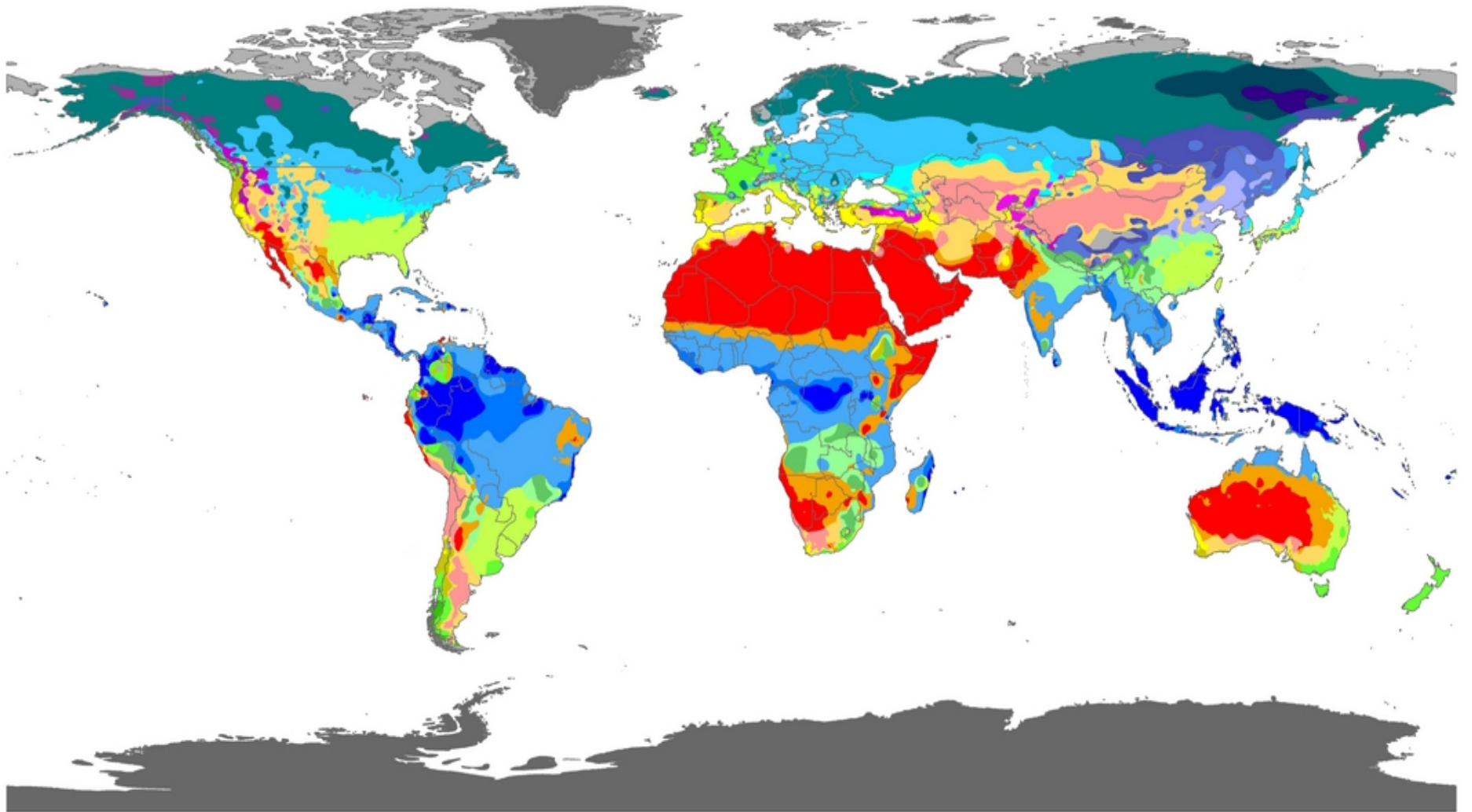




TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA





TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- L'atmosfera è composta da azoto (78%) ed ossigeno (21%) con il residuo 1% suddiviso tra gas rari (Argon, Xenon, ecc), anidride carbonica (CO₂), idrogeno, metano, vapore acqueo, ecc.
- I gas atmosferici sono presenti anche in tutte le acque del pianeta, e nel terreno.
- La presenza degli oceani determina un rapporto di equilibrio tra la quantità dei singoli gas disciolti nelle loro acque e la quantità presente in atmosfera. Questo rapporto dipende dalla temperatura dell'acqua e dell'aria, e dalla pressione parziale dei singoli gas nell'aria, proporzionale alla loro concentrazione.
- Il vapore acqueo è il solo gas in grado di passare dallo stato solido (ghiaccio) a quello liquido ed a quello di vapore nell'arco delle temperature ambientali terrestri (da zero °C a +100°C). Tutti gli altri gas restano tali, ad eccezione della CO₂, che può passare allo stato solido (non liquido) a temperature molto basse, sotto lo zero centigrado.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- La principale sorgente di energia per la terra è rappresentata dalla radiazione solare, sotto forma di onde elettromagnetiche.
- La radiazione solare copre tutto lo spettro elettromagnetico, dai raggi γ ai raggi x , attraverso l'ultravioletto (uv), il visibile e l'infrarosso, fino alle micro onde e radio onde.
- La radiazione solare viene in parte assorbita, in parte deviata (scattering) ed in parte riflessa dai vari gas che compongono l'atmosfera, e dalle nubi di vapore d'acqua in particolare.
- La parte che raggiunge la superficie terrestre viene quasi completamente assorbita da oceani, litosfera, criosfera e biosfera e solo in minima parte riflessa.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- L'equilibrio termodinamico della Terra implica che tutta l'energia solare assorbita sia bilanciata da un'uguale quantità di energia emessa verso lo spazio dalla superficie terrestre e dall'atmosfera, sotto forma di radiazione.
- Qualsiasi corpo a temperatura superiore allo zero assoluto emette energia sotto forma di radiazione, distribuita su un ampio range di lunghezze d'onda (λ) dello spettro elettromagnetico; più alta sarà la temperatura, maggiore sarà la quantità di energia emessa e minore la lunghezza d'onda corrispondente al picco di emissione.
- Il sole ha una temperatura superficiale superiore a 6000 °K (273°K = 0°C) e la radiazione solare raggiunge il massimo di emissione nella banda del visibile ($\lambda \sim 0.5 \mu\text{m}$), mentre la radiazione terrestre ha il suo picco nell'infrarosso (IR, $\lambda \sim 10 \mu\text{m}$).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- La maggior parte dell'energia solare di interesse per il sistema climatico si trova tra 0.1 e 2.0 μm , ovvero è compresa nell'uv, vis e vicino IR, mentre la maggior parte dell'energia uscente dalla Terra verso lo spazio si trova tra i 4.0 e i 60 μm , ovvero interamente nell'IR.
- Poiché il sole è molto lontano, può essere considerato come una sorgente puntiforme con una radiazione che raggiunge la Terra come parallela e unidirezionale. In Fisica questo ci permette di assimilare il sole ad un “CORPO NERO”, una astrazione fisica che descrive un corpo capace di emettere energia secondo una funzione crescente della sua sola temperatura, e capace di assorbire TUTTA la radiazione incidente.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Secondo la legge di Stefan-Boltzmann, l'energia per unità di tempo e di area emessa da un corpo nero è proporzionale alla **quarta potenza della temperatura**.

Significa che a bassa temperatura l'energia radiante è modesta, mentre ad alte temperature è esponenzialmente sempre più elevata.

Significa che la massa solare, con una temperatura di 6000°K , irradia una enorme quantità di energia verso la terra, mentre la terra, con soli 255°K in alta troposfera (-18°C), irradia verso lo spazio infinitamente di meno.

Gli studi dei climatologi si basano su modelli matematici fondati essenzialmente sul bilancio energetico radiante del pianeta, sorvolando o quasi su altri effetti termici determinati dalle correnti atmosferiche e dagli oceani.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- Il sole trasferisce sulla terra energia radiante pari a 1367 watt/m^2 . Una parte viene assorbita dall'atmosfera, una parte viene riflessa verso lo spazio ed una parte arriva a livello del suolo. La percentuale di energia riflessa viene chiamata Albedo.
- Secondo gli studi, a causa della rotazione della terra e della riflessione da albedo solo una parte della radiazione solare viene assorbita; ai limiti dell'atmosfera è di $1367/4 = 342 \text{ W/m}^2$; l'albedo planetario medio è del 30%, quindi solo il 70% della radiazione viene assorbita, equivalente a 240 W/m^2 . I restanti 102 W/m^2 ritornano verso lo spazio.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Noi tuttavia non sappiamo quanti di questi 240 W/m^2 vengano assorbiti dai gas atmosferici e quanto dai mari e dalle terre emerse.

