



POLITICA ED ECONOMIA DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

Energy efficiency and conservation are key means for reducing greenhouse gas emissions and achieving other energy policy goals, but associated market failures and policy responses have engendered debates in the economic literature. This article reviews economic concepts underlying consumer decision making in energy efficiency and conservation and examines related empirical literature, with a particular focus on market barriers, market failures and behavioral failures.

Efficienza e risparmio di energia sono strumenti importanti per ridurre le emissioni di gas serra e per altri obiettivi di politica energetica, così che gli associati fallimenti di mercato e le politiche per porvi rimedio hanno sollevato un ampio dibattito nella letteratura economica. Questo articolo esamina sia i concetti economici alla base delle decisioni in tema di efficienza energetica e di risparmio, sia la letteratura empirica di pertinenza, specie riguardo le barriere e i fallimenti di mercato, nonché i comportamenti erronei dei consumatori.

Efficienza energetica e risparmio sono da molto tempo temi caldi del dibattito sulla politica energetica. L'interesse nei loro confronti si è di nuovo rafforzato insieme ai timori legati ai cambiamenti climatici ed alla sicurezza energetica. Il contenimento della domanda di energia è appoggiato da molti tecnici e politici, che lo reputano indispensabile per vincere queste sfide, e le analisi dei costi normalmente confermano che esso può costituire una soluzione efficiente per scongiurare questi timori. Dato il forte interesse poli-

tico, è fiorita nel corso degli ultimi 30 anni un'ampia letteratura, che ha predisposto il quadro economico in cui collocare l'efficienza energetica ed il risparmio, insieme a studi empirici che hanno valutato la risposta da parte dei consumatori alle politiche di contenimento della domanda.

Cominciamo col definire alcuni termini indispensabili per porsi in sintonia con l'uso che ne viene fatto in letteratura. In primo luogo, è importante avere acquisito il concetto che l'energia è un input alla produzione di un servizio richiesto (ad es. riscaldamento, illuminazione, trasporto) e non svolge alcuna funzione in quanto tale. In questa prospettiva, l'efficienza energetica viene tipicamente definita come il servizio fornito per unità di input energetico. L'efficienza di un condizionatore, ad esempio, è pari alla riduzione di temperatura dell'aria ottenuta per kilowattora (kWh) di input elettrico. Nel caso di una singola apparecchiatura, l'efficienza energetica può essere equiparata ad una delle tante caratteristiche del prodotto, al pari del prezzo e di altri attributi (Newell et al. 1999). Ad un livello più aggregato, di settore o dell'intera economia di un Paese, l'efficienza può essere misurata come il prodotto interno lordo (o il valore aggiunto) ottenuto per unità di ener-

* Stanford University
kgilling@stanford.edu

* Nicholas School of the
Environment, Duke University
richard.newell@duke.edu

♣ Resources for the Future
palmer@rff.org

gia consumata (vedi, per es., Metcalf 2008, Sue Wing 2008 per le analisi delle determinanti dell'intensità energetica a livello macroeconomico).

Viceversa, il risparmio energetico viene normalmente definito come una riduzione nel consumo complessivo di energia. Pertanto, il risparmio può o può non essere associato ad un incremento di efficienza energetica. Detto in altri termini: il consumo di energia può diminuire anche in assenza di un miglioramento di efficienza ed anzi anche in presenza di maggiore efficienza è possibile che si abbia un suo aumento. Queste precisazioni sono essenziali per affrontare problemi come quello del «*rebound effect*». Tale effetto si produce a seguito della diminuzione del costo marginale del servizio energetico, che è una diretta conseguenza del miglioramento di efficienza e che induce indirettamente una risposta da parte della domanda in termini di una maggior richiesta di servizi energetici. La precisazione serve anche a capire l'andamento dell'elasticità ai prezzi della domanda di energia nel breve e nel lungo periodo. Se nel breve periodo prevale l'influenza delle variazioni nei consumi di servizi energetici, nel lungo periodo le variazioni più significative riguardano l'efficienza energetica dello stock di apparecchiature.

Si deve anche distinguere tra un'efficienza energetica ed un'efficienza economica. La massimizzazione dell'efficienza in termini economici, di solito espressa come massimizzazione dei benefici sociali netti, non implica necessariamente la massimizzazione dell'efficienza in termini energetici, che è un concetto fisico e comporta un costo economico. Da qui scaturisce un problema cruciale: se le decisioni

prese da agenti privati riguardo il livello di efficienza energetica prescelto per le apparecchiature energivore siano anche economicamente efficienti. Questo dipenderà dal grado di efficienza economica dei mercati a cui il consumatore si rivolge (ad es. prezzi dell'energia ed informazioni disponibili) così come dal processo decisionale dell'agente (ad es. obiettivo di minimizzazione dei costi).

I mercati possono allontanarsi dall'efficienza in presenza di fallimenti di mercato, come le esternalità ambientali o condizioni di informazione imperfetta. Se accantoniamo per il momento i fallimenti del mercato, la maggior parte delle analisi economiche in tema di efficienza energetica parte da un approccio nel quale le famiglie e le imprese perseguono l'obiettivo di minimizzazione dei costi (o massimizzazione dell'utilità/profitto). Tuttavia, quella parte della letteratura che si è focalizzata maggiormente sul processo decisionale degli agenti economici, ha identificato alcuni potenziali «comportamenti erronei» sistematici che sono devianti rispetto all'obiettivo di minimizzazione dei costi, spiegandoli almeno in parte con i risultati delle ricerche condotte nel campo dell'economia comportamentale. La maggior parte della letteratura economica che tratta di efficienza energetica cerca adesso di arrivare ad una concettualizzazione di come si svolgono i processi decisionali in questo ambito, chiarendo fino a che punto i fallimenti di mercato ed i comportamenti erronei possono creare un'opportunità di interventi politici portatori di benefici, e di valutare efficacia e costi effettivi delle politiche attuate.

Questo filone di ricerca ha implicazioni rilevanti sia nella

valutazione dei costi per la correzione dei fallimenti di mercato – come le esternalità ambientali – sia per un chiarimento del ruolo delle politiche dirette alla correzione dei comportamenti erronei. Per esempio, se questi ultimi sono la causa di sottoinvestimento in efficienza energetica, allora una certa riduzione delle emissioni connesse all'energia potrebbe essere raggiungibile ad un costo molto basso o addirittura negativo. Allo stesso tempo, le politiche che mettono a disposizione strumenti efficienti per correggere le esternalità ambientali – come i prezzi delle emissioni – potrebbero non essere ben concepite riguardo allo scopo ultimo, che è quello di favorire riduzioni dei consumi e delle emissioni a costi relativamente contenuti. In linea di principio, un set di politiche dirette contemporaneamente ai fallimenti di mercato ed ai comportamenti erronei potrebbe fornire una risposta complessiva più efficiente. All'atto pratico, il valore assunto dalle singole componenti nell'ambito di una politica di questo genere dipende dall'entità dei problemi di mercato e dalla capacità delle politiche specifiche di correggerli in modo da produrre un beneficio netto per la società.

L'articolo guarda alla letteratura da questa prospettiva e comincia fornendo la nozione di efficienza energetica intesa come un investimento per produrre servizi energetici. Dopo avere presentato alcune evidenze dell'influenza dei mercati dell'energia sull'efficienza energetica, si passa all'analisi di una serie di fallimenti di mercato e di comportamenti erronei che è stata discussa dalla letteratura specialistica. Prima delle conclusioni, si considerano le implicazioni che hanno i riscontri empirici

per l'intervento politico, con una breve rassegna, anch'essa empirica, dell'efficacia e dei costi di questo intervento, che comprende sia le politiche che agiscono sui prezzi sia quelle che puntano sull'informazione degli agenti economici. L'ambito di questo articolo si riferisce principalmente all'efficienza energetica ed al risparmio negli edifici e nelle apparecchiature e non entra nello specifico del settore dei trasporti, pur se la maggior parte degli argomenti teorici ed empirici qui trattati si può applicare anche ad esso.

1. L'EFFICIENZA VISTA COME INVESTIMENTO NELLA PRODUZIONE DI SERVIZI ENERGETICI

Sotto il profilo economico, le scelte riferite all'efficienza energetica riguardano fondamentalmente decisioni di investimento nelle quali un costo capitale iniziale più alto viene scambiato con un risparmio incerto dei costi futuri dell'energia. Nel caso più semplice, il costo iniziale è dato dalla differenza tra i costi di acquisto e di installazione di un prodotto relativamente più efficiente dal punto di vista energetico, e i costi di un prodotto del tutto equivalente a parte un maggior dispendio di energia per fornire un servizio analogo. La decisione di scegliere l'investimento più efficiente richiede di confrontare il costo iniziale più alto con i risparmi futuri attesi. La valutazione di questi ultimi si basa su aspettative relative a: i prezzi futuri dell'energia; le possibili variazioni di altri costi operativi legati all'impiego di energia (ad es. le tasse ambientali); l'intensità d'uso del prodotto e la vita utile dello stesso. Il confronto dei flussi di cassa attesi con il costo di investi-

mento iniziale richiede inoltre di scontare i flussi futuri al loro valore attuale. Tenendo costante la richiesta di servizi energetici, una decisione ottima dal punto di vista individuale prevede di scegliere il livello di efficienza energetica che minimizza il valore attuale dei costi sostenuti dall'individuo, mentre l'efficienza economica dal punto di vista generale prevede una minimizzazione dei costi sociali. Questa particolarità distingue l'efficienza energetica da altre caratteristiche o prestazioni dei prodotti per le quali potrebbe in effetti non esistere una nozione precisa di cosa costituisce un comportamento ottimo o «razionale» da parte dell'individuo.

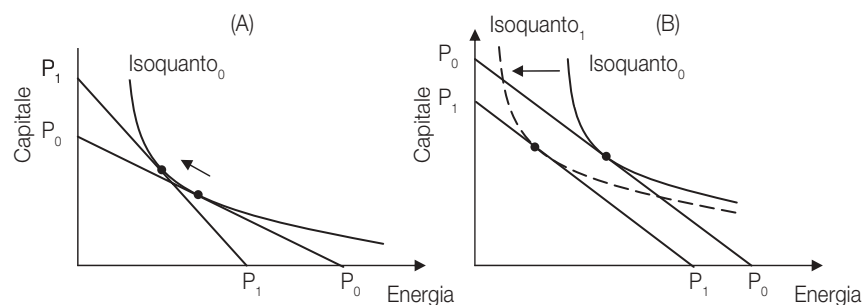
Questa concettualizzazione del problema si visualizza immediatamente in una funzione di produzione, nella quale il capitale e l'energia sono considerati input per la produzione di servizi energetici. Lungo un isoquante che esprime un dato livello di servizio, il livello del consumo di energia (e quindi di efficienza energetica) che minimizza i costi si trova nel punto di tangenza, dove l'incremento marginale dei costi di capitale rispetto ai minori consumi di energia è uguale ai prezzi relativi (a valori attuali) (Fig. 1). Come si è detto, i prezzi relativi dipenderanno dall'investimento effettuato per migliorare l'efficienza, dal tasso di sconto, dai prezzi dell'energia attesi, dal tasso di uti-

lizzazione dell'apparecchiatura e dall'orizzonte temporale dell'investimento. Questo schema di analisi si applica sia a livello della singola famiglia sia a livello settoriale o multisettoriale, in tutti quei casi dove energia e capitale sono utilizzati per produrre servizi energetici ⁽¹⁾.

