

FOTOVOLTAICO E RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI CO₂

Domenico Coiante – ASPO - 21/09/2011

Introduzione

Se andassimo in giro a porre la domanda: “Perché vogliamo le fonti rinnovabili?”, ci sentiremmo rispondere: “Perché il petrolio sta finendo”, o anche: “Perché fanno bene all’ambiente”.

Se poi proseguissimo con un’altra domanda più specifica, del tipo: “Quale dovrebbe essere il contributo energetico apportato dalle fonti rinnovabili perché il loro effetto sull’ambiente possa essere considerato significativo?”, pochi saprebbero andare al di là di: “Più ce ne sono e meglio è”.

Il presente lavoro costituisce un tentativo di dare una risposta più quantitativa a questi interrogativi mediante un’operazione di dimensionamento del problema.

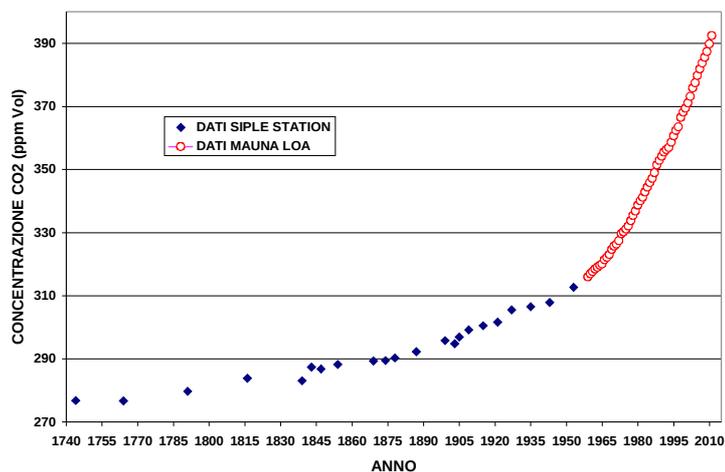
Quadro di riferimento

La crescita storica della concentrazione di anidride carbonica nell’atmosfera terrestre è riportata nel grafico della Fig.1. I dati storici fino al 1950 sono ricavati dalle analisi glaciologiche sui carotaggi eseguiti presso la Stazione Antartica SIPLE, mentre quelli recenti si riferiscono alle rilevazioni dirette della concentrazione di CO₂ atmosferica nell’osservatorio Hawaiano di Mauna Loa.

Fig.1 – Serie storica della concentrazione di CO₂ nell’atmosfera.

Fonte:

<http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/co2/siple2.013>



ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/ccg/co2/trends/co2_annmean_mlo.txt

La curva ha assunto un andamento esponenziale con un tasso d’aumento medio negli ultimi 10 anni pari a circa 0,5% all’anno.

Questo aumento, anomalo rispetto all’era preindustriale, è oggetto di un acceso dibattito riguardo alla sua natura antropogenica e alle sue conseguenze negative sul clima globale.

Allo stato dei fatti, sembra ormai accertato che esista un nesso causale tra i due argomenti. Si ritiene, pertanto, necessario produrre ogni sforzo per ridurre le emissioni industriali dei gas detti “climalteranti” ed in particolare quelle di anidride carbonica provenienti dal settore della produzione di energia. Questa ferma convinzione costituisce la base di tutti i ragionamenti che verranno sviluppati nel seguito ed essa dovrà essere sempre sottintesa a qualunque successiva considerazione.

Assumeremo, quindi come un dato di fatto, che la concentrazione atmosferica di anidride carbonica stia aumentando a causa delle attività umane e che, in particolare, il contributo maggiore si verifichi come conseguenza della produzione e del consumo d’energia.

Ma come avviene questo fenomeno?

Il fabbisogno energetico dell’umanità con la sua continua crescita rappresenta la causa principale. A scanso di possibili equivoci, cerchiamo di rendere più quantitativo questo concetto, evidenziando i parametri fondamentali da cui esso dipende.

Se P rappresenta la popolazione mondiale, il consumo annuale totale di energia, E (in milioni di tonnellate di petrolio equivalente = Mtep), può essere espresso dalla:

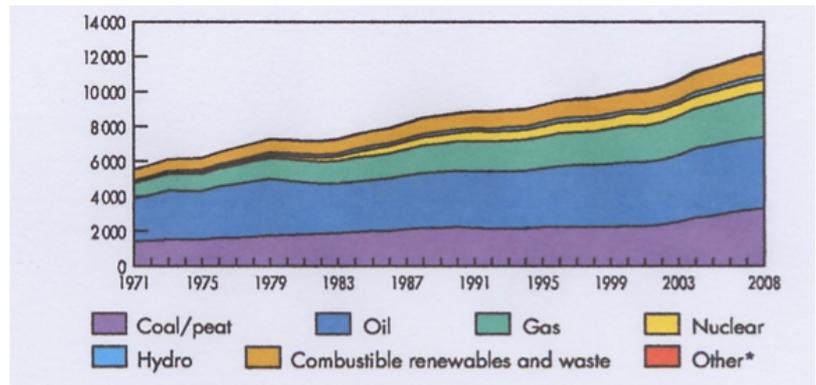
$$E = e \cdot P \quad (1)$$

Dove “ e ” è il consumo energetico annuale pro capite, espresso in Mtep/(abitante anno).

