

I consumi di energia 1861-2011

Paolo Malanima

(2011)

malanima@issm.cnr.it
www.paolomalanima.it

I consumi di energia 1861-2011

Paolo Malanima

Nel 1861, alla data dell'Unità, l'economia italiana era relativamente arretrata rispetto ad altre economie dell'Europa occidentale. Il prodotto pro capite era la metà di quello del Regno Unito; l'agricoltura era il settore di attività più importante: produceva la metà del Pil e occupava il 65 per cento della forza lavoro.¹ Dalla fine dell'Ottocento, anche in Italia iniziò il processo della crescita moderna: la capacità produttiva aumentò decisamente; cambiamenti rilevanti avvennero sia nella struttura del prodotto che dell'occupazione.²

In Italia, come altrove, questa trasformazione economica si verificò contemporaneamente al cambiamento della base energetica. All'epoca dell'Unità venivano sfruttate quasi soltanto le energie tradizionali. Il carbon fossile era appena conosciuto. Tre erano ancora le fonti di energia più importanti: la legna, il cibo per gli uomini e il cibo per gli animali da lavoro. Un modesto contributo proveniva dalle cadute d'acqua per azionare mulini, segherie e frantoi e dal vento per le vele. Insieme, acqua e vento contribuivano per l'1 per cento al fabbisogno di energia. Il consumo di energia dipendeva, dunque, quasi interamente, dalla produzione dei campi, dei pascoli e delle foreste, che fornivano le fonti di energia di tipo *vegetale*. Dalla fine dell'Ottocento, la sostituzione ad esse di fonti minerali come il carbon fossile, liquide, come il petrolio, gassose, come il gas naturale, e dell'idroelettricità procedette rapidamente. Si verificò una vera *transizione energetica*, che accompagnò la crescita moderna dell'Italia.

Nelle pagine seguenti si esaminerà, prima di tutto il trend dei consumi (sezione 1). Si esaminerà, quindi, il cambiamento nelle fonti utilizzate (sezione 2). Si discuterà, infine, la relazione fra la crescita economica e l'energia consumata (sezione 3).

Il tema di questo contributo è trattato più ampiamente in P. Malanima, "Transizione energetica e crescita in Italia 1800-2010", in corso di stampa nel volume di Studi in memoria di Salvatore Vinci.

¹ V. Daniele, P. Malanima, "The changing occupational structure of Italy 1861-2001. A national and regional perspective" (in corso di stampa).

² Fra i più recenti contributi, si vedano: S. Fenoaltea, *L'economia italiana dall'Unità alla Grande Guerra*, Roma-Bari, Laterza, 2006, P. Ciocca, *Ricchi per sempre? Una storia economica d'Italia (1796-2005)*, Torino, Bollati Boringhieri, 2007, e la rapida sintesi di P. Malanima, V. Zamagni, "150 Years of the Italian Economy, 1861-2010", in "Journal of Modern Italian Studies", 2010, 15, pp. 1-20.

1. Il trend

1.1. *Economie vegetali ed economie moderne*

La base energetica delle economie tradizionali che precedono la crescita moderna era costituita dall'irradiazione solare.³ Era la luce solare che generava la biomassa che nutriva uomini e animali, riscaldava le case ed era la causa dello spostamento dell'aria e dell'acqua sfruttate da mulini e vele. Tutto il lavoro compiuto e il calore generato erano il risultato della conversione di prodotti vegetali da parte di uomini, animali da lavoro, focolari, fucine...⁴

Se la disponibilità di energia solare è illimitata, molto modesto era, invece, il flusso di energia a cui si poteva attingere ogni anno per svolgere le attività economiche, costituito da prodotti vegetali come il cibo e la legna. Il vincolo fondamentale di queste società del passato era rappresentato dalla disponibilità di terreni (campi, boschi, prati) per la produzione, tramite l'energia solare, di vegetali sfruttati poi come fonti di energia. Come A. Wrigley ha mostrato in diverse occasioni, un'economia che si fonda sull'energia "organica",⁵ è soggetta a quei rendimenti decrescenti che gli economisti classici inglesi consideravano come il limite invalicabile di ogni processo di crescita.

1.2. *I consumi di energia in Europa*

Nel calcolo dei consumi energetici delle economie tradizionali, uomini e animali da lavoro vengono considerati come vere e proprie macchine che consumano le calorie del cibo; così come tante macchine moderne consumano il carbone o petrolio...⁶ A questi input di energia, viene aggiunta la legna, sia quella consumata direttamente che quella trasformata in carbone. Per quanto riguarda il consumo dell'energia delle cadute di acqua e del vento si procede valutando la potenza dei convertitori d'energia (i mulini, le navi, e i mulini a vento, dove questi esistevano) e stimando il tempo in cui venivano sfruttati nel corso di un anno. Il risultato finale della moltiplicazione della potenza per il tempo in cui viene usata costituisce il consumo di energia idraulica ed eolica.⁷ Benché di modesta importanza in termini quantitativi, queste fonti minoritarie erano, tuttavia, significative in quanto uniche fonti di energia meccanica non animale in un'economia in cui il lavoro era quasi interamente compiuto da organismi viventi tramite il metabolismo del cibo. Se queste due fonti rappresentavano assieme l'1 per cento dell'energia consumata, esse costituivano il 2,5 per cento di tutta l'energia meccanica e il 100 per cento dell'energia meccanica generata da

³ Qui per "irradiazione solare" s'intende l'irradiazione presente. Anche le fonti fossili di energia derivano dall'irradiazione solare, ma si tratta di energia solare immagazzinata in epoche remote.

⁴ Il tema è trattato più ampiamente in P. Malanima, "Energy in history", in *Encyclopedia of Life Support Systems* (UNESCO-EOLSS), 2010.

⁵ Sul tema sono importanti i contributi di E. A. Wrigley, *Continuity, chance and change. The character of the Industrial Revolution in England*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988 e *Energy and the English Industrial Revolution*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010.

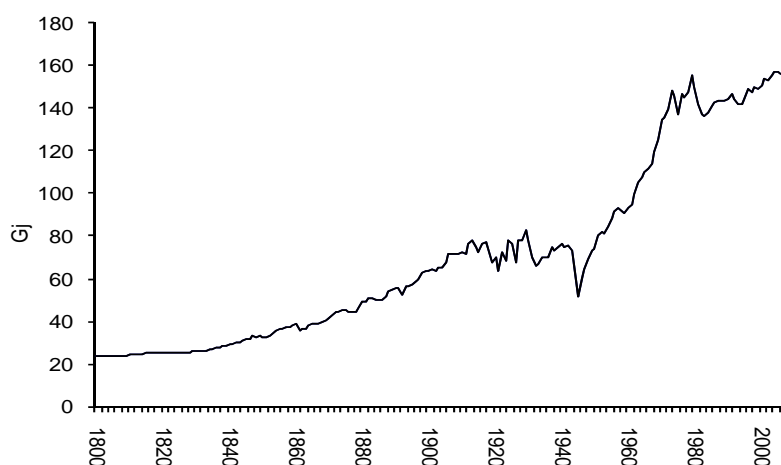
⁶ I dati quantitativi sui consumi energetici in Italia utilizzati in questo saggio e i metodi usati per ricavarli sono presentati e discussi in P. Malanima, *Energy consumption in Italy in the 19th and 20th centuries*, Napoli, ISSM-CNR, 2006.

