

ENEA

Rapporto
Energia
e Ambiente
2006



ENEA

Ente per le Nuove tecnologie,
l'Energia e l'Ambiente

RAPPORTO ENERGIA E AMBIENTE 2006

ANALISI E SCENARI

Aprile 2007



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E L'AMBIENTE

RAPPORTO ENERGIA E AMBIENTE 2006

Analisi e scenari

Aprile 2007

Rapporto Energia e Ambiente 2006

Analisi e scenari

Il Rapporto è stato curato dal *Gruppo di lavoro* dell'Ufficio di Presidenza ENEA che si è avvalso del supporto dell'*Advisory Board** e dei contributi di esperti dei Dipartimenti dell'ENEA

Il coordinamento scientifico è stato curato da Carlo Manna

**Advisory Board*: Angelo Airaghi, Giovanni Azzone, Patrizio Bianchi, Alberto Clò, Alessandro Lanza, Paolo Leon, Arturo Lorenzoni, Ignazio Musu, Pippo Ranci, Giambattista Zorzoli

Premessa

Il Rapporto Energia e Ambiente dell'ENEA è giunto alla sua VIII° edizione. È un documento che vede oltre a questo, altri due volumi, il primo dedicato agli aspetti complessivi della situazione energetico-ambientale, il secondo dedicato ad approfondimenti statistici.

L'attenzione dell'opinione pubblica, anche non specialistica, ai problemi energetici e ambientali è di molto aumentata in questi ultimi tempi. Al centro dell'interesse generale sta l'origine antropica dei cambiamenti climatici e la convinzione che sia necessario intervenire con decisione sui livelli e sulle modalità di consumo delle risorse energetiche per poter garantire un equilibrato e duraturo sviluppo dell'umanità. Sono aumentate le preoccupazioni per la sicurezza degli approvvigionamenti, dettate da ragioni geopolitiche e dalle prospettive di esaurimento delle fonti fossili che, anche se non ben definite dal punto di vista temporale, si pongono comunque alla vista delle prossime due-tre generazioni.

L'Unione Europea ha recentemente varato una serie di provvedimenti che fissano in modo vincolante il percorso che si intende intraprendere, da qui al 2020, per contrastare gli effetti sul clima dell'attuale livello di consumo energetico: almeno il 20% dell'energia primaria dovrà essere prodotta con fonti rinnovabili, le emissioni in atmosfera dovranno essere ridotte di un altro 20% e ancora un 20% è il risparmio di energia che si intende ottenere soprattutto attraverso un ampio recupero di efficienza energetica. Si tratta di misure che incideranno notevolmente sul modo di produrre e consumare energia e che costituiranno per diversi paesi dell'Unione, Italia compresa, una grande sfida per la competitività della propria economia.

Queste decisioni rappresentano una grossa opportunità per lo sviluppo e l'innovazione. Gli investimenti in ricerca e tecnologia energetiche aumenteranno in maniera notevole dopo la stagnazione degli ultimi 20 anni. L'industria ha finalmente ripreso a finanziare programmi di ricerca soprattutto nel campo delle fonti rinnovabili di energia. Una nuova e lungimirante politica energetica può dunque tramutarsi in un importante motore di sviluppo per il Paese che la realizza. È il caso della Germania e della Spagna che hanno intrapreso con determinazione la via delle fonti rinnovabili alcuni anni fa e della Gran Bretagna che ha annunciato proprio in questi giorni la volontà di intraprendere una politica di abbattimento delle emissioni di CO₂ del 60% entro il 2050.

Anche il nostro Paese è avviato verso un cambiamento di passo sulle questioni energetiche. Lo testimoniano la legge finanziaria 296 e il disegno di legge 691 in discussione in Parlamento. L'ENEA, il più importante ente pubblico di ricerca nel campo dell'energia e dell'ambiente, ha in atto un ampio programma di progetti di ricerca e di innovazione tecnologica a supporto delle imprese, dell'Amministrazione Pubblica centrale e dei sistemi locali che non mancherà di dare i suoi frutti nei prossimi tre anni.

La crescente attenzione con cui vengono seguite le questioni energetico-ambientali fa pensare che nel futuro saranno molti e rilevanti i cambiamenti nei modelli di consumo energetici che si verificheranno nella nostra vita quotidiana. Ho ritenuto perciò opportuno affiancare, al tradizionale Rapporto Energia e Ambiente, un volume di "Analisi e scenari" destinato ad una platea più ampia di lettori nella fiducia che esso possa contribuire ad alimentare l'informazione e la consapevolezza delle importanti sfide che ci attendono.

Luigi Paganetto
Presidente ENEA

Indice

LE GRANDI SFIDE DELL'ENERGIA E DELL'AMBIENTE	7
Cambiamenti climatici: scenari e obiettivi per l'Unione Europea	9
Dipendenza energetica e sicurezza degli approvvigionamenti	10
Prezzi degli idrocarburi e competitività	13
LA VIA PER KYOTO E LE IMPLICAZIONI DAL SOPRANAZIONALE AL LOCALE	15
I livelli di sussidiarietà	17
LE PRIORITÀ DELLA COMMISSIONE EUROPEA	18
Obiettivo efficienza energetica	18
Obiettivo fonti rinnovabili	19
Un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche	20
DOMANDA E OFFERTA DI ENERGIA IN ITALIA	21
L'intensità energetica	24
Gli investimenti in Ricerca e Sviluppo	26
Il posizionamento competitivo nei settori dell'energia	27
SCENARI GLOBALI E ACCELERAZIONE TECNOLOGICA	32
Il ruolo dell'efficienza energetica	33
PROSPETTIVE DI EVOLUZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO ITALIANO	35
Ruolo delle Regioni e degli Enti locali	35
Tecnologie per rispondere alla sfida del clima	37
Efficienza energetica nei settori di uso finale	37
Fonti rinnovabili di energia	38
Generazione distribuita di energia	43
Tecnologie innovative per la generazione elettrica	44
Tecnologie di frontiera	45
Efficienza e tecnologia: scenari energetici per l'Italia	49
Consumi di energia	51
Effetti sulle emissioni di CO ₂	54
Ricerca e processi di innovazione	56
Investimenti nelle tecnologie energetiche e competitività	58

LE GRANDI SFIDE DELL'ENERGIA E DELL'AMBIENTE

La nostra società si trova ad affrontare due sfide fondamentali: reperire ed assicurare le risorse energetiche per sostenere la crescita e lo sviluppo economico dei Paesi sviluppati e, ancor più, di quelli in via di sviluppo; mitigare i processi di cambiamento climatico in atto garantendo la protezione dell'ambiente. Trovare un equilibrio fra queste esigenze ci obbliga a realizzare una vera e propria transizione verso un sistema energetico ed uno sviluppo più sostenibile: il prezzo del fallimento potrebbe essere catastrofico. La tecnologia ci offre gli strumenti per realizzare questa transizione; occorre la disponibilità a cambiare comportamenti e a mettere in atto politiche adeguate. La decisione dell'Unione Europea del 9 marzo 2007 è un passo di grande importanza in questa direzione.

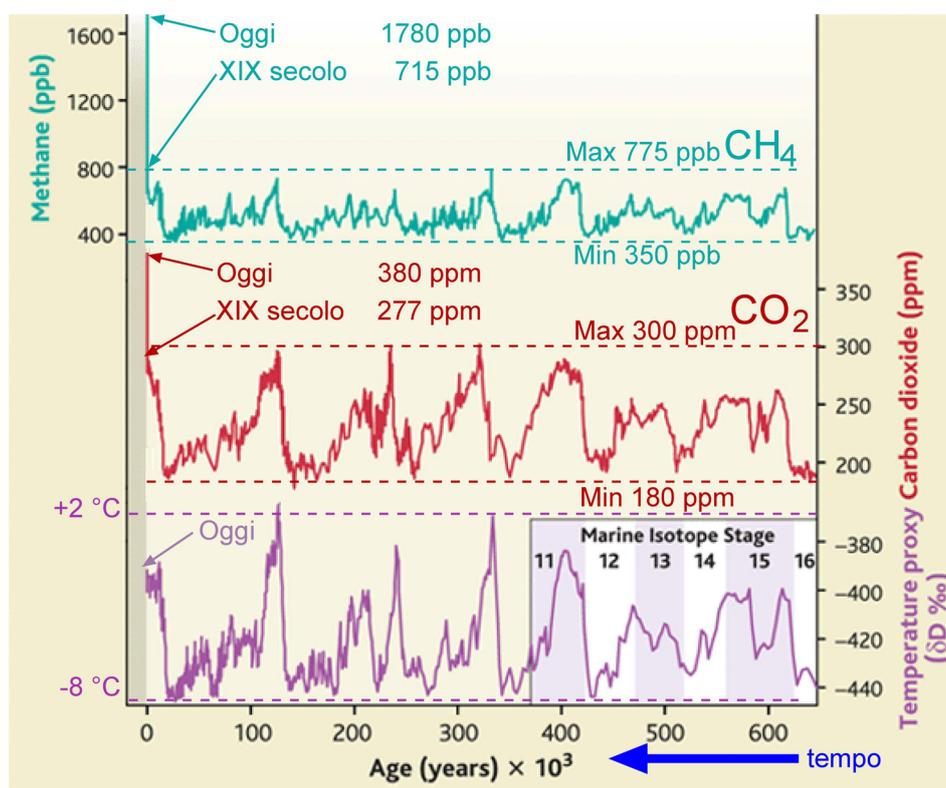
La popolazione del nostro pianeta, stimata alla fine del secolo scorso in circa 6 miliardi, potrebbe crescere al 2050, secondo una stima media delle Nazioni Unite, fino a 9 miliardi. Tale incremento della popolazione mondiale ed il bisogno di migliorare gli standard di vita della parte più povera (ancora oggi ci sono circa 1,6 miliardi di persone senza accesso all'elettricità, prevalentemente concentrati nell'Africa subsahariana e in Asia meridionale) comporteranno un forte incremento della domanda di energia, anche nell'ipotesi di una crescita economica molto lenta nei Paesi già sviluppati. Alcuni scenari proiettano incrementi della domanda globale prossimi al 100% da qui al 2050 (intorno al 37% per i Paesi europei).

Questa evoluzione pone problemi molto seri. Le risorse energetiche attualmente utilizzate derivano per l'80% da combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale) e per il resto da energia nucleare, idraulica e biomasse, in proporzioni più o meno uguali. I combustibili fossili e lo stesso uranio, tuttavia, sono risorse esauribili. Per il petrolio ed il gas si sono già evidenziati problemi di scarsità, resi più acuti dalla particolare distribuzione geografica delle risorse restanti, distanti dai centri di consumo e concentrate in zone politicamente "a rischio". Per il petrolio, ben prima che la produzione abbia raggiunto il suo massimo, c'è da attendersi una crescita dei prezzi accompagnata da fluttuazioni anche brusche. Lo stesso problema dovrebbe manifestarsi qualche decennio dopo anche per il gas. La competizione internazionale, già evidente, per risorse che diventano sempre più scarse tenderà dunque a intensificarsi e, per l'Europa, i problemi di dipendenza energetica e di sicurezza di approvvigionamento, non potranno che aggravarsi. Il carbone, la risorsa fossile globalmente più abbondante, si avvia inevitabilmente ad essere utilizzato in maniera crescente, soprattutto fuori dall'Europa, in aree dove le disponibilità sono cospicue e la domanda energetica è in forte crescita (Cina, India, Indonesia, Sud-Africa). Il carbone costituisce, d'altro canto, una alternativa che, in assenza di opportuni accorgimenti tecnologici, rischia di compromettere ancora di più l'ambiente; questa fonte, infatti, è fra le fonti energetiche quella che a parità di resa energetica produce più anidride carbonica (CO₂), il più importante dei gas ad effetto serra.

È ormai generale il consenso scientifico sull'evidenza dei cambiamenti climatici e sulle sue cause; in particolare, con il nuovo rapporto "*Climate Change 2007*", l'autorevole Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹, nel confermare le indicazioni generali già presenti nel precedente rapporto del 2001, fa salire dal 66% al 90% la stima dell'incidenza del fattore antropico sull'innalzamento della concentrazione di gas serra in atmosfera. Secondo questo rapporto intervenire per contrastare le cause dei cambiamenti climatici è un impegno da assumere soprattutto nei confronti delle generazioni future, considerando che le emissioni di CO₂ oggi prodotte resteranno per circa 100 anni nell'atmosfera.

¹ L'IPCC è stato costituito nel 1988 dalle Nazioni Unite come organo scientifico di supporto con il compito di valutare - e presentare agli organi decisori - lo stato delle conoscenze scientifiche, tecniche e socio-economiche su cause e conseguenze dei cambiamenti climatici: <http://www.ipcc.ch/>

Figura 1 - Andamento dei gas climalteranti e della temperatura media in atmosfera negli ultimi 650.000 anni



In figura 1 è rappresentato l'andamento dei gas ad effetto serra (metano CH₄, anidride carbonica CO₂) e del deuterio (δD, rappresentativo della temperatura dell'aria) nella carota di ghiaccio del progetto EPICA². L'età geologica aumenta da sinistra (periodo odierno) verso destra (periodi più antichi)

Alcuni effetti dei cambiamenti climatici in corso sono già visibili e riguardano l'aumento della temperatura media del pianeta; l'incremento della frequenza di eventi estremi; l'accelerazione della crescita del livello del mare nonché fenomeni di desertificazione e riduzione o modificazione della biodiversità, con effetti anche sul settore agricolo.

Secondo Nicholas Stern, estensore di un recente rapporto commissionato dal governo britannico³, le conseguenze economiche a lungo termine dei cambiamenti climatici potranno essere imponenti: dal 5 al 20% del prodotto lordo mondiale dovrà essere impegnato annualmente per rimediare ai danni provocati dai nuovi assetti climatici. Azioni tempestive di riduzione delle emissioni consentirebbero invece di ottenere una mitigazione dell'effetto dei cambiamenti climatici con un costo molto più contenuto che l'economista valuta in un ammontare pari all'1% annuo del PIL mondiale.

L'orientamento degli investimenti che saranno effettuati nei prossimi 10-20 anni avrà dunque un profondo effetto sul clima e influenzerà in misura considerevole il futuro del pianeta: i costi di stabilizzazione delle emissioni sono significativi ma sopportabili, ritardare gli interventi potrebbe risultare pericoloso e molto più costoso.

² EPICA: *European Project for Ice Coring in Antarctica*. I carotaggi in Antartide eseguiti nell'ambito di questo progetto hanno evidenziato che nel secolo scorso la concentrazione di CO₂ in atmosfera ha raggiunto con un improvviso incremento livelli mai registrati negli ultimi 650.000 anni

³ Stern Review on the Economics of Climate Change (2006): http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

Occorre osservare che, accanto agli investimenti per la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici, vanno, fin da subito, realizzati quelli che consentono l'adattamento del pianeta ai danni già prodotti.

ENEA conduce da molti anni rilevazioni e valutazioni sui problemi di desertificazione, sui rischi a cui sono esposte le aree costiere e la biodiversità e indica l'esigenza di intervenire sulle conseguenze.

Per quel che riguarda la mitigazione del cambiamento climatico, il Protocollo di Kyoto rappresenta il primo strumento negoziale per la riduzione concordata a livello internazionale delle emissioni dei gas a effetto serra.

Il Protocollo assegna all'Italia un obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra, da realizzarsi entro il 2012, del 6,5% rispetto ai livelli del 1990. In realtà nel nostro Paese le emissioni, invece di diminuire, sono aumentate del 13%, portando a circa il 20% la riduzione da realizzarsi da oggi al 2012. Gli aumenti più consistenti di emissioni hanno riguardato i trasporti (+27,5%) e la produzione di energia termoelettrica (+17%).

Va osservato che per conseguire gli obiettivi di Kyoto si dovrebbe realizzare una riduzione del consumo di combustibili fossili tra il 15 e il 20%, con una conseguente riduzione della fattura energetica per il Paese di circa 5-7 miliardi di euro per anno. Viceversa, il mancato raggiungimento dell'obiettivo di riduzione di gas serra fissato nell'ambito del Protocollo comporterebbe per l'Italia, stante la situazione attuale, un esborso di 1,5 miliardi di euro l'anno, fra acquisti di diritti di emissioni e progetti di cooperazione per realizzare tali riduzioni all'estero.

La complessità dei problemi energetico-ambientali, qui brevemente delineati, richiede un approccio soprannazionale e impone la necessità di sviluppare a livello internazionale (ed europeo in particolare) azioni congiunte in grado di armonizzare le politiche e gli strumenti di intervento, assicurando una massa critica adeguata per affrontare su base cooperativa le attività sul piano della ricerca e dell'innovazione tecnologica.

Cambiamenti climatici: scenari e obiettivi per l'Unione Europea

La Commissione europea ha affrontato le problematiche della lotta ai cambiamenti climatici e tracciato alcune linee generali di intervento⁴. Le indicazioni della Commissione prendono le mosse da un'analisi dell'IPCC di aumento della temperatura media globale, e arriva a una valutazione molto problematica riguardo la sostenibilità di uno scenario classificato dall'IPCC come "intermedio", i cui effetti per l'economia europea e per i Paesi del Mediterraneo non vengono ritenuti sostenibili per le conseguenze che si determinerebbero in particolare sull'ambiente, sulla salute dell'uomo, sull'agricoltura e sul turismo.

La Commissione europea definisce perciò un livello massimo di aumento della temperatura pari a 2 gradi centigradi entro il quale le conseguenze negative dei cambiamenti climatici, pur significative, sarebbero ancora gestibili e controllabili e non ancora irreversibili. Tale obiettivo implica una stabilizzazione della concentrazione di CO₂ in atmosfera al di sotto di 550 ppmv⁵ conseguibile attraverso una riduzione delle emissioni di gas serra entro il 2050 del 50% ai valori del 1990.

In attesa di un accordo internazionale, la Commissione europea indica ai governi nazionali e alle altre istituzioni europee, l'obiettivo di abbattere entro il 2020 le emissioni dei gas serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 facendo ricorso a interventi di politica energetica, al sistema di scambio delle quote di emissione e ad altre politiche in materia di cambiamenti climatici.

⁴ "Limitare il surriscaldamento dovuto ai cambiamenti climatici a +2 gradi Celsius. La via da percorrere fino al 2020 e oltre": http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2007/com2007_0002it01.pdf

⁵ ppmv – parti per milione in volume

Nel contempo la Commissione europea lancia un segnale all'industria europea perché sappia cogliere le opportunità derivanti dagli investimenti nelle tecnologie di abbattimento delle emissioni e nelle alternative di produzione e uso dell'energia a basse emissioni di carbonio.

A poche settimane dalla presentazione del "pacchetto energia" da parte della Commissione europea, le conclusioni della Presidenza del Consiglio europeo del 9 marzo 2007 ricalcano in maniera sostanziale le priorità in termini di sicurezza degli approvvigionamenti e salvaguardia dell'ambiente individuate dalla Commissione.

Il documento del Consiglio risulta più efficace nel delineare obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂, da conseguire sia attraverso un incremento dell'efficienza in misura del 20% rispetto alle stime al 2020, sia attraverso l'introduzione di obiettivi vincolanti di sviluppo delle fonti di energia rinnovabile che dovranno fornire il 20% del fabbisogno energetico in Europa al 2020, e di ricorso a biocarburanti nel settore dei trasporti in misura di almeno il 10% al 2020.

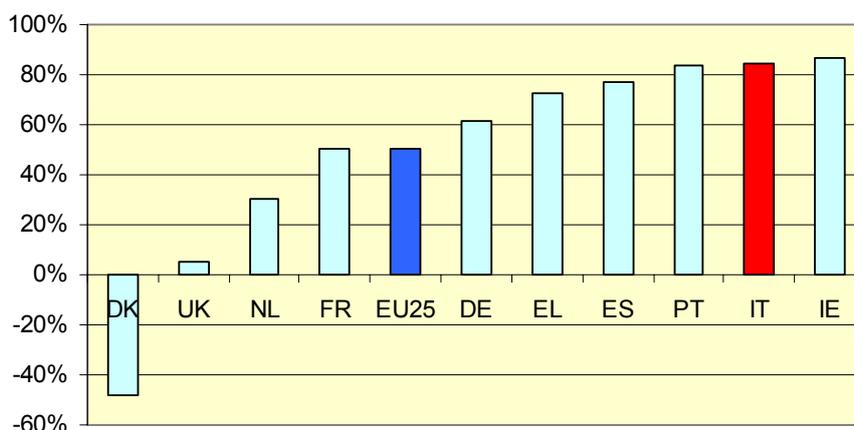
Ancora più determinata la posizione del governo britannico il cui Ministro dell'Ambiente ha presentato un piano attraverso il quale si intende ridurre le emissioni inquinanti del 60% entro il 2050 e fra il 26 e il 32% entro il 2020⁶.

Dipendenza energetica e sicurezza degli approvvigionamenti

Serie debolezze strutturali caratterizzano oggi i sistemi energetici. In primo luogo il mix energetico in cui, nella media dei Paesi membri dell'UE, i fossili rappresentano la fonte prevalente (quasi l'80% nell'UE-27, circa il 90% per l'Italia). Un altro problema a carattere strutturale è quello della dipendenza dall'estero. L'Unione Europea a 27 presenta attualmente una dipendenza dalle importazioni d'energia per oltre il 50% del suo fabbisogno; ancora più marcata quella dell'Italia che arriva all'84,5% (figura 2). Vi è, infine, un problema di adeguatezza delle reti di approvvigionamento, trasformazione e distribuzione dell'energia.

Le proiezioni dell'AIE (Agenzia Internazionale dell'Energia - organismo dell'OCSE) al 2030 indicano che la domanda mondiale di energia crescerà fino a raggiungere un incremento del 50% rispetto a oggi. Se la composizione delle fonti dovesse rimanere quella attuale, la dipendenza dell'Europa dall'estero raggiungerebbe il 65%, a fronte dell'attuale 50% circa.

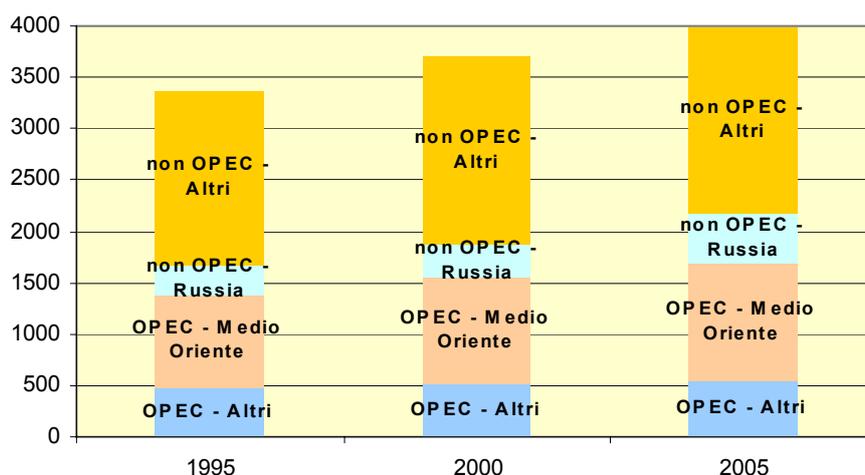
Figura 2 - Dipendenza energetica dell'Italia rispetto ad alcuni Paesi e alla media UE



Fonte: elaborazione su dati EUROSTAT

⁶ Draft Climate Change Bill, presentato dal Ministero dell'Ambiente britannico (DEFRA), marzo 2007

Figura 3 - Offerta di petrolio per area geografica (Mtep)



Fonte: elaborazione su dati ENERDATA S.A.

La struttura dell'offerta per aree geopolitiche evidenzia alcuni elementi che caratterizzano il mercato petrolifero internazionale (figura 3):

- l'OPEC copre oltre il 42% della produzione internazionale di petrolio e, in particolare, i Paesi OPEC del Medio Oriente contribuiscono per il 29% all'offerta annuale di greggio e derivati;
- la domanda europea di gas è coperta per il 60% circa dalla Russia⁷;
- tra i Paesi non-OPEC, una quota consistente della domanda di petrolio è soddisfatta dalla Federazione Russa (12%), ormai al secondo posto nella graduatoria mondiale dei produttori, dietro l'Arabia Saudita (13,5% del totale);
- la produzione in Europa e nel Nord America mostra un declino irreversibile;
- l'offerta cresce in alcune aree dell'Africa (Algeria, Libia, Nigeria, Angola, Sudan) e dell'America latina (Venezuela, Ecuador e Messico);
- in prospettiva, l'offerta proveniente dall'Africa (Golfo di Guinea) e dai giacimenti brasiliani appare di particolare interesse data la prossimità geografica ai mercati nord-americano ed europeo.

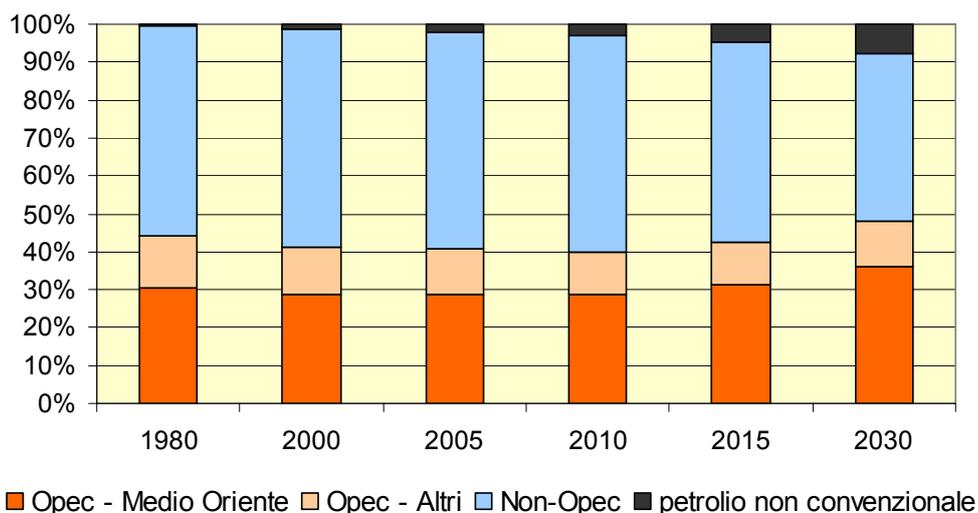
Pur trattandosi di quantità finite ed esauribili, la disponibilità accertata di *risorse petrolifere* nel sottosuolo a livello mondiale è tale da poter coprire la domanda ancora per qualche decennio.

Lo sfruttamento di riserve esistenti, al momento ritenute non economiche, dipenderà dall'andamento dei prezzi, dalle aspettative degli operatori sull'andamento degli stessi e dallo sviluppo di tecniche di estrazione più evolute.

La materiale accessibilità di molte di queste riserve è ostacolata da problemi di natura geopolitica. Oltre il 56% delle riserve accertate è concentrato in Medio Oriente e nel lungo termine crescerà la dipendenza dei Paesi consumatori di petrolio da quelle aree (figura 4).

