



## I cambiamenti climatici e il futuro del nostro pianeta

I climatologi annunciano che il cambiamento del clima dovuto all'effetto serra e all'alterazione delle correnti oceaniche potrebbe modificare il futuro del nostro pianeta. Paradossalmente, il riscaldamento globale causerebbe in alcune regioni bruschi cali delle temperature. Per il nostro pianeta non è la prima volta che si verifica un fenomeno di questo tipo. Esso, infatti, è ciclicamente soggetto a questo tipo di bruschi mutamenti. È invece una novità per noi esseri umani del XXI secolo, di passaggio su questo pianeta e quindi inermi spettatori di questa possibile svolta epocale.

*Quale sarà il futuro del nostro pianeta? Quali nuove dinamiche si delineeranno tra le potenze mondiali? Cambieranno le priorità, gli assetti politici ed economici? E' possibile che nuovi conflitti causati dalla mancanza di risorse energetiche minaccino lo status quo?*

*Non abbiamo riposte certe, ma tutto ciò potrebbe succedere. La causa? Il clima. A detta degli esperti, infatti, cambiamenti climatici improvvisi potrebbero provocare una mutazione epocale per il nostro pianeta. Da qui a 30 anni le possibili alterazioni climatiche potrebbero influire pesantemente sulla vita di intere popolazioni, determinando grandi migrazioni e modificando gli assetti geo-politici.*

Un rapporto commissionato dal Pentagono ci dà un quadro esaustivo di quelle che potrebbero essere le conseguenze che tali cambiamenti climatici apporterebbero. Il risultato? Un futuro di adattamenti per sopravvivere e riuscire ad accaparrarsi le risorse energetiche sempre più scarse. L'analisi di Vision cerca di dare, pertanto, una risposta, seppur parziale, al quesito più semplice ma nello stesso tempo complesso sul futuro del mondo e dell'uomo: cosa ne sarà di noi piccoli uomini di fronte alla forza e al potere della natura?

# THE DAY AFTER TOMORROW\*

*di Marco Grasso e Stefano Sylos Labini\*\**

Roma, gennaio 2005

I cambiamenti climatici sono una conseguenza dell'accumulo di gas serra (GHG) nell'atmosfera. Questi gas – alcuni prodotti naturalmente, altri risultanti da attività dell'uomo – assorbono i raggi ultravioletti e li riflettono sulla superficie terrestre, causando un aumento della temperatura del pianeta.

Due fatti sono incontestabili: il primo è che i GHG si stanno accumulando nell'atmosfera velocemente, soprattutto come conseguenza delle attività umane; il secondo è che le temperature del mare e dell'aria stanno aumentando.

Negli ultimi anni, un numero sempre più cospicuo di studi, analisi e osservazioni ha portato a una migliore comprensione dei cambiamenti climatici. Esiste oggi un consenso scientifico diffuso sulle potenziali minacce del cambiamento climatico per la sopravvivenza della vita sulla terra.

Consideriamo alcuni dati. La concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera è aumentata del 31% dal 1750, con un tasso di crescita negli ultimi venti anni di circa 1.5 ppm (0,4%) all'anno, passando durante gli anni '90 dallo 0,9 a 2,8 ppm. Nell'ultimo secolo, la temperatura media della superficie terrestre è aumentata tra 0,4° C e 0,8° C, e pare che tale l'aumento, nell'emisfero settentrionale, sia stato il più alto dell'ultimo millennio. La superficie innevata della terra è diminuita di circa il 10% dalla fine degli anni '60; si è registrato un notevole restringimento dei ghiacciai nelle regioni non polari e un aumento compreso tra lo 0,1 e lo 0,2 metri del livello medio del mare durante il ventesimo secolo.

La maggior parte di questi fenomeni è dovuta all'incremento della concentrazione di GHG, e le emissioni di anidride carbonica derivante dal consumo di combustibile fossile sono i fattori determinanti delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> che caratterizzeranno il ventunesimo secolo.

Tuttavia, il dibattito sui cambiamenti climatici si concentra, generalmente, su aumenti graduali della temperatura terrestre e su cambiamenti marginali delle condizioni generali. Sfortunatamente esistono altri scenari di gran lunga più minacciosi, che storicamente si sono ripetuti nel corso della storia del clima terrestre, nei quali la temperatura è variata in modo improvviso e radicale.

