



Convegno di EcoOne
Sostenibilità ambientale e questione energetica
Castel Gandolfo, 14 – 16 maggio 2010

Produzione di energia e cambiamenti climatici

Antonello Pasini¹

Il clima e le cause del suo cambiamento recente

Negli ultimi decenni la comunità scientifica ha raccolto molte evidenze osservative di un recente riscaldamento globale, tanto che oggi esso viene considerato “inequivocabile”². Nonostante questo, i dati delle osservazioni di per sé possono solo fornirci la descrizione di un cambiamento, ma non una sua “spiegazione”. Per ottenere ciò, occorre inquadrare questi dati in uno schema esplicativo che faccia uso di teorie ed esperimenti.

E’ facile vedere come il funzionamento della “macchina climatica” dipenda dall’interazione di vari “pezzi”: l’atmosfera, gli oceani, i ghiacci continentali e marini, la biosfera, ecc.. Ma, mentre le singole componenti possono essere studiate in un laboratorio reale (ad esempio l’aria con la sua umidità e i passaggi di stato, ma anche con i gas serra che assorbono la radiazione infrarossa), quando vogliamo ricostruire la complessità delle interazioni tra i vari pezzi, questo non siamo in grado di farlo in laboratorio.

Così, come per altri sistemi complessi, gli scienziati che studiano il clima si sono dotati di veri e propri “laboratori virtuali” dove mettere alla prova le proprie conoscenze: si tratta dei modelli climatici che “girano” sui più potenti supercomputer oggi esistenti. Con questi modelli si tenta di simulare il funzionamento della macchina climatica: si può vedere che ora abbiamo modelli in grado di ricostruire ciò che è avvenuto in passato nella realtà. La

¹ I punti di vista espressi sono quelli degli autori e come tali non necessariamente riflettono l’opinione di EcoOne che non è responsabile per l’utilizzo delle informazioni qui contenute.

² IPCC (2007), Climate change 2007: the physical science basis, Cambridge University Press. Liberamente scaricabile da www.ipcc.ch.



nascita dei modelli al calcolatore costituisce una vera e propria rivoluzione nella moderna scienza della complessità.³

Anche se la dinamica del clima è estremamente complessa, oggi siamo in grado di capire come certe influenze considerate esterne al sistema (che chiameremo “forzanti”), come le variazioni di radiazione proveniente dal Sole e gli influssi umani, facciano mutare il comportamento climatico. In particolare, certi “esperimenti numerici” fatti con i nostri modelli ci indicano che gli influssi umani (le cosiddette “forzanti antropogeniche”) sono proprio quelli che hanno determinato in massima parte l’andamento del recente riscaldamento globale. Tra queste forzanti, insieme ai cambiamenti nell’uso del suolo, alla deforestazione e all’immissione di inquinanti in atmosfera, un posto di primo piano hanno le emissioni di alcuni gas, come l’anidride carbonica, che hanno la proprietà di “intrappolare” il calore nei bassi strati dell’atmosfera con un effetto oggi noto come “effetto serra”.

Una volta validati sul passato, i nostri modelli ci danno la possibilità di derivare scenari climatici futuri a partire da ipotesi sull’andamento delle forzanti antropogeniche nel prossimo futuro. In particolare, a partire da vari scenari di emissione ipotizzati per questo secolo appena iniziato si è in grado di giungere a stime per la temperatura media globale. Si vede chiaramente che, se vogliamo rallentare e infine fermare il riscaldamento globale, dovremo agire in modo da diminuire le nostre emissioni di certi gas, detti “gas serra”.