⁷ Una lampada della potenza di 40 watt, che funziona per un'ora, consuma 40 wathora di energia elettrica.

fonti non vegetali. La loro importanza economica era assai superiore al semplice rilievo quantitativo nel bilancio energetico.⁸

In tutta l'Europa occidentale, l'avvio della crescita moderna e dell'industrializzazione avvennero contemporaneamente all'espansione della base energetica (Figura 1) e si verificarono prima nel paese, l'Inghilterra, in cui il passaggio al carbon fossile era avvenuto più precocemente. Il carbon fossile di per sé non determina un aumento rilevante della capacità produttiva; se usato per riscaldamento e fusione dei metalli. Solo quando la disponibilità di energia si combina con macchine capaci di trasformare il calore in movimento meccanico si ha un aumento decisivo della capacità di compiere lavoro. Questo avvenne con le macchine a vapore, prima di Newcomen e poi di Watt. Macchine termiche e fonti di energia fossili furono le basi della crescita dell'economia europea dall'Ottocento in poi.

Figura 1. Il consumo pro capite di energia in Europa occidentale dal 1800 al 2007 (Gj).



Fonti: solo di recente è stato possibile ricostruire una serie bisecolare dei consumi di energia annuali in Europa occidentale grazie ai seguenti lavori: Svezia (A. Kander, *Economic growth, energy consumption and CO₂ emissions in Sweden 1800-2000*, Lund, Lund University, 2002), Inghilterra (P. Warde, *Energy consumption in England and Wales 1560-2000*, Napoli, ISSM-CNR, 2007), Paesi Bassi e Spagna (B. Gales, A. Kander, P. Malanima, M. Rubio, "North versus South. Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years", in "European Review of Economic History", 2007, 11, pp. 215-49, Francia (B. Gales, la serie non è ancora pubblicata), Germania (P. Warde, la serie non è ancora pubblicata), Italia (P. Malanima, *Energy consumption in Italy*, Portogallo (S. Teives Henriques, *Energy consumption in Portugal 1856-2006*, Napoli, ISSM-CNR, 2009). Per l'Italia serie delle fonti moderne sono state elaborate da S. Bartoletto, "I combustibili fossili in Italia dal 1870 ad oggi", in "Storia economica", 2005, 2, pp. 281-327.

Nel 2010 il consumo di energia pro capite in Europa occidentale era di 155 Gigajoule all'anno (100.000 calorie al giorno), includendo le fonti tradizionali (che costituivano il 5-6 per cento). Nel 1800 era di 23 Gigajoule all'anno (o 15.000 calorie al giorno). L'aumento dell'energia consumata da ogni abitante dell'Europa è stato, negli ultimi due secoli, di poco meno dell'1 per cento all'anno. Come il grafico rivela, l'aumento fu debole fino al 1840. Diventò rapido da allora fino alla Prima guerra mondiale. Fra le due guerre ristagnò per la crisi dell'economia mondiale. La crescita annua fu rapidissima dal 1950 al 1973. Da

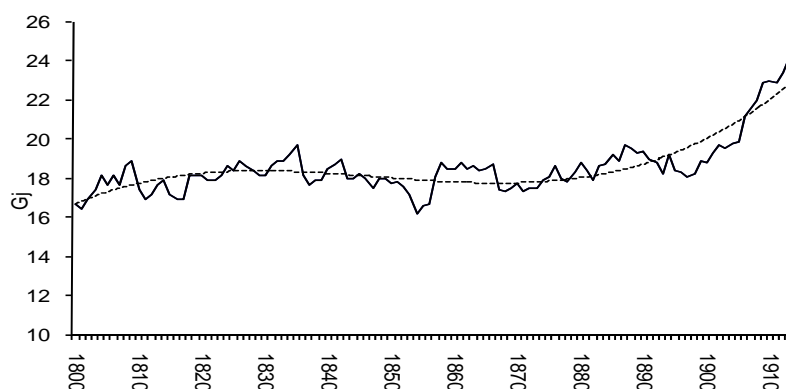
⁸ Si veda, ad esempio, il caso esaminato da S. Barca, *Enclosing water. Nature and political economy in a Mediterranean valley, 1796-1916*, Cambridge, The White Horse Press, 2010.

questa data in poi l'aumento è stato modesto: solo del 5 per cento (in termini pro capite) fra il 1973 e il 2010. Nel 2007 si consumava la stessa quantità di energia consumata nel 1979.

1.3. Il trend dei consumi in Italia

All'inizio del XIX secolo l'economia italiana era ancora di tipo tradizionale. Il carbon fossile in Italia non era utilizzato per niente. In Inghilterra rappresentava già l'80 per cento dei consumi totali.⁹ Il consumo annuo, di 16-18 Giga-joule (o 10-12.000 calorie al giorno), non rivelava in Italia alcun trend verso l'alto (Figura 2). Notevole era la volatilità dei consumi, soggetti alle forti variazioni dei raccolti agricoli. Il trend rivela un aumento a partire dal 1880 circa, contemporaneamente, cioè, all'avvio della crescita moderna in Italia (che gli storici economici collocano oggi proprio in quegli anni).¹⁰ Siamo all'epoca della cosiddetta Seconda Rivoluzione Industriale, quando l'Italia comincia a importare le tecniche sviluppate durante la prima fase d'industrializzazione e le fonti di energia che consentivano il funzionamento di quelle tecniche.¹¹

Figura 2. Consumo pro capite di energia in Italia 1800-1913 (Gj).



Fonti: i dati relativi al consumo di energia dal 1861 sono quelli ricostruiti in Malanima Malanima, *Energy consumption in Italy in the 19th and 20th centuries*. Si veda anche Bartoletto, *I combustibili fossili in Italia dal 1870 ad oggi*, per i consumi di fonti moderne. I dati dal 1800 al 1860 sono ricavati dalla serie del prodotto agricolo presentato in P. Malanima, "The long decline of a leading economy. GDP in North Italy 1300-1913", in "European Review of Economic History", 2011, 15, pp. 169-219. Si è assunto che l'andamento del prodotto agricolo pro capite in termini monetari approssimi bene l'andamento del consumo di energia (più o meno uguale al prodotto agricolo). Dalla corrispondenza prodotto agricolo-calorie consumate pro capite nel 1861, si è effettuato il calcolo per gli anni 1800-1860. In base a M. Lupo, "The port of Genoa and the modern growth in Italy: an analysis based on the imports of coal (1820-1913)", (in corso di stampa) si è aggiunto il carbon fossile, assumendo che, come dopo l'Unità, il carbone arrivato a Genova (le cui quantità sono riportate nel saggio di Lupo) rappresentasse il 35 per cento del totale importato in Italia (come a fine Ottocento, quando è possibile calcolare gli arrivi a Genova come percentuali del totale arrivato in Italia).

⁹ P. Warde, *Energy consumption in England and Wales 1560-2000*.

¹⁰ Sulla periodizzazione dell'avvio della crescita moderna in Italia, si veda ora S. Fenoaltea, *L'economia italiana dall'Unità alla Grande Guerra*, Roma-Bari, Laterza, 2006, S. Fenoaltea, "Production and consumption in post-Unification Italy: new evidence, new conjectures", in "Rivista di Storia Economica", n.s., XVIII, 2002, pp. 251-99.