Facendo alcuni calcoli con la legge di Stefan-Boltzmann si ricava che, assimilando la terra ad un "corpo nero", la temperatura della terra, in base all'energia solare riflessa verso lo spazio, ed assumendo pari a zero i contributi termici provenienti dall'interno del pianeta o da fonti antropiche, sarebbe di $255 \text{ }^\circ\text{K}$, pari a -18°C . Questo in assenza dell'effetto serra determinato dalla presenza dell'atmosfera. La temperatura media della terra è invece stimata in circa $288 \text{ }^\circ\text{K}$ ($+15^\circ\text{C}$).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- Quindi, la temperatura della superficie terrestre non rispecchia quella di un corpo nero in equilibrio con la radiazione solare incidente. La temperatura di emissione così ottenuta (-18°C) è superiore a quella della tropopausa, che è attorno ai -55°C , collocata tra gli 8000 ed i 17000 m di quota (12000 in media), limite oltre il quale non c'è più apprezzabile assorbimento di radiazione IR.
- Il sistema terra così immaginato, in assenza di atmosfera e di altre fonti di calore non di origine solare, è approssimabile al corpo nero in termini di emissione, in equilibrio con la radiazione solare incidente.
- **Questo “modello” del pianeta, tuttavia, NON è reale.**



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

L'EFFETTO SERRA

E' descritto da un modello secondo cui l'atmosfera è vista come un insieme omogeneo (ciò che NON è), assimilato ad un corpo nero nei confronti della radiazione emessa dal suolo verso atmosfera e spazio, a bassa frequenza IR (quindi con assorbimento totale della radiazione) mentre è considerata trasparente nei confronti della radiazione solare ad alta frequenza proveniente dal sole.

Ma questo non corrisponde alla realtà.

E vero che l'atmosfera è abbastanza trasparente alla luce solare, che infatti ci raggiunge al suolo, ma quando il sole è all'orizzonte, attraversando migliaia di km di atmosfera in orizzontale, l'assorbimento di luce diventa evidente, ed il cielo cambia colore, arrossandosi.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Il modello dei climatologi presume che una tale atmosfera, assunta come corpo nero, irradia calore verso terra (in funzione della sua temperatura, che tuttavia a quote ancora antropiche, come i 3000 m, è già piuttosto bassa) e trascura interamente il fatto che possa irradiare verso lo spazio, perché il modello ha un comportamento asimmetrico: si comporta come corpo nero in direzione del suolo, ma non verso lo spazio.

Questo nel modello grezzo, ma anche immaginando che questo anomalo corpo nero irradia anche verso lo spazio, in una qualche misura, resta il fatto che **stiamo prendendo in considerazione soltanto gli scambi termici per via elettromagnetica IR, trascurando gli scambi materiali per conduzione e convezione (moti dell'aria) .**



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Siamo di fronte ad un'astrazione priva di senso fisico, e tuttavia l'effetto serra modificato da effetti antropici a cui si rifanno le teorie di IPCC si basano su questa modellistica climatica, che ignora, sin qui, integralmente, i fenomeni di scambio termico per conduzione e convezione tra atmosfera e superficie terrestre, assegnando un ruolo determinante al calore irradiato per via elettromagnetica IR, dimenticando che l'emissività a bassa temperatura è irrisoria. Sarebbe come immaginare che ci “scaldiamo” col ghiaccio, perché si trova a ben $273\text{ }^{\circ}\text{K}$ di temperatura sopra lo zero assoluto !



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- Gli studi ci offrono una rappresentazione sintetica di questo scenario, con 342 W/m^2 di energia solare incidente, di cui il 70% assorbito dal suolo e dai mari per il 50% e dai gas atmosferici per il 20%, con il 30% riflesso verso lo spazio dal suolo, dalle nuvole e dai gas atmosferici in genere.
- A destra, nella rappresentazione grafica che segue, viene invece rappresentato il calore restituito dal suolo sotto forma IR, come se TUTTO il calore ricevuto dal suolo dovesse, necessariamente, essere re-irradiato verso lo spazio, incontrando tuttavia la barriera atmosferica.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

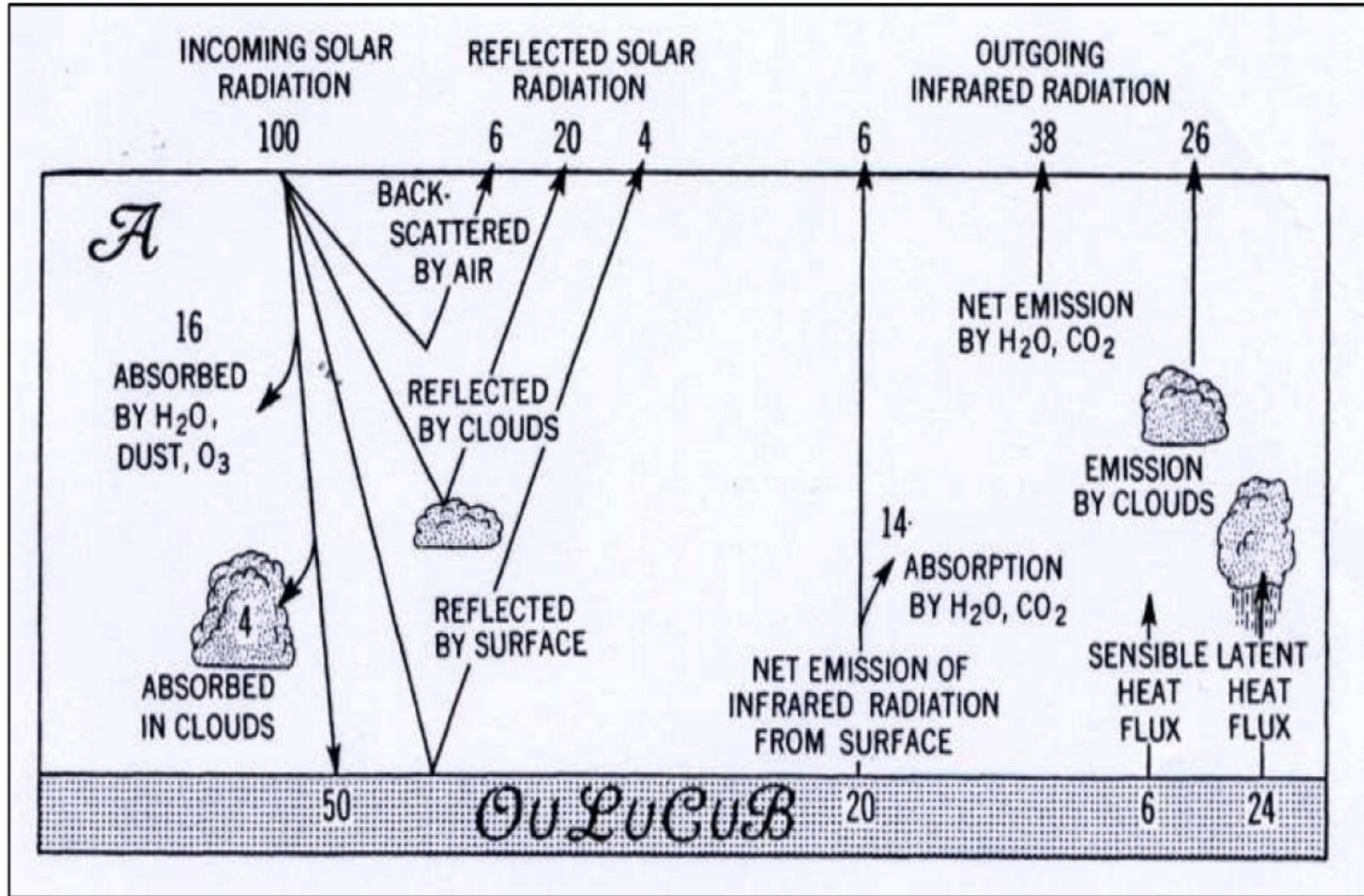


Figura 8: Bilancio radiativo globale per la radiazione incidente ed emessa. Il valore 100 corrisponde ad un valore medio di $342 W/m^2 = S_0/4$.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Questo modello vuole dimostrare su cosa sia fondato l'equilibrio termico del pianeta che, per non riscaldarsi o raffreddarsi, deve cedere tutta l'energia che riceve, ma ignora un'infinità di cose.

1. Tiene conto dei moti convettivi dell'aria come restituzione di calore verso l'alto (circa il 30% in quel 50% ricevuto), ma li ignora totalmente nei confronti della radiazione diretta verso terra; una asimmetria anche per quanto attiene ai moti convettivi dell'aria.

