proprio per evitare gli effetti catastrofici dei **cambiamenti climatici**. Quello che   interessante in questa prospettiva   che queste due transizioni socio-ecologiche stanno avvenendo contemporaneamente in diverse parti del mondo e, in entrambe i casi, tuttavia, esse racchiudono la propria dinamica e non possono essere completamente controllate.

In una transizione socio-ecologica ci  che cambia non sono solo le fonti di energia e le relative tecnologie di conversione, ma cambiano anche molte altre caratteristiche della societ : l’economia, la demografia, i modelli di insediamento, le relazioni sociali e le stesse personalit  umane. Anche l’ambiente naturale cambia, in parte a causa di interventi deliberati, in parte come effetti collaterali involontari della societ .

A livello biofisico, in termini di energia e materia, la maggior parte dei paesi europei, ma anche gli Stati Uniti e il Giappone, hanno raggiunto la “fase di stabilizzazione” della “storica” transizione socio-ecologica e ora rimangono su livelli costantemente elevati di consumo pro-capite di materia/energia. Questo spostamento di fase pu  essere osservato dall’inizio degli anni Settanta del secolo scorso, strettamente legato alla “crisi petrolifera” di quel tempo. Vi sono scarsi segnali di una “nuova transizione” verso un régime energetico a basse emissioni di carbonio cos  come sono ancora scarse le riduzioni dell’uso di energia/materia.

Allo stesso tempo, un certo numero di “economie emergenti” (spesso di grandi dimensioni) stanno compiendo il passaggio “storico” dall’agricoltura all’industria a un ritmo senza precedenti.

Questo significa che non solo raggiungeranno velocemente gli elevati livelli di consumo di energia e materia caratteristici delle economie industriali mature, ma anche che seguiranno il medesimo percorso di carbonizzazione del sistema energetico.

Bibliografia

- Fischer-Kowalski, M., H. Haberl (eds), “Socio-ecological Transitions and Land-Use Change”, in *Landscape Ecology* 23(8):1003-1005, 2008.
- Fischer-Kowalski, M. and Haberl, H. (2007): “Socio-ecological transitions and global change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use”. Cheltenham, UK, Northampton, USA: Edward Elgar.
- Labaeye, Adrien, and Thomas Sauer. “City networks and the socio-ecological transition. A European inventory”. No. 27. WWW for Europe Working Paper, 2013.

/Tribunali ambientali/ Environmental Courts and Tribunals

ambito disciplinare
giuridico

autore
Matteo Fermechia

L'idea di giustizia ambientale come meccanismo di rimedio delle lesioni ambientali, attribuito a un organo giurisdizionale *ad hoc*, poggia le sue radici nella celebre Conferenza di Rio del 1992, dove si è stabilito il principio fondamentale – etico e giuridico – di **responsabilità comune, ma differenziata** di fronte alla necessità di tutela del **clima** del Pianeta. Dalla Conferenza di Rio, l'idea di giustizia ambientale ha conosciuto ampia diffusione, fino a divenire oggi un principio riconosciuto sia espressamente in numerosi trattati internazionali e carte costituzionali nazionali, sia implicitamente – come in Italia – attraverso l'interpretazione giudiziale attribuita alle disposizioni costituzionali e internazionali sulla protezione dell'ambiente.

Parallelamente all'affermazione della giustizia ambientale come valore etico e principio giuridico, numerosi paesi, non solamente occidentali, hanno gradualmente introdotto assetti istituzionali volti a garantirne la piena attuazione: i **tribunali ambientali**. In ultima analisi, dunque, i tribunali ambientali sono organi pubblici costituiti al fine di assicurare la tutela circa l'integrità degli ecosistemi, il loro ristoro, eventuali sanzioni e, in ultima analisi, la salute e il benessere delle popolazioni interessate dalle lesioni ambientali.

Secondo un rapporto delle Nazioni Unite, nel 2016 sono stati individuati più di 1.200 corti e tribunali ambientali in 44 Paesi sviluppati e in via di sviluppo, con almeno altri 20 paesi manifestamente intenzionati a costituirne in tempi brevi. Tra questi, figurano tutti gli organi in senso lato deputati ad amministrare la questioni di carattere ambientale, quindi comprendendo sia organi giurisdizionali veri e propri (come tribunali e/o corti), sia organi con funzioni para-giurisdizionali, quali autorità indipendenti, agenzie nazionali e sovranazionali, organi di mediazione, soggetti qualificati scientificamente, ecc. L'Italia, al momento, non ha ancora istituito un tribunale ambientale.

Con riferimento più specifico ai tribunali ambientali *tout court*, ci si riferisce qui a tutti gli organi racchiusi sotto l'egida del potere giudiziario e che detengono autonomia organizzativa, decisionale e finanziaria rispetto al potere esecutivo e legislativo, istituiti a tutti i livelli, da quello nazionale a quello locale. I diver-

si modelli di tribunali (e corti) ambientali differiscono grandemente da paese a paese, in ragione dei diversi contesti politici, sociali e giuridici in cui essi si incardinano. Tuttavia, ai tribunali ambientali si possono ricondurre le seguenti caratteristiche comuni, che li distinguono pertanto dalle corti ordinarie volte ad amministrare la giustizia civile, amministrativa e penale:

1. *Indipendenza funzionale*: indipendentemente dalla loro composizione, i tribunali ambientali costituiscono un'entità autonoma, completamente distaccata rispetto alle autorità giudiziarie ordinarie (ad es., in Nuova Zelanda), oppure un'entità interna a una giurisdizione più ampia, ma sempre con piena autonomia in termini di procedure e decisioni (ad es., la *Environmental Division* della Corte Suprema del Vermont, negli Stati Uniti);

2. *Inclusività*: i tribunali ambientali si fondano su un ruolo di partecipazione attiva da parte dei cittadini e della società civile, attuato mediante un elevato standard di apertura e flessibilità grazie a norme procedurali elastiche, purché in conformità ai principi di equità ed efficienza;

3. *Tecnicità*: i tribunali ambientali sono composti da giuristi formati secondo un curriculum specifico nelle questioni ambientali e con nozioni di base di altre scienze rilevanti per decidere le medesime questioni (ad es. ecologia, biologia, ecc.); sovente, peraltro, i giudici togati sono affiancati da soggetti non esperti in materie giuridiche, che hanno dunque il compito di supporto rispetto a questioni di particolare complessità tecnico-scientifica (ciò accade, ad

esempio, in Nuova Zelanda, Svezia e Cile);

4. *Trasversalità*: nel decidere le questioni a essi presentate, i tribunali ambientali ricorrono a soluzioni giuridiche variegata, in particolare combinando rimedi e sanzioni provenienti da discipline diverse (ad es. sanzioni pecuniarie e ordini di esecuzione diretta, raccomandazioni, mediazioni, ecc.), così superando il tradizionale carattere monolitico delle giurisdizioni nazionali: su tutte, quella tra giudizio civile e penale. Inoltre, in certi paesi ai tribunali ambientali è demandata la tutela di diritti attribuiti direttamente a risorse naturali (ad es., la Madre Terra, o *PachaMama* in Bolivia ed Ecuador) come tutelate dalle costituzioni o leggi dello Stato.

I tribunali ambientali stanno conoscendo un'impetuosa crescita e forte tendenza espansiva del loro intervento, affermandosi, dunque, come uno strumento rivoluzionario rispetto al tradizionale assetto di amministrazione della giustizia e del potere pubblico, nell'ottica di perseguire scopi di giustizia effettiva e di ristabilimento degli equilibri ecosistemici.

Bibliografia

- D. Amirante, "Environmental Courts and Tribunals: Improving Access to Justice and Protection of the Environment Around the World", in *Pace Environmental Law Review*, 29, 2012, 454.
- J. Ebbesson, Ph. Okowa (cur.), "Environmental law and justice in context", Cambridge University Press, 2009.
- R. Louvin, "Le molte vie della giustizia ambientale: modelli a confronto", in *Diritto Pubblico Comparato ed Europeo Online*, vol. 37, n. 4, 2018, 929-941.
- UNEP, *Environmental Courts and Tribunals: A Guide for Policy-Makers*, Nairobi, 2016.
- C. Voigt, Z. Makuch (cur.), "Courts and the Environment", Cheltenham, Edward Elgar, 2018.

/Turismo e cambiamenti climatici/ Tourism and Climate Change

ambito disciplinare
ambientale
economico

autori
Riccardo Beltramo
Stefano Duglio

La definizione del rapporto fra **cambiamenti climatici** e **turismo** è molto complessa per due ordini di ragioni. La prima risiede nel fatto che sotto la voce “turismo” sono presenti attività e attori molto eterogenei, sia per la tipologia di ambiente interessato e, quindi, di destinazione turistica (montagna, mare, città d’arte) che in termini di filiera (trasporti, ospitalità, servizi, ristorazione, eventi). In secondo luogo, la relazione è duale: da un lato, infatti, il settore turistico contribuisce ai cambiamenti climatici e dall’altro ne subisce le conseguenze che, in determinati casi, possono portare a ridiscutere la sostenibilità economica e ambientale delle destinazioni stesse.

