

L'impronta del carbonio

Il tema della rimozione della CO₂ e più in generale della decarbonizzazione dell'economia mondiale, impone un approccio in grado di coniugare le strategie di lungo periodo con la realistica valutazione delle capacità degli ecosistemi e dei sistemi economici di reagire ai cambiamenti

È un'impronta pesante quella del carbonio. L'espressione inglese Carbon Footprint rende bene l'idea di qualcosa che pesa sull'ambiente, che schiaccia e riduce le possibilità di sviluppo di un ambiente che sia adatto ad ospitare e a far fiorire le varie forme di vita presenti sul Pianeta e soprattutto ad alimentare la vita umana e la convivenza sociale in tutte le sue molteplici espressioni. Sui dati che fotografano la situazione della nostra atmosfera e misurano il tasso di carbonio presente a livello globale si possono sempre fare rilievi critici e invocare una maggior precisione (come del resto si può fare per qualunque indagine scientifica che è sempre suscettibile di revisione e perfezionamento): è tuttavia difficile minimizzare l'allarme che diversi soggetti ed enti di ricerca lan-

ciano da tempo segnalando livelli di presenza in atmosfera dei cosiddetti gas serra, e in particolare della CO₂, crescenti e inaccettabili per un'equilibrata sopravvivenza della maggior parte degli ecosistemi. L'indicatore sintetico di tale situazione è la Carbon Footprint che, seguendo quanto indicato nel sito del Ministero dell'Ambiente, è "una misura che esprime in CO₂ equivalente il totale delle emissioni di gas a effetto serra associate direttamente o indirettamente a un prodotto, un'organizzazione o un servizio".

In conformità al Protocollo di Kyoto, i gas ad effetto serra da includere sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄), protossido d'azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFCs), esafluoruro di zolfo (SF₆) e perfluorocarburi (PFCs). La tCO₂e (tonnellate di CO₂ equivalente) permette di esprimere l'effetto serra prodotto da questi gas in riferimento all'effetto serra prodotto dalla CO₂, considerato pari a 1. La misurazione della carbon footprint di un prodotto o di un processo richiede in particolare l'individuazione e la quantificazione dei consumi di materie prime e di energia nelle fasi selezionate del ciclo di vita dello stesso. "A questo proposito l'esperienza degli ultimi anni suggerisce che il label di Carbon Footprint è percepito dai consumatori come un indice di qualità e sostenibilità delle imprese.

Le aziende, oltre a condurre l'analisi e la contabilizzazione delle emissioni di CO₂, si impegnano a definire un sistema di carbon management finalizzato all'identificazione e realizzazione di quegli interventi di riduzione delle emissioni, economicamente efficienti, che utilizzano tecnologie a basso contenuto di carbonio. Le misure di riduzione possono essere integrate dalle misure per la neutralizzazione delle emissioni (carbon neutrality), realizzabili attraverso attività che mirano a compensare le emissioni con misure equivalenti volte a ridurle con azioni economicamente più efficienti o più spendibili in termini di immagine (ad esempio piantumazione di alberi, produzione di energia rinnovabile ecc.).

Il ciclo del carbonio

Per parlare di Carbon Footprint è opportuno riprendere brevemente i fattori che determinano il contenuto di CO₂ nell'atmosfera e che sono collegabili al complesso ciclo del carbonio. Il ciclo globale del carbonio in genere si distingue in una componente geologica e in una biologica. Il ciclo geologico, o a lungo termine, opera su una scala di tempo dell'ordine dei milioni di anni, mentre il ciclo biologico si svolge in tempi che possono andare da qualche giorno a migliaia di anni. Nella sua globalità questo ciclo trasferisce continuamente CO₂ dall'atmosfera all'oceano, da qui al mantello terrestre e da lì nuovamente all'atmosfera; da notare il ruolo fondamentale degli oceani, sia sul breve sia sul lungo periodo, in quanto essi possono sia assorbire, sia rilasciare la CO₂: gli oceani costituiscono in effetti un'enorme riserva di carbonio, stimata a circa 60 volte quella che si trova nell'atmosfera. Il ciclo biologico è il fondamento della vita, che sulla Terra si mantiene tramite i processi della fotosintesi e della respirazione. La fotosintesi, operata dalle piante con l'apporto energetico della luce solare, produce, a partire dall'acqua e dalla CO₂ atmosferica, carboidrati (zuccheri) e ossigeno; gli zuccheri vengono poi ossidati nel processo di respirazione, operato da tutti gli esseri viventi, sia vegetali che animali. Le attività umane, specie quelle agricole e di utilizzo dei combustibili fossili, tendono ad alterare il ciclo a breve termine, e in effetti il contenuto di CO₂ dell'atmosfera sembra in continua crescita, a partire da circa la metà dell'800, e specialmente negli ultimi 50 anni.

