

Giancarlo Pireddu

**Economia dell'energia.
I fondamenti**

*Biblioteca Delle Scienze
Università degli Studi di Pavia
2009*

Economia dell'energia. I fondamenti / Giancarlo Pireddu. - Pavia : Biblioteca Delle Scienze, 2009. – 439 p. ; 24 cm . - (Dispense Online)

Soggetti: ENERGIA - ECONOMIA
Classificazione: 333.79 - ENERGIA

© Giancarlo Pireddu 2009 - Pavia

ISBN versione a stampa: 978-88-903824-0-6

ISBN versione elettronica: 978-88-903824-1-3

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i paesi.

La fotoreproduzione per uso personale è consentita nei limiti e con le modalità previste dalla legislazione vigente.

www.dispenseonline.net

www.unipv.it/editoriaelettronica

Pubblicato da:

Biblioteca Delle Scienze
Università degli Studi di Pavia
Via Bassi, 6
27100 Pavia
www.unipv.it/bibscienze

grafica e stampa:

Print Service
Strada Nuova, 67
27100 Pavia

Indice Generale

Indice delle figure	7
Indice delle tabelle	11
Introduzione	13
Capitolo 1: Il sistema energetico	
Le transizioni energetiche	17
1.1 Forme di energia	19
1.2 Fonti primarie di energia	20
1.2.1 Carbone	21
1.2.2 Petrolio greggio e gas naturale	23
1.2.3 Combustibile nucleare	26
1.2.4 Fonti rinnovabili	27
1.3 Vettori energetici o fonti secondarie di energia	30
1.3.1 Utilità dei vettori energetici	30
1.3.2 Energia elettrica	31
1.3.3 Prodotti della raffinazione del petrolio greggio	39
1.4 Usi finali	41
1.4.1 Usi residenziali	42
1.4.2 Usi industriali	44
1.4.3 Usi per trasporto	45
1.5 Unità di misura dell'energia e fattori di conversione	47
1.6 Fonti statistiche	50
<i>Box 1.1 I Gradi API dei greggi</i>	23
<i>Box 1.2 Cicli termodinamici</i>	33
<i>Box 1.3 Potenza attiva e reattiva</i>	36
<i>Box 1.4 Servizi ancillari</i>	38
<i>Box 1.5 Misura del gas naturale</i>	49
Appendice al capitolo 1: Costruzione e analisi del bilancio energetico nazionale	51
A) Finalità e struttura del bilancio	51
B) Dati espressi in quantità	53
C) Dati espressi in unità energetiche	58
D) Bilancio di sintesi	61
E) Analisi di bilancio e delle emissioni	62
Capitolo 2: Analisi strutturale della domanda di energia finale	
2.1 Caratteristiche economiche	65
2.1.1 Intensità energetica	65
2.1.2 Distribuzione del reddito, stili di vita e domanda di energia	67
2.1.3 Cause della rigidità della domanda di energia	70
2.1.4 Fattori di breve e di lungo periodo	72
2.1.5 Domanda di potenza e sua variabilità nel tempo	72