Ma è così importante il riscaldamento di un paio di gradi centigradi? Ebbene, bisogna capire come tutto ciò influenzi i territori e gli ecosistemi sulla Terra. Tramite modelli che “traducono” il riscaldamento globale e i cambiamenti nelle precipitazioni in “impatti” sul territorio, sugli ecosistemi e sulla società umana, si vede che molti sistemi vengono perturbati, talvolta in maniera irreversibile, anche da cambiamenti climatici che, a prima vista, potrebbero apparire piccoli.⁴

La produzione di energia e l’emissione di gas serra

In termini di riscaldamento indotto, il gas che oggi lo influenza di più è l’anidride carbonica

³ Vedi, ad esempio, A. Pasini (2003), I cambiamenti climatici: meteorologia e clima simulato, Bruno Mondadori Editore. Edizione inglese riveduta e corretta: A. Pasini (2005), From observations to simulations: a conceptual introduction to weather and climate modelling, World Scientific Publishers.

⁴ Per un libro che tratti anche delle nostre conoscenze degli impatti, soprattutto nell’area del Mediterraneo e in Italia, si veda, ad esempio, A. Pasini (a cura di) (2006), Kyoto e dintorni: i cambiamenti climatici come problema globale, Franco Angeli Editore.



(CO₂). Dato che essa viene prodotta in qualsiasi combustione e la nostra civiltà si è evoluta proprio creando energia col “bruciare” combustibili fossili, è chiaro che, se vogliamo raggiungere lo scopo di evitare gli effetti più deleteri del cambiamento climatico futuro, dovremo ripensare il nostro modo di produrre l’energia.

Si stima che oltre l’80% delle emissioni antropogeniche di CO₂ e altri gas serra sia dovuto all’uso di fonti energetiche e circa il 30% deriva dalla produzione diretta di elettricità. Dunque è importante calcolare queste emissioni e confrontare, a parità di energia prodotta, i vari modi di produzione, per capire quali di questi abbiano la maggiore intensità di emissione e quali, invece, siano i meno “inquinanti”.

Con questo scopo, si è elaborato un indice che permette di raccogliere in un solo dato il tasso di questo “inquinamento” che va ad alterare il clima. Si considera la concentrazione dei vari gas serra e il “potere riscaldante” di una loro quantità standard. Si trova che la CO₂ ha un potere riscaldante relativamente basso rispetto ad altri gas serra, ma è presente in grande quantità.

A questo punto si calcola il riscaldamento effettivo derivante da tutti i gas serra e si “fa finta” che sia dovuto tutto ad una CO₂ equivalente (CO₂eq).

In altre parole, la CO₂ equivalente è la concentrazione di CO₂ che da sola causerebbe lo stesso riscaldamento che in realtà è dovuto alla somma di tutti i gas serra.

Ciclo di vita e impronta di carbonio

Se consideriamo una centrale (di qualsiasi tipo) che produce energia elettrica, si è soliti pensare alle emissioni di CO₂ (e altri gas) durante il funzionamento della centrale (emissioni dirette). In realtà anche altre fasi della vita di una centrale contribuiscono alle sue emissioni totali. Si pensi, ad esempio, all’energia spesa (e dunque ai gas serra emessi) durante la fase di costruzione della centrale, o, per quelle centrali che utilizzano combustibili fossili, durante l’estrazione, il trasporto e la raffinazione. Anche il funzionamento della centrale richiede energia e produce le relative emissioni, come pure la fase di smantellamento della stessa.

Insomma, bisogna considerare non solo la fase di attività emissiva diretta di una centrale, ma tutto il suo ciclo di vita. In generale, per le centrali che bruciano combustibili fossili le emissioni dirette sono dominanti, mentre per le altre pesano molto le emissioni “indirette”.



Ma come si possono confrontare le emissioni di diversi modi di produrre energia ed elettricità? Esiste una grandezza che permette questo confronto in una maniera standardizzata: si tratta dell'impronta di carbonio (carbon footprint).

Per impronta di carbonio totale di una centrale si intende l'ammontare totale di CO₂ e altri gas serra emessi su tutto il ciclo di vita della centrale stessa. Tuttavia, si è soliti misurare l'impronta di carbonio in relazione ai kWatt-ora di elettricità generata. In tal modo, l'impronta di carbonio è misurata in gCO₂eq/kWh.