2. Ignora il fatto che il pianeta produce anche calore di suo (attività vulcanica, anche sotterranea e sottomarina, non soltanto eruttiva) a cui possiamo aggiungere il calore di produzione antropica, ma anche quello determinato dagli stessi fenomeni atmosferici e marini, che muovono masse enormi, quindi con enormi energie meccaniche in gioco, quindi anche termiche alla fine dei processi. Mari e terre emerse, possano assorbire calore senza restituirlo, e senza alterare sensibilmente l'equilibrio termico del pianeta se non su una scala di tempo millenaria.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

BILANCIO ENERGETICO AI LIMITI DELL'ATMOSFERA

La quantità di energia assorbita ed emessa dalla terra dipende da posizione geografica, stagione, condizioni atmosferiche e superficiali e distribuzione dell'insolazione. Il bilancio energetico ai limiti dell'atmosfera è puramente radiativo e può essere accuratamente ricavato attraverso misure da satellite. Il satellite vede il sistema terra-atmosfera ed è quindi in grado di valutare la radiazione IR uscente e l'albedo planetario, quest'ultimo attraverso la misura della radiazione solare riflessa da una certa regione del sistema.

Considerando l'intero sistema (terra-atmosfera) per un periodo di alcuni anni si può certamente affermare che esso sia in equilibrio radiativo, ovvero tanta energia sotto forma di radiazione ad onda corta entra, tanta energia sotto forma di radiazione ad onda lunga lascia il sistema. Se così non fosse assisteremmo ad un progressivo raffreddamento o riscaldamento della terra.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Vediamo ora in dettaglio le varie componenti del bilancio energetico per periodi di tempo più brevi, dell'ordine dell'anno o delle stagioni, per verificare se su questi range temporali il sistema Terra sia ancora in equilibrio radiativo.

ALBEDO

L'albedo risulta massimo nelle regioni polari dove sono abbondanti sia la copertura nevosa che di nubi e dove l'angolo zenitale è grande. Massimi secondari sono visibili anche nelle regioni tropicali e sub-tropicali dove prevalgono nubi convettive spesse oppure sulle aree desertiche.

I minimi di albedo si registrano invece sulle aree oceaniche tropicali, dove sono presenti poche nubi. La superficie oceanica ha un albedo piuttosto basso; ne consegue che in assenza di nubi (o ghiaccio marino) l'oceano mostra un albedo planetario dell'ordine del 10%.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- **RADIAZIONE SOLARE ASSORBITA ED IR EMESSA**

La radiazione solare assorbita dipende dall'albedo, che determina la quantità di radiazione solare riflessa dal sistema Terra verso lo spazio e non entra nel bilancio termico. Se l'albedo fosse costante, la variazione annuale della radiazione solare in ingresso avrebbe un andamento regolare, dipendendo solo da fattori geometrici ed astronomici della posizione relativa terra-sole. Ad un albedo medio di 0.3 corrisponde una radiazione in ingresso, come visto in precedenza, di circa 240 W/m².

In realtà l'andamento dell'albedo globale mostra molte asimmetrie stagionali. Durante gli equinozi la radiazione giunge perpendicolare nelle zone attorno all'equatore dove l'albedo degli oceani tropicali è molto basso. Durante i solstizi sono i poli a essere maggiormente illuminati, ma le aree polari riflettono molto la radiazione solare.

Abbiamo inoltre asimmetria nella risposta dei due emisferi, dovuta alla grande variazione stagionale della copertura nevosa a nord in confronto a quella che si registra nell'emisfero sud.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

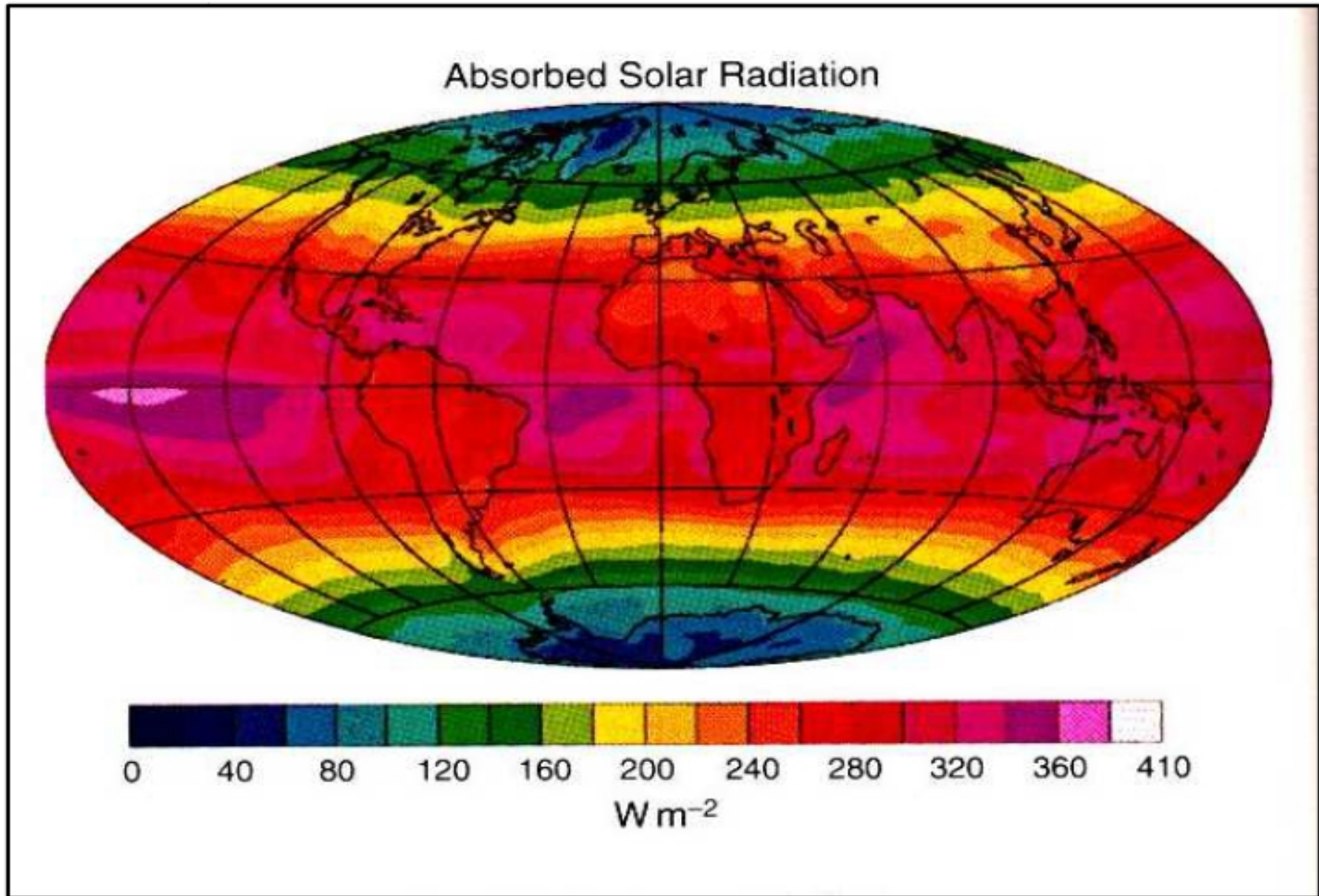
L'atmosfera dell'emisfero nord è soggetta ad una maggiore escursione termica stagionale rispetto a quella dell'emisfero sud poiché nell'emisfero nord sono presenti la maggior parte dei continenti che hanno una inerzia termica ben più bassa degli oceani. Il ciclo annuale è quindi dominato dalla stagionalità dell'emisfero nord. In inverno la temperatura è più fredda e quindi si riduce l'emissione IR uscente e di conseguenza si registrano un'anomalia positiva della radiazione IR (ne viene emessa di meno rispetto alla media annuale) ed un aumento del flusso netto.

