

8. Politiche ambientali in condizioni di asimmetria informativa

di Carlo Carraro e Ignazio Musu

1. Introduzione

Questo lavoro affronta i problemi che sorgono quando si debba valutare l'efficacia relativa degli strumenti economici della politica ambientale in condizioni di informazione asimmetrica. Come in altri campi della economia della regolazione, accade che la esplicita considerazione delle complicazioni informative non è senza effetto sulla valutazione dell'efficacia degli strumenti usati. Certe conclusioni semplicistiche che emergono dalla analisi di economia ambientale codificata nei libri di testo, in termini di raccomandazioni sulle politiche da seguire, vanno riviste; e ciò non è senza influenza sui possibili sviluppi concreti che si possono suggerire per le politiche economiche da adottare ai fini della tutela dell'ambiente.

Nelle considerazioni che seguono, la politica economica ambientale viene vista come un settore dell'economia della regolazione. In una prima parte, quella dedicata alla politica ambientale all'interno di un sistema economico, il regolatore esiste e il problema è quello di disegnare regole ottime di comportamento di tale regolatore attraverso la definizione di un meccanismo adeguato di incentivi compatibili. Nella seconda parte, quella dedicata alle politiche ambientali in un contesto internazionale, il regolatore non esiste e l'obiettivo ambientale viene perseguito coordinando le decisioni dei regolatori nei diversi paesi. In generale, il problema si complica; infatti occorre studiare sia le condizioni che incentivano alla cooperazione tra paesi, sia quelle che, una volta accettato l'accordo, lo rendono efficace e lo mantengono nel tempo; l'introduzione dell'asimmetria informativa rende ancor più difficile la definizione di accordi cooperativi stabili, sia per la difficoltà di definire trasferimenti compensativi, sia perché l'assenza di un'autorità centrale non permette di risolvere il problema attraverso la proposizione di adeguati incentivi alla rivelazione delle preferenze ambientali dei governi, sia infine per gli ostacoli che l'asimmetria informativa pone al monitoraggio di eventuali deviazioni dall'accordo. Nella terza parte, infine, si svolgono alcune considerazioni sulla natura degli strumenti economici più adatti per promuovere l'innovazione tecnologica in campo ambientale in condizioni di asimmetria informativa. Ciò al fine di attenuare il trade-off tra crescita e protezione am-

bientale che sovente l'analisi economica ha posto in rilievo. La sezione conclusiva propone alcune raccomandazioni di politica ambientale alla luce dell'analisi del ruolo e degli effetti dell'asimmetria informativa.

2. Regolazione ambientale e asimmetria informativa

I problemi di asimmetria informativa nella regolazione ambientale sono normalmente connessi al fatto che il regolatore non conosce le possibilità tecnologiche delle imprese ed in particolare le loro funzioni di costo di abbattimento. Immaginiamo per un momento che il regolatore abbia davanti una sola impresa. Esisterà una funzione di beneficio netto privato che è legata direttamente al livello delle emissioni, ma che è anche funzione di una variabile casuale che riflette l'incertezza del regolatore sulle possibilità tecnologiche dell'impresa. Si assume che la distribuzione di probabilità di questa variabile casuale è nota sia all'impresa sia al regolatore. Esisterà inoltre una funzione del danno sociale che cresce al crescere delle emissioni inquinanti.

Il regolatore e l'impresa perseguono obiettivi diversi: il regolatore massimizza il valore atteso del beneficio netto sociale derivante dalle emissioni, mentre l'impresa massimizza il beneficio netto privato.

Da questa constatazione deriva immediatamente il criterio che il regolatore deve adottare per impostare una corretta politica di incentivazione. Egli deve fare in modo che l'obiettivo dell'impresa sia lo stesso suo obiettivo in una condizione di asimmetria informativa nella quale egli non conosce la variabile casuale rappresentativa dei costi di abbattimento, mentre questa informazione è ovviamente in possesso dell'impresa. Il criterio da seguire sarà allora di imporre una tassa uguale al danno ambientale, più o meno una costante. In questo modo l'impresa finisce per massimizzare una funzione che è esattamente pari al beneficio netto sociale, a meno di una costante, ma questo comporta che la condizione necessaria per un massimo sia la stessa per l'impresa e per il regolatore.

Naturalmente, il regolatore non può conoscere con esattezza la quantità di inquinanti che verrà emessa, ma egli verrà in possesso di una funzione che lega tali emissioni ottimali al valore della variabile casuale tecnologica e quindi sarà in grado di calcolare le emissioni come funzione di tale variabile.

L'aspetto interessante di questa pur semplice prima conclusione sulla regolazione ambientale in condizioni di asimmetria informativa è che *l'aliquota marginale sull'incremento di inquinamento non sarà indipendente dal livello di inquinamento stesso* [Dasgupta, Hammond, Maskin 1980].

Quando le imprese sono più d'una, sorge l'ulteriore complicazione

riguardante la diversità nelle tecnologie di abbattimento delle diverse imprese. Il regolatore può in questo caso accontentarsi di seguire quella che si chiama *one-way communication* sulla base della quale stabilirà la regola di tassazione solo basandosi sulla sua capacità di monitorare i livelli di emissione.

La tassazione di una generica impresa, come funzione del livello di emissioni di quella impresa, obbedisce ancora una volta al criterio di rendere la funzione da massimizzare per l'impresa la stessa di quella del regolatore. In questo caso esistono tante variabili casuali tecnologiche indipendenti quante sono le imprese: si assume che le distribuzioni di probabilità di queste variabili casuali sono conosciute da tutti. Perciò il regolatore può calcolare per ciascuna impresa i livelli di emissioni che massimizzano il beneficio netto sociale atteso, con il vincolo che l'informazione sulla tecnologia rimanga un fatto privato dell'impresa stessa. Ottiene in questo modo dei livelli ottimali di inquinamento di secondo ordine diversi da impresa a impresa.

Per fare in modo che le imprese raggiungano questi livelli di inquinamento il regolatore calcolerà delle tasse per ogni impresa pari alla differenza tra il valore del danno sociale ambientale e il beneficio atteso per le altre imprese (più o meno una costante) collegato ai livelli di ottimo di secondo ordine appena calcolati.

Nel caso, invece, in cui il regolatore decida di seguire la *two ways communication* e cerchi di ottenere dalle imprese informazioni sulla loro tecnologia di abbattimento, egli dovrà chiedere alle imprese stesse di riferirgli i loro parametri tecnologici; in questo caso il suo problema è quello di avere delle informazioni corrette. Naturalmente, il regolatore deve informare le imprese che i valori da esse riportati sulle variabili casuali tecnologiche, nonché i loro livelli di emissione ottimali, verranno usati per calcolare i livelli di tassazione da imporre alle imprese stesse.

