



THE GLOBAL WARMING (ovvero “dalli all’untore”...: la CO₂!) IL RISCALDAMENTO GLOBALE

1 LA POTENZA SOLARE

In condizioni di equilibrio termodinamico il calore che la terra riceve dal sole viene reirraggiato dalla terra nello spazio: la temperatura che essa assume all’equilibrio, è la temperatura media superficiale del pianeta, attualmente valutata in circa 300 K ($27\text{ }^\circ\text{C}$).

La potenza irraggiata dal sole, P_S , sul nostro pianeta è calcolabile con l’aiuto della *Figura 1*: la potenza media unitaria radiante, la cosiddetta *costante solare* (che indicheremo con C_S), fuori dall’atmosfera è di 1.360 W/m^2 , mentre il raggio del meridiano terrestre+atmosfera è di circa 6.350 km (cui corrisponde un’area di $1,27 \cdot 10^{14}\text{ m}^2$).

Ne segue che la potenza ricevuta dal sistema terra+atmosfera è

$$P_S = 1.360 \cdot 1,27 \cdot 10^{14} = 1,73 \cdot 10^{17}\text{ W} \quad (1,73 \cdot 10^5\text{ TW} - \text{terawatt}).$$

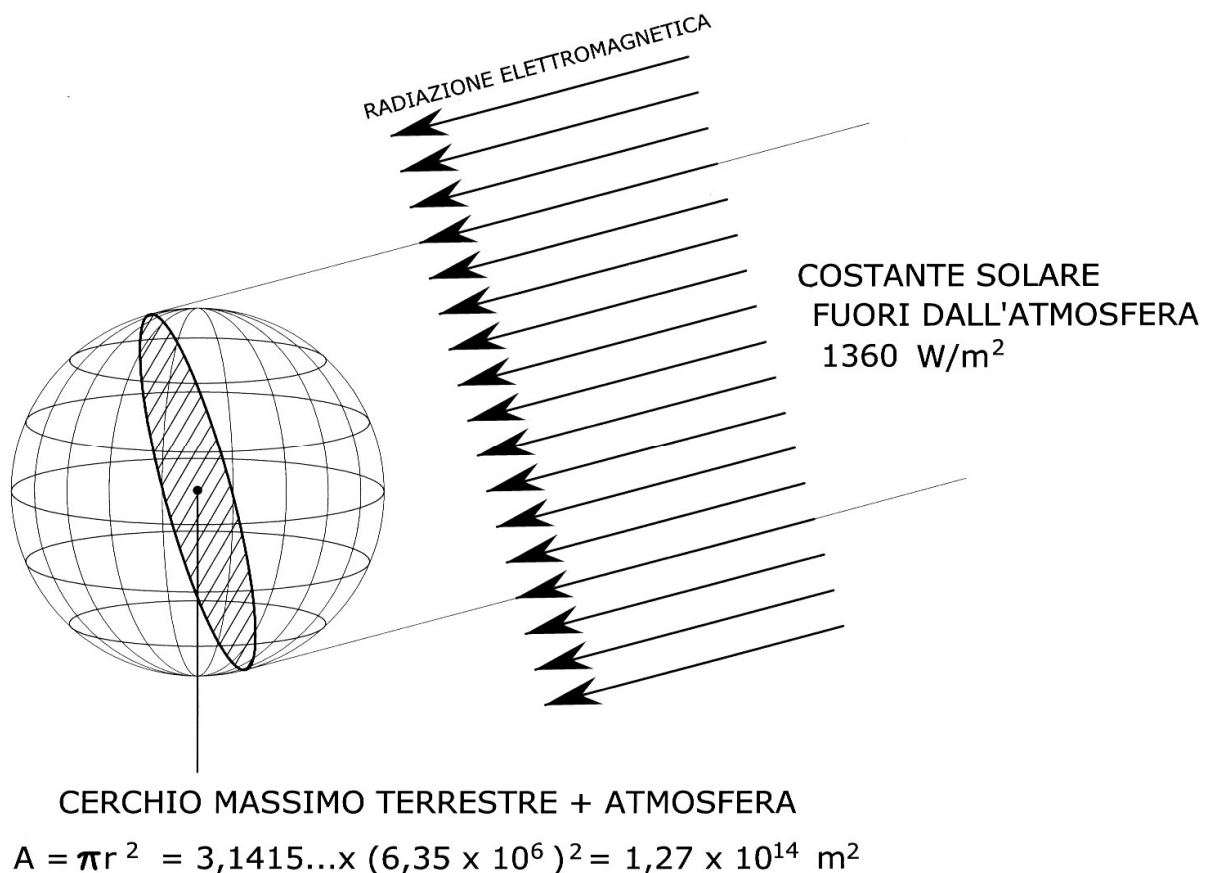


Figura 1 – Per la determinazione della potenza solare



Quale sarebbe la temperatura di equilibrio della terra priva di atmosfera? Essa dovrebbe dissipare nello spazio cosmico, come già detto, in forma radiante, tutta la potenza P_s ricevuta dal sole. La potenza emessa per unità di superficie in forma radiante dalla materia segue la legge di Stephan e Boltzmann. Tale legge è applicabile quando l'emissività e l'assorbività del corpo materiale coincidono e valgono una unità (corpo nero):

$$E = \sigma \cdot T^4 = \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad 1)$$

dove $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W/(m^2 K^4)$, costante di Boltzmann.

Kirchhoff, occupandosi del corpo non nero (corpo grigio) introduce un coefficiente adimensionale, ε (emissività), tale che $0 \leq \varepsilon < 1$, il qual coefficiente implica che il corpo non nero abbia bisogno di una maggiore temperatura per irraggiare la medesima potenza. E' come dire che ***al corpo nero compete la minima temperatura, a parità di potenza irraggiata per unità di superficie.***

Legge di Kirchhoff:

$$E_K = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4. \quad 2)$$

L'emissività del globo terraqueo è da corpo grigio tuttavia, ipotizzando che la terra, priva di atmosfera sia confondibile con un corpo nero, possiamo trovare la temperatura minima che assumerebbe la terra per smaltire la potenza solare la seconda ipotesi.

