

## IMPIANTI FOTOVOLTAICI

### errore o inganno?

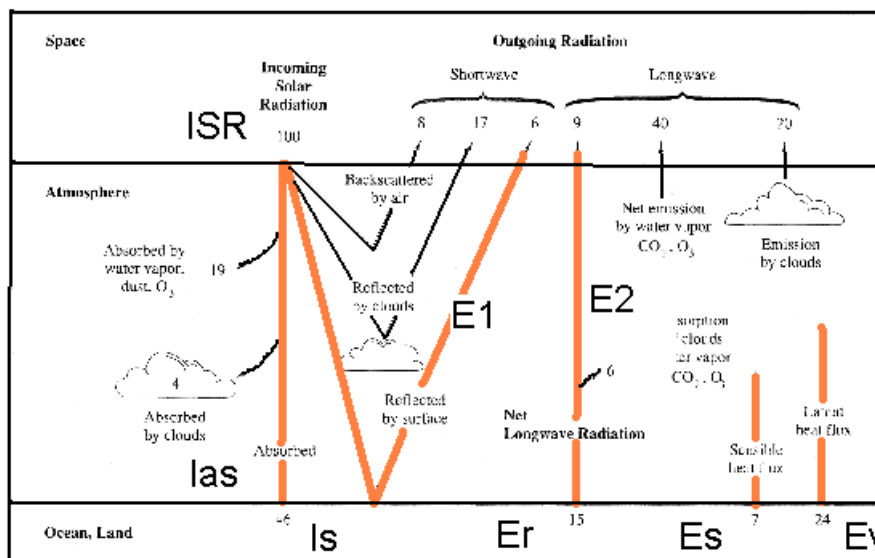
by Michele Capogna – [capognamichele@virgilio.it](mailto:capognamichele@virgilio.it)

Le presenti note hanno lo scopo di valutare se l'uso degli impianti PV come generatori elettrici ci consente di contenere l'inquinamento termico nel sito di installazione e nell'ambiente nel suo complesso. Saranno presi in esame gli aspetti seguenti:

- interazione tra pannelli solari e bilancio radiativo del sito di installazione assunto grossolanamente uguale al bilancio medio annuale dell'energia per il sistema terra - atmosfera
- inquinamento termico dei pannelli solari nel sito di installazione dell'impianto, confrontato con quello degli omologhi impianti tradizionali
- influenza dei pannelli sull'effetto serra.

I risultati ottenuti sono imprevisti, sorprendenti e sollevano interrogativi seri sulla convenienza di tali impianti. Non è che ci stiamo sbagliando?

Si analizza preliminarmente l'interazione tra un pannello solare ed i flussi radiativi che intervengono nel bilancio. L'argomento presenta una larghissima quantità di dati pubblicati, facilmente reperibili in rete. Ne viene qui usato uno rielaborato per mettere in evidenza le voci di bilancio che interessano.



La superficie terrestre viene raggiunta dalla radiazione  $I_s$  corrispondente al 52% di ISR (Incoming Solar Radiation), in parte assorbita ( $I_{as}$ ), in parte riflessa nello spazio ( $E_1$ ). La radiazione assorbita

viene successivamente riemessa in parte come radiazione infrarossa ( $E_r$ ) della quale  $E_2$  è inviata direttamente nello spazio,  $E_r - E_2$  riscalda l'atmosfera. La parte restante di  $I_{as}$  viene ceduta all'atmosfera come calore sensibile ( $E_s$ ) e come calore latente di evaporazione ( $E_v$ ). Si esprimono le diverse aliquote in funzione di  $I_s$  che rappresenta la radiazione captata dai pannelli solari.

- $E_1$ , il 12% di  $I_s$ , è riflessa direttamente nello spazio senza che essa riscaldi né la superficie, né l'atmosfera;
- $I_{as}$ , l' 88% di  $I_s$ , riscalda la superficie e viene poi riemessa come:
  - $E_2$ , il 17% di  $I_s$ , scambiata direttamente tra la superficie e lo spazio, con l'effetto di raffreddare la superficie senza riscaldare l'atmosfera
  - ( $E_r - E_2$ ) ed  $E_s$ , il 25% di  $I_s$ , raffreddano la superficie e riscaldano l'atmosfera contribuendo ad innalzarne la temperatura;
  - $E_v$ , il 46% di  $I_s$ , raffredda la superficie senza riscaldare l'atmosfera essendo l'evaporazione un processo a temperatura costante.