Nel modello attuale di sviluppo dell’umanità, la popolazione mondiale è in continua crescita: quindi P aumenta. Allo stesso tempo, ogni persona aspira al miglioramento delle proprie condizioni di vita e ciò porta ad aumentare il consumo energetico individuale: pertanto “ e ” va considerato crescente. In conclusione, a meno di profonde crisi politico-economiche, il consumo mondiale di energia E dovrà essere considerato in continuo aumento, come lo è stato finora. La serie storica mostrata in Fig.2 convalida questa asserzione.

Fig.2 – Produzione mondiale di energia primaria dal 1971 al 2008 in Mtep, suddivisa per fonte

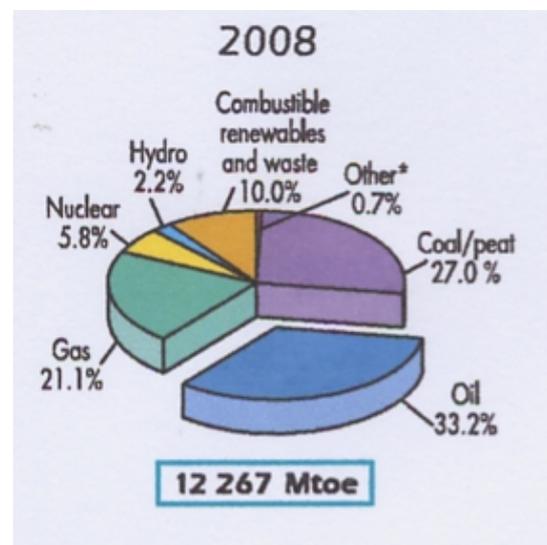
(Fonte: IEA, 2010 Key World Energy Statistics)



La produzione mondiale ha raggiunto nel 2008 la cifra di 12267 Mtep. Il contributo delle diverse fonti per l’anno è evidenziato nella seguente Fig.3.

Fig.3 – Ripartizione della produzione mondiale di energia primaria tra le varie fonti nel 2008

(Fonte: IEA, 2010 Key World Energy Statistics)



L’81,3%, cioè 9973 Mtep, della produzione energetica è costituito dai combustibili fossili. Assumendo, in prima approssimazione, che il rimanente 18,7% della produzione contribuisca in modo trascurabile alle emissioni in quanto deriva da fonti pulite, tutto il contributo proviene dai combustibili fossili. Pertanto, dobbiamo ritenere che essi siano responsabili della quota di emissioni di CO_2 nell’atmosfera per tutto il settore energetico.

Il fattore d’emissione dei combustibili, cosiddetto stechiometrico quando essi bruciano in condizioni ideali di purezza e di ossigenazione, vale rispettivamente 2,34 t di CO_2 per ogni tep prodotto con il gas naturale, 3,12 t/tep per il gasolio di media densità e 3,94 t/tep per il carbone (ENEA- Ministero Ambiente: II Comunicazione Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici ONU). Nella pratica, i valori riscontrati sono leggermente più bassi a causa della presenza di impurezze e per il fatto che il prodotto commerciale risulta costituito da una miscela di vari idrocarburi. Tuttavia, per lo scopo del presente lavoro, è conveniente far riferimento alle cifre citate, essendo interessati, come vedremo, più che al valore assoluto, alla tendenza di variazione dei numeri.

La media pesata rispetto alle quote d’impiego dei combustibili, riportate in Fig.3, porta ad un fattore d’emissione medio $FE = 3,2 \text{ t CO}_2/\text{tep}$. Quindi, fissando l’attenzione al 2008, l’emissione annuale d’anidride carbonica da associare alla produzione mondiale d’energia primaria E risulta:

$$\text{CO}_2 = 0,813 \cdot E \cdot FE \cong 32000 \text{ Mt} \quad (2)$$

Si può dimostrare, (ma tralasciamo di farlo per amore di concisione), che tale quantità costituisce il contributo maggiore rispetto al totale delle emissioni immesse dalle attività umane nella nostra atmosfera.

Considerato che E è in continua crescita, dobbiamo prendere atto che anche la quantità di anidride carbonica è in costante crescita e ciò spiega fisicamente l'andamento del grafico da cui siamo partiti.