Prendendo l'esempio dei nuclei familiari, in questo schema di analisi le forze di mercato possono portare ad una maggiore efficienza energetica in due modi. Nel primo, le famiglie possono muoversi lungo l'isoquante utilizzando capitale al posto di energia in risposta ad un cambiamento nei prezzi relativi (Fig. 1a, con i prezzi relativi che cambiano da P_0 a P_1). Nel secondo, il progresso tecnologico, determinando uno spostamento dell'isoquante in senso favorevole ad una maggiore efficienza (Fig. 1b con l'isoquante 0 che si sposta verso l'isoquante 1), potrebbe cambiare le possibilità produttive disponibili per la famiglia. Viceversa, un risparmio di energia non conseguente ad un miglioramento di efficienza sarebbe associato ad un livello più basso di servizi (ossia ad un isoquante inferiore).

I fallimenti di mercato si possono inserire in questa analisi rappresentandoli come una divergenza dei prezzi relativi impiegati per le decisioni individuali rispetto ai prezzi economicamente efficienti. Per

Fig. 1 - MIGLIORAMENTO DI EFFICIENZA ENERGETICA ATTRAVERSO (A) EFFETTO SOSTITUZIONE (B) PROGRESSO TECNOLOGICO



Tab. 1 - RANGE DELLE STIME DELL'ELASTICITÀ AI PREZZI DELL'ENERGIA ⁽¹⁾

	Breve periodo		Lungo periodo	
	Range	Riferimenti	Range	Riferimenti
<i>Settore residenziale</i>				
Gas naturale	0,14-0,44	Dahl (1993)	0,32-1,89	Bernstein e Griffin (2005), Hsing (1994)
Elettricità	0,03-0,76	Bohi e Zimmerman (1984), Dahl (1993)	0,26-1,47 ⁽²⁾	Bohi e Zimmerman (1984), Dahl (1993)
Gasolio	0,15-0,34	Wade (2003)	0,53-0,75	Dahl (1993), Wade (2003)
<i>Settore commerciale</i>				
Elettricità	0-0,46	Dahl (1993)	0,24-1,36	Dahl (1993), Wade (2003)
Gas naturale	0,14-0,29	Dahl (1993), Wade (2003)	0,40-1,38	Bohi e Zimmerman (1984), Wade (2003)
Gasolio	0,13-0,49	Dahl (1993), Wade (2003)	0,39-3,5	Newell e Pizer (2008), Wade (2003)
<i>Settore industriale</i>				
Elettricità	0,11-0,28	Bohi e Zimmerman (1984), Dahl (1993)	0,22-3,26	Bohi e Zimmerman (1984), Dahl (1993)
Gas naturale ⁽²⁾	0,51-0,62	Bohi e Zimmerman (1984)	0,89-2,92	Bohi e Zimmerman (1984), Dahl (1993)
Gasolio	0,11	Dahl (1993)	0,5-1,57 ⁽³⁾	Bohi e Zimmerman (1984)

(¹) Trattasi di valori assoluti e tutti negativi. (²) Stime tratte soprattutto da studi regionali. (³) Stime relative a 19 Stati.

esempio, sia le esternalità ambientali, che non sono incluse nei prezzi, sia le informazioni incomplete sul rendimento energetico del prodotto hanno l'effetto di abbassare il prezzo relativo dell'energia portando a scegliere in modo inefficiente prodotti con un basso rendimento energetico (vedi ad es. P0 rispetto a P1 nella Fig. 1a). Da notare che in questo caso si presume un comportamento razionale da parte del consumatore, date le informazioni disponibili – un'ipotesi messa in discussione dall'economia comportamentale, come vedremo in seguito.

Il prossimo paragrafo approfondisce il ruolo dei mercati dell'energia rispetto alle decisioni in tema di efficienza energetica, mentre quello successivo identifica i potenziali fallimenti di mercato e i potenziali comportamenti erranei che possono portare a decisioni non ottimali.

2. L'INFLUENZA DEI MERCATI DELL'ENERGIA SULL'EFFICIENZA

I mercati dell'energia influenzano attraverso i prezzi le decisioni dei consumatori riguardo i consumi e la convenienza ad investire in prodotti ed apparecchiature più efficienti. Un aumento dei prezzi porterà già nel breve periodo

ad un risparmio di energia, mentre l'impatto immediato sull'efficienza energetica tende ad essere modesto a causa della lunga durata e del conseguente lento ricambio delle apparecchiature e degli impianti. Nondimeno, se l'aumento è persistente diventa allora più probabile che esso impatti sensibilmente anche sull'adozione di impianti e apparecchiature efficienti, man mano che procede il loro rinnovo da parte dei consumatori e le imprese hanno tempo per sviluppare nuovi prodotti e processi.

Il grado di reattività della domanda alle variazioni dei prezzi è espresso dalla elasticità della domanda di energia ai prezzi. La Tab. 1 riporta il range delle stime di questa variabile pubblicate in letteratura; i valori dell'elasticità di lungo periodo sono più alti, in virtù della possibilità di incrementi di efficienza legati alla sostituzione dello stock. In media, le elasticità ai prezzi del gas naturale sono più alte di quelle dell'elettricità e dei combustibili petroliferi. Da notare che, poiché le stime sono ricavate dai comportamenti effettivi dei consumatori, esse scontano il maggior consumo di energia che si può avere in seguito ad una riduzione del suo costo unitario derivante da un incremento di efficienza (il *rebound effect*).

Altri studi si sono specificamente soffermati sui fattori che influenzano la diffusione delle tecnologie, trovando che prezzi dell'energia più elevati sono significativamente associati a un'adozione più spinta di apparecchiature ad alto rendimento (Anderson e Newell 2004, Hasset e Metcalf 1995, Jaffe et al. 1995). Ancora più a monte, nel processo di sviluppo tecnologico, Newell et al. (1999) e Popp (2002) hanno acclarato che un'innovazione rivolta all'efficienza energetica ha una sua significativa determinante nei prezzi dell'energia (per una rassegna: Popp et al. 2009). Le stime empiriche, pertanto, dimostrano un grado di sensibile reattività della domanda alle variazioni dei prezzi dell'energia per quel che concerne sia gli usi finali che l'innovazione e diffusione di tecnologie efficienti.

3. FALLIMENTI DI MERCATO E COMPORTAMENTI ERRONEI POTENZIALI

Buona parte della letteratura che tratta di efficienza energetica si sforza di chiarire quali sono le motivazioni razionali dell'intervento pubblico e di valutare in pratica l'efficacia ed i costi di tale intervento. Un annoso dibattito esiste in merito a quello che viene solitamente indicato come «gap di

efficienza energetica». Ci sono molti modi di interpretare questo gap, che si riferisce essenzialmente a scarti di entità non trascurabile tra i livelli osservati di efficienza energetica e qualche livello nozionale di uso ottimale dell'energia (Jaffe et al. 2004). Quest'ultimo coinciderà a volte con il livello massimo di efficienza fisica nell'uso di energia, che in genere non coinciderà con il livello massimo di efficienza economica perché l'efficienza energetica ha un costo. Nell'ambito dello schema di analisi descritto in precedenza, il gap di efficienza energetica si materializza in un sottoinvestimento in efficienza rispetto al livello socialmente ottimo. Talvolta questo sottoinvestimento viene anche spiegato con un tasso osservato (o una probabilità) di adozione di tecnologie efficienti «troppo lento».

Spesso il gap di efficienza è reso evidente dal confronto tra il tasso di interesse di mercato ed i «tassi impliciti di interesse», relativamente alti, che sono applicati dai consumatori nelle loro scelte riguardanti apparecchiature con costi di acquisto e rendimenti diversi (Hausman 1979). Le verifiche empiriche a questo proposito appaiono piuttosto robuste; in molti studi, pubblicati per lo più alla fine degli anni '70 ed all'inizio degli anni '80, nei quali gli analisti hanno fatto ricorso ad una varietà di metodologie, sono stati riscontrati valori dei tassi di interesse impliciti compresi tra il 25% ed il 100% (Sanstad et al. 2006, Train 1985).

Gli economisti hanno proposto una serie di spiegazioni per giustificare parzialmente o integralmente questo evidente gap: l'esistenza di costi nascosti non considerati nell'analisi, inclusi i costi di ricerca e gli impatti negativi su altre prestazioni del prodotto (ad es. la

qualità della luce) (Jaffe et al. 2004); risparmi di energia inferiori a quelli ipotizzati dagli analisti a causa della eterogeneità dei consumatori (Hausman e Joskow 1982); l'incertezza sui futuri risparmi di energia, che porta il consumatore razionale a dare un peso maggiore al costo iniziale di acquisto (Sutherland 1991); l'irreversibilità degli investimenti ed il valore associato dell'opzione di attendere ad investire (Hassen e Metcalf 1993, 1995; van Soest e Bulte 2000); e, per finire, la possibilità che i consumatori fornino correttamente le loro aspettative sui prezzi futuri dell'energia e che gli analisti impieghino invece proxy sbagliate di queste aspettative (Jaffe et al. 2004). Per esempio, alcune ricerche hanno scoperto che i risparmi effettivamente conseguiti da programmi realizzati con il contributo di aziende elettriche arrivavano al 50-80% dei risparmi attesi (Hirst 1986, Sebold e Fox 1985), sebbene un lavoro più recente di Auffhammer et al. (2008) suggerisca che le utility stiano migliorando la loro capacità di calcolare i risparmi potenziali. Parimenti, Metcalf e Hassett (1999) hanno accertato che, una volta messi in conto tutti i costi, il tasso di ritorno ottenuto dall'isolamento delle coperture degli edifici è molto inferiore ai tassi promessi da progettisti e costruttori: un valore pari al 9,7% sarebbe coerente con il tasso di interesse ottenuto applicando la teoria standard dell'analisi degli investimenti. Altri ricercatori hanno sostenuto che il gap di efficienza energetica non dovrebbe in realtà esistere perché un agente economico razionale e massimizzante non dovrebbe ignorare benefici economici di rilevante entità – come suggerisce la proverbiale storiella dei 20 dollari

lasciati incustoditi sul marciapiede (Sutherland 1996).

Viceversa, altri lavori che hanno sottoposto a verifica le spiegazioni per le quali non dovrebbe esistere un gap hanno trovato alcune di esse lacunose. Metcalf (1994) sostiene che l'incertezza sui futuri risparmi energetici a cui si riferisce Sutherland (1991) dovrebbe in realtà spingere un investitore razionale a chiedere un tasso di ritorno più basso del tasso di sconto di mercato, perché l'investimento in efficienza energetica dovrebbe agire da copertura verso altri rischi. Sanstad et al. (1995) mostrano che l'analisi basata sul valore di opzione fatta da Hassert e Metcalf (1993, 1995) determinerebbe un tasso di sconto implicito molto più basso di quelli osservati, anche tenendo conto dell'effetto di irreversibilità. Howarth e Sanstad (1995) discutono di eterogeneità e costi nascosti come possibili aspetti problematici, ma aggiungono che i ricercatori ne sono consapevoli e sono meticolosi nel tenerli in considerazione. Koomey e Sanstad (1994), per esempio, pur prestando grande attenzione a questi fattori di potenziale disturbo e confusione, trovano tassi di sconto impliciti alti per i sistemi di illuminazione efficiente nel settore commerciale e per l'acquisto di frigoriferi nel settore residenziale.

Altri lavori si concentrano sulla distinzione tra le barriere di mercato all'adozione di tecnologie efficienti ed i fallimenti di mercato. Le barriere di mercato possono essere definite come un qualsiasi disincentivo all'adozione ed all'uso di un prodotto (Jaffe et al. 2004) e possono o meno costituire dei fallimenti di mercato nel senso classico che è attribuito al termine dall'economia del benessere. Le barriere di mercato potenziali che sono

descritte nella letteratura che si occupa di efficienza energetica includono talvolta fattori come i bassi prezzi dell'energia, le loro fluttuazioni o i costi elevati della tecnologia, elementi che non costituiscono chiaramente dei fallimenti di mercato in senso stretto. La presenza di distorsioni sistematiche nelle decisioni dei consumatori che porta ad investimenti in efficienza più bassi rispetto al livello raggiungibile adottando una strategia di minimizzazione dei costi è spesso compresa tra le barriere di mercato. Se ci basiamo sulla rassegna di economia comportamentale fatta da Shogren e Taylor (2008), tuttavia, queste distorsioni sono classificate come «errori comportamentali». In questo contesto tali errori si riferiscono ad un comportamento del consumatore incoerente con la massimizzazione della sua utilità o, nel nostro caso specifico, con la minimizzazione dei costi dei servizi energetici. Diversamente, l'analisi dei fallimenti di mercato assume come scontata la razionalità individuale per concentrarsi invece sulle condizioni di contorno alle interazioni tra gli agenti economici e la società nel suo complesso.