2.2	Scomposizione del contenuto diretto e indiretto di energia nei beni mediante il modello input-output energetico	74
2.2.1	Contenuto diretto di energia nei beni di produzione nazionale	75
2.2.2	Contenuto indiretto di energia nei beni di produzione nazionale	76
2.2.3	Contenuto di energia nei beni importati	77
2.2.4	Contenuto totale di energia	78
2.2.5	Analisi strutturale della variazione del contenuto energetico nel tempo	78
2.3	La domanda di risparmio energetico e la sua valutazione economica	79
2.3.1	Il significato economico della conservazione dell'energia	79
2.3.2	Il costo dell'energia conservata e delle emissioni evitate	80
2.3.3	Una politica globale di efficienza energetica negli usi residenziali	84
2.4	Il fattore energia e la sua sostituibilità nei modelli di domanda per usi industriali	86
2.4.1	La sostituzione dei fattori della produzione	86
2.4.2	La scelta della forma funzionale della funzione di produzione	89
2.4.3	Il ruolo del progresso tecnico (cenni)	97
2.4.4	Estensione intertemporale e costi di aggiustamento del capitale strumentale (cenni)	97
2.4.5	Critica ai risultati ottenuti dalle stime dell'elasticità di sostituzione fattoriale	99
2.5	I modelli a «scelta aleatoria» per gli usi energetici residenziali	101
2.6	I modelli di domanda di energia per trasporto con «generazioni» di veicoli	105
	<i>Box 2.1 Elasticità di breve e lungo periodo della domanda di energia al presso</i>	73
	<i>Box 2.2 Eliminazione delle duplicazioni contabili di energia</i>	76
	<i>Box 2.3 Elasticità del costo dell'energia conservata (CEC)</i>	82
	<i>Box 2.4 Esempio di ripartizione del beneficio del risparmio energetico</i>	85
	<i>Box 2.5 Titoli di efficienza energetica (certificati bianchi)</i>	86
	<i>Box 2.6 Il concetto di elasticità di sostituzione tra due fattori della produzione</i>	88
	<i>Box 2.7 Elasticità di sostituzione (parziale) tra più fattori produttivi</i>	96
	<i>Box 2.8 La funzione di utilità indiretta</i>	103
	Appendice al Capitolo 2: Analisi della domanda di energia per riscaldamento con modelli a «scelta aleatoria»	108
	A) Specificazione del modello	109
	B) Il modello logit binario	111
	C) Il modello logit multinomiale	113
	D) Il modello logit nested	114
	E) Elasticità delle probabilità di scelta e aggregazione delle probabilità individuali	116
	F) Stima della domanda aggregata di energia	118
	Capitolo 3: I costi dell'offerta di energia	
3.1	La filiera energetica	119
3.1.1	Struttura e incertezza del costo di produzione	119
3.1.2	Controllo e internalizzazione dei costi	121
3.1.3	Natura degli investimenti in risorse specializzate e condizione di monopolio naturale	121
3.2	Fase mineraria	125
3.2.1	Caratteristiche del costo di produzione	125
3.2.2	Riserve e risorse	133

3.3 Trasporto degli idrocarburi (cenni)	138
3.3.1 Petrolio greggio	138
3.3.2 Gas naturale	140
3.4 Prodotti petroliferi raffinati	141
3.4.1 Produttività ed economie di scala	141
3.4.2 Margine di raffinazione	142
3.4.3 Il problema della scelta dei greggi da raffinare	145
3.5 Energia elettrica (generazione)	147
3.5.1 Il “prodotto” fornito dall’industria elettrica e le curve di carico	147
3.5.2 Struttura del costo ed economie di scala	151
3.5.3 Dimensionamento del parco di generazione	154
3.5.4 Dimensionamento della capacità di riserva	157
3.5.5 Determinazione del costo marginale statico e dinamico	160
3.6 Valore, sicurezza ed affidabilità delle fonti rinnovabili	164
3.6.1 Valore economico totale della fonte rinnovabile	164
3.6.2 Valore economico della sicurezza e dell’affidabilità per il sistema elettrico	165
3.6.3 Stime del costo di generazione da fonti rinnovabili	167
3.6.4 Capacità di generazione equivalente da fonti rinnovabili	168
<i>Box 3.1 Monopolio naturale e sub-additività della funzione di costo</i>	123
<i>Box 3.2 Curve di declino della produzione di petrolio greggio</i>	130
<i>Box 3.3 La fine del petrolio: i modelli di Hubbert e di Marchetti</i>	134
<i>Box 3.4 Scomposizione del GPW e del margine netto di raffinazione</i>	145
Appendice al Capitolo 3: La valutazione economica dei progetti d’investimento	169
A) Metodologie basate sull’attualizzazione dei flussi di cassa	169
B) Metodi di analisi del rischio	174
C) Esempio di valutazione del valore economico di una centrale elettrica fotovoltaica	180
D) Valutazione del costo unitario di generazione normalizzato	187
<i>Box A.3.1 Relazione tra tasso interno di rendimento e periodo di recupero</i>	175
Capitolo 4: Il mercato energetico internazionale	
4.1 Caratteristiche di base	189
4.1.1 Concentrazione geopolitica dell’offerta	189
4.1.2 Vincoli politico-istituzionali	193
4.1.3 Ciclicità della capacità produttiva	194
4.1.4 Gli attori del mercato	196
4.2 Modalità di accesso alle risorse	198
4.2.1 Concessione mineraria	199
4.2.2 <i>Production sharing</i>	200
4.2.3 Prestazione di servizi	200
4.2.4 <i>Joint-venture</i>	201
4.2.5 Strategie finanziarie per l’accesso alle risorse	201
4.3 Tipologia dei mercati	203
4.3.1 I mercati «fisici»	204
4.3.2 I mercati «finanziari»	208
4.4 Prezzi <i>spot</i> , <i>futures</i> e formule di prezzo	209