In estate la temperatura è più alta ed aumenta l'emissione IR, determinando un'anomalia negativa, ovvero una perdita verso lo spazio. Possiamo quindi concludere che il sistema terra, pur essendo in condizioni di equilibrio per lunghe scale temporali, non lo è certamente a scala annuale ed i cicli stagionali determinano la redistribuzione dell'energia all'interno del sistema atmosferico.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

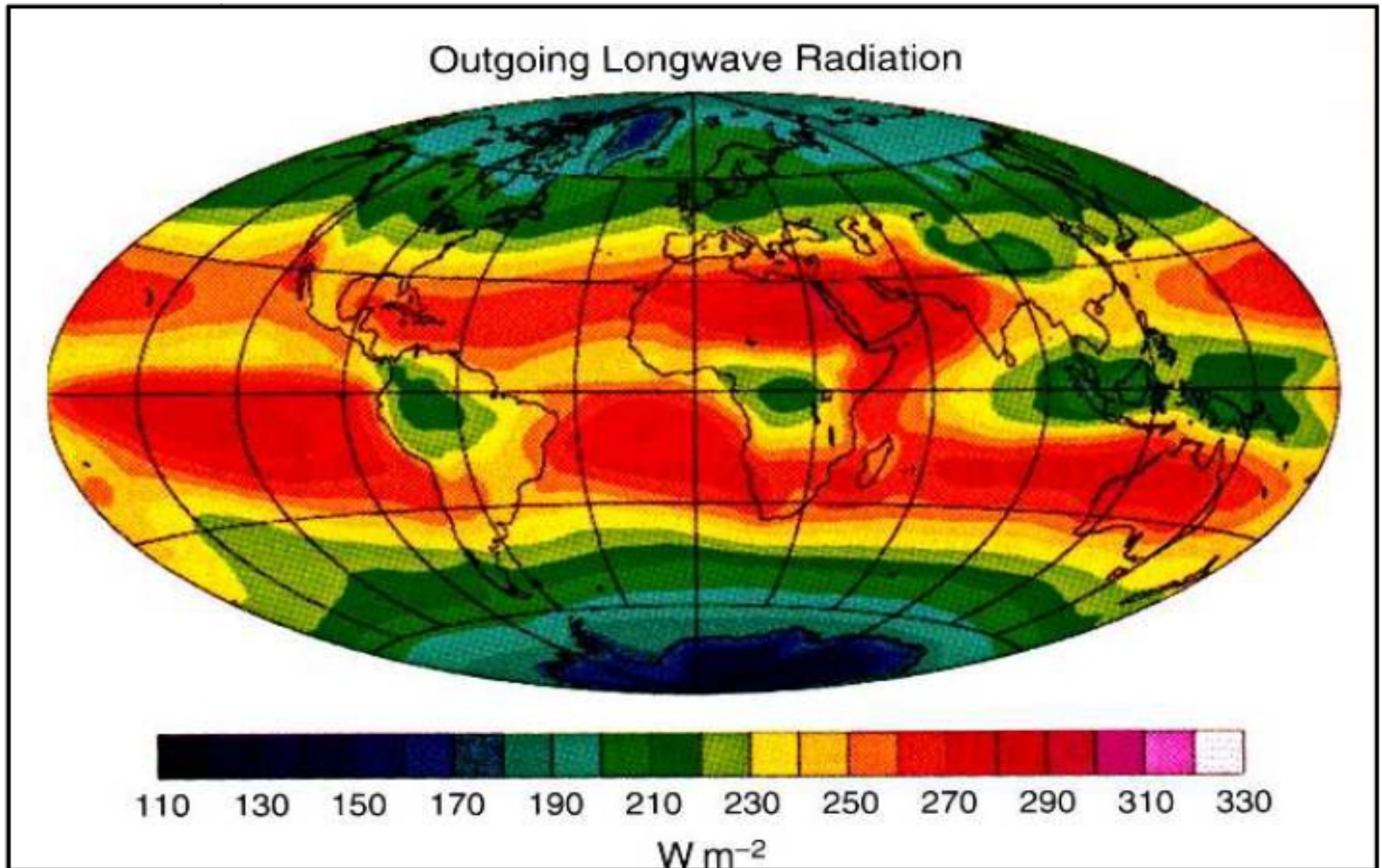
- **Distribuzione della radiazione solare annua media assorbita.**





TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

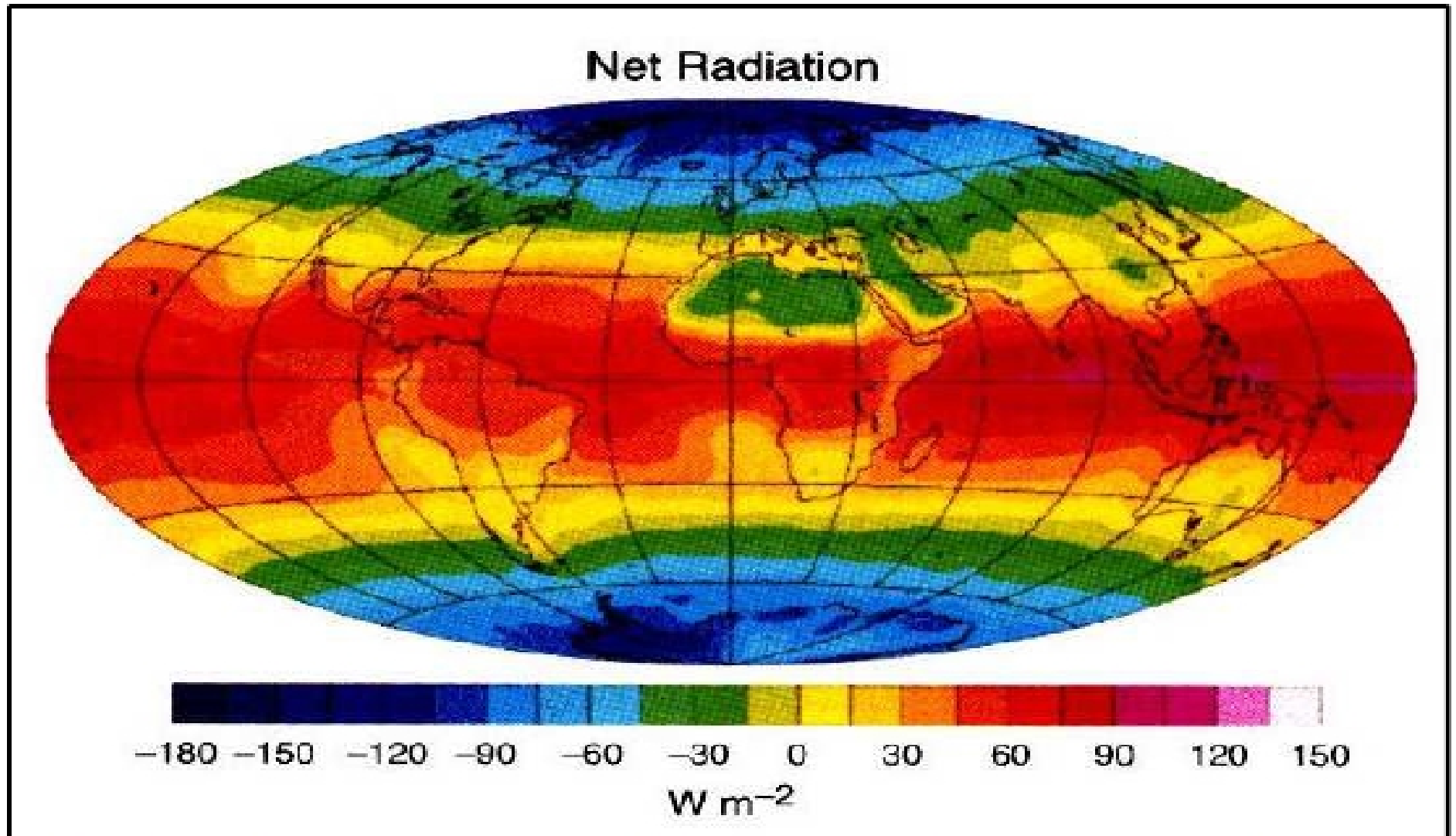
- **Distribuzione della radiazione IR annuale media emessa**





TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Distribuzione della radiazione netta, differenza fra la radiazione solare entrante e la radiazione terrestre uscente.





TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

La radiazione solare in ingresso è **fortemente correlata con l'andamento dell'albedo**. Alti valori (superiori a 300 W/m^2) si registrano nelle zone tropicali dove il sole a mezzogiorno è perpendicolare alla superficie durante l'intero anno. I massimi (superiori a 360 W/m^2) si osservano nelle aree comprese tra i tropici dove si sommano gli effetti dovuti al piccolo angolo zenitale, ai bassi valori di albedo degli oceani e all'assenza di copertura nuvolosa. Si osserva un brusco calo verso i poli a causa della totale mancanza d'insolazione nei mesi invernali, del grande angolo zenitale e della presenza di estesa copertura nuvolosa e di ghiacci, caratterizzati da alti valori di albedo. Ne risulta un gradiente equatore-polo piuttosto netto.