Esiste una solida base economica a sostegno delle politiche volte ad intervenire sulle barriere di mercato se esse sono costituite da fallimenti di mercato o comportamenti erronei (Shogren e Taylor 2008). La Tab. 2 fornisce una sintesi dei potenziali fallimenti di mercato e dei potenziali comportamenti erronei nel campo dell'efficienza energetica e del risparmio, congiuntamente alle risposte politiche che sono state attuate, o potrebbero esserlo, per eliminare tali problemi quando sono rilevanti. Finora abbiamo solo elencato i fallimenti di mercato ed i comportamenti erronei più comu-

ni senza fornire prove del fatto che essi siano anche una fonte empiricamente rilevante di problemi nel campo dell'efficienza energetica e del risparmio (2). Nel seguito di questo paragrafo discuteremo ciascuno di questi potenziali problemi, mentre in quello successivo faremo una rassegna dei risultati raggiunti dalle politiche proposte ed attuate per risolverli o contrastarli.

3.1. *I fallimenti dei mercati energetici*

Il ritornello usuale riguardo ai fallimenti di mercato nel settore dell'energia è che i prezzi non riflettono il vero costo marginale sociale dei consumi energetici, per una serie di cause concomitanti: le esternalità ambientali, la tariffazione a costo medio, le questioni legate alla sicurezza nazionale. La produzione ed il consumo di molte fonti di energia causano esternalità ambientali sotto forma di emissioni di gas ad effetto serra ed altre sostanze inquinanti che provocano costi sopportati da altri soggetti, ossia non sono internalizzati nei costi dei soggetti che producono e/o consumano energia. In assenza di intervento pubblico, un'esternalità ambientale causa un uso eccessi-

vo di energia rispetto all'ottimo sociale e di conseguenza una carenza di investimenti in efficienza e risparmio. Sebbene non sia in discussione l'esistenza delle esternalità, la loro entità ed il grado di internalizzazione sono incerti e difficili da quantificare. Gilligham et al. (2006) hanno passato in rassegna i lavori sulle esternalità derivanti dalla generazione elettrica scoprendo che le politiche pubbliche che in passato avevano incentivato un minore uso di elettricità avevano riconosciuto alla riduzione delle emissioni di CO₂, ossidi di zolfo, anidride solforosa e polveri fini un beneficio monetario che era nell'ordine del 10% del valore diretto dei risparmi di energia elettrica. Delle esternalità ambientali, soprattutto quelle dovute alle emissioni atmosferiche, sono responsabili anche i consumi di combustibili fossili per il riscaldamento degli edifici. Nella misura in cui i prezzi correnti non internalizzano queste esternalità (che variano in funzione del tipo di inquinante), il mercato definirà un livello di efficienza energetica troppo basso dal punto di vista sociale. La risposta ottima sotto il profilo dell'intervento pubblico è di assegnare un prezzo alle emissioni, stimo-

Tab. 2 - **FALLIMENTI DI MERCATO E COMPORTAMENTI ERRONEI RILEVANTI PER L'EFFICIENZA ENERGETICA E POTENZIALI POLITICHE DI RISPOSTA**

<i>Potenziali fallimenti di mercato</i>	<i>Potenziali opzioni politiche</i>
Fallimenti dei mercati energetici	
Esternalità ambientali	Prezzi per le emissioni (tasse, <i>cap and trade</i>)
Tariffazione elettrica a costo medio	Prezzi in tempo reale, prezzi di mercato
Sicurezza energetica	Tasse sull'energia, riserve strategiche
Fallimenti dei mercati dei capitali	
Vincoli di liquidità	Programmi di finanziamento e/o di prestito
Fallimenti dei mercati dell'innovazione	
Ricadute da R&S	Crediti di imposta per R&S, finanziamento pubblico
Ricadute da <i>learning by doing</i>	Incentivi all'adozione di prodotti altamente innovativi
Problemi di informazione	
Informazione carente o asimmetrica	Programmi di informazione
Problemi principale-agente	Programmi di informazione
<i>Learning by using</i>	Programmi di informazione
<i>Potenziali comportamenti erronei</i>	<i>Potenziali opzioni politiche</i>
Teoria del prospetto	Educazione, informazione, standard di prodotto
Razionalità limitata	Educazione, informazione, standard di prodotto
Euristica del processo decisionale	Educazione, informazione, standard di prodotto

lando in via indiretta anche una maggiore efficienza.

I prezzi pagati dai consumatori possono inoltre non rispecchiare i costi marginali sociali anche per colpa del frequente ricorso della regolamentazione alla fissazione di tariffe basate sul costo medio di produzione, che può provocare un consumo di elettricità eccessivo o carente rispetto all'ottimo economico. Da un lato, infatti, nella misura in cui i costi medi sono più alti dei costi marginali perché comprensivi dei costi fissi, i consumatori si troveranno di fronte ad un prezzo dell'elettricità superiore al prezzo ottimo, che stimolerà consumi più contenuti. Dall'alto lato, i costi medi possono essere anche visti come la media dei costi di generazione, che riflette il mix degli impianti esistenti. In un mercato all'ingrosso che fissa prezzi giornalieri oppure orari, il prezzo dell'elettricità riflette il costo dell'impianto marginale e nei prezzi al consumo entrano le medie di questi prezzi marginali riferite a periodi di qualche mese. Le tariffe orarie (TOU, *time-of-use*) hanno un valore predeterminato in funzione dell'ora del giorno o del periodo di prelievo, mentre se si applicassero i prezzi del mercato all'ingrosso in tempo reale (RTP, *real-time pricing*) si riuscirebbe a trasferire ai consumatori l'informazione precisa sul costo marginale effettivo di generazione, aggiornato su base oraria o anche con più frequenza. I consumatori, trovandosi di fronte a tariffe che sono troppo basse nelle ore di picco o troppo alte nelle ore fuori-picco, sarebbero incentivati ad un uso, rispettivamente, eccessivo e carente di elettricità rispetto all'ottimo (Joskow e Tirole 2007).

Il ricorso al RTP e, in minor misura, al TOU può par-



zialmente alleviare questo tipo di fallimento del mercato (che potrebbe anche essere ascritto ad un fallimento della politica). Naturalmente, è sempre possibile che i costi di attuazione risultino superiori ai benefici, ed insorgano altri fallimenti di mercato a seguito dell'installazione di contatori elettronici capaci di misurare i consumi in tempo reale (Brennan 2004). I recenti risultati ottenuti da un progetto sperimentale denominato *Anaheim Critical Peak Pricing Experiment* fanno tuttavia ritenere che, grazie agli ultimi progressi della tecnologia, una variante del RTP operativa nei periodi di picco abbia un significativo potenziale di aumento del benessere sociale con effetti quasi nulli sui consumi nei periodi fuori-picco (Wolak 2006). Non è invece altrettanto evidente che i consumi totali di energia possano ridursi adottando integralmente lo schema RTP in tutti i periodi. Lo stesso dicasi per l'effetto del TOU e del RTP sugli investimenti in efficienza energetica che dipenderebbe dai prezzi esistenti nei periodi di utilizzazione degli investimenti.

Alcuni autori hanno suggerito che vi siano delle esternalità legate a questioni inerenti la sicurezza nazionale derivanti dalla dipendenza degli Stati Uniti da certe fonti di energia

– in particolare il petrolio proveniente da aree politicamente turbolente – che i consumatori non ritrovano nei prezzi e di cui, per questo motivo, non tengono conto nelle loro decisioni (Bohi e Toman 1996, Bohi e Zimmerman 1984). Sebbene questo tipo di preoccupazione si riferisca per lo più ai consumi di petrolio del settore trasporti, tocca in realtà anche i consumi residenziali per la quota soddisfatta dal gasolio riscaldamento e per i legami tra i mercati del petrolio e del gas naturale. Le analisi economiche o di altro genere con cui si affrontano i rischi in termini di sicurezza nazionale associati ai consumi di energia non sono pienamente soddisfacenti, in parte per colpa delle vischiosità del problema. Una riduzione al margine dei consumi petroliferi non ridurrebbe probabilmente né i rischi associati né le spese militari e diplomatiche sostenute a tale riguardo. Nel lungo periodo, tuttavia, una riduzione di maggiore entità dei consumi potrebbe ridurre i rischi e, nella misura in cui essi non siano pienamente riflessi nei prezzi delle fonti interessate, ne deriverà un sottoinvestimento in efficienza energetica.

3.2. Problemi di informazione

I problemi legati all'informazione sono giustamente chiamati in causa dalla letteratura economica che tratta dell'efficienza e, insieme ai comportamenti erranei, sono spesso indicati come la ragione principale del gap di efficienza energetica (Sanstad et al. 2006). Tra gli specifici problemi di informazione che vengono citati vi sono la mancanza di informazione sull'esistenza di prodotti efficienti e sulla consistenza dei risparmi di energia, l'informazione asimmetrica, i problemi che nasco-

no dal rapporto «principale-agente» e la conseguente spartizione degli incentivi, le esternalità associate al *learning by using*. Le descrizioni seguenti prendono in considerazione il punto di vista del consumatore ma gli stessi problemi potrebbero essere studiati nell'ottica delle decisioni prese in seno alle imprese (DeCanio 1993, 1994a,b; DeCanio e Watkins 1998, Stein 2003). Come si vedrà nel paragrafo 4, se i problemi appaiono rilevanti e suscettibili di correzione, si potrebbero giustificare programmi di informazione rivolti ai consumatori, come l'etichettatura dei prodotti.

La mancanza di informazione e l'informazione asimmetrica sono tra le spiegazioni più spesso date per il sistematico sottoinvestimento da parte dei consumatori in efficienza energetica. L'idea sottostante è che i consumatori non sono sufficientemente informati della differenza tra i futuri costi di funzionamento dei prodotti più efficienti e di quelli meno efficienti per prendere in modo corretto le loro decisioni di acquisto (Howarth e Sanstad 1995). Questa interpretazione può essere coerente con un comportamento teso alla minimizzazione dei costi se si ipotizza che in condizioni di informazione perfetta i consumatori arriverebbero ad una scelta economica ottima dal punto di vista individuale. Ma gli stessi problemi di informazione possono, in alternativa, essere ricondotti ai comportamenti erronei, per cui i consumatori, nel momento in cui decidono il loro investimento in efficienza energetica, non sarebbero in grado di tener conto in modo appropriato delle future riduzioni dei costi energetici. Nel paragrafo 4 tratteremo di questi problemi nell'ambito dei comportamenti erronei.

L'informazione asimmetrica si verifica quando una delle parti coinvolte nella transazione è in possesso di maggiori informazioni rispetto all'altra e può dare origine alla cosiddetta «selezione avversa» (Akerlof 1970). Nel contesto di cui si sta trattando, la «selezione avversa» può impedire al venditore di tecnologie efficienti, che garantirebbero evidenti vantaggi ex post ai consumatori, di trasferire in modo perfetto l'informazione agli acquirenti perché non è possibile rendere osservabile l'efficienza (Howarth e Sanstad 1995). Il venditore avrebbe chiaramente un incentivo a dichiarare che il rendimento energetico dei prodotti è elevato, ma l'acquirente potrebbe ignorare il suggerimento nella decisione finale perché non gli è in concreto possibile osservare l'efficienza, ossia verificare il reale risparmio di energia. Il modello di Howarth e Andersson (1993), che incorpora in modo esplicito i costi di transazione legati al trasferimento delle informazioni, descrive in modo formale come in tali circostanze si possano determinare situazioni nelle quali c'è un sottoinvestimento in efficienza. Se nel caso specifico è possibile che la presenza di costi di transazione sia causa di un fallimento di mercato, in generale questo tipo di costi non giustifica un intervento pubblico di correzione dei mercati.

