

I veri costi del nucleare

Perché la Fondazione per lo sviluppo sostenibile non sa di non sapere

Di Carlo Stagnaro

Introduzione¹

Un recente rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, compilato dall'ex ministro dell'Ambiente, Edo Ronchi, mette seriamente in discussione la competitività economica dell'energia nucleare (Ronchi 2010). Il rapporto sostiene – appoggiandosi a letteratura esistente e perlopiù condivisa – essenzialmente tre tesi:

- Il nucleare *oggi* non è competitivo con le fonti tradizionalmente impiegate nella generazione elettrica (carbone e gas naturale), *neppure tenendo conto dei suoi vantaggi ambientali*;
- Il nucleare *domani* non sarà competitivo con le fonti rinnovabili (in particolare eolico e solare fotovoltaico);
- Il nucleare *in Italia* avrebbe costi superiori a quelli riscontrabili in altri paesi e, di conseguenza, ha ancora meno chance di affermarsi rispetto a quanto accade altrove.

La prima e la terza tesi contengono un importante grano di verità, ma meritano maggiore approfondimento. La seconda tesi, alla luce dell'evidenza disponibile, è invece difficilmente sostenibile. Scopo di questo *paper* è discutere le tesi sostenute da Ronchi, collocandole nel panorama più ampio della letteratura in merito ai vantaggi e agli svantaggi dell'atomo da un punto di vista strettamente economico-finanziario. Le esternalità positive e negative del nucleare non verranno considerate se non nella misura in cui esse vengono (o possono essere) internalizzate attraverso opportuni strumenti di *policy*.²

Questo *paper* non intende rispondere alla domanda: quanto costa l'energia nucleare? Per le ragioni che verranno esposte, si tratta di una domanda a cui, in termini generali, non è possibile rispondere. Infatti, il costo medio di generazione per una tecnologia caratterizzata da alta intensità di capitale, prevalenza dell'investimento iniziale sulla struttura dei costi, e un ciclo vitale dell'ordine dei 40-60 anni dipende essenzialmente da una variabile: il costo del capitale. Tale fattore non può essere valutato *ex ante*, in quanto è specifico (almeno) del luogo e del periodo in cui avviene l'investimento e del merito di credito del

1 Ringrazio, per i commenti a una precedente versione di questo studio e per le discussioni sul tema, Luciano Lavecchia, Massimo Nicolazzi, Chicco Testa, Federico Testa e Stefano Verde. Resta inteso che qualunque errore o inesattezza è di mia esclusiva responsabilità.

2 La principale esternalità positiva del nucleare è di natura ambientale, cioè la riduzione delle emissioni climalteranti. Le maggiori esternalità negative riguardano i rischi – per quanto remoti – di incidenti e la gestione delle scorie e del fine vita degli impianti.

KEY FINDINGS

- Un recente rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, curato da Edo Ronchi, sostiene che il nucleare non sarebbe economicamente competitivo con le altre fonti;
- La letteratura disponibile non giustifica questa tesi, che poggia su una metodologia scorretta;
- Poiché i costi medi attualizzati del nucleare dipendono largamente dall'investimento iniziale, i costi medi attualizzati sono funzione delle condizioni di accesso al credito e della percezione del rischio politico;
- È possibile che il nucleare in Italia costi più che altrove, ma in ragione di uno specifico rischio-paese, che investe anche altre fonti energetiche, comprese le rinnovabili;
- Non c'è invece ragione di ipotizzare una tendenza di costi crescenti indefinitamente nel tempo;
- Vengono proposte in questo *paper* alcune possibili interpretazioni del rallentamento degli investimenti nel nucleare nei paesi Ocse negli ultimi 20 anni, in base all'eccesso di investimenti nelle fonti di base nel periodo del monopolio pubblico;
- Il nucleare può essere competitivo sia con le fonti convenzionali, sia con le fonti rinnovabili;
- In un contesto liberalizzato la valutazione economica spetta comunque agli operatori e non è una scelta politica.

Carlo Stagnaro è Direttore Ricerche e studi dell'Istituto Bruno Leoni.

soggetto investitore, oltre che delle aspettative riguardo le condizioni del mercato, la crescita economica, l'andamento della domanda elettrica nel lungo termine, e i prezzi delle fonti concorrenti (per i quali si può assumere la quotazione del petrolio come indicatore indiretto).

Prima di entrare nel merito della discussione – a partire dalla variabilità sulle stime dei costi del nucleare – è importante enfatizzare che né lo studio di Ronchi, né questo *paper* forniscono, *di per sé*, argomenti pro o contro il nucleare. Il contesto in cui si svolge il dibattito attuale è molto diverso, per esempio, da quello in cui si svolse lo scontro referendario nel 1987.³ All'epoca, a prescindere dal contenuto tecnico dei quesiti, aveva senso interrogarsi – nell'ambito della discussione più ampia – sulla ricaduta economica dell'atomo. Infatti le scelte sul mix energetico erano scelte pubbliche, e il ricupero di eventuali extracosti era garantito dai meccanismi tariffari. In un contesto liberalizzato, invece, questo non ha più senso: costi e benefici economici sono (o dovrebbero essere) pienamente internalizzati dagli investitori; un investimento “sbagliato” non produce extracosti per i consumatori, ma un danno finanziario per chi lo effettua. La dimensione pubblica del nucleare riguarda le sue esternalità, positive o negative, e l'eventuale presenza di rischi per l'ambiente o per la salute umana. Ma di questi rischi Ronchi non si occupa, né essi sono oggetto del presente *paper*.

In questo senso, sarebbe comprensibile l'attacco al nucleare se fossero presenti elementi di socializzazione dei costi – un tema enfatizzato, recentemente, da Clò (2010). Ma nella misura in cui questi elementi non sono presenti, o possono essere rimossi, la discussione sulla reale convenienza del nucleare è triviale, per almeno due ragioni distinte:

- In assenza di provvedimenti specifici, gli eventuali extracosti non possono essere socializzati. Ne segue che essi ricadono interamente sui proprietari delle centrali, ossia che – se davvero il nucleare è sconveniente *a priori* – nessuno vi investirà. In altre parole, se davvero (in assenza di sussidi) il nucleare è oggettivamente non competitivo, non c'è ragione per gli antinuclearisti di temere che qualcuno sarà così scriteriato da realizzarlo. In altre parole ancora, dall'ipotesi che il nucleare “costa troppo” non discende logicamente che esso debba essere vietato, più di quanto dall'ipotesi opposta che il nucleare “conviene” non discende l'opportunità di sussidiarlo;
- In un contesto di mercato e in assenza di sussidi, sono le naturali dinamiche della competizione a garantire che non vi siano extraprofitto o che gli eventuali extracosti non siano scaricati sul consumatore: quindi la piena garanzia – *ex post* – sulla corretta allocazione dei costi viene dal rispetto delle regole della concorrenza, mentre l'eventuale e indebito ribaltamento di costi a valle della filiera può essere prevenuto (o rimosso) non già negando la possibilità al nucleare, ma attraverso una costante ed efficace attività di vigilanza e regolazione pro-competitiva.

La discussione sui “costi” del nucleare, insomma, per quanto rilevante ai fini delle strategie di investimento degli operatori elettrici, è relativamente poco importante ai fini della discussione pubblica, che invece dovrebbe concentrarsi (a) sulle eventuali garanzie pubbliche che vengono riconosciute al nucleare e sulla loro opportunità; (b)

³ Per una ricostruzione del dibattito di allora e della distanza tra il contenuto *giuridico* dei quesiti referendari e il loro messaggio *politico* si vedano, per esempio, Clò (2008); Clò (2010); Moncada e Asdrubali (2010); C. Testa (2008). A questo proposito, giova ricordare, tra gli altri, quanto disse Francesco Crisafulli (1987), che accusò i referendari di “aver detto alla Corte costituzionale una verità giuridica e una menzogna politica e ai cittadini una menzogna giuridica e una verità politica [per] l'enorme scarto tra la valenza tecnica dei quesiti sottoposti all'elettorato e il significato politico che i promotori del referendum mostravano di voler attribuire ai suoi risultati”.

sulla portata delle eventuali esternalità, positive o negative, e sugli strumenti per internalizzarle. In un quadro competitivo la scelta pubblica non riguarda la realizzazione delle centrali, ma la mera *possibilità* di realizzarle o, più precisamente, l'opportunità di impedirne *ex lege* la realizzazione. Se il nucleare è una tecnologia obsoleta o troppo costosa l'opportunità di realizzare nuovi impianti non verrà colta da nessuno. Ma impedire di farlo a fronte della convinzione che esso non sia competitivo è un atteggiamento non consequenziale e ingiustificato.

La struttura dei costi del nucleare

Per capire *quanto* costi il nucleare – in assoluto e relativamente ad altre fonti energetiche – è importante capire da cosa derivi questo costo, di quali componenti sia la risultante. Rispetto alla maggior parte delle fonti energetiche tradizionali (e, da questo punto di vista, allo stesso modo delle fonti rinnovabili) il nucleare ha un'intensità di capitale relativamente più alta, ed è caratterizzato da una sproporzione tra i costi fissi e i costi variabili. La maggior parte dei costi fissi si concentrano nell'investimento iniziale e nella spesa finale per lo smaltimento delle scorie e il *decommissioning* degli impianti. Quest'ultimo, per quanto costoso e soggetto ad ampie incertezze, avverrà comunque 40-60 anni dopo l'ingresso in funzione dell'impianto stesso, e (almeno) 50-70 anni dopo l'avvio dell'iter autorizzativo. Anche applicando un tasso di sconto relativamente basso (5 per cento), una spesa distante circa 50-70 anni vale, oggi, tra il 22 e il 28 per cento del capitale nominale necessario nel futuro. Quel che realmente impatta, dunque, è il capitale iniziale necessario all'investimento e il suo costo.

Sulla base della letteratura esistente (per una panoramica si vedano Gugliotta e Verde 2010) si può stimare la seguente ripartizione dei costi, rispetto al costo medio attualizzato⁴ dell'elettricità generata:

- L'investimento iniziale pesa nell'ordine del 60-70 per cento del costo medio attualizzato;
- La spesa per il combustibile, a seconda degli scenari di prezzo, vale circa l'8-15 per cento (di cui circa il 60 per cento direttamente imputabile al prezzo dell'uranio sul mercato internazionale, il resto ai costi di arricchimento e trattamento);
- I costi di gestione e manutenzione (O&M) pesano per circa il 5-10 per cento;
- Il costo del *decommissioning* e del trattamento del combustibile esausto, pur essendo molto rilevante in termini nominali, pesa in effetti per circa il 2-5 per cento del costo medio attualizzato, principalmente in virtù del profilo temporale della spesa.⁵

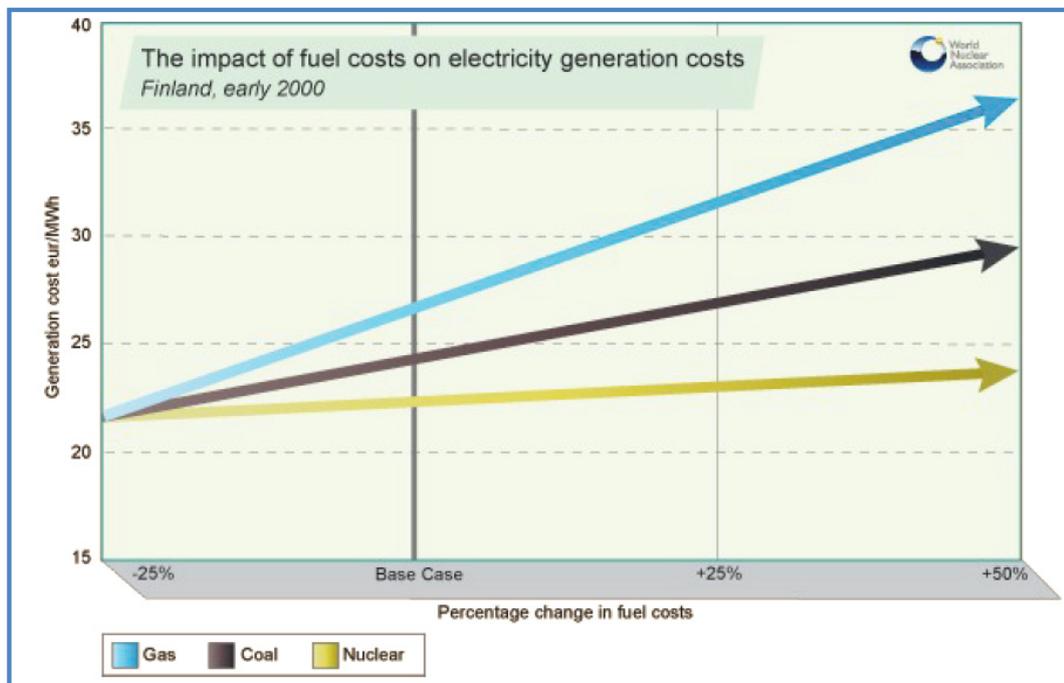
Da queste stime – per quanto grossolane – emerge chiaramente la peculiarità del nucleare rispetto ad altri combustibili, e in particolare al gas naturale (mentre il carbone si colloca in una situazione intermedia). Poiché nel caso del nucleare il costo dell'investimento iniziale prevale sui costi variabili legati all'approvvigionamento del combustibile, i costi di generazione *reali* saranno più prevedibili e meno volatili. La Figura 1 illustra la differenza dei costi medi di generazione al variare del costo del combustibile.

