



Dipartimento
di Impresa e Management

Cattedra di Scienza delle Finanze

**APPLICAZIONI ECONOMICHE AL PROBLEMA DELL'INQUINAMENTO:
ESTERNALITÀ E TEORIA DEI GIOCHI**

Prof. Angelo Cremonese

RELATORE

Gianmarco Troiani 224341

CANDIDATO

Anno accademico 2019/2020

Indice

Introduzione	3
Capitolo 1: Problema dell'inquinamento dal punto di vista privatistico	
1.1 Il concetto di esternalità	5
1.1.1 Esternalità positive e negative	6
1.1.2 Le esternalità di rete	9
1.2 L'inquinamento come esempio di esternalità negativa	11
1.3 La convenienza nella correzione delle esternalità negative	13
1.4 Soluzioni private per la correzione delle esternalità	15
1.4.1 I diritti di proprietà e il teorema di Coase	15
1.4.2 La soluzione della fusione	17
1.4.3 Le regole di convivenza civile	17
1.5 Soluzioni pubbliche per la correzione dell'esternalità	18
1.5.1 Imposte e sussidi pigouviani	18
1.5.2 Imposte sulle emissioni e sistema <i>cap-and-trade</i>	20
1.5.3 Differenze tra imposte sulle emissioni e sistema <i>cap-and-trade</i>	24
1.5.4 Norme di tipo <i>command-and-control</i> e confronto con la regolamentazione per incentivi	26
1.6 Considerazioni finali	28
Capitolo 2: Inquinamento a livello internazionale e <i>game theory</i>	
2.1 Il problema dell'inquinamento internazionale	29
2.1.1 Il contributo dei paesi all'inquinamento mondiale	31
2.1.2 I trattati ambientali contro l'inquinamento	32
2.2 Possibili applicazioni della teoria dei giochi al tema dell'inquinamento	34
2.3 Introduzione alla teoria dei giochi	35
2.3.1 Cos'è un gioco e come si rappresenta	36
2.3.2 L'equilibrio di Nash e il dilemma del prigioniero	37
2.3.3 Strategie dominanti e strategie dominate	40
2.3.4 Giochi con più equilibri di Nash e giochi privi di equilibrio	41
2.3.5 I giochi ripetuti	44
2.3.6 I giochi sequenziali	47
2.4 Considerazioni finali	50
Capitolo 3: Applicazioni della teoria dei giochi all'inquinamento internazionale	
3.1 L'ostilità degli Stati Uniti nei confronti dei trattati sul clima	51
3.2 Necessità di un'autorità sovranazionale e di un sistema di sanzioni	56
3.3 Guerra commerciale tra Unione Europea e Stati Uniti	60
3.3.1 Scenari possibili	61
3.3.2 I dati a supporto: quale scenario prevale?	64
3.4 Considerazioni finali	67
Conclusione	68
Bibliografia e sitografia	70

Introduzione

Uno dei problemi più gravi e che ormai da molti secoli affligge il nostro pianeta è l'inquinamento ambientale. Tale tema può essere affrontato da diversi punti di vista: si potrebbe svolgere un'analisi concentrandosi sull'inquinamento tra privati oppure si potrebbe ampliare la visione considerando le diverse Nazioni e il danno che esse recano al pianeta.

Nel primo caso si focalizza di fatto l'attenzione su quelle forme di inquinamento le cui maggiori responsabili sono le imprese le quali, con la loro attività produttiva, provocano un danno più o meno grande alla popolazione. Nel secondo caso, invece, si entra in un contesto internazionale svolgendo un'analisi più vasta nella quale si studiano le relazioni tra i diversi paesi, la loro propensione all'inquinamento e le misure che nel tempo sono state adottate al fine di ottenere una contrazione del fenomeno.

Lo scopo dell'elaborato è quello di approfondire ambedue le tematiche sopra descritte. Infatti, ritengo che un'articolata e approfondita spiegazione del problema sia necessaria per una sua piena comprensione, in assenza della quale non sarebbe possibile procedere alla formulazione di soluzioni adeguate.

La tesi segue un percorso chiaro e definito scomponendo il problema nelle sue diverse accezioni e focalizzandosi dapprima sull'inquinamento privatistico e solo in seguito sulla visione più ampia riguardante l'inquinamento internazionale.