Il problema «principale-agente», o di spartizione degli incentivi, descrive una situazione nella quale una parte (l'agente) – come potrebbe essere un costruttore o il proprietario – decide il livello di efficienza energetica di un edificio mentre una seconda parte (il principale) – l'affittuario – paga la bolletta energetica. Quando il principale non arriva ad un grado di

informazione completo sull'efficienza energetica dell'edificio, l'altra parte potrebbe non riuscire a recuperare i costi degli investimenti sostenuti per migliorare l'efficienza di quest'ultimo o dell'appartamento nel prezzo di vendita o nell'affitto. L'agente potrebbe essere allora indotto ad investire meno a tale scopo rispetto all'ottimo sociale, determinando un fallimento di mercato (Jaffe e Stavins 1994). Murtyshaw e Sathaye (2006) hanno tentato di quantificare la rilevanza di questo problema per quattro tipologie di usi finali di energia: riscaldamento, frigoriferi, acqua calda sanitaria ed illuminazione. Hanno calcolato che il problema «principale-agente» è potenzialmente rilevante nel 25% dei consumi di energia dei frigoriferi, nel 66% dei consumi per acqua calda, nel 48% dei consumi per riscaldamento e nel 2% dei consumi legati all'illuminazione, sebbene non abbiano poi saputo quantificare fino a che punto le decisioni di investimento si siano rivelate in questi casi inefficienti. Levinson e Niemann (2004) hanno accertato che gli affittuari che pagano un affitto nel quale è inclusa la bolletta consumano molta più energia degli affittuari che pagano separatamente le loro bollette.

Le esternalità positive associate al *learning by using* possono generarsi quando chi adotta un nuovo prodotto efficiente crea, attraverso il suo uso, conoscenza riguardo al funzionamento dell'apparecchiatura ed altri benefici a costo zero grazie all'informazione diffusa sull'esistenza, sulle caratteristiche e sulle prestazioni del prodotto. Si tratta di un fenomeno che non è limitato al campo dell'efficienza energetica (Jaffe et al. 2004). Nell'ambito dei programmi di gestione della domanda (DSM,

demand side management), gli effetti positivi del *learning by using* sono stati attribuiti in parte alle ricadute del programma e in parte ai *free drivers* (Blumstein e Harris 1993, Eto et al. 1996). I *free drivers* sono soggetti che, pur non partecipando al DSM, installano prodotti efficienti per averne sentito parlare da quelli che aderiscono al programma. Le ricadute specifiche di quest'ultimo si hanno invece quando chi vi partecipa installa ulteriori prodotti efficienti, al di fuori dei rimborsi previsti dal programma, come risultato dell'informazione appresa attraverso la partecipazione allo stesso.

3.3. *Vincoli di liquidità nei mercati dei capitali*

Blumstein et al. (1980) sono stati i primi a parlare dei vincoli di liquidità come barriere di mercato che impediscono l'accesso ai finanziamenti necessari agli investimenti in efficienza energetica. È possibile che alcuni acquirenti scelgano i modelli di prodotti meno efficienti perché non hanno accesso al credito. Ne consegue un livello di investimento inferiore all'ottimo, che riflette anche un tasso implicito di sconto superiore ai livelli normali di mercato. L'effetto descritto è una variante del fallimento di mercato dovuto alla stessa causa – mancato o limitato accesso al credito – di cui si parla nella letteratura dell'economia dello sviluppo e si applica a qualsiasi investimento ad alta intensità di capitale, non soltanto ai prodotti energeticamente efficienti (Ray 1998). La misura in cui tali vincoli di liquidità costituiscono effettivamente un problema in questo caso specifico deve essere ancora testata empiricamente. Alcune evidenze indicano che solo una piccola per-

centuale delle ristrutturazioni energetiche nelle abitazioni è finanziata tramite il credito, la qual cosa potrebbe significare che i vincoli di liquidità sono importanti solo per una modesta frazione degli investimenti di questo tipo o che i vincoli funzionano nel senso di costringere la maggior parte degli investimenti ad autofinanziarsi (Berry 1984).

Nel settore industriale e in quello pubblico, un comune vincolo finanziario è dato dalla separazione istituzionale che esiste tra i budget di spesa corrente e i budget di investimento, ma sono stati confezionati contratti per la fornitura di servizi energetici legati ai risultati che bypassano il problema. In alcuni casi, ad esempio con i clienti industriali, i fornitori di servizi energetici anticipano i costi di investimento e ricevono in cambio una parte dei risultanti risparmi di spesa. In altri casi, come nel settore pubblico, i clienti sono in grado di ottenere prestiti a tassi inferiori rispetto ai fornitori di energia, così che è più sensato dal punto di vista finanziario che sia il cliente ad effettuare l'investimento. In questi casi, i fornitori dei servizi suggeriscono il tipo di investimento, forniscono garanzie sui risparmi di spesa corrente e pagano la differenza se questi risparmi non sono realizzati, permettendo spesso in questo modo che il rimborso del prestito sia trattato come una spesa corrente (Zobler e Hatcher 2003). Si consideri, inoltre, che se i vincoli di liquidità sono un problema per gli investimenti in efficienza energetica, lo stesso vale anche per altri tipi di investimento e qualsiasi soluzione ipotizzata dovrebbe porsi obiettivi ben oltre quelli di una politica per l'efficienza energetica.

Golove ed Eto (1996) descrivono un caso di informazione

asimmetrica nel quale i consumatori non riescono a trasferire al finanziatore l'informazione sul relativo grado di certezza dei risparmi di spesa corrente derivanti dall'investimento, così che il finanziatore non riesce a sua volta a determinare la probabilità del rimborso ed è meno propenso ad approvare il prestito. I due autori sostengono che il risultante vincolo creditizio implica che ai consumatori dovrebbe essere offerto un tasso di interesse più basso di quanto i finanziatori sono disposti a fare, e che i consumatori di fronte ad un tasso più alto investiranno di meno in efficienza. Per quanto a nostra conoscenza, non esistono misure empiriche della consistenza di questo problema di trasferimento dell'informazione, che può riguardare anche altre tipologie di costo, probabilmente alterando i risultati. Alcuni finanziatori affrontano il problema concedendo ipoteche nelle quali la determinazione del tasso di interesse o del valore dell'ipoteca è legata all'efficienza energetica dell'unità immobiliare. Si può risolvere privatamente lo stesso problema usando lo strumento delle garanzie.

3.4. *Fallimenti nel mercato dell'innovazione*

Le ricadute positive della ricerca e sviluppo (R&S) possono deprimere gli investimenti in innovazione tecnologica nel settore dell'efficienza energetica a causa della natura di bene pubblico della conoscenza generata, qualora le imprese non riescano ad appropriarsi integralmente dei benefici derivanti dai loro sforzi innovativi che invece ricadono parzialmente su altre imprese e consumatori. Questo non è una particolarità legata all'efficienza energetica ma è una caratteristica più generale del-

l'innovazione tecnologica, che si palesa empiricamente come un tasso di rendimento «sociale» dell'attività di R&S che è approssimativamente da 2 a 4 volte più alto del tasso di rendimento «privato» (Griliches 1995, Hall 1996, Nadiri 1993). Se il prezzo dell'energia è inferiore all'ottimo sociale, il problema legato all'innovazione sarà amplificato nel contesto delle tecnologie per il risparmio energetico (Goulder e Schneider 1999, Jaffe et al. 2005, Schneider e Goulder 1997).

Il *learning by doing* (LBD) si rifà ad osservazioni empiriche dell'andamento del costo di produzione al crescere della produzione cumulata di una nuova tecnologia, che mostra una tendenza a ridursi man mano che l'impresa apprende dall'esperienza a contenere i propri costi (Arrow 1962). Il LBD può combinarsi con un fallimento del mercato se l'apprendimento produce una conoscenza che si diffonde ad altre imprese dello stesso settore abbassandone i costi senza che l'impresa innovatrice sia in alcun modo compensata (Fischer e Newell 2008, van Benthem et al. 2008). In ambito energetico, i processi di LBD sono stati studiati sul campo ed applicati principalmente alle tecnologie nascenti per la produzione di energia elettrica a basso contenuto di carbonio nel contesto di modelli di politica energetica e climatica.

L'evidenza empirica sull'effetto di apprendimento nel caso di apparecchiature utilizzatrici di energia è molto limitata, e quello che effettivamente esiste riguarda in genere le riduzioni dei costi di fabbricazione piuttosto che un apprendimento specificamente riconducibile al miglioramento di efficienza energetica (vedi ad es. Bass 1980). Tra l'altro è difficile tenere empiricamente

distinti l'effetto apprendimento da altri fattori che possono influenzare costi e prezzi. È necessario pertanto approfondire la ricerca per esaminare questo effetto nel campo delle tecnologie energetiche efficienti ed accertarsi in che misura si diffonde ad altre imprese. Le esternalità positive potenziali insite nel LBD non riguardano solo il settore dell'energia: possono manifestarsi per qualsiasi nuova tecnologia che mostri caratteristiche di apprendimento non appropriabili.

3.5. *Comportamenti erronei*

L'economia comportamentale ha portato l'attenzione sulle numerose e sistematiche distorsioni che influenzano il processo decisionale dei consumatori e che possono essere rilevanti nelle scelte di investimento compiute nel caso dell'efficienza energetica. Spunti simili di approfondimento possono venire anche dalla letteratura che applica la psicologia e la sociologia ai processi decisionali in campo energetico (Stern 1985, Lutzenhiser 1992, 1993). I modelli interpretativi che incorporano deviazioni importanti dalle ipotesi di razionalità perfetta ricevono dall'economia comportamentale e dagli studi psicologici una capacità esplicativa intuitiva ed una base sperimentale. La questione cruciale è se queste de-

viazioni dalla razionalità perfetta comportano distorsioni veramente sistematiche e significative nelle decisioni concernenti l'efficienza energetica, e in tal caso se queste distorsioni causano un eccesso o un difetto di investimenti. A causa della limitata letteratura economica in quest'area, in molti casi faremo riferimento alla letteratura proveniente da altre scienze sociali, che tratta direttamente del comportamento legato al consumo di energia.

La letteratura dell'economia comportamentale parte dalla psicologia cognitiva e da altre discipline per effettuare analisi sperimentali e teoriche tese a capire come i consumatori prendono le loro decisioni. Gli economisti comportamentali tendono a rendere meno stringenti le ipotesi della microeconomia classica riferite alle scelte perfettamente razionali per sostituirle con ipotesi di razionalità limitata o altre tecniche euristiche di decisione (McFadden 1999). L'economia comportamentale è stata motivata dal fatto evidente che i consumatori non si comportano come agenti perfettamente razionali – anche se in possesso di un'informazione perfetta – e ha sviluppato una teoria positiva allo scopo di comprendere come essi prendono decisioni nella pratica. Nel contesto dell'efficienza energetica, l'ipotesi di razionalità più



comune e rilevante è quella di un comportamento teso a minimizzare il valore attuale dei costi per un dato livello di fornitura di servizi energetici.