⁷ Nel 2005 sono stati importati dalla Russia da parte dei Paesi europei 148 miliardi di metri cubi di gas su un totale delle importazioni pari a 249 miliardi di metri cubi (fonte: AIE, BP, ENI e altri, 2006)

Figura 4 - Produzione di petrolio* per area: dati storici e previsioni (dati percentuali)

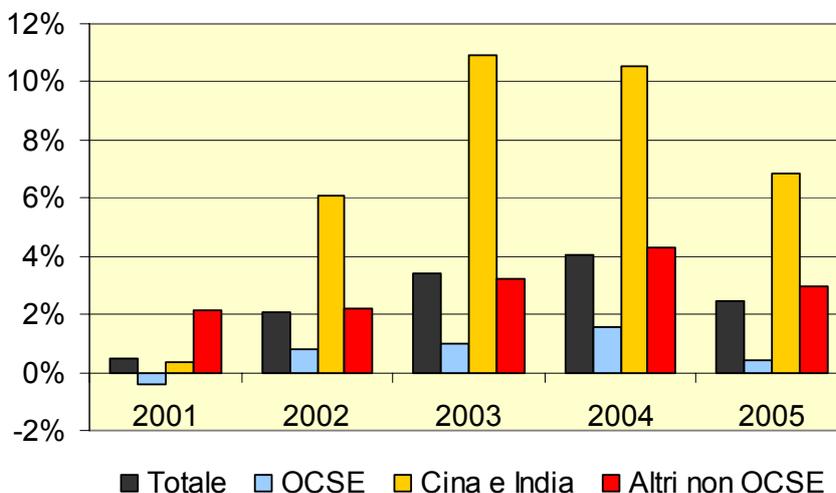


* comprende liquidi di gas naturale

Fonte: elaborazione su dati AIE, World Energy Outlook 2006

Anche il *gas naturale*, i cui giacimenti in genere sono localizzati in prossimità di quelli petroliferi, può rappresentare una fonte alternativa mediante la quale supplire alla carenza di petrolio convenzionale in una fase di transizione. Nella produzione di gas naturale, Stati Uniti, Paesi OPEC e Russia rappresentano quasi il 60% del fabbisogno annuale a livello mondiale. La crescita della produzione risulta particolarmente dinamica nei Paesi OPEC, in America latina e in molti Paesi africani; in Russia, primo produttore mondiale, la produzione cresce lentamente mentre risulta in declino in Nord America ed Europa. Per il *carbone*, a fronte dell'incremento della domanda mondiale, anche la produzione è cresciuta per il quinto anno consecutivo. L'incremento del 5,4% rispetto al 2004 è attribuibile essenzialmente all'impulso della produzione termoelettrica cinese e degli altri Paesi dell'Asia, a cui è dovuto l'85% dell'incremento totale. Con ritmi più contenuti la crescita dei consumi coinvolge tutte le altre aree geopolitiche con l'eccezione dell'Europa dove i consumi e la produzione si contraggono. Alla crescita dell'ultimo anno hanno contribuito prevalentemente gli aumenti della produzione statunitense, russa ed australiana.

Figura 5 - Consumi mondiali di energia primaria: variazione percentuale annua per area



Fonte: elaborazione su dati ENERDATA S.A.

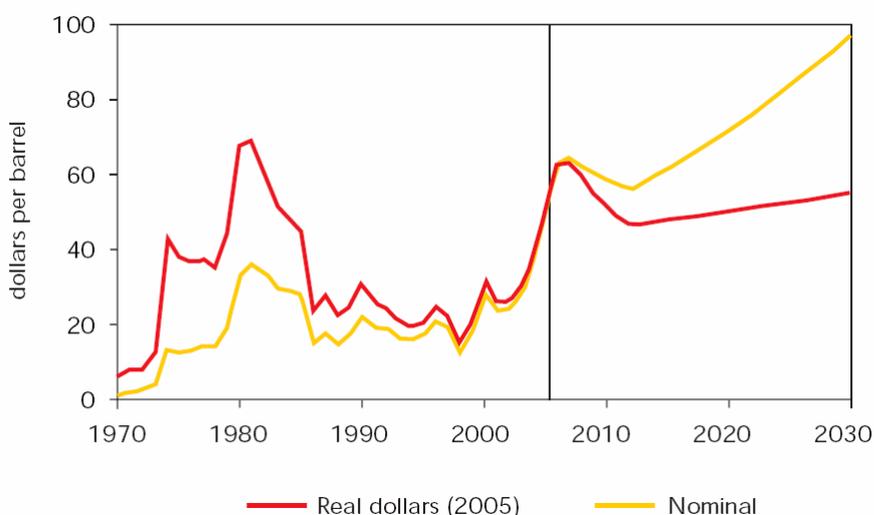
Le caratteristiche del mercato dell'energia si riflettono direttamente sulla sicurezza degli approvvigionamenti europei. C'è l'esigenza di rivedere nuove infrastrutture così come nuove capacità di interconnessione e produzione. Occorre altresì assicurare maggiore flessibilità al sistema degli approvvigionamenti. A ciò può contribuire sia un sistema di interconnessione che una maggiore convergenza nella regolazione dei mercati dei Paesi europei. Un maggiore impulso alla concorrenza potrebbe arrivare anche attraverso la progressiva separazione delle reti dalla produzione e dalla vendita di energia. Maggiore flessibilità può venire anche dalla tecnologia a cominciare da quella relativa alla rigassificazione. Occorre anche un maggiore coordinamento a livello europeo delle politiche e degli aspetti contrattuali degli approvvigionamenti. Si calcola che nei prossimi dieci anni si avvierà un ciclo di investimenti in infrastrutture e interconnessioni di enormi proporzioni⁸. L'efficacia complessiva e gli effetti-paese che si determineranno sono uno dei grandi temi di *policy* energetica per la UE. Un ruolo importante sarà giocato dal successo dell'azione verso una maggiore convergenza delle politiche di regolamentazione energetica in Europa. L'adozione di una politica energetica comune da parte della UE sarebbe, se accadesse, una scelta d'importanza straordinaria per il futuro del nostro continente.

La sicurezza degli approvvigionamenti deve essere messa in relazione anche alle condizioni geopolitiche nelle quali sono immerse le risorse energetiche di maggior diffusione: petrolio, gas e carbone. Di conseguenza, lo sviluppo infrastrutturale dovrà necessariamente tenere in considerazione la necessità di differenziazione geografica delle fonti di approvvigionamento. La sicurezza degli approvvigionamenti risente anche della complessità delle grandi reti tecnologiche e della conseguente accresciuta vulnerabilità rispetto a eventi indesiderati, sia accidentali che intenzionali. Ciò richiede una generale riconsiderazione dell'approccio alla sicurezza, che contempli le possibili interazioni tra le infrastrutture al fine di prevenire effetti di caduta a cascata.

Prezzi degli idrocarburi e competitività

L'andamento crescente dei prezzi del petrolio influisce significativamente sulle aspettative e sulle decisioni di investimento del settore. Il trend del prezzo del petrolio, che è rimasto per un lungo periodo sopra la soglia di 70 \$ al barile, rimane rivolto verso l'alto (figura 6). Il picco di prezzo raggiunto di recente ha avuto un impatto notevole sulle aspettative, anche se resta inferiore, in termini di dollari a prezzi 2005, ai valori raggiunti durante la crisi del 1980.

Figura 6 - Prezzo del petrolio: dati storici e previsioni al 2030 (\$ USA/barile)



Fonte: Agenzia Internazionale dell'Energia - World Energy Outlook 2006

⁸ L'AIE nel World Energy Outlook 2006 valuta per l'Europa investimenti annui pari a 95 miliardi di \$ a prezzi 2005 (il 70% nel settore elettrico e il 18% circa nel settore gas)

Le economie dell'area dell'euro sono state in parte protette dagli alti prezzi del greggio grazie al rafforzamento della valuta europea nei confronti del dollaro.

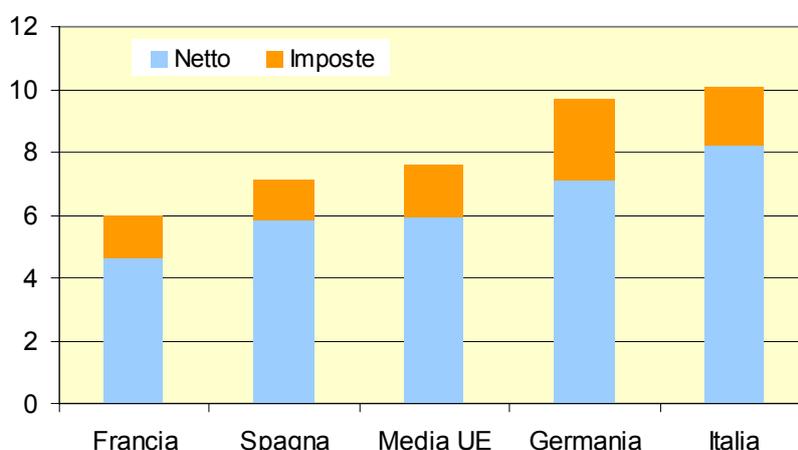
Il limitato impatto dei prezzi del petrolio sulla crescita è dovuta al fatto che, dal primo shock petrolifero del 1973 ad oggi, l'intensità energetica dell'economia mondiale, a causa dei cambiamenti intersettoriali che sono intervenuti, si è notevolmente ridotta, e quella dei Paesi OCSE si è addirittura dimezzata. Per quanto riguarda i prezzi internazionali del gas naturale e del gas naturale liquido (GNL), essi seguono il trend del prezzo del petrolio anche se con differenze tra le diverse aree. Infatti, date le modalità prevalenti di trasporto (gasdotto o navi speciali per il GNL) quello del gas non è un mercato unico, ma risulta segmentato per regioni geografiche. Anche i prezzi del carbone risentono, pur con qualche ritardo, delle tendenze più generali dei prezzi energetici.

L'andamento crescente dei prezzi si riflette in modo diretto sulla competitività. Secondo i dati Eurostat, l'indice del prezzo medio dell'elettricità per tutti i consumatori dell'UE a 15, posto uguale a 100 quello del luglio 1997, è stato nel luglio 2006 pari a 98; comunque in risalita rispetto all'indice 86 del luglio 2000 ed all'89 del luglio 2005. In particolare, gli utilizzatori industriali (con valori dell'indice 121) hanno sostenuto i costi più elevati. L'indice del prezzo medio del gas per tutti i consumatori dell'UE a 15, posto uguale a 100 quello del luglio 1997 è stato nel luglio 2006 pari a 153: molto superiore all'indice 92 del luglio 2000 ed anche al valore 120 del luglio 2005. In particolare, sono stati penalizzati gli utilizzatori industriali (con valori dell'indice tra 186-206) piuttosto che i piccoli operatori commerciali e le famiglie (indice 146).

La competitività è significativamente influenzata dalle condizioni nelle quali il mercato dell'energia si trova ad operare. La valutazione dei Regolatori europei, pubblicata nel dicembre dello scorso anno, è focalizzata su quattro principali aree problematiche: insufficiente separazione dei gestori di rete verticalmente integrati; poteri diseguali ed insufficienti dei regolatori; insufficiente integrazione regionale dei mercati e permanenza di prezzi regolati. È importante il confronto tra le tariffe dell'energia elettrica in Italia e quelle nei Paesi dell'Unione Europea.

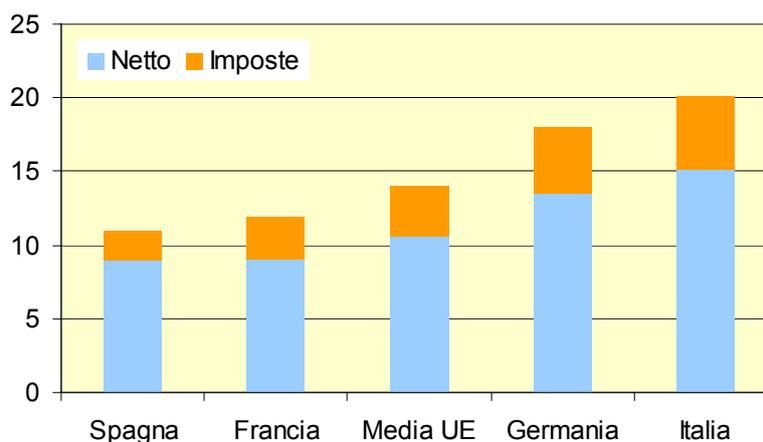
Valutate rispetto a differenti tipologie di utenza sia industriale che domestica, le tariffe italiane appaiono in assoluto le più elevate sia per gli utenti industriali che per gli usi domestici (figure 7 e 8).

Figura 7 - Prezzo dell'energia per le utenze industriali nella fascia 24 GWh/anno (c€/kWh)



Fonte: elaborazione su dati Autorità Energia Elettrica e Gas

Figura 8 - Prezzo dell'energia elettrica per usi domestici nella fascia 3500 kWh/anno in Italia e in alcuni Paesi dell'UE (c€/kWh)



Fonte: elaborazione su dati Autorità Energia Elettrica e Gas

Le tariffe per le utenze domestiche, escluse le fasce sociali, appaiono più basse solo di quelle olandesi e danesi, comprese tutte le tasse (figura 8).

Nel comparto del gas le tariffe italiane si collocano tra quelle più elevate per i consumatori domestici, mentre risultano abbastanza contenute per gli utenti industriali (ad esempio, sono superiori i prezzi che vengono praticati in Olanda, Regno Unito e Germania).

LA VIA PER KYOTO E LE IMPLICAZIONI DAL SOPRANAZIONALE AL LOCALE

A quindici anni dalla Convenzione sui cambiamenti climatici, stipulata nell'ambito della Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo, e a un anno dal primo periodo di *compliance* del Protocollo di Kyoto (2008-2012), la strada della sostenibilità dei sistemi energetici risulta ancora incerta.

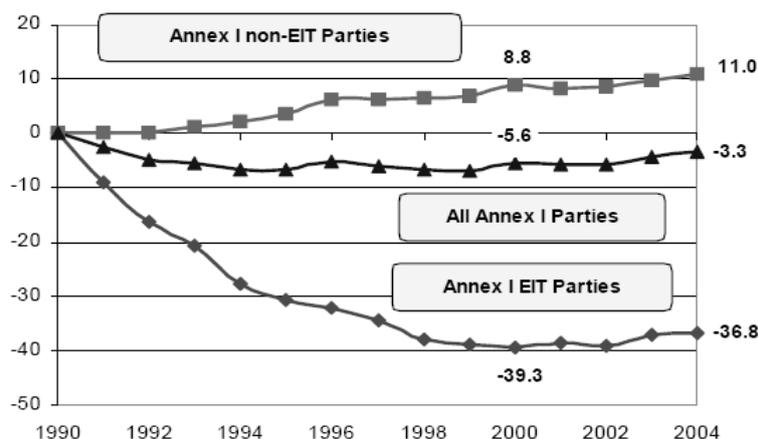
Come noto il Protocollo di Kyoto, elaborato nel 1997 ed entrato in vigore il 16 febbraio 2005, introduce degli obiettivi quantitativi di riduzione per i soli Paesi industrializzati, in base al principio di responsabilità comune ma differenziata. L'obiettivo aggregato di riduzione per i cosiddetti Paesi Annex I⁹ era originariamente fissato al 5,2% da conseguire entro il periodo 2008-2012 rispetto all'anno base 1990.

Gli Stati Uniti, come noto, non hanno proceduto alla ratifica del Protocollo riducendo l'obiettivo vincolante al 3%. Al 2004 le emissioni aggregate dei gas climalteranti dei Paesi Annex I risultavano del 3,3% inferiori al 1990 (figura 9).

Tuttavia forti differenze emergono tra le diverse realtà geopolitiche che costituiscono il blocco Annex I. In particolare le emissioni dei Paesi cosiddetti "occidentali" risultavano superiori dell'11%, mentre le emissioni delle economie in transizione (EIT Parties), in sostanza l'ex blocco sovietico, si erano ridotte del 36,8%.

⁹ Annex I comprende i Paesi occidentali e i Paesi ex-URSS (EIT Parties, Economie in transizione)

Figura 9 - Andamento delle emissioni dei gas climalteranti dei Paesi Annex I



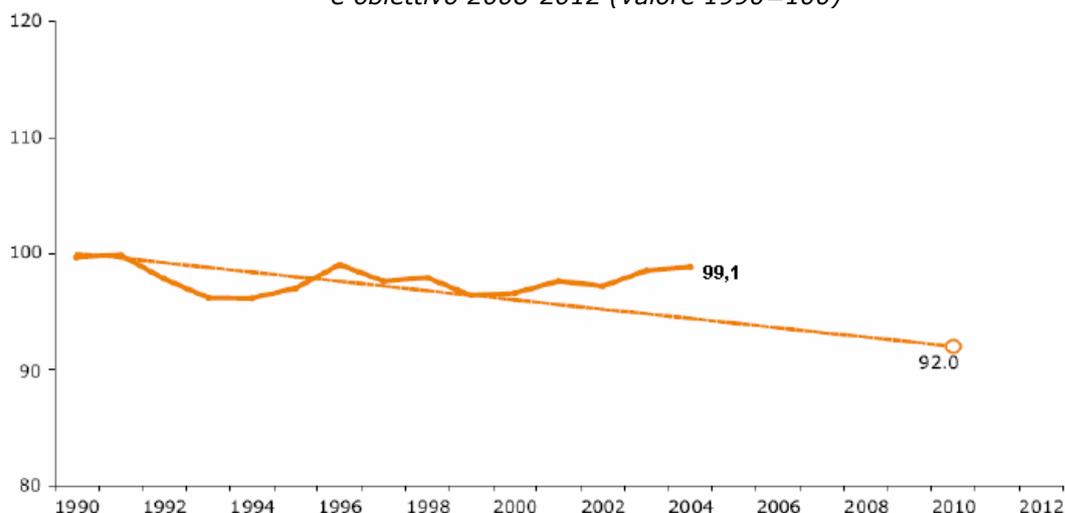
Fonte: UNFCCC 2006

Tra i Paesi occidentali l'Europa dei 15 ha registrato una diminuzione delle emissioni dello 0,9% (figura 10), a fronte di un incremento negli Stati Uniti del 15,8%. La riduzione dell'Europa a 25 ammonta invece al 4,9%. Tuttavia il percorso intrapreso dall'Unione Europea, che si è dimostrata il soggetto politico più determinato a livello mondiale nel conseguimento delle politiche per il clima, è tutt'altro che consolidato.

Sul fronte delle emissioni, infatti, le tensioni introdotte dall'incremento del prezzo internazionale del petrolio hanno visto un maggiore ricorso al carbone soprattutto nell'industria termoelettrica, che aveva permesso sino ad oggi di conseguire le maggiori riduzioni di emissioni. Ed ancora poco efficaci nel compensare tale inversione di trend sono risultate le politiche di contenimento dei consumi, di miglioramento del sistema dei trasporti e di generazione da fonti rinnovabili.

A partire dal 2001, infatti, le emissioni dell'Europa dei 15 si stanno progressivamente discostando dal trend virtuoso per l'obiettivo di Kyoto, pur rimanendo come dato aggregato inferiori ai livelli del 1990.

Figura 10 - Andamento 1990-2004 delle emissioni di gas serra dei Paesi dell'UE-15 e obiettivo 2008-2012 (valore 1990=100)



Fonte: Agenzia Europea per l'Ambiente

Nella legislazione comunitaria sono state di recente approvate importanti direttive su risparmio energetico, fonti rinnovabili, cogenerazione ed *emission trading* che di fatto introducono misure strutturali per il perseguimento degli obiettivi di Kyoto. Tutte le maggiori direttive introducono obiettivi indicativi mentre il Sistema di Emission Trading (ETS), che interessa circa il 45% delle emissioni all'interno dell'Unione, rappresenta un meccanismo di mercato che porterà nel periodo 2008-2012 ad un rispetto vincolante degli obiettivi comunitari da parte delle industrie interessate.

È importante a questo proposito sottolineare la centralità e l'estrema importanza del meccanismo dell'ETS in quanto unico strumento vincolante esistente in un contesto dove è l'Unione Europea ad avere sottoscritto l'obiettivo di riduzione dell'8% e non i singoli Stati membri ai quali è stato assegnato un target nazionale a seguito dell'accordo di *burden sharing* comunitario. Questo spiega l'attenzione e la fermezza da parte della Commissione nel valutare i piani nazionali di assegnazione delle quote ai settori industriali. Di fronte ad uno strumento così efficace nel contenere le emissioni del settore industriale a livello europeo è importante che gli Stati nazionali, per non perdere di competitività a livello internazionale gravando l'obiettivo di Kyoto sul solo settore industriale, adottino delle politiche nei settori non inclusi nella direttiva ETS. In particolare il settore dei trasporti ed il settore dei consumi energetici civili.

L'introduzione di obiettivi vincolanti in questi settori necessita da un lato della creazione di consenso da parte dell'opinione pubblica nell'accettare politiche di contenimento delle emissioni e, dall'altro, della messa in efficienza della macchina amministrativa pubblica nel definire gli strumenti ed i livelli di sussidiarietà più adeguati per dare risposta alle future sfide dei cambiamenti climatici.

I livelli di sussidiarietà

Una delle problematiche ancora aperte la cui soluzione appare cruciale e di grande attualità nell'affrontare la difficile sfida dei cambiamenti climatici consiste nel coinvolgimento di tutti i livelli di sussidiarietà in tema di energia e ambiente. La Conferenza nazionale sul Clima, convocata dal Ministero dell'Ambiente, può dare un contributo determinante anche su questi aspetti.

La priorità dell'Unione Europea, come emerso nell'autunno nel corso della Conferenza delle Parti svoltasi a Nairobi, risiede nella continuità di obiettivi quantitativi di riduzione delle emissioni nel periodo post-2012. Tale continuità è resa necessaria per rendere credibili da subito i forti strumenti di regolazione adottati per la politica per il clima che altrimenti verrebbero percepiti come episodi contingenti da parte dei soggetti regolati. L'adozione di un obiettivo unilaterale rappresenta da questo punto di vista una forte presa di posizione da parte dell'Europa nell'affrontare le difficili trattative con gli Stati Uniti e le economie emergenti. Prova ne è il fatto che, nel dibattito internazionale, l'adozione di obiettivi futuri di riduzione di emissioni, soprattutto in relazione ai meccanismi di ETS per i settori industriali, è a volte accompagnata da riflessioni sull'opportunità di introdurre *border tax adjustments*, ovvero una correzione fiscale sulle merci in ingresso per compensare la perdita di competitività delle imprese europee a seguito dell'introduzione di politiche di riduzione delle emissioni.

Nel rapporti con i Paesi in via di sviluppo le trattative internazionali, a partire dalla prossima Conferenza delle Parti a Bali nell'autunno 2007, verteranno sulla possibilità e la modalità di introduzione di strumenti di contenimento delle emissioni in questi Paesi. Se da un lato è evidente che gli sforzi dei Paesi industrializzati nel ridurre le emissioni di CO₂ rischiano di essere annullati dall'incremento delle emissioni delle economie in crescita - in particolare India, Cina e Brasile - è innegabile, come emerso chiaramente a Nairobi, che il problema dei cambiamenti climatici è indotto dall'accumulo in atmosfera delle emissioni dovute, a partire dal secolo scorso, soprattutto ai Paesi oggi industrializzati. Non si può, d'altronde, non convenire sull'evidente priorità che ha l'aumento dei consumi energetici per i Paesi in via di sviluppo.

LE PRIORITÀ DELLA COMMISSIONE EUROPEA

La comunicazione della Commissione europea sui cambiamenti climatici del 2005¹⁰ aveva già fatto emergere con forza il legame clima-energia-innovazione da tradurre in precise scelte di politica pubblica incentrate sullo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie e sul finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo in campo energetico.

Il documento strategico "Una politica energetica per l'Europa"¹¹, nel presentare un vero e proprio pacchetto di interventi sull'energia, mostra una decisa rifocalizzazione della finalità strategica: nella nuova visione, il perno della politica energetica è individuato ora nella sostenibilità e nella lotta ai cambiamenti climatici come presupposti per la competitività e per la sicurezza.

Il documento auspica infatti una *"nuova rivoluzione industriale che acceleri la transizione verso una crescita a basse emissioni di carbonio e producendo, nel corso degli anni, un aumento spettacolare della quantità di energia locale a basse emissioni prodotta ed utilizzata. La sfida consiste nel farlo in un modo che ottimizzi gli incrementi di competitività potenziali per l'Europa e limiti i potenziali costi"*.

Gli obiettivi specifici per dare concretezza a questa finalità generale - che costituisce il centro del riesame strategico della politica energetica nell'UE, e che si accompagna alla già citata proposta di un "risoluto e unilaterale" impegno ad abbattere le emissioni dei gas serra di almeno il 20% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2020 - si concentrano sull'incremento dell'efficienza energetica e del ricorso a fonti rinnovabili e sull'adozione di tecnologie di cattura e stoccaggio di CO₂ per le centrali elettriche a carbone.

Obiettivo efficienza energetica

La Commissione stima il potenziale globale di risparmio energetico nei principali settori di uso finale in percentuali comprese tra il 25% e il 30% e definisce un quadro di interventi incentrato sull'obiettivo di riduzione degli "sprechi per inefficienza" che vengono valutati nella misura di oltre il 20% dei consumi totali dell'Europa¹².

Secondo il piano d'azione, con il risparmio energetico si incrementa la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e, al contempo, la competitività del sistema produttivo stimolando il mercato delle tecnologie e dei prodotti ad elevato rendimento energetico.

Il conseguimento dell'obiettivo prevede in prima istanza l'applicazione e il controllo rigoroso del quadro normativo e quindi l'impegno di ogni Stato membro ad applicare in modo efficace tutte le direttive e i regolamenti già emanati finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica nei settori di uso finale, superando i ritardi fin qui accumulati.

Va poi rilevata l'importanza che viene assegnata alla componente "ricerca" attraverso il 7° Programma Quadro dell'UE all'interno dello spazio tematico dedicato alle problematiche energetiche.

¹⁰ COM(2005) 615 def (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2005/com2005_0615it01.pdf)

¹¹ COM(2007) 1 def (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2007/com2007_0001it01.pdf)

¹² "Piano d'azione per l'efficienza energetica" COM(2006) 545 def del 19.10.06 (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2006/com2006_0545it01.pdf)

L'obiettivo strategico di questa area (che si avvale di un budget complessivo pari a 2,3 miliardi di euro) è quello di trasformare l'attuale sistema energetico in un sistema più sostenibile, meno dipendente da combustibili importati, basato su un diverso mix di fonti e vettori energetici, con particolare attenzione alle tecnologie a bassa/nulla intensità carbonica, associate ad una maggiore efficienza energetica per far fronte alle sfide, sempre più pressanti, della sicurezza dell'approvvigionamento e dei cambiamenti climatici, rafforzando nel contempo la competitività delle industrie europee.

Altre misure previste riguardano la promozione di interventi di sensibilizzazione sulle tematiche dell'efficienza energetica nei settori dell'industria e dei servizi di pubblica utilità, nei settori dell'istruzione e nei programmi di formazione professionale. Una particolare attenzione viene poi rivolta all'efficienza energetica nelle aree urbane.

È attesa entro il 2007 una proposta per realizzare un nuovo accordo internazionale sull'efficienza energetica che possa riunire i Paesi dell'OCSE e i principali Paesi emergenti (come la Cina, l'India e il Brasile) al fine di limitare l'utilizzo di prodotti che non soddisfano dei criteri minimi di prestazione e stabilire approcci comuni per i risparmi energetici.

Il Consiglio del 9 marzo 2007 ha individuato cinque settori attraverso i quali conseguire i risparmi: un'azione sui trasporti, l'introduzione di requisiti minimi nelle apparecchiature energetiche, la sensibilizzazione verso comportamenti virtuosi in tema di consumi, un maggiore ricorso a tecnologia ed innovazione e una maggiore attenzione all'efficienza nell'edilizia. Ha inoltre invitato la Commissione a presentare entro l'anno una proposta di accordo internazionale sull'efficienza energetica che introduca elementi di reciprocità tra i mercati e la raccomandazione a rivedere la normativa relativa agli aiuti di Stato per la tutela dell'ambiente in maniera da renderli più efficaci nelle politiche di protezione dai cambiamenti climatici.

Obiettivo fonti rinnovabili

Altro obiettivo prioritario è quello di rilanciare una politica rivolta allo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia. È parere della Commissione, infatti, che nonostante le misure adottate dall'Unione Europea già dal 1997, non sarà possibile raggiungere al 2012 l'obiettivo del 12% da rinnovabili sul totale delle fonti di energia, soprattutto per l'assenza di un quadro strategico coerente ed efficace e di una visione stabile sul lungo termine.

La "*Tabella di marcia per le energie rinnovabili*"¹³ individua la necessità di realizzare un nuovo quadro legislativo di riferimento in materia di promozione e di utilizzo delle rinnovabili nell'Unione Europea al fine di garantire al settore privato quella stabilità a lungo termine che è condizione necessaria per definire piani di investimento in questo settore.