La tendenza attuale

Nello scenario evolutivo presente, detto del “*business as usual*”, è abbastanza intuitivo pensare che l'inquinamento ambientale, dovuto alla crescita delle emissioni provenienti dal settore energetico, continuerà ad aumentare. Per comprendere meglio quest'affermazione si può far ricorso ad un approccio macroeconomico, che risulta particolarmente utile a mettere in evidenza le principali dipendenze dai diversi parametri. Facciamo, pertanto, riferimento all'espressione che lega la produzione di anidride carbonica alla produzione di energia attraverso il passaggio per la popolazione ed il reddito.

$$CO_2 = P \cdot PIL \cdot IE \cdot IC \quad (3)$$

Dove:

- CO₂ indica la quantità di anidride carbonica liberata nell'atmosfera ogni anno per la produzione di energia nel mondo (t/anno);
- P sta ad indicare la Popolazione mondiale espressa come numero di abitanti del pianeta;
- PIL è il Prodotto Interno Lordo pro capite espresso generalmente in dollari USA per abitante all'anno (\$/ab/anno);
- IE sta per Intensità Energetica e rappresenta la quantità di energia che ci vuole per produrre la ricchezza espressa dal PIL (in tep/\$);
- IC indica l'Intensità di Carbonio, cioè la quantità di anidride carbonica emessa per unità di energia prodotta in generale con tutte le fonti (non solo con i combustibili fossili), generalmente espresso in termini di tonnellate di anidride carbonica per tep.

La Tab.1 riporta i valori medi di questi parametri negli anni più recenti.

Tab.1 – Media mondiale del valore dei parametri negli ultimi anni

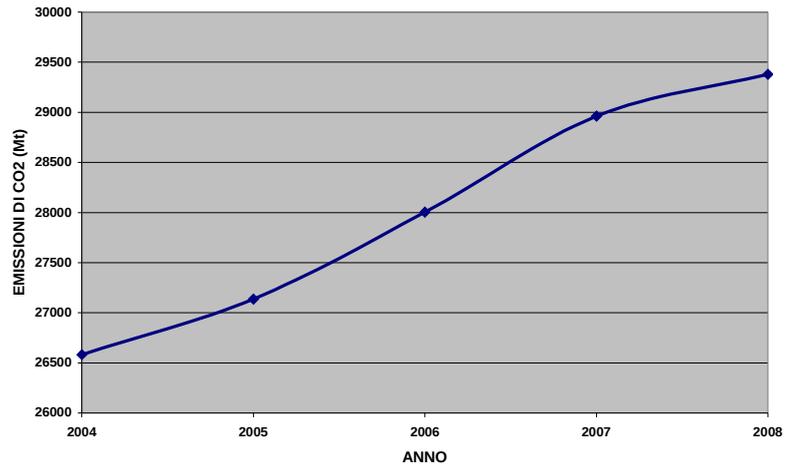
	Popolazione mondiale (milioni di abitanti)	Var. Anno (%)	PIL pro capite (US\$2000/anno)	Var. Anno (%)	Intensità energetica (tep/US\$2000)	Var. Anno (%)	Intensità di carbonio (t CO ₂ /tep)	Var. Anno (%)	CO ₂ ⁽¹⁾ (Mt/anno)
2004	6352	/	5514	/	0,32 10 ⁻³	/	2,37	/	26583
2005	6432	1,26	5641	2,30	0,32 10 ⁻³	0	2,37	0	27136
2006	6536	1,62	5777	2,41	0,31 10 ⁻³	- 3,12	2,39	0,84	28003
2007	6609	1,12	5968	3,30	0,30 10 ⁻³	- 3,22	2,41	0,84	28962
2008	6688	1,19	6053	1,42	0,30 10 ⁻³	0	2,40	- 0,41	29381

Fonte: IEA Key World Energy Statistics 2006, 2007, 2008, 2009, 2010.

(1) I valori di CO₂, ottenuti moltiplicando i dati in riga secondo la (3), sono più bassi dei rispettivi valori stechiometrici a causa della presenza d'impurezze nei prodotti commerciali che abbassa il potere calorifico inferiore. (Es., per il 2008, 29381 Mt contro 32000 della stima precedente).

In linea di principio, la relazione (3) permette di effettuare la stima della quantità di CO₂ prodotta ogni anno nel mondo dal settore energetico. In pratica, però, la scarsa conoscenza dei parametri, soprattutto nei numerosi paesi in via di sviluppo che non possiedono una rete affidabile di rilevamento dei dati, rende difficile giungere per questa via ad una stima precisa delle emissioni globali, il cui andamento negli anni più recenti, (vedi ultima colonna di Tab.1), è riportato nella Fig.4.