È necessario costruire delle funzioni di tassazione tali per cui ogni impresa trovi nel proprio interesse economico il riferire la verità indipendentemente da quello che fanno le altre imprese: dire la verità è cioè una strategia dominante per le imprese. In base al *Principio di Rivelazione*, esiste sempre una funzione di tassazione attraverso cui il regolatore ottiene l'informazione privata corretta da parte delle imprese.

Se il regolatore conosce i parametri tecnologici, per ogni dato livello di tali parametri la massimizzazione del beneficio netto sociale porterebbe ad una politica ambientale per cui ogni impresa può inquinare fino al punto in cui i suoi profitti marginali effettivi sono uguali al danno marginale dovuto all'inquinamento totale. Dati i parametri tecnologici, queste condizioni, una per ogni impresa, sarebbero sufficienti a stabilire i livelli ottimali di emissione. Ma questo vuol dire

anche che, se cambiano i parametri tecnologici, cambieranno le soluzioni di questo problema di ottimo di primo grado, e quindi che in definitiva le emissioni di ciascuna impresa possono essere scritte come funzioni dei parametri tecnologici. È da notare però che le emissioni ottimali di ciascuna impresa dipendono dai parametri tecnologici di tutte le imprese e non soltanto di quella che viene considerata. Ciò del resto è quanto l'intuizione suggerisce, perché la minimizzazione dei costi di abbattimento richiede che l'impresa che ha il costo marginale di abbattimento maggiore riduca le emissioni meno di un'altra impresa che ha un costo marginale di abbattimento minore.

Dunque, se anche il regolatore non conosce i parametri tecnologici delle imprese, egli può sempre calcolare queste funzioni che fanno dipendere le emissioni ottimali dal vettore dei parametri tecnologici. Egli potrà perciò usare l'informazione così costruita per determinare la regola di tassazione che costituisca anche un incentivo alla rivelazione dell'informazione corretta sulle funzioni di costi di abbattimento delle imprese.

Infatti se le imprese sanno che la loro informazione potrà essere usata in qualche modo «contro di loro», cercheranno di non fornire una informazione veritiera. E ancora una volta il criterio per indurle a dire la verità è stabilire la regola della tassazione in modo che l'obiettivo delle singole imprese coincida con quello del regolatore.

Si dimostra [Dasgupta, Hammond, Maskin 1980] che se il regolatore applica ad una impresa una *tassa pari alla differenza tra il danno sociale e la somma dei benefici delle altre imprese*, e se queste grandezze (danno e benefici) sono funzioni delle emissioni ottimali a loro volta espresse come funzioni del vettore dei parametri tecnologici, ciascuna impresa che voglia massimizzare la differenza tra beneficio privato e tassa, troverà conveniente rivelare il proprio parametro tecnologico corretto. Bisogna infatti tenere presente che le funzioni che legano i livelli di emissione al vettore dei parametri tecnologici sono state stabilite rispettando le condizioni per l'ottimo sociale di primo grado che corrisponde all'informazione completa.

Uno dei problemi più sentiti nel dibattito corrente sulla politica economica ambientale è quello del legame che intercorre tra i benefici dell'abbattimento dell'inquinamento e i benefici derivanti dall'attività economica che genera l'inquinamento come un prodotto congiunto non desiderato. I danni che derivano all'ambiente devono essere infatti messi a confronto con i guadagni dello scambio nel mercato dei prodotti; si può anche dire che, siccome il prodotto totale è una funzione crescente delle emissioni generate dalle varie imprese, e quindi l'abbattimento dell'inquinamento riduce il prodotto totale aumentando i prezzi, *i benefici della riduzione dell'inquinamento devono essere*

confrontati con i maggiori prezzi del prodotto finale e i maggiori costi di abbattimento che tale riduzione dell'inquinamento comporta.

Questo problema è in particolare affrontato in un recente lavoro di Spulber [1988]. Esistono dei parametri tecnologici rappresentati da una variabile casuale la cui distribuzione di probabilità è conoscenza comune; questi parametri sono diversi da impresa a impresa e sono compresi nell'intervallo tra zero e l'unità. Quanto più elevato è tale parametro tanto minori sono i costi di produzione e però tanto maggiori sono i costi per la riduzione dell'abbattimento.

Le imprese inviano i loro messaggi sui costi di produzione e di abbattimento al regolatore seguendo un comportamento di tipo non cooperativo. Il problema del regolatore è ancora quello di costruire un meccanismo di incentivazione che induca le imprese a rivelare informazioni corrette. Tale meccanismo è costituito da una regola che assegna alle varie imprese livelli differenziati di emissione e livelli differenziati di tassazione.

Devono essere rispettati dei vincoli di compatibilità degli incentivi e di razionalità individuale sia da parte delle imprese sia da parte dei consumatori. Il vincolo di compatibilità degli incentivi per le imprese è ovviamente che il profitto di ciascuna quando rivela il parametro tecnologico corretto deve essere superiore al profitto che riceve quando trasmette una informazione non corretta. Il vincolo di razionalità individuale per le imprese deve comportare profitti non negativi per tutti i valori possibili del parametro tecnologico. Il vincolo di razionalità individuale per i consumatori deve tener conto del fatto che si assume equilibrio di bilancio per l'intera operazione di regolazione nel senso che il ricavato della tassazione sulle imprese viene redistribuito in somme fisse ai consumatori; perciò il vincolo di razionalità per i consumatori implica la non negatività dell'espressione rappresentata dal surplus netto *meno* il danno ambientale *più* le tasse.

In conformità con l'analisi usuale dell'economia del benessere, possiamo definire come beneficio netto sociale la differenza tra surplus dei consumatori e costi totali compresi quelli sociali derivanti dall'inquinamento. L'aggregazione dei vincoli di razionalità dei consumatori e delle imprese non può però risolversi nel richiedere un valore non negativo per questo beneficio netto sociale. Infatti nei profitti delle imprese si devono anche includere le rendite da informazione derivanti dal fatto che l'informazione sui parametri tecnologici è un fatto privato e che dunque per cedere questa informazione le imprese stesse devono essere compensate. Il vincolo di razionalità del problema di regolazione richiede dunque che il beneficio netto sociale sia superiore o al massimo uguale alla somma delle rendite da informazione delle imprese.

La soluzione del problema di regolazione è diversa a seconda che

tale vincolo agisca o non agisca. Se il vincolo non agisce, il meccanismo di incentivazione è in grado di raggiungere un ottimo di primo grado corrispondente a quello di informazione completa. Ma se il vincolo agisce, ciò corrisponde all'introduzione esplicita di un prezzo-ombra associato a tale vincolo.

