



AGENZIA INTERNAZIONALE DELL'ENERGIA

# ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

2  
0  
0  
8

In supporto al piano d'azione del G-8

SINTESI

Scenari e  
strategie  
da oggi  
al 2050



# ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES

2  
0  
0  
8

## Scenari e strategie da oggi al 2050

Il mondo ha un bisogno crescente di energia per sostenere la crescita e lo sviluppo economici. La pressione sulle risorse energetiche, tuttavia, è già elevata e le odierne emissioni di CO<sub>2</sub> legate al consumo di energia stanno mettendo a rischio il clima. Quali sono le alternative per invertire questo trend e costruire un futuro energetico più pulito e più efficiente? Quali i costi e quali le politiche necessarie per portarlo a realizzazione?

Questa seconda edizione dell'*Energy Technology Perspectives* risponde a questi quesiti basandosi sulla riconosciuta competenza dell'Agenzia Internazionale dell'Energia e sulla sua rete di esperti nel settore energetico-tecnologico.

L'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) è stata incaricata dai leaders dei G-8 di fornire una guida ai responsabili delle politiche nazionali per superare il gap tra la situazione attuale e la realizzazione di un futuro energetico pulito, intelligente e competitivo. Questa pubblicazione è la risposta a tale richiesta.

L'analisi dell'AIE dimostra come un futuro energetico più sostenibile sia alla nostra portata e come la tecnologia ne sia l'elemento chiave. Una migliore efficienza energetica, la cattura e il confinamento della CO<sub>2</sub>, le fonti rinnovabili e l'energia nucleare saranno tutti elementi di fondamentale importanza. È necessario agire con urgenza per ridurre la dipendenza dai combustibili fossili ed il suo effetto sulla sicurezza energetica e sull'ambiente, sfruttando il notevole potenziale delle tecnologie esistenti e di quelle emergenti.

Questo lavoro innovativo dimostra, presentando una serie ambiziosa di scenari mondiali estesi al 2050, come le tecnologie energetiche possano fare la differenza. Esso illustra anche delle linee-guida per le tecnologie applicabili in tutti i settori chiave dell'energia, quali la generazione di energia elettrica, i settori residenziale e commerciale, il settore dell'industria e quello dei trasporti. L'edizione dell'*Energy Technology Perspectives 2008* fornisce un quadro dettagliato e completo di tecnologie e politiche che possono aiutare a meglio focalizzare discussioni e dibattiti sull'energia.

© OECD/IEA, 2008

No reproduction, copy, transmission or translation of this publication may be made without written permission.

Applications should be sent to:

International Energy Agency (IEA),  
Head of Communication and Information Office,  
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

## **SINTESE**

### Introduzione

---

**Il settore energetico è posto di fronte a delle sfide importanti.** L'economia mondiale è destinata a quadruplicare tra oggi ed il 2050. La crescita potrebbe decuplicare in paesi emergenti come Cina ed India. Questo sviluppo promette benefici economici ed un miglioramento notevole della qualità di vita, ma implica anche un maggior consumo di energia. La pressione sulle risorse naturali e sull'ambiente è inevitabilmente non sostenibile, a meno che la domanda di energia non venga disgiunta dallo sviluppo economico e dalla riduzione della domanda di combustibili fossili.

**La situazione sta peggiorando.** Rispetto all'edizione 2006 dell'*Energy Technology Perspectives* (ETP), le emissioni mondiali di CO<sub>2</sub> e la domanda di petrolio hanno continuato ad aumentare. Con un aumento del 7% rispetto alle nostre precedenti previsioni, le proiezioni più ottimistiche odierne del nostro scenario di Base (del tipo "business as usual") prevedono, entro il 2050, un incremento del 70% della domanda di petrolio e del 130% delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Questo, in assenza di modificazioni delle politiche attualmente vigenti e senza particolari restrizioni per gli approvvigionamenti delle risorse. Secondo quanto indicato dal Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC), una crescita di tale portata delle emissioni di CO<sub>2</sub> potrebbe innalzare la media delle temperature mondiali di 6° C (eventuale livello di stabilizzazione), o forse più, con modificazioni rilevanti su tutti gli aspetti della vita e conseguenze irreversibili sull'ambiente.

**È necessaria una rivoluzione nel modo di produrre e consumare l'energia a livello mondiale.** Il netto miglioramento dell'efficienza energetica è un requisito essenziale. Le fonti rinnovabili, l'energia nucleare e la tecnologia di cattura e confinamento della CO<sub>2</sub> (CCC), devono essere utilizzate su vasta scala, in parallelo allo sviluppo di un sistema di trasporti a zero emissioni di carbonio.

**È necessario un drastico cambiamento delle politiche governative,** in particolare incrementando il livello di certezza delle politiche a lungo termine e della domanda futura di tecnologie a bassa intensità di carbonio, elementi sui quali l'industria potrà fare affidamento. Sarà inoltre cruciale raggiungere **livelli di cooperazione senza precedenti tra le maggiori economie,** tenendo presente che i paesi OCSE saranno responsabili di meno di un terzo delle emissioni globali nel 2050, secondo lo scenario "business-as-usual".

In sintesi, nei prossimi decenni **l'economia energetica mondiale dovrà essere trasformata.** Scopo di questa pubblicazione è spiegare come si può fare. Questo studio presenta un'analisi approfondita della situazione attuale e futura delle tecnologie esistenti ed avanzate per un'energia pulita, illustrando anche, con un'analisi basata su differenti scenari, come un mix di queste tecnologie possa fare la differenza. Questa edizione dell'*Energy Technology Perspectives* presenta inoltre delle **linee-guida sulle 17 tecnologie** che crediamo possano fornire il maggior contributo, spiegando tempi e modi necessari al dispiegamento del loro pieno potenziale.