Nel primo capitolo viene appunto affrontato il problema dell'inquinamento tra privati, accostando tale fenomeno al concetto economico di esternalità negativa. Innanzitutto, si cerca di chiarire per quale motivo l'inquinamento provoca una riduzione del benessere collettivo e, in seguito, si illustrano le possibili soluzioni, private e pubbliche, che si possono mettere in atto per evitare che ciò accada.

La visione viene poi ampliata passando al problema dell'inquinamento a livello nazionale. A questa tematica sono dedicati gli altri due capitoli della tesi, strettamente correlati tra loro.

Nel secondo capitolo si inquadra la tematica da un punto di vista generale, analizzando dapprima quali sono i Paesi maggiormente responsabili dell'inquinamento ambientale e, in seguito, introducendo il tema dei trattati internazionali sull'ambiente che costituiscono le soluzioni che nel tempo sono state attuate per cercare di migliorare la situazione. A fronte della necessità di un valido strumento teorico, necessario per spiegare le diverse tematiche che verranno affrontate nel resto dell'elaborato, viene poi introdotta la teoria dei giochi, importante strumento economico e matematico che ha la finalità di analizzare il comportamento di due *player* nel momento in cui essi si trovano a prendere decisioni che comportano un'influenza reciproca.

La teoria dei giochi può essere applicata a una gamma veramente ampia di fattispecie, ma nel nostro caso la si utilizzerà soltanto con lo scopo di analizzare il comportamento che le diverse Nazioni adottano nell'ambito dell'inquinamento ambientale. Tale analisi caratterizza il terzo capitolo dell'elaborato, il più complesso forse, ma anche quello che più degli altri offre spunti per considerazioni e riflessioni importanti.

Nel complesso si cerca, dunque, di analizzare l'inquinamento nelle sue diverse forme, non limitandosi a un'analisi superficiale, ma scavando nel profondo e utilizzando la conoscenza economica per spiegare al meglio il fenomeno nella sua complessità.

L'uomo ha ormai da parecchio tempo percepito il problema centrale a tale tema correlato, ovvero il fatto che molto probabilmente l'attuale sistema di produzione e consumo non è sostenibile nel medio-lungo periodo perché non riuscirà mai a garantire alle generazioni future lo stesso livello di benessere che hanno avuto le generazioni passate. Purtroppo, spesso gli interessi economici e lo sviluppo industriale hanno prevalso sul desiderio di garantire la sostenibilità ambientale, lasciando in secondo piano il benessere di cui tutti noi potremmo godere se vivessimo in un'ambiente più sano.

La domanda a cui si cerca di rispondere è pertanto: cosa possiamo fare per ridurre l'inquinamento ambientale e per garantire un maggior benessere alle generazioni future?

L'inquinamento è, dunque, un fenomeno che riguarda tutti, ma specialmente riguarda noi giovani che dovremo farci carico degli errori commessi in passato.

Tutto ciò è stato ampiamente sottolineato nel discorso pronunciato da Greta Thunberg al vertice dell'ONU sul clima e rivolto ai leader delle grandi potenze mondiali: «Interi ecosistemi stanno collassando, siamo all'inizio

di un'estinzione di massa e tutto ciò di cui parlate sono i soldi e favole su un'eterna crescita economica. Come osate?». Parlando degli obiettivi prefissati dai Paesi per risolvere i problemi legati all'inquinamento, la ragazza ha poi continuato: «Questi numeri non includono i punti di non ritorno, le reazioni a catena, il riscaldamento nascosto dietro all'inquinamento dell'aria o i concetti di equità e giustizia climatica. Fanno inoltre affidamento sul fatto che sarà la mia generazione a occuparsi di eliminare le centinaia di miliardi di tonnellate della vostra CO₂ con le tecnologie che nemmeno esistono»¹.

Anche io, nel mio piccolo, grazie a questo elaborato, ho cercato di contribuire alla risoluzione del problema, mettendo a disposizione la conoscenza acquisita nei miei tre anni di studi per fornire una visione più chiara di problematiche che spesso possono risultare complesse e per le quali trovare soluzioni sembra essere diventato un bisogno sempre più irrinunciabile.

¹ Discorso di Greta Thunberg, pronunciato in occasione del vertice ONU sul clima tenutosi nel 2019. In tale occasione la ragazza ha screditato i leader mondiali per il loro "tradimento" nei confronti dei giovani, dovuto all'inerzia nell'affrontare la crisi climatica e il riscaldamento globale.

Capitolo 1

Problema dell'inquinamento dal punto di vista privatistico

In questo primo capitolo dell'elaborato si analizzerà il problema dell'inquinamento da un punto di vista privatistico, ovvero verranno trattate le fattispecie legate all'inquinamento prodotto dalle imprese.