Un pannello solare viene installato per catturare possibilmente tutta la  $I_s$ , che sarà interamente ceduta all'atmosfera, dopo essere stata rielaborata ed utilizzata, come calore sensibile che ne innalza la temperatura. Un pannello solare, anche se inattivo, produce nel sito di installazione due effetti inquinanti per il suo microclima:

- l'energia termica immessa nell'atmosfera, pari al 71% di  $I_s$  in assenza di pannello, sale al 100% con un incremento del 41% del valore precedente;
- il riscaldamento sensibile dell'atmosfera, che era prima pari al 25% di  $I_s$  sale al 100% di  $I_s$ , cioè al 400% del valore precedente con la conseguenza che anche l'innalzamento della temperatura atmosferica provocato in un ambiente ristretto del sito (forcing sensibile locale) sale al 400% del valore precedente.

I valori suddetti fanno riferimento al bilancio medio annuale globale del sistema terra – atmosfera. Andrebbero considerati caso per caso valori più aderenti al reale sito di installazione che potrà presentare bilanci energetici locali nettamente diversi se siamo, per esempio, in pieno deserto oppure in pieno oceano. L'interferenza di un pannello solare con l'equilibrio termodinamico locale del sito di installazione non è affatto di poco conto perché esso produce un inquinamento termico localizzato ragguardevole. La sua installazione andrebbe giustificata da validi motivi, dopo aver confrontato i suoi aspetti negativi per l'ambiente con quelli degli impianti tradizionali omologhi. Quanto sopra detto non avrebbe naturalmente più valore se gli impianti solari causassero meno inquinamento termico.

Un impianto dimensionato per produrre un'energia utile  $E_{u,max}$  deve utilizzare un campo solare di pannelli che permettano di intercettare energia radiante almeno pari a

$$I_s = 1.25 \cdot E_{u_{\max}} / \eta_{\text{pann}}$$

dove  $\eta_{\text{pann}}$  è il rendimento medio annuale dei pannelli, avendo assunto per tutti gli altri componenti dell'impianto un rendimento dell'80%. L'energia realmente utilizzata sarà

$$E_u = f \cdot E_{u_{\max}}$$

dove  $f$  è il fattore di utilizzazione minore o uguale ad uno, tutta consumata in un sito distinto e distante da quello di produzione. L'inquinamento termico localizzato dell'impianto a pannelli sarà

$$INQ_{\text{pann}} = E_{u_{\max}} \cdot (0.36 / \eta_{\text{pann}} - f)$$

Un impianto solare riscalda l'atmosfera sempre e comunque in misura proporzionale alla  $E_{u_{\max}}$ , anche se non usato, l'impianto termico omologo lo farà solo se viene utilizzato, e quindi in proporzione a

$$f \cdot E_{u_{\max}} = \eta_{\text{th}} \cdot E_c$$

in cui  $E_c$  è l'energia termica liberata dalla combustione,  $\eta_{\text{th}}$  è il rendimento medio annuale dell'impianto termico. L'energia termica immessa in ambiente risulta in questo caso

$$INQ_{\text{th}} = f \cdot E_{u_{\max}} \cdot (1 / \eta_{\text{th}} - 1)$$

e gli impianti FV risulteranno meno inquinanti se

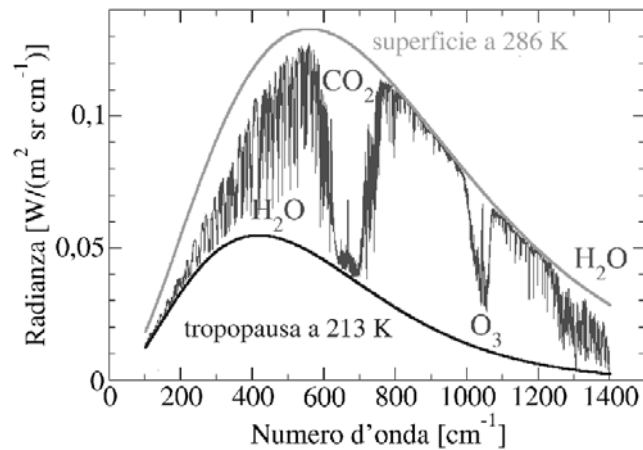
$$INQ_{\text{pann}} - INQ_{\text{th}} = E_{u_{\max}} \cdot (0.36 / \eta_{\text{pann}} - f / \eta_{\text{th}}) \leq 0$$