Globalmente si stima che le emissioni naturali di carbonio, prodotte da fotosintesi, decomposizioni e respirazione degli organismi viventi ammontino annualmente a circa 150 Gton/anno (miliardi di tonnellate/anno), mentre quelle legate ad attività umane ammontino attualmente a 6-8 Gton/anno, 5-6 delle quali dovute all'utilizzo dei combustibili fossili. Questi valori sono da comparare con il contenuto stimato di carbonio in tutta l'atmosfera, pari a circa 700 Gton. L'origine antropica dell'aumento recente della CO₂ atmosferica è riconoscibile dalla variazione dei rapporti fra gli isotopi del carbonio in essa contenuti; in effetti il rapporto fra il contenuto degli isotopi ¹³C e ¹²C è minore nella CO₂ prodotta dalla combustione di combustibili fossili, e la diminuzione di questo stesso rapporto nella CO₂ atmosferica indica che quella immessa è prevalentemente di origine antropica. Secondo alcuni autori l'aumento della concentrazione atmosferica della CO₂ sarebbe però correlato anche all'aumento in atto della temperatura media terrestre, che ne pro-

vocherebbe il rilascio prevalentemente dagli oceani e dalle zone artiche a permafrost. Anche il metano viene prodotto sia da attività naturali (fermentazione, digestione ecc.) sia da attività antropiche quali l'estrazione e il trasporto di gas naturale e di carbone; la concentrazione di metano in atmosfera è anch'essa aumentata sensibilmente, ma a differenza della CO₂ negli ultimi anni la tendenza si è livellata e i valori si sono stabilizzati.

Lo stato del Pianeta

La situazione del nostro Pianeta, per quanto riguarda le condizioni dell'atmosfera e più in generale per tutte le problematiche connesse con il cambiamento climatico e la conseguente situazione energetica, sono descritte nei rapporti dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) che ha il compito di raccogliere, confrontare ed elaborare i rilevamenti, le indagini e i numerosi studi specialistici svolti nei diversi centri pubblici e privati nel mondo per offrire ai decisori economici e politici le basi su cui programmare e decidere. Gli ultimi rapporti confermano, con un buon grado di confidenza, le tendenze osservate nelle precedenti edizioni, riassume qui di seguito.

- Nei tre decenni scorsi la superficie della Terra si è riscaldata gradualmente e il trentennio appena passato è stato per l'emisfero Nord il più caldo degli ultimi 1.400 anni.
- La concentrazione atmosferica di CO₂, di metano e di altri gas serra ha raggiunto livelli che non hanno visto precedenti negli ultimi 800.000 anni. L'anidride carbonica è cresciuta del 40% rispetto al periodo pre-industriale. Questa crescita è da attribuirsi primariamente all'uso dei combustibili fossili e secondariamente alla deforestazione; l'effetto complessivo è di apportare un sovrappiù di energia nel sistema climatico (forcing radiativo); il forcing radiativo di origine antropica è cresciuto del 43% nei cinque anni intercorsi tra il 4° e il 5° rapporto Ipcc.
- Il tasso medio di risalita annuale del livello del mare è aumentato negli ultimi 2.000 anni; in particolare, dal 1901 al 2010 è stato stimato un aumento di 19 cm.
- L'aumento di energia provocato dal riscaldamento globale nel periodo 1971-2010 si è accumulato per il 90% nell'oceano (alta confidenza).