Un confronto effettivo

Come già accennato, le impronte di carbonio delle centrali che utilizzano combustibili fossili sono dominate dalla fase produttiva. Il combustibile che produce più carbonio è indubbiamente il carbone: l'impronta di carbonio di queste centrali raramente scende sotto i 1000 gCO₂eq/kWh. Appena sotto si pongono le centrali a petrolio e olio combustibile: queste centrali si attestano sui 650 gCO₂eq/kWh. Un po' più "ecologico" appare il gas naturale, le cui centrali hanno un'impronta media di circa 500 gCO₂eq/kWh.

Tutto ciò per le centrali convenzionali. Nelle cosiddette tecnologie "a basso tasso di carbonio", invece, le emissioni più grandi vengono da fasi del ciclo di vita diverse da quella della produzione diretta di energia. Vediamo brevemente l'impronta di carbonio delle principali tecnologie alternative a quelle utilizzate nelle centrali a combustibili fossili.

Quando si parla di biomasse, si dice solitamente che il fatto di bruciarle per ricavare energia è a impatto zero sul bilancio delle emissioni, in quanto ciò che viene emesso non è altro che il carbonio precedentemente stoccato nelle piante. Tuttavia, raramente in questi discorsi si considerano le emissioni dovute alla produzione di fertilizzanti, al trasporto delle biomasse, ecc. Effettuando tutte queste stime, si valuta l'impronta di carbonio media di una centrale a biomassa in circa 80 gCO₂eq/kWh. Una impronta certo molto più bassa di quella di una centrale convenzionale, ma comunque non nulla.

Inoltre, vorrei usare una parola di cautela per questa stima, in quanto, contrariamente ad altre fonti energetiche, per le biomasse andrebbe calcolata anche la trasformazione del territorio per consentire queste nuove colture. E' chiaro, infatti, che, se il terreno viene sottratto a boschi e foreste, questo cambio di uso del territorio elimina grandi quantità di assorbitori di CO₂ con notevoli conseguenze sul calcolo di una realistica impronta di



carbonio. In sostanza, la valutazione presentata potrebbe essere notevolmente sottostimata.

Una impronta di carbonio mediamente simile a quella che caratterizza le biomasse si ottiene per la produzione di energia elettrica dal geotermico (come quella delle centrali presenti in Toscana) e dai sistemi che sfruttano l'energia delle onde del mare o delle maree, sistemi questi che iniziano ad essere utilizzati nei Paesi dell'Europa settentrionale. Per entrambe queste modalità di produzione ci si attesta sui 75 gCO₂eq/kWh.

I pannelli fotovoltaici utilizzando silicio e le relative centrali hanno un'impronta di carbonio che deriva sostanzialmente dall'energia che si spende per estrarre il silicio dalle sabbie di quarzo ad alte temperature. Inoltre, a parità di materiale, l'energia prodotta da queste centrali dipende dalla latitudine e dal soleggiamento del luogo dove sorge l'impianto, cosicché si può stimare in 45 gCO₂eq/kWh l'impronta media globale, ma, per esempio, in una zona come l'Italia meridionale questa impronta può ridursi anche sensibilmente.

Per quanto riguarda la produzione di energia da centrali idroelettriche, ovviamente gran parte dell'impronta di carbonio viene dalla fase di produzione del materiale per le dighe e dalla loro costruzione effettiva. Durante l'utilizzo, si può notare solo una modesta emissione di metano derivante dalla decomposizione della vegetazione che viene ad essere sommersa dalle acque. Si stima una impronta media di carbonio di queste centrali di circa 25 gCO₂eq/kWh. Esistono anche centrali che sfruttano l'energia dell'acqua di scorrimento in fiumi e ruscelli che, non avendo bisogno di dighe, hanno un'impronta di carbonio ancora più bassa.

Che dire dell'eolico? Qui la quasi totalità delle emissioni deriva dalle fasi di produzione di acciaio e cemento per le torri e per la produzione delle eliche, nonché per la fase di assemblaggio. Si stima una impronta di carbonio media di circa 20 gCO₂eq/kWh.