¹¹ R. Giannetti, *Tecnologia e sviluppo economico italiano (1870-1990)*, Bologna, Il Mulino, 1998, sulle innovazioni tecniche in Italia e *La conquista della forza. Risorse, tecnologia ed economia nell'industria elettrica italiana (1883-1940)*, Milano, Franco Angeli, 1985, sull'elettricità.

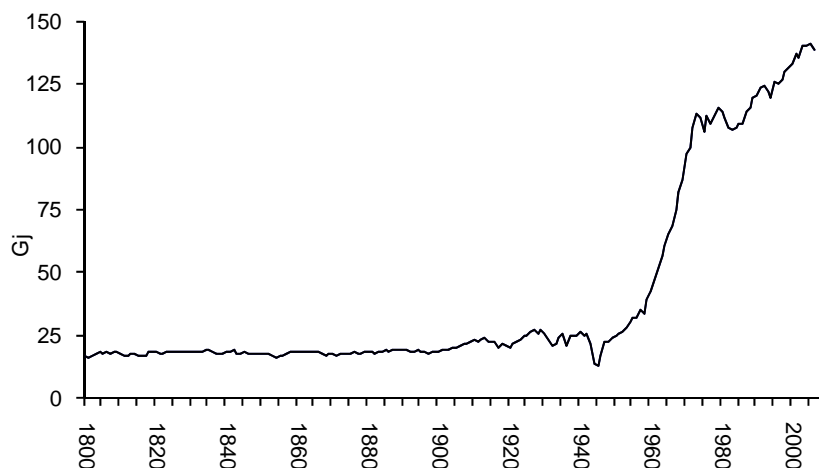
I dati annuali dal 1861 al 2000, utilizzati in questo lavoro, sono riportati in www.paolomalanima.it

L'introduzione delle fonti fossili di energia fu accompagnata da un aumento dei consumi complessivi del paese. Nel trend dei consumi, a partire dall'Unità, si possono individuare le tre grandi fasi che caratterizzano anche l'Europa occidentale nel suo complesso (Figura 3):

- una prima fase di lenta crescita, quasi impercettibile in termini pro capite, ebbe luogo dal 1880 circa fino alla Seconda guerra mondiale. Si passò da un consumo di 18 Gigajoule pro capite nel 1860-70 a 25 nel 1937-38, con un aumento annuo dello 0,4-0,5 per cento;
- seguì un'epoca di crescita rapida, fra il 1950 e il 1973, da 25 Gigajoule per abitante a 113, con un aumento del 6,5 per cento all'anno. E' l'epoca del miracolo economico e della motorizzazione di massa, dell'invasione delle città e delle strade da parte delle automobili, l'epoca dell'elettricità, con la radio, la televisione e i frigoriferi, che entravano nelle case degli Italiani;
- dal 1973 in poi, anche in Italia, come altrove in Europa, i consumi di energia sono aumentati ancora, ma assai più lentamente di prima. L'aumento è stato da 113 a 140 Gigajoule pro capite, e cioè dello 0,5 per cento annuo dal 1973 al 2010 (un tasso analogo a quello fra 1860 e 1940).

Nel complesso, il consumo pro capite di energia in Italia è aumentato di 7-8 volte fra la prima metà dell'Ottocento e l'inizio del XXI secolo. In Europa occidentale, nello stesso arco di tempo, la crescita è stata di poco meno di 7 volte, come si è visto. In termini aggregati l'aumento è stato, in Italia, di 26 volte dal 1800 al 2010 e di 17 dal 1861 al 2010.

Figura 3. Consumo pro capite di energia in Italia 1800-2010 (Gj).



Fonti: le stesse della Figura 2.

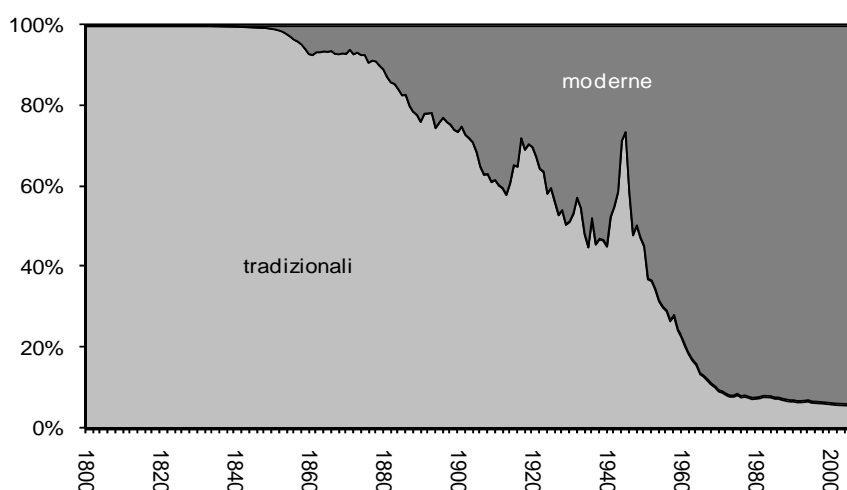
2. La struttura

2.1. Fonti moderne e dipendenza energetica

La crescita dei consumi di energia avvenne contemporaneamente alla trasformazione della loro struttura. Ogni economia che si modernizza attraversa una transizione energetica. Si passa, in ogni caso, da un'offerta anelastica di fonti di energia ad una elastica.

Le prime importazioni di carbone nel porto di Genova dalla Francia (Tarn, Hérault), via Marsiglia, sono documentate nel corso degli anni '20 dell'Ottocento.¹² Negli anni '30 cominciano gli arrivi dall'Inghilterra (Cardiff e Newcastle). Per quanto continuino le importazioni di carbon fossile francese, quelle dall'Inghilterra divengono da allora prevalenti. Verso il 1850, tuttavia, il carbon fossile in Italia rappresenta meno del 2 per cento dei consumi complessivi di energia. La sua importanza cresce nel decennio precedente l'Unità ed è pari al 7 per cento del totale nel 1861 (Figura 4). Nel 1866 arrivano in Italia i primi quantitativi di petrolio; nel 1887 abbiamo l'avvio dell'idroelettricità; nel 1897 inizia anche il consumo di gas naturale. La gamma delle fonti di energia che è possibile sfruttare si amplia rapidamente.¹³

Figura 4. Percentuale delle fonti tradizionali di energia e di quelle moderne sul totale dei consumi in Italia dal 1800 al 2007.



Fonte: le stesse della Figura 2.

Ebbe a scrivere Carlo M. Cipolla che l'Italia è ricca solo di marmo.¹⁴ Col marmo si costruirono le chiese, le statue e i palazzi nell'età del Rinascimento. All'epoca della Rivoluzione Industriale, c'era, invece, bisogno di ferro e di fonti di energia per costruire le macchine moderne e per alimentarle. Ma di ferro e di energia l'Italia è sempre stata povera. Quando il sistema energetico era di tipo vegetale, il paese era autosufficiente. Con l'avvento delle fonti moderne, gli Italiani dovettero cominciare a importare: l'epoca dell'autosufficienza finì e cominciò quella della dipendenza, dal momento che l'Italia manca quasi del tutto di combustibili fossili. E la dipendenza può essere costosa, almeno in termini rela-

¹² M. Lupo, "The port of Genoa and the modern growth in Italy".