Applichiamo la 1) ad una sfera terraquea (dotata di emissività unitaria=corpo nero) al fine di determinare tale temperatura: essendo, all'equilibrio,

potenza ricevuta dal sole = potenza reirraggiata dalla terra

$$C_s \cdot \pi \cdot R^2 = 4 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \sigma \cdot T^4, \quad 3)$$

si ricava immediatamente che, la temperatura a cui si equilibrerebbe la terra, sarebbe

$$T = \sqrt[4]{\frac{C_s}{4\sigma}} = 279 \text{ K} \equiv 6 \text{ }^\circ\text{C}. \quad 4)$$

Con questa temperatura media superficiale la terra sarebbe decisamente inospitale!



2 L'EFFETTO SERRA

L'emissività (come l'assorbività e tutte le grandezze associabili al fenomeno) è notevolmente influenzata dalla frequenza: si ha che l'atmosfera è quasi trasparente alla radiazione solare incidente (alta frequenza) e meno trasparente alla radiazione di bassa temperatura emessa dalla terra (bassa frequenza): da qui il provvidenziale effetto serra (senza il quale la vita non sarebbe possibile!).

In altri termini il sole ci invia energia radiante a temperatura di circa 6.500 K , cui compete una "piccola" lunghezza d'onda (caratterizzata da bassa interazione con l'atmosfera, e che, quindi, incide sulla crosta terrestre con modesta attenuazione atmosferica) mentre all'energia reirraggiata compete una lunghezza d'onda molto maggiore (di maggiore interazione con l'atmosfera cosicché la riscalda, attenuandosi, prima di disperdersi nello spazio siderale).

E' noto che il cielo nuvoloso si associa a giornate invernali atmosfericamente più calde grazie alla emissività delle nuvole (e del vapore d'acqua in generale) fenomeno favorito anche da condizioni di minor pressione, segno di maggiore umidità relativa dell'aria.

Il fenomeno descritto costituisce l'effetto serra: esso garantisce una temperatura media superficiale della terra di circa 300 K ($27\text{ }^\circ\text{C}$)! Da questo dato, su cui c'è una sostanziale convergenza tra le varie fonti, è possibile dedurre l'emissività "efficace" (o "equivalente"), cioè quella che si potrebbe in realtà ritenere propria del sistema terra+atmosfera, sistema ritenuto isotropo e indipendente dalla frequenza).

A tale scopo utilizzando la 3) introduciamo l'emissività efficace incognita, che indicheremo con ε_{300} ed assumiamo $T=300\text{ K}$ e $C_S = 1,36 \cdot 10^3\text{ W/m}^2$ (costante solare):

$$C_S = 4 \cdot \varepsilon_{300} \cdot \sigma \cdot T^4,$$

$$\text{da cui} \quad \varepsilon_{300} = \frac{C_S}{4 \cdot \sigma \cdot T^4} = \frac{1,36 \cdot 10^3}{4 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 300^4} = 0,74. \quad 5)$$

Il valore ottenuto dice che *l'effetto combinato di corpo grigio della terra e di trattenimento dell'atmosfera* (effetto serra) "costringono" la terra stessa ad incrementare la propria temperatura, rispetto a quella calcolata con la 4) in modo che trovi la condizione di equilibrio alla temperatura di 300 K , come si verifica nella realtà.

Osservando la 4), può essere utile notare che ad una diminuzione di ε del 26% (rispetto all'unità) l'incremento di temperatura necessario per smaltire la medesima potenza è di soli 21 K , pari al 7,6% della temperatura di 279 K . Questo è dovuto al fatto fondamentale che le variazioni di temperatura incidono con la quarta potenza, in conseguenza della 1).

L'andamento termodinamico descritto è rappresentato nel diagramma di *Figura 2*.