Il turismo oggi è uno dei settori economici più significativi a livello globale, contribuendo per circa il 10% al Prodotto Interno Lordo mondiale. In termini di contributo ai cambiamenti climatici, gli ultimi dati pubblicati a cura della *United Nations World Tourism Organization* – UNWTO (nel 2008), e dal *International Transport Forum* – ITF (ultimo rapporto del 2019), evidenziano come nel 2016 le sole emissioni associate al trasporto dei turisti abbiano contribuito per il 5% del totale delle emissioni da origine antropica. Il rapporto, stilato prima della pandemia da Covid-19, prevede entro il 2030 un ulteriore incremento dello 0,3%, con una proiezione che stima un aumento del **diossido di carbonio** (CO₂) fino a circa 2.000 milioni di tonnellate entro tale anno. Se gli spostamenti rappresentano la voce più importante, in termini di contributo al cambiamento climatico da parte del settore turistico (WTO, 2008), è necessario completare il quadro aggiungendo le emissioni di CO₂ derivanti da altri due sotto-settori: ospitalità e attività turistiche. La WTO (2008) evidenzia come tali sotto-settori pesino, rispettivamente, per il 21% ed il 4% al totale delle emissioni imputabili al turismo nel suo complesso. Allo stesso tempo, il comparto turistico si trova nella condizione di dover affrontare le sfide derivanti da un fenomeno che esso stesso sta contribuendo ad acuire. Che le destinazioni turistiche e l’industria del turismo siano particolarmente sensibili deriva dal fatto che il **clima** stesso ha un ruolo fondamentale nel definire la lunghezza della stagione turistica nonché sulla sua qualità e tali fattori, da soli o combinati fra loro, influenzano la destinazione scelta dal turista (WTO-UNEP, 2008) e, conseguentemente, la propensione alla spesa e le ricadute economi-

che sulle comunità ospitanti. Non a caso, quindi, il tema delle conseguenze dei cambiamenti climatici sul turismo è ampiamente dibattuto a livello internazionale da diversi anni. Già nel 1999 la *World Wide Fund for Nature* – WWF – nell'analizzare gli **impatti** potenziali sul turismo in diverse destinazioni, fra cui le Alpi europee e l'area del Mediterraneo, affermava come entrambe le regioni avrebbero potuto perdere parte della propria attrattività turistica. Un esempio su tutti è rappresentato dal turismo montano, sia invernale che estivo. Le stazioni sciistiche delle vallate alpine, a seguito della diminuzione dell'innevamento naturale, da diversi anni si vedono costrette a ricorrere a strategie adattive e in modo particolare al cosiddetto *snowmaking* (innnevamento artificiale), che vede ricercatori, amministrazioni nazionali e locali, e associazioni impegnate nel comprendere le implicazioni economiche e ambientali di tali pratiche (Hahn, 2004). Inoltre, gli **eventi meteorologici estremi** accentuano l'instabilità dei pendii, provocando frane, smottamenti, crolli in roccia e inondazioni. Questi fenomeni comportano l'incremento dei costi per la

manutenzione di territori già fortemente rimaneggiati e diminuiscono la fruibilità di impianti e piste nel periodo estivo per attività quali *trekking*, *mountain bike*, *downhill*. Più in generale, è l'intero sistema del turismo montano (ricettività in quota, quali i rifugi alpini ed escursionistici, sentieri, vie di arrampicata, percorsi alpinistici) a subire le diseconomie derivanti direttamente o indirettamente dai cambiamenti climatici.

Bibliografia

- CIPRA (2011). "Turismo nel cambiamento climatico. Una relazione specifica della CIPRA". CIPRA International, Schaan, Liechtenstein.
- Hahn, F. (2004). "Innevamento artificiale nelle Alpi. Una relazione specifica". CIPRA International, Schaan, Liechtenstein.
- Viner, D.; Agnew, M. (1999), "Climate Change and Its Impacts on Tourism", WWF-UK, Norwich, UK.
- World Tourism Organization and United Nations Environment Programme (2008). "Climate Change and Tourism – Responding to Global Challenges", UNWTO, Madrid.
- World Tourism Organization and International Transport Forum (2019), "Transport-related CO₂ Emissions of the Tourism Sector – Modelling Results", UNWTO, Madrid.

LESSICO *le* NUVOLE:

le parole del cambiamento climatico

U



V

Z

“

Credo che avere la terra
e non rovinarla sia la più
bella forma d'arte che
si possa desiderare.

Andy Warhol

”

Artista.
La Filosofia di Andy Warhol

/uso del suolo e cambio d'uso del suolo/ Land Use e Land Use Change

ambito disciplinare
ambientale

autori
Enrico Borgogno
Mondino
Tommaso Orusa

Il suolo è una risorsa limitata i cui tempi di formazione sono generalmente molto lunghi, ma che può essere distrutto fisicamente o alterato chimicamente e biologicamente in tempi molto brevi, nonostante la sua **resilienza**, sino alla perdita delle proprie funzioni

Componente chiave delle risorse fondiari dello sviluppo umano, agricolo e della sostenibilità ecologica, dalle differenti tipologie di suoli dipende l'intera produttività primaria terrestre e la stabilità della catena alimentare. La sua gestione è fondamentale essendo un importante **driver** (fattore d'influenza) nel **sistema climatico**.

Il suolo è il risultato dell'azione di diversi fattori; il concetto fu formalizzato nel 1941 dal pedologo Hans Jenny, nella prima e seconda versione della sua famosa equazione che connette le proprietà osservate del suolo con i fattori indipendenti che determinano la sua formazione quali:

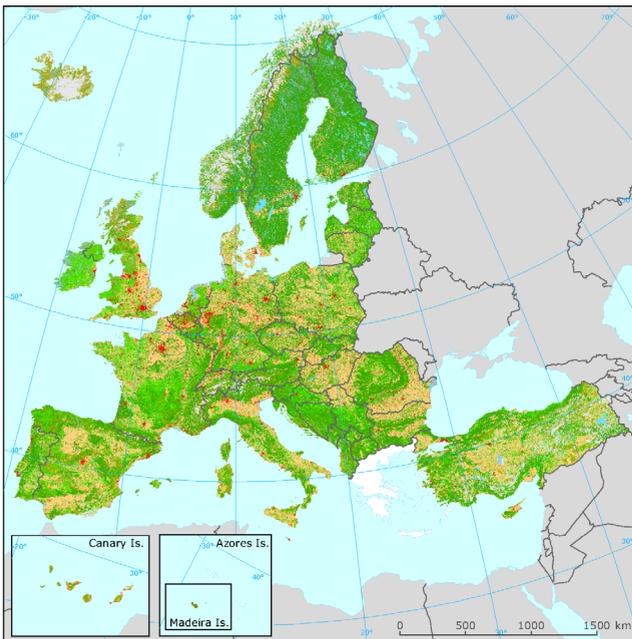
$$I) S = f(\text{cl, o, r, p, t, ...})$$

Dove: S = suolo; cl = **clima**; o = organismi; r = topografia (esposizione, pendenza, geomorfologia); p = roccia madre; t = tempo (momento iniziale della formazione di un suolo definito come pedogenesi); ... = altri fattori, di importanza locale.

$$II) I, s, v, a = f(P_x, L_0, t)$$

Dove: I = proprietà dell'ecosistema, s = proprietà del suolo, v = proprietà della vegetazione, a = proprietà della vita animale, L_0 = valore delle proprietà al tempo zero (inizio della pedogenesi)

P_x = potenziali di flusso, t = età dell'intero sistema.



Corine Land Cover types - 2006

■ Artificial areas	■ Open spaces/bare soils
■ Arable land and permanent crops	■ Wetlands
■ Pastures and mosaics	■ Water bodies
■ Forested land	■ No data
■ Semi-natural vegetation	■ Outside data coverage

Figura 1 .
La figura 1 mostra lo stato dell'uso del suolo in Europa nel 2006; da questa immagine è evidente il forte sfruttamento delle zone pianeggianti per scopi residenziali e produttivi.

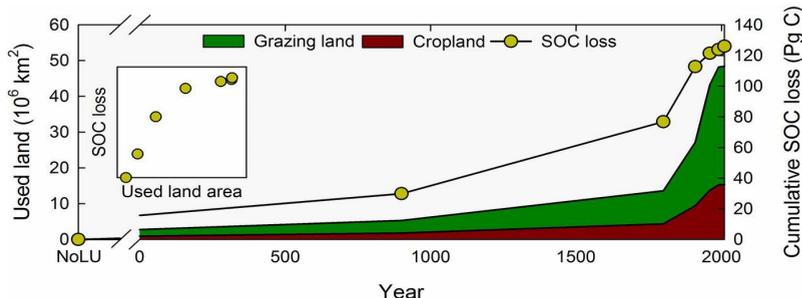


Figura 2.

Nel grafico si riporta l'utilizzo di suolo (in milioni di km², asse delle ordinate a sinistra) destinato a pascolo (grazing land – area verde) e area agricola (cropland – area rossa) nel tempo (asse delle ascisse, fino all'anno 2000) e la perdita cumulata di carbonio organico nel suolo (SOC – asse delle ordinate di destra, per la curva a punti gialli).

Fonte: Sanderman, J. Et al. 2017.

