

ENERGIA¹

Introduzione

L'energia è il primo motore dello sviluppo e il primo prezzo che si deve pagare allo sviluppo. L'energia ha a che fare con tutti e tre i pilastri dello sviluppo sostenibile: l'economia, l'ambiente e lo stato sociale, perché è alla base di ogni aspetto del vivere civile.

Inizialmente si produceva energia con mezzi semplicissimi e molto inefficienti, usando le biomasse e i muscoli degli animali e degli uomini. Successivamente si cominciarono a costruire le prime macchine: mulini a vento e ad acqua, poi si cominciò a bruciare il carbone per produrre vapore d'acqua e sfruttarne l'alta temperatura e pressione, soprattutto per potenziare l'attività lavorativa, piuttosto che il benessere individuale. Con l'andar del tempo, si incominciarono a considerare anche i risvolti sociali interni ai Paesi sviluppati collegati all'energia, specialmente con l'utilizzazione di una fonte primaria sicura e a basso costo come il petrolio. Dopo le crisi energetiche degli anni '70 e '80, i Paesi sviluppati hanno aumentato enormemente (1) la diversificazione delle fonti e, sia pure in misura ridotta, delle tecnologie (per assicurare la sicurezza degli approvvigionamenti), (2) l'efficienza della tecnologia e (3) la capacità di immagazzinare riserve.

In questi ultimi anni sta crescendo l'importanza delle considerazioni di tipo ambientale, sia a livello locale (inquinamento dell'aria, acqua e suolo) che globale (cambiamenti climatici), e di tipo sociale internazionale, essenzialmente rivolte al rapporto tra Paesi sviluppati e non. La differenza tra capacità finanziaria e tecnologica nel procurarsi energia è una delle cause che sta allargando sempre più il solco che divide i Paesi ricchi da quelli poveri. Il bisogno sempre più pressante di energia specie nei Paesi più ricchi è una delle principali cause per il deterioramento dell'ambiente.

Proprio i Paesi più poveri, invece, avrebbero bisogno di grandi investimenti energetici per risolvere i loro problemi sanitari e urbanistici, per affrancare le donne, per controllare la crescita della popolazione.

Bisogna tenere alta la flessibilità del sistema per rispondere in modo appropriato agli eventi improvvisi e imprevedibili (gestione del rischio) e far fronte alle conseguenze future prevedibili delle nostre scelte energetiche (per es., cambiamenti climatici). Il compito è facilitato dal fatto che, per ora, sono in realtà possibili molte scelte energetiche, intese come produzione, trasferimento e tecnologia di applicazione finale per soddisfare quelli che sono poi i fini che ci proponiamo di raggiungere con il mezzo energia: calore, luce, potenza, mobilità. Ogni combustibile ed ogni tecnologia ha il suo impatto particolare sui pilastri dello sviluppo sostenibile, per cui tutta la politica energetica gode di ampi spazi di libertà, il che vuol dire, però, che risulta anche particolarmente complessa, difficile e contestabile.

D'altra parte, il settore energetico è caratterizzato da progetti in larga-scala che richiedono tempi lunghi per la programmazione, progettazione, costruzione, esercizio e dismissione delle infrastrutture e degli impianti. La grande differenza temporale tra il momento in cui il capitale viene investito e il momento in cui l'investimento è stato remunerato con la formazione di altro capitale necessario per intraprendere un altro progetto crea rigidità al sistema, perché le scelte non possono essere cambiate ed attuate rapidamente. Proprio per vincere la notevole inerzia intrinseca del sistema bisogna tenere più alta possibile la flessibilità dell'insieme delle scelte che vengono compiute (diversificando tipi e fonti di combustibile).

Intorno all'uso dell'energia, si intrecciano problemi economici, sociali ed ambientali che inevitabilmente favoriscono l'insorgere di conflitti all'interno di uno stato e tra stati diversi, perché le soluzioni possibili sono tante e non soddisfano tutti nello stesso modo, sia dal punto di vista economico-sociale, sia da quello ambientale, culturale, addirittura spirituale-religioso.

¹ OECD - *Sustainable Development: Critical Issues*, Cap. 12 p. 335 (2001),
<<http://oecdpublications.gfi-nb.com/cgi-bin/OECDBookShop.storefront/EN/product/032001032P1>>

Dato che l'energia gioca un ruolo centrale nella scommessa sulla sostenibilità e la sua gestione coinvolge una moltitudine di prospettive, valori, interessi che spesso non si esprimono nello stesso linguaggio, lasciando, talvolta, spazio a omissioni, ritardi o scelte miopi i cui costi sono trasferiti sulle generazioni future, le scienze per la pace sono chiamate in causa a pieno titolo, per studiare e prevenire l'insorgere di conflitti tra portatori di interessi legittimi (cittadini, enti, istituzioni, imprese), all'interno di una comunità, favorendo il rispetto delle condizioni di equità nell'accesso alle risorse e la sostenibilità dello sviluppo umano nella sua accezione più ampia.

In particolare, le scienze per la pace si propongono di dialogare con le varie discipline e con i vari attori coinvolti, per permettere una comunicazione più fluida, rimuovere i tecnicismi strumentali, agevolare un progresso scientifico che si sviluppi di pari passo con lo sviluppo umano, favorire il controllo culturale e democratico sull'innovazione tecnologica. Questo intervento all'interno di comunità omogenee, dal livello familiare a quello nazionale, non è semplicemente propedeutico per affrontare poi i problemi della pace internazionale, ma crea proprio i presupposti culturali interni per condizionare la politica estera di uno stato.

L'energia è un campo d'azione tipico per chi opera per la pace, perché è ormai evidente che non è possibile fare scelte energetiche valide a livello mondiale senza che siano accettate e perseguite dai singoli cittadini, senza che tutte le istituzioni politiche e culturali, dal livello internazionale a quello locale, si assumano le loro responsabilità e facciano il proprio dovere.

Previsioni sui consumi energetici futuri

Secondo le previsioni dell'International Energy Agency (IEA) dell'OECD² e in sostanziale accordo con quelle dell'Energy Information Administration (EIA) del US Department of Energy³, la domanda di energia primaria aumenterà nel 2020 del 57% rispetto a quella del 1997, con un tasso di crescita annuale del 2% medio (più di 13 500 milioni di tonnellate di equivalente petrolio, Mtep⁴), inferiore al 2,2% tra il 1971 e il 1997. L'aumento maggiore dei consumi riguarderà i Paesi emergenti e in via di sviluppo, per cui diminuirà la frazione di energia utilizzata dai Paesi in transizione (Paesi dell'ex blocco sovietico), e soprattutto da quelli sviluppati.

Il petrolio rimarrà il combustibile principe con il 40%, corrispondenti a circa 96 milioni di barili⁵ al giorno nel 2010 e 115 nel 2020 (dai 74 Mb/d del 1997). La crescita del suo consumo sarà dovuta al settore dei trasporti nei Paesi industrializzati, mentre in tutti gli altri crescerà anche per l'uso familiare, industriale e per la produzione di potenza elettrica.

Il consumo di gas metano aumenterà di più, del 2,7% medio all'anno, per cui passerà dall'attuale 22% al 26% nel 2020, a spese del carbone, che aumenterà con un tasso del 1,7% medio all'anno, tanto da superarlo in termini di TPES (total primary energy supply = primary energy demand) intorno al 2010. L'aumento del consumo di gas è dovuto essenzialmente alla produzione di energia elettrica nelle nuove centrali a ciclo combinato con rendimenti del 60%. Cina ed India aumenteranno fortemente l'uso del carbone, che posseggono in abbondanza, per potenziare la produzione di elettricità.

Nel 1997 il nucleare produceva il 7% di TPES (il 17% dell'energia elettrica). Si pensa che scenda al 5% nel 2020, dato che i paesi industrializzati tenderanno a dismettere le centrali di vecchia concezione mano a mano che raggiungono la scadenza del periodo di funzionamento (anche se si cerca di prolungarlo più possibile, al di là di quanto preventivato), che non potranno essere ancora compensate dalle installazioni nei paesi emergenti e dall'introduzione degli impianti di nuova concezione.