La radiazione IR uscente, misurata dai satelliti ai limiti dell'atmosfera, mostra dei massimi (circa 270 W/m^2) sopra i deserti caldi, gli oceani tropicali e le aree solitamente libere da nubi. Poiché la radiazione ad onda lunga emessa è modulata dalla temperatura del corpo emettitore, si avranno valori minimi ai poli (160 W/m^2 circa) e laddove sono presenti nubi, specie se con sommità elevata (nubi convettive ad esempio).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Al contrario, i deserti e le zone secche equatoriali sopra al Pacifico tropicale mostrano alta emissione, in quanto il basso contenuto di umidità dell'atmosfera non permette lo sviluppo di nubi, facilitando quindi la dispersione della radiazione IR emessa in abbondanza dalla superficie calda. I valori più alti si osservano sugli oceani sub-tropicali, a causa della forte insolazione estiva, associata a bassi valori di albedo, mentre una perdita energetica si ha alle alte latitudini soprattutto a causa della forte dispersione nei bui mesi invernali non bilanciata dalla radiazione solare.

La zona desertica del Sahara, nonostante la bassa latitudine, mostra una perdita energetica radiativa perché il deserto ha un albedo alto e l'aria secca favorisce la fuga dell'abbondante radiazione IR emessa. Mediate attorno ad un medesimo circolo di latitudine, le componenti del bilancio radiativo descritte mostrano l'influenza del forte gradiente latitudinale dell'insolazione. La diminuzione della radiazione solare assorbita andando verso i poli è molto rapida, a causa del rapido aumento di albedo, copertura nuvolosa, angolo zenitale, ghiaccio e neve legata all'aumento di latitudine. Al contrario, la radiazione IR emessa presenta un gradiente meno intenso dovuto al fatto che il calore viene trasportato verso i poli dalle correnti atmosferiche ed oceaniche, sopperendo in parte alle perdite energetiche.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Tutte queste osservazioni sono state effettuate tramite i satelliti orbitanti nell'alta stratosfera, i quali "vedono" la terra come un corpo radiante, e quindi misurano l'effetto di radiazione termica del sistema complessivo terra + atmosfera, a prescindere da quello che accade all'interno del sistema, partendo dal centro della terra sino ai limiti dell'atmosfera.

L'analisi svolta con questi strumenti, inoltre, non è in grado di valutare appieno i fenomeni di trasporto ed accumulo energetico di tipo non radiante ma per conduzione e convezione.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

TRASFERIMENTO RADIATIVO IN ATMOSFERA

Dopo aver osservato la terra dall'esterno, valutando il bilancio energetico ai limiti dell'atmosfera, come se fossimo su un satellite, vediamo cosa succede al suo interno. L'interazione della radiazione solare con l'atmosfera e la superficie terrestre e marina determina la quantità di energia assorbita e la sua distribuzione tra i vari strati dell'atmosfera e la superficie. Poiché l'atmosfera è relativamente trasparente alla radiazione solare, circa la metà della radiazione ad onda corta incidente è assorbita dalla superficie degli oceani e dalla terra, come visto in precedenza. Per raggiungere il bilanciamento energetico, il calore fornito dall'assorbimento della radiazione solare deve essere restituito allo spazio attraverso le emissioni dalla terra. In questo processo sono importanti la trasmissione di radiazione termica IR attraverso l'atmosfera ed il trasporto verticale di calore da parte dei moti atmosferici. Le proprietà di trasmissione dell'atmosfera sono determinate dalla sua composizione gassosa e dalla presenza e caratteristiche delle nubi.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

E' importante notare che il colore del cielo sereno è azzurro, non rosso o rosato.

Questo colore è determinato dalla luce che l'atmosfera riflette verso il basso ; in assenza di atmosfera il cielo sarebbe nero; il sole lo vedremmo egualmente, e scalderebbe il pianeta, ma lo sguardo verso il cielo ci restituirebbe un disco solare brillante in un cielo nero. Il colore azzurro significa che l'atmosfera riflette, mediamente, una maggiore quantità di energia luminosa alle frequenze elevate, piuttosto che non nella regione del rosso ed infrarosso, e questo significa che l'atmosfera è più trasparente ai raggi infrarossi emessi dalla terra, che non alle frequenze luminose più elevate riflesse dall'albedo. Se fosse il contrario, il cielo sarebbe rosso o rosato.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Le osservazioni dei satelliti si concentrano invece nella regione dell'infrarosso, mappando la perdita di calore del pianeta in quella regione di frequenza, ma dimenticando la perdita di energia alle frequenze più elevate, energia che non viene interamente riflessa dalla terra verso lo spazio ma ancora riverberata dall'atmosfera verso terra, con un percorso su e giù, tipo sala degli specchi, e conseguente dissipazione nelle molecole atmosferiche.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- Le tesi di quanti sostengono che i mutamenti climatici siano di origine antropica sono fondate sull'affermazione secondo cui la composizione dell'atmosfera sarebbe tale da permettere un efficiente processo di assorbimento ed emissione di radiazione IR.
- Questo fatto, assieme alla relativa trasparenza alla radiazione solare, farebbe sì che la superficie terrestre sia più calda di quanto non sarebbe se non ci fosse l'atmosfera (effetto serra).
- Secondo questi studi l'assorbimento della radiazione IR in atmosfera avverrebbe da parte di molecole che costituiscono solo una piccola frazione della massa dell'atmosfera stessa.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- La dipendenza del clima da questi elementi minoritari renderebbe il sistema climatico molto sensibile a cambiamenti nella composizione dell'atmosfera, siano essi naturali o di origine antropica. Anche piccole variazioni nella composizione influenzerebbero il flusso di energia producendo grossi cambiamenti climatici.
- Questo è vero in parte, nel senso che alcune molecole assorbono più radiazione elettromagnetica a frequenze basse, in zona IR, rispetto ad altre frequenze, ma questo non significa che altri gas, più "trasparenti" alle frequenze IR, non assorbano energia elettromagnetica, perché l'energia è tale a tutte le frequenze, non solo a frequenza IR, e l'energia ad alta frequenza, se assorbita da una molecola, si traduce in eccitazione degli atomi della molecola, quindi in temperatura, quindi in radiazione IR emessa.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

ASSORBIMENTO SELETTIVO ED EMISSIONE DA PARTE DEI GAS ATMOSFERICI

Gli studi sul bilancio energetico della Terra ci dicono che la temperatura di emissione è di 255 °K, molto inferiore alla temperatura media globale superficiale di circa 288 °K. L'atmosfera è "relativamente" trasparente alla radiazione solare, mentre è quasi opaca per la radiazione terrestre, così affermano vari studi, tuttavia, se fosse interamente trasparente, come detto in precedenza, il cielo sereno sarebbe nero, non azzurro o blu, ed il fatto che non sia rosso significa, sì, che le radiazioni a bassa frequenza (IR) non vengono riflesse verso terra in maniera significativa, ma non significa che vengano soltanto assorbite e che non attraversino, anche, l'atmosfera, disperdendosi verso lo spazio. Per comprendere le ragioni di questo processo, noto come effetto serra, dobbiamo capire le proprietà di interazione fra la radiazione e la materia.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Senza entrare in dettagli di meccanica quantistica, limitiamoci a dire che ogni atomo può assorbire energia elettromagnetica soltanto secondo livelli di energia “discreti”, non qualsiasi: questo fa sì che ogni specifico atomo possa assorbire facilmente alcune frequenze, ed essere trasparente ad altre.

La CO₂ presenta una banda di assorbimento molto forte attorno ai 15 μm , in prossimità del picco di emissione della radiazione terrestre. Il vapore acqueo ha un’importante banda di assorbimento attorno ai 6.3 μm ed una fitta sequenza di bande che assorbono la radiazione terrestre con lunghezza d’onda superiore ai 12 μm . In mezzo a queste due frequenze il vapore acqueo assorbe molto debolmente e quindi la regione di lunghezze d’onda comprese circa tra gli 8 e i 12 μm è detta finestra del vapore acqueo, in quanto solo la radiazione terrestre con questo range di frequenze può attraversare liberamente l’atmosfera.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

LA RADIAZIONE DI “CORPO FREDDO”

Torniamo alla nostra CO₂ : la radiazione IR emessa a +20°C da un "corpo nero" ha una lunghezza d'onda di circa 10 micron. Una riga di assorbimento IR della CO₂ nel campo di temperatura più vicino a quello terrestre è di circa 15 micron.

Secondo la legge di Wien questa lunghezza d'onda corrisponde a una **temperatura di emissione di -80°C (193°K) !!!**

Per calcolare la lunghezza d'onda a cui un oggetto assimilabile ad un "corpo nero" , a certe condizioni, emette la massima radiazione, ad una data temperatura assoluta (°K) si divide 2898 (una costante) per quella temperatura. Così un corpo nero a +20°C (=293 °K) emette la massima energia IR alla frequenza di $2898 / 293 = 9,9$ micron. Viceversa, data la lunghezza d'onda di interesse (riga di massimo assorbimento/emissione IR di un corpo) si divide 2898 per la lunghezza d'onda in micron e si sottrae 273 per avere un risultato espresso in °C.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Ora è lecito chiedersi : cos'ha di così speciale la CO₂ rispetto agli altri gas atmosferici per essere considerata un GAS SERRA così determinante ai fini della conservazione in troposfera del calore antropico in eccesso su quello naturale, ma anche di quello naturale da irraggiamento solare ?

