

# verso la fine del petrolio

gas, carbone, nucleare, rinnovabili,  
bio-energie : ci basteranno ?



\* Il **Progetto Energia e Sviluppo** è il risultato del lavoro di ricerca, studio e rielaborazione di **Mirco Rossi**, concepito per svolgere attività di divulgazione delle tematiche energetiche tra studenti, insegnanti e pubblico adulto.

Concetti, comparazioni, dati e informazioni sono presentati di continuo tramite immagini per rendere più fruibile e incisiva l'esposizione.

La struttura del Progetto è caratterizzata da elevata flessibilità e permette diverse possibilità di approccio ai temi energetici (la crisi energetica, i combustibili, gli impianti per la produzione elettrica, le energie rinnovabili, la situazione italiana, ecc. ).

Tra il 2003 e il 2007, nelle scuole superiori della Provincia di Venezia, il Progetto Energia e Sviluppo ha registrato la partecipazione di quasi 500 classi e 10.000 tra insegnanti e studenti dell'ultimo anno.

Testi, costruzione e rielaborazione immagini: **Mirco Rossi**  
[mirco.rossi05@libero.it](mailto:mirco.rossi05@libero.it)

*La riproduzione parziale è possibile,  
previa autorizzazione e con le modalità indicate dall'autore*

Gennaio 2008

## **Presentazione**

La presente pubblicazione vuole essere la sintesi di alcuni tratti del percorso proposto dal Progetto energia e sviluppo promosso dalla Provincia di Venezia, Assessorato Attività produttive, e messo gratuitamente a disposizione di tutte le scuole superiori del proprio territorio.

*L'attuale situazione energetica mostra segni di aumentata criticità, con la crescita vertiginosa del prezzo del petrolio che proprio in queste ultime settimane ha superato i 100 dollari al barile; anche se recentemente il tema è oggetto di maggiore attenzione, l'informazione ancora predilige gli aspetti emotivi, che favoriscono soluzioni dettate da convenienze immediate e poco lungimiranti; di conseguenza sfuggono le questioni vere, non più rinviabili per risolvere in modo appropriato e concretamente il problema.*

*In generale, c'è la consapevolezza che le risorse energetiche di natura organica, innanzitutto il petrolio, non sono infinite, che il prezzo dei combustibili cresce con l'aumento della domanda, ma si ritiene che il tutto ci riguardi relativamente e l'esaurimento delle risorse sia di là da venire, in un futuro non prossimo, comunque non di queste generazioni.*

*Spesso assistiamo a prese di posizione poco ancorate alla realtà che non tengono conto della situazione vigente e delle prospettive concrete di breve e medio periodo su questioni molto delicate come le fonti rinnovabili, le nuove centrali e l'energia nucleare.*

*Con il Progetto energia e sviluppo, e con questa stessa pubblicazione cerchiamo di affermare l'importanza del concetto di bilancio energetico, ossia valutare di volta in volta l'energia necessaria per la realizzazione di un oggetto, di un processo, affinché sia ridotto al minimo l'impiego di energia e non si consumi più energia di quella che eventualmente sarà messa a disposizione.*

*Non intendiamo fornire soluzioni semplicistiche e preconfezionate, ma proporre un'impostazione, il più possibile chiara e generale, che possa favorire una maggiore sensibilizzazione dei cittadini, in primo luogo delle giovani generazioni, gli studenti della nostra provincia, circa l'importanza dell'energia, l'effettiva consistenza delle riserve energetiche di vario tipo, la situazione attuale e le prospettive future con gli attuali modelli di vita.*

*Così riteniamo che le esortazioni, sempre più frequenti, al risparmio energetico risulteranno più comprensibili e motivate per modificare i comportamenti sia collettivi che individuali e capire che il mondo ritratto in copertina non è poi così grande.*

Venezia, gennaio 2008

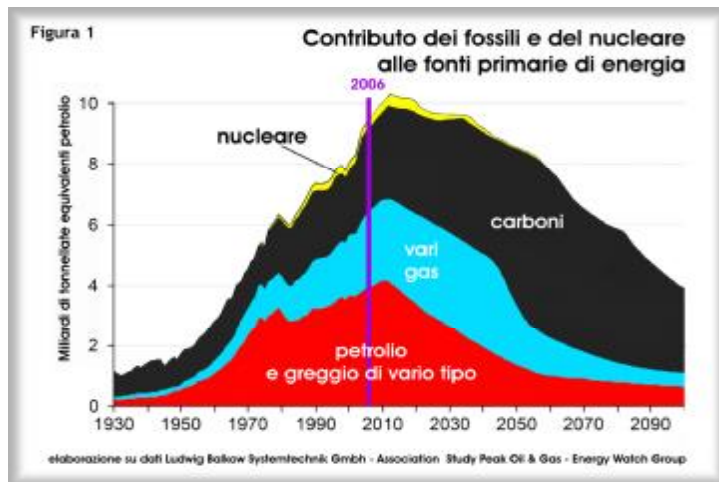
Giuseppe Scaboro  
Assessore provinciale alle Attività produttive

## *Indice*

La situazione e le prospettive	1
L'energia è indispensabile	2
Il motivo "nascosto"	4
Il panorama mondiale	7
I combustibili fossili	9
L'uranio	18
L'energia idroelettrica	20
Il solare fotovoltaico	21
L'energia eolica	23
Biomassa	24
Italia e Veneto	28
Riflessioni conclusive	31
<i>Per approfondire</i>	<i>34</i>

## La situazione e le prospettive

delle principali fonti di energia primaria (cioè disponibile in natura) non rinnovabile, sono riportate nelle prime due figure. La Figura 1 è costruita sulla base di dati consuntivi e di una serie di valutazioni (da più parti considerate piuttosto pessimistiche) sulle prospettive delle riserve accertate dei combustibili tradizionali, elaborate da società ed istituti di ricerca e consulenza



internazionali\*, a partire dagli ultimi dati disponibili. Dopo una lunga crescita si prevede una inversione di tendenza della disponibilità di tutti i combustibili, nell'ordine petrolio, uranio, gas e carboni.

A questo riguardo valutazioni ben più ottimistiche sono sostenute da chi sottolinea la reale difficoltà a individuare tutte le ricchezze della terra, i sicuri progressi della

tecnologia di estrazione, l'impulso alla ricerca dato dall'aumento dei prezzi, la presenza di grandi riserve di combustibili non convenzionali (es. sabbie e scisti bituminosi, idrati di metano).

Non è facile prevedere il futuro, ma tra due incertezze pare più prudente e conveniente ragionare sui dati conosciuti, magari poco ottimistici e di scarsa qualità, piuttosto che su deduzioni basate sulla logica economica e sulla certezza che le nuove tecnologie avranno un effetto decisivo.

Certamente nuovi giacimenti saranno individuati, quantità impreviste saranno estratte spostando in avanti nel tempo i "picchi" di massima produzione; ma ai più sembra inevitabile che il periodo storico caratterizzato da energia largamente disponibile (per parte degli abitanti del pianeta) e a basso costo (tutti pensano il contrario) stia per terminare, anche in seguito alla costante crescita della richiesta da parte dell'intera umanità.

Le popolazioni più ricche mantengono stili di vita altamente energivori, mentre le nazioni più grandi della terra, dopo secoli di stenti, entrano in competizione sul mercato mondiale per procurare a miliardi di persone i quantitativi di energia necessari a migliorare il livello di vita.

Lo scenario disegnato dalla International Energy Agency (IEA)\*\* (Figura 2) fa salire a 17 Miliardi di Tep\*\*\* i consumi globali nel 2030, oltre il 50% in più rispetto ai consumi attuali, in meno di 25 anni. Non è scontato che questa richiesta possa essere soddisfatta né globalmente, né per ciascuna delle fonti, ognuna delle quali solo in parte sostituibile da un'altra nella struttura dei consumi finali.

\* - Ludwig Bolkow Systemtechnik GmbH: società di consulenza tedesca su sistemi e tecnologie correlate all'energia

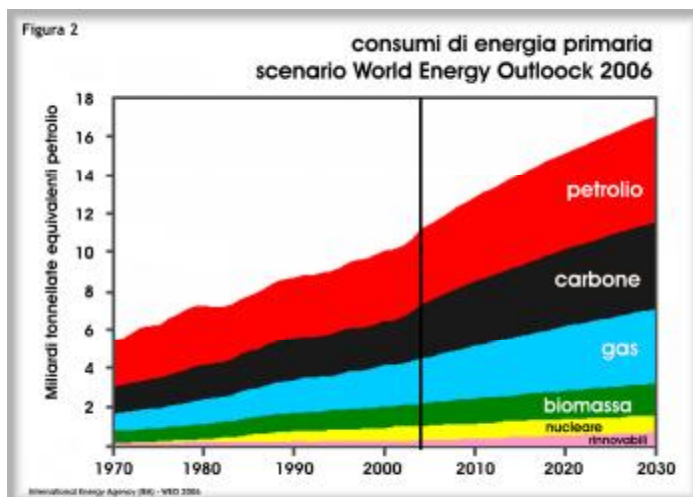
- Association Study of Peak Oil and Gas (vedi nota "ASPO" pag. 13)

- Energy Watch Group: gruppo internazionale, con sede in Germania, composto da scienziati ed esperti indipendenti di energia globale

\*\* IEA: consulente dal 1974 dei 26 paesi più industrializzati per questioni inerenti la sicurezza energetica, lo sviluppo economico e la tutela ambientale

\*\*\* Tep: quantità di energia equivalente a quella di una tonnellata di petrolio

In particolare si può notare che il petrolio mantiene il primato, pur in presenza di forti incrementi del gas e del carbone. La fonte nucleare presenta un tasso di crescita minore, il contributo della biomassa (ora si tratta quasi esclusivamente di legna bruciata localmente) aumenta per le recenti scelte di trasformare cereali in bio-energia, le rinnovabili (idroelettrico in gran parte), pur mantenendo un ruolo complessivo piuttosto limitato, crescono a causa dei massicci sviluppi previsti per l'energia eolica e solare.



Se ne ricava un quadro sconcertante, che dovrebbe suggerire serie riflessioni a cui far seguire decisioni concrete, non rinvii, in modo da incidere tempestivamente nella realtà e nelle possibili dinamiche.

Una larga discussione sembra aperta a ogni livello ma, complessivamente, l'informazione veicolata dai mass-media di tutto il mondo non trasmette all'opinione pubblica il reale significato della fase in cui stiamo vivendo. Il messaggio quasi sempre riguarda un frammento e tace i legami con "il problema" di fondo, comunica emozione, suscita scandalo ma non stimola il bisogno di approfondire; spesso induce all'egoismo o, peggio, rassicura semplicemente per ottenere il consenso dell'interlocutore.

Anche quando capita di leggere interventi confezionati seriamente, resoconti fedeli di convegni, interviste a luminari della scienza e della tecnica, l'informazione è così isolata nel tempo e nello spazio che solo chi segue per lavoro o passione questi temi sa individuare collegamenti, rapporti, confronti, per ricostruire la visione d'insieme della questione energetica: i più non sono messi in condizione di raggiungere un minimo di consapevolezza per poter eventualmente svolgere un ruolo attivo e determinante. Per questo motivo conviene ricordare brevemente un lontano passato.

## L'energia è indispensabile

a qualunque processo. L'uomo, come ogni altro essere vivente, ha necessità di procurarsela con il cibo per sostenere il proprio ciclo biologico.

Principalmente a questo scopo era dedicata l'esistenza dei primi esseri umani che, con una biologia praticamente identica alla nostra, avevano bisogno di soddisfare un fabbisogno del tutto simile a quello di un contemporaneo, cioè circa 2.000 kilocalorie (1 kcal = 1.000 calorie) al giorno per un adulto (Figura 3).

La capacità di dominare il fuoco (conseguita in qualche realtà forse attorno a 1 milione di anni fa) portò grandi benefici, ma costrinse l'uomo a raccogliere la legna per garantirsi la nuova energia.

La situazione rimase senza ulteriori sviluppi energetici per un tempo lunghissimo, tanto che bisogna arrivare alle soglie degli ultimi 10.000 anni per assistere all'impiego dei primi animali addomesticati; solo dopo alcune altre migliaia di anni ritroviamo i primi rudimentali sistemi meccanici in grado di sfruttare le cadute d'acqua e la forza del vento.



Sino all'inizio del XVIII secolo, tutte le civiltà succedutesi hanno saputo svilupparsi, progredire materialmente ed intellettualmente, costruire ogni cosa, comprese le meravigliose opere e gli straordinari oggetti che suscitano ancora la nostra grande ammirazione, potendo disporre come fonti di energia esterna all'uomo solo del legname, della forza animale, del vento e dei salti d'acqua.

E' agli inizi del 1700, infatti, che si verifica un nuovo grande cambiamento nella vita dell'umanità. Si sta ormai esaurendo la "rivoluzione agricola" che aveva cambiato il volto del territorio europeo, riducendo drasticamente la disponibilità della legna quale principale fonte di energia.

Navi, case, palazzi, città, trasporti, opifici, macchine, sono costruiti almeno in parte di legno; la cottura dei cibi, il riscaldamento degli ambienti, la fusione dei metalli consumano enormi quantità di legna. Inoltre i terreni dedicati all'agricoltura e all'allevamento occupano ormai aree molto vaste; di conseguenza le foreste europee sono in alcuni casi profondamente intaccate o scomparse.

Ad esempio ogni anno una fonderia deve essere alimentata con la legna tagliata in decine e decine di chilometri quadrati di bosco: sarebbe impossibile far decollare la "rivoluzione industriale", che ormai si sta profilando, con una fonte energetica in esaurimento. Si comincia a ricorrere al carbone che sino ad allora è stato trascurato per le difficoltà di estrazione.



Per estrarre più agevolmente il carbone l'uomo impara a costruire le prime pompe a vapore e a trasformare per la prima volta l'energia termica in energia meccanica, realizzando congegni che gli permettono di usarla dove ritiene più opportuno.