I nostri scenari si occupano unicamente delle emissioni di CO<sub>2</sub> legate all'energia, che rappresentano la maggior parte delle emissioni di gas ad effetto serra antropogeniche. Ad ogni modo, l'effetto complessivo sul cambiamento climatico della riduzione delle emissioni legate all'energia dipenderà, in certa misura, dalla possibilità di ridurre in maniera analoga le altre emissioni. Questa è la ragione per cui questo studio include un capitolo sul metano, un altro importante gas ad effetto serra.

L'analisi qui presentata si basa sul lavoro di modellizzazione sviluppato dal Segretariato dell'AIE e beneficia delle competenze della rete internazionale di esperti per la collaborazione sulle tecnologie energetiche dell'AIE. L'*Energy Technology Perspectives* è una pubblicazione sorella del *World Energy Outlook 2007* dell'AIE, utilizzando lo stesso scenario di Base fino al 2030, ed estendendolo al 2050. Questo studio continua le analisi contenute nell'edizione del 2006 dell'ETP, alla luce del Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC, pubblicato nel novembre del 2007.

Nell'ETP 2008 sono presentati diversi gruppi di scenari. Gli "Scenari ACT" mostrano come le emissioni di CO<sub>2</sub> mondiali possono essere riportate, nel 2050, ai livelli attuali, mentre gli "Scenari BLUE" hanno come obiettivo una riduzione del 50% delle emissioni di CO<sub>2</sub> nel medesimo arco temporale. La sintesi che segue si incentra su singolo scenario per ciascuno di questi gruppi, rispettivamente l'ACT Map e il BLUE Map.

## Scenari ACT

**Le tecnologie che già esistono, o che sono in una fase di sviluppo avanzato, possono riportare le emissioni mondiali di CO<sub>2</sub> ai livelli attuali entro il 2050.** In questo caso le emissioni devono raggiungere il loro picco tra il 2020 ed il 2030. Lo scenario ACT Map presuppone l'adozione di un'ampia gamma di tecnologie con un costo marginale fino a 50 dollari<sup>1</sup> per tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata, quando pienamente commercializzate. Un impegno di tale portata modifica profondamente alcune attività legate all'utilizzo dell'energia. Porterebbe, ad esempio, ad un raddoppio dei costi di generazione per una centrale a carbone non dotata del sistema di cattura e confinamento della CO<sub>2</sub>. Questo costo marginale è il doppio di quanto stimato due anni fa nell'ETP 2006, principalmente a causa dell'accelerazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, del raddoppio dei costi di costruzione ed equipaggiamenti, e in parte anche a causa della diminuzione del valore del dollaro.

**Il compito si presenta problematico e costoso.** Si stima che l'investimento aggiuntivo necessario per il settore energetico ammonti, nel periodo compreso tra oggi e il 2050, a 17 mila miliardi di dollari, con una media di circa 400 miliardi di dollari annui, cifra quasi equivalente al Prodotto Interno Lordo (PIL) dei Paesi Bassi, o allo 0,4% del PIL mondiale annuo tra oggi e il 2050.

## Scenari BLUE

**Il ritorno delle emissioni ai livelli del 2005 potrebbe però non essere sufficiente.** L'IPCC è giunto alla conclusione che è necessario mitigare le emissioni di una percentuale compresa tra il 50% e l'85% entro il 2050 per contenere il riscaldamento mondiale tra i 2 ed i 2,4°C. I leaders dei G-8, riunitisi nel Summit di Heiligendamm nel 2007, hanno concordato di prendere seriamente in considerazione un target di riduzione del 50% delle emissioni totali di CO<sub>2</sub>.

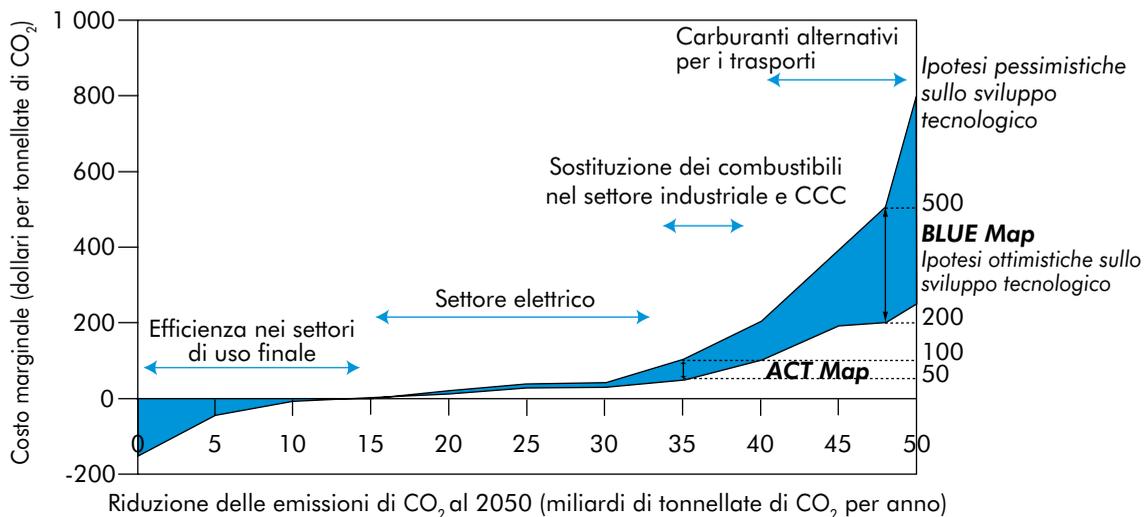
**Una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 50% (rispetto ai livelli attuali) entro il 2050 è un compito impegnativo.** Questo scenario presuppone un netto cambio di direzione in tempi molto brevi. I costi non solo sono sostanzialmente più elevati, ma anche molto più incerti, e questo perché gli scenari BLUE richiedono la diffusione di tecnologie ancora in fase di sviluppo,