Per conseguire entro il 2020 l'obiettivo del 20% di rinnovabili sul consumo totale di energia, la Commissione ha previsto un costo aggiuntivo medio annuo tra il 2005 e il 2020 compreso, in funzione essenzialmente del prezzo del petrolio, tra 10 e 18 miliardi di euro. Tale costo verrebbe però compensato dalle rilevanti riduzioni di fonti fossili importate e di emissioni di gas serra realizzate grazie alla sostituzione accelerata dei combustibili fossili con le fonti rinnovabili¹⁴. Questi investimenti consentirebbero, d'altra parte, di creare numerosi posti di lavoro e di sviluppare nuove imprese tecnologiche europee.

¹³ COM(2006) 848 del 10.01.07

(http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2006/com2006_0848it01.pdf)

¹⁴ Nel documento si sostiene che i costi aggiuntivi per il conseguimento dell'obiettivo delle rinnovabili al 20% verrebbe quasi interamente coperto nell'ipotesi (realistica) di prezzi dei diritti di emissione pari a 25 €/tCO₂ e prezzi del petrolio di 78 \$/barile

Secondo la Commissione, l'obiettivo generale dovrà tradursi in obiettivi nazionali obbligatori secondo modalità precise contenute in piani di azione nazionali in cui gli Stati membri indichino obiettivi specifici e, in particolare, la quota di copertura con fonti rinnovabili del fabbisogno per la generazione elettrica, per la climatizzazione ambientale e per il settore dei trasporti; quest'ultimo dovrà essere conseguito attraverso un incremento del ricorso ai biocarburanti, per i quali viene fissato l'obiettivo minimo al 2020 del 10% del consumo totale di benzina e di gasolio per il trasporto.

Per raggiungere tali obiettivi il Consiglio europeo ha invitato espressamente la Commissione ad elaborare entro il 2007 una proposta di direttiva che contenga disposizioni in merito agli obiettivi nazionali degli Stati membri, agli obiettivi settoriali per fonte e alle misure per il loro conseguimento nonché disposizioni per garantire la produzione e l'uso sostenibile di biomassa evitando i conflitti tra i diversi usi.

Un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche

Per realizzare gli obiettivi di riduzione del costo delle fonti rinnovabili e per fare in modo che l'industria europea conquisti una posizione di punta nel settore delle tecnologie energetiche innovative, la Commissione individua la necessità di elaborare un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche basato su una visione a lungo termine orientata verso la realizzazione di un sistema energetico a basse emissioni di carbonio¹⁵.

L'articolazione temporale di questo piano prevede tre tappe fondamentali in relazione alle quali si prevede che il processo di sviluppo tecnologico consenta di raggiungere i seguenti obiettivi:

- al 2020 coprire il 20% di energia prodotta con fonti rinnovabili, con un considerevole aumento di quelle più vicine al mercato (compresi i parchi eolici off-shore e i biocarburanti di seconda generazione),
- al 2030, produrre energia elettrica e calore con ridotte emissioni di carbonio anche attraverso il ricorso a sistemi di cattura e stoccaggio della CO₂; adattare gradualmente i sistemi di trasporto ai biocarburanti di seconda generazione e alle celle a combustibile a idrogeno,
- dal 2050 e oltre, completare il passaggio ad un sistema energetico europeo "carbon free" attraverso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e l'utilizzo sostenibile del carbone, del gas e dell'idrogeno e, in prospettiva, della fissione nucleare di quarta generazione.

In relazione a tali obiettivi la Commissione auspica un'azione strategica a livello europeo e indica la necessità di sviluppare, a livelli di massima eccellenza, un ventaglio di tecnologie energetiche accessibili, competitive, efficienti e a basse emissioni di carbonio e, nel contempo, di creare un ambiente stabile e affidabile per le imprese, in particolare per le piccole e medie imprese, in modo che queste tecnologie trovino largo impiego in tutti i settori dell'economia.

Questo ventaglio comprende tecnologie mature che possono essere impiegate immediatamente, tecnologie che richiedono ulteriori miglioramenti, tecnologie per le quali sono necessari nuovi progressi tecnici, tecnologie di transizione e tecnologie che comportano grossi cambiamenti nelle infrastrutture e nelle catene di approvvigionamento esistenti. Ognuna di queste tecnologie deve far fronte a sfide e a ostacoli differenti e la loro commercializzazione avverrà probabilmente in tempi diversi. Per il loro sviluppo sarà necessario stringere solide alleanze o partenariati, e definire obiettivi precisi e misurabili da perseguire in modo mirato e coordinato.

¹⁵ "Verso un piano strategico europeo per le tecnologie energetiche" COM(2006) 847 def (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/it/com/2006/com2006_0847it01.pdf)

Si prevede che il nuovo piano per le tecnologie energetiche non resti un'iniziativa isolata ma si connetta alle iniziative esistenti, in particolare alle strategie e alle revisioni nazionali della politica energetica, come pure al piano d'azione per le tecnologie ambientali e alla prevista iniziativa faro sulle tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni per una crescita sostenibile, che offrono possibilità di ottimizzare le sinergie.

DOMANDA E OFFERTA DI ENERGIA IN ITALIA

Alla modesta crescita dell'economia italiana ha corrisposto, nel corso del 2005, un limitato innalzamento della domanda complessiva d'energia e dell'intensità energetica. Il consumo di energia primaria per fonti evidenzia un'ulteriore riduzione dei consumi dei prodotti petroliferi, che restano comunque la fonte che contribuisce in quota maggiore alla domanda di energia (figura 11).

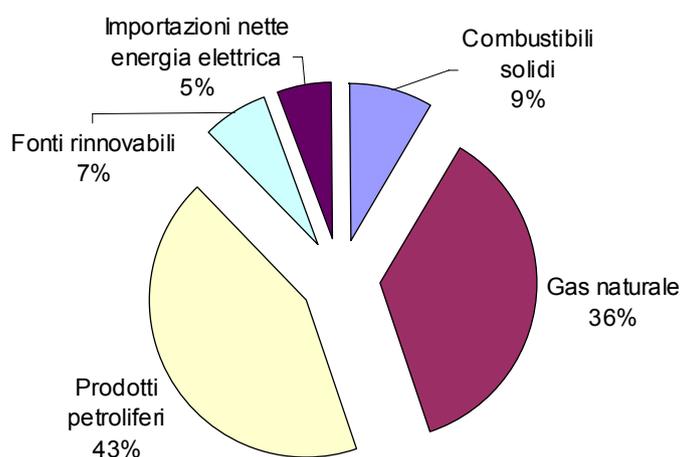
La corrispondente crescita del ricorso al gas naturale conferma d'altronde un processo di sostituzione in atto già dalla metà degli anni 90 (figura 12).

Anche il carbone fa segnare un calo nel 2005, invertendo in questo caso una tendenza all'aumento che si era verificata negli anni precedenti.

Sostanzialmente stabile nel lungo periodo il dato dell'energia elettrica importata, che vede nel 2005 una riduzione rispetto al 2004. In riduzione di quasi 1 punto percentuale il contributo delle rinnovabili che, data la forte prevalenza della fonte idroelettrica, è condizionato dai fattori stagionali.

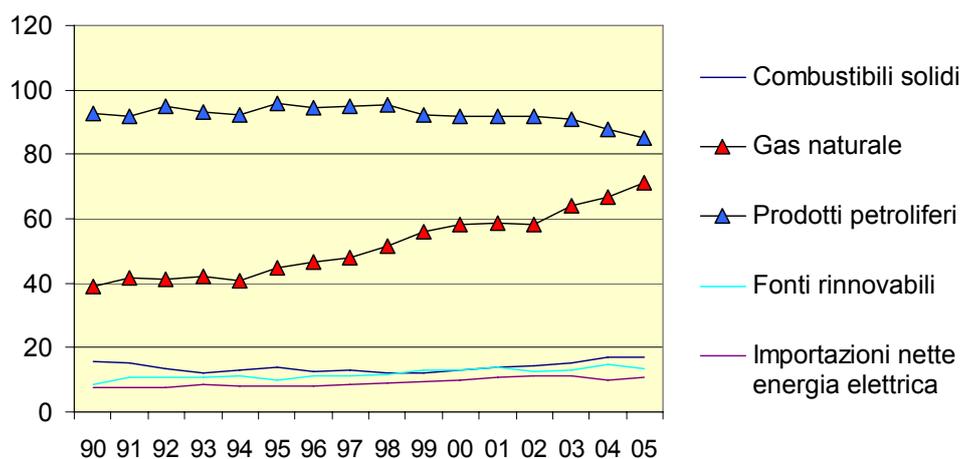
I dati dal 2002 al 2005 mettono in evidenza un aumento continuo dei consumi totali di energia con un tasso più elevato nel periodo 2002-2003 e un rallentamento nel periodo 2004-2005 mentre l'andamento del PIL nello stesso periodo è rimasto quasi stazionario, registrando una leggera diminuzione nel 2005.

Figura 11 - Consumi di energia per fonte, anno 2005



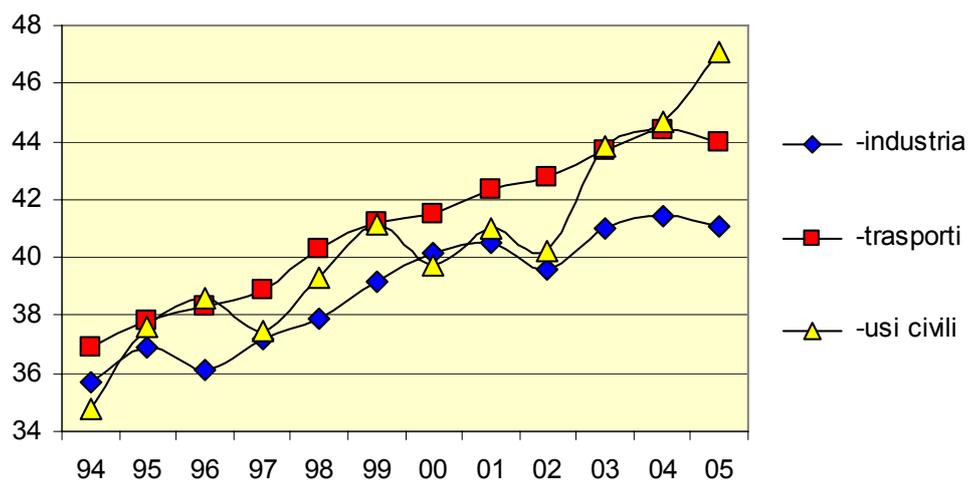
Fonte: elaborazione su dati MSE

Figura 12 - Consumi di energia per fonte, trend 1990-2005 (Mtep)



Fonte: elaborazione su dati MSE

Figura 13 - Consumi di energia per settori di uso finale, trend 1994-2005 (Mtep)



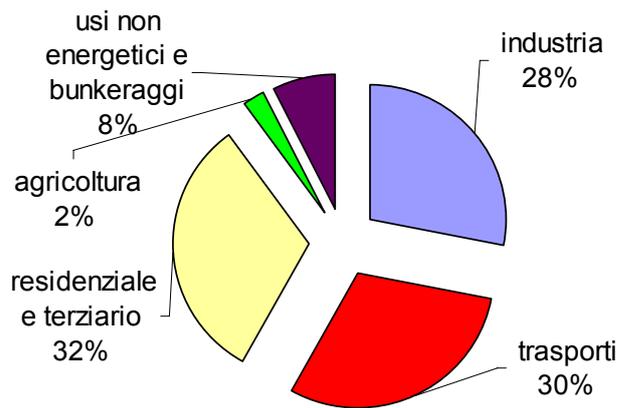
Fonte: elaborazione su dati MSE

L'aumento della domanda di energia riguarda soprattutto i settori residenziale e terziario ed è causato essenzialmente da fattori climatici (figura 13).

In particolare, nel 2003, tali consumi sono aumentati in maniera sostenuta con un incremento sia dei consumi di gas per il riscaldamento ambientale sia dei consumi elettrici per la climatizzazione estiva.

Il trend di crescita si conferma nel 2004, anche se ad un ritmo più contenuto, e nel 2005; nell'ultimo anno la crescita dei consumi nel settore civile controbilancia la leggera diminuzione nel settore dell'industria e dei trasporti (figure 13 e 14).

Figura 14 - Quote per settore di uso finale dei consumi di energia, anno 2005 (Mtep)



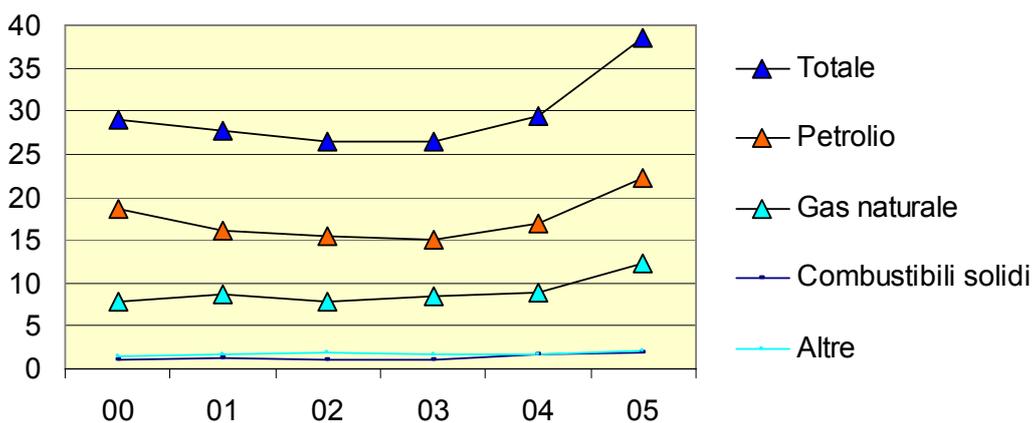
Fonte: elaborazione su dati MSE

L'andamento dei prezzi del greggio ha fatto crescere ulteriormente la fattura energetica italiana che ha sfiorato nel 2005 i 40 miliardi di euro, una cifra che rappresenta il 2,9% del PIL, facendo segnare uno degli incrementi annuali più elevati degli ultimi due decenni con un aumento di oltre il 30% rispetto al 2004 (figura 15).

L'aumento della fattura energetica riflette un andamento delle importazioni di fonti primarie dall'estero, e quindi della dipendenza energetica dell'Italia, il cui andamento è in continua crescita a partire dalla fine degli anni 90.

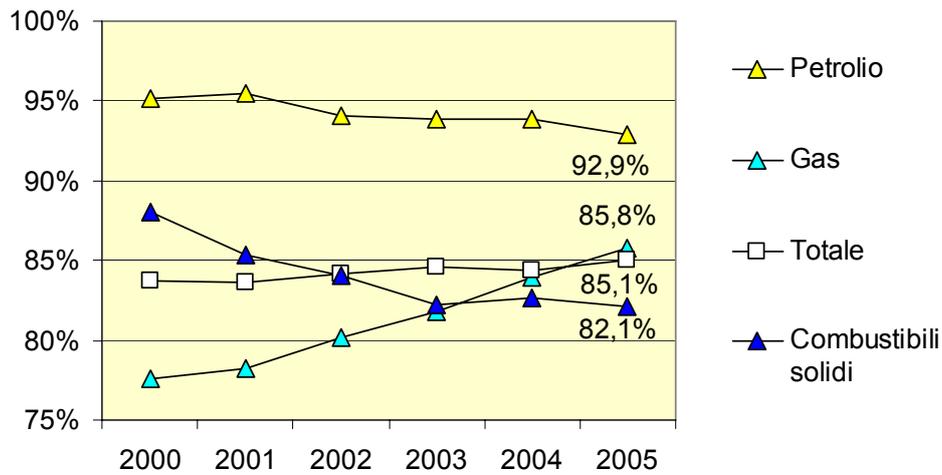
Come si vede nella pagina successiva in figura 16, la dipendenza complessiva dalle importazioni sale nel 2005 all'85,07% e fa segnare il suo massimo in relazione alle importazioni di petrolio (92,86%) e il suo minimo per le importazioni di energia elettrica (16,13%).

Figura 15 - Andamento della fattura energetica negli ultimi 6 anni (miliardi di euro)



Fonte: elaborazione su dati MSE

Figura 16 - Andamento percentuale della dipendenza energetica per fonte negli ultimi 6 anni



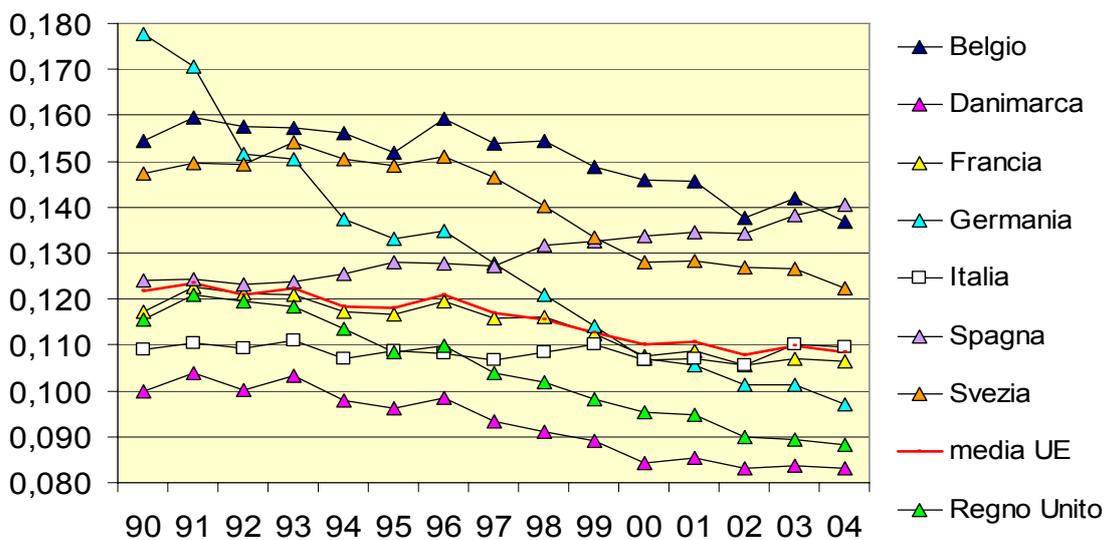
Fonte: elaborazione su dati MSE

L'intensità energetica

L'Italia fino alla fine degli anni 90 ha fatto segnare valori dell'intensità energetica finale più bassi della media dei Paesi dell'Unione Europea, avvicinandosi solo recentemente a tali valori. Alcuni Paesi del Nord Europa (Danimarca, Germania, Svezia, Finlandia, Gran Bretagna) hanno diminuito notevolmente le loro intensità energetiche. Altri, come Spagna e Portogallo, che partivano da livelli di intensità energetica più bassi della media, hanno invece dei trend in crescita.

Il confronto con la situazione europea mostra un'Italia che progressivamente sta riducendo il beneficio derivante da una posizione iniziale favorevole in termini di intensità energetiche, e che negli ultimi anni non riesce a seguire il passo della maggior parte dei Paesi europei che, pur in presenza di una maggiore crescita economica, hanno ridotto notevolmente le loro intensità energetiche (figura 17).

Figura 17 - Intensità energetica finale del PIL di alcuni Paesi dell'UE (tep/1000 €)



Fonte: elaborazione su dati UE - progetto Odissee

Tabella 1 - Consumi primari di energia e PIL in alcuni Paesi europei.
Variazioni percentuali 2005/2004

	Consumi primari	PIL
Belgio	-2,00%	0,60%
Danimarca	-3,90%	0,20%
Germania	-1,10%	0,20%
Francia	-0,60%	0,30%
Italia	2,40%	0,00%
Spagna	2,10%	1%
Portogallo	3,10%	0,50%
Finlandia	-4,90%	1,00%
Svezia	-3,80%	0,90%
UK	-1,30%	0,70%

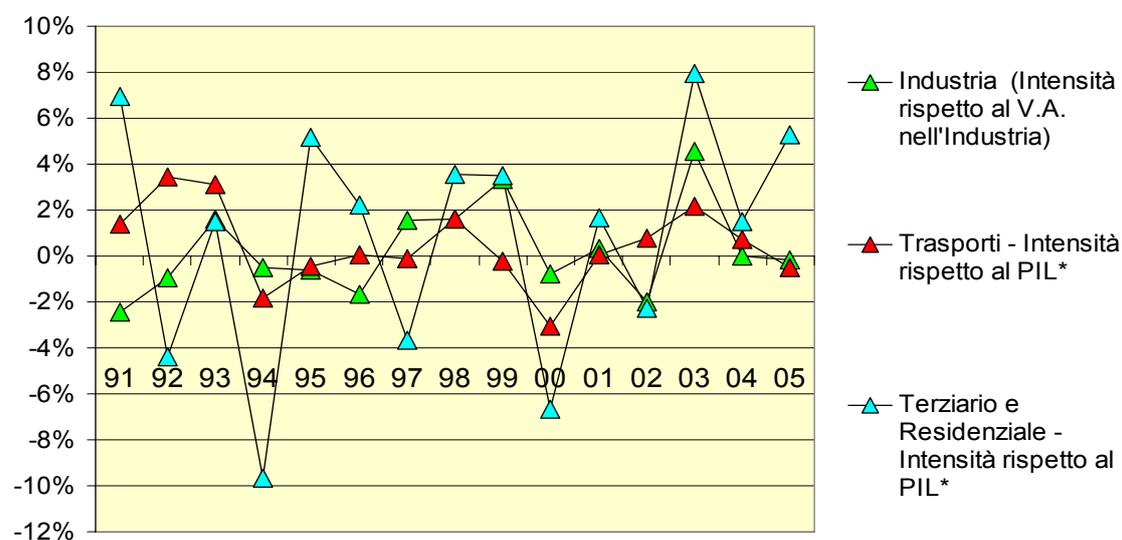
Fonte: Eurostat

Nella tabella 1 si vede infatti come la maggior parte dei Paesi del Nord Europa abbia diminuito i consumi nel 2005 rispetto all'anno precedente, nonostante un aumento dei rispettivi PIL; mentre Spagna e Portogallo hanno aumentato i rispettivi consumi, con variazioni superiori a quelle del PIL.

In Italia, dopo almeno due decenni (dal 1975 al 1995) in cui la crescita economica ha mostrato tassi di variazione molto superiori a quelli energetici, negli ultimi anni il trend sembra essersi invertito, con tassi di variazione del PIL minori (se non addirittura di segno negativo) rispetto a quelli dei consumi energetici. I consumi di energia, malgrado il forte rallentamento del PIL registrato nel 2005, sono complessivamente in ascesa e sembrano trainati soprattutto dalle variazioni registrate nei consumi energetici elettrici e di gas naturale del settore civile, sia terziario che residenziale.

L'analisi per settori mostra infatti, rispetto alla crescita delle intensità energetiche nel settore civile, nei quali influisce ovviamente la componente climatica, una tendenza al rallentamento della crescita nei settori dell'industria e dei trasporti (figura 18).

Figura 18 - Intensità energetiche settoriali in Italia (variazioni percentuali rispetto al 1990)



Fonte: elaborazione su dati MSE

Gli investimenti in Ricerca e Sviluppo

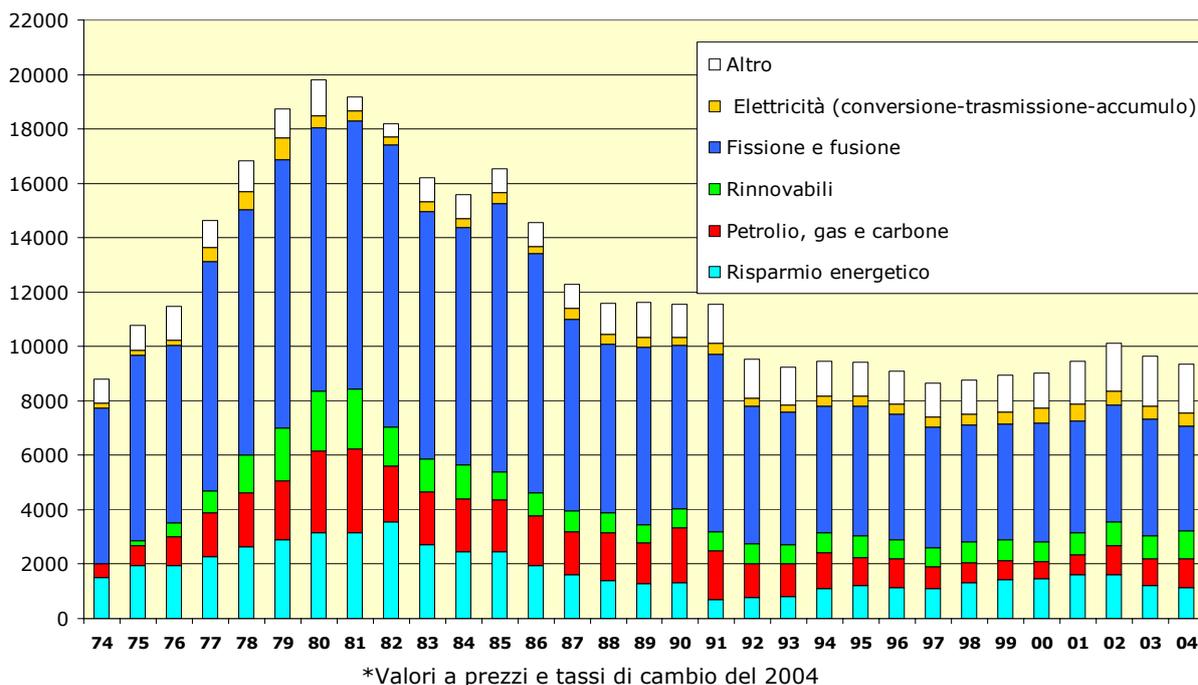
Per il settore energetico la ricerca ha un importante ruolo da giocare nella trasformazione verso un sistema maggiormente sostenibile. Ridurre la dipendenza dall'estero, diversificare il mix di fonti e vettori energetici, sviluppare tecnologie a bassa/nulla intensità carbonica e più efficienti sono gli obiettivi da conseguire per fare fronte alle sfide, sempre più pressanti, della sicurezza dell'approvvigionamento e dei cambiamenti climatici, rafforzando nel contempo la competitività delle industrie europee.

I sistemi di ricerca e innovazione della maggior parte degli Stati membri della UE a 15 hanno sofferto nel passato di una serie di criticità, tra le quali si evidenziano il basso livello degli investimenti pubblici e privati in R&S, la carenza di un quadro normativo e di misure di incentivazione certo e coerente in un orizzonte di medio termine, l'insufficiente livello di collaborazione tra enti di ricerca, università e aziende in attività coordinate spinte fino allo sviluppo di nuove tecnologie di immediato utilizzo per le imprese del settore e alla prototipazione di prodotti in grado di passare rapidamente in produzione.

Le nuove modalità di azione, quali le Piattaforme Tecnologiche e le Iniziative Tecnologiche Congiunte, dovrebbero garantire una significativa produzione di nuova conoscenza e il suo efficace trasferimento al sistema produttivo nello specifico campo di intervento, contribuendo in una prospettiva di lungo termine al rafforzamento della competitività di entità tale da garantire il mantenimento o la (ri)acquisizione di una posizione di leadership mondiale nel settore considerato.

La serie storica descritta in figura 19 evidenzia come le spese pubbliche di R&S in campo energetico sono più che raddoppiate dal 1974 (primo shock petrolifero) al 1980, per poi ridiscendere progressivamente verso livelli comparabili a quelli iniziali. Tale trend appare chiaramente legato sia alle vicende dei prezzi del petrolio che a quelle del settore nucleare (da fissione prima e poi anche da fusione), il quale assorbe una quota considerevole (oltre la metà) dei budget pubblici di ricerca in ambito energetico.

Figura 19 - Spese governative per R&S in campo energetico nell'insieme dei Paesi AIE (milioni di US\$)



*Valori a prezzi e tassi di cambio del 2004

Fonte: Banca dati AIE

Negli ultimi dieci anni il trend negativo delle spese governative in ricerca energetica dei 7 maggiori Paesi industriali, iniziato con l'esaurirsi delle crisi petrolifere, si è attenuato grazie soprattutto alla ripresa degli investimenti di Stati Uniti e Giappone (nel 2005 più del 70% del totale delle spese in ricerca dei 27 maggiori Paesi industriali rappresentati nell'AIE). Rilevante appare in particolare il crollo nei budget di ricerca pubblica verificatosi nella prima metà degli anni Novanta nelle quattro più importanti economie europee (Francia, Germania, Italia e Regno Unito).