Questa circostanza è nota in letteratura come “cambiamento climatico improvviso” (CCI)<sup>1</sup>.

Reperti fossili testimoniano, infatti, come il clima possa cambiare in un solo decennio, determinando vari i effetti che possono persistere nel tempo. Lo studio del carotaggio della calotta polare e i dati relativi agli oceani raccontano di 8 episodi di cambiamento climatico improvviso, verificati negli ultimi 730.000 anni.

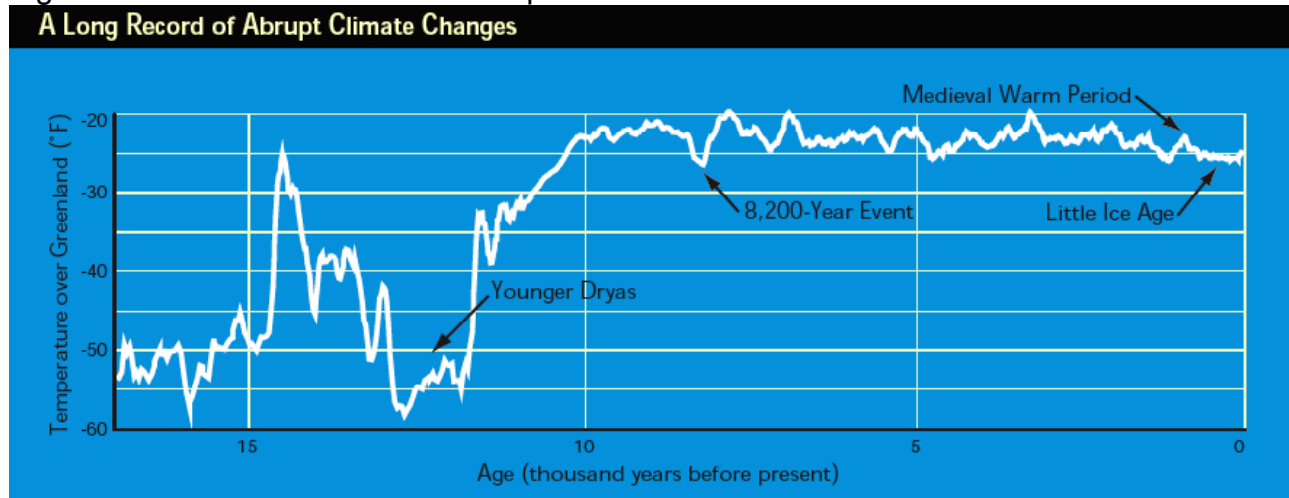
Per esempio, circa 12.700 anni fa il nostro pianeta visse una fase di marcato raffreddamento (la temperatura media della Groenlandia diminuì di 15°C) e di mutamenti sostanziali nel clima delle regioni nord atlantiche, conosciuta come “Younger Dryas”. Il tratto più impressionante di questo evento è che esso si verificò attraverso una serie di cadute decennali della temperatura di circa 2,8°C che durò 1.200 anni. In seguito, l'Europa e il Nord America vissero altri periodi di raffreddamento più contenuti, per esempio quello conosciuto come la “Piccola Era Glaciale”, che si

---

<sup>1</sup> La definizione formale data dal National Research Council degli USA è “Un cambiamento climatico improvviso si verifica quando il sistema climatico viene forzato a superare una particolare soglia, subendo una transizione verso un nuovo stato a una velocità determinata dal sistema climatico stesso e molto più veloce della causa. La causa può essere caotica e per questo così piccola da non essere percepita.

protrasse dal 1300 al 1850 e comportò inverni rigidi, intense precipitazioni, nonché drammatici impatti sull'agricoltura, l'economia e la politica in tutta l'Europa.