1. Tutti i costi sono in dollari reali del 2005.

il cui progresso ed il successo finale sono difficili da prevedere. **Mentre gli scenari ACT richiedono un forte impegno, gli scenari BLUE richiedono una messa in atto urgente di politiche nuove e lungimiranti per il settore energetico, mai usate sino ad ora.**

Sulla base di ipotesi ottimistiche sullo sviluppo di tecnologie chiave, lo scenario BLUE Map richiede una diffusione di tutte le tecnologie con un costo, a piena commercializzazione, fino a 200 dollari per tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata. Se il progresso di queste tecnologie non dovesse portare ai risultati attesi, i costi potrebbero aumentare fino a 500 dollari per tonnellata. Al margine, quindi, lo scenario BLUE Map richiede l'utilizzo di tecnologie che costano almeno quattro volte più della più costosa tecnologia tra quelle necessarie nello scenario ACT Map. Ciononostante, il costo *medio* per le tecnologie necessarie nel Blue Map è molto inferiore a quello marginale, con una cifra compresa tra 38 e 117 dollari per tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata. La figura ES.1 mostra come il costo marginale per l'abbattimento della CO<sub>2</sub> nel 2050 aumenti con l'incremento del target di riduzioni di CO<sub>2</sub>, dallo scenario ACT Map fino a raggiungere i più alti livelli necessari per il BLUE Map.

**Figura ES.1** ► Costi marginali per la riduzione delle emissioni per il sistema energetico mondiale al 2050



**Gli investimenti aggiuntivi necessari per lo scenario Blue Map, relativi al periodo 2008-2050, sono pari a 45 mila miliardi di dollari.** Essi includono costi aggiuntivi per Ricerca e Sviluppo, maggiori investimenti per la diffusione di tecnologie non ancora competitive sul mercato (anche con incentivi per la riduzione della CO<sub>2</sub>), e investimenti commerciali per opzioni a basso contenuto di carbonio (stimolati dagli incentivi per la riduzione della CO<sub>2</sub>). Il totale ammonta a circa 1,1 mila miliardi di dollari l'anno, cifra quasi equivalente al PIL attuale dell'Italia, o al 10% del PIL attuale degli Stati Uniti. Questa cifra corrisponde ad una media di circa l'1,1% del PIL mondiale annuo fino al 2050. Questa spesa riflette un cambiamento per le attività economiche e del lavoro, e non necessariamente una riduzione del PIL. Sebbene tutto questo sia destinato ad avere degli effetti sul PIL mondiale, questi sono difficili da prevedere. La loro valutazione inoltre va al di là degli obiettivi di questa analisi.

## Vantaggi derivanti dagli investimenti

Mentre gli investimenti addizionali richiesti per gli scenari ACT e BLUE danno una misura dell'impegno richiesto, essi non rappresentano dei costi netti. Questo è dovuto al fatto che gli investimenti per l'efficienza energetica, per molte delle fonti rinnovabili e per l'energia nucleare, riducono la domanda di combustibili. **Sia negli scenari ACT che negli scenari BLUE, la stima dei risparmi totali del costo dei carburanti (senza usare alcun tasso di sconto) per carbone, petrolio e gas, da oggi al 2050, è superiore a quella richiesta in investimenti addizionali per le tecnologie** (prendendo in considerazione i combustibili al prezzo dello scenario Base). Se si utilizza un tasso di sconto del 3%, i risparmi sui combustibili superano gli investimenti addizionali richiesti nello scenario ACT Map, ma non quelli degli scenari BLUE, mentre con tasso di sconto del 10% sono superiori in tutti gli scenari.

Alcuni investimenti sono, ovviamente, estremamente convenienti dal punto di vista economico, in particolare quelli per l'efficienza energetica. Al contrario, se si prende in considerazione la parte associata a costi maggiori nel quadro degli investimenti necessari per gli scenari BLUE, alcuni investimenti sono economicamente vantaggiosi solo con alti incentivi per la riduzione della CO<sub>2</sub>. Non tutti gli investimenti, inoltre, riducono i costi dei combustibili. Gli investimenti per la CCC *aumenteranno* la quantità di carbone necessaria a parità di produzione di energia elettrica, a causa della diminuzione del rendimento delle centrali che la CCC comporta.