¹³ Sul tema delle fonti di energia moderne sfruttate in Italia dall'Unità in poi si veda S. Bartoletto, *I consumi di energia in Italia (1870-1970)*, Quaderni ISSM, Napoli, 2002, S. Bartoletto, "I combustibili fossili in Italia dal 1870 ad oggi", che ha elaborato le serie dei consumi moderni di energia.

¹⁴ C.M. Cipolla *Storia facile dell'economia italiana dal medioevo a oggi*, Milano, Mondadori, 1995, p. XIV.

tivi. Alla fine dell'Ottocento il carbon fossile, tutto d'importazione, aveva in Italia un prezzo 3-5 volte superiore a quello dell'Inghilterra, del Belgio, della Germania (Tabella 1).

Tabella 1. Prezzi del carbon fossile nel 1883, 1900 e 1912 nel Regno Unito, in Germania, Francia, Stati Uniti e Italia (scellini correnti per tonnellata).

	Regno Unito	Germania	Francia	USA	Italia
1883	5,63	5,25	10,1	6,46	23,7
1900	10,80	8,83	12,0	5,31	37,7
1912	9,06	10,50	12,7	6,08	34,9

Fonte: C. Bardini, *Senza carbone nell'età del vapore. Gli inizi dell'industrializzazione italiana*, Milano, B. Mondadori, 1998, p. 52.

L'industria italiana dovette, per forza di cose, specializzarsi in settori leggeri, con uso ridotto di energia. L'industria dei metalli e, in particolare, la siderurgia, i settori che consumano grandi quantitativi di energia, hanno avuto sempre vita difficile.¹⁵ Nel primo decennio del XXI secolo, l'Italia ha consumato 6-7 volte più energia di quanta ne abbia prodotta. In Europa occidentale, solo il Portogallo è in una situazione simile a quella dell'Italia, mentre la Spagna, pure fortemente dipendente dalle importazioni, consuma 4-5 volte di più di quanto produca, e quindi è meno dipendente dall'estero di quanto lo sia l'Italia. La Francia, che consumava, negli anni '70 del Novecento, 4 volte più energia di quanta ne producesse, ha ridotto la sua dipendenza grazie all'adozione del nucleare. Nel 2010 consuma circa il doppio di quanto produce.¹⁶

Ricorrendo a fonti d'importazione care, si è dovuto imparare a risparmiare. Ancora oggi il consumo di energia è più basso in Italia che in altri paesi avanzati. Il consumo pro capite al giorno, includendo le fonti tradizionali ancora in uso, è poco meno di 90.000 calorie. Negli USA e Canada esso supera le 200.000 calorie. Nei paesi avanzati di tutta Europa si è quasi sempre al di sopra delle 150.000. Il consumo più modesto dell'Italia dipende in parte dal clima. Esso dipende, tuttavia, anche dal particolare sviluppo dell'industria italiana, che, dovendo usare combustibili cari (almeno rispetto ai concorrenti), ha dovuto puntare sul risparmio energetico. Si è dovuto sfruttare quello che si aveva in abbondanza –il lavoro umano- e risparmiare quello di cui si era e si continua a essere assai poveri.

2.2. Il cambiamento strutturale

Alla metà dell'Ottocento il bilancio energetico dell'Italia era per una metà costituito dal consumo di legna e, per l'altra metà, dai consumi di cibo da parte di uomini e animali da lavoro. Come si è visto, il vento e l'acqua rappresentavano l'1 per cento e il carbon fossile l'1-2. Nell'anno 1900, durante la prima fase dell'industrializzazione, le fonti moderne di energia rappresentavano più del 25 per cento (Tabella 2).

¹⁵ Della dipendenza energetica dell'Italia si occupa P.A. Toninelli, "Energy and the puzzle of Italy's economic growth", in "Journal of Modern Italian Studies", 2010, 15, pp. 107-27.

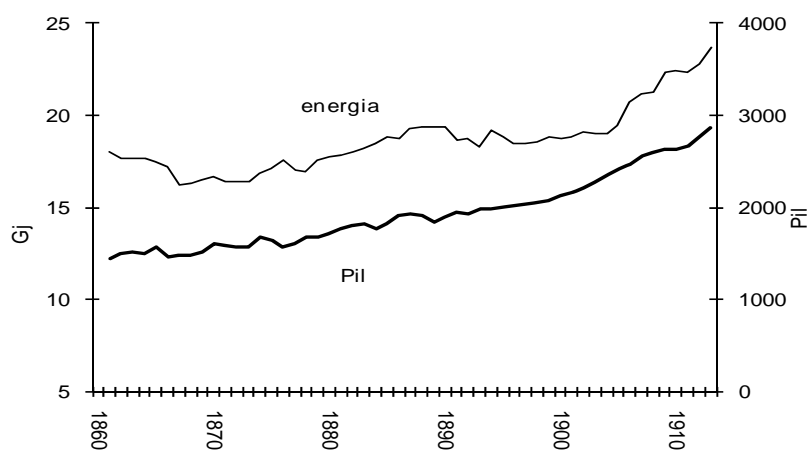
¹⁶ Il tema della dipendenza energetica dei paesi del Mediterraneo è affrontato più ampiamente in S. Bartoletto, P. Malanima, "L'energia nei paesi del Mediterraneo 1950-2010" (in corso di stampa).

Tabella 2. Struttura del consumo di energia in Italia 1861-2000 (%).

	1861	1900	1950	2000
Cibo	22.92	20.48	15.37	3.89
Legna	50.41	33.88	16.50	2.39
Animali	18.32	18.31	11.62	0.00
Vento	0.24	0.15	0.00	0.00
Acqua	0.73	0.32	0.10	0.00
Combustibili fossili	7.38	26.77	46.95	88.19
Electricità primaria	0	0.09	9.46	5.53

Fonte: Malanima, *Energy consumption in Italy in the 19th and 20th centuries*.

Figura 5. Consumo pro capite di energia all'anno (Gj) e prodotto pro capite (in dollari internazionali 1990 PPA) in Italia (1861-1913).



Fonti: P. Malanima, *Energy consumption in Italy in the 19th and 20th centuries*, e "Alle origini della crescita in Italia 1820-1913", in "Rivista di Storia Economica", n.s., XXII, pp. 306-30.

Fra l'aumento dei consumi di energia, determinato essenzialmente dal carbon fossile, e l'aumento del prodotto pro capite esiste un chiaro parallelismo. In Italia, come in tutti gli altri paesi dell'Europa occidentale, la crescita moderna si verifica contemporaneamente all'introduzione di fonti moderne nell'apparato produttivo (Figura 5). La capacità produttiva aumenta quando cominciano ad essere adoperate macchine e fonti moderne di energia per alimentarle.

Il consumo di fonti moderne era il 40 per cento alla vigilia della Prima guerra mondiale, più del 50 per cento alla vigilia della Seconda e sfiorava il 90 per cento nel 1970. Nel 2000-10 le fonti moderne rappresentavano il 94 per cento. L'elettricità di origine idrica o geotermica, pur importante in Italia, non ha mai superato il 10 per cento del consumo totale.