Qualche decennio più tardi, i gravi problemi ambientali legati all'elevato consumo di carbone nelle grandi città, come Londra o Parigi, e la necessità di offrire soluzioni inedite ai risultati dello

sviluppo tecnologico (es. motore a scoppio, pubblica illuminazione), spingono a valutare con attenzione gli idrocarburi: il gas e il petrolio, da tempo conosciuto come "olio di pietra".

Bisogna giungere però al 1901, quando a Splinetop (USA) i fratelli Hammil riescono finalmente a perforare il primo pozzo a grande profondità, per poter dire che inizia l'era del petrolio (Figura 4).

Considerato che le prime applicazioni pacifiche dell'energia nucleare avvengono a cavallo del 1960, si può affermare che l'uomo utilizza i combustibili fossili (petrolio, gas, carbone) da poco più di un secolo e l'energia nucleare da circa 50 anni: da queste fonti oggi deriva circa il 90 % di tutta l'energia necessaria a soddisfare il fabbisogno dell'intera umanità.

Detto in altri termini, se una o più di queste fonti risultasse mancante o molto ridimensionata, non sarebbe più possibile mantenere l'attuale livello di vita delle civiltà avanzate e sostenere la crescita di quelle che ora si stanno sviluppando. Salvo poter disporre da subito di una nuova, inedita fonte, altrettanto disponibile, abbondante ed efficace.



Questo punto va approfondito perché, quando si affronta il tema del consumo quotidiano di energia, le persone sono solite pensare alla benzina, al gas per la cottura dei cibi, al riscaldamento, all'elettricità; chi osa di più fa riferimento al cherosene per gli aerei, al gasolio per i camion o poco più.

Eppure questi consumi sono ben lontani da poter

giustificare il reale fabbisogno energetico di una persona che vive nei "paesi ricchi", cioè con lo stile di vita cosiddetto occidentale: in media ogni individuo deve poter contare ogni giorno sulla disponibilità complessiva di circa 217.000 kcal (Figura 5).

## Il motivo "nascosto"

di un così grande fabbisogno di energia si spiega riflettendo sul fatto che ogni cosa, ogni oggetto, anche il più banale, minuscolo, comune, solo per essere stato realizzato, lavorato, trasportato, ecc., ha consumato una certa quantità di energia: va quindi considerato come un "consumatore" di energia.

Lo stile di vita che prevede e promuove la produzione e il consumo di una quantità enorme di beni, di oggetti, strumenti, medicine, cibi, libri, edifici, un articolato sistema di trasporti, ecc. necessita di un quantitativo di energia oltre 100 volte superiore a quello che è sufficiente all'essere umano per vivere e riprodursi.



Questa verità è del tutto trascurata e misconosciuta: nel parlare di risparmio energetico si invita a spegnere le luci quando si lascia una stanza, a non alzare troppo il termostato in inverno, a chiudere le finestre quando è in funzione il riscaldamento, a non lasciare aperta la porta del frigorifero, o si auspica l'aumento del numero dei chilometri da percorrere con un litro di carburante e così via.

Suggerimenti importanti e utili che tutti dovremo seguire, in quanto possono realizzare risparmi significativi; tuttavia, anche se applicati con sistematicità e costanza, porterebbero in ogni caso a risultati sproporzionati rispetto alle necessità che dovrebbero ormai apparire chiare e improrogabili.

Di altro ordine di grandezza sembrano essere le esigenze della situazione energetica che si sta determinando; per poterle affrontare su basi più corrette occorre però avere sempre presenti e chiari i concetti ed i dati illustrati nelle **Figure 6 e 7**.

Tutte le decisioni che presentano una qualche valenza energetica (molte!) dovrebbero essere assunte solo dopo una verifica dei quantitativi di energia in gioco, eseguita con i metodi e gli strumenti propri di un approccio scientifico, l'unico in grado di rendere affidabili i risultati.

Uno di questi è denominato **Life Cycle Assessment (LCA)**, cioè "analisi del ciclo di vita" dal punto di vista del bilancio dell'energia e degli impatti sull'ambiente.

Da qualche anno le aziende più avvertite, le organizzazioni più attente, applicano la LCA alle loro produzioni, ai sistemi che intendono modificare o introdurre, potendo così disporre di parametri fondamentali per assumere la decisione migliore.

A rigorosa verifica dovrebbero essere obbligatoriamente sottoposte tutte le iniziative in campo energetico: sistemi di produzione (es. solare), nuovi prodotti (es. etanolo), vettori (es. idrogeno), materiali, sistemi e tecnologie per il risparmio (es. isolamenti).

Si potrebbe così verificare se l'energia complessivamente consumata per la realizzazione, la manutenzione, il funzionamento e lo smaltimento a fine vita di un sistema, di un oggetto, risulta inferiore a quella prodotta o risparmiata durante il funzionamento dello stesso. Si eviterebbero così scelte che, come talvolta accade, trascurano bilanci energetici negativi o risultati dubbi e premiano solo valutazioni di carattere ideologico o di natura politica o economica.

E' quest'ultima la molla che più di frequente viene attivata per effettuare, promuovere e sostenere una scelta energetica, senza considerare che i costi delle materie prime, dei combustibili, della manodopera, del terreno e del capitale sono diversi da luogo a luogo e mutano nel tempo.

Ciò rende difficile o impossibile esaminare correttamente una situazione: i ricavi possono produrre utili anche quando il bilancio energetico è nettamente negativo.

Ulteriori distorsioni si verificano quando sostegni pubblici si trasformano in guadagno privato, mentre le risorse pubbliche dovrebbero essere riservate e finalizzate solo alle attività di ricerca e sperimentazione, non a promuovere l'impiego di tecnologie mature che, magari, né a livello teorico né nel caso pratico specifico, risultano sottoposte a seria verifica del bilancio energetico.

Alcune scelte, apparentemente valide, si dimostrano alla prova dei fatti sprechi di energia e di denaro (quasi sempre pubblico); altre, ammantate di eccessiva positività energetica, diffondono il messaggio, illusorio e controproducente, che una loro applicazione su larga scala possa agevolmente sopperire alla carenza progressiva di energia fossile.

Ritornando ai dati, quelli presentati in **Figura 7** sono piuttosto approssimativi; tuttavia rappresentano molto efficacemente i quantitativi "nascosti" di energia primaria usata per creare un bene qualunque: dati sorprendenti, come sorprendente potrebbe essere la stima, a grandi linee, di *quanto petrolio c'è nell'armadio di casa*.

Pochi si rendono conto che un oggetto qualsiasi è capace di "eliminare" quantitativi di energia così elevati. Il termine eliminare, usato al posto del più usuale consumare,



introduce ad una breve digressione: l'energia consumata per la creazione o la messa a disposizione di un qualunque oggetto non potrà mai più essere recuperata, neanche attraverso il miglior processo di smaltimento e recupero.

Il riciclaggio, la cui pratica va assolutamente promossa ed allargata, può recuperare le materie prime, i metalli, il vetro, ecc. ma non può recuperare l'energia che è stata in precedenza utilizzata per la costruzione dell'oggetto, che è stata definitivamente spesa e non è più recuperabile.

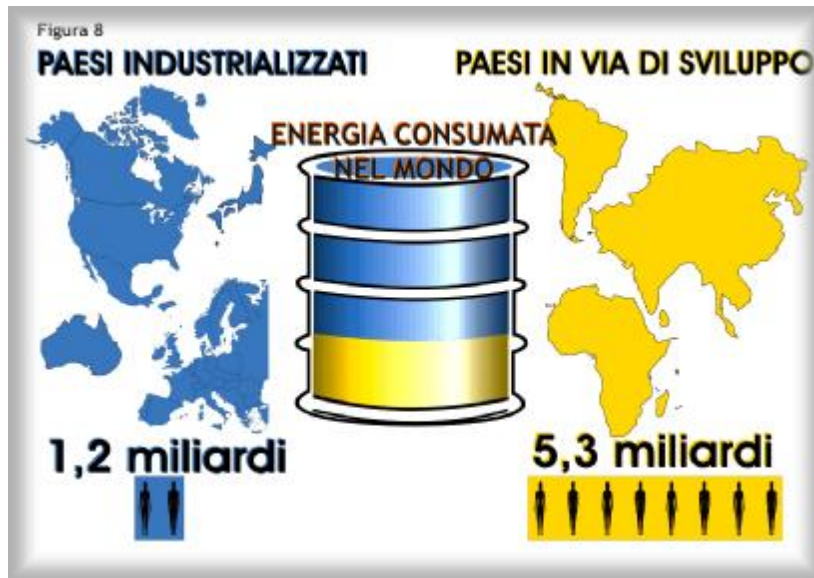
Fatti salvi ovviamente gli oggetti composti da materiale combustibile (legno, plastica, gomma, frazioni di rifiuto secco urbano) che possono essere bruciati e rilasciare l'energia contenuta (spesso scarsa) dalle sostanze di cui sono composti.

Riciclare serve comunque a risparmiare importanti quantità di energia in quanto il ciclo di produzione dei nuovi oggetti realizzati con i materiali recuperati dal riciclaggio, può usufruire di prodotti semilavorati, metalli, vetro, ecc. (che "mantengono" importanti quantità di energia) senza dover ripartire dalle materie prime iniziali.

## Il panorama mondiale

presenta una situazione critica a livello globale, complicata dalla prepotente entrata in scena di paesi che, sino a un decennio fa, erano quasi ai margini delle dinamiche energetiche.

La Figura 8 porta al centro un immaginario barile di petrolio a simboleggiare tutta l'energia fornita



dalle fonti primarie (carbone, petrolio, gas, nucleare, idroelettrico, solare, eolico, biomassa) che viene consumata sul pianeta; ai lati vi è una grossolana ripartizione del pianeta in aree "ricche e povere", con l'indicazione dei rispettivi abitanti.

Il dato significativo è mostrato dalla colorazione del "bidone" dove il livello

del giallo indica che più di 5,3 miliardi di persone consumano, per ora, poco più di un quarto dell'intera energia consumata sul pianeta (per inciso, 15 anni fa questo rapporto era inferiore ad un quarto). Il restante 1,2 miliardi consuma tutto il resto dell'energia con una sproporzione tra i consumi di ogni persona che va dai 26 barili di petrolio consumati annualmente da ogni abitante degli Stati Uniti ai circa 12 di un europeo ed ai 2 di un cinese.

Uno statunitense consuma ogni giorno 260.000 kcal (chilocalorie), un europeo 130.000, un italiano poco più di 110.000 ed un abitante dell'India 12.000. Sono solamente alcuni dati indicativi che trascurano i livelli estremi di alcune zone sub-sahariane, dove gran parte della popolazione sopravvive con una disponibilità di energia simile a quella di cui poteva disporre l'uomo nell'età del ferro.

Queste profonde disparità stanno alla base delle differenze sociali, industriali ed economiche tra paesi: nulla si può produrre né costruire senza un'adeguata disponibilità di energia. Nemmeno l'acqua, garante minima dell'esistenza, può in molte realtà diventare disponibile senza un'adeguata fonte energetica che ne permetta l'estrazione, il trasporto, la potabilizzazione e l'accumulo.

Per ragionare su ciò che si prospetta nell'immediato futuro occorre tenere presente che anche miglioramenti minimi dei livelli di vita dei singoli, che danno luogo a lievi incrementi del consumo energetico per persona, si trasformano in aumenti vertiginosi del fabbisogno complessivo in un paese molto popoloso.

Esempio eclatante è la previsione per l'energia elettrica in Cina: nel 2030 il quantitativo richiesto di elettricità sarà quasi il doppio di quello attuale e verrà prodotto con l'impiego sempre più

predominante del carbone, usando meno petrolio e incrementando leggermente l'uso del gas e della fonte nucleare.

Un ruolo più significativo assumerà la fonte idroelettrica, a seguito delle decisioni già prese di realizzare alcuni mega-impianti per sfruttare le enormi potenzialità dei fiumi cinesi.

Emblematico è il caso della Diga delle Tre Gole, entrata in funzione nel 2006 (Figura 9).



Sarà in grado di fornire un importante quantitativo di energia elettrica (il 3% del fabbisogno nazionale) ma a prezzo di 4 - 5 milioni di abitanti sradicati dal loro territorio, di modifiche radicali al clima della regione e di un profondo degrado idro-geologico che sta dando origine a frane in centinaia di chilometri delle nuove sponde determinate dalla crescita del

livello dell'acqua nel bacino artificiale.

La Cina, per espandere la propria industria elettrica, ha scelto le centrali a carbone e quelle idroelettriche decidendo di ridurre gradualmente l'apporto del petrolio, ma non si è affatto disinteressata a questo combustibile.

Lo straordinario sviluppo di tutte le tipologie di trasporto, a cui è affidata la soluzione dei problemi legati alla mobilità interna di merci e persone in un immenso paese con 1,3 miliardi di abitanti, richiede enormi quantità di benzina, gasolio e cherosene che si ricavano dal petrolio.

Si comprende quindi facilmente perché, poco più di un anno fa, il governo USA abbia deciso di intervenire per bloccare sul nascere il tentativo messo in atto dalla Cina di acquisire una compagnia petrolifera americana.

Si capisce anche perché la Cina stia tentando con tutti i mezzi, finanziari e politici, di incrementare e consolidare la sua presenza in alcuni paesi dell'Africa dove esistono importanti riserve petrolifere. Più chiaro risulta anche il motivo degli accordi privilegiati stipulati con l'Iran per garantirsi la disponibilità di una buona parte delle riserve di idrocarburi di questo stato.