Per copertura del suolo (*Land Cover*) s'intende la copertura biofisica della superficie terrestre, comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE.

L'uso del suolo (*Land Use*) è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche.

La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio: residenziale, industriale, agricolo, forestale, ecc.).

Un cambio di uso del suolo (*Land Use Change*) consiste in una variazione di destinazione d'uso a cui si può accompagnare anche il cambio di copertura che può avere o non avere un effetto sullo stato reale (chimico, fisico e biologico) del suolo.

Il cambio d'uso del suolo produce effetti negativi quando altera irrimediabilmente le sue funzioni e capacità di fornire **servizi ecosistemici** e la sua **biodiversità**. **Feedback (retroazioni)** negativi nella sua gestione sono rappresentati da: l'impermeabilizzazione per cementificazione (noto anche come "consumo di suolo"); l'attività mineraria estrattiva; la **deforestazione** in ecosistemi

forestali pluviali laddove il sistema dipende interamente dal ciclo della sostanza organica, come ad esempio le foreste del Brasile e del Borneo.

La crescente pressione antropica, la maggior domanda di cibo (in particolare carne) legata all'**aumento demografico** hanno determinato una forte conversione di molti suoli in precedenza foreste, arbusteti e ambienti umidi in terreni agricoli a spiccata impronta antropica con notevoli effetti sulle caratteristiche fisico-chimiche dei suoli (vedi Figura 2). A una perdita di sostanza organica a seguito di pratiche intensive si è accompagnato un aumento delle emissioni di **gas serra** in **atmosfera**. (Sanderman, J. Et al. 2017).

Bibliografia

- Borrelli, Pasquale, et al. "An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion." *Nature communications* 8.1 (2017): 2013.
- Foley, Jonathan A., et al. "Global consequences of land use." *Science* 309.5734 (2005): 570-574.
- Hansen, Matthew C., et al. "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change." *Science* 342.6160 (2013): 850-853.
- Noble, I., et al. *Land use, land use change, and forestry*. Cambridge University Press, 2000.
- Sanderman, Jonathan, Tomislav Hengl, and Gregory J. Fiske. "Soil carbon debt of 12,000 years of human land use." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114.36 (2017): 9575-9580

/Variabilità climatica/ Climate Variability

ambito disciplinare
fisico

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

La **variabilità climatica** fa riferimento a tutte le variazioni di stato medio e di altre statistiche (quali la deviazione standard, il verificarsi di eventi estremi, ecc.) del **clima** a tutte le scale spaziali e temporali.

Tale variabilità può essere interna se dovuta a processi naturali interni al **sistema climatico**, o esterna se derivante da variazioni di **forzanti** esterni naturali o antropogenici.

Bibliografia

- CMCC, 2017. Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).
- Glantz, Michael H., ed. "Climate variability, climate change and fisheries". Cambridge university press, 2005.
- Mayewski, Paul A., et al. "Holocene climate variability". Quaternary research 62.3 (2004): 243-255.

/Vulnerabilità/ Vulnerability

ambito disciplinare
ambientale
gestione del rischio

autori
Alessandro Pezzoli
Carlotta Quagliolo

La **vulnerabilità** viene definita come la propensione degli elementi esposti di un sistema (persone, edifici, infrastrutture, attività economiche, ecc.) a essere negativamente alterati e danneggiati a seguito di eventi pericolosi. L'intensità degli **impatti dei cambiamenti climatici** dipende fortemente dal livello di vulnerabilità e di **esposizione** a questi eventi.

La vulnerabilità rappresenta il grado di suscettibilità (**sensibilità**) a subire un danno, a seconda dell'esposizione agli stress, associata all'incapacità di fronteggiare un fenomeno o di adattarsi. L'IPCC descrive la vulnerabilità come funzione diretta di esposizione e sensibilità e come funzione inversa della **capacità adattiva**.

Ciò significa che la vulnerabilità di un sistema aumenta all'incremento di sensibilità o esposizione e diminuisce se esiste un buon livello di capacità adattiva. Allo stesso tempo la vulnerabilità è dinamica e determinata da molti fattori; per questo motivo un'elevata capacità adattiva in risposta agli eventi estremi non riflette in maniera precisa una bassa vulnerabilità.

Bibliografia

- Adger, W.N. 2006. "Vulnerability". *Global Environmental Change*; 16(3), 268-281.
- Belcore, E.; Calvo, A.; Canessa, C.; Pezzoli, A. "A Methodology for the Vulnerability Analysis of the Climate Change in the Oromia Region Ethiopia". Springer, Cambridge International Science Publishing: Great Abingdon, UK, 2017; pp. 73-102.
- Cardona, O.D., M.K. van Aalst, J. Birkmann, M. Fordham, G. McGregor, R. Perez, R.S. Pulwarty, E.L.F. Schipper, and B.T. Sinh, 2012: "Determinants of risk: exposure and vulnerability". A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 65-108.
- IPCC, 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.
- CMCC, 2017. "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC). Prima stesura per la consultazione Pubblica". Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC): Italy.
- UN General Assembly (UNGA), 2016: "Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction"; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

/Zoonosi da cambiamenti climatici/

ambito disciplinare
Sanità pubblica
veterinaria

autori
Riccardo Orusa
Enrico Bollo

Una **zoonosi** è una malattia che per sua natura, avendo colpito una o più specie di animali, può interessare a sua volta gli esseri umani. Le zoonosi e le emergenze da loro create possono essere emergenti, riemergenti o in talune situazioni anche molto recenti (SARS-CoV-2) relativamente sconosciute, pur potendo essersi già manifestate in parte in un arco temporale passato. Nel corso del tempo, soprattutto a seguito delle erosioni continue delle risorse ambientali e dell'uso sconsiderato degli ecosistemi, l'impatto dei cambiamenti climatici sull'ambiente ha coinvolto con una certa frequenza anche la salute degli esseri umani. Molto spesso le malattie di natura zoonotica, originate dalle specie animali, e collegate in molti casi ad alterazioni climatiche

e ambientali, sono risultate di origine virale, dunque da virus emergenti, caratterizzati da alta patogenicità e spesso da elevata contagiosità. Alcune di queste malattie colpiscono soltanto gli animali - per esempio afta epizootica, peste suina classica e africana, malattia di Newcastle - ma, come già accennato, possono a seguito del salto di specie (**spillover**) esercitare un'importante azione patogena sulla specie umana: per esempio SARS, MERS, Ebola, COVID-19. È stato ampiamente dimostrato che alcune zoonosi, per lo più causate da vettori (cosiddetti "ectoparassiti", tra cui ad esempio zanzare e zecche) sono certamente dipendenti e strettamente correlate con alterazioni ambientali, eventi climatici e cambiamenti sociali non necessariamente gravi. L'emergenza delle zoonosi è un fenomeno di natura universale e il suo impatto su ecosistema, natura, popolazione animale e umana può essere molto consistente e importante. Le recenti epidemie, e in qualche caso pandemie respiratorie acute quali SARS, febbre del Nilo occidentale e influenza aviaria, evidenziano l'importanza e la gravità delle malattie emergenti sulla salute dell'uomo a livello mondiale, il ruolo fondamentale dei servizi di prevenzione rappresentati dai Servizi Sanitari e Veterinari, dai Laboratori diagnostici e dalle istituzioni a essi collegate. A questi sistemi integrati (nel quadro dell'approccio "**One Health**") e doverosamente nella condizione di dovere essere sempre attivi ed efficienti nella loro funzione di prevenzione delle zoonosi, vanno attribuiti i ruoli di prevenzione, allerta epidemiologica, servizio di diagnostica, sistemi di sorveglianza attiva e passiva, e attività di ricerca. Una risposta efficace dei sistemi di sanità pubblica verso le zoonosi emergenti e riemergenti rappresenta il baluardo e la difesa primaria verso le zoonosi e le epidemie anche di origine dall'uomo, al fine del

mantenimento e del miglioramento del benessere e della salute delle popolazioni, siano esse umane o animali, allevate o a vita libera, e la relativa salubrità degli alimenti.

La periodica emergenza o riemersione delle zoonosi ci deve portare a importanti riflessioni sulle possibili ripercussioni ambientali, sociali ed economiche che da esse possono derivare, qualora non vengano attivati e mantenuti in tutti i Paesi gli standard relativi allo studio, al monitoraggio e al controllo continuo non solo delle malattie specificamente definite zoonotiche, ma anche delle caratteristiche dell'ambiente. Obiettivo fondamentale della sanità pubblica è di rendere il sistema pronto all'insorgenza di zoonosi poco o per nulla prevedibili e, al contempo, esercitare una reazione rapida ed efficiente di contenimento alla loro possibile diffusione.