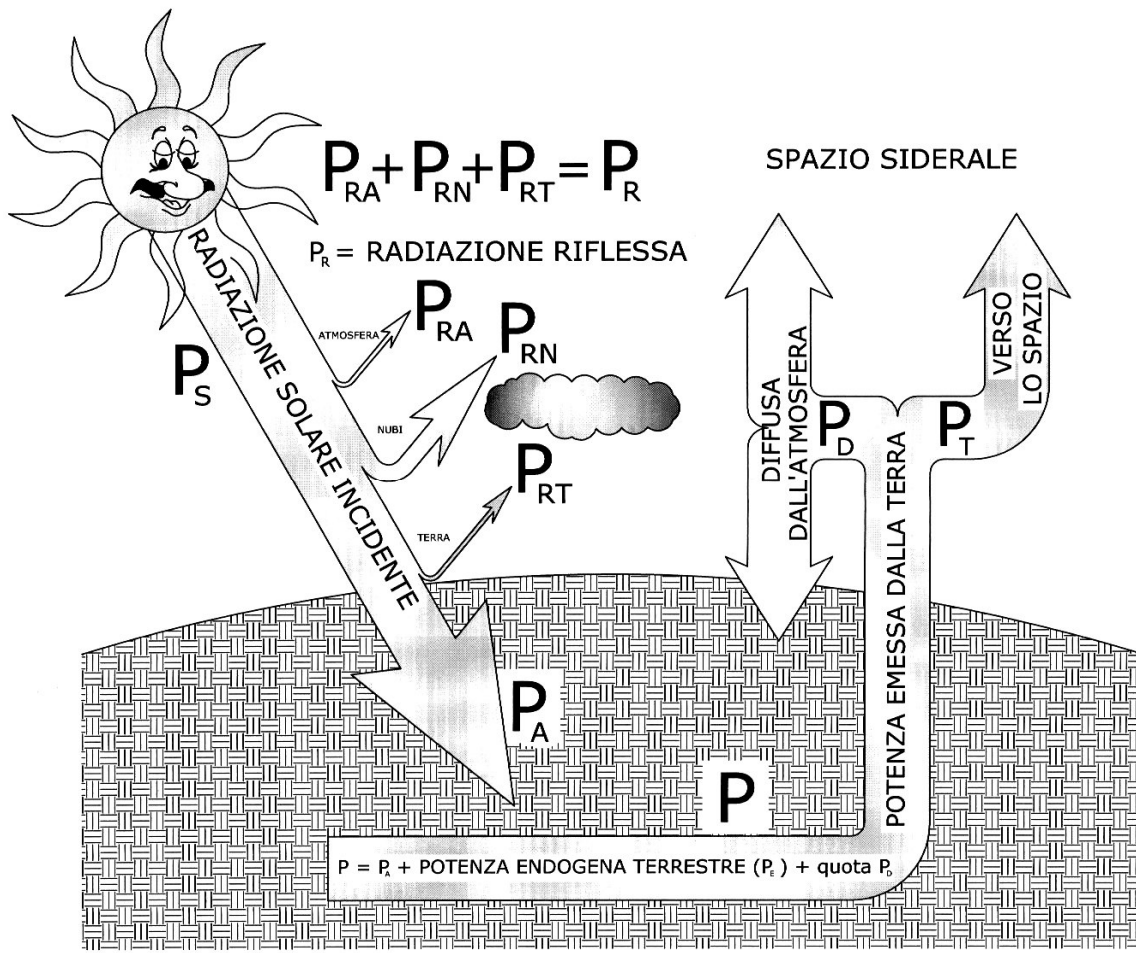


Figura 2 – Termodinamica dell’interazione tra i componenti del sistema sole+atmosfera+terra+spazio sidereo

Il complemento all’unità dell’emissività efficace rappresenta un indice dello scostamento del sistema terra+atmosfera dal comportamento di corpo nero; indicheremo con τ tale complemento, e lo chiameremo *effetto tank*, potendo, così, scrivere:

$$\tau = \tau_T + \tau_A = 1 - \epsilon_{400} = 1 - 0,74 = 0,26. \quad 6)$$

con ovvio significato dei pedici.

Poiché il valore dell’emissività della sola terra-corpo grigio, determinato tenendo conto medio ponderato della superficie delle acque ($\epsilon = 0,85$), delle foreste ($\epsilon = 0,88$), dei ghiacciai ($\epsilon = 0,85$), della sabbia ($\epsilon = 0,9$), della neve ($\epsilon = 0,80$), del terreno ($\epsilon = 0,90$) lo stimiamo in $0,83$, il contributo al valore di τ del corpo grigio che compare nella 6), è

$$\tau_T = 1 - 0,83 = 0,17,$$

possiamo dedurre il contributo dell’atmosfera in termini di effetto tank:

$$\tau_A = \tau - \tau_T = 0,26 - 0,17 = 0,09.$$

7)

3 L'INFLUENZA DELLA CO₂

Ci proponiamo, ora, di esaminare qual è l'influenza della CO₂ su τ_A . Al fine di metterci nella condizione più sfavorevole (cioè grande influenza della CO₂ nel riscaldamento globale) ricorriamo a delle semplificazioni che non inficiano i principi fisici ed ammettiamo che gli unici gas serra presenti in atmosfera siano CO₂ e H₂O.

Osserviamo che la molecola dell'acqua ha certamente un'interazione con le onde elettromagnetiche molto più intensa della CO₂ per il fatto che ha una struttura molecolare dipolare¹ (il forno a microonde docet), mentre quest'ultima, a causa della particolare simmetria, ha un momento di dipolo elettrico nullo; lo si capisce chiaramente osservando la geometria molecolare riportata nella *Figura 3*.

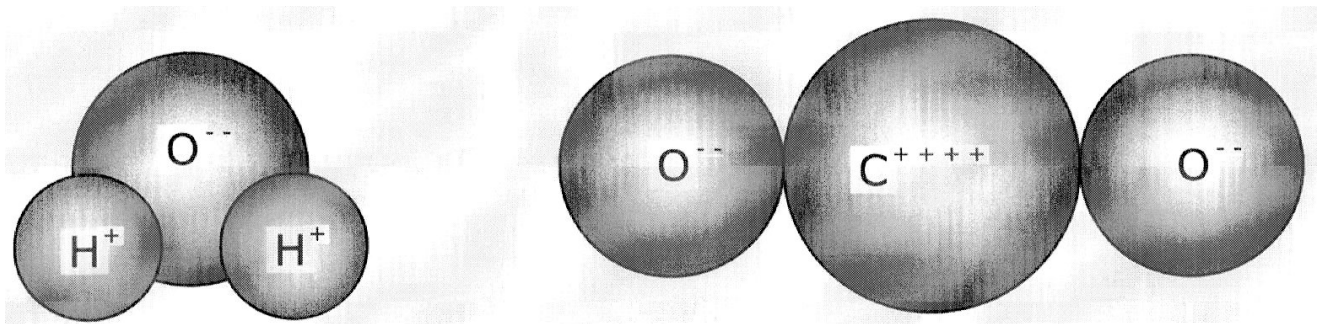


Figura 3 – A sinistra struttura molecolare dell'acqua, a destra quella della CO₂

Lavorando su dati riportati nella letteratura dedicata *deduciamo* che l'emissività dell'acqua e dell'anidride carbonica stanno tra loro nel rapporto 320:1.

L'emissività dei gas dipende, anche (oltre che dalla temperatura, ovvero dalla frequenza) dalla loro densità. La CO₂ in atmosfera è presente con 350 ppm in volume, mentre il vapore d'acqua ha 3300 ppm (circa dieci volte tanto!).

Poiché vogliamo conoscere l'influenza di variazioni di CO₂ nell'intorno dei valori attuali, ricorriamo a delle approssimazioni lineari per darle il ruolo che le compete nel parametro τ_A , che è il soggetto dell'equazione 7). Indicheremo con τ_{H_2O} il fattore tank del vapor d'acqua, e con τ_{CO_2} quello dell'anidride carbonica in modo che sia

$$\tau_A = \tau_{H_2O} + \tau_{CO_2} = 0,09 \quad 9)$$

¹ Ci si scusi la parentesi banale: il momento di dipolo elettrico è dovuto al fatto che il baricentro delle cariche positive della molecola non coincide con quello delle cariche negative.



Si tratta di trovare due numeri la cui somma sia $0,09$ e che siano proporzionali all'influenza che le caratteristiche fisiche delle due sostanze in esame hanno sul rispettivo valore di τ .

Oltre della presenza volumica, dobbiamo tenere conto di altre due caratteristiche: la densità relativa all'aria, che per l'anidride è molto maggiore di quella del vapor d'acqua (è la presenza massica che conta!) e l'emissività dell'acqua e dell'anidride.