Nel primo paragrafo si cercherà innanzitutto di fornire una definizione del concetto di esternalità, distinguendo tra esternalità positive e negative e fornendo alcuni esempi di entrambe le fattispecie. Verrà successivamente descritta una tipologia particolare di esternalità, definita esternalità di rete, di modo da fornire un quadro più completo della tematica.

Nel secondo paragrafo si introdurrà il concetto di inquinamento e si spiegherà perché quest'ultimo possa essere considerato una forma di esternalità negativa, supportando l'analisi tramite dati reali che quantificheranno i danni da esso provocati a livello nazionale e internazionale.

Nel terzo paragrafo si analizzeranno graficamente i benefici che potrebbero derivare dalla correzione di un'esternalità negativa.

Infine, negli ultimi due paragrafi verranno presentate una serie di correzioni, sia a livello privatistico che a livello pubblico, che potrebbero essere attuate per eliminare i danni derivanti da un'esternalità.

In particolare, nel quarto paragrafo, si farà riferimento al concetto di diritti di proprietà e alla soluzione proposta dall'economista inglese Ronald Harry Coase, mettendo però in luce i limiti della sua teoria. Successivamente si mostrerà come un atto di fusione possa rappresentare una soluzione efficiente al problema delle esternalità negative e, infine, si spiegherà come sia possibile ridurre queste ultime, quando si manifestano tra privati, attraverso buone regole di convivenza civile.

Nell'ultimo paragrafo si analizzeranno, invece, le soluzioni pubbliche, ovvero quei metodi correttivi che necessitano dell'intervento statale per poter essere attuati. Nello specifico verranno approfonditi: le imposte e i sussidi pigouviani, le imposte sulle emissioni, il sistema *cap and trade* e le norme di tipo *command and control*, cercando di descriverne le caratteristiche essenziali e mettendone in luce le differenze più significative.

1.1 Il concetto di esternalità

Un'esternalità è un fenomeno che si verifica molto frequentemente anche nella vita di tutti i giorni e può riguardare diverse fattispecie. Nell'enciclopedia Treccani viene definita come «l'insieme degli effetti che l'attività di un'unità economica (individuo, impresa ecc.) esercita, al di fuori delle transazioni di mercato, sulla produzione o sul benessere di altre unità».

Un esempio brillante di esternalità è stato fornito dall'economista Herbert Mohring nel suo saggio *Essays in Transportation Economics and Policy*, attraverso le seguenti parole: «Coloro che viaggiano sulle strade o che utilizzano altre reti di trasporto non solo sono spesso vittime del traffico e di intasamenti, ma contribuiscono anche a crearli. Nel decidere come e quando viaggiare, la maggior parte degli individui si preoccupa degli ingorghi che potrebbe trovare; pochi considerano i costi che i loro movimenti comportano per gli altri utenti in termini di aumento della congestione»². Questo scenario descrive in modo preciso un particolare tipo di esternalità che interessa ognuno di noi nella nostra vita quotidiana. L'eccessivo traffico, infatti, è una problematica che coinvolge tutta la nostra Nazione e, in particolare, le città di Roma e Milano.

Vi sono poi tanti altri esempi di esternalità, alcuni dei quali verranno discussi successivamente.

In questa prima introduzione si vuole invece evidenziare una caratteristica che accomuna tutte le forme di esternalità, ovvero il fatto che, per poter categorizzare effettivamente un dato fenomeno come esternalità, è necessario che gli effetti di quest'ultimo non vengano riflessi mediante variazione dei prezzi di mercato. Per capire in modo più preciso cosa intendiamo riportiamo il seguente esempio: supponiamo che improvvisamente molti abitanti delle periferie decidano di andare a vivere in città e ipotizziamo che il mercato sia perfettamente

² H. Mohring, "Congestion", Capitolo 6 in *Essays in Transportation Economics and Policy: A Handbook in honor of John R. Meyer, J. Gomez-Ibanez, W. Tye e C. Winston* (a cura di), Brookings Institution Press, Washington DC, 1999.

concorrenziale. All'aumentare del numero di abitanti trasferiti, il prezzo di terreni e fabbricati urbani si incrementa e gli affitti salgono. Per i proprietari degli edifici e dei terreni ciò è positivo in quanto porta loro guadagno, mentre il benessere degli inquilini già stabiliti sul posto diminuisce, in quanto essi dovranno sostenere spese di affitto maggiori.