4 Per costo medio attualizzato (*average levelized cost*) si intende il costo medio di generazione dell'unità di energia prodotta, inclusi tutti i costi di investimento ed esercizio nell'arco dell'intera vita dell'impianto, sulla base di ipotesi relative alla remunerazione del capitale investito.

5 La legge 99/2009 e successivi decreti adotta una soluzione pienamente condivisibile, laddove obbliga gli operatori ad accantonare una quota annuale dei ricavi allo scopo di garantire la copertura dei costi di smantellamento degli impianti al termine del loro ciclo vita. Per un esame degli aspetti positivi e negativi di questo specifico provvedimento, si veda Menegon (2010).

FIGURA 1

Variazione del costo medio di generazione elettrica da gas, carbone e nucleare al variare dei costi del combustibile



Fonte: Wna (2010)

Ora, la differenza nella struttura dei costi e nella volatilità del costo di generazione si traduce fatalmente in una differenza radicale nei profili di rischio, che spiega – in parte, come si vedrà più avanti – la relativa sfortuna dell’atomo negli ultimi vent’anni (sebbene siano intervenuti altri, e verosimilmente più rilevanti, fattori). Prendendo a riferimento i prezzi petroliferi, gas e nucleare (il carbone, come detto, si colloca in una situazione intermedia) hanno profili di rischio opposti. Nel caso del gas, la centrale può ripartire i suoi rischi tra quantità e prezzi: assumendo il mercato elettrico come perfettamente concorrenziale e dunque con prezzi dati, a uno scenario di quotazioni petrolifere “basse” si accompagna un pieno utilizzo dell’impianto e una vendita di grandi quantitativi di energia con margini potenzialmente molto interessanti; viceversa, uno scenario di petrolio “caro” implica che l’impianto a gas avrà costi marginali non competitivi e sarà, dunque, sottosfruttato: la perdita potenziale è pari agli ammortamenti di un impianto impiegato a livelli subottimali.

Nel caso del nucleare la situazione è opposta. Infatti, la bassa incidenza del combustibile e la scarsa flessibilità tecnica delle centrali implicano costi marginali molto bassi (virtualmente nulli). Ciò fa sì che l’esercente sia incentivato a far operare la centrale a pieno regime allo scopo di ridurre i costi medi, a loro volta dominati dai costi fissi. In un sistema come quello attuale governato da un meccanismo di *system marginal price*, esso tenderà a “biddare” vicino a zero per proteggere i volumi e annullare il rischio quantità.⁶ In uno scenario di prezzi petroliferi (cioè del gas) “alti”, dunque, il nucleare è per definizione competitivo. Se, però, i prezzi delle fonti convenzionali restano “bassi” per la maggior parte della vita tecnica degli impianti nucleari, il rischio-prezzi può

6 In Italia il rischio quantità è stato azzerato riconoscendo al nucleare la priorità di dispacciamento, al pari delle fonti rinnovabili (art. 25 comma 4 della legge 99/2009). Tale misura è discutibile e viene assimilata, per esempio da Clò (2010), a un sussidio. Sebbene teoricamente sia effettivamente così, nella pratica, e per le ragioni spiegate, si tratta di fatto di una misura sostanzialmente irrilevante.

essere davvero molto alto. Fino a che punto una *utility* attiva sul mercato liberalizzato è disposta ad assumersi un rischio tanto alto? O, in altri termini, poiché la competitività del nucleare dipende dal verificarsi nel lungo termine di uno scenario di prezzi petroliferi “alti”, quanto gli investitori ritengono credibile questo scenario?

Ciò è vero soprattutto in un mercato in cui il prezzo sia determinato dall’impianto marginale. In uno scenario di prezzi petroliferi “alti”, un ciclo combinato avrà margini significativamente inferiori a quelli di un impianto nucleare. Ma in uno scenario di prezzi petroliferi “bassi”, i margini del nucleare saranno così ridotti da non consentire il recupero degli ingenti costi fissi. Questo è l’*handicap* finanziario del nucleare, che però è mitigato dalla lunghezza della vita utile di una centrale: è realistico assumere che i prezzi petroliferi saranno così bassi per così tanto tempo da determinare un rendimento insufficiente o negativo del capitale investito nell’atomo?

Non è obiettivo di questo *paper* rispondere a tali domande, ma solo rilevarne l’esistenza e la centralità. Al tempo stesso, queste domande sono, per definizione, domande: non possono essere ignorate, assumendo che le cose andranno sempre e comunque in un verso solo (sia esso favorevole o no all’investimento nucleare). Quello che comunque occorre enfatizzare è che la competitività del nucleare non dipende solo dalle assunzioni che si fanno riguardo i suoi costi medi, ma anche dalle assunzioni riguardo lo scenario dei prezzi del petrolio.

Quanto costa il nucleare: cosa dicono gli studi?

Per sostenere la tesi della non-competitività economica del nucleare, Ronchi prende le mosse da una serie di studi, la maggior parte dei quali prodotti da istituzioni autorevoli. Infatti, le fonti sono indiscutibili: si tratta dei principali centri di ricerca che hanno prodotto risultati che si possono ritenere condivisi – nella misura in cui se ne condividano le assunzioni, in particolare quelle relative al costo del capitale (stimato, come da prassi consolidata, attraverso il Wacc, e assunto uguale al tasso a cui i *cash flow* futuri vengono scontati). Le stime citate da Ronchi, sia per il nucleare sia per le altre fonti convenzionali, sono riportate in Tabella 1.

TABELLA 1

Stime sui costi medi attualizzati di generazione elettrica da nucleare, gas e carbone secondo diversi studi

Fonte	Nucleare [\$ (2007) / MWh]	Gas [\$ (2007) / MWh]	Carbone [\$ (2007) / MWh]
Nea-Oecd	58,53-98,75	85,77-92,11	65,18-80,06
Cbo	73	58	56
Ec	65-110	65-78	52-65
Epri	73	73-97	64
House of Lords	90	78	82
Mit	84	65	62
Eia-Doe	107,42	77,36	101,73
Moody’s	150,83	120,56	111,85

Fonte: Ronchi (2010)

Come si vede, tra le stime proposte si registra una notevole variabilità, sia per il nucleare sia per le altre fonti. Se si prendono i valori estremi, il costo di generazione medio attualizzato del nucleare va da 58,53 \$/MWh (studio Nea con Wacc al 5 per cento) a 110

\$/MWh (Commissione europea con Wacc al 10 per cento); per i cicli combinati a gas si va da 58 \$/MWh (Cbo) a 97 \$/MWh (Epri); per il carbone da 52 \$/MWh (Commissione europea) a 82 (Camera dei Lord). I costi stimati per il nucleare non sono enormemente diversi, in misura statisticamente significativa e date le rilevanti incertezze, da quelli delle altre tecnologie: si può al massimo sostenere che è *probabile* che il carbone risulti leggermente più economico, sebbene la competitività del carbone sia criticamente dipendente dalle assunzioni che si fanno riguardo il prezzo della CO₂ e la severità delle politiche ambientali.

Per arrivare a sostenere che il nucleare non è competitivo, e che i documenti ufficiali di Enel e del governo italiano (che parlano di 60 euro / MWh) ne sottostimano fortemente i costi medi attualizzati, Ronchi esegue un'operazione di media tra gli scenari di costo presentati nella letteratura citata: "il costo medio dell'energia elettrica dei 7 studi citati, escluso quello dell'Agenzia per l'energia nucleare, è di 94,6 \$/MWh, pari a circa 72,8 euro/MWh". Dentro tale stima convivono almeno tre errori o ingenuità metodologiche. Due veniali – ma non irrilevanti:

- Non è chiaro perché venga escluso, senza alcuna motivazione evidente o dichiarata, lo studio Nea (che fornisce una stima leggermente più benevola rispetto agli altri);
- È discutibile la scelta di calcolare la media considerando anche lo studio Moody's, che fornisce valori – per tutte le fonti energetiche e in particolare per il nucleare, il cui costo medio attualizzato è stimato oltre i 150 \$/MWh – nettamente più alti di *tutti* gli altri studi: quando si confrontano studi diversi può essere sensato escludere gli *outlier*, ma è metodologicamente scorretto escludere l'*outlier* inferiore (lo studio Nea) e includere quello superiore (Moody's). Ciò è particolarmente grave se si considera che l'esclusione dello studio Moody's farebbe scendere il valor medio di quasi 10 dollari, e che Moody's supera tale valore del 74 per cento, mentre Nea – all'estremo opposto della forchetta considerata – si colloca solo del 32,4 per cento al di sotto.

L'errore più grave, però, è un altro. L'operazione di media tra stime differenti si giustifica in base all'assunto (di per sé corretto) che ciascuna di esse può contenere degli errori, e all'assunto (sbagliato, in questo caso, e vedremo perché) che l'errore sia largamente attribuibile a ragioni casuali e che sia distribuito in modo simmetrico: cioè le singole valutazioni, indifferentemente, sovrastimano o sottostimano il valore "reale". Mediando, l'errore viene minimizzato. In questo caso, però, il ragionamento non è giustificato: la maggior parte dell'errore non dipende da componenti casuali (per esempio i parametri stimati per la distribuzione di probabilità ipotizzata per il costo del combustibile) ma da alcune ipotesi che vengono fatte fin dall'inizio, le più importanti delle quali riguardano il Wacc e gli scenari sui prezzi futuri dei combustibili fossili (petrolio e gas, con la complicazione ulteriore che i prezzi del gas in Europa sono tendenzialmente indicizzati a quelli del petrolio, negli Usa no). Nei fatti, allora, fare una media tra i *risultati* degli studi equivale a fare una media tra le loro *assunzioni*: ciò non elimina alcun errore, anzi riproduce gli errori esistenti, perché questi non sono distribuiti in modo simmetrico verso l'alto o verso il basso (e, se così fosse, tale assunzione eroica andrebbe esplicitata e giustificata).

La domanda che Ronchi dovrebbe porre – e che solo in parte pone – è quale sia il valore *corretto* del Wacc. Questa domanda non può trovare risposta negli studi citati, perché è specifica del luogo e del momento in cui l'impianto nucleare viene realizzato, e della tecnologia impiegata, oltre che di una serie di variabili di natura generale. In altre parole, il costo medio attualizzato "reale" è funzione – tra l'altro – del costo del capitale re-

lativo a uno specifico impianto, con caratteristiche tecniche specifiche, realizzato da un soggetto specifico, in un luogo e in un momento preciso. Oltre tutto, è proprio l'esiguo numero di centrali nucleari costruite negli ultimi due decenni nei paesi Ocse a ridurre il significato empirico degli studi esistenti: ciascun investimento va trattato come un *unicum*, non può essere generalizzato né, tanto meno, ha portata generale un'indagine che guardi ai costi effettivi sostenuti nel passato.

Questo non significa che non sia possibile esprimere delle stime, ma solo che queste stime hanno un valore di scenario, non di previsione: *date* le condizioni x , y e z , *allora* il costo medio attualizzato è c . Il che impone, nel momento in cui si valuta la convenienza del nucleare rispetto alle alternative, di precisare quali assunzioni si fanno riguardo a x , y e z e perché. È possibile che, a seconda del set di assunzioni che viene preso in considerazione, il nucleare risulti o no competitivo. Quello che suggeriscono gli studi esistenti sul tema – compresi quelli citati da Ronchi – è che il nucleare può essere competitivo. In altre parole, sono quegli stessi studi che, se letti singolarmente come è necessario fare, suggeriscono di scartare l'ipotesi che il nucleare sia non competitivo *a priori*, e invece inducono a considerarlo come un'opzione realistica e più o meno conveniente in funzione di una serie di variabili, alcune delle quali di natura progettuale (per esempio quale reattore si intenda installare, quanti reattori facciano parte di un singolo ordinativo, e quali economie di scala si riescano a sfruttare), altre finanziarie (il costo del capitale), altre ancora di ordine più generale (gli scenari di costo dell'uranio, dei combustibili fossili, e della CO₂). Esempi di stime che, basandosi su assunzioni realistiche, conducono a esiti favorevoli al nucleare si trovano in Clerici (2010) e Zollino (2010).

Infine, un elemento di incertezza irriducibile riguarda il ruolo che il nucleare (o le fonti alternative) andrebbe a occupare in una logica di portafoglio. Anche questo è specifico del chi, dove e quando. In un paese dove esista già un ampio parco centrali con caratteristiche tali da soddisfare efficientemente il carico di base, un nuovo impianto nucleare “serve meno” – e dunque “giustifica meno” l'assunzione dei rischi finanziari connessi alla sua struttura dei costi – rispetto a un paese che abbia un parco esistente orientato su centrali caratterizzate da bassi costi fissi, alti costi variabili, ed elevata flessibilità di utilizzo. In altre parole – e per dare nomi e cognomi – è razionale che un paese come la Francia, che già copre col nucleare circa il 70 per cento dei suoi consumi, o un paese come la Germania, che tra nucleare e carbone arriva a un livello simile, non abbia in programma grandi investimenti nucleari (al di là della sostituzione degli impianti più vecchi). Per la stessa ragione è razionale che un paese come l'Italia si ponga il problema e non escluda a priori il nucleare.

A questo proposito è opportuno considerare altre due tesi che Ronchi schiera contro il nucleare, con specifico riferimento all'Italia: che costerà più che altrove, e che non è necessario dato l'attuale parco centrali.

Il nucleare costerà sempre di più?

Ronchi, come del resto altri,⁷ sembra convinto – sulla base degli aumenti dei costi e l'allungamento dei tempi osservati recentemente nella realizzazione di centrali nucleari – che l'installazione di un kW di potenza atomica sia destinato a costare sempre più. Questa convinzione è frutto di un duplice fraintendimento. Il primo fraintendimento riguarda la ragione dell'aumento dei costi osservato. Il secondo ha a che fare con gli

7 Si veda per esempio il lavoro di Blackburn e Cunningham (2010) su nucleare e solare fotovoltaico, di cui si discuterà nel dettaglio più avanti.

sviluppi futuri.

Per quel che riguarda l'aumento osservato, esso dipende essenzialmente da due ragioni distinte. La principale è di natura regolatoria: l'inasprimento dei requisiti di sicurezza e ambientali (di cui si discuterà ulteriormente più avanti) ha fatto salire i costi di adeguamento. Non solo: i continui interventi in tale direzione hanno amplificato la percezione di rischio regolatorio, sortendo il consueto effetto dell'incertezza. L'investimento si è fatto più rischioso e, a parità di altri elementi, il costo del capitale è aumentato. Tuttavia, è improbabile che questa tendenza continui, perché i livelli attualmente richiesti sono stringenti, e il relativo monitoraggio rigoroso. In altre parole, è lecito supporre che la tendenza all'inasprimento regolatorio segua una traiettoria forse crescente, ma con una pendenza sempre inferiore: i rendimenti (in termini ambientali e di sicurezza) di regole più severe sono, cioè, decrescenti.

C'è anche un altro aspetto, di fondamentale importanza, per cui gli aumenti osservati non sono né ineluttabili, né generalizzabili. Il nucleare risente fortemente delle economie di scala. Le economie di scala investono tre aspetti: la tecnologia (ordinare più reattori ne riduce sensibilmente il costo unitario, valutabile attorno alla metà dell'investimento *upfront*); le opere civili; il *permitting* (autorizzare più reattori in un medesimo sito implica tempi più brevi e meno incertezze che installare più reattori in siti diversi; ovvero tempi e incertezze per reattore sono inferiori). Negli ultimi vent'anni gli investimenti sono stati così radi – per le ragioni che si vedranno – da aver sostanzialmente perso questa caratteristica. Se davvero nel futuro si assisterà a un “rinascimento” nucleare (Nuttal 2004; Casale 2009; Iezzi 2009), gli ordinativi torneranno a farsi massicci e le economie di scala a essere sfruttate. Inoltre, il fatto che si sia assistito (nei paesi Ocse) a pochi e sporadici investimenti fa sì che ciascuno di essi vada visto come un caso isolato, che risente, anche nella determinazione dei costi, di variabili economiche, finanziarie, politiche e tecnologiche specifiche. Non ha senso, in questi casi, generalizzare.

Da ultimo, Ronchi ha in mente un obiettivo preciso: l'Enel e il reattore Epr. Discutere dell'opportunità del ritorno al nucleare, però, necessariamente obbliga a interrogarsi sulle caratteristiche anche di altri reattori, e anche di altri operatori. È possibile che Epr sia più costoso del previsto, ed è possibile che Enel stia facendo valutazioni errate – così come è possibile il contrario, cioè che Epr sia, a conti fatti, conveniente e che la strategia di Enel, se attuata, porti a creare valore. Tuttavia, non si può ridurre la discussione sul nucleare a una discussione su Enel ed Epr, che può appassionare gli azionisti del gruppo e gli ingegneri nucleari ma ha tutto sommato una rilevanza politica e generale limitata. Inoltre, per quel che riguarda Epr in particolare, è vero che i costi negli unici due impianti attualmente in costruzione – Olkiluoto in Finlandia e Flamanville in Francia, a cui si aggiungono due nuovi reattori ordinati in India – si sono rivelati superiori alle attese, ma si tratta dei primi casi in cui questa tecnologia viene impiegata. È realistico immaginare che gli errori non saranno riparati, i difetti rimossi, e gli inconvenienti risolti, in un arco di tempo relativamente lungo (almeno 5-10 anni) che si separa dall'effettivo, o potenziale, avvio degli investimenti in Italia? È realistico immaginare che soltanto il nucleare, e soltanto Epr, non solo non abbia una *learning curve*, ma addirittura si muova nel senso opposto di un aumento indefinito dei costi e degli inconvenienti?

Una discussione informata non può muovere da un presupposto del tutto infondato.

Il nucleare in Italia costerà di più?

Se dunque è poco credibile la tesi secondo cui i costi del nucleare siano destinati ad aumentare indefinitamente, è apparentemente più razionale l'argomento sul costo-Italia. Secondo Ronchi, "è ragionevole prevedere che in Italia i tempi di costruzione di una centrale nucleare siano più lunghi di quelli richiesti in un paese ove il nucleare è già sviluppato". Inoltre, "il rischio che la costruzione di una centrale sia in futuro interrotta è piuttosto concreto". Da qui – tempi e rischi maggiori – derivano maggiori oneri finanziari e maggiori costi.

L'affermazione è corretta ma non è specifica del nucleare. I tempi di costruzione di una centrale nucleare sarebbero probabilmente più lunghi in Italia che altrove perché i tempi di costruzione di *tutto* in Italia sono più lunghi. Secondo l'edizione 2011 del rapporto della Banca Mondiale "Doing Business", l'Italia è il novantaduesimo paese al mondo per la semplicità nell'ottenere licenze di costruzione. In particolare, il tempo medio di attesa è pari a 257 giorni, contro una media Ocse di 166. È del tutto evidente che questo problema – che è un problema di onerosità delle procedure e di efficacia ed efficienza del settore pubblico (Afonso, Schuknecht e Tanzi 2003; Lottieri, Perego e Stagnaro 2010) – si applica tanto al nucleare quanto alle tecnologie alternative. Non c'è ragione di ritenere che colpisca l'atomo di più. Anzi: poiché i tempi di realizzazione di un impianto nucleare sono relativamente più lunghi, e i costi *upfront* relativamente più elevati, rispetto ad altre tecnologie, comprese le rinnovabili, è possibile che l'impatto delle lungaggini italiane sia relativamente meno importante, in proporzione.

In un solo senso i costi di costruzione del nucleare in Italia sono più lunghi per ragioni legate strettamente al nucleare: il nostro paese non ha ancora un quadro normativo e regolatorio entro cui inserire i progetti. Tuttavia è evidente che, in assenza di tale quadro, nessun progetto verrà mai sviluppato nel dettaglio, e dunque non ha senso scontare il tempo di adeguamento normativo. I tempi vanno misurati dal momento in cui il set di norme sia stato definito, e sia sufficientemente credibile da spingere un investitore ad approfondire la questione. In caso contrario, nessuno investirebbe nel nucleare non già perché i tempi sono più lunghi che altrove, ma perché la condizione di base non sussiste. Nel momento in cui si valuta la convenienza dell'atomo, bisogna necessariamente assumere che tale condizione sia realizzata, altrimenti si parla di qualcosa che *non potrà mai avvenire*.

Diversa, e forse più specifica, è la questione del rischio politico. L'Italia si porta appresso il "peccato originale" di essere l'unico paese al mondo che è prematuramente "uscito" dal nucleare (sul tema si vedano, per esempio, Spezia 2006, Corbellini e Velonà 2008 e Gilardoni, Clerici e Romé 2010). Tuttavia questa categoria di rischio è pienamente endogena: dipende dalla volontà politica delle forze all'interno e all'esterno del Parlamento, e dal loro atteggiamento. Nel caso in cui un partito con un credibile potere di interdizione si schieri contro il nucleare, è ovvio che nessuno si arrischierebbe a investire in tale tecnologia. Ma, *a fortiori*, bisogna ritenere che se qualcuno la considera seriamente, tale eventualità possa essere scongiurata, per esempio attraverso meccanismi di assicurazione tali da disincentivarla o neutralizzarla. Sicché discutere della convenienza (in termini pratici) del nucleare significa presupporre che tale rischio sia confrontabile allo stesso rischio in altri paesi, o allo stesso rischio in Italia per altre tecnologie. L'obiezione, dunque, il nucleare non avrebbe prospettive non perché troppo costoso, ma a causa di un contesto inadeguato a recepirlo. Il suo costo sarebbe virtualmente infinito e nessuno si porrebbe il problema di investirvi.

Il nucleare non è necessario all'Italia?

Un ulteriore argomento molto forte di Ronchi è quello secondo cui, anche se fosse competitivo dal lato dei costi, il nucleare in Italia non servirebbe. Infatti, “date le previsioni di una crescita moderata dei consumi elettrici nel prossimo decennio, in Italia si va verso un eccesso di centrali elettriche, con una quota rilevante di potenza installata non utilizzata o sottoutilizzata”. Questo argomento è sviluppato anche, in modo più ampio e persuasivo, da Clò (2010, pp.150-151), il quale sottolinea come vadano considerati quattro aspetti:

- Il graduale esaurirsi del ciclo espansivo degli investimenti nelle centrali a meta-no... L'entrata del nucleare spiazzerebbe circa la metà di una potenza quasi totalmente nuova;
- L'avvio del ciclo espansivo degli investimenti nella generazione elettrica da fonti rinnovabili;
- Il profilo atteso della domanda;
- La sua [del nucleare] compatibilità tecnica, in termini di capacità del sistema elettrico di operare in sicurezza, con l'altro obiettivo programmatico di accrescere al 25 per cento l'apporto delle risorse rinnovabili.

In breve, nell'analisi di Clò, i primi tre aspetti fanno sì che “la coperta del mercato è corta per consentire un'entrata del nucleare che non vada ad aggravare l'eccesso di capacità produttiva”. Il quarto introduce un rilevante vincolo tecnico. Bisogna dedurre che, dunque, per il nucleare, semplicemente, non c'è spazio? Il primo passo per rispondere è formulare correttamente la domanda. Infatti, si tende troppo spesso a valutare le condizioni tecniche e del mercato ignorando la prospettiva delle compagnie elettriche che, concretamente, sarebbero intenzionate a investire nel nucleare. Bisogna anche assumere che esse prendano razionalmente le proprie decisioni, interpretando correttamente le informazioni disponibili *ex ante* (il che non significa, naturalmente, che tali decisioni non si possano rivelare errate *ex post*).

Il primo aspetto da considerare per una giusta formulazione della domanda, allora, è che i soggetti che investono nel nucleare sono gli stessi che attualmente detengono gran parte della capacità installata. Le aziende che si sono dette potenzialmente interessate a investire nel nucleare, una volta che il *playing field* sia definito, sono almeno: Enel, Edison, A2a, E.On. Congiuntamente, questi operatori detengono una quota di mercato nella generazione elettrica nel 2009 pari al 58,7 per cento⁸ (Aeeg 2010, p.41). È chiaro, dunque, che, se fosse vero che il nucleare spiazza la capacità esistente, allora in prima approssimazione si potrebbe sostenere che una parte importante della capacità spiazzata appartiene proprio ai titolari dei nuovi impianti. Delle due l'una: o costoro non si sono resi conti di mettere a repentaglio i propri investimenti, oppure qualche altro elemento è stato escluso dall'equazione.

Di fatto, due elementi sono stati esclusi. Uno riguarda il rapporto tra nucleare e mercato. Alcuni (in particolare Clò 2010) hanno sostenuto, anche sulla scorta di alcune dichiarazioni forse avventate rese alla stampa da parte di importanti aziende elettriche, che dietro il ritorno al nucleare si nasconderebbe quello che gli anglosassoni chiamano “pork barrel legislation”, cioè un arrembaggio alla carovana dei sussidi. Se ciò fosse vero – per esempio se il nucleare fosse garantito da formule di recupero dei costi e remunerazione garantita per il capitale investito – i costi dello spiazzamento della capacità esistente verrebbero scaricati sui consumatori. Al momento, però, tale piano non

⁸ Nella quota di mercato è stata conteggiata anche Edipower, controllata da Edison (50 per cento) e A2a (20 per cento).

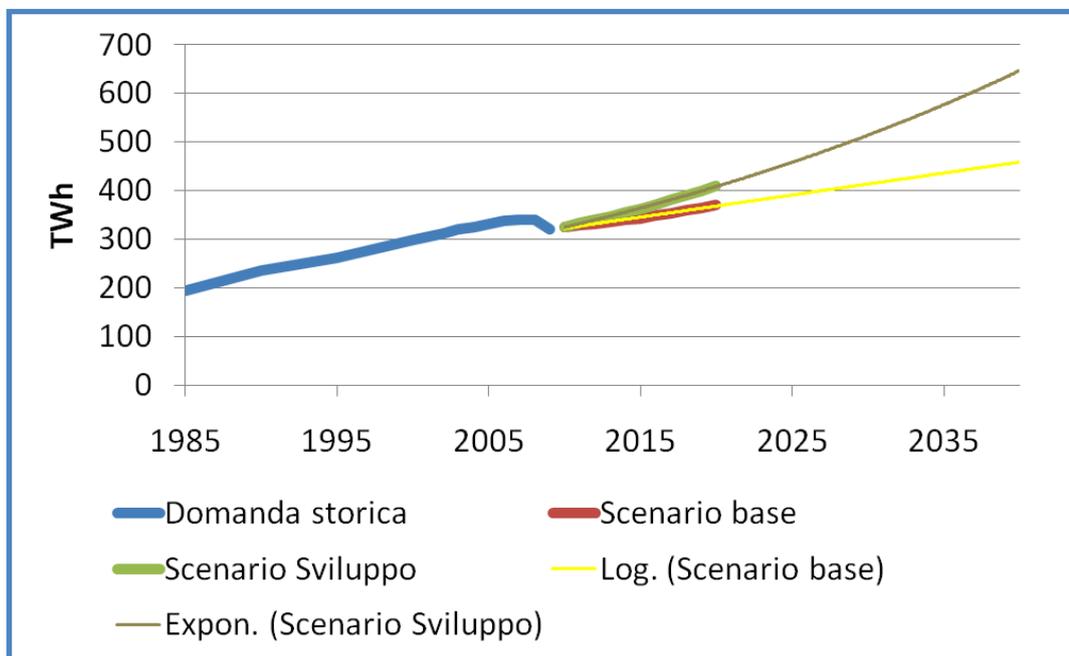
si è ancora consumato; e in ogni caso la valutazione *ex ante* del nucleare non può che prescindere da tale intenzione. Se si includono sussidi sufficientemente generosi, è *ovvio* che il nucleare sarà conveniente (per chi lo realizza), non per sua virtù, ma per opera del sostegno pubblico. In tali condizioni, la scelta per il nucleare non è più economica ma puramente *politica*, e politici – non economici – devono essere gli argomenti pro o contro di essa. In questo paper, e nell’articolo di Ronchi, si discute però della convenienza economica del nucleare: chiaramente, ciò presuppone di ragionare *al netto degli eventuali sussidi*. Più importante ancora, l’eventuale erogazione dei sussidi non *riduce* i costi, ma li *ridistribuisce*: i costi medi attualizzati di generazione dal nucleare resterebbero immutati, e immutato resterebbe il risultato di un’analisi costi-benefici. La scelta di sussidiare l’atomo può rispondere a due esigenze: la volontà politica di sostenere tale fonte o la volontà politica di rafforzare uno o più operatori. Si può discutere sull’opportunità di tali politiche – e in una prospettiva di mercato entrambe vanno rigettate – ma nessuna di essa è in grado di rendere socialmente conveniente ciò che non lo è. Né il rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, né questo articolo, cioè, perverrebbero a risultati diversi in funzione dei criteri allocativi scelti dal potere pubblico.

Resta un secondo elemento che mina la credibilità delle tesi aprioristicamente anti-nucleari: l’orizzonte temporale considerato. Quando si dice che le centrali atomiche si inseriranno in un contesto, contemporaneamente, di eccesso di capacità produttiva (ulteriormente aggravato dall’obbligo comunitario di coprire il 20 per cento dei consumi finali di energia con le fonti rinnovabili) e di riduzione strutturale del profilo di domanda rispetto allo scenario tendenziale pre-crisi, si sta sovrapponendo la situazione *attuale* con quella *futura*. Paradossalmente, l’orizzonte temporale viene invece ripreso in considerazione quando si osserva, come fa giustamente Ronchi, che il nucleare non potrà aiutare a raggiungere l’obiettivo europeo di riduzione delle emissioni al 2020 perché è molto improbabile che anche una sola centrale entri in funzione prima di allora – mentre è possibile che ciò accada a partire dal 2025, se entro la corrente legislatura verrà definito il quadro delle regole tecniche necessarie all’autorizzazione ed esercizio degli impianti. Quella di Ronchi è una curiosa schizofrenia temporale: nel confronto con la domanda (e coi costi) il nucleare viene calato nel sistema elettrico com’è oggi, mentre nella valutazione dei benefici viene (correttamente) scontato un ragionevole tempo di costruzione delle centrali.

Per “inserire” le centrali nucleari nel quadro, può essere utile compiere un piccolo esercizio che, pur privo di valore previsivo, fornisce alcune indicazioni interessanti sotto il profilo qualitativo. Terna, la società che gestisce la rete di trasmissione nazionale, ha elaborato due scenari di domanda al 2020, in funzione delle aspettative sulla crescita economica e dell’efficienza dei consumi. Secondo tali scenari, da qui al 2020 la domanda potrebbe collocarsi nella forchetta 370-410 TWh, ossia tra l’8,9 e il 20,6 per cento al di sopra del picco pre crisi (pari a 339,9 TWh) registrato nel 2007. Qui non c’è spazio, o c’è poco e rischioso spazio, per il nucleare. Ma il nucleare non può essere tralasciato al 2020. Quindi bisogna spingere lo sguardo oltre. Per farlo, si sono estrapolati entrambi gli scenari fino al 2040, con l’accorgimento di “penalizzare” lo scenario base di Terna (con una funzione logaritmica) e “amplificare” lo scenario sviluppo (con una funzione esponenziale). In questo modo, al 2040 si arriva a una forchetta molto ampia nell’ordine di 460-640 TWh di domanda annua, vale a dire il 35-88 per cento in più rispetto al 2007. I risultati di questo semplice esercizio sono mostrati nella Figura 2. È in questa prospettiva che va pensato il nucleare.

FIGURA 2

Scenari di domanda elettrica



Fonte: dati Terna (1985-2009), scenari Terna (2010-2020), e nostra elaborazione (2020-2040)

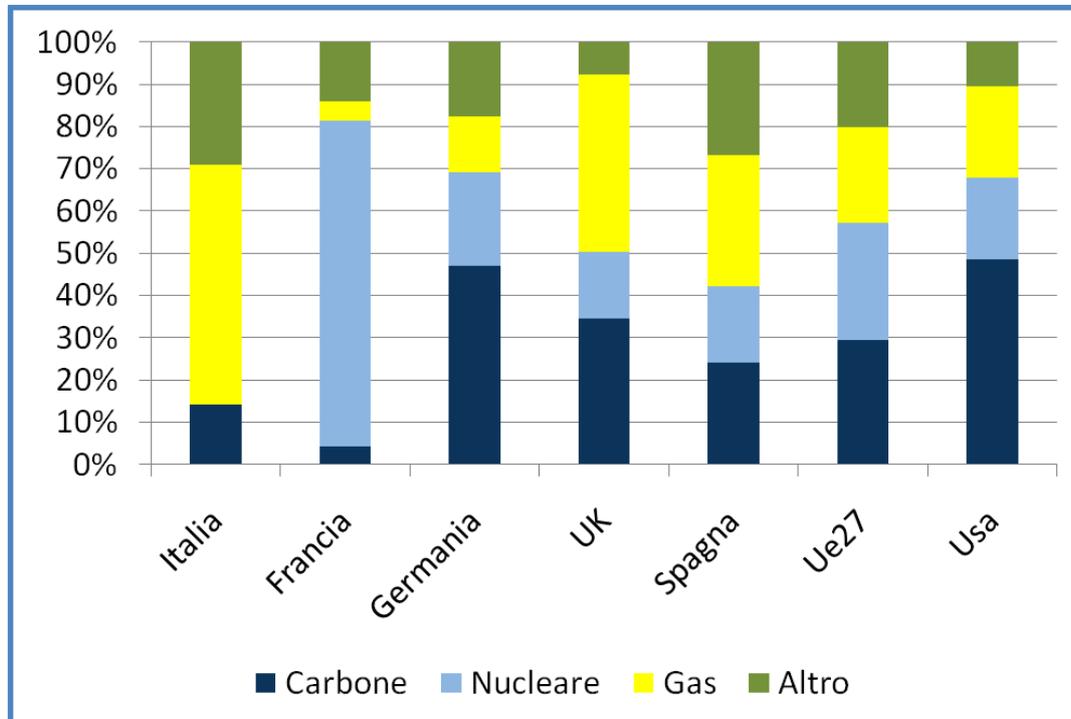
Il punto è, semplicemente, che una centrale nucleare entrerà in funzione non prima del 2020-2025 e resterà in servizio, realisticamente, per i successivi 60 anni. Per capire se vi sia “spazio”, insomma, occorre avere un’idea su quale sarà l’evoluzione della domanda in quell’orizzonte temporale, tenendo presente che: (a) è molto probabile che, nei prossimi decenni, sia la domanda totale di energia, sia la domanda elettrica come frazione della domanda complessiva crescano (specialmente se dovessero avverarsi alcuni sogni ecologisti come la diffusione dell’auto elettrica); (b) almeno la metà più vecchia del parco esistente uscirà gradualmente di servizio, essendo arrivata alla fine della propria vita tecnica. La dismissione di questa capacità aprirà di per sé uno spazio a nuovi investimenti, spazio che potrà essere occupato da impianti alimentati dalle stesse fonti (principalmente gas naturale) o da fonti diverse (per esempio rinnovabili e nucleare).

A questo si aggiunge un elemento che, pur essendo già stato accennato, merita di essere enfatizzato in relazione all’Italia. Le singole fonti non vanno, e non possono essere, valutate “in astratto”, ma in una logica di portafoglio. L’Italia, come mostra la Figura 3, già adesso genera la propria elettricità sulla base di un mix sbilanciato verso il gas e povero di carbone o nucleare. Lo “sbilanciamento” dipende dal fatto che i cicli combinati, per la loro struttura dei costi e la loro flessibilità di utilizzo, si prestano molto bene a coprire il carico di mezzo merito o di picco, ma non sono raccomandati per coprire il carico di base. Tant’è che quasi nessun paese li utilizza a questo scopo. È dunque probabile che, al netto di vincoli politici (come quelli che in parte hanno spinto l’Italia verso la sua attuale struttura metanocentrica), tra i nuovi investimenti otterranno particolare attenzione, come in qualche misura è già avvenuto negli ultimi anni, le tecnologie adatte al carico di base: carbone e nucleare. Il confronto vero, dunque, sarà tra queste due fonti, avendo ben presente che il principale vantaggio del carbone è sicuramente sotto il profilo dei costi (anche se con una volatilità maggiore rispetto all’atomo), mentre il principale vantaggio dell’atomo va riscontrato sul fronte ambientale. Al netto di considerazioni “altre”, allora, l’attrattiva del nucleare dipende criticamente dalle politiche

ambientali che l'Unione europea svilupperà nei prossimi decenni: più sarà credibile il tentativo di prezzare il carbonio, più il nucleare sarà favorito – e viceversa.

FIGURA 3

Mix di generazione elettrica per fonte in alcuni paesi europei e negli Stati Uniti (2007)



Fonte: elaborazione su dati Eurostat e Eia/Doe

Come è evidente dal grafico, la maggior parte dei paesi considerati – e l'Unione europea nel suo complesso – generano almeno la metà della loro produzione elettrica con fonti appropriate a coprire il carico di base, come carbone e nucleare. Le due vistose eccezioni sono l'Italia (priva dell'atomo e con un ruolo contenuto per il carbone) e la Francia, dove il contributo del nucleare è spropositato. Per il resto, si osservano combinazioni tra carbone e nucleare, non perché si sia deciso così per ragioni astruse, ma perché era ed è economicamente razionale.

Questo conduce a un'ulteriore domanda, che coglie un'obiezione assai frequente: perché da circa vent'anni gli investimenti nucleari sono crollati nei paesi Ocse?

Perché nell'Ocse non si investe più nel nucleare?

Le risposte che vengono fornite a questa domanda sono le più varie, e spesso offrono una parte della verità, ma raramente la colgono nella sua interezza.

È infatti vero che gli incidenti di Three Miles Island e soprattutto Chernobyl hanno avuto un impatto enorme sulle opinioni pubbliche e i regolatori, inducendo da un lato una più pronunciata avversione a nuovi insediamenti nucleari (senza però portare, tranne che in Italia, ad anticipare il fine vita di quelli esistenti), dall'altro un inasprimento dei requisiti di sicurezza. Quest'ultimo si è tradotto, naturalmente, nell'allungamento dei tempi e dei costi di costruzione, oltre che nell'aumento delle incertezze relative all'esito dei processi autorizzativi: negli Stati Uniti, per esempio, Cohen (1995) ha stimato che, nei quindici anni successivi a Three Miles Island, il costo di costruzione delle centrali nucleari negli Usa sia cresciuto dell'800 per cento al di sopra dell'inflazione, dopo che

i tempi di costruzione erano già cresciuti da 7 anni nel 1971 a 12 anni nel 1980, principalmente a causa dei freni e della “turbolenza” regolatori. Tale inasprimento si è èure manifestato con un volto diverso e fondamentale: non solo autorizzare un impianto nucleare si è fatto più lungo e costoso, ma anche il costo del consenso è aumentato. In altri termini, il diverso atteggiamento, formale e sostanziale, delle autorità pubbliche e delle comunità locali nelle procedure di *licensing* ha giocato un ruolo determinante. L’attenzione per l’ambiente e le crescenti preoccupazioni per il riscaldamento globale hanno prodotto un effetto simile sugli investimenti nel carbone: un elemento, come vedremo, essenziale a capire la dinamica degli investimenti più recenti.

È vero anche che i processi di liberalizzazione che, in vario modo e con alterni successi, si sono verificati nei paesi Ocse a partire dagli anni Ottanta e soprattutto negli anni Novanta del secolo scorso hanno favorito soprattutto una tecnologia, cioè quella del gas (sia centrali a turbogas, sia cicli combinati). Ciò è dovuto principalmente a due ragioni, una oggettiva, l’altra specifica. La ragione oggettiva dipende dal fatto che, in quel momento, il mercato ha preferito orientarsi su tecnologie di generazione elettrica caratterizzate da costi fissi relativamente bassi e *payoff* non troppo lontani nel tempo. Questa attitudine rifletteva tra l’altro il tentativo delle imprese di incorporare un rischio politico che, in quel momento, non era trascurabile: quanto era credibile la transizione dal monopolio pubblico al mercato? Quale e quanta resistenza i vecchi monopolisti sarebbero riusciti a esercitare? A posteriori, sappiamo che quel rischio non era triviale: in alcuni paesi, come l’Italia, le regole del mercato si sono largamente imposte (Beccarello e Floro 2010), ma in altre realtà il processo non è stato altrettanto lineare o fortunato.

La ragione specifica, che è andata fatalmente a rafforzare quella oggettiva, è che gli anni Novanta sono stati caratterizzati da prezzi petroliferi (e dunque del gas) estremamente bassi, al punto che si era imposta la convinzione che le cose sarebbero andate così per sempre. Le cose, evidentemente, non sono andate in questi termini, e anche se è possibile che nuovi periodi di offerta abbondante e bassi prezzi si ripropongano (Lynch 2008), e soprattutto è evidente che la generazione da gas espone a una volatilità dei prezzi che, nel lungo termine, rappresenta un rischio (cioè un costo).

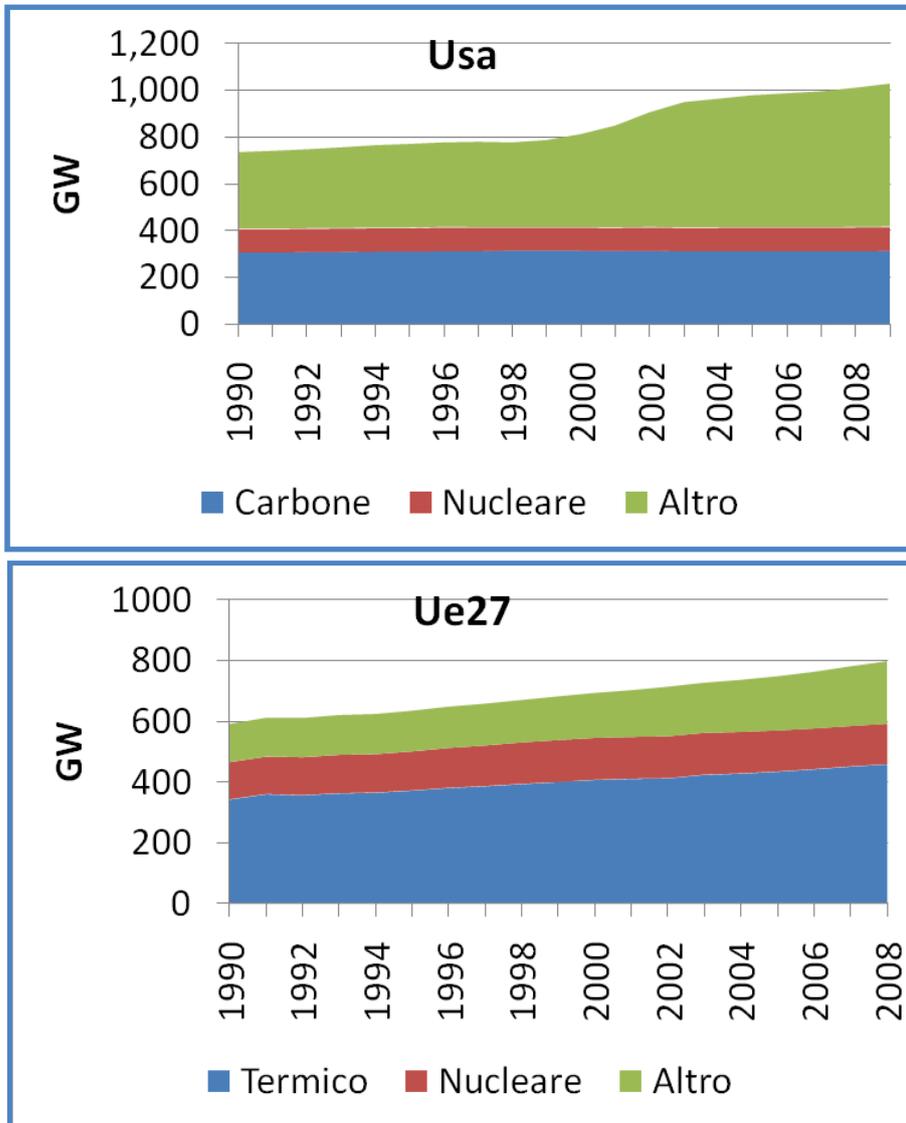
A monte di questo, però, stava una condizione che molti hanno ignorato. La liberalizzazione non si è innestata nel deserto, ma su sistemi elettrici complessi e sviluppati, che già contenevano una importante quota di nucleare. Anzi, erano sbilanciati su nucleare e carbone a causa degli effetti distorsivi dei meccanismi di recupero dei costi su cui si impervivano – sia pure in modi molto diversi tra di loro – i meccanismi tariffari adottati nei paesi Ocse. Insomma: se oggi ci interroghiamo su come garantire un’adeguata copertura del carico di base, in quel momento la domanda più pressante era come garantire un’adeguata copertura del carico di *mid merit* e di picco, tanto più che – specialmente dove i monopolisti erano ancora forti – i nuovi entranti potevano competere soltanto sul picco, laddove la flessibilità degli impianti era una caratteristica fondamentale. Sono passati vent’anni e molto è cambiato.

A riprova di ciò, si osservi che il rallentamento degli investimenti (nei paesi Ocse) non ha riguardato solo il nucleare, ma anche il carbone (Figura 4).

Come si vede chiaramente dal grafico, negli Stati Uniti la capacità totale, nel periodo 1990-2009, è cresciuta del 39 per cento, ma questo aumento è stato trainato soprattutto da gas e rinnovabili (+87 per cento), mentre la potenza a carbone e nucleare è rimasta pressoché costante: essendo cresciuta, nell’arco del ventennio, rispettivamente del 2,3 e dell’1,1 per cento. Il confronto con l’Unione europea è reso complesso dal fatto che, inesplicitamente, Eurostat non fornisce dati disaggregati sulla capacità installata da diversi combustibili fossili, limitandosi a dare il totale del termoelettrico esistente.

FIGURA 4

Capacità elettrica installata negli Usa e nell'Ue27 per fonte



Fonte: elaborazione su dati Eia/Doe ed Eurostat

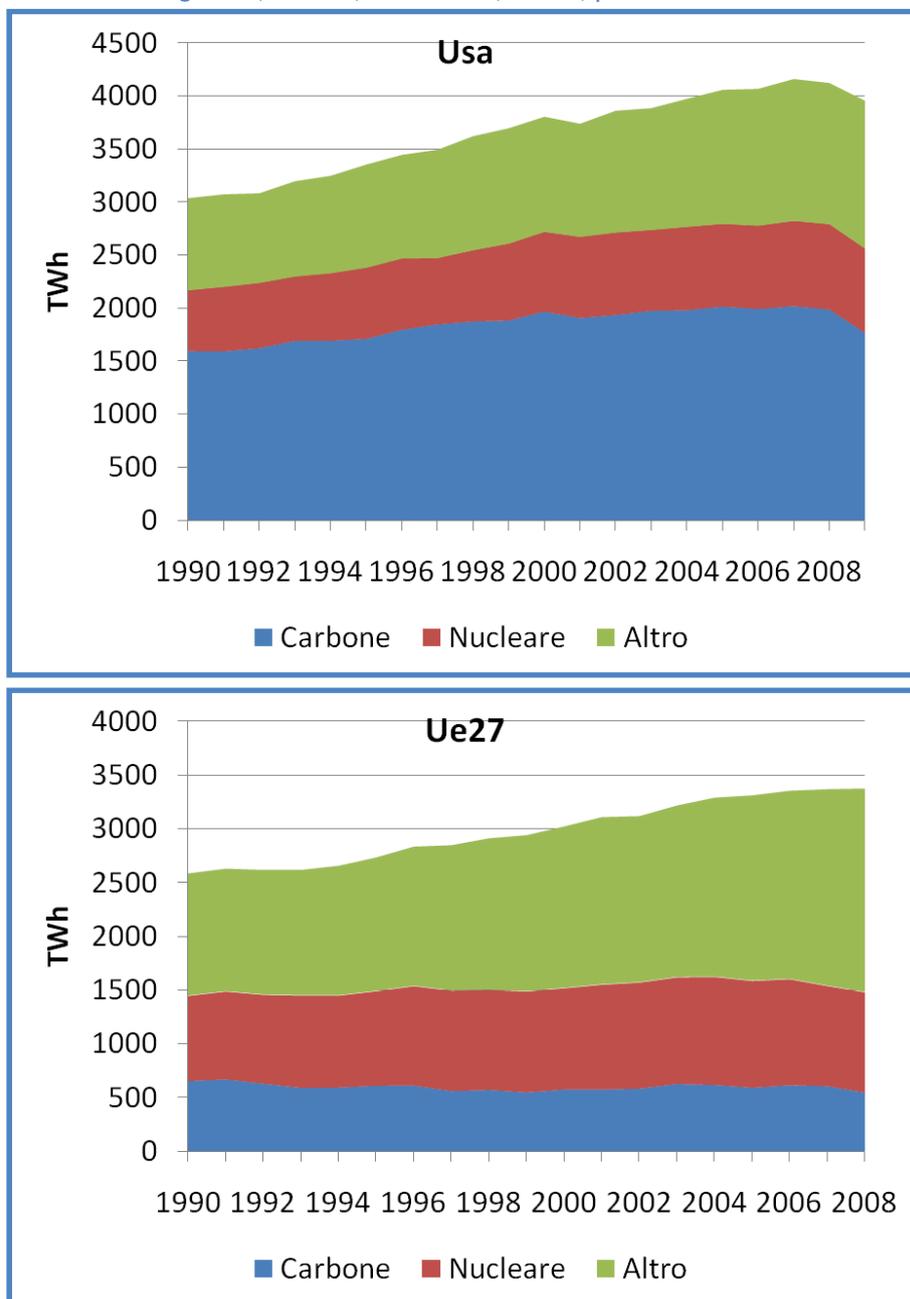
Nel periodo 1990-2008, in ogni caso, si osserva – come prevedibile – un aumento della capacità termoelettrica del 33,7 per cento, presumibilmente trainato dal gas naturale, ma anche una crescita del 9,2 per cento della capacità nucleare: un valore comunque significativo. Inoltre, da Eurostat (2010) si può desumere che, tra il 2003 e il 2008, a fronte di una piccola riduzione del 3 per cento della potenza nucleare, il consumo di carbone è rimasto stabile se si assume a riferimento l'anno 2007 (cioè prima della crisi), ed è diminuito dell'11 per cento se si guarda al 2008. Ciò lascia supporre che gli investimenti nel carbone siano tanto stagnanti quanto quelli nell'atomo.

Lo stesso non può dirsi dell'elettricità effettivamente generata (Figura 5).

Se si guarda all'elettricità generata, si osserva che, negli Usa, a fronte di un aumento complessivo del 30 per cento, gas e rinnovabili giocano il ruolo principale (+60,3 per cento), ma anche il carbone (+10,7 per cento) e soprattutto il nucleare (+38,5 per cento) occupano una posizione non trascurabile. Analogamente nell'Unione europea a 27, mentre la produzione di elettricità è cresciuta del 30,6 per cento tra il 1990 e il 2008.

FIGURA 5

Generazione elettrica negli Usa (a sinistra) e nell'Ue27 (a destra) per fonte



Fonte: elaborazione su dati Eia/Doe ed Eurostat

Gas e rinnovabili hanno giocato la parte del leone (+66,7 per cento), eppure la produzione da nucleare è aumentata comunque del 17,9 per cento, mentre quella da carbone si è ridotta del 16,7 per cento (solo del 7,3 per cento se si prende a riferimento il 2007).

Questo fenomeno si spiega con l'incremento significativo del tasso di utilizzo degli impianti, che – nel caso del nucleare – è cresciuto negli Usa dal 66 per cento del 1990 al 90,4 per cento del 2009, e in Europa – tra il 1990 e il 2008 – dal 74,4 per cento all'80,3 per cento: segno di un continuo investimento per migliorare il rendimento delle centrali esistenti, sfruttando al meglio il capitale investito, con risultati comparabili alla creazione di capacità addizionale.

Una possibile interpretazione dell'apparente sottoinvestimento non già nella tecno-

logia nucleare, ma in tutte le tecnologie utili alla copertura del carico di base, deve almeno considerare due ipotesi alternative. La prima, sostenuta tra gli altri da Ronchi, è che il nucleare, data la sua struttura dei costi, sia sostanzialmente incompatibile con le logiche del mercato. La seconda, tuttavia, riguarda il fatto che la transizione a sistemi liberalizzati è stata, appunto, una transizione: i nuovi operatori di mercato hanno ereditato la potenza precedentemente installata. Poiché prima vigevano sistemi tariffari orientati al recupero dei costi, si può sostenere che una delle distorsioni del monopolio pubblico sia stata il sovrainvestimento in capacità di base, perché – date le condizioni di certezza della domanda e garanzia sulla remunerazione dei capitali investiti – all’epoca la flessibilità degli impianti non aveva alcun valore. Il disinteresse per la flessibilità rafforza tale distorsione e spiega la focalizzazione su tecnologie differenti nel momento in cui le regole sono cambiate: mercati più dinamici dal lato della domanda presuppongono un atteggiamento più dinamico anche dal lato dell’offerta, che dunque ha dovuto integrare il suo portafoglio di generazione in tal senso.

È evidente che al sovrainvestimento – se questo è il caso – deve necessariamente seguire un periodo di riequilibrio, che è esattamente ciò che è avvenuto. È altresì evidente che, dopo un periodo sufficientemente lungo, l’obsolescenza delle vecchie centrali renda necessario un ritorno agli investimenti nel carico di base. In Italia – paese che si è trovato particolarmente sguarnito in questo campo a causa della duplice decisione (presa nel periodo del monopolio) di abbandonare il nucleare e non utilizzare il carbone⁹ – tale ritorno si è manifestato, primariamente, con un rinnovato interesse nel carbone. Questa era una scelta obbligata: non potendo realizzare nuova capacità nucleare, quella era l’unica alternativa immediatamente accessibile. E tuttavia il fatto che le pressioni, da parte industriale, per il ritorno al nucleare si siano manifestate con la massima forza negli anni recenti, e non nei primi anni della liberalizzazione, sembra coerente con questa prospettiva.

Per riassumere: la tesi che qui si vuole proporre è che l’apparente disinteresse per il nucleare sia la manifestazione di un più generale aggiornamento dei portafogli di generazione con capacità caratterizzata da maggiore flessibilità di utilizzo. Le incertezze sulla credibilità e stabilità delle nuove regole, così come la maggiore semplicità e certezza dell’*iter* autorizzativo, hanno rafforzato questa tendenza, inducendo gli operatori ad affrontare investimenti caratterizzati da costi fissi relativamente bassi. Il tempo trascorso ha reso necessaria una correzione nella direzione opposta, che riguarda (o può riguardare) tanto il carbone quanto il nucleare – favoriti l’uno sotto il profilo dei costi, l’altro sotto quello dell’impatto ambientale, ed entrambi appesantiti dalle difficoltà nel coagulare consenso locale. I nuovi investimenti nel carbone e il rinnovato interesse per il nucleare sono più facilmente interpretabili attraverso questa chiave di lettura, che con quella di un rigetto dell’atomo intrinseco ai processi di mercato.

Il nucleare e le fonti rinnovabili

L’ultimo elemento dell’attacco di Ronchi riguarda il confronto del nucleare con le fonti rinnovabili: dopo aver illustrato perché egli ritiene che il nucleare non possa essere competitivo *oggi*, si discute perché, nel futuro, esso non si rivelerà sostenibile, neppure incorporando obiettivi più stringenti di riduzione delle emissioni (ovvero un prezzo della CO₂ più elevato – si veda il prossimo paragrafo). Ronchi è netto: “dopo il 2020 il

⁹ Decisione assunta non del tutto in termini espliciti, e sicuramente rafforzata dalle crescenti difficoltà regolatorie che da un lato hanno investito il referendum (come conseguenza, pur non necessaria, del referendum dell’87), e dall’altro il carbone (in risposta alla maggiore sensibilità ambientale e, in particolare, sulle emissioni di CO₂).

quadro dei costi delle tecnologie disponibili sarà ben diverso da quello attuale: il Doe del governo americano prevede che tra dieci anni, nel 2020, l'eolico costerà (96,1 \$/MWh) meno del nucleare (111,5 \$/MWh).¹⁰ E cominciano a esserci studi che documentano che, dopo quella data, perfino la fonte solare potrebbe costare meno del nucleare” (il riferimento è a Blackburn e Cunningham 2010). Allo stesso modo, gli sviluppi delle tecnologie di *carbon capture and sequestration* (Ccs) dovrebbero ulteriormente allargare la forbice a favore del carbone. Su quest'ultimo punto, Ronchi non fornisce indicazioni bibliografiche, e con buone ragioni: la Ccs è lontana dall'essere matura e, al momento, le incertezze sia riguardo i progressi, sia riguardo le politiche climatiche che saranno messe in pratica sono troppo grandi per poter esprimere delle previsioni credibili anche solo sotto il profilo qualitativo.

Restando al confronto tra nucleare e rinnovabili, si sommano vari errori. Il primo riguarda l'incoerenza tra le fonti citate qui e quelle utilizzate nei paragrafi precedenti. Se per stimare i costi del nucleare ci si è affidati (erroneamente, come si è visto) alla media tra gli studi esistenti, non è chiaro perché, per altre fonti, si debba ricorrere a stime puntuali che, oltre tutto, rappresentano (almeno in un caso) degli *outlier* rispetto a *tutto il resto* della letteratura disponibile.

Entrando nel merito, poi, si rileva, per quel che riguarda l'eolico, che la sua convenienza relativa – secondo il Doe¹¹ – dipende da assunzioni molto forti riguardo il progresso tecnico. Infatti, per il 2016 il costo medio attualizzato è previsto essere 149,3 \$/MWh,¹² che appena quattro anni dopo, nel 2020, scenderebbero a 96,1 dollari, per ridursi ulteriormente nel 2035 sotto gli 80 dollari. Il nucleare è invece previsto sostanzialmente stabile tra il 2016 e il 2020, mentre Doe stima una sensibile riduzione al 2035, quando l'atomo dovrebbe scendere sotto i 90 dollari. L'aspetto più critico, nella stima sull'eolico, riguarda il crollo del costo dell'investimento iniziale, che – in termini medi – dovrebbe scendere, in soli quattro anni tra il 2016 e il 2020, del 37 per cento, da 130,5 a 82 \$/MWh. È possibile che le cose seguano effettivamente questa traiettoria, ma è anche possibile che si tratti di una forzatura, specie alla luce del fatto che negli anni passati non si è registrata una evoluzione così significativa in così poco tempo (l'eccezione rilevante essendo l'effetto dell'*unconventional gas* sul mercato nordamericano). Inoltre, questo è il classico caso in cui il diavolo si nasconde nei dettagli. Nel paragrafo dedicato alle assunzioni sottostanti al modello – che Ronchi non cita e non commenta – Doe spiega:

esiste una significativa variazione locale dei costi sulla base dei locali mercati del lavoro e del costo e della disponibilità di combustibile o delle risorse energetiche come nel caso dei siti ventosi. Per esempio, i costi regionali dell'eolico nel 2016 vanno da 91 \$/MWh nelle regioni più ventose a 271 \$/MWh nelle regioni dove i siti migliori sono già stati occupati. I costi per l'eolico possono includere costi addizionali associati agli adeguamenti della rete di trasmissione per raggiungere risorse remote, così come altri fattori che i mercati possono internalizzare oppure no.

In pratica, questa precisazione dice che non vengono considerati i costi di rete, che in alcuni casi possono essere rilevanti. Ancora più importante, il costo attualizzato medio incorpora la consapevolezza che, pure in una prospettiva esaltante di sviluppo tecno-

¹⁰ In questo paragrafo, salvo indicazione contraria, si farà sempre riferimento ai dollari del 2008.

¹¹ La fonte a cui in questo passaggio del rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile si fa riferimento

¹² http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/electricity_generation.html

logico, esiste un limite *fisico* alla diffusione dell'eolico, perché, se venisse installata grande capacità in luoghi poco ventosi, i costi salirebbero comunque a dismisura. Questo spiega perché, nonostante le stime al 2020 e ancor più al 2035 vedano l'eolico, rispettivamente, come la seconda fonte meno costosa e la meno costosa in assoluto, la maggior parte della potenza addizionale verrà realizzata prima del 2015, per poi crescere molto lentamente negli anni successivi: da 38,6 GW nel 2008 si passerebbe a 63,9 GW nel 2013, per arrivare – nei 22 anni successivi – solo a 68,9, a dispetto di una drastica contrazione dei costi. Un aumento assai inferiore a quello che Doe prevede, nello stesso periodo, per il “non competitivo” nucleare, che – a seconda degli scenari – dovrebbe crescere dagli attuali 100,6 GW a 110,9-119,5 GW.

Per quel che riguarda il solare, Ronchi fa una scelta ancora più discutibile. Pur avendo svolto tutte le sue considerazioni sulla base degli studi più prestigiosi riguardo i costi medi attualizzati delle singole fonti, in relazione al fotovoltaico l'ex ministro dell'Ambiente si appoggia all'*unico* studio che prevede una curva dei costi per il solare fortissimamente decrescente, e una curva dei costi per il nucleare altrettanto fortemente crescente. Per arrivare a simili conclusioni, gli autori dello studio incorrono in una serie di errori metodologici, che implicitamente Ronchi ripete. I principali sono:¹³

- Il costo di generazione medio attualizzato del fotovoltaico viene calcolato *al netto*, e non *al lordo*, dei crediti d'imposta federale del 35 per cento e statale del North Carolina del 30 per cento. È ovvio che, abbattendo “artificialmente” i costi di impianto, anche i costi di generazione vengano abbattuti. Nella realtà, però, questa non è una riduzione dei costi, ma solo una loro redistribuzione. Inoltre, Blackburn e Cunningham assumono un fattore di utilizzo degli impianti solari in North Carolina (20 per cento) incoerente con l'evidenza disponibile sia negli Usa in generale (dove nel quinquennio 2005-2009 è stato pari al 15,4 per cento), sia in North Carolina (dove è stimato attorno o sotto al 16 per cento).
- Per stimare il costo del nucleare, Blackburn e Cunningham a loro volta rimandano al singolo studio che fornisce le stime più alte (Cooper 2009), peraltro rivedendole arbitrariamente verso l'alto e immaginandone un progressivo aumento negli anni a venire, senza giustificare tale scelta o spiegare come l'aumento sia stato stimato. Se Ronchi ritiene, come Blackburn e Cunningham, che Cooper fornisca i numeri “corretti”, perché nella sua discussione precedente si affida a fonti diverse, secondo cui il fotovoltaico non è e non sarà competitivo col nucleare nel futuro prevedibile? E se ritiene che siano accettabili le stime di queste altre fonti, o la loro media, perché, solo nel paragone col fotovoltaico, adotta – maggiorandoli con Blackburn e Cunningham – i risultati di Cooper?

È possibile che, nel futuro, le fonti rinnovabili siano competitive col nucleare, sia in termini di costi medi attualizzati, sia a maggior ragione se sarà possibile impiegarle primariamente nelle ore di massima domanda, quando i prezzi di mercato dell'elettricità sono più alti. In questo senso, le rinnovabili possono essere competitive anche se non lo sembrano guardando al costo attualizzato, che rappresenta una stima dei costi *medi* ma dice nulla rispetto alle condizioni del mercato quando le singole fonti entrano in produzione (Joskow 2010).

Vanno inoltre considerati altri fattori. Il primo è rappresentato dai costi di rete e, più in generale, dai costi dell'intermittenza (che richiede, in qualche misura, la disponibilità di capacità elettrica convenzionale qualora le fonti solare o eolica non siano disponibili quando vengono chiamate in funzione, per esempio perché il vento non soffia o il cielo

¹³ Per una discussione più ampia degli errori di Blackburn e Cunningham, si veda Bakst e Stagnaro (2010).

è nuvoloso). È possibile che l'intermittenza possa essere gestita attraverso sistemi di reti intelligenti, ma anche questo presuppone investimenti massicci che non possono essere ignorati, e che vanno incorporati nei confronti. Secondariamente, quello che si è detto per l'eolico vale anche, e a maggior ragione, per il solare: esistono limiti *fisici* al suo utilizzo, che possono essere parzialmente superati per via *tecnologica*, cioè aumentando il fattore di utilizzo o il rendimento degli impianti. Ma questo tipo di sviluppo è difficilmente prevedibile, specie se si guarda a un orizzonte temporale relativamente ristretto come quello che va da oggi al 2020 o perfino al 2030. Al momento, dunque, l'evidenza non giustifica né l'idea che le fonti rinnovabili siano o saranno competitive col nucleare, né soprattutto quella che – in virtù di tale competitività – potranno sostituire capacità nucleare o spiazzare gli investimenti attuati o programmati in tale tecnologia.

Il nucleare e l'ambiente

L'aspetto più paradossale del confronto tra nucleare e rinnovabili istituito da Ronchi è che, in verità, per ragioni tecnologiche è difficile immaginare una contrapposizione del genere. Infatti, atomo e fonti verdi – specialmente quelle caratterizzate da intermittenza come fotovoltaico ed eolico – insistono su segmenti del mercato, e su momenti della produzione, diversi e distinti. Come si è detto, il nucleare si presta alla copertura del *base load*, mentre le fonti rinnovabili, vuoi per l'intrinseca imprevedibilità, vuoi per i costi marginali relativamente alti (come è spesso il caso delle biomasse) sono più appropriate alla copertura del *mid merit* e del *peak load*. Solo in circostanze molto specifiche – per esempio vasti parchi eolici *offshore* – possono verificarsi condizioni tali da considerare le rinnovabili realmente *alternative* al nucleare, ma, in generale, non è così.

Il vero rivale del nucleare è il carbone e, in un paese come l'Italia, in qualche misura il gas (non tanto per ragioni strutturali quanto per l'uso improprio che ne è stato fatto). Ora, la concorrenza tra nucleare e carbone si gioca su due piani. Uno è quello che viene enfatizzato da Ronchi – il rispettivo costo di generazione – l'altro è quello della *performance* ambientale. Valorizzare la *performance* ambientale è complesso e richiede una serie di assunzioni. Tuttavia, è banale rilevare che quanto più viene preso sul serio l'impegno a ridurre le emissioni di gas serra, tanto più il nucleare diventa conveniente relativamente al carbone. Questa dimensione è presa esplicitamente in considerazione dallo studio del Mit – uno dei più severi col nucleare – che riconosce come il prezzo che viene attribuito al carbonio possa fare la differenza. Con un prezzo di 25 dollari / ton CO₂ (paragonabile al valore di lungo termine delle emissioni sul mercato europeo), la distanza tra nucleare e carbone si annulla. Rispetto al caso base, si passa da un costo medio attualizzato di nucleare e carbone, rispettivamente, di 84 e 62 dollari / MWh a 84 e 83. Una differenza sostanzialmente priva di significato statistico, data l'ampiezza delle incertezze in gioco.

È importante anche osservare che il *pricing* del carbonio è rilevante a prescindere dagli strumenti utilizzati, che si introduca uno schema di *cap and trade* (come in Europa e come Barack Obama ha tentato di fare, senza successo, negli Usa), o che si ricorra a una *carbon tax* (come suggeriscono la maggior parte degli economisti).¹⁴ Senza entrare nel merito delle specifiche *policy* con cui si può conseguire il risultato di ridurre le emissioni di carbonio, il nucleare ne è inevitabilmente beneficiario diretto o indiretto. Infatti le emissioni prodotte direttamente nelle centrali nucleari sono nulle. Se si svolge

¹⁴ Per un confronto tra vantaggi e svantaggi dei due strumenti, si vedano Weitzman (1974); Hepburn (2006); Nordhaus (2008); Stagnaro (2009).

un'analisi sull'intero ciclo vita, si trova un valore positivo, ma molto lontano da quello tipico dei combustibili fossili, compreso il gas (il più pulito), come è evidente anche da una prospettiva esplicitamente anti-nucleare (si veda, per esempio, Baracca e Ferrari 2009). Dunque, qualunque politica volta a disincentivare il ricorso ai combustibili fossili, agevola il nucleare, con l'unica eccezione dei sussidi diretti alle fonti rinnovabili. Ma vale la pena chiedersi se sia economicamente sensato battere quest'ultima e sola strada, alla luce (a) degli elevati costi marginali di abbattimento della CO₂ (Fritsche 2006; Dobesova et al. 2006; McKinsey 2010) e (b) dei limiti fisici, tecnologici e finanziari a cui si è fatto cenno, e che inevitabilmente riducono lo spazio di manovra consentito a una politica imperniata sulle sole rinnovabili.

In altre parole, se si assegna un valore alla riduzione delle emissioni – e se si ritiene che dare un prezzo alla CO₂ sia la strategia più appropriata per internalizzare i costi esterni della produzione e consumo di energia fossile – fatalmente si creano le condizioni perché il ruolo del nucleare cresca. Se, per ragioni specifiche, si ritiene di dover contrastare questa tendenza naturale riducendo o impedendo l'emergere del nucleare, si sta implicitamente facendo crescere il costo del contrasto al riscaldamento globale, cioè – a parità di altre condizioni – riducendo l'efficacia delle politiche messe in atto. Detto in altri termini, una strategia orientata a minimizzare i costi della riduzione delle emissioni non può prescindere dal nucleare (nella misura in cui il prezzo della CO₂ è sufficientemente alto da superare eventuali dubbi residui sulla sua convenienza rispetto al carbone). Se lo si fa, significa – ma va esplicitato – che la minaccia rappresentata dal ricorso al nucleare per la produzione elettrica rappresenti una minaccia superiore perfino a quella del riscaldamento globale.

Al di là di questo, non c'è ragione di ritenere che il nucleare sia incompatibile con le fonti rinnovabili, sia perché copre una domanda diversa, sia perché è soggetto allo stesso tipo di incentivi: più il carbonio è caro e più i prezzi petroliferi sono alti, più nucleare e rinnovabili risulteranno attrattivi – e viceversa. Si aggiunga che una strategia di lungo termine, se vuole massimizzare i suoi risultati, non può che essere tecnologicamente neutrale, in modo da lasciare le porte aperte sia all'innovazione (comunque essa si espliciti), sia a strumenti con costi marginali di abbattimento i più bassi possibili. Dunque sarebbe miope immaginare politiche di *carbon pricing* che, in qualche modo, tenessero il nucleare fuori dalla porta.

In questo senso, sebbene non sia necessario esplicitare il supporto al nucleare all'interno delle politiche ambientali, è evidente che esso ne rappresenta un elemento cruciale sia in termini di affidabilità, sia in termini di sicurezza, sia in termini di contenimento dei costi.

Conclusioni

Il “Rapporto sui costi del nucleare”, curato da Edo Ronchi e pubblicato dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, pone problemi seri, ma sembra risolverli in modo metodologicamente scorretto o attraverso un uso selettivo delle evidenze disponibili. A differenza di quanto viene affermato, l'energia nucleare può essere competitiva se le condizioni di accesso al credito lo sono. In un mercato liberalizzato, la convenienza dell'investimento va giudicata, *ex ante*, dagli operatori: se l'investimento è effettivamente competitivo, questi realizzeranno profitti; in caso contrario, perdite. In assenza di meccanismi automatici di recupero dei costi a piè di lista – che al momento non sono stati né approvati, né seriamente ipotizzati, anche se alcune critiche (o sospetti) in tal direzione possono essere non privi di fondamento – o di altre forme di garanzia sul prezzo di ritiro, costi e benefici possono essere pienamente internalizzati dagli ope-

ratori. Laddove eventuali extracosti siano scaricati sui consumatori, si configura non già un limite strutturale del nucleare, ma un problema di competizione che può e deve essere risolto attraverso opportune riforme del mercato o l'*enforcement* delle politiche della concorrenza esistenti e vigenti sia a livello comunitario, sia a livello nazionale. In ogni caso, in tale eventualità non cambierebbero i “fondamentali” relativi alla convenienza (o meno) del nucleare relativamente ad altre fonti. Cambierebbe, naturalmente, il profilo distributivo di costi e benefici.

A differenza di quanto afferma il Rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile, non è possibile giudicare, in astratto, se il nucleare sia competitivo oppure no: ciò dipende da assunzioni relative a variabili specifiche del singolo investimento, e legate sia all'investimento stesso, sia al contesto in cui viene calato. Ciò nonostante, il nucleare ha almeno due caratteristiche che lo rendono potenzialmente attrattivo da un punto di vista economico e finanziario:

- La prevalenza dei costi fissi sui costi variabili, e dell'investimento *upfront* sui costi di esercizio, manutenzione, combustibile, chiusura del ciclo combustibile e smantellamento degli impianti a fine vita garantisce una elevata stabilità e prevedibilità dei costi di generazione. È, questa, di una caratteristica importante in una logica di portafoglio. Esistono strumenti, in un mercato liberalizzato, che consentono di distribuire convenientemente i rischi allo scopo di catturare i benefici (Ferraguto et al. 2010; IBL 2010; Stagnaro e F. Testa 2010).
- L'assenza di emissioni di CO₂, stanti le attuali politiche di contenimento delle emissioni nell'Unione europea, rende il nucleare una delle tecnologie potenzialmente interessanti, sempre in una logica di portafoglio.

Negare o minimizzare questi aspetti, amplificando contemporaneamente le possibili difficoltà di finanziamento degli investimenti, finisce per restituire un'immagine distorta dei costi e benefici del nucleare. Tale immagine contrasta con quanto emerge dalla letteratura, compresa quella citata nello stesso rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile.

In conclusione, si può affermare che non esiste una ragione sufficientemente robusta, *a priori*, per dire che il nucleare sia una scelta economicamente svantaggiosa, tanto per gli operatori che vi investono quanto per la società nel suo complesso.

Bibliografia

- AEEG (2010). *Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta*.
- AFONSO, A., SCHKNECHT, L. e TANZI, V. (2005). "Public sector efficiency: an international comparison", *Public Choice*, vol.123, no.3, pp.321-347.
- BAKST, D. e STAGNARO, C. (2010). "Costi a confronto: fra energia nucleare ed energia solare, non c'è storia", Istituto Bruno Leoni, *Briefing Paper*, no.90.
- BARACCA, A. e FERRARI, G. (2009). "Il nucleare impossibile", in Bettini e Nebbia (2009).
- BECCARELLO, M. e FLORO, D. (2010). "Mercato elettrico", in STAGNARO, C. (ed.), *Indice delle liberalizzazioni 2010*, Torino, IBL Libri, pp.69-90.
- BETTINI, V. e NEBBIA, G. (a cura di) (2009). *Il nucleare impossibile. Perché non conviene tornare al nucleare*, Torino, Utet.
- BLACKBURN, J.O. e CUNNINGHAM, S. (2010). "Solar and Nuclear Costs. The Historic Crossover", NcWarn, luglio 2010.
- CASALE, R. (a cura di) (2009). *"Risorgimento" nucleare?!*, Genova, Iride.
- CBO (2008). "Nuclear Power's Role in Generating Electricity", no.2986.
- CLERICI, A. (2010). "Osservazioni al Rapporto della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile", su www.forumnucleare.it
- CLO', A. (2008). *Il rebus energetico*, Bologna, Il Mulino.
- CLO', A. (2010). *Si fa presto a dire nucleare*, Bologna, Il Mulino.
- COHEN, B.L. (1995). "The Costs of Nuclear Power", in SIMON, J.L. (ed.), *The State of Humanity*, Cambridge, Blackwell, pp.294-302.
- COOPER, M. (2009). "The Economics of Nuclear Reactors: Renaissance of Relapse?", Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School, giugno 2009.
- CORBELLINI, F. e VELONA', F. (2008). *Maledetta Chernobyl*, Milano, Brioschi.
- CRISAFULLI, F. (1987). "C'è anche l'inganno del nucleare", *Il Tempo*, 2 novembre 1987.
- DOBESOVA, K., APT, J. e LAVE, L.B. (2006). "Are Renewable Portfolio Standards Cost-Effective Emission Abatement Policy?", Carnegie Mellon Electricity Industry Center, *Working Paper*, no.CEIC-04-06.
- EC (2008). "Energy Sources, Production Costs and Performances of Technologies for Power Generation, Heating and Transport", COM(2008)744.
- EIA (2010). *Annual Energy Outlook 2010*.
- EPRI (2008). "Program on Technology Innovation: Power Generation (Central Station) Technology Options".
- EUROSTAT (2010). *Energy, transport and environment indicators*.
- FERRAGUTO, L., MARE, D., NERVEGNA, G., PELILLI, D., PETRONE, L.M., e SILEO, A. (2010). "Profili di analisi e gestione dei rischi correlati agli investimenti finanziari nella generazione elettro-nucleare", I-Com.
- FRITSCH, U.R. (2006). "Comparison of Greenhouse Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective. Update 2006", Öko Institut, gennaio 2006.
- HEPBURN, C. (2006). "Regulation by Prices, Quantities, or Both: A Review of Instrument Choice", *Oxford Review of Economic Policy*, vol.22, no.2, pp.259-279.
- HOUSE OF LORDS (2008). "The Economics of Renewable Energy. Report of Session 2007-2008", vol.1, Select Committee on Economic Affairs.
- GILARDONI, A., CLERICI, S. e ROME', L. (2010). *I costi del mancato sviluppo del nucleare in Italia*, Milano, Egea.
- GUGLIOTTA, A. e VERDE, S. (2010). "Gli economics di base del nucleare", in IBL (2010).
- IBL (2010). "Nucleare come? Roadmap per il ritorno dell'Italia all'atomo", *Special Report*, 31 marzo 2010.

- IEA (2010). *International Energy Outlook 2010*.
- IEZZI, L. (2009). *Nucleare? Sì, grazie?*, Roma, Castelvecchi.
- JOSCOV, P.L. (2010). "Comparing the costs of intermittent and dispatchable electricity generating technologies", Discussion Draft, 27 settembre 2010.
- LOTTIERI, C., PEREGO, J. e STAGNARO, C. (2010). "La libertà di intrapresa in Europa", in PAOLAZZI, L. (a cura di), *Libertà e benessere: l'Italia al futuro*, Roma, Confindustria, pp.111-136.
- LYNCH, M. (2008). "Il ritorno del cheap oil. Breve guida agli investimenti", Istituto Bruno Leoni, *Special Report*, 22 agosto 2008.
- MCKINSEY (2010). "Impact of the financial crisis on carbon economics".
- MENEGON, D. (2010). "Vademecum per il nucleare. Cosa va e cosa non va nel progetto del governo", Istituto Bruno Leoni, *Briefing Paper* no.82.
- MIT (2003). "The Future of Nuclear Power".
- MIT (2009). "Update to the 2003 Report. The Future of Nuclear Power".
- MONCADA LO GIUDICE, G. e ASDRUBALI, F. (2010). *Fattore N. Tutto quello che c'è da sapere sul nucleare*, Roma, Armando Editore.
- MOODY'S (2009). "New Nuclear Generation: Rating Pressure Increasing", luglio 2009.
- NEA (2010). "Projected Costs of Generating Electricity 2010".
- NORDHAUS, W.D. (2008). *A Question of Balance*, New Haven (CT), Yale University Press.
- NUTTALL, W.J. (2004). *Nuclear Renaissance: Technologies and Policies for the Future of Nuclear Power*, Londra, Taylor & Francis.
- RONCHI, E. (2010). "Rapporto della Fondazione per lo sviluppo sostenibile: i costi del nucleare", *Gazzetta ambiente*, no.5, pp.2-7.
- SPEZIA, U. (2006). *Chernobyl. 20 anni dopo il disastro*, Milano, 21mo Secolo.
- STAGNARO, C. (2009). "Europe 2020: An Alternative Proposal. Update 2009", *IBL Special Report*, 20 aprile 2009.
- STAGNARO, C. e TESTA, F. (2010). "Nucleare, 'modello finlandese' e mercato: una strada percorribile per l'Italia?", *Economia delle Fonti di Energia e dell'Ambiente*, di prossima pubblicazione.
- TESTA, C. (2008). *Tornare al nucleare?*, Torino, Einaudi.
- WEITZMAN, M.L. (1974). "Prices vs. Quantities", *Review of Economic Studies*, vol.41, no.4, pp.477-491.
- WNA (2010). "The Economics of Nuclear Power", luglio 2010.
- WORLD BANK (2011). *Doing Business 2011*.
- ZOLLINO, G. (2010). "Considerazioni in merito all'articolo di Edo Ronchi 'Rapporto della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile: i costi del nucleare'".

IBL Briefing Paper

CHI SIAMO

L'Istituto Bruno Leoni (IBL), intitolato al grande giurista e filosofo torinese, nasce con l'ambizione di stimolare il dibattito pubblico, in Italia, promuovendo in modo puntuale e rigoroso un punto di vista autenticamente liberale. L'IBL intende studiare, promuovere e diffondere gli ideali del mercato, della proprietà privata, e della libertà di scambio. Attraverso la pubblicazione di libri (sia di taglio accademico, sia divulgativi), l'organizzazione di convegni, la diffusione di articoli sulla stampa nazionale e internazionale, l'elaborazione di brevi studi e briefing papers, l'IBL mira ad orientare il processo decisionale, ad informare al meglio la pubblica opinione, a crescere una nuova generazione di intellettuali e studiosi sensibili alle ragioni della libertà.

COSA VOGLIAMO

La nostra filosofia è conosciuta sotto molte etichette: "liberale", "liberista", "individualista", "libertaria". I nomi non contano. Ciò che importa è che a orientare la nostra azione è la fedeltà a quello che Lord Acton ha definito "il fine politico supremo": la libertà individuale. In un'epoca nella quale i nemici della libertà sembrano acquistare nuovo vigore, l'IBL vuole promuovere le ragioni della libertà attraverso studi e ricerche puntuali e rigorosi, ma al contempo scevri da ogni tecnicismo.

I BRIEFING PAPER

I "Briefing Papers" dell'Istituto Bruno Leoni vogliono mettere a disposizione di tutti, e in particolare dei professionisti dell'informazione, un punto di vista originale e coerentemente liberale su questioni d'attualità di sicuro interesse. I Briefing Papers vengono pubblicati e divulgati ogni mese. Essi sono liberamente scaricabili dal sito www.brunoleoni.it.