4.4.1	Quotazione del petrolio	209
4.4.2	Quotazione del gas naturale	211
4.4.3	Quotazione del carbone	214
4.4.4	Relazione tra prezzo spot corrente e prezzo futures	214
4.4.5	Relazione tra prezzo atteso del futuro prezzo spot e prezzo futures	217
4.4.6	Determinazione del prezzo futures	218
4.5	Componenti del prezzo del petrolio	221
4.5.1	La componente «strutturale»	223
4.5.2	La componente «rendita di deperibilità»	227
4.5.3	La componente «congiunturale» e il ruolo delle scorte	231
4.6	Modelli teorici del prezzo del petrolio	235
4.6.1	Modelli del cartello dei paesi esportatori	236
4.6.2	Modello con obiettivi di fabbisogno finanziario	241
4.6.3	Modelli di oligopolio	247
4.6.4	Modelli di teoria dei giochi (cenni)	249
	<i>Box 4.1 Esempi di hedging</i>	220
	<i>Box 4.2 Stima del valore in-ground delle riserve di idrocarburi in Italia</i>	225
	<i>Box 4.3 Fluttuazioni endogene del prezzo del petrolio</i>	245
 Appendici al Capitolo 4:		
A.4.1	Chiave di lettura del mercato petrolifero internazionale	251
A.4.2	Il modello di Hotelling	261
	A) Il «principio fondamentale» della regola di Hotelling	261
	B) Il criterio ottimo di esaurimento di uno stock di risorsa non rinnovabile	262
	C) I sentieri di produzione e di prezzo nei casi di monopolio e di concorrenza	267
	D) Critiche al modello di Hotelling	268
	 <i>Box A.4.1 Determinazione dell'esaurimento ottimo delle risorse non rinnovabili con la Teoria del controllo ottimo</i>	 264
 Capitolo 5: La regolazione del settore elettrico e del gas		
5.1	Liberalizzazione e concorrenza	273
5.1.1	Servizio di pubblica utilità e servizio universale	273
5.1.2	Dallo “stato-produttore” allo “stato-regolatore”	275
5.1.3	Modalità di separazione delle attività regolate da quelle competitive	276
5.2	L'evoluzione del sistema di regolazione	280
5.2.1	L'evoluzione storica del processo di regolazione	280
5.2.2	Obiettivi della regolazione	284
5.3	La teoria della regolazione tariffaria: <i>la strategia del «prezzo ottimo»</i>	286
5.3.1	Tariffe al costo marginale (<i>marginal cost pricing</i>)	287
5.3.2	Tariffe al costo medio	289
5.3.3	Prezzi à la Boiteux-Ramsey	291
5.3.4	Discriminazione tariffaria	292
5.4	La teoria della regolazione tariffaria: <i>la strategia dell'«incentivo ottimo»</i>	293
5.5	Gli strumenti della regolazione tariffaria	296
5.5.1	La regolazione al «costo del servizio» (CoS/RoR)	297
5.5.2	I meccanismi della regolazione incentivante (IR)	301
5.5.3	I metodi CoS/RoR e IR a confronto	305

