

# 21<sup>mo</sup> SECOLO

## SCIENZA e TECNOLOGIA

Anno XXXI n. 4 - dicembre 2020 - € 6,00  
Poste Italiane Spa Postatarget creative Lombardia/01106/06.2020 dal 06.2020 Resi Mittente Milano Roserio

**CAMBIAMENTI CLIMATICI**

# I ghiacciai sono figli del clima

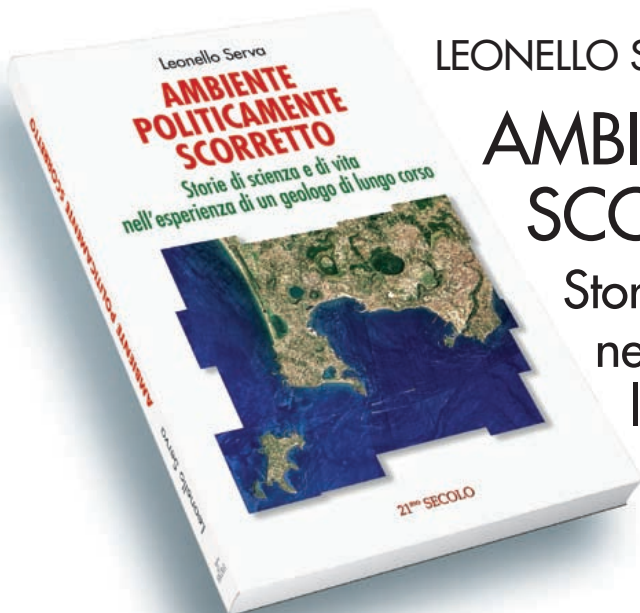
**IDROGENO "VERDE"**

**UN APPELLO AL BUON SENSO**

**IL FUTURO DELL'AGRICOLTURA EUROPEA  
BIODINAMICO E PSEUDOSCIENZE**

**ELETTRICITÀ DA EOLICO E SOLARE**

**ANCHE LE RINNOVABILI  
PRODUCONO CO<sub>2</sub>**



LEONELLO SERVA

# AMBIENTE POLITICAMENTE SCORRETTO

Storie di scienza e di vita  
nell'esperienza di un geologo di  
lungo corso

ISBN 978-88-87731-75-0

Pagine 276 – Euro 20,00 i.i.

## INDICE

Presentazione di Uberto Crescenti

### CAPITOLO PRIMO - IL RISCHIO, NATURALE E NON

Frane e alluvioni – Le leggi della natura e quelle dell'uomo – Terremoti – Imparare a riconoscere il linguaggio della Terra – Quando i pensieri svolazzano... disordinatamente – Serve una ricostruzione sostenibile – Il rischio industriale/ ambientale non ha una lunga storia. Ha un suo presente Avrà un futuro? – La localizzazione degli impianti industriali Cos'è il siting? – Rischi naturali e priorità di intervento – Il rischio di terremoti distruttivi in Italia – I costi economici dei terremoti: Una proposta a prova di spreco – La revisione degli impianti nucleari europei: cosa dicono gli "Stress Test" – Rischio geologico-idraulico: la prevenzione che si può fare è quella che non costa – Il terremoto di Ancona: sperando che sia solo un altro piccolo segnale – Sismicità e vulcanismo... e in Italia, come stiamo? – Rischio sismico, prevenzione zero – Rewind: Parole e scelte che bisogna imparare – Rischi Naturali e Centrali Nucleari in Europa – I conti delle ricostruzioni

### CAPITOLO SECONDO - LA CONOSCENZA

L'entropia regola la sostenibilità della vita? – Se la scoperta scientifica è una truffa – I «semi» che fanno nascere le montagne – Quando sbocciano i minerali – Il fiore dei terremoti e quello della... botte – Quando fa bene mangiare la terra – Innaffiare vincendo pigrizie ataviche – I veleni uccidono, i veleni guariscono – Biodiversità, non ne facciamo un dogma – Basta con i fideismi nella Ricerca – Su Gaia c'è un paradosso: l'uomo – Un giuramento di Ippocrate anche per il geologo? – La geologia dei terremoti – Un frutto di pietra – Tutto è relativo, anche naturale o artificiale – Mani in bocca? Va bene se sporche di... argilla – Sostenibilità per cosa? – Il

vino dà felicità all'uomo e alla terra – Chernobyl e Fukushima, ecco come farci del male – Carta e alberi possono convivere? – La Natura «maestra» di plastica – L'attraente bellezza delle ossidiane – Terreni super sfruttati, terreni incolti – In Cina nucleare e alternative – Produzione e paesi emergenti – Breve storia del clima – Il bosco si riprenderà i campi abbandonati – Dighe, il male oscuro dell'interrimento – La mano dell'uomo sul territorio – La geologia si fa camminando – Tre aiuti dall'agricoltura – Aree marginali e allevamenti – Adattiamoci sennò c'è il sottosviluppo – Il lungo tramonto del fondamentalismo darwinista – Scienza e fede: la Bibbia e i terremoti – Intervista al prof Leonello Serva – Etna vulcano d'Europa – Il Grande Buco – Le cave di lignite in Germania: Carbone e cocomeri – Risorse energetiche: Un'infinita boccata di ossigeno – Terremoti nella cintura di fuoco: Le grandi scosse – Cambiamenti climatici: Ma com'è profondo il mar? – Lo shale nel Mediterraneo: La manna che viene dal passato – Faglie e oleodotti: La soluzione c'è – Peculiarità delle Geologia: Fatti e interpretazioni – La modellazione dei fenomeni naturali – Gli idrocarburi nell'Adriatico – Giacimenti di Pelagosa. L'Isola del Tesoretto – I grandi vulcani sottomarini – I vulcani delle Isole Eolie – Vecchie linee secondarie: Il treno dei desideri

### CAPITOLO TERZO - LA VITA

Rifiutare la cultura dei rifiuti – Rilettura di un viaggio in Cina – Una favola o una possibile realtà? – Il Patrono e il Padre non fanno più... nomi – Il benessere si liberi dell'«avere» – La qualità e le stelle – Il nostro patrimonio artistico non raccontato – Low cost o non low cost – Scalare le vette della convivenza – Da Capo Nord a Giava e una facile profezia – Ma poi è arrivata la crisi – Ri-Creazione... ma fino a che punto? – La sofferenza

**Editore:**

21<sup>mo</sup> SECOLO s.r.l.  
via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano

**Direzione**

via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano  
Tel. 02 33408361  
E-mail: info@21mosecolo.it  
Internet: www.21mosecolo.it

**Direttore responsabile:**

ing. Giorgio Prinzi

**Direttore**

Roberto Irsuti  
tel. 335 7600520  
robertoirsuti@21mosecolo.it

**Stampa:**

E.Lui Tipografia (Reggiolo - RE)  
Finito di stampare nel mese di  
dicembre 2020

**Hanno collaborato a questo numero:**

Paolo Becchi, Augusta Vittoria Cerutti, Antonio Ferrante, Sergio Fontanot, Roberto Irsuti, Luigi Mariani, Umberto Minopoli, Renato Angelo Ricci, Ettore Ruberti, Giulio Tarro, Gloria Terenzi

**Una copia euro 6,00**

**Abbonamento**

Ordinario (5 numeri)	30,00
Benemerito	60,00
Sostenitore da euro	100,00
Enti e Ditte	200,00

versamento su C.C. Postale n.  
23966203 intestato a 21<sup>mo</sup> SECOLO  
via L. Di Breme, 18 - 20156 Milano  
IBAN  
IT 06 K 07601 01600 000023966203

È obbligatorio citare la fonte per gli articoli utilizzati



ASSOCIATO ALL'USPI  
UNIONE STAMPA  
PERIODICA ITALIANA

**In copertina:** Ghiacciai del Monte Bianco. Il versante italiano del Massiccio, incastona una trentina i ghiacciai, la cui area complessiva è di circa 40 Km quadrati. Foto A.V.Cerutti. Elaborazione grafica Claudio Rossi

L'editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione scrivendo a robertoirsuti@21mosecolo.it. In ottemperanza del D.L. 196 del 30.6.2003, ed al recente nuovo regolamento Europeo sulla Protezione dei Dati (GDPR) per la tutela delle persone e di altri soggetti rispetto al trattamento di dati personali, vi confermiamo che i vostri dati verranno utilizzati esclusivamente per l'invio della rivista, dei documenti allegati alla stessa, compresi i dati utili per il rinnovo dell'abbonamento, e per informarvi delle nostre nuove pubblicazioni (libri) e delle future conferenze e seminari di studi.

Le illustrazioni sono quasi sempre fornite dagli autori; l'editore resta a disposizione per definire eventuali diritti.

**Editoriale**

pag. 2

**Considerazioni controcorrente sull'emergenza sanitaria da Covid-19**

pag. 2

**In ricordo di Arturo Diaconale**

pag. 3



**Ghiacciai**

pag. 4

**Non basta fondare una nuova società scientifica  
Il biodinamico nel limbo delle pseudo-scienze**

pag. 13

**Boschi in crescita in Italia: in 80 anni la superficie forestale è quasi raddoppiata**

pag. 15

**In ricordo di Giorgio Trenta (1940-2020)**

pag. 15



**Minopoli: anche l'Italia deve scommettere sui reattori del futuro**

pag. 16

**Rosatom pronta ad espandere la sua offerta di reattori nucleari modulari**

pag. 17

**Un appello di tecnici del settore energia indirizzato alla Commissione europea  
Idrogeno "verde"... facciamo appello al buon senso**

pag. 18

Un commento agli articoli pubblicati nel numero di 21<sup>mo</sup> Secolo di ottobre 2020

**A proposito di Idrogeno**

pag. 19

Moderne tecnologie antisismiche

**Un anno di cambiamenti apparenti nelle attività della Commissione Sismica-GLIS di ANTEL Italia**

pag. 21



**Il quarantesimo anniversario del terremoto dell'Irpinia (23 novembre 1980):  
Qualche ricordo personale**

pag. 22

**A proposito del biossido di carbonio, detto anche "la CO<sub>2</sub>"**

pag. 24



**In barba alla transizione energetica del Green Deal  
Anche la Generazione elettrica da eolico e solare produce gas-serra**

pag. 28

# Editoriale

Solo in rare occasioni *21mo Secolo* si occupa di medicina e salute; in genere per presentare innovazioni tecnologiche (radioterapia, medicina nucleare, ecc.) al servizio di medici e pazienti. L'argomento salute è complesso, richiede particolari competenze specialistiche, crea aspettative che non possono essere deluse o illuse, muove grandi interessi economici che condizionano la discussione.

Da 10 mesi siamo nel pieno di una pandemia, con il suo pesante fardello di lutti e dissesto economico; e siamo bersagliati dal susseguirsi di provvedimenti normativi e soprattutto da informazioni preoccupanti, talvolta contraddittorie, ma incomprensibili perché i tragici dati numerici su cui sarebbero fondate, comunicati senza la necessaria spiegazione dettagliata, sono privi di un qualche significato scientifico.

In un contesto nel quale sembrano assenti il buon governo ed anche il buon senso, ci chiediamo:

1) Se l'intera nazione è in guerra contro il Covid-19, l'assalto decisivo per la vittoria può essere comandato da qualche ufficiale medico?

2) La strategia del governo può essere fondata su raccomandazioni paternalistiche ai cittadini? (restate in casa, niente movida, niente cinema, teatri e musei, non invitate troppi parenti a Natale...).

3) La salute non è mai solamente fisica, ma anche spirituale, mentale e la sua tutela necessita di solide basi materiali (economiche). La tutela della salute fisica può essere conseguita comprimendo fortemente gli altri diritti inalienabili delle persone?

4) Il diritto al lavoro può essere tutelato da elargizioni a pioggia e da provvedimenti che gonfiano la spesa pubblica (aumentando il debito) e ne abbassano ulteriormente la qualità?

Interessanti spunti di riflessione li ho trovati nelle considerazioni dei Proff. Giulio Tarro e Paolo Becchi, pubblicate il 12 dicembre nel sito di Nicola Porro e, senza entrare in valutazioni più specialistiche che non mi competono, vi propongo la prima parte del loro scritto.

*Roberto Irsuti*

## Considerazioni controcorrente sull'emergenza sanitaria da Covid-19

dei Proff. Paolo Becchi e Giulio Tarro

Oggi abbiamo un Comitato tecnico-scientifico (Cts), che consiglia il Governo, composto in larga prevalenza da medici, a cui se ne vorrebbe contrapporre un altro, istituito dal Parlamento, formato da altri medici. Il rischio è che la cosiddetta "guerra al virus" si trasformi in una guerra tra virologi. Diciamola tutta, non ci pare una grande idea. Meglio sarebbe, a nostro modesto avviso, un "**Consiglio interdisciplinare**" di saggi, composto da medici, filosofi, giuristi, economisti, psicologi, sociologi, antropologi, teologi, letterati, uomini di cultura, che affronti l'emergenza da punti di vista diversi e non unicamente da quello sanitario.

Una pandemia non è solo una questione medica ma è un **fenomeno sociale** e come tale andrebbe affrontata. La malattia è di solito nelle società moderne un fatto privato, intimo, anche se oggi qualche volta viene spettacolarizzata. Il cancro è tuo e te lo gestisci come vuoi, ma un virus è contagioso e qualche volta fa male, molto male anche a chi ti è vicino. Insomma, una malattia virale è una malattia sociale e ci riguarda tutti, sani e malati. Potrebbe essere l'inizio di un percor-

so, se altri fossero d'accordo nel seguire questa idea: si tratta di mettere insieme un gruppo di persone libere che con diverse competenze si interroghi su quello che sta avvenendo oggi in Italia e nel mondo a causa di un "ospite indesiderato", che sta cambiando le nostre vite e con cui probabilmente dovremmo imparare a convivere. Contrapporre Palù a Crisanti, Bassetti a Burioni, non ci porta lontano. Anzi è destinato a creare nell'opinione pubblica maggiore confusione, e quindi maggiore disorientamento e panico. Ecco le domande da cui prendere le mosse a cui fanno seguito alcune domande più specifiche: Che fare? Come leggere l'aumento dei morti in questi giorni? Cosa è sbagliato fare?

### 1. Che fare?

La Covid19 non è sparita dopo sei mesi come la prima Sars, poteva ricomparire come la Mers, ma in maniera localizzata e invece è diventata stagionale, come l'Aviaria che è ricomparsa in Giappone proprio in questi giorni. Siamo pertanto destinati a convivere con questo virus. Per questo **serve una cura farmacologica e non solo un vaccino**. Il virus è mutevole, anche que-

sta è la conclusione a cui è giunta la comunità scientifica. Ma sappiamo come affrontarlo. Vi è una terapia per la forma iniziale di presentazione della malattia basata sull'ossiclorochina e sull'azitromicina, vi sono poi degli antivirali come il remdesivir, usato già per l'ebola, il fapilavir (avigan), dal 2014 prodotto in Giappone, e l'ivermectin, usato già in Australia per la dengue e la zika. Inoltre, conosciamo l'importanza dell'eparina e dei suoi derivati assieme al cortisone, in particolare il desametazone, per il problema della tromboembolia dei piccoli vasi degli organi vitali ed infine la sieroterapia con gli anticorpi specifici dei guariti, che viene adesso utilizzata anche come profilassi per 35 mila operatori sanitari in USA.

La malattia è dunque sin da ora guaribile, anche se non abbiamo ancora il vaccino. La domanda è: vengono i malati in Italia sottoposti a queste cure? Infine, la terapia dei soggetti diagnosticati con la virosi all'inizio della stessa, si tratta all'incirca dell'80% dei pazienti, può essere curata da casa con l'assistenza del medico di famiglia. Le **cure domiciliari** sono fondamentali per alleggerire gli ospedali, ma i medici di base sono purtroppo lasciati al loro destino e a questo punto diventa per loro difficile garantire visite domiciliari a pazienti<sup>1</sup>. Per le vere emergenze ovviamente sono necessari, su tutto il territorio nazionale, posti di terapia intensiva, e qui è del tutto evidente che il governo non è stato all'altezza del compito. Come del resto non è all'altezza nella gestione delle RSA che stanno di nuovo presentando le stesse problematiche riscontrate in primavera.

Un ulteriore importante aspetto è il seguente: invece di tenerli riservati i **documenti del Cts andrebbero divulgati**, con tutti i dati epidemiologici che possono essere utili a contrastare la diffusione del virus. Andrebbe pertanto istituito a livello nazionale un database pubblico con tutti i dati utili. Da questi semplici dati ci sembra di poter concludere che la gestione dell'emergenza sia stata fallimentare.

### Come leggere l'aumento dei morti in questi giorni

Un discorso a parte, ma ovviamente collegato all'aumento del numero dei morti in questi giorni, riguarda le degenze delle terapie intensive e la percentuale dei malati di Covid sui ricoverati totali. I pronti soccorsi pieni non rappresentano un "disastro", visto che il 60% dei pazienti è in codice verde. **I ricoveri nelle terapie intensive**, che ad oggi non hanno alcun problema in termini di numeri e di posti occupati, sono principalmente dovuti ad altre malattie. Un soggetto potrebbe essere stato intubato anche a seguito di un

incidente stradale o sul lavoro e solo dopo il tampone risultare anche positivo alla Covid-19.

Questo determina numeri complessi in quanto in caso di ipotetico decesso futuro la causa della morte non sarà stata certamente la malattia virale, anche se è al virus che verrà imputata. È la nota questione del **decesso con Covid e decesso per Covid**. I numeri dunque non sono – a nostro avviso – corretti, ma con i numeri vengono giustificate le iniziative ed i provvedimenti presi dal governo e dalle giunte regionali. Ovviamente siamo pronti ad ammettere che proprio nelle ultime settimane la mortalità sia aumentata in Italia in modo significativo, ma bisogna chiedersi perché questo sia avvenuto. Si tratta della conseguenza di un sistema sanitario che da tempo non funziona, a causa dei risparmi di spesa, o del mancato uso della mascherina? In **Svezia**, dove l'uso obbligatorio delle mascherine non c'è mai stato, non c'è stato neppure questo aumento del picco di mortalità. Tutto questo significa che i morti comunque non dipendono, per dirla in modo semplice, dalla movida ma dai limiti del nostro servizio sanitario e forse anche dalle cure inadeguate che vengono somministrate ai pazienti. (...)

Trovate l'intero documento su *Internet* all'indirizzo <https://www.nicolaporro.it/becchi-e-tarro-5-proposte-contro-la-dittatura-sanitaria/1/>

### In ricordo di Arturo Diaconale

*Il primo dicembre 2020 è morto Arturo Diaconale, giornalista, politico e direttore del giornale L'Opinione delle Libertà. Lo ricordiamo con le parole di un suo grande amico, Maurizio Gasparri.*

"Colto, leale, sempre promotore di pensiero e azione. Arturo Diaconale è stato un riferimento per tanti nel mondo del giornalismo, dell'informazione, della cultura e della politica. Ha fatto tanto nell'associazionismo giornalistico, in testate come *Il Giornale*, che hanno orientato chi non si rassegnava al conformismo dilagante. Ha scritto libri e rilanciato testate come *l'Opinione*. È stato apprezzato al vertice Rai e nel mondo del calcio. Ha scritto libri, promosso associazioni, dibattito, aggregazione. Sempre serio, corretto, equilibrato, sia che si parlasse dei parchi dell'Abruzzo o dei primi passi di nuove televisioni. Ha fatto moltissimo, avrebbe meritato di più, per il suo valore e la sua saggezza. Sempre disponibile e sempre generoso, con la sua capacità di fare, pensare, creare, unire. Abbiamo fatto insieme tante cose. E lui anche nella malattia ne progettava altre. Nessun elogio è pari al suo valore e al dolore che causa questa enorme perdita".

<sup>1</sup> (NdR) Vedi anche <https://www.lanuovabq.it/it/linee-guida-inefficaci-cosi-ospedali-ancora-intasati>; ed una interessante intervista alla dottoressa Maria Grazia Dondini: <https://lanuovabq.it/it/medici-di-base-impotenti-ma-ho-continuato-a-curare>

# Ghiacciai

*I ghiacciai sono importanti indicatori del clima; l'attuale loro contrazione è da attribuire al riscaldamento climatico globale. La storia del clima, però, ci attesta che temperature ben più alte delle attuali e forti contrazioni dei ghiacciai, si sono verificate in passato, durante la Preistoria, poi nel periodo dell'Impero Romano e nell'Alto Medioevo, quindi ben prima che la rivoluzione industriale provocasse il grave inquinamento dell'aria che oggi ci affligge. Tuttavia, dopo il 1850, malgrado un inquinamento sempre più grave, abbiamo avuto tre fasi di clima più fresco con considerevoli espansioni glaciali. Se ne deduce, quindi, che l'inquinamento, non deve essere la principale causa del riscaldamento globale e della riduzione delle superfici glaciali.*

di Augusta Vittoria Cerutti \*

## 1) I ghiacciai sono figli del clima

Sul nostro Pianeta vi sono regioni in cui le temperature inferiori agli 0°C permangono per l'intero anno o almeno per la maggior parte di esso. Perciò in queste regioni le precipitazioni avvengono tutte o quasi, sotto forma di neve. Questa nel tempo, compattandosi di anno in anno, dà origine ai ghiacciai.