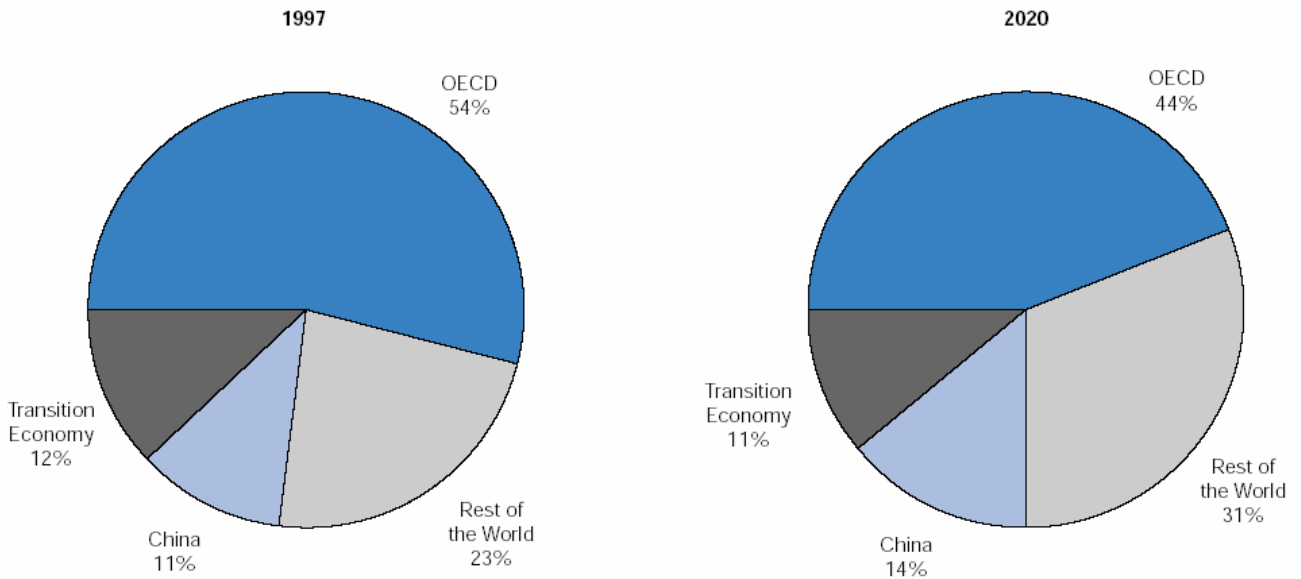
L'idroelettrica contribuiva nel 1997 a soddisfare il 3% delle necessità di energia primaria (il confronto con altri combustibili lo si fa in base al suo contenuto termico, quasi uguale a 11 000 kJ/kWh, come quello dei combustibili fossili mediamente necessari a produrre la stessa quantità di

² IEA, World Energy Outlook 2000, OECD/IEA, Paris, 2000. <www.iea.org>.

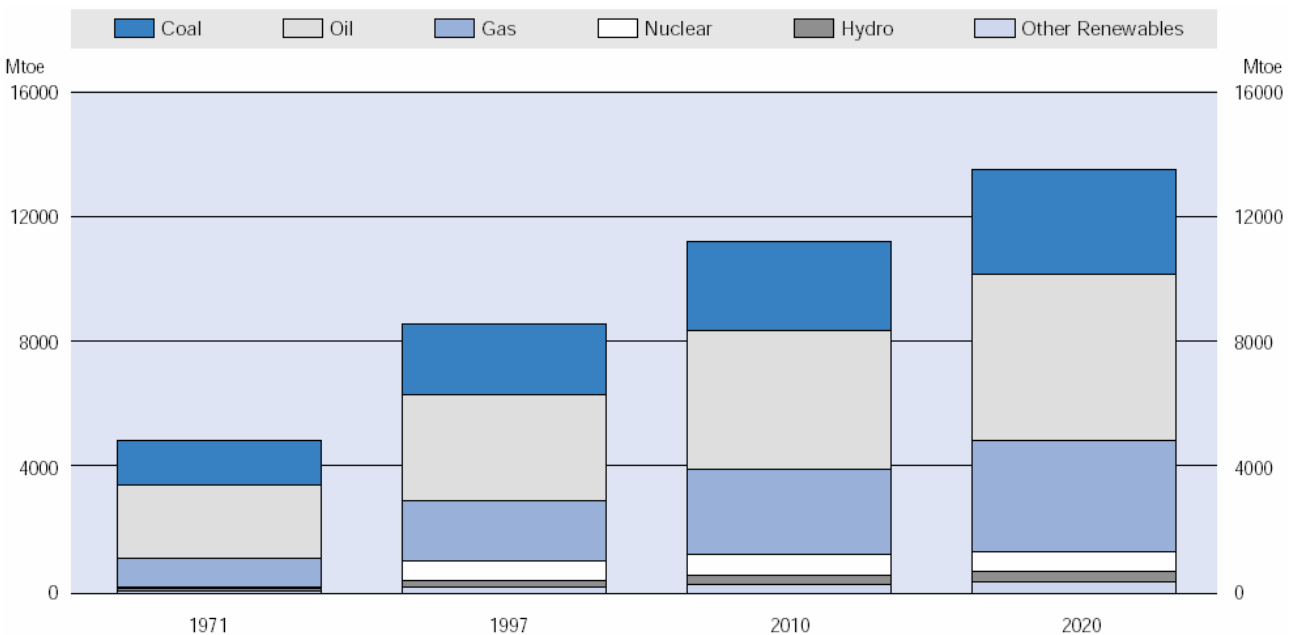
³ EIA, International Energy Outlook 2003, DOE/EIA-0484(2003), Washington (DC), May 2003. <www.eia.doe.gov>.

⁴ 1 tep (toe, in inglese, tonnes of oil equivalent) = 10⁷ kcal.

⁵ 1 barile (barrel, in inglese) = 42 galloni_{USA} = circa 0.16 m³



Note: World energy demand is projected to increase by 57% from 1997 to 2020
 Source: IEA(2000), World Energy Outlook 2000, OECD/IEA, Paris.

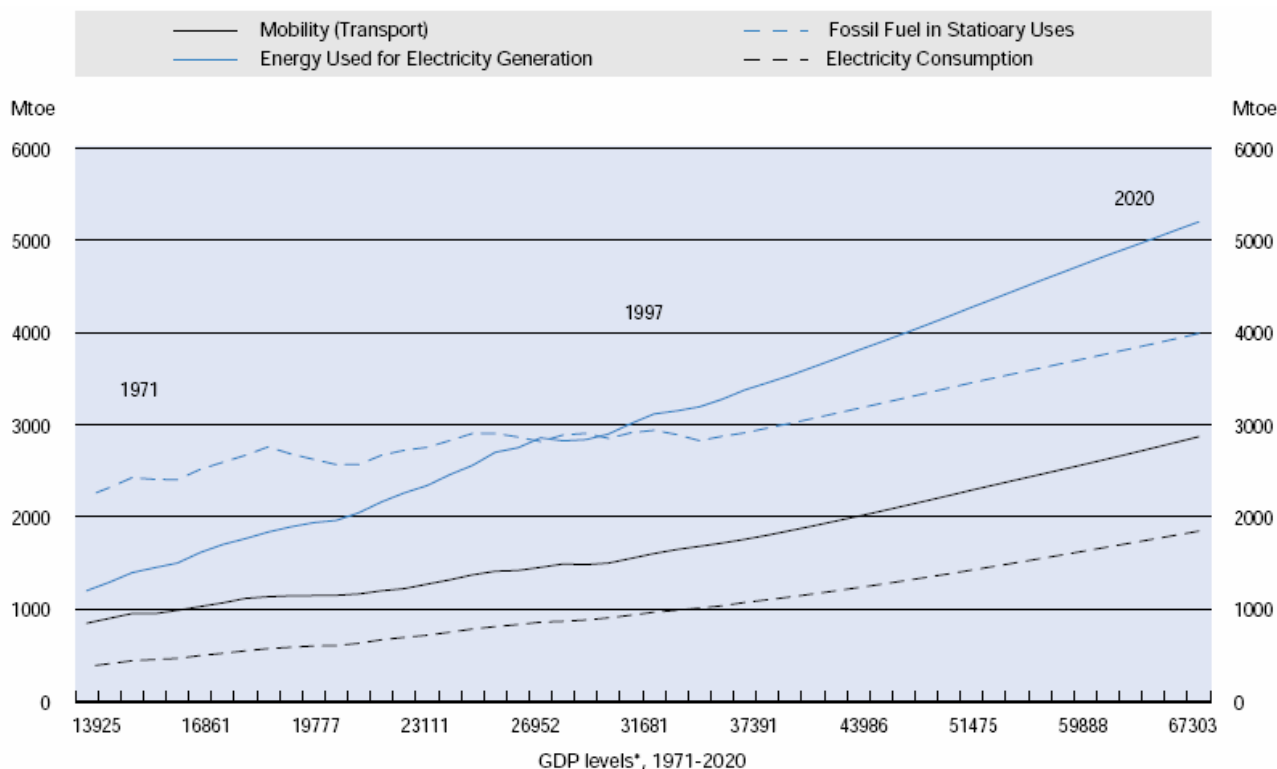


Source: IEA (2000), World Energy Outlook 2000, OECD/IEA, Paris.