Quando l'economia raggiunge un nuovo equilibrio, la distribuzione del reddito è cambiata in modo sostanziale. In questo esempio non si può parlare di esternalità (in tal caso pecuniaria) perché gli effetti del fenomeno di spostamento di massa dalla periferia alla città viene incorporato dal sistema dei prezzi e l'equilibrio torna ad essere quello perfettamente concorrenziale. In tal caso il mercato può definirsi efficiente e il fenomeno migratorio si può dire essere privo di esternalità.

Torniamo all'esempio precedente riguardante la congestione. Quando una persona si mette alla guida sostiene una serie di costi facilmente comprensibili come le spese del viaggio (benzina, olio, usura dell'auto, pedaggio e così via) o il costo del tempo passato alla guida, che si può considerare a tutti gli effetti un costo opportunità in quanto poteva essere utilizzato per fare qualcosa di più produttivo. Di questi costi si tiene generalmente conto quando si decide se viaggiare o meno in auto; tuttavia esistono anche altri costi che quasi mai vengono considerati, in quanto non vengono sostenuti in prima persona, ma riguardano l'ambiente esterno. Un esempio è il seguente: se ci si mette in macchina si contribuisce di fatto all'incremento del traffico e quindi i tempi di percorrenza (e i costi associati) degli altri automobilisti aumentano.

I costi che un individuo, in quanto automobilista, impone alla società sono perciò di due tipi: quelli che egli sostiene personalmente, definiti costi interni, e quelli che fa ricadere sugli altri, definiti costi esterni. In tal caso il sistema dei prezzi non riesce a incorporare la totalità dei costi e, in particolare, tiene conto esclusivamente dei costi interni. I costi esterni rappresentano, dunque, un costo sociale che non viene incluso nel prezzo di equilibrio; di conseguenza si può dire che il fenomeno della congestione provoca un'esternalità.

1.1.1 Esternalità positive e negative

Finora si è parlato di esternalità da un punto di vista generale. È importante però sottolineare come si possano distinguere due fattispecie diverse sulla base degli effetti che vengono prodotti. In particolare, un'esternalità si definisce positiva se produce effetti desiderabili dal punto di vista sociale e negativa se comporta dei costi o dei danni alla società.

Per quanto riguarda le esternalità positive, esse sono spesso osservabili con riferimento ai consumi. Per esempio, quando si vaccina un bambino per evitare il diffondersi di una malattia contagiosa, è chiaro che esiste un beneficio privato dovuto al fatto che l'immunizzazione protegge il bambino e rende molto meno probabile che egli contragga la malattia, ma si può dire che esiste anche un beneficio esterno dovuto al fatto che la probabilità di ammalarsi degli altri bambini che vivono nello stesso luogo diminuisce.

Esistono anche molti esempi di esternalità positive nella produzione. Lo sviluppo di una nuova tecnologia da parte di un'impresa facente parte di un settore potrebbe favorire anche altre imprese che operano nello stesso settore o in settori analoghi.

Anche le esternalità negative possono riguardare i consumi o la produzione. Un esempio di esternalità negativa nei consumi è rappresentato dal fumo. Esso infatti genera una serie di oneri che non vengono sostenuti interamente dai fumatori come i costi per le cure mediche a carico del governo per trattare le malattie di chi fuma, i costi sostenuti per curare i non fumatori che subiscono il fumo passivo o i costi per spegnere gli incendi causati dai mozziconi di sigarette non spenti accuratamente.

Per quanto riguarda la produzione si può invece far riferimento all'attività di pesca: dagli anni Settanta l'intensificazione di questo tipo di attività ha messo a rischio la sopravvivenza di numerose specie ittiche.

L'eccessivo sfruttamento della biomassa ittica potrebbe finire per causare danni irreparabili o perfino l'estinzione di alcune specie. Così come affermato da uno studio a cura della rivista *Nature*, nel 2006, il 29% delle specie analizzate erano diminuite del 10% rispetto al loro livello originario. Tale fenomeno può essere definito come "collasso" di una specie.

Sempre nel 2006, il Dipartimento per la pesca della National Oceanic and Atmospheric Administration riporta che il 20% delle zone di pesca americane erano state sfruttate eccessivamente³. La principale colpa è senza dubbio attribuibile alle attività dell'uomo che, non tenendo conto dei danni esterni che provoca, sfrutta eccessivamente determinate aree, mentre altri fattori pure importanti sono rappresentati dall'inquinamento e dalla scomparsa dell'habitat naturale.