<i>Box 5.1 Effetto Averch-Johnson sul prezzo regolamentato</i>	290
<i>Box 5.2 Prezzi à la Boiteux-Ramsey</i>	292
Appendice al Capitolo 5: La regolazione tariffaria dell’Autorità per l’energia elettrica e il gas	308
A) La normativa italiana di riferimento e i settori regolati	308
B) Il processo di definizione delle tariffe	309
C) Aggiornamento delle tariffe	315
Capitolo 6: Liberalizzazione del sistema elettrico e del gas	
6.1 Dal monopolio al mercato	317
6.1.1 Le motivazioni economiche della liberalizzazione	317
6.1.2 Il disegno del settore liberalizzato	318
6.2 I prezzi nel sistema elettrico verticalmente integrato	320
6.2.1 Determinazione dei prezzi multiorari di generazione in condizione di perfetta informazione e domanda fissa	320
6.2.2 La copertura dei costi fissi degli impianti di riserva	329
6.2.3 I costi dei vincoli alla trasmissione: flussi ottimi di corrente e prezzi nodali	332
6.3 Alla base del funzionamento del mercato elettrico liberalizzato	338
6.3.1 Generazione: prezzi multiorari con molteplicità di operatori	338
6.3.2 Indicatori di un potere di mercato	345
6.3.3 Strumenti per mitigare il potere di mercato	347
6.4 Domanda e offerta di capacità di trasporto	350
6.4.1 Allocazione dei diritti di trasmissione con asta esplicita	351
6.4.2 Allocazione dell’accesso alla rete con asta implicita	353
6.5 Domanda e offerta di servizi di dispacciamento	354
6.6 Modelli organizzativi del mercato elettrico	355
6.7 Le fonti rinnovabili nel mercato elettrico liberalizzato	360
6.7.1 Incentivazione con sussidi e prezzi di cessione	362
6.7.2 Incentivazione con meccanismi di mercato	363
6.7.3 Permessi d’inquinamento	366
6.7.4 Mercato dell’energia, dei certificati verdi e dei permessi d’inquinamento	371
6.7.5 La questione della rendita idroelettrica	372
6.8 La specificità del sistema gas	375
6.9 Le funzioni economiche associate alla rete di trasmissione del gas naturale	377
6.10 Il funzionamento del sistema gas verticalmente integrato	379
6.10.1 Struttura dei costi senza vincolo di <i>take-or-pay</i>	381
6.10.2 Struttura dei costi con vincolo di <i>take-or-pay</i>	383
6.11 Il funzionamento del sistema gas liberalizzato	385
6.12 La «transizione» dalla liberalizzazione alla concorrenza	388
6.12.1 Convergenza strategica tra il mercato elettrico e quello del gas	388
6.12.2 Costi specifici di transizione alla concorrenza	389
6.12.3 Privatizzazione di imprese pubbliche energetiche	392
<i>Box 6.1 Il modello del peak load pricing con importazioni</i>	326
<i>Box 6.2 Determinazione dei prezzi nodali con il modello OPF</i>	335
<i>Box 6.3 Comportamenti strategici degli operatori ed esiti del mercato liberalizzato</i>	341
<i>Box 6.4 Assegnazione del diritto di accesso alla rete con asta esplicita</i>	351