Naturalmente, come si è accennato, la ricerca procede e nuovi elementi possono confermare o modificare il quadro via via delineato. Ad esempio, è vero che le emissioni di anidride carbonica dovute alle attività umane sono cresciute costantemente dall'inizio della rivoluzione industriale, ma il tasso di incremento ha subito variazioni nel tempo. Uno studio pubblicato nei mesi scorsi su Nature Communications da un gruppo del Lawrence Berkeley Laboratory ha esaminato sul periodo 1960-2012 i meccanismi con cui la biosfera e gli oceani assorbono circa la metà della CO₂ emessa dalle attività umane, misurando la variabilità con cui avviene tale assorbimento e che dipende da fenomeni globali che incidono sull'atmosfera, come eruzioni vulcaniche, variabilità climatica naturale, o eventi come El Nino, il riscaldamento delle acque del Pacifico che si verifica in media ogni cinque anni in dicembre e gennaio. Applicando speciali modelli matematici allo studio della crescita della vegetazione, hanno tro-

vato che l'incremento della CO₂ atmosferica ha aumentato la fotosintesi clorofilliana, mentre il rallentamento nella crescita delle temperature globali ha ridotto la respirazione (il processo con cui le piante di notte rilasciano CO₂); i loro risultati mostrano che, tra il 2002 e il 2014, la vegetazione ha assorbito più CO₂ rispetto alla media, rallentandone il tasso di accumulo in atmosfera del 2,2% l'anno.

È un rallentamento probabilmente temporaneo, che non risolve certo il problema del cambiamento climatico e che non riduce l'urgenza di intervenire con politiche di mitigazione e adattamento. Mantengono perciò tutta la loro validità i programmi e i progetti di riduzione della Carbon Footprint, consacrati anche dagli accordi sottoscritti dalla maggior parte dei Paesi dopo la COP21 di Parigi e la successiva COP22 di Marrakesh che hanno prospettato una serie di interventi e di modalità attuative finalizzati all'obiettivo di avere una concentrazione di gas serra in linea con un aumento di temperatura media della superficie terrestre che non superi i +2 °C.

Si può discutere sul realismo e sulla raggiungibilità di tale obiettivo ma resta la necessità di trovare soluzioni perché nei prossimi decenni la concentrazione di queste sostanze climalteranti possa diminuire.

E le soluzioni vanno fondamentalmente in due direzioni: da un lato produrre gas serra in quantità minori, dall'altro rimuovere dall'atmosfera più CO₂ di quanta non venga assorbita attraverso i cicli naturali (cioè generare le cosiddette 'emissioni negative').

Ridurre le emissioni

Una prima strada, sulla linea della riduzione delle emissioni, è quella che punta sull'efficienza energetica di macchine, impianti e costruzioni varie. Va citata per prima anche perché è quella più attuabile dal maggior numero di soggetti, potenzialmente da tutti, e in molti casi richiede, per essere implementata, risorse, tempi e organizzazioni non particolarmente impegnative. Limitandoci all'ambito industriale, bisogna dire che l'efficienza energetica è ormai diventata un must nella progettazione e gestione dei processi produttivi.

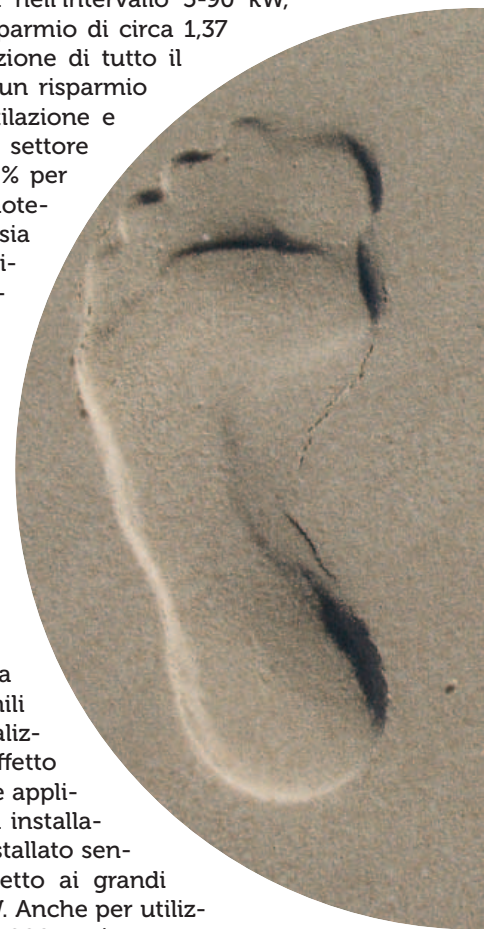
Aumentano gli strumenti e le metodologie disponibili per l'ottimizzazione dei processi industriali, ma soprattutto migliora l'efficienza dei motori elettrici che rappresentano i tre quarti dei consumi elettrici del settore industria. Tale miglioramento è dovuto alla diffusione di modelli più efficienti trainata dall'entrata in vigore del Regolamento 640/2009 e della norma CEI EN 60034-30 che aveva definito le nuove classi di rendimento dei motori asincroni trifase clas-