Mentre le fonti nuove crescevano d'importanza, quelle tradizionali andavano scomparendo. Da più del 90 per cento nel 1861, erano passate a meno del 50 alla vigilia della Seconda guerra mondiale. Una caduta verticale si ebbe poi negli anni '50 e '60. Il cibo per gli uomini, quello per gli animali e la legna costituivano l'8 per cento del totale nel 1970 e meno del 5 nel 2010. Anche

l'uso dell'acqua per i mulini e del vento per le vele è scomparso gradualmente.¹⁷

2.3. I consumi di energia per settore

Quanto ai consumi per settore produttivo, è possibile chiarire le tendenze a partire dagli anni Cinquanta del Novecento (Tabella 3).

Tabella 3. Ripartizione percentuale dei consumi di energia per settore di attività e consumi civili dal 1955 al 2005.

	I	II	III	Civile
1955	2,1	47,8	20,9	29,2
1960	1,8	48,1	23,5	26,6
1965	2,2	49,2	22,2	26,4
1970	2,4	46,4	19,4	31,8
1975	2,6	41,7	21,2	34,5
1980	2,5	38,9	25,0	33,6
1985	2,7	33,1	28,6	35,6
1990	2,9	33,6	30,9	32,6
1995	2,5	32,0	32,8	32,6
2000	2,6	32,2	33,3	32,0
2005	2,5	30,5	32,9	34,1

Fonte: A. Cardinale, A. Verdelli, *Energia per l'industria in Italia. La variabile energetica dal miracolo economico alla globalizzazione*, Milano, Franco Angeli, 2008, p. 230.

Negli anni Cinquanta, l'industria consumava circa la metà dell'energia. Il settore civile consumava il 30 per cento (per riscaldamento, cucina, illuminazione) e i trasporti il 20 per cento. La quota consumata dall'agricoltura è rimasta sempre inferiore al 3 per cento (con modeste variazioni).¹⁸ Dal momento che il rilievo dell'agricoltura nel Pil dell'Italia è passato dal 20-25 per cento negli anni Cinquanta al 2,5 dell'inizio del nuovo millennio, ciò significa che l'uso di energia per unità di prodotto è aumentato considerevolmente. Dall'inizio degli anni Sessanta al 2005, il consumo dell'industria è caduto di circa 20 punti percentuali. Si sono venuti espandendo relativamente i settori dei trasporti e quello civile. Nel primo decennio del nuovo secolo trasporti, industria e settore civile consumano, ognuno, circa un terzo del totale.

2.4. L'impatto ambientale

E' importante ricordare che, con l'introduzione delle fonti moderne di energia, è aumentato notevolmente l'impatto ambientale dei consumi energetici. Nel primo decennio del nuovo millennio, le emissioni complessive di CO₂ nell'atmosfera sono state in Italia pari a 430 milioni di tonnellate all'anno. Come dire che ogni Italiano ha contribuito con 7 tonnellate.¹⁹ Anche le economie del passato emettevano CO₂, con la combustione della legna. Essendo la popola-

¹⁷ Ci sarebbero, tuttavia, da considerare le imbarcazioni a vela per diporto.

¹⁸ Dato, tuttavia, che il prodotto dell'agricoltura costituiva nel 1955 il 20 per cento del prodotto totale e nel 2010 poco più del 2 per cento, ciò significa che il consumo nel settore è andato aumentando in maniera ragguardevole.

¹⁹ S. Bartoletto, M. Rubio, "Energy transition and CO₂ emissions in Southern Europe: Italy and Spain (1861-2000)", in "Global Environment", 2008, pp. 46-81; e S. Bartoletto, "Energia e ambiente in Europa (1800-2010)", in "Rivista di studi sulla sostenibilità", Franco Angeli, 2011, n. 1 (in corso di stampa).

zione italiana a metà Ottocento meno della metà di quella nell'anno 2000 ed essendo l'apparato industriale e il sistema dei trasporti ancora modesti, l'impatto era notevolmente minore. L'emissione in termini pro capite all'epoca dell'Unità era appena di 100 kg. In totale le emissioni dal consumo di combustibili dell'Italia erano allora di 3 milioni di tonnellate: 140 volte inferiori a quelle nell'anno 2000.

Il consumo di legna provocava, tuttavia, un diffuso disboscamento, dal momento che i consumi di legna superavano le quantità rigenerate annualmente dai boschi. I boschi italiani, come quelli di tanti paesi europei, raggiunsero l'estensione minima proprio alla fine dell'Ottocento, e il consumo della legna come fonte di energia fu la causa più importante del declino.²⁰ Dal primo Novecento i boschi cominciarono a riguadagnare terreno anche grazie alle nuove fonti energetiche. L'intensità energetica dell'Italia, e cioè il rapporto fra consumo di energia e Pil, è bassa, se confrontata con quella di paesi con lo stesso grado di sviluppo economico. Per la struttura dell'industria, che privilegia l'industria leggera, viene consumata relativamente poca energia per unità di prodotto o servizio. Essa aumentò notevolmente negli anni Cinquanta e Sessanta. Il passaggio anche dell'Italia verso la fase post-industriale ha comportato una nuova riduzione. Nel primo decennio del nuovo millennio, nel Mediterraneo, l'Italia era fra i quattro paesi con intensità energetica più bassa e quindi con un minore impatto ambientale derivante dall'attività produttiva.²¹

3. Energia e Pil

3.1. *Le tendenze del consumo energetico e del Pil*

E' utile, a questo punto, rivolgere l'attenzione alle relazioni fra consumi di energia e crescita, valutando, dapprima, il rapporto fra Pil e input totale di energia e, quindi, l'efficienza nello sfruttamento delle fonti di energia. Dal punto di vista dell'energia, la capacità produttiva dell'economia aumenta, infatti:

- per l'aumento dell'input di energia;
- per la maggiore efficienza nel suo sfruttamento grazie a tecniche più avanzate.

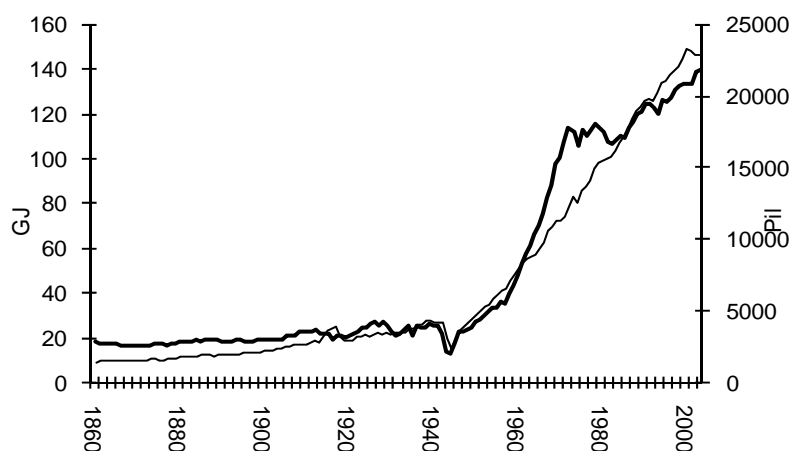
Cominciando con il trend generale, si può, anzitutto, notare come, fra l'Unità e il 2005, il prodotto pro capite sia aumentato in Italia di 13,5 volte, al tasso annuo dell'1,8 per cento e, come, nello stesso periodo, il consumo pro capite di energia sia cresciuto di 7,5 volte, al tasso annuo dell'1,4 per cento.