<i>Box 6.5 Assegnazione del diritto di accesso alla rete con asta implicita</i>	353
<i>Box 6.6 I mercati della borsa elettrica italiana</i>	356
<i>Box 6.7 Il Protocollo di Kyoto</i>	367
<i>Box 6.8 Il meccanismo dell'Emissions Trading Scheme</i>	368
Appendice al Capitolo 6: Il criterio di incentivazione delle fonti rinnovabili al costo evitato secondo il CIP 6/92	394
Capitolo 7: Sistema energetico e sistema economico	
7.1 Dipendenza e vulnerabilità energetica	401
7.2 Crescita economica e vincolo energetico	402
7.3 Analisi economica degli shocks energetici dal lato dell'offerta	405
7.3.1 Shocks energetici e impatto sul livello di attività	405
7.3.2 Shocks energetici e processo inflazionistico	409
7.3.3 Shocks energetici e vincolo «esterno»	413
7.4 Paesi esportatori di energia e «Dutch disease»	417
7.4.1 Effetto «spesa» sul mercato del lavoro	419
7.4.2 Effetto «trasferimento di risorse»	420
<i>Box 7.1 Dall'analisi in equilibrio parziale a quella in equilibrio generale</i>	421
Riferimenti bibliografici	425
Indice analitico	435

Introduzione

La questione energetica si è imposta all'attenzione di tutti a partire dagli shock petroliferi del secolo scorso e ancor più all'inizio di questo nuovo millennio per il suo inscindibile legame con la questione ambientale. L'energia ha due volti che devono convivere, uno è quello positivo dei benefici che arreca, l'altro è quello negativo dell'inquinamento, dell'esaurimento delle risorse non rinnovabili e dei costi sociali causati dalle attività di produzione e consumo di energia. Anche per questo motivo l'accezione economica di energia è meno precisa e più problematica di quella che si dà in termodinamica. L'economista, al contrario del fisico che definisce l'energia come «capacità di compiere lavoro», non dispone di un concetto univoco di energia ma deve definire l'energia¹ in termini di «risorsa merce», di «risorsa sociale», di «risorsa strategica» o di «risorsa ecologica».

Concetto di «*energia-risorsa merce*». Questo concetto conduce a considerare la questione energetica dal punto di vista dello scambio di un insieme di fonti (petrolio, carbone, energia elettrica, ecc.) finalizzato ad assicurare il soddisfacimento di determinati bisogni sociali. Il riferimento al concetto di “merce” enfatizza il problema dell'allocazione ottimale di risorse scarse da parte dei consumatori e dei produttori e pone al centro dell'attenzione dell'analisi economica gli argomenti classici dell'economia, come ad esempio: domanda e offerta, organizzazione e struttura dell'industria e del mercato energetico, formazione dei prezzi, liberalizzazione e regolazione del settore energetico, meccanismi di incentivazione delle fonti rinnovabili compatibili con la liberalizzazione del mercato. Pertanto, i concetti e gli strumenti propri della teoria economica si applicano anche allo studio dei problemi energetici dal punto di vista economico.

Concetto di «*energia-risorsa sociale*». Questo approccio conduce a considerare la questione energetica dal punto di vista dell'equità sociale e pone al centro del problema energetico il concetto di servizio di pubblica utilità e quello di servizio universale, privilegiando le condizioni e le modalità di fruibilità delle risorse energetiche tra i membri di una stessa società. Poiché le imprese che producono servizi di pubblica utilità svolgono l'attività in condizioni di monopolio che le sottrae alla concorrenza, poiché alle stesse imprese vengono assegnate missioni di carattere sociale collegate all'obbligo di servire l'utenza a qualunque costo e di praticare tariffe differenziate non basate sulla responsabilità di costo ma tali da avvantaggiare alcune categorie di utenti a spese di altre categorie, e poiché alle stesse imprese possono essere assegnate anche missioni collegate alla sicurezza nazionale o alla salvaguardia dell'ambiente, partendo da questo concetto si giustifica l'intervento dell'impresa pubblica nella produzione di servizi energetici di pubblica utilità nella convinzione che le forze del mercato non sarebbero in grado di conseguire gli obiettivi di necessità sociale desiderati.