Fig.4 – Andamento delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera da parte del settore energetico negli ultimi 5 anni (Fonte: IEA, Key World Energy Statistics 2006, 2007, 2008, 2009, 2010).



Si può notare come la crisi economica mondiale, sopravvenuta nel 2007, abbia prodotto un flesso nella curva di crescita, che fino a quell'anno mostrava un andamento esponenziale. In ogni caso, anche se con un tasso

d'incremento più basso, l'aumento delle emissioni è continuato e l'effetto di questa flessione non si è ripercosso sulla crescita della concentrazione atmosferica della CO₂ registrata in Fig.1. Per inciso, ciò è in accordo con le grandi costanti di tempo che caratterizzano i fenomeni di metabolizzazione delle emissioni da parte dei sistemi d'assorbimento.

Per stimare la tendenza di variazione della quantità di emissioni atmosferiche del settore energetico e, soprattutto, per valutare l'incidenza dei diversi parametri macroeconomici su tale tendenza, conviene utilizzare l'espressione (3). Essa risulta particolarmente adatta ad effettuare un'analisi di sensibilità, che ci consentirà d'individuare chiaramente i diversi contributi.

Fissiamo un punto della curva di Fig.4 ed applichiamo in quel punto il consueto metodo della derivata logaritmica in modo da poter riscrivere la (3) in termini variazionali. Nell'intorno di tale punto, si ottiene:

$$\Delta(\text{CO}_2)/\text{CO}_2 = \Delta P/P + \Delta(\text{PIL})/\text{PIL} + \Delta(\text{IE})/\text{IE} + \Delta(\text{IC})/\text{IC} \quad (4)$$

Dove i singoli termini rappresentano rispettivamente le variazioni relative delle emissioni di anidride carbonica, della popolazione mondiale, del prodotto interno lordo pro capite, dell'intensità energetica e dell'intensità di carbonio presente nel combustibile.

L'espressione (4) ci dice che, nell'intorno del punto preso in esame, la variazione relativa delle emissioni annuali di anidride carbonica, cioè la tendenza, risulta dalla somma delle variazioni relative dei singoli parametri. Naturalmente, per avere una previsione dovremmo scegliere il punto terminale della curva al 2008. Se così facessimo, però, otterremmo un risultato poco significativo. Infatti, nel caso specifico di quell'anno, l'effetto temporaneo di flessione della curva, dovuto alla crisi economica, potrebbe mascherare l'effettiva tendenza. Per tale motivo, riteniamo più appropriato assumere il valore medio delle variazioni di ciascun parametro lungo il periodo temporale degli ultimi quattro anni piuttosto che in un singolo punto.

Esaminiamo il comportamento di ciascun termine:

1) $\Delta P/P$ - La popolazione mondiale tende a crescere esponenzialmente. Pertanto, questo termine sarà ancora per molti anni fortemente positivo. Negli ultimi 4 anni il tasso di crescita medio è stato di 1,30% all'anno (vedi Tab.1).

2) $\Delta(\text{PIL})/\text{PIL}$ - Le aspirazioni al mantenimento e/o al miglioramento del tenore di vita in tutto il mondo rendono prevedibile la continuazione della crescita generalizzata del PIL, per cui anche questo termine sarà positivo per il futuro. Il dato medio degli ultimi 4 anni è stato di 2,36% all'anno.

3) $\Delta(\text{IE})/\text{IE}$ - La tendenza attuale al miglioramento dell'efficienza energetica e alla dematerializzazione della produzione fanno prevedere la continuazione del calo di questo parametro, che pertanto fa assumere al nostro termine un valore di segno negativo. Negli ultimi quattro anni si è avuto un calo medio di - 1,58% all'anno.

4) $\Delta(\text{IC})/\text{IC}$ - Una valutazione del segno di questo termine richiede la suddivisione del campo in due parti: paesi industrializzati dell'OECD e resto del mondo (con evidenza per i paesi emergenti).

OECD - Il graduale passaggio a combustibili con più basso tenore di carbonio, come il metano, è in corso da qualche anno in tutti i paesi industrializzati. Questi, in gran parte, hanno aderito al Protocollo di Kyoto, impegnandosi alla riduzione delle emissioni mediante (anche) al ricorso alle fonti rinnovabili e al risparmio energetico. Pertanto, il processo in corso della riduzione delle emissioni in tali paesi porterebbe al segno negativo per la variazione dell'intensità di carbonio. Fino a qualche anno fa, l'incidenza dei paesi OECD sul consumo energetico mondiale era prevalente, cosicché l'andamento delle emissioni mondiali era essenzialmente determinato da questi paesi.