La Figura 6 rivela come il trend del prodotto pro capite e quello del consumo pro capite di energia siano volti verso l'alto, lentamente all'inizio della serie e più rapidamente dopo la Seconda guerra mondiale. Il prodotto cresce più dell'energia nella prima fase e meno nella seconda. Dopo il 1973 la crescita del consumo di energia è meno forte e meno continua di quella del prodotto. In sostanza si distinguono tre periodi: nel primo (1861-1949) e nel terzo (1980-2010) la crescita del consumo di energia è inferiore a quella del Pil, mentre nel secondo (1950-1979) essa è maggiore.

²⁰ Si veda il contributo di Mauro Agnoletti in questo stesso volume.

²¹ Si veda il saggio di S. Bartoletto, P. Malanima, "L'energia nei paesi del Mediterraneo 1950-2010" (in corso di stampa).

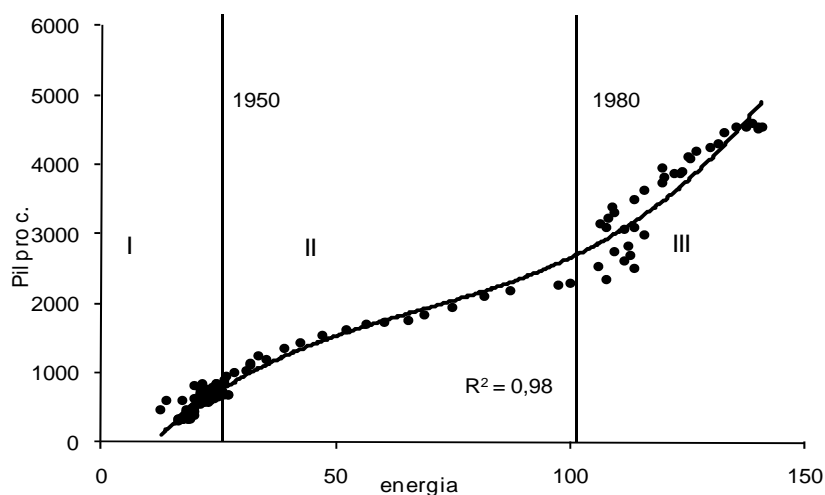
Figura 6. Consumo di energia pro capite (Gj) e prodotto pro capite (in dollari intern. 1990 PPA) in Italia (1860-2006).



Fonti: quelle della Figura 2 per l'energia e V. Daniele, P. Malanima, "Il prodotto delle regioni e il divario Nord-Sud in Italia (1861-2004)", in "Rivista di Politica Economica", 2007, XCVII, pp. 1-49. L'asse verticale di sinistra si riferisce alla curva del consumo pro capite di energia; quello di destra al Pil pro capite.

Una visione sintetica della relazione fra Pil pro capite e consumo di energia pro capite può essere fornita da un grafico a dispersione (Figura 7).²² Esso conferma la stessa cronologia. I tre periodi sono separati da linee verticali (poste approssimativamente negli anni 1950 e 1980). Nel complesso dei due secoli l'aumento di 1 Gigajoule del consumo pro capite è correlato con un aumento di 31,16 lire (del 1911) nel Pil pro capite.

Figura 7. Pil pro capite (lire 1911) come funzione del consumo di energia pro capite (Gj) 1800-2007.



Fonti: le stesse della Figura 6.

²² Un grafico come quello della Figura suggerisce che la relazione fra energia e prodotto vada dall'energia al prodotto (che, cioè, il prodotto dipenda dall'energia). In realtà non è sempre così. Il tema è esaminato in P. Malanima, "Transizione energetica e crescita in Italia 1800-2010", in corso di stampa nel volume di Studi in memoria di Salvatore Vinci.

3.2. Intensità energetica e produttività dell'energia

Le ricerche relative al rapporto fra energia e crescita fanno riferimento di solito soltanto al volume dell'energia impiegata. In realtà, sarebbe preferibile considerare la quota di energia trasformata in lavoro meccanico e calore utile. L'entità dei beni prodotti dipende, infatti, da questa quota, che è una frazione dell'input totale di energia, ed è soggetta, nel corso del tempo, a modifiche di rilievo. Infatti, l'energia può contribuire all'aumento del prodotto, oltre che con l'aumento del volume delle fonti sfruttate, anche con:

1. una maggiore efficienza dei convertitori (un tempo soprattutto convertitori biologici, come gli uomini e gli animali o le piante, più tardi macchine);
2. il miglioramento nella qualità dell'energia (inteso come passaggio a fonti di energia utilizzabili con minori costi di produzione: inferiori costi di trasporto e gamma più ampia di attività che possono svolgere);²³
3. i cambiamenti nella struttura dell'economia (modifiche nel peso dei diversi tipi d'industria -con maggiore o minore intensità energetica- o dei diversi settori -primario, secondario e terziario-. Le diverse produzioni richiedono quantitativi diversi di energia).

In realtà stime dirette sul grado di efficienza dei convertitori, e, quindi, sull'energia utile effettivamente impiegata, sono molto difficili, tante sono le macchine adoperate negli ultimi due secoli e tanto rapide sono state le variazioni nel loro livello di efficienza. Le prime macchine a vapore erano poco efficienti. Alla fine del Settecento il loro rendimento era dell'1-2 per cento. Erano assai più efficienti quando cominciarono a essere utilizzate in Italia nell'industria e nei trasporti (cioè, soprattutto a partire dalla seconda metà dell'Ottocento). Una serie è stata proposta del rendimento di centrali a carbone nella produzione di elettricità. Si tratta di un'informazione indiretta che suggerisce il trend nell'efficienza delle macchine termiche nel loro complesso. Si sarebbe passati da meno del 10 per cento alla fine dell'Ottocento al 35 per cento intorno al 1980.²⁴ Si calcola che l'efficienza teorica massima di una macchina termica sia intorno al 42-43 per cento.²⁵ Le economie dei paesi avanzati hanno un rendimento pari a circa il 30-35 per cento dell'energia sfruttata. Nel corso del tempo è, dunque, raddoppiata l'efficienza delle economie nello sfruttamento delle fonti di energia.

Più semplice è una stima dell'efficienza complessiva dell'economia. L'*intensità energetica*, cioè il rapporto fra input di energia e Pil (E/Y), è un concetto importante nello studio delle relazioni economia-energia. Meno usato è il reciproco dell'intensità energetica, cioè il rapporto fra prodotto e input di energia (Y/E), o *produttività dell'energia*. Quest'ultimo rapporto, tuttavia --è bene ri-

²³ D.G. Ockwell, "Energy and economic growth: grounding our understanding in physical reality", in "Energy Policy", 2008, 36, pp. 4600-04, ha definito di qualità superiore quei combustibili che forniscono "more units of useful work per unit of thermal input" (p. 4602). In realtà ogni combustibile ha un diverso contenuto calorico e può fornire più o meno lavoro in rapporto con la conversione effettuata e con l'efficienza del convertitore. La qualità dell'energia, e cioè la sua efficienza termodinamica, non può essere fatta dipendere dal maggiore o minore contenuto calorico, ma dai costi associati al suo sfruttamento.

