

## Utilizzo sostenibile delle risorse

### Risorse e sostenibilità

Quando l'utilizzo di una risorsa naturale può dirsi sostenibile?

In generale possiamo dire che una risorsa naturale è utilizzata dall'uomo in modo sostenibile quando, conoscendo la sua capacità di riprodursi (si pensi ai pesci come risorsa naturale) o di mantenere determinate qualità (ad esempio la purezza dell'aria che respiriamo), non si eccede nel suo sfruttamento oltre una determinata soglia. Quando l'uso di una risorsa supera questa soglia, significa che si va incontro a un suo progressivo e pericoloso impoverimento o in termini di quantità (la popolazione globale dei pesci scende ad un limite tale al di sotto del quale è destinata a scomparire la specie) o in termini di qualità (l'aria è talmente inquinata che diventa irrespirabile e causa gravi malattie agli esseri viventi). Se questo "impoverimento" della risorsa naturale è definitivo (scomparsa della specie), si dice che si è provocato un danno "irreversibile", ovvero non si può più tornare sui propri passi e riportare in vita la specie.

L'impoverimento è detto invece "reversibile" se si può tornare indietro e recuperare la risorsa naturale (l'aria inquinata può tornare respirabile se non emettiamo più sostanze inquinanti).

In realtà, il concetto di sostenibilità può applicarsi solo alle risorse naturali rinnovabili che si riproducono in tempi "a misura d'uomo" (ad esempio, la legna da ardere). Per le risorse non rinnovabili, come i combustibili fossili, è meglio parlare di sfruttamento ottimale. Ovvero possiamo fare in modo di utilizzarle in modo efficiente (facendole durare il più a lungo possibile) e trovare nel frattempo tecnologie che consentono di sfruttare risorse alternative in loro sostituzione, magari dotate della caratteristica della "rinnovabilità" (ad esempio sostituire in futuro l'energia prodotta dai combustibili fossili con l'energia solare, fonte rinnovabile).

### La questione energetica

Lo sviluppo della nostra società è legato ai consumi di energia. Senza l'energia l'uomo non sarebbe riuscito a raggiungere l'attuale livello di benessere e qualità della vita. Senza la disponibilità di sufficienti risorse energetiche lo sviluppo economico futuro sarebbe compromesso. Nonostante i recenti rincari, l'energia resta ancora "a buon mercato". Tutti noi siamo pertanto abituati a consumarne quantità enormi quasi senza riflettere, questo perché non siamo consapevoli dei nostri effettivi bisogni. Il panorama energetico mondiale vede riserve energetiche costanti, prezzi relativamente stabili, ma orientati alla crescita, domanda in forte aumento, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo. Me le fonti d'energia finora maggiormente utilizzate, i combustibili fossili, hanno anche un rovescio della medaglia. Innanzitutto sono destinate prima o poi a finire. Certamente le riserve accertate di combustibili fossili sono gradualmente aumentate nel corso degli ultimi 25 anni, grazie al ritrovamento di nuovi giacimenti e al maggiore sfruttamento dei depositi già esistenti, resi possibili dalle moderne tecnologie. Contrariamente a quanto si pensava alla fine degli anni Settanta, un esaurimento fisico di queste risorse "fossili", anche se certo, non è imminente; possiamo contare ancora su alcuni anni (circa 110 per il carbone, 58 per il gas naturale, 51 per il petrolio) per sviluppare fonti di energia alternative. Il problema quindi è solo rimandato, ma non di molto! Un altro problema fondamentale è che i combustibili fossili costituiscono, in molti casi, fonte di inquinamento dell'ambiente, in particolare dell'aria.

A questo problema si somma quello della disparità, tra diverse nazioni, del livello di benessere raggiunto. La distribuzione dei consumi di energia è molto anomala: il 20% della popolazione mondiale (quella dei Paesi più ricchi) utilizza l'80% dell'energia prodotta. Questa situazione è in forte contrasto con i fondamentali principi di equità tra i popoli, di sviluppo sostenibile e di qualità globale della vita.