Concetto di «*energia-risorsa strategica*». Questo approccio enfatizza aspetti geo-politici e di sicurezza nazionale causati dalla diseguale localizzazione delle risorse energetiche tra gli stati e sottolinea il ruolo strategico delle risorse naturali per la sicurezza di un sistema economico. Questa visione assegna alle azioni finalizzate al conseguimento della sicurezza degli approvvigionamenti la priorità rispetto a qualsiasi altro obiettivo di politica energetica nell'esaudire la domanda di energia in condizioni di sicurezza. Dal punto di vista dell'offerta, questo concetto può realizzarsi tramite un ventaglio di azioni di supporto da parte del governo nazionale, finalizzate non solo ad assicurare l'esistenza ed il funzionamento di mercati energetici efficienti ma anche a garantire la sicurezza nazionale da possibili e prolungate interruzioni di fornitura. Tra le opzioni possibili vi sono gli accordi di natura politica e finanziaria con i governi

¹ P.C. Stern, E. Aronson, editors, (1983), *Energy use. The human dimension*, New York: W.H. Freeman and Company.

dei paesi detentori di risorse naturali, il sostegno del ruolo strategico delle proprie imprese nazionali sia nella produzione di energia in paesi detentori di risorse energetiche sia nella costruzione di adeguate infrastrutture di importazione e di stoccaggio di fonti di energia.

Concetto di «*energia-risorsa ambientale*». Questo approccio, tenendo presente che le decisioni di domanda e di offerta di fonti di energia possono avere effetti anche irreversibili sull'ambiente e considerando insufficiente e dannosa la sola visione economicistica degli interessi contingenti dei consumatori e dei produttori, enfatizza i problemi di impatto della produzione e del consumo di energia sul sistema ecologico. Concepire l'energia come una risorsa ambientale consente sia di considerare ciascuna fonte di energia in modo qualitativamente diverso dal punto di vista della sostenibilità ambientale sia di definire una scala alternativa di priorità per la politica energetica. Questo concetto presuppone strategie diversificate che da un lato tengano conto del progressivo esaurimento delle fonti energetiche non rinnovabili, come il petrolio o il gas naturale, e che dall'altro lato siano sostenibili per l'ambiente ovvero in grado di ridurre le emissioni inquinanti e di gas climalteranti al livello compatibile con le funzioni di assimilazione e di riciclaggio svolte dal sistema ambiente, ma in grado di soddisfare i bisogni sociali delle generazioni presenti e anche di quelle future.

La politica energetica richiede di operare contemporaneamente su più fronti: maggior efficienza e risparmio energetico, maggior incidenza delle fonti rinnovabili di energia anche con tecnologie distribuite presso l'utenza finale, sviluppo di tecnologie innovative per un impiego più pulito delle fonti fossili e di quelle nucleari. Ciascun concetto «sociale» possiede nel proprio ambito una sequenza di obiettivi prioritari che possono risultare tra di loro anche conflittuali. La politica energetica appare quindi come il risultato di un compromesso nella scelta di un ordinamento di preferenze tra le possibili priorità che una società assegna, in un determinato contesto storico, ai diversi obiettivi che ciascun concetto «sociale» di energia tenderebbe, se preso isolatamente, invece a privilegiare. Alla politica energetica si chiede di saper conciliare e realizzare contemporaneamente una funzione a più obiettivi: assicurare alla domanda un'offerta crescente di energia, garantire il servizio universale al costo minimo, la sicurezza degli approvvigionamenti, la sostenibilità ambientale ed una maggior conservazione di energia. Difficile compito perché le strategie prescelte e le politiche realizzate sovente non sono sempre in grado di conciliare tutti gli obiettivi. Sono le condizioni storiche e oggettive, e non le nostre preferenze soggettive o le visioni ideologiche, che determinano di volta in volta la prevalenza delle priorità di un determinato concetto «sociale» di energia; quelle degli altri concetti permangono latenti e riappaiono in modo ciclico, come se fossero caratteri genetici, al mutare delle condizioni storiche. Questo è il motivo di fondo che rende obiettivamente complessa la politica energetica, la quale deve saper conciliare e armonizzare differenti priorità e soluzioni che sono implicite in ciascun concetto «sociale» di energia.