## Un mercato petrolifero più equilibrato

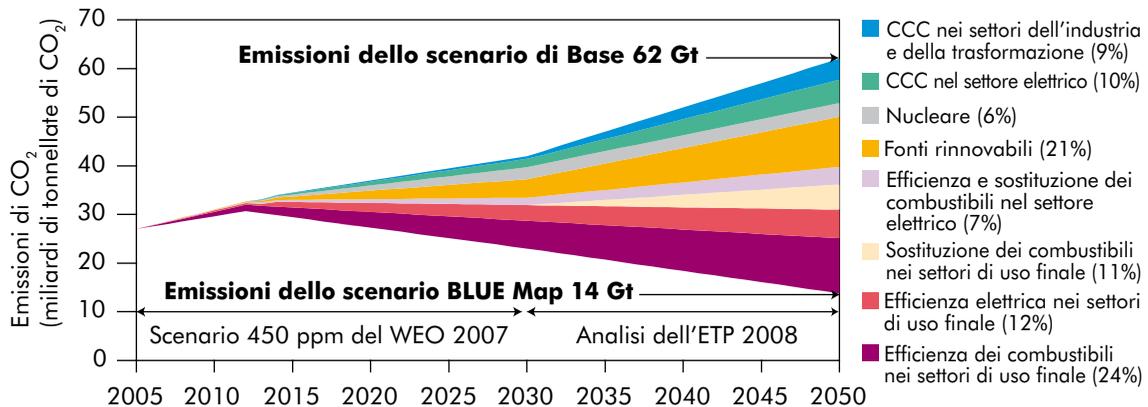
**Oltre ad effetti positivi sull'ambiente, gli scenari ACT e BLUE illustrano anche un futuro dei mercati petroliferi più equilibrato.** Nello Scenario ACT Map, la domanda di petrolio continua a crescere, aumentando del 12% tra oggi ed il 2050, quindi molto meno rispetto allo scenario Base. Lo scenario Blue Map mostra una differenza ben più accentuata, con la domanda di petrolio, nel 2050, effettivamente *inferiore* del 27% rispetto a quella attuale. Tutti gli scenari indicano, comunque, che nei prossimi decenni saranno necessari ingenti investimenti per gli approvvigionamenti di combustibili fossili.

## La rivoluzione tecnologica

In tutti gli scenari ACT e BLUE il **miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, delle apparecchiature elettriche, nel settore dei trasporti, dell'industria e in quello elettrico, portano ai maggiori risparmi con il minor costo.** Seconde per ordine di importanza sono le misure per **decarbonizzare** in maniera sostanziale **la generazione di energia elettrica**, che può essere raggiunta con un mix di energie rinnovabili, con il nucleare e con l'utilizzo di CCC nelle centrali a combustibili fossili. A prescindere da quale sia l'obiettivo finale, è necessario intervenire in tutti questi settori con urgenza. È particolarmente importante evitare di bloccarsi su tecnologie inefficienti per i prossimi decenni. Nello scenario Blue Map **devono essere sviluppate** soluzioni più costose, quali **l'utilizzo della CCC nell'industria e l'uso di combustibili alternativi nel settore dei trasporti.** La figura ES.2 mostra le diverse voci dei risparmi di CO<sub>2</sub> dello scenario BLUE Map rispetto a quello di

Base. I responsabili delle decisioni politiche non devono dimenticare che spesso i cambiamenti necessitano di tempi lunghi per essere completati, e devono anche tenere presente che le priorità dei vari paesi varieranno in funzione delle circostanze nazionali. Un altro elemento importante nella strategia per il cambiamento climatico è, inoltre, la riduzione delle emissioni di metano legate al settore energetico, in quanto esse offrono importanti possibilità di limitare i gas ad effetto serra nel breve periodo e con costi competitivi.

**Figura ES.2** ► Confronto tra gli scenari 450 ppm del World Energy Outlook 2007 e BLUE Map, 2005-2050



## Edifici ed apparecchiature

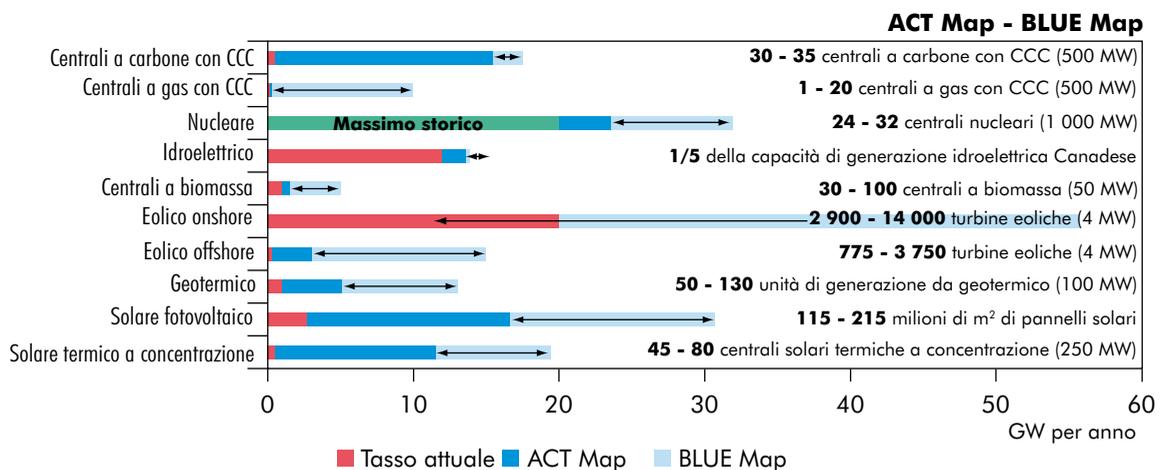
Gli scenari ACT possono essere realizzati utilizzando tecnologie per edifici ed apparecchiature già oggi largamente disponibili ed economicamente convenienti se valutate sulla base del ciclo di vita. Per realizzare gli scenari Blue si dovranno impiegare tecnologie nuove ed emergenti; in alcuni casi saranno necessarie delle tecnologie vantaggiose solo con costi di riduzione della CO<sub>2</sub> relativamente alti, quantomeno all'inizio della loro diffusione. Questi scenari considerano un'ampia conversione verso edifici a basso consumo di energia, sino ad edifici a "zero" consumi. **Le implicazioni politiche degli standard energetici per edifici ed apparecchiature sono notevoli.** La combinazione di misure relative alla struttura degli edifici, l'uso di pompe di calore, impianti di riscaldamento solari e un'elevata efficienza delle apparecchiature e dei sistemi di illuminazione riduce il fabbisogno di energia negli edifici. L'efficienza energetica così come la sostituzione dei combustibili con fonti rinnovabili e con energia elettrica a basso contenuto di carbonio riducono le emissioni di gas serra. Nello scenario Blue Map è necessario un investimento aggiuntivo di 7,4 mila miliardi di dollari per gli edifici del settore residenziale e commerciale, contro i 2,6 mila miliardi dello scenario ACT Map.