Paesi come l'Africa o l'India sono attualmente molto poveri (il reddito per persona, in alcune zone, è ampiamente al di sotto del livello di sussistenza), ed aspirano ad aumentare il loro livello di benessere. Per poterlo fare, però, hanno necessità di utilizzare energia in maggiore quantità (per fare funzionare più fabbriche e per garantire luce e riscaldamento sufficienti alle famiglie).

Da dove proverrà questa energia aggiuntiva? Probabilmente, se seguiranno il nostro modello di sviluppo che utilizza in gran parte fonti di energia di tipo fossile, l'impatto sull'ambiente sarà notevole, e, come sostengono molti studiosi, in futuro potrebbero verificarsi gravi alterazioni al clima (il cosiddetto "effetto serra") con conseguenze estremamente

dannose per l'uomo. La conseguenza è l'"insostenibilità" dello sviluppo dal punto di vista ambientale. D'altra parte non si può certamente negare ai paesi poveri un adeguato sviluppo economico e sociale, anche perché gli squilibri economici e sociali esistenti tra nazioni sono fonti potenziali di instabilità politica, di guerre e di forti flussi migratori. Il mantenimento della situazione attuale, o un miglioramento solamente parziale, porterebbe in questo caso ad una "insostenibilità" dello sviluppo dal punto di vista economico e sociale.

Come risolvere questi problemi? Poiché la loro dimensione è internazionale, i paesi del mondo stanno tentando di raggiungere un'intesa, attivando tutte le istituzioni internazionali che possono giocare un ruolo fondamentale.

## Gli effetti ambientali

La questione energetica è nata proprio in relazione a quella ambientale. L'uso dell'energia modifica sensibilmente lo stato dell'ambiente e gli effetti possono essere di natura locale, regionale e globale. In questa prospettiva, valida a livello planetario non meno che a livello nazionale e regionale, fino ad arrivare alla casa di ciascuno di noi, la conservazione dell'ambiente diventa un obiettivo primario da conseguire nello sviluppo dei diversi sistemi energetici.

Per assicurare alle generazioni future il benessere fin qui raggiunto serve un tipo di sviluppo diverso dal passato, uno sviluppo che consumi meglio l'energia (uso razionale), meno energia (tecnologie efficienti e diminuzione degli sprechi) e utilizzi forme sostanzialmente diverse da quelle attuali.

Per quanto riguarda l'ambiente e l'energia, uno dei problemi più importanti e più noto è quello relativo alla riduzione delle emissioni di gas che provocano l'effetto serra, dovute principalmente dalla produzione di energia tramite combustione di carbone, petrolio e gas.

La strada per risolvere questo problema di inquinamento dell'ambiente è ancora lunga, ma le tappe già percorse per raggiungere un accordo a livello internazionale sono molte. Dal 1972 ad oggi, infatti, si sono tenute molte conferenze e sono stati firmati numerosi accordi internazionali relativi alla tutela dell'ambiente, e in molti di essi si sono trattati temi relativi all'utilizzo dell'energia e allo sviluppo sostenibile.

### **Possibili soluzioni**

Si può agire su diversi fronti. In primo luogo i paesi economicamente sviluppati possono ridurre le proprie emissioni da produzione di energia in questi modi:

- migliorando il rendimento dei processi di combustione (meno combustibile bruciato per ottenere lo stesso livello di energia) e riducendo gli sprechi;
- introducendo nuove tecnologie che consentono di "trattenere" gli inquinanti evitando che si disperdano nell'aria;
- sostituendo fonti di energia maggiormente inquinanti con altre meno inquinanti o non inquinanti del tutto (tra queste quasi tutte le fonti rinnovabili). In questo modo il livello di benessere economico di questi paesi non si ridurrebbe, ma si ridurrebbero gli impatti sull'ambiente.

In secondo luogo si possono aiutare i paesi in via di sviluppo fornendo loro le migliori tecnologie attualmente disponibili, quelle che hanno un basso impatto ambientale ed un elevato rendimento.

Rimane comunque il problema dell'esaurimento dei combustibili fossili nel più lungo periodo, vera sfida di "sostenibilità" posta all'uomo, la cui soluzione non può che passare attraverso la ricerca e l'utilizzo su larga scala di fonti energetiche rinnovabili e pulite.