Le evidenze che i consumatori non sempre prendono decisioni in modo perfettamente razionale sono abbastanza forti, a partire da studi che hanno indicato come le risposte date sia dai più esperti sia dai meno esperti in certe situazioni violino con coerenza le ipotesi di scelta razionale (Tversky e Kahneman 1974, 1979). Da allora è fiorita un'intera letteratura che ha esaminato quando e come ciò accade (per una rassegna si rimanda a Camerer 1997, McFadden 1999, Machina 1989, Rabin 1997, Thaler 1991; Shogren e Taylor 2008 forniscono rassegne che riguardano specificamente l'ambito dell'economia delle risorse e dell'ambiente). La nostra disamina segue il filone principale dell'economia comportamentale concentrandosi sulle decisioni del consumatore. È possibile che anche le imprese si trovino ad affrontare alcuni problemi analoghi, sebbene le pressioni concorrenziali abbiano l'effetto di attenuare su di loro l'impatto dei comportamenti erronei (Shogren e Taylor 2008).

I tre filoni principali emersi nel campo dell'economia comportamentale e applicati nel contesto dell'efficienza energetica sono: la teoria del prospetto (*prospect theory*), la razionalità limitata (*bounded rationality*) e l'euristica nel processo decisionale (*heuristic decision making*). Secondo la teoria del prospetto, la decisione presa in condizioni di incertezza presuppone che le variazioni di benessere derivanti da vincite e perdite siano valutate in relazione ad una base fissa di riferimento, solitamente lo status quo. Si ipotizza inoltre che i consumatori siano av-

versi al rischio rispetto alle vincite e propensi al rischio rispetto alle perdite così che la variazione «assoluta» di benessere è molto maggiore nel caso di una perdita che non di una vincita attesa della stessa grandezza (Kahneman e Tversky 1979). Tutto ciò può generare avversione alle perdite, ancoraggio, distorsione favorevole al mantenimento dello status quo ed altri comportamenti anomali (Shogren e Taylor 2008).

La razionalità limitata suppone che i consumatori siano razionali ma debbano affrontare seri problemi cognitivi nell'elaborare l'informazione che sfociano, a date condizioni, in deviazioni dalla razionalità (Simon 1956, 1986). Ad essa è strettamente collegata l'euristica che abbraccia una varietà di strategie decisionali che si distinguono in qualche aspetto critico dalla convenzionale strategia di massimizzazione dell'utilità allo scopo di ridurre l'impegno cognitivo sollecitato dalla decisione. Per esempio, Tversky ha messo a punto la «teoria della eliminazione per aspetti», secondo la quale i consumatori adottano un processo decisionale sequenziale: per prima cosa restringono il set completo di scelta eliminando prodotti che non possiedono alcune caratteristiche o aspetti desiderati (ad es. un prezzo al di sopra di un certo livello) e poi ottimizzano all'interno di un set di scelte più ristretto, preferibilmente dopo aver eliminato in questo modo il maggior numero possibile di prodotti.

Non esiste una vasta letteratura che abbia testato empiricamente queste ipotesi comportamentali per scoprire la presenza di una distorsione sistematica, sia in senso positivo sia in senso negativo, nei processi decisionali relativi al consumo di energia. Hartman et al. (1991) hanno verificato

se l'effetto status quo supposto dalla teoria del prospetto funziona nel caso della valutazione di affidabilità del servizio elettrico. Per quanto questa caratteristica sia collegata solo parzialmente all'efficienza energetica, lo studio ha accertato che in questo caso l'effetto status quo è significativo, quel che suggerisce che i consumatori – irrazionalmente riluttanti ad abbandonare lo status quo – finiscano con l'accettare una probabilità più alta di interruzione del servizio.

Verificare empiricamente l'ipotesi di razionalità limitata è ancora più arduo, in quanto non esiste un unico modello di consenso su come essa funzioni nel caso di decisioni nel settore dell'energia (Sanstad e Howarth 1994). Friedman e Hausker (1988) hanno costruito un modello teorico ricorrendo ad una particolare conformazione della razionalità limitata, nella quale i consumatori non hanno la capacità di ottimizzare i loro consumi energetici di fronte ad una struttura a scaglioni delle tariffe elettriche. Il modello indica che si avranno consumi più alti se la struttura tariffaria è crescente, più bassi se è decrescente. Friedman (2002) ha testato il modello utilizzando dati di aziende elettriche che presentavano una struttura tariffaria a scaglioni crescenti per trovare conferma empirica che il modello con specifiche coerenti con la razionalità limitata (che spinge ad avere consumi eccessivi) ha un potere predittivo maggiore di quello basato sulla massimizzazione dell'utilità.

Le strategie decisionali basate sull'euristica sono altrettanto difficili da verificare sperimentalmente nel settore dell'energia, sebbene molti lavori di taglio psicologico abbiano tentato di farlo. Kempton e Montgomery (1983) hanno fatto ricorso ad una tecnica di



indagine per scoprire che i consumatori seguono euristiche semplici per determinare i loro consumi di energia, e tali processi portano sistematicamente a sottoinvestire in efficienza. Hanno per esempio scoperto che, per decisioni relative agli investimenti in efficienza, i consumatori tendono ad utilizzare misure di *payback* molto rozze, dove il costo di investimento totale è diviso per i risparmi futuri calcolati in base ai prezzi dell'energia attuali, non a quelli che ci saranno al momento dei risparmi, ignorando in pratica le future variazioni nei prezzi reali dell'energia. Kempton et al. (1992), usando metodologie simili, hanno trovato che i consumatori calcolano sistematicamente in modo errato il *payback* per gli investimenti in condizionatori, portando anche in questo caso ad un consumo eccessivo di energia.

Yates e Aronson (1983) hanno accertato che i consumatori danno un peso sproporzionato ai fattori che sono più osservabili e restano più impressi psicologicamente, sulla base di quello che viene speso chiamato «effetto di dominanza» (*salience effect*). È possibile che questo effetto influenzi le decisioni nel campo dell'efficienza energetica stimolando un'eccessiva atten-

zione riguardo i costi iniziali di acquisto e causando un sottoinvestimento in efficienza (Wilson e Dowlatabadi 2007). Tutto questo può essere collegato all'evidenza che suggerisce che chi decide è più sensibile ai costi iniziali di investimenti che ai costi operativi, sebbene una simile evidenza possa essere anche la conseguenza di quantificazioni non appropriate delle aspettative su consumi e prezzi futuri dell'energia (Anderson e Newell 2004, Hassett e Metcalf 1995, Jaffe et al. 1995).

Loewenstein e Prelec (1992) hanno costruito un modello teorico di scelte intertemporali nel quale la funzione di utilità è sostituita da una funzione di valore che è più elastica per risultati di ordine di grandezza assoluta superiore, in coerenza con le evidenze riportate in Thaler (1981) e Holcomb e Nelson (1992). In questo modo, in uno scenario che adotta la funzione di valore, l'attualizzazione viene a dipendere dall'ordine di grandezza dei risultati. Applicando tutto ciò al caso degli investimenti in efficienza energetica, poiché i flussi economici dei risparmi di energia elettrica sono tipicamente più contenuti dei rendimenti annuali di altri tipi di investimento, essi sarebbero di conseguenza soggetti a tassi di sconto più alti. Loewenstein e Prelec sostengono che il loro modello può catturare una distorsione comportamentale che implica un sottoinvestimento sistematico in efficienza rispetto ad una scelta dei consumatori basata sulla minimizzazione dei costi. A conoscenza di chi scrive, il modello non è stato finora testato in questo specifico contesto.

Questa rassegna rivela che la letteratura empirica che ha verificato gli errori comportamentali nel contesto di decisioni attinenti l'energia è molto

scarna. Lavori nel campo della psicologia e della sociologia discutono ulteriormente queste distorsioni e forniscono qualche evidenza aggiuntiva (per una rassegna di approcci in campi differenti applicati all'energia vedi Wilson e Dowlatabadi 2007). Le evidenze disponibili suggeriscono che ci possono essere distorsioni sistematiche nel processo decisionale che potrebbero condurre ad un sovraconsumo di energia e a un sottoinvestimento in efficienza. Comprendere più a fondo la dimensione di queste distorsioni, separarle dai problemi di informazione e dagli altri fallimenti di mercato, misurare la capacità di politiche praticabili a risolvere questi comportamenti erronei restano importanti aree di ricerca per il futuro.

4. POLITICHE DI EFFICIENZA ENERGETICA

La letteratura ha identificato un certo numero di potenziali fallimenti di mercato e di potenziali comportamenti erronei che sono rilevanti ai fini dell'efficienza energetica. Affinché le risposte politiche siano migliorative anche dell'efficienza economica, esse devono contrastare con successo questi problemi ed i benefici economici derivanti devono superare i costi di attuazione delle politiche. Nel paragrafo precedente abbiamo indicato una serie di specifici fallimenti di mercato, molti dei quali non si riferiscono unicamente all'efficienza ed al risparmio energetici. Ricadute della R&S si trovano, per esempio, in tutti i settori dell'economia e giustificano politiche di carattere generale come la protezione brevettuale, i crediti di imposta per le spese in R&S ed i finanziamenti alla ricerca di base. Decisioni politiche mira-

te alla R&S nel campo dell'efficienza energetica si hanno principalmente in occasione della determinazione del livello dei finanziamenti pubblici da destinare alla ricerca e della loro distribuzione tra obiettivi e scopi differenti (per una discussione su questi temi, vedi Newell 2008). Sotto questo punto di vista, le ricadute del *learning by doing* sono simili, nel senso che qualsiasi tecnologia emergente può avere vantaggi di apprendimento non appropriabili, ponendo alla politica domande su dove collocare correttamente le tutele.

Le esternalità ambientali evitate grazie all'efficienza ed al risparmio energetici provengono in gran parte dalle emissioni causate dalla combustione di fonti fossili. La teoria economica suggerisce che se i consumatori seguono una strategia di ottimizzazione e non ci sono altre imperfezioni di mercato, una politica di *first-best* rivolta alle esternalità ambientali dovrebbe fare in modo che i costi riconducibili alle emissioni siano aggiunti ai prezzi energetici attraverso una tassa pigouviana o un sistema di *cap-and-trade*. La conseguente internalizzazione delle esternalità porterebbe ad una ridotta domanda di energia (più risparmio) e maggiori investimenti in efficienza energetica.

Per quantificare l'energia risparmiata grazie ad una politica di prezzo delle emissioni, si può esaminare l'elasticità di prezzo della domanda di energia discussa in precedenza, come si fa usualmente nel contesto dei modelli econometrici di equilibrio generale o di altri modelli aggregati riferiti all'economia dell'energia. Nel contesto delle politiche per il clima, questa modellizzazione di solito giunge alla conclusione che una parte considerevole delle riduzioni delle emissioni, che risulta anche conve-

niente sotto il profilo dei costi, è ottenuta dall'efficienza e dal risparmio, oltre che dalle energie rinnovabili, dal nucleare e dalla cattura e stoccaggio della CO₂ emessa dal carbone (la convenienza del ciclo di cattura e stoccaggio della CO₂ nella produzione elettrica si misura con il combustibile meno caro - *ndt*) (Clarke et al. 2006, Weyant et al. 2006). Le politiche che danno un sostegno diretto all'efficienza energetica sono tuttavia risposte di *second-best* alle esternalità, perché non discriminano tra le fonti di energia in base alle intensità di emissione, non danno un incentivo per ridurre gli usi energetici finali e tendono a rivolgersi ad un sottoinsieme di fonti. Viceversa, le politiche di promozione dell'efficienza energetica possono essere una risposta appropriata a comportamenti erronei acclarati, specie nei contesti dove quel tipo di comportamento ha più vaste ripercussioni sociali (ad es. le esternalità ambientali).

Nel prosieguo dell'articolo ci concentreremo sulle basi teoriche, l'efficacia ed i costi delle politiche specificamente dirette all'efficienza energetica, raggruppate in tre ampie categorie: programmi di informazione, incentivi, standard di prodotto. Prima di affrontare questi problemi, forniremo una breve rassegna di alcune questioni generali che sorgono quando si tratta di misurare l'efficacia ed i costi delle politiche di efficienza energetica (per una rassegna più dettagliata, Gillingham et al. 2006).