## Il settore elettrico

**La cattura e il confinamento della CO<sub>2</sub> per la generazione di energia elettrica e per il settore industriale è la nuova tecnologia più importante,** se considerata singolarmente, per i risparmi di CO<sub>2</sub> in entrambi gli scenari ACT Map e BLUE Map, nei quali rappresenta rispettivamente il 14% ed il 19% della riduzione totale della CO<sub>2</sub>. Lo scenario BLUE Map include anche le applicazioni più costose di CCC, relative all'industria ed alle centrali a gas. **Si rende necessario uno spostamento massiccio verso le fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica, in particolar modo verso l'eolico, il solare fotovoltaico**

**e termico a concentrazione e la biomassa.** Nello scenario BLUE Map, entro il 2050, il 46% dell'energia elettrica mondiale sarà prodotta da fonti rinnovabili. L'utilizzo combinato di tutte le tecnologie rinnovabili, in tutti i settori, è responsabile del 21% della riduzione di CO<sub>2</sub> nello scenario BLUE Map rispetto allo scenario Base. Un cambiamento sostanziale verso un maggior utilizzo dell'energia nucleare, con la costruzione di 32 gigawatt di capacità ogni anno fino al 2050, contribuisce al 6% delle riduzioni di CO<sub>2</sub>. Nello scenario BLUE Map, l'energia nucleare conta per circa un quarto della produzione di energia elettrica e l'idroelettrica per circa un ottavo, incrementando il ruolo importante che entrambe le tecnologie già giocano nello scenario Base. La figura ES.3 illustra il tasso annuale di nuova capacità di generazione che sarebbe necessario aggiungere in ciascuno scenario.

**Figura ES.3** ► **Fabbisogno di investimento medio annuo nel settore elettrico negli scenari ACT Map e BLUE Map tra il 2005 ed il 2050**



È stata considerata un'ampia gamma di scenari per la generazione di energia elettrica, dai quali si evince che **esiste, per ciascun paese, una considerevole flessibilità per scegliere quale mix di tecnologie per CCC, rinnovabili e nucleare, si vuole utilizzare per decarbonizzare la produzione di energia elettrica.** L'investimento aggiuntivo complessivo per il settore elettrico (escluse la trasmissione e la distribuzione) ammonta a circa 700 miliardi di dollari nello scenario ACT Map ed a 3,6 mila miliardi nel Blue Map. Queste cifre sono il risultato netto dato dalla combinazione di un costo di capitale più elevato per unità di capacità con una riduzione di un quinto della produzione di energia elettrica per via dei risparmi ottenuti nell'utilizzo finale dell'elettricità. **Gli scenari BLUE richiedono un numero sostanziale di dismissioni anticipate;** ad esempio, un terzo di tutte le centrali a carbone in cui non è possibile installare la CCC dovranno venire chiuse prima della fine del loro ciclo di vita tecnico. È evidente che questo sarà un passo importante per i paesi che dipendono fortemente dal carbone, ma è anche una tappa obbligata che richiede una attenta gestione.

## Il settore dei trasporti

Nello scenario ACT Map, i risparmi di energia e di emissioni nel settore dei trasporti sono ottenuti in larga misura attraverso notevoli **miglioramenti dell'efficienza dei veicoli convenzionali** e con una maggiore penetrazione dei veicoli ibridi nel mercato. I biocombustibili a basso contenuto di carbonio giocano un ruolo importante,

soprattutto come sostituti della benzina usata nelle automobili. È essenziale, inoltre, ridurre il trend attuale verso veicoli sempre più grandi e pesanti.

**Lo scenario BLUE Map pone una sfida molto impegnativa** per il settore dei trasporti e **richiede una significativa decarbonizzazione di questo settore**, opzione che è presumibilmente molto più costosa in un settore fino ad ora dominato dai derivati del petrolio e dal motore a scoppio. Nello scenario BLUE Map ci si aspetta che i biocombustibili a basso contenuto di carbonio svolgano un ruolo determinante, restando nei limiti della sostenibilità della produzione e della coltivazione. Il trasporto pesante, quello via mare e quello aereo, sono i principali fruitori di biocombustibili, dal momento che altre soluzioni alternative agli idrocarburi (usate in altri settori) risulterebbero troppo costose per queste forme di trasporto. Per gli autoveicoli le alternative principali sono le batterie elettriche e le celle a combustibile, ma è difficile stabilire, a questo stadio, quale di queste tecnologie, o quale loro combinazione, risulterà essere la più competitiva. Basandosi su ipotesi abbastanza ottimistiche sul progresso tecnologico e la riduzione dei costi, si prevede che, nel 2050, i veicoli elettrici e quelli a celle a combustibile avranno un costo di circa 6 500 dollari superiore a quello dei veicoli convenzionali. Nello scenario BLUE Map, nel 2050 quasi un miliardo di veicoli elettrici e a celle a combustibile dovrà essere in circolazione. In tutti gli scenari, il settore dei trasporti è quello che richiede i maggiori investimenti. Il fabbisogno di investimenti aggiuntivi in questo settore è pari a 33 mila miliardi di dollari nello scenario BLUE Map, e a 17 mila miliardi nello scenario ACT Map.