Per capire il significato di tale prezzo-ombra, dobbiamo riflettere sul fatto che il beneficio netto sociale, come è stato sopra definito, è una funzione concava nelle emissioni delle varie imprese. Se il problema è solo quello di massimizzare il beneficio netto sociale, senza bisogno di tener conto del vincolo derivante dall'esistenza di rendite da informazione, la soluzione starà nel punto in cui il beneficio marginale netto sociale è nullo. Ma se il vincolo sulle rendite da informazione agisce, la soluzione implica che il beneficio marginale netto sociale deve essere positivo.

Essendo il mercato del prodotto un mercato concorrenziale, il prezzo del prodotto dovrà essere uguale al costo marginale di produzione; perciò la positività al margine del beneficio netto sociale non può altro che manifestarsi come segno negativo della somma delle variazioni marginali del danno ambientale e del costo di abbattimento. *Le emissioni ottimali dovranno cioè essere tali che un loro aumento comporti un aumento del danno minore della riduzione del costo di abbattimento:* e questo comporta che le emissioni saranno minori di quelle per cui il danno marginale è uguale al costo marginale di abbattimento. In altri termini le emissioni devono essere minori di quelle corrispondenti all'ottimo di informazione completa.

Il risultato di tutto ciò è che *l'asimmetria informativa rende la politica ambientale eccessivamente restrittiva accentuando così gli effetti negativi che la tutela dell'ambiente ha sull'attività economica delle imprese.* Si tratta chiaramente di un ottimo di secondo grado il cui costo, ossia il costo dell'operazione volta ad ottenere informazioni corrette, si traduce in una riduzione di prodotto.

L'analisi di Spulber ha il pregio di mettere bene in evidenza come la presenza di informazione asimmetrica complichino notevolmente il problema degli obiettivi della politica di regolazione ambientale, richiedendo anche una maggiore complessità di strumenti. Si tratta infatti non solo di inviare un incentivo sotto la forma della tassazione delle emissioni per poi lasciare agire il mercato (in condizioni di concorrenza perfetta), ma di inviare anche, sia un segnale di regolazione quantitativa delle emissioni differenziata per impresa, sia un segnale di incentivo di prezzo. Il ruolo dell'incentivo di prezzo, sotto forma di tasse differenziate per impresa, è specificamente quello di indurre le imprese stesse ad una rivelazione corretta delle preferenze.

Questo ruolo dello strumento della tassazione appare ancora più chiaramente se eliminiamo dal quadro la pluralità delle imprese e

consideriamo il problema della regolazione con un rapporto bilaterale fra l'autorità di regolazione da un lato e un'impresa monopolista: in questo caso, infatti, il regolatore può svolgere nei confronti del monopolista una politica di prezzo e può perciò stabilire il prezzo, sempre in funzione dell'informazione rivelata dall'impresa nella forma di un parametro tecnologico, in modo che esso incorpori il danno marginale ambientale come una tassa implicita per incoraggiare l'abbattimento delle emissioni [Baron 1985]. Inoltre il regolatore può imporre all'impresa uno standard sulla tecnologia di abbattimento. In questo caso, *la tassa sulle emissioni viene assegnata come strumento esclusivamente all'obiettivo di scoraggiare l'impresa dal rivelare una informazione tecnologica non corretta*, mentre lo standard tecnologico e la regolazione del prezzo sono strumenti sufficienti per conseguire l'obiettivo in termini di abbattimento.

Si può così comprendere perché l'analisi di Baron [1985] conduca a raccomandare l'imposizione di una tassa sulle emissioni che sono inferiori ad un certo livello soglia, anziché su quelle che lo violano per eccesso, come sarebbe intuitivo. Ciò è dovuto proprio all'uso della tassa ambientale non tanto per contenere le emissioni (a questo obiettivo vengono assegnati altri strumenti), quanto per indurre le imprese a rivelare correttamente l'informazione in loro possesso.

Le conclusioni illustrate in questa sezione sono relative a situazioni in cui la politica ambientale viene applicata ad imprese che operano in concorrenza perfetta, oppure ad una impresa monopolista. Mancano invece estensioni a problemi in cui le imprese interagiscono tra loro o perché operano in mercati oligopolistici, o perché i parametri tecnologici su cui hanno un vantaggio informativo sono tra loro interdipendenti. Tali situazioni possono essere trattate applicando i contributi di teoria della regolazione dovuti a Demsky-Sappington [1984] e a Ma-Moore-Turnbull [1988].

Possiamo concludere che la presenza di asimmetria informativa rende molto più complessa l'attuazione di una politica di regolazione al punto da non poter ignorare i costi di attuazione di tale politica. Anche considerando il fatto che una politica di regolazione risulta con una notevole probabilità in una allocazione di secondo grado, acquista tanto maggiore rilevanza la possibilità di usare una impostazione di politica ambientale che sia più limitata negli obiettivi, ma che possa risparmiare sui costi per l'acquisizione delle informazioni. Una simile politica è per esempio quella che, sulla base di informazioni di tipo ecologico, stabilisce degli standard aggregati e poi si preoccupa di raggiungerli al minimo costo usando come strumento non tanto quello della tassazione, che ancora una volta porrebbe il regolatore di fronte al problema della rivelazione dell'informazione tecnologica, ma quello di un sistema di permessi negoziabili di emissioni. Se il merca-

to dei permessi è concorrenziale, sarà il prezzo dei permessi a rivelare *ex-post* in modo corretto le informazioni sulla stessa tecnologia di abbattimento perché tale prezzo dovrà essere uguale al costo marginale di abbattimento.

Oppure, siccome esistono chiaramente dei costi di transazione per organizzare politiche regolative in condizione di informazione asimmetrica, si pone il problema se non sia relativamente meno costoso da parte del regolatore investire risorse per acquisire direttamente, attraverso l'osservazione dei processi e livelli produttivi delle imprese inquinanti, le informazioni sulla tecnologia.

3. Il coordinamento internazionale delle politiche ambientali in presenza di informazione asimmetrica

I problemi e le metodologie esaminati nella sezione precedente trovano applicazione anche nel caso in cui le politiche ambientali assumano una dimensione internazionale. I motivi per cui le politiche ambientali vengono valutate, in misura crescente, in un contesto internazionale sono essenzialmente due: *i*) i fenomeni inquinanti travalicano i confini nazionali nella gran parte dei casi (si pensi all'effetto serra, al buco nella fascia d'ozono, alle piogge acide, ai problemi di deforestazione e desertificazione); *ii*) le politiche ambientali producono effetti collaterali sulla struttura industriale, sulla dinamica dei risparmi, sui flussi commerciali (e viceversa): in un'economia aperta tali effetti rendono le politiche ambientali adottate in paesi diversi strettamente interdipendenti.