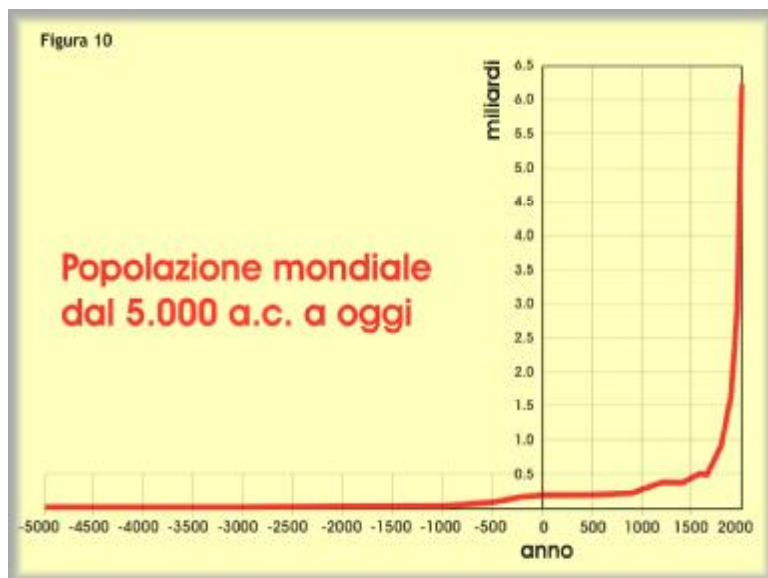
La Cina, gradissimo paese, assieme all'India ed ai paesi della costa asiatica del Pacifico, sta velocemente aumentando la propria influenza politica internazionale e svolge ormai un ruolo di primaria importanza nel mercato mondiale dell'energia contribuendo a rendere ulteriormente complicata una competizione che già sta avvenendo senza esclusione di colpi.

Nei giacimenti già noti vi è ancora una discreta quantità di petrolio, altro combustibile risulterà disponibile in seguito a ulteriori scoperte geologiche e nuove tecnologie. Ma l'ipotesi che, tra 25 anni, Cina e USA siano nella condizione di avere un fabbisogno analogo di questo combustibile, mentre oggi il loro consumo ha un rapporto di 1 a 3, lascia molto perplessi sulla reale possibilità che questa esigenza possa essere soddisfatta.

## I combustibili fossili

in brevissimo tempo hanno cambiato il mondo, o meglio, gran parte del mondo.

La disponibilità di energia altamente concentrata, piuttosto facile da estrarre e trasportare, capace di fornire innumerevoli prodotti energetici e non, ha permesso e sostenuto lo sviluppo industriale, ha facilitato la mobilità, ha consentito la riduzione del tempo di lavoro dell'uomo, ha creato ricchezza ben superiore a quella necessaria alla sopravvivenza che ha permesso di



sviluppare la cultura, la ricerca scientifica e tecnologica, la medicina: ha fatto fare uno straordinario balzo in avanti al livello di vita di miliardi di persone.

La curva di Figura 10 mostra l'incremento demografico esponenziale avvenuto con la grande disponibilità di cibo, il miglioramento dell'igiene, la riduzione della mortalità infantile, il controllo più efficace

delle malattie, l'allungamento della vita media che, senza combustibili fossili, non avrebbe potuto verificarsi.

Successi strepitosi ma non privi di conseguenze negative, di cui la principale è certamente il pesante impatto sull'ambiente naturale provocato dalla straordinaria crescita dell'uso dell'energia.

Più o meno grande, più o meno reversibile, più o meno pericoloso, ogni utilizzo di combustibile e ogni trasformazione energetica comportano inevitabilmente un cambiamento ambientale.

Si può metaforicamente definire la quasi totalità del problema ambientale come uno "scarto di lavorazione" di un qualsivoglia uso o impiego di energia.

Il **carbone** è il più antico ed abbondante dei combustibili fossili.

Si è formato, a partire da oltre 500 milioni di anni fa, da resti di vegetali cresciuti in ecosistemi paludosi, compressi, induriti, alterati chimicamente e trasformati dal calore e dalla pressione.

Boschi, foreste, generazioni di piante morte per cause naturali o catastrofiche, furono ricoperte da sedimenti, formarono spessi depositi di materia organica che sprofondando diventarono torba, lignite, bitume o antracite a seconda delle profondità raggiunte.

Si trova accumulato in giacimenti sia superficiali che molto profondi, viene estratto con tecniche diverse, ma anche le più moderne non eliminano i pericoli legati alla subdola presenza in profondità di gas, acqua o cedimenti franosi; è usato per la produzione di calore e per estrarre, tramite distillazione, numerose sostanze utili a vari cicli produttivi.

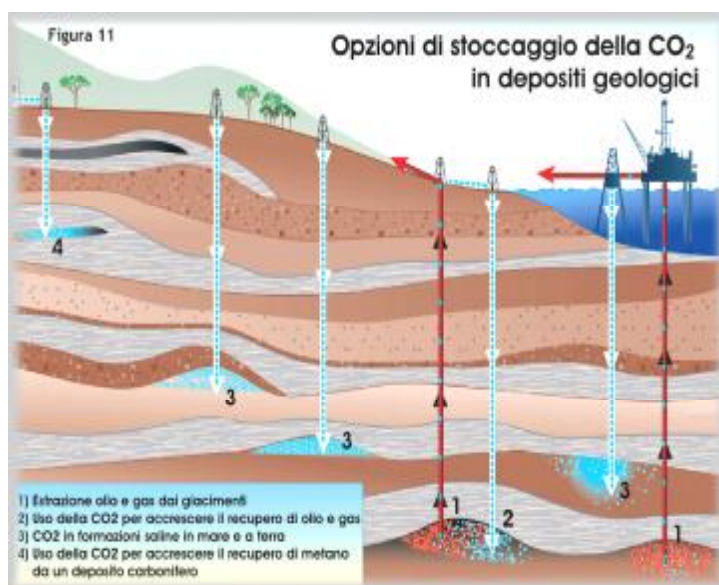
La sua combustione genera ceneri, composti di carbonio, di azoto, di zolfo e metalli pesanti. E' indicato come il più "sporco" dei fossili, ma le pesanti conseguenze sull'ambiente possono essere ridotte a livelli analoghi a quelli della combustione di gas con le moderne tecniche di filtraggio, denitrificazione e desolforazione impiegate, per esempio, nelle centrali elettriche di ultima generazione.

In queste ultime i fumi della combustione del carbone presentano livelli di ceneri, ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ) e di zolfo ( $\text{SO}_x$ ) estremamente ridotti; immettono però in atmosfera tutta l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) presente qui in percentuale maggiore che nei fumi degli idrocarburi.

La soluzione tecnica a questo problema esiste, ma a costi energetici ed economici molto elevati.

La  $\text{CO}_2$  può essere estratta dai fumi; ridotta successivamente allo stato liquido potrebbe essere poi imprigionata, per tempi geologici, a grandi profondità sul fondo oceanico, in acquiferi salini profondi, in giacimenti di metano o di carbone esauriti.

Può anche essere iniettata nei giacimenti già sfruttati per aumentare la pressione e spremere così dalle rocce un quantitativo ulteriore di metano o di petrolio (Figura 11).



L' 85% delle riserve globali del carbone è concentrato in sei paesi; in ordine decrescente USA, Russia, India, Cina, Australia, Sud Africa.

Gli USA da soli posseggono il 30% di tutti le riserve e sono il secondo maggior produttore; sembra però abbiano raggiunto il *picco di produzione\** nel 2005.

La Cina è il produttore di gran lunga più importante del mondo anche se possiede soltanto la metà delle

riserve degli USA; per soddisfare i propri consumi in rapida crescita sta riducendo velocemente le potenzialità dei giacimenti.

\**picco di produzione*: punto di produzione massima, oltre il quale la produzione può soltanto diminuire

Le riserve di carbone sono ancora abbondanti, ma uno studio approfondito e circostanziato, pubblicato nel marzo 2007 dall'Energy Watch Group (cfr. pag. 1), dimostra che è sbagliato continuare a pensare, come accadeva nel recente passato, che esse possano garantire energia per diversi secoli.

Sulla base dei dati disponibili, EWG stima che la produzione globale del carbone arriverà al picco intorno 2025-2035 e, nel migliore dei casi, con una crescita del 30% rispetto al dato attuale.

L'andamento è quello rappresentato nella **Figura 12** e mette in evidenza come lo sviluppo del consumo oltre il 2020 sia compatibile soltanto con uno scenario diverso dal trend attuale, messo a punto dalla International Energy Agency (cfr. pag. 1) ipotizzando che la richiesta globale di carbone sia rallentata da misure di politica ambientale.

Lo scenario standard, che esclude politiche di contenimento, presuppone un incremento costante del consumo fino al 2030, a livelli ben superiori alla possibilità di produzione.

Va sottolineato però quanto scrivono con chiarezza gli stessi autori dello studio *“la qualità dei dati delle riserve e delle risorse del carbone è scarsa, sia a livello globale che per le diverse nazioni. Non si può obiettivamente determinare quanto*

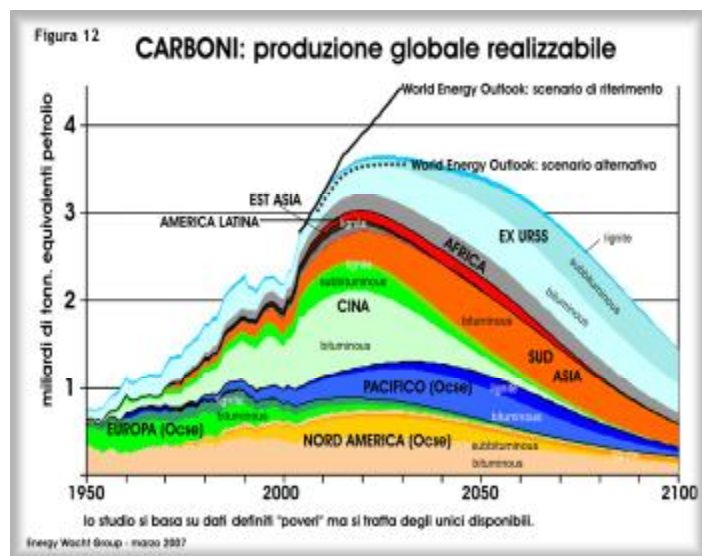
*siano realmente certi i dati disponibili. [...] Anche se la qualità dei dati sulle riserve è scarsa, un'analisi basata su questi dati è ritenuta significativa [...] I dati globali delle riserve di carbone sono di scarsa qualità, ma esiste il dubbio che siano sovrastimati.”*

Alcuni esempi per comprendere meglio la situazione: la Germania ha ridotto senza fornire alcuna spiegazione il dato delle proprie riserve provate di antracite del 99%, portandolo da 23 miliardi di tonnellate a 0,183 miliardi di tonnellate nel 2004; la Polonia ha ridotto le proprie riserve di antracite del 50% nei confronti del 1997; il Vietnam non aggiorna i propri dati relativi alle riserve provate da 40 anni; la Cina ha aggiornato l'ultima volta i propri dati nel 1992, malgrado da allora oltre il 20% delle riserve dichiarate sia stato estratto.

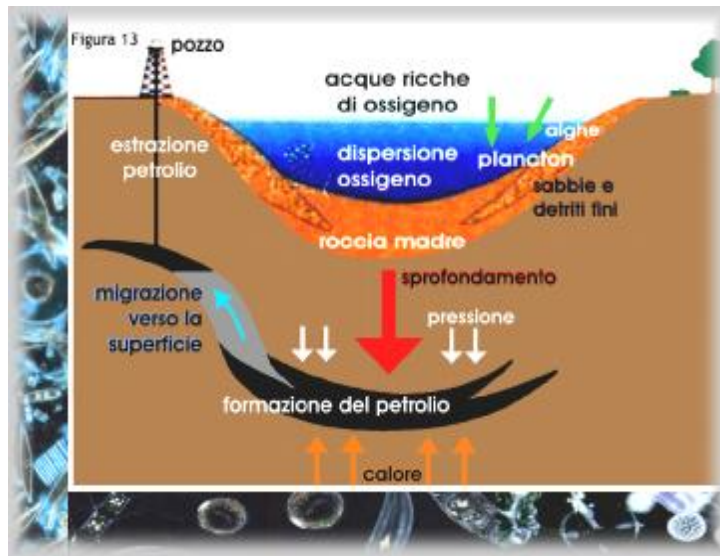
Gli **idrocarburi** sono i combustibili fossili più flessibili e maggiormente usati.

Petrolio e gas hanno avuto origine dalla decomposizione di materiale organico (piccole alghe e plancton) depositato sui fondi di mari poco profondi o di basse lagune, le cui acque risultavano particolarmente ricche di ossigeno e di vita, in un periodo compreso all'incirca tra 250 e alcuni milioni di anni fa.

I depositi, ricoperti da sabbie, limi e detriti, penetrati in profondità a causa dei movimenti tettonici, sono stati progressivamente sottoposti a temperatura e pressione crescenti.



Si sono così formati, tra i 2 ed i 5 km di profondità, idrocarburi liquidi, semisolidi e gassosi che, essendo più leggeri della roccia, hanno cominciato a migrare verso la crosta terrestre (Figura 13).



Quando nella loro risalita hanno incontrato strati di roccia impermeabile sono stati costretti ad accumularsi formando i giacimenti; in altri casi questo non è accaduto e, raggiunta la superficie, il petrolio ha formato laghetti, pozze paludose e il gas si è disperso in atmosfera.

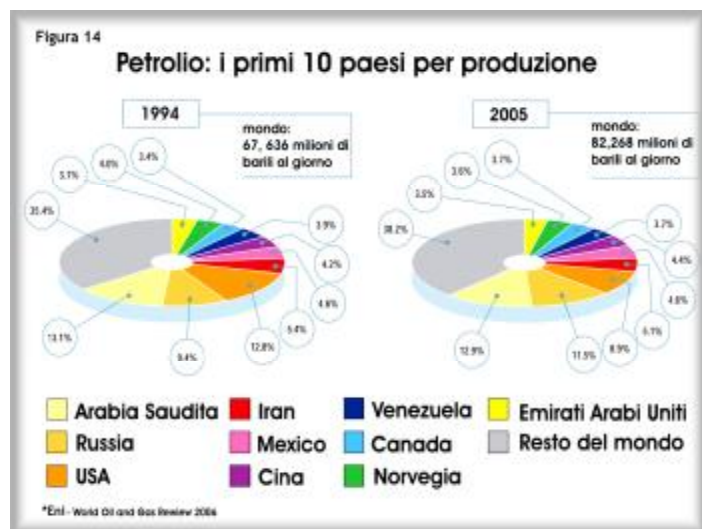
Talvolta il petrolio, impregnati gli strati superficiali, per l'azione combinata dell'acqua e di particolari batteri, si è trasformato in bitume

dando vita a formazioni geologiche particolari: scisti e sabbie bituminose.