E infine il nucleare. La sua impronta nella fase di funzionamento è praticamente nulla, mentre si hanno emissioni di carbonio soprattutto durante la fase estrattiva dell'uranio e quando, alla fine del ciclo di vita di una centrale, essa va smantellata. Un'altra parte di emissioni si ha per la costruzione e la gestione dei depositi per le scorie radioattive. In generale, si pensa che le centrali nucleari siano caratterizzate attualmente da una impronta di carbonio di circa 20 gCO₂eq/kWh.

In sintesi, tutte le tecnologie alternative fanno diminuire fortemente l'impronta di carbonio



rispetto alle centrali tradizionali che utilizzano combustibili fossili. In ogni caso, nessuna tecnica può dirsi completamente “carbon free” o “carbon neutral”.

Qualche considerazione sul futuro di queste impronte di carbonio

La situazione appena descritta risente ovviamente dello status tecnologico corrente e potrebbe cambiare nel prossimo futuro. Vediamo qualche esempio.

Innanzitutto, chiaramente, un incremento dell'efficienza di produzione dell'energia potrebbe ridurre la carbon footprint. Inoltre, tutte le centrali in cui si brucia qualcosa (combustibili fossili o biomasse) possono risentire positivamente di una tecnica che si sta cominciando a sperimentare, quella della cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS – carbon capture and storage). Si tratta sostanzialmente di “sotterrare” la CO₂ emessa dalle centrali in depositi esausti di petrolio o in altri siti sotterranei. L'idea nasce dal fatto che in natura esistono cicli di emissione e riassorbimento di anidride carbonica tra atmosfera e superficie (terra/mare), che sono sostanzialmente ben bilanciati. Il vero sbilanciamento del sistema lo apportiamo noi, estraendo petrolio dal sottosuolo, bruciandolo in aria e non reimmettendo niente nel sottosuolo stesso. Con il CCS si cercherebbe di riequilibrare questo sbilanciamento dovuto all'uomo...

Ovviamente la tecnica è ancora piuttosto sperimentale, i costi sono notevoli, ecc.. Nonostante questo, i benefici che si intravedono sembrano comunque considerevoli. Tanto per fare un esempio, l'impronta di carbonio di una centrale a carbone potrebbe scendere da 1000 a 150 gCO₂eq/kWh. Per quanto riguarda le centrali a biomasse, la loro impronta potrebbe diventare addirittura negativa.

Tutto ciò porterebbe ad una riduzione della carbon footprint durante la fase di produzione diretta di elettricità. Ma anche le altre fasi del ciclo di vita di una centrale possono essere influenzate nel prossimo futuro. Ad esempio, se la produzione di materiali da costruzione e tutte le altre fasi del ciclo di vita di una centrale fossero “alimentate” energeticamente da modi di produzione a basso impatto di carbonio, anche l'impronta di carbonio della centrale stessa sarebbe minore. Ovviamente, di tutto ciò si risentirebbe maggiormente per quei modi di produzione di elettricità per cui pesano molto le fasi non direttamente produttive.

Così, anche per le centrali ad energie alternative si può intravedere una diminuzione



futura della loro già bassa impronta di carbonio.

Un discorso a parte va fatto per il nucleare. In questo settore si sta cominciando a risentire di difficoltà nell'estrazione e nel trattamento dell'uranio, affinché esso possa essere di una qualità utilizzabile nelle attuali centrali. In particolare, si prevede che in futuro il raggiungimento di questi standard richiederà un maggior uso di energia nei due stadi dell'estrazione e della lavorazione dell'uranio. Ciò potrebbe portare ad un incremento dell'impronta di carbonio per le centrali nucleari.