Tra i fattori causali, che possono essere citati per spiegare questo fatto, rientrano le restrizioni di bilancio imposte dall'adeguamento agli accordi di Maastricht, l'inizio dei processi di privatizzazione dei servizi energetici e di liberalizzazione dei mercati dell'energia in Europa, il graduale abbassamento dei prezzi del petrolio a livello mondiale. Nello stesso periodo, le spese di ricerca finanziate dalla Commissione Europea, pur se relativamente stabili o in leggera crescita, non sono riuscite a compensare le tendenze negative evidenziate a livello nazionale. Resta comunque da sottolineare come il 2005, a fronte di prezzi energetici crescenti, evidenzia per l'UE a 15 un'inversione di tendenza alla marcata riduzione delle spese di R&S per l'energia registrata negli anni precedenti (2000-2004). A livello di singole voci, la composizione delle spese in ricerca energetica del G7 sottolinea il forte peso degli investimenti nel settore nucleare, per quanto in diminuzione in termini relativi. Questo risultato si deve principalmente al continuo impegno in questo settore dei governi giapponese e francese, che hanno mantenuto pressoché stabili i loro livelli di spesa di ricerca sul nucleare da fissione. Negli altri Paesi, ad eccezione del Canada, le spese di ricerca sulla fusione hanno ormai superato quelle per la fissione.

Le spese per le tecnologie per la ricerca, estrazione, trasformazione e trasporto di fonti d'energia fossile, dopo una prolungata fase di contrazione, hanno ripreso leggermente a crescere dal 2001 in poi. Quelle per il risparmio energetico sono cresciute dal 1997 al 2002, ma sono discese nuovamente. Invece quelle per le tecnologie "orizzontali" (Altre aree di ricerca) e quelle sulle rinnovabili sembrano in continua crescita dal 1997 in poi.

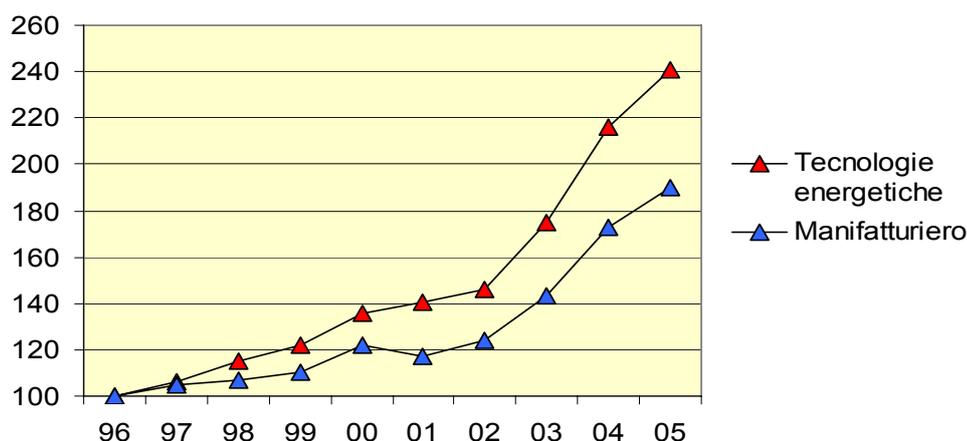
L'approfondimento dell'analisi per i Paesi dell'UE a 15 mostra una crescita delle spese per tecnologie di conversione, trasmissione ed accumulo d'elettricità e di quelle per altre tecnologie orizzontali, un modesto incremento delle spese per le rinnovabili, una leggera diminuzione delle spese per risparmio energetico ed una diminuzione più rapida per le tecnologie riguardanti i combustibili fossili.

Il posizionamento competitivo nei settori dell'energia

L'esame della struttura del "portafoglio" di R&S mostra, infine, che le tecnologie incluse nei programmi della UE sono le medesime di quelle di Stati Uniti e Giappone. Esistono tuttavia significative differenze, specialmente in termini di concentrazione delle risorse, perché i programmi di ricerca dell'UE tendono ad essere a spettro più ampio di quelli di Giappone e USA, dove è marcata la tendenza a concentrarsi su obiettivi ben precisi e chiaramente definiti. Questa circostanza prospetta rilevanti conseguenze: anche in aree, quale quella delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, dove la UE presenta una dotazione finanziaria maggiore rispetto a quella dei suoi concorrenti, la minore focalizzazione delle risorse rappresenta un limite alla possibilità di competere con soggetti che investono su un numero più limitato di tecnologie. Le evidenze relative allo sviluppo del commercio internazionale di componenti e sistemi per la produzione di energia (nel seguito "tecnologie energetiche") e il concomitante mutamento degli assetti geoeconomici ad esso sottostante, tendono a mettere in luce come la domanda per un uso alternativo dell'energia stia alimentando una nuova fase di strategie di sviluppo produttivo e tecnologico a livello mondiale (figura 20).

In questo scenario le posizioni produttive e competitive dei maggiori Paesi industrializzati risultano sostanzialmente coerenti con i tratti delle competenze tecnologiche storicamente acquisite, ma si distinguono anche in base a politiche di rilancio energetico e tecnologico intervenute caso per caso.

Figura 20 - Dinamica degli scambi mondiali di componenti e sistemi per la produzione di energia (1996=100)

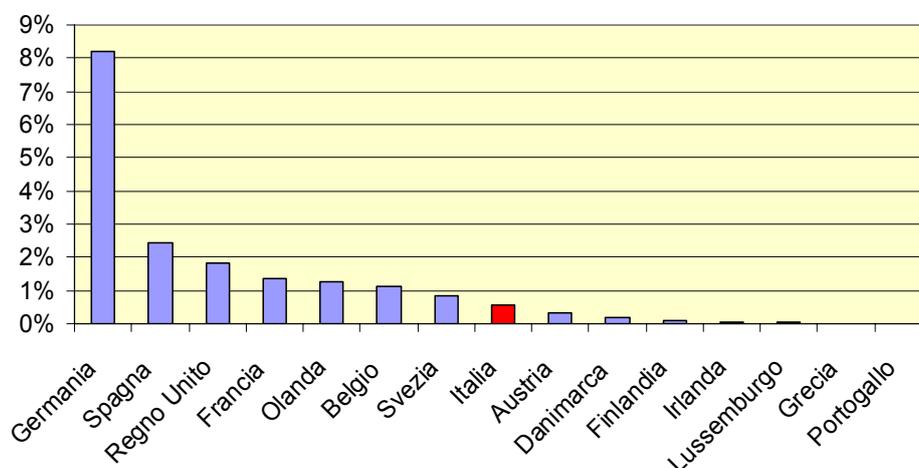


Fonte: elaborazione su dati ONU

Complessivamente rilevante continua ad essere la posizione di relativa forza tecnologica di Giappone e Stati Uniti e secondaria quella della UE-15. Colpisce in particolare il ruolo assunto dall'area dei Paesi asiatici e in maniera crescente dalla Cina nella produzione e nello scambio di tecnologie energetiche, con rilevanti evoluzioni per ciò che concerne quelle applicate all'uso di fonti rinnovabili. È importante tuttavia cogliere l'evoluzione che ha caratterizzato negli ultimi anni lo sviluppo tecnologico dei Paesi europei che si sono mobilitati con vasti programmi di incentivazione e di investimento nell'area delle fonti rinnovabili.

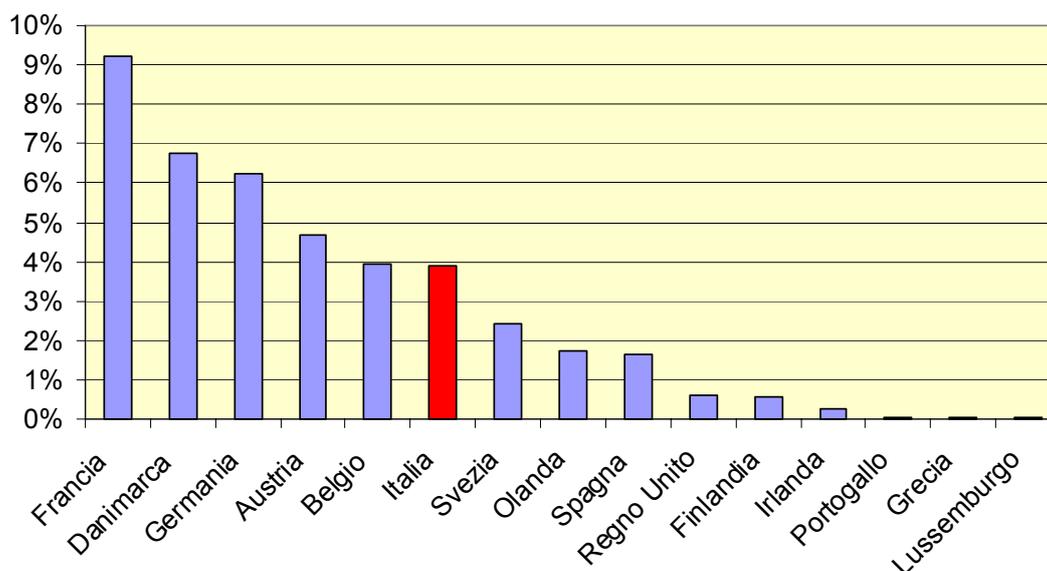
In particolare, le nuove dinamiche che si stanno delineando nelle tecnologie per l'uso di fonti rinnovabili sono fonte di diversificazione tecnologica per i maggiori Paesi, mentre per i più piccoli si stanno trasformando in un'importante base di progettazione tecnologica. L'UE, che complessivamente appare ancora despecializzata in quest'area, registra infatti al suo interno "picchi" di specializzazione non solo di grandi Paesi, come la Germania in posizione di leadership in tutte le tecnologie energetiche, ma, soprattutto, di piccoli Paesi quali la Danimarca e la Spagna che proprio in virtù della presenza all'interno di questo settore compiono un forte balzo competitivo in tutto il comparto delle tecnologie energetiche (figure 21, 22 e 23).

Figura 21 - Quote di mercato dei Paesi UE-15 sulle esportazioni mondiali di tecnologie solari fotovoltaiche. Anno 2004 (su valori in \$ correnti)



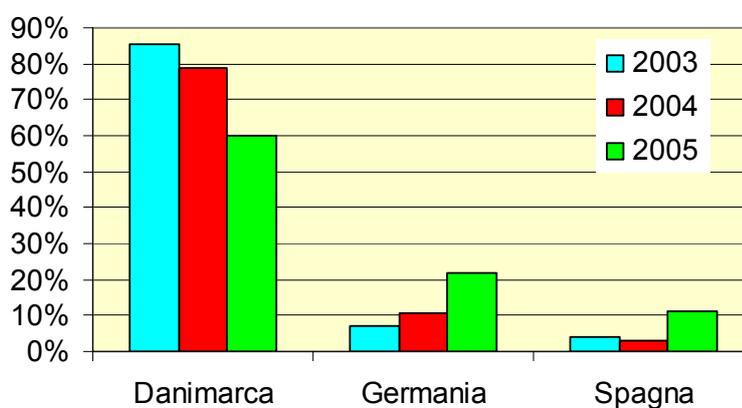
Fonte: elaborazione ENEA su dati ONU

Figura 22 - Quote di mercato dei Paesi UE-15 sulle esportazioni mondiali di tecnologie per la produzione di energia da biomasse. Anno 2004 (su valori in \$ correnti)



Fonte: elaborazione ENEA su dati ONU

Figura 23 - Quote sulle esportazioni mondiali nel settore eolico: la recente evoluzione in Europa (su valori in \$ correnti) (%)

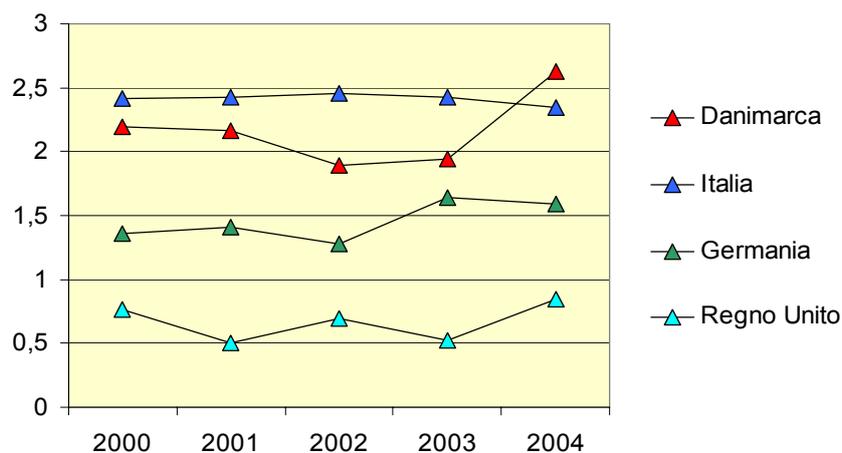


Fonte: elaborazione ENEA su dati ONU

Oltre ai Paesi che detengono un vero e proprio vantaggio competitivo, è importante inoltre osservare come vi siano altri casi emergenti, come quello del Belgio, che modificano significativamente la graduatoria delle relative quote di mercato sulle esportazioni mondiali.

La ripresa dell'interesse dell'UE-15 sui temi della ricerca energetica e dei programmi di sviluppo tecnologico che ne conseguono non sembra, fino al 2004 (ultimi dati disponibili), aver coinvolto in misura significativa l'Italia. L'esame dei dati sulle spese governative per attività di ricerca nel settore dell'energia conferma, infatti, la debolezza strutturale, in termini di concentrazione e di livello di finanziamento, della situazione nazionale.

Figura 24 - Andamento delle quote della spesa pubblica in ricerca in campo energetico in rapporto al totale della spesa pubblica in R&S (scala logaritmica)



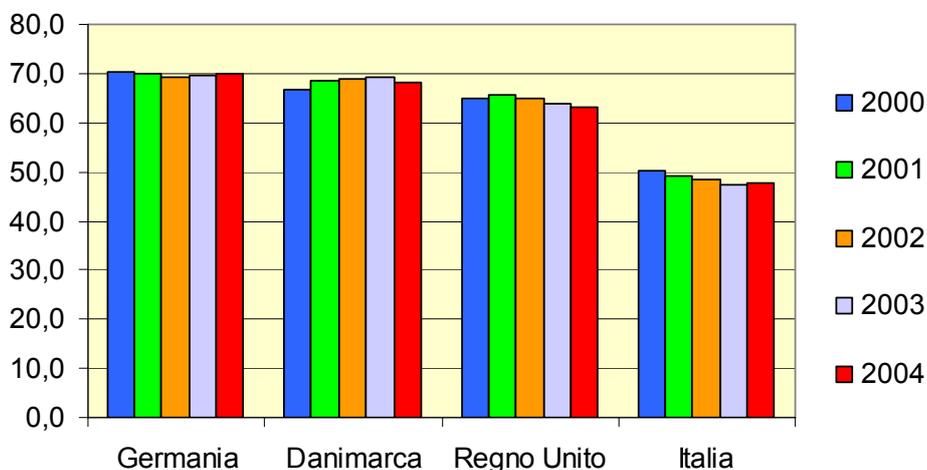
Fonte: elaborazione su dati ONU

La riduzione della spesa pubblica in ricerca e sviluppo nel settore dell'energia in Italia nell'ultimo decennio ha inoltre danneggiato una situazione già compromessa che si è tradotta, soprattutto a partire dal nuovo decennio, in un decremento del rapporto tra tale spesa e il totale della spesa pubblica in ricerca e sviluppo, in controtendenza con quanto si registra per diversi Paesi dell'UE-15 (figura 24).

È possibile comunque osservare come il declino della quota di spesa pubblica in ricerca energetica sul totale della spesa pubblica in R&S dell'Italia si commisuri a un sistema di ricerca privata ulteriormente indebolito e a un dato relativo al complesso delle spese in ricerca sul PIL in discesa e ancora tra i più bassi dell'UE-15, e quindi ancora ben lungi dal soddisfare gli obiettivi più generali di competitività dell'Europa fissati a Lisbona.

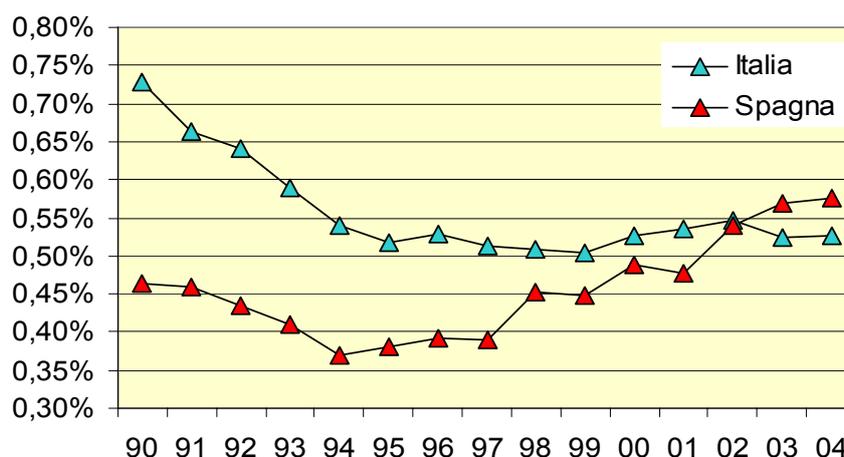
Riguardo all'entità della R&S delle imprese (figura 25), che riflette tra l'altro la specializzazione produttiva dei singoli Paesi nei settori tecnologicamente avanzati, deve essere inoltre rilevato come per l'Italia l'arretramento in rapporto al PIL si sia particolarmente accentuato dopo il 2001, mostrando valori superati in crescendo dalla Spagna (figura 26).

Figura 25 - Quota percentuale della ricerca privata sul totale delle spese in R&S



Fonte: elaborazione ENEA su dati OCSE

Figura 26 - Andamento della quota di ricerca delle imprese in rapporto al PIL:
il sorpasso della Spagna rispetto all'Italia



Fonte: elaborazione su dati ONU

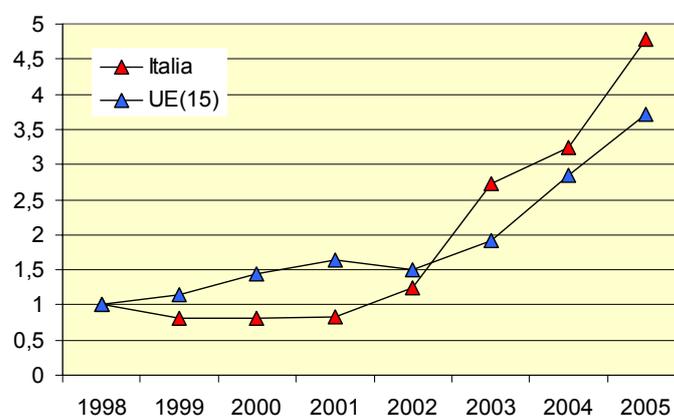
L'Italia appare anche inserirsi con molta più difficoltà nel rinnovato scenario della competizione tecnologica che negli ultimi anni ha caratterizzato il rilancio dell'Unione.

La già scarsa presenza dell'Italia nelle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili non trova adeguate compensazioni nelle tecnologie più tradizionali nell'area della termoelettromeccanica, che non sembrano attualmente in grado di superare i limiti di una specializzazione debole e alla quale si vanno contrapponendo le posizioni delle aree del sud est asiatico e a livello europeo.

Negli ultimi tre anni l'andamento delle quote delle esportazioni mondiali dell'Italia nella termoelettromeccanica rispetto alla media dei Paesi UE-15 manifesta peraltro una accentuata divergenza, delineando una preoccupante perdita competitiva che non ha tardato a riflettersi sugli esiti, recentemente diffusi, dell'attività produttiva.

Nell'ambito delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili si manifesta una retrocessione del Paese nella graduatoria competitiva europea con un passaggio dal settimo al nono posto. Tale debolezza si manifesta nell'ambito delle diverse tecnologie del comparto rinnovabili e in controtendenza rispetto agli andamenti delle quote di mercato nell'export dell'UE-15. Al fenomeno è associato anche un aumento delle importazioni superiore a quello medio registrato dall'UE-15, che genera un deficit commerciale del comparto fonti rinnovabili (figura 27).

Figura 27 - Dinamica delle importazioni di componenti e sistemi per la produzione di energia da fonti rinnovabili dell'Italia nel confronto europeo



Fonte: elaborazione su dati ONU

In assenza di una dinamica competitiva come quella che si va diffondendo in diversi Paesi europei, l'Italia sembra dunque iniziare a manifestare in questo campo una specifica forma di dipendenza tecnologica, non in contraddizione con quanto già verificatosi nell'ambito dei processi di ammodernamento tecnologico attuati in precedenza.

Il senso di tale dipendenza tecnologica deve essere naturalmente ricondotto al rinnovato scenario di profonda trasformazione del settore energetico a livello "globale" nel quale è stato impresso un forte indirizzo verso un più esteso ricorso a fonti rinnovabili di energia che sollecita innovazioni tecnologiche.

Dipendenza energetica e dipendenza tecnologica rappresentano in definitiva due facce di uno stesso vincolo allo sviluppo del Paese. In particolare se la capacità di incidere sulla dipendenza energetica risiede sempre più nell'elaborare opportune soluzioni tecnologiche, per il Paese esiste il rischio di sviluppare una dipendenza tecnologica secondaria a quella energetica, a meno che le politiche orientate alla ricerca e allo sviluppo tecnologico non assumano un ruolo centrale nell'azione della politica industriale.

SCENARI GLOBALI E ACCELERAZIONE TECNOLOGICA

L'Agencia Internazionale dell'Energia¹⁶ indica come priorità da perseguire nella sfida per il contenimento delle emissioni una accelerazione dei processi di trasferimento sul mercato delle tecnologie per la riduzione dei consumi e la decarbonizzazione dei processi di produzione e di uso finale dell'energia.

I possibili percorsi di evoluzione del quadro energetico internazionale al 2030 vengono infatti descritti attraverso uno scenario a legislazione vigente (di riferimento) e uno scenario che contempla un insieme definito di politiche e misure in campo energetico e ambientale (scenario alternativo).

Il Rapporto conferma che, in assenza di nuove politiche, premessa di base dello scenario di riferimento, la domanda di combustibili fossili, i loro flussi di scambio e le emissioni di gas-serra confermerebbero l'attuale tendenza alla crescita fino al 2030.

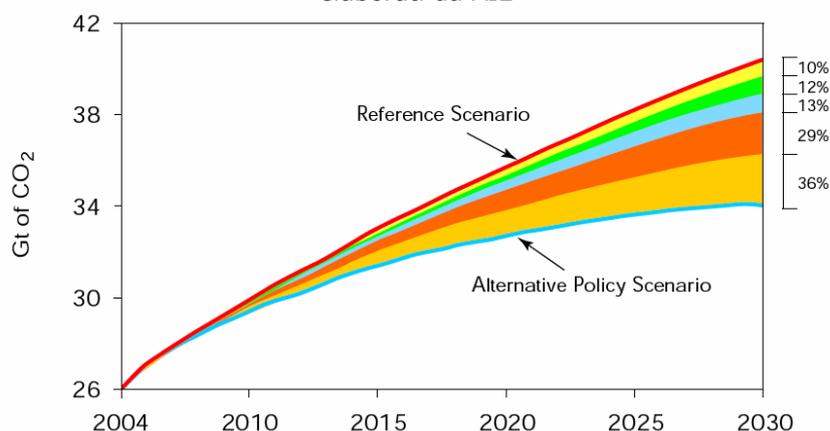
Lo scenario alternativo analizza l'evoluzione del mercato energetico a livello globale in relazione all'impatto di un insieme di politiche, attualmente all'esame di molti governi, finalizzate all'aumento della sicurezza energetica e alla riduzione delle emissioni. Con l'attuazione di queste politiche la domanda di energia e le emissioni di CO₂ registrerebbero una crescita significativamente più lenta (figura 28).

Lo scenario alternativo presenta un livello di emissioni inferiore a quello previsto dallo scenario di riferimento al 2030 di circa il 16% pari a 6,3 Gt CO₂ – una quantità equivalente all'attuale livello di emissioni in Canada e negli Stati Uniti.

Un ritardo di dieci anni nell'attuazione delle politiche determinerebbe una riduzione delle emissioni rispetto allo scenario di riferimento di solo il 2%. Il livello delle emissioni è inferiore a quello previsto dallo scenario di riferimento in tutte le aree: in particolare le emissioni per i Paesi OCSE raggiungono un picco nel 2015 e poi declinano. In Giappone e nell'Unione Europea le emissioni al 2030 saranno al di sotto dei livelli correnti.

¹⁶ World Energy Outlook 2006

Figura 28 - Emissioni di CO₂ nello scenario di riferimento e in quello alternativo elaborati da AIE



Fonte: World Energy Outlook 2006

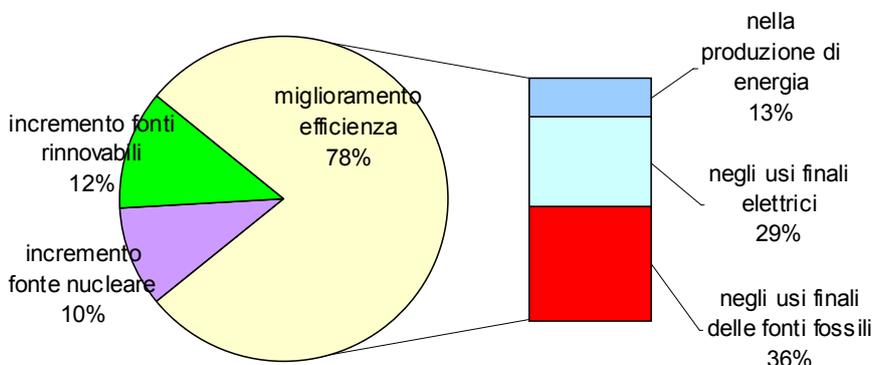
Il ruolo dell'efficienza energetica

Secondo le valutazioni dell'AIE il miglioramento dell'efficienza negli usi finali di energia (autoveicoli, impianti di condizionamento, illuminazione, motori industriali) determinerebbe poco meno di due terzi della riduzione di emissioni rispetto allo scenario di riferimento. Gli incrementi di efficienza nella generazione termoelettrica e un incremento della produzione nucleare e da fonti rinnovabili contribuirebbero per circa il 35% (figura 29).

Le politiche e misure previste nello scenario alternativo determinerebbero una riduzione delle emissioni di circa il 40%; tali misure porterebbero anche a maggiori riduzioni delle importazioni di petrolio per oltre 2 milioni di barili al giorno, di cui oltre 1,5 derivanti dall'incremento degli standard di efficienza negli Stati Uniti. La quota più rilevante di riduzione prevista sarebbe conseguenza del miglioramento dell'efficienza energetica, sia nella produzione che negli usi finali.

I costi più elevati sostenuti dai consumatori per l'acquisto di prodotti a maggiore efficienza energetica (circa 2400 miliardi di \$ in più rispetto allo scenario di riferimento) sono più che compensati dai risparmi sul costo dei combustibili e dai minori investimenti dei produttori di energia (circa 3000 miliardi di \$ in meno rispetto allo scenario di riferimento).

Figura 29 - Emissioni di CO₂ evitate per tipologia di intervento secondo lo scenario alternativo AIE (valori percentuali)



Fonte: elaborazione su dati AIE - World Energy Outlook 2006

Si valuta in particolare che, per ogni dollaro investito in apparecchiature elettriche più efficienti, si risparmierebbero 2,2 dollari di investimento in impianti di produzione e trasmissione mentre, per ogni dollaro investito nell'acquisto di autoveicoli più efficienti sarebbe possibile risparmiare 2,4 dollari in importazioni di petrolio.

Per gli investimenti supplementari che interessano il contenimento della domanda, lo scenario mostra tempi di ritorno piuttosto brevi (da uno a otto anni), in particolare modo nei Paesi non-OCSE e per gli interventi effettuati prima del 2015.