L'esternalità in tal caso è legata al danno prodotto all'ecosistema marino dall'attività dell'uomo. Per di più, si deve tener conto del fatto che, essendo le zone di pesca considerate una risorsa di proprietà comune, l'attività di un pescatore potrebbe imporre un'esternalità negativa su un altro pescatore.

Gli effetti di un'esternalità negativa possono essere analizzati attraverso il supporto di un grafico.

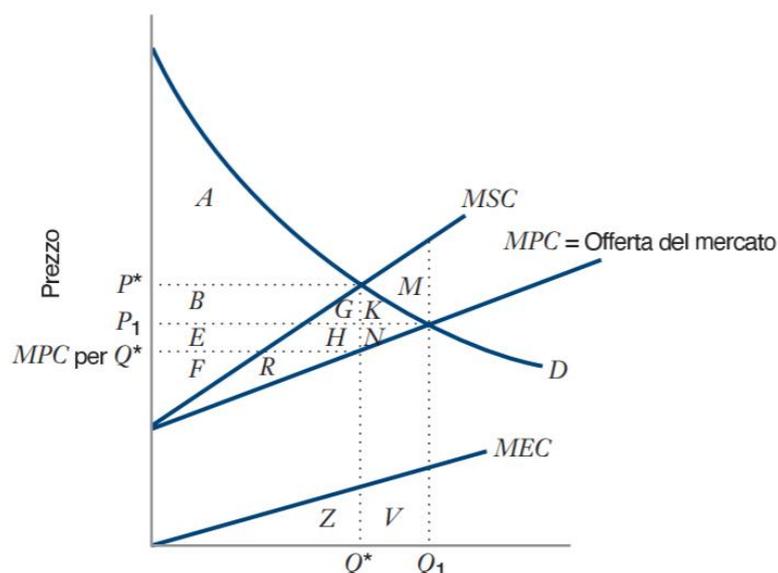


Figura 1.1

La figura 1.1 fa vedere le conseguenze di un'esternalità negativa all'interno di un mercato concorrenziale. La prima cosa da notare è che il costo marginale sociale (*Marginal Social Cost, MSC*) supera il costo marginale privato (*Marginal Private Cost, MPC*).

Supponiamo che il grafico faccia riferimento alla fattispecie descritta precedentemente relativa al fumo. In tal caso possiamo pensare che il costo marginale privato sia costituito dal prezzo delle sigarette e dal tempo speso dai fumatori per acquistarle. Il costo che nel grafico definiamo costo marginale esterno (*Marginal External Cost, MEC*) rappresenta invece il danno arrecato alla salute dei non fumatori e i costi sostenuti dal governo per curare le malattie provocate dal fumo. Esso è crescente perché il danno incrementale alla società aumenta all'aumentare delle sigarette consumate.

Il costo marginale sociale è infine dato dalla somma tra costo marginale privato e costo marginale esterno e, infatti, come constatabile dal grafico, l'angolo che si forma tra l'asse delle ascisse e il costo marginale esterno è pari all'angolo compreso tra il costo marginale privato e il costo marginale sociale.

In una situazione del genere la quantità di sigarette che viene consumata (Q_1), data dall'intersezione tra la curva di domanda e la curva di costo marginale privato, è maggiore della quantità socialmente desiderabile (Q^*), data dall'intersezione tra curva di domanda e curva di costo marginale sociale.

L'esternalità porta dunque il mercato a un sovraconsumo pari alla quantità ($Q_1 - Q^*$).

Come è possibile osservare, infatti, in corrispondenza della quantità Q_1 il costo marginale sociale è maggiore del beneficio marginale (P_1). Di conseguenza si avrebbe un netto miglioramento se quell'unità non venisse consumata. Il ragionamento può essere ripetuto per tutte le unità comprese tra Q_1 e Q^* , ovvero fino ad arrivare alla quantità socialmente ottimale.

³ Cornelia Dean, "Study Sees Global Collapse of Fish Species", *New York Times*, 3 Novembre 2006.

Facendo riferimento alle aree indicate nel grafico, possiamo affermare che, al verificarsi dell'equilibrio ($Q_1; P_1$), le aree $A + B + G + K$ rappresentano il surplus dei consumatori (l'area, nel suo complesso, è quella che si trova al di sotto della curva di domanda del mercato D e al di sopra del prezzo di equilibrio P_1).

Le aree $E + F + R + H + N$ rappresentano il surplus del produttore (l'area, nel suo complesso, è