Ne esistono enormi giacimenti e si stima che il quantitativo di olio che contengono superi abbondantemente le riserve di petrolio convenzionale, ma la sua estrazione è molto difficoltosa.

E' necessario liberare il bitume usando vapore ed acqua calda e successivamente effettuare una "ristrutturazione" delle molecole con vari interventi, anche aggiungendo idrogeno, per poter ricavare un petrolio greggio sintetico (syncrude).

Il bilancio energetico dell'operazione, quando risulta positivo, è molto esiguo e le conseguenze per l'ambiente sono pesanti.



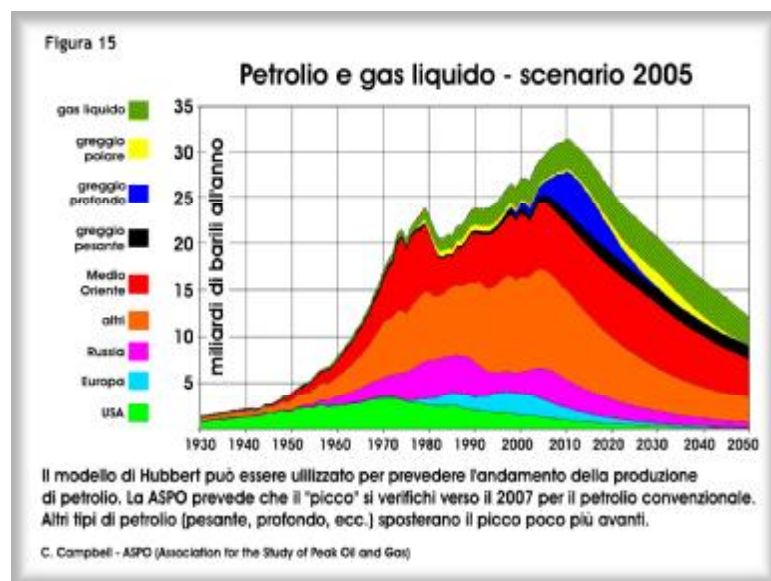
Dal **petrolio** si ricava il 40% di tutta

l'energia mondiale, di cui il 65% diventa carburante. Il resto diventa energia elettrica, asfalti, prodotti chimici, riscaldamento, fertilizzanti, cosmetici, plastica, medicine e altro ancora. Non esiste una alternativa così versatile, efficiente e - contrariamente a quanto si ritiene - a basso costo.

I maggiori paesi produttori sono indicati nella **Figura 14** con le rispettive quote; va notato che in soli 10 anni la produzione annua globale è aumentata oltre il 20 %.

\* **Eni** è un'impresa italiana, integrata nell'energia, impegnata a crescere nell'attività di ricerca, produzione, trasporto, trasformazione e commercializzazione di petrolio e gas naturale

Un quinto della produzione mondiale proviene da soli 14 giacimenti "super giganti" scoperti oltre 40 anni fa.



Il più grande di essi, Ghawar (Arabia Saudita), valutato oltre 5 miliardi di barili di greggio, sta riducendo la sua produttività. Inizialmente il greggio usciva da solo, ora bisogna iniettare acqua.

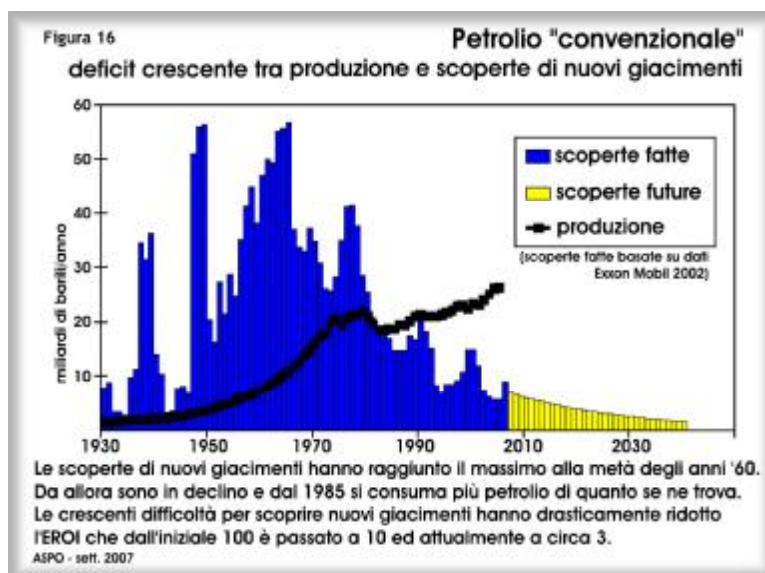
Le previsioni relative all'andamento della produzione globale di petrolio indicano che per il petrolio convenzionale il picco di produzione dovrebbe realizzarsi prima del 2010.

Altro petrolio non convenzionale sposterà il picco più avanti, ma non di molto (Figura 15).

Queste stime sono effettuate dalla ASPO\* tenendo conto dell'andamento e della consistenza delle scoperte di giacimenti fatte in passato e di quelle prevedibili (Figura 16); il massimo dei ritrovamenti è stato raggiunto a metà degli anni sessanta.

Da allora c'è stato un continuo declino e dal 1985 si consuma più petrolio di quanto non se ne trovi di nuovo.

Va anche considerato che le crescenti difficoltà per scoprire nuovi pozzi hanno drasticamente ridotto l'EROI (rapporto tra l'energia ottenibile da un prodotto o processo e quella spesa per la sua realizzazione) che da un indice vicino a 100 dei primi decenni del 1900 attualmente tende a collocarsi a meno di 5.



I prezzi crescenti del greggio

stimolano gli investimenti per la ricerca di nuovi giacimenti e il miglioramento delle tecniche di estrazione, ma stanno anche spingendo i paesi produttori e le compagnie petrolifere a spremere i pozzi sino all'ultima goccia per mantenere stabile e più a lungo possibile il livello di produzione.

\* **ASPO:** (Association for the Study of Peak Oil and Gas) organizzazione presente in numerosi paesi che raggruppa prestigiosi esperti in campo energetico. Il fondatore Colin Campbell è un geologo petrolifero; ha cercato idrocarburi in varie parti del mondo per conto di numerose società petrolifere.

In realtà questa frenesia rischia di accelerare l'esaurimento di questa fonte, rendendo il suo definitivo declino meno graduale, improvviso e traumatico.

Una parte di esperti e tecnici sostiene però una prospettiva opposta. A loro parere il petrolio è molto abbondante; basterebbe incrementare l'attività di ricerca che nel recente passato è stata scarsa a causa dai prezzi bassi del greggio ed aumentare gli investimenti per migliorare le tecnologie di estrazione. Essi ritengono che le riserve siano sufficienti a soddisfare i bisogni energetici ancora per diversi decenni.

Michael Lynch, presidente di Strategic Energy and Economic Research, avanza ragionevoli critiche a tutti i metodi statistici usati per determinare la durata delle riserve petrolifere e ritiene decisiva la leva economica: più aumenta il prezzo del greggio, più se ne cerca e se ne trova.

Leonardo Maugeri, direttore per le strategie dell'ENI e uno dei maggiori esperti internazionali del settore petrolifero, afferma che:

- . nel territorio considerato ormai infecondo si trovano ancora enormi quantità di petrolio, ora tecnicamente non sfruttabili;
- . i confini precisi di un grande giacimento (e quindi le riserve in esso contenute) diventano noti dopo anni o decenni di valutazioni geofisiche e perforazioni;
- . il progresso tecnologico può consentire di migliorare notevolmente il tasso di recupero del greggio (iniezioni di acqua, gas, CO<sub>2</sub>, perforazioni orizzontali, ecc.);
- . le curve previsionali predisposte da ASPO, con il metodo di Hubbert\*, sono state riviste 5 volte negli ultimi 20 anni e sempre al rialzo e che quella, risultata a suo tempo esatta per gli Stati Uniti, riguardava il territorio più intensamente esplorato del mondo;
- . i valori delle riserve non tengono in sostanza conto dei cosiddetti "greggi non convenzionali" (sabbie e scisti bituminosi, greggi ultraprofondi e ultra pesanti, ecc.);
- . che numerosi paesi produttori, a partire dagli anni '70, hanno temuto di sviluppare una eccessiva capacità produttiva per non deprimere troppo i prezzi.

Maugeri considera miti e travisamenti della realtà le interpretazioni sul presente e sul futuro del petrolio che stimolano, a suo dire, una crescente isteria indicando una prospettiva disastrosa per il futuro dell'energia. Speriamo abbia ragione lui.

I giacimenti di **gas** sono distribuiti sul pianeta in territori che non sempre coincidono con la presenza di petrolio.

Le riserve accertate di questo combustibile sono concentrate principalmente in Russia, Iran e Qatar (Figura 17).

In complesso l'area medio orientale risulta ricca sia di petrolio che di gas. In qualche misura il gas è pressoché sempre presente nei giacimenti di greggio, ma il suo sfruttamento commerciale può avvenire solo a determinate condizioni.

---

\* **Marion King Hubbert** era un ricercatore geofisico della Shell Oil Company (USA). Definì una legge per seguire l'evoluzione della produzione di un qualsiasi giacimento di fonte fossile. Nel 1956, sulla base dei suoi studi, fece la previsione che agli inizi degli anni '70 gli USA avrebbero raggiunto il loro 'picco di produzione' petrolifera, come poi accadde.

Quando i quantitativi risultano limitati o l'ubicazione dei siti non rende conveniente lo stoccaggio e il trasporto, il gas viene rilasciato in atmosfera o bruciato in fiaccola a bocca di pozzo; a volte conviene reiniettarlo nel giacimento petrolifero per mantenere la pressione più elevata.

La quantità estratta dai pozzi è determinata principalmente da

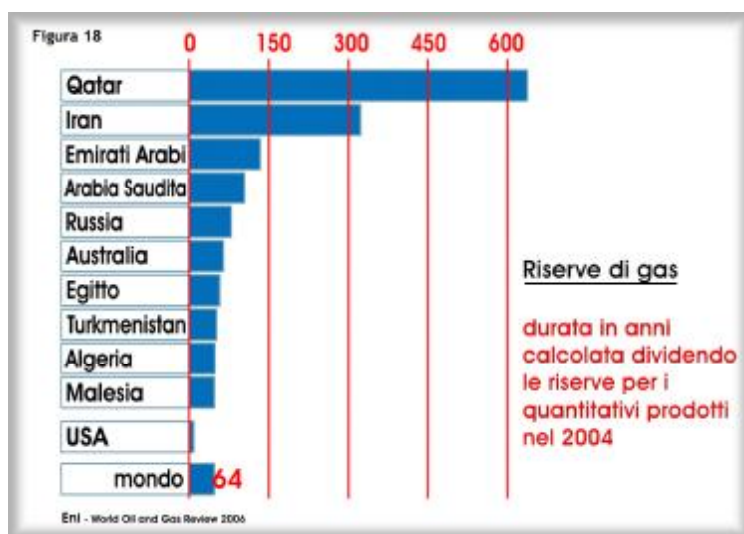
scelte di carattere politico-economico. Tuttavia la bassa densità del gas ne rende talvolta problematico il trasporto sulle lunghe distanze, soprattutto quando i metanodotti devono attraversare aree politicamente pericolose o oceani profondi. La durata delle riserve dei principali paesi produttori (rapporto tra quantità presente nel sottosuolo e quantità estratta annualmente) è illustrata nella **Figura 18**.

Il dato più significativo è quello relativo alla durata stimata delle riserve globali del pianeta che supera di poco i 60 anni, con un picco di produzione che dovrebbe collocarsi tra il 2030 ed il 2040.

L'approvvigionamento di questo combustibile per lungo tempo è rimasto rigidamente limitato alla possibilità di costruire e gestire gasdotti lunghi migliaia di chilometri.

Ciò determina elementi di fragilità ed insicurezza nel sistema di approvvigionamento per quei paesi in cui il sistema energetico si affida in larga misura al gas. Il gasdotto è fisicamente vulnerabile, ma l'esperienza ci ha insegnato a temere anche per la delicatezza politica di questa struttura, spesso priva di alternative reali.

Diversamente dal carbone o dal greggio, il gas, per la sua bassa densità, rende molto problematica



la predisposizione di riserve o stoccaggi in misura tale da garantirne la disponibilità per lunghi periodi in presenza di elevati livelli di consumo. In caso di pesante riduzione o sospensione dell'approvvigionamento continuo via tubo, diviene arduo garantire il funzionamento di tutto il sistema (industriale, produttivo e civile) per il tempo necessario al superamento della crisi.

Da alcuni anni è possibile realizzare un sistema di approvvigionamento alternativo usando speciali navi gasiere (**Figura 19**) che collegano le località di produzione e di consumo, anche se separate da oceani o collocate a distanze non superabili da una struttura di trasporto via terra.

Il gas viene trasformato in GNL (Gas Naturale Liquefatto) in speciali impianti di liquefazione dove viene portato ad una temperatura di  $-160^{\circ}\text{C}$  che ne riduce il volume di 600 volte.

Caricato negli speciali serbatoi a pressione delle gasiere può essere trasportato a grandi distanze in tutto il mondo. A destinazione viene riscaldato e riportato allo stato gassoso in particolari impianti



di rigassificazione ed immesso in rete per il consumo.

Percentuali crescenti di GNL soddisfano esigenze sempre maggiori di questo combustibile e la costruzione di infrastrutture di liquefazione e rigassificazione si sta intensificando in tutto il mondo. Ma il timore di gravi incidenti può rappresentare un freno alla realizzazione di questi impianti.

Il GNL, in quanto tale, non può incendiarsi per carenza di ossigeno e quindi lo scoppio di una gasiera è del tutto improbabile se non impossibile. Va invece presa in considerazione l'eventualità che il GNL, a causa di un incidente marino, possa fuoriuscire e, riscaldato dalla temperatura dell'acqua di mare, ritornare allo stato gassoso disponendosi in atmosfera ad un livello di concentrazione tale da rendere possibile l'innesco di un incendio.

Le grandi quantità in gioco e l'enorme aumento di volume che si realizza in fase di ritorno del GNL allo stato gassoso, giustificano qualche preoccupazione e suggeriscono la massima prudenza e perizia nella costruzione e nella gestione di tali impianti per assicurare livelli altissimi di sicurezza.

Il gas merita un'ultima considerazione a riguardo del suo impiego per produrre elettricità. Sino alla metà degli anni '80 la Comunità Europea ne scoraggiava l'uso nell'industria termoelettrica, ma pressioni ambientaliste e costi di gestione degli impianti alimentati a gas inferiori a quelli del petrolio, hanno creato le condizioni per far rientrare tale indicazione.

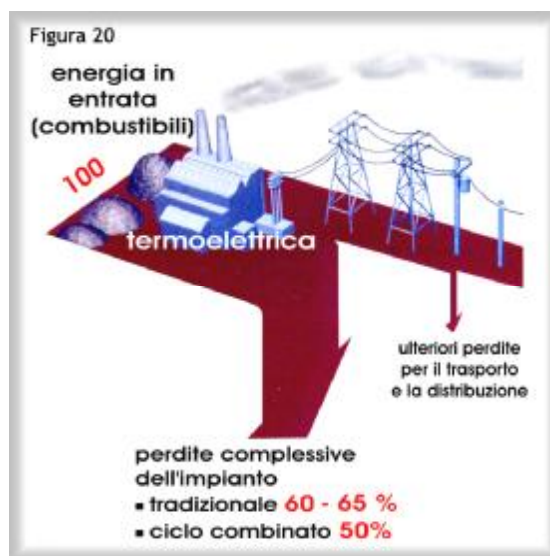
Da allora l'impiego del gas nell'industria elettrica è molto aumentato; attualmente in Italia rappresenta più del 50% dei combustibili fossili trasformati in elettricità e se ne auspica l'incremento. Per valutare le implicazioni di questa scelta bisogna ricordare che, in generale, qualunque sia il combustibile utilizzato in una centrale, solo il 35-40 % della sua energia si "trasferirà" nell'elettricità prodotta; il resto viene irrimediabilmente perso nelle varie trasformazioni del ciclo produttivo (generazione del calore, trasformazione dell'acqua in vapore,

funzionamento della turbina e dell'alternatore, condensazione del vapore, trasformazione dell'energia elettrica, ecc.)

Ad esempio, lo schema di **Figura 20** mostra come le perdite relative alle conversioni del combustibile in calore e poi energia elettrica possono arrivare fino al 65%. Nelle centrali più moderne alcuni miglioramenti sono stati raggiunti ma l'ordine di grandezza permane, determinato da leggi fisiche riguardanti la meccanica e la termodinamica.

Va ricordato che il gas utilizzato nelle abitazioni, negli edifici pubblici e nelle aziende artigianali per usi termici diretti (cottura dei cibi, riscaldamento dell'acqua e degli ambienti, piccoli processi di fusione, ecc.) ha rendimenti quasi sempre vicini o superiori al 90%, così come avviene nella fase della sola generazione di calore nelle centrali.

In sostanza, in questi casi il potenziale energetico di un metro cubo di gas utilizzato per generare calore viene sfruttato quasi completamente, in misura quasi doppia di quando viene usato per alimentare una centrale elettrica, poiché in tal caso, dopo la generazione di calore, l'energia subisce altre trasformazioni (e perdite) prima di diventare elettricità.



Ciò dovrebbe far riflettere, tenendo anche presente che il gas è più adatto ad un uso meno intensivo e distribuito sul territorio, in quanto intrinsecamente meno inquinante, poiché non richiede alcuna particolare tecnologia di trattamento fumi.

Certo, anche in una centrale elettrica il potenziale impatto ambientale del gas è inferiore a quello degli altri combustibili fossili ma, considerato che sembra non si possa contare su riserve di gas così elevate da poterne sprecare spensieratamente una enorme quantità, perché non destinarlo a impieghi più diffusi alimentando invece le centrali elettriche con altri combustibili difficilmente impiegabili in modo diverso?

Risulta certo più ragionevole dotare le ciminiere di efficaci sistemi di abbattimento piuttosto che complicare i mezzi di trasporto, non alimentati a gas, con sistemi di ricircolo, catalizzatori e centraline.

Ciò nell'ipotesi, tutt'altro che infondata, che sia ormai giunto il momento di considerare indispensabile usare al meglio tutte le risorse energetiche disponibili, da vecchie e nuove fonti.

Sarebbe quindi opportuno ripensare velocemente ad un uso più intelligente, attuale e futuro, delle fonti, in particolare di questo preziosissimo combustibile, ed investire in ricerca e tecnologia per ridurre l'impatto degli altri fossili a livelli simili a quelli del gas: le centrali elettriche, sistemi concentrati e complessi ad alta intensità energetica, giustificano agevolmente l'impiego di enormi risorse per salvaguardare l'ambiente.

L'energia elettrica, come l'idrogeno o la benzina) non è una fonte energetica primaria in quanto non direttamente disponibile in natura. Tuttavia è classificata tra i quantitativi di energia primaria l'elettricità che non deriva dalla combustione di fonti fossili ma dall'uso dell'uranio e da fonti primarie rinnovabili, come i salti d'acqua, la luce solare e il vento.

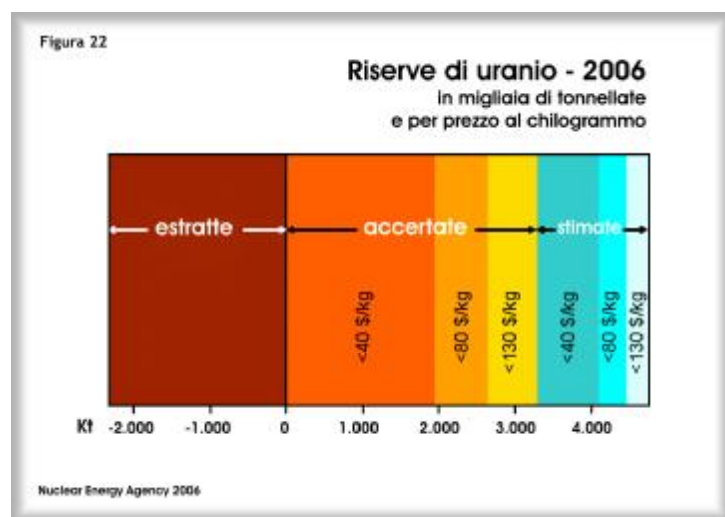
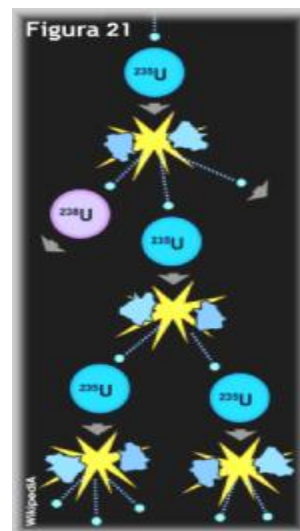
## L'uranio

è un metallo che abbiamo imparato a sfruttare come fonte di energia primaria qualche decina di anni fa. Si trova in natura come miscela di due isotopi: U238 e U235; quest'ultimo è fissile ma presente solo in percentuale modesta: 0,7%.

L'impiego dell'uranio come combustibile a scopo pacifico può avvenire se l'U235 è presente in concentrazioni comprese tra il 2 ed il 3 %, livello che viene raggiunto con un processo detto "arricchimento" (per costruire le bombe il livello di arricchimento deve salire al 90%).

Va poi disposto in modo da realizzare una reazione nucleare a catena (Figura 21) controllabile in maniera continua nel tempo. Il nucleo di uranio U235 viene colpito da un neutrone e si scinde in 2 nuclei più piccoli e 2 o 3 neutroni liberi che a loro volta vanno a colpire altri nuclei.

La massa dei prodotti risultanti, cioè i 2 nuovi nuclei e gli elettroni liberati, è complessivamente inferiore a quella dell'atomo originale: una parte della massa durante il processo di scissione si è trasformata in energia che può essere opportunamente utilizzata. Tanta energia, visto che un grammo di uranio ne fornisce una quantità paragonabile a quella che deriva dalla combustione di tre tonnellate di carbone.



Al momento di affrontare un confronto sulla questione energetica, in Italia è frequente riscontrare la presenza di due diverse fazioni contrapposte, i nuclearisti e gli antinuclearisti che, nel difendere le loro convinzioni, trascurano quasi sempre di fare riferimento ai dati ed alle informazioni disponibili.

La Figura 22, messa a punto dalla NEA\* in base ai risultati di recenti ricerche, mostra con chiarezza le quantità di uranio già estratte e quelle ancora presenti nel sottosuolo, distinte in base al costo di estrazione crescente.

\* NEA: (Nuclear Energy Agency) agenzia specializzata, intergovernativa, dei Paesi dell'OCSE (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico). Assiste i Paesi Membri sui temi della ricerca scientifica, tecnologica, ecologica ed economica e sull'utilizzo dell'energia nucleare a scopi pacifici.

Le riserve di questo combustibile sono consistenti ma non paiono particolarmente abbondanti.

I costi per la costruzione delle centrali nucleari di ultima generazione, progettate per garantire maggiori livelli di sicurezza, nonché gli oneri da sostenere per lo smantellamento dell'impianto a fine vita, sono decisamente elevati.

Queste considerazioni paiono sufficienti per spiegare la lunga fase di stagnazione e lo scarso entusiasmo a sviluppare con decisione il ricorso a questa fonte.

Va tenuto presente che oltre 440 reattori attualmente in funzione mettono a disposizione una quantità di elettricità che equivale a poco più del 6 % del fabbisogno complessivo di energia primaria del pianeta (cfr. **Figura 2**); apporto simile a quello fornito dalla fonte idroelettrica.

Solo alcuni iper-nuclearisti sostengono che l'uranio è in grado di fornire energia per un tempo indefinito ed a costi estremamente bassi. Esaminando attentamente la situazione si sta facendo strada l'idea che esso non sia in grado di sopperire, per quantità e durata, al graduale esaurimento dei combustibili fossili.

Anche la Nuclear Energy Agency ipotizza un'espansione molto limitata di tale fonte e ne prevede l'esaurimento entro alcuni decenni. A meno che non si riesca a realizzare e far funzionare una nuova classe di reattori autofertilizzanti o a neutroni veloci: si potrebbe così moltiplicare il potenziale energetico delle attuali riserve di uranio.

I pochi reattori di questo tipo a livello industriale, messi in funzione tra gli anni '80 e '90, sono stati praticamente chiusi o convertiti alla produzione di plutonio per uso militare a causa soprattutto dei costi troppo alti. In qualche caso, come quello del Superphoenix, costruito presso Creys-Malville (Francia) a poca distanza dal confine con la Svizzera da un consorzio italo-franco-svizzero, il raffreddamento era garantito dalla circolazione di 5.000 tonnellate di sodio liquido, che ha la caratteristica d'infiammarsi spontaneamente a contatto con l'aria e di esplodere a contatto con l'acqua producendo idrogeno.

Sembra che almeno per un paio di volte si siano verificate condizioni critiche da far temere un fuoco di sodio con conseguenze superiori a quelle già nefaste dell'incidente di Chernobyl.

Non bisogna dimenticare che la fonte nucleare, usata per scopi energetici non militari, è in grado di mettere a disposizione solo grandi quantità di calore da utilizzare, in impianti di grossa taglia particolarmente complessi, per produrre elettricità. Non può e non potrà rimpiazzare le fonti fossili nelle loro numerose e insostituibili applicazioni non elettriche.

Ciò nonostante, anche se l'uranio non sembra poter assumere una posizione decisiva nel panorama energetico complessivo e l'intero capitolo delle scorie prodotte pone una serie di problemi di difficile soluzione, l'apporto energetico ricavabile da questa fonte non va trascurato, in quanto il suo uso non incrementa la produzione di *gas serra*\* e può svolgere un ruolo significativo nel mitigare i problemi che la progressiva riduzione delle fonti fossili farà emergere.

---

\* *gas serra*: gas che causano l'effetto serra (vedi pag. 26) come per esempio il metano, l'anidride carbonica, gli ossidi di azoto, i clorofluorocarburi. Va ricordato che la maggiore responsabilità dell'effetto serra va addebitata al vapore acqueo

## L'energia idroelettrica

è la principale fonte di energia rinnovabile oggi disponibile: il calore solare fa salire l'acqua in atmosfera sotto forma di vapore che ritorna poi sulla terra come pioggia, neve o grandine. Gli impianti sfruttano la caduta d'acqua tra due quote diverse che, nelle zone montuose, possono risultare separate da centinaia di metri di dislivello.

L'industria idroelettrica si è sviluppata all'inizio del 1900 dapprima nei paesi a maggiore industrializzazione poi in quasi tutto il mondo. Le aree inizialmente coinvolte sono state quelle in cui fiumi caratterizzati da importanti dislivelli si trovavano non troppo lontani da concentrazioni industriali o urbane.

La crescita costante della *penetrazione elettrica*\* in tutti i settori ha spinto a sfruttare gradualmente anche i salti d'acqua di minore consistenza, arrivando in alcune realtà (Italia compresa) a raggiungere livelli di sfruttamento di questa risorsa vicini al massimo potenziale disponibile in natura.

Diversa la situazione che si presenta nei grandi paesi in via di sviluppo, collocati in aree geografiche attraversate dai più grandi fiumi del mondo.

Come già visto in precedenza per la Cina, la fame di energia elettrica ha stimolato in varie realtà la costruzione di grandi impianti idroelettrici, adatti a sfruttare le enormi masse di acqua disponibili (Figura 23).



Anche in questi casi, a fronte della disponibilità di importanti quantità di energia elettrica, nelle regioni interessate si sono verificate pesanti conseguenze che hanno coinvolto sia la natura che la vita delle popolazioni.

Qualche esempio: lo sbarramento sul Nilo ha ridotto il territorio sfruttabile e ha radicalmente cambiato i cicli agricoli lungo tutto il suo corso; ha messo in crisi nel delta decine di migliaia di posti di lavoro nel settore della pesca del pesce azzurro, non più attratto in massa dalle sostanze nutritive che il fiume trasportava nel Mediterraneo, ora bloccate a monte della diga.

Un'importante risorsa, quindi, non molto incrementabile dove già pressoché esaurita (in quasi tutti i paesi più industrializzati e in Europa in particolare) ma sviluppabile altrove, che dovrà però misurarsi con i limiti che, di volta in volta, verranno suggeriti dalla presenza umana e dal rispetto della natura.

\* *penetrazione elettrica*: indice definito dal rapporto tra il consumo di energia elettrica ed il consumo totale di energia.

## Il solare fotovoltaico

rappresenta la fonte rinnovabile tecnologicamente più avanzata: sfrutta principalmente la capacità che ha il silicio di creare una corrente elettrica se colpito dalla luce solare.

Sono in via di sperimentazione anche altre sostanze come il tellurio di cadmio, materiali a base di rame e indio, celle nano cristalline sensibilizzate con coloranti organici, celle basate su materiali organici, ma presentano ancora problemi di non facile soluzione dal punto di vista produttivo o pericoli di inquinamento ambientale.

Il silicio, largamente presente in natura, viene lavorato e utilizzato a questo scopo in due diverse tipologie: amorfo (più economico, rendimenti bassi, degradabile nel tempo, *ritorno energetico\** in 3-4 anni) o mono e poli-cristallino (più costoso, miglior rendimento, ritorno energetico in 5-7 anni).

L'energia solare arriva sul terreno in grandi quantità ma è molto diluita nel tempo e nello spazio e limitata dalla presenza di nubi o nebbie.

Nelle ore centrali di una giornata tipica di primavera-estate con cielo sereno la radiazione incidente su un metro quadro di superficie orizzontale è pari a 1.000-1.200 watt (a seconda della latitudine), in rapida diminuzione nelle ore precedenti ed in quelle successive, sino al completo azzeramento nelle ore prive di luce.

Per un calcolo approssimativo il rendimento medio di un m<sup>2</sup> di pannello fotovoltaico può essere assunto pari all' 8-11 %. In pratica un m<sup>2</sup> di pannello fornisce 80-110 watt di elettricità nelle ore di "picco", cioè le poche con la massima insolazione durante il giorno.



Sono stati realizzati ormai numerosi impianti fotovoltaici con elevate *potenze di picco\** (Figura 24) ed altri sono in costruzione ma si sta diffondendo e stimolando l'impiego di impianti con potenza ridotta, distribuiti sul territorio.

Un'abitazione media che abbia necessità di 3 kW\*\* di potenza elettrica deve installare circa 30 m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici che potranno produrre dai 3.000 ai 3.500 kWh\*\* di

elettricità all'anno. Spesso una parte consistente dell'elettricità prodotta nelle ore di "picco" dovrà essere ceduta a terzi o accumulata per usi successivi, in quanto esuberante rispetto ai consumi richiesti in quelle stesse ore dagli apparecchi utilizzatori dell'abitazione.

\* **ritorno energetico:** periodo in cui l'energia prodotta dall'impianto pareggia quella spesa per costruirlo

\*\* **potenza di picco:** è la potenza massima che riesce a raggiungere l'impianto nel periodo di insolazione ottimale

\*\*\* **kW= 1.000 watt; kWh=1.000 wattora**

Più che sui risultati economici (variabili nel tempo, da luogo e luogo, comunque interessanti per il singolo, ma insignificanti a livello energetico) ci si dovrebbe concentrare sul bilancio energetico di questa tecnologia. Qualche dato sul ritorno energetico dei pannelli esiste ma - a quanto risulta all'autore - non sono disponibili dati relativi all'intero impianto nella sua complessità.

Cioè dati che comprendano la spesa energetica relativa alla costruzione ed allo smaltimento delle strutture edilizie, meccaniche ed elettriche di supporto, le eventuali batterie di accumulo, l'inverter per trasformare la corrente continua in alternata e che tengano conto della quota parte di impianto della rete pubblica di distribuzione elettrica, almeno in parte attribuibile come costo energetico all'impianto fotovoltaico, in quanto indispensabile a scambiare l'energia carente o in eccesso. E' molto probabile che il bilancio finale in ogni caso risulti significativamente positivo ma sarebbe opportuno disporre di dati quanto più possibile precisi in grado di sostenere decisioni prive di rischi.

Una riflessione va fatta anche sul tema dell'area da occupare per installare i pannelli fotovoltaici. Dati certi si possono ricavare dall'impianto che funziona da tempo a Serre (SA). E' attualmente la più grande centrale fotovoltaica operante al mondo: si sviluppa su un territorio di circa 55.000 m<sup>2</sup> con una superficie di 26.500 m<sup>2</sup> di pannelli installati.

Il campo fotovoltaico è suddiviso in sezioni o sottocampi: 9 di questi sono fissi (non si muovono) mentre il decimo è a "inseguimento solare" (i pannelli variano automaticamente la loro inclinazione per raccogliere il massimo di luce nell'arco della giornata). La potenza installata è 3,3 MW\* di picco; la producibilità media annua è di 3.500 MWh\*.

Sulla base di questi dati, per produrre una quantità di elettricità che sia paragonabile a quella prodotta da una centrale termoelettrica di media taglia (Fusina, 1.000 MW installati, produzione 7,5 TWh\* all'anno) serve un'area di 11.500 ettari (10 x 11,5 km), ampia come l'immagine mostrata nella **Figura 25**.

Un'ultima considerazione va fatta sulla quantità di energia elettrica che il fotovoltaico può mettere a disposizione, dopo aver pareggiato i costi energetici per la realizzazione degli impianti.

Si può stimare, in base ai dati relativi al 2005 pubblicati dall'ENEA\*\* nel "*Dossier fotovoltaico del settembre 2006*", che nel 2006 la quantità di energia elettrica prodotta da tutto il fotovoltaico installato al mondo (circa 5.000 MW) sia stata 5,5-5,7 miliardi di kWh, pari allo 0,03% dell'elettricità consumata nello stesso anno sul pianeta.



\* **1MW**= 1 milione di watt; **1MWh**= 1 milione di wattora; **1 TWh**= 1.000 miliardi di wattora.

\*\* **ENEA**: Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

Si tratta di un quantitativo producibile da una centrale termoelettrica con una potenza pari a 3/4 di quella della citata centrale di Fusina (VE) e paragonabile all'energia necessaria a mantenere accese di giorno le luci di tutte le automobili italiane (cfr. *Maurizio Pallante* "Un Futuro senza luce?").

Il Decreto Ministeriale 24 febbraio 2007 si propone, tra l'altro, di incentivare con il contributo di risorse pubbliche l'espansione del fotovoltaico in Italia: ha come obiettivo l'installazione di 3.000 MW di impianti fotovoltaici entro il 2016 che, a regime, produrranno più o meno 3,5-3,7 miliardi di kWh all'anno, poco più dell'1% dell'elettricità che consuma attualmente l'Italia.

## L'energia eolica

è l'energia rinnovabile in grado di produrre elettricità, più ampiamente sviluppata sul pianeta.

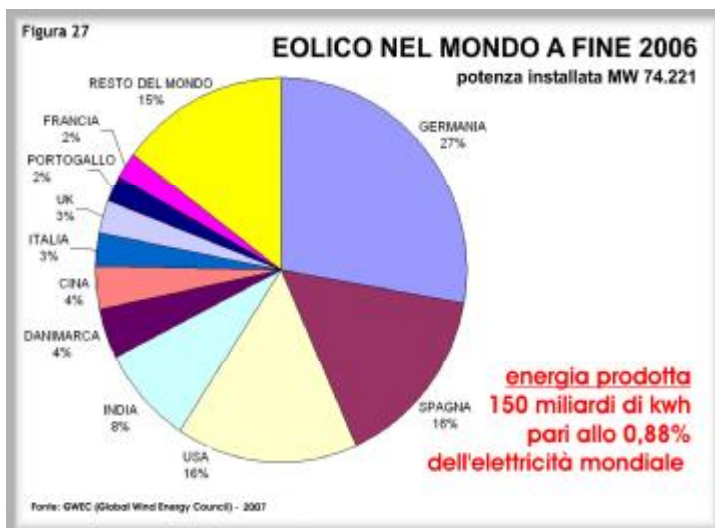
Gli aeromotori, macchine di varie taglie e ancor più numerose tipologie (Figura 26), sfruttano la spinta del vento tramite gigantesche pale che portano in rotazione un generatore elettrico. Si tratta di una tecnologia ormai matura che presenta positivi risultati di ritorno energetico.

Installata inizialmente in grandi wind-farm (fattorie del vento) nelle aree desertiche della California, a intercettare i venti del Pacifico, si è abbastanza velocemente diffusa in alcuni paesi europei e nel resto del mondo.

Attualmente Germania, Spagna, USA e India da soli rappresentano, in ordine decrescente, il 70 % degli impianti eolici del mondo.

Di recente, in particolare nei paesi europei affacciati sul Mare del Nord, sono stati installati impianti in mare, non molto lontani dalle coste.

Una modalità questa che, pur presentando alcune peculiari problematiche relative alla manutenzione dell'impianto ed al trasporto dell'energia, può usufruire di venti più costanti e supera tutti i problemi relativi all'impatto di queste grandi e rumorose macchine con le zone



fortemente antropizzate dell'entroterra; aspetto particolarmente sentito in Italia dove risulta arduo individuare siti privi di pregio storico, paesaggistico o ambientale.

Il potenziale contributo di questa fonte a soddisfare i fabbisogni di elettricità può essere valutato esaminando la **Figura 27** che riporta dati elaborati dal Global Wind Energy Council (GWEC)\*.

Pur con una potenza globale installata a fine 2006 pari a oltre 74 mila megawatt (74 volte la potenza della solita centrale di Fusina - VE ) la quantità di energia prodotta in un anno è stata pari allo 0,88 % dell'elettricità consumata nel mondo. Per calcolare un dato significativo del numero di macchine installate, si può dividere il dato della potenza massima globale (74.000 MW) per la potenza di un ipotetico aeromotore di media taglia (300 kW): ne risultano installati circa 250.000.

## Biomassa

è un termine che include tutta la materia di origine vegetale combustibile o trasformabile in combustibile: legna e suoi derivati, potature, paglia, colture e scarti agricoli, semi oleosi e cereali.

La **legna da ardere** (**Figura 28**) rappresenta quasi tutta la biomassa utilizzata attualmente sul



pianeta. Non esistono dati affidabili per quantificare il suo apporto ai consumi energetici mondiali in quanto solo una minima quantità è oggetto di commercio su grandi distanze ed entra a far parte di dati statistici; quasi tutta viene consumata direttamente nelle località di raccolta.

Nelle statistiche internazionali si valuta che questa fonte fornisca un contributo attorno al 10 % del consumo energetico mondiale.

Il suo utilizzo, contrariamente a quanto vogliono far credere alcune affermazioni interessate, di ecologico ha ben poco oltre al circuito chiuso della CO<sub>2</sub> (quella emessa dalla combustione è uguale a quella assorbita in vita dalla pianta), salvo che le quantità in gioco siano molto limitate, gli utilizzatori pochi, fortemente distribuiti sul territorio e la legna venga usata saltuariamente, all'aperto o in locali con efficace tiraggio dei fumi.

In tal caso i boschi hanno il tempo di sostituire la vegetazione abbattuta e l'inquinamento derivante dalla combustione può diluirsi in atmosfera senza causare particolari problemi.

In caso contrario (normale nei paesi più poveri, dove la legna rappresenta praticamente l'unica fonte energetica disponibile) il prelievo di alberi supera presto la capacità rigenerativa delle foreste che progressivamente riducono la loro superficie.

La grande quantità di inquinanti derivanti dal processo di combustione si accumula in atmosfera in alte concentrazioni, dannose per l'intero ecosistema coinvolto e altamente pericolose per la salute

---

\* **GWEC**: forum internazionale che rappresenta i produttori e le associazioni che promuovono l'energia eolica.

umana, quando la combustione avviene (ed un caso molto frequente nel mondo) a fiamma libera in locali poco areati.

Da qualche tempo sono state costruite anche in Italia centrali elettriche che usano prodotti legnosi (scarti di segheria, falegnameria, potature, tralci di vite). Si tratta di centrali di piccola potenza, qualche decina di MW (da 30-40 sino a 100 volte più piccole di una centrale standard a combustibile fossile), attrezzate per filtrare i fumi e ridurre al minimo l'impatto ambientale.

Per far funzionare questi impianti a ciclo continuo bisogna poter contare su forniture di materiale legnoso proveniente da territori amplissimi, sovra regionali. Va ricordato infatti che il contenuto energetico di un kg di legna è all'incirca un quinto di quello di un kg di carbone.

I **bio-combustibili** vengono ricavati da semi oleosi (**Figura 29**) o da grassi vegetali e animali (bio-diesel) o, nel caso dell'etanolo, da piante, semi o frutta con elevato contenuto di zuccheri.

L'uso di carburanti di origine vegetale - in particolare etanolo - risale ai primi del '900 ma l'interesse scemò quasi del tutto dopo la seconda guerra mondiale per l'enorme possibilità di impiego di olio e gas.

Da qualche anno, a fronte delle prospettive di minore disponibilità e dell'incremento del prezzo del greggio, l'attenzione per questi prodotti sta aumentando.

Il **bio-diesel** per la maggior parte proviene dalla lavorazione di colture di colza, soia o girasole.



L'**etanolo** si produce a partire principalmente dalla canna da zucchero e, dove questa non può essere coltivata, dal sorgo, dal frumento, dall'orzo e soprattutto dal mais.

Alcuni studi e le aziende che producono biocombustibili sostengono che il ritorno energetico risulta positivo, che il loro impiego determina una riduzione locale degli inquinanti e, complessivamente, una minore immissione di CO<sub>2</sub> in atmosfera.

Altri sostengono il contrario. Nel 2005, sulla rivista Natural Resources Research, l'ecologo David Pimentel e l'ingegnere ambientale Tap W. Patzek hanno pubblicato uno studio secondo il quale sia la produzione di biodiesel da soia e girasole, sia quella dell'etanolo da mais, consumano di gran lunga più energia di quanta se ne possa ricavare dai combustibili derivati, e provoca danni ambientali. Va sottolineato che il processo produttivo consuma importanti quantità di gas o di carbone per produrre il vapore necessario alla distillazione.

Paul Crutzen, premio Nobel nel 1993 per gli studi sul buco dell'ozono, ha dimostrato di recente che per i biocombustibili è indispensabile una seria analisi del ciclo di vita (LCA) per valutarne la effettiva sostenibilità. Ha infatti riscontrato un forte innalzamento dell'ossido nitroso (ossido di diazoto, N<sub>2</sub>O) in atmosfera, causato dal maggiore uso dei fertilizzanti per le colture energetiche.

Questo fatto da solo annulla i benefici di riduzione delle emissioni derivanti dal risparmio di combustibili fossili e tende a incrementare l'*effetto serra*\*, innalzando la temperatura del pianeta oltre le previsioni. L'ossido di diazoto ha un effetto serra di 296 volte superiore a quello della CO<sub>2</sub>.

Le conseguenze più pesanti al riguardo sono da imputare alle colture di colza per il biodiesel e del mais per produrre bioetanolo. Minore impatto sull'ambiente ha l'uso della canna da zucchero che, per merito dell'alto contenuto in zuccheri, dal punto di vista energetico offre risultati sicuramente positivi.

La sua coltivazione però risulta pressoché impossibile in gran parte del mondo, in quanto necessita di clima tropicale e di manodopera a basso costo.

Caratteristiche queste presenti in Brasile, dove tre quarti delle automobili bruciano etanolo da anni.

In questo periodo, caratterizzato da incrementi del prezzo del petrolio e da alcune difficoltà di approvvigionamento, si registra una forte accelerazione nei riguardi dell'etanolo da mais, un po' in tutto il mondo, e la questione merita qualche ulteriore approfondimento.

Sia il bio-diesel che l'etanolo hanno un contenuto energetico inferiore alla medesima quantità di benzina: il bio-diesel 86%, l'etanolo si ferma al 67%.

Tenendo conto di questo dato e del fatto che per produrre 100 litri di etanolo sono necessari 266 kg di granaglia di mais, che un kg di mais fornisce 3.500 kcal, si può calcolare che un pieno da 100 litri equivale a circa 930.000 kilocalorie alimentari, cioè una quantità di cibo in grado di alimentare per un anno un individuo che consumi 2.500 kilocalorie al giorno (Figura 30).



Pare fuori discussione quale debba essere l'uso prioritario di questa come di altre colture preziose per l'alimentazione umana. Ma il rapporto con il petrolio introduce una grave distorsione di carattere economico che sta avendo pesanti conseguenze.

Il prezzo del mais è schizzato a livelli mai visti prima e gli agricoltori sono stati spinti a piantarne sempre di più, sostituendo spesso altre colture.

Si sono quindi sbilanciati i costi delle intere filiere produttive collegate ai cereali ed alle granaglie. Nel 2006 a livello mondiale si è prodotta una quantità di etanolo equivalente a 1/40 della benzina

\* *effetto serra*: è il risultato della presenza attorno alla Terra di un'atmosfera che assorbe parte dei raggi infrarossi emessi dal suolo, riscaldato dalla radiazione ricevuta dal Sole, incrementando la temperatura superficiale del pianeta.

che si consuma in un solo giorno nei paesi dell'OCSE (l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico che raccoglie i paesi più ricchi del mondo) ma nel frattempo:

- . il prezzo del grano duro è aumentato del 50%
- . in Cina il prezzo della carne di pollo e maiale è aumentato di un terzo
- . la FAO ha denunciato aumenti nell'industria casearia (+34%), dei cereali (+24%), dei semi oleosi (+33%) della carne bovina (+9%)
- . il prezzo della birra è cresciuto più del 5%
- . in Italia oltre a quello della pasta sono cresciuti i prezzi delle uova, del burro e delle carni.

Negli USA, anche destinando il 100% del mais e della soia alla produzione di biocarburanti si sostituirebbe il 12% della benzina ed il 6% del gasolio nazionale, mentre l'allevamento di bovini, maiali, pollame dovrebbe essere drasticamente ridimensionato.

Per un paese altamente popolato e scarso di territorio coltivabile come il nostro, assume particolare importanza la scelta del tipo di colture da privilegiare in relazione al ruolo che il prodotto ricavabile sarà chiamato a svolgere.

Destinare 55.000 ettari a mais (un'estensione pari a un quadrato di km 23.5 x 23.5 - vedi **Figura 33**) per produrre 160.000 tonnellate all'anno di etanolo che



rappresentano l' 1,2% del consumo di benzina nazionale, pare una scelta che, pur offrendo risposte positive a importanti esigenze, da altri punti di vista risulta piuttosto discutibile.

Molto più affascinante appare invece la possibilità di produrre etanolo escludendo dal ciclo di produzione tutti i prodotti adatti all'alimentazione e utilizzando ciò che di norma viene gettato, bruciato o lasciato marcire.

La cellulosa è formata da solide catene di molecole di glucosio che, una volta demolite, permettono la fermentazione del glucosio stesso e la produzione di etanolo. Si ricava dal fusto delle piante di mais e da altre piante che richiedono meno energia per coltivazione e raccolto. I batteri per la sua conversione in etanolo sono noti, ma nessuna azienda per ora è riuscita a mettere a punto un processo valido e conveniente.

Il processo funziona solo a scala ridotta e molto lentamente. Si è ancora lontani da una soluzione a livello industriale; si punta su batteri geneticamente modificati e su enzimi tratti dallo stomaco delle termiti per poter finalmente ricavare carburante non dai chicchi ma dai fusti delle piante di mais, dalle erbacee perenni, dalle foglie, dalla segatura: la potenzialità è enorme.

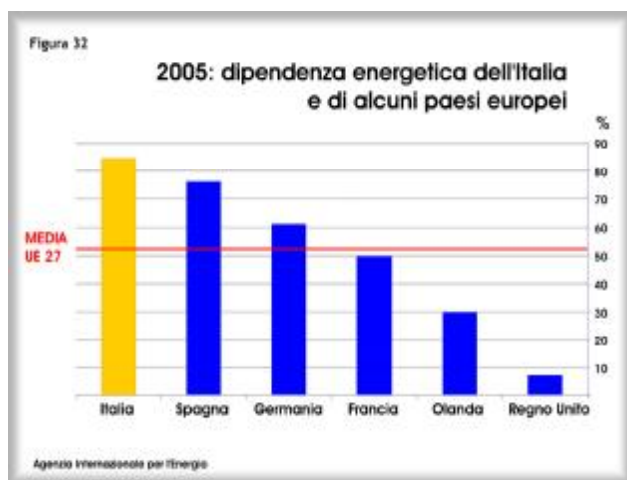
L'interesse per i carburanti vegetali sembra coinvolgere anche gli sceicchi del medio oriente alcuni dei quali hanno annunciato un investimento di 250 milioni di dollari sulle energie rinnovabili, compresi i biocarburanti: probabilmente anche tra le sabbie del deserto ci si rende conto che l'era del petrolio non durerà per sempre.

## Italia e Veneto

presentano la situazione tipica di territori con elevati consumi di energia, ma quasi privi di fonti autoctone.

L'Italia importa l'85% di energia primaria necessaria ed il 13,7% dell'energia elettrica richiesta sulla rete nazionale.

Tra i più importanti Paesi Europei il nostro è quello di gran lunga nelle peggiori condizioni e si colloca ben al di sopra della media europea di dipendenza energetica degli altri Stati (Figura 32). Peggio di noi stanno solamente Malta, Lussemburgo, Cipro e Irlanda.



Le fonti interne sono estremamente limitate per quantità e varietà: quasi tutta la disponibilità deriva da risorse idrauliche (l'acqua che scende dalle nostre montagne) e da alcuni modesti giacimenti di metano e di greggio.

Si importa il petrolio da molti Paesi (in ordine di importanza Libia, Russia, Arabia Saudita, Iran, da alcuni stati africani, medio-orientali, del Centro Asia e dalla Norvegia).

Ne servono circa 93 milioni di tonnellate all'anno, più o meno 5 litri di petrolio al giorno a persona, di cui più della metà per i trasporti, il 14% per la produzione di elettricità, il resto ripartito tra usi civili, agricoli, non energetici ed industriali.

La produzione nazionale di petrolio (pozzi in Basilicata, Val Padana, Sicilia) si aggira tra 5-6 milioni di tonnellate all'anno; le riserve interne, nel caso dovessero essere utilizzate per coprire i consumi attuali, si esaurirebbero prima di 1 anno.

Il gas arriva quasi esclusivamente attraverso tre metanodotti (Figura 33) che collegano l'Italia al Nord Africa (40%), alla Russia (35%) ed al Nord Europa (20%).

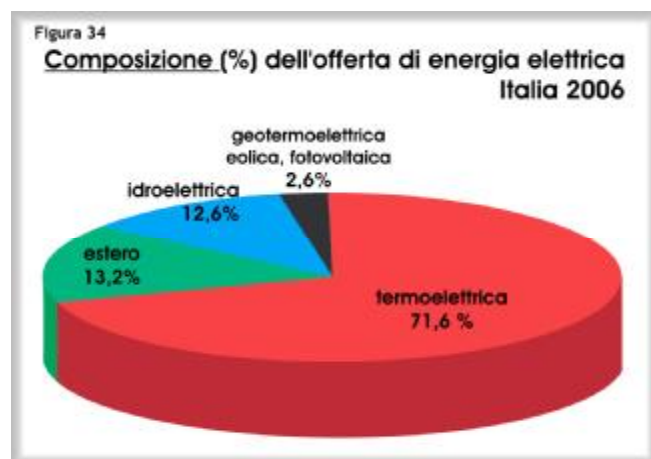
Il fabbisogno complessivo nel 2005 è stato di 86 miliardi di m<sup>3</sup>, la produzione interna 12 miliardi di m<sup>3</sup>. Va evidenziato che mentre la richiesta al consumo cresce mediamente del 6-7% all'anno, la produzione nazionale



diminuisce costantemente (nel 1994 superava i 20 miliardi di m<sup>3</sup> e copriva il 42% del fabbisogno).

La situazione di questo combustibile è ulteriormente complicata dalla difficoltà di immagazzinarlo in grande quantità (cosa ben più facile per carbone e petrolio) e dagli ostacoli che incontra nel nostro Paese la realizzazione di rigassificatori, cui far attraccare le gasiere di GNL (vedi pag. 16).

Eppure in Italia persiste una forte spinta che tende a rafforzare la massiccia penetrazione del gas per uso elettrico aumentando ulteriormente la rigidità e la fragilità del sistema: le due più importanti linee di metanodotto, attraverso cui ci riforniamo, partono o attraversano territori politicamente molto sensibili. Ciò rappresenta una forte criticità per la continuità delle forniture di questo combustibile che ormai svolge un ruolo vitale, del tutto analogo a quello del petrolio.



Il fabbisogno nazionale di elettricità nel 2006 è stato di 337.459 GWh\*, soddisfatto per oltre il 70 % bruciando combustibili fossili e, quasi in egual misura, con l'importazione dall'estero e con l'energia idroelettrica (Figura 34).

A questo proposito va rilevato che in Italia, statisticamente, le fonti rinnovabili coprono il 16,55% della fabbisogno di elettricità, ma di questa quantità il 70% è rappresentato dalla fonte idroelettrica, l'11% dal geotermico, il 6% dall'eolico, il 13% da biogas, rifiuti solidi urbani e legna.

Per l'approvvigionamento energetico del nostro paese, la garanzia della disponibilità di gas è forse, in questa fase, il più critico degli aspetti, ma non certo il solo.

Tuttavia la discussione sui media, e anche il confronto politico, si concentrano preferibilmente sull'aspetto elettrico, che viene spesso affrontato con tale impeto e fervore di parte, da farlo risultare "Il Problema Energetico", dimenticando così che la parte elettrica rappresenta poco più di un terzo del problema italiano: l'indice di penetrazione elettrica (vedi pag. 20) in Italia si colloca tra il 34 ed il 37 per cento.

La complessità e la dimensione della questione energetica nazionale, riguardante cioè le fonti primarie, quelle secondarie, il loro trasporto, nonché i consumi finali, richiederebbe un disegno strategico ampio a medio-lungo termine, che non è disponibile.

Per cui anche l'accordo positivo che talvolta si realizza con qualche paese produttore o la decisione assunta di iniziare a incentivare lo sviluppo di alcune fonti rinnovabili, restano fatti abbastanza isolati, che non migliorano significativamente il contesto di fondo.

Anzi, rischiano involontariamente di diffondere un eccessivo senso di sicurezza sul futuro che, ad un esame appena più attento, non ha ragione d'essere.

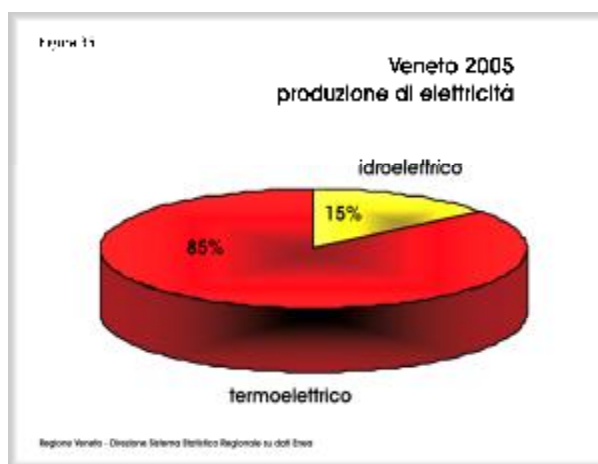
\* 1 GWh = 1 miliardo di wattora

Nel contempo si parla frequentemente di risparmio energetico ed efficienza, ma non si fa abbastanza affinché questo diventi acquisizione culturale consolidata e prassi costante per il singolo cittadino, per l'imprenditore e per il gestore pubblico. Su questo terreno infido e insicuro l'Italia si muove in nutrita compagnia in quanto rari sono i paesi che, dopo aver messo a punto piani di larga prospettiva, li stanno ora attuando.