4.1. Misurare l'efficacia e i costi delle politiche per l'efficienza energetica

La letteratura sulla valutazione dell'efficacia e dei costi delle politiche di risparmio ed efficienza è molto vasta ed è diventata nel tempo più sofi-

sticata. Non mancano tuttavia alcuni punti critici. In primo luogo, predominano gli studi *ex ante*, soprattutto nella valutazione degli standard di prodotto. Si tratta di lavori che costituiscono un valido punto di partenza per l'elaborazione delle politiche, ma non dimostrano che queste siano state efficaci o abbiano portato un beneficio netto in sede di attuazione. Man mano che cresce il numero delle misure attuate a sostegno del risparmio e dell'efficienza, la letteratura si sposta verso gli studi *ex post* che esaminano a consuntivo efficacia e costi al fine di migliorare il futuro processo di elaborazione delle politiche.

Una delle principali critiche rivolte alla letteratura che si occupa di questi temi è che non fornisce una valutazione sempre appropriata dei cosiddetti *free riders*: consumatori che avrebbero comunque investito in efficienza o risparmiato energia, anche in assenza di politiche mirate allo scopo, e che ricevono grazie ad esse benefici addizionali (Joskow e Marron 1992). I benefici derivanti dai *free riders* non dovrebbero pertanto essere conteggiati tra i benefici imputabili alle politiche, ma i costi (visto che non si tratta semplicemente di trasferimenti) dovrebbero essere inseriti nel costo delle politiche. Come si è visto in precedenza, alcuni lavori che rientrano nel filone più ampio della letteratura sull'efficienza energetica sottolineano l'effetto di compensazione legato ai *free drivers*, laddove chi non partecipa al programma è spinto ad investire in efficienza o a risparmiare energia per avere osservato chi partecipa al programma (Blumstein e Harris 1993, Geller e Attali 2005).

Un'altra critica rivolta di solito alle valutazioni delle politiche a sostegno dell'efficienza energetica è che ignorano o

considerano in modo non corretto il *rebound effect*, in base al quale il miglioramento di efficienza abbatta il costo marginale dei servizi energetici e incrementa per tale ragione la domanda, causando così una riduzione negli impieghi finali di energia meno che proporzionale. Esiste un ampio dibattito in letteratura sull'importanza del *rebound effect* nel contesto degli standard di rendimento energetico (Gillingham et al. 2006), anche se i primi riscontri empirici suggeriscono che, nel caso specifico, possa avere un impatto modesto (Dumagan e Mount 1993). Davis (2006), ad esempio, ha studiato il caso delle lavatrici trovando un valore di *rebound effect* relativamente modesto (-6%), pur se non insignificante. Evidenze recenti per il settore del trasporto privato si trovano in Small e Van Dender (2007).

4.2. Programmi di informazione

I programmi di informazione hanno tipicamente l'obiettivo di stimolare investimenti in efficienza fornendo informazioni sui minori consumi potenziali o esempi su come ottenere risparmi. Tra tali programmi rientrano quelli riferiti ai prelievi di energia elettrica nei momenti di punta, quando la rete è in condizioni di massimo carico, e molti di questi fanno parte, da tempo, dei programmi di gestione della domanda predisposti dalle aziende elettriche. Altri sono programmi di informazione a livello federale come l'Energy Star, l'etichettatura delle apparecchiature e la certificazione energetica dei nuovi edifici. In questa categoria rientrano anche i programmi grazie ai quali i consumatori ricevono informazioni di ritorno sui loro consumi di energia.

I programmi di informazione sono giustificati dai problemi informativi e dai comportamenti erronei osservati in precedenza. L'idea è che sia possibile attenuare i problemi di asimmetria informativa e di incertezza sui guadagni futuri fornendo informazioni più abbondanti ed affidabili. Informazioni aggiuntive possono anche ridurre i costi cognitivi del processo decisionale in campo energetico o aiutare ad orientare i consumatori verso decisioni migliori.

I programmi variano molto, sia nell'impostazione metodologica sia nell'attuazione, ed i riscontri sulla loro efficacia sono incerti. Weil e McMahon (2003) portano una serie di evidenze aneddotiche del fatto che i requisiti di etichettatura dei prodotti possano effettivamente avere successo nell'aumentare gli investimenti in efficienza, mentre Levine et al. (1995) avevano riscontrato una parziale inefficacia dei requisiti di etichettatura della Energy Guide – rivista proprio per questo da un recente regolamento. Secondo alcuni studi, l'etichettatura su base volontaria Energy Star sembra avere raggiunto risparmi significativi stimolando una maggiore efficienza energetica (Webber et al. 2000). Howarth et al. (2000) forniscono, ad esempio, prova del fatto che il programma volontario Green Light (ora incluso in Energy Star) dell'*Environmental Protection Agency*, e il programma Energy Star per le apparecchiature da ufficio sono stati efficaci nell'aumentare gli investimenti in efficienza proprio grazie ad una maggiore informazione.

Anderson e Newell (2004) hanno passato al vaglio gli audit energetici nel settore manifatturiero ed hanno scoperto che, sebbene solo circa la metà dei progetti raccomandati siano accettati, la maggior

parte degli interpellati risponde all'analisi dei costi e dei benefici fornita dall'audit e, dopo avere ottenuto informazioni aggiuntive, effettua quegli investimenti che hanno un tasso di rendimento minimo coerente con i criteri standard di investimento che l'impresa dichiara di seguire. Newell et al. (1999) hanno trovato che la reattività ai prezzi dell'energia in termini di innovazione di prodotto è aumentata di molto dopo che è stata richiesta l'etichettatura di prodotto. Stern (1985) suggerisce che molti dei primi programmi di informazione sul risparmio di energia (in particolare la gestione della domanda) non si sono rivelati molto efficaci. Fischer (2008) ha passato in rassegna il filone della letteratura psicologica sugli effetti delle informazioni di ritorno (cioè quei programmi che danno ai consumatori riscontri in tempo reale sui loro prelievi elettrici) scoprendo che esse stimolano risparmi che sono tipicamente nell'ordine del 5-12%. Reiss e White (2008) hanno esaminato i dati raccolti durante la crisi elettrica del 2000-2001 in California, appurando che nei momenti di forte difficoltà gli appelli al risparmio ed i programmi di informazione possono portare a una riduzione consistente della domanda di energia. Dati relativi alla convenienza economica di questi programmi non sono però disponibili.

4.3. Gli incentivi finanziari

I programmi di incentivazione forniscono uno stimolo finanziario agli investimenti in efficienza energetica attraverso sussidi diretti, crediti d'imposta, detrazioni fiscali, rimborsi o prestiti agevolati. Gli incentivi finanziari sono stati utilizzati anche al fine di promuovere il risparmio di ener-

gia nei mercati elettrici durante i momenti di picco. Essi sono stati inoltre impiegati allo scopo di incoraggiare lo sviluppo di nuove tecnologie energetiche attraverso premi assegnati a prodotti altamente efficienti (Gillingham et al. 2006). Questi programmi di incentivazione, attuati soprattutto includendoli nei programmi di gestione della domanda delle aziende elettriche, sono ampiamente giustificati dalle preoccupazioni espresse in precedenza e danno una risposta efficace all'evidente carenza di investimenti in efficienza fornendo agli stessi un sostegno finanziario.

I risultati dei riscontri empirici sull'efficacia degli incentivi finanziari non sono univoci. Stern (1985) suggerisce che la disponibilità di incentivi non è molto efficace a stimolare l'adesione ai programmi per migliorare l'efficienza energetica, ma può funzionare nei confronti di chi ha già aderito al programma spingendolo ad investire in efficienza. Sfruttando un'indagine sui crediti di imposta concessi in favore del risparmio energetico all'inizio degli anni '80, Carpenter e Chester (1984) hanno accertato che sebbene l'86% dei partecipanti all'indagine fosse a conoscenza dell'agevolazione, solo il 35% ne ha beneficiato e tra questi il 94% avrebbe comunque investito a prescindere dal bonus. Diversi studi hanno prodotto stime economiche relative all'effetto degli incentivi fiscali concessi a livello statale su qualunque tipo di investimento per l'uso razionale dell'energia, raggiungendo risultati incerti. Hassett e Metcalf (1995) hanno cercato di rimediare a precedenti errori metodologici ed hanno stimato che una variazione di 10 punti percentuali nella tassazione sugli investimenti energetici aumenta del 24% la pro-

babilità che venga realizzato un investimento in efficienza. Anche Williams e Poyer (1996), utilizzando dati degli anni '80, hanno trovato che, nonostante il problema dei *free riders*, i crediti di imposta aumentano tale probabilità. Questi risultati suggeriscono che gli incentivi finanziari possono essere efficaci, ma è necessario affinare ulteriormente la ricerca per accertare la loro convenienza economica.

Esiste una letteratura abbastanza vasta che esamina la convenienza economica dei programmi di DSM da parte delle aziende elettriche, che tipicamente prevedono incentivi finanziari insieme ai programmi di informazione. Valori comuni che si ritrovano in letteratura per quel che riguarda i costi del cosiddetto «negawatt» o i costi pieni (cioè le spese totali di gestione del programma e di installazione delle apparecchiature) per ogni chilowattora risparmiato grazie ad un programma di DSM sono compresi in un range che varia da meno di 0,01 doll./kWh ad oltre 0,20 doll./kWh risparmiato (in dollari reali 2002). A titolo di confronto, negli ultimi dieci anni i prezzi medi dell'energia elettrica per il settore residenziale negli Stati Uniti hanno oscillato tra 0,08



e 0,09 doll./kWh (sempre in dollari 2002) (Energy Information Administration 2008). Il dibattito sul costo del negawatt continua e recenti stime economiche portate da Loughran e Kulick (2004) suggeriscono che le aziende elettriche sovrastimano i risparmi di energia, spingendo in questo modo il costo verso l'alto. Tuttavia, un'analisi condotta da Auffhammer et al. (2008), a partire dagli stessi dati, mette in evidenza che le statistiche riepilogative dei risparmi utilizzate da Loughran e Kulick non erano ponderate e pertanto si aveva in questo modo una sottostima della media nazionale dell'elettricità risparmiata per dollaro speso in programmi di DSM. Auffhammer et al. (2008) calcolano una media ponderata del costo del negawatt compresa tra 0,05 e 0,13 doll./kWh, basandosi sul modello di Loughran e Kulick, senza superare il test di ipotesi nulla che le stime dei risparmi di energia riportati dalle aziende siano mediamente corretti. Queste cifre, comunque, includono solamente i costi a carico delle aziende elettriche e non quelli sostenuti dai consumatori finali di energia che possono essere nell'ordine del 60-70% dei costi delle aziende (Nadel e Geller 1996). Prendendo direttamente le stime delle aziende su costi e risultati, Gillingham et al. (2004) hanno calcolato che il livello di convenienza economica per tutti i programmi di DSM sia di 0,034 dollari (in moneta 2002) per kWh risparmiato nell'anno 2000, considerando solo i costi a carico delle aziende ed i risparmi da queste registrati.

4.4. Gli standard di prodotto

Gli standard fissano un livello minimo di rendimento energetico che devono soddi-

sfare tutti i prodotti esistenti sul mercato a cui lo standard si riferisce. In alcune circostanze, gli standard possono essere differenziati per dimensione e tipologia di prodotto, come nel caso per esempio dei frigoriferi e dei minifrigo. Gli standard di efficienza energetica sono politicamente giustificati da tutte le preoccupazioni che sono state passate in rassegna finora. Da un punto di vista economico, altri strumenti di intervento tendono a dare una risposta più diretta ed efficiente ai fallimenti di mercato. Per esempio, se i consumatori decidono in modo razionale ed esiste eterogeneità nelle loro preferenze in materia di efficienza energetica, gli standard (obbligatori - ndt) di prodotto possono determinare una perdita di efficienza economica forzando un cambiamento di scelta (e di comportamento) anche tra coloro i quali hanno relativamente poco da guadagnare in termini di efficienza energetica (ossia quelli che non usano spesso il prodotto in questione) (Hausman e Joskow 1982). D'altra parte, la presenza accertata di comportamenti erronei può fornire una solida motivazione economica agli standard di prodotto.