Bibliografia

- AA.VV. (2008): "Climate Change: Impact of the epidemiology and control of animal diseases". *Revue Scientifique et Technique OIE*, vol. 27 (2).
- Aguirre A.A. et al. (2002): "Conservation Medicine: Ecological health in practice". Oxford Univ. Press, N.Y. (USA).
- Baylis N., Githeko A.K. (2006): "The effects of climate change on infectious diseases of animals. T7.3. Foresight. Infectious Diseases: preparing for the future". Office and Science and Innovation (www.foresight.gov.uk)
- Daszak P., Cunningham A.A., Hyatt A.D. (2000): "Emerging infectious diseases of wildlife: threats to biodiversity and human health". *Science* 287, 443-449.
- Hunter P.R. (2003): "Climate change and waterborne and vector borne disease". *J. Appl. Microbiol.*, 94, 375-465.
- Wigley T.M.L. (2005): "The climate change commitment". *Science*, 307, 1766-1741.
- Zell R. (2004): "Global climate change and emergence/re-emergence of infectious diseases". *Int. J. Med. Microbiol.*, 293 (Suppl. 37) 16-26.



Ora c'erano di nuovo molte
parole in circolazione,
e la realtà di nuovo appariva
a portata di mano.



Natalia Ginzburg

Scrittrice.
Lessico familiare



Bibliografia generale

LIBRI DI TESTO E DIVULGATIVI

- Acordon V., Castellano C., Cat Berro D., Mercalli L., (2009) *Che tempo che farà. Breve storia del clima con uno sguardo al futuro*, Collana Saggi italiani, Milano, Rizzoli
- Armaroli N., Balzani V. (2017), *Energia per l'astronave Terra*, Zanichelli.
- Armaroli N., Balzani V. (2017), *Energia oggi e domani*, Bonomia University Press.
- Bagliani M. (2019), *Il cambiamento climatico in prospettiva geografica: aspetti fisici, impatti, politiche*, Il Mulino.
- Bagliani M., *Contare sulla natura. I territori dell'impronta ecologica*, Aracne Editore, 2014.
- Bagliani M., Battaglia M., Ferlaino F., Guarino E., 2012 *Atlante della contabilità ambientale del Piemonte: geografia e metabolismo dell'impronta ecologica*, Edizioni IRES.
- Bagliani M., Pietta A. (2012), *Territorio e sostenibilità. Gli indicatori ambientali in geografia*, Patron.
- Bagliani M., Wackernagel, M. and Rees, W.E., 1996, *L'impronta ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano e WWF Italia, Roma, 1996
- Baird C., Cann M., *Chimica Ambientale*, Zanichelli Editore, 2014, Bologna.
- Balzani V., Venturi M., *Energia, risorse, ambiente*, Zanichelli Editore, 2014, Bologna.
- Behringer, Wolfgang, *Storia culturale del clima: Dall'Era glaciale al Riscaldamento globale*, Bollati Boringhieri, Torino, 2013.
- Bernkirane, Reda, *La teoria della complessità*. Bollati Boringhieri, 2007.
- Blom Philipp, *Il primo inverno*, Marsilio, Venezia, 2018.
- Bonaiuto, M., Bilotta, E. & Fornara, F. (2004). *Che cos'è la psicologia architettonica*. Carocci, Roma.
- Buiatti, Marcello (2007). *La biodiversità*. il Mulino.
- Capra F., Mattei U., *Ecologia del diritto. Scienza, politica, beni comuni*, Aboca ed., 2017.
- Cat Berro D., Mercalli L., Piccini P. (2007) *Ghiacciai in Valsesia*, SMS - Società Meteorologica Subalpina.
- Cat Berro D., Mercalli L. (2005) *Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*, SMS - Società Meteorologica Subalpina.
- Chalmers, D. (1996), *The Conscious Mind: In search of a fundamental theory*, Oxford University Press, New York.
- Clayton, S. (a cura di) (2012). *The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*. New York: Oxford University Press
- Dansero E., Bagliani M. (2011), *Politiche per l'ambiente*, UTET Università.
- Fargione D., Concilio C. (a cura di) (2017) *Antroposcenari. Storie, paesaggi, ecologie*. Bologna: Il Mulino, Percorsi.
- Fabian P., Dameris M., *Ozone in the Atmosphere - Basic Principles, Natural and Human Impacts*, Springer, 2014.
- Fenoglio S., Bo T., Bona F., Ridolfi L., Vesipa R., Viaroli P., 2019. *Ecologia Fluviale*, Utet, pp. 516.
- Fill A., Mühlhäusler P. (Eds.), *The Ecolinguistics Reader: Language, Ecology and Environment*. London and New York: Continuum.
- Finlayson-Pitts B., Pitts J., Jr. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere, Theory, Experiments, and Applications*, Academic Press, 1999, pag. 969.
- Gladwell, Malcolm, *The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference*, (2000), Little Brown Ed. Edizione italiana "Il punto critico. I grandi effetti dei piccoli cambiamenti". (2000) Rizzoli.

- Giddens, A. (2015). *La politica del cambiamento climatico*. Il Saggiatore. Milano.
- Gifford, R. (2014). *Environmental Psychology: Principles and Practice (5th ed.)*. Optimal Books, Colville, WA.
- Giorgetti F. (2019) *La storia della malattia*, Book Sprint edizioni.
- Giuliaci, Mario, Andrea Giuliaci, and Paolo Corazzon, eds. *Manuale di meteorologia*. Alpha Test, 2010.
- Ghosh Amitav, *La grande cecità. Il cambiamento climatico e l'impensabile*, Vicenza: Neri Pozza, 2017.
- Grigioni, Paolo, et al. *La rete di stazioni meteorologiche dell'Osservatorio Meteo-Climatologico in Antartide*. ENEA, 2016.
- Harman, Graham. 2018. *Object-Oriented Ontology: A New Theory of Everything*. London: Penguin Book.
- Hartmann, Dennis L., *Global physical climatology*. Vol. 103. Newnes, 2015.
- Harari Y. H. (2015) *Da animali a dèi. Breve storia dell'umanità*, Bompiani.
- Harré, R., Brockmeier, J., & Mühlhäusler, P. (1999). *Greenspeak: A study of environmental discourse*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Herman E. D., *Lo stato stazionario: l'economia dell'equilibrio biofisico e della crescita morale*, Sansoni, Firenze, 1981
- Jason W. Moore, *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History and the Crisis of Capitalism, Oakland*: PM Press, 2016 [Anthropocene o capitalocene? Scenari di ecologia-mondo nella crisi planetaria, trad. it. e cura di A. Barbero e E. Leonardi, Verona: Ombre Corte, 2017].
- Kappenberger, Giovanni, and Jochen Kerkmann. *Il tempo in montagna: manuale di meteorologia alpina*. Zanichelli, 1997.
- Keith, D. W. (2015). *L'Alternativa Razionale: i pro e i contro dell'ingegneria climatica*. Bollati e Boringhieri.
- Lakoff, G. (2019). *Non pensare all'elefante*, Chiarelettere.
- Lakoff, G. (2009). *Pensiero politico e scienza della mente*. Milano: Bruno Mondadori.
- Levi Primo, *Il Sistema Periodico*, ET Scrittori, Torino, 2014.
- Levi Primo, *Tutti i racconti*, a cura di Marco Belpoliti, Einaudi, Torino, 2005.
- Lombardi Vallauri, E. *La lingua disonesta. Contenuti impliciti e strategie di persuasione*, Il Mulino 2019.
- Matarazzo, O., & Zammuner, V. (2009). *La regolazione delle emozioni* (pp. 1-229). Bologna, Il Mulino.
- Mastrojeni G., Pasini A., (2017) *Effetto serra effetto Guerra*, Chiarelettere editore.
- Meadows, D. (2019) *Pensare per sistemi. Interpretare il presente orientare il futuro verso uno sviluppo sostenibile*. Milano: Guerini Next.
- Mercalli L. (2019) *Il clima che cambia. Perché il riscaldamento globale è un problema vero, e come fare per fermarlo*, Collana Le scoperte · Le invenzioni, Milano, BUR Rizzoli.
- Mercalli, L., Cat Berro L., *Duemila anni di clima in Valsusa. Da Annibale al riscaldamento globale*. (2018) SMS editore.
- Mercalli, Luca. *Che tempo che farà: breve storia del clima con uno sguardo al futuro*. Rizzoli, 2012.
- Mercalli L., Di Napoli G. (2008) *Il clima di Torino*, SMS - Società Meteorologica Subalpina.
- Mercalli, L., Cat Berro L., *Climi, acque e ghiacciai tra Gran Paradiso e Canavese*. (2005) SMS editore.
- Mercalli L., Di Napoli G. (1996) *Moncalieri, 130 anni di meteorologia*, SMS - Società Meteorologica Subalpina.
- Miller, A. Austin. *Climatology*. Routledge, 2019.
- Miller, Toby (2017a) *Greenwashing Culture*. London & New York: Routledge.
- Miller, Toby (2017b) *Greenwashing Sport*. London & New York: Routledge.
- Monteith J.L., Unsworth M.H., 2013. *Principles of Environmental Physics: Plants, Animals and Atmosphere*, 4° ed., Academic Press, 401 pp.
- Monterossi M., *L'orizzonte intergenerazionale del diritto civile. Tutela, soggettività, azione*. Edizioni ETS, 2020
- Moscovici, S. (1994). *La société contre nature*. Paris: Editions du Seuil.