## Il settore industriale

In maniera diretta o indiretta, il settore industriale manifatturiero contribuisce per più di un terzo al consumo mondiale di energia e alle emissioni di CO<sub>2</sub>. L'industria siderurgica e quella del cemento sono responsabili di circa la metà delle emissioni del settore industriale, le industrie chimiche e petrolchimiche ne rappresentano un'altra importante parte. L'industria pesante vanta negli ultimi anni un record di guadagni in termini di efficienza energetica, dovuti soprattutto alla necessità di gestire i costi dell'energia. Sussistono comunque ancora ampi margini per ulteriori guadagni, specialmente per le industrie a minor intensità energetica, soprattutto grazie a sistemi di controllo più efficienti e alle centrali a cogenerazione. Esistono inoltre potenzialità per il progresso di tecnologie che sono specifiche per ogni tipo di industria e per l'applicazione della CCC.

**È difficile ottenere una riduzione notevole delle emissioni di CO<sub>2</sub> del settore industriale.** Nello scenario ACT Map, le emissioni di CO<sub>2</sub> relative al consumo di energia nell'industria sono del 63% più elevate nel 2050 che nel 2005. Nello scenario BLUE Map, grazie ad un'applicazione diffusa della CCC in grandi impianti ad alta intensità energetica, esse sono del 22% inferiori rispetto ai livelli attuali. In quest'ultimo scenario i risparmi diretti od indiretti di CO<sub>2</sub> sono notevoli, corrispondenti a circa 10 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno. Lo scenario BLUE Map richiede un investimento aggiuntivo, rispetto allo scenario di Base, di 2,5 mila miliardi di dollari per il miglioramento di impianti industriali, soprattutto nei settori siderurgico, del cemento e nell'industria della carta, e per un'ulteriore diffusione della CCC.

## Trend di efficienza energetica

**Sono necessari dei netti miglioramenti dell'efficienza energetica rispetto ai recenti trend.** L'efficienza energetica, nei paesi OCSE, è aumentata di poco

meno dell'un per cento annuo negli ultimi tempi, con un netto declino rispetto al tasso raggiunto negli anni immediatamente successivi allo shock petrolifero dei primi anni 70. Lo scenario ACT Map richiede un aumento sostanziale dell'efficienza energetica mondiale pari all'1,4% annuo, mentre per lo scenario BLUE Map c'è bisogno di un aumento del 1,7%. Anche se questa differenza percentuale può apparire minima, la differenza dello 0,3% tra gli scenari ACT Map e BLUE Map corrisponde a 1 544 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio di risparmi aggiuntivi di energia nel 2050, pari al 20% del consumo odierno mondiale di energia per usi finali.

## Ricerca, sviluppo e dimostrazione

**Alcune delle tecnologie richieste dagli scenari BLUE non sono ancora disponibili, mentre molte altre richiedono un ulteriore perfezionamento ed una riduzione dei costi. Risulta quindi necessario uno sforzo notevole per programmi di Ricerca, Sviluppo e Dimostrazione (RSD).** Ciononostante, le risorse allocate dal settore pubblico e da quello privato per programmi di RSD sull'energia hanno visto un declino rispetto ai livelli degli anni '70 e '80, fino a stabilizzarsi attualmente a livelli relativamente bassi. Molti paesi OCSE investono meno dello 0,03% del PIL, con l'eccezione del Giappone, che investe lo 0,08%. Il budget del settore privato per programmi di RSD per l'energia supera oggi notevolmente quello del settore pubblico. Anche se è difficile entrare nel dettaglio, studi indipendenti hanno suggerito che i programmi di RSD del settore pubblico devono aumentare tra le due e le dieci volte rispetto ai valori attuali. Questa analisi non identifica un obiettivo preciso, ma mette in luce chiaramente **la necessità di una maggiore accelerazione degli sforzi per la RSD**, sia per promuovere la ricerca di nuove tecnologie, sia per ridurre i costi di quelle attualmente disponibili. **Sono necessarie ulteriori migliorie e soluzioni più economiche per tecnologie fondamentali come il solare fotovoltaico, le centrali avanzate a carbone, i biocombustibili avanzati, la cattura della CO<sub>2</sub>, le batterie elettriche, le celle a combustibile e la produzione dell'idrogeno.** Anche con un aumento importante dei budget, il costo in Ricerca e Sviluppo è relativamente modesto, tipicamente di un ordine di grandezza inferiore a quello richiesto per programmi di dimostrazione e diffusione su vasta scala. **Programmi mirati e ben gestiti di Ricerca e Sviluppo per l'energia rappresentano un eccellente investimento.**

Il supporto dei governi è inoltre necessario per la dimostrazione di nuove tecnologie su più larga scala, riducendo così i rischi del primo stadio della commercializzazione. **È necessaria ed urgente la realizzazione di impianti industriali full-scale per la dimostrazione della tecnologia delle centrali a carbone con CCC.**