Infatti, nel 1973 i paesi OECD contribuivano alle emissioni per circa il 66% contro il 34% del resto del mondo (come si può vedere nella parte a sinistra della Fig.5). Se fossero rimaste queste condizioni di prevalenza, l'azione della riduzione dell'intensità di carbonio nei paesi OECD avrebbe potuto avere come conseguenza l'attribuzione del segno negativo a $\Delta(IC)/IC$ anche a livello mondiale. Purtroppo non è avvenuto così.

Resto del mondo - L'attuale processo imponente di industrializzazione dei paesi non-OECD ha portato al ribaltamento della situazione mondiale dei consumi energetici con lo sbilanciamento in favore di tali paesi. Vale la pena di ricordare che essi non hanno ancora aderito al Protocollo di Kyoto e che sono grandi consumatori di combustibili ad alto tenore di carbonio. Questa caratteristica verrà conservata ancora per molti anni, visto il prevalente ricorso alle abbondanti e più economiche risorse di carbone (Cina ed India ad esempio).

Fig.5 – Ripartizione regionale delle emissioni di CO₂ nel 1973 e nel 2008

(Fonte: IEA, 2010 Key World Energy Statistics)

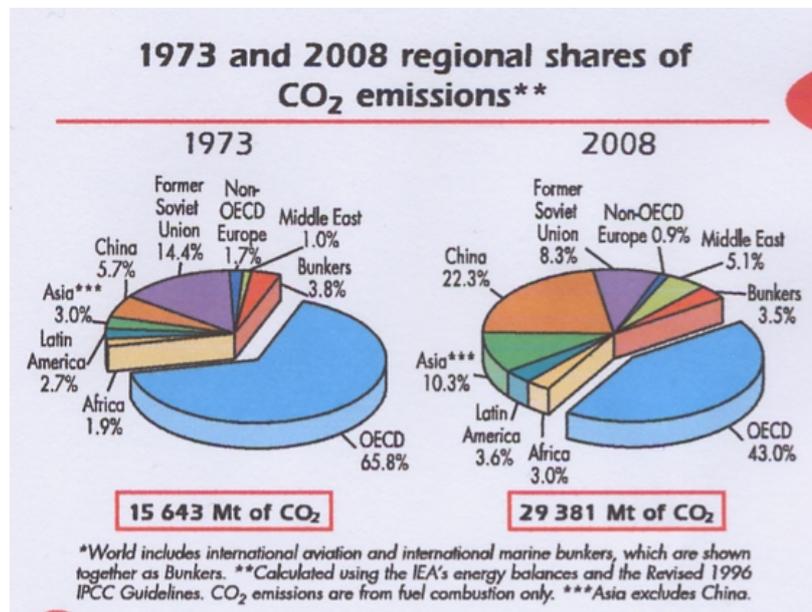
La parte destra della Fig.5 mostra la conseguenza di tale processo sulla ripartizione attuale delle emissioni. Nel 2008, il 43% è dovuto ai paesi OECD ed il 57% al resto del mondo. Pertanto, anche se nei paesi OECD è in corso un grande sforzo per la riduzione dell'intensità di carbonio, a livello mondiale prevarrà il peso delle economie emergenti e complessivamente questo parametro, che aveva iniziato a decrescere nel 2008, tenderà nuovamente a crescere. Di conseguenza, ci si deve aspettare per il futuro che il termine dell'intensità di carbonio riprenderà il segno positivo. Negli ultimi quattro anni $\Delta(IC)/IC$ ha avuto il tasso annuale medio di circa + 0,32%.

5) In conclusione la tendenza complessiva per la variazione delle emissioni sarà:

$$\Delta(CO_2)/CO_2 = 1,30 + 2,36 - 1,58 + 0,32 = + 2,40\%/anno$$

In definitiva, sommando le precedenti considerazioni ed assumendo il permanere dell'attuale scenario economico liberistico (crescita ad oltranza), è abbastanza facile prevedere che la somma di tre termini positivi ed uno leggermente negativo non potrà che avere valore positivo. Quindi, senza un'adeguata intensificazione degli sforzi conseguenti al Protocollo di Kyoto e al suo proseguimento con l'adesione dei paesi emergenti, la tendenza per il futuro va verso un consistente aumento delle emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera da parte del settore energetico.