Ripartizione del consumo di energia mondiale tra zone e tra fonti primarie

energia elettrica con impianti termoelettrici di rendimento termico medio del 33% = 3600 s/h / 11000 kJ/kWh) e il 18% dell'energia elettrica. E' previsto che entro il 2020, l'energia idroelettrica aumenterà del 50%, ma diminuirà la sua frazione rispetto al totale.

L'energia prodotta dalle altre fonti rinnovabili è quella che aumenterà di più con un tasso medio annuale del 2,8%, passando dal 2% al 3% dell'energia totale, soprattutto per produrre energia elettrica nei Paesi industrializzati.



Note: Billion of 1990 USD at purchasing power parity exchange rates (PPP).
 Source: IEA (2000), *World Energy Outlook 2000*, OECD/IEA, Paris.

Utilizzazione dell'energia mondiale

Il settore dei trasporti sarà probabilmente nel 2020 quello che assorbirà più della metà della richiesta di petrolio e 1/4 dell'energia implicata nell'emissione di anidride carbonica, per cui sarà un grande responsabile dell'inquinamento locale. Proprio lo stretto collegamento tra consumo di petrolio e settore trasporti limita la possibilità di ridurre ulteriormente la percentuale di consumo del petrolio rispetto al consumo totale di energia (circa 37%). Inoltre, basta sbagliare di poco nelle previsioni del ritmo di crescita della motorizzazione di Paesi come la Cina e l'India per avere oscillazioni della domanda di petrolio di alcuni milioni di barili al giorno.

Nelle previsioni a più lungo termine, fino al 2050, affrontate da più parti, ci si aspetta un aumento dell'energia da fonti rinnovabili fino al 30-50% e dell'energia nucleare e idroelettrica sopra il 15%, mentre la frazione prodotta con petrolio e gas, ma soprattutto con carbone, diminuirà.

In un futuro ancora più lontano, la graduale scomparsa dei combustibili fossili tradizionali (gas naturale e petrolio) su cui si fonda l'attuale sistema energetico (e con tutta probabilità si fonderà quello a breve e medio termine), l'intrinseca limitatezza dello sfruttamento delle risorse rinnovabili, i limiti imposti dall'anidride carbonica generata dalla combustione del carbone, le problematiche scientifiche e tecniche, che oggi si presentano come quasi insuperabili, alla base della fantascientifica utilizzazione del nucleare a fusione, l'aumento della popolazione e, soprattutto, l'ansia di crescita economica che spinge tanti popoli sulla terra ad aumentare i consumi energetici, anche se si cerca di disaccoppiare più possibile la crescita e il consumo di energia, tendono a delineare un'era prossima a venire inevitabilmente fondata sul nucleare a fissione (quello di tipo "termico", che utilizza la limitata presenza sulla terra di U^{235} , ma, soprattutto, quello "veloce autofertilizzante", che utilizza la quasi inesauribile abbondanza di U^{238} e Th^{232}) con rigidità ben maggiori della situazione attuale, condizionate non soltanto dagli aspetti tecnologici ed economici, ma dai problemi di sicurezza per la salute degli individui e di pace per le nazioni. Problemi di

sicurezza legati non tanto all'esercizio delle centrali per la produzione di energia elettrica e, nel futuro (dopo il 2030⁶) di idrogeno, ma alla gestione delle scorie radioattive e alla proliferazione delle armi nucleari.

Alcuni, di fronte all'ineluttabilità di questo scenario, preferiscono minimizzarne i problemi, rischiando di anticiparlo troppo, senza sviluppare a fondo la ricerca di un nucleare tecnicamente ottimizzato e senza sviluppare le tecnologie e l'economia legate alle risorse rinnovabili, alla combustione "pulita" del carbone (intrappolando l'anidride carbonica prodotta in pozzi "senza fondo") e al calore endogeno della terra, che, insieme al nucleare, possono mantenere un minimo di flessibilità al sistema, quando petrolio e gas naturale saranno rari e dovranno essere risparmiati per alimentare l'industria chimica.

Per altri la preoccupazione di questo scenario è tale che si illudono che possa essere rimandato all'infinito, senza, quindi preoccuparsi di costruire le conoscenze, le esperienze, le infrastrutture, le coscienze individuali e collettive, le relazioni sociali e politiche, interne ed internazionali, necessarie per affrontarlo nel migliore dei modi. Sognando di poter operare in modo che non arrivi mai, si rischia di perdere l'occasione di introdurlo piano piano, sfruttando, anzi potenziandola in quantità e durata, la flessibilità derivante dalla possibilità di utilizzare ancora a scopo energetico tutti i combustibili fossili tradizionali, e facendo quelle esperienze (a volte, purtroppo, anche attraverso eventi traumatici, come i grandi incidenti) necessarie per individuare i reali problemi che la tecnologia del nucleare a fissione autofertilizzante pone, in modo da lasciare alle future generazioni le soluzioni in grado di fare del nucleare una risorsa energetica pacificamente utilizzabile e non solo una possibile fonte di distruzione mondiale.

Senza avventurarsi troppo nel futuro, ma scoprendolo già affacciato negli eventi del presente e mantenendolo come sfondo per ogni riflessione e progettazione sensata e lungimirante, bisogna affrontare i temi attuali per delineare possibili tracciati per un domani più sostenibile.

La dimensione sociale

Il dibattito sull'energia rischia di giocare tutto sugli aspetti economici e ambientali, mentre bisogna tener conto anche degli aspetti sociali. Essi includono: la sicurezza dell'approvvigionamento, le possibilità di accesso ai servizi che richiedono energia, i posti occupazionali nel settore energetico, i contraccolpi sociali dovuti all'aumento della bolletta energetica, le implicazioni sociali dovute all'uso del territorio a fini energetici. A loro volta tutti questi fattori hanno implicazioni economiche ed ambientali.

La sicurezza nell'approvvigionamento e nell'accesso richiede mercati efficienti, un quadro di investimenti certo, un sistema dei prezzi non distorto, integrazione con gli aspetti ambientali, stabili e trasparenti rapporti tra consumatori e fornitori. La diversificazione delle fonti è essenziale, non ci si può accontentare della fonte più a buon mercato nel breve termine, ma bisogna minimizzare i rischi e per questo moltiplicare le fonti (a questo scopo, per esempio, il nucleare ha svolto un ruolo importante).

Il mercato del petrolio e del gas crea problemi, perché non è libero ma tenuto sotto controllo da un cartello di pochi produttori e pochi Paesi (quelli medio-orientali controllano il 26% della fornitura di petrolio, che diventerà il 50% nel 2020; l'ex Unione Sovietica e il Medio Oriente hanno il 70% delle riserve di gas), che agiscono mescolando ragioni politiche ed economiche. La diminuzione delle forniture e l'aumento dei prezzi provocano inflazione e rallentano la crescita, specie nei Paesi in via di sviluppo, mentre nella situazione opposta sarebbero l'innovazione tecnologica e la protezione ambientale a rimetterci. I Paesi consumatori sono molto interessati a mantenere ottimi rapporti con i fornitori e con tutti i Paesi attraverso cui passano oleodotti e gasdotti e ciò tende a smussare i conflitti, ma in caso di crisi, è alto il rischio che il conflitto degeneri in guerra se il Paese consumatore è più forte militarmente, per procedere al più o meno (tramite governi fantoccio) diretto controllo della sorgente e delle linee di flusso del combustibile. Se il

⁶ Gruppo ad Alto Livello della Commissione Europea (per l'Italia, Carlo Rubbia, premio Nobel per la Fisica, presidente dell'ENEA), "Hydrogen and Fuel Cells: A Vision for the Future", Bruxelles, 16-17 giugno 2003.

Paese è più debole, dovrà chinare il capo e rinunciare a parte della sua sovranità. Per contenere le emissioni di CO₂, molti ipotizzano l'opportunità di aumentare la frazione di energia prodotta con il gas e diminuire quelle del petrolio e del carbone, ma questo non è detto che sarà reso possibile dalle condizioni politiche.

Il mercato del carbone è più tranquillo, perché i 10 Paesi che ne controllano il 90% sono politicamente molto più affidabili e perché è costoso estrarlo, ma soprattutto trasportarlo e immagazzinarlo, tanto che la richiesta non è molto alta al di fuori di quei Paesi, anche perché penalizzato dalle emissioni di solfuri, particelle, ossidi di azoto, anidride carbonica e dai nuovi cicli combinati a gas ad alto rendimento per la produzione di elettricità. Con il miglioramento delle tecnologie di abbattimento delle emissioni e di immagazzinamento della CO₂, e con la diminuzione delle riserve di gas (il carbone è il combustibile fossile tradizionale di gran lunga più abbondante sulla terra), il carbone può tornare competitivo e offrire, insieme al nucleare, la diversificazione delle fonti necessaria alla sicurezza.

Il nucleare incide sui pilastri dello sviluppo sostenibile in un modo del tutto particolare. Non ha problemi di scarsità di riserve, se si pensa all'autofertilizzazione, non emette GHG e nemmeno sostanze radioattive durante il normale funzionamento dei reattori, ma è socialmente molto contestato per i rischi di incidente (oggi superabili), per quelli collegati alla gestione e allo smaltimento dei rifiuti radioattivi (oggi non ancora risolti definitivamente) e per quelli collegati alla proliferazione delle armi nucleari (in parte già oggi controllabili e risolvibili con la vecchia politica della deterrenza, ma in parte, specialmente quelli legati al terrorismo, risolvibili solo dalla messa al bando di ogni armamento nucleare e da un sistema di controlli più rigido ed intrusivo dell'attuale, in un clima di pace e collaborazione mondiale migliore dell'attuale). Certamente il giudizio sulla sua sostenibilità dipende da tanti fattori tecnologici, economici, sociali e politici, così come per tutte le altre fonti energetiche, e non solo dalle sue intrinseche proprietà, come da alcune parti si sostiene^{7,8}.

Energia elettrica

La generazione elettrica avrà un ruolo sempre più importante nel consumo di energia, ma può essere effettuata con varie fonti, aumentando la flessibilità del sistema.

La sicurezza dell'approvvigionamento di energia elettrica (ridotta dall'uso massiccio, > 10%, di sorgenti, come sole e vento, soggette a forti, rapide, incontrollabili ed improvvise variazioni di potenza) si basa su tre elementi: (1) l'affidabilità del sistema nel mantenere valori costanti di frequenza e voltaggio, ovvero la capacità di adeguare immediatamente sulla rete la potenza prodotta al carico richiesto; (2) la potenza installata, ovvero la capacità di far fronte ai picchi di richiesta di carico o alle diminuzioni di potenza prodotta; (3) la diversificazione del combustibile, ovvero la capacità di utilizzare fonti primarie diverse per far fronte a restrizioni negli approvvigionamenti.

Gli standard di affidabilità, una volta fissati dai governi ad alti livelli, ora che il sistema è ampiamente liberalizzato, possono essere scelti dal cliente in funzione del prezzo pagato. La liberalizzazione del mercato nei Paesi sviluppati porta alla riduzione delle riserve (da oltre il 20% si sta passando al 15%) per abbassare i costi, con il risultato di aumentare la probabilità di mancanze di erogazione.

Nei paesi in via di sviluppo, due miliardi di persone sono privi di elettricità affidabile e sicura e ancora di più sono quelli che non si attaccano alle linee per i costi troppo alti. Generalmente, essi producono una potenza inferiore del 15-18% rispetto alle loro esigenze di punta. I loro impianti hanno efficienze del 18-44% inferiori a quelli dei Paesi OECD; le dispersioni di trasmissione sono del 18-44% contro valori a una cifra nei paesi OECD.

I costi fissi sono molto alti per espandere la rete fino a comprendere luoghi remoti, scarsamente popolati e con consumi concentrati solo in alcuni momenti, per cui, in queste situazioni, si tende a utilizzare generatori autonomi, come le celle fotovoltaiche o le macchine eoliche, attualmente più costosi.

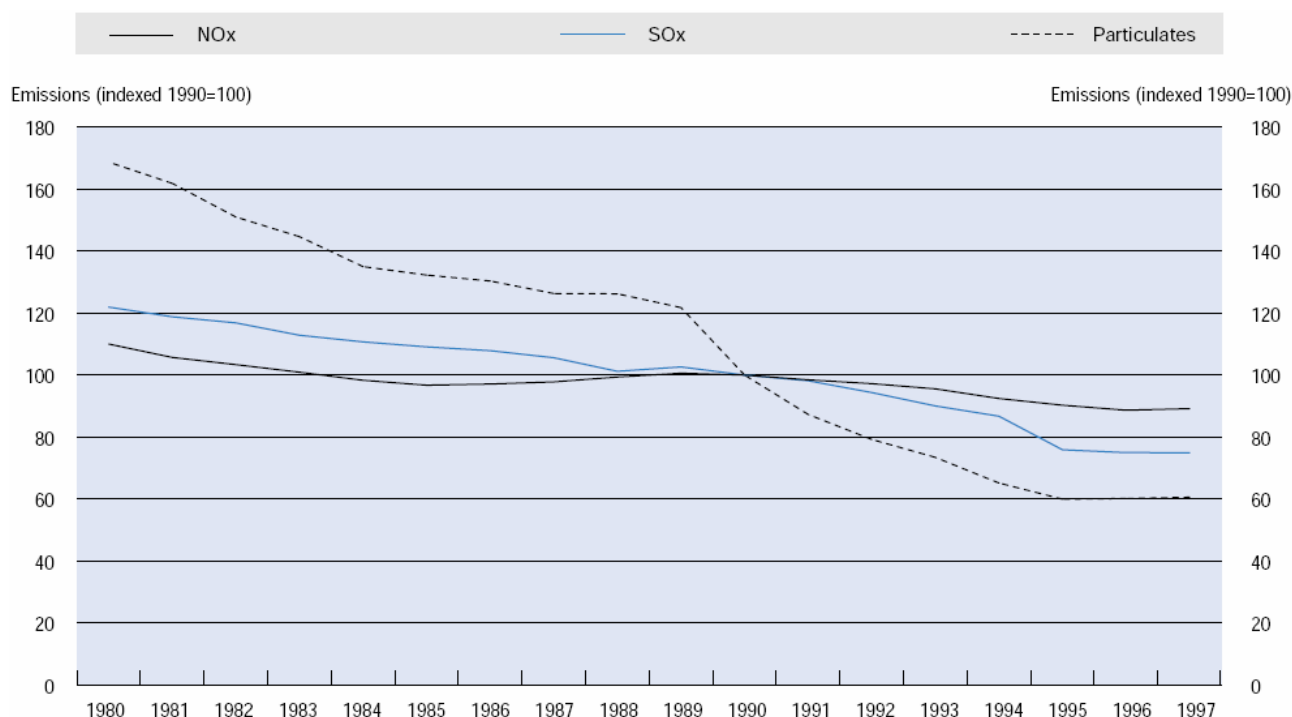
⁷ NEA (Nuclear Energy Agency), Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective, OECD, Paris (2000).

⁸ NEA, Nuclear Energy and the Kyoto Protocol, OECD, Paris (2002). <www.nea.fr>

Concentrazione in aria dei maggiori inquinanti (anno 1995) e indicazioni del WHO, World Health Organisation

Country	City	City Population 1,000s	Total Suspended Particulates (mg per m ³)	Sulphur Dioxide (mg per m ³)	Nitrogen Dioxide (micrograms per m ³)
China	Beijing	11,299	377	90	122
Russian Federation	Moscow	9,269	100	109	-
India	Delhi	9,948	415	24	41
Indonesia	Jakarta	8,621	271	-	-
Iran	Tehran	6,836	248	209	-
South Africa	Capetown	2,671	-	21	72
Venezuela	Caracas	3,007	53	33	57
WHO Guideline		-	90	50	50

Source: Compilation on the basis of World Bank (1998), *World Development Indicators*, 1998, Washington. DC.



Note: Data refers to emissions of particulates, sulphates and nitrous oxide.

Sources: Compilation on the basis of OECD (1999), *OECD Environmental Data – Compendium 1999*, Paris.

Progressi fatti nei paesi OECD nel ridurre le emissioni da centrali elettriche

Energia e sostenibilità ambientale

L'energia provoca dalla fase di estrazione dei combustibili a quella del consumo un impatto ambientale notevole e fortemente variabile a seconda delle tecnologie usate e dei controlli applicati.

Estrazione, produzione e trasformazione - L'estrazione (miniere a cielo aperto per il carbone, e pozzi di petrolio o gas in aree ecologicamente sensibili) pongono problemi alla flora e alla fauna e il crescere della domanda impone di ricorrere a siti sempre più delicati dal punto di vista ambientale. Miniere, bacini idroelettrici, impianti solari o eolici richiedono utilizzazioni del territorio che sono spesso in conflitto con le esigenze dell'agricoltura o degli insediamenti urbani. Problemi di drenaggio acido possono derivare da miniere anche abbandonate. Le miniere e gli impianti di macinazione dell'uranio possono rilasciare radon con rischi per i lavoratori (data la grande densità di potenza dell'uranio, i rilasci sono in termini globali molto ridotti e, quindi, non possono interessare l'ambiente o le popolazioni). Gli scarti e i residui delle lavorazioni possono

contaminare le falde acquifere. L'estrazione e la lavorazione dei combustibili fossili provocano l'emissione di metano che è un gas serra molto potente.

Trasporto – Il trasporto dei combustibili è critico per l'ambiente, la salute e la sicurezza: inquinamento delle acque del mare anche molto vicine alla costa da parte delle petroliere, rilasci di metano, occupazione di territorio, rischi di guerra da parte di oleodotti e gasdotti. Benché non sia mai verificato nessun tipo di incidente serio durante il trasporto di rifiuti radioattivi, esso è considerato con molta preoccupazione dalle popolazioni.

Combustione ed uso dell'energia – La combustione dei combustibili fossili porta all'emissione di particolati (pericolosi per la salute), ossidi di zolfo (precursori delle piogge acide dannose per la pesca in laghi e fiumi, per le falde di acqua dolce, per le foreste, per l'agricoltura, per i materiali da costruzione e per i metalli) e azoto (estremamente dannosi per la salute e anche per l'ambiente, perché depositandosi al suolo possono stimolare, insieme ai fertilizzanti azotati, la crescita anomala di alghe ed altre piante acquatiche), composti organici volatili (VOC, pericolosi per la salute) e gas serra. Sia la produzione di energia elettrica, sia il trasporto su gomma sono causa di emissioni di ossidi di azoto. L'inquinamento da piombo dovuto alla motorizzazione civile sta scomparendo nei paesi sviluppati, ma sta diventando preoccupante in quelli in via di sviluppo.

Problemi ci sono nel collocare sul territorio grandi impianti, come quelli elettrici, e le raffinerie, dovuti anche alla gestione dei rifiuti, intesa nei termini più generali: dall'inquinamento termico delle grandi centrali elettriche ai rifiuti radioattivi. In molti casi l'opposizione all'insediamento di specifici impianti (la sindrome NIMBY, not in my backyard = non nel mio cortile) deriva da una combinazione di preoccupazioni circa l'uso del territorio e il suo valore di mercato, l'inquinamento e gli incidenti, tutti fattori non facilmente separabili e valutabili. Questo interessa in special modo gli impianti nucleari, anche se si dovrebbe considerare ormai dimostrata la sicurezza di esercizio degli impianti dei paesi OECD.

Perfino l'uso di fonti rinnovabili non è privo di problemi⁹ (dovuti alle sostanze tossiche rilasciate nella manifattura delle celle solari, all'inquinamento visivo degli impianti eolici, all'occupazione di territorio e alla modifica del microclima degli impianti solari a specchi, alle monoculture povere di biodiversità usate per ottenere i bio-combustibili, ecc.), ma sono comunque limitati a zone specifiche e, quindi, sono di natura locale, meno critici dei problemi globali come l'effetto serra. Oltre alle stime delle emissioni di gas serra riportate in tabella, ce ne sono altre che comunque indicano valori compresi tra 8 e 60 g/kWh. L'energia nucleare può essere collocata sugli stessi livelli delle fonti non idroelettriche.

Diversi studi, nel tentativo di internalizzare le esternalità, hanno tentato di stimare i costi connessi alle emissioni di gas nel settore energetico, con risultati viziati da grosse possibilità di errore (come si evince dalla relativa tabella) specialmente quando si comprendono aree geografiche, economiche o tecnologiche ampie e non omogenee o fenomeni che tendono ad evolvere in tempi lunghi, come i cambiamenti climatici o la distruzione della fascia di ozono. Altri costi ambientali e sociali sono poi connessi ad altre caratteristiche degli impianti, non riconducibili alle emissioni, come i danni provocati dall'inquinamento, anche acustico e visivo, e i costi dovuti ai provvedimenti per garantire la sicurezza e la salute¹⁰.

L'intensità energetica sta diminuendo nei paesi sviluppati (ma non quella elettrica) e questo sarebbe un buon segno per la sostenibilità, perché potrebbe voler dire che più cresce l'economia e la tecnologia, più si riesce a risparmiare energia per unità di prodotto, ma c'è il sospetto che, invece, questo sia dovuto in buona parte al trasferimento delle lavorazioni a forte impegno energetico nei Paesi in via di sviluppo. Da tutto questo deriva che i problemi energetici non possono essere risolti semplicemente dalla competizione sul mercato economico-tecnologico, ma lo sviluppo della tecnologia e l'utilizzazione delle fonti energetiche devono essere non solo indirizzate ma anche controllate culturalmente e politicamente.

⁹ IEA, *Benign Energy? The Environmental Implications of Renewables*, OECD/IEA, Paris (1998) <<http://www.iea.org/pubs/studies/files/benign>>.

¹⁰ European Commission, *ExternE: External costs of Energy*, Luxembourg (1995).

Stima dei costi dovuti al danno provocato dalle emissioni in aria nel settore energetico (USD/t)

Study		SO ₂	NO _x	Particulates
Externe	High estimate	6 050	12 610	16 060
	Low estimate	4 140	0	16 060
ORNL/RFF Study	High estimate	1 002	2 003	4 004
	Mid estimate	60	120	1 900
Southeast reference site	Low estimate	10	90	850
	Urban	1 200	1 100	43 800
New York State Externalities Study	Suburban	800	900	7 700
	Rural	700	900	3 200

Sources: Keppler and Kram (1996), *Energy Markets – Full Cost Pricing*, Working Paper 3 for the Annex I Experts Group, Paris: OECD/IEA. Calculated on the basis of European Commission (1995), *ExternE: Externalities of Energy*, Brussels; Hagler-Bailly (1995), *New York Environmental Externalities Cost Study*, New York; Nick Eyre (1994), Personal Communication, Eyre Energy Environment, Cambridge, UK; Oak Ridge National Laboratory – Resources for the Future (1994), *Fuel Cycle Externalities*, Oak Ridge, TN.

Emissioni da fonti rinnovabili nell'intero ciclo produttivo¹¹

	Energy Crops Current Practice	Energy Crops Future Practice	Hydro Small-scale	Hydro Large-scale	Solar PV	Solar Thermal electric	Wind	Geo-thermal
CO ₂	17-27	15-18	9	3.6-11.6	98-167	26-38	7-9	79
SO ₂	.07-.16	.06-.08	.03	.009-.024	.20-.34	.13-.27	.02-.09	.02
NO _x	1.1-2.5	.35-.51	.07	.003-.006	.18-.30	.06-.13	.02-.06	.28

Il ruolo dei governi

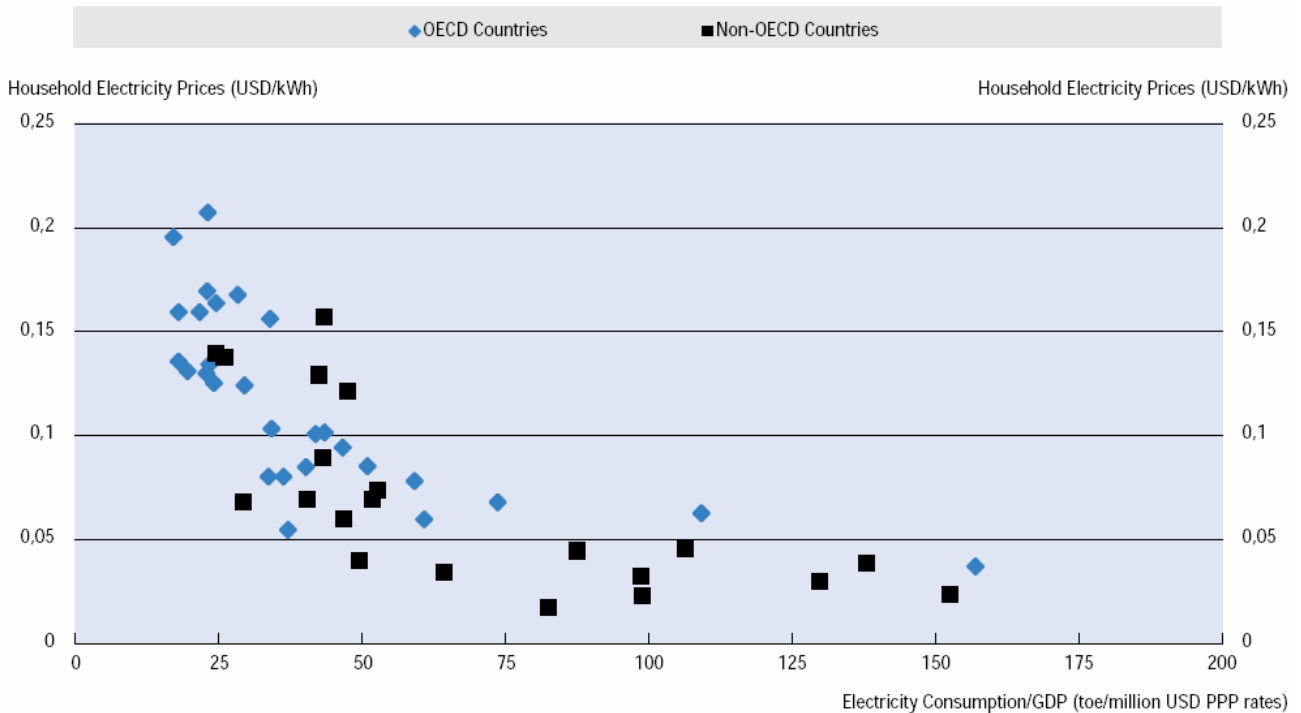
I governi sono sempre coinvolti profondamente in ogni decisione collegata all'energia, perché le installazioni energetiche sono spesso di grandi dimensioni e influenzano beni pubblici e sviluppo sociale per lungo tempo. Inoltre, l'aumento del rendimento di scala dovuto ai grandi costi fissi hanno nel passato fornito una giustificazione logica alla proprietà pubblica e ai prezzi politici adottati nel settore energetico.

La recente tendenza a liberalizzare il mercato dell'energia, specialmente nel settore della fornitura di gas e della produzione di elettricità, ha generalmente aumentato l'efficienza economica, abbassato i prezzi al consumo, ripartito meglio i rischi e stimolato la crescita e la competitività economica; ma sicuramente spetta ancora ai politici tracciare le linee strategiche dell'assetto energetico. La linea di demarcazione tra pubblico e privato è fluida e sempre in discussione perché (1) i mercati non sono interessati ad obiettivi ambientali e sociali (la internalizzazione delle esternalità è difficile e, anche quando è fatta, è incompleta e insufficiente), (2) le linee per la distribuzione del gas e dell'elettricità di per sé debbono essere gestite in regime di monopolio, (3) i problemi collegati all'energia, come i cambiamenti climatici, sono spesso globali ed, infine, (4) le decisioni energetiche hanno gravi conseguenze interne ed internazionali, specie in materia di sicurezza degli approvvigionamenti e della distribuzione.

I governi hanno a disposizione molti strumenti di intervento diretti, ma anche indiretti per creare le condizioni perché i mercati possano funzionare con efficacia ed efficienza.

Per esempio, la figura mette in risalto il legame che esiste tra il prezzo dell'elettricità e l'intensità energetica del suo consumo familiare.

¹¹ IEA, *Key Issues in Developing Renewables*, OECD/IEA, Paris (1997).



Note: Data refers to 27 OECD countries and 22 non-OECD countries

Source: IEA (1999), *Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right*, World Energy Outlook 1999 Insights, OECD/IEA, Paris.

Prezzi ed uso dell'elettricità per unità di PIL nel 1996

Strumenti fiscali e di mercato

Quando i prezzi del mercato non tengono conto dei costi ambientali e sociali, si distorcono le scelte dei consumatori. Per correggere queste situazioni si può ricorrere sia a tasse sia a licenze commerciabili, senza, però, deprimere l'economia con interventi troppo forti o troppo improvvisi, che, per esempio, facciano crescere troppo rapidamente i costi di trasporto delle merci in un contesto di trasporti pubblici non sufficientemente potenziato.

Bisogna fare attenzione all'effetto "rimbalzo", per far sì che i guadagni di efficienza dovuti all'innovazione tecnologica non scatenino un aumento dei consumi energetici.

Molti paesi emergenti o in via di sviluppo praticano sussidi energetici; se si togliessero quelli legati ai combustibili fossili, ci sarebbero non trascurabili vantaggi non solo sull'emissione di gas-serra, ma anche sulle varie economie nazionali¹². Nei paesi sviluppati i consumi energetici sono, invece, generalmente gravati da tasse¹³; i sussidi che rimangono vanno essenzialmente ai produttori di carbone e petrolio (per aumentare trasparenza e responsabilità, innovazione tecnologica e un approccio più imprenditoriale all'esplorazione, produzione, distribuzione ed erogazione) e all'industria nucleare, per incrementare R&S e sicurezza.

Sussidi possono essere proficui se dati, solo per breve tempo, in settori di nicchia, per esempio per incentivare veicoli ad alto rendimento o sistemi fotovoltaici da tetto.

¹² IEA, *Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right - World Energy Outlook: 1999 Insights*, OECD/IEA, Paris (1999).

¹³ IEA, "Energy Subsidies in OECD Countries", Economic Analysis Division Working Paper, OECD/IEA, Paris (2000)

Regolamentazione e iniziative volontarie

Se la politica fiscale è il miglior sistema con cui agire in un mercato efficiente ed aperto, altri interventi, come ingiunzioni, regolamentazioni ed iniziative o accordi che sollecitino e favoriscano azioni volontarie da parte delle aziende, sono nella realtà utili perché il mercato è tutt'altro che perfetto e questo spiega come mai nei paesi sviluppati questo tipo di interventi è più vasto di quello fiscale (tipici esempi di regolamentazioni si hanno nelle reti di trasmissione e distribuzione dell'energia, per impedire che il monopolio pubblico sia sostituito da quello privato, o per stabilire standard di efficienza energetica per gli elettrodomestici).

Politiche di R&S

I mercati da soli danno pochi incentivi per ricerca e sviluppo a lungo termine, come è accaduto nel settore elettrico dopo la privatizzazione, anche perché decenni possono passare tra la fase concettuale e quella applicativa senza alcuna assicurazione di successo.

Tradizionalmente i governi intervengono in questi settori, specialmente verso le piccole e medie aziende, sia attraverso elargizione di fondi per ricerca o progetti dimostrativi, sia attraverso incentivazioni o della domanda di nuove tecnologie (per esempio, finanziando appositamente i consumatori) o di copertura dei rischi di insuccesso (attraverso crediti agevolati per l'innovazione), sia attraverso campagne rivolte all'educazione dei consumatori. L'entità di questi interventi sta però sempre più diminuendo.

Soluzioni tre volte vincenti

In alcuni casi, accade che il cambiamento strutturale e, in particolare, il progresso tecnologico mettano in movimento sia l'ambiente che l'economia, che la società. Tali opportunità non sorgono a domanda, ma, nella logica dello sviluppo sostenibile, bisogna usare tutta la capacità e libertà di manovra possibile per sfruttarle al meglio quando si presentano. Per esempio, in questi ultimi anni, la convergenza di una sviluppata rete di approvvigionamento del gas, di nuove scoperte di giacimenti di gas, dell'avvento di turbine a gas per cicli combinati (CCGT) ha permesso di combinare guadagni economici e riduzione delle emissioni di gas serra.

Nel settore energetico ci sono potenzialmente tre strategie tre volte vincenti: lo sviluppo dell'energia rinnovabile, l'aumento dell'efficienza energetica e il trasferimento e la diffusione di tecnologia ai paesi in via di sviluppo.

Energia rinnovabile

E' stato detto che rendere competitive le fonti rinnovabili sarebbe come trovare il Santo Graal. Con loro si potrebbe generare energia in casa, senza emissioni di gas-serra, a patto però che siano disponibili a prezzi competitivi. L'energia rinnovabile favorisce la differenziazione delle fonti e controbilancia la diminuzione delle riserve di combustibili fossili; sfrutta potenzialità indigene assicurando rifornimenti più sicuri; viene incontro alle esigenze sia rurali, permettendo la produzione di energia in villaggi sperduti, che urbane, riducendo l'inquinamento.

Purtroppo, benché i costi stiano un po' diminuendo, molte di queste tecnologie stanno compiendo solo i primi passi e rimangono in piedi molte barriere tecniche.

Tre tecnologie, idroelettrica, da biomasse (legno e prodotti di fermentazione), geotermica sono già commerciali. Le turbine a vento sono vicine ad esserlo in quelle zone meteorologicamente adatte prive di combustibili fossili. Le altre tecnologie richiedono di superare ancora qualche handicap: l'internalizzazione delle esternalità, il superamento delle inerzie del sistema attuale, il relativamente recente ingresso di macchinario adatto per sfruttare le fonti rinnovabili e la mancanza di consapevolezza dei consumatori nell'usarlo, il costo e la scommessa di creare una tecnologia nuova e nuove infrastrutture umane ed economiche su scala globale.

Sviluppo dell'energia rinnovabile

Renewable Energy Source	Established technologies and "new" technologies close to commercialisation	Possible longer-term renewable energy technology options
Hydroelectricity	Large-scale power generation schemes Small-scale schemes (including low-head and run-of-river applications)	
Biomass	Energy from wastes (incineration and digestion of wastes from municipal, industrial and agricultural sources – including extraction of landfill gas) Energy forestry and energy crops (using combustion, gasification and/or digestion technologies) Bio-ethanol liquid fuel	Biomass-derived liquid fuels (other than bio-ethanol)
Solar energy	Solar architecture (passive solar design) Active solar air and water heating Thermal power systems Photovoltaic power generation	Thermochemical energy systems Photo conversion systems Thermo conversion systems
Wind Geothermal energy	Land-based wind turbines Power generation from high enthalpy sources Space heating from warm aquifers	Off-shore wind turbine installations Energy from hot dry rocks
Ocean energy	Large and small tidal barrage schemes	Shoreline and large offshore wave power systems Ocean thermal gradients
Hydrogen		Fuel systems using hydrogen derived from renewable energy sources

Source: IEA (1997), *Key Issues in Developing Renewables*, OECD/IEA, Paris.

Efficienza energetica

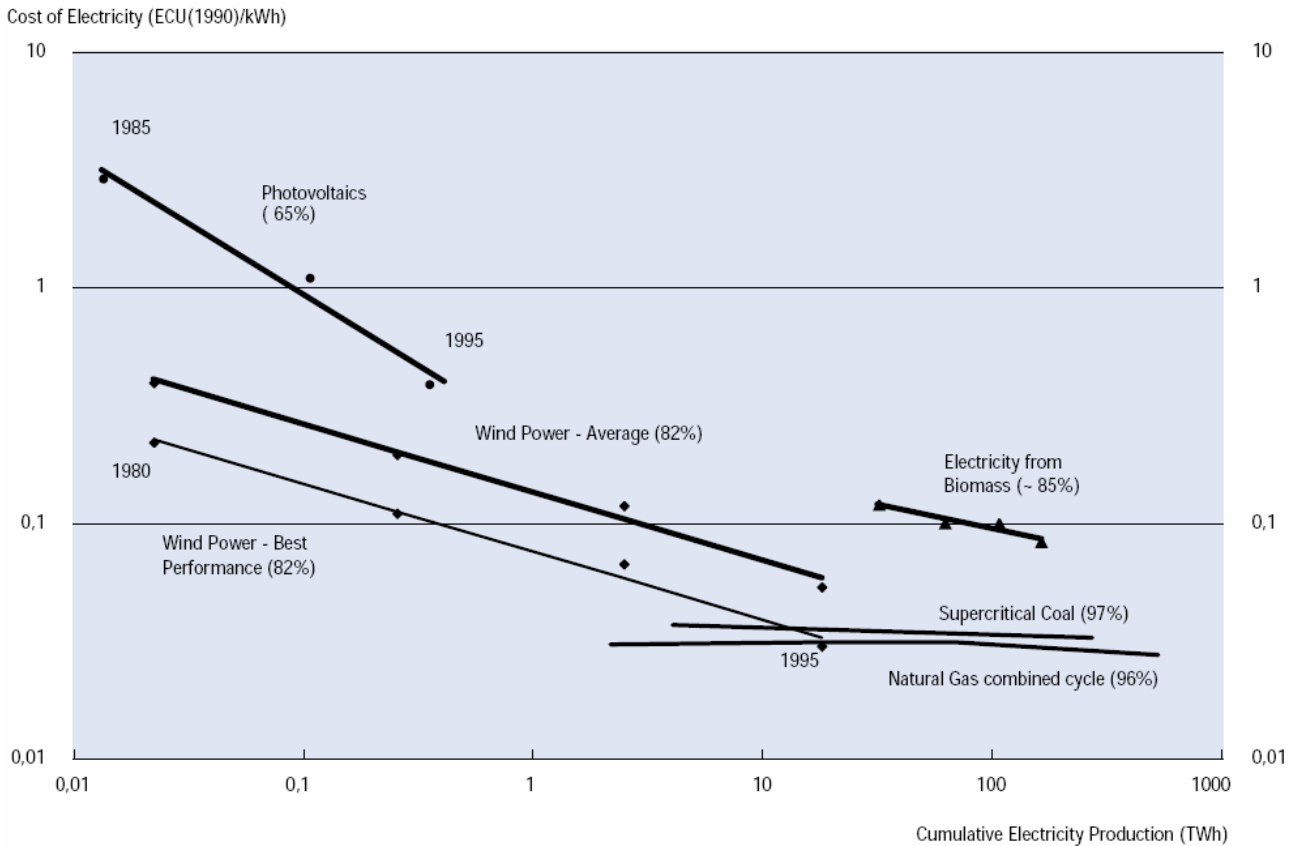
L'efficienza energetica risulta in efficienza economica (minor costo dei prodotti) e minor impatto ambientale e può essere perseguita nelle tecnologie vecchie e nuove. A questo riguardo, si può ancora fare molto nell'industria, nelle costruzioni, nel trasporto e nella produzione di elettricità, ma anche nel mercato azionario specie nei paesi in via di sviluppo.

I benefici dovuti all'aumento dell'efficienza rimangono, anche se attenuati dall'effetto rimbalzo dovuto all'aumento dei consumi collegato alla diminuzione dei prezzi per unità di prodotto. Nel settore trasporto, dove il petrolio la fa da padrone, la domanda di mobilità non sembra disaccoppiarsi dal reddito, per cui, per aumentare l'efficienza, si può solo puntare sul progresso tecnico, diminuendo il consumo specifico, e sulla ripartizione modale della mobilità.

Tecnologia

Si è già accennato alla riduzione di investimenti in R&S nel settore elettrico in conseguenza delle privatizzazioni, anche perché il sistema concorrenziale tende a far abbassare i prezzi e a far diminuire il guadagno investibile in R&S. Se niente mutasse nel panorama tecnologico e nella tipologia di domanda, si prevede che entro il 2030, su 16 000 miliardi di dollari di investimenti complessivi necessari nel settore energetico (1% del PIL globale), il 70% dovranno essere in questo settore, la metà solo per la trasmissione e distribuzione, il 19% ciascuno per petrolio e gas, 2% per carbone; l'introduzione di nuove tecnologie potrebbero però stravolgere queste previsioni¹⁴.

¹⁴ IEA, *World Energy Investment Outlook 2003*, OECD/IEA, Paris (2003).



Curve di apprendimento per alcune tecnologie elettriche in EU, 1980-1995

Esempi di nuove tecnologie sono: la co-generazione di elettricità e calore, le tecnologie pulite di sfruttamento del carbone (per esempio, il sequestro dei gas-serra nelle profondità della terra o del mare), le celle a combustibile, l'utilizzazione dell'idrogeno come vettore energetico, il nucleare avanzato.

L'aumento dell'efficienza delle macchine è particolarmente importante per le fonti non rinnovabili, riducendone la domanda e rendendone più "pulita" la gestione.

I costi dell'elettricità generata con fonti rinnovabili è funzione della potenza installata (vedi figura). Quindi, se si identifica un potenziale grande mercato per una tecnologia, potrebbe valer la pena aiutare economicamente la sua affermazione, perché man mano che cresce diverrà sempre più competitiva e capace di penetrare il mercato con le sole proprie forze.

In realtà, non è mai stato studiato approfonditamente quanto siano efficaci gli interventi pubblici nell'affermazione di una tecnologia vincente; potrebbe anche darsi che le buone tecnologie siano in grado di raggiungere il successo da sole, suppergiù nello stesso tempo.

Impedimenti al trasferimento e alla diffusione di tecnologie ai paesi in via di sviluppo¹⁵

I principali impedimenti sono: difficoltà nel fissare i prezzi in modo da tener conto di tutti i costi; situazione macro-economica debole (per esempio, un settore finanziario sottosviluppato); scarso settore privato; prezzi bassi sovvenzionati anche in campo energetico convenzionale; scarsità di informazione e mancanza di mercati per tecnologie valide dal punto di vista ambientale;

¹⁵ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Methodological and Technical Issues in Technology Transfer: A Special Report of IPCC Working Group III*, Cambridge University Press, Cambridge (2000).

mancanza di condizioni ed istituzioni legali di supporto; insufficiente capacità umana ed istituzionale; alti costi di transazione. Tipici impedimenti nel settore energetico sono: mancanza di incentivi ad operare in modo efficiente per le aziende pubbliche; barriere tariffarie; ingerenze politiche e di lobby potenti; mancanza di diritti di proprietà intellettuale; insufficiente determinazione delle necessità dei paesi in via di sviluppo. La situazione cambia moltissimo tra paese e paese, cosicché ciascuno deve essere trattato come un problema a sé.

Il trasferimento di tecnologia energetica, molto spesso associato a progetti in grande scala finanziati da molte banche insieme o ad investimenti da parte delle compagnie internazionali del petrolio e del gas per lo sfruttamento dei giacimenti, non è sempre stato attento a trasferire il tipo di conoscenza di cui questi paesi hanno bisogno. Per questa ragione, governi e privati devono rivedere i loro modelli di trasferimento e diffusione della tecnologia, che devono tener conto del contesto ambientale, economico e sociale del paese interessato.

Rendere disponibile l'elettricità ai paesi in via di sviluppo è una sfida centrale per tutti, per ragioni economiche e sociali. Bisogna ridurre gli impedimenti e procedere ad una elettrificazione più rapida della crescita della popolazione; per questo gli investimenti annui, pubblici e privati, nel settore energetico devono più che triplicare nei prossimi vent'anni rispetto a quelli che ci sono stati nell'ultimo decennio (meno di 20 miliardi di dollari all'anno), utilizzando tutti i tipi di fonti secondo il mix più opportuno per ogni paese, cercando di privilegiare al massimo i sistemi più puliti ed efficienti.