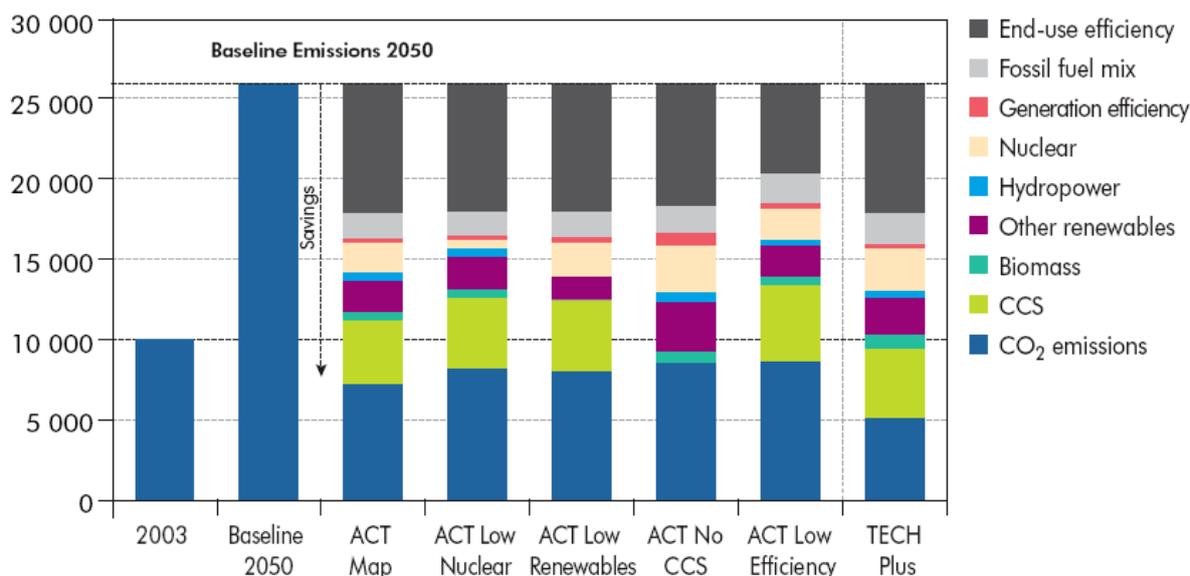
Gli aspetti redistributivi delle politiche dello scenario alternativo devono tuttavia essere presi ben in considerazione dai decisori politici per agevolare le scelte razionali dei consumatori finali di energia sui quali, in ultima analisi, grava l'onere delle azioni di riduzione.

Lo sviluppo di scenari alternativi basati su un forte sviluppo delle tecnologie è un argomento sviluppato in un precedente rapporto¹⁷ realizzato dall'AIE come alternativa allo scenario tendenziale sviluppato dalla stessa AIE¹⁸ che prevedeva al 2050 emissioni globali di CO₂ di due volte e mezzo superiori a quelle del 2005.

In questo rapporto vengono elaborati scenari che mostrano come le emissioni di CO₂ connesse all'uso dell'energia possano essere ricondotte entro il 2050 ai livelli attuali ricorrendo a tecnologie esistenti o in fase di sviluppo. L'effetto delle tecnologie consentirebbe infatti, entro il 2050, una riduzione di un terzo della domanda di energia elettrica rispetto allo scenario tendenziale con un risparmio di combustibili equivalente a oltre la metà dei consumi mondiali odierni di petrolio, compensando in questo modo oltre il 50% della domanda di combustibili fossili prevista a quella data nello scenario tendenziale (figura 30).

Tali scenari presentano una serie di possibili risultati basati sull'impiego accelerato¹⁹ di alcune tecnologie già disponibili sul mercato o in fase avanzata di sviluppo impiegate prevalentemente nei settori dell'efficienza energetica, delle fonti rinnovabili, del sequestro e confinamento della CO₂ e del nucleare.

Figura 30 - Emissioni di CO₂ evitate nella generazione elettrica per scenario e per fonte rispetto allo scenario tendenziale al 2050 (milioni di t)



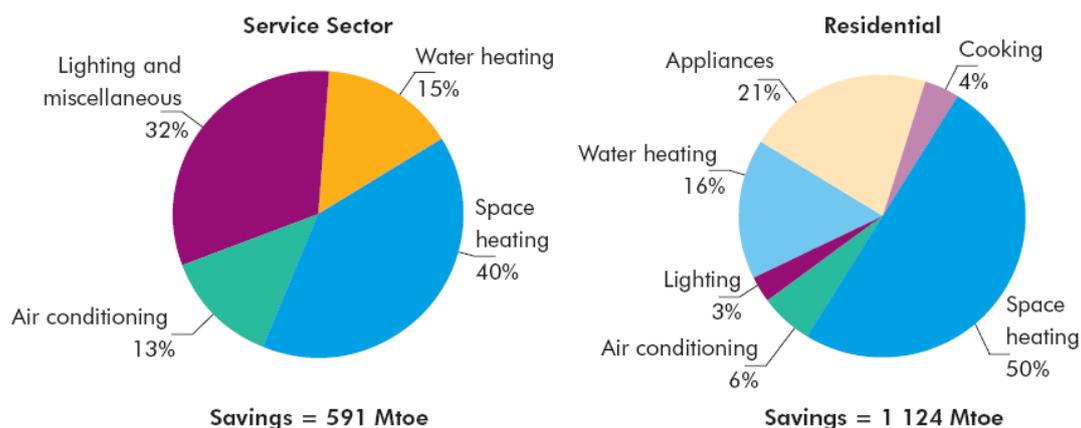
Fonte: Energy Technology Perspectives – Scenarios & strategies to 2050, International Energy Agency 2006

¹⁷ Energy Technology Perspectives – Scenarios & strategies to 2050, International Energy Agency 2006

¹⁸ World Energy Outlook 2005

¹⁹ Per questo motivo tali scenari sono definiti dall'AIE di "tecnologie accelerate" (ATC)

Figura 31 - Risparmio di energia primaria negli edifici (settore residenziale e terziario) per tipologia di uso finale (milioni di tep)



Fonte: Energy Technology Perspectives – Scenarios & strategies to 2050, International Energy Agency 2006

Come si vede in figura 30, la quota di CO₂ evitata attraverso l'impiego delle tecnologie è molto elevata in tutti gli scenari presi in considerazione e l'incremento dell'efficienza negli usi finali rappresenta la quota più importante di riduzione, seguono le rinnovabili e, negli scenari in cui è prevista, la cattura e il confinamento della CO₂ (CCS).

Particolarmente significativa è la quota di risparmio energetico, e quindi delle emissioni di CO₂ evitate, attraverso interventi di incremento dell'efficienza energetica degli edifici, sia nel settore residenziale che in quello terziario (figura 31).

PROSPETTIVE DI EVOLUZIONE DEL SISTEMA ENERGETICO ITALIANO

La domanda energetica in forte crescita non potrà essere soddisfatta, a livello globale, dalle tecnologie tradizionali, senza aumentare fortemente la pressione sull'ambiente, sulla salute dell'uomo e sulla sicurezza dell'approvvigionamento. Sarà invece necessario che acquistino un ruolo dominante tecnologie in grado di soddisfare la domanda riducendo al minimo tali pressioni. L'efficienza energetica e l'aumento delle quote delle rinnovabili realizzate con le tecnologie disponibili nel prossimo futuro, acquisiranno sempre più un ruolo determinante per rispondere alla sfida.

Ciò vale ancor più se si concentra l'attenzione sul sistema energetico nazionale, che si caratterizza per diverse peculiarità che hanno un impatto negativo sul sistema-paese. Per avere un quadro complessivo delle conseguenze quantitative di interventi sul sistema energetico a favore di una maggiore efficienza energetica e di un peso maggiore delle fonti rinnovabili, è stato elaborato un esercizio previsivo, in cui si confrontano un andamento tendenziale, con quello che si verificherebbe a seguito di alcuni interventi. Alcuni di essi sono quelli previsti dal "pacchetto Energia" del Ministero dello Sviluppo Economico, che rappresenta un passo significativo in questa direzione.

Ruolo delle Regioni e degli Enti locali

Gli impegni internazionali derivanti dalla ratifica del Protocollo di Kyoto rappresenteranno, nello specifico della situazione italiana (tabella 2), da un lato una prova dell'attuale divisione delle competenze tra Stato e Regioni e, dall'altro, indurranno ad un processo di responsabilizzazione dei livelli di sussidiarietà più bassi dell'amministrazione pubblica: Regioni e Comuni.

Tabella 2 - Emissioni di gas climalteranti in Italia: dati storici, scenario di riferimento al 2010 e obiettivo di Kyoto (Mt CO₂ eq.)

Emissioni 1990	519,5
Emissioni 2000	554,6
Emissioni 2004	580,7
Scenario Riferimento 2010	587,3
Obiettivo Kyoto	485,7
Distanza Obiettivo (Emissioni 2004 – Obiettivo)	95,0

Fonte: MSE MATT PNA2 18 dicembre 2006

Al trasferimento di competenze alle Regioni in materia di energia, effetto delle riforme "Bassanini" e del Titolo V della Costituzione, dovrà necessariamente corrispondere, con modalità che verranno definite dall'azione politica, un pari trasferimento di responsabilità in materia di emissioni climalteranti. In sostanza la maggiore efficacia da parte dei livelli dell'amministrazione decentrata nell'attuare politiche di abbattimento delle emissioni di gas serra, particolarmente evidenti nei settori dell'efficienza energetica, dei trasporti locali e nella generazione distribuita, dovrà essere attivata a seguito di un processo di ridefinizione delle reciproche competenze tra Stato e Regione.

In questi anni abbiamo assistito al trasferimento di competenze in materia d'energia alle Regioni senza la necessaria dotazione da parte dell'amministrazione centrale di strumenti di regolazione e sintesi delle politiche nazionali. Non si è assistito, cioè, ad una efficace elaborazione di linee guida a livello centrale per permettere alle amministrazioni decentrate di dotarsi di strumenti adeguati e metodologie di regolazione compatibili a livello nazionale. D'altra parte lo Stato non ha messo in atto strumenti di contabilità delle emissioni a livello regionale, elemento base per permettere la delega a livelli più bassi di sussidiarietà, e non si dispone quindi di strumenti di monitoraggio delle politiche messe in atto a livello centrale. Solo di recente, con il disegno di legge 691/2006²⁰, è stata proposta l'introduzione di obiettivi regionali di promozione delle fonti rinnovabili e contenimento dei gas serra.

Tale passo dovrà essere il culmine di un processo durante il quale lo Stato avrà trasferito maggiori competenze ma, al pari, maggiori strumenti alle Regioni perché possano conseguire i risultati derivanti dalla consegna di maggiori responsabilità. Da questo punto di vista il processo di "federalismo fiscale" non potrà prescindere da una chiara definizione delle competenze tra Stato e Regioni in materia di fiscalità energetica quale strumento di politica ambientale. Al contrario un trasferimento di obiettivi alle Regioni, senza una pari dotazione di strumenti per raggiungerli, rischia di tradursi in un inefficace scarico di responsabilità a pochi mesi dalla entrata nel primo periodo di *compliance* del Protocollo di Kyoto (2008-2012) e della verifica dei target indicativi di sviluppo delle fonti rinnovabili contenuti nella direttiva europea 77/2001.

Il mancato trasferimento di strumenti di intervento alle Regioni lascerebbe importanti settori responsabili delle emissioni di gas serra, quali i trasporti e i consumi civili, deregolamentati o assai poco regolati a livello statale, senza efficacia a livello locale e con conseguenze negative sui settori industriali.

Allo stesso tempo una maggiore responsabilizzazione delle Regioni potrebbe rendere più efficiente la macchina amministrativa di autorizzazione di infrastrutture energetiche che contribuiscono agli obiettivi ambientali quali le fonti rinnovabili e la generazione distribuita, che oggi soffrono di incertezze amministrative.

²⁰ DdL 691/2006: "Delega al Governo per completare la liberalizzazione dei settori dell'energia elettrica e del gas naturale e per il rilancio del risparmio energetico e delle fonti rinnovabili, in attuazione delle direttive comunitarie 2003/54/CE, 2003/55/CE e 2004/67/CE"

Tecnologie per rispondere alla sfida del clima

Poiché l'analisi delle possibili evoluzioni del sistema energetico italiano preso nel suo insieme è incentrata sulle componenti essenziali di tale sistema, cioè sulle tecnologie energetiche, è prioritaria una valutazione delle tecnologie che presentano aspetti innovativi tali che il loro maggiore o minore sviluppo può avere un impatto significativo nel determinare le caratteristiche fondamentali del futuro sistema energetico nazionale.

Sembra utile individuare tre *cluster* principali: i primi due relativi alle tecnologie già da oggi disponibili, finalizzate a incrementare da un lato l'efficienza energetica nella produzione, nella trasformazione e nell'uso finale dell'energia, dall'altro il ricorso a fonti rinnovabili di energia (eolico, solare fotovoltaico, il solare termico e a concentrazione, l'uso energetico della biomassa); mentre un terzo gruppo riguarda tecnologie prossime all'introduzione sul mercato, che si prevede potranno consentire in tempi più lunghi, comunque non prima del 2020, un uso ambientalmente sostenibile di combustibili fossili anche attraverso la cattura e il confinamento della CO₂. Accanto alle tecnologie suddette vanno infine considerate altre soluzioni innovative che si prospettano nell'ambito della comunità scientifica internazionale ma che hanno tempi di maturazione che non possono essere compresi nell'arco temporale del 2030, preso in considerazione nelle analisi di scenario qui presentate. Si tratta di tecnologie, ancora oggetto di ricerca scientifica e tecnologica, che riguardano sistemi innovativi per l'uso economico di fonti di energia rinnovabile (rinnovabili di nuova generazione), per lo sviluppo di nuovi vettori energetici puliti, per un uso sicuro ed economico della fonte nucleare. Queste tecnologie rappresentano una scommessa che si gioca oggi sul piano della ricerca e della sperimentazione per un futuro energetico "carbon-free".

Efficienza energetica nei settori di uso finale

Il settore delle attività produttive di beni e servizi nello scorso decennio ha visto forti riduzioni delle attività delle grandi imprese, specie di quelle *energy intensive*. Nelle imprese manifatturiere si è avuta, nel recente passato, una forte riduzione dei consumi di calore grazie a processi efficienti ed al recupero di calore dagli affluenti liquidi e gassosi, recuperi necessari prima del trattamento di depurazione.

È aumentata invece la domanda di energia elettrica, in particolare per un maggiore ricorso all'automazione dei processi, e questo ha fatto crescere il rapporto elettricità/calore rendendo vantaggiosa la sostituzione dei vecchi impianti di cogenerazione con impianti di nuova generazione. Una maggiore efficienza potrà essere conseguita nel settore dei servizi (energetici e tecnologici) per le imprese attraverso lo sviluppo del ruolo delle Energy Service Company (ESCO).

La crescita dei consumi energetici nel terziario è l'effetto dell'espansione del settore e degli standard più elevati di confort ambientale. Le potenzialità e le opportunità di innovazione tecnologica nel settore sono cresciute negli ultimi anni con la crescita delle dimensioni degli insediamenti che rende tecnicamente interessanti soluzioni come la micro-cogenerazione mentre lo sviluppo della domotica ha prodotto un abbassamento dei costi per un controllo capillare della gestione dell'energia degli edifici del terziario. Elevato il margine di riduzione dei consumi conseguibile attraverso tecnologie di *ecobuilding*, l'utilizzo di calore di recupero, il ricorso al solare fotovoltaico. L'elevata potenzialità deriva inoltre dalla capacità finanziaria di questo settore, in particolare in ambito Pubblica Amministrazione e grandi strutture private.

I consumi energetici nel settore residenziale sono fortemente legati alle condizioni demografiche; in questo caso si assiste all'aumento del numero delle famiglie e quindi degli appartamenti nonché della loro superficie media. Cresce il numero degli alloggi dotati di riscaldamento e crescono i consumi all'interno delle abitazioni anche a causa del ricorso al condizionamento estivo. Il basso livello tecnologico del settore da cui si è partiti in Italia negli anni 60 ha fatto sì che dal 1975 al 2000 il consumo medio per metro quadro di superficie riscaldata sia comunque diminuito del 27%.

Il potenziale di penetrazione delle tecnologie è molto elevato e riguarda essenzialmente le ristrutturazioni. Le molte tecnologie utilizzabili riguardano sia l'impianto (con il ricorso al solare termico e fotovoltaico, alla biomassa e a dispositivi ad alta efficienza), che l'involucro edilizio (super-isolamenti di pareti opache e trasparenti, ricambio d'aria meccanico con recupero, tecnologie dell'edilizia bioclimatica).

Il campo dei mezzi di trasporto vede rilevanti innovazioni sul piano dei consumi e delle emissioni dei singoli veicoli, che si trasferiscono solo in parte nei consumi complessivi sia perché le norme di sicurezza hanno appesantito i mezzi, sia perché c'è la tendenza ad acquistare veicoli sempre più potenti e più grandi. L'aumento del numero dei veicoli e il peggioramento delle condizioni di traffico per ora compensano quanto guadagnato in termini di efficienza. In attesa di rendere disponibile un sistema basato su un nuovo vettore come l'idrogeno, faticano infatti ad affermarsi soluzioni come l'auto elettrica o ibrida che si basano su tecnologie già disponibili e in grado di determinare effetti positivi sia in termini di efficienza complessiva che di impatto ambientale. Interessanti sembrano inoltre le prospettive di penetrazione dei biocarburanti, sul cui sviluppo sarà determinante il quadro legislativo e normativo.

Fonti rinnovabili di energia

Solare termico a concentrazione

Il solare termico a concentrazione con collettore parabolico lineare è ad oggi la tecnologia più promettente per la generazione di potenza da fonte solare e può essere integrata nelle moderne centrali termoelettriche, anche a ciclo combinato, per fornire una portata aggiuntiva alle turbine a vapore ed incrementare la potenza complessiva dell'impianto.

In aree ad elevato irraggiamento solare le tecnologie del solare a concentrazione potrebbero consentire mediamente l'immissione nella rete elettrica di un'energia intorno ai 300 GWh/anno per ogni chilometro quadrato di superficie captante; equivalente alla produzione annua di un impianto termoelettrico tradizionale da 50 MWe funzionante per circa 6.000 h/anno. Il principale ostacolo allo sviluppo e alla diffusione di questa tecnologia è legato all'elevato costo d'investimento unitario degli impianti, da 2,5 a 4 volte superiore a quello degli impianti a combustibili fossili, che non è bilanciato dal costo nullo della fonte di energia solare, e quindi con un costo totale del chilowattora prodotto circa il doppio rispetto a quello di un impianto tradizionale a combustibile fossile. L'obiettivo attuale della ricerca, a seconda delle diverse soluzioni tecnologiche e applicazioni, è quello di ridurre quanto più possibile il costo di investimento, che per una fonte rinnovabile è il principale, ottenendo così costi totali del chilowattora prodotto comparabili con le più moderne tecnologie a basso inquinamento per i combustibili fossili e con il nucleare di nuova generazione.

La tecnologia del solare termico a concentrazione, definita anche solare termodinamica per evidenziare la sua caratteristica di fonte sostitutiva dei combustibili fossili, risulta molto interessante in futuro nelle applicazioni con accumulo termico, che potrebbe garantire la necessaria flessibilità nella generazione di energia rispetto alla variabilità del carico elettrico giornaliero e alla sempre più diffusa generazione di potenza da fonti rinnovabili molto variabili (solare fotovoltaico, vento). Infatti il costo del chilowattora prodotto con queste caratteristiche di flessibilità risulta assolutamente favorevole nel caso del solare termodinamico: le fonti da combustibili fossili e da nucleare non sono adeguati concorrenti, essendo più adatti alla produzione del carico di base, mentre la fonte idroelettrica non ha possibilità di grande espansione, specialmente in alcuni paesi tra cui l'Italia con tendenza alla comparsa di problemi di siccità. La tecnologia sviluppata dall'ENEA è considerata a livello internazionale la risposta adeguata a tali problematiche in quanto si avvale di un concentratore parabolico lineare a basso costo e di un ricevitore di nuova concezione nonché di un sistema di accumulo termico (a sali fusi) per ovviare alla variabilità della fonte solare.

Tabella 3 - Costo della generazione elettrica da solare a concentrazione (CST) e da fonti fossili (\$cent/kWh)

	Investimento (\$/kW installato)	Costo per tipologia di impianto (\$cent/kWh)		
		carico base (a)	carico intermedio (b)	inseguimento di carico (c)
CST (tecnologia a breve termine)	4000	8,0	8,0	10,4
CST (tecnologia futura)	3220	6,2	6,2	8,6
impianto a carbone con trattamento fumi	1200	4,5	8,0	13,5
carbone pulito	1550	5,6	10	non applicabile
carbone pulito (con sequestro di CO ₂)	2000	10 - 11	14 - 15	non applicabile
nucleare	2200	6,0	10 - 11	non applicabile

(a) - generazione continua per carico base

(b) - generazione continua con spegnimento a bassi carichi

(c) - generazione flessibile adeguata al carico (con accumulo termico)

Fonte: Clean fuel Institute - City College of New York

Eolico

A decorrere dagli anni settanta, le dimensioni degli aerogeneratori e la loro potenza e affidabilità hanno avuto una crescita continua, mentre la loro diffusione è aumentata con un andamento pressoché esponenziale: l'Europa, soprattutto in virtù del contributo di Danimarca, Germania e Spagna, è in posizione dominante, sia in termini di mercato che di sviluppo tecnologico. Infatti, la potenza eolica connessa alla rete elettrica nel mondo ha già superato i 75.000 MW, corrispondente a un investimento di oltre 70 miliardi di euro e a una produzione di oltre 150 TWh, con una presenza europea intorno al 70%.

In particolare, la quota di energia elettrica di provenienza eolica ha raggiunto il 20% in Danimarca, mentre valori che già superano il 6% sono registrati in Spagna e in Germania. Il conseguimento di questi risultati è ascrivibile all'elevata affidabilità degli aerogeneratori e ai bassi costi di generazione elettrica che si sono ridotti di un ordine di grandezza in venticinque anni e si avvicinano sempre più alla competitività con quello delle fonti tradizionali.

Allo stato attuale i principali risultati dell'evoluzione dell'eolico on-shore sono riconducibili ad un forte abbattimento dei costi e alla simultanea crescita della potenza unitaria dei dispositivi di conversione dell'energia eolica in energia elettrica: la taglia di potenza unitaria degli aerogeneratori medi e grandi per applicazioni on-shore è compresa fra 100 e 1000 kW (turbine di media taglia) e superiore a 1000 kW (grande taglia).

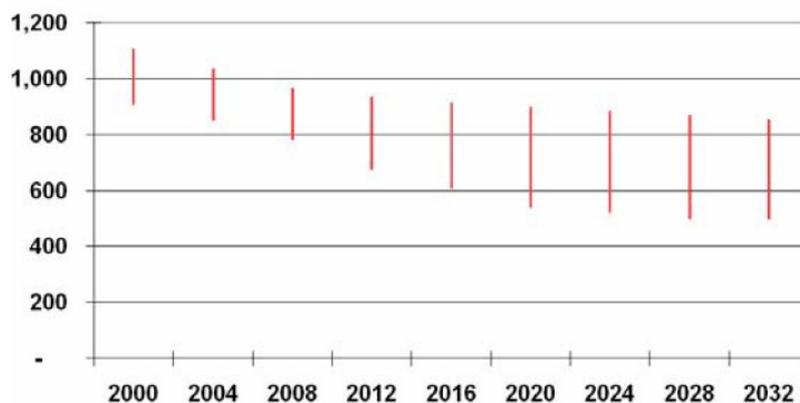
In Italia, la capacità produttiva annua è limitata a 500-600 macchine di media taglia (850 kW) e vi sono alcune società affermate, anche a livello internazionale, che forniscono prestazioni e prodotti (torri, mozzi, riduttori, trasformatori, macchinari, cavi) ai costruttori più importanti.

L'attuale tecnologia off-shore limita le installazioni su fondali non superiori ai 40 m; le realizzazioni odierne sono costituite generalmente da un insieme di decine di macchine di grande taglia, con potenza del singolo aerogeneratore non inferiore a 2 MW.

Il mercato attuale di questa applicazione, a differenza di quello delle centrali on-shore, è ancora di nicchia (potenza globale installata: circa 800 MW) in ragione dei costi mediamente superiori del 50% di quelli tipici in ambiente terrestre. Il prezzo medio dei moderni impianti eolici on-shore di grande dimensione è di circa 1000 \$/kW, mentre le installazioni off-shore sono più costose (tra il 35 e il 100% in più)²¹.

²¹ Energy Technology Perspectives 2030, AIE 2006

Figura 32 - Costo attuale della generazione elettrica con eolico on-shore e proiezioni al 2032 (€/kW installato)



Fonte: AIE (2006)

A livello globale, i costi di generazione nei migliori siti on-shore sono scesi fino a 0,03 \$/kWh. Considerando le differenze tra i siti, i costi di capitale e le diverse velocità del vento, il costo di generazione varia inevitabilmente in modo molto consistente nei differenti Paesi e aree, fino ad arrivare a 0,20 \$/kWh.

Questa tecnologia, pur essendo prevedibili ulteriori riduzioni dei costi, è comunque già prossima alla competitività e lo stesso meccanismo di Emission Trading sarà probabilmente sufficiente a renderla pienamente competitiva, anche senza limitare l'attenzione ai siti "migliori".

Una significativa barriera allo sviluppo di questa tecnologia è costituita dalla necessità di interventi sulle infrastrutture per il trasporto di elettricità che rendano il sistema in grado di assorbire sia i picchi di produzione che una brusca mancanza di produzione. Un altro tipo di barriera riguarda le problematiche di accettabilità sociale degli impianti, diverse da caso a caso, che devono trovare una soluzione a livello locale.

Le installazioni off-shore possono eliminare alcune cause che limitano la diffusione dell'eolico e contemporaneamente ridurre il problema dell'intermittenza, per la maggiore stabilità del vento. D'altra parte, gli impianti off-shore richiedono significativi costi aggiuntivi, per le turbine (che devono sopportare situazioni meteorologiche più difficili), per le maggiori difficoltà e costi delle fondamenta e per le maggiori spese legate alla trasmissione dell'elettricità sulla terraferma e all'allacciamento alla rete.

Energia da biomassa

Il termine "biomassa" comprende, oltre che le biomasse di origine forestale e i residui della lavorazione del legno, le colture energetiche (specie vegetali che vengono espressamente coltivate per essere destinate alla produzione di energia), i residui agricoli, gli scarti di lavorazione e gli effluenti delle industrie agroalimentari, le deiezioni animali, la frazione organica dei rifiuti solidi urbani (RSU), i rifiuti domestici in raccolta differenziata, i reflui civili.

I principali settori di utenza per la biomassa sono il riscaldamento domestico, la produzione di calore di processo, la produzione di energia elettrica in impianti centralizzati (a partire da residui agroindustriali, rifiuti solidi urbani e biogas) e la produzione di biocarburanti liquidi, che rappresentano l'unica fonte rinnovabile in grado di sostituire direttamente benzina e gasolio.

Dal punto di vista tecnologico e industriale i processi maturi per la valorizzazione energetica della biomassa utilizzati in dimensioni significative in Italia sono la combustione diretta della biomassa tal quale; la produzione di biogas da fermentazione anaerobica di reflui zootecnici, civili o agroindustriali e la trasformazione in biocombustibili liquidi.

In Italia, la combustione diretta della biomassa viene impiegata sia per la produzione di calore (usi residenziali e industriali), sia per la produzione di energia elettrica.

Poiché la combustione di biocombustibili è un processo molto complesso che passa attraverso diverse fasi (essiccazione, pirolisi, gassificazione e ossidazione) che si susseguono nel tempo e nello spazio e dipendono fortemente dalla pezzatura e dall'umidità del materiale, il progresso tecnologico dei dispositivi di combustione si è rivolto alla ricerca di soluzioni costruttive che garantissero anche ai piccoli impianti prestazioni accettabili sia energeticamente (alti rendimenti termici) che ambientalmente (basse emissioni).