sificandoli in tre livelli di efficienza energetica: IE1 (efficienza standard), IE2 (efficienza alta e IE3 (efficienza premium). Il Regolamento aveva anche fissato la tempistica per la progressiva immissione sul mercato di motori ad alta efficienza (IE2 e IE3), con il contemporaneo divieto di immissione sul mercato di motori non efficienti: dal 1 gennaio di quest'anno i motori con una potenza nominale compresa tra 0,75 e 375 kW devono avere almeno efficienza IE3, oppure IE2 ma con variatore di velocità.

Uno studio di Confindustria già nel 2010 aveva quantificato i possibili risparmi energetici conseguibili con motori ad alta efficienza in abbinamento a inverter stimando che l'introduzione di circa 1.000.000/anno di motori ad alta efficienza di potenza compresa nell'intervallo 5-90 kW, avrebbe portato a un risparmio di circa 1,37 TWh/anno; l'inverterizzazione di tutto il

potenziale porterebbe a un risparmio del 35% nel settore ventilazione e pompaggio, del 15% nel settore dei compressori e del 15% per le altre applicazioni. Un notevole vantaggio in termini sia di risparmio di energia primaria sia di riduzione delle emissioni viene dai sistemi di cogenerazione. La tecnica cogenerativa "è ormai consolidata, riponendo la propria efficacia su macchinari energetici di lunga e provata affidabilità quali turbine a vapore (sia in regime di condensazione e spillamento o in contropressione), turbine a gas, motori a combustione interna. Simili impiantistiche sono penalizzate da un pronunciato effetto di scala, per cui le piccole applicazioni scontano costi di installazione per kW elettrico installato sensibilmente superiori rispetto ai grandi impianti da decine di MW. Anche per utilizzazioni importanti su 5-6.000 ore/anno, i tempi di ritorno oscillano mediamente intorno ai 4-5 anni, e in questa fase storica i tempi di ritorno attesi dall'imprenditoria sono di almeno la metà" come viene sottolineato da Enea. Quindi "affinché la pratica della cogenerazione si possa affermare strutturalmente in tutti i settori idonei, è richiesta dal mondo imprenditoriale una sostanziosa politica di incentivazione".

Ulteriori vantaggi verrebbero dai sistemi di trigenerazione che favoriscono un pieno utilizzo del calore cogenerato: questo infatti resterebbe inutilizzato nelle stagioni estive ma può invece essere impiegato per alimentare gruppi ad assorbimento per la produzione di freddo per il raffrescamento estivo. Certo, la trigenerazione presenta gli stessi problemi di



redditività della semplice cogenerazione ma in misura accentuata, facendo prevedere tempi di ritorno dell'investimento ancora maggiori. Per una sua ampia diffusione, si ripropone il tema di una decisa politica di incentivazione. La seconda strada, non alternativa a quella dell'efficienza energetica, è quella che fa leva sull'impiego di tecnologie energetiche carbon free, ovvero a basso o nullo contenuto di carbonio. Qui le soluzioni sono molteplici, ci limitiamo a segnalare le notevoli potenzialità delle bioenergie il cui contributo ai consumi di energia in Italia supera l'8% tra le diverse fonti rinnovabili, secondo dati GSE. Le bioenergie sono quelle basate sulle biomasse, intendendo con questo termine il materiale organico di origine animale e

vegetale, non fossile, utilizzato come combustibile per generare energia a elevata compatibilità ambientale. Le fonti di biomassa per

la produzione di bioenergia sono diverse e comprendono reflui organici, residui forestali e scarti agricoli, come pure specie agricole coltivate appositamente per produrre calore, carburanti ed elettricità.