Ciò che rende il problema del coordinamento internazionale delle politiche ambientali difficile da risolvere è, da un lato, l'impossibilità di assegnare diritti di proprietà su beni quali l'atmosfera, gli oceani, lo strato d'ozono, che per le loro caratteristiche sono comuni a tutti i paesi, dall'altro, l'assenza di una autorità sovra-nazionale che possa imporre l'introduzione di misure per la protezione dell'ambiente. Ne consegue che l'adozione di politiche ambientali internazionali non può avvenire che attraverso accordi volontari tra i diversi paesi. Tali accordi devono quindi convenire, in termini di welfare, ai paesi che vi aderiscono e devono essere inoltre stabili, vale a dire devono essere annullati gli incentivi ad approfittare della cooperazione altrui per beneficiare di un ambiente «pulito» senza pagarne i costi.

L'interazione tra le decisioni di politica ambientale in sede comunitaria o addirittura mondiale è stata oggetto di numerose analisi volte a mettere in luce la difficoltà di armonizzare e coordinare decisioni prese in paesi diversi [Hoel 1990a; Barrett 1990; Maler 1990]. Risultati più favorevoli all'introduzione di politiche ambientali coordinate internazionalmente sono invece contenuti in Carraro-Siniscalco

[1991]. Obiettivo di questa sezione è discutere i problemi che nascono dall'introduzione dell'asimmetria informativa nei modelli che analizzano il coordinamento internazionale delle politiche ambientali, valutandone le implicazioni e proponendo delle soluzioni.

3.1. Politiche per il controllo dell'inquinamento globale

Consideriamo innanzitutto il caso più immediato, in cui l'interazione tra le decisioni di paesi diversi deriva dall'interazione tra flussi di inquinamenti nel provocare fenomeni di inquinamento globale. Il caso più ovvio è quello delle emissioni di CO₂ [Hoel 1990b]: i processi di combustione in ciascun singolo paese sono all'origine di emissioni di CO₂ che, congiungendosi alle emissioni degli altri paesi, danno luogo al cosiddetto «effetto serra». In modo analogo, le emissioni di CFC sono la causa principale del «buco dell'ozono» e dei tentativi di coordinare l'azione di tutti i paesi al fine di limitarne l'impatto ambientale [Markandya 1990].

Lo schema teorico proposto nella gran parte della letteratura per studiare fenomeni di inquinamento globale è molto semplice. Date le emissioni di un singolo paese, esiste una funzione che descrive i benefici derivanti a quel paese da un dato livello di emissioni. Tali benefici sono legati al minor costo di produzione di tecnologie più inquinanti, al ridursi dei costi di abbattimento mano a mano che crescono le emissioni, alle maggiori prestazioni di prodotti più inquinanti, etc. Si assume normalmente che i benefici in un certo paese dipendano solo dalle emissioni generate in tale paese.

Viene inoltre definita una funzione che rappresenta per ogni paese i costi derivanti dalle emissioni inquinanti. Tali costi dipendono dalle emissioni di *tutti* i paesi, proprio perché il danno ambientale e le sue conseguenze sul benessere di ciascuna nazione originano dalla somma o comunque dall'interazione delle emissioni di tutte.

La forma delle funzioni di beneficio e di costo dipende ovviamente dalle preferenze della popolazione in ciascun paese (tralasciando per il momento i problemi relativi alla definizione di una funzione di benessere aggregata o all'applicazione della teoria delle votazioni per definire benefici e costi ambientali). È tuttavia evidente la difficoltà di misurare i benefici e costi derivanti dalle emissioni inquinanti, che dipendono in gran parte, soprattutto per quanto riguarda i costi, da una percezione soggettiva del valore del bene ambiente.

Ciascun governo mette in atto politiche ambientali volte a conseguire quel livello di emissioni che massimizza la differenza tra benefici e costi per il proprio paese. La politica ottima nel caso in cui ciascun governo fissi unilateralmente il livello di emissioni preferito, considerando dato il livello di emissioni all'estero, è definita dall'uguaglianza

tra benefici marginali e costi marginali in ciascun paese. Il vettore delle emissioni, soluzione delle condizioni di ottimo relative ai vari paesi, costituisce il vettore di equilibrio di Nash del gioco di politica ambientale.

Tale equilibrio è dominato (nel senso di Pareto) dall'esito cooperativo in cui i paesi si accordano per internalizzare l'impatto che le emissioni di ciascuno ha sull'ambiente altrui. A tale accordo si giunge attraverso un processo di contrattazione che distribuisce tra tutti i paesi l'onere di contrarre le emissioni fino al punto globalmente ottimo in funzione dei benefici e dei costi che ne derivano. Paesi in cui il costo derivante dalla riduzione delle emissioni sia basso e che più degli altri influenzano il livello globale di inquinamento dovranno mettere in atto politiche volte a conseguire un più elevato contenimento delle emissioni.

Supponendo di utilizzare gli assiomi proposti da Nash, il vettore di emissioni definito dall'accordo cooperativo si ottiene massimizzando il prodotto delle differenze tra il benessere di ciascun paese e il benessere conseguibile in modo non-cooperativo. È agevole dimostrare che, se tutti i paesi decidono di cooperare, esiste sempre un vettore di emissioni tale che: *a*) in tutti i paesi le emissioni sono minori o uguali a quelle ottimali se i paesi non cooperano; *b*) tutti i paesi conseguono in questo modo un benessere maggiore o uguale a quello che conseguirebbero senza coordinare le loro politiche ambientali.

Non è tuttavia agevole mettere in pratica una tale soluzione. I problemi che si incontrano sono facili da intuire, anche senza una dimostrazione analitica:

i) è possibile che l'accordo cooperativo, benché profittevole, sia instabile, vale a dire ciascun paese trovi conveniente approfittare dell'accresciuto contenimento delle emissioni altrui, per aumentare le proprie. Il danno aumenterebbe infatti in misura minima, mentre i benefici sarebbero rilevanti;

ii) è possibile che esistano coalizioni costituite da sottoinsiemi di paesi la cui azione rende profittevole il contenimento delle emissioni, anche se i paesi rimanenti agiscono in modo non cooperativo. Tali coalizioni sono stabili nel senso che la defezione di uno dei suoi membri ridurrebbe il beneficio dei paesi che non cooperano in modo tale che ciascuno di questi ultimi preferirebbe far parte della coalizione (si veda Carraro-Siniscalco [1991] per una definizione rigorosa). Tuttavia, il benessere del paese che appartiene ad una coalizione stabile è comunque inferiore a quello del paese che non coopera, per cui rimane indeterminata l'individuazione dei paesi che accettano di coordinare le loro politiche ambientali;

iii) anche se coalizioni stabili esistono, queste sono generalmente

formate da un numero di giocatori troppo limitato per ridurre in modo sufficiente le emissioni totali;

iv) se i benefici e i costi derivanti dalle emissioni inquinanti non sono direttamente osservabili, ciascun paese ha un incentivo a dichiarare che una riduzione delle emissioni ha un costo per lui elevato, in modo da scaricare sugli altri paesi l'onere del contenimento delle emissioni.