La letteratura su questo argomento si focalizza in prevalenza sugli standard per le apparecchiature, per le quali sono soprattutto disponibili stime ex ante dei costi e dell'efficacia basate su analisi delle agenzie governative di regolamentazione. Facendo ricorso a stime ingegneristiche dei risparmi e dei prezzi dell'energia, Meyers et al. (2003) han-

no trovato un beneficio netto complessivo di 17,4 mld. doll. nel periodo 1987-2000 imputabile agli standard delle apparecchiature validi nello stesso periodo. Proiettando i risparmi di energia ottenibili dagli standard attuali al 2050, essi hanno calcolato un beneficio netto complessivo di 154 mld. doll. (sempre in moneta 2003) per il periodo 1987-2050. Utilizzando queste stesse stime, Gillingham et al. (2004) hanno calcolato che il livello implicito di convenienza economica è stato, nel 2000, di 0,028 doll. per kWh risparmiato.

Queste stime dei benefici netti non sono state, per quanto a nostra conoscenza, sottoposte a verifiche indipendenti in letteratura. Poiché queste analisi non includono una valutazione delle esternalità di tipo ambientale o legate alla sicurezza, i loro benefici netti derivano solamente dalle ipotesi implicite nei modelli, che sono differenti dal modo in cui i consumatori si comportano in assenza di standard (in altri termini, nei modelli sono impliciti i comportamenti erronei). L'implicazione può essere o che i consumatori non stanno minimizzando i costi o che il modello non sta facendo ipotesi corrette. Un'ulteriore ricerca empirica per valutare quale delle due spiegazioni è più corretta sarebbe apprezzabile.

5. CONCLUSIONI

La letteratura sul tema dell'economia dell'efficienza energetica e del risparmio ha raccolto al suo interno un significativo dibattito negli ultimi

decenni, eppure restano irrisolti molti importanti problemi. Al centro del dibattito è la questione di identificare il livello economicamente efficiente di efficienza energetica, di capire se una politica diretta specificamente all'efficienza energetica è indispensabile per farci raggiungere questo livello, e, se è così, di determinare in concreto i benefici netti. In questo articolo abbiamo indicato potenziali fallimenti di mercato e potenziali comportamenti erronei che possono aiutare a spiegare questo gap di efficienza, sebbene vi sia una limitata evidenza quantitativa della loro dimensione e del loro impatto.

Molti dei fallimenti di mercato comunemente citati non riguardano solo l'efficienza energetica. Per affrontarli si sollecita un intervento politico di più ampio raggio, come un prezzo per i gas ad effetto serra valido in tutti i settori per combattere il cambiamento climatico, una politica dell'innovazione di vasta portata per aumentare lo sforzo innovativo, una riforma dei mercati elettrici in favore dell'adozione di prezzi basati sui costi marginali. Viceversa, i problemi di informazione ed i comportamenti erronei – nella misura in cui sono significativi – tendono a motivare politiche più specifiche nel campo dell'efficienza energetica, sempre ammesse che i benefici di queste politiche siano maggiori dei costi. È essenziale che si faccia ulteriore ricerca in questo filone per chiarire meglio il potenziale che hanno le politiche per l'efficienza energetica di migliorare l'efficienza economica.

NOTE

(1) Capire quali sono le forze economiche che governano l'intensità e la direzione del progresso tecnologico in campo energetico a livello di prodotti, settori e Paesi è stata un'importante area di ricerca, specie nell'ambito dei modelli di analisi del cambiamento climatico. Per una rassegna della letteratura dedicata a questo argomento, che va oltre gli interessi di questo lavoro, vedi Gillingham et al. (2008).

(2) Insieme ai temi discussi sopra, Fischer (2005) ha approfondito la teoria economica che attribuisce alla discrimi-

nazione di prezzo in mercati non perfettamente competitivi un ruolo nella riduzione degli incentivi ai produttori a migliorare l'efficienza energetica dei prodotti di bassa gamma. Ruderman et al. (1987) avevano a loro volta discusso gli effetti della non separabilità delle prestazioni o delle caratteristiche del prodotto nei mercati per l'efficienza energetica, anche se le inefficienze conseguenti non dovrebbero essere di grossa entità se i mercati sono competitivi.

BIBLIOGRAFIA

- AKERLOF G. (1970), *The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. 84, pp. 488-500.
- ANDERSON S., NEWELL R. (2004), *Information programs for technology adoption: the case of energy efficiency audits*, in «Resource and Energy Economics», vol. 26, pp. 27-50.
- ARROW K. (1962), *The economic implications of learning by doing*, in «Review of Economic Studies», vol. 29, pp. 155-173.
- AUFFHAMMER M., BLUMSTEIN C., FOWLIE M. (2008), *Demand-side management and energy efficiency revisited*, in «Energy Journal», vol. 29, pp. 91-104.
- BASS F. (1980), *The relationship between diffusion rates, experience curves, and demand elasticities for consumer durable technological innovations*, in «Journal of Business», vol. 53, pp. 51-67.
- BERNSTEIN M., GRIFFIN J. (2005), *Regional Differences in the Price-Elasticity of Demand for Energy*, Rand Corporation, Santa Monica, CA.
- BERRY L. (1984), *The role of financial incentives in utility-sponsored residential conservation programs: a review of customer surveys*, in «Evaluation and Program Planning», vol. 7, pp. 131-141.
- BLUMSTEIN C., HARRIS J. (1993), *The cost of energy efficiency*, in «Science», vol. 261, pp. 969-970.
- BLUMSTEIN C., KREIG B., SCHIPPER L., YORK C. (1980), *Overcoming social and institutional barriers to energy efficiency*, in «Energy», vol. 5, pp. 355-372.
- BOHI D., TOMAN M. (1996), *Economics of Energy Security*, Kluwer Acad., Norwell, MA.
- BOHI D., ZIMMERMAN M. (1984), *An update on econometric studies of energy demand behavior*, in «Annual Review of Energy», vol. 9, pp. 105-154.
- BRENNAN T. (2004), *Market failures in real-time metering*, in «Journal of Regulatory Economics», vol. 26, pp. 119-139.
- CAMERER C. (1997), *Progress in behavioral game theory*, in «Journal of Economic Perspectives», vol. 11, pp. 167-188.
- CARPENTER E.H., CHESTER T.S. (1984), *Are federal energy tax credits effective? A Western United States survey*, in «Energy Journal», vol. 5, pp. 139-149.
- CLARKE L., WISE M., PLACET M., IZAURRALDE C., LURZ J. et al. (2006), *Climate change mitigation: an analysis of advanced technology scenarios*, Working Paper 16078, Pac. Northwest National Lab.
- DAHL C. (1993), *A survey of energy demand elasticities in support of the development of the NEMS*, Working Paper, US Dep. Energy, Colorado School of Mines.
- DAVIS L. (2008), *Durable goods and residential demand for energy and water: evidence from a field trial*, in «Rand Journal of Economics», vol. 39, pp. 530-546.
- DECANIO S.J. (1993), *Barriers within firms to energy-efficient investments*, in «Energy Policy», vol. 21, pp. 906-914.
- DECANIO S.J. (1994a), *Agency and control problems in U.S. corporations: the case of energy efficient investment projects*, in «Journal of the Economics of Business», vol. 1, pp. 105-124.
- DECANIO S.J. (1994b), *Why do profitable energy-saving investment projects languish?*, in «Journal of General Management», vol. 20, pp. 62-71.
- DECANIO S.J., WATKINS W. (1998), *Investment in energy efficiency: Do the characteristics of firms matter?*, in «Review of Economics and Statistics», vol. 80, pp. 95-107.
- DUMAGAN J.C., MOUNT T.D. (1993), *Welfare effects of improving end-use efficiency: theory and application to residential electricity demand*, in «Resource and Energy Economics», vol. 15, pp. 175-201.
- Energy Information Administration (2008), *Electric Power Monthly with Data for September 2008*, US Dep. Energy/EIA, Washington DC.
- ETO J., VINE E., SHOWN L., SONNENBLICK R., PAYNE C. (1996), *The total cost and measured performance of utility sponsored energy-efficiency programs*, in «Energy Journal», vol. 17, pp. 31-52.
- FISCHER C. (2005), *On the importance of the supply side in demand-side management*, in «Energy Economics», vol. 27, pp. 165-180.