In zone montane non metanizzate il teleriscaldamento costituisce un'interessante soluzione per la valorizzazione della biomassa locale. In Italia sono operativi più di 20 impianti situati principalmente al Nord a servizio di migliaia di utenze residenziali. Per quanto riguarda il settore industriale, vengono utilizzate caldaie per la valorizzazione di diversi residui di processo combustibili per produrre vapore da utilizzare direttamente o in cogenerazione.

Per la produzione di elettricità da *combustione diretta* delle biomasse, sia componente biogenica degli RSU che colture e residui agroindustriali, le tecnologie principali utilizzate si basano su cicli Rankine a vapore con caldaie a griglia mobile e sistemi di abbattimento dei fumi. Le potenze installate si attestano in genere intorno ai 10 MW con rendimenti elettrici di generazione intorno al 18-20%.

Attraverso la *digestione anaerobica* le biomasse umide vengono attaccate da colonie batteriche che in mancanza di ossigeno producono un biogas costituito per il 45-55% da metano. Negli ultimi anni sono state sviluppate tecnologie che permettono la codigestione di reflui zootecnici e di scarti di colture agronomiche e agroindustriali; in questo modo la produzione di biogas degli impianti aumenta notevolmente migliorando l'interesse economico legato a questo processo. Esistono poi altre tecnologie ad un livello di maturità tecnologica minore e ancora in fase di sviluppo: la gassificazione termica e la pirolisi.

Solare fotovoltaico

Nell'attuale fase di transizione ad un sistema energetico sostenibile i sistemi solari fotovoltaici sono considerati una tecnologia chiave e la loro diffusione è in fase di forte sviluppo in quei Paesi che hanno investito nel settore promuovendo lo sviluppo industriale del settore. Particolarmente significativo è il trend di crescita nel settore in Paesi come il Giappone e la Germania, che già dalla fine degli anni 90 fanno segnare una forte accelerazione rispetto agli Stati Uniti, primo Paese a investire nel fotovoltaico già dagli anni 80.

In Europa, a parte la Germania, che con 600 MW installati nel 2005 e una produzione di celle che copre il 23% di quella mondiale, si conferma di gran lunga leader a livello mondiale, emerge negli ultimi anni il ruolo della Spagna che con 20 MW installati nel 2005 e il 5% della produzione mondiale presenta in ambito europeo il trend più significativo di crescita.

Il costo dei moduli fotovoltaici è sistematicamente e apprezzabilmente diminuito nel tempo; attualmente, il costo dei moduli fotovoltaici standard è pari a circa 3 €/Wp, e si ritiene che sia destinato a diminuire sensibilmente nei prossimi anni, fino a raggiungere un valore prossimo a 0,5 €/Wp dopo il 2020. Secondo alcuni studi di settore²², per raggiungere una penetrazione massiccia del fotovoltaico sul mercato, i costi di investimento totali dei sistemi connessi alla rete dovrebbero scendere intorno ai 1000 €/kWp. Ai "tassi di apprendimento" sperimentati finora e ipotizzando un aumento della diffusione del 15% circa per anno, il costo della tecnologia fotovoltaica non si attesterebbe su questo livello prima del 2030 (AIE, 2006).

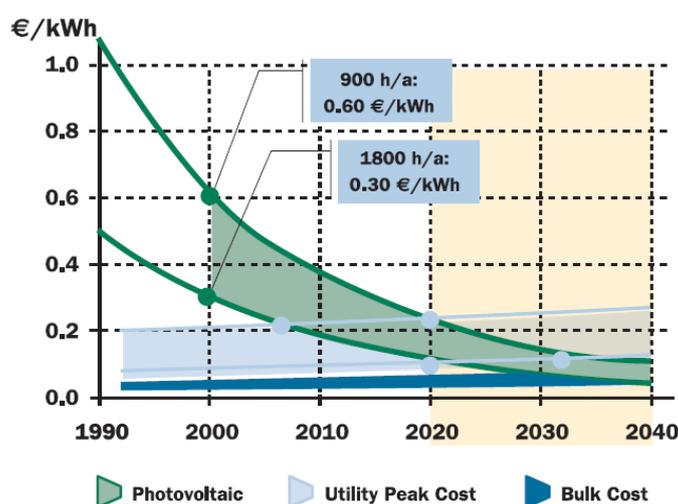
²² Energy Technology Perspectives 2030, AIE 2006

Gli investimenti necessari per raggiungere questi obiettivi sono inevitabilmente di grossa dimensione, principalmente destinati alle attività di ricerca e sviluppo e tali da richiedere azioni concertate da parte dei governi nazionali.

Sulla base delle installazioni a oggi realizzate e sebbene parte di esse siano state effettuate per fini sperimentali (caratterizzate, quindi, da costi di investimento elevati) il costo attuale dell'energia elettrica fotovoltaica si colloca tra 0,30 e 0,60 €/kWh, cioè ben al di sopra di quello relativo alle fonti convenzionali. Naturalmente, il costo più alto si riferisce a impianti contraddistinti da maggiori costi d'investimento (le applicazioni stand-alone costituiscono un tipico esempio) e a quelle operanti in condizioni d'irraggiamento poco favorevoli.

In figura 33 è riportata la proiezione della riduzione dei costi secondo uno studio della Commissione europea: il sensibile decremento nel tempo del costo dell'energia fotovoltaica viene confrontato con il tenue incremento di costi atteso per la produzione di energia da fonte tradizionale, per soddisfare la domanda di base (*bulk cost*) e quella di picco (*utility peak cost*).

Figura 33 - Proiezione della riduzione dei costi della tecnologia fotovoltaica al 2040 (€/kWh)



Fonte: A Vision for Photovoltaic Technology, Commissione Europea, DG Ricerca (2005)

Il potenziale di diffusione della tecnologia è enorme (oltre 100 TWh a livello mondiale secondo stime autorevoli²³), ma al momento, a meno di un break-through tecnologico, è difficile immaginare che essa possa raggiungere una diffusione di massa prima di almeno due decenni. Nel caso del fotovoltaico non sussistono particolari problemi di trasporto e dispacciamento, infatti la generazione elettrica fotovoltaica è una produzione diurna in fase con i consumi diffusa sul territorio vicino all'utenza finale, quindi senza oneri di trasporto. Una seconda barriera è invece costituita dalla distribuzione.

Le reti di distribuzione attuali sono infatti progettate e gestite per una sola direzione della corrente elettrica mentre per accettare una percentuale rilevante di generazione distribuita (fotovoltaico e microgenerazione) le reti debbono invece diventare bidirezionali: in questo senso lo sviluppo dei sistemi di generazione distribuita potranno contribuire in modo rilevante alla diffusione di questa tecnologia.

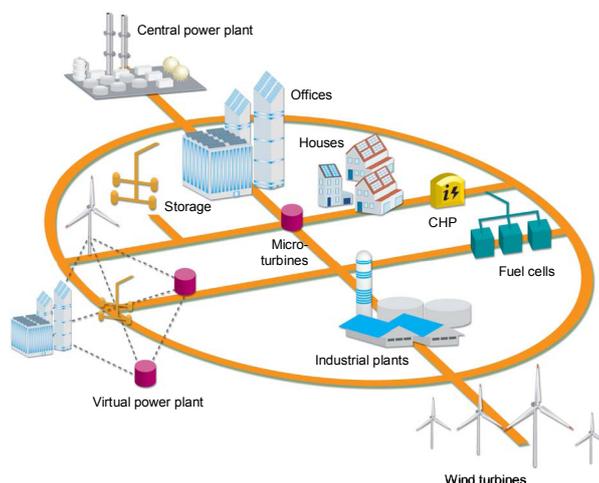
²³ 003 AIE, 2, ECN, 2004

Generazione distribuita di energia

La liberalizzazione e l'apertura del mercato elettrico, le persistenti opposizioni alla realizzazione di grandi impianti di produzione per ragioni di impatto ambientale, la richiesta dell'utente di un servizio di distribuzione più flessibile ed affidabile, nonché ragioni di sicurezza e di interdipendenza geopolitica hanno negli ultimi anni focalizzato l'interesse verso il modello di generazione distribuita. Un sistema di generazione distribuita dell'energia elettrica (schematizzato in figura 34) è costituito, schematicamente, da unità di produzione di taglia medio-piccola (da qualche decina/centinaio di kW a qualche MW), connesse, di norma, ai sistemi di distribuzione dell'energia elettrica (coincide con 2003/54/CE) in quanto installate al fine di:

- alimentare carichi elettrici per lo più in prossimità dei siti di produzione dell'energia elettrica (attualmente la stragrande maggioranza delle unità di consumo risultano connesse alle reti di distribuzione dell'energia elettrica) molto frequentemente in assetto cogenerativo per lo sfruttamento di calore utile;
- sfruttare fonti energetiche primarie (in genere, di tipo rinnovabile) diffuse sul territorio e non altrimenti sfruttabili mediante i tradizionali sistemi di produzione di grande taglia.

Figura 34 - Schema funzionale modello di generazione distribuita



Fonte: Piattaforma Tecnologica Smart Grids, "Vision and Strategy for Europe Electricity Network of the Future"

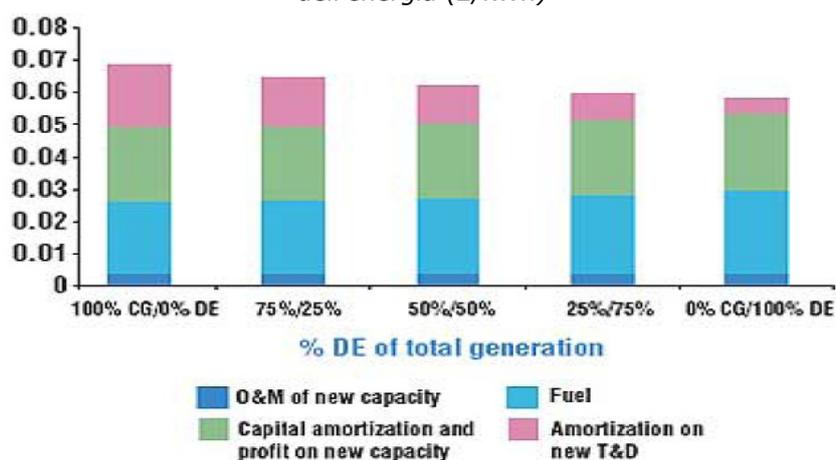
Il grafico riportato nella successiva figura 35, costruito con il modello WADE²⁴ su dati relativi al sistema energetico britannico, mostra come il ricorso alla generazione distribuita determina una riduzione complessiva dei costi di investimento e dell'energia fornita.

La generazione distribuita rappresenta già oggi una piccola ma significativa percentuale del sistema di produzione di energia elettrica nei Paesi OCSE, e potrà giocare un ruolo maggiore nel prossimo decennio, dato che c'è un numero crescente di utenti interessati ad installare propri sistemi di generazione per:

- avvantaggiarsi della flessibilità delle tecnologie GD di produrre potenza in periodi favorevoli e di espandere rapidamente la potenza stessa in risposta a richieste maggiori;
- usare i generatori esistenti di emergenza per fornire potenza durante i periodi di punta;
- fornire i fabbisogni di elettricità e calore, e vendere elettricità;
- migliorare la affidabilità e la qualità dell'energia consumata.

²⁴ World Alliance for Decentralized Energy

Figura 35 - Costi di investimento in funzione della percentuale di generazione distribuita dell'energia (£/kWh)



Fonte: WADE, World Alliance for Decentralized Energy

Tecnologie innovative per la generazione elettrica

L'utilizzo dei combustibili fossili nella generazione elettrica nazionale è una necessità imprescindibile per poter mantenere il sistema economico italiano a livelli competitivi con quelli delle altre economie sviluppate. Il parco delle centrali termoelettriche esistenti vede la contemporanea presenza di impianti più recenti accanto ad impianti più datati. I primi rappresentano lo stato dell'arte della tecnologia, sugli altri è in genere possibile intervenire con progetti di repowering e/o refurbishment finalizzati sia all'aumento della potenza complessiva che al miglioramento delle prestazioni, con interventi più o meno drastici.

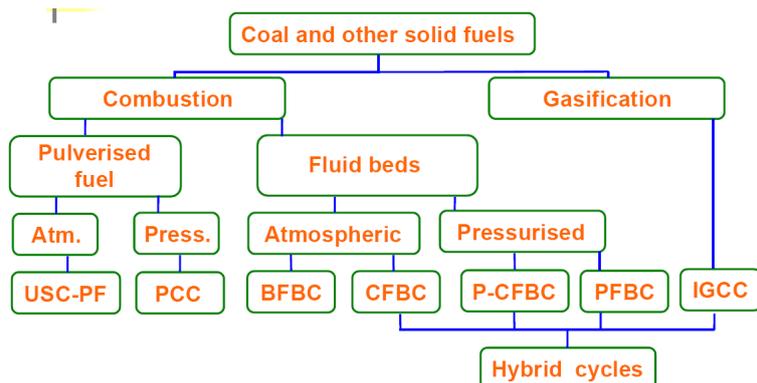
Le migliori tecnologie commercialmente disponibili, sia in impianti in esercizio che in fase costruzione, per la generazione di energia elettrica a partire da combustibili fossili, sono rappresentate da impianti a ciclo combinato a gas naturale (NGCC), impianti a vapore supercritici alimentati a carbone (SC e USC), impianti a caldaia a letto fluido atmosferico (FBC) o pressurizzato (PFBC). A livello pre-commerciale possono essere considerati gli impianti basati sulla gassificazione del carbone integrata con un ciclo combinato gas-vapore (IGCC) anche se questa tecnologia vanta un certo successo nell'opzione con alimentazione a tar residui della lavorazione petrolchimica di base.

Tutte queste tecnologie o famiglie di impianti hanno un diverso grado di maturità ed hanno avuto nel recente passato una continua evoluzione verso prestazioni ambientali, energetiche ed economiche via via migliorate (figura 36).

L'esperienza dell'evoluzione nel tempo e i limiti tecnologici fanno prevedere che la tendenza ad una lenta ma continua evoluzione verso efficienze più elevate continuerà anche nel prossimo futuro, con conseguenti minori consumi di combustibile ed in genere di risorse naturali ai quali si accompagnano minori emissioni di CO₂ a parità di produzione di energia elettrica.

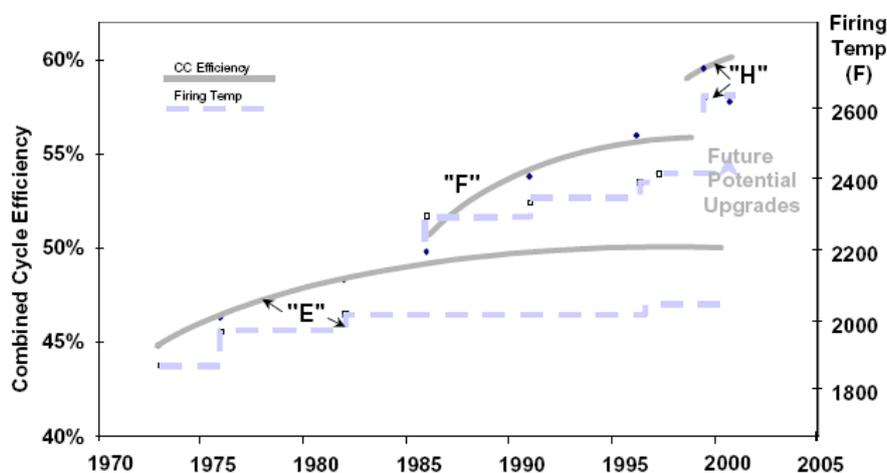
Anche un maggior ricorso ad impianti di cogenerazione, che producono energia elettrica e calore, con un migliore rendimento complessivo rispetto al caso della produzione separata, può contribuire alla riduzione delle emissioni climalteranti. In generale comunque non si prevedono per il futuro più prossimo forti discontinuità nell'evoluzione delle tecnologie. In questo senso è significativo l'esempio che si è avuto nell'evoluzione delle prestazioni delle turbine a gas (componenti recenti con sviluppo più rapido) e delle prestazioni dei cicli combinati a gas naturale (figura 37).

Figura 36 - Tecnologie per gli impianti termoelettrici a carbone



Fonte: GE

Figura 37 - Evoluzione delle turbine a gas e dei cicli combinati



Fonte: GE

Tecnologie di frontiera

Carbon sequestration

La cattura ed il confinamento della CO₂ prodotta dagli impianti termoelettrici, effettuata in misura più o meno completa, è tecnicamente già possibile nei cosiddetti impianti a emissioni zero noti come "zero emission" o "near-zero emission". La loro realizzazione presuppone profondi cambiamenti sia nei processi che nelle prestazioni degli impianti in termini di efficienza energetica, economici e le tecnologie proposte sono attualmente a differenti stadi di maturazione. Si tratta di impianti che consentono una drastica riduzione delle emissioni specifiche, in termini di chilogrammi di CO₂ per kWh elettrico prodotto, non più emessi in atmosfera ma confinati in "serbatoi alternativi".

È un settore che attualmente vede le prime iniziative in fase di progettazione, ma ancora nessun impianto di rilevante potenza realizzato, e che rappresenta quindi una sfida rilevante sia in termini di ricerca tecnologica che di risorse necessarie. I metodi per la cattura sono differenti e possono essere inquadrati sotto le tipologie pre-combustione o post-combustione a seconda che la CO₂ venga catturata dalla miscela di gas combustibili, siano essi gas naturale o gas prodotti da un processo di gassificazione del carbone, o dai gas a valle della combustione. Una volta che la CO₂ è separata dall'impianto di produzione di energia elettrica, deve essere compressa e raffreddata fino a portarla allo stato liquido per il successivo trasporto e confinamento definitivo.

Tabella 4 - Comparazione fra le tecnologie supercritiche a carbone (SC), i cicli combinati a gas naturale (NGCC) e i cicli combinati con gassificazione integrata di carbone o altro (IGCC), con e senza cattura di CO₂

Tipologia impianto	Costo impianto senza cattura CO ₂ (€/kW)	Costo impianto con cattura CO ₂ (€/kW)	Efficienza senza cattura CO ₂ (%)	Efficienza con cattura CO ₂ (%)	CO ₂ emessa senza cattura CO ₂ (kg/MWh)	CO ₂ emessa con cattura CO ₂ (kg/MWh)
SC	1151	1976	41,8	31,4	776	121
NGCC	536	998	55,4	48,2	369	50
IGCC	1395	1881	42,7	35,6	753	92

Fonte: Tzimas e Peteves, Energy (30), 2005

In genere quindi la cattura della CO₂ comporta costi energetici che peggiorano le prestazioni degli impianti in termini di efficienza e maggiori costi di investimento e di esercizio, rispetto al rilascio in atmosfera.

L'immagazzinamento della CO₂ in siti geologici appare, allo stato attuale, la migliore via possibile per la gestione della CO₂ prodotta nella combustione delle fonti fossili nelle grosse centrali termoelettriche, in quanto le alternative (quali l'utilizzo della CO₂ in attività industriali, implementazione dei cicli naturali di forestazione e riforestazione ecc.) appaiono del tutto velleitarie in ragione delle enormi quantità di CO₂ in gioco.

Circa i 'luoghi' dove immagazzinare la CO₂ vi sono diverse opzioni possibili: ad oggi sembra decisamente prevalere l'ipotesi di stoccaggio nel sottosuolo terrestre o in sedimenti marini in mari profondi. Il confinamento permanente della CO₂ può tecnicamente avvenire o in pozzi esauriti di gas naturale o petrolio oppure nei cosiddetti acquiferi salini profondi (zone geologicamente stabili con presenza di acqua e sali disciolti nel sottosuolo a grande profondità) stabili e non in comunicazione con le acque superficiali.

Tra le tecniche per l'immagazzinamento della CO₂ è necessario citare anche l'EOR (Enhanced Oil Recovery), che prevede l'immissione di CO₂ nei giacimenti di petrolio, per poterli sfruttare al massimo ed aumentarne la loro produzione), l'EGR (Enhanced Gas Recovery, come sopra per i giacimenti di gas naturale) e l'ECMB (Enhanced Coal Bed Methane, che prevede l'immissione di CO₂ su giacimenti di carbone profondi, non passibili di una coltivazione diretta, per poterne ricavare metano).

Si tratta di processi produttivi (EOR e EGR già utilizzati su scala industriale) riconducibili alla reimmissione del carbonio nel sottosuolo, tuttavia nel contesto della Carbon Sequestration appaiono come tecnologie 'spurie', senz'altro di interesse ma non proponibili su scala planetaria. Infatti l'esigenza primaria è la sicurezza del confinamento della CO₂ su tempi elevatissimi, prevenendo sia il un possibile lento rilascio verso l'atmosfera sia un rilascio più rapido, anche in presenza di eventi sismici, che potrebbe avere serie conseguenze per la sicurezza.

Idrogeno e celle a combustibile

L'idrogeno, e le tecnologie ad esso collegate come le celle a combustibile, stanno ricevendo una attenzione crescente a livello internazionale, come componenti ideali di un sistema energetico sostenibile, in grado di soddisfare la domanda crescente di energia riducendo, al tempo stesso, gli effetti dannosi per l'ambiente, a livello sia locale che globale.

Le celle a combustibile infatti avranno un ruolo importante nello scenario delle tecnologie di conversione dell'energia sia per gli elevati rendimenti (superiori al 50%), sostanzialmente indipendenti dal carico, per la loro modularità sia per la potenzialità di poter integrare la generazione di energia elettrica centralizzata con quella distribuita, ottimizzando il sistema di distribuzione e la qualità dell'energia.

Inoltre le celle a combustibile ad elettrolita polimerico rappresentano la soluzione ideale per l'auto ad idrogeno consentendo rendimenti finali circa il doppio dei motori a combustione interna.

Lo sviluppo dell'idrogeno come vettore comporta mutamenti sostanziali nel sistema energetico e richiede tempi lunghi e notevoli investimenti per lo sviluppo delle tecnologie e delle infrastrutture necessarie e per la graduale introduzione nel mercato; può essere quindi concepito solo con un forte sostegno pubblico (quadro politico-normativo, finanziamenti ecc.) e nell'ambito di ampie collaborazioni internazionali. Impegnativi programmi nel settore sono in corso in Nord America, Europa e Giappone (più di 700-800 M€/anno di soli finanziamenti pubblici, di cui 250 in Giappone e almeno altrettanti negli USA) ed importanti collaborazioni internazionali sono state avviate da alcuni anni, come l'International Partnership for Hydrogen Economy, promossa dagli Stati Uniti, e la European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform, promossa dalla Commissione europea. Quest'ultima, in particolare, è stata costituita nel 2004, con l'obiettivo di promuovere e accelerare lo sviluppo e la diffusione di tecnologie europee competitive per l'impiego dell'idrogeno e delle celle a combustibile in applicazioni stazionarie, portatili e nel trasporto.

I lavori svolti nell'ambito della Piattaforma europea hanno consentito di definire la strategia di intervento nel settore, delineando le principali azioni da intraprendere sia nel campo della ricerca e sviluppo che in quello della dimostrazione e introduzione nel mercato.

Per il periodo 2007-2015 sono state individuate 4 linee di azione principali (Innovation and Development Actions):

- veicoli a idrogeno e infrastrutture di rifornimento;
- produzione sostenibile e distribuzione dell'idrogeno;
- celle a combustibile per cogenerazione e generazione elettrica;
- celle a combustibile per i primi mercati.

Tali linee di azione dovrebbero consentire a queste tecnologie di acquisire, al 2020, significative quote di mercato nel campo dei generatori portatili e delle applicazioni stazionarie, con l'impiego sia dell'idrogeno sia di altri combustibili (gas naturale, gas derivante da biomasse o rifiuti ecc.), e di avviare, alla stessa data, la penetrazione nel settore della trazione, con qualche milione di veicoli.

L'idrogeno dovrà essere prodotto in maniera crescente da fonti rinnovabili e da processi a basse o nulle emissioni di CO₂ (10-20% al 2015). I finanziamenti della Commissione europea in questo settore sono passati dagli 8 M€ del II Programma Quadro (1986-1990) ai quasi 300 M€ del VI (2002-2006). Per il VII PQ (2007-2013) sono stati stanziati circa 500 M€ che saranno fortemente implementati attraverso programmi di sviluppo industriale con un impegno finanziario da parte dell'industria almeno del 50%.

Obiettivo del VII PQ è portare l'Europa ad un livello di competitività industriale rispetto soprattutto a Stati Uniti e Giappone. A tal fine l'azione del VII PQ sarà ancora più efficace per le sinergie con il mondo produttivo; è infatti prevista anche l'adozione di uno strumento di nuovo tipo, la Joint Technology Initiative (JTI), una partnership pubblico-privata che gestirà la parte del programma più vicina agli interessi industriali con il coinvolgimento delle principali strutture di ricerca europee. Nella gestione ordinaria del VII PQ sono previste soltanto azioni di ricerca di base.

Per assicurare alla ricerca europea una maggiore compattezza e forza rispetto alle scelte che saranno effettuate dalla JTI, le maggiori strutture e gli enti di ricerca dei vari Paesi (per l'Italia soprattutto ENEA e CNR) stanno lavorando concordemente alla creazione di un'entità legale (Consorzio europeo per la ricerca e lo sviluppo dell'idrogeno e delle celle a combustibile) che dovrebbe essere varata entro la fine del 2007.

Le nuove generazioni di reattori a fissione nucleare

Le preoccupazioni per l'ambiente e la sicurezza di approvvigionamento energetico, unitamente alla domanda in forte aumento di energia elettrica e ai costi via via crescenti dell'energia da fonti fossili, stanno determinando in tutto il mondo un rinnovato interesse per le nuove tecnologie di fissione. La situazione di incertezza sulle prospettive della tecnologia e la mancata soluzione di problemi connessi alla chiusura del ciclo del combustibile nucleare come quelli dello smantellamento degli impianti e dello smaltimento dei rifiuti, tuttora materia di ricerca e sperimentazione, stanno determinando un processo di "allungamento" del ciclo di vita previsto per molti impianti in esercizio.

Intanto, a fronte delle nuove prospettive di mercato, l'industria elettronucleare si sta preparando a fornire nuovi tipi di reattori per far fronte agli ordinativi e alle condizioni al contorno (disponibilità di materie prime, norme per la protezione dell'ambiente e della salute), prevedibili per i prossimi decenni. Si prevede, in particolare, che fra il 2010 e il 2015 sia disponibile la nuova classe di reattori evolutivi (generazione III+) dotati di dispositivi di sicurezza di tipo "intrinseco" o "passivo" e con caratteristiche di flessibilità nella composizione del combustibile.

I sistemi nucleari di quarta generazione dovranno rispettare i seguenti requisiti:

- sostenibilità, ovvero massimo utilizzo del combustibile e minimizzazione dei rifiuti radioattivi;
- economicità, ovvero basso costo del ciclo di vita dell'impianto e livello di rischio finanziario equivalente a quello di altri impianti energetici;
- sicurezza e affidabilità; in particolare i sistemi di quarta generazione dovranno avere una bassa probabilità di danni gravi al nocciolo del reattore e tollerare anche gravi errori umani; non dovranno, inoltre, richiedere piani di emergenza per la difesa della salute pubblica, non essendoci uno scenario credibile per il rilascio di radioattività fuori dal sito;
- resistenza alla proliferazione e protezione fisica contro attacchi terroristici.

L'Italia (ENEA, Ansaldo Nucleare, CESI Ricerca e Università), contribuendo in maniera significativa ad alcuni progetti del VI Programma Quadro europeo indirizzati allo sviluppo di reattori di IV generazione²⁵, partecipa di fatto all'iniziativa Generation IV tramite l'EURATOM.

La fusione nucleare

L'utilizzo delle reazioni di fusione nucleare è un possibile metodo di produzione di energia, in fase di sviluppo da circa 50 anni. In tale tipo di reazioni due nuclei di elementi leggeri (tipicamente deuterio e trizio, isotopi dell'idrogeno) si fondono per formare un nucleo di un elemento pesante (tipicamente particelle α , cioè nuclei di elio) con produzione di energia sotto forma di particelle energetiche (tipicamente neutroni). Tale forma di produzione di energia presenta molte caratteristiche positive rispetto alle altre fonti ed, in particolare, condivide con l'altra fonte di natura nucleare, la fissione, la caratteristica di non produrre gas serra. Rispetto alla fissione, inoltre, presenta una forte attenuazione delle problematiche connesse con la produzione di residui radioattivi, gli impianti sono intrinsecamente sicuri e il combustibile è praticamente inesauribile e uniformemente distribuito sulla Terra.