Il primo e il quarto problema sono tipici fenomeni di *free-riding*, il primo nello spazio delle decisioni di politica ambientale, il quarto nello spazio delle decisioni sulla diffusione delle informazioni (per rivelare le proprie preferenze). Il secondo è invece un problema di coordinamento nel metagioco che definisce le subcoalizioni profittevoli (dato il fatto che comunque la strategia più conveniente è quella di lasciare agli altri il compito di ridurre le emissioni inquinanti). Infine, il terzo problema mette in dubbio la rilevanza pratica di accordi internazionali sottoscritti da un numero limitato di paesi.

Il primo problema si risolve mettendo in atto adeguati meccanismi di deterrenza nei confronti di eventuali tentativi di non rispettare l'accordo cooperativo. Ciò è possibile solo integrando nell'analisi gli aspetti dinamici del problema ambientale.

Il secondo problema si risolve, ancora in un contesto intertemporale, se esistono tra i paesi asimmetrie tali da spingere un sottogruppo a mettere in atto prima degli altri programmi di contenimento delle emissioni (perché ciò ha un costo inferiore nel sottogruppo di paesi, perché la consapevolezza ambientale di quegli elettori è superiore, perché quei governi sono meno miopi ossia hanno un minor tasso di sconto, etc.).

Il terzo problema può essere risolto attraverso opportuni trasferimenti compensativi che inducano alla cooperazione paesi che non ritengono strategicamente vantaggioso cooperare. Ciò permette di pervenire a coalizioni stabili formate da un numero elevato di giocatori (e quindi efficaci sul piano della protezione dell'ambiente globale) solo se ai trasferimenti si associano due altre condizioni [Carraro-Siniscalco 1991]:

a) almeno una parte dei paesi della coalizione stabile originaria sono vincolati a cooperare. Ciò può essere giustificato dall'esistenza di accordi a cooperare su altri aspetti della politica economica (come nel caso dei paesi CEE) per cui non vi è incentivo a deviare da accordi di tipo ambientale;

b) i trasferimenti compensativi non vengono dai paesi che cooperano per far entrare nella coalizione quelli che non cooperano (tale strategia non può produrre coalizioni stabili in assenza della condizione a)), ma vengono piuttosto dai paesi che non cooperano per indurre altri paesi a cooperare. Questo è il caso in cui paesi ricchi, con alti

costi di abbattimento, preferiscono finanziare la riduzione dell'inquinamento in paesi con bassi costi di abbattimento e limitate risorse economiche. Esempi sono quello della Finlandia che finanzia programmi di riduzione delle emissioni nella penisola di Kola o della Germania che sussidia le politiche ambientali in Polonia.

Va infine rilevato che politiche che associno al coordinamento delle politiche ambientali dei trasferimenti compensativi sono possibili solo attraverso il coordinamento di un altro tipo di politica (commerciale, finanziaria, o altra) attraverso cui operare i trasferimenti compensativi.

Il quarto problema investe direttamente il ruolo che l'asimmetria informativa ha nel condizionare l'efficacia delle politiche ambientali internazionali e verrà esaminato più in dettaglio nel seguito.

L'ipotesi di base è che ciascun paese disponga di un vantaggio informativo nei confronti degli altri paesi, in quanto conosce i parametri delle proprie funzioni di beneficio e danno, sui quali invece gli altri paesi possono soltanto costruire delle distribuzioni di probabilità (è quindi un problema di *adverse selection*). Un accordo cooperativo in cui il livello di emissioni da raggiungere è funzione delle caratteristiche di ciascun paese non è quindi realizzabile in quanto ciascun paese tenderebbe a denunciare dei costi di contenimento superiori per trarre il massimo vantaggio di una minor riduzione delle emissioni. Ciò ha spinto alcuni autori [Hoel 1990a; Barrett 1990], e i governi di numerosi paesi, a considerare programmi di riduzione delle emissioni simmetrici, in cui tutti i paesi devono ridurre le emissioni nella stessa proporzione (*equilibrio pooling*). Ciò ha delle ovvie conseguenze: *a*) tali programmi sono ottimali solo se i paesi interessati sono uguali (stessa struttura economica, stesse preferenze, stesse dotazioni di risorse); *b*) è possibile che non esista un accordo per cui tutti i paesi trovano conveniente ridurre le proprie emissioni (sempre relativamente al caso non-cooperativo). In generale, solo una parte dei paesi trarrà vantaggio dall'accordo e lo metterà in atto.

Queste considerazioni spingono ad esaminare la possibilità che vi siano altri programmi di coordinamento delle politiche ambientali che, affrontando direttamente, anziché evitando, il problema dell'asimmetria informativa, diano risultati migliori del programma che prevede una riduzione uniforme delle emissioni in tutti i paesi.

Si noti innanzitutto che, come si è già visto nel paragrafo precedente, in condizioni di asimmetria informativa gli obiettivi da conseguire sono due: la protezione dell'ambiente e la rivelazione dell'informazione privata. Ne consegue la necessità di disporre di almeno due strumenti: la riduzione delle emissioni, per aumentare la qualità ambientale, e un sistema di incentivi (sussidi, trasferimenti, permessi o

tasse), per indurre i diversi paesi a rivelare in modo veritiero il costo conseguente ad una riduzione delle emissioni. Ciò rende possibile una differenziazione dei livelli di emissione da raggiungere in funzione delle caratteristiche proprie di ciascun paese (*equilibrio separating*).

Questo risultato, diretta applicazione della teoria della regolazione e dei meccanismi con incentivi compatibili [Guesnerie-Laffont 1984], porta ad una prima importante conclusione: *il coordinamento internazionale delle politiche ambientali, per essere efficace, non può passare solo attraverso una riduzione coordinata e differenziata delle emissioni*. È necessario integrare alla politica ambientale anche un'altra politica (commerciale, finanziaria, energetica, etc.) che permetta di conseguire una protezione dell'ambiente generalizzata e non limitata a pochi paesi che traggono vantaggio da una riduzione uniforme delle emissioni.