- FISCHER C. (2008), *Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?*, in «Energy Efficiency», vol. 1, pp. 79-104.
- FISCHER C., NEWELL R. (2008), *Environmental and technology policies for climate mitigation*, in «Journal of Environmental Economics and Management», vol. 55, pp. 142-162.
- FRIEDMAN L. (2002), *Bounded rationality versus standard utility-maximization: a test of energy price responsiveness*, in ROWDA R., FOX J. (eds.), *Judgements, Decisions, and Public Policy*, Cambridge University Press, New York, pp. 138-173.
- FRIEDMAN L., HAUSKER K. (1988), *Residential energy consumption: models of consumer behavior and their implications for rate design*, in «Journal of Consumer Policy», vol. 11, pp. 287-313.
- GELLER H., ATTALI S. (2005), *The Experience with Energy Efficiency Policies and Programmes in IEA Countries: Learning from the Critics*, International Energy Agency, Paris.
- GILLINGHAM K., NEWELL R., PALMER K. (2004), *Retrospective examination of demand-side energy efficiency policies*, Discussion Paper, 04-19, Resources for the Future, Washington DC.
- GILLINGHAM K., NEWELL R., PALMER K. (2006), *Energy efficiency policies: a retrospective examination*, in «Annual Review of Environment and Resources», vol. 31, pp. 161-192.
- GILLINGHAM K., NEWELL R., PIZER W. (2008), *Modeling endogenous technological change for climate policy analysis*, in «Energy Economics», vol. 30, pp. 2734-2753.
- GOLOVE W., ETO J. (1996), *Market barriers to energy efficiency: a critical reappraisal of the rationale for public policies to promote energy efficiency*, Working Paper LBL-38059, UC-1322, Lawrence Berkeley National Lab.
- GOULDER L., SCHNEIDER S. (1999), *Induced technological change and the attractiveness of CO₂ emissions abatement policies*, in «Resource and Energy Economics», vol. 21, pp. 211-253.
- GRILICHES Z. (1995), *R&D and productivity: econometric results and measurement issues*, in STONEMAN P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*, Oxford, Blackwell, pp. 52-71.
- HALL B. (1996), *The private and social returns to research and development*, in SMITH L.R., BARFIELD C.E. (eds.), *Technology, R&D, and the Economy*, Brookings Inst. Am. Enterp. Inst., Washington DC, pp. 140-183.
- HARTMAN R., DOANE M., WOO C.-K. (1991), *Consumer rationality and the status quo*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. 106, pp. 141-162.
- HASSETT K.A., METCALF G.E. (1993), *Energy conservation investment: Do consumers discount the future correctly?*, in «Energy Policy», vol. 21, pp. 710-716.
- HASSETT K.A., METCALF G.E. (1995), *Energy tax credits and residential conservation investment: evidence from panel data*, in «Journal of Public Economics», vol. 57, pp. 201-217.
- HAUSMAN J. (1979), *Individual discount rates and the purchase and utilization of energy-using durables*, in «Bell Journal of Economics», vol. 10, pp. 33-54.
- HAUSMAN J.A., JOSKOW P.L. (1982), *Evaluating the costs and benefits of appliance efficiency standards*, in «American Economic Review», vol. 72, pp. 220-225.
- HIRST E. (1986), *Actual energy savings after retrofit: electrically heated homes in the Pacific Northwest*, in «Energy», vol. 11, pp. 299-308.
- HOLCOMB J., NELSON P. (1992), *Another experimental look at individual time preference*, in «Rationality and Society», vol. 4, pp. 199-220.
- HOWARTH R., ANDERSSON B. (1993), *Market barriers to energy efficiency*, in «Energy Economics», vol. 15, pp. 262-272.
- HOWARTH R.B., HADDAD B.M., PATON B. (2000), *The economics of energy efficiency: insights from voluntary participation programs*, in «Energy Policy», vol. 28, pp. 477-486.
- HOWARTH R.B., SANSTAD A.H. (1995), *Discount rates and energy efficiency*, in «Contemporary Economic Policy», vol. 13, pp. 101-119.
- HSING Y. (1994), *Estimation of residential demand for electricity with the cross-sectionally correlated and time-wise autoregressive model*, in «Resource and Energy Economics», vol. 16, pp. 255-263.
- JAFFE A., NEWELL R., STAVINS R. (2004), *The economics of energy efficiency*, in CLEVELAND C. (ed.), *Encyclopedia of Energy*, Elsevier, Amsterdam, pp. 79-90.
- JAFFE A., NEWELL R., STAVINS R. (2005), *A tale of two market failures: technology and environmental policy*, in «Ecological Economics», vol. 54, pp. 164-174.
- JAFFE A., STAVINS R. (1994), *The energy efficiency gap: What does it mean?*, in «Energy Policy», vol. 22, pp. 804-810.
- JAFFE A., STAVINS R., NEWELL R. (1995), *Dynamic incentives of environmental regulations: the effects of alternative policy instruments on technology diffusion*, in «Journal of Environmental Economics and Management», vol. 29, pp. S43-63.
- JOSKOW P., TIROLE J. (2007), *Reliability and competitive electricity markets*, in «Rand Journal of Economics», vol. 38, pp. 60-84.
- JOSKOW P.L., MARRON D.B. (1992), *What does a negawatt really cost? Evidence from utility conservation programs*, in «Energy Journal», vol. 13, pp. 41-74.
- KAHNEMAN D., TVERSKY A. (1979), *Prospect theory: an analysis of decisions under risk*, in «Econometrica», vol. 47, pp. 263-291.
- KEMPTON W., FEUERMAN D., MCGARITY A. (1992), *I always turn it on «super»: user decisions about when and how to operate room air conditioners*, in «Energy and Buildings», vol. 18, pp. 177-191.
- KEMPTON W., MONTGOMERY L. (1982), *Folk quantification of energy*, in «Energy», vol. 7, pp. 817-827.
- KOOMEY J., SANSTAD A. (1994), *Technical evidence for assessing the performance of markets affecting energy efficiency*, in «Energy Policy», vol. 22, pp. 826-832.
- LEVINE M., KOOMEY J., McMAHON J., SANSTAD A., HIRST E. (1995), *Energy efficiency policy and market failures*, in «Annual Review of Energy and Environment», vol. 20, pp. 535-555.
- LEVINSON A., NIEMANN S. (2004), *Energy use by apartment tenants when landlords pay for utilities*, in «Resource and Energy Economics», vol. 26, pp. 51-75.
- LOEWENSTEIN G., PRELEC D. (1992), *Anomalies in intertemporal choice: evidence and an interpretation*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. 107, pp. 573-597.
- LOUGHRAN D., KULICK J. (2004), *Demand-side management*

- and energy efficiency in the United States, in «Energy Journal» vol. 25, pp. 19-41.
- LUTZENHISER L. (1992), *A cultural model of household energy consumption*, in «Energy», vol. 17, pp. 47-60.
- LUTZENHISER L. (1993), *Social and behavioral aspects of energy use*, «Annual Review of Energy and Environment», vol. 18, pp. 247-289.
- MACHINA M. (1989), *Dynamic consistency and non-expected utility models of choice under uncertainty*, in «Journal of Economic Literature», vol. 32, pp.1622-1668.
- McFADDEN D. (1999), *Rationality for economists?*, in «Journal of Risk and Uncertainty», vol. 19, pp.73-105.
- METCALF G.E. (2008), *An empirical analysis of energy intensity and its determinants at the state level*, in «Energy Journal», vol. 29, pp.1-26.
- METCALF G.E. (1994), *Economics and rational conservation policy*, in «Energy Policy», vol. 22, pp. 819-825.
- METCALF G.E., HASSETT K.A. (1999), *Measuring the energy savings from home improvement investments: evidence from monthly billing data*, in «Review of Economics and Statistics», vol. 81, pp. 516-528.
- MEYERS S., McMAHON J.E., McNEIL M., LIU X. (2003), *Impacts of U.S. federal energy efficiency standards for residential appliances*, in «Energy», vol. 28, pp. 755-767.
- MURTISHAW S., SATHAYE J. (2006), *Quantifying the effect of the principal-agent problem on US residential use*, Working Paper LBNL-59773, Lawrence Berkeley National Lab.
- NADEL S., GELLER H. (1996), *Utility DSM: What have we learned? Where are we going?*, in «Energy Policy», vol. 24, pp. 289-302.
- NADIRI I.M. (1993), *Innovations and technological spillovers*, Working Paper 4423, NBER.
- NEWELL R. (2008), *A U.S. innovation strategy for climate change mitigation*, Discussion Paper 2008-15, Brookings Institute Hamilton Project.
- NEWELL R., JAFFE A., STAVINS R. (1999), *The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change*, in «Quarterly Journal of Economics», vol. 114, pp. 941-975.
- NEWELL R., PIZER W. (2008), *Carbon mitigation costs for the commercial building sector: discretecontinuous choice analysis of multifuel energy demand*, in «Resource and Energy Economics», vol. 30, pp. 527-539.
- POPP D. (2002), *Induced innovation and energy prices*, in «American Economic Review», vol. 92, pp. 160-180.
- POPP D., NEWELL R., JAFFE A. (2009), *Energy, the environment, and technological change*, in HALL B., ROSENBERG N. (eds.), *Handbook of Economics of Technical Change*, North-Holland, Oxford.
- RABIN M. (1997), *Psychology and economics*, in «Journal of Economic Literature», vol. 36, pp. 11-46.
- RAY D. (1998), *Development Economics*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
- REISS P., WHITE M. (2008), *What changes energy consumption? Prices and public pressures*, in «Rand Journal of Economics», vol. 39, pp. 636-663.
- RUDERMAN H., LEVINE M., McMAHON J. (1987), *The behavior of the market for energy efficiency in residential appliances including heating and cooling equipment*, in «Energy Journal», vol. 8, pp. 101-124.
- SANSTAD A., BLUMSTEIN C., STOFT S. (1995), *How high are option values in energy efficiency investments*, in «Energy Policy», vol. 23, pp. 739-743.
- SANSTAD A., HANEMANN M., AUFFHAMMER M. (2006), *End-use Energy Efficiency in a «Post-Carbon» California Economy: Policy Issues and Research Frontiers*, California Climate Change Center, Berkeley, CA.
- SANSTAD A.H., HOWARTH R.B. (1994), *Consumer rationality and energy efficiency*, presented at Proc. Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Berkeley, CA.
- SCHNEIDER S., GOULDER L. (1997), *Achieving carbon dioxide emissions reductions at low cost*, in «Nature», vol. 389, pp. 13-14.
- SEBOLD F.D., FOX E.W. (1985), *Realized savings from residential conservation activity*, in «Energy Journal», vol. 6, pp. 73-88.
- SHOGREN J., TAYLOR L. (2008), *On behavioral-environmental economics*, in «Review of Environmental Economics and Policy», vol. 2, pp. 26-44.
- SIMON H. (1959), *Theories of decision-making in economics and behavioral science*, in «American Economic Review», vol. 49, pp. 253-283.
- SIMON H. (1986), *Rationality in psychology and economics*, in «Journal of Business», vol. 59, pp. 209-224.
- SMALL K., VAN DENDER K. (2007), *Fuel efficiency and motor vehicle travel: the declining rebound effect*, in «Energy Journal», vol. 28, pp. 25-51.
- STEIN J. (2003), *Agency, information, and corporate investment*, in CONSTANTINIDES G., HARRIS M., STULZ R. (eds.), *Handbook of the Economics of Finance*, Elsevier, Amsterdam.
- STERN P. (ed.) (1985), *Energy Efficiency in Buildings: Behavioral Issues*, National Academy Press, Washington DC.
- SUE WING I. (2008), *Explaining the declining energy intensity of the U.S. economy*, in «Resource and Energy Economics», vol. 30, pp. 21-49.
- SUTHERLAND R.J. (1991), *Market barriers to energy efficiency investments*, in «Energy Journal», vol. 12, pp. 15-34.
- SUTHERLAND R.J. (1996), *The economics of energy conservation policy*, in «Energy Policy», vol. 24, pp. 361-370.
- THALER R. (1981), *Some empirical evidence on dynamic inconsistency*, in «Economics Letters», vol. 8, pp. 201-207.
- THALER R. (1991), *Quasi-Rational Economics*, Russell Sage Found, New York.
- TRAIN K. (1985), *Discount rates in consumers' energy-related decisions: a review of the literature*, in «Energy», vol. 10, pp. 243-253.
- TVERSKY A. (1972), *Elimination by aspects: a theory of choice*, in «Psychological Review», vol. 79, pp. 281-299.
- TVERSKY A., KAHNEMAN D. (1974), *Judgement under uncertainty: heuristics and biases*, in «Science», vol. 185, pp. 1124-1131.
- VAN BENTHEM A., GILLINGHAM K., SWEENEY J. (2008), *Learning-by-doing and the optimal solar policy in California*, in «Energy Journal», vol. 29, pp. 131-151.
- VAN SOEST D.P., BULTE E. (2000), *Does the energy-efficiency paradox exist? Technological progress and uncertainty*, in «Environmental and Resource Economics», vol. 18, pp. 101-112.
- WADE S. (2003), *Price Responsiveness in the AEO2003 NEMS Residential and Commercial Buildings Sector Models*, US Dep. Energy/EIA, Washington DC.
- WEBBER C.A., BROWN R.E., KOOMEY J.G. (2000), *Savings esti-*

- mates for the ENERGY STAR voluntary labeling program*, in «Energy Policy», vol. 28, pp. 1137-1149.
- WEIL S., MCMAHON J. (2003), *Governments should implement energy-efficiency standards and labels-cautiously*, in «Energy Policy», vol. 31, pp.1403-1415.
- WEYANT J.P., DE LA CHESNAYE F.C., BLANFORD G.J. (2006), *Overview of EMF-21: multigas mitigation and climate policy*, in «Energy Journal», Numero speciale Multi-Greenhouse Gas Mitigation and Climate Policy, pp. 1-32.
- WILLIAMS M., POYER D. (1996), *The effect of energy conservation tax credits on minority household housing improvements*, in «Review of Black Political Economy», vol. 24, pp. 122-134.
- WILSON C., DOWLATABADI H. (2007), *Models of decision making and residential energy use*, in «Annual Review of Environment and Resources», vol. 32, pp. 169-203.
- WOLAK F. (2006), *Residential customer response to real-time pricing: the Anaheim Critical-Peak Pricing Experiment*, Working Paper 151, Energy Institute, Center for the Study of Energy Markets, University of California, Berkeley.
- YATES S., ARONSON E. (1983), *A social psychological perspective on energy conservation in residential buildings*, in «American Psychologist», vol. 38, pp. 435-444.
- ZOBLER N., HATCHER K. (2003), *Financing energy efficiency projects*, in «Government Finance Review», Feb. 14-18.