Due, quindi sono gli elementi del clima legati all'origine dei ghiacciai: la temperatura dell'aria, quando è per lungo tempo inferiore agli 0°C e le precipitazioni, quando, per la maggior parte dell'anno sono nevose.

È noto che la neve è costituita da piccoli cristalli di ghiaccio dalla forma stellare. I raggi di queste stelline, nel linguaggio scientifico, vengono detti "dendriti"; sono molto fragili ma, durante la caduta e nei primi giorni in cui la neve copre il suolo o si adagia sulle neviccate precedenti, le dendriti rendono molto precario il contatto fra i cristalli di neve; fra di essi restano spazi vuoti in cui circola molta aria. Per questa ragione la neve quando cade e nei primi giorni dopo la caduta, è soffice, leggera, diversissima dal ghiaccio dei ghiacciai



*Ghiacciai del Monte Bianco  
Il versante italiano del Massiccio, incastona una trentina i ghiacciai, la cui area complessiva è di circa 40 Km quadrati. Sul nostro versante, l'unico ghiacciaio vallivo rimasto è quello del Miage, non visibile nell'inquadratura.  
Foto A.V.Cerutti.*

a cui, poi, darà origine. La sua densità è, in media, appena di 0,06 grammi per centimetro cubo. Nei giorni e nei mesi che seguono la nevicata, l'aria imprigionata fra i cristallini, a poco a poco, si libera perché le dendriti si rompono e si trasformano in palline di ghiaccio. Cresce perciò la densità della coltre e il processo continua nel tempo fino a che la bianca e soffice neve fresca si trasforma nel rigido ghiaccio verde-azzurro, proprio dei ghiacciai, la cui densità è più di dieci volte quella della neve appena caduta. Dove la temperatura dell'aria è costantemente sotto gli 0°C, le dendriti si rompono per effetto della sola compressione di successive neviccate. Perciò la trasformazione delle neve in ghiaccio con il forte aumento della densità della coltre, è un processo molto lungo: può richiedere più di un secolo.

Ben diversa è la situazione nei climi temperati ove vi sono periodi in cui, anche alle alte quote, la temperatura dell'aria sale al di sopra degli 0°C. Quando ciò avviene la neve superficiale fonde trasformandosi in acqua che percola all'interno della coltre nevosa cacciando l'aria presente negli interstizi. Rigela poi quando la temperatura dell'aria torna sotto gli 0°C. Questa alternanza di fusione e rigelo rende assai più rapido il processo di trasformazione da neve a ghiaccio di ghiacciaio. Sulle Alpi questo avviene in tempi compresi fra i 10 ed i 15 anni; sulle Ande tropicali, addirittura in quattro o cinque mesi<sup>1</sup>.

\* Geografa. Già Ordinaria negli Istituti Tecnici Commerciali, Docente presso l'Università di Torino e quella di Aosta, Operatrice del Comitato Glaciologico Italiano sui ghiacciai del Monte Bianco dal 1960 al 2004.

<sup>1</sup> Claudio Smiraglia, *Guida ai ghiacciai e alla glaciologia*, Zanichelli 1992, pag. 53.

## 2) Il limite delle nevi persistenti

Vi sono ghiacciai in tutti i continenti, anche nei distretti montuosi delle zone tropicali e equatoriali, ove l'alta quota porta climi freddi e nevosi; così avviene nella zona tropicale dell'America del Sud ove la *Cordigliera Real* della Bolivia, ha molte vette che raggiungono e superano i 6.000 metri s.l.m., ed ospitano imponenti ghiacciai. Anche nella fascia intertropicale dell'Africa sul Kilimangiaro che ha una quota di 5.900 m s.l.m., sul Monte Kenia, di 5200 m e sul Ruwenzori di pari altitudine, vi sono ghiacciai perenni.

Da recenti studi condotti sulle foto satellitari, e riportati dall'*Enciclopedia Britannica*, risulta che, sul nostro Pianeta, attualmente i ghiacciai si estendono su una superficie complessiva di circa 16 milioni di chilometri quadrati, vale a dire, su più di un decimo delle terre emerse. L'86% di questa superficie è costituita dal gigantesco ghiacciaio che copre il continente antartico (13 milioni di Km quadrati.) Ben poca cosa sono a confronto i 3.000 Km quadrati della coltre glaciale presente sull'intera Cate-na Alpina<sup>2</sup>.

Tutti i ghiacciai sono la trasformazione di masse di neve, ma fra di loro vi è una notevole varietà di dimensioni, di forme e di dinamismo.

Ciascun ghiacciaio ha un *limite delle nevi persistenti*, vale a dire una quota la quale delimita la zona che resta tutto l'anno coperta di neve.

Questo limite, nelle calotte polari ove il clima è freddissimo, coincide con il livello del mare e pertanto i ghiacciai di quelle regioni sono tutti *ghiacciai freddi*, masse di ghiaccio di antica origine, con spessori di migliaia di metri, senza circolazione di acqua liquida. È il tipo dei grandi ghiacciai, che con un termine scandinavo viene denominato *Inlandsis*. Un *Inlandsis*, per esempio è il ghiacciaio che, con più di 13 milioni di Km quadrati copre quasi interamente l'Antartide.

Nelle regioni a clima temperato i ghiacciai sono tutti *montani* perché solo sugli alti rilievi il clima ha i caratteri adatti al glacialismo. Su questi ghiacciai il limite delle nevi persistenti muta a secondo delle stagioni, delle latitudini, della quantità di precipitazioni nevose, dell'esposizione al sole e ancora di altri fattori. Questo limite divide ogni ghiacciaio in due settori; in alto il bacino di "alimentazione", più a valle quello di "ablazione". Il *Bacino di alimentazione*, così detto perché sono le sue nevi che alimentano gli apparati glaciali, viene anche chiamato *bacino di raccolta o area di accumulo*; è caratterizzato da precipitazioni per la maggior parte nevose; la coltre tende a aumentare di spessore di anno in anno. perché la neve che cade in esso è in quantità superiore a quella che può fondere,

Qui però entra in gioco la forza di gravità. Quasi tutti i ghiacciai montani si adagiano su pendii più o meno ripidi ove domina la forza di gravità che trascina a



*La Mere de Glace*: è, in assoluto, il più grande ghiacciaio del Monte Bianco

Si trova sul versante francese; ha una superficie di 40 Km quadrati e una lunghezza di 12 Km. Nella foto, in alto è ben visibile il grande "bacino di raccolta" coperto da candide nevi. Esso dà origine alla lunga lingua valliva, che è il "bacino di ablazione". Qui il bilancio fra l'alimentazione glacio-nivale e le perdite a causa della fusione del ghiaccio, vanno facendosi sempre più a favore di queste ultime, via, via che diminuisce l'altitudine mentre aumentano le temperature. Foto M. Colonel.

valle ogni tipo di materiale. Perciò la neve e il ghiaccio che si raccolgono nell'area di accumulo, spinti dal proprio peso, scivolano lentamente verso valle. Al di sotto del limite delle nevi persistenti entrano in un ambiente totalmente diverso. È noto che diminuendo l'altimetria aumenta gradatamente la temperatura dell'aria, per cui la massa nevosa che scende va incontro a temperature superiori agli 0°C ove si manifesta il fenomeno di fusione: neve e ghiaccio solidi si trasformano in acqua liquida. Si entra così nel *bacino di ablazione*. Questo termine viene dal latino e significa "asportazione". In effetti, l'azione della fusione che trasforma neve e ghiaccio in acqua liquida asporta volume alla massa glaciale, che nella sua discesa si impoverisce sempre più fino al completo esaurimento. Questo avviene alla così detta "fronte", dove il ghiac-

<sup>2</sup> Claudio Smiraglia, op. cit., 1992, pag. 34-35 e note successive.

I dati di lunghezza e di superficie dei singoli ghiacciai del versante alpino meridionale sono tratti, se anteriori all'anno 2000, da opere pubblicate dal Comitato Glaciologico Italiano. Se posteriori al 2000, da: *Nuovo Catasto dei Ghiacciai Italiani* a cura di C. Smiraglia e G. Diolaiuti. Università degli Studi di Milano, anno 2015. Per i ghiacciai degli altri paesi i dati sono presi da opere specifiche citate in nota o da Internet che di solito li trae dal *World Glacier Inventory*.

cio che fluisce dall'alto è in quantità pari a quello che viene asportato dalla fusione.

La massa nivo-glaciale che scende dai bacini alimentatori dà origine a correnti glaciali che vanno verso valle. Sono i *ghiacciai vallivi*, presenti in quasi tutte le grandi Catene Montuose e in Groenlandia. Dal bilancio fra l'alimentazione, dovuta alle nevicate in alta quota, e la fusione causata da temperature dell'aria superiori agli 0°C sulla lingua valliva, dipende la dimensione di ciascun apparato. Sulla Catena Alpina il ghiacciaio vallivo più grande è quello dell'*Aletsch* nelle Alpi Svizzere, che ha una lunghezza di 24 km e una superficie di 86 km quadrati.



Porta del ghiacciaio della Brenva (Monte Bianco) e uscita del torrente Sub-glaciale. Foto M. Potenza

Ghiacciai vallivi assai più vasti si trovano in Asia, sulle catene dell'Himalaya, del Karacorum e del Pamir. Uno dei meglio conosciuti è il ghiacciaio del Baltoro perché costituisce la via di accesso alla base della vetta K2, meta di molte spedizioni alpinistiche. Il Baltoro è lungo 63 km ed ha una superficie di 750 km quadrati: circa nove volte il nostro Aletsch! Tuttavia nell'altissimo Pamir vi sono ghiacciai vallivi ancora più vasti; fra di essi vale la pena ricordare il Fedtchenko che ha la lunghezza di 77 Km!<sup>3</sup>

La zona più interna della Groenlandia è coperta da un vasto *Inlandsis* il cui spessore risulta superiore ai 2000 metri. Da esso si diramano grandi ghiacciai vallivi, molti dei quali, come in Antartide, giungono a tuffarsi in mare. È noto che il peso specifico del ghiaccio è inferiore a quello dell'acqua. Di conseguenza queste correnti glaciali entrando in mare, non scivolano sul fondale ma galleggiano sull'acqua diventando *ghiacciai natanti*. Da essi si staccano grandi *iceberg*. Così avviene, per esempio, per il ghiacciaio Sermeq Kujalleq, detto in danese Jakobshavn, il maggiore della Groenlandia; esso prende origine dall'*Inlandsis*, ha una lingua valliva larga 5 km e scende al fiordo di Kangia su cui galleggia per un lungo tratto dando origine a numerosi giganteschi *iceberg*. La piccola città che sorge allo sbocco del fiordo, da tempi immemorabili è chiamata dagli inuit, la popolazione originaria della Groenlandia, *Ilulissat*, che significa *Città degli iceberg*.

### 3) L'acqua liquida dentro ai ghiacciai

All'interno dei ghiacciai temperati, sul fondo roccioso ove le masse glaciali scorrono, è sempre presente un velo di acqua liquida che agevola la dinamica degli apparati. L'acqua che percola al loro interno si raccoglie nei torrenti sub-glaciali che sotto la coltre di ghiaccio si aprono lunghe caverne ove scorrono sotto la lingua valliva fino alla sua fronte. Nei mesi caldi, quando il fenomeno di fusione diventa molto importante, il

flusso è spesso impetuoso. Quando le temperature dell'aria scendono sotto gli 0°C non vi è più fusione, quindi i torrenti sub-glaciali si impoveriscono grandemente, tuttavia conservano un certo afflusso. Il fenomeno restò inspiegabile fino a quando divenne possibile esplorare e studiare l'ambiente sub-glaciale, merito dovuto, in gran parte, al glaciologo francese Robert Vivian<sup>4</sup>. Venne così messo in luce che le masse di ghiaccio hanno un potere coibente elevatissimo, per cui sotto di esse si conserva il calore geotermico del terreno. I termometri rilevano che sotto ai ghiacciai montani la temperatura è sempre positiva; resta almeno di +1°C anche quando all'esterno vi sono molti gradi sotto 0°C. È quanto basta per dare luogo a un po' di fusione e ciò spiega il flusso dei torrenti sub-glaciali anche nei periodi più freddi.

Il paesaggio glaciale è fortemente suggestivo; di fronte alle grandi distese immacolate, rutilanti di luce, ove nulla sembra muovere, ove ghiaccio e roccia sono gli unici elementi che si presentano al nostro sguardo, ci sentiamo piccoli, piccoli in un mondo gigantesco, sconosciuto, bellissimo eppure ostile, perché pare inanimato. È davvero così?

### 4) "I ghiacciai sono vivi"

Robert Vivian, prestigioso glaciologo che già abbiamo citato, ha intitolato una delle sue opere più famose: *Les glaciers sont vivants*, I ghiacciai sono vivi perché si muovono: tutto sembra immobile nel paesaggio gla-

<sup>3</sup> Claudio Smiraglia, 1992, op. cit., pag. 38.

<sup>4</sup> Robert Vivian, "Le laboratouare sous glaciaire d'Argentine", in *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* 1971 Serie 2, N. 18, pag. 274-278.



ciale, invece tutto è in movimento. I ghiacciai sono in continua evoluzione: si spostano verso valle, allungano o accorciano le loro grandi lingue vallive, crescono o si rimpiccioliscono di volume, di superficie, di lunghezza, talvolta scompaiono.

Il loro è un movimento lentissimo che ad occhio non riusciamo a percepire ma che è continuo, come quello dell'acqua nei fiumi. Tanto l'acqua quanto il ghiaccio muovono verso il basso sollecitati dalla *forza di gravità*. Questa è una forza universale che agisce in modo diverso a seconda di vari fattori. I più importanti sono: il peso dei diversi materiali, la loro viscosità, l'inclinazione e la regolarità del fondo roccioso su cui i materiali scorrono. I bacini glaciali hanno una morfologia molto varia per cui le masse glaciali di ciascun apparato scorrono più lentamente ove il pendio è moderato, più rapidamente ove è più ripido e comunque in modo irregolare dove sul fondo roccioso si presentano ostacoli di barre di roccia o in contropendenza. Se le velocità di discesa mutano in breve spazio, viene messa in crisi la plasticità del ghiaccio e in superficie si aprono fenditure relativamente strette ma che possono raggiungere profondità di 30, 40 metri. Sono i *crepacchi*, le più temute insidie dei ghiacciai, per gli alpinisti, in quanto spesso l'apertura di queste fenditure è nascosta da fragili ponti di neve, pronti a sfondarsi quando qualcuno passa su di essi.

Se la pendenza dell'alveo si fa d'improvviso assai ripida e quindi la forza di gravità diventa subitaneamente assai intensa, il manto glaciale si rompe tanto in senso trasversale quanto in quello longitudinale, formando ampie *seraccate*. I *seracchi* sono spaccature delle coltri glaciali che vengono ad isolare un gran numero di blocchi e di pinnacoli di ghiaccio. Il fenomeno corrisponde alle cascate dei torrenti ove l'acqua precipita irruente dall'alto di pareti rocciose con onde, spruzzi e schiume: tutto è in gran movimento. Nelle cascate di seracchi, al contrario, tutto sembra fermo, immobile. Invece proprio come nelle cascate dei torrenti, l'origine di questi pittoreschi fenomeni è l'improvviso aumento di velocità di scorrimento.

La velocità di discesa dei singoli apparati glaciali è molto varia, correlata alla pendenza media del letto e al peso del complesso. I ghiacciai alpini scendono verso valle con velocità comprese fra i 50 e i 200 metri all'anno. Non molto diverse sono le velocità dei ghiacciai americani mentre invece ben superiori sono quelle dei grandi ghiacciai asiatici, groenlandesi ed antartici, che possono largamente superare i 1000 metri all'anno!



1826 Dal Combal - J.L.P.Coignet

*In Val Veny (Valle d'Aosta) il ghiacciaio di Lex Blanche e il lago Combal nella prima metà del XIX secolo. Disegno di J.L. Coignet. Si tratta di una stampa del volume di G. Lory, pubblicato a Parigi nel 1826 "Voyage pittoresque autour du Mont Blanc." Il ghiacciaio, rappresentato con grande precisione, è al culmine dell'ultima espansione della "Piccola età glaciale".*



*Dallo stesso punto di vista, il ghiacciaio e il lago nel 2020. Foto A.V. Cerutti.*

*A quasi 200 anni di distanza e con una temperatura media superiore di circa 1°C, il paesaggio dominato dalle pareti dell'Aiguilles des Glaciers, è profondamente cambiato: il ghiacciaio si è contratto tanto da perdere la lingua valliva; il lago si è trasformato in torbiera.*

## 5) Il clima, padre e padrone

Oltre ai movimenti gravitazionali, i ghiacciai si muovono ora espandendosi, ora contraendosi. Questi movimenti sono causati dalle variazioni climatiche. Il clima è il padre dei ghiacciai ma ne è anche il padrone perché le sue variazioni, anche minime, vengono trasmesse al dinamismo glaciale e da questo ingigantite.

Per prima cosa le variazioni del clima fanno mutare la quota media dell'isoterma 0°C. Da questo dipende la posizione del limite delle nevi persistenti e quindi l'ampiezza dei bacini di alimentazione e di quelli di ablazione<sup>5</sup>. Se si instaura un clima freddo, la maggior parte delle precipitazioni diventano nevose e perciò i bacini alimentatori ricevono una maggiore quantità di neve. Contemporaneamente la temperatura più bassa riduce i tempi e l'entità della fusione per cui il limite delle nevi persistenti si abbassa ad altitudini inferiori a quelle precedenti. Si allarga così la superficie del bacino di alimentazione e si riduce quella del bacino ablatore. Il ghiacciaio di conseguenza si espande aumentando di superficie, di volume e di lunghezza: è la situazione in cui si parla di *avanzata dei ghiacciai*. Tutto il contrario avviene se si instaura un riscaldamento del clima. In questo caso vi è una diminuzione di alimentazione nevosa e un aumento della fusione nel bacino ablatore, quindi il limite delle nevi persistenti si stabilisce più a monte; di conseguenza gli apparati perdono superficie, volume e lunghezza. Allora, comunemente si dice che *i ghiacciai sono in ritiro*. È una espressione molto diffusa ma assai impropria perché nei periodi caldi i ghiacciai non fanno "retromarcia"! Essi continuano sempre a muoversi verso il basso per forza di gravità ma quando il ghiaccio che scende dall'alto bacino alimentatore è in quantità inferiore a quello che nel bacino ablatore viene distrutto dalla fusione, ovviamente le lingue vallive si accorciano. Più correttamente si dovrebbe parlare di *contrazione dei ghiacciai*.

## 6) 750 mila anni di storia del clima e dei ghiacciai

I grandi ghiacciai *freddi* dell'Antartide e della Groenlandia sono veri e propri archivi più volte millenari di fenomeni antichissimi. Essi conservano le neviccate, trasformate in ghiaccio, di decine di millenni fa. Nel ghiaccio antico, come in quello più recente, sono state intrappolate, assieme alla neve, particelle d'aria che possono svelare la loro composizione chimica e fisica, nonché la temperatura al momento della antica nevicata. Da qualche anno a questa parte i glaciologi sono riusciti a perforare il ghiaccio millenario fino ad estrarre campioni da profondità superiori a 3000 metri di spessore ove rimangono stratificazioni deposte da 750 mila anni fa<sup>6</sup>. In Italia, i campioni tratti dall'Antartide e dalla Groenlandia sono studiati nell'apposito la-



Alaska: il ghiacciaio natante Le Coutre. Foto A.V. Cerutti



Groenlandia. Ai margini dell'Ice Kap, la cupola glaciale che ricopre la grande isola. Foto A.V. Cerutti

boratorio dell'Università "la Bicocca" di Milano, diretto dai professori Giuseppe Orombelli e Valter Maggi. Quest'ultimo scrive: "Il ghiaccio è come una macchina del tempo: più è antico e più informazioni riesce a rivelare sul passato della nostra atmosfera"<sup>7</sup>.

Esaminando questi antichissimi campioni è stato possibile ricostruire la storia millenaria del clima e dei ghiacciai. Risulta che, negli ultimi 750 mila anni, i ghiacci sulla Terra sono più volte comparsi e scomparsi; quindi ciò che sta accadendo ora non è nulla di nuovo: la cosa si è ripetuta più volte nello scorrere dei millenni.