Le scienze di base quali la geologia, la fisica, la chimica, quella dei materiali, la biochimica, le nanotecnologie e la matematica applicata possono essere cruciali per nuovi breakthrough tecnologici in aree di fondamentale importanza. **È necessario incentivare le scienze di base ed i loro legami con la tecnologia.**

## Diffusione e apprendimento tecnologico

La maggior parte delle nuove tecnologie presenta dei costi superiori rispetto a quelle già esistenti. Solo tramite *l'apprendimento tecnologico*, come risultato della diffusione sul mercato, si possono ridurre questi costi ed adattare il

prodotto alle esigenze del mercato. **I governi devono incrementare i loro programmi di diffusione.** La seconda generazione di rinnovabili, quali ad esempio il solare ed i biocombustibili, sono tra le tecnologie con il maggior potenziale. Nello scenario ACT Map, si stima che dovranno essere spesi 2,8 mila miliardi di dollari tra oggi ed il 2050 in costi aggiuntivi (sopra il valore di mercato) per la diffusione di nuove tecnologie. Per lo scenario BLUE Map, la cifra è di 7 mila miliardi di dollari.

## Regolamentazione

Gli ostacoli che si frappongono alla diffusione di nuove tecnologie non sono sempre, o non solo, di tipo economico. Per superarli, norme e standard precisi e accurati sono spesso le misure politiche più efficaci. In tutti gli scenari **saranno necessarie norme rigorose per l'efficienza di edifici, apparecchiature e veicoli.** Sia nei paesi sviluppati che in quelli emergenti, il potenziamento delle norme per l'efficienza energetica ed il rafforzamento della loro effettiva attuazione rappresentano spesso una politica economicamente conveniente da mettere in pratica al più presto. Un elemento decisivo per l'effettiva realizzazione degli scenari BLUE sarà l'accettazione da parte dell'opinione pubblica degli standard necessari per ottenere edifici a bassi o zero consumi di energia, così come la riduzione del 75% dell'intensità della CO<sub>2</sub> nei veicoli.

## Incentivi

Gli investimenti del settore privato sono, e continueranno ad essere, la fonte più importante per la diffusione tecnologica. L'AIE ha esaminato le implicazioni degli scenari BLUE e ACT con i responsabili degli uffici tecnologici di 30 compagnie leaders nel settore energetico. **È stato posto l'accento sulla necessità di creare ed attuare con urgenza una serie di misure politiche che possano determinare degli incentivi economici chiari, prevedibili e di lunga durata per la riduzione della CO<sub>2</sub> sul mercato.** Solo su queste basi il settore privato potrà investire le ingenti somme richieste per questi programmi.

Questo lavoro non cerca di specificare i provvedimenti che sarà necessario mettere in atto, riconoscendo che questo è in certa misura il soggetto di negoziazioni nel contesto della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici. Per gli scenari ACT, abbiamo stimato che questi provvedimenti dovranno essere sufficienti per incentivare quelle tecnologie che, a piena commercializzazione, hanno un costo marginale di 50 dollari per tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata. Per gli scenari BLUE, questa cifra è di almeno 200 dollari per tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata, e potrebbe raggiungere addirittura i 500 dollari, se lo sviluppo delle tecnologie chiave non fosse raggiunto come previsto. Gli incentivi devono essere applicati a livello mondiale in tutte le maggiori economie, attraverso un ventaglio di provvedimenti politici.

Tali incentivi non devono necessariamente essere uniformi, con uno stesso valore per tutte le tecnologie. Specialmente negli scenari BLUE, **potrebbe essere opportuno creare dei programmi mirati per le tecnologie più costose.** I paesi OCSE dovrebbero adottare entro il 2020, e gli altri paesi più importanti entro il 2030, una serie di provvedimenti che possono prendere varie forme. Gli scenari BLUE prevedono un significativo ed ulteriore rafforzamento oltre tali date. Per raggiungere la piena realizzazione con una transizione graduale è essenziale che le aspettative su target ed incentivi siano chiaramente stabilite con largo anticipo.

## Opinione pubblica

**I governi dovranno anticipare l'opinione pubblica**, creando un collegamento tra la necessità di far fronte con urgenza al cambiamento climatico, che è oggi largamente riconosciuto, ed i programmi necessari per raggiungere tale scopo, che spesso vengono osteggiati. Solo un cambiamento deciso delle priorità può portare alla realizzazione degli scenari ACT e BLUE e, per questi ultimi, **questa correzione di rotta deve attuarsi in maniera drastica e urgente**.

## Verso una maggiore collaborazione internazionale

**La collaborazione internazionale è fondamentale per accelerare lo sviluppo e la diffusione mondiale di tecnologie energetiche sostenibili nel modo più efficiente.** Una piattaforma per questo scopo già esiste. L'AIE ha di gran lunga la rete più completa, nella quale migliaia di esperti tecnologici di tutto il mondo coordinano i loro programmi di ricerca tecnologica. I programmi per le tecnologie energetiche dell'Unione Europea, il Partenariato Asia-Pacifico, il Forum Direttivo per la Sequestrazione del Carbonio, la Partnership per i Biocombustibili, la Partnership per l'Economia dell'Idrogeno, il Forum Internazionale Generazione IV e la Partnership Globale per l'Energia Nucleare ne sono altri importanti esempi. **Queste strutture hanno bisogno di una forte leadership internazionale da parte dei responsabili politici di alto livello.**