Questo libro si propone di fornire un'introduzione ai «fondamenti» dell'economia energetica presentando le implicazioni dei diversi concetti sociali di energia nelle scelte dei consumatori, delle imprese, del regolatore e degli stati esportatori/importatori di fonti di energia. Gli studi di economia energetica procedono lungo un percorso che tende progressivamente a frammentarsi tra vari filoni di specializzazione (economia industriale, economia pubblica, econometria, economia ambientale, ecc.). L'ineluttabilità di questa tendenza alla specializzazione più spinta dovrebbe realizzarsi in modo interdisciplinare. In tal modo l'elaborazione teorica può sempre confrontarsi con la realtà e non se ne distacca per effetto di una sterile astrattezza. Affinché tale specializzazione non diventi un impedimento al dialogo anche tra gli stessi economisti è pertanto necessario condividere una visione integrata della questione energetica.

Lo scopo principale di questo manuale è quello di offrire, con una base di conoscenze sistematica e strutturata, la chiave di lettura per comprendere a tutto campo l'interdipendenza tra il sistema energetico ed il sistema economico, integrando gli aspetti economici con quelli tecnici ed istituzionali. Il manuale adotta lo schema dell'analisi economica incrociato a quello dell'economia industriale: domanda, offerta, struttura organizzativa, mercati internazionali, regolazione e processi di liberalizzazione dei mercati interni, aspetti macroeconomici. Rispetto allo schema di analisi «verticale» tipico dei manuali tradizionali organizzati per fonte (petrolio, gas, energia elettrica, ecc.), un taglio di tipo «orizzontale» ha il vantaggio di offrire un inquadramento sistematico e interdisciplinare. Questo approccio ha anche il vantaggio di offrire un minimo comun denominatore alla comprensione della questione energetica e di superare lo sterile dibattito tra le diverse "anime" della politica energetica (filoambientalisti, filonuclearisti, filoliberisti, filoprotezionisti, ecc.) quando in esse tende a prevalere la visione unilaterale e asistemica. Il libro ripropone lo schema di un precedente manuale, benevolmente accettato dalla critica² proprio per essere fortemente imperniato su un approccio interdisciplinare e di taglio «orizzontale», e ne costituisce non solo un aggiornamento ma una completa revisione e integrazione al fine di considerare i profondi cambiamenti del sistema energetico e gli avanzamenti della teoria economica avvenuti nei due decenni a cavallo del nuovo millennio.

Il libro è concepito come manuale per gli studenti del corso di Economia dell'Energia nei corsi di laurea magistrale (specialistica) di area economica, ma è utilizzabile anche nella formazione postuniversitaria ed aziendale. La trattazione degli argomenti nei vari capitoli cerca di fondere l'esperienza professionale ("conoscere facendo") e quella didattica a beneficio di chi inizia lo studio dell'economia energetica.

La scelta didattica di trattare solo i fondamentali dell'economia energetica ha portato inevitabilmente l'esclusione di altre tematiche più specialistiche (come ad esempio quelle relative all'*energy risk management* o all'*energy econometrics* che richiederebbero di per sé un libro dedicato) e conseguentemente anche importanti contributi di autori che non vengono qui citati. La linea di confine che separa i temi fondamentali da quelli specialistici è in parte soggettiva e dipende anche dall'esperienza professionale e didattica maturata dall'autore.

Più in dettaglio il libro è articolato come segue. Il capitolo 1 introduce, in modo non specialistico, le componenti del sistema energetico (fonti, vettori e usi finali) e le determinanti tecniche delle attività di produzione, trasporto, conversione e utilizzo delle fonti di energia al fine di segnalare le criticità più rilevanti e i vincoli che interessano le strutture organizzative e il funzionamento dei mercati energetici. Il capitolo 2 è dedicato all'analisi delle caratteristiche della domanda di energia finale e del risparmio energetico e presenta alcuni modelli di domanda di tipo strutturale. Il capitolo 3 analizza i costi dell'offerta di energia nelle principali filiere energetiche, avendo cura di descrivere le caratteristiche dell'incertezza che pervade l'offerta e l'interdipendenza esistente tra le opzioni tecnologiche e la struttura dei costi. Il capitolo 4 è dedicato al funzionamento dei mercati internazionali, sia fisici che finanziari, delle fonti di energia (con particolare riferimento a petrolio e gas naturale), ed è completato da una rassegna dei principali modelli interpretativi di formazione del prezzo del petrolio. Il capitolo 5 affronta la questione della regolazione dei settori elettrico e del gas da un punto di vista metodologico, inquadrandola nell'evoluzione della teoria economica sottostante. Il capitolo 6 analizza la formazione del prezzo nei mercati elettrico e del gas, mettendo a confronto gli aspetti critici del loro funzionamento prima e dopo i processi di liberalizzazione e di promozione della concorrenza. Una particolare attenzione è dedicata anche alla questione della sostenibilità delle