<sup>5</sup> Augusta-Vittoria Cerutti, *Le oscillazioni della quota dell'isoterma 0°C e le variazioni dei ghiacciai del Monte Bianco*, Supplemento di Geografia fisica e dinamica quaternaria 2001, pag. 29-39.

<sup>6</sup> Cfr. Giuseppe Orombelli, "I ghiacciai antartici rivelano le antiche variazioni climatiche", in *Fondazione Courmayeur - Quaderno n 11*, 2004.

<sup>7</sup> Da Internet, alla voce: Cambiamento climatico: la parola al glaciologo.



Pakistan. Il Baltoro, con una superficie di 700 km quadrati, è fra i più grandi ghiacciai del Karakorum. Foto da Internet

La millenaria storia del clima si snoda secondo cicli alterni di freddo e di caldo ciascuno dalla durata di decine di migliaia di anni. I ricercatori l'hanno suddivisa, in base alle prove fornite dalla geologia e dai ghiacciai, in otto *Ere*; quattro furono caratterizzate da gigantesche espansioni glaciali le quali giunsero a coprire più di un terzo delle terre emerse<sup>8</sup>. Furono perciò dette *Ere Glaciali*. Ognuna di esse venne seguita da un'*Era* a clima caldo, nel corso della quale i ghiacciai scomparvero da quasi tutte le Terre emerse riducendosi alle sole calotte polari. Questi periodi caldi vennero chiamati *Ere Interglaciali*; il più lungo durò 270 mila anni; il più breve 20 mila. Fu quello che precedette l'ultima era Glaciale, detta di Wurm la quale prese inizio circa 110 mila anni fa e si protrasse fino a 12 mila anni dai nostri giorni<sup>9</sup>.

Studiosi di vari paesi d'Europa e d'America, attraverso i reperti geologici e i campioni glaciali profondi, riuscirono a ricostruire il clima dominante nell'era della glaciazione di Wurm e nell'epoca post-glaciale<sup>10</sup>. Venne così messo in luce che, nell'era glaciale, la temperatura dell'aria era di circa 5°C inferiore a quella attuale. Di conseguenza, sui rilievi, il limite delle nevi persistenti veniva a porsi circa ottocento metri più a valle della posizione attuale. Sulle Alpi esso si era stabilito attorno ai 2300-2400 m s.l.m. Gran parte del territorio alpino aveva preso le funzioni di *bacino di raccolta* e alimentava numerosi e potenti ghiacciai vallivi.

Dal versante meridionale del Monte Bianco si originava il *Ghiacciaio Balteo*, lungo circa 100 km, che, scendendo lungo la valle dell'omonima Dora, allo sbocco delle valli tributarie raccoglieva gli altri ghiacciai valdostani. Sfociava poi nella pianura Canavesana, la ricopriva per un buon tratto con un lobo largo

una ventina di chilometri e lungo altrettanto; ai margini di esso il ghiacciaio costruì il grandioso anfiteatro morenico di Ivrea.

Grandi ghiacciai vallivi scendevano alla Pianura Padana non solo dalla valle della Dora Baltea, ma da tutte le maggiori valli Alpine.

Più grandi dei nostri, erano i ghiacciai del versante settentrionale delle Alpi che si estendevano sull'altopiano svizzero e su una considerevole parte dei territori francese e austriaco. Situazioni simili a quella delle Alpi, durante la glaciazione di Wurm, si realizzarono in tutte le grandi Catene Montuose; Caucaso, Karakorum, Himalaya, Montagne Rocciose, Ande.

Da 14 mila anni fa una globale variazione climatica portò la temperatura dell'aria a valori via via più alti. I ghiacciai entrarono in crisi e nell'arco di circa duemila anni le gigantesche fiumane di ghiaccio scomparvero.

Si concluse così, circa 12 mila anni fa, l'ultima era glaciale.

## 7) Clima, ghiacciai e storia umana negli ultimi 12 mila anni

Il periodo postglaciale che la Scienza denomina *Olocene* è quello in cui oggi viviamo. Prende inizio con una lunga fase di temperature atmosferiche calde che superavano le medie attuali di ben 4°C e così si mantennero stabilmente fino al 2000 a.C. È l'*optimum climatico assoluto*. I ghiacciai erano rimasti solo nelle calotte polari e forse attorno alle vette delle più alte catene montuose del mondo. Il clima caldo favorì lo sviluppo delle culture umane della preistoria, soprattutto quelle dell'età del rame e del bronzo.

Dopo il 2000 a.C. il clima si fece più freddo, le temperature scesero gradualmente ed i ghiacciai, per più di 1500 anni, ripresero ad avanzare.

Un nuovo periodo caldo iniziò attorno al 300 a.C. e si prolungò fino al 400 d.C. Sono i secoli in cui fiorì l'Impero Romano. Gli inverni erano molto brevi; i ghiacciai alpini erano ridotti a ben poca cosa e perciò, sulle montagne, i valichi, anche d'alta quota, erano transitabili la maggior parte dell'anno. Ciò facilitava

<sup>8</sup> Da Internet alla voce Quaternario. Glaciazioni e Homo Sapiens.

<sup>9</sup> Da Internet alla voce Paleoclimatologia.

<sup>10</sup> Fra le numerose opere italiane e straniere che trattano la storia del clima segnaliamo due delle più significative:

Emanuel Le Roy Ladurie, *Histoire du climat depuis l'an mjl*, Flammarion, 1967.

Mario Pinna, *Le variazioni del clima Dall'ultima grande glaciazione alle prospettive per il XXI Secolo*, Angeli, 1996.



Svizzera. L'Aletsch con una superficie di 118 Km quadrati, è il ghiacciaio più grande d'Europa. Foto A.V. Cerutti



Svizzera. Il versante elvetico del Monte Rosa e il ghiacciaio del Gorner che, con una superficie di 51 chilometri quadrati e una lunghezza di 13 chilometri è, per ampiezza, il secondo in Europa. Foto A.V. Cerutti

grandemente le comunicazioni transalpine favorendo l'organizzazione e la governabilità dell'impero di Roma.

Le condizioni climatiche cambiarono nel corso del V secolo: tornò il freddo; la neve e il ghiaccio richiusero per buona parte dell'anno i valichi alpini; le produzioni agrarie si impoverirono grandemente portando alla fame le popolazioni dell'Europa centro settentrionale. Di qui le migrazioni dei popoli germanici verso il più accogliente Mediterraneo; i nostri storici le denominarono "invasioni barbariche". Esse furono una delle principali cause della caduta dell'Impero Romano.

Il periodo freddo durò poco meno di 500 anni e si concluse attorno all'800 d.C.

Nei cinquecento anni successivi il clima fu tanto caldo da raggiungere medie di almeno due gradi centigradi superiori all'attuale. Fra le varie prove, una delle più probanti sono evidenti tracce di boschi sui rilievi di vari paesi, ad altitudini di almeno 300 metri superiori ai livelli di oggi. Nessuno scritto medioevale fa cenno a ghiacciai malgrado la montagna, in quei secoli, fosse assai frequentata per i commerci ed in genere per le comunicazioni transalpine, allora molto attive. Il *Periodo caldo medioevale* fu, in generale, un tempo florido per l'economia e per la cultura. Grazie all'aumento delle aree coltivabili, in questi secoli la popolazione dell'Europa quadruplicò<sup>11</sup>.

Dopo il 1300 prese inizio nell'Europa centro-settentrionale una crisi climatica fredda. I paesi mediterranei ne furono preservati fino a circa il 1550; dopo tale data però anche essi entrarono in quella che gli studiosi chiamano *Piccola età glaciale*. Fu la più importante glaciazione dell'*Olocene* anche se assai più mite di quelle delle Ere Glaciali. Molti ghiacciai alpini svilupparono lingue vallive lunghe decine di chilometri che si spinsero fino ai fondovalle sommergendo pascoli, boschi, strade e perfino piccoli villaggi. Il clima freddo e nevoso ridusse grandemente la produzione agricola e ostacolò assai la viabilità e i commerci, soprattutto quelli transalpini; tutta l'Europa cadde in grave crisi economica. Per le popolazioni delle Catene Montuose fu un disastro senza uguali. Ne nacquero le leggende che ritenevano i ghiacciai come castighi divini e le valanghe che da essi precipitavano impetuose, come malfici dei demoni insediati fra i ghiacci. È indicativo il fatto che la grandiosa montagna che domina la valle di Chamonix veniva chiamata *Mont Maudit*. Fu San Francesco di Sales, vescovo del Fausigny, a darle il nome di *Mont Blanc* ma per più di un secolo la gente del posto, e anche i cartografi seicenteschi, continuarono a chiamarla *Mont Maudit*.

Nel 1700, l'Illuminismo portò un nuovo modo di guardare i ghiacciai; non più castighi di Dio ma meravigliose bellezze naturali e fenomeni che meritavano

<sup>11</sup> Da Internet alla voce Periodo postglaciale.



Il ghiacciaio dell'Adamello con una superficie di 18 Km quadrati è il più grande delle Alpi italiane. Da internet



Cervino visto dal ghiacciaio del Teodulo. Foto A.V. Cerutti

di esser studiati. Nella seconda metà del 1700 vennero pubblicate in Svizzera le prime opere che si occupavano di ghiacciai. Fra di esse la più famosa e la più precisa è quella di Horace Bénédict de Saussure, il famoso naturalista ginevrino che fu il pioniere della conquista alpinistica del Monte Bianco. Nei suoi quattro volumi de *Voyages dans les Alpes*, pubblicati fra il 1779 ed il 1796, egli descrive minuziosamente molti ghiacciai delle Alpi Occidentali e dà notizia dei loro movimenti.

Fra il 1833 e il 1847 compaiono le opere che aprono una nuova scienza, la *Glaciologia*; sono quelle degli svizzeri Ignace Venez, Jean de Charpentier, Louis Agassiz scritte durante la lunga e possente fase di espansione della *Piccola età glaciale*. Di questa abbiamo anche numerose testimonianze iconiche: sono le stampe a colori pubblicate nella prima metà del XIX secolo, quando l'espansione toccava il suo culmine<sup>12</sup>.

## 8) Dal 1850 ai giorni nostri

Fra il 1850 e il 1860 su tutte le grandi Catene Montuose l'espansione glaciale si fermò. Il clima si fece più caldo. Fu la conclusione della *Piccola età glaciale*.

Sono gli stessi anni in cui, in campo umano, esplose la *rivoluzione industriale*. Il modo di vita della popolazione mondiale venne sostanzialmente e rapidamente modificato con un forte aumento dei consumi e degli sprechi. Per produrre i beni voluti dalla nuova richiesta, l'industria si potenziò grandemente usando grandi quantità di combustibili fossili dalla cui combustione vengono emessi anidride carbonica e gas inquinanti. Non stupisce, quindi, che gli studi fatti su campioni di ghiaccio profondo, nel laboratorio della Università *La Bicocca* di Milano, abbiano messo in luce che, in atmosfera, negli ultimi 100 anni l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) è aumentata più di 120 parti per milione, valore che non era mai stato raggiunto negli ultimi 750 mila anni<sup>13</sup>.

L'organizzazione Meteorologica Mondiale segnala che negli ultimi centocinquanta anni la temperatura media dell'aria sull'intero Pianeta è cresciuta di 7 decimi di grado; nella zona alpina e in quelle polari, l'aumento è di circa 1°C. Questo riscaldamento non è stato continuo e regolare, malgrado l'affermarsi dell'era industriale e il conseguente sempre maggiore inquinamento atmosferico; si sono manifestate fasi più calde alternate ad altre più fresche e in queste ultime, su tutte le grandi catene montuose, i ghiacciai sono entrati in fasi di crescita che hanno avuto i loro culmini attorno al 1890, 1920, 1980. Ciascuna di queste espansioni glaciali ha avuto una durata compresa fra i 20 e i 30 anni durante i quali le lingue vallive hanno avuto aumenti lineari di alcune centinaia di metri<sup>14</sup>. Ad ogni espansione però è seguita una contrazione maggiore di quella che era stata la crescita nel periodo fresco, per cui nell'ultimo secolo e mezzo la superficie glacializzata delle Catene Montuose si è ridotta più del 30%.

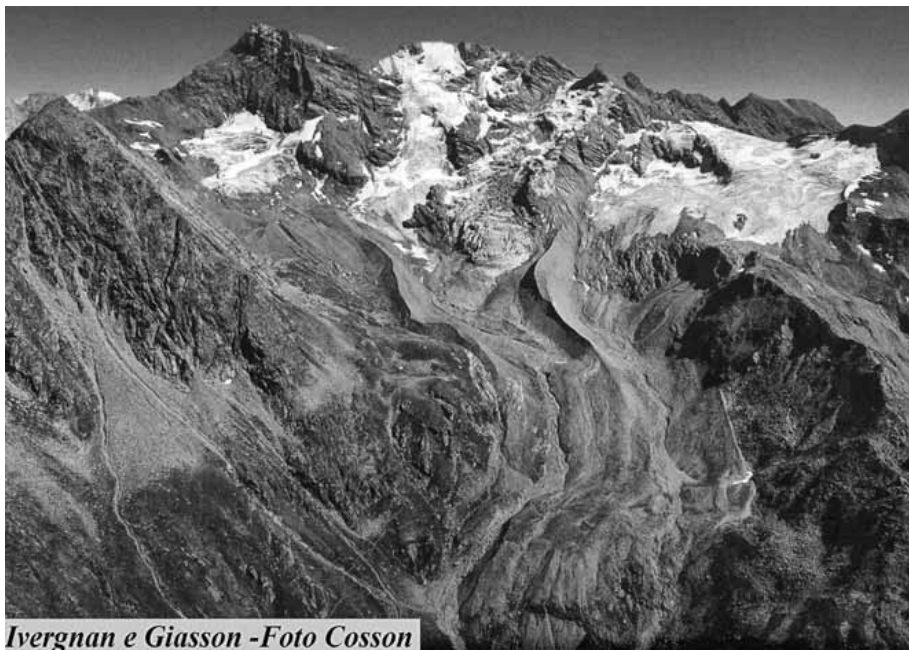
<sup>12</sup> Fra queste opere una delle più belle e delle più ricche è quella di Gabriel L.Lory: *Voyage pittoresque dans la vallée de Chamonix et autour du Mont Blanc*, pubblicata a Parigi, dall'editore d'Osterval nel 1826; essa contiene numerose e bellissime stampe a colori di ambedue i versanti del Monte Bianco.

<sup>13</sup> Già citato: da Internet, alla voce: Cambiamento climatico: la parola al glaciologo

<sup>14</sup> Il fenomeno è generale; a sua dimostrazione segnaliamo alcuni articoli che lo illustrano sui ghiacciai valdostani.

Umberto Monterin, «Les oscillations récentes des glaciers italiens du massif du Mont-Rose (1915-1921)», nella rivista *Augusta Praetoria - Aosta*, 1922.

Augusta Vittoria Cerutti, «Le variazioni glaciologiche e climatiche durante l'ultimo secolo nei gruppi del Monte Bianco e del Monte Rosa», in *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, vol. 8, 1985, pp. 125-136.



Ivergnan e Giasson -Foto Cosson

Una immagine che racconta 150 anni di storia - foto R. Cosson. La foto mostra la vetta della Grande Rouse, (m 3600 s.l.m.) nella Valgrisenche (Valle d'Aosta) con i tre piccoli ghiacciai del versante nord, quelli del Mont Forciaz, di Ivergnan e di Giasson. Oggi i tre hanno una superficie complessiva di appena 1,70 Km<sup>2</sup>. Ben diversa era la situazione agli inizi del XIX secolo. Allora i ghiacciai erano in piena espansione e questi erano tanto grandi da unirsi in un unico ampio apparato, che ammantava la vetta e formava una bella lingua valliva. Dopo il 1850, con il riscaldamento del clima, prese inizio la contrazione dell'apparato. La lingua valliva scomparve ma restano ben evidenti le morene deposte dall'antico ghiacciaio, tracce che ci documentano la sua passata ampiezza e spiegano il nome di Grande Rouse dato alla montagna, nome che nel patois valdostano significa "Il grande ghiacciaio".

Cento cinquanta anni fa la copertura glaciale della Valle d'Aosta aveva una estensione di 320 km quadrati, vale dire circa il 10% del territorio regionale; ora restano glacializzati solo 135 km quadrati, appena il 4% del territorio. La lingua valliva del ghiacciaio del Lys, nel gruppo del Monte Rosa dal 1860 ha perso la lunghezza di ben 1760 metri. Negli ultimi 20 anni, sul versante valdostano del Monte Bianco sono scomparse le lingue vallive, dei ghiacciai della Brenva, del Pré-de-Bar e del Lex Blanche i quali, da possenti ghiacciai vallivi, si sono trasformati in assai più modesti ghiacciai di circo<sup>15</sup>. La situazione non è migliore sul versante settentrionale, in territorio francese ove, dal 1970, il ghiacciaio della Mere de Glace, il maggiore in assoluto del gruppo del Monte Bianco, ha perso 400 metri di lunghezza e quasi altrettanto hanno perduto quelli dell'Argentiere e di Bosson. Sulle Alpi svizzere il ghiacciaio dell'Aletsch, che è il maggiore dell'Europa continentale, dal 1880 a oggi si è raccorciato di 2600 metri; poco meno il ghiacciaio del Gorner che scende

dal Monte Rosa. Queste misure sono molto vicine a quelle delle perdite di lunghezza dei ghiacciai norvegesi. Al di fuori del continente europeo il fenomeno si presenta in misura ancora maggiore.

L'attuale contrazione dei ghiacciai è da attribuire al *riscaldamento climatico globale*. Una scuola di pensiero ritiene sia la conseguenza dell'inquinamento atmosferico dovuto alla gran quantità di gas-serra emessi dalle industrie e dagli insediamenti urbani. È probabile che questa massiccia emissione di gas inquinanti influisca in qualche misura sul riscaldamento atmosferico, ma la storia del clima ci attesta che temperature, ben più alte dell'attuale, si sono verificate più volte in passato,

fin dai tempi della Preistoria. In quei lontani periodi, l'uomo non era in grado di produrre inquinamento atmosferico globale eppure la temperatura dell'aria era tale da far scomparire i ghiacciai dai continenti. Dopo il 1850 l'inquinamento si fa sempre più grave ma in piena era industriale abbiamo avuto ben tre espansioni glaciali. "Alla luce di questi fatti - scrive il glaciologo Robert Vivian - possiamo forse evocare il riscaldamento globale, d'origine antropica, come causa della variazione glaciale registrata soprattutto nel corso della seconda parte del XX secolo? Evidentemente la risposta è NO. Le fluttuazioni glaciali sono cicliche. Il ruolo delle industrie umane e dei gas-serra non deve essere ignorato ma, secondo quanto ci insegnano i ghiacciai, le cause astronomiche e particolarmente le variazioni di intensità dell'energia solare, sembrano di ben maggiore importanza e sono più sincrone con le fluttuazioni glaciali!"<sup>16</sup>.

Bisogna ammettere che, da millenni, sul nostro Pianeta agiscono forze gigantesche e misteriose, le quali danno luogo a cicli climatici che noi non siamo in grado di controllare. Lo stupore che ci assale davanti ai ghiacciai che paiono sul punto di scomparire è dovuto al fatto che siamo abituati a giudicare gli eventi naturali con la misura della vita umana. La realtà è diversa. Anche se dotati di intelligenza, siamo piccole creature e attorno a noi pulsa una natura grandiosa a confronto della quale le nostre forze e i nostri tempi non sono altro che un battito di ciglia.

Courmayeur, 25 ottobre 2020

<sup>15</sup> Il Comitato Glaciologico Italiano, dal 1927, anno per anno pubblica sul suo "Bollettino", (da alcuni anni inglobato nella rivista *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*) le relazioni degli osservatori sulle variazioni dei ghiacciai del versante alpino meridionale.

<sup>16</sup> Robert Vivian, *Glaciers du Mont Blanc*, éditions: La Fontaine de Siloé - Montmélian 2001, pagg. 91-92.

Non basta fondare una nuova società scientifica

# Il biodinamico nel limbo delle pseudo-scienze

di Antonio Ferrante \* e  
Luigi Mariani \*\*

Il 25 settembre scorso, sul numero 29/2020 di *Terra e Vita*, è apparso l'articolo di Marco Serventi<sup>1</sup> "Una società scientifica anche per la biodinamica" in cui in sostanza si accredita l'idea che il rifiuto della biodinamica espresso da una significativa parte del mondo scientifico sia frutto di un pregiudizio oggi sempre più spesso superato da università in cui la ricerca e l'insegnamento della biodinamica sono già oggi attivi. Al riguardo l'articolista cita varie università straniere (l'università olandese di Wageningen, tutte le facoltà di agraria tedesche, l'università inglese di Coventry, ecc., ecc.) e italiane (le Università di Firenze, Napoli, Bologna, Salerno, Urbino, Catania e l'università politecnica delle Marche).