Alcune considerazioni conclusive

In generale, siamo abituati a pensare alla produzione di energia (soprattutto elettrica) come ad un'attività accentrata in grosse centrali. E, in effetti, così è avvenuto nel modello di sviluppo del mondo moderno: tutto ciò, in particolare, ha consentito il sorgere dell'industria pesante, che ha bisogno di grandi quantitativi di energia disponibile su piccole porzioni del territorio. Ma le cose oggi stanno cambiando. Soprattutto nei Paesi occidentali, infatti, l'industria sta diventando sempre meno energivora e i settori che più utilizzano energia stanno diventando i trasporti e, soprattutto, il civile (abitazioni, scuole, negozi, centri commerciali, uffici, ecc.).

Allo stesso tempo è chiaro che per produrre l'energia di una centrale convenzionale o di una centrale nucleare occorrono molte centrali fotovoltaiche o eoliche, con vasto utilizzo del territorio. In pratica, queste centrali non possono competere in termini di quantità di energia prodotta pro-capite con quelle più tradizionali... Ma, chiediamoci: è proprio questo il modo più corretto per utilizzare le risorse alternative?

Insomma, se oggi c'è meno bisogno di grosse centrali per l'industria, non sarà il caso di pensare ad una produzione di energia anche distribuita piuttosto che esclusivamente accentrata? Il civile può ampiamente divenire autosufficiente con pannelli fotovoltaici, mini-eolico, pannelli solari per l'acqua calda... Nei prossimi anni oltre un terzo dell'energia prodotta sarà probabilmente utilizzata nel civile: produrre questa porzione di energia con una bassa impronta di carbonio potrà contribuire in grande misura alla stabilizzazione dei gas serra in atmosfera. Inoltre, una produzione distribuita è senz'altro più auspicabile in termini di autosufficienza, di risparmio, di libertà da condizionamenti di lobby di vario genere e di equità e pace a livello internazionale: si pensi alle tensioni per il possesso

(diretto o indiretto) dei territori petroliferi...

E ancora, il problema nucleare. Anche qui non ci si può limitare a considerazioni puramente emissive. Il costo del nucleare appare ancora alto, sia in termini economici di costo effettivo del kWh prodotto, sia in termini di inevitabile militarizzazione del territorio in un periodo in cui il terrorismo può vedere le centrali come un obiettivo di attacco, sia, infine, in termini di sicurezza della nostra e delle future generazioni, soprattutto relativamente al problema del trasporto e dello stoccaggio delle scorie nucleari.

E infine, le biomasse. Oltre al problema già evidenziato della possibile deforestazione per far spazio a queste colture, c'è anche da considerare la probabile conflittualità tra la produzione di biocarburanti e quella per alimenti: i territori sono finiti e forse non c'è spazio per tutto... Possiamo permetterci un mondo in cui le colture per biocarburanti crescano a scapito di altre colture che servirebbero ad alimentare la popolazione? E se questo avvenisse in Paesi in cui si è già al limite o al di sotto del livello di sussistenza?

In breve, credo che le considerazioni tecniche che ho cercato di presentare in questa relazione debbano essere la base per discutere dei modi futuri di produzione dell'energia, ma la decisione finale andrà cercata considerando anche dei principi etici e la possibilità di andare verso un modello di sviluppo più equo e sostenibile.

Il raggiungimento del picco massimo di estrazione del petrolio, che avverrà probabilmente nei prossimi anni, ci spinge a non dilazionare decisioni strategiche per il futuro dell'umanità. In questo momento, in cui la negoziazione internazionale è in fase di stallo e le politiche ambientali nazionali risultano spesso ambigue, molto dipenderà dal crescere dal basso di una coscienza del problema che porti a spingere per determinate decisioni politiche, ma anche dal nascere di iniziative economiche virtuose e da azioni locali di piccoli gruppi o addirittura di singoli.

I problemi relativi ai cambiamenti climatici e alla produzione di energia si risentono sia a livello globale che locale. Questi problemi andranno certamente risolti con l'impegno per l'equità e l'unità di tutte le popolazioni negli accordi internazionali, ma anche a livello di singole comunità.