- Morton, Timothy. 2013. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*. Minneapolis and London: University of Minnesota Press.
- Muller R. (2012) *Energia per i presidenti del futuro*, Codice Edizioni.
- Paci, Marco (2011). *Ecologia forestale: elementi di conoscenza dei sistemi forestali applicati alla selvicoltura*. Edagricole.
- Pal Arya S., *Introduction to Micrometeorology*, Academic Press, 2001.
- Pattoni Maria Pia (a cura di), *Prometeo. Il dono del fuoco*, RCS, Milano, 2018.
- Peixoto, José Pinto, and Abraham H. Oort. *Physics of climate*. Abraham H. Oort Editore, 1992.
- Pinna, Sergio. *Lineamenti di Climatologia*. Aracne Editore, 2017.
- Piussi, Pietro. *Selvicoltura generale*. Torino, Italy: Utet, 1994.
- Poole, S. (2006) *Unspeak*. London: Little, Brown .
- Princen Thomas, *The Logic of Sufficiency*, MIT press, Cambridge (MA) e Londra, 2005.
- Provenzale, A. (a cura di) *Il mutamento climatico. Processi naturali e intervento umano*, Ed. Il Mulino, 2013.
- Quammen David. *Spillover. L'evoluzione delle pandemie*. Adelphi Edizioni, 2014.
- Restelli G., Zanderighi G., *Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico*, Edizioni Unicopli, Milano, 2001, pag. 344.
- Rockström J., Klum M. (2015) *Grande mondo, piccolo pianeta, La prosperità entro i confini planetari*. Edizioni Ambiente.
- Sands Philippe and others, *Principles of International Environmental Law* (4th edn, CUP 2018) 244.
- Shelley Mary, *Frankenstein or, The modern Prometheus*, New American Library, New York, 2000 (ed. it. *Frankenstein, ovvero il moderno Prometeo*, a cura di Nadia Fusini, tr. di Luca Lamberti, Einaudi, Torino, 2011).
- Stanley E. Manahan (2000), *Chimica dell'ambiente*, Piccin, Padova.
- Sterling S. (2006). *Educazione sostenibile*, Anima Mundi Editrice, Otranto.
- Stewart Ian, *Dio gioca a dadi? La nuova matematica del caos*. Bollati Boringhieri, 1990.
- Vacchiano G., *La resilienza del bosco*, Mondadori 2019 .
- Wadhams, Peter, and Maria Pia Casarini. *Addio ai ghiacci: rapporto dall'Artico*. Bollati Boringhieri, 2017.
- Wilson E. O. (2009), *La diversità della vita. Per una nuova etica ecologica*, BUR Biblioteca Univ. Rizzoli.

LETTERATURA SCIENTIFICA

- Armaroli N., Balzani V., *The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities*, Angew. Chem. Int. Ed. 2007, 46, 52–66.
- Alexander, D. E. (2013). *Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey*. *Natural Hazards & Earth System Sciences*, 13(11).
- Bandura, A. (1982). *The self and mechanisms of agency*. In J. Suls (Ed.), *Psychological perspectives on the self* (Vol. 1, pp. 3–39). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Birkmann, J., & von Teichman, K. (2010). *Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation: key challenges—scales, knowledge, and norms*. *Sustainability Science*, 5(2), 171–184
- Bindoff, N.L., P.A. Stott, K.M. AchutaRao, et al., 2013: *Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Brügger, A, Rauto Dessai, SX, Devine-Wright, P et al. (2015) *Psychological responses to the proximity of climate change*. *Nature Climate Change*, 5, 1031 - 1037.
- Caimotto M.C. (2019) *Anglicisms in Italian environmentally friendly marketing. English as the global language of capitalism or sustainability?* in Ji C. (Ed.) *Translating and Communicating Environmental Cultures*. London and New York: Routledge.
- Caimotto M.C. (2015). *Gli stakeholder contro il climate change per un mondo più green versus*

- parla come mangi. *L'uso degli anglicismi nei testi promozionali a sfondo ambientalista: un'analisi discorsiva* in Daniela Fargione and Serenella Iovino (eds.) *Contaminazioni ecologiche: Cibi, Nature, Culture*, Irene – Interdisciplinary Researches.
- Caimotto M.C. (2013) *The unsustainable Anglicization of sustainability discourse in Italian green companies* in R. Salvi and W. Cheng (eds.) *Textus*. Carocci, Roma.
- Caimotto M.C. e Molino, A. (2011) *Anglicisms in Italian as alerts to greenwashing: a case study in Critical Approaches to Discourse Analysis across Disciplines*. Vol. 5 (1): 1 – 16.
- Cohen, S. (2001). *States of Denial: Knowing about Atrocities and Suffering*. Cambridge, UK: Polity Press.
- Ellis, Erle C. *Ecology in an anthropogenic biosphere*. *Ecological Monographs* 85.3 (2015): 287-331.
- du Pont, Y. R., Meinshausen, M. (2018). *Warming assessment of the bottom-up Paris Agreement emissions pledges*. *Nature communications*, 9(1), 1-10.
- Fill, Alwin F. & Penz, Hermine (eds). 2018. *The Routledge Handbook of Eco-linguistics*. London & New York: Routledge.
- Frijda, N. H. (1988). *The laws of emotion*. *American psychologist*, 43(5), 349.
- Gifford, R. (2007). *Environmental Psychology and Sustainable Development: Expansion, Maturation, and Challenges*. *Journal of Social Issues*, 63(1), 199–213.
- Gore, Al. (2006) *An inconvenient truth: The planetary emergency of global warming and what we can do about it*. Rodale.
- Hajer, M., & Versteeg, W. (2005). *A decade of discourse analysis of environmental politics: achievements, challenges, perspectives*. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 7(3), 175–184.
- Hansen, Matthew C., et al. *High-resolution global maps of 21st-century forest cover change*. *Science* 342.6160 (2013): 850-853.
- Harman, Graham. 2019. *The Coldness of Forgetting: OOO in Philosophy, Archaeology, and History*. *Open Philosophy* 2(1): 270-279.
- Hartmann, D.L., A.M.G. Klein Tank, M. Rusticucci, et al., 2013: *Observations: Atmosphere and Surface*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Hinkel, Jochen, et al. *Sea-level rise scenarios and coastal risk management*. *Nature Climate Change* 5.3 (2015): 188.
- Höhne, N., Kuramochi, T., Warnecke, C., et al. (2017). *The Paris Agreement: resolving the inconsistency between global goals and national contributions*. *Climate Policy*, 17(1), 16-32.
- Houghton, John Theodore, Geoffrey J. Jenkins, and Jim J. Ephraums. *Climate change*. 1991
- Howells, Mark, et al. *Integrated analysis of climate change, land-use, energy and water strategies*. *Nature Climate Change* 3.7 (2013): 621.
- Hsu, A., Moffat, A. S., Weinfurter, A. J., & Schwartz, J. D. (2015). *Towards a new climate diplomacy*. *Nature Climate Change*, 5(6), 501.
- Jeffery, L., Fyson, C., Alexander, R., Gutschow, J., Rocha, M., Cantzler, J. Blok, K. (2015). *2.7 °C is not enough – we can get lower* – Climate Action Tracker update 8 December 2015.
- Jonas Hans, *Das Prinzip Verantwortung: Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, Insel Verlag, Frankfurt am Main, 1979 (ed. it. *Il principio responsabilità: un'etica per la civiltà tecnologica*, a cura di Pier Paolo Portinaro, Einaudi, Torino, 1990).
- Lewis, M. (2008). *Self-conscious emotions: Embarrassment, pride, shame, and guilt*. In M. Lewis, J. Haviland-Jones, & L. Feldman Barrett (Eds.), *Handbook of emotions* (3rd ed., pp. 742–756). New York: Guilford Press.
- Kelman, I. (2015). *Climate change and the Sendai framework for disaster risk reduction*. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6(2), 117-127.
- Klein Goldewijk, Kees, et al. *“The HYDE 3.1 spatially explicit database of human-induced global land-use change over the past 12,000 years.”* *Global Ecology and Biogeography* 20.1 (2011): 73-86.
- Krueger, R. e Gibbs D. (a cura di), 2007. *The sustainable development paradox. Urban political economy in the United States and Europe*. London and New York: The Guilford Press.
- Lakoff, G. (2010) *Why it matters how we frame the environment*, Environmental Communication,

4:1, 70-81.