La situazione energetica del Veneto è ancor più pesante di quella nazionale. Per quanto riguarda l'energia primaria la dipendenza dall'esterno è quasi totale: il 96%, in costante crescita negli ultimi anni.

La ridottissima disponibilità interna è rappresentata quasi esclusivamente dall'elettricità prodotta dai 186 impianti idroelettrici, di varia dimensione, funzionanti sul territorio. La loro produzione rappresenta il 15% dell'energia elettrica complessivamente prodotta in Regione nel 2005 (20.600 GWh), quantitativo nettamente insufficiente alle necessità del sistema veneto, per soddisfare il quale è stato necessario importare dall'esterno 11.000 GWh, pari al 35% al fabbisogno.

L'85% dell'energia elettrica prodotta in Veneto (Figura 35) è garantita dal funzionamento di 127 impianti termoelettrici, in maggior parte di piccola dimensione e di proprietà di aziende autoproduttrici. I due più importanti sono indubbiamente la centrale di Porto Tolle e quella di Fusina, di proprietà dell'Enel; tuttavia la prima, da qualche tempo, funziona solo in caso d'emergenza elettrica nazionale, determinando così l'attuale deficit di produzione elettrica regionale.



Nell'area di Porto Marghera c'è la maggior concentrazione di impianti termoelettrici. I principali sono: Fusina e Marghera (ENEL), dedicati esclusivamente a produrre elettricità; Marghera Levante ed Azotati (Edison), Syndial ed ENI Raffineria, predisposti per la produzione sia di elettricità che di vapore. Nel 2004 sono stati prodotti complessivamente 14.864 GWh e 16.913 miliardi di kj di vapore.

Vale la pena ricordare la piccola centrale a biomassa della SICET, a Ospitale di Cadore (BL). Nata dalla riconversione di un ex impianto industriale, ha prodotto nel 2005 circa 135 GWh, usando 200.000 tonnellate di biomassa legnosa, in gran parte importata dall'estero, in particolare dai paesi dell'Est Europa.

Merita attenzione il dato regionale del consumo interno lordo di energia primaria per persona, pari a 3,9 Tep, superiore del 18% al dato nazionale, e quello della intensità energetica\* finale del PIL\*, pari a 128,7, anch'esso superiore al dato nazionale. Ciò è determinato anche dall'elevato standard di benessere raggiunto dal Veneto nel settore domestico, che risulta molto energivoro.

\* **intensità energetica**: indice che rappresenta la quantità di energia finale consumata per la produzione di una unità di PIL (Prodotto Interno Lordo) - la sua tendenza a diminuire è quindi un indicatore di maggior efficienza energetica.

## Riflessioni conclusive

Nel trattare il vasto panorama delle fonti primarie di energia sono stati messi in luce i limiti derivanti dalla scarsa quantità e qualità delle informazioni disponibili, nonché le diverse e contrapposte valutazioni formulate da esperti e studiosi di questa materia, al fine di realizzare un approccio quanto più possibile equilibrato.

Il quadro che emerge non è dei più confortanti, in particolare se osservato dal punto di vista del cittadino di un paese come l'Italia la cui dipendenza energetica, anziché diminuire, si sta progressivamente avvicinando al 90%.

Se solo qualcuno degli scenari meno piacevoli illustrati in questa pubblicazione dovesse avverarsi, nei modi e nei tempi descritti, troverebbe pressoché tutti totalmente impreparati.

Le conseguenze sui sistemi economici e sociali potrebbero risultare molto difficili da controllare e le tensioni interne ed internazionali raggiungere livelli pressoché ingovernabili.

E le soluzioni? E il modo per far sì che le prospettive temute si allontanino o siano meno pesanti?

Non esistono purtroppo soluzioni facili, scorciatoie in grado di aggirare gli ostacoli né, allo stato attuale delle conoscenze, sostanze, tecnologie o sistemi capaci di offrire inedite vie di uscita.

E' piuttosto probabile che le fonti da cui stiamo ricavando gran parte dell'energia (petrolio, gas, forse anche l'uranio) siano quelle che più precocemente ridurranno il loro contributo, avviandosi, più o meno lentamente, verso non l'esaurimento fisico ma verso un livello di disponibilità molto più ridotto rispetto all'oggi, raggiungendo livelli di costo molto più elevati degli attuali.

Le altre fonti, attualmente note e utilizzabili, offrono una durata più lunga nel tempo (carbone) e possiedono la capacità - entro certi limiti - di rinnovarsi autonomamente (idraulica, solare, eolica e vegetale). Nessuna di queste ultime tuttavia presenta caratteristiche risolutive; anzi, messe tutte assieme, sono ancora ben lontane dal garantire anche la semplice stabilizzazione del livello di energia complessiva necessaria in questa fase storica al pianeta.

Altre ancora, conosciute, ma che presentano problemi non risolti dal punto di vista dell'utilizzo (scisti e sabbie bituminose, greggi ultra pesanti, reattori veloci autofertilizzanti, fusione nucleare), forse si renderanno disponibili ma, se ciò avverrà, sarà quasi certamente molto in ritardo rispetto alle prime esigenze.

Diventa quindi obbligatorio attrezzarsi mentalmente a ritenere preziosi tutti gli apporti disponibili, di qualsiasi natura ed origine, preparandoci a sfruttarne nel migliore dei modi il contributo e a gestire intelligentemente il rapporto, a volte difficile e problematico, di ciascuna fonte con l'ambiente.

Sull'altro versante è urgente, straordinariamente urgente, cambiare alla radice i nostri comportamenti nei riguardi dell'energia valutandola finalmente per quello che è: il mezzo fondamentale, di cui la quota più interessante è presente in quantità limitata sul pianeta, per realizzare tutto quello che serve alla vita nostra e delle future generazioni.

Sapere, come viene ricordato da alcune parti, che la terra riceve e riceverà un costante, immenso quantitativo di energia solare è importante ma non può tranquillizzare.

La civiltà contemporanea si fonda principalmente sull'uso di energia concentrata, altamente concentrata, caratterizzata da elevata (o elevatissima) potenza e grande (talvolta impressionante) quantità consumata in tempi brevissimi, performance possibili solamente perché le fonti che impieghiamo sono energia di origine solare condensatasi in centinaia di milioni di anni (fossili) o presente nel minerale sin dalle origini dell'universo (uranio).

L'energia solare che ci raggiunge quotidianamente è tantissima ma fortemente diluita nel tempo e nello spazio. Solo la fonte idraulica, anch'essa di origine solare, può presentare in alcuni luoghi elevate concentrazioni, in quanto l'acqua si accumula facilmente e velocemente in situazioni naturali o artificiali.

Tutte le altre forme (eolica, solare termico, fotovoltaico, biomassa) possono e devono essere sfruttate quanto più possibile ma la loro concentrazione, quando si realizza, raggiunge livelli modestissimi in tempi lunghi e risulta del tutto inadatta e insufficiente a soddisfare il tipo di "fame energetica" delle fondamentali strutture della nostra epoca (es.: fonderie, cartiere, cementifici, vetrerie, industria chimica, grandi fabbriche, trasporto pesante e veloce, aereo, ferroviario o navale, ecc.).

La disponibilità di energia è il punto di partenza essenziale di qualunque scelta. Se non si dispone di energia in quantità opportuna ogni idea, progetto, intenzione, resta irrealizzabile.

Questa semplice nozione dovrebbe essere ricordata e tenuta presente in ogni decisione collettiva o individuale, mentre oggi è misconosciuta o perlomeno quasi completamente trascurata.

I concetti di risparmio e di miglioramento dell'efficienza, già così ignorati e impopolari, risultano oggi inadeguati agli obiettivi che la realtà sta imponendo, mentre dovrebbero essere spinti molto in avanti verso il limite teorico di "minimo impiego possibile".

I mutamenti climatici, l'incremento dell'effetto serra, le catastrofi atmosferiche stanno concentrando l'attenzione di organizzazioni internazionali, governi, personaggi famosi, mass-media, cittadini e il principio di "compatibilità ambientale" è ormai, se non da tutti condiviso e rispettato, almeno diffusamente compreso nel suo significato più profondo.

Come non rallegrarsi!

C'è però il rischio di fermarsi a questo punto, di non procedere oltre, soddisfatti dall'aver raggiunto un importante obiettivo culturale a partire dal quale esiste oggi la possibilità, scomoda, difficile e per nulla scontata, di immaginare e sviluppare tutta una serie di iniziative e interventi.

La realtà presenta però ora una sfida a livello superiore, forse l'ultimo livello.

L'umanità viene chiamata a misurare le sue capacità intellettuali, scientifiche, tecnologiche, politiche, con il problema dei problemi: la disponibilità di energia primaria per soddisfare le esigenze, pur diverse ma tutte pressanti, di alcuni miliardi di esseri umani.

Sfida inedita, ardua, forse impossibile ma non rinunciabile, in molti punti perfettamente coincidente e sovrapponibile a quella ambientale la quale, comunque, resta e va collocata su un piano subordinato.

Si tratta di un passaggio obbligato, pieno d'incognite e contraddizioni, che potremo affrontare con migliori probabilità di successo quanto più in fretta sapremo comprendere e condividere il significato profondo di una nuova idea, tramite la quale riqualificare il "tipo di vita" che ora una parte dell'umanità vuole difendere e migliorare e l'altra, quella rimanente, ben più numerosa, vuole almeno avvicinare se non raggiungere: il concetto di "**compatibilità energetica**".

## Per approfondire

*Carlo Bernardini e Giorgio Salvini*

**La crisi energetica nel mondo e in Italia**

Da Enrico Fermi ed Edoardo Amaldi a oggi

Edizioni Dedalo - 2007 - €. 15,00

*Leonardo Maugeri*

**L'era del petrolio**

Mitologia storia e futuro della più controversa risorsa del mondo

Serie Bianca Feltrinelli - 2007 - €. 17,00

*Worldwacht Institute*

**State of the World 2007.**

Rapporto sullo stato del pianeta - Il nostro futuro urbanizzato

Edizioni Ambiente 2007 - €. 20,00

*Sonia Shah*

**Oro nero - breve storia del petrolio**

Piccola biblioteca Oscar Mondadori 2005 - €. 8.40

*Paul Roberts*

**Dopo il petrolio**

Einaudi 2005 - €. 17,00

*Baldo - Marino - Rossi*

**Analisi del ciclo di vita - LCA - Materiali, prodotti, processi**

Edizioni Ambiente - 2005 - €. 20,00

*Armaroli-Balzani*

**Energia oggi e domani**

Bonomia University Press - 2005 - €. 22,00

*Maurizio Pallante*

**Un futuro senza luce ?**

Editori Riuniti - marzo 2004 - €. 10,00

*Li Vigni, Benito*

**Le Guerre del petrolio**

Editori Riuniti - Collana: Primo piano - 2004 - € 18,00

*Jeremy Rifkin*

**Economia all'Idrogeno**

Saggi Mondadori - 2002 - €. 17,60

<http://www.peakoil.net/>

Association for the Study of Peak Oil & Gas

<http://www.aspoitalia.net>

ASPO-Italia: studia l'esaurimento delle risorse petrolifere

<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index.html>

International Energy Outlook 2007

[www.lbst.de](http://www.lbst.de)

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

[http://dimgruppi.ing.unibs.it/fisica\\_tecnica/beretta/gian\\_paolo\\_beretta.htm](http://dimgruppi.ing.unibs.it/fisica_tecnica/beretta/gian_paolo_beretta.htm)

Gian Paolo Beretta - Ordinario di Fisica Tecnica Industriale

<http://www.tecnosophia.org/documenti/Articoli/Sessionell/Beretta.pdf>

Gian Paolo Beretta - Ordinario di Fisica Tecnica Industriale

Ernesto Pedrocchi - Dipartimento Energetica Politecnico Milano

<http://www.exxonmobil.com/corporate/>

ExxonMobil is the world's largest publicly traded international oil and gas company.

<http://www.bp.com/home.do?categoryId=1>

BP is a global energy group

<http://www.energywatchgroup.org/Publications.23+M5d637b1e38d.0.html>

EWG works and studies independently of Government and company interests

<http://www.worldenergy.org/>

WEC is the foremost multi-energy organisation in the world today

<http://www.enea.it/>

ENEA: ente pubblico che opera nei settori energia, ambiente e nuove tecnologie

[http://www.eni.it/home/home\\_it.html](http://www.eni.it/home/home_it.html)

ENI è un'impresa integrata nell'energia

<http://www.grtn.it/ita/index.asp>

GSE è il Gestore dei Servizi Elettrici

<http://www.worldenergyoutlook.org/>

IEA - World Energy Outlook the authoritative source of energy analysis and projections

<http://www.iea.org/>

IEA acts as energy policy advisor to 26 member countries in their effort to ensure reliable, affordable and clean energy for their citizens

<http://www.nea.fr/>

NEA (Nuclear Energy Agency) is a specialised agency within the Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), an intergovernmental organisation of industrialised countries

<http://www.ewea.org/>

EWEA is the voice of the wind industry - actively promoting the utilisation of wind power in Europe and worldwide

<http://www.gwec.net/>

GWEC: credible and representative forum for the entire wind energy sector at an international level

<http://www.ises.org/ises.nsf!Open>

ISES (International Solar Energy Society) is a non-profit global NGO

## Mirco Rossi

È nato e vive a Venezia, dove ha fatto studi di economia, geografia e politica economica presso l'Istituto Sarpi e la Facoltà di Economia dell'Università Cà Foscari.

Per alcuni anni è stato coordinatore dell'attività che l'Enel metteva a disposizione di tutte le scuole del Triveneto.

Dal 2002, in accordo con la Provincia ed il Comune di Venezia, svolge un'assidua attività di divulgazione sui temi dell'energia nelle scuole secondarie di primo e secondo grado, rivolta sia agli alunni che agli insegnanti.

Ha svolto numerose conferenze e dibattiti promossi da gruppi culturali, partiti, associazioni private ed amministrazioni pubbliche locali.

*e-mail* : [mirco.rossi05@libero.it](mailto:mirco.rossi05@libero.it)