La CO₂ ha un picco di assorbimento a -80°C, una temperatura che NON esiste sulla terra, neppure ai poli.

L'altro picco di assorbimento è a temperature di qualche centinaio di °C, anche queste fuori contesto.

E' presente in atmosfera in “tracce” (max. 0,04% ad oggi).

Quindi non ha le caratteristiche necessarie ad esser eun gas serra importante, né sotto il profilo qualitativo né sotto quello quantitativo. E allora ???



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Nel mezzo di questa finestra (tra 8 e 12 μm) si posiziona la banda di assorbimento dell'ozono (9.6 μm). Alcune significative bande di assorbimento sono presenti anche per frequenze che cadono nel vicino IR (NIR), tra 1 e 4 μm , dovute principalmente al vapore acqueo e all'anidride carbonica.

La radiazione visibile, con lunghezza d'onda compresa tra 0.3 e 0.8 μm , è largamente indenne all'assorbimento da parte dei gas atmosferici, e di conseguenza l'atmosfera risulta trasparente per queste lunghezze d'onda, ma non completamente : anche sotto un cielo plumbeo per le nuvole non ci troviamo AL BUIO !

Poiché la maggior parte dell'energia solare è contenuta entro queste frequenze di radiazione visibile, questa caratteristica risulta assai importante in quanto permette un'efficace penetrazione della radiazione solare verso la superficie della terra, dove fornisce calore e luce.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- La maggior parte dell'atmosfera è composta da Azoto (N_2 , 78%) e Ossigeno (O_2 , 21%), molecole che presentano poco assorbimento di radiazione alle basse energie (IR ecc), tipiche della radiazione terrestre. Quindi sono le altre molecole, presenti in minore concentrazione (CO_2 , H_2O , O_3) ad assorbire la radiazione IR in maniera più efficiente.
- La radiazione visibile è troppo energetica per essere assorbita dai gas atmosferici.
- Su tali basi è stata sviluppata una teoria, ormai diventata TEOREMA, secondo cui l'effetto serra dell'atmosfera sarebbe determinato in prevalenza da questi gas, presenti in tracce, in atmosfera, (meno dell'1% in totale) rispetto ai due gas principali.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

- All'interno di questa teoria si formula l'ipotesi che i gas atmosferici degli strati più bassi si comportino come barriere opache nei confronti della radiazione riflessa dal suolo, o dagli stessi strati atmosferici, assimilati ad un corpo nero che assorbe ed emette radiazione alla temperatura a cui si trova.
- Si tratta di un modello che, in chiave di scambi termici puramente radiativi, volendo acantonare i fenomeni di conduzione e convezione, sta anche in piedi.
- Si tratta però di un modello STATICO, in cui l'atmosfera è immobile e gli scambi termici sono puramente radiativi. In un tale modello non trovano posto le tempeste, gli uragani, o anche semplicemente il vento.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Si tratta di un modello molto lontano dalla realtà fisica, perché nella troposfera gli scambi termici sono determinati soprattutto dalle perturbazioni, cioè da venti e correnti d'aria orizzontali e verticali, che trasportano a distanza aria calda o fredda, secondo i casi. Queste correnti d'aria lambiscono gli oceani e le terre emerse, asportando o apportando calore per conduzione, non su base radiante, ed il calore assorbito dagli oceani e dalle terre emerse non si può descrivere nei termini delle equazioni adottate per i modelli semplificati di atmosfera adottati dai climatologi. Secondo la teoria dell'effetto serra conta invece soltanto l'atmosfera che assorbe ed emette radiazione IR: infatti, al contributo di radiazione solare che giunge alla superficie si aggiunge quello della radiazione ad onda lunga emessa verso il basso dall'atmosfera.

Questo permetterebbe alla temperatura superficiale di crescere significativamente al di sopra del valore che avrebbe in assenza di atmosfera (effetto serra).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

I modelli energetici sono rigorosi, ma ignorano gli aspetti quantitativi. La radiazione IR emessa dall'atmosfera verso terra è poco energetica, perché la quantità di energia emessa è tanto maggiore quanto maggiore è la temperatura, e quella dell'aria a quote sino ad un migliaio di metri slm non supera in genere i 25°C anche nella stagione estiva, temperatura alla quale l'emissività energetica è molto modesta. Questo per non parlare dell'energia che possono emettere le masse d'aria fredde nelle regioni più vicine ai due poli e senza contare che la quantità di energia trasmissibile dipende anche dalla massa gassosa che ha accumulato energia e la ritrasmette verso terra (0,04% di CO₂ !!!).

Un modello energetico planetario puramente termodinamico è scientificamente valido su scala interplanetaria, per un osservatore nello spazio, come i satelliti, ma non ha senso all'interno dei singoli corpi celesti, animati da fenomenologie fisico-chimiche complesse, che riguardano anche quanto accade sotto la superficie visibile, non soltanto nella loro atmosfera, per quelli che ne hanno una.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Secondo questi studi la temperatura superficiale di equilibrio radiativo per un modello a due strati atmosferici (centrati a 500 ed a 2000 m di quota) sarebbe di 335 K (62°C), che è molto maggiore della temperatura superficiale terrestre osservabile. Questo significa che un modello puramente radiativo non è una buona approssimazione per la temperatura della superficie, poiché trascura i flussi di calore latente e sensibile i quali sono in grado di rimuovere una significativa parte di calore dalla superficie.

Se l'atmosfera non assorbisse alcuna radiazione solare (approssimazione imposta da questo modello), allora il bilancio radiativo per un sottile strato posto al top dell'atmosfera si otterrebbe eguagliando il flusso di radiazione terrestre proveniente dal basso con la radiazione IR emessa dallo strato.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

L'ipotesi imposta è tuttavia irrealistica: buona parte dell'energia radiante trasmessa dal sole arriva al suolo (formazioni nuvolose permettendo) ma una parte non trascurabile di questa energia viene comunque assorbita dall'atmosfera, a tutte le frequenze incidenti, ed il colore azzurro, e non nero, dei cieli sereni ci dice che molta energia ad alta frequenza viene assorbita e riflessa, anche verso il basso, da cui il colore azzurro.

Col sole al tramonto, invece, possiamo osservare, anche con cieli sereni, colorazioni tendenti al rosso, all'orizzonte, determinati dall'assorbimento su un percorso atmosferico tangenziale della radiazione solare, molto più lungo di quello proveniente dallo zenit e diretto verticalmente al suolo.

Un cielo azzurro è una sorgente di luce riflessa molto energetica. Un cielo rosso all'orizzonte esprime una fonte di energia di gran lunga inferiore al livello dell'osservatore, perché la radiazione è stata largamente assorbita dal lungo percorso atmosferico.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

EQUILIBRIO RADIATIVO-CONVETTIVO

Per poter descrivere il trasferimento radiativo per l'intero globo ed i suoi effetti sul clima, gli studiosi hanno cercato di costruire modelli matematici che descrivano la trasmissione di energia nelle varie bande di interesse per il sistema atmosfera, modelli assai più sofisticati del semplice modello a due strati di cui si è parlato.

Le variabili che determinano i flussi radiativi in atmosfera includono la composizione gassosa dell'atmosfera stessa, le caratteristiche degli aerosol e delle nubi, l'albedo superficiale e l'insolazione. Poiché il trasporto orizzontale di energia da parte dei moti dell'atmosfera e dell'oceano influenza il clima locale, si è calcolato l'equilibrio radiativo per condizioni globali medie, in cui la temperatura e tutte le altre variabili dipendano solo dalla quota ed è appropriato utilizzare valori medi globali per l'insolazione e l'angolo zenitale.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

1) **H₂O**: il vapore acqueo è il gas più importante per il trasferimento della radiazione in atmosfera.

La sua distribuzione è fortemente variabile. Le sorgenti (evaporazione) ed i pozzi (condensazione) di vapore acqueo sono determinati dal clima stesso ed agiscono su tempi molto veloci rispetto ai tempi necessari ai moti atmosferici per mescolare l'aria secca ed umida assieme.