## Gli idrocarburi e i cambiamenti climatici

I combustibili fossili (petrolio, gas e carbone) sono oggi le fonti più utilizzate a livello mondiale per produrre energia, coprendo oltre l'80% dei consumi energetici del pianeta. La loro combustione, però, comporta l'emissione di ingenti quantità di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), la cui crescente concentrazione in atmosfera è considerata causa principale dei cambiamenti climatici.

L'esigenza di soddisfare la crescente domanda mondiale di energia, in particolare quella dei paesi emergenti, va quindi di pari passo con la necessità di contrastare i rischi di impatto sul clima derivanti dall'aumento di CO<sub>2</sub>. Per ridurre le

emissioni di CO<sub>2</sub> possono essere percorse diverse strade. La prima, realizzabile nel breve periodo e immediatamente perseguibile, è quella dell'efficienza energetica, vale a dire l'utilizzo di tecnologie che permettano di consumare meno energia a parità di servizi offerti. Altra possibile soluzione è quella di utilizzare le energie rinnovabili, che attualmente ricoprono un ruolo ancora modesto. Infatti, le biomasse e i materiali assimilati (sostanze legnose, rifiuti, ecc) ricoprono il 10% del fabbisogno energetico totale, l'idroelettrico il 2%, mentre le altre rinnovabili (solare, eolico, geotermico, ecc), pur essendo in forte crescita, soddisfano solo l'1% della domanda mondiale di energia. Anche il nucleare rappresenta una possibile soluzione per contrastare il cambiamento climatico, poiché non comporta emissioni di CO<sub>2</sub>. Attualmente il nucleare ricopre il 6% della domanda mondiale di energia, una quota ancora non competitiva con i combustibili fossili.

### **Idrocarburi a confronto**

Tra i combustibili fossili, il metano sembra attualmente essere quello che vedrà un crescente utilizzo nel prossimo futuro, grazie alla sua relativa abbondanza e grazie al fatto di essere relativamente "pulito". La sua molecola è costituita da 4 atomi di idrogeno e uno di carbonio (CH<sub>4</sub>): bruciando, è l'idrocarburo che libera la minor quantità di carbonio per questo è meno dannoso per l'ambiente. Produce emissioni di CO<sub>2</sub> inferiori del 25% rispetto alla benzina, del 16% rispetto al Gpl, del 30% rispetto al diesel e del 70% rispetto al carbone. La sua capacità di formare ozono è inferiore del 80% rispetto alla benzina e del 50% rispetto a gasolio e Gpl. Inoltre, le emissioni della combustione non contengono residui carboniosi, benzene e polveri ultrasottili PM10, a differenza di benzine e gasolio. Tra tutti i combustibili fossili, il metano è sicuramente il più "ecologico". Si prevede che il suo utilizzo sia destinato ad aumentare grandemente nel prossimo futuro.

## **La tecnologia di cattura e sequestro geologico della CO<sub>2</sub> (CCS)**

Dato che le fonti fossili sono destinate a essere protagoniste dello scenario energetico mondiale ancora per molto tempo, occorre agire subito, direttamente sul loro utilizzo, per ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> legate alla loro combustione. La tecnologia CCS (*CO<sub>2</sub> Capture & Storage*) consente di catturare e sequestrare la CO<sub>2</sub> generata dall'impiego delle fonti fossili, riducendo le emissioni in atmosfera.

Per quanto riguarda la **cattura della CO<sub>2</sub>**, esistono tecnologie già note e utilizzate dall'industria petrolchimica e altre sono in via di sviluppo. Allo stato attuale la CO<sub>2</sub> può essere catturata attraverso tre modalità principali:

- **post-combustione:** la cattura post-combustione consiste nella separazione della CO<sub>2</sub> dai fumi generati dalla combustione e preventivamente depurati dagli inquinanti mediante gli attuali sistemi di trattamento. Tale separazione avviene utilizzando un solvente che assorbe la CO<sub>2</sub> a bassa temperatura e la rilascia in seguito per riscaldamento, generando una corrente di CO<sub>2</sub> pressoché pura.
- **pre-combustione:** la cattura pre-combustione consiste nel rimuovere la CO<sub>2</sub> prima della combustione. Il combustibile fossile viene gassificato con ossigeno per generare idrogeno e CO<sub>2</sub>. La CO<sub>2</sub> viene separata, mentre l'idrogeno è utilizzato per la generazione elettrica in un ciclo combinato o per altri usi come vettore energetico.
- **ossi-combustione:** con questa metodologia la combustione dei combustibili fossili è alimentata con ossigeno anziché con aria, generando una corrente gassosa costituita principalmente da CO<sub>2</sub> e vapore d'acqua. Il vapore d'acqua è separato per condensazione e la corrente di CO<sub>2</sub> concentrata può essere compressa e stoccata.