Nell'articolo si annuncia poi la costituzione di una "società scientifica di scienze biodinamiche".

## Siamo di fronte a una pseudoscienza

Alle affermazioni di Marco Serventi possiamo rispondere affermando che la biodinamica è una pseudoscienza. L'agricoltura bio-

dinamica si caratterizza infatti per la presenza di un nucleo pseudo-scientifico di tipo esoterico, i cosiddetti preparati biodinamici, il cui uso è obbligatorio, cui si sovrappongono una serie di principi propri dell'agricoltura biologica. Quest'ultima, a sua volta, ammette l'uso dei preparati biodinamici come risulta dal regolamento 834/2007, attualmente in vigore. Lo scopo dei preparati dell'agricoltura biodinamica è quello di far convergere verso il campo coltivato forze terrestri e cosmiche con lo scopo di conservare la fertilità. Per tale scopo Steiner raccomanda ai suoi adepti di diluire pochi grammi di deiezioni bovine fresche, impropriamente indicate come leta-

me, in 100 litri d'acqua e mescolate a mano per un'ora. Un processo analogo è utilizzato per la silice. Il preparato ottenuto viene poi irrorato sul terreno a bassissimo volume con l'obiettivo di accrescere la produzione e la qualità dei prodotti agricoli. Per comprendere il quadro concettuale cui siamo di fronte si leggano i brani tratti dalle lezioni di Steiner del 1924 riportati nei box.

La pseudo-scientificità dei preparati biodinamici è resa evidente dal fatto che nessuno ha mai osservato o misurato le forze cosmiche che secondo Steiner sarebbero pro-

<sup>1</sup> Presidente di Agrifound, agenzia di ricerca in agricoltura biodinamica.

Brano tratto dalla quarta lezione del corso di agricoltura di Rudolf Steiner

## Perché le vacche hanno le corna

**A**vete mai pensato perché le vacche o certi altri animali hanno le corna? È una domanda importantissima e ciò che la scienza ordinaria ci dice di essa è di regola unilaterale e superficiale. Proviamo quindi a rispondere alla domanda: perché le vacche hanno le corna? [.....] La mucca ha le corna per inviare in se stessa i poteri formativi astrale-eterici, che, premendo verso l'interno, sono destinati a penetrare fino all'organismo digestivo.

Proprio attraverso la radiazione che proviene dalle corna e dagli zoccoli, molto lavoro nasce nello stesso organismo digestivo. Chiunque desideri comprendere

l'afra epizootica, cioè la reazione della periferia sul tratto digerente, deve percepire chiaramente questa relazione. Il nostro rimedio contro l'afra epizootica si basa su questa percezione.

Così nel corno hai qualcosa di ben adattato per sua natura intrinseca, per rispedire le proprietà viventi e astrali nella vita interiore. Nel corno hai qualcosa che irradia vita, anzi, irradia anche astralità. È proprio così: se tu potessi strisciare all'interno del corpo vivente di una mucca - se tu fossi lì dentro la pancia della mucca - sentiresti l'odore della vita astrale e della vitalità vivente dalle corna. E così è anche per gli zoccoli.

\* Professore associato al Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali - Produzione, Territorio, Agro-energie dell'Università di Milano.

\*\* Agronomo, libero professionista, condirettore del Museo Lombardo di Storia dell'Agricoltura e vicepresidente della Società Agraria di Lombardia. Presso la Facoltà di Agraria di Milano insegna Storia dell'Agricoltura, dopo essere stato docente a contratto di Agrometeorologia e Agronomia generale.

Brano tratto dalla Sesta lezione del corso di agricoltura di Rudolf Steiner

## Le forze cosmiche

**P**arlando in un senso più ampio possiamo dire che tutte le forze che agiscono sulla terra dai pianeti vicini sono influenzate dalla lavorazione del gesso o del calcare, mentre quella che opera dalla sfera circostante è influenzata dalle lavorazioni di silice. Sebbene le influenze della silice provengano dalla terra stessa, tuttavia trasmettono ciò che pro-

viene originariamente da Giove, Marte e Saturno, non ciò che proviene da Luna, Venere e Mercurio. Al giorno d'oggi, le persone non sono spesso abituate a tener conto di queste cose e pagano per la loro ignoranza. In effetti, in molte regioni del mondo civilizzato è stato pagato un caro prezzo per questa ignoranza delle influenze cosmiche...

dotte dai pianeti per essere poi "canalizzate" verso il campo coltivato. Steiner stesso, del resto, non propose mai l'effettuazione di misure, sostenendo che tali "forze" non sono sottoponibili a verifica scientifica e proponendone di fatto l'accettazione fideistica. Più in particolare Steiner afferma che la riproducibilità dei risultati non è necessaria in quanto "la verità può rivelarsi da sé". In tal senso Steiner fa a nostro avviso una scelta di campo del tutto chiara, rivendicando l'appartenenza della biodinamica al campo delle pseudoscienze e ponendone il nucleo esoterico al di fuori dell'ambito della verifica scientifica. In tal senso i tentativi del mondo biodinamico italiano di accreditarsi come disciplina scientifica organizzando convegni presso sedi universitarie prestigiose (Università di Napoli, Università Bocconi, Politecnico di Milano) e ora creando una "Società di scienze biodinamiche" appaiono a nostro avviso contrari ai principi posti da Steiner e dovrebbero essere sottoposti a critica anzitutto da parte degli stessi biodinamici ortodossi.

In sostanza occorre considerare che la biodinamica fa riferimento ad un ambito del reale che è quello della metafisica, che con il dominio della scienza sperimentale non ha nulla a che spartire. È possibile fondare una scienza su tali presupposti? A nostro avviso no, per cui auspicheremmo che le università italiane ed europee che ospitano

insegnamenti di biodinamica spiegassero i reali motivi di una scelta che a noi pare grottesca.

Ricordiamo anche ai lettori che al nucleo pseudoscientifico che caratterizza fin dalle origini il biodinamico sono andate nel tempo sovrapponendosi una serie di pratiche che pseudoscientifiche non sono (trattamenti antiparassitari con rame e altri prodotti la cui efficacia fitofarmaceutica non è in discussione, rotazioni, sovesci, difesa dalle malerbe con scerbature o mezzi meccanici, ecc.). A ciò si somma l'agroecologia, disciplina sviluppata nell'ambito dell'agricoltura convenzionale (David et al., 2012; Schaller, 2013) e che oggi viene da più parti proposta come "cavallo di troia" per sdoganare il biodinamico in ambito scientifico.

La sovrapposizione di metodi scientificamente fondati al nucleo pseudo-scientifico originario crea quella "cortina fumogena" in grado di confondere molte persone in perfetta buona fede. Tale cortina fu a suo tempo evidenziata da Karl Popper, il quale osservò che le pseudoscienze tendono spesso a sottrarsi alla falsificazione introducendo concetti sempre diversi e che tuttavia non intaccano il loro nucleo concettuale di base.

Alla luce di ciò, ai biodinamici in buona fede non possiamo far altro che indicare come via maestra per far uscire la loro disciplina dal limbo delle pseudoscienze quella di dimostrare l'esistenza delle "for-

ze cosmiche" e la capacità di parte di organi animali (corni di vacca, vesciche di cervo, pelli di topo, ecc.) di intercettare tali energie e di canalizzarle verso i campi coltivati. Questo potrebbe ragionevolmente essere l'obiettivo fondante di una "società scientifica di scienze biodinamiche", che dovrebbe perciò farsi carico delle remore della comunità scientifica senza accusarla, come fa Serventi, di pregiudizi a sfondo ideologico.

### Prospettive

Nel mondo vi sono tantissime persone che credono nell'oroscopo, nella cartomanzia, a pratiche magiche ed esoteriche. Infatti non c'è da stupirsi se esiste un mercato delle arti magiche, della professione del mago e dell'imprenditoria legate a questo settore (Venturini, 2005). Come si vede dunque il biodinamico è in buona compagnia, il che non toglie che persista il dovere per chi fa scienza di esprimere tutta la propria contrarietà all'introdurre nella università una disciplina che vanta un nucleo esoterico tanto robusto e inattaccabile. Al riguardo sarebbe auspicabile una presa di coscienza del carattere pseudoscientifico del biodinamico sia da parte dei politici che con il DDL 998 sul biologico si propongono di promuovere l'applicazione del biodinamico in agricoltura, sia da parte di media come il *Corriere della Sera*, che troppo spesso si comportano da "cattivi maestri" tessendo le lodi del biodinamico.

da <https://agrariansciences.blogspot.com/2020/10/non-basta-una-societa-scientifica-per.html>, giovedì 29 ottobre 2020

### Bibliografia

- T. Venturini, *Il mago e l'imprenditore magico*, in Cassazione penale, 2005, 1019: 1028  
 C. David, A. Wezel, S. Bellon, T. Doré, E. Malézieux, 2012 *mot Agroecologie, Texte inscrit dans le dictionnaire des mots de l'agronomie disponible en ligne*  
 Schaller N., 2013. *Agro-ecology different definitions common principles*, Centre for Studies and Strategic Foresight, Analysis No. 59, July 2013



# Boschi in crescita in Italia: in 80 anni la superficie forestale è quasi raddoppiata

C'è una buona notizia che riguarda l'intero territorio nazionale, confermata dai dati emessi dal Crea e dal Raf (Rapporto sullo stato delle foreste e del settore forestale): in Italia le superfici boschive sono quasi raddoppiate negli ultimi 80 anni, passando dai 6.364.000 ettari del 1936 ai quasi 11 milioni di ettari dei giorni nostri, con i dati in ogni caso che sono in costante aggiornamento. Si può dire senza timori dunque che più di un terzo della superficie totale del nostro Paese (poco meno del 37%) è oggi coperto da boschi e foreste. Il motivo di questa crescita

massiccia va ricercato essenzialmente nel progressivo abbandono di molte aree, perlopiù montane e collinari, con i pascoli dunque che hanno lasciato spazio a un ritorno degli alberi, che si sono riappropriati dei loro spazi originari. Il fenomeno ha riguardato, naturalmente con intensità diverse, tutte le regioni italiane. In Lombardia, ad esempio, sono 664.192 gli ettari di foreste, vale a dire quasi il 30% della superficie totale regionale (2.386.285 ha). In provincia di Mantova invece sono oltre 3.000 gli ettari coperti da boschi, con un au-

mento costante negli ultimi anni. Da questo dato sono esclusi i pioppi, che coprono oltre 7.000 ettari nel nostro territorio provinciale, assorbendo ogni anno oltre 130.000 tonnellate di CO<sub>2</sub>. «I dati sono positivi - spiega l'ufficio tecnico di Confagricoltura Mantova - ma non dimentichiamo che l'aumento dei boschi è merito anche delle giuste politiche Psr e del lavoro quotidiano degli imprenditori agricoli, che per primi si prendono cura del territorio».

da [www.confagricolturamantova.it](http://www.confagricolturamantova.it)

## In ricordo di Giorgio Trenta (1940-2020)

Ricordare Giorgio Trenta, che ci ha lasciati domenica 4 ottobre, è ricordare non solo una figura di rilievo nell'ambito della comunità scientifica dedicata alla vocazione medico-sanitaria corroborata dai fondamenti della fisica, ma anche un combattente, paziente e discreto ma deciso, garbato e coscienzioso, fortemente consapevole, della causa della libertà e dignità della Scienza. Presidente dell'AIMR (Associazione Italiana di Radioprotezione Medica) dal 1994 al 2013, membro e consigliere dell'AIIRP (Associazione Italiana di Radioprotezione) membro e consigliere autorevole dell'AIN (Associazione Italiana Nucleare) e dell'Associazione Galileo 2001 per la libertà e la dignità della Scienza, era altresì membro della Società Italiana di Fisica dal 1990.

Si era laureato a pieni voti in Fisica presso l'Università di Torino e in Medicina e Chirurgia presso l'Università di Roma specializzandosi in Medicina del Lavoro. Già direttore della Divisione di Radioprotezione dell'ENEA-DISP (poi ANPA, APAT, ISPRA) ha svolto attività di ricerca e consulenza presso varie Istituzioni italiane ed estere. Dirigente ed Associato di ricerca in particolare dell'INFN (Istituto

Nazionale di Fisica Nucleare), ha svolto numerosi incarichi di controllo e organizzazione, oltre che di docenza presso varie sezioni ed Università, con compiti importanti di medico autorizzato, meritando l'apprezzamento unanime per la sua cultura, le sue competenze specifiche e la sua preziosa disponibilità di esperto e di consulente.

Nell'ambito dell'AIN e dell'Associazione Galileo 2001 era considerato la persona di riferimento per le informazioni e i pareri relativi ai problemi di radioprotezione e di sicurezza nucleare come dimostrano le sue valutazioni e le puntuali osservazioni durante e dopo l'incidente di Fukushima, a seguito dello tsunami del 2011 in Giappone. Significativo al riguardo il seminario che lui tenne alla Sapienza a Roma nel marzo 2015 su: *"Le conseguenze sanitarie dell'incidente di Fukushima, quattro anni dopo"*, organizzato con grande solerzia e intelligenza dal compianto Gian Vittorio Pallottino sotto l'egida di Galileo 2001.

È stato, insieme con Enzo Righi e Giuliano Moschini, l'anima della eccellente scuola di specializzazione a Bressanone (*Corso avanzato di Radioprotezione Medica*) creata mediante la collaborazione dell'INFN

e dell'Università di Padova e divenuta *"il punto più alto"* - cito le sue parole nel ricordo che egli stesso scrisse in occasione prima della morte di Righi e poi di quella di Moschini - *di formazione in questa disciplina per i medici che svolgono l'attività di sorveglianza medica della Radioprotezione"*. Io stesso vi ho partecipato più volte come docente e per me sono state occasioni non solo di impegno gratificante, in quello straordinario ambiente e decoro montano, ma anche di rafforzamento della nostra personale amicizia e della reciproca simpatia e stima.

Il suo ricordo pertanto, pur essendo doloroso per la perdita di un altro caro amico, resta come un esempio di coerenza e di consapevole connessione tra la competenza e l'onestà professionale e la coscienza di svolgere compiti significativi per l'affermazione non facile di una scienza rivolta allo sviluppo di una conoscenza libera e benefica, non vincolata agli opportunismi e alle posizioni di comodo e a quella che egli chiamava *"l'occupazione incompetente e prepotente dei ruoli"*. Giorgio Trenta ne era un assertore convinto e il suo ricordo diventa un messaggio sincero.

Renato Angelo Ricci

# Minopoli: anche l'Italia deve scommettere sui reattori del futuro

*Pubblichiamo di seguito la lettera indirizzata, il 28 settembre 2020, dal Presidente dell'Associazione Italiana Nucleare, Umberto Minopoli, ai direttori de Il Corriere della Sera e La Repubblica.*



Illustrazione concettuale di un microreattore Aurora di Oklo (foto Gensler via World Nuclear News)

Caro Direttore,

La Francia, nei suoi progetti per il *Recovery Fund*, ha dedicato 470 milioni di euro per attività di ricerca e sviluppo nei reattori modulari di piccola taglia, gli SMR (small modular reactors).

Si tratta della nuova generazione di reattori nucleari caratterizzati da alcune rivoluzionarie novità: la taglia (da pochi MW fino ai 300 o 400 MW di potenza); la modularità, flessibilità e compattezza (che abbatte i tempi di costruzione e le rigidità nella localizzazione dei tradizionali impianti nucleari); la "sicurezza intrinseca" che elimina "fisicamente" le fonti di rischio dei reattori correnti; il trattamento delle scorie (la quantità e qualità del rifiuto finale si abbatte drasticamente).

L'SMR, in caso di anomalia, si arresta per "cause naturali", cancellando la necessità dell'intervento umano o dell'alimentazione esterna (i due fattori critici negli incidenti nucleari).

Negli SMR, infine, si realizza il principio del perfetto ciclo "circolare" del rifiuto: il combustibile è riutilizzato fino quasi al suo completo esaurimento. Per la taglia, la facile localizzazione e trasportabilità, gli SMR sono l'ideale per funzionare come sistema di back up delle reti rinnovabili, per correggerne l'intermittenza che oggi pregiudica il pieno utilizzo degli impianti eolici, solari termici e fotovoltaici.

Nel mondo sono in fase di sviluppo e industrializzazione una ventina di modelli. Su questi nuovi reattori del futuro scommette il governo francese. Inutile dire che Usa, Cina e Russia corrono a passo veloce, ma emergono nuovi protagonisti: dall'Argentina al Sud Africa o imprese innovative con visione del futuro: uno dei progetti in corso è il Terrapower di Bill Gates.

L'Europa si smuove ora attraverso la

Francia. Il paradosso è che l'Italia non sarebbe una new-entry nel settore. Non solo eravamo, negli anni Sessanta e Settanta, pionieri nei primi progetti di reattori di limitata potenza e dimensione, ma lo siamo attualmente nei progetti europei di SMR.

L'Europa ha selezionato 6 progetti strategici nei reattori nucleari del futuro. In competizione tra loro. Di uno dei più promettenti dei 6, il progetto Alfred di reattore a piombo, è protagonista l'Italia (con Enea, Ansaldo Nucleare, Università e pmi tecnologiche) che guida il team internazionale di progetto.

La Francia si appresta a sostenere con il *Recovery Fund* il suo progetto di reattore del futuro.

Cosa impedisce al governo italiano di seguire l'esempio francese? E collocare il Paese su una frontiera innovativa del futuro, finanziando il progetto italiano di SMR?

Credo manchi solo un po' di coraggio e apertura mentale.

# Rosatom pronta ad espandere la sua offerta di reattori nucleari modulari

**A**rchiviata con successo l'esperienza dell'entrata in servizio della prima centrale nucleare galleggiante, l'*Akademik Lomonosov*, nella Siberia Nord Orientale, l'azienda di stato russa Rosatom guarda già avanti ai possibili sviluppi di un mercato internazionale di reattori modulari *Made in Russia*.

Il centro studi *Iceberg*, dove vengono progettati i rompighiaccio a propulsione nucleare, starebbe già sviluppando la versione "di potenza" dei reattori RITM-200 (già montati sui rompighiaccio *Arktika*, *Sibir* e *Ural*), per l'installazione sia a terra che galleggiante.

La serie RITM rappresenta un'evoluzione (Gen III+) della serie KLT-40 (*Akademik Lomonosov*) e può vantare aumentata efficienza (40% in più di potenza elettrica) e ridotte dimensioni (45% in meno). La riduzione delle dimensioni è stata ottenuta incorporando i generatori di vapore nel vascello di contenimento pressurizzato del reattore.

Le caratteristiche di sicurezza prevedono 3 livelli di contenimento, pressurizzatore a doppio circuito indipendente e una combinazione di misure ridondanti e fisicamente indipendenti volte a garantire una elevata sicurezza in caso di situazioni incidentali, assicurando la funzionalità dei sistemi di raffreddamento d'emergenza per 72 ore senza intervento di operatori e in assenza di alimentazione elettrica.

La versione terrestre di questo impianto prevede due moduli per una potenza elettrica complessiva di 114 MW (330 MW termici) scalabile fino a 6 moduli e capace di fornire in cogenerazione elettricità e calore industriale utilizzabile ad esempio per teleriscaldamento, produzione di idrogeno o desalinizzazione dell'acqua. Il reattore ha un ciclo di rifornimento del combustibile di 6 anni ed una vita utile di 60 anni. Limitatissimo l'uso del suolo, che va da 0,06 km<sup>2</sup> nella versione a due moduli (meno di dieci campi da calcio) a 0,12 km<sup>2</sup> nella versione a 6 moduli.

La centrale infatti prevede una parte comune in cui sono siti gli edifici ausiliari, ed un'area ristretta (edifici reattore e turbine) che può essere via via allargata per far spazio a nuovi moduli, ad incrementi di 100 MW.

Rosatom avrebbe già individuato alcuni siti potenzialmente candidati all'installazione di questi reattori modulari in territorio russo, e conta di immetterli nel mercato nel 2027.

La stessa tipologia di reattori sarebbe installata su OPEB (*Optimized Floating Power Unit*), l'evoluzione dell'*Akademik Lomonosov*, anch'essa più semplice strutturalmente, più efficiente e meno costosa.

Secondo *Gleb Makeev*, capo progettista presso *Iceberg*, l'unità è progettata per operare anche in mari tropicali e sub tropicali, con temperature dell'acqua fi-

no a 40°C e temperature dell'aria fino a 47°C. Traspare dunque evidente l'interesse di espansione verso mercati di Paesi in via di sviluppo, come quelli dell'Africa, dove questa tipologia di reattore potrebbe essere installata e fornire elettricità alle città costiere e ai villaggi limitrofi.



Rendering di un OPEB (foto Rosatom)

**OPEB: dati tecnici:** Lunghezza: 112 m; Larghezza: 30 m; Pescaggio: 5,84 m; Stazza: 18670 tonnellate; Vita utile totale: 60 anni; Dimensioni dell'equipaggio: 54 persone; Potenza elettrica: 100 MW.

Rispetto alla versione terrestre, l'OPEB non produce calore ma solo elettricità. A differenza del KLT-40 inoltre, il ciclo di combustibile (10 anni) coincide con quello di manutenzione del reattore (che non viene svolta in loco ma presso un cantiere navale) eliminando la necessità di stoccare il combustibile esausto presso il sito di produzione, riducendo ulteriormente le dimensioni e l'impronta della centrale.

Si tratta dunque di una centrale nucleare "chiavi in mano", che viene trainata da rimorchiatori al sito prescelto per la produzione, riportata in cantiere per manutenzione ogni 10 anni, e ritirata a fine vita, eliminando le attività di *decommissioning* presso il sito (che verrebbero svolte presso il cantiere navale o altro sito adeguato).

Il personale, anch'esso in numero ridotto rispetto all'*Akademik Lomonosov*, verrebbe alloggiato presso le strutture ausiliarie sulla terraferma, le uniche a dover essere dismesse o convertite ad altri usi al termine della vita operativa della centrale, ma prive di contaminazione radiologica.

(Associazione Italiana Nucleare, 23 settembre 2020)

Per approfondimenti:

[https://aris.iaea.org/Publications/SMR\\_Book\\_2020.pdf](https://aris.iaea.org/Publications/SMR_Book_2020.pdf)

e *Floating NPPs, a Solution for Electricity Demand in Hot Countries?*

ENS <https://www.euronuclear.org/news/floating-npps-future-solutions/>

Un appello di tecnici del settore energia indirizzato alla Commissione europea

# Idrogeno “verde”... facciamo appello al buon senso

**I**n qualità di ingegneri e funzionari che hanno lavorato alla Commissione europea, vi scriviamo con uno spirito costruttivo di difesa dell'immagine dell'Unione europea e delle sue Istituzioni.

Riteniamo che la Commissione rischi di perdere credibilità con la sua proposta di una “Strategia per l'idrogeno”. L'utilizzo dell'idrogeno (gas costoso e di difficile produzione) come vettore energetico per compensare l'intermittenza delle energie rinnovabili come il fotovoltaico e l'eolico, non è a nostro avviso il metodo migliore per decarbonizzare l'economia, riducendo l'uso di combustibili fossili.

Per costruire il futuro è sempre utile ricordare i risultati del passato.

La Commissione europea ha un'esperienza di più di mezzo secolo sull'idrogeno. Già nel 1969 a Ispra, il Centro comune di ricerca della Commissione, aveva condotto progetti sulla produzione e l'uso dell'idrogeno. Le leggi della chimica e della fisica non si possono cambiare e i ricercatori e gli ingegneri coinvolti in questi progetti avevano, dopo numerose analisi e test, concluso che i bassi rendimenti ed i costi economici, limitavano il potenziale dell'applicazione industriale dell'idrogeno come vettore energetico.

Successivamente, durante le crisi petrolifere, e in seguito nel quadro delle iniziative per l'implementazione del protocollo di Kyoto, il tema dell'idrogeno è ritornato in prima pagina. All'inizio del nostro millennio, è stata lanciata una collaborazione transatlantica ad altissimo livello tra

la Commissione europea e gli Stati Uniti, collaborazione che non ha però ottenuto risultati e progetti su scala industriale.

Attualmente, la Commissione europea, senza aver condotto una necessaria e approfondita analisi d'impatto, ha resuscitato il tema dell'idrogeno nel quadro del Patto Verde (Green Deal) nel quale lo stesso diventerebbe un elemento chiave per compensare un utilizzo massiccio di fonti rinnovabili intermittenti. Alcuni progetti propongono addirittura di produrre idrogeno “verde”, cioè da energie rinnovabili in Africa e quindi trasportarlo in Europa. A questo proposito è importante ricordare che a tutt'oggi quasi la metà della popolazione africana non ha ancora accesso all'elettricità, verde o grigia che sia.

I limiti di una diffusione massiccia di energia rinnovabile intermittente sono chiaramente dimostrati dal caso della Germania. La svolta energetica tedesca (EnergieWende) è costata 25 miliardi di euro l'anno di sovvenzioni negli ultimi 20 anni, pari a una media di 1.000 euro all'anno per ogni famiglia tedesca. Tutto ciò con un impatto minimo, avendo la Germania, prodotto solo il 4,3% della sua energia primaria da impianti eolici e pannelli solari.

In effetti, un grande uso di impianti eolici o pannelli solari porta ad avere quasi sempre un eccesso o una carenza di elettricità, a seconda che ci sia o non ci sia vento e sole<sup>1</sup>. In caso di carenza, vale a dire la stragrande maggioranza del tempo, la Germania, che ha abbandonato il nucleare, è stata obbligata a utilizzare com-

bustibili fossili, lignite, carbone, o gas importato dalla Russia. Ciò spiega il risultato minimo ottenuto in termini di riduzione delle emissioni dall'EnergieWende.

Idealmente, si dovrebbe trovare un modo per immagazzinare l'elettricità “verde” prodotta da fonti rinnovabili al fine di poterla utilizzare nei periodi di scarsa o nulla produzione delle fonti stesse. Per immagazzinare tale elettricità esistono tre metodi: batterie, stazioni di pompaggio o il passaggio attraverso un vettore energetico intermedio come l'idrogeno. Lo stoccaggio di grandi quantità di elettricità con batterie è una illusione, le stazioni idroelettriche di pompaggio rappresentano un investimento significativo e richiedono siti appropriati e ciò ha fatto riemergere la mitica soluzione dell'idrogeno.

Il problema è che la produzione di elettricità dall'idrogeno a sua volta prodotto dall'elettricità eolica o fotovoltaica ha solo un'efficienza del 28% quindi una perdita di oltre il 70%. Inoltre, a causa dell'intermittenza delle fonti rinnovabili già citate, anche gli enormi elettrolizzatori che dovrebbero essere costruiti per produrre idrogeno avrebbero un'operazione in-

<sup>1</sup> Il fattore di carico è definito come il rapporto fra l'energia effettivamente prodotta e l'energia che sarebbe idealmente prodotta se un impianto funzionasse tutto il tempo al massimo della sua capacità. Il valore medio nell'Unione europea è 12% per il fotovoltaico, e fra il 20 e il 30% per l'eolico rispettivamente terrestre e marino.

termittente con un rendimento variabile ed equivalente a dieci settimane all'anno, circa il 20% del tempo totale. Questo schema non sarebbe quindi economicamente sostenibile.

Il vettore idrogeno per la massiccia produzione di elettricità decarbonizzata da iniettare nella rete non ha quindi alcun senso economico. Soprattutto perché associato al Santo Graal, ecologista che aspira a ottenere il 100% dell'elettricità da fonti rinnovabili. Ciò richiederebbe di moltiplicare la capacità installata di eolico e solare per un fattore superiore a dieci (a seconda dei fattori di carico<sup>1</sup> e delle rese considerate).

È molto meglio utilizzare l'energia nucleare, l'unica energia primaria decarbonizzata che consenta una produzione di elettricità massiccia e regolabile, e calibrare l'impiego di energie rinnovabili intermittenti sulla base di un calcolo di ottimizzazione economica tenendo conto di tutti i costi del sistema elettrico globale. Invece di mirare al massimo, sa-

rebbe più sensato definire un massimale, cioè una percentuale massima di energia rinnovabile intermittente, oltre la quale il consumatore perderebbe economicamente e il sistema diventerebbe inaffidabile.

Per quanto riguarda la produzione di idrogeno per altri usi, come materia prima per l'industria o, come combustibile per i trasporti, l'intermittenza del funzionamento degli elettrolizzatori alimentati dall'energia eolica e solare pone lo stesso problema di redditività economica.

Una produzione decarbonizzata di idrogeno potrebbe essere fatta utilizzando il calore prodotto da reattori nucleari ad alta temperatura, senza utilizzare processi di elettrolisi. Questi reattori sono oggetto di ricerca e dimostrazione in Giappone, Cina e Stati Uniti. La Commissione europea dovrebbe non solo interessarsi all'argomento, ma soprattutto investire in esso, se vuole evitare di essere distanziata geopoliticamente da altre regioni che svilup-

pano queste tecnologie. I fondi del Recovery Plan offrono un'opportunità di investire in queste tecnologie. Ci auspichiamo che l'Unione europea non perda questa l'opportunità.

In conclusione, esortiamo la Commissione europea a riconsiderare la sua "strategia sull'idrogeno", senza l'influenza dei gruppi di pressione che chiedono sovvenzioni, riconoscendo che la massiccia produzione di idrogeno da fonti rinnovabili intermittente è un'illusione. Incoraggiamo invece la Commissione europea a analizzare il potenziale dell'energia nucleare come un metodo per la produzione di idrogeno totalmente decarbonizzato.

*Argyrazi Vicky, Caruso Ettore, Crutzen Serge, De Jesus Ferreira João, De Sá José, de Sampaio Nunes Pedro, Deffrennes Marc, Demine Olga, Furfari Samuele, Henningsen Jorgen, Neves João, Pauwels Henri, von Scholz Hans-Eike, Woeldgen Jacques.*

Un commento agli articoli pubblicati nel numero di 21<sup>mo</sup> Secolo di ottobre 2020

## A proposito di Idrogeno

di Ettore Ruberti \*

**G**li articoli del Prof. Furfari e dell'Ing. Fontanot, pubblicati sullo scorso numero della rivista, richiedono, a mio parere, un chiarimento di fondo. È necessario chiarire, come se non fosse già lampante, come evidenziato negli articoli suddetti, che l'idrogeno, al pari dell'elettricità, non costituisce una fonte energetica ma un

vettore, quindi deve essere prodotto. In teoria tale produzione può avvenire in parecchi modi. Tuttavia, in un mondo reale, la produzione deve tenere in debita considerazione l'efficienza, i costi ed i tempi. In caso contrario si tratta di training puramente sperimentali, peraltro non necessari poiché ampiamente sperimentati, di pubblicità fatta a fini elettorali o, peggio, sperpero di denaro pubblico.

Come già ampiamente discusso in passato, sia il fotovoltaico che l'eolico non costituiscono fonti energetiche alternative ai combustibili fossili, ma semplicemente integrative, poiché caratteriz-

zate da bassa intensità energetica ed intermittenza della disponibilità. In teoria, utilizzarle per produrre idrogeno, facilmente accumulabile, sembrerebbe la panacea, ma proprio l'intermittenza della disponibilità e la bassa densità energetica ne rendono estremamente costosa la produzione. Inoltre, come ben noto a chiunque abbia una base anche elementare di energetica, ad ogni passaggio da una fonte ad un'altra, vi è un consumo di energia. Questo, unito al fatto che ogni conversione energetica determina un degrado della stessa, è lampante l'assurdità di produrre un vettore, l'elettricità, per produrre

\* Ricercatore dell'ENEA, Dipartimento FSN-FISS-SNI. Professore a contratto di Biologia generale e molecolare all'Università Ambrosiana.

un altro vettore, l'idrogeno, ed infine un altro vettore, ossia ancora elettricità. Diverso il caso se si produce l'idrogeno per mezzo dei reattori nucleari ad alta temperatura, autofertilizzanti, e/o con il solare termodinamico a concentrazione, in quest'ultimo caso purché in grandi impianti localizzati in Paesi ad alta insolazione. Utilizzando le celle a combustibile per i mezzi di trasporto, diviene allora vincente l'utilizzo dell'idrogeno ma, come abbiamo detto, se si produce la maggior parte dell'energia con le fonti suddette. Attualmente il nucleare, perlopiù con centrali di 2° e 3° generazione, copre il 10% della produzione energetica mondiale, mentre il solare ed il solare termodinamico a concentrazione non è ancora partito.

## La risposta dell'Ing. Sergio Fontanot

Sono lieto ed onorato che il mio lavoro da ingegnere abbia suscitato l'interesse di uno studioso come il prof Ruberti, al quale desidero offrire questo contributo integrativo:

Sono totalmente d'accordo sul considerare Solare ed Eolico di grossa taglia (le robe piccole sono giochini ecologici di adulti) tecnologie produttive delle quali i Gestori dei sistemi elettrici di tutto il mondo ed i mercati dell'energia non sentivano assolutamente il bisogno, anzi, da dieci anni ne sono disturbati... in ispecie dal capriccioso Eolico in disonore del quale ho scritto il libro *L'energia eolica e la sfida dei mercati elettrici*.

Per arrivare alla conclusione degli Elettrolizzatori abbinati ai Campi eolici fuori costa, affarone sussidiato ed orgoglio dei frugali verdi nordeuropei, mi sono calato nella logica dei Green Dealer germanici, applicandovi uno pseudo-aristotelico, sillogismo:

### Premesse:

"Parola d'ordine categorica e impegnativa per tutti" ... i 27 ... è la suprema volontà di raggiungere un'improbabile "neutralità carbonica" entro il 2050, anche producendo, in Europa, un milioncino di tonnellate di Idrogeno... non con tecnologie mature e di basso costo (Reforming) o con l'Elettrolisi ad alta temperatura, ampiamente utilizzata in Francia, sfruttando il calore di risulta dei Reattori nucleari (citata nel testo) ma nel nome di Gaia ed altre pagane Divinità:

Tramite 6 (sei !) GW di Elettrolizzatori alimentati da Energia Elettrica, non di rete ma prodotta, "categoricamente" ad hoc, da Fonti Rinnovabili (più gettonate Eolica e Solare) ... comunque, elencate nell'Enciclica "Taxonomia Europaensis"



A questo punto del "ragionamento"...

Esclusi:

a) Idroelettrico: "nemico dell'ambiente" e strategicamente poco diffuso (eccelliamo noi e Svezia, Norvegia) con quello migliore... a serbatoio (specie con pompaggio) che vale troppo sui Mercati per buttarlo a fare 'sto gas.

b) Biomasse e "Scovaze" (trad. monnezza), per palese inadeguatezza (in Italia 2019 = 6,5% della produzione elettrica totale, non di più in Europa).

c) Geotermia, perché soffia poco (da noi produce meno elettricità di Biomasse & Co ed in Europa si stima una risorsa, poco sfruttata (a forte impatto ambientale) di un 15 GWh di energia termica a bassa Entalpia, annidata qua e là (!) nel sottosuolo.

d) Fotovoltaico industriale per le immani superfici impegnate (7-13 mq per kWpicco = 0,7-1,3 ettari/MW<sup>1</sup>)

e) Solare a Concentrazione che, come scrive il prof. Ruberti, non è ancora partito in Europa e nemmeno nella solatia Italia... del sud (progetto Archimede docet).

4) Preso atto che esistono elettrolizzatori (PEM) che sopportano irregolarità di alimentazione ... analizzate le premesse, migliori, minori ed intermedie, arriviamo alla...

### Conclusione:

Ho scelto fatalmente l'Eolico fuori costa perché ne hanno fatto tanto nel Mare del Nord e la frugale Olanda e la riottosa GB ci tengono ad usarne lo scadente prodotto per farci sopra nuovi affari e dimostrare, a fini politici, di non aver dilapidato troppi quattrini.

PS: ho trascurato nell'articolo l'ipotesi del prof Ruberti di una mobilità in "Paesi ad alta insolazione" Africa, etc.), basata su CAC alimentate ad idrogeno fatto con l'abbinamento Elettrolisi ad alta temperatura-Concentratori solari, che è concettualmente brillante ma esula dalle mie competenze ed interessi.

1 Con pannelli monocristallini: 7-9 metri quadrati per kWp installato; con pannelli policristallini: 8-11 metri quadrati per kWp installato; con pannelli a film sottile: 7-13 metri quadrati per kWpicco installato = 7-13.000 mq. 0,7-1,3 ettari/MW. <https://www.fotovoltaiiconorditalia.it/idee/dimensioni-pannelli-fotovoltaiici-2>

# Un anno di cambiamenti apparenti nelle attività della Commissione Sismica-GLIS di ANTEL Italia

Prof.ssa Ing. Gloria Terenzi \*

**I**l 2020 è stato un anno che non sarà facile dimenticare. Il virus Sars-CoV-2 ha cambiato le nostre abitudini ma non, almeno per quanto mi riguarda, la frenesia di vita. Fino a febbraio scorso, prima del lockdown, mi sembrava impossibile rinunciare alle corse per poter essere puntuale a tutti gli appuntamenti nei posti più disparati. Da marzo in poi, dopo qualche giorno di sconcerto per il timore di non saper usare agevolmente i nuovi mezzi di comunicazione digitale, mi sono trovata davanti ad un video impegnata come al solito, uscendo ed entrando da una riunione all'altra.

C'era una sola differenza, ero chiusa in casa e non all'Università od in altro luogo. Il virus mi ha costretto ad imparare a fare quello che faccio abitualmente utilizzando altre procedure.

Di fatto, per quanto mi riguarda, niente si è fermato, nemmeno l'attività della Commissione Sismica-GLIS con cui avevo già in programma un Seminario dal titolo: "Rischio sismico: costruiamo un futuro sicuro", inizialmente previsto con partecipanti in presenza per aprile, poi rimandato a settembre in forma mista, in presenza ed in remoto, in modo da evitare quanto più possibile gli assembramenti. L'ambiente in cui doveva svolgersi è la Mole Vanvitelliana, ad Ancona, in grado di ospitare, anche in questa situazione, almeno duecento persone adeguatamente distanziate. La sorte ha voluto che la data del 17 settembre non potesse essere confermata per un imponente incendio divampato nella notte fra il 15 ed il 16 settembre in alcuni capannoni del porto di Ancona. Pur dispiaciuti per questo evento, non ci siamo arresi. Il virus e l'incendio coalizzati non potevano impedirci di continuare a fare opera di divulgazione delle buone pratiche di prevenzione sismica!

Ringrazio ancora l'Ing. Federica Farinelli ed il

Dott. Giordano-Bruno Arato, soci della Commissione Sismica-GLIS, che con grande determinazione hanno fatto in modo che l'evento potesse essere rinviato, peraltro solo di pochi giorni. E così che il 2 ottobre il seminario ha avuto luogo, svolgendosi in contemporanea all'allestimento della mostra "Terremoti e Prevenzione", peraltro arricchito di contenuti marchigiani, grazie alla collaborazione delle Università Politecnica delle Marche e di Camerino. Nonostante l'ennesimo rinvio, la partecipazione di pubblico in presenza ed in remoto è stata piuttosto buona, consistendo in 180 persone di cui 120 in presenza e 60 in remoto.

Al di là dei numeri, la cosa che noto con grande piacere, a cui peraltro ascrivo il successo dell'evento, è la partecipazione e l'apprezzamento ricevuto da parte di tecnici con diverse competenze: geologi, geometri, architetti, oltretutto ingegneri, che ci hanno ascoltato.

Con questo seminario intendevamo trasmettere il messaggio che la prevenzione sismica debba essere intesa in modo interdisciplinare. Essa deve infatti riguardare più figure professionali che, ciascuna con le proprie competenze, devono fornire un contributo costruttivo a far sì che non si debba continuare ad assistere al manifestarsi di scenari di danno grave anche per eventi di Magnitudo relativamente bassa.

Anche attraverso la mostra, illustrata nel secondo intervento della mattina, il Seminario si è posto i seguenti obiettivi formativi per i tecnici:

- inquadramento del rischio sismico nel contesto territoriale e costruttivo marchigiano: sismicità ed analisi del danno rilevato, particolarmente in occasione di diversi eventi che dagli anni Novanta del secolo scorso ad oggi hanno colpito la regione;

- significato di "prevenzione", applicato sia al territorio che alle strutture;

- regole di conduzione di analisi di vulnerabilità sismica di strutture esistenti a partire dalla conoscenza e dal monitoraggio del manufatto;

- esecuzione degli interventi di miglioramento, o adeguamento, mediante tecniche avanzate di protezione sismica (controventi dissipativi, isolamento alla base, Sistema CAM, etc).

\* Coordinatrice Nazionale della Commissione Sismica-GLIS. Docente di Costruzioni in zona sismica per il Corso di Laurea in Ingegneria Edile dell'Università di Firenze

L'apprezzamento dei tecnici intervenuti ci fornisce una testimonianza del perseguimento di tali obiettivi. L'operato in tal senso della Commissione Sismica-GLIS continuerà anche per il prossimo anno, organizzando corsi sul tema della prevenzione con tecniche avanzate di protezione sismica. Come è stato per il Seminario di Ancona, compatibilmente con le regole di non assembramento dettate dalla persistenza dell'emergenza sanitaria, essi avranno svolgimento sia in presenza che in remoto.

Il 23 novembre ricorre il quarantesimo anniversario del terremoto dell'Irpinia. Nel ricordo del collega ed amico Alessandro Martelli, che ha vissuto quell'evento sia come tecnico che come volontario quando ancora non esisteva l'attuale complesso sistema di Protezione Civile, vorrei invitare tutti i tecnici a riflettere come, a distanza di quarant'anni, ci sia evoluti nell'affrontare tali emergenze, ma soprattutto quanto ci sia ancora da fare per mettere in sicurezza il nostro territorio.

Il quarantesimo anniversario del terremoto dell'Irpinia (23 novembre 1980):

## Qualche ricordo personale

di Dr. Ing. Alessandro Martelli \*

**F**u il primo terremoto violento a colpire l'Italia, da quando ero tornato dalla Francia, all'inizio del 1979; fu il primo evento sismico di cui vissi da vicino le fasi emergenziali.

Ero ancora un giovane ingegnere e mi occupavo di analisi sismiche (allora per gli impianti nucleari) dalla fine di maggio del 1978, quando, tornato dalla Germania (dove ero andato nel 1974 per conseguire il PhD) e, successivamente, dalla California, ero stato assunto, a Bologna, all'allora Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare (CNEN), poi presto divenuto l'attuale ENEA.

Il terremoto dell'Irpinia, verificatosi alle 19:34, fu l'ultimo di magnitudo quasi 7,0 a colpire l'Italia (magnitudo momento 6,9); fu, dunque, più violento dell'evento del Molise e della Puglia del 2002 e di quelli del Centro Italia del 2016, di cui ci sono stati recentemente gli anniversari.

La violenza del terremoto dell'Irpinia fu amplificata dalla sua superficialità (ipocentro ad una profondità di 10 km) e dalla sua notevole durata (90 secondi). Esso devastò un'area di 17.000 km<sup>2</sup>, soprattutto nelle provincie di Avellino, Salerno e Potenza, causando, oltre a migliaia di feriti e di sfollati,

quasi 3.000 morti accertati (ma si stima che le vittime siano state molte di più, circa 10.000)

L'entità della tragedia non fu subito compresa, come fu denunciato successivamente anche dal Presidente della Repubblica Sandro Pertini: ciò causò gravi ritardi nei soccorsi, disorganizzazione degli

interventi e scarsa preparazione di molte delle persone inviate nelle zone colpite (in particolare dei numerosi volontari).

Fra i volontari, vi fu un gruppo di tecnici dell'ENEA, di cui io feci parte. Fu organizzato dal compianto Ing. Mario Zucchelli (morto nel 2003), allora direttore del Centro ENEA del Brasimone (successivamente egli fu, per 16 anni, l'organizzatore principale del programma nazionale delle ricerche del MiUR in Antartide ed a lui, nel 2005, fu dedicata la base italiana in Antartide, inaugurata nel



1985).

L'ing. Zucchelli utilizzò un'auto di servizio dell'ENEA, mentre io e gli altri fummo caricati su un autobus. Eravamo equipaggiati, anche se alla buona, per essere totalmente indipendenti: io avevo la mia piccola tenda da campeggio per il mare, per due persone. Era una tenda leggera, rivelasi poi inadatta alle temperature abbastanza basse che trovammo (infatti, la distrussi presto e non la riportai a casa!).

Una volta giunti a sud sulla costa, dovemmo restare a lungo, in attesa che qualcuno decidesse dove dovevamo andare.

Il primo giorno pensarono bene di inviarci a Conza, vicino all'epicentro, a scavare sotto le macerie ed a disseppellire i morti!

Nei giorni successivi, avendo probabilmente (?)

\* già Direttore del Centro Ricerche ENEA di Bologna e Professore a Contratto di Costruzioni in Zona Sismica della Facoltà di Architettura dell'Università di Ferrara.



compreso che quella non era la migliore mansione per noi, ci spostarono altrove, prima a distribuire viveri ed altro, con camion militari, nelle campagne (quanti "terremotati da sempre" vidi!), poi a verificare i danni dei casolari.

Ricordo che piantai la mia tenda vicino ad un edificio (credo una scuola) molto danneggiato: a causa delle frequenti repliche del sisma, quando me ne andai (per trasferirmi in un vagone ferroviario!), l'edificio era quasi totalmente crollato.



In tenda ospitavo un mio collega. Faceva molto freddo, per riscaldarci bevevamo tanta grappa (che, preventivamente, ci eravamo portati da casa) e ricordo che, una notte, disperato, il mio collega mi incitò, urlandomi: "Martelli, scorreggia!".

Ci chiesero anche di sequestrare roulotte. Le trainavamo vicino al comune, ma per giorni verificammo che restavano ferme lì, invece di essere distribuite agli sfollati. Fu così che, assieme ad una suora laica (ma che turpiloquio, il suo!), aggredii a parolacce il sindaco: magicamente, ben presto, iniziò la distribuzione delle roulotte.

Un giorno, un responsabile dell'insediamento, che conoscevo (ed a cui avevo detto dei miei trascorsi in Germania), mi convocò: erano giunti due TIR della Croce Rossa tedesca, zeppi di beni d'aiuto. Cercavano qualcuno che parlasse il tedesco e che rappresentasse lo Stato, di cui potersi fidare (!). Chiamai allora un assessore del comune ed il maresciallo dei Carabinieri, "sequestrai" all'Ing. Zucchelli l'auto di servizio e, con loro, andai ad incontrare gli autisti dei TIR.

Verificato il fatto che effettivamente rappresentavamo lo Stato, però, ci furono poste altre condizioni: che io organizzassi un apposito magazzino, che ne fossi responsabile e che il magazzino fosse dotato di adeguato personale ed anche protetto da guardia armata.

Non ricordo come, trovai una scuola vuota, non danneggiata, nella vicina Andretta e reclutai un gruppo di studenti volontari, tutti estrema sinistra (sapevano che io di sinistra non ero, ma andammo d'amore e d'accordo).

Per la guardia armata interpellai un giovane sottotenente, che avevo conosciuto in mensa e che mi raggiunse ad Andretta con tre soldati armati.

Scaricammo così la merce dai TIR, la catalogammo e la predisponemmo per la distribuzione.

Fuori si formarono lunghe file. Molti, però, provavano a fare accaparramento, venendo più volte: fu così che iniziammo a scrivere i dati di coloro che ricevevano beni ed a rifiutarci di consegnare più volte lo stesso bene alla stessa persona. La cosa non piacque.

Passò così il primo giorno. Arrivata la sera, il tenente mi informò che doveva andare a chiedere al capitano l'autorizzazione formale per ciò che stava facendo, perché prima non lo aveva trovato. Sarebbe tornato presto e, nel frattempo, i soldati sarebbero rimasti ai miei ordini (anche se io non ho fatto il servizio militare!).

Appena buio, però, notammo uno strano assembramento fuori dalla scuola e comprendemmo che volevano assaltare il magazzino. Il tenente non si vedeva, i ragazzi erano atterriti: che fare? Ordinai ai soldati di mettersi alle finestre con i fucili puntati verso la folla, poi uscii ed urlai che, se qualcuno si fosse avvicinato, avrei fatto sparare!

Avrei effettivamente dato quest'ordine? Me lo chiesero i ragazzi ed i soldati. Comunque, la folla si quietò e si allontanò. Poi, finalmente, la mattina tornò il tenente: era stato messo agli arresti perché era venuto ad Andretta, con i tre soldati, senza autorizzazione ...

Quelli sopra riferiti sono alcuni miei ricordi di come vissi il terremoto dell'Irpinia del 1980 (da cui tornai stremato e con un inizio di polmonite).



Spero proprio che, quando avverrà il prossimo terremoto violento in Italia, si saprà gestire l'EMERGENZA molto meglio che non nel 1980. Nel frattempo, però, che si faccia finalmente una corretta PREVENZIONE, per minimizzare il numero delle future vittime ed i futuri danni! PAROLE AL VENTO? Purtroppo, sinora, pare proprio di sì.

# A proposito del biossido di carbonio, detto anche “la CO<sub>2</sub>”

di Sergio Fontanot \*

La vicenda inizia nel 1992, quando viene alla luce, nei lussuosi *resort* dell'allora ridente Rio de Janeiro, la “Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici” (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), che, 5 anni dopo, si svilupperà nel famoso Protocollo di Kyoto (firma nel dicembre 1997, efficace dal febbraio 2005) (1); fu il primo Accordo internazionale contenente impegni da parte di un certo numero di Paesi sviluppati, a ridurre, in ambito Industria, Trasporti, etc. le emissioni di alcuni gas battezzati GHG (Green House Gas), ovvero “gas serra” o anche “ad effetto serra”, la cui emissione veniva attribuita all'attività umana (prevalentemente industriale, ndr) e ritenuti dall'organo ONU IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) e responsabili di esaltare l'effetto serra (2) dell'attuale “Fase climatica” di riscaldamento del pianeta, causando il cosiddetto AGW (Anthropogenic Global Warming).

I principali 6 gas in questione sono

- biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>);
- metano (CH<sub>4</sub>);
- protossido di azoto (N<sub>2</sub>O);
- idrofluorocarburi (HFC);
- perfluorocarburi (PFC);
- esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

È stato “dimenticato”, furbescamente, perché certamente non attribuibile alla civiltà industriale, il vapore d'acqua che (vedi tabella 1):

“... prodotto dall'evaporazione di oceani, mari e laghi e dalla traspirazione delle piante è trasferito in atmosfera grazie al rimescolamento turbolento. **Il vapore acqueo è il gas serra più abbondante ed importante in atmosfera**” (citazione testuale da fonte 3)

Anticipo anche la tabella 2 sulla tonnellata equivalente di CO<sub>2</sub> che ci sarà, di seguito, molto utile.

## An attractively One-dimensional-Problem (4)

Il libero ed informato pensare americano ha così definito la focalizzazione da parte di ONU, Media, Politici, Chiese e Movimenti vari sul Biossido di Carbonio, che, nella scala crescente dei “cattivi” (tabella 1) segue di poco il “naturale” Vapor d'acqua (da evaporazione di mari e laghi e traspirazione fogliare delle

\* Ingegnere elettrotecnico, una lunga carriera direttiva in ENEL e successivamente docente a contratto all'Università di Trieste.

Constituent <sup>a</sup>	Molecular weight	Fractional concentration by volume
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	28.013	78.08%
Oxygen (O <sub>2</sub> )	32.000	20.95%
Argon (Ar)	39.95	0.93%
<b>Water vapor (H<sub>2</sub>O)</b>	18.02	0-5%
<b>Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)</b>	44.01	380 ppm
Neon (Ne)	20.18	18 ppm
Helium (He)	4.00	5 ppm
<b>Methane (CH<sub>4</sub>)</b>	16.04	1.75 ppm
Krypton (Kr)	83.80	1 ppm
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	2.02	0.5 ppm
<b>Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O)</b>	56.03	0.3 ppm
<b>Ozone (O<sub>3</sub>)</b>	48.00	0-0.1 ppm

<sup>a</sup> So called *greenhouse gases* are indicated by bold-faced type. For more detailed information on minor constituents, see Table S.1.

Tabella 1, Composizione chimica dell'atmosfera; come dice la didascalia originale: “i cosiddetti Gas Serra sono presentati in grassetto” e sono, correttamente, nell'ordine inverso di concentrazione vapor d'acqua, biossido di carbonio, metano, protossido di azoto, ozono); fonte (3).

piante), ed addirittura precede l'altrettanto “naturale” Metano: prodotto principalmente dalla decomposizione di materiale organico vegetale ed animale e dalla fermentazione enterica nel bestiame erbivoro ed in misura decisamente minore... dell'uomo.

L'aver scelto, fra tanti qualificati concorrenti all'Effetto Serra, come campione di riferimento e di odio sociale (“viva l'ambiente abbasso la Ciodue” recita una pubblicità vista in TV) è, secondo me, attribuibile al fatto che la CO<sub>2</sub> è un prodotto della “combustione” la cui scoperta, controllo ed utilizzo (fuoco) da parte dell'*homo erectus*, (fra 2,5 milioni e 120.000 di anni fa, circa) ha segnato, il passaggio dei nostri progenitori

(1) *Energia elettrica, Mercato, Ambiente*, 3<sup>a</sup> edizione, capitolo 5.

(2) Intercettano in atmosfera e rimettono parte della radiazione infrarossa persa dalla superficie della Terra, impedendo un eccessivo raffreddamento (3).

(3) *Dispense di Fisica dell'Atmosfera*, dott. S. Davolio, ISAC (Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima: istituto del Consiglio Nazionale delle Ricerche, CNR) afferente al Dipartimento Terra e Ambiente.

[http://www.isac.cnr.it/dinamica/davolio/tmp/Didattica/dispensa\\_struttura\\_composizione.pdf](http://www.isac.cnr.it/dinamica/davolio/tmp/Didattica/dispensa_struttura_composizione.pdf)

(4) Definizione del Wall Street Journal, novembre 2004

Industrial designation or common name	Chemical formula	GWP values for 100-year time horizon		
		Second Assessment Report (SAR)	Fourth Assessment Report (AR4)	Fifth Assessment Report (AR5)
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1	1	1
Methane	CH <sub>4</sub>	21	25	28
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	310	298	265

**Tabella 2 – Global warming potential (GWP) values relative to CO<sub>2</sub>**

Tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente: è un'unità di misura sintetica, elaborata dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) che permetterebbe di pesare (tramite il coefficiente moltiplicatore delle ultime 3 colonne, GWP (Global Warming Potential) le emissioni di gas serra, cui vengono attribuiti diversi effetti clima alteranti. Ad esempio, una tonnellata di metano che ha un potenziale clima alterante = 28 volte rispetto alla CO<sub>2</sub>, viene contabilizzata dall'IPCC come 28 tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente. Fonte tabella, [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf)

Tabella 3 – Composizione percentuale dei combustibili nelle varie fasi di "Carbonizzazione"... dal Legno all'Antracite: notare la crescita della percentuale di carbonio, direttamente correlata al contenuto energetico, Pci. Fonte, *L. Rolla, Chimica e Mineralogia, Ed Dante Alighieri, 1966.*

FORMA	CARBONIO	IDROGENO	AZOTO	ZOLFO	Pci kcal/kg
LEGNO	50-54	6,0-6,5	0,3-0,5	0,0	3600
TORBA	55-60	5,5,0-6,5	1-1,5	0,2	3600
LIGNITE	60-70	5,06,0	0,5-1,5	1,0-4,0	5000
LITANTRACE	75-90	4,5-5,5	0,5-1,5	0,5-3,5	7300
ANTRACITE	90-95	2,0-3,0	0,1-0,5	0,5-2,0	7800

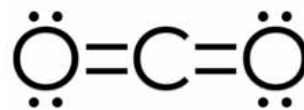
dallo stato animalesco a quello di *homo sapiens... faber...* e dai primi anni del XIX Secolo ... operaio, tecnico ed ingegnere, della prima Rivoluzione Industriale, ritenuta dagli ambientalisti, laici e religiosi, colpevole impunita di più di due secoli di "danni ambientali".

Non va trascurato, nel secolo della "comunicazione sociale", che il buon vecchio Biossido di Carbonio, dalla semplice formula CO<sub>2</sub>, riesce gradito ai "social" ed ai Media con l'acronimo, facilmente pronunciabile e memorizzabile... "la Ciodue", che vi presento nelle prossime righe, perché ne vale la pena:

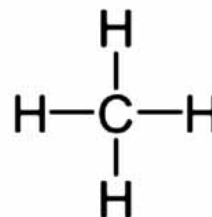
Il Biossido di carbonio è, come detto dianzi, prodotto tipico della "Combustione", banale e da tutti noi sperimentata reazione chimica esotermica che coinvolge sostanze fatte necessariamente di Carbonio, C ed Idrogeno, H: vecchie milioni d'anni: Carbone, Petrolio, Metano (detti Fossili) o giovanissimi ma della stessa stirpe (tabella 3), denominati, dal nuovo Secolo, Biomasse e considerate Fonti rinnovabili, come:

- Legno: composto principalmente di Cellulosa (polimero composto di un gran numero di molecole di Glucosio, C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>,) e Lignina (polimero ramificato pesante e complesso costituito principalmente da composti fenolici, derivati da idrocarburi aromatici per sostituzione di un H con il gruppo ossidrilico -OH; ad es. fenolo C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH),

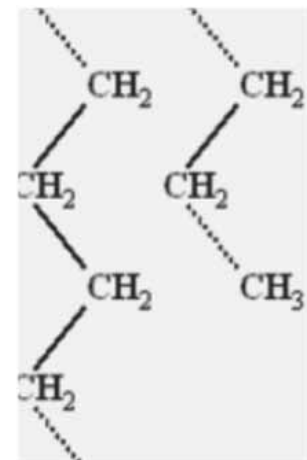
- Olii Vegetali: Lipidi (Grassi, costituiti prevalentemente di atomi di carbonio e di idrogeno)
- Farine Animali: Proteine



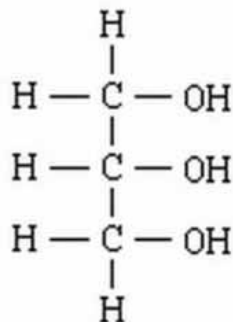
Struttura della CO<sub>2</sub>



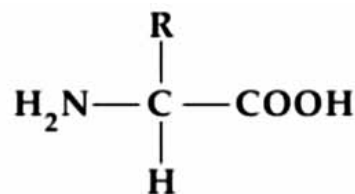
Struttura del Metano



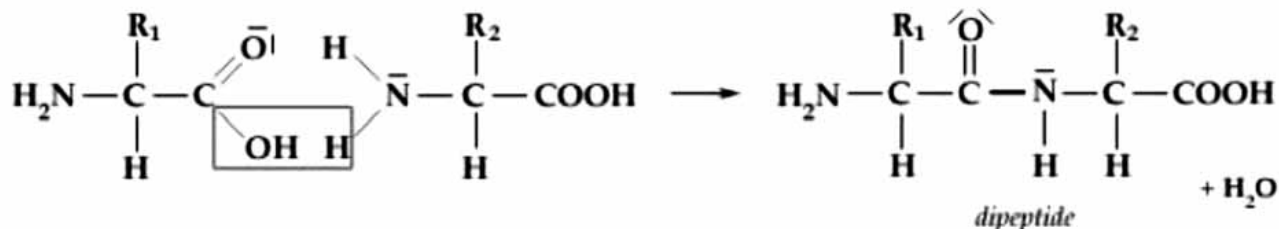
Struttura di un Lipide



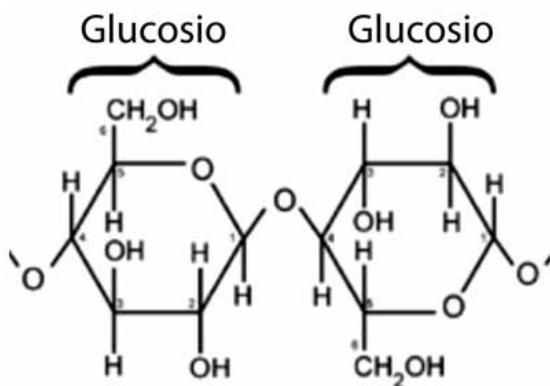
La glicerina,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ , è un alcool che entra nella composizione di molti Lipidi



Struttura di un Amminoacido

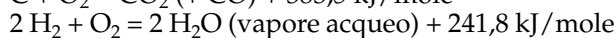


Struttura delle Proteine: catene di Amminoacidi collegati mediante legami ammidici ( $\text{NH}_2$ ) e carbossilici ( $\text{COOH}$ ); ogni Amminoacido si distingue dagli altri per la presenza di un residuo ( $\text{R}_i$ ) conosciuto anche con il nome di catena laterale, fonte: <https://www.chimica-online.it/organica/proteine.htm>

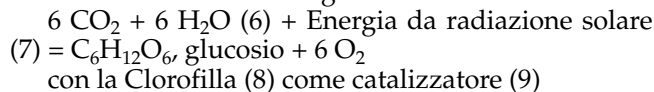


Struttura della Cellulosa

La Combustione avviene secondo le reazioni base di Ossidoriduzione (5) di Molecole che contengono C e  $\text{H}_2$ , con rilascio di Energia termica:



Oltre ad essere un prodotto "vetero ecologico", l'amica  $\text{CO}_2$  è anche, fin dagli inizi della vita sulla Terra, insostituibile "portatore" energetico (i suoi due atomi di Carbonio) del processo naturale della Fotosintesi Clorofilliana (figura 1 a pag. 27), che è la Fabbrica dei "mattoni elementari" del corpo dei vegetali: Glucosio; processo che fa pure restituire all'onesta  $\text{CO}_2$  gli atomi dell'ossigeno che la compongono, come mostra la reazione-base seguente:



Ma a tutti questi "meriti ambientali" se ne aggiungono altri, perché la Ciodue, da più o meno un secolo, frequenta pure le nostre case, uffici, bar sotto i nomi di:

- "Soda" per il whisky. Seltz in sifone di vetro (figura 2 a pag. 27)... cinquant'anni fa; oggi prodotto anche in casa con bombolette.
- "Bollicine" in Prosecco, Champagne ed in tutte le bibite frizzanti, dalla vecchia "Gazzosa" alla Coca-Cola.

Per non parlare degli efficacissimi estintori (quelli che-non-sporcano) e del "ghiaccio-secco" ( $\text{CO}_2$  solida in busta a  $-80$  gradi  $^\circ\text{C}$ ) utilizzato come "gelo portatile" in ambito alimentare e sanitario. Questi impieghi da un secolo ne richiedono la produzione industriale, indiretta, complessa e costosa:

Sottoprodotto della produzione dell'Ammoniaca  $\text{NH}_3$ , prodotta tramite "reforming" ad alta pressione di idrocarburi (metano) in presenza di vapore, su un catalizzatore all'ossido di nichel (reattore primario). Il gas di sintesi è quindi sottoposto ad una reazione di

(5) Ossidoriduzione

(6) Acqua assorbita dalle radici

(7) Energia trasportata =  $h \cdot v$  (equazione di Einstein) dove  $h$  è la Costante di Planck e  $v$  la frequenza della radiazione.

(8) Pigmento verde delle foglie capace di assorbire l'energia luminosa e di permettere alle piante di realizzare la fotosintesi. Nelle cellule vegetali la clorofilla si trova in organuli cellulari detti cloroplasti. La sua struttura consiste in un anello porfirinico contenente al centro un atomo di magnesio; ha la funzione di Catalizzatore (9) del processo.

(9) Specie chimica che favorisce una Reazione senza parteciparvi.

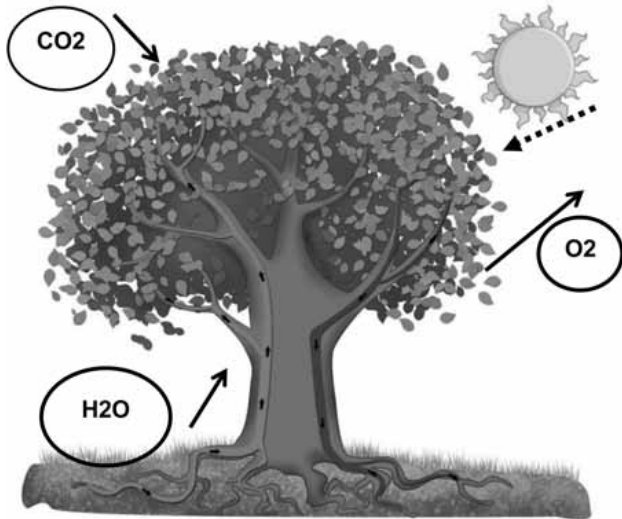
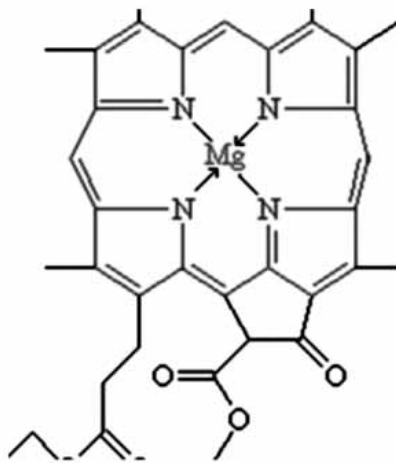


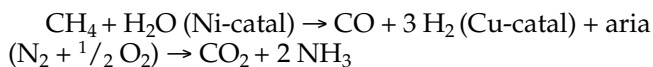
Figura 1, Biossido di Carbonio, nutrimento delle piante verdi e fornitore di ossigeno all'ambiente; elaborazione su immagine di:

<https://www.tes.com/lessons/lawRcHccOstzAw/le-piante-e-la-fotosintesi-clorofilliana>



Struttura della Clorofilla; nella zona centrale il cosiddetto anello porfirinico (N-N-N-N = Azoto) con fulcro su Mg = Magnesio

“shift” catalizzata a bassa temperatura in presenza di vapore per produrre più H<sub>2</sub> per il mercato e convertire il CO in CO<sub>2</sub>. La CO<sub>2</sub> è poi rimossa per il mercato



... se nel contesto ideologico della “Decarbonizzazione” non fosse “peccato mortale”...

Nei Paesi che si permettono il lusso della “cattura di CO<sub>2</sub> post-combustione”, primo passo della filiera CCS (10) si potrebbero, FATTI BENE I CONTI, rendere disponibili grandi quantità della nostra amica, senza spendere Euro-milioni, per catturarla, trasportarla e



Figura 2

seppellirla in discutibili “discariche”, facendole invece assumere anche un ruolo di prodotto industriale secondario, all’interno delle attività di “spremitura” delle ultime, preziose gocce di Petrolio e Gas naturale da giacimenti in esaurimento, note come EOR-EGR (Enhanced Oil/Gas Recovery), dove, pompata in pressione, farebbe uscire l’idrocarburo residuo (*Science Direct*: <https://www.sciencedirect.com/science/journal/01968904> ed Altri).

Funzionerebbe anche nella “coltivazione mineraria” ECMR (Enhance Coalbed Methane) che è una specie di Fracking, basato su questo concetto (*International Journal of Coal Geology*, <https://www.sciencedirect.com/science/journal/01665162>): generalmente, nella matrice porosa del carbone di miniera, è presente del metano adsorbito (11); ed è possibile, iniettando CO<sub>2</sub> ad alta pressione, favorire la sostituzione di una molecola di quel metano con due molecole di CO<sub>2</sub> (Università di Cagliari - ENEA). Sembra si possa “liberare” circa un metro cubo di metano iniettando dai due ai cinque metri cubi di CO<sub>2</sub>. Approfondimenti laici sulla produzione industriale della nostra Ciodue li trovate nella pregevole pubblicazione di Federchimica:

[https://assogastecnici.federchimica.it/docs/default-source/ATTI-CONVEGNI/2016\\_05\\_24-seminario-co2/05-produzione-primaria\\_fabbri.pdf?sfvrsn=935ae528\\_2](https://assogastecnici.federchimica.it/docs/default-source/ATTI-CONVEGNI/2016_05_24-seminario-co2/05-produzione-primaria_fabbri.pdf?sfvrsn=935ae528_2)

(10) Vedi Energia elettrica, Mercato, Ambiente, 3° edizione, capitolo 3.

(11) Fenomeno chimico-fisico che consiste nell’accumulo di una o più sostanze fluide (liquide o gassose) sulla superficie di un condensato (solido o liquido).

In barba alla transizione energetica del Green Deal

# Anche la Generazione elettrica da eolico e solare produce gas-serra

di Sergio Fontanot \*

## Premessa

**G**li Accordi di Kyoto e gli altri astrusi “Meccanismi applicativi” che regolano il Mercato dei diritti di emissione in atmosfera dell’anidride carbonica hanno “valenza planetaria”; il che, semplificando, significa che se in questo approccio “moralistico”, applicato alla Generazione elettrica, si riscontrasse che le cosiddette tecnologie pulite da Rinnovabili, specie le simboliche Eolica e Fotovoltaica, provocano, non di certo in tempo reale ed “a bocca di impianto” ma, indirettamente ed in luoghi e tempi diversi (sfasamento emissivo?), produzione di gas serra, saremmo in presenza di una beffa ai danni del Pianeta e degli stessi ambientalisti che vorrebbero proteggere il suo clima globale.

Un ragionamento simile può essere applicato alle auto elettriche per le quali viene stimato, in differita, un tasso stimato nel prossimo futuro italiano di 68,3 g CO<sub>2</sub>/km, come sintetizza, a proposito di auto “elettriche pure”, EV, la tragica “catena logica” pubblicata recentemente su una rivista specializzata (1): “Sostituire il parco attuale con auto elettriche = esigenza di più autonomia e velocità = produzione/impiego di batterie al Litio più potenti e pesanti (>30-40 kWh) da portarsi in giro... = più CO<sub>2</sub> prodotta nell’intero ciclo vitale del veicolo: ... dall’estrazione dei minerali-base, fino allo smaltimento degli accumulatori esausti”.

## EROEI, il Giustiziere

Il Diavolo che, come noto fa le pentole ma non i coperci, ha assunto, per il nuovo misfatto che ora studieremo, le sembianze di EROEI = Er/Ei (Energy Return On Energy Investment), indicatore obiettivo di “rendimento energetico” che rapporta il “ritorno” di energia (elettrica generata da un impianto nel corso della sua vita tecnica) alla “spesa” di Energia (solo elettrica nell’esempio ma il metodo è valido per qualsiasi forma) necessaria per costruirlo, mantenerlo ed

alla fine “fare pulizia” (detta decommissioning); indicatore comune in USA, poco conosciuto da noi, (vedi *Energia elettrica, Mercato, Ambiente*, 3° edizione, al capitolo 3) ed approfondito nel libro *L’energia eolica e la sfida dei mercati elettrici*.

In questa sede, non ci interessa calcolare l’indicatore EROEI ma utilizzarne la metodologia ed alcuni valori energetici oggettivi di un caso reale, per coniugarli alle relative emissioni.

In sintesi, si vuole valutare, laicamente, anche in capo ad una sacra tecnologia FER il “processo energetico globale” che consente di estrapolare, come vedremo in un esempio sulle Torri eoliche, le fatali emissioni, legate al fabbisogno energetico delle varie fasi del processo di costruzione delle Torri: consumo/produzione di energia elettrica o di altro tipo utilizzate per i processi manifatturieri ed altri (trasporti, etc.) che contribuiscono a realizzare i componenti nelle varie fabbriche, trasportarli nel sito produttivo (campo eolico) ed ivi assemblarli, fino a mettere l’impianto in produzione... e da farne sparire ogni traccia, alla fine della sua vita tecnica.



Figura 1, Montaggio dell’elica sulla navicella di una torre eolica, fonte immagine LIFEGATE, <https://www.lifegate.it/cose-una-turbina-eolica>

Siccome i componenti vengono assemblati nel Paese ospite ma, oggi, costruiti in varie parti del Mondo, l’Energia (preponderante oramai quella elettrica) im-

\* Ingegnere elettrotecnico, una lunga carriera direttiva in ENEL e successivamente docente a contratto all’Università di Trieste.

(1) <https://www.formulapassion.it/automoto/ambiente/auto-elettriche-piu-autonomia-piu-co2-527144.html>

**Tabella 1, Mix-Fonti della Generazione elettrica euro-cinese**  
fonte dati, UE: UP, DATA-BOOK 2018; per Cina e Svezia IEA

PAESE/FONTE %	CARBONE	GAS	OLIO	NUCLEARE	FER	ALTRE
ITALIA	11	48	4	0	36	1
FRANCIA	2	8	1	72	16	1
GERMANIA	37	15	1	12	34	1
UK	7	41	-	21	30	1
UE-28	21	21	2	25	30	1
CINA	57	4	1	5 (in crescita)	33 (20% Idro)	
SVEZIA	3	3	3	41	50 (Idro 42 Eolico 8)	

piegata, proverrà dai mix-Generazione locali (tabella 1) ed in funzione di questo avrà diversi tassi di emissione (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

Per chiarire il concetto: se il componente xy viene prodotto in Svezia, dove il mix è in pratica nucleare+idroelettrico, il tasso emissivo a livello Centrali sarà molto basso (praticamente nullo nell'esercizio e determinato dalla costruzione dell'impianto); se invece ciò accade in Cina, dove, dati di due anni fa, il carbone conta per quasi il 60%, il tasso sarà molto più alto che in Italia... e così via.

La tabella 2 sintetizza, perché ci serviranno nel seguito, i tassi di emissione correnti, relativi a varie tecnologie di Generazione e gli (inversi) costi di produzione.

Per chiarire il ragionamento ed il percorso di calcolo che ci porterà ad attribuire alla Generazione elettrica da Rinnovabili tassi reali e verificabili, anche se non di tipo classico (gas di processo), di emissioni-serra, utilizzerò i risultati della metodologia EROEI, applicata ad un impianto eolico in servizio negli Stati Uniti (2) per costruire il paradigma energetico-emissivo di un tipico impianto FER, ipotizzando, per generalizzare il caso in studio, che i componenti siano tutti realizzati in un Paese con il mix produttivo uguale a quello della UE-28, nel 2015.

#### Dati tecnici originali dell'impianto campione:

Buffalo Ridge on-shore Wind Farm Lincoln, Minnesota, USA

Avvio progetto: 1994

73 turbine Kinetics USW33 da 360 kW, per totali 26,280 MW di Potenza installata

diametro Rotori: 33 m,

altezza Torri: 24 m

Total nominal power: 26280 kW

Costruttore: Kenetech

Gestore: Next Era Energy Resources

**Tabella 2, Tecnologie di generazione elettrica: tassi di emissione e Costi di produzione**

Tecnologia	Contenuto Energetico, medio, Pci, kWh/kg (*)	Emissione diretta CO <sub>2</sub> , kg/kWh correnti (*)	Costo produzione €/MWh (**)
Carbone	8	0,37	50-60
Gas naturale	10	0,21	70-80
Olio BTZ	12	0,29	60-70
Nucleare	>>	0	70
Fotovoltaico (grande)	nn	0	150-300
Idroelettrico	nn	0	100-400
Eolico	nn	0	100-150

(\*) ENEA <http://www.energiaenergetica.enea.it/regioni/siape/poteri-calorifici-inferiori-dei-combustibili-e-fattori-di-emissione-della-co2>

(\*\*) *Energia elettrica, Mercato, Ambiente*, 3<sup>o</sup> edizione, capitolo 3



Figura 2, Vista parziale del Campo eolico di Buffalo Ridge; fonte immagine:

[https://www.google.com/search?source=univ&tbm=isch&q=buffalo+ridge+wind+farm+photos&hl=it&sa=X&ved=2ahUKewj6tainvM\\_sAhVM\\_KQKHTfPCjsQ420oCnoECAoQMw&biw=1333&bih=616#imgrc=Yj\\_UmH6YQQiINM&imgdii=Itxo4FrBMr8jQM](https://www.google.com/search?source=univ&tbm=isch&q=buffalo+ridge+wind+farm+photos&hl=it&sa=X&ved=2ahUKewj6tainvM_sAhVM_KQKHTfPCjsQ420oCnoECAoQMw&biw=1333&bih=616#imgrc=Yj_UmH6YQQiINM&imgdii=Itxo4FrBMr8jQM)

(2) Lo sviluppo completo dei calcoli si trova in appendice al mio libro *L'energia eolica e la sfida dei mercati elettrici*.

**Tabella 3 bis, Paradigma, arrotondato, degli Investimenti energetici**

(Elettricità) (Energy Investment) iniziali e sul ciclo di vita ed Emissioni di CO<sub>2</sub>, riferite al mix di Generazione UE-28. (fattori di conversione adottati: colonna Consumi: 1 Gigajoule = ca. 300 kWh; colonna Emissioni: ca. 0,13 kg CO<sub>2</sub> equiv/kWh

Componente	Investimento energetico iniziale (vita tecnica 25 anni) in GJ, (fra parentesi in kWh) (^)	Emissioni, kg CO <sub>2</sub> equiv (^) (Valori arrotondati)
Torre		
comprese fondazioni	63.000 (18.900.000)	2.500.0000
Navicella completa	17.500 (5.250.000 )	700.000
Rotore	6.400 (1.920.000)	250. 000
Cablaggi e apparecchiatura di conversione (Inverter)	13.000 (3.900.000)	500.000
Totale materiali	100.000 (30.000.000)	3.900.000
Trasporti in sito	15.000 (4.500.000)	600.000
Costruzione	15.300 (4.600.000)	600.000
Esercizio e manutenzione	74.800 (22.440.000)	3.000.000
Decommissioning	8.000 (2.400.000)	300.000
Totale	213.000 (63.900.000) + 158,79 GJ/GW-anno	8.500.000

(^) Emissioni UE-28, anno 2015, variabili da 0 (FER, Nucleare) a 8,88 (Carbone); con 60% = FER + Nucleare 40% = carbone + Gas. Fonte UP-DATA BOOK, 2018. Valore medio assunto = 0,13 kg CO<sub>2</sub> equivalenti/kWh. Fonte % per tipo combustibile: UP, DATA BOOK 2018: Calcolo del Fattore di Mix, kg CO<sub>2</sub> equiv emessi/kWh generato in UE:  
 carbone: 0,37 kg/kWh x 24 = 8,88  
 gas: 0,21 x 16 = 3,36  
 olio: 0,29 x 2 = 0,58  
 nucleare: 0 x 27% = 0  
 FER: 0 x 29% = 0  
 [(8,88+3,36+0,58+0) : 98 = 0,13 kg CO<sub>2</sub> equiv /kWh]

Questo impianto di “media taglia” (quello off-shore, London Array, alla foce del Tamigi, uno dei più grandi del Mondo, ha 175 torri e 630 MW installati) (3) è stato molto studiato (forse per le attrazioni turistiche Old-West... ghost-town) ed in particolare ASME (American Society of Mechanical Engineers) ha pubblicato la tabella 3, che svilupperemo ed analizzeremo:

Adesso che abbiamo ricavato l’impiego di energia elettrica e le relative emissioni abbinate alla filiera dei componenti principali di un ipotetico impianto eolico uguale a Buffalo Ridge (realizzato in UE), ci possiamo rilassare con le originali immagini che materializzano i risultati numerici dianzi ricavati.

	INITIAL ENERGY INVESTMENT (GJ)	ANNUAL ENERGY INVESTMENT (GJ/GWY)
Blades	6.363	4.76
Nacelles	17.499	13.08
Inverter	12.385	9.26
Wiring	696	0.52
Tower	49.431	36.94
Foundation	13.694	10.23
<b>Materials total</b>	<b>100.068</b>	<b>74.79</b>
Transportation to site	15.094	11
Construction	15.305	11
Operation/Maintenance	74.625	56
Decommissioning	7.652	6
<b>TOTAL ENERGY INVESTMENT</b>	<b>212.744 GJ</b>	<b>plus 158.79 GJ/GWY</b>

Tabella 3, Tabella originale ASME, Rivista MECHANICAL ENGINEERING n° 29, maggio 2012; Fonte [https://watermark.silverchair.com/me-2012-may1.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysgAAAiQwggIgbgkqhki](https://watermark.silverchair.com/me-2012-may1.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAAAiQwggIgbgkqhki)

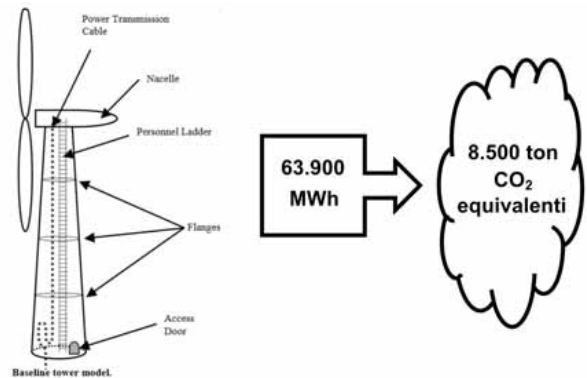


Figura 3, Addendo A, Torre eolica completa funzionante

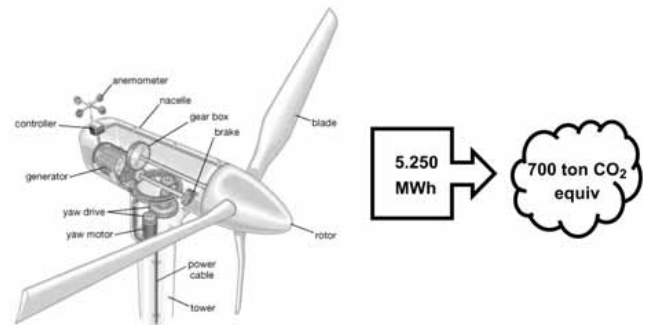


Figura 3 B, Navicella, completa di apparecchiatura di generazione e controllo

(3) Sergio Fontanot, “Tecnologie elettriche nei moderni Campi eolici fuori-costa”, 21mo Secolo scienza e tecnologia, n. 2 luglio 2020.



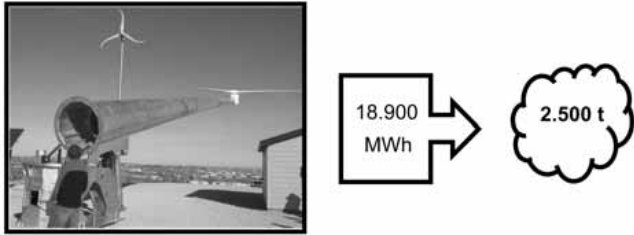


Figura 3 C, Sostegno tubolare in acciaio; dimensioni indicative: altezza 60-200 m; diametro alla base 4-6 m (dotato di porta e scala interna).

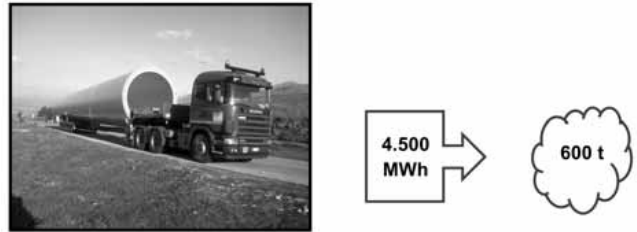


Figura 3 G, Trasporti

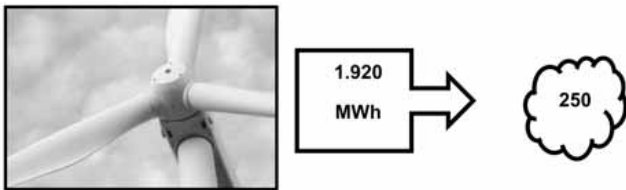


Figura 3 D, Rotore

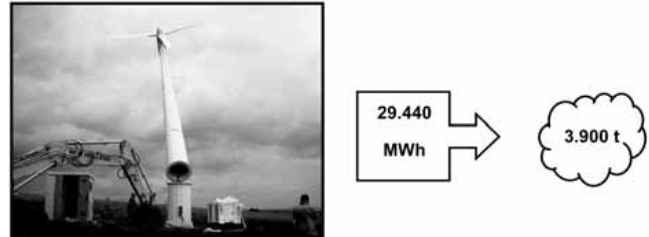


Figura 3 H, Costruzione, Esercizio-Manutenzione, Decommissioning



Figura 3 E, Fondazione del sostegno in calcestruzzo armato

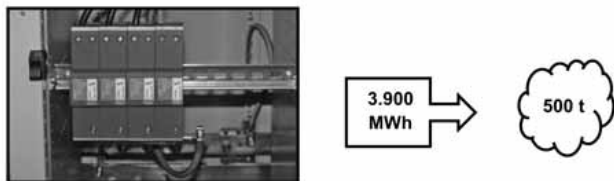


Figura 3 F, Cablaggi, Apparecchiatura di connessione alla rete

Concludiamo, proponendo, in una tabella generale, dati provenienti da varie affidabili fonti che, seguendo la via indicata da Aristotele, confermeranno la nostra Tesi che: nonostante le apparenze, pur modestamente, anche le Rinnovabili... nella loro lunga vita... "fumano".

### Fotovoltaico

Nei paragrafi precedenti ho vivisezionato il grande Eolico, perché disponevo di originale materiale USA di ricerca sul campo. Per non trascurare la tecnologia solare ho preparato per voi questa inedita Scheda:

Come testimoniano i foto-documenti che pubblichiamo in esclusiva (da me maliziosamente recuperati in Internet), anche il Solare fotovoltaico, come il prediletto compare Eolico, nella sua ventina d'anni di vita tecnica... fuma parecchio (tabelle 4, 5, 6 e 7).

Tabella 4

TECNOLOGIA	CONTENUTO ENERGETICO MEDIO Pci, kWh/kg (*)	EMISSIONE CO <sub>2</sub> corrente, kg/kWh (*) kg/kWh (**)	EMISSIONE CO <sub>2</sub> nel ciclo di vita	Cp €/MWh (***)
Biomasse legnose secche	4	0,01	0,045	150-250
RSU	4	0,17	nd	50-120
Carbone	8	0,37	0,9	50-60
Gas naturale	10	0,21	0,5	70-80
Olio BTZ	12	0,29	0,8	-
Nucleare	>>>	0	0,03	70
Fotovoltaico (grande)	-nn	0	0,085	150-300
Idroelettrico	nn	0	0,026	100-400
Eolico	nn	0	0,026	100-150

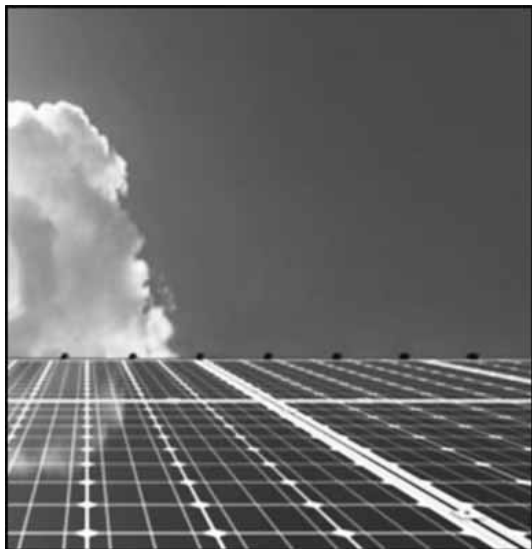


Figura 4, Elaborazione su immagine di fonte: <https://www.mrkilowatt.it/efficienza-energetica/abbinare-la-pompa-di-calore-con-il-fotovoltaico-grande-risparmio-sul-riscaldamento/>



Figura 5, Elaborazione su immagine di fonte: <https://www.nuovairpinia.it/2019/07/07/pala-eolica-in-fiamme-a-rocca-san-felice-salvate-le-culture/>

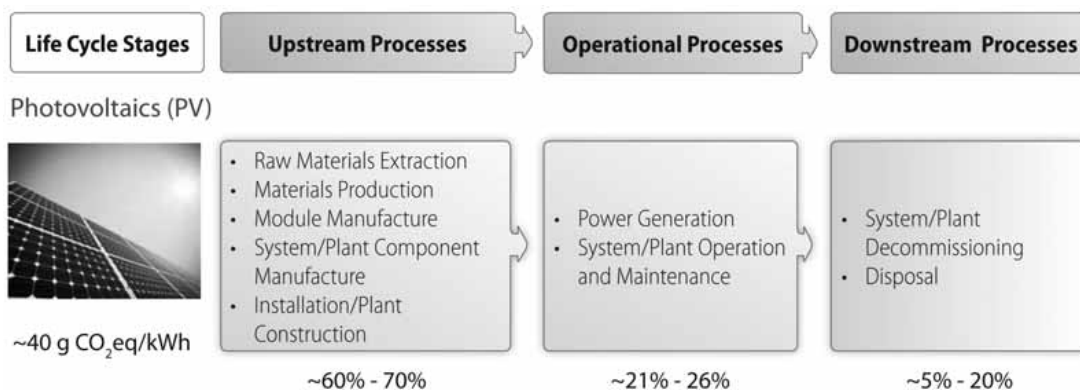


Figura 6, Fotovoltaico piccolo (roof-top); distribuzione percentuale delle emissioni virtuali specifiche nel ciclo di vita tecnica: Estrazione Minerale Grezzo, Produzione Materiali base, Manifattura dei Moduli, Esercizio / Manutenzione Impianto, Decommissioning. Fonte NREL: <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>

Infatti, (4) lungo il loro ciclo di vita tecnica le Emissioni serra, stimate, per i pannelli FV di scala domestica (roof-top) realizzate in Silicio cristallino (CSi) e film sottile (TF), al di là delle prestazioni, hanno ambedue Emissioni specifiche dell'ordine, rispettivamente, di 40-85 gr CO<sub>2</sub>e/kWh.

La figura che segue indica l'incidenza delle varie attività industriali della loro "filiera" che ha, dal punto di vista energetico, un rendimento energetico (EROEI) decisamente minore rispetto a quanto visto, in valori numerici, nell'analisi del campo eolico, causa i maggiori impegni energetici industriali dalle origini minerarie alla fine-vita dell'impianto (estrazione elementi rari, tecnologie elettroniche contro quelle banalmente elettromeccaniche dell'eolico).

La tabella, da me elaborata (da fonte <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf>), focalizza, dal punto di vista emissivo, le tecnologie sola-

ri domestiche ed assimilabili (roof-top). Secondo altre fonti (5), la versione Utility-scale emette un +10-50% rispetto al roof-top.

(4) <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56487.pdf> e <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/57187.pdf>

(5) IPCC Working Group III – Mitigation of Climate Change, Annex III: Technology - specific cost and performance parameters - Table A.III.2 (Emissions of selected electricity supply technologies (gCO<sub>2</sub>e/kWh))" (PDF). IPCC. 2014. p. 1335. Retrieved 14 December 2018.

"IPCC Working Group III – Mitigation of Climate Change, Annex II Metrics and Methodology - A.II.9.3 (Lifecycle greenhouse gas emissions)" (PDF). pp. 1306-1308.

"EPD Search - The International EPD® System". [www.environdec.com](http://www.environdec.com)

...tramite [https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_of\\_energy\\_sources](https://en.wikipedia.org/wiki/Life-cycle_greenhouse_gas_emissions_of_energy_sources)

Technology	Mean	Low	High
	tonnes CO <sub>2</sub> e/GWh		
Lignite	1,054	790	1,372
Coal	888	756	1,310
Oil	733	547	935
Natural Gas	499	362	891
Solar PV	85	13	731
Biomass	45	10	101
Nuclear	29	2	130
Hydroelectric	26	2	237
Wind	26	6	124

Tabella 5, Emissioni di CO<sub>2</sub>eq in gr/kWh su ciclo-vita del Fotovoltaico (grande = utility scale), comparate con altre tecnologie. Le tre colonne riguardano i risultati statistici (medio, superiore, inferiore), risultanti da molti diversi studi; approfondimento su: WNA [http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working\\_Group\\_Reports/comparison\\_of\\_lifecycle.pdf](http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/comparison_of_lifecycle.pdf)

Technology	Min.	Median	Max.
<b>Currently commercially available technologies</b>			
Coal – PC	740	820	910
Gas – combined cycle	410	490	650
Biomass – Dedicated	130	230	420
Solar PV – Utility scale	18	48	180
Solar PV – rooftop	26	41	60
Geothermal	6.0	38	79
Concentrated solar power	8.8	27	63
Hydropower	1.0	24	2200 <sup>1</sup>
Wind Offshore	8.0	12	35
Nuclear	3.7	12	110
Wind Onshore	7.0	11	56
<b>Pre-commercial technologies</b>			
Ocean (Tidal and wave)	5.6	17	28

Tabella 6, Life cycle CO<sub>2</sub> equivalent (including albedo effect) from selected electricity supply technologies. Arranged by decreasing median (gCO<sub>2</sub>e/kWh) values Coal PC=Pulverized Coal (polverino di carbone), Concentrated solar = solare termodinamico, Tidal-Wave = Maree-Onde; fonte citata in Tabella 6

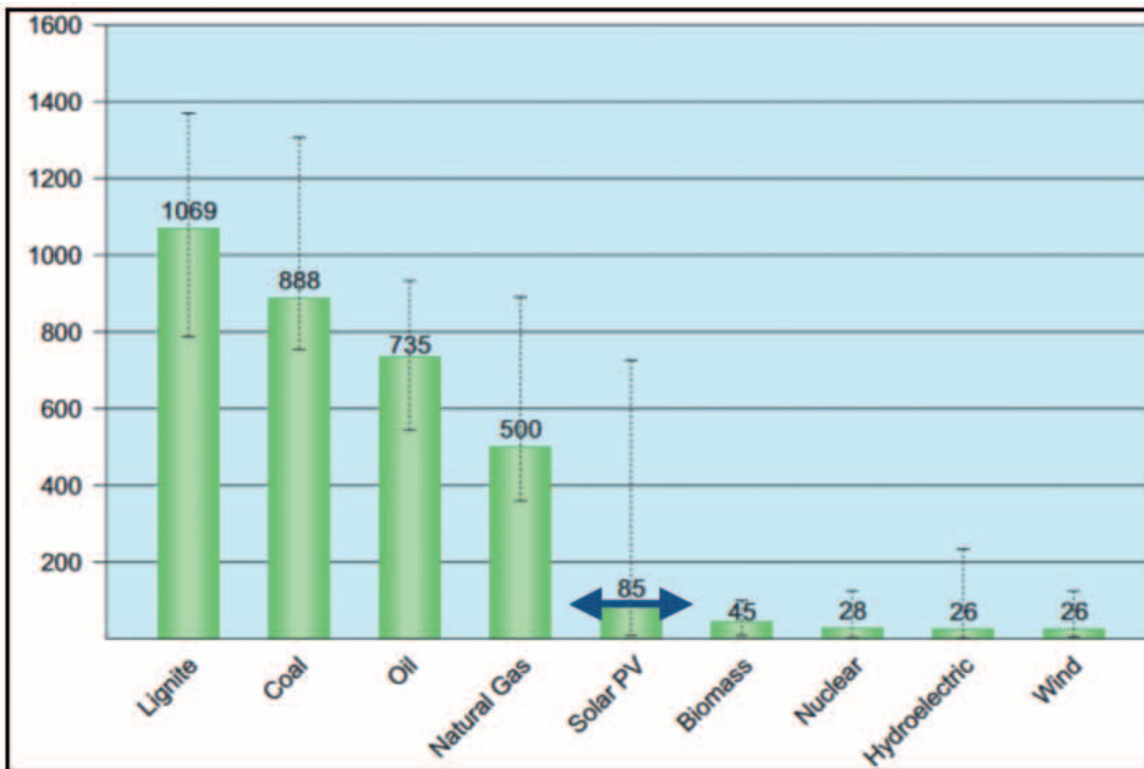
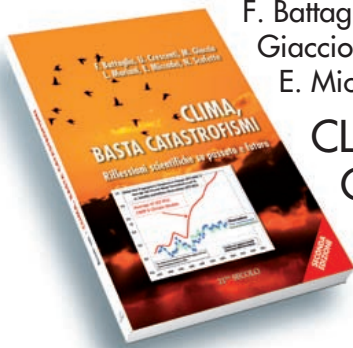


Figura 7, Grafico della tabella (valori medi), elaborazione da stessa fonte, il FV, pur emettendo in media il 10% delle emissioni dei combustibili fossili, supera (nel ciclo-vita) di più del 100% le altre Fonti rinnovabili.



F. Battaglia, U. Crescenti, M. Giaccio, L. Mariani, E. Miccadei, N. Scafetta

## CLIMA, BASTA CATASTROFISMI

Riflessioni scientifiche su passato e futuro

pagg. 268, € 25,00

ISBN 978-88-87731-71-2

**Riflessioni di uno scienziato che non è un climatologo**, Franco Battaglia – Il clima è governato dalle attività umane? – Sul consenso scientifico – **Il contributo delle scienze geologiche per la valutazione dei cambiamenti climatici**, Uberto Crescenti – Geologia e Paleontologia – **Geomorfologia** – Enrico Miccadei – **Il contributo della fisica dell’atmosfera per lo studio dei cambiamenti climatici** – Nicola Scafetta – L’incompatibilità tra i modelli climatici e le osservazioni – Capire le oscillazioni solari ed astronomiche – **Il clima nella storia della vite e del vino** – Luigi Mariani – Clima e viticoltura – Due domande tuttora aperte – La forza del mito – **Il mercato dell’anidride carbonica** – Mario Giaccio – **Sulla previsione del clima futuro**

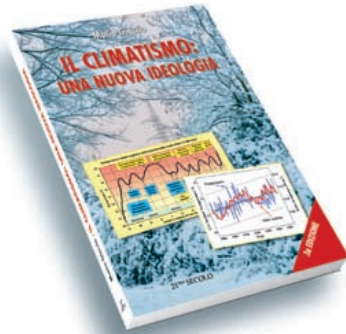
Mario Giaccio

## IL CLIMATISMO: UNA NUOVA IDEOLOGIA

Quarta edizione aggiornata

pagg. 364, € 20,00

ISBN 978-88-87731-61-3



**Presentazione** di Uberto Crescenti  
**1: Considerazioni preliminari** – Gli effetti del protocollo di Kyoto - Il problema dei modelli - Attuali condizioni del clima terrestre – **2. Come funziona l’Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** – È vero che c’è un consenso universale? – **3: Aspetti tecnici** – L’anidride carbonica: il più grande scandalo scientifico dei nostri tempi - La cosiddetta “curva a mazza da hockey” – **4: Riflessi economici della politica di Kyoto** – Il sistema di scambio delle emissioni e della Carbon Tax - Le truffe legate al mercato dei crediti di carbonio – **5: L’aspetto politico: due esempi emblematici** – Il riscaldamento globale per fini politici interni - Cambiamenti climatici: “la più grande sfida del nostro tempo” – **6: Riflessi sociali del sistema di Kyoto** – **7: Aspetti religiosi** – L’ambientalismo (come religione) nei media – **8: Prolegomeni per una governance globale** – Il Club di Roma - La Chiesa e il progetto di governance

Sergio Fontanot



## IDROELETTRICO DA POMPAGGIO

pagg. 154, € 15,00

ISBN 978-88-87731-67-5

Prefazione di Davide Tabarelli – Parte prima: Il carbone bianco – Natura, storia, meriti e “misure vitali” dell’idro-pompaggio, nel contesto idroelettrico italiano

Parte seconda: Tante “Oiropa”

Una inedita euro-fepr, fonte energetica

parzialmente rinnovabile – Parte terza: Le banche dell’elettricità

A way to bank energy for future use – Parte quarta: Un po’ di turismo

idroelettrico – Appendice 1: Il Clean Power Plan (CPP) di Obama

Appendice 2: Gli obiettivi della politica energetica di Donald Trump

Voglio acquistare i seguenti volumi

- Ambiente politicamente scorretto € 20,00
- Clima, basta catastrofismi € 25,00
- Il climatismo: una nuova ideologia € 20,00
- Idroelettrico da pompaggio € 15,00
- L’energia eolica e la sfida dei mercati elettrici € 15,00
- Italia-USA: due mondi elettrici a confronto € 10,00
- Monfalcone “elettrica” € 10,00
- Memorie di terra e di acqua (cofanetto 4 vol.) € 60,00
- Il sistema CAM® € 30,00
- Terremoto a scuola... € 25,00
- Energia elettrica, mercato, ambiente € 20,00
- Atomo a scuola... € 25,00
- Biotecnologie: i vantaggi per la salute e per l’ambiente € 9,00
- Biotecnologie per la tutela dei prodotti tipici italiani € 11,00
- Cambiamenti climatici e conoscenza scientifica € 10,00
- Campi elettromagnetici e salute: dai miti alla realtà € 9,00
- Chernobyl. 20 anni dopo il disastro € 15,00
- Clima, energia, società € 30,00
- Dal popolo di Seattle all’ecoterrorismo € 13,00
- Da Malthus al razzismo verde € 20,00
- Elettrosmog, un’emergenza creata ad arte € 12,00
- Energia nucleare? Sì, per favore... € 15,00
- I costi della non-scienza: Il Principio di Precauzione € 15,00
- Il paradosso del nucleare in Italia € 15,00
- Il petrolio, l’atomo e il metano € 15,49
- Il racket ambientale (seconda edizione) € 15,00
- I rischi di una scelta disinformata: dire no agli OGM in agricoltura € 15,00
- Italia nucleare € 25,00
- Italo Federico Quercia - Note biografiche € 15,00
- La Natura, non l’attività dell’uomo, governa il clima € 10,00
- L’atomo per la pace € 15,00
- La scienza e le medicine alternative € 15,00
- L’illusione dell’energia dal sole € 15,00
- L’opzione nucleare € 15,00
- Moderni sistemi e tecnologie antisismici € 20,00
- Orizzonti delle tecnologie nucleari € 15,00
- Presupposti per il programma elettronucleare nazionale € 15,00
- Proteggersi dal terremoto (seconda edizione) € 20,00

I volumi possono essere richiesti a 21<sup>mo</sup> SECOLO s.r.l.

Tel. e fax 02 33408361 e cell. 335 7600520 - e-mail:

robertoirsuti@21mosecolo.it www.21mosecolo.it

- Pagherò in contrassegno (aggiungere € 6,00 di spese postali)
- bonifico bancario IBAN IT 08 C 01030 01662 000001065855
- versamento sul CCP n. 23966203 intestati a: 21<sup>mo</sup> SECOLO srl - Milano
- Carta di credito ..... n. ....  
scad. ....  
firma .....

Nome e Cognome .....

Indirizzo .....

Tel. .... e-mail: .....

Inviare per posta o via fax a 21<sup>mo</sup> SECOLO s.r.l.

via Ludovico di Breme, 18 - 20156 Milano

Autorizzo il trattamento dei dati personali (legge 675/96)