² Oltre alla *Presentazione* di Siro Lombardini a G. Pireddu (1990), *L'energia nell'analisi economica*, Milano: Franco Angeli, le recensioni di Alberto Clò, *Energia*, 1-91, p. 74, di Lorenzo Rampa, *Economia delle Fonti di Energia*, n.41, 1990, p. 205, di Alessandro Roncaglia, *Moneta e Credito*, n. 173, 1991, p. 120, e di Giovanni Zanetti, *L'Industria*, n. 1, 1991, p. 165.

fonti rinnovabili nel mercato liberalizzato. Il capitolo 7 affronta la questione dell'interdipendenza tra il sistema energetico e sistema economico a livello macroeconomico, con particolare attenzione agli shock energetici dal lato dell'offerta. La terminologia di natura tecnica ed economica che si succede nei capitoli è indicata anche con l'equivalente dizione in lingua inglese. Alcuni esempi numerici sono proposti con l'obiettivo di esemplificare la metodologia di calcolo, invariante rispetto alla volatilità dei prezzi delle fonti energetiche (nel caso del petrolio il prezzo è oscillato tra \$ 2 e circa \$ 150 per barile nel corso degli ultimi quaranta anni).

Il libro è articolato su tre livelli di analisi. Il primo illustra le caratteristiche economiche, tecniche ed istituzionali della domanda e dell'offerta, il funzionamento dei mercati energetici internazionali, le questioni legate alla riforma ed alla liberalizzazione del sistema elettrico e del gas, l'interdipendenza tra il sistema economico e quello energetico a livello macro. Il secondo livello fornisce spunti di riflessione e di approfondimento su tematiche che possono essere considerate o in un secondo momento o come riferimento. Il terzo livello analizza temi specifici in modo più esaustivo in appendice ai vari capitoli. Questa articolazione consente pertanto diversi percorsi di lettura e di approfondimento, sia per lo studente che inizia lo studio dell'economia dell'energia, sia per chi abbia modo di insegnarla scegliendo questo manuale tra le letture di riferimento del corso universitario; ma anche per chi nell'attività di ricerca o professionale necessita di un inquadramento sistematico dei temi analizzati in questo manuale.

Sono grato all'editore Franco Angeli di Milano che autorizza l'utilizzo di alcune parti (i paragrafi 2.1, 2.2 e 2.3 del capitolo secondo, 5.1, 5.2, 5.3 del capitolo quinto, il capitolo nono) del mio volume *L'energia nell'analisi economica* e a Cesare Marchetti che mi ha cortesemente fornito il grafico più aggiornato del suo modello di sostituzione delle fonti primarie di energia per il box 3.3. Ringrazio Giovanni Ambrosetti, Enrico Antognazza, Cosimo Campidoglio, Rosita Carnevalini, Massimo Gallanti, Matteo Manera, Graziella Marzi, Paolo Mussini e Andrea Stegher per le integrazioni e le critiche, Ignazio Musu e a Stefano Agnoli per i preziosi consigli. Verso Antonio Urbano ho un grande debito di riconoscenza per i commenti critici e i generosi suggerimenti fin dalla prima stesura. Per gli errori e le imprecisioni rimaste nel manuale sono il solo e unico responsabile.