Un secondo punto di grande importanza emerge quando si considerino problemi di coordinamento internazionale delle politiche ambientali in condizioni di asimmetria informativa. È ragionevole ritenere che l'applicazione di un accordo cooperativo di natura complessa come quello che prevede la differenziazione dei livelli di riduzione delle emissioni e un sistema di trasferimenti compensativi (politiche complementari) per indurre la rivelazione delle preferenze, necessiti della costituzione di una Agenzia Internazionale dell'Ambiente. Poiché tuttavia il sistema di trasferimenti è costoso (premi all'informazione), l'Agenzia avrebbe l'incentivo a pagare questi premi solo nel primo periodo di attuazione del programma: ciò è infatti sufficiente a rivelare le caratteristiche di ciascun paese, spingendo l'agenzia a non pagare i premi, o a modificare gli obiettivi imposti al paese, nei periodi successivi (tale fenomeno è chiamato «ratcheting effect» in Laffont-Tirole [1988]). Se i governi anticipano tale fenomeno, non riveleranno l'informazione nemmeno nel primo periodo, rendendo possibile solo il programma di riduzioni uniformi (*equilibrio pooling*), che risulta inefficiente. Ne consegue che *un altro requisito fondamentale delle politiche ambientali in condizioni di asimmetria informativa è l'impegno a pagare i premi all'informazione anche dopo che l'informazione è stata acquisita*. Questo tipo di impegno è ovviamente temporalmente incoerente, oltre che costoso, e solo adeguati meccanismi di reputazione e adeguate risorse finanziarie possono sostenerlo.

Anche per questa via si conferma quindi la necessità di stabilire un'Agenzia per la protezione ambientale, sovranazionale e indipendente, con l'autorità, il carisma e le risorse necessari a portare avanti programmi ambientali dotati delle tre caratteristiche ora menzionate: riduzioni differenziate e specifiche per paese, trasferimenti o integrazione di altre politiche come premio all'informazione, impegno a mantenere il programma inalterato nei periodi futuri.

3.2. Politiche commerciali e protezione ambientale

La necessità di coordinare le politiche ambientali a livello internazionale deriva non soltanto dalle esternalità legate ai flussi di inquinanti e/o all'impatto di tali flussi sull'ambiente globale, ma anche dalla interconnessione che le politiche ambientali hanno con altre politiche (commerciali, fiscali, energetiche, monetarie) che, in un mondo con economie interdipendenti, sono all'origine di altre esternalità.

Consideriamo un semplice esempio: Brander-Spencer [1985] propongono un modello di un'industria oligopolistica in cui le imprese sono situate in due paesi diversi, ma il mercato del bene è unico. In tale contesto, la politica commerciale ottimale per ciascun governo consiste nel sussidiare la produzione dell'impresa nazionale. È tuttavia facile dimostrare che se tra gli obiettivi del governo vi è anche la protezione dell'ambiente e se questo obiettivo è sufficientemente importante, rispetto a quello di massimizzare i profitti dell'industria, allora la politica commerciale ottimale può essere una tassa sulla produzione anziché un sussidio.

Se tuttavia i due paesi coordinano le loro politiche commerciali in funzione anche di obiettivi ambientali, la tassa tende a ridursi e il livello di produzione tende ad aumentare. Questo risultato vale anche se le emissioni hanno un impatto negativo solo nel paese in cui originano.

Questo esempio è ovvio in quanto si tratta di un caso in cui uno strumento viene utilizzato per conseguire due obiettivi, ma risulta meno ovvio se si pensa come sia sovente impossibile distinguere e separare politiche commerciali e politiche ambientali.

Consideriamo ora un caso in cui all'interazione tra politiche commerciali e ambientali sia associato anche un problema di asimmetria informativa. Supponiamo che il governo di un paese miri a conseguire un dato livello di emissioni. La politica che intende mettere in atto prevede l'obbligo di installare impianti di abbattimento o di modificare la tecnologia produttiva in modo da ridurre il rapporto emissioni/prodotto. Tale politica ha il vantaggio di limitare l'impatto sui livelli di produzione e di lasciare alla politica dei sussidi alla produzione l'obiettivo di aumentare la quota di mercato dell'impresa nazionale. Supponiamo che il governo voglia applicare tale politica ad un'industria in cui le imprese nazionali competono su un unico mercato (di un bene omogeneo) con le imprese di un altro paese il cui governo non adotta la politica ambientale.

Assumiamo infine che le imprese dispongano di un vantaggio informativo per cui conoscono sia i costi di realizzazione dell'impianto che i costi indiretti legati all'attività di ricerca e sviluppo necessaria

alla sua progettazione o alla minor efficienza produttiva di tale impianto, mentre il governo osserva solo i primi. Ciò impedisce al governo di derivare le caratteristiche tecnologiche dell'impresa, vale a dire il suo rapporto emissioni-prodotto prima dell'implementazione della politica ambientale. Ciò è importante perché proprio imprese più inquinanti (con un maggior rapporto emissioni-prodotto) sopportano costi di progettazione e realizzazione dell'impianto per l'abbattimento più elevati. Se il governo intendesse sussidiare le imprese che attuano le sue direttive, ciascuna avrebbe l'incentivo a dichiarare costi indiretti di abbattimento superiori. Siamo quindi in presenza di un problema di *adverse selection* associato ad un problema di *moral hazard*.

In Carraro-Siniscalco [1990] si dimostra che proprio il contesto internazionale in cui operano le imprese spinge il governo che adotta unilateralmente il programma ambientale a sussidiare le proprie imprese, proprio per non spingerle fuori mercato (o a rifiutare il programma). Tale risultato è valido non solo in concorrenza perfetta, ma anche in alcune situazioni di oligopolio. Inoltre il sussidio, per essere efficiente, dovrà contenere anche un premio all'informazione da destinare alle imprese meno inquinanti affinché rivelino correttamente le caratteristiche ambientali della loro tecnologia. Infatti, tali imprese hanno un incentivo a far credere di dover sopportare alti costi di abbattimento per ricevere un sussidio superiore. Un *equilibrio pooling* (sussidio uguale per tutti) è quindi inefficiente (si trasferiscono alle imprese risorse in eccesso), mentre nell'*equilibrio separating* le imprese meno inquinanti conseguono extra-profitti.

Supponiamo ora che la struttura industriale e la tecnologia nei due paesi sia la stessa. Se i due governi coordinassero le loro politiche ambientali, accordandosi su uno stesso livello di emissioni considerato ottimale e imponendolo alle imprese, non vi sarebbe bisogno di sussidiare il programma ambientale delle imprese, in quanto la competitività delle imprese nazionali non verrebbe modificata (eventualmente si potrebbe integrare la politica commerciale per tener conto degli effetti di un diverso livello dei costi operativi). Inoltre, anche per indurre le imprese a rivelare l'informazione di cui dispongono, il sussidio non è più uno strumento necessario. È infatti possibile utilizzare una tassa opportunamente disegnata, come in Baron [1985], se tale politica viene seguita nei due paesi.

Il coordinamento internazionale delle politiche ambientali modifica quindi non soltanto tipo e natura di strumenti, ma la filosofia stessa dell'intervento: da un approccio *victim pays*, attraverso il coordinamento, è possibile arrivare ad implementare un approccio *polluter pays*.