Gli osservatori di tutte le tendenze sono d'accordo sul fatto che l'umidità sia *globalmente* molto più efficace nell'effetto serra, rispetto all'anidride carbonica, per un rapporto $20:1$ (senza contare coloro che ritengono addirittura ininfluenza il ruolo dall'anidride carbonica, oppure coloro che stimano tale rapporto in $40:1$). Al fine di non minimizzare riteniamo accettabili i dati della *Tabella 1* che si basano su di un rapporto di circa $20:1$ (esattamente $10560:530$):

Tab. 1	PROPRIETA'	H₂O vapore	CO₂
A	EMISSIVITA' RELATIVA	<i>320</i>	<i>1</i>
B	ppm	<i>3300</i>	<i>350</i>
C	DENSITA' relativa all'aria	<i>0,01</i>	<i>1,53</i>
Indice dell'influenza totale: AxBxC		<i>10560</i>	<i>530</i>

e, quindi, applicando, seppure in maniera "naif", il metodo WSGG (*Weighted Sum of Gray Gases*), assumendo che l'emissività sia costituita dalla somma pesata del contributo di ciascun gas grigio in proporzione alle proprie caratteristiche fisiche medie (e quindi ritenute indipendenti dalla frequenza e dalla direzione), possiamo trovare i valori delle emissività delle due sostanze, ciascuna con il proprio peso:

$$\tau_{H_2O} + \tau_{CO_2} = 0,09 .$$

$$\tau_{H_2O} = 0,086; \quad \tau_{CO_2} = 0,004 . \quad 10)$$

Vediamo, ora, come incide sul valore di τ_A , e poi dell'emissività efficace, una variazione di concentrazione di CO_2 da 350 a 500 ppm che, secondo certi osservatori (fautori del *terror climatico*), ci porterebbe in breve tempo alla catastrofe planetaria.

A tal fine correggiamo la *Tabella 1* modificando i ppm di CO_2 come in *Tab. 2*:

Tab. 2	PROPRIETA'	H₂O vapore	CO₂
A	EMISSIVITA' RELATIVA	<i>320</i>	<i>1</i>
B	ppm	<i>3300</i>	<i>500</i>
C	DENSITA' REL. standard	<i>0,01</i>	<i>1,53</i>
Indice dell'influenza totale: AxBxC		<i>10560</i>	<i>765</i>



Applicando criteri di proporzionalità in base ai pesi deducibili dalle due tabelle si avrà

$$\tau_{A500} = \tau_A \frac{10560 + 765}{10560 + 530} = 0,09 \cdot 1,0212 = 0,092 ,$$

con ovvio significato dei simboli.

Tramite la 6) possiamo dedurre il valore dell'emissività efficace che acquisirebbe il sistema terra+atmosfera se il tasso di CO_2 diventasse di 500 ppm (col solito ovvio significato dei simboli):

$$\varepsilon_{450} = 1 - (\tau_{A500} + \tau_T) = 1 - (0,092 + 0,17) = 0,738.$$

Adattando la 4) ad un corpo grigio possiamo scrivere

$$T_{400} = \sqrt[4]{\frac{C_s}{4\varepsilon_{500}\sigma}} = 300,23 \text{ K} \equiv 27,23 \text{ }^\circ\text{C},$$

la quale ci permette di concludere che l'incremento di temperatura, dovuto all'incremento di CO_2 , sarebbe di

$$300,23 - 300 = 0,23 \text{ K} = 0,23 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Sarebbe interessante confrontare il risultato ottenuto con le previsioni altrettanto teoriche dell'assai criticato IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) il quale, secondo (molto imprecise) notizie di stampa, prevede che una stabilizzazione della CO_2 a 500 ppm produrrebbe un incremento di temperatura di 1,2 °C.

Inoltre il risultato ottenuto a carico della sola CO_2 potrebbe sensibilmente diminuire se considerassimo l'influenza di altri componenti effetto serra presenti nell'atmosfera (ossigeno, azoto, metano, ozono, composti dell'azoto variamente ossidati etc.).

Nel fallimentare summit di Copenaghen (dicembre 2009) è stata ventilata la possibilità di "concedere" un incremento di temperatura di 2 °C (causato proprio dalla CO_2) al fine di limitare la catastrofe planetaria; con i modelli fin qui usati possiamo determinare qual'è il tasso di CO_2 necessario: occorrerà un'emissività efficace ε_{302} che si accordi con la temperatura T_{302} come previsto dalla 5):

$$\varepsilon_{302} = \frac{C_s}{4 \cdot \sigma \cdot T_{302}^4} = 0,72 ;$$

il che implica

$$\tau_{302} = 1 - \varepsilon_{302} = 0,28 ,$$

ed anche

$$\tau_A = \tau_{302} - \tau_T = 0,28 - 0,17 = 0,11$$



Costruiamo ora la *Tabella 3* indicando con x i *ppm* incogniti e mantenendo inalterate le caratteristiche del vapore:

Tab. 3	PROPRIETA'	H₂O vapore	CO₂
A	EMISSIVITA' RELATIVA	320	1
B	ppm	3300	x
C	DENSITA' REL. standard	0,01	1,53
Indice dell'influenza totale: AxBxC		10560	1,53·x

Almeno in prima approssimazione ammettiamo che τ_{H_2O} mantenga il valore di 0,0858, allora possiamo scrivere la seguente equazione basata sul "peso" dell'acqua:

$$\frac{10560 \cdot 0,11}{10560 + 1,53x} = 0,0858,$$

da cui $x = 1947 \text{ ppm}$.

Ciò significa che quando la CO_2 raggiungerà l'iperbolico valore di 1947 *ppm* la temperatura sarà aumentata di 2 °C².

Certamente (!) l'IPCC dispone di algoritmi assai più sofisticati di quelli introdotti con i modelli qui assunti, ma i concetti informatori dei nostri pur semplici calcoli ci sembrano ragionevoli e ci permettono di prevedere le variazioni più diverse tra le variabili considerate: *ppm*, fattore tank, variazioni di temperatura. Il vero problema consiste nell'associare a tali parametri fisici, governanti il fenomeno, valori numerici reali.

4 LA FORZANTE SOLARE

Esaminiamo ora l'influenza delle variazioni dell'attività solare sulla temperatura del nostro pianeta. A tali variazioni sono imputabili fenomeni di riscaldamento e di raffreddamento storicamente accertati.

E' arcinoto che tra il 1645 ed il 1715 si è verificata la piccola era glaciale (sul Tamigi ghiacciato passavano le carrozze a cavalli!) mentre tra il 1100 ed il 1250 si poteva coltivare la vite fino al 53° parallelo (Periodo Caldo Medioevale).

Sembra assodato che la presenza di macchie solari influisca in modo determinante sulla potenza erogata dal sole: la *Figura 4* mostra l'andamento del numero di macchie solari negli ultimi secoli. Si attribuisce alla loro assenza la piccola era glaciale (Minimo di Maunder) e qualcuno si preoccupa di un prossimo ripetersi

² Controprova: se nella Tab. 2, riga B, poniamo $ppmCO_2=1947$, otteniamo il medesimo valore di τ_A e, quindi, il medesimo valore d'incremento della temperatura



del fenomeno visto che all'inizio del 2010 ancora non sono ricomparse (di questo parere è Phil Chapman, geofisico australiano, già astronauta in servizio alla NASA).

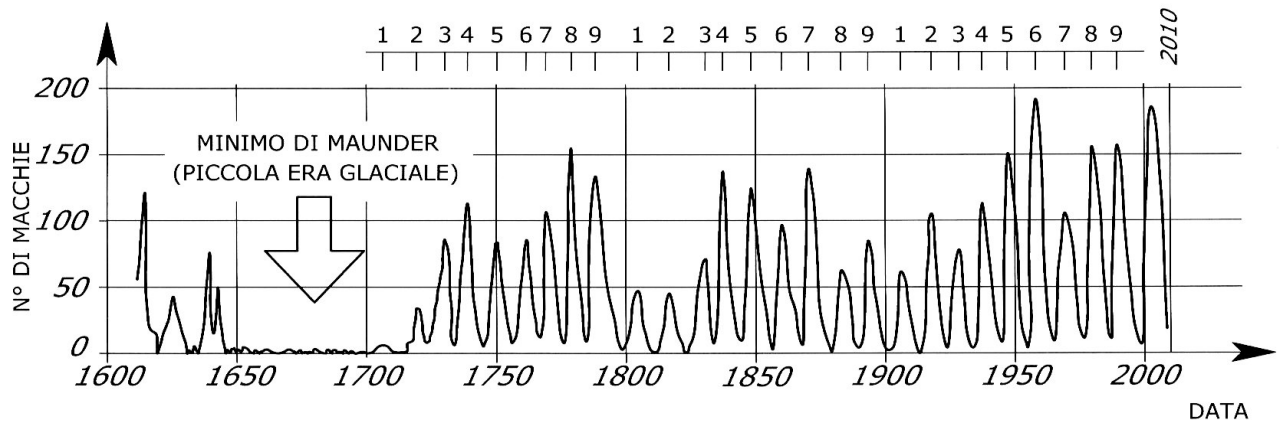


Figura 4 – Ogni secolo presenta circa nove massimi, ciò induce a pensare che il ciclo delle macchie solari abbia un periodo di circa undici anni

In sostanza il maggior numero di macchie solari provoca un incremento positivo della costante solare tale da determinare i massimi della temperatura.

Secondo l'Osservatorio Astronomico di Trieste³, le conseguenze sulla costante solare, tra picco e picco del grafico, è inferiore allo 0,1%; per apprezzare l'incidenza della massima variazione di temperatura conseguente, procediamo così: poiché $P_S = 1,73 \cdot 10^{14}$, indicando con $P_{S0,1} = 1,73 \cdot 1,001 \cdot 10^{14}$ il valore il valore della potenza solare incrementato dello 0,1% e con x l'incremento di temperatura ad esso relativo, possiamo scrivere la seguente equazione:

$$\frac{P_{S0,1}}{P_S} = \frac{(T + x)^4}{T^4},$$

che si traduce in un'equazione algebrica di quarto grado avente la seguente forma tipica:

$$x^4 + 4x^3T + 6x^2T^2 + 4xT^3 + T^4 \left(1 - \frac{P_{S0,1}}{P_S}\right) = 0. \quad (11)$$

Ponendo $T = 300$ [K], (temperatura attuale), si ottiene⁴

$$x = 0,075 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(le altre tre soluzioni non sono efficaci). Il termine noto dell'equazione (11) determina il valore dell'incremento di temperatura (rispetto a quello di riferimento, T) dovuto all'attività solare: lo chiameremo *forzante solare* F_S :

³ Dal web a cura di Mauro Messerotti.

⁴ Abbiamo utilizzato una formula risolutiva che si trova sul sito web a cura di Attilio Scifoni.



A prima vista potrebbe sembrare che le variazioni della costante solare siano poco influenti rispetto all'influenza delle variazioni di CO_2 (lo $0,1\%$ in più di radiazione solare provoca solo un incremento di $0,075\text{ }^\circ\text{C}$, mentre 150 ppm in più di CO_2 provocano un aumento di ben $0,23\text{ }^\circ\text{C}$), ma non è così. Infatti le ppm di CO_2 possono essere influenzate, come vedremo, da assorbitori facenti parte della regolazione naturale della temperatura (oceani e foreste), mentre l'attività solare è naturalmente indipendente e localmente incontrollabile; inoltre il previsto incremento di $2\text{ }^\circ\text{C}$, come abbiamo mostrato, non può essere ottenuto dalla CO_2 .

Se ammettiamo che l'attività solare possa subire incrementi più consistenti siamo in grado di interpretare i dati storici relativi a periodi molto freddi (glaciazioni) o più caldi.

Costruiamo la *Tabella 4* con la (11) adottando in seguito diversi valori della forzante

$$F_{sx} = T^4 \left(1 - \frac{P_{sx}}{P_s} \right),$$

dove abbiamo indicato con il pedice X l'incremento unitario di radiazione solare.

Se $X = 1,001$ (corrispondente all'incremento dello $0,1\%$ nell'attività solare) otteniamo

$$F_{S0,1} = 8,1 \cdot 10^6 \text{ K}^4 \quad \text{e} \quad x = 0,075\text{ }^\circ\text{C} ,$$

come detto sopra.

Per altri valori di F_S basta applicare la formula risolutiva alla (11), opportunamente modificata e ricordando che i valori numerici dei coefficienti costanti dell'equazione sono

$$a = 1; \quad b = 1200; \quad c = 540000; \quad d = 108000000,$$

ed il termine noto $e = F_S$.

Ecco, dunque, la *Tab. 4*:

Tab. 4	Incremento unitario della radiazione solare	$e = F_S \text{ (K}^4\text{)}$	Incremento $x \text{ (}^\circ\text{C)}$	Valore arrotondato $^\circ\text{C}$
$a=1$ $b=1200$ $c=540000$ $d=108000000$	1,001	-8100000	0,07497	0,075
	1,002	-16200000	0,14989	0,15
	1,004	-32400000	0,29955	0,3
	1,008	-64800000	0,59821	0,6
	1,01	-810000000	0,7472	0,75



Tenendo conto del rapporto lineare esistente tra la forzante e l'incremento di temperatura, affinché questo assuma il valore di $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ la potenza solare dovrà incrementarsi del 2,7%, il che è *associabile solo ad aumenti eccezionali dell'attività solare*⁵.

4 LA REGOLAZIONE AUTOMATICA

Quel guscio di gas e vapori che circonda il nostro globo (e dal quale tutti gli esseri viventi dipendono) è pensabile come un volume d'aria condizionata. Le escursioni ammissibili di temperatura, umidità e pressione sono relativamente modeste (in particolare le temperature *locali* variano, in prima approssimazione, tra i -60 ed i $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$) per cui un sistema di controllo automatico della temperatura media degli strati più bassi della troposfera (di cui ci stiamo occupando) è essenziale.

Ricorrendo a tanti lustri di esperienza progettuale nel campo del condizionamento dell'aria possiamo dire che il sistema di regolazione automatica, associato a questo **progetto**, è il seguente:

- Il sole garantisce una temperatura-base, come abbiamo visto, di 279 K (corrispondenti a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se tale fosse la temperatura media superficiale, almeno in prima approssimazione, utilizzando similitudini lineari, il range di temperature locali si abbasserebbe di $27-6=23\text{ }^{\circ}\text{C}$ (variando localmente, quindi, tra -83 e $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$). Sembrerà paradossale, *ma da questo punto di vista il sole funge anche da raffreddatore*⁶ *garantendo la temperatura minima.*
- Poiché la temperatura media degli strati inferiori della troposfera ha un valore desiderato (*set-point*) di circa $27\text{ }^{\circ}\text{C}$, il Progettista ha dotato l'impianto di un certo numero di funzioni variabili, in opposizione tra loro, che realizzano le seguenti trasformazioni:
 - L'aumento degli aeriformi a maggiore interazione con le onde elettromagnetiche (in primis il vapore acqueo) incrementano la temperatura per effetto serra, mentre le precipitazioni ottengono l'effetto contrario.
 - Il riscaldamento delle acque marine favorisce l'evaporazione e la liberazione o l'assorbimento di CO_2 (la sua solubilità in acqua varia con la temperatura e con il movimento).
 - Le nuvole schermano dal sole ma, contemporaneamente, trattengono il calore in uscita (si ritiene che il primo effetto superi il secondo).

⁵ Controprova: se si inserisce il valore $P_{S2,7} = 1,027$ nella (11) si trova che $x = 2$ è soluzione della medesima.

⁶ Questo ricorda la funzione termica dell'aria primaria negli impianti di condizionamento dell'aria con terminali localizzati (p. es.: fan-coils a due tubi): l'aria primaria viene immessa in ambiente tutto l'anno a $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. In questo modo è in grado di fornire un carico negativo (raffreddamento) all'ambiente caso mai questo tendesse a surriscaldarsi, d'inverno, anche a terminale "fermo". La bassa temperatura garantita dal sole è assimilabile alla funzione termica dell'aria primaria.



- Il sole garantisce una temperatura-base grazie alla costante solare la quale, però, proprio costante non è. Ma, considerando brevi periodi (per certi aspetti un giorno, oppure una decina d'anni, per altri aspetti qualche secolo), ha variazioni tali da consentire l'intervento delle funzioni antagoniste con l'andamento che storicamente ci è noto.

Nella *Figura 5* una rappresentazione grafica della regolazione automatica naturale: il valore desiderato di temperatura (set-point) è determinato dalla costante solare e dall'effetto serra.

Le condizioni locali dipendono anche dallo spostamento delle masse d'aria causate da differenze di pressione atmosferica e dallo spostamento di grandi masse d'acqua causate dalle correnti marine a temperature diverse: essi sono raffigurati in alto ed in basso del diagramma a clessidra (Eolo & Nettuno...).

Tra le proposte di interventi artificiali, nell'ipotesi che la regolazione naturale andasse in default, registriamo quella di incrementare l'effetto albedo (tramite l'installazione di superfici biancheggianti per riflettere i raggi solari verso lo spazio siderale, ma le superfici da sbiancare sarebbero immense), oppure sciogliere negli oceani chilometri cubi di calce.... A noi pare che la natura ci abbia dato la soluzione fornendoci potenti dissociatori di CO_2 praticamente gratis.

*Infatti quando vediamo un albero non fermiamoci all'apparenza! Sembra un albero... **in realtà è un dissociatore di CO_2*** . Il suo fusto è fatto del carbonio e dell'acqua sottratti all'atmosfera (l'acqua anche dal terreno), il primo, in particolare, dissociando l'ossigeno con la sintesi clorofilliana: **tutto il mondo vivente dipende da questo processo!** Signori: è' il ciclo del carbonio/ossigeno!

Quanta superficie di foresta è necessaria per assorbire un incremento annuo di anidride del 5% (ad esempio da 350 a 367,5 ppm)?

Gli osservatori ci dicono che la produzione di CO_2 (pro-capite) si stia assestando intorno a 1,7 $t_{CO_2}/(persona\ anno)$ il che, per una popolazione mondiale di 6,5 miliardi, significa una emissione annua totale di 11 miliardi di tonnellate (corrispondenti a $11 \cdot 10^{15} g_{CO_2}/anno$).

Nel diagramma di *Figura 5* si vede che gli assorbitori naturali sono sia le acque oceaniche, in grado di "divorare" almeno il 50 % dell'anidride nuovamente disponibile, sia la sintesi clorofilliana, cosicché la quota a carico delle foreste si potrebbe ridurre ad un valore di $11 \times 0,05 = 0,55$ miliardi di tonnellate/anno.

Secondo dati reperiti sul web un chilometro quadrato di foresta è in grado di assorbire almeno 160 tonnellate/(anno km^2) di carbonio: quanta superficie boschiva S è necessaria per assorbire $5,5 \times 10^8 t_{CO_2}/anno$? Accettando le premesse, la risposta è immediata:

$$S = \frac{5,5 \cdot 10^8}{1,6 \cdot 10^2} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ km}^2 \equiv 3,4 \text{ milioni di km}^2,$$

come dire l'ordine di grandezza delle foreste brasiliane.

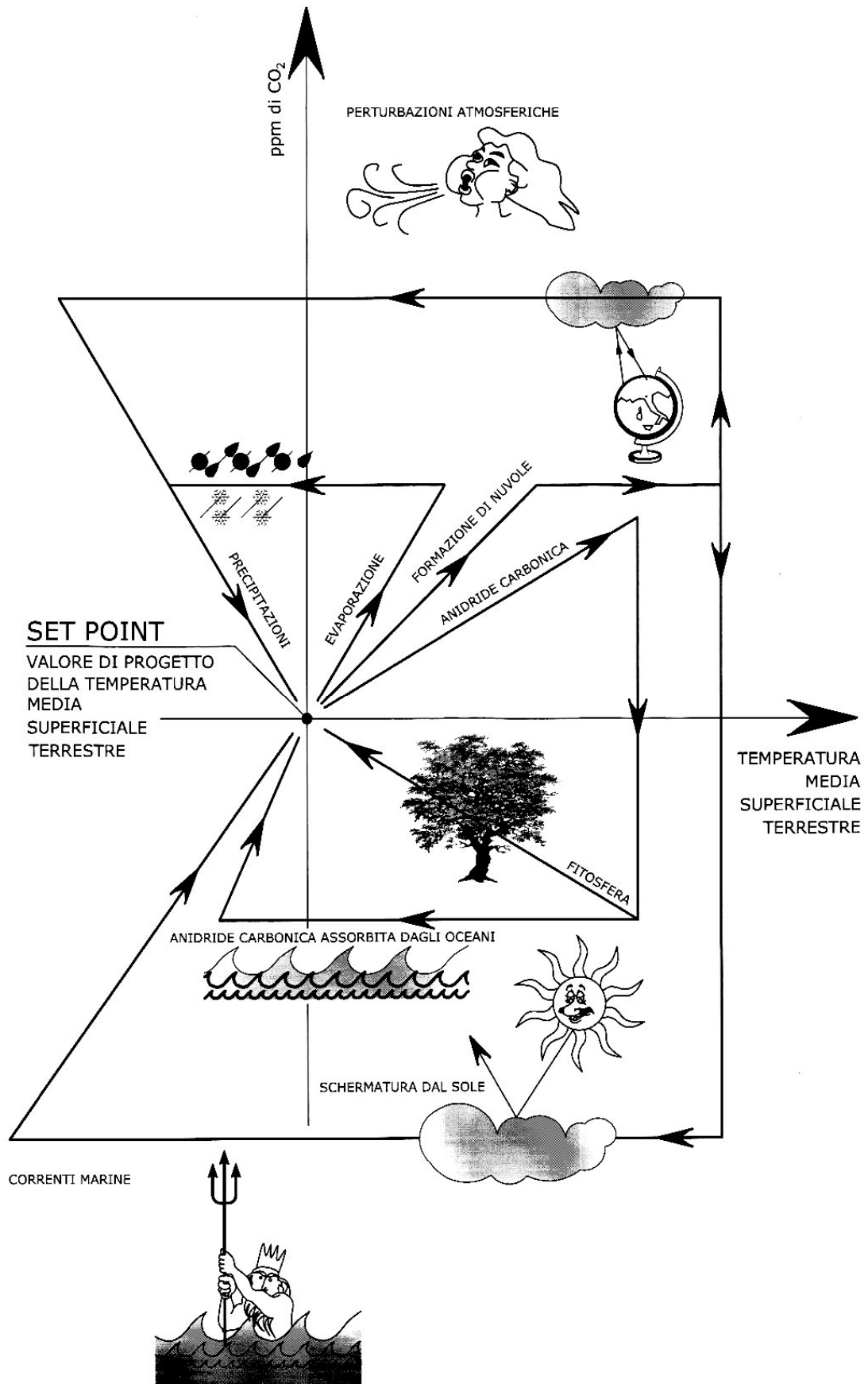


Figura 5 – Schema della regolazione automatica naturale (diagramma a clessidra)



E' opportuno osservare che la capacità di assorbimento da parte della fitosfera decresce in modo esponenziale con il procedere dell'assorbimento stesso. Per essere esatti bisognerebbe postulare delle condizioni iniziali di *ppm* e di nuova superficie boschiva, dare tempo alle nuove foreste di diventare "operative", ed applicare la "regola del 70" che rende conto dell'andamento esponenziale del fenomeno.

In altri termini, a condizioni operative raggiunte, se nel primo anno assorbiamo il 5%, nel secondo anno assorbiremo il 5% del 95% rimanente e così via (purché non si stabilisca un equilibrio dinamico per cui la quota assorbita dalle nuove foreste pareggi mediamente quanto nuovamente emesso).

Al solo scopo di effettuare un confronto conoscitivo, calcoliamo ora la potenza termica sviluppata dalle attività antropiche utilizzando fonti fossili: secondo la relazione annuale (2005) dell'Unione Petrolifera Italiana il "consumo" energetico mondiale annuo previsto per il 2020 è di *14.404 milioni di TEP* (tonnellate equivalenti di petrolio).