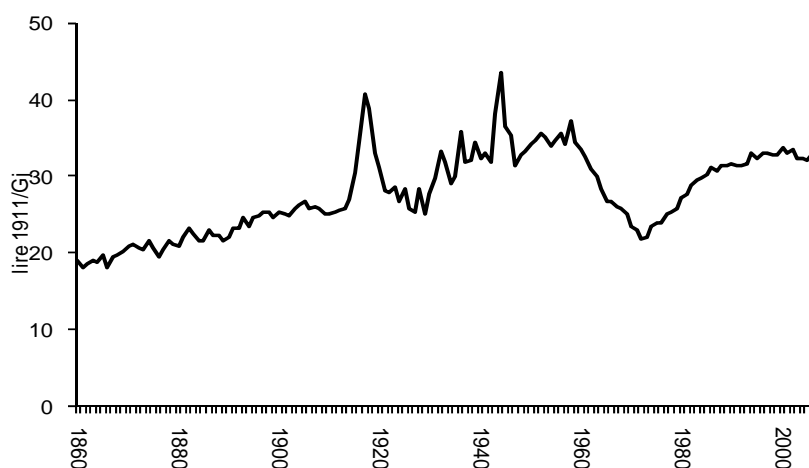
²⁴ B. Etemad, J. Luciani, *World Energy Production 1800-1985*, Genève, Droz, 1991, pp. XXXI e XXXV.

²⁵ R. Armson, I. Fells, "The limits to power", in "New Scientist", 6 giugno 1985, pp. 12-15.

peterlo--, è influenzato anche cambiamenti nel rilievo dei settori produttivi ed anche dal clima. In un paese del nord, specializzato nell'industria pesante, la produttività dell'energia può essere assai più bassa che in una regione meridionale specializzata nell'industria leggera; per quanto questa differenza non implichi affatto una minore produttività di quest'ultima economia. Oggi, per esempio, la produttività dell'energia in Svezia è il 62 per cento di quella in Italia, per quanto la produttività totale dei fattori sia più o meno la stessa e analogo sia anche il livello del prodotto pro capite. Diversa è, però, la temperatura media e diversa anche la specializzazione industriale dei due paesi.

Il grafico della produttività dell'energia consente di cogliere le fasi della crescita economica in Italia e le sue relazioni col consumo di energia (Figura 8).

Figura 8. Produttività dell'energia 1860-2005 (lire 1911 per Gigajoule).



Fonti: le stesse della Figura 2.

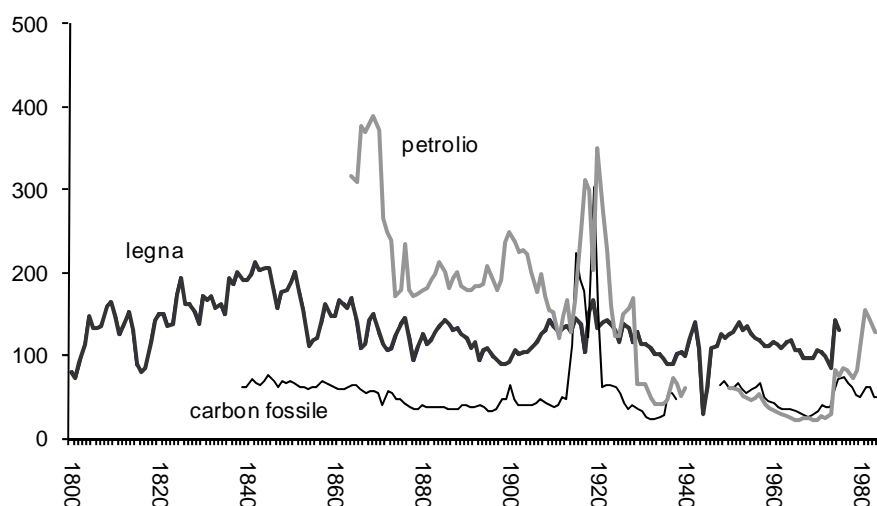
Nella prima metà dell'Ottocento il rapporto fra prodotto ed energia impiegata era, in Italia, intorno a 20 lire del 1911 per Gigajoule. Si può notare come l'introduzione delle moderne fonti di energia e delle macchine abbia comportato un aumento della produttività dell'energia a partire dall'industrializzazione del paese; dal 1880 in avanti cioè. Un convertitore meccanico è più efficiente di un convertitore biologico: di un uomo o un animale da lavoro. Il lavoro meccanico (o energia utile) che un uomo o un animale da lavoro possono fornire corrisponde al 15 per cento circa dell'input di energia come cibo. Quello di una macchina termica può raggiungere il 40 per cento. Anche l'uso della legna per riscaldamento era in passato assai poco efficiente. Il rendimento era intorno al 10 per cento. Il calore che riscaldava una stanza era una frazione modesta del calore sprigionato durante la combustione. Mulini e navi a vela erano più efficienti nello sfruttamento dell'acqua e del vento; ma trasformavano solo una quota minima dell'energia consumata.

Come si vede nella Figura 8, la trasformazione dell'Italia da economia vegetale a economia minerale comportò un aumento della produttività dell'energia. L'aumento fu graduale, se si eccettuano le due guerre mondiali; che determinarono forti discontinuità. Lo sforzo bellico comporta sempre uno sfruttamento intensivo delle energie a disposizione e un loro rendimento maggiore. Negli anni immediatamente successivi alla Seconda guerra mondiale, la pro-

duttività dell'energia continuò ad aumentare. Fino al 1958. Dal 1958 al 1973 si manifestò una decisa inversione di tendenza. E' l'epoca del "miracolo economico"! Per le famiglie degli Italiani il "miracolo economico" significò l'introduzione nelle case di frigoriferi e televisori, l'acquisto dell'automobile.²⁶ Per l'economia nel suo complesso questa fu l'epoca della vera industrializzazione. Gli occupati nell'industria erano il 26 per cento del totale della forza lavoro alla vigilia della Seconda guerra mondiale. Raggiunsero il 44 per cento nel 1971.²⁷ La quota del prodotto dell'industria sul prodotto totale era meno del 30 per cento prima della Seconda guerra mondiale. Il punto massimo fu raggiunto nel 1974 col 42,6 per cento.

Il trend dell'efficienza nello sfruttamento dell'energia è, evidentemente, correlato col trend dei prezzi dell'energia. Prima della crisi petrolifera del 1973, i prezzi dell'energia erano particolarmente bassi anche in Italia, come altrove nei paesi avanzati.²⁸

Figura 9. I prezzi della legna, del carbone e del petrolio in Italia (lire 1911 per Tep= 10 milioni di kilocalorie) 1800-1985.



Fonti: ISTAT, *Sommario di statistiche storiche italiane 1861-1955*, Roma, Istat 1958, ISTAT, *Sommario di statistiche storiche dell'Italia 1861-1975*, Roma, Istat, 1976, ISTAT, *Sommario di statistiche storiche italiane 1861-1985*, Roma, Istat, 1985, per il periodo dal 1861 e A. De Maddalena, *Prezzi e merci a Milano dal 1701 al 1860*, Milano, Università Bocconi, 1974, per la legna nel periodo precedente.