4. Politiche ambientali, incertezza e progresso tecnico

Consideriamo ora in dettaglio il caso in cui la tecnologia delle imprese possa essere scelta anche in funzione delle decisioni di politica ambientale, per cui quest'ultima è in grado di modificare non solo il livello di produzione ma anche il rapporto emissioni-prodotto. Tale situazione era stata esaminata anche nella sezione precedente, analizzando il ruolo delle politiche commerciali; qui si vuole approfondire tale analisi, individuando quali politiche ambientali forniscano l'incentivo maggiore ad adottare innovazioni tecnologiche che riducano i costi di abbattimento.

Si supponga che per l'impresa il costo marginale di eliminare una unità addizionale di emissioni sia una funzione crescente dell'abbattimento complessivo. Si assuma inoltre che esistano delle innovazioni tecnologiche in grado di abbassare tutta la curva del costo marginale di abbattimento. Tale innovazione può essere ottenuta attraverso una certa spesa in R&S. L'impresa decide di innovare se il guadagno in termini di minori costi di abbattimento supera il costo dell'attività di R&S. Downing-White [1986] esaminano l'impatto sull'innovazione tecnologica di quattro tipi di politica ambientale: una tassa lineare sulle emissioni, un sussidio per unità di emissioni, un sistema di permessi di inquinamento, uno standard sulla quantità di emissioni ammissibile.

Per valutare il ruolo di questi strumenti si assume che la curva dei benefici marginali dell'attività di abbattimento sia decrescente, per cui il punto di ottimo è dato dall'uguaglianza tra benefici marginali e costi marginali. I risultati dipendono anche in questo caso dalla struttura del mercato. Per semplicità assumiamo che le imprese operino in condizioni di concorrenza perfetta. In tale contesto, lo strumento meno adeguato è lo standard, in quanto produce meno innovazione di quanto sarebbe socialmente ottimo. Gli altri tre strumenti sono equivalenti e permettono di raggiungere l'ottimo sociale.

Tale conclusione è tuttavia molto debole: manca una relazione tra livello della spesa in R&S e i tempi di adozione dell'innovazione, né si specifica il processo attraverso cui l'impresa giunge all'innovazione. Non vi è inoltre interazione tra le imprese dell'industria, per cui non si analizza il processo di diffusione dell'innovazione. Infine, le decisioni di mercato dell'impresa (produzione e/o prezzo) sono indipendenti da quelle relative alla tecnologia.

Il lavoro di Milliman-Prince [1989] ovvia ad uno di questi rilievi critici, introducendo nell'analisi il processo di diffusione dell'innovazione nell'industria. Le conclusioni tuttavia non si modificano di molto. Lo standard rimane il meno opportuno degli strumenti di politica ambientale, mentre gli altri strumenti sono da considerare equivalenti

(a meno di non introdurre la possibilità di *ratcheting* da parte del governo sotto la pressione delle attività di *lobbying* delle imprese).

Anche questo lavoro è tuttavia insoddisfacente, in quanto si tratta ancora di un'analisi di tipo statico che non permette di rappresentare in modo adeguato i processi di innovazione tecnologica. Anche il fenomeno della diffusione viene considerato un evento esogeno e istantaneo.

Un'elaborazione di gran lunga più soddisfacente è contenuta in Topa [1990] che, tra l'altro, permette anche alcune considerazioni sul ruolo delle asimmetrie informative. Gli elementi innovativi di tale modello sono: *a)* le imprese operano in un mercato oligopolistico; *b)* il processo di innovazione avviene nel tempo e le imprese scelgono la data ottima dell'innovazione; *c)* l'ottenimento dell'innovazione è costoso e tali costi crescono se l'impresa vuole accelerare i tempi dell'innovazione; *d)* l'attività di abbattimento è un prodotto congiunto dell'attività produttiva dell'impresa e il ruolo della tassa ambientale è quello di creare un mercato per tale prodotto, i due «beni» prodotti dall'impresa sono tra loro complementari; *e)* l'attività di innovazione rende l'impresa più competitiva sul mercato (fittizio) dell'abbattimento, ma meno competitiva sul mercato originario (del prodotto), in quanto aumenta i costi variabili di produzione.

Lo strumento di politica ambientale ipotizzato è una tassa non-lineare sulle emissioni (l'aliquota marginale è una funzione crescente del livello totale di emissioni). Un tale tipo di tassa era stato già proposto, come si è visto, in Dasgupta-Hammond-Maskin [1980] per conseguire un livello ottimo di abbattimento in condizioni di asimmetria informativa, senza innovazione tecnologica. In Topa [1990] si dimostra che un tale tipo di tassa induce un livello ottimale di innovazione e riduce al minimo il *trade-off* tra crescita e sviluppo. Inoltre, è proprio la struttura non lineare della tassa a rendere interdipendenti le decisioni dell'impresa sui due «mercati» (produzione e abbattimento).

Il gioco si svolge su due stadi: nel primo il governo fissa i parametri della funzione di tassazione; nel secondo, le imprese decidono se innovare o meno, e, nel primo caso, quando innovare; decidono inoltre i livelli di produzione e abbattimento.

Le conclusioni derivabili a partire da tale impianto teorico sono rilevanti e possono essere riassunte come segue: *a)* se il governo decide in modo opportuno la funzione di tassazione, le imprese trovano conveniente adottare una tecnologia meno inquinante e l'adozione è diffusa e non simultanea, anche se le imprese sono identiche; *b)* quando le imprese innovano, il livello di produzione si contrae in misura limitata a seguito della politica ambientale, si attenua così il *trade-off* crescita-ambiente e le imprese pagano inoltre minori tasse e

riducono le emissioni inquinanti in misura superiore che nel caso in cui mantenessero la precedente tecnologia; c) l'adozione dell'innovazione avviene tuttavia in ritardo rispetto ai tempi di adozione socialmente ottimi.

Quest'ultimo rilievo ci porta a considerare la possibilità che il governo cerchi di indurre le imprese ad accelerare i tempi di adozione dell'innovazione. Poiché la decisione delle imprese dipende dai costi di ricerca e sviluppo necessari per conseguire l'innovazione entro un certo lasso di tempo, e poiché è ragionevole supporre che tali costi siano un'informazione privata dell'impresa di cui il governo non dispone, si crea uno spazio per analizzare l'impatto dell'asimmetria informativa sulle politiche di regolazione ambientale volte ad indurre innovazione tecnologica.

Una delle regole, messe in rilievo in tutto questo lavoro, relative alle politiche ambientali in condizioni di asimmetria informativa è che tali politiche devono dotarsi di due strumenti: uno per conseguire l'obiettivo ambientale, l'altro per ottenere la rivelazione dell'informazione privata.