Le reazioni di fusione termonucleare hanno luogo quando il combustibile viene portato a sufficiente densità e a temperature elevatissime (decine o centinaia di milioni di gradi). In tale condizione la materia è in uno stato particolare, detto plasma, costituito da un gas di ioni ed elettroni indipendenti, dominato da interazioni di tipo elettrico e magnetico. Gli sviluppi si basano su due schemi principali.

²⁵ In particolare Ansaldo Nucleare è il coordinatore del progetto europeo denominato ELSY - European Lead-cooled System, che prevede lo sviluppo della progettazione concettuale e delle tecnologie associate del Lead Fast Reactor (LFR) di IV generazione

Nel primo (fusione a confinamento magnetico) si confina il plasma all'interno di un contenitore per tempi lunghi mediante particolari configurazioni di campo magnetico. La densità del plasma è piuttosto bassa perchè ad essa è legata la pressione del plasma stesso che deve essere contenuta dalle strutture della macchina.

Nella fusione a confinamento magnetico le ricerche finora condotte hanno portato: a) a una buona conoscenza dei fenomeni del plasma e del loro controllo; b) a una determinazione di leggi di scala che consentono di prevedere il comportamento del plasma del reattore; c) a uno sviluppo di buona parte delle tecnologie e dei metodi di fabbricazione necessari per il reattore.

Nell'altro schema (fusione inerziale) non si confina il plasma ma lo si comprime e riscalda mediante mezzi esterni (ad es. irradiandolo con un laser) e lo si lascia poi espandere liberamente utilizzando l'energia emessa dalle reazioni nucleari nel breve periodo della fase calda e densa. È questo lo schema di funzionamento delle bombe ad idrogeno, fatte esplodere per la prima volta nel 1952 dagli Stati Uniti.

Il panorama mondiale della ricerca sulla fusione a confinamento magnetico sarà dominato, nei prossimi trenta anni, dalla costruzione e sperimentazione della macchina ITER²⁶ e dalla successiva realizzazione di un dimostratore di impianto. Dopo venti anni di trattative fra i partner e di progettazione e sviluppo, il 28 giugno 2005 è stato raggiunto un accordo sulla localizzazione di ITER, sbloccando una situazione di stallo che minacciava la realizzazione dell'intero progetto, e il 21 novembre 2006, a Parigi, è stato formalmente sottoscritto l'accordo di realizzazione congiunta del progetto internazionale di fusione nucleare controllata.

ITER costituisce una tappa fondamentale nel cammino verso la realizzazione di reattori commerciali a fusione. L'obiettivo programmatico di ITER è di dimostrare la fattibilità scientifica e tecnologica della fusione nucleare per scopi pacifici. Nel programma internazionale di ricerca sulla fusione, l'Italia è presente con due qualificati esperimenti: FTU dell'ENEA e RFX del CNR. È in programma la sostituzione della macchina FTU con un nuovo esperimento denominato FT3.

Efficienza e tecnologia: scenari energetici per l'Italia

Per la valutazione delle prospettive del sistema energetico italiano nel suo insieme si è fatto uso di una consolidata metodologia che permette di formulare scenari energetici alternativi tenendo conto dell'insieme delle tecnologie energetiche attuali e future, garantendo in tal modo la coerenza interna dell'analisi. L'evoluzione tendenziale del sistema energetico italiano descritta dagli scenari ENEA si basa sulle tendenze recenti del sistema economico ed energetico, assumendo alcune ipotesi relative all'evoluzione sociale, demografica ed economica del Paese e ai prezzi dell'energia.

Per i mercati dell'energia si prevede in media una stabilizzazione dei prezzi sugli elevati valori degli ultimi anni, mentre per la crescita economica si adotta una visione piuttosto prudente. I due scenari *tendenziali* si basano su ipotesi di maggiore o minore tensione dei fattori suddetti e dei prezzi dell'energia:

- scenario A1: crescita media annua dell'1,8% con modesto aumento della terziarizzazione e prezzi dell'energia contenuti;
- scenario B1: crescita media annua dell'1,3% con un significativo aumento della terziarizzazione e prezzi dell'energia in forte tensione.

Quanto ai fattori socio-demografici, di notevole rilievo per l'evoluzione della domanda di servizi energetici del settore residenziale e della crescita della mobilità nel settore dei trasporti, gli scenari assumono, come da previsioni ISTAT, una decrescita della popolazione a partire dal 2015 e un aumento del numero di famiglie.

I due scenari *di intervento* (A2/B2) rappresentano invece una prima valutazione degli effetti che una serie di misure di politica energetica e ambientale possono determinare sul sistema energetico italiano.

²⁶ ITER: *International Thermonuclear Experimental Reactor*

Le misure di implementazione previste (tabella 5) sono caratterizzate dalla loro discontinuità, a volte anche molto significativa, rispetto alle tendenze storicamente riscontrate nel nostro Paese, ma sono compatibili sia con il quadro di sviluppo economico ed energetico a livello italiano ed europeo, che con la prevista evoluzione delle tecnologie nel contesto internazionale.

La quasi totalità delle misure considerate ha come denominatore comune l'obiettivo della promozione di una o più tecnologie. Gli interventi previsti sono stati valutati sulla base della loro praticabilità tecnica ed economica, intesa sia in termini di investimenti complessivi che in termini di necessaria fine della vita utile degli impianti esistenti. In sostanza, si è cercato di definire un insieme di interventi che dovrebbero rappresentare quanto sembra realisticamente possibile fare fino al 2020, e nel decennio successivo, per modificare la struttura del sistema energetico italiano.

Si sottolinea che questo non significa che in ogni singolo ambito non si possa fare di più, in presenza di una forte volontà politica di agire in una certa direzione. Le misure possono essere riferite schematicamente a due distinti periodi temporali.

Il primo riguarda il breve-medio periodo e contiene misure relative a tecnologie già disponibili per l'efficienza energetica e per le fonti rinnovabili.

Il secondo riguarda il lungo periodo (dopo il 2020), nel quale si prevedono misure di intervento su tecnologie, oggi ancora in fase di sviluppo, per l'uso pulito dei combustibili fossili compreso il sequestro e il confinamento dell'anidride carbonica.

Tabella 5 - Schema riepilogativo delle politiche & misure previste negli scenari di intervento (scenari A2/B2)

Settore	Tecnologie interessate / Programma	Impatto / obiettivi
GENERAZIONE ELETTRICITÀ E CALORE	RINNOVABILI: estensione incentivi in "conto energia", facilitazioni per generazione da CDR	incremento generazione elettrica
	TELERISCALDAMENTO: Incentivi alla diffusione	obiettivo 15% dei consumi
	CARBONE: nuova generazione o gassificazione (con e senza CCS) - sostegno alla realizzazione di nuova potenza	incremento carbone per diversificazione del mix di combustibili (dal 2020)
INDUSTRIA	ILLUMINAZIONE e FORZA MOTRICE: Estensione Certificati bianchi. Standard sui nuovi motori industriali	obiettivi di efficienza: lampade a basso consumo (3 volte il trend), motori ad alta efficienza (15% del mercato al 2010); 30% al 2020)
TERZIARIO	ILLUMINAZIONE, RISCALDAMENTO, FORZA MOTRICE: Estensione Certificati bianchi. Standard sui nuovi motori industriali	obiettivi di efficienza: lampade a basso consumo (3 volte il trend), motori ad alta efficienza oltre il 50% del mercato dopo il 2015
RESIDENZIALE	ELETTRODOMESTICI e ILLUMINAZIONE: Estensione dei Certificati bianchi. Etichettatura energetica	Estensione / incremento degli obiettivi di risparmio: penetrazione della tecnologia più efficiente più che doppia rispetto al trend
	RISCALDAMENTO / ISOLAMENTO e ACQUA CALDA: Estensione dei Certificati bianchi. Direttiva EU Energy Performance in Buildings	isolamento termico (-10% consumi) Efficienza (raddoppio rispetto al trend) Solare termico (30% della domanda di acqua calda)
TRASPORTI	BIOCOMBUSTIBILI: Supporto alla produzione	Crescita consumo fino al 2.5% del totale trasporti nel 2012, 7.5% nel 2020
	MODALITA' TRASPORTO PASSEGGERI: Shift modale verso ferrovia e autobus	incremento trasporto pubblico (2 volte per bus, 3 volte per metro e tram). Crescita trasporto ferroviario molto elevata dopo il 2020
	TECNOLOGIE TRASPORTO PASSEGGERI	veicoli basso consumo (80% del nuovo nel 2020). flotta autobus a emissioni basse/nulle (fino alla totalità mercato urbano e commuters)
	MODALITA' TRASPORTO MERCI: Shift modale da strada a ferrovia	trasporto su ferrovia (2 volte rispetto ad oggi, raddoppio ferrovia sul totale merci dopo il 2028)
	TECNOLOGIE TRASPORTO MERCI	Aumento diffusione Light Duty Vehicles e High Duty Vehicles "locali" a metano
EMISSIONI	TECNOLOGIE FONTI FOSSILI: carbon tax crescente fino a 50€/t nel 2030 (30€/t nel 2020)	Parziale internalizzazione delle esternalità ambientali del settore energetico. Incremento produzione non-fossile e della CCS
	ELETTRICO, RAFFINERIE, INDUSTRIA, TRASPORTI: limite settoriale alle emissioni di NOx	Estensione e rafforzamento della Direttiva NEC

L'introduzione di queste misure di politica energetica e ambientale nelle analisi di scenario determina un'evoluzione del sistema significativamente diversa da quella tendenziale, con conseguenze rilevanti sui consumi totali (e settoriali) di energia e sulle emissioni di anidride carbonica.

Riguardo ai consumi di energia, l'analisi evidenzia la criticità di alcuni settori caratterizzati da una forte crescita della domanda e rispetto ai quali le misure individuate non si rivelano in grado di determinare un significativo contenimento dei consumi e di conseguenza delle emissioni climalteranti. È il caso soprattutto del settore terziario, che rappresenta oggi il settore trainante dell'economia e la cui espansione determina una crescita della domanda di energia controllabile solo attraverso nuovi strumenti integrati di intervento, e del settore dei trasporti, caratterizzato da una rigidità che fa sì che le riduzioni dei consumi rispetto al caso tendenziale divengano significative solo nel medio-lungo periodo.

Quanto alle emissioni di CO₂, gli scenari *di intervento* mostrano come entro il 2020 sia possibile quanto meno una stabilizzazione delle emissioni di anidride carbonica ai valori attuali, con riduzioni delle emissioni superiori al 10% rispetto al 2005.

Consumi di energia

Nel 2020 l'aumento dei consumi di energia rispetto a oggi è compreso, nell'evoluzione tendenziale, tra 15 e 40 Mtep. Il fabbisogno energetico raggiunge nel 2020 valori compresi fra 215 e 239 Mtep, con una crescita media annua compresa tra lo 0,5% dello scenario B1 e l'1,2% dello scenario A1, a fronte di una crescita media annua dell'1,3% negli anni 1990-2005.

Un risultato di rilievo che emerge dal confronto fra la "forchetta" degli scenari tendenziali e quella degli scenari di intervento riguarda i consumi di energia primaria, che tendono sostanzialmente a stabilizzarsi a partire dai primi anni del prossimo decennio (figura 38). È significativo d'altra parte come i risultati dell'evoluzione alternativa non prevedano una riduzione dei consumi primari, neanche all'orizzonte 2030 e nonostante le ipotesi di interventi "forti". Questi risultati traducono in cifre una certa "rigidità" del sistema economico ed energetico italiano nel periodo considerato, di cui è opportuno tenere conto nelle valutazioni. Gli scenari tendenziali evidenziano la continuazione della forte crescita del gas naturale, che entro il 2015 diviene la prima fonte fossile. La sua domanda è nel medio periodo piuttosto rigida rispetto ai diversi scenari di prezzo: fino al 2015 la sua crescita è infatti molto simile nei due scenari, e anche successivamente la differenziazione resta limitata (nel 2020 il consumo è comunque compreso tra i 90 e i 100 Mtep, dai circa 70 attuali).

Figura 38 - Consumi di energia primaria negli scenari tendenziali e negli scenari di intervento (Mtep)

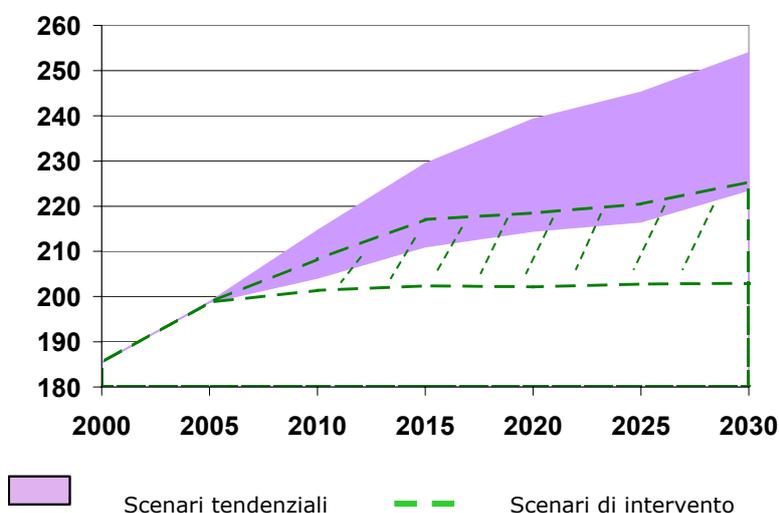
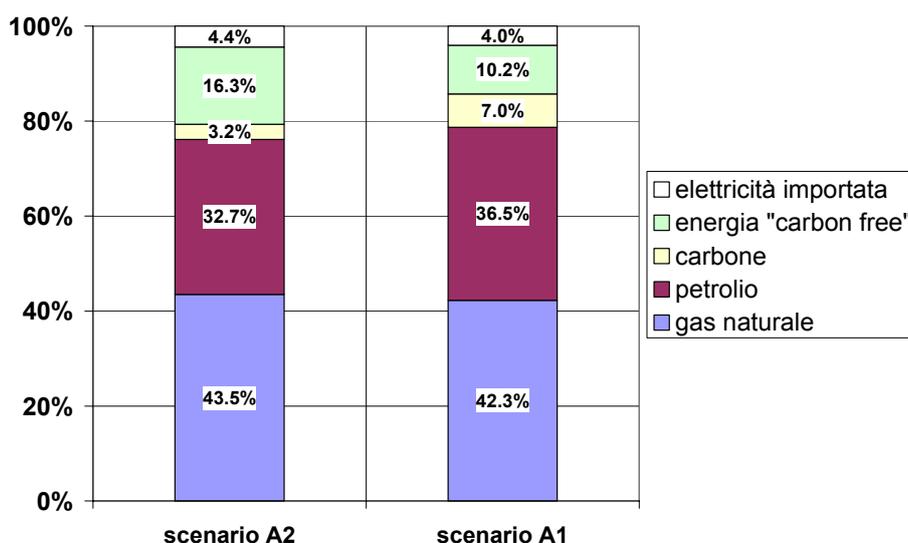


Figura 39 - Energia primaria per fonte nel 2020 in due scenari (%)



N.B.: per energia "carbon free" si intende qui la somma dell'energia da fonti rinnovabili e dei consumi di carbone per generazione elettrica con sequestro della CO₂

Più della metà di questo aumento è da imputarsi al forte incremento del suo utilizzo nella generazione elettrica, unito a un aumento (meno marcato) nel civile e nell'industria.

Il consumo di petrolio è invece più elastico agli scenari di prezzo: continua a diminuire ancora per un decennio (fino a 70 Mtep circa, dagli 86 del 2005) nello scenario B1, mentre tende a stabilizzarsi sugli attuali valori nel caso A1. Nel primo caso si assiste infatti a una sua quasi totale eliminazione nell'elettrico e nell'industria, unita a una crescita nei trasporti molto più contenuta che nel secondo caso. Infine, un dato interessante riguarda il carbone: dopo il 2020 nello scenario A1 esso aumenta in modo più che proporzionale rispetto alle altre fonti.

In termini di peso delle diverse fonti sul totale di energia primaria (figura 39), gli scenari di intervento determinano (rispetto al caso tendenziale) una riduzione ancor più significativa del peso del petrolio e un aumento più limitato di quello del gas. Il peso del carbone risulta invece inferiore fino al 2020, ma torna poi ad aumentare nel decennio successivo, con l'affermazione delle tecnologie di sequestro della CO₂. Quest'ultimo dato, aggiunto al forte aumento del peso delle fonti rinnovabili, fa sì che nel 2020 la quota di energia "carbon free" (comprensiva dell'energia da fonti rinnovabili e della generazione da carbone con sequestro della CO₂) raggiunga il 16% del totale (contro il 10% del caso tendenziale).

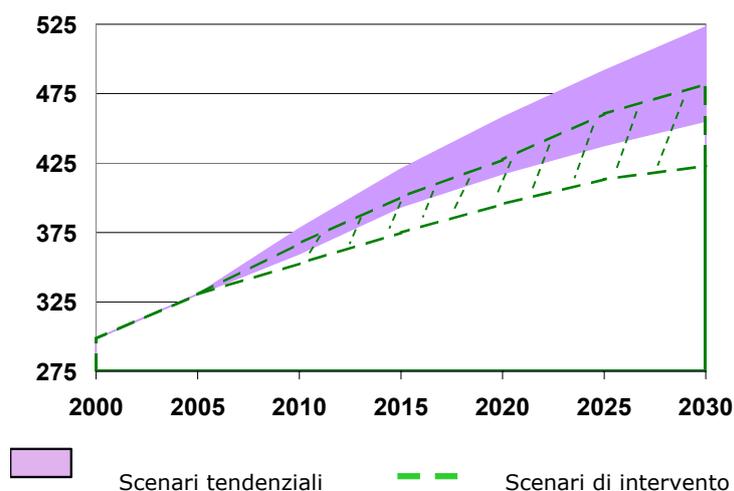
Considerando più nel dettaglio le prospettive di incremento del peso delle fonti rinnovabili, è significativo come i limitati margini di sviluppo di idroelettrico e geotermoelettrico, uniti al progressivo sfruttamento dei siti eolici, faccia sì che anche nel lungo periodo per il raggiungimento di livelli più elevati di generazione elettrica da rinnovabili viene ad avere un ruolo chiave lo sfruttamento della biomassa, che (con l'eccezione dei rifiuti) nella generazione elettrica è competitiva se usata in co-combustione, di scarsa applicazione in Italia.

L'utilizzo delle biomasse continua altrimenti a rimanere poco competitivo, per i prezzi di mercato elevati, legati principalmente alla domanda che viene dal settore residenziale per usi termici, dove è usata in sostituzione degli altri combustibili, fortemente penalizzati dalla tassazione (a differenza di quanto avviene negli altri paesi europei).

Nell'evoluzione tendenziale i recenti forti incrementi del consumo di energia elettrica sembrano destinati a continuare (figura 40). Nei prossimi cinque anni la domanda elettrica sulla rete cresce in media tra l'1,9 e il 2,5% annuo (a fronte del 2,4% registrato nei 10 anni passati), per poi rallentare la crescita solo leggermente.

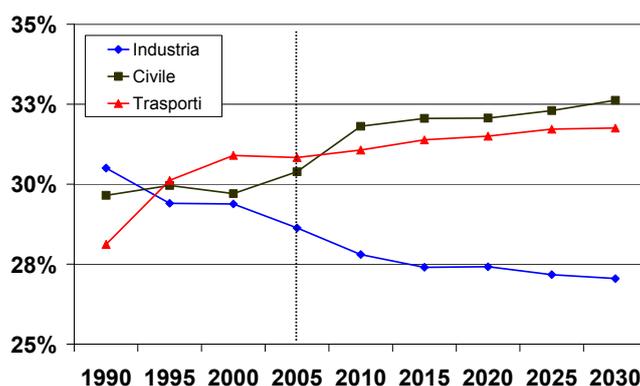
Nel 2020 la domanda raggiunge valori compresi tra 416 e 458 TWh, con un incremento compreso tra il 28 e il 40% rispetto al 2005 (325 TWh), ed è pari in media a circa 500 TW nel 2030. Il maggior incremento dei consumi si verifica nel settore dei servizi (settore che continua a guidare la crescita economica): entro il 2030 l'aumento è compreso tra il 60 e l'80%, mentre è intorno al 40% nell'industria e al 30% nel residenziale.

Figura 40 - Consumi di elettricità negli scenari di riferimento e negli scenari di intervento (TWh)



Gli andamenti settoriali (figura 41) aiutano a spiegare le ragioni della significativa crescita della domanda elettrica, condivisa peraltro dai principali analisti (italiani ed europei). In primo luogo, la forte crescita della superficie commerciale, conseguenza di edifici più grandi e di un uso più intenso di apparecchiature elettriche. In secondo luogo, l'espansione dell'uso di apparecchi elettrici nel residenziale e il trend verso abitazioni di dimensioni sempre più grandi. In entrambi i casi, l'aumento dei consumi è pure parzialmente mitigato dagli incrementi di efficienza, stimolati dagli attuali alti prezzi energetici che incentivano investimenti in apparecchiature più efficienti. A questi fattori va poi aggiunto l'incremento della produzione industriale, che determina anch'esso una spinta ai consumi, nonostante incrementi significativi dell'efficienza.

Figura 41 - Usi finali di energia: quota dei consumi per settore (dati storici 1990-2005 e scenario tendenziale al 2030)



Proprio riguardo ai consumi elettrici gli scenari di intervento presentano un dato di rilievo: la riduzione dei consumi elettrici rispetto all'evoluzione tendenziale, pur significativa (circa 30 TWh in meno nel 2020), è percentualmente meno pronunciata di quanto visto per l'energia primaria, un risultato che trova evidentemente riscontro nei consumi elettrici relativamente bassi in Italia, tanto pro-capite quanto per unità di PIL, rispetto alla media europea.

Considerando infine i consumi di energia finale, l'industria è il settore che presenta la crescita minore, anche perché diviene progressivamente meno energivora. Già a partire dal breve periodo il settore maggiormente responsabile dei consumi energetici diviene invece il civile. Il terziario in particolare è il settore più dinamico, per fattori strutturali che tendono come detto a spingere in primo luogo la crescita dei consumi elettrici.

Nel residenziale l'aumento dei consumi risulta invece piuttosto modesto, legato principalmente al forte aumento degli usi elettrici, ma frenato dall'evoluzione delle variabili-guida. Infine i trasporti sono il settore a maggiore crescita dei consumi energetici, con l'incremento della cilindrata media del parco circolante che contrasta gli incrementi di efficienza di tipo tecnologico.

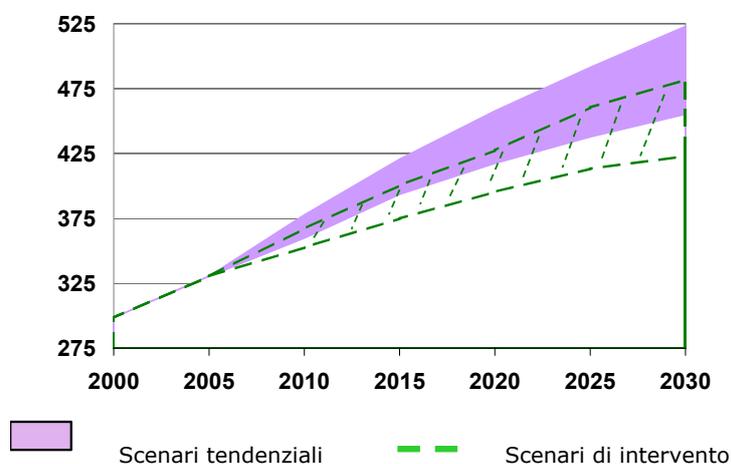
Negli scenari *di intervento* si assiste in tutti i settori di uso finale a una riduzione dei consumi piuttosto significativa. Nel settore civile, la riduzione è particolarmente forte nel residenziale, mentre nel terziario la riduzione dei consumi sembra più difficile, ma i margini di incremento di efficienza sono comunque significativi. Nell'industria sembra possibile pervenire a una sostanziale stabilità dei consumi energetici, mentre nei trasporti la riduzione dei consumi è difficile nel medio periodo, ma può essere rilevante nel lungo periodo.

Effetti sulle emissioni di CO₂

L'evoluzione tendenziale del sistema energetico (figura 42) determina un costante aumento delle emissioni di anidride carbonica, che dopo essere aumentate del 13% tra il 1990 e il 2004, aumentano ancora del 4% circa tra il 2004 e il 2012, in evidente controtendenza rispetto alla riduzione prevista dal Protocollo di Kyoto, e progressivamente meno negli anni successivi.

Le emissioni aumentano in maniera considerevole nello scenario A1 (0,8% di media nel 2020), di circa la metà nello scenario B1. Rispetto al 1990 (anno base secondo la convenzione sui cambiamenti climatici), l'aumento nel 2004 è pari già a circa il 12% che sale nel 2020 a +20-35%. Le minori emissioni dello scenario B1 sono dovute soprattutto all'elettrico e ai trasporti.

Figura 42 - Emissioni di CO₂ negli scenari tendenziali e negli scenari di intervento (Mt)



Un dato di notevole rilievo dell'evoluzione del sistema determinata dall'introduzione delle ipotizzate misure di politica energetica e ambientale (scenari A2/B2) è che entro il 2020 si arriva quanto meno alla stabilizzazione delle emissioni di anidride carbonica ai valori attuali.

Soprattutto, è significativa l'inversione della tendenza crescente di lungo periodo determinata dalle misure, che nel caso dello scenario B2 arriva a produrre nel 2020 riduzioni delle emissioni superiori al 10% rispetto al 2005.

Questo risultato, pur molto significativo, segnala d'altra parte come nel medio periodo si debba tener conto della dinamica dei consumi di energia primaria fossile, che restano consistenti, e della indisponibilità di tecnologie di sequestro della CO₂ prima del 2020. Nei periodi successivi si rende invece disponibile il sequestro della CO₂ nel settore elettrico e della produzione di carburanti da carbone-biomasse, anche se, almeno nei primi anni, questa opzione si mantiene su valori non troppo elevati.

Affinando l'analisi a livello settoriale, gli scenari mostrano come la relazione tra sviluppo economico, crescita della domanda di energia ed emissioni di CO₂ sia più o meno rigida nei diversi settori di uso finale. La correlazione tra le variabili suddette è infatti maggiore nel settore industriale e nel settore dei trasporti, in quanto l'attività produttiva influenza direttamente l'uso di fonti energetiche e la scelta dei combustibili/carburanti da parte dei consumatori è limitata, almeno nel breve-medio periodo. Ciò non impedisce che l'adozione di politiche e misure volte a ridurre le emissioni possa comunque produrre effetti anche molto consistenti, ma le misure devono probabilmente essere particolarmente incisive, come ad esempio molte di quelle qui ipotizzate per il settore dei trasporti, e impongono per di più un'ottica di medio-lungo periodo.

Nel settore civile, e in primo luogo nel residenziale, nel quale l'efficienza delle apparecchiature e le caratteristiche degli edifici hanno una forte incidenza sui consumi finali, l'adozione di misure di politica energetica può invece produrre effetti significativi già a partire dal breve periodo, grazie alla disponibilità di ampi margini di incremento di efficienza, tanto da determinare una netta inversione della recente tendenza di forte crescita delle emissioni (figura 44). Anche nel settore energetico (generazione elettrica e raffinazione), il notevole cambiamento determinato dalle misure sia sui consumi di energia che sul mix di tecnologie utilizzate per soddisfare questi minori consumi, sembra in grado di produrre effetti rilevanti già a partire dal breve periodo (figura 43), tanto che la costante crescita delle emissioni prevista nell'evoluzione tendenziale (scenario A1) subisce nello scenario A2 una sostanziale inversione di tendenza.