Come ha più volte sottolineato Vito Pignatelli, presidente della Italian Biomass Association (Itabia), la bioenergia costituisce "una fonte rinnovabile continua e programmabile, che può contare su una pluralità di materie prime (biomasse residuali e/o da colture dedicate) e sulla disponibilità di tecnologie mature e affidabili: calore da biomasse solide, elettricità da biomasse, biogas e bioliquidi, biocarburanti da colture dedicate. La bioenergia è, tra le fonti rinnovabili, quella più strettamente legata al territorio, inteso in senso sia fisico, sia socio-economico. Essa concorre, infatti, alla protezione dell'ambiente naturale attraverso il recupero e la valorizzazione di scarti e residui e può facilitare il recupero/ripristino di terreni marginali e/o degradati con l'introduzione di colture destinate alla produzione di energia e agire da volano per una corretta gestione del patrimonio boschivo".

Da notare che la ricerca sta mettendo a disposizione nuove tecnologie e processi per la valorizzazione di biomasse e rifiuti con riduzione al minimo degli impatti ambientali: ci sono

processi avanzati di digestione anaerobica per la produzione di biogas ad alto contenuto di metano, idrometano e biidrogeno e in grado di utilizzare una vasta gamma di materie prime; si progettano bioraffinerie con un'offerta più articolata di prodotti, non solo energetici; si studia l'integrazione delle bioenergie con altre fonti rinnovabili; si producono, a costi che stanno diventando competitivi, biocarburanti di nuova generazione, noti come drop-in, che si possono utilizzare come sostituti diretti di quelli fossili o integrati con essi senza la necessità di apportare modifiche ai motori o alle reti di distribuzione.

Rimuovere l'eccesso di CO₂ dall'atmosfera

La rimozione della CO₂ dall'atmosfera è una soluzione studiata da tempo per la mitigazione dei cambiamenti climatici e rientra in un campo di ricerche e applicazioni tecnologiche noto come georingegneria. Si parla di tecniche di cattura e sequestro del carbonio (Carbon Capture and Storage, CCS) o più in generale di strategie per la rimozione della CO₂ (Carbon Dioxide Removal, CDR). Le soluzioni per la CDR comprendono approcci connessi alle azioni di rimboschimento e approcci chimici, quali la cattura diretta della CO₂ dall'atmosfera o l'attivazione di reazioni della stessa con dei minerali per formare carbonati.

Le tecnologie CCS permettono di separare la CO₂ emessa dagli impianti alimentati a combustibili fossili e di neutralizzarla in maniera definitiva andando a stoccarla nel sottosuolo in formazioni geologiche adeguate a profondità superiori agli 800 m. Notevole interesse sta stando la bio-energy with CCS, ovvero la possibilità di produrre bioenergia abbinata al CCS: molti scienziati sottolineano che l'uso di biomassa per la produzione di energia in combinazione con la cattura e stoccaggio del carbonio è meno costoso delle opzioni chimiche, purché ci sia una sufficiente biomassa come materia prima. Non mancano gli aspetti delicati anche in questo tipo di progetti. In particolare si devono valutare bene le questioni legate alla sostenibilità dell'impiego su larga scala delle biomasse come fonte energetica; lo sfruttamento della bioenergia può entrare in conflitto con l'uso del suolo per la produzione alimentare o con le azioni di protezione degli ecosistemi.

D'altra parte le ricerche nel campo della georingegneria si intensificano e nuove idee vengono sperimentate e vagliate. Il tema della rimozione della CO₂ e più in generale della decarbonizzazione dell'economia mondiale, impone un approccio in grado di coniugare le strategie di lungo periodo con la realistica valutazione delle capacità degli ecosistemi e dei sistemi economici di reagire ai cambiamenti. Si tratta perciò di sviluppare un'attitudine al lavoro multidisciplinare, in grado di mettere insieme punti di vista diversi e necessari allo studio di temi così complessi.

Tecnologie come le CDR possono effettivamente svolgere un ruolo efficace nel ridurre le emissioni di gas serra se vengono applicate in modo integrato con altre strategie di mitigazione, evitando che i benefici prodotti dalla rimozione di CO₂ dall'atmosfera vengano superati da altre conseguenze negative sul piano ambientale e sociale, quali l'eccessivo sfruttamento di suolo e risorse idriche o il rilascio della stessa CO₂ da parte degli oceani.



Foto tratta da www.pixabay.com