Tale regola vale anche in questo caso, per cui è possibile dimostrare che esiste uno schema di tasse ambientali non lineari e di sussidi all'innovazione attraverso cui il governo ottiene che le imprese non solo adottino tecnologie meno inquinanti, anche se più costose, ma lo facciano nei tempi socialmente ottimi, senza dilazionare nel tempo l'adozione della nuova tecnologia. Nel sussidio va incluso non solo l'incentivo ad accelerare l'innovazione, ma anche il premio all'informazione per le imprese con minori costi di adozione dell'innovazione (perché queste hanno un incentivo a dichiarare costi maggiori di quelli effettivi).

5. Conclusioni

Anche se molto lavoro rimane da fare in questo campo (si dovrebbe ad esempio assumere che la scoperta della nuova tecnologia è incerta e che l'impresa gode di un vantaggio informativo sulla probabilità di scoperta in un dato istante di tempo), si possono derivare alcune conclusioni dall'analisi precedente.

Innanzitutto, è fondamentale analizzare l'impatto delle politiche ambientali su tutte le decisioni dell'impresa e non solo su quelle di produzione e abbattimento: le conclusioni possono radicalmente modificarsi se le imprese innovano.

In secondo luogo, gli strumenti di politica ambientale non vanno considerati come alternativi. Poiché gli obiettivi sono molteplici (minori emissioni, innovazione tecnologica, adozione rapida, competitivi-

tà sui mercati, rivelazione dell'informazione privata, etc.), vanno utilizzati numerosi strumenti, combinando tra loro quelli disponibili.

In terzo luogo, e questo con particolare riferimento al livello internazionale, viene messa in luce la ulteriore necessità che si dia luogo ad appropriate istituzioni, quali una agenzia internazionale dell'ambiente, in condizioni di asimmetria informativa; infatti l'esistenza di asimmetria toglie una delle possibilità di poter contare su meccanismi diretti di contrattazione.

Inoltre, nella costruzione della politica ambientale vanno tenuti in considerazione i costi legati alla necessità di ottenere dalle imprese o dai paesi le informazioni di cui dispongono. Ciò può portare a delle soluzioni non completamente ottimali, ma ad ottimi di secondo grado.

Infine sono emerse alcune ragioni di inefficienza in un approccio dinamico, in quanto il meccanismo di incentivo associato alla rivelazione dell'informazione si rivela rigido e non adattabile al cambiamento nei contenuti dell'informazione stessa: infatti se tale adattamento avvenisse, questo evento verrebbe incorporato nelle decisioni degli agenti e scoraggerebbe la rivelazione dell'informazione.

Tali conclusioni potrebbero allora indurre l'autorità responsabile della politica ambientale a ricercare essa stessa l'informazione utilizzandola per fissare delle soglie da sottoporre a regolazione quantitativa, lasciando al meccanismo di mercato di raggiungere tale soglia nel modo più efficiente: questo è indubbiamente un fattore a favore della utilizzazione dei permessi negoziabili di emissione che sono tra l'altro in grado di garantire equilibri del tipo *separating*. Naturalmente esistono costi anche per la realizzazione di questi mercati.

Sul problema dello strumento ottimo (tassa, sussidio, permesso, standard, etc.) con cui conseguire un obiettivo ambientale, le conclusioni dell'analisi sono le seguenti:

i) sia a causa della presenza di asimmetria informativa, sia a causa dell'instabilità di accordi di cooperazione internazionale, è indispensabile valutare assieme gli effetti di più strumenti e più politiche. Ne consegue la necessità di confrontare l'ottimalità di *mix* di strumenti per conseguire *mix* di obiettivi;

ii) una soluzione astratta al problema del tipo di strumento da usare non è comunque possibile: occorre confrontare i costi delle diverse politiche e decidere caso per caso sulla base della specifica natura del problema.

È questa una conclusione che non si pone certo nella direzione di un'ottica che vede nella regolazione pubblica una risposta automatica alle *market failures*, ma forse una conclusione che mentre implica negli economisti grande cautela nel consigliare ai politici la strada da seguire, aiuta anche a spiegare molte diffidenze e molti conflitti nella

faticosa strada di costruire una «via economica» alla politica ambientale.

Riferimenti bibliografici

- Baron, D. (1985), *Regulation of Prices and Pollution under Incomplete Information*, in «Journal of Public Economics», vol. 28.
- Barrett, S. (1990), *On the nature and Significance of International Environmental Agreements*, dattiloscritto.
- Brander, B. e Spencer, J. (1985), *Export Subsidies and International Market Share Rivalry*, in «Journal of International Economics», vol. 18, pp. 83-100.
- Carraro, C. e Siniscalco, D. (1990), *Environmental Innovation Policy and International Competition*, CEPR Discussion Paper, in corso di pubblicazione su «Environmental Resource Economics».
- (1991), *Strategies for the International Protection of the Environment*, working paper, Milano, F.ne Mattei.
- Dasgupta, P., Hammond, P. e Maskin, E. (1980), *On Imperfect Information and Optimal Pollution Control*, in «Review of Economic Studies», vol. 47.
- Demsky, J. e Sappington, D. (1984), *Optimal Incentive Contracts with Multiple Agents*, in «Journal of Economic Theory».
- Downing, P. e White, H. (1986), *Innovation in Pollution Control*, in «Journal of Environmental Economics and Management».
- Guesnerie, R. e Laffont, J. J. (1984), *A Complete Solution to a Class of Principal-Agent Problems with an Application to the Control of a Self-Managed Firm*, in «Journal of Public Economics», vol. 25.
- Hoel, M. (1990a), *Properties of International Environment Conventions Requiring Uniform Reductions of Emissions from all Participating Countries*, working paper, University of Oslo, in corso di pubblicazione in «Journal of Environmental Economics and Management».
- (1990b), *Efficient International Agreements for Reducing Emissions of CO₂*, working paper, University of Oslo.
- Laffont, J. J. e Tirole, J. (1988), *The Dynamics of Incentive Contracts*, in «Econometrica».
- Ma-Moore-Turnbull (1988), *Stopping Agents from Cheating*, in «Journal of Economic Theory».
- Maler, K. G. (1990), *International Environmental Problems*, in «Oxford Review of Economic Policy», vol. 6, pp. 80-108.
- Markandya, A. (1990), *The Montreal Protocol*, UCL Discussion Paper.
- Milliman, J. e Prince, J. (1989), *Firm Incentive to Promote Technological Change in Pollution Control*, in «Journal of Environmental Economics and Management», vol. 17.
- Spulber, D. (1988), *Optimal Environmental Regulation under Asymmetric Information*, in «Journal of Public Economics».
- Topa, G. (1990), *Incentivi, innovazione tecnologica e politiche ambientali*, Tesi di Laurea, Università di Venezia.