Una volta catturata e compressa, la CO<sub>2</sub> è trasportata attraverso condotte fino al sito di **stoccaggio** e iniettata a profondità di circa un chilometro nel sottosuolo. I giacimenti esauriti di idrocarburi e gli acquiferi salini (corpi idrici profondi con enorme capacità di assorbimento per la CO<sub>2</sub>) sono considerati serbatoi adatti al confinamento geologico permanente dell'anidride carbonica.

La CO<sub>2</sub> è iniettata a pressioni elevate, tali da raggiungere il comportamento cosiddetto "supercritico", vale a dire uno stato assimilabile al gas per la capacità di diffondersi rapidamente negli spazi porosi della formazione geologica, e simile al liquido in termini di densità e quindi di quantità immagazzinabili. Nei giacimenti esauriti di petrolio o di gas la CO<sub>2</sub> va a occupare i pori in cui erano intrappolati gli idrocarburi. Nel caso in cui quantità rilevanti di idrocarburi fossero ancora presenti nel giacimento al momento dell'iniezione, la CO<sub>2</sub> può anche favorire la produzione aggiuntiva di petrolio o gas

(processi di *Enhanced Oil Recovery - EOR* e *Enhanced Gas Recovery - EGR*).

### **Costi e fattibilità**

Nell'effettiva applicazione della CCS rimangono ancora difficoltà da superare legate prevalentemente ai **costi**. Lo stadio iniziale di cattura della CO<sub>2</sub> ha un costo energetico ed economico rilevante, che copre circa l'80% dei costi complessivi della tecnologia. Per agire positivamente su tale fase, è necessario operare su impianti che emettano grandi quantità di CO<sub>2</sub>. La CO<sub>2</sub>, una volta separata, va trasferita al sito di stoccaggio, la cui distanza deve essere contenuta per minimizzare i costi. Per percorsi dell'ordine delle decine di chilometri, il trasporto incide per circa il 15% sul costo totale. Lo stadio finale di iniezione nel sottosuolo rappresenta il 5% del costo complessivo. Questa, tuttavia, è la fase più delicata dal punto di vista della sicurezza e incide significativamente sulla sostenibilità dell'intero processo. L'iniezione di CO<sub>2</sub> è però un processo noto nel mondo petrolifero, che ne conosce bene gli aspetti tecnologici e geologici. Per decenni le compagnie petrolifere, infatti, hanno re-iniettato la CO<sub>2</sub> proveniente dal trattamento di gas acidi in giacimenti di idrocarburi, per mantenere la pressione e sostenere la produzione.

Le conoscenze e l'esperienza maturata dal settore petrolifero possono essere applicate alle tecnologie di cattura e stoccaggio della CO<sub>2</sub>, ad esempio per la scelta dei siti più adatti al sequestro dell'anidride carbonica. Infatti, permette di conoscere le caratteristiche di porosità del sito di stoccaggio, che definiscono il volume potenziale di stoccaggio; valutare le conseguenze sulla stabilità meccanica della formazione geologica e gli eventuali effetti sismici; individuare le caratteristiche delle rocce di copertura per garantire la tenuta nel tempo della CO<sub>2</sub> iniettata.

L'utilizzo di giacimenti acquiferi salini come serbatoi di CO<sub>2</sub> rappresenta un'opzione attualmente meno matura, che richiede lo sviluppo di maggiori conoscenze, non essendo questi bacini così largamente studiati come i giacimenti di idrocarburi. D'altra parte, i giacimenti acquiferi sono presenti anche in aree in cui non sono prodotti petrolio e gas e offrono potenzialità di stoccaggio considerevolmente maggiori rispetto ai giacimenti esauriti o in declino.