Come si vede nella Figura 9, la sostituzione del carbon fossile alla legna era cominciata in un'epoca – la prima metà dell'Ottocento-- in cui il prezzo della legna stava salendo. Il carbon fossile, per quanto più caro che in altri paesi del centro-nord dell'Europa, aveva un prezzo di meno della metà di quello

²⁶ Importante, su questo periodo, il libro di A. Cardinale, A. Verdelli, *Energia per l'industria in Italia*, che presenta numerose serie per settore di attività.

²⁷ Si veda V. Daniele, P. Malanima, "The changing occupational structure of Italy 1861-2001. A national and regional perspective" (in corso di stampa).

²⁸ Anche nel caso dell'Italia, come in quello di altri paesi, non è stato costruito ancora un indice del prezzo dell'energia (che sarebbe possibile con la conoscenza del prezzo di tutte le fonti anno per anno). Negli esercizi econometrici effettuati per diversi paesi negli ultimi anni, spesso si ovvia a questa mancanza con l'uso dell'indice dei prezzi, assunto come proxy del prezzo dell'energia (anche se l'indice generale dei prezzi e quello dell'energia non sono la stessa cosa e rivelano spesso andamenti diversi).

della legna, a parità di potere calorico. Il petrolio, all'epoca del suo arrivo in Italia, negli ultimi decenni dell'Ottocento, era assai caro. I prezzi dei due combustibili moderni diminuirono, in seguito, con l'eccezione degli anni della Prima guerra mondiale e di quelli immediatamente successivi. Fra la fine della Seconda guerra mondiale e il 1973, i prezzi dei combustibili furono bassi come non mai. E' questa l'epoca dell'energia a buon mercato. Che bisogno c'era di risparmiare, sia da parte delle famiglie che delle imprese? Come si è visto, la produttività dell'energia subì una caduta improvvisa. L'aumento dei prezzi dei combustibili dal 1973 in poi spinse di nuovo al risparmio (e la produttività dell'energia aumentò di nuovo).

3.3. Un esercizio di scomposizione

Un'analisi per scomposizione può aiutarci a quantificare il ruolo svolto dall'input di energia pro capite (E/P , dove E è il consumo totale di energia e P è la popolazione) e dalla produttività dell'energia (Y/E , il Pil diviso per l'energia consumata) nella crescita del prodotto durante gli ultimi 150 anni. Si parte dalla seguente identità, spesso usata negli studi di storia dell'energia,²⁹ in cui l'energia totale (E) è fatta uguale alla popolazione moltiplicata per il prodotto pro capite (Y/P) e per l'intensità energetica (E/Y):

$$E = P \cdot \frac{Y}{P} \cdot \frac{E}{Y}$$

Sulla base della precedente identità, il prodotto pro capite (Y/P) può essere rappresentato come:

$$\frac{Y}{P} = \frac{E}{P} \cdot \frac{Y}{E}$$

Se assumiamo che y , e , π siano i tassi annui di crescita rispettivamente di Y/P , E/P e Y/E , possiamo valutare il rilievo sia di e che di π nella crescita del prodotto pro capite (y) nel periodo preso in esame. Detto altrimenti: se facciamo il prodotto pro capite uguale al consumo di energia pro capite moltiplicato per il prodotto generato da un'unità di energia, i tassi di crescita dei fattori nel membro di destra dell'equazione debbono essere uguali al tasso di crescita del membro di sinistra. Cioè:

$$y = e + \pi$$

La successiva Tabella 4 mostra i tassi annui di crescita del prodotto pro capite (colonna 1) e i tassi annui di crescita dell'energia pro capite e della produttività dell'energia (colonne 2 e 3). La somma dei valori nelle colonne 2 e 3 è uguale ai valori della colonna 1.

Tabella 4. Tassi annui di crescita del prodotto pro capite (1), del consumo di energia (2) e della produttività dell'energia (3) dal 1861 al 2001 (%).

²⁹ Si veda l'uso della formula in B. Gales, A. Kander, P. Malanima, M. Rubio, "North versus South. Energy transition and energy intensity in Europe over 200 years".

		1	2	3
		y	e	π
I	1861-1913	1,31	0,53	0,78
	1920-1936	1,64	0,44	1,20
II	1951-1973	4,30	6,48	-2,18
III	1973-2001	2,26	0,57	1,69

Come si può vedere, nel primo periodo, 1861-1950 (qui diviso in due sotto-periodi 1861-1913 e 1920-36), il ruolo dell'input di energia nella crescita del prodotto fu meno importante di quello della produttività dell'energia. La produttività dell'energia (π) cresceva al tasso dello 0,78 per cento all'anno fra 1861 e 1913 e al tasso dell'1,20 fra 1920 e 1936; mentre l'input di energia (e) pro capite aumentava rispettivamente ai tassi dello 0,53 e dello 0,44. L'introduzione di macchine termiche nell'industria e nei trasporti (le ferrovie) rendeva più efficiente lo sfruttamento del carbone importato, che veniva assumendo un ruolo sempre più importante. Le cose cambiarono drasticamente nel secondo periodo, che comprende l'epoca della più forte crescita del prodotto in Italia. In quel periodo la crescita dell'economia fu dipendente dall'aumento dell'input, mentre l'efficienza nell'uso dell'energia andava diminuendo del 2,18 per cento all'anno. L'aumento dei prezzi dell'energia, a partire dal 1973, segnò una svolta. La produttività tornò a crescere sensibilmente. In altri termini: il costo dell'energia induceva al risparmio sia le imprese che le famiglie. E' possibile che nella fase post-industriale, in cui anche l'economia italiana si trova, la produzione di servizi richieda meno energia che la produzione dei beni fisici (anche se, nei servizi, vi sono anche i trasporti, che richiedono quantitativi considerevoli di combustibili).

Conclusioni

Per pochi altri paesi dell'Europa occidentale è, oggi, possibile, come per l'Italia, quantificare il trend e la struttura dei consumi di energia su un lungo arco di tempo: più di due secoli. Come si è visto, la trasformazione dell'economia, da agricola e tradizionale a moderna, si sviluppò contemporaneamente alla trasformazione nel suo sistema energetico. Transizione economica e transizione energetica furono, in Italia come altrove, due aspetti correlati nel processo della crescita moderna. La transizione energetica, che è consistita nella disponibilità di fonti a basso prezzo, capaci di adeguarsi con flessibilità alla domanda proveniente dalle attività produttive, ha costituito l'elemento chiave del cambiamento economico degli ultimi due secoli.

In particolare, si possono individuare nella transizione energetica italiana, come in quella dell'Europa occidentale nel suo complesso, tre periodi, durante i quali la relazione energia-crescita ha presentato caratteristiche diverse. In una prima fase, che in Italia va dalla fine dell'Ottocento all'indomani della Seconda guerra mondiale, i miglioramenti nell'efficienza delle tecniche di sfruttamento dell'energia hanno svolto un ruolo assai importante; superiore a quello del volume dell'energia sfruttata. Nei due-tre decenni dopo la Seconda guerra mondiale, la crescita del prodotto è stata sostenuta esclusivamente dall'aumento delle fonti disponibili; non dall'aumento dell'efficienza termodinamica delle tecniche utilizzate. Nella fase post-industriale, che si è aperta dal 1973, lo

sforzo per sfruttare meglio l'energia disponibile ha svolto e continua a svolgere un ruolo decisivo.