Il rapporto degli inquinamenti termici localizzati, valutati con i valori correnti dei rendimenti che la tecnologia attuale consente di ottenere, è uguale a

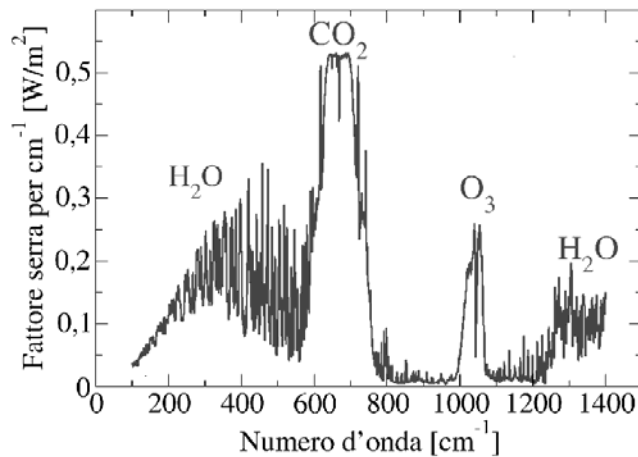
$$INQ_{\text{pann}} / INQ_{\text{th}} = 0.36 \cdot \eta_{\text{th}} / (f \cdot \eta_{\text{pann}}) = 0.36 \cdot 0.65 / (f \cdot 0.125) = 1.87 / f$$

In altri termini l'impianto FV è il 187% più inquinante di un buon omologo termoelettrico tradizionale già con fattore di utilizzazione unitario. Le cose diventerebbero drammatiche se il fattore  $f$  dovesse scendere al di sotto di uno. L'inquinamento relativo dell'impianto FV tende ad infinito se il fattore  $f$  tende a zero.

I tifosi degli impianti solari ad ogni costo sostengono con enfasi che nonostante tutte le loro pecche tali impianti hanno il pregio innegabile di ridurre le emissioni di  $\text{CO}_2$  in atmosfera contribuendo al contenimento del riscaldamento globale al quale il pianeta sta andando incontro a causa dell'incremento dei gas serra. Secondo le loro previsioni, invero mai giustificate in maniera trasparente ed oggettiva, il raddoppio della concentrazione di  $\text{CO}_2$  porterebbe ad un incremento della temperatura media della superficie terrestre di 4 – 5 °C con drammatiche conseguenze per il pianeta. A questa conclusione sono giunti analizzando rilevazioni da satellite simili a quella riportata nel grafico seguente nel quale è molto evidente l'interferenza della  $\text{CO}_2$  con la radiazione emessa dalla superficie terrestre, tutta concentrata nella banda tra 600 – 800  $\text{cm}^{-1}$ , e la forte riduzione della radiazione.



Gli stessi risultati sono stati riportati in negativo per mettere in evidenza il fattore serra dei principali gas coinvolti nel fenomeno.



Il tutto è in realtà impressionante; ma i dati vanno letti con cognizione di causa. Una lettura semplicistica porta a concludere che un raddoppio della CO<sub>2</sub> comporterà anche un raddoppio del suo fattore serra con conseguente sensibile aumento della temperatura della superficie terrestre. Niente di più assurdo!

La superficie terrestre controlla la sua temperatura con il flusso termico in uscita che viene ceduto all'atmosfera in parte come energia termica (convezione ed evaporazione dell'acqua superficiale), per la restante parte come energia radiante. La trasmissione dell'energia in un mezzo, qualunque sia la forma dell'energia, viene provocata e sostenuta dal gradiente della sua concentrazione che viene instaurato dalla stessa energia per vincere la resistenza del mezzo.

In fisica, e particolarmente in termodinamica, ci sono le proprietà intensive, che non dipendono dalla quantità di materia ma soltanto dalla sua natura e dalle condizioni nelle quali essa si trova, oppure le proprietà estensive che crescono con la quantità di materia ossia con le dimensioni del sistema.

L'energia trasferita per convezione ed evaporazione è energia interna; la sua densità vale

$$\rho_{\text{int}} = N \cdot c_{\text{vm}} \cdot T$$

ove  $\rho_{\text{int}}$  è la densità di energia interna in  $\text{J}/\text{m}^3$ ,  $N$  è il numero totale di molecole/ $\text{m}^3$  del gas,  $c_{\text{vm}}$  è il calore molecolare medio delle molecole in  $\text{J}/(\text{molecole} \cdot ^\circ\text{K})$ ,  $T$  è la temperatura assoluta.