Il vapore acqueo presenta bande di assorbimento di radiazione a circa 6.3 μm ed un continuo di assorbimento per lunghezze d'onda superiori a 12 μm . Inoltre è il gas più efficiente nell'assorbimento di radiazione solare in atmosfera, volendo con questo significare che assorbe anche le altre frequenze e riflette principalmente quelle più elevate (nubi bianche o tendenti al blu, se di grande spessore, non di colorazione rossa, salvo effetti di riflessione composti nei tramonti e nelle albe).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

2) CO₂: la concentrazione atmosferica di CO₂ cresce dello 0.4% ogni anno (su un totale dello 0,04%) a causa principalmente della combustione di carbone e combustibili fossili. Si può considerare costante con la latitudine e l'altitudine, fino a 100 km di quota, poiché le variazioni di sorgenti ed assorbitori di CO₂ rispetto ai tempi di rimescolamento. La forte banda di assorbimento a 15 μm è molto importante per il trasferimento radiativo della radiazione ad onda lunga.

3) O₃: l'ozono si trova principalmente in stratosfera, ed occasionalmente anche nella bassa troposfera, con una concentrazione che dipende da temperatura ed insolazione. Ha una banda di assorbimento attorno ai 9.6 μm , importante per il trasferimento della radiazione ad onda lunga ed ha pure un continuo dovuto alla dissociazione, che assorbe la radiazione solare tra i 200 e i 300 nm (0.2 – 0.3 μm).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

L'assorbimento della radiazione solare da parte dell'ozono scalda la media atmosfera e determina l'aumento di temperatura con la quota in stratosfera. Le frequenze di assorbimento (elevate) attenuano gli effetti della radiazione UV che arriva al suolo, radiazione che, come noto, ustiona la pelle, se esposta a prolungata esposizione.

4) Aerosol: sono di vario tipo e influenzano la trasmissione della radiazione, sia solare che terrestre. Uno strato di origine solforica è presente attorno ai 25 km di quota. Sono soggetti ad un aumento di concentrazione da attività antropica, principalmente da combustione dei combustibili fossili.

5) Albedo: è fortemente variabile da zona a zona, funzione del tipo di suolo e della vegetazione. Sopra agli oceani è soprattutto funzione dell'angolo zenitale, ma dipende anche dallo stato del mare. Quando la superficie è coperta di neve, l'albedo risulta più alto.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

6) Nubi: la quantità così come il tipo di nubi sono fortemente variabili sul globo. Hanno effetti importanti sul trasferimento sia della radiazione ad onda corta che di quella ad onda lunga.

La distribuzione spazio-temporale e le proprietà ottiche delle nubi sono fondamentali per il clima. Per un calcolo dell'equilibrio radiativo globale medio, le proprietà radiative delle nubi devono essere specificate. Un approccio semplificato assume le nubi su piani orizzontali paralleli e ne specifica la quota e la distribuzione verticale, ma si tratta di un modello statico, laddove in genere le nubi hanno comportamenti anche fortemente dinamici.

Per quanto riguarda la radiazione solare, bisogna specificare la frazione di radiazione che viene assorbita o riflessa dalle nubi, ovvero l'assorbività e la riflettività. In generale, le nubi composte da gocce d'acqua assorbono debolmente la radiazione solare, ma interagiscono efficacemente attraverso lo scattering, riflettendo la radiazione verso lo spazio, presentando quindi alta riflettività.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Le nubi spesse possono essere approssimate ad un corpo nero, assorbono praticamente tutta la radiazione IR incidente ed emettono come un corpo nero alla temperatura atmosferica allo stesso livello delle nubi.

Nell'atmosfera reale i moti dell'aria rimuovono il calore dalla superficie e lo rimescolano nell'intera troposfera. Infatti, come si era visto nel bilancio globale, il 60% dell'energia rimossa dalla superficie terrestre è dovuta al trasporto di calore e vapore acqueo, mentre solo il 40% è rimosso per emissione di radiazione IR.

Quindi, il profilo medio globale di temperatura dell'atmosfera terrestre non rappresenta un equilibrio radiativo, ma piuttosto è generato da un equilibrio radiativo-convettivo. Per ottenere bilanci verticali realistici per l'energia media globale è necessario introdurre anche i flussi verticali di energia dovuti ai moti atmosferici.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Gli studiosi hanno corretto i loro modelli aggiungendo l'effetto del trasporto verticale di energia da parte del moto atmosferico con una procedura denominata aggiustamento convettivo, che si traduce imponendo che il gradiente termico in rapporto all'altitudine non superi il valore critico di $6.5^{\circ}/\text{km}$.

La scelta di tale valore critico sarebbe dettata dal fatto che corrisponderebbe al valore medio globale osservato. Quando i processi radiativi tendono a produrre un gradiente verticale superiore al valore critico prescelto, si innescherebbe un meccanismo non radiativo di trasferimento verticale di calore che permette di mantenere il gradiente ad un valore inferiore o uguale a quello critico.

Questa redistribuzione verticale di energia ha lo scopo di simulare gli effetti dei moti atmosferici sul profilo verticale di temperatura, senza la necessità di calcolare esplicitamente i flussi di energia non-radiativa o i moti atmosferici stessi.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

L'aggiustamento convettivo è attivo dalla superficie terrestre alla tropopausa. A seconda del valore critico di riferimento scelto, si ottengono profili di temperatura differenti ma stabili.

Questa situazione è detta di equilibrio termico o equilibrio radiativo-convettivo. Il profilo di equilibrio termico ottenuto imponendo l'aggiustamento convettivo verso un profilo verticale di $6.5 \text{ }^\circ/\text{km}$ sarebbe molto simile al profilo medio globale di temperatura osservato, e non sarebbe necessario in stratosfera in quanto il gradiente di equilibrio radiativo in stratosfera non è mai grande e positivo.

Questo aggiustamento è spaventosamente grossolano, perché i gradienti di cambiamento della temperatura con l'altitudine dipendono da numerosi fattori, come la stagione e la latitudine.

A suon di approssimazioni si costruiscono fragili catelli di carte.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

APPLICAZIONI DEI MODELLI CLIMATICI

Gli studiosi cercano di utilizzare dei modelli climatici per comprendere quali fattori siano importanti per il clima e come la loro variazione possa influire sul clima stesso. In particolare, il modello unidimensionale di equilibrio radiativo-convettivo cerca di spiegare il ruolo dei gas minoritari atmosferici e delle nubi nel determinare i profili di temperatura.

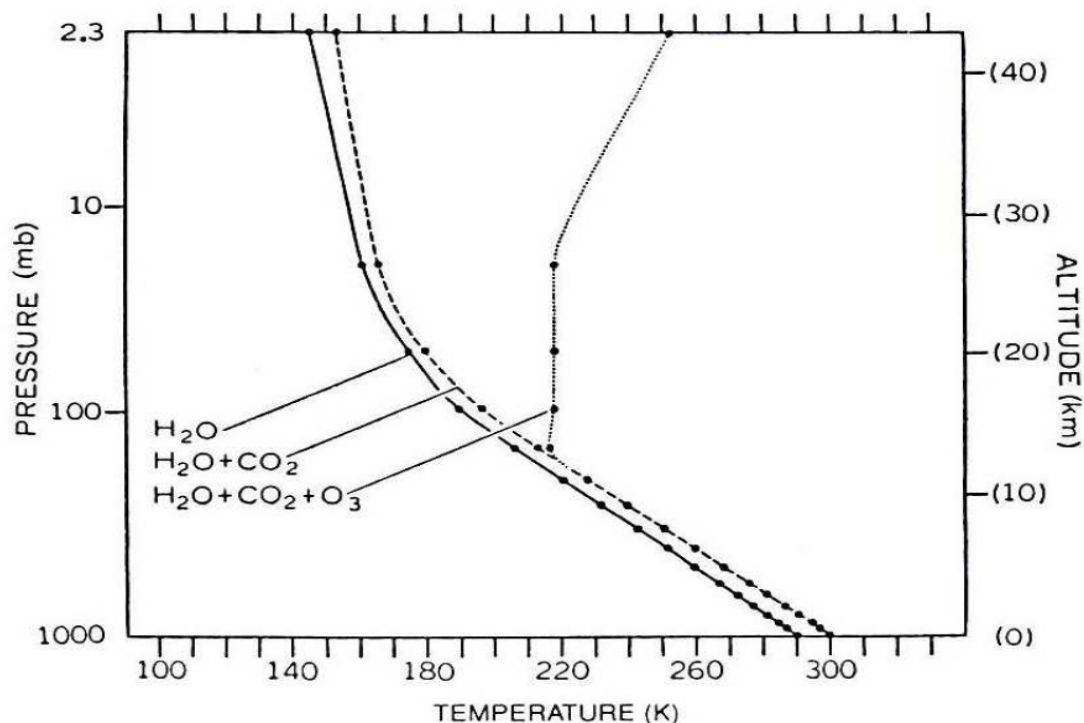


Figura 30: Profili di equilibrio termico per tre diverse atmosfere, tutte prive di nubi, ottenuti imponendo un lapse rate critico di $6.5 \text{ }^\circ/\text{km}$. In un caso è presente solo il vapore acqueo; in un altro viene introdotta anche l'anidride carbonica; nel terzo caso si introduce anche l'ozono.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Se è presente solo il vapore acqueo, il profilo di temperatura che si ottiene approssima ragionevolmente il profilo osservato tranne che per il fatto che non è presente la stratosfera. Se si aggiunge al vapore acqueo anche l'anidride carbonica in quantità di 300 ppm, si osserva un aumento di circa 10 K omogeneo su tutto il profilo, il quale però non cambia sostanzialmente forma. Infine, se si aggiunge anche l'ozono si ottiene una brusca transizione in corrispondenza della tropopausa ed un profilo verticale considerato realistico anche per la stratosfera.