- Lambin, Eric F., and Patrick Meyfroidt. *Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity*. Proceedings of the National Academy of Sciences 108.9 (2011): 3465-3472.
- Marincioni, F. (2015). *Riduzione del rischio disastri: l'immane ruolo della geografia*. Rivista geografica italiana, 122(1), 143-150.
- Mazo, Jeffrey. *Climate conflict: how global warming threatens security and what to do about it*. Routledge, 2010.
- Mercer, J. (2010). *Disaster risk reduction or climate change adaptation: are we reinventing the wheel?* Journal of International Development: The Journal of the Development Studies Association, 22(2), 247-264.
- Meyer, William B., and Billie L. Turner. *Human population growth and global land-use/cover change*. Annual review of ecology and systematics 23.1 (1992): 39-61.
- Panglish S., Water 5. *Treatment by Membrane Separation Processes*, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 2002, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Panayot Karagoyzov, *Prometheism Degenerated: On Material from Ancient Greek and Polish Literature*, «The Polish Review», 57, 1 (2012), pp. 95-121.
- O'Neill, Brian C., et al. *IPCC reasons for concern regarding climate change risks*. Nature Climate Change 7.1 (2017): 28.
- Spence, A., Poortinga, W., & Pidgeon, N. (2012). *The psychological distance of climate change*. Risk Analysis: An International Journal, 32(6), 957-972.
- Stern, P. C. (2011). *Contributions of psychology to limiting climate change*. The American Psychologist, 66(4), 303-314.
- Swim, J. K., Stern, P. C., Doherty, T. J., Clayton, S., Reser, J. P., Weber, E. U., ... Howard, G. S. (2011). *Psychology's Contributions to Understanding and Addressing Global Climate Change*. American Psychologist, 66(4), 241-250.
- Upham, P., Whithmarsh, L., Poortinga, W., Purdam, K., Darnton, A., McLachlan, C., & Devine-wright, P. (2009). *Public Attitudes to Environmental Change: a selective review of theory and practice* (Vol. 70).
- Walther, Gian-Reto, et al. *Ecological responses to recent climate change*. Nature 416.6879 (2002): 389.
- Wisner, B., Gaillard, J. C., & Kelman, I. (Eds.). (2012). *Handbook of hazards and disaster-risk reduction*. Routledge.
- Wolf, Eric, et al. *Climate updates: what have we learnt since the IPCC 5th Assessment Report?* (2017)
- Wolff, E., et al. *The Royal Society Climate Updates: What have we learnt since the IPCC 5th Assessment Report?* (2017).

REPORTISTICA, PIANI E DOCUMENTI GOVERNATIVI

- CMCC, 2017. *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC)*. Prima stesura per la consultazione Pubblica. Documento elaborato da CMCC nell'ambito del Supporto tecnico-scientifico per il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) ai fini dell'Elaborazione del Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC).
- Ellen MacArthur Foundation (2012), *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*
- IPCC, 2019: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC)* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].
- IPCC 2018 *Global warming of 1.5 °C*. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty.
- IPCC, 2014: *Annex II: Glossary* [Mach, K.J., S. Plankton and C. von Stechow (eds.)]. In: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth As-

essment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117-130.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC, 2014 *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Glossary. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, a cura di C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken et al., Cambridge-New York, Cambridge University Press.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwicker and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2012 *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change, a cura di C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker et al., Cambridge-New York, Cambridge University Press.

ISPRA, *Biocarburanti: prevenzione del rilascio, comportamento ambientale, bonifica e monitoraggio*, Manuali e Linee Guida 114/2014.

ISPRA, *Rapporto Emissioni nazionali di gas serra: Indicatori di efficienza e decarbonizzazione nei principali Paesi Europei* – 2018.

IUPAC. *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd ed. (the “Gold Book”). Compiled by A. D. McNaught and A. Wilkinson. Blackwell Scientific Publications, Oxford (1997).

Jodice R., Pin M. (coord. scient.), *I Biocarburanti Le filiere produttive, le tecnologie, i vantaggi ambientali e le prospettive di diffusione*, Consorzio per l'AREA di ricerca scientifica e tecnologica di Trieste, 2007, pag. 216.

Maxwell D., Owen P., McAndrew L., Muehmel K., Neubauer A. (2011) *Addressing the Rebound Effect*. Report for the European Commission DG Environment, 26 Aprile 2011.

Ministero dello sviluppo economico, *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*, Dicembre 2019.

Ministero dello sviluppo economico, *Bilancio energetico nazionale*, 2017.

Task Force on Climate-related Financial Disclosures. (2017). Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures.

UN General Assembly (UNGA), 2016: *Report of the Open-Ended Intergovernmental Expert Working Group on Indicators and Terminology Relating to Disaster Risk Reduction*; United Nations General Assembly: New York, NY, USA.

UNEP, *Environmental Courts and Tribunals: “A Guide for Policy-Makers”*, Nairobi, 2016.

UNEP/SETAC. *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*. Paris, 2007.

UNEP, *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters Report* (IPCC).





Sitografia generale

anthropocene.info	encyclopedia.com	nationalgeographic.com
anthropocene.mast.org	epa.gov	nimbus.it
arpa.piemonte.it	epa.gov/ground-level-ozonepollution	noaa.gov/education
asle.org	explore.panda.org/forests	nrdc.org
asi.it	fao.org	oceanservice.noaa.gov
asvis.it	fao.org/forestry	ourworldindata.org
bafu.admin.ch	footprintnetwork.org	ozonewatch.gsfc.nasa.gov
biodiversitylibrary.org	fsb-tcfd.org	pefc.it
carbonbrief.org	ghgprotocol.org	pik-potsdam.de
climalteranti.it	globalforestwatch.org	progettogea.com
climate.copernicus.eu	globalreporting.org	protezionecivile.gov.it
climate.nasa.gov	greenreport.it	public.wmo.int
climatevisuals.org	iea.org	rainforest-alliance.org
copernicus.eu/it	ipcc.ch	sisef.org
data.footprintnetwork.org	ipcc.ch/reports	svs.gsfc.nasa.gov
earth.nullschool.net	isprambiente.gov.it	theanthropocene.org
earthobservatory.nasa.gov	it.fsc.org	undrr.org
ec.europa.eu	iucn.it	unenvironment.org
ec.europa.eu/energy	iufro.org	usgs.gov/land-resources/nli/landsat
ec.europa.eu/environment	iuss.org	wgms.ch
ecoage.it/biocarburanti	land.copernicus.eu	windy.com
eea.europa.eu	landsat.gsfc.nasa.gov/	wri.org/tags/biodiversity
eird.org	minambiente.it	
ellenmacarthurfoundation.org	modis.gsfc.nasa.gov	



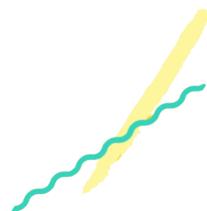
Indice analitico

- Accordo di Parigi - p. 35
- Acidificazione degli oceani - p. 37
- Adattamento ai cambiamenti climatici - p. 38
- Aerosol - p. 40
- Agenda 2030 e obiettivi di sviluppo sostenibile - p. 41
- Albedo - p. 43
- Alluvione e Allagamento - p. 44
- Anidride carbonica - p. 45
- Antropocene ed Olocene - p. 45
- Apparenza multipla - p. 47
- Aridità - p. 49
- Atmosfera - p. 50
- Aumento demografico e cambiamenti climatici - p. 52
- Bilancio di massa dei ghiacciai - p. 57
- Bilancio e rischi climatici - p. 60
- Bilancio energetico - p. 61
- Bilancio energetico terrestre - p. 63
- Bilancio idrologico - p. 65
- Biocombustibile - p. 66
- Biodegradabilità - p. 68
- Biodiversità e cambiamenti climatici - p. 69
- Biodiversità fluviale e cambiamenti climatici - p. 71
- Biosfera - p. 72
- Biossido di carbonio - p. 73
- Cambiamenti climatici - p. 75
- Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici - p. 76
- Capovolgimento meridionale della circolazione atlantica - p. 78
- Carbon Cost - p. 80
- Carbon Pricing - p. 82
- Carotaggio - p. 84
- Centratura produzioni/consumi degli inventari delle emissioni - p. 86
- Ciclo biogeochimico - p. 87
- Ciclo del carbonio - p. 88
- Classificazione energetica - p. 90
- Climate-Change Fiction, Cli-Fi Fiction, Eco-Fiction - p. 91
- Clima - p. 93
- Climate ADAPT - p. 94
- Climate Change Scenario Analysis - p. 95
- Climate Commons - p. 96
- Climate Diplomacy - p. 98
- Climatologia - p. 99
- Colonialismo del carbonio - p. 101
- Combustibili fossili - p. 103
- Combustione - p. 104
- Componenti del sistema climatico - p. 106
- Comportamenti pro-ambientali - p. 106
- Confini planetari - p. 107
- Conflitto climatico - p. 109
- Consumo e cambiamenti climatici - p. 111
- Conference of Parties (COP) - p. 112
- Copertura nevosa ed equivalente in acqua del manto nevoso - p. 113
- Correnti oceaniche - p. 115
- Coscienza ambientale e cambiamenti climatici - p. 116
- Costante solare - p. 118
- Crescitismo - p. 118
- Criosfera - p. 120
- Crisi climatica - p. 121
- Curva di Keeling - p. 123
- Dati satellitari - p. 125
- Decarbonizzazione - p. 127
- Deforestazione e cambiamenti climatici - p. 127
- Deperimento della foresta pluviale amazzonica - p. 131
- Desalinizzazione - p. 133
- Desertificazione - p. 135
- Diossido di carbonio - p. 136
- Diritto alla sicurezza climatica - p. 138
- Disastro - p. 139
- Disaster Risk Reduction - p. 140
- Distanza psicologica dai cambiamenti climatici - p. 141
- Disturbi psicologici da cambiamenti climatici - p. 143
- Driver dei cambiamenti climatici - p. 145
- Earth Observation Data - EO Data - p. 148
- Eco-ansia - p. 148
- Eco-colpa - p. 148
- Ecocidio - p. 148
- Ecolinguistica - p. 150
- Economia circolare - p. 151
- Ecopsicologia - p. 153