Invertire la tendenza



Per bloccare la tendenza alla crescita delle emissioni ed invertire l'andamento, dobbiamo agire sui parametri in modo da rendere negativa la variazione percentuale: cioè realizzare la condizione:

$$\Delta(\text{CO}_2)/\text{CO}_2 = \Delta\text{P}/\text{P} + \Delta(\text{PIL})/\text{PIL} + \Delta(\text{IE})/\text{IE} + \Delta(\text{IC})/\text{IC} < 0 \quad (5)$$

Dalle considerazioni fatte sopra si evince che i primi due termini della somma continueranno ad avere segno positivo per gli anni a venire. Pertanto, si dovrà agire sugli ultimi due termini in modo da rendere il loro segno negativo e la loro grandezza tale da compensare la crescita dei primi due (e poi di andare oltre).

$$\Delta(\text{IE})/\text{IE} + \Delta(\text{IC})/\text{IC} < - (\Delta\text{P}/\text{P} + \Delta(\text{PIL})/\text{PIL}) \cong - 3,66\% \quad (6)$$

Osservando i dati in tabella, si può vedere che, in prima approssimazione, l'intensità energetica ha una tendenza attuale a decrescere in modo abbastanza stabile. Il tasso di decrescita si colloca intorno al valore $\Delta(\text{IE})/\text{IE} = - 1,58\%$ /anno. Come si è detto, il segno negativo costituisce il risultato degli sforzi fatti in tutto il mondo verso l'uso sempre più efficiente dell'energia ed il risparmio energetico. Vista la convenienza economica di questo processo, non vi è dubbio che tale tendenza continuerà per il futuro. E' però altrettanto evidente che, in una prospettiva di lungo periodo, il processo andrà ad esaurimento, essendo sempre più difficile "raschiare ulteriormente il barile". In ogni caso, nello spazio temporale che ci sta immediatamente davanti, assumiamo come ipotesi di lavoro che la tendenza attuale possa essere conservata come valore medio. Supponiamo, pertanto, che il tasso di riduzione dell'intensità energetica si mantenga stabile sul valore attuale, cioè intorno a $\Delta(\text{IE})/\text{IE} = - 1,6\%$ /anno.

A questo punto, i nostri sforzi dovranno essere principalmente rivolti alla riduzione dell'intensità di carbonio nella produzione energetica in modo che, secondo la condizione (6), si abbia:

$$\Delta(\text{IC})/\text{IC} < - 2 \%/ \text{anno} \quad (7)$$

Poiché il carbonio è prodotto sostanzialmente dalla combustione dei combustibili fossili, la realizzazione di questo obiettivo comporta la revisione della tecnologia di produzione energetica secondo due direttrici:

1. Decarbonizzazione del processo di produzione energetica mediante l'ulteriore passaggio dal consumo di carbone e olio a quello del gas naturale e/o alla trasformazione dei combustibili fossili in prodotti con minore contenuto di carbonio e sequestro dell'anidride carbonica risultante.
2. Sostituzione dei combustibili fossili con fonti d'energia rinnovabile.

Altre opzioni per la riduzione delle emissioni di carbonio, come il nucleare da fissione o da fusione, non sono considerate in questo quadro, perché, nel primo caso, l'attuale tecnologia ha dimostrato di non aver risolto adeguatamente i problemi di sicurezza e d'impatto ambientale (vedi Fukushima) e, nel secondo caso, la tecnologia è ancora molto lontana dalle applicazioni pratiche.

I provvedimenti del primo punto, nell'immediato, possono riguardare principalmente i paesi industrializzati, dove è già in corso la sostituzione dei combustibili solidi e liquidi con il gas naturale nei settori della produzione elettrica e termica. Tuttavia, l'operazione ha notevoli costi e difficilmente potrà riguardare i paesi emergenti ed in ogni caso essa non potrà essere estesa al settore dei trasporti, dal quale deriva il maggior contributo alle emissioni. Forse, in un futuro più lontano, quando la sensibilità ambientale sarà maggiormente diffusa, il processo potrà essere applicato in modo più esteso, ma ora sembra improbabile che l'inversione di tendenza nella crescita della concentrazione atmosferica di CO_2 possa venire attraverso la sola applicazione di questo provvedimento senza far ricorso alla seconda opzione.

La maturità tecnica ormai raggiunta dalle tecnologie delle fonti rinnovabili rende oggi praticabile la produzione di grandi quantità di energia a bassissimo tenore di emissioni. Questa soluzione dovrà affiancare la prima in modo sempre più incisivo, se vogliamo raggiungere l'obiettivo espresso dalla (7).

Concentriamo, pertanto, la nostra attenzione su quest'opzione e cerchiamo di stabilire le sue dimensioni.

Contributo delle fonti rinnovabili

Come si è visto, è già in corso il processo di riduzione del carbonio nell'uso dei combustibili fossili. Ma ciò non sta impedendo che la concentrazione atmosferica della CO_2 continui ad aumentare, come testimonia il grafico di Fig.1. Pertanto, dobbiamo prendere atto che questo processo non si dimostra sufficiente da solo a

produrre l'inversione della tendenza. E' indispensabile che ad esso si affianchi il processo di sostituzione dei combustibili fossili con sempre più incisive quantità d'energia rinnovabile.