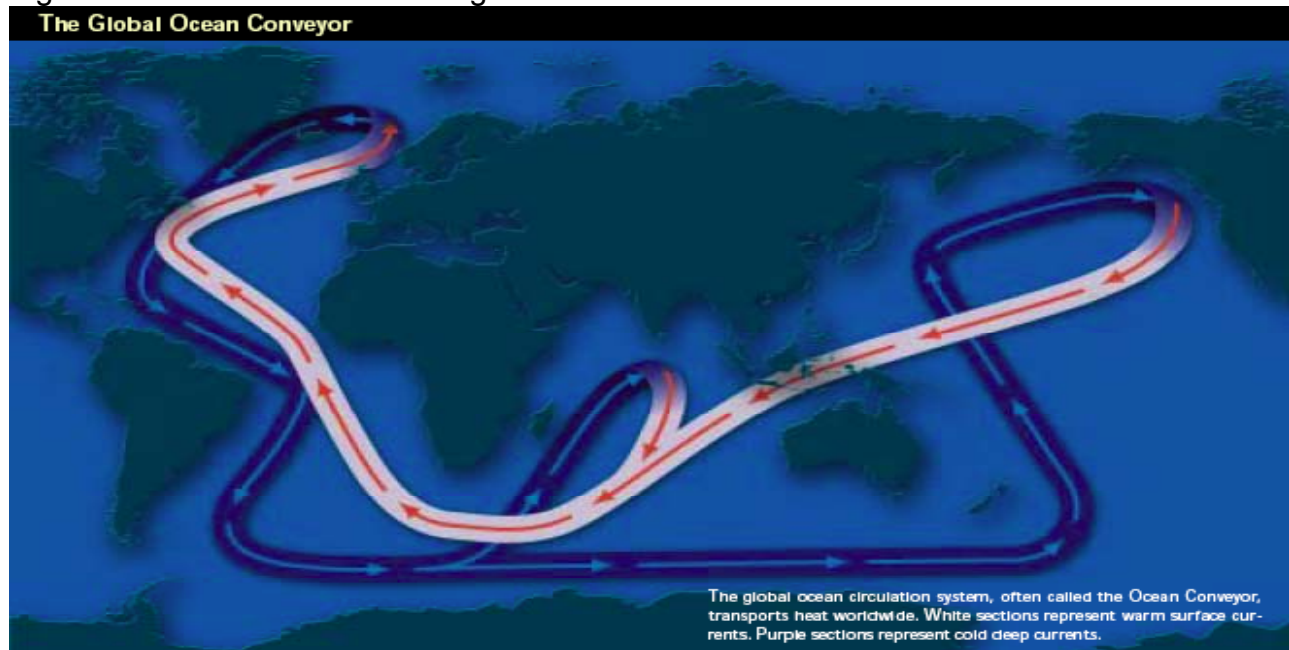
Figura 1 – I cambiamenti climatici improvvisi



Fonte: R.B. Alley, da "The Two-Mile Time Machine"

Nello specifico, il CCI si verifica quando il sistema terrestre è sconvolto da un importante evento improvviso, come una grande eruzione vulcanica, o alterato da forze più graduali, capaci comunque di modificarne le componenti chiave: gli oceani, l'atmosfera, la superficie terrestre, la criosfera. Gli esperti ritengono che il fattore che più verosimilmente può innescare un CCI sia legato all'acqua degli oceani. Essa infatti ha una enorme capacità di immagazzinare e veicolare calore. In altre parole, , un sostanziale modifica della cosiddetta "Global Ocean Conveyor" – ovvero le correnti oceaniche che circolano attorno alla superficie terrestre, " e che distribuiscono una grande quantità di calore alla terra – può drammaticamente modificare il clima del pianeta (figura 2).

Figura 2 – La corrente oceanica globale

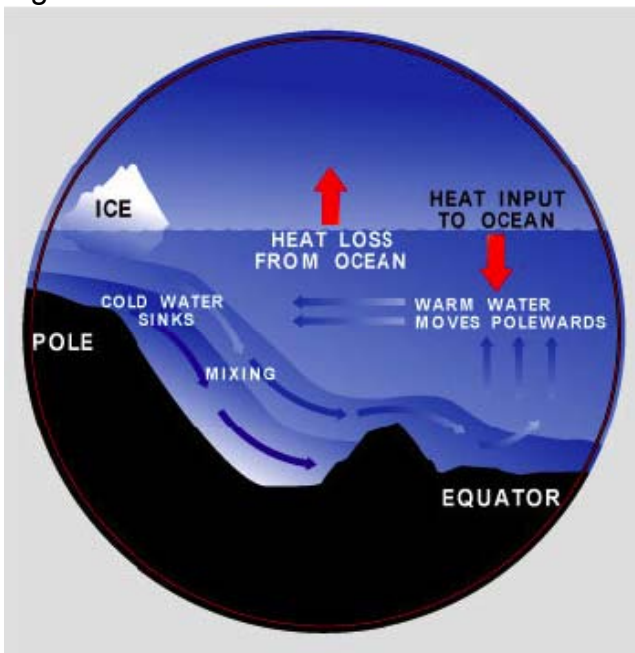


Fonte: Wood Hole Oceanographic Institution (WHOI)

Ma come si forma la corrente oceanica? Il sole equatoriale, scaldando la superficie degli oceani, aumenta l'evaporazione, e rende l'acqua più salata. La Corrente del Golfo trasporta acqua calda e salata verso l'Europa e la costa orientale degli Stati Uniti, mitigando il clima delle regioni Nord

Atlantiche attraverso il rilascio di questo calore nell'atmosfera, circostanza che aumenta la temperatura media invernale fino a 5°C. Purtroppo questa cinghia di trasmissione può rallentare e cessare, come è già successo altre volte in passato, per esempio durante la *Younger Dryas*. Ciò produrrebbe una riduzione della distribuzione del calore nel Nord Atlantico e un sostanziale raffreddamento di tutta la regione. Tale evento può essere causato dal cambiamento del grado di salinità dell'acqua del Nord Atlantico. Infatti, l'acqua calda e salata della Corrente del Golfo, dopo aver raggiunto il Nord Atlantico e disperso calore nell'atmosfera, si raffredda e diventa più densa e per questo motivo affonda.. Quest'acqua incomincia a scorrere lentamente a grande profondità verso sud fino a raggiungere tutti gli oceani. La caduta di questa enorme massa di acqua fredda e salata attiva la Corrente Oceanica. Allo stesso tempo, essa richiama l' acqua calda e salata di superficie dei tropici che va a rimpiazzare quella che si è raffreddata e che è sprofondata. . Questo processo è chiamato "circolazione termoalina" (figura 3).

Figura 3 – La circolazione termoalina



Fonte: The National Research Council

Se l'acqua del Nord Atlantico non affondasse, *l'Ocean Conveyor*, cioè la cinghia di trasmissione, potrebbe indebolirsi o addirittura interrompersi, le correnti esistenti ne verrebbero alterate e il clima della Terra cambierebbe radicalmente. Alcuni modelli di simulazione suggeriscono che le regioni Nord Atlantiche subirebbero un raffreddamento dai 3°C ai 5°C.

Perciò, la domanda è la seguente: cosa può modificare il livello di salinità del Nord Atlantico al punto tale da indebolire la circolazione termoalina?

La risposta più plausibile è una corrente superficiale di acqua, sovrastante quella più densa e più salata, che isola la superficie del nord atlantico, riduce il trasferimento di calore e riduce la salinità dell'acqua. Quando la salinità dell'acqua del Nord Atlantico scende sotto un dato livello, tuttora sconosciuto, non è più in grado di andare a fondo. La forza principale che determina la circolazione oceanica potrebbe quindi diminuire rapidamente, con rilevanti conseguenze climatiche entro un decennio.

In effetti, gli oceanografi fanno unanimemente notare che il livello di salinità del Nord Atlantico è diminuito drammaticamente negli ultimi 40 anni, soprattutto nell'ultima decade. Inoltre, hanno evidenziato segni di rallentamento dell'*Ocean Conveyor*. il flusso di acqua fredda e salata che viene dai mari della Groenlandia e della Norvegia è infatti diminuito del 20% dal 1950.

Sebbene non siano ancora chiare le cause di questo processo, all'interno della comunità scientifica si sospetta che il raffreddamento del Nord Atlantico sia dovuta soprattutto allo scioglimento dei ghiacci dell'Artico, all'aumento delle precipitazioni in questa zona e alle accresciute portate idriche

dei grandi fiumi che sfociano in esso. Paradossalmente, quindi, il riscaldamento globale potrebbe portare al “grande gelo”!

Più nel dettaglio, l’alterazione della circolazione termalina potrebbe raffreddare in tempi piuttosto rapidi e in maniera profonda l’intero emisfero settentrionale e alterare significativamente il clima in tutto il pianeta.

Le caratteristiche principali di uno scenario dal film “*The day after tomorrow*” potrebbero essere le seguenti:

- le temperature medie annuali cadrebbero di 2,8°C nel Nord America e in Asia, e di 3,4°C in Europa; si intensificherebbero le tempeste di vento e gli inverni rigidi, amplificandone l’impatto;
- le temperature medie annuali aumenterebbero di circa 2,2°C in Australia, Sud America e nell’Africa meridionale;
- fenomeni di siccità persisterebbero e si intensificherebbero in alcune le zone agricole e nelle le regioni ricche di acqua in Europa, Nord America e Africa.

Questi scenari, di fatto, potrebbero destabilizzare l’assetto geopolitico mondiale, provocando conflitti dovuti alla crescente scarsità delle risorse come ad esempio:

- mancanza di cibo dovuto al crollo dell’agricoltura;
- minore disponibilità di acqua dolce a causa della siccità e dell’alterazione dei modelli di precipitazione;
- accesso ridotto ai rifornimenti energetici a causa della più estesa superficie ghiacciata e di fenomeni climatici estremi.

Un recente rapporto commissionato dal Pentagono<sup>2</sup> (“), delinea uno quadro decisamente allarmante provocato da un cambiamento climatico improvviso a causa di una interruzione nella circolazione termalina.

Figure 5 – Lo scenario previsto dal rapporto del Pentagono



Fonte: Peter Schwartz and Doug Randall

Secondo questo rapporto, con il cambiamento del clima sarebbero compromessi agricoltura, pesca, flora e fauna, acqua ed energia. I raccolti, diminuirebbero del 10-15% e sarebbero meno prevedibili, in quanto nelle regioni agricole più importanti si verificherebbero oscillazioni di temperatura molto ampie. Contemporaneamente, parassiti e infestanti potrebbero proliferare a causa della siccità e del vento, richiedendo trattamenti pesticidi alternativi. Il settore ittico non sarebbe pronto per le migrazioni di massa dei pesci. Con solo cinque o sei regioni cerealicole chiave (USA,

<sup>2</sup> “*An abrupt climate change scenario and its implications for United States national security*”, di Peter Schwartz e Doug Randall, febbraio 2004

Australia, Argentina, Russia Cina e India), ci sarebbe una insufficiente quantità di cibo da esportare nel mondo per fronteggiare le severe condizioni climatiche. Catastrofiche carenze di rifornimenti di energia e acqua non potrebbero essere prontamente dominate.

Dato che tutte le regioni del mondo sarebbero coinvolte, il rapporto del Pentagono dipinge uno scenario drammatico. L'Europa potrebbe essere il continente più duramente colpito: il clima nelle aree Nord-Occidentali diventerebbe più freddo, secco e ventoso, una situazione simile a quella odierna della Siberia. Il Sud dell'Europa sperimenterebbe una situazione meno drammatica, ma comunque sarebbe sottoposto a un raffreddamento discontinuo ma brusco. La riduzione delle precipitazioni, inoltre, produrrebbe un inaridimento dei suoli, contribuendo a diminuire i rifornimenti di cibo.

Gli Stati Uniti sperimenterebbero un clima più freddo, ventoso e secco con stagioni agricole più corte e meno produttive da un capo all'altro della costa orientale, mentre sarebbero più lunghe e secche le zone a sud-ovest. Le aree desertiche fronteggerebbero crescenti tempeste, mentre le aree agricole soffrirebbero per la mancanza di terreno fertile dovuto all'intensità dei venti e all'umidità ridotta del suolo. Un clima più asciutto insisterebbe specialmente negli stati meridionali.

La Cina, con il suo grande bisogno di rifornimenti, sarebbe colpita duramente a causa di una diminuzione strutturale delle piogge monsoniche. Inverni più lunghi e più freddi, ed estati più calde – causate dalla diminuzione del potere refrigerante dell'evaporazione dovuto alle minori precipitazioni – minaccerebbero i già difficili approvvigionamenti di energia e di acqua.

In Bangladesh continui tifoni e l'innalzamento del livello del mare creerebbero violenti tempeste con significativi fenomeni di erosione costiera, che renderebbero la maggior parte del paese pressoché inabitabile.

L'Africa Orientale avrebbe un clima leggermente più caldo, ma nello stesso tempo potrebbe essere danneggiata da siccità persistenti.