Ecosofia - p. 154	Green Deal europeo - p. 202	Movimenti per il clima - p. 319
Educazione ai cambiamenti climatici - p. 156	Greenwashing - p. 204	Nature Based Solutions (NBS) - p. 322
Effetto rimbalzo - p. 159	Idrosfera - p. 208	Negazione dei cambiamenti climatici - p. 323
Effetto serra - p. 161	Impatti da cambiamenti climatici - p. 209	Negazionismo climatico p. 325
Efficienza energetica - p. 163	Impronta di carbonio - p. 211	Normalized Difference Vegetation Index – NDVI - p. 325
El Nino/La Nina - p. 164	Impronta ecologica - p. 212	Ondata di calore - p. 327
Emergenza climatica - p. 164	Indici spettrali della vegetazione - p. 214	One Health - p. 327
Emozioni e cambiamenti climatici - p. 164	Indici di vegetazione da dati RADAR - p. 216	Ozono - p. 330
Energia - p. 166	Infodemia - p. 218	Paleoclima - p. 333
Environmental Humanities and Climate Change - p. 168	Innalzamento livello del mare - p. 219	Paradosso di Jevons - p. 334
Esposizione - p. 169	Inquinamento atmosferico - p. 221	Pedoclima - p. 334
Esternalità ambientali - p. 169	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) - p. 223	Pedosfera - p. 336
Estinzione e cambiamenti climatici - p. 171	Intermittenza idrologica e cambiamenti climatici - p. 224	Pensiero sistemico - p. 337
Evento meteorologico estremo - p. 173	Inventario delle emissioni - p. 226	Percezione dei cambiamenti climatici - p. 339
Evidenze dei cambiamenti climatici - p. 174	Iperoggetto riscaldamento globale - p. 228	Perdita della calotta glaciale dell'Antartide occidentale - p. 342
Fenologia e cambiamenti climatici - p. 178	Isole che affondano - p. 230	Perdita della calotta glaciale della Groenlandia - p. 344
Finanza sostenibile - p. 181	Lentificazione - p. 293	Pericolo - p. 345
Fitopatogeni e cambiamenti climatici - p. 183	Life Cycle Analysis - p. 294	Permafrost - p. 346
Fonti di energia rinnovabili - p. 185	Litosfera - p. 296	Pianificazione socio-ecologica e cambiamenti climatici - p. 349
Forzante radiativo - p. 186	Malattie e cambiamenti climatici - p. 298	Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (PNACC) - p. 350
Framing ambientali - p. 187	Malattie da vettore - p. 300	Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima - p. 350
Fridays For Future - p. 188	Malattie infettive e cambiamenti climatici - p. 302	Pirocene - p. 351
Fusione del permafrost - p. 188	Metabolismo del carbonio - p. 303	Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici - p. 355
Gas serra - p. 192	Meteorologia - p. 304	Politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici - p. 357
Geografia e cambiamenti climatici - p. 193	Microclima e Isola urbana di calore - p. 305	Populismo climatico - p. 359
Geoingegneria - p. 194	Migrazione climatica - p. 306	Pozzi e fonti di carbonio - p. 363
Geopolitica dei cambiamenti climatici - p. 196	Mitigazione dei cambiamenti climatici - p. 309	Principi ecogiuridici - p. 365
Gestione forestale sostenibile - p. 197	Mobilità sostenibile - p. 311	Produzione e cambiamenti climatici - p. 367
Giustizia climatica - p. 198	Modellistica forestale - p. 314	Proiezione climatica - p. 368
Glaciazioni ed ere glaciali - p. 201	Modello climatico - p. 316	

Prometeismo - p. 370	Spostamento della foresta boreale - p. 422
Protocollo di Kyoto - p. 371	Spostamento del monzone indiano - p. 424
Psicologia ambientale cambiamenti climatici - p. 373	Spostamento del regime monsonico dell'Africa occidentale - p. 426
Punti critici - p. 375	Stazione meteorologica - p. 428
Quadro europeo 2030-2050 - p. 378	Storia sociale del clima - p. 429
Quadruplici morsa - p. 379	Strategia della sufficienza - p. 430
Realtà e rappresentazioni sociali dei cambiamenti climatici - p. 383	Strategia Europa 2020 - p. 431
Report di sostenibilità - p. 385	Strategia Nazione Adattamento (SNAC) e Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC) - p. 433
Resilienza climatica - p. 386	Sustainable Development Goal 13: Climate Action - p. 434
Responsabilità comune ma differenziata - p. 387	Sviluppo sostenibile - p. 436
Retroazione - p. 389	Task Force on Climate Related Financial Disclosure - p. 440
Ricerca ecologica a lungo termine - p. 390	Tasso di crescita del CO ₂ - p. 442
Rifiuti e cambiamenti climatici - p. 391	Tassonomia Europea per le attività sostenibili - p. 443
Rifugiati climatici - p. 395	Tecniche del negazionismo climatico - p. 444
Riscaldamento globale - p. 398	Tecniche geoeingegneristiche - p. 446
Rischio - p. 400	Teleconnessioni - p. 449
Rischio di transizione economica - p. 401	Tempi scala climatici - p. 451
Rischio e pericolo - p. 401	Tempo di vita dei gas serra - p. 452
Sbiancamento a causa del deperimento delle barriere coralline - p. 404	Terra palla di neve - p. 454
Scenario climatico - p. 407	Tipping points - p. 455
Sensibilità - p. 410	Transizione energetica - p. 456
Servizi ecosistemici - p. 410	Transizione socio-ecologica - p. 458
Siccità - p. 412	Tribunali ambientali - p. 460
Sicurezza alimentare - p. 413	Turismo e cambiamenti climatici - p. 462
Sistema climatico - p. 415	Uso del suolo e cambio d'uso del suolo - p. 465
Sistema complesso - p. 416	Variabilità climatica - p. 467
Sistema di allerta precoce - p. 417	Vulnerabilità - p. 467
Smog fotochimico - p. 418	Zoonosi da cambiamenti climatici - p. 468
Solastalgia - p. 418	
Sovranità alimentare - p. 418	
Spillover - p. 420	

Indice per ambiti disciplinari



Per ogni ambito sono elencate quelle voci le cui definizioni sono declinate in relazione all'ambito stesso (del tutto o in parte).

AGRONOMICO	Componenti del sistema climatico	Lentificazione
Fitopatogeni e cambiamenti climatici	Confini planetari	Life Cycle Analysis (LCA)
	Copertura nevosa ed equivalente in acqua del manto nevoso	Litosfera
ALIMENTARE	Criosfera	Malattie infettive e cambiamenti climatici
Sicurezza alimentare	Dati satellitari	Microclima e Isola urbana di calore
Sovranità alimentare	Deforestazione e cambiamenti climatici	Mitigazione dei cambiamenti climatici
	Deperimento della foresta pluviale amazzonica	Mobilità sostenibile
AMBIENTALE	Desertificazione	Modellistica forestale
Alluvione e Allagamento	Disastro	Nature Based Solutions (NBS)
Adattamento ai cambiamenti climatici	Esposizione	Ondata di calore
Antropocene ed Olocene	Evento meteorologico estremo	One Health
Aridità	Evidenze dei cambiamenti climatici	Pedoclima
Aumento demografico e cambiamenti climatici	Fenologia e cambiamenti climatici	Pedosfera
Bilancio di massa dei ghiacciai	Fitopatogeni e cambiamenti climatici	Pensiero sistemico
Bilancio idrologico	Fonti di energia rinnovabili	Perdita della calotta glaciale dell'Antartide occidentale
Biodegradabilità	Fusione del permafrost	Perdita della calotta glaciale della Groenlandia
Biodiversità fluviale e cambiamenti climatici	Geoingegneria	Pericolo
Biosfera	Glaciazioni ed ere glaciali	Permafrost
Cambiamenti climatici	Idrosfera	Pirocene
Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici	Impronta di carbonio	Pozzi e fonti di carbonio
Capovolgimento meridionale della circolazione atlantica	Impronta ecologica	Proiezione climatica
Carbon Cost	Indici di vegetazione da dati RADAR	Punti critici
Carbon Pricing	Indici spettrali della vegetazione	Quadruple morsa
Ciclo biogeochimico	Innalzamento livello del mare	Resilienza climatica
Ciclo del carbonio	Intermittenza idrologica e cambiamenti climatici	Ricerca ecologica a lungo termine
Clima	Inventario delle emissioni	Rifiuti e cambiamenti climatici

Rischio
Sbiancamento a causa del
deperimento delle barriere coralline
Scenario climatico
Sensibilità
Servizi ecosistemici
Siccità
Spostamento del monzone indiano
Spostamento del regime
monsonico dell'Africa occidentale
Spostamento della foresta boreale
Strategia Nazionale di Adattamento
ai cambiamenti climatici (SNAC)
e Piano Nazionale di Adattamento
ai cambiamenti climatici (PNACC)
Sviluppo sostenibile
Tecniche geingegneristiche
Tempo di vita dei gas serra
Terra palla di neve
Turismo e cambiamenti climatici
Uso del suolo
e cambio d'uso del suolo
Vulnerabilità

ANTROPOLOGICO

Appartenenza multipla
Isole che affondano

BIOLOGICO

Biodiversità e cambiamenti climatici
Biodiversità fluviale
e cambiamenti climatici
Spillover