Ricordiamo che nel 2008, secondo i dati dell'IEA (*Key World Energy Statistics 2010*), per ogni tep di energia prodotta con il "mix" delle attuali tecnologie, si è avuta l'emissione di 2,40 t di CO₂ equivalente. Sappiamo anche che le fonti rinnovabili, esaminate nel loro intero ciclo di vita, non sono completamente esenti da emissioni di CO₂. Ma le quantità da attribuire loro possono essere considerate trascurabili rispetto al dato dell'IEA, cosicché nella nostra stima approssimata possiamo assumere che il loro fattore di emissione sia praticamente nullo. In tale approssimazione, ogni tep di energia rinnovabile immesso nel bilancio energetico mondiale consente la cancellazione di 2,40 t di CO₂ equivalente.

Assumiamo idealmente di voler realizzare l'inversione della tendenza con il solo uso delle nuove fonti rinnovabili. Stante la condizione (7), ciò comporta la sostituzione dei combustibili fossili ad un ritmo superiore al 2% annuo, cosa che corrisponde a rimpiazzare con energia rinnovabile, consecutivamente ogni anno, più di 200 Mtep delle circa 10000 Mtep di energia da fossili oggi consumata.

Pertanto, nella nostra rappresentazione schematica, l'incremento annuale di 200 Mtep di energia rinnovabile realizza la condizione di arresto della crescita delle emissioni del settore energetico. Tale quantità fissa il valore di soglia al di sopra del quale inizia il processo d'inversione della tendenza con il recupero nel tempo dell'attuale eccesso di CO₂ accumulato nell'atmosfera.

In conclusione, una produzione incrementale di energia rinnovabile di 200 Mtep all'anno è da considerare come la dimensione minima dell'obiettivo per l'arresto della crescita della CO₂ emessa dal settore energetico. Pertanto, la produzione energetica delle nuove fonti rinnovabili, principalmente da biomasse, eolico e solare, dovrebbe aumentare complessivamente di 200 Mtep all'anno in modo da sostituire in egual misura l'incremento della domanda di combustibili fossili nel bilancio energetico mondiale.

Possibile ruolo del fotovoltaico

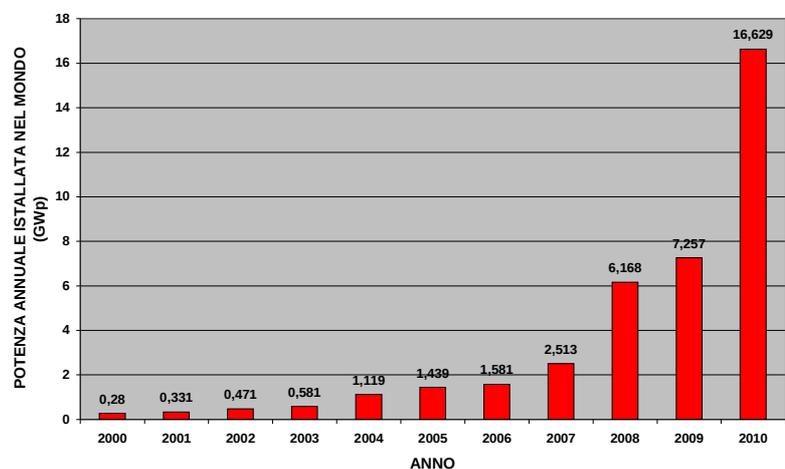
Come si è detto, nella pratica, le NFER dovranno contribuire tutte assieme alla sostituzione dei combustibili fossili, per cui l'obiettivo per ciascuna di esse sarà una parte dei 200 Mtep. In prima approssimazione, supponiamo che il contributo sia ripartito in parti uguali e che, pertanto, il compito per il solare sia quello di produrre una quantità annuale d'energia incrementale pari a circa 67 Mtep.

Non c'è dubbio che il solare termico potrebbe svolgere un ruolo molto importante nell'adempiere a questo compito soprattutto a causa del suo basso costo e all'alta efficienza di conversione. Allo stesso modo, un altro contributo può venire dal solare termodinamico. Tuttavia, pur essendo entrambe le tecnologie mature ed il loro volume di mercato in aumento, la diffusione nell'uso non mostra i segni di una crescita ad un tasso adeguato alla dinamica richiesta dalla lotta ambientale.

In questo momento, guardando la situazione delle fonti rinnovabili in una prospettiva temporale di breve-medio periodo, il fotovoltaico appare come l'opzione più probabile per affrontare questo impegno. Infatti, la situazione di questa tecnologia sul mercato energetico sta registrando oggi un impetuoso sviluppo, che sta superando quello già affermato dell'eolico e ciò consente di riporre grandi attese sul suo ruolo ambientale. La domanda che qui ci poniamo è: "Il fotovoltaico attuale è in grado di commisurarsi da solo con l'obiettivo di 67 Mtep, o è ancora lontano dalla significatività?"