Poiché ogni *TEP* equivale a $1,16 \cdot 10^7$ Wh e le ore in un anno sono 8.760, si ha che la potenza media antropica, P_A , è

$$P_A = \frac{14.404 \cdot 10^6 \cdot 1,16 \cdot 10^7}{8.760} = 1,9 \cdot 10^{13} = 19 \text{ Terawatt.}$$

Il confronto tra gli ordini di grandezza ci permette di concludere che la potenza ricevuta dal sole, P_S , è di gran lunga la maggiore fonte termica che riguarda il pianeta; inoltre, in virtù dei molti ordini di grandezza con cui supera le altre fonti (come confrontare un millimetro con dieci metri), dobbiamo concludere che è l'unica che possa influire in modo diretto ed assai sensibile, anche con minime variazioni percentuali, sulla temperatura della terra.

Anche l'unica fonte energetica terrestre endogena, cioè non risalente al sole, è costituita dal decadimento dei materiali radioattivi (che, se provocato all'improvviso, vien tecnicamente chiamato bomba atomica...) ha una propria influenza ma praticamente impossibile da quantificare.

5 CONCLUSIONI

1. La demonizzazione della CO_2 è una "strana" operazione che, dal punto di vista scientifico, è priva di giustificazione. Può essere spiegata in termini politici ed economici (allarmismo e mercato del Carbonio): chi è del mestiere potrebbe investigare questi aspetti.
2. Se ci sarà un qualche guizzo nell'andamento delle temperature, non può che essere in diminuzione (temperatura garantita dal sole $6 \text{ }^\circ\text{C}$), a meno che il sole stesso non incrementi la propria potenza emessa di qualche unità percentuale. Ipotesi scartata dagli addetti ai lavori.



Buona notizia per i fabbricanti di maglioni di lana, di coperte, d'imbottite et similia.

In più non si deve dimenticare che fenomeni naturali di tipo più o meno catastrofico come eruzioni vulcaniche della serie Krakatoa, terremoti e tsunami potrebbero arricchire l'atmosfera, *in tempi rapidissimi*, di pulviscolo (le ceneri disperse in atmosfera costituiscono centri di cristallizzazione e di condensazione che favoriscono le precipitazioni di neve e pioggia, oltre alla diminuzione di temperatura) e gas serra (metano e CO_2) capaci di schermare l'energia solare incidente sulla terra con le ovvie conseguenze... glaciali.

Cattiva notizia per tutti!...

3. La posizione della terra nel cosmo è assolutamente speciale perché, come abbiamo visto, essa consente la regolazione della temperatura in modo da mantenere quel *valore critico* che permette la realizzazione di reazioni chimiche e processi biologici necessari alla vita.

Ad uso degli atei: se applicassimo la statistica di Boltzmann (come abbiamo fatto in un precedente saggio intitolato "Termodinamica & Vita") per determinare il numero di combinazioni possibili, C , di mattoni elementari, in numero n , per dar luogo a configurazioni qualsivoglia in m posizioni, e lo applicassimo alla terra, dovremmo calcolare

$$C = m^n ,$$

che è un numero così grande da ridurre praticamente a zero la probabilità che le condizioni fisiche, specialissime, di cui gode la terra siano casuali (anziché progettuali).

L'esistenza di un **Progettista** (ed anche piuttosto in gamba...), è richiesta, anche, dal fatto che la sintropia (o entropia negativa) prodotta dalla natura vivente richiede l'esistenza di *informazioni* di cui il "caso" (nell'accezione comune) non dispone⁷ e che sono ottenibili interpretando la soluzione dei potenziali anticipati dell'equazione delle onde di D'Alembert⁸, soluzioni sempre scartate prima di Fantappiè e che aprono nuovi scenari al pensiero scientifico.

4. L'IPCC (premio Nobel per la pace 2007!) ha presentato le proprie scuse all'India per avere asserito che i ghiacciai dell'Himalaya si scioglieranno entro il 2035, contro ogni evidenza sperimentale: era inevitabile che gli indiani, diciamo così, si contrariassero...

⁷ La teoria dell'informazione gioca un ruolo essenziale nella produzione di sintropia; essa è la base del Principio Antropico" così enunciato da Carter: "Cogito, ergo mundus est".

⁸ I compianti fratelli (gemelli) Arcidiacono (l'uno Fisico e l'altro Chimico), allievi del grande matematico italiano Fantappiè, hanno raccolto i loro pensieri in "Sintropia, entropia, informazione" per i tipi della De Renzo Editore.



5. Nell'ultimo, famigerato, summit sul clima (Copenaghen, dicembre 2009) sono stati decisi finanziamenti per oltre 100 miliardi di dollari a titolo di "fondi compensativi" per il Terzo Mondo (tutti paesi amanti del verde: quello dei dollari!). Ma quanti milioni di alberi si potrebbero mettere a dimora con tale cifra, con grande vantaggio per il rimboschimento e la dissociazione della CO_2 , contrastando così la deforestazione selvaggia?
6. L'assurdità del Pensiero Unico che criminalizza la CO_2 (definita pure inquinante!) giunge al punto di far reclamizzare le automobili "che producono poca CO_2 ", come se la combustione degli idrocarburi fosse tecnicamente manipolabile e non seguisse ferree leggi stechiometriche!
7. La criminalizzazione della CO_2 non è l'unico pensiero del Pensiero Unico: siamo subissati anche dall'imperativo "non consumare acqua" come se l'acqua potesse evaporare oltre la gravitazione terrestre! Il PU ci consiglia, pertanto, di non esagerare con la pulizia personale (doccia, bagno, WC etc.): esso ci vuole tutti con soave profumo di stalla... Ma l'acqua non è consumabile!...
Nel marasma di tante "scientifiche" disquisizioni non dovremo stupirci quando, a guisa di litania conseguente a 'sti pensieri, qualcuno proporrà di disidratare l'atmosfera per diminuire l'effetto serra: un grosso tubo, a mo' di scarico condensa, dalla terra alla luna...
Purtroppo si deve registrare che il PU (che è, sostanzialmente, un Pensiero Debole) ha per base un'ideologia priva di umiltà ed elegge a propri maestri solo i tuttologi (tronfi di superbi pensieri) e coloro che suonano musiche stonate ma gradite ai propri orecchi.
8. Quanta pace e quanta poesia dona la lettura di chi, dotato di una specie di naturale e primordiale Scienza Infusa, scriveva "...l'hai creata non come orrida regione, ma l'hai plasmata affinché fosse abitata" (Isaia, Cap. 45)!