**Questa pubblicazione indica delle linee-guida a livello globale per le tecnologie energetiche chiave.** Sono state identificate 17 tecnologie chiave per l'efficienza energetica, per la generazione di energia elettrica e per il settore dei trasporti, che sono il fulcro della rivoluzione tecnologica energetica. Vengono descritte le azioni necessarie per sviluppare appieno il loro potenziale. Tali azioni sono specifiche per ogni tecnologia e dipendono, in parte, dal loro stadio di sviluppo attuale. Queste linee-guida possono rivelarsi particolarmente utili per fornire delle indicazioni sul livello di riduzione che deve essere raggiunto per ogni settore e per ogni tecnologia, così come per determinare se questo processo avviene nei tempi previsti. **Ulteriori sviluppi di queste linee-guida a livello internazionale possono fornire il fulcro per la più stretta collaborazione internazionale necessaria per realizzare la rivoluzione tecnologica energetica mondiale, con una coordinazione dei programmi tecnologici energetici di tutte le maggiori economie e con una stretta collaborazione con il settore industriale.** L'AIE è pronta a fare la sua parte per realizzare un futuro dell'energia più sostenibile.

**Table ES.1** ► **Linee-guida chiave di questo studio**

Offerta	Domanda
■ Centrali a combustibili fossili con CCC	■ Efficienza energetica di apparecchiature e edifici
■ Centrali nucleari	■ Pompe di calore
■ Eolico onshore e offshore	■ Energia solare per riscaldamento degli ambienti e acqua calda
■ Centrali a ciclo combinato con gasificazione di biomassa e co-combustione	■ Efficienza energetica nel settore dei trasporti
■ Impianti fotovoltaici	■ Veicoli elettrici e ibridi elettrici plug in
■ Impianti solari termici a concentrazione	■ Veicoli a celle a combustibile
■ Centrali a ciclo combinato con gasificazione del carbone	■ CCC per settore industriale, idrogeno e trasformazione dei combustibili
■ Centrali ultra-super-critiche a carbone	■ Sistemi di motori industriali
■ Biocombustibili di seconda generazione	

# The Online Bookshop

International Energy Agency



All IEA publications may be bought  
online on the IEA website:

**[www.iea.org/books](http://www.iea.org/books)**

You may also obtain PDFs of  
all IEA books at 20% discount.

Books published before January 2007  
- with the exception of the statistics publications -  
can be downloaded in PDF, free of charge  
from the IEA website.

## **IEA BOOKS**

**Tel: +33 (0)1 40 57 66 90**  
**Fax: +33 (0)1 40 57 67 75**  
**E-mail: [books@iea.org](mailto:books@iea.org)**

**International Energy Agency**  
**9, rue de la Fédération**  
**75739 Paris Cedex 15, France**

### **CUSTOMERS IN NORTH AMERICA**

Turpin Distribution  
The Bleachery  
143 West Street, New Milford  
Connecticut 06776, USA  
Toll free: +1 (800) 456 6323  
Fax: +1 (860) 350 0039  
[oecdna@turpin-distribution.com](mailto:oecdna@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

*You may also send*

*your order*

*to your nearest*

*OECD sales point*

*or use*

*the OECD online*

*services:*

**[www.oecdbookshop.org](http://www.oecdbookshop.org)**

### **CUSTOMERS IN THE REST OF THE WORLD**

Turpin Distribution Services Ltd  
Stratton Business Park,  
Pegasus Drive, Biggleswade,  
Bedfordshire SG18 8QB, UK  
Tel.: +44 (0) 1767 604960  
Fax: +44 (0) 1767 604640  
[oecdrow@turpin-distribution.com](mailto:oecdrow@turpin-distribution.com)  
[www.turpin-distribution.com](http://www.turpin-distribution.com)

Questo documento è stato originariamente pubblicato in lingua inglese.  
Nonostante l'AIE abbia compiuto ogni sforzo per assicurare che questa traduzione in italiano  
sia il più possibile aderente al testo originale inglese, potrebbero esserci alcune lievi differenze.

## INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

---

The International Energy Agency (IEA) is an autonomous body which was established in November 1974 within the framework of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) to implement an international energy programme.

It carries out a comprehensive programme of energy co-operation among twenty-seven of the OECD thirty member countries. The basic aims of the IEA are:

- To maintain and improve systems for coping with oil supply disruptions.
- To promote rational energy policies in a global context through co-operative relations with non-member countries, industry and international organisations.
- To operate a permanent information system on the international oil market.
- To improve the world's energy supply and demand structure by developing alternative energy sources and increasing the efficiency of energy use.
- To promote international collaboration on energy technology.
- To assist in the integration of environmental and energy policies.

The IEA member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Japan, Republic of Korea, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom and United States. Poland is expected to become a member in 2008. The European Commission also participates in the work of the IEA.

## ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

---

The OECD is a unique forum where the governments of thirty democracies work together to address the economic, social and environmental challenges of globalisation. The OECD is also at the forefront of efforts to understand and to help governments respond to new developments and concerns, such as corporate governance, the information economy and the challenges of an ageing population. The Organisation provides a setting where governments can compare policy experiences, seek answers to common problems, identify good practice and work to co-ordinate domestic and international policies.

The OECD member countries are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Japan, Republic of Korea, Luxembourg, Mexico, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom and United States.

The European Commission takes part in the work of the OECD.

© OECD/IEA, 2008

Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE),  
Responsabile dell'Ufficio Informazioni e Comunicazione,  
9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

*Questa pubblicazione é soggetta a restrizioni specifiche  
ne limitano l'uso e la distribuzione. I termini e le condizioni  
sono consultabili online al seguente indirizzo:  
<http://www.iea.org/Textbase/about/copyright.asp>*