CHIMICO

Acidificazione degli oceani
Aerosol
Biocombustibile
Ciclo biogeochimico

Ciclo del carbonio
Combustibili fossili
Combustione
Desalinizzazione
Diossido di carbonio
Gas serra
Impronta di carbonio
Inquinamento atmosferico
Ozono
Tempo di vita dei gas serra

CLIMATICO

Cambiamenti climatici
Clima
Climatologia
Evidenze
dei cambiamenti climatici
Modello climatico
Proiezione climatica
Punti critici
Scenario climatico
Sistema climatico
Teleconnessioni
Tempi scala climatici
Terra palla di neve
Variabilità climatica

COMUNICAZIONE

Climate ADAPT
Tecniche del negazionismo
climatico

CULTURAL STUDIES

Appartenenza multipla

ECONOMICO E FINANZIARIO

Bilancio e rischi climatici

Bilancio energetico
Carbon Cost
Carbon Pricing
Centratura produzioni/consumi
degli inventari delle emissioni
Climate Change Scenario Analysis
Colonialismo del carbonio
Economia circolare
Eternalità ambientali
Finanza sostenibile
Green Deal europeo
Greenwashing
Report di sostenibilità
Rischio di transizione economica
Sicurezza alimentare
Sovranità alimentare
Sviluppo sostenibile
Task Force on Climate Related
Financial Disclosure
Tassonomia Europea
per le attività sostenibili
Turismo e cambiamenti climatici

EDUCAZIONE

Educazione ai cambiamenti
climatici

ENERGETICO

Bilancio energetico
Classificazione energetica
Efficienza energetica
Fonti di energia rinnovabili
Rifiuti e cambiamenti climatici
Transizione energetica

ENVIRONMENTAL HUMANITIES

Antropocene ed Olocene
Climate-Change Fiction,

Cli-Fi Fiction, Eco-Fiction	Paleoclima	Indici spettrali della vegetazione
Environmental Humanities and Climate Change	Pedosfra	
Estinzione e cambiamenti climatici	Retroazione	GEOPOLITICO
Isole che affondano	Riscaldamento globale	Conflitto climatico
	Sistema climatico	Geopolitica dei cambiamenti climatici
	Sistema complesso	Migrazione climatica
ECOCRITICO, ETICO, FILOSOFICO	Stazione meteorologica	
Iperoggetto riscaldamento globale	Tasso di crescita del CO2	
Ecosofia	Teleconnessioni	GESTIONE E PIANIFICAZIONE DEL RISCHIO
Prometeismo	Tempi scala climatici	Capacità di adattamento ai cambiamenti climatici
	Terra palla di neve	Impatti da cambiamenti climatici
FISICO	Variabilità climatica	One Health
Albedo		Sistema di allerta precoce
Atmosfera		
Bilancio energetico terrestre	FORESTALE	
Biosfera	Gestione forestale sostenibile	GIURIDICO
Cambiamenti climatici	Fitopatogeni e cambiamenti climatici	Diritto alla sicurezza climatica
Carotaggio	Modellistica forestale	Ecocidio
Clima	Pirocene	Giustizia climatica
Climatologia		Principi ecogiuridici
Componenti del sistema climatico	GEOGRAFICO	Responsabilità comune ma differenziata
Correnti oceaniche	Centratura produzioni/consumi degli inventari delle emissioni	Rifugiati climatici
Costante solare	Colonialismo del carbonio	Tribunali ambientali
Criosfera	Evidenze dei cambiamenti climatici	
Curva di Keeling	Geografia e cambiamenti climatici	GLACIOLOGICO
Driver	Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici	Bilancio di massa dei ghiacciai
Effetto serra	Politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici	Permafrost
Energia	Protocollo di Kyoto	
Evento meteorologico estremo	Quadro europeo 2030-2050	GOVERNANCE
Evidenze dei cambiamenti climatici	Strategia Europa 2020	Agenda 2030 e obiettivi di sviluppo sostenibile
Fonti di energia rinnovabili		Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC) e Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)
Forzante radiativo	GEOMATICO	Sustainable Development Goal 13: Climate Action
Idrosfera	Fenologia e cambiamenti climatici	
Litosfera	Indici di vegetazione da dati RADAR	Sviluppo sostenibile
Meteorologia		
Modello climatico		

INGEGNERISTICO

Geoingegneria
Tecniche geoingegneristiche

**GIORNALISTICO, LINGUISTICO
E LETTERARIO**

Crescitismo
Crisi climatica
Ecolinguistica
Ecosofia
Framing ambientali
Greenwashing
Infodemia
Mobilità sostenibile
Pensiero sistemico
Rifugiati climatici
Sviluppo sostenibile

MEDICO, VETERINARIO E SANITÀ PUBBLICA

Malattie e cambiamenti climatici
Malattie infettive e cambiamenti climatici
Malattie da vettore
One Health
Spillover
Zoonosi da cambiamenti climatici

POLITICO E POLITOLOGICO

Accordo di Parigi
Centratura produzioni/consumi degli inventari delle emissioni
Climate Diplomacy
Colonialismo del carbonio
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
Politiche di adattamento ai cambiamenti climatici

Politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici

Protocollo di Kyoto

Quadro europeo 2030-2051

Strategia Europa 2020

Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (SNAC) e Piano Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici (PNACC)

Transizione energetica

PSICOLOGICO

Adattamento ai cambiamenti climatici
Comportamenti pro-ambientali
Coscienza ambientale e cambiamenti climatici
Distanza psicologica dai cambiamenti climatici
Disturbi psicologici da cambiamenti climatici
Ecopsicologia
Educazione ai cambiamenti climatici
Emozioni e cambiamenti climatici
Mitigazione dei cambiamenti climatici
Nature Based Solutions (NBS)
Negazione dei cambiamenti climatici
Percezione dei cambiamenti climatici
Psicologia ambientale e cambiamenti climatici
Realtà e rappresentazioni sociali dei cambiamenti climatici
Rischio
SOCILOGICO
Adattamento ai cambiamenti climatici
Apparenza multipla
Aumento demografico e cambiamenti climatici

Climate Commons

Climate Diplomacy

Consumo e cambiamenti climatici

Disaster Risk Reduction

Effetto rimbalzo

Energia

Geopolitica dei cambiamenti climatici

Giustizia climatica

Isole che affondano

Metabolismo del carbonio

Migrazione climatica

Mitigazione dei cambiamenti climatici

Movimenti per il clima

Negazionismo

Percezione dei cambiamenti climatici

Pianificazione socio-ecologica e cambiamenti climatici

Populismo climatico

Produzione e cambiamenti climatici

Prometeismo

Resilienza climatica

Rischio e pericolo

Storia sociale del clima

Strategia della sufficienza

Sviluppo sostenibile

Transizione energetica

Transizione socio-ecologia

TECNOLOGICO

Dati satellitari

Transizione energetica

Quella che hai tra le mani è una guida linguistica e scientifica sui cambiamenti climatici, una realtà in continua trasformazione nella sua multiforme fenomenologia e nella rappresentazione mediatica.

Qui ti proponiamo la seconda edizione aggiornata e arricchita con oltre 200 voci e 12 percorsi di lettura firmati dalle protagoniste e dai protagonisti della ricerca.

Per fondare la comprensione su solide basi, per interpretare e diffondere correttamente le informazioni, per introdurre al linguaggio e alla forma della letteratura scientifica, per orientare alla riflessione consapevole e indirizzare verso politiche, scelte e soluzioni future: a tutto questo serve un lessico condiviso come strumento di comunicazione.

Ecco allora le molteplici utilità di *Lessico e nuvole: le parole del cambiamento climatico*, una bussola per insegnanti, studenti, giornalisti, comunicatori, amministratori, decisori politici e chiunque voglia acquisire maggiore consapevolezza su questo tema e voglia contribuire al suo studio e alla sua condivisione.

Buona lettura!



Gianni Latini / Laureato in Fisica, esperto in progettazione e organizzazione di attività di diffusione della cultura e valorizzazione della ricerca per le scuole e il grande pubblico. Dal 2008 fa parte della Sezione Valorizzazione della Ricerca e Public Engagement (Agorà Scienza) dell'Università di Torino.

Marco Bagliani / Professore presso l'Università di Torino, dove insegna nei corsi "Cambiamento climatico: strumenti e politiche", "Economia dell'ambiente e del territorio", "Contabilità ambientale". È autore, tra l'altro, di *Politiche per l'ambiente. Dalla natura al territorio* (UTET Università, 2011); *Territorio e sostenibilità: gli indicatori ambientali in geografia* (Pàtron, 2012) e *Il cambiamento climatico in prospettiva geografica: aspetti fisici, impatti, politiche* (Il Mulino, 2019).

Tommaso Orusa / Dottore forestale, meteo-nivologo e divulgatore scientifico. Laurea magistrale in Scienze Forestali e Ambientali e master di II livello in Sicurezza Ambientale. Borsista di ricerca presso UniTo Green Office Energia e Cambiamenti climatici e collaboratore di ricerca dell'unità di Geomatica e Telerilevamento presso il GEO4Agri DISAFA Lab, del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino.