

Ulisse, le sirene e il futuro energetico italiano

di Enzo Di Giulio,

Eni, Scuola Superiore Enrico Mattei

Abstract

Questo articolo esplora il futuro energetico italiano e cerca di comprendere cosa significhi, per esso, soddisfare il vincolo di Kyoto esclusivamente attraverso azioni domestiche. Tale esplorazione viene condotta attraverso un'analisi di scenario basata sui sistemi dinamici. Facendo differenti ipotesi sui tassi di crescita dei settori, il mix energetico e l'intensità energetica, si esplora un'ampia gamma di possibilità e si propongono 27 scenari al 2010. La conclusione principale è che, per raggiungere il target solo attraverso azioni domestiche, sono richiesti sforzi molto intensi e che quindi, un ricorso ai meccanismi di flessibilità è, in certa misura, auspicabile.

This article explores Italy's energy future and tries to understand what meeting the Kyoto target only through domestic measures means. Such an exploration is carried out by means of a scenario analysis based on system dynamics. Assuming different hypotheses on the sector growth rates, fuel shares and energy intensities, a wide set of possibilities is explored and 27 scenarios to 2010 are built. The main conclusion is that very strong efforts are necessary in order to meet the Kyoto target only by means of domestic measures and, thus, the use of the flexibility mechanisms can be useful.

Come noto, i paesi vincolati dal Protocollo di Kyoto a contenere le proprie emissioni di gas serra entro un limite prefissato, possono rispettare tale limite attraverso l'implementazione di azioni domestiche e/o attraverso il ricorso ai meccanismi di flessibilità (Emission Trading, Clean Development Mechanism e Joint Implementation). Tra queste due opzioni esiste un *trade-off*: tanto maggiore è il ricorso di un paese a tali meccanismi, tanto minore è la razionalizzazione del proprio sistema energetico. In altri termini, più un paese sfrutta i meccanismi di flessibilità, meno coglie le opportunità di rinnovamento del proprio sistema energetico offerte dal Protocollo. Eppure, in certa misura, per alcuni paesi, il vincolo è così stringente che il ricorso a tali meccanismi diventa auspicabile. L'analisi che segue cerca di definire quanto, tale ricorso, sia auspicabile per l'Italia e cosa significherebbe, per essa, rispettare il proprio target solo attraverso azioni domestiche.

Il conflitto

Nel suo lungo e avventuroso viaggio di ritorno ad Itaca, tra gli altri mille ostacoli, Ulisse incontra quello delle sirene. Le sirene sono esseri bellissimi e spietati, con corpo metà di donna e metà di pesce. I loro canti seducono irresistibilmente i marinai che, sbarcati sull'isola, vengono divorati senza pietà. Ed infatti, sull'isola delle sirene sono accumulate stratificazioni di ossa umane. Il conflitto tra il desiderio di ascolto del canto delle sirene e l'istinto di sopravvivenza, pone Ulisse in una spiacevole situazione alla quale, come noto, egli riesce a sfuggire grazie alla proverbiale astuzia. Infatti, Ulisse fa fondere della cera e la spalma nelle orecchie dei suoi marinai, affinché non odano il richiamo dei canti. Poi, si fa legare all'albero maestro della nave dicendo ai marinai: "... ma voi con legami strettissimi dovete legarmi, perché io resti fermo, in piedi sulla scarpa dell'albero. E se vi pregassi, se v'ordinassi di sciogliermi, voi con nodi più numerosi stringetemi". Così, grazie a questo stratagemma, Ulisse riesce a superare illeso l'isola delle sirene, pur non privandosi del loro canto bello e mortale. Più di duemila anni dopo Omero, l'economista Strotz ha dato un'interpretazione economica del comportamento di Ulisse dando il via ad un intero filone di letteratura sul tema divenuto noto con il nome di "pre-committment" (R.H. Strotz, 1955-1956. Per un approfondimento dell'argomento, si veda Elster J., 1979).

Il conflitto tra obiettivi diversi è centrale sia nella vita dei singoli sia in quella degli Stati. È sufficiente una breve analisi della propria esperienza individuale, o di quella collettiva, per rendersi conto di come quotidianamente si sia chiamati ad un continuo lavoro di raccordo tra obiettivi diversi e, spesso, contrastanti. Il pre-committment è una delle possibili modalità attraverso le quali tale processo di armonizzazione può compiersi. Entro certa misura, il Protocollo di Kyoto costituisce un esempio di pre-committment. Da una parte, vi sono le forze della crescita che spingono le economie ad espandersi, dando luogo a stili di vita che implicano dosi crescenti di energia e di emissioni inquinanti. Dall'altra, vi è la consapevolezza che questa espansione possa generare, nel lungo termine, più danni che vantaggi. Di qui il Protocollo, un accordo attraverso il quale gli Stati si vincolano in anticipo rispetto ad una variabile fondamentale, centrale per gran parte dei processi produttivi: le emissioni di gas serra. Così come Ulisse cede al fascino del canto delle Sirene decidendo di ascoltarlo, ma impedendosi di scendere sull'isola, allo stesso modo i paesi industrializzati continuano a seguire la vocazione della crescita economica ma lo fanno nel rispetto di un limite alle emissioni di gas serra. E tuttavia, il paragone tra letteratura greca e mondo moderno è tutt'altro che perfetto. Ulisse, per quanto diviso, era un singolo, assolutamente determinato nel raggiungimento del suo obiettivo: conservare la vita e raggiungere

Itaca. Ed è tale determinazione che, unita alla razionalità, fa sì che egli vieti a se stesso qualsiasi via di fuga e dica ai marinai: quando vi chiederò di sciogliermi, voi stringetemi più forte! Al contrario, la coalizione che firma l'accordo è una pluralità di Stati con caratteristiche ed obiettivi diversi. Da ciò scaturisce un'esitazione generalizzata che condiziona l'intero accordo e le sue possibilità di successo. Proseguendo nella metafora, la corda che lega i paesi industrializzati al palo delle emissioni non ha ancora un nodo (manca la ratifica), e se un giorno il nodo verrà fatto ci sarà sempre modo di allentarlo attraverso i cosiddetti meccanismi di flessibilità (Emission Trading, Joint Implementation, Clean Development Mechanism) e di correre ad abbracciare la sirena della crescita. Ma occorre riconoscere che non è solo l'indeterminazione derivante dall'eterogeneità a frenare i paesi firmatari. E' la portata stessa del Protocollo a frenare gli Stati. Infatti, se il Protocollo venisse implementato senza l'ausilio dei meccanismi di flessibilità, esso comporterebbe per numerosi paesi una razionalizzazione potente e difficile dei sistemi energetici nazionali, ed in alcuni casi una vera e propria rivoluzione. Tale razionalizzazione, qualora non si voglia frenare la crescita, può compiersi in due soli modi: abbassando l'intensità energetica, attraverso miglioramenti dell'efficienza energetica, razionalizzazioni dei consumi energetici e dematerializzazione dell'economia; variando il mix dei combustibili, attraverso l'aumento delle quote di gas, fonti rinnovabili e nucleare. Ora si può dimostrare che, al fine di soddisfare il vincolo di Kyoto, a non pochi paesi sono richieste diminuzioni dell'intensità energetica e/o variazioni dei propri mix energetici assolutamente straordinarie, spesso superiori alle migliori performance passate (per un quadro d'insieme sui paesi industrializzati, L. Cozzi ed E. Di Giulio, 1998 e 1999 (b)). In altri termini, al di là dei numerosi problemi di equità che si pongono circa la ripartizione degli sforzi, il Protocollo rappresenta un'occasione per una revisione profonda dei sistemi energetici: gli incrementi di efficienza che un tempo sono stati indotti esogenamente dagli shock petroliferi, potrebbero ora essere replicati e amplificati endogenamente, attraverso un processo che ha inizio da una decisione consapevole. Ed è proprio l'audacia implicita in tale processo auto-indotto che sembra spaventare i paesi industrializzati, in particolare gli Stati Uniti, ed indurli a cercare un sostegno nei meccanismi di flessibilità.

La via di fuga

Se il Protocollo verrà attuato, la misura del cambiamento indotto nei sistemi energetici dei paesi industrializzati dipenderà in larga parte dall'entità del ricorso ai meccanismi di flessibilità (denominati anche meccanismi di Kyoto): maggiore sarà il ricorso a tali meccanismi, minore sarà il rinnovamento domestico dei sistemi energetici nazionali. Senza considerare la pur importante forma di compensazione dovuta all'assorbimento della CO₂ da parte delle foreste, i meccanismi

sono: Emission Trading (ET), ovvero possibilità di scambi di crediti di emissioni all'interno dei paesi Annex I sottoposti a vincolo (art. 3 e 17); Joint Implementation (JI), ovvero possibilità di trasferire o acquisire "emission reduction units (ERUs)" attraverso progetti implementati all'interno dei paesi Annex I (art. 6); Clean Development Mechanism (CDM), ovvero possibilità per i paesi Annex I di ottenere "certified emission reductions (CERs)" attraverso la realizzazione di progetti di riduzione delle emissioni nei paesi in via di sviluppo (art. 12). Per il singolo stato, il ricorso ai tre meccanismi comporta sempre, quando non superfluo per raggiungere il target, la sostituzione di interventi domestici e, pertanto, mancati guadagni in termini di efficienza energetica o di decarbonizzazione del mix energetico e, specularmente, minori sollecitazioni del sistema economico. Posto, però, che ogni paese è tenuto a rispettare il proprio target, il ricorso ai meccanismi di flessibilità non inficia il raggiungimento dell'obiettivo ma ha esclusivamente un impatto sulla localizzazione dei miglioramenti dei sistemi energetici, ovvero all'interno o all'esterno del paese. Esiste, pertanto, un *trade-off* tra ricorso ai meccanismi di flessibilità e razionalizzazione domestica dei sistemi energetici. Ad esso corrisponderebbe un altro *trade-off*, esistente, secondo una visione pessimistica, tra razionalizzazione domestica dei sistemi energetici e crescita economica. Mentre il primo *trade-off* è certo, essendo la conseguenza di una semplice aritmetica, il secondo è incerto, essendo caratterizzato da un grado di complessità maggiore. E tale incertezza è così forte che è possibile ipotizzare un'interpretazione alternativa, ed opposta, della relazione tra razionalizzazione domestica e crescita economica: la realizzazione di interventi domestici in ambito energetico ed ambientale potrebbe attivare investimenti ed azioni virtuose tali da favorire la crescita. Presumibilmente, considerata la complessità del problema, tale incertezza è destinata a permanere nel tempo. Inoltre, ad essa si aggiunge l'altra incertezza circa le modalità con le quali i meccanismi di Kyoto verranno implementati: che spazio avrà l'Emission Trading? Vi sarà un tetto alle emissioni che possono essere scambiate? Come sarà risolta la questione dell'addizionalità e della complementarità? (su questi punti si veda Baron R. et al. 1999; Baron R. 1999; Lanza A. 1999; Bosi M. 1999)

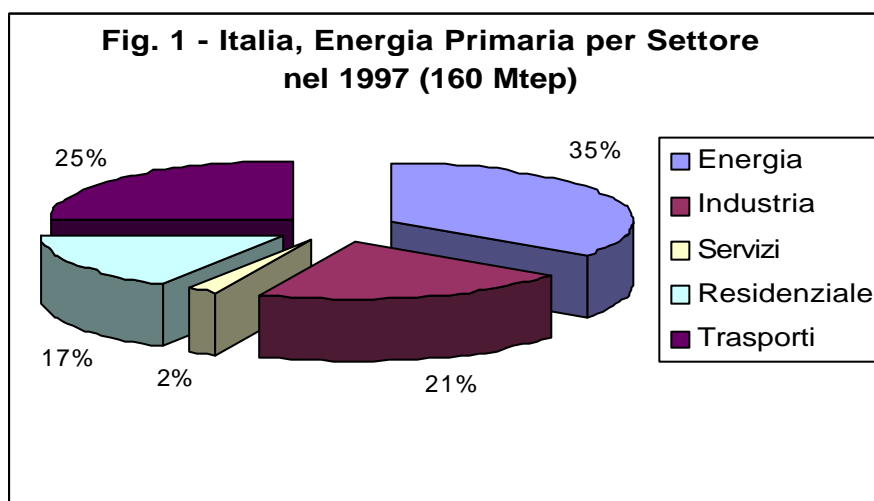
Nonostante tale contesto fortemente caratterizzato da incertezza, sarebbe opportuno che ogni paese valutasse in che misura, per esso, è necessario il ricorso ai meccanismi di flessibilità, ovvero cosa significa, in termini di significative variabili energetiche, ridurre le emissioni di gas serra di una certa percentuale. L'analisi che segue si pone tale obiettivo: dare un contributo alla comprensione dell'andamento futuro del sistema energetico italiano e cercare di valutare se la sola adozione di azioni domestiche possa consentire di raggiungere il target di Kyoto. Poiché, naturalmente, i trend energetici che si possono ipotizzare nel futuro sono molteplici, tale analisi farà uso di scenari.

Il sistema energetico italiano

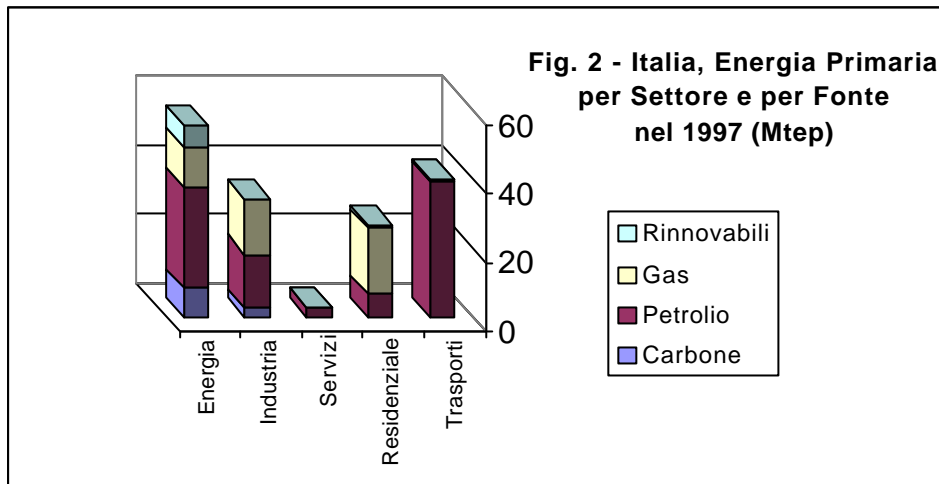
Sinteticamente, le caratteristiche fondamentali del sistema energetico sono illustrate in Tab. 1 e Fig. 1 le quali mostrano, rispettivamente, l'evoluzione delle quote delle diverse fonti energetiche dal 1960 al 1997 e l'offerta di energia primaria per settore nel 1997¹.

	1960	1975	1985	1990	1997
<i>Carbone</i>	18%	5%	10%	10%	7%
<i>Petrolio</i>	47%	75%	64%	60%	58%
<i>Gas</i>	14%	15%	21%	26%	30%
<i>Rinnovabili</i>	21%	5%	5%	4%	5%

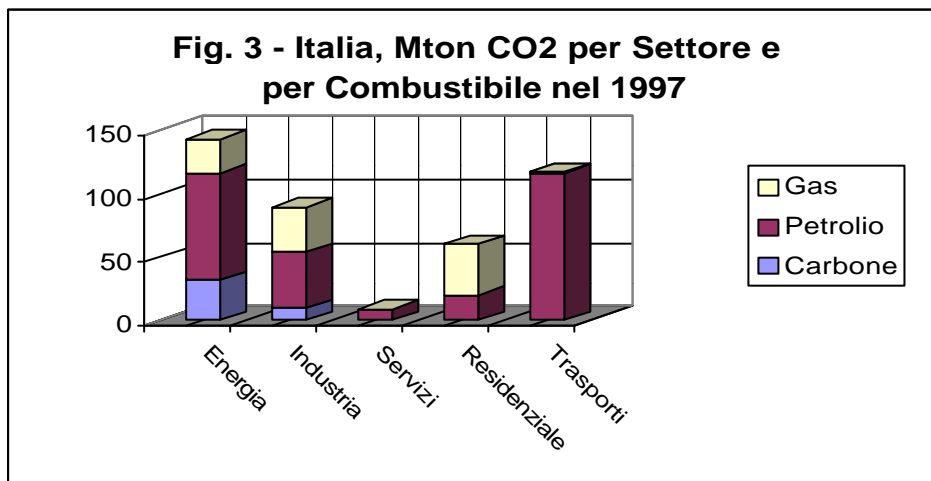
Tab. 1: 1960-1997, quote delle fonti energetiche



Nonostante la recente espansione del gas, il petrolio rimane il combustibile più usato, mentre il carbone è caratterizzato da un andamento decrescente e le fonti rinnovabili ammontano a circa il 5%. In meno di 40 anni, l'offerta di energia primaria è cresciuta di circa quattro volte. I due settori Energia e Trasporti sono caratterizzati da consumi crescenti negli anni e nel 1997 hanno assorbito circa il 60% dell'energia primaria nazionale. Le informazioni sulle quote di fonti energetiche all'interno dei singoli settori sono date nella Fig. 2 che mostra il ruolo predominante del petrolio nel settore energetico ed in quello dei trasporti, mentre il gas ha un impiego rilevante nel settore residenziale ed in quello industriale. La quota di carbone è trascurabile in tutti i settori eccetto in quello energetico (15,2%) ed industriale (7,6%). Le fonti rinnovabili hanno un certo peso nel settore Energia (11,5%) ed in quello Residenziale (3,6%).



L'espansione dei consumi energetici, la predominante importanza del petrolio ed il ruolo crescente dei settori energetico ed industriale si riflettono nell'andamento delle emissioni di CO₂ che sono cresciute circa quattro volte in trenta anni (1960-1990). Il quadro sintetico, per l'anno 1997, è dato dalla Fig. 3 che mostra il ruolo chiave dei settori Energia e Trasporti.



C'è ora da chiedersi: è possibile modificare questa situazione? E' immaginabile un cambiamento profondo delle caratteristiche del sistema energetico italiano tale da produrre, attraverso miglioramenti robusti dell'efficienza energetica e modifiche del mix energetico, una sostanziale riduzione delle emissioni di CO₂? Con parole diverse: quanto l'Italia è distante dal target assegnatole dal Protocollo di Kyoto (- 6,5%)? Tale target potrà essere raggiunto solo attraverso azioni domestiche?

Il modello e le simulazioni

Al fine di investigare i consumi energetici futuri per settore ed il potenziale di abbattimento delle emissioni di CO₂, si è costruito un modello dinamico del sistema energetico italiano. Si tratta di un modello appartenente, come metodologia, all'approccio system dynamics sviluppato negli anni

'60 presso il MIT ed avente come ideatore Yan Forrester (per un'introduzione all'argomento, si suggerisce di visitare il sito <http://sysdyn.mit.edu/road-maps/rm-toc.html>). Questa metodologia, che si basa su equazioni differenziali ed è svincolata da assunzioni restrittive, consente di modellare con relativa semplicità praticamente qualsiasi fenomeno in cui si prenda in considerazione la variabile temporale. Nella fattispecie, il sistema energetico italiano è stato suddiviso in cinque settori: Energia, Industria, Servizi ed Agricoltura, Residenziale, Trasporti. Il modello consente di ricavare i consumi energetici per settore e per fonte, nonché le emissioni di CO₂, al variare del livello di attività e dell'intensità energetica di settore², la prima essendo sintetizzata dai tradizionali indicatori (valore aggiunto, per i settori Energia, Industria, Servizi; popolazione, per il settore Residenziale; passeggero-Km e tonnellata-Km per i Trasporti). Per ragioni di semplicità, il nesso tra intensità energetica e mix energetico non viene modellato esplicitamente, anche se alcuni degli scenari proposti sono implicitamente costruiti sull'assunzione di un legame tra le due variabili. Per quanto concerne l'andamento dei consumi delle diverse fonti energetiche, il modello ipotizza effetti di sostituzione tra gas e petrolio, e tra rinnovabili e carbone. Ciò significa che laddove si verifica una crescita del gas e delle rinnovabili, essa avviene, rispettivamente, a spese della quota di petrolio e di carbone. Nei casi in cui la quota di carbone è molto bassa o pari a zero, l'espansione delle quote di gas e di rinnovabili implica, chiaramente, la sola diminuzione della quota di petrolio.

L'analisi di scenario viene condotta, per il periodo 1997-2010, sull'intensità energetica e sul mix energetico. Simulando diminuzioni dell'intensità energetica si ipotizzano, in certa misura, miglioramenti dell'efficienza energetica³, mentre simulando espansioni quote di gas e di rinnovabili si assume un processo di decarbonizzazione del mix energetico. In particolare, si ipotizzano 3 scenari per l'intensità energetica e 3 scenari per il mix (Tab. 2).

• <i>Intensità Energetica</i>	Costante (C) come nel 1997	Debolmente Decrescente (D)	Fortemente Decrescente (F)
• <i>Mix Energetico</i>	Costante (C) come nel 1997	Giallo (G): Espansione del gas e delle rinnovabili	Verde (V): Forte espansione del gas e delle rinnovabili

Tab. 2: Assunzioni degli scenari

Per quanto concerne l'intensità energetica, a parte lo scenario C, si assume che essa diminuisca sempre, a tassi crescenti all'avvicinarsi del 2010. In media i miglioramenti (diminuzioni) sono nel range 0,5%-2% per anno. Per il mix energetico, invece, il punto di partenza è il 1997 (Tab. 3).

	Carbone	Petrolio	Gas	Rinnovabili
<i>Energia</i>	15.3%	51.6%	21.6%	11.5%
<i>Industria</i>	7.6%	45.1%	46.6%	0.7%
<i>Servizi</i>	0%	96.1	3.9%	0%
<i>Residenziale</i>	0,5%	24.6%	71.3%	3.6%
<i>Trasporti</i>	0%	99.3%	0.7%	0%

Tab. 3: Mix energetico per settore nel 1997

Per gli scenari Giallo (G) e Verde (V) si assumono, rispettivamente, espansioni del gas e delle rinnovabili che crescono negli anni e raggiungono il loro valore massimo nel 2010. Ciò riflette sia una sorta di rendimenti crescenti di scala nella loro espansione sia il fatto che all'avvicinarsi della scadenza il vincolo si faccia più stringente. Il dettaglio sui due scenari all'anno 2010 è dato in Tab. 4 e 5:

	Carbone	Petrolio	Gas	Rinnovabili
<i>Energia</i>	7.2%	38.6%	34.6%	19.6%
<i>Industria</i>	6.6%	26.5	65.2%	1.7%
<i>Servizi</i>	0%	91.2%	6.8%	2%
<i>Residenziale</i>	0.5%	12.1%	81.3%	6.1%
<i>Trasporti</i>	0%	94.8%	4.2%	1%

Tab. 4: Mix energetico per settore nello scenario Giallo

	Carbone	Petrolio	Gas	Rinnovabili
<i>Energia</i>	3.7%	19.2%	54%	23.1%
<i>Industria</i>	5.6%	7.9%	83.8%	2.7%
<i>Servizi</i>	0%	79%	17%	4%
<i>Residenziale</i>	0.5%	6%	86.3%	7.2%
<i>Trasporti</i>	0%	90.3%	7.7%	2%

Tab. 5: Mix energetico per settore nello scenario Verde

Questi due scenari, è bene sottolinearlo, non hanno pretesa di realismo. Piuttosto, essi vanno interpretati come esercizi di un esperimento del tipo “cosa accade se”, dove il “se” prevede, come è possibile vedere, espansioni robuste del gas e delle fonti rinnovabili, non solo nel settore energetico⁴. La maggiore espansione si verifica nel settore Trasporti dove la quota di gas cresce fino a 10 volte (scenario Verde) mentre le rinnovabili passano dallo 0% al 2%. Negli altri casi, la crescita del gas e delle rinnovabili è meno intensa anche se occorre sottolineare che entrambi gli scenari assumono cambiamenti radicali nel mix energetico (ad esempio, raddoppio delle rinnovabili nei settori dell'Energia e Residenziale, valori tripli nel settore Industria). Le combinazioni dei due scenari sono sintetizzate in Tab. 6

<i>Intensità Energetica</i>		<i>Mix Energetico</i>		
		Costante	Giallo	Verde
	Costante	CC	CG	CV
	Debolmente Decrescente (D)	DC	DG	DV
	Fortemente Decrescente (F)	FC	FG	FV

Tab. 6: Combinazioni di scenari

Poiché è presumibile che le diminuzioni dell'intensità energetica e la decarbonizzazione del mix energetico avvengano contestualmente, c'è da ritenere che gli scenari DG e FV siano caratterizzati, rispetto agli altri, da un più alto grado di coerenza. Infine, per ciascuno scenario, è stata condotta un'analisi di sensitività facendo variare il livello di attività dei singoli settori (Tab. 7).

<i>Tasso di crescita del livello di attività</i>	Business as Usual (B): come la media del periodo 1990-1997	Alta (A): B + 40%	Moderata (M): B - 40%

Tab. 7: Crescita dei livelli di attività dei settori

Tale analisi di sensitività implica che ciascuno delle nove combinazioni di scenario è stata posta in relazione con 3 differenti ipotesi sul livello di attività e, pertanto, emergono 27 possibili sentieri energetici.

I risultati

Al fine di migliorare la leggibilità delle simulazioni, questo paragrafo si concentra separatamente sulle emissioni di CO₂, il mix energetico, i consumi dei settori e le traiettorie.

a) Emissioni di CO₂

I risultati corrispondenti ai tre livelli di attività ipotizzati sono sintetizzati, per il 2010, nelle Figg. 4, 5 e 6.

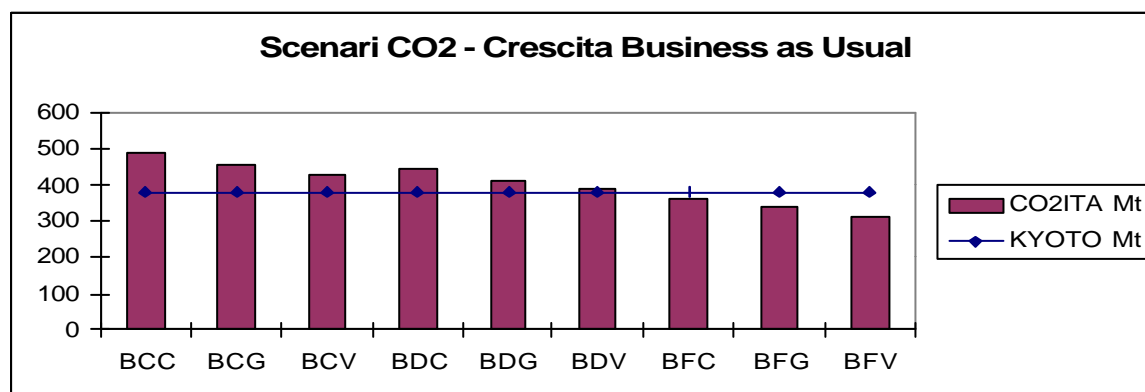


Fig. 4 – Italia, Emissioni di CO₂ al 2010 nel caso di Crescita Business as Usual

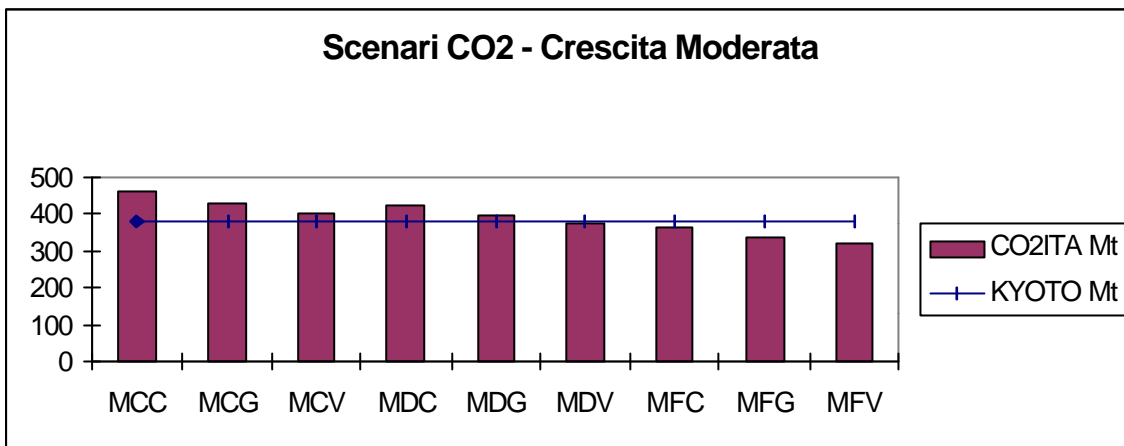


Fig. 5 – Italia, Emissioni di CO₂ al 2010 nel caso di Crescita Moderata

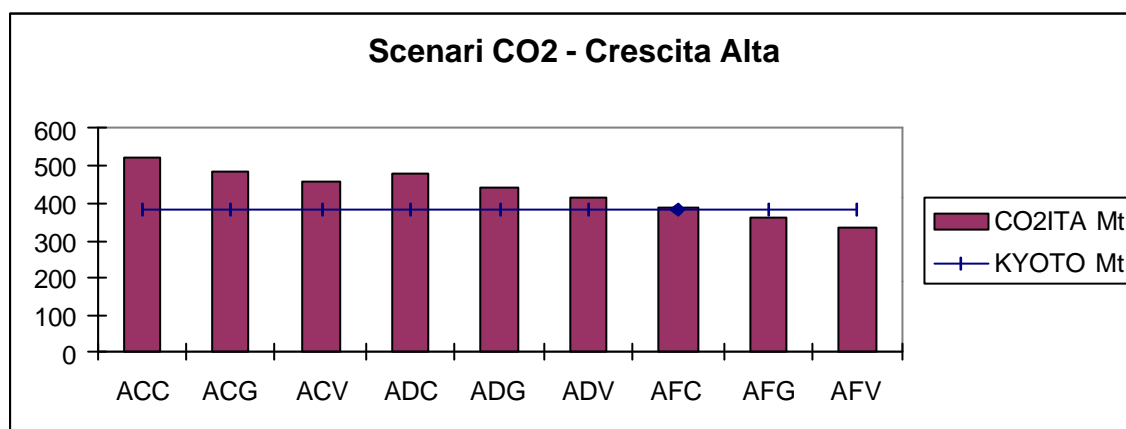


Fig. 6 – Italia, Emissioni di CO₂ al 2010 nel caso di Crescita Alta

Si può notare che il target di Kyoto non è soddisfatto in 18 dei 27 casi considerati. La combinazione virtuosa di intensità energetica fortemente decrescente (F) con espansione o forte espansione di gas e rinnovabili (scenari Giallo e Verde) consente sempre di rispettare il vincolo. Ciò accade anche nel caso di Crescita Alta, con l’eccezione dello scenario AFC che assume un mix di combustibili invariato e che, comunque, è assai vicino al target, pur non centrandolo. In altri termini, l’ipotesi di una forte diminuzione dell’intensità energetica di settore gioca un ruolo più importante delle decarbonizzazione del mix energetico. Ed infatti, a parte lo scenario MDV, nei casi di scenario Giallo o Verde, il sistema non è in grado di soddisfare il vincolo qualora l’intensità energetica sia mantenuta costante oppure decresca debolmente.

b) Mix energetico

Le variazioni nel mix energetico sono rappresentate, per lo scenario con Crescita Business as Usual, in Fig. 7. Gli altri due casi (Crescita Moderata e Alta) sono naturalmente caratterizzati dallo stesso mix.

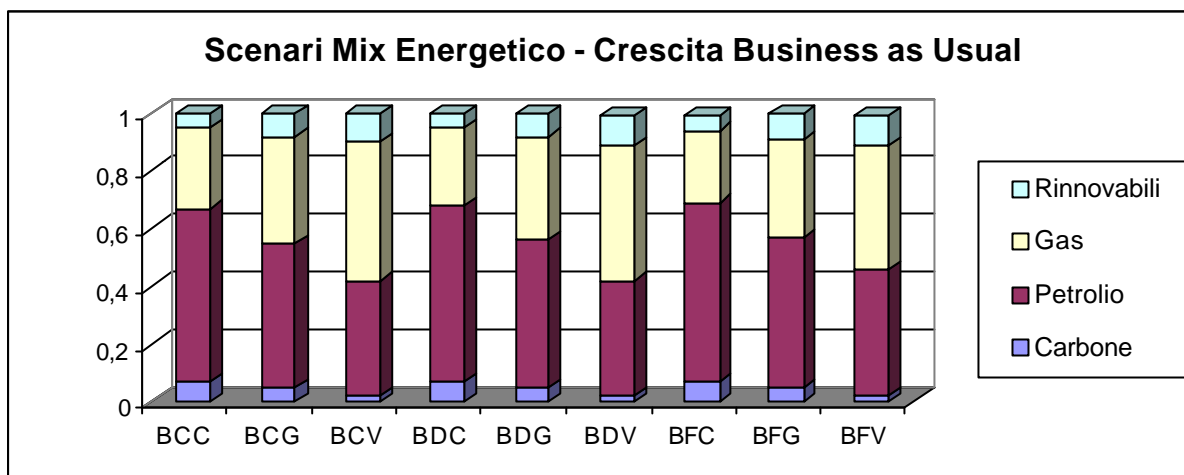


Fig. 7 – Italia, Mix Energetico al 2010 nel caso di Crescita Business as Usual

Nei due scenari Giallo e Verde, le fonti energetiche assumono al 2010 le seguenti quote: carbone, 5% e 2% (7% nel 1997); petrolio, 51% e 38% (58% nel 1997); gas, 36% e 48% (30% nel 1997); fonti rinnovabili, 8% e 10% (5% nel 1997). Come si può vedere, lo scenario Verde assume che l’ambizioso obiettivo europeo di un raddoppio della quota di fonti rinnovabili sia raggiunto e che, contemporaneamente, si verifichi una potente espansione del gas. Rispetto a ciò, è utile un confronto tra l’espansione assunta negli scenari dal 1997 al 2010 con l’andamento del periodo 1985-1997: in quest’ultimo periodo, mentre il gas cresce del 9%, le fonti rinnovabili rimangono costanti. Al contrario, negli scenari Giallo e Verde si assume, rispettivamente, una crescita pari al 3% e al 5% per le rinnovabili e pari al 6% e al 18% per il gas. In altri termini, gli scenari assumono, nel caso delle fonti rinnovabili, un’espansione assolutamente superiore e non comparabile con la realtà storica, mentre per il gas l’espansione è in un caso inferiore (scenario Giallo) ed in un altro doppia rispetto all’andamento storico. Questo semplice confronto evidenzia quanto ambizioso sia lo scenario Verde e, pertanto, invita ad una riflessione sulla difficoltà della sua implementazione.

c) Settori

I consumi di energia primaria dei settori sono riportati, nel caso di crescita Business as Usual, in Fig. 8. E’ possibile vedere che il peso relativo dei settori non varia significativamente al variare dell’intensità energetica e del mix; al contrario, la diminuzione dell’intensità energetica ha una forte influenza sul totale di energia primaria. Nel caso dello scenario F, ad esempio, si ha un totale inferiore a quello del 1997, anche nel caso di crescita Alta (146 tep vs. 160 tep). Al contrario,

nello scenario D, l'energia primaria totale è sempre maggiore di quella del 1997, anche nel caso di crescita Moderata (162 vs. 160).

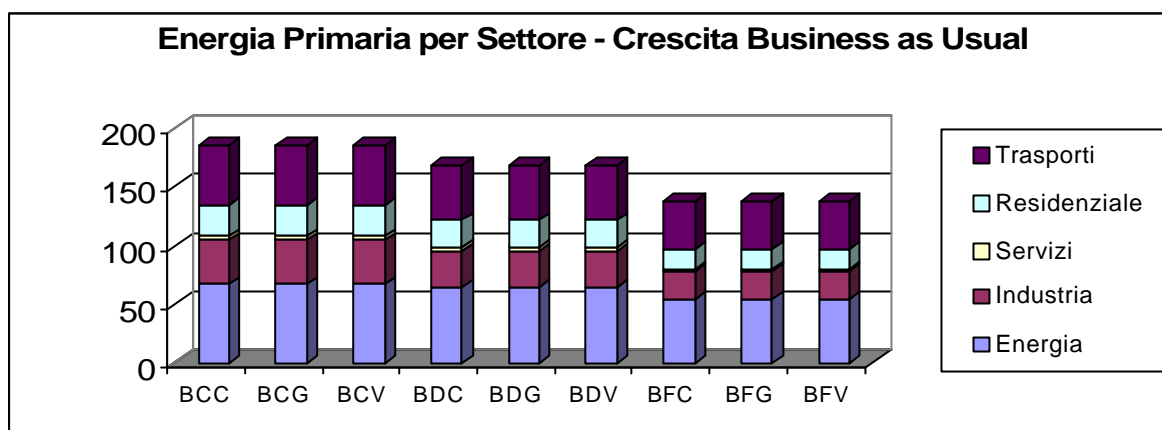


Fig. 8 - Italia, Energia Primaria per Settore al 2010 nel caso di Crescita Business as Usual

Nonostante ciò, come si è mostrato precedentemente, uno dei nove casi in cui il target di Kyoto è raggiunto si ha in corrispondenza di uno scenario D (MDV) e ciò significa che il mix energetico, in alcuni casi, può essere determinante.

d) Traiettorie energetiche e di CO₂

Sebbene nell'esposizione dei risultati ci si è concentrati sul 2010, è opportuno dire che il modello è in grado di calcolare l'intera traiettoria dal 1997 al 2010 per circa 50 variabili (livello di attività, emissioni settoriali di CO₂, mix, consumi, ecc.) generando nel complesso, per i 27 scenari e i 14 anni, più di 15.000 dati. Naturalmente, ragioni di spazio impediscono un'illustrazione completa delle traiettorie. Qui, come esempio, si riporta quella dello scenario BFV (crescita business as usual-intensità energetica fortemente decrescente-mix verde) che soddisfa il target (Fig. 9).

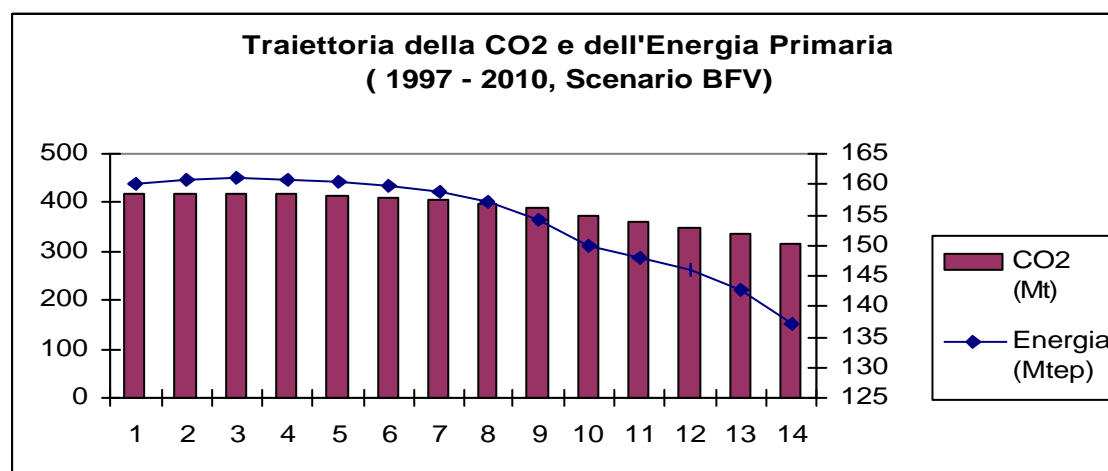


Fig. 9 - Italia, traiettorie 1997-2010 nello scenario BFV

In questo caso, la diminuzione delle emissioni di CO₂ diventa significativa dopo l'ottavo anno, ovvero dal 2004, e ciò significa che, a ragione delle ipotesi fatte nel modello (diminuzione dell'intensità energetica ed espansione del gas e delle rinnovabili crescenti negli anni), l'obiettivo previsto dal Protocollo è raggiunto attraverso robusti sforzi realizzati negli ultimi sei anni. Come esempio di fallimento nel raggiungimento del target, in Fig. 10 si mostra lo scenario ADG (crescita alta-intensità energetica debolmente decrescente-mix giallo).

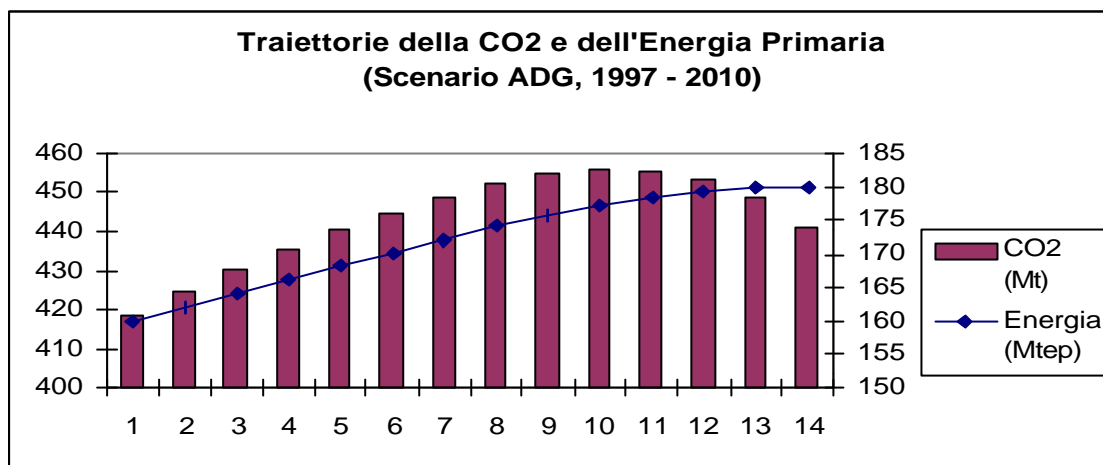


Fig. 10 - Italia, traiettorie 1997-2010 nello scenario ADG

In questo caso, la forte crescita nei livelli di attività dei settori spinge verso l'alto i consumi energetici e le emissioni di CO₂, in particolare nei primi anni, ed anche se l'abbassamento dell'intensità energetica e la decarbonizzazione del mix danno luogo ad una diminuzione delle emissioni di CO₂ dopo l'undicesimo anno (2007), ciò non è sufficiente.

Conclusioni

Ai fini di una migliore leggibilità, i risultati fondamentali dell'analisi di scenario sono stati sintetizzati in Fig. 11. Nell'ambito di ciascuno dei gradi di crescita ipotizzati nel livello di attività (Moderata, Business as Usual, Alta), movimenti verso nord-est implicano sia una maggiore desiderabilità che una maggiore difficoltà. Le simulazioni mostrano che solo 9 dei 27 scenari consentono di soddisfare il vincolo di Kyoto (sono segnati, in apice, con la lettera K). Se si esclude lo scenario MDV, il target è centrato solo se si verificano forti diminuzioni dell'intensità energetica. In tutti gli altri casi, anche se il mix energetico è radicalmente decarbonizzato, il vincolo non è soddisfatto. Ciò significa che l'intensità energetica, più del mix, è il fattore chiave nel portare il sistema verso l'obiettivo. Pertanto, la domanda fondamentale da porsi sembra essere la seguente: è possibile realizzare diminuzioni dell'intensità energetica pari all'1,5%-2% all'anno? Certamente, su questo argomento sono necessarie ulteriori indagini. Tuttavia l'esperienza italiana

dimostra che, a parte il caso dell'industria, tali miglioramenti sono straordinari e difficili da realizzare per lunghi periodi di tempo (vedi Cozzi L. e Di Giulio E., 1999 (a)).

		<i>Crescita del livello di attività</i>		
		<i>Intensità Energetica</i>		
Crescita Alta	<i>Fortemente Decrescente</i>	AFC	AFG ^K	AFV ^K
	<i>Debolmente Decrescente</i>	ADC	ADG	ADV
	<i>Costante</i>	ACC	ACG	ACV
Crescita Bau	<i>Fortemente Decrescente</i>	BFC ^K	BFG ^K	BFV ^K
	<i>Debolmente Decrescente</i>	BDC	BDG	BDV
	<i>Costante</i>	BCC	BCG	BCV
Crescita Moderata	<i>Fortemente Decrescente</i>	MFC ^K	MFG ^K	MFV ^K
	<i>Debolmente Decrescente</i>	MDC	MDG	MDV ^K
	<i>Costante</i>	MCC	MCG	MCV
		<i>Mix Costante</i>	<i>Mix Giallo</i>	<i>Mix Verde</i>

Decarbonizzazione del mix energetico

Fig. 11 – Sintesi degli Scenari

Ciò dà luogo ad una duplice e contraddittoria interpretazione: i) una performance non ottenuta nel passato sarà difficilmente conseguibile nel futuro; ii) proprio perché nel passato non si è ottenuta una certa performance, c'è spazio per realizzarla nel futuro. E' chiaro che nel caso sia vera questa seconda ipotesi, si può coltivare un certo grado di ottimismo circa la potenzialità insita nelle azioni domestiche. Nel caso contrario, invece, il vincolo di Kyoto non potrà essere raggiunto con le sole azioni domestiche e diverrà necessario il ricorso ai meccanismi di flessibilità. In ogni caso - se non altro per ragioni, oltretutto di realismo, di competitività - sarà utile non escludere tale ricorso e cominciare a lavorare intorno ad esso. L'esperienza dei progetti pilota dimostra che attraverso i meccanismi di flessibilità si possono ottenere riduzioni robuste nelle emissioni di CO₂. Per tornare alla metafora iniziale, è il caso che l'Ulisse italiano studi bene come sia fatto il nodo della corda che lo tiene legato al palo delle emissioni e quali possibilità vi siano di allentarlo e di ascoltare il canto delle sirene con più agio e meno affanno.

Note

Questo articolo si basa, nella parte quantitativa, sull'articolo "Paths towards the future: a system dynamic analysis of the Italian energy system", presentato alla 23rd Annual IAEE International Conference, 7-10 June 2000, Sydney, Australia.

1 Il 1997 è l'anno più recente per il quale i dati dell'International Energy Agency (IEA) sono disponibili. Tutti i dati energetici di questo articolo sono tratti da IEA 1999 (a), IEA 1999 (b), mentre per quelli sui livelli di attività si è fatto riferimento: per i trasporti, ad OECD 1999; per i settori Energia, Industria e Servizi ad ISTAT (ISTAT 1999); per il dato sulla popolazione utilizzato nel settore Residenziale a The World Bank (The World Bank 1999)

2 Qui il termine intensità energetica va inteso non in senso stretto, poiché il denominatore del rapporto è costituito dai livelli di attività dei diversi settori e solo in alcuni casi (Industria e Servizi) coincide con il valore aggiunto.

3 Ciò, come noto, è vero solo in parte perché l'intensità energetica riflette, oltreché l'efficienza energetica, altri fattori quali la struttura dell'economia e il clima.

4 Ai fini della misurazione del potenziale di riduzione delle emissioni di CO₂, l'ipotesi che l'espansione delle fonti rinnovabili si verifichi in settori diversi da quello dell'Energia, ad esempio il Residenziale ed i Servizi, è irrilevante. Qui essa viene fatta non tanto nel tentativo di tendere con realismo allo status energetico futuro, quanto piuttosto per aderire all'ipotesi, sia pure futuristica, di scenari nei quali si verifichi lo sfruttamento diretto delle rinnovabili da parte dei singoli settori. Vedremo che, nonostante tale ipotesi futuristica, il target di Kyoto rimane difficilmente raggiungibile.

Bibliografia

- Baron R. et al. 1999, "A preliminary analysis of the EU proposals on the Kyoto mechanisms", IEA, Paris.
- Baron R. 1999, "The Kyoto Mechanisms: how much flexibility do they provide?", IEA, Paris.
- Bosi M. 1999, "Implications of multi-project emissions baselines for CDM projects - Examples from the electricity generation sectors in Brazil and India", IEA, Paris.
- Cozzi L. e Di Giulio E. 1998, "Vincolo di Kyoto: scenari e confronti", Energia 4/98
- Cozzi L. e Di Giulio E. 1999 (a), "Determinants of CO₂ growth in Italy: a Laspeyres index analysis", 1999 ECEEE Summer Study, Mandelieu, France.
- Cozzi L. e Di Giulio E. 1999 (b), "Developed countries facing the Kyoto constraint", Proceedings of the 22nd Annual International Conference of the International Association for Energy economics (IAEE, Rome, 9-12 June, 1999)
- Elster J. 1979, "Ulisse e le sirene. Indagini sulla razionalità e l'irrazionalità", Il Mulino, Bologna
- IEA 1999 (a), "Energy balances of OECD countries: 1996-1997", OECD/IEA, Paris.
- IEA 1999 (b), "Energy policies of IEA countries", OECD/IEA, Paris.
- ISTAT 1999, "Annuario statistico italiano", ISTAT, Roma.
- Lanza A. 1999, "The Clean Development Mechanism: investment implications", IEA, Paris.
- Ministero dell'Ambiente 1998, "Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra", in Staffetta Quotidiana, 17 ottobre.
- OECD 1999, "OECD Environmental Data. Compendium 1999", OECD, Paris.
- Strotz R. H. 1955, "Myopia and inconsistency in dynamic utility maximisation", Review of Economic Studies, 1955-56
- The World Bank 1999, "World Development Indicators", The World Bank, Washington, D.C.

Publicato su Energia 2/2000