La Fig.6 mostra il grafico della potenza fotovoltaica annuale, installata nel mondo negli ultimi anni secondo i dati recenti della *European Photovoltaic Industry Association*.

Fig.6 – Nuova potenza fotovoltaica installata ogni anno nel mondo (Fonte: *EPIA-Global-Market-Outlook-for-Photovoltaics-until-2015[1].pdf* www.epia.org)



Nel 2010 sono stati installati nuovi impianti per 16,629 GWp. Assumendo una produttività annuale media, analoga a quella sperimentale italiana, di 1200 kWh/kWp, l'incremento della produzione annuale d'elettricità fotovoltaica è stato di circa 20 TWh. A quanti Mtep equivale questa quantità?

La domanda può apparire banale, ma non è così. In termini di equivalenza fisica: 1 TWh = 0,086 Mtep. Questa equivalenza è senza dubbio valida nel caso dell'energia termica, ma, nel caso della produzione elettrica, può essere adottata un'equivalenza più favorevole. Ad esempio, nelle statistiche internazionali dell'IEA, l'energia elettrica delle centrali nucleari viene valorizzata con la relazione di conversione 1 TWh = 0,22 Mtep, volendo significare che ogni TWh prodotto permette il risparmio di 0,22 Mtep di combustibili fossili nelle centrali termoelettriche. Pertanto, dovremmo ritenere che la validità di questa relazione possa essere confermata anche in tutti i casi in cui l'elettricità (prodotta con fonti alternative ai combustibili fossili) vada a sostituire i kWh consumati negli usi elettrici. Invece, stranamente, l'IEA adotta questa formula di conversione per il nucleare, ma non per la produzione elettrica delle fonti rinnovabili. In questo caso, esse sono valorizzate al ribasso, secondo la pura equivalenza fisica 1 TWh = 0,086 Mtep, accomunandole tutte al solare termico, il solo per il quale è adatta questa relazione.

Poiché non riteniamo che l'elettricità delle fonti rinnovabili sia di natura diversa da quella del nucleare, almeno per ciò che concerne il risparmio indotto di combustibile fossile, ci sembra giusto adottare per il fotovoltaico l'equivalenza: 1 TWh = 0,22 Mtep.

In conclusione, 20 TWh equivalgono al risparmio di combustibili fossili per 4,4 Mtep all'anno.

Questo dato rappresenta il 6,6% dell'obiettivo e ciò mette in evidenza quanto sia ancora lontano il traguardo. Tuttavia, la quota raggiunta segnala un fatto estremamente positivo: il contributo conseguito dal fotovoltaico è ormai entrato nella scala sulla quale si misura la significatività ambientale di questa opzione.

Indubbiamente è ancora poco, ma, se si guarda il grafico, si può notare la tendenza esponenziale alla crescita del volume annuale. Vista la crisi economica che ha colpito il mondo a partire dal 2007 e che si sta prolungando tutt'ora, appare ancora più significativo il grande aumento della potenza fotovoltaica. Ciò lascia presumere che tale tendenza, anche se in misura minore, possa continuare per i prossimi anni. Pertanto, considerato che i 16,6 GWp del 2010 costituiscono una parte già significativa dell'obiettivo, si può ragionevolmente presumere che nei prossimi anni il ruolo del fotovoltaico potrà diventare sempre più importante per il contrasto della crisi climatica globale.

Conclusioni

Il fotovoltaico nel 2010 ha cominciato ad essere significativo a livello mondiale nel contrasto della tendenza all'aumento dell'emissioni di CO₂. I dati degli impianti installati annualmente danno la dimostrazione di questo fatto. Questa è l'importante conclusione a cui si è giunti con questo lavoro, risultato sorprendente non tanto per l'aspetto concettuale che è sempre stato ben presente nei fautori delle fonti rinnovabili, ma soprattutto per l'accelerazione prodigiosa con la quale si sta realizzando l'obiettivo. Solo 10 anni fa, chi ipotizzava questo evento, lo collocava ragionevolmente a 30 anni di distanza e veniva regolarmente preso per visionario. E invece.....

E' pur sempre una scommessa, perché molto c'è ancora da fare, soprattutto per far penetrare il fotovoltaico nel settore inquinante dei trasporti. Ma la strada è tracciata. L'ulteriore diffusione nel settore elettrico è a portata di mano e sarà resa possibile mediante lo sviluppo dei sistemi di accumulo e delle nuove modalità di gestione delle reti. Successivamente toccherà al settore dei trasporti e così via.

Chi vivrà, vedrà.