In pratica questi modelli assegnano alla presenza della CO₂ nella concentrazione di 300 ppm un salto termico di 10°K a livello del suolo, rispetto ad una condizione in cui fosse assente. Appare evidente che, sulla base di tali ipotesi, visto che parliamo di temperature a livello del suolo, questi 10 °K rappresentano 10°C, pari alla metà della temperatura media di 20°C considerata la temperatura di benessere.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Equivale ad affermare che la presenza/assenza di CO₂ e le sue variazioni determinano cambiamenti significativi della temperatura media del pianeta, e questo è il famoso TEOREMA della CO₂ che, essendo in aumento, produrrebbe i cambiamenti climatici planetari.

Una tale osservazione trascura interamente il fatto che, se anche questa ipotesi fosse realistica, anche la curva del vapore d'acqua potrebbe spostarsi lungo l'asse delle ascisse, determinando una diversa temperatura al suolo, come in troposfera.

E' infatti assente l'aspetto quantitativo, particolarmente importante nel caso del vapore d'acqua che, essendo prodotto dall'evaporazione delle immense masse oceaniche, determina un grado di umidità e di formazione nuvolosa in atmosfera strettamente dipendente dalla temperatura del mare, quali che siano le cause di sue variazioni.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

AEROSOL

Secondo gli studiosi gli aerosol influenzano il sistema climatico attraverso due distinti meccanismi : alterano la radiazione solare in ingresso attraverso assorbimento e scattering e inoltre agiscono come nuclei di condensazione favorendo la formazione di gocce d'acqua, quindi di nubi e precipitazioni.

Gli effetti radiativi degli aerosol si manifesterebbero con un riscaldamento della bassa atmosfera, dove avviene l'assorbimento della radiazione solare, e di raffreddamento della superficie terrestre in quanto diminuiscono la quantità di energia solare che vi giunge.

Gli aerosol aumentano l'albedo planetario riflettendo verso lo spazio parte della radiazione ad onda corta incidente. L'effetto netto sarebbe quello di contribuire ad un aumento della temperatura della stratosfera con una diminuzione di quella della troposfera.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

LE NUBI E LA RADIAZIONE

Dato il fondamentale impatto che esercitano sul sistema climatico, le nubi meritano un breve approfondimento.

Sono costituite da goccioline di acqua o cristalli di ghiaccio sospesi nell'atmosfera, formati a seguito della condensazione del vapore acqueo, che avviene quando la temperatura scende al di sotto della temperatura di saturazione (punto di rugiada). Gocce e cristalli interagiscono sia con la radiazione solare che con la radiazione terrestre e la natura di tali interazioni dipende da diversi fattori:

- massa totale di acqua;
- dimensione delle particelle che compongono la nube;
- forma delle particelle che compongono la nube;
- distribuzione delle particelle nello spazio.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

La trattazione delle nubi viene spesso semplificata assumendo che esse siano uniformi ed infinite sul piano orizzontale. Una volta prescritte la distribuzione verticale dell'umidità e la distribuzione per dimensioni delle gocce di nube, l'albedo e l'assorbimento dipendono solamente dal contenuto in acqua liquida della nube e dall'angolo zenitale della radiazione solare. Il contenuto di acqua liquida della nube è definito come la massa totale di acqua di nube in una colonna verticale di atmosfera di area unitaria, e dimensionalmente si esprime in g/m² di acqua.

L'albedo cresce all'aumentare del contenuto totale di acqua della nube, ovvero con lo spessore della nube, e anche all'aumentare dell'angolo zenitale. La crescita dell'albedo con il contenuto di acqua è più accentuata per bassi contenuti di acqua di nube.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Nelle nubi molto spesse la maggior parte della radiazione solare subisce scattering prima che possa penetrare nella nube fino ai livelli più bassi dove, se subisce scattering, difficilmente riesce a riemergere al top della nube stessa.

Per questo motivo, dopo una certa soglia, l'aumento di spessore (o di contenuto di acqua nella nube) non modifica più sostanzialmente l'albedo. Le variazioni di albedo con l'angolo zenitale sono più rapide quando il sole è basso sull'orizzonte e minime quando il sole è verticale.

L'assorbimento della radiazione solare diminuisce al crescere dell'angolo zenitale in quanto la radiazione che viene riflessa verso lo spazio per grandi angoli zenitali, penetra meno in profondità nella nube e quindi più difficilmente resta intrappolata ed assorbita.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

L'assorbimento cresce pressoché linearmente con il contenuto di acqua quando il sole è verticale. In seconda battuta l'albedo dipende anche dalla dimensione delle goccioline. Per un dato contenuto d'acqua, l'albedo è maggiore per goccioline piccole, anche perché presentano una maggior superficie disponibile a parità di massa.

Le nubi assorbono molto bene la radiazione terrestre e diventano opache alla radiazione IR se il contenuto di acqua supera i 20 g/m^2 . Se questa soglia viene superata in un campo ristretto di altitudini, con temperatura quasi uniforme, allora la superficie delle nubi può essere approssimata ad un corpo nero rispetto a radiazioni ad onda lunga. Non applicabile ai cirri (nubi alte e sottili di cristalli di ghiaccio), che sono parzialmente trasparenti alla radiazione IR. Infine l'albedo continua a crescere col contenuto d'acqua anche per nubi opache alla radiazione IR (superata la soglia dei 20 g/m^2).



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

MIE NOTE CONCLUSIVE

Questa trattazione è stata liberamente tratta da documenti trovati in rete, nel corso di una ricerca sulle fonti dei modelli climatici che si sono imposti a livello planetario per cercare di spiegare le ragioni dei cambiamenti climatici e dell'aumento medio di temperatura del pianeta.

Gli studi originali offrono una rappresentazione dell'atmosfera terrestre e della sua termodinamica che è sostanzialmente di tipo statico, fondata sul meccanismo radiante degli scambi termici, priva di concreti riferimenti quantitativi alle masse in gioco. Ignorano, inoltre, completamente, la dinamica dei fenomeni atmosferici, che in troposfera è assai marcata e determinante nella formazione del clima, così come ignorano interamente i fenomeni prodotti dalla crosta terrestre in se, e dai mari, visti come elementi passivi e non attivi nella fenomenologia climatica complessiva.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

Questo documento dimostra ancora una volta come la descrizione dei comportamenti climatici che ci viene offerta dai climatologici sia in buona misura astratta, basata su modelli matematici, approssimazioni, ipotesi limitative che allontanano il modello dalla realtà planetaria, suggerendo però indicazioni distorsive di tale realtà volte a combattere con strumenti umani dei fenomeni che vanno ben oltre la nostra oggettiva capacità di intervento, ma servono a dare in pasto all'opinione pubblica un capro espiatorio, una speranza di possibili interventi correttivi, che il mondo della politica e delle imprese strumentalizzano a loro vantaggio, anche perché ben si sposa con altre osservazioni ben più concrete sull'inquinamento planetario dei suoli e delle acque oltre che dell'atmosfera più prossima al suolo.



TUTTO QUELLO CHE NON SAPETE SUL CLIMA

IL TEOREMA del surriscaldamento planetario da CO2 antropica ben si sposa con le istanze di riduzione drastica della combustione di idrocarburi, fonte anche di gas inquinanti rilasciati in atmosfera, a cui non vengono attribuiti per ora effetti climatici, ma solo effetti nocivi per la salute pubblica.

Se non è zuppa è pan bagnato, e così il TEOREMA è diventato LEGGE, che pochi si ostinano a confutare. Questo mio studio vuole aiutare a comprendere meglio da dove esso provenga, mettendone in risalto i limiti e le MEZZE VERITA', che in ultima analisi si traducono in un FALSO rispetto ad una realtà con la quale ci misuriamo quotidianamente ma di cui non conosciamo veramente i meccanismi, se non in parte, come qui descritto.

Ing. Franco Puglia

8 Maggio 2019