L'evaporazione è un processo a temperatura costante ed il calore scambiato per questa via sarà proporzionale solamente al gradiente della concentrazione delle

$$d\rho_{\text{int}} / dz = c_{\text{vm}} \cdot T \cdot dN/dz$$

La trasmissione di calore per convezione avviene invece ad  $N$  costante e dipenderà da

$$d\rho_{\text{int}} / dz = N \cdot c_{\text{vm}} \cdot dT / dz$$

Risulta molto evidente che il flusso termico dovuto alla convezione cresce al crescere di  $N$  (è una proprietà estensiva) e produce un raffreddamento più intenso della superficie terrestre.

Per quanto concerne invece il calore trasmesso come energia radiante, l'interazione tra la radiazione e le molecole sensibili ad essa è circoscritta nell'intorno di una specifica lunghezza d'onda che rappresenta "l'impronta digitale" del gas. Si deve fare riferimento allora alla radiazione monocromatica corrispondente alla lunghezza d'onda  $\lambda$  al centro della banda di interferenza corrispondente. Concordemente alla legge di Max Plank nella rielaborazione fattane da Einstein, fondamento teorico per i LASER ed i MASER, la densità dell'energia radiante, in pratica la densità dei fotoni, presente in un gas immerso in un campo di radiazione è

$$\rho_{\lambda} = \text{CONST} / (N_0 / N_1 - 1)$$

$N_0 / N_1$  è la distribuzione di Maxwell-Boltzmann delle molecole del gas sensibile alla radiazione tra il livello vibrazionale fondamentale ed il primo livello eccitato, funzione della temperatura e del salto energetico tra i due livelli, caratteristica specifica per ogni gas. La densità di energia radiante dipende solo dalla qualità del gas ( $N_0 / N_1$ ), non dalla sua quantità ( $N_0 + N_1$ ) ossia essa è una proprietà intensiva.

Se il gas suddetto è la tanto pericolosa  $\text{CO}_2$ , anche se il numero totale delle molecole dovesse raddoppiare, raddoppierebbero contemporaneamente sia  $N_0$  che  $N_1$  ma il loro rapporto  $N_0 / N_1$ , la densità  $\rho_{\lambda}$  e il suo gradiente, il flusso di energia radiante che ne deriva, resterebbero immutati. Chi cerca di sostenere il contrario si comporta come un alchimista medioevale!

Dalle valutazioni precedenti non emerge neppure un solo elemento a vantaggio del sistema terra-atmosfera che possa essere portato a sostegno degli impianti FV. Infatti, sempre con tutti i limiti dovuti all'aver assunto il bilancio radiativo locale grossolanamente uguale al bilancio medio annuale dell'energia per il sistema terra – atmosfera,

- 1) i pannelli solari sono per loro natura una subdola forma di inquinamento termico per il sito di installazione perché
  - a) il carico termico addizionale per l'atmosfera è superiore del 41% a quello senza pannelli FV e ciò forza il riscaldamento globale del pianeta nel medio – lungo termine

- b) tutto il calore scaricato nell'atmosfera è calore sensibile e il forcing sensibile locale che ne risulta è superiore del 300% a quello senza pannelli FV; ciò fa crescere l'escursione termica giornaliera a scapito del microclima del sito che diventa più simile a quello del deserto dove tale escursione è massima;
- 2) gli impianti fotovoltaici causano nel sito di installazione un inquinamento termico dell'87% più elevato rispetto ad un buon termoelettrico tradizionale quando sono utilizzati a pieno regime, ma il loro inquinamento cresce senza limiti (tende all'infinito) se l'impianto funziona poco oppure è fermo per avaria e/o manutenzione
- 3) il propagandato effetto benefico sull'effetto serra, conseguente alla minore quantità di CO<sub>2</sub> immessa nell'atmosfera, non esiste affatto perché l'energia radiante è una grandezza fisica intensiva ed il suo gradiente, o il suo flusso che dir si voglia, è indipendente dalla concentrazione del gas nel processo di trasmissione dell'energia.

Ma allora perché si continua nel falso messaggio che gli impianti FV fanno bene alla salute del pianeta?

Torniamo al quesito iniziale: si tratta di uno sbaglio o di un imbroglio?