Questi andamenti climatici provocherebbero, quindi, profondi impatti sugli equilibri geopolitici e porterebbero diversi e nuovi tipi di minacce alla sicurezza nazionale. Secondo gli autori, i conflitti potrebbero essere scatenati da un bisogno disperato di risorse naturali come l'energia, il cibo e l'acqua, piuttosto che da ragioni ideologiche, religiose o di prestigio nazionale. I possibili scenari di conflitto sono descritti nella tabella che segue.

Figura 5. Lo scenario dei conflitti dovuti ai cambiamenti climatici

	Europa	Asia	Stati Uniti
<b>2010-2020</b>	2012: Una grande siccità e il freddo fanno migrare le popolazioni scandinave verso Sud, reazione respingente da parte dell'UE 2015: i conflitti all'interno dell'UE per il rifornimento di cibo e di acqua provocano lotte intestine e tensioni a nelle relazioni diplomatiche . 2018: La Russia si unisce all'UE rifornendola di risorse energetiche. 2020: migrazioni dai paesi del nord come l'Olanda e la Germania verso le promettenti Spagna e Italia	2010: Lotte di confine e intestine in Bangladesh, India, Cina; migrazione di massa verso la Birmania. 2012: la instabilità regionale induce il Giappone ad attivare azioni offensive 2015: accordi strategici tra Giappone e Russia per le risorse energetiche della Siberia e del Sakhalin. 2018: la Cina interviene in Kazakistan per proteggere gli oleodotti che vengono regolarmente distrutti dai ribelli e criminali.	2010: i disaccordi con il Canada e il Messico riguardo l'acqua acuiscono le tensioni tra i Paesi 2012: Invasione di rifugiati dai Caraibi verso il sudest degli USA e il Messico. 2015: Migrazione europea verso gli Stati Uniti (la maggior parte benestanti) 2016: Conflitti con i paesi europei per i diritti sulla pesca. 2018: difendendo gli interessi del nord-America, gli USA formano una alleanza di sicurezza integrata con il Canada e con il Messico. 2020: il Dipartimento della Difesa gestisce le frontiere e i rifugiati caraibici ed europei
<b>2020-2030</b>	2020: incrementano gli scontri per accaparrarsi l'acqua e per ostacolare i flussi di immigrati. 2022: scontri tra Francia e Germania per l'accesso commerciale al Reno. 2025: L'UE è vicina al collasso. 2027: cresce l'immigrazione verso i paesi mediterranei come Algeria, Marocco e Israele 2030: La popolazione europea è ridotta al 10%	2020: conflitti persistono nel Sud Est asiatico; Birmania, India, Cina, Vietnam, Laos. 2025: la situazione interna in Cina deteriora drammaticamente portando alla guerra civile e verso i paesi limitrofi 2030: crescono le tensioni fra Cina e Giappone per l'energia russa.	2020: il prezzo del petrolio aumenta, mentre la sicurezza delle riserve è minacciata dal conflitto nel Golfo persico e quello caspico. 2025: lotte intestine in Arabia Saudita portano le forze navali americane e cinesi nel Golfo verso lo scontro diretto

Fonte: Peter Schwartz e Doug Randall

Ci sono ancora alcune incertezze riguardo al “quando“ e al “se“ di questi scenari di cambiamento climatico improvviso. Infatti, molto lavoro rimane ancora da fare per migliorare la nostra comprensione della storia, dei meccanismi, delle politiche e delle implicazioni sociali derivate da tali possibili scenari.

In ogni caso, un cambiamento climatico improvviso potrebbe avere impatti rilevanti e del tutto inattesi. Pertanto, una miglior comprensione delle sue cause e delle sue implicazioni accrescerebbe senz'altro la possibilità di attuare con successo strategie di contenimento dei danni e di adattamento più efficaci.

**È reperibile sul sito di Vision la [versione originale](#) in inglese di questo articolo.**

*\* Il titolo dell'articolo è ispirato al film omonimo diretto da Roland Emmerich (2004).*

*\*\* **Marco Grasso** è direttore scientifico del think tank *Vision*. Si occupa di economia, ambiente e delle loro interrelazioni. **Stefano Sylos Labini** è geologo presso l'ENEA. Si occupa anche di economia industriale e problematiche di innovazione tecnologica nel settore energetico-ambientale.*