Figura 43 - Emissioni di CO₂ da usi energetici nel settore energetico e nell'industria, scenari A1/A2 (1990 = 100)

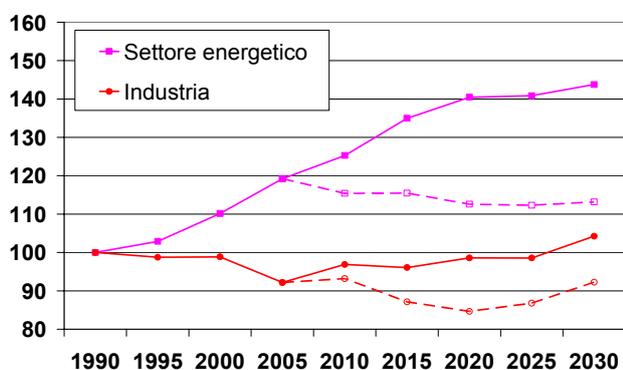
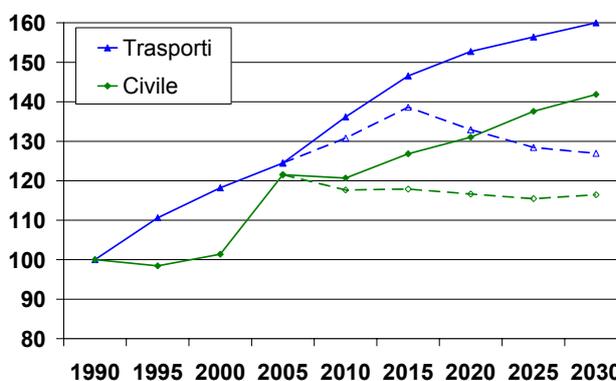


Figura 44 - Emissioni di CO₂ da usi energetici nei trasporti e nel civile, scenari A1/A2 (1990 = 100)



Nota: le linee continue si riferiscono allo scenario A1(tendenziale) e le linee tratteggiate allo scenario A2 (di intervento)

Infine, è il caso di sottolineare che alle misure analizzate negli scenari qui presentati si possono aggiungere politiche di riduzione della domanda di beni e servizi energetici, possibili e anche auspicabili in diversi casi, che rientrano più propriamente nel campo del "risparmio" energetico (non esplorato in questo scenario).

Una valutazione complessiva degli scenari elaborati da ENEA porta alla conclusione che, in ogni caso, gli interventi configurati non riescono a realizzare gli obiettivi di riduzione delle emissioni compatibili con le indicazioni prescrittive dell'UE. Occorre perciò integrare le azioni in materia di efficienza e di ricorso alle fonti rinnovabili con un maggiore investimento per l'accelerazione tecnologica e la ricerca come strumenti per raggiungere questi obiettivi.

Ricerca e processi di innovazione

Le tendenze, prevedibili e spontanee delle dinamiche tecnologiche dei prossimi vent'anni, suggeriscono che è quanto mai necessario determinare, con l'adozione di politiche adeguate, una consistente accelerazione dei processi di innovazione per rispondere alle sfide in atto.

In un quadro globale la cui rapida evoluzione risente della domanda crescente proveniente dai paesi emergenti e della difficoltà a modificare nel breve termine livelli e modalità dei consumi nei paesi già industrializzati il fattore tecnologico può assumere un ruolo determinante accelerando la transizione verso un sistema energetico a basse emissioni di carbonio. La sfida consiste nel farlo in modo di ottimizzare gli incrementi di competitività potenziali per l'Europa limitandone i potenziali costi.

In tale direzione si muove negli ultimi anni l'Unione Europea che prospetta una grande proposta strategica collegata ad una *"visione di un'Unione europea con un'economia prospera e sostenibile, leader mondiale per una gamma variata di tecnologie energetiche pulite, efficienti e a basse emissioni di carbonio, che costituiranno il motore della prosperità e un fattore chiave per la crescita e l'occupazione. Un'Unione europea che avrà saputo cogliere le opportunità che si celano dietro alle minacce del cambiamento climatico e della globalizzazione e che sarà pronta a contribuire alla sfida mondiale in campo energetico, offrendo ai paesi in via di sviluppo un accesso sempre più ampio a servizi energetici moderni"*.

In questa prospettiva la sfida dei cambiamenti climatici e dell'energia può divenire una opportunità di sviluppo per il sistema industriale europeo. Giocherà un ruolo determinante la capacità di assumere decisioni importanti per orientare in questa direzione gli investimenti pubblici e privati.

Dalle analisi effettuate attraverso gli scenari energetici nazionali emerge la necessità di approntare un sistema organico e articolato di politiche e misure in grado di orientare investimenti importanti sulle tecnologie per l'efficienza energetica, per le fonti rinnovabili e per le nuove tecnologie *carbon-free*.

A questo proposito è opportuno riprendere l'articolazione schematica dei settori tecnologici in tre *cluster* principali – assunti come riferimento per la costruzione degli scenari "di intervento" precedentemente descritti – e in un quarto *cluster* costituito da nuove tecnologie che sono state definite "di frontiera".

A tali *cluster*, individuati con riferimento a diversi orizzonti temporali, corrispondono diverse logiche e modalità di investimento che coinvolgono diverse tipologie di soggetti: i cittadini, il sistema della Pubblica Amministrazione, il sistema della produzione e dei servizi, il sistema della ricerca.

I primi due *cluster* sono relativi alle tecnologie, già da oggi disponibili ma non sufficientemente diffuse, per incrementare l'efficienza energetica e il ricorso a fonti rinnovabili di energia. Per il loro sviluppo, insieme a interventi di semplificazione del quadro normativo-autorizzativo e ad opportune politiche di incentivazione, è necessario realizzare interventi sul piano più generale della "cultura dell'efficienza e del risparmio energetico" nei confronti dei cittadini-utenti e degli operatori.

Si tratta di operare nel campo dell'informazione e della formazione, promuovere iniziative imprenditoriali sul piano della produzione industriale e sostenere il ruolo dei servizi energetici con particolare riferimento allo sviluppo delle "Energy Service Company", le cosiddette ESCo.

Abbiamo visto dagli scenari globali dell'Agenzia Internazionale dell'Energia - confermati dalle nostre analisi sul sistema energetico italiano - quanto sia ampio, in particolare nel settore Civile, e soprattutto nel Residenziale, il margine di intervento nei settori dell'efficienza energetica nella produzione, nella trasformazione e nell'uso finale dell'energia e quanto significativi gli effetti in termini di riduzione delle emissioni climalteranti.

In questo caso gli investimenti, adeguatamente sostenuti dall'intervento pubblico, possono avere tempi molto brevi di ritorno e possono innescare rapidamente effetti importanti sul piano della produzione e dell'occupazione. Determinante, già nel breve periodo, è una riorganizzazione del sistema energetico proiettata verso la generazione distribuita dell'energia che, avvicinando il sistema della produzione a quello dell'offerta, ottimizza il ricorso alle risorse del territorio con particolare riferimento alle fonti rinnovabili di energia e per la taglia ridotta degli impianti rende più praticabile sul piano dell'accettabilità sociale degli impianti e meno impegnativo sul piano degli investimenti il ricorso a sistemi innovativi.

Un ruolo trainante per l'avvio dei processi di innovazione in questi *cluster* tecnologici proviene dai servizi di qualificazione e certificazione di prodotti e processi e dagli interventi dimostrativi: è questo il campo in cui si realizza l'incontro con il sistema della ricerca scientifica e tecnologica. Significativo in questo senso il ruolo che possono ricoprire i laboratori di ricerca nell'aprirsi al sistema industriale e la dimostrazione tecnico economica della fattibilità di interventi innovativi sul territorio. Costituiscono un esempio in questo senso le attività dei laboratori dell'ENEA nel campo della qualificazione di componenti e sistemi per l'efficienza energetica e per il ricorso alle fonti rinnovabili di energia. Il progetto Archimede, attualmente in fase di realizzazione da parte dell'Enel presso la centrale termoelettrica di Priolo in Sicilia, è il risultato della ricerca dell'ENEA nel campo del solare a concentrazione per la generazione elettrica.

Il terzo *cluster* riguarda tecnologie prossime all'introduzione sul mercato ma attualmente ancora oggetto di sviluppi tecnologici e di processi di ingegnerizzazione. Si tratta in particolare delle nuove generazioni di tecnologie per le fonti rinnovabili e di quelle tecnologie che si prevede potranno consentire in tempi più lunghi un uso ambientalmente sostenibile di combustibili fossili.

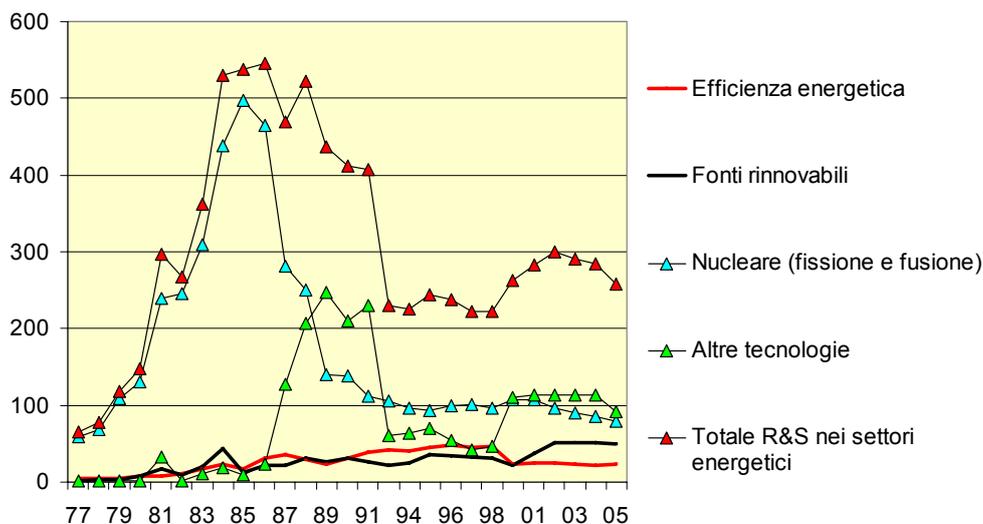
Queste tecnologie presentano un diverso grado di maturità e lo sviluppo della ricerca fa prevedere una continua evoluzione verso efficienze più elevate con conseguenti minori costi associati a minori consumi di combustibile fossile e quindi di emissioni di anidride carbonica a parità di produzione di energia elettrica.

Il *cluster* comprende le tecnologie per la cattura ed il confinamento della CO₂, tecnicamente già possibile nei cosiddetti impianti a emissioni zero ma la cui realizzazione presuppone profondi cambiamenti sia nei processi che nelle prestazioni degli impianti in termini di efficienza energetica e di costi.

Accanto alle tecnologie suddette vanno infine considerate altre soluzioni innovative che si prospettano nell'ambito della comunità scientifica internazionale. Si tratta di tecnologie - incluse nel quarto *cluster* - ancora oggetto di ricerca scientifica e tecnologica, per la produzione e l'utilizzo di idrogeno e per un uso sicuro ed economico della fonte nucleare. Queste tecnologie rappresentano una scommessa che si gioca oggi sul piano della ricerca e della sperimentazione per un futuro energetico "carbon-free".

È in ogni caso determinante, all'interno della sfida dell'ambiente e dell'energia, il ruolo che gioca il fattore ricerca - e non solo per gli sviluppi a lungo termine - e quanto sia, di conseguenza, necessario rendere più consistente e meglio orientato l'investimento nella ricerca e sviluppo nel nostro Paese.

Figura 45 - Spese governative per R&S in campo energetico in Italia per principali settori. Anni 1977-2005 (M€)



Fonte: Banca dati AIE

L'ammontare delle spese per la ricerca energetica, peraltro tra i più bassi tra i diversi settori industriali, appare inoltre particolarmente modesto proprio nel campo delle tecnologie per l'efficienza energetica e per le fonti rinnovabili (figura 45).

Gli scenari che si sono aperti con le decisioni dell'UE del 9 marzo scorso indicano una prospettiva nella quale gli investimenti in ricerca nelle rinnovabili e nell'efficienza energetica dovranno essere sempre più consistenti. Occorre muoversi in questa direzione anche nel nostro Paese investendo più risorse nella ricerca guardando soprattutto alla qualità. Il principio della valutazione e dell'eccellenza della ricerca deve guidare le scelte di allocazione delle risorse. L'istituzione, su proposta del Ministero dell'Università e della Ricerca, di un'agenzia per la valutazione della ricerca va in questa direzione.

Investimenti nelle tecnologie energetiche e competitività

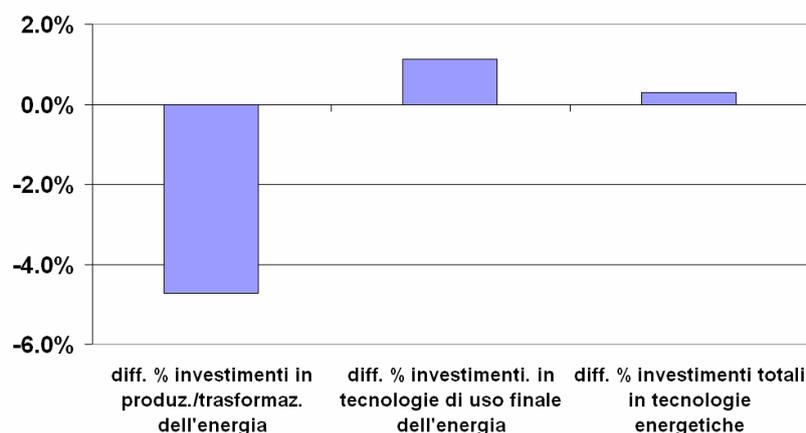
Dall'analisi degli scenari energetici elaborati da ENEA per l'Italia si evidenzia come le riduzioni consistenti dei consumi di energia, e più ancora delle emissioni di CO₂, siano determinate in primo luogo da un uso massiccio di tecnologie più efficienti. Ciò richiede d'altra parte maggiori investimenti per la diffusione e lo sviluppo di tecnologie innovative.

Nel corso dell'intero orizzonte temporale degli scenari l'aumento della spesa per investimenti in tecnologie energetiche risulta complessivamente piuttosto contenuto, ma è interessante notare come la realizzazione delle misure richieda un notevole cambiamento nella "struttura" degli investimenti, che negli scenari di intervento sono molto maggiori negli usi finali dell'energia, mentre sono inferiori nelle fasi di produzione e conversione dell'energia:

- dal lato della domanda, cioè negli usi finali dell'energia, gli scenari che prevedono specifici interventi di carattere energetico-ambientale presentano infatti una spesa per investimenti in tecnologie innovative superiore a quella degli scenari tendenziali, in conseguenza degli acquisti di più efficienti automobili, motori industriali, elettrodomestici e altri apparecchi di vario tipo (nell'intero periodo 2005-2040 tale aumento è piuttosto modesto in percentuale, ma è comunque significativo in termini assoluti).

- dal lato dell'offerta, invece, cioè nelle fasi di produzione e conversione dell'energia, gli scenari di intervento presentano investimenti nelle tecnologie di molto inferiori a quelli degli scenari A1/B1 (in percentuale la riduzione supera il 4%, figura 46), grazie alle riduzioni dei consumi energetici che caratterizzano tali scenari (riduzioni dei consumi dovute non solo ai maggiori investimenti in tecnologie ma anche al cambiamento modale nei trasporti, quindi anche a cambiamenti nelle scelte dei consumatori).

Figura 46 - Differenza percentuale nelle spese per investimenti in tecnologie energetiche (nel periodo 2005-2040) tra lo scenario tendenziale e lo scenario di intervento



L'implicazione di rilievo di tutto ciò è che la scelta di puntare su innovazioni tecnologiche nei settori degli usi finali di energia fa evidentemente diminuire l'incremento della potenza da installare, con una variazione dei costi di investimento (rispetto all'evoluzione tendenziale) che per il sistema nel suo insieme risulta quasi nulla.

Allo stesso tempo, si pone la questione dei soggetti su cui vanno a ricadere le conseguenze di questa scelta, gli utenti finali. Quanto più il sistema produttivo riuscirà a combinare innovazione, tecnologia ed efficienza, tanto minore sarà il costo a carico dell'utente finale e tanto maggiore la probabilità dell'effettiva realizzazione del suddetto cambiamento del sistema energetico. Le conseguenze dipenderanno dalle combinazioni di vincoli ed incentivi che verranno adottate.

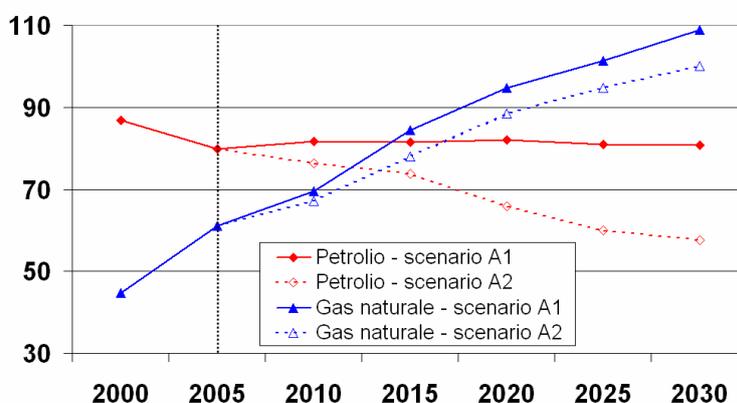
Si tratta di una questione di notevole rilievo, di cui tener conto nella stima dei possibili effetti delle politiche energetiche e ambientali, perché la realizzazione degli obiettivi potenziali di incremento dell'efficienza richiede evidentemente comportamenti "virtuosi" di un gran numero di decisori diversi (individui e famiglie in primo luogo), e perché tra gli utenti finali le resistenze al cambiamento tecnologico sono inevitabilmente maggiori.

La riduzione "potenziale" dei consumi energetici corrisponde infatti a un mondo "ideale", nel quale produttori e consumatori agiscono in modo perfettamente razionale, per cui adottano le tecnologie energetiche efficienti non appena divengono "cost-effective", mentre nella realtà la maggior parte degli operatori economici prendono molte delle loro decisioni di investimento in modo "non pienamente razionale". In generale gli investimenti in efficienza energetica saranno effettuati solo in previsione di un recupero in tempi molto brevi, per cui l'investimento nelle tecnologie efficienti risulta inferiore a quello ottimale, ed il sistema è caratterizzato dalla presenza di un cosiddetto "energy-efficiency gap".

Il modesto aumento complessivo della spesa per investimenti negli scenari di intervento comporta per il sistema non solo una riduzione dei consumi energetici, ma anche del costo dell'energia, in primo luogo per la riduzione delle spese per le importazioni di energia. Tali riduzioni permettono nel lungo periodo di arrivare a compensare completamente le maggiori spese legate agli investimenti in nuove tecnologie.

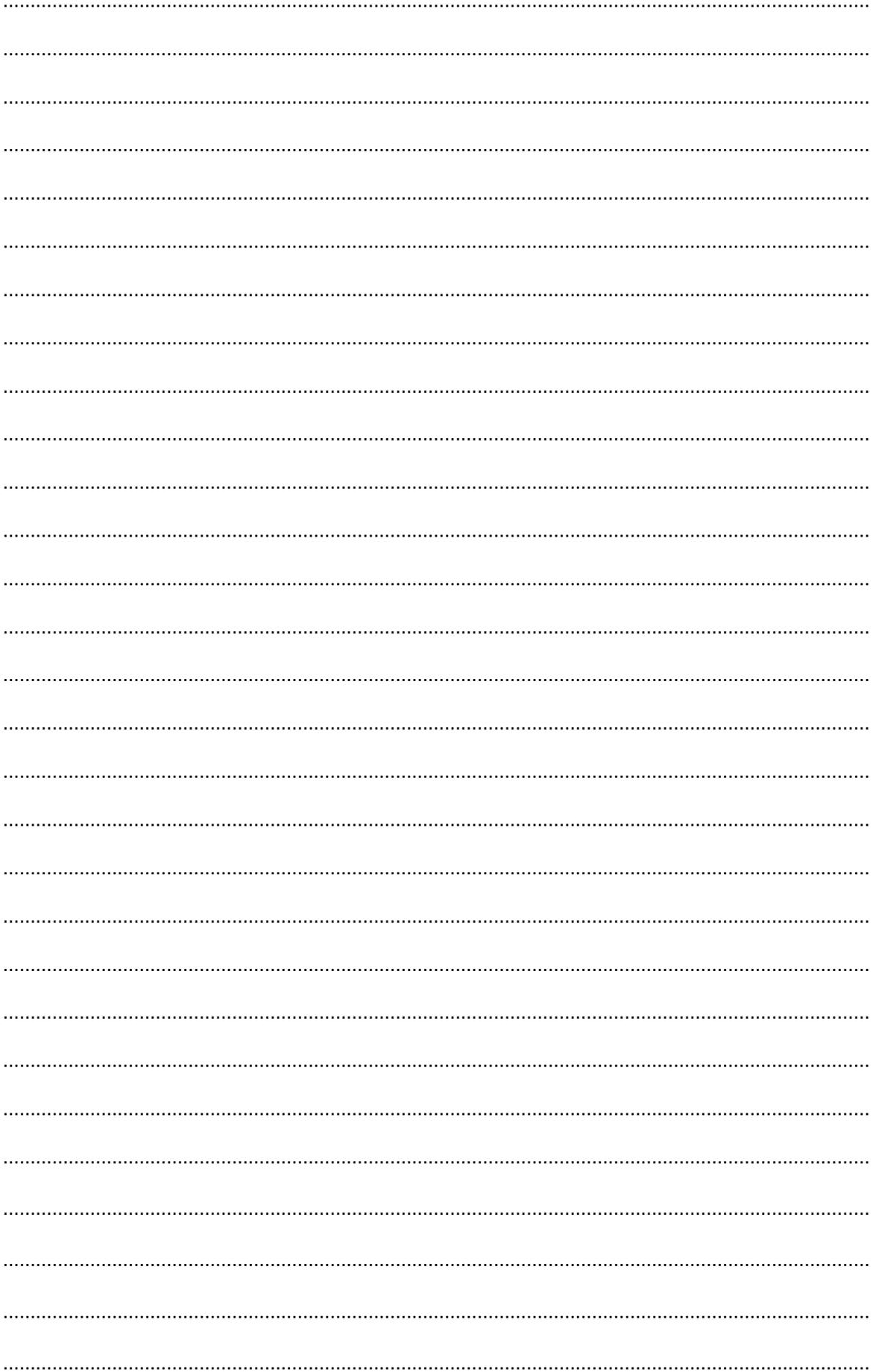
In definitiva, l'attivazione delle misure previste negli scenari di intervento può determinare una serie di benefici (diretti e indiretti), che non sempre sono facilmente esprimibili in termini monetari: i consistenti risparmi delle spese per l'energia si aggiungono infatti ai benefici legati alla riduzione delle emissioni (benefici ambientali) e al significativo incremento della sicurezza energetica del paese. Negli scenari di intervento l'import di petrolio si riduce infatti di valori compresi tra 15 e 25 Mtep, l'import di gas naturale di circa 10 Mtep, con conseguenti risparmi della spesa per le importazioni di energia che superano il 10% (figura 47).

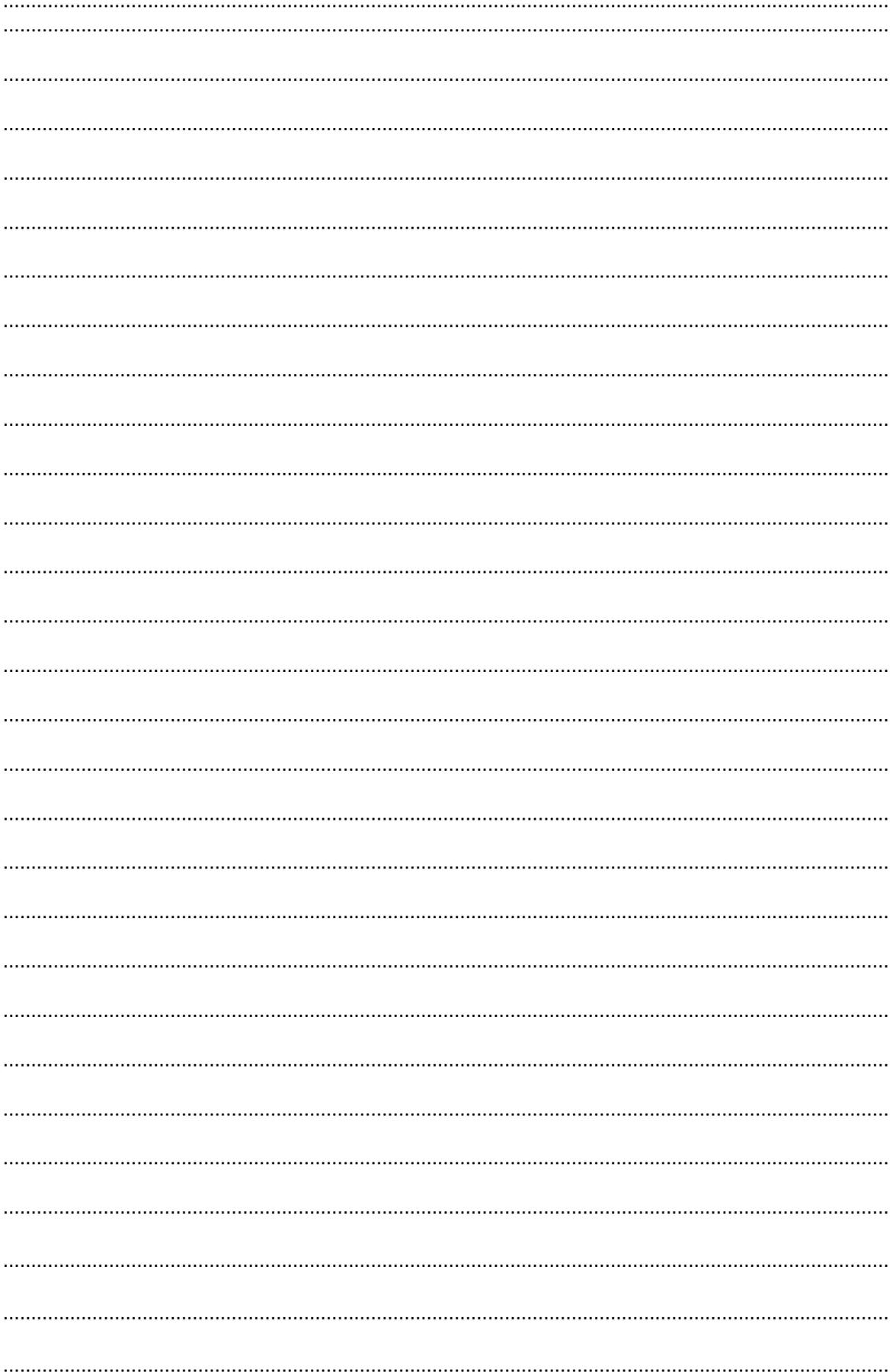
Figura 47 - Importazioni di petrolio e gas in due scenari (Mtep)



Infine, nella valutazione delle possibili evoluzioni del sistema energetico non si può prescindere da valutazioni più generali, nelle quali il confronto dei costi e benefici interni al sistema energetico è affiancato da un confronto tra i vincoli e le opportunità del sistema produttivo nel suo insieme.

Lo sviluppo tecnologico nel settore energetico può per un verso avere ricadute (dirette e indirette) sullo sviluppo tecnologico di tutto il sistema economico, e quindi sulle sue opportunità di crescita ma, per un altro verso, ciò richiede la capacità, da parte del sistema, di attivare processi di creazione di nuove competenze tecnologiche, mediante quei circuiti virtuosi che vanno dagli investimenti nella ricerca alla realizzazione di "piattaforme tecnologiche" nazionali su cui giocare la scommessa competitiva del paese. ENEA è pronta a fare la sua parte.





Edito dall'ENEA
Unità Comunicazione
Lungotevere Thaon di Revel, 76 - 00196 Roma
www.enea.it

Edizione del volume a cura di Giuliano Ghisu
Copertina: Bruno Giovannetti
Stampa: Primaprint (Viterbo)
Finito di stampare nell'aprile 2007