Il ruolo degli enti locali per garantire la possibilità di accesso intelligente all'energia

Uno degli obiettivi della politica energetica è di rendere l'energia liberamente fruibile da ciascun individuo, ma allora sorge il problema di coordinare il comportamento energetico dei tanti, non solo per superare gli sprechi e le inefficienze inevitabilmente connessi con la micro-gestione delle operazioni, ma anche perché la società civile nel suo complesso, privati, piccole comunità (per es. condomini), piccole aziende, possa accedere alla tecnologia energetica più consona per le sue esigenze di uso, ma coerente con i principi generali della sostenibilità.

Questa possibilità intelligente di accesso significa:

- Facile conoscenza (Internet, opuscoli distribuiti capillarmente, conferenze, ecc.) delle disponibilità del mercato energetico attraverso processi veloci, ma qualificati, di informazione e acculturazione (quindi, non solo pubblicitari)
- Semplici strumenti di scelta del sistema energetico migliore per le proprie esigenze, in cui si mettano chiaramente in evidenza i pro e i contro economici, ma anche ambientali e sociali, collegati ad una scelta piuttosto che ad un'altra
- Conoscenza delle caratteristiche di affidabilità, sicurezza, durata e costo di funzionamento degli impianti
- Conoscenza delle modalità, del tempo e del costo di smantellamento e smaltimento dell'impianto usurato
- Assistenza nelle pratiche burocratiche (comunque semplici) da svolgere per ottenere sussidi, rimborsi o quant'altro previsto da eventuali politiche di incentivazione
- Elenco di installatori qualificati
- Facile gestione dell'impianto da parte dell'utente, guidato da manuali chiari ed esaurienti che lo aiutino nelle procedure di frequente manutenzione e glielie ricordino
- Elenco di manutentori qualificati, che garantiscano un intervento risolutivo entro un fissato tempo massimo dalla chiamata
- Forme di assicurazione che coprano eventuali rotture, malfunzionamenti, manutenzioni eccessivamente complicate, eliminazione di incentivazioni già previste, ecc. che limitano il funzionamento dell'impianto al di sotto dei limiti temporali per cui la scelta di una tipologia di impianto risulta più economica di un'altra (per esempio, 10 anni per un impianto fotovoltaico con gli attuali incentivi)

- Un efficace sportello di mediazione e conciliazione degli inevitabili conflitti tra produttori, installatori, utenti, manutentori, assicuratori

Senza una reale possibilità di accesso, le incentivazioni offerte dai governi sono prive di significato e rischiano di rappresentare solo un aggravio dei costi per i privati e per lo Stato.

Chi organizza, sovrintende, predispone gli strumenti perché il complesso sistema di servizi che sta alla base della possibilità di accesso possa prendere forma? Chi offre alla cittadinanza garanzia che il sistema nel suo complesso funziona? Come può la cittadinanza controllare democraticamente che gli impegni sono stati onorati?

Gli Enti locali (e le Agenzie energetiche e Agenda 21 che ad essi fanno riferimento) hanno la responsabilità di dare una risposta chiara e soddisfacente a queste richieste di intervento, per rendere possibile una seria politica energetica nel Paese.

Le istituzioni culturali, specie se pubbliche, in primo luogo l'Università, devono essere coinvolte dagli Enti locali per mettere a disposizione il loro apporto di conoscenze, capacità di comunicazione e mediazione, per convincere i singoli cittadini a fare le scelte migliori per tutta la collettività, garantiti dal loro prestigio e dalla loro obiettività di giudizio.

Conclusioni

Siamo avviati sulla strada della sostenibilità energetica? No, a meno che non si facciano sensibili cambiamenti. Bisogna realizzare politiche che correggano le proiezioni attuali fatte sulla base dell'attuale modello, che prevedono nei prossimi vent'anni un aumento del 57% del fabbisogno energetico basato sui combustibili fossili, con particolare attenzione a quello che sta succedendo nei paesi emergenti e in via di sviluppo, ma tenendo conto che anche nei paesi sviluppati continuerà a crescere la domanda energetica. Bisognerà comunque mobilitare enormi risorse finanziarie e tecniche per far fronte a questa situazione.

I prezzi dell'energia non possono decrescere per non far crescere troppo la domanda di energia e non possono crescere troppo rapidamente per non mettere in ginocchio l'economia; per questo ed anche per ragioni di carattere sociale (l'energia è un bene primario) non sarà possibile internalizzare completamente le esternalità e, quindi si dovrà procedere per altra strada (agendo, per esempio, sulle regolamentazioni e sulla tassazione dei redditi), stando però attenti a non distorcere troppo i mercati, lasciandoli funzionare in modo competitivo e trasparente.

Due terzi della crescita della domanda fino al 2020 deriverà dai fabbisogni dei paesi in via di sviluppo. Non è solo un loro problema, è un problema di tutti, che, per essere risolto, richiede pace e cooperazione, stabilità politica e finanziaria. Di questo era ben consapevole il Presidente della repubblica francese Mitterand, quando già nel 1986 al Congresso del World Energy Council si batteva perché i Paesi sviluppati lasciassero le fonti energetiche più "facili" disponibili per lo sviluppo dei Paesi più poveri e si assumessero la responsabilità e il compito di rendere utilizzabili dall'umanità le fonti energetiche più "difficili". Dove "più facili" non significa meno innovative, ma quelle che possono essere da loro gestite con meno rischi e maggiore possibilità di successo per tutti.

Centrale è la considerazione che sta diminuendo la sicurezza delle forniture, dato che i giacimenti di petrolio e gas si stanno sempre più concentrando in aree politicamente a rischio. Aumenterà la pressione su queste aree: i paesi senza risorse di combustibili fossili tenderanno a garantirsi le forniture con ogni mezzo, facendo pesare la potenza conquistata consumando le proprie risorse, secondo il principio che i beni della terra sono di tutti quando sono nel territorio di un altro, e gli stati produttori cercheranno di ricattare gli altri in tutti i campi (anche in quello religioso!) chiedendo prezzi (non solo economici) sempre più alti. Si dovrà allora ricorrere a tutta la lucidità possibile per ricordarsi che la guerra, al di là di ogni altra considerazione, è certamente un mezzo "non sostenibile" per risolvere i problemi!

L'Opec controlla circa 2/3 del petrolio mondiale e le sue riserve sono mediamente a costi di estrazione più bassi rispetto a quelli del resto del mondo, ma continua l'ossessione di cercare di limitare il suo peso nel mercato petrolifero, circa il 40%, da parte dei paesi importatori, per cercare

di controbilanciare la sua instabilità politica (paesi arabi, Venezuela). Tuttavia cercare di rinviare il momento in cui si userà in modo più massiccio il petrolio Opec significa che si avranno meno alternative e che il ricatto politico sarà ancora maggiore, a meno di pensare che nel frattempo si troveranno soluzioni alternative in grado di limitare il potere di chi possiede le risorse petrolifere. Anche per l'Opec può essere conveniente restringere la propria produzione, limitando in primo luogo gli investimenti in capacità produttiva, in modo da far salire i prezzi. È da imputare a questi fattori la progressiva scomparsa dei margini di capacità produttiva inutilizzata, che si sono ormai ridotti a 1-2 milioni di barili al giorno, che ha determinato, insieme con il forte aumento della domanda americana e cinese, l'aumento dei prezzi del petrolio dal 2004 ad oggi, anche se nel medio periodo si prevede un aumento della capacità produttiva Opec che dovrebbe portare ad un abbassamento dei prezzi, mentre nel lungo periodo (dopo il 2015-2025?) i prezzi aumenteranno influenzati dalla diminuzione di produzione legata alla diminuzione delle risorse (teoria del picco di Hubbert).

Rispondere a queste sfide è possibile all'interno del modello dello sviluppo sostenibile, ma non è affatto scontato che questo sia il modello vincente che sarà adottato da tutti i paesi, anche se, ad oggi, è l'unico intorno al quale si è potuto trovare nell'ONU un consenso generalizzato. Si dovrà, con un grande sforzo politico e tecnologico internazionale a lungo termine, diversificare e “decarbonizzare” gli approvvigionamenti, ridurre l'intensità energetica e disaccoppiare domanda energetica e crescita economica, coscienti che questo significherà anche incidere profondamente non solo sulle strutture sociali ed economiche, ma anche istituzionali, culturali, morali e spirituali, anche perché, al di là di ogni benemerito sforzo di utilizzare al massimo le fonti rinnovabili, bisogna comunque prepararsi ad affrontare prima o poi (meglio poi che prima!), nella massima sicurezza possibile, il necessario sfruttamento massiccio delle fonti energetiche che rimarranno, quelle più “difficili”, come il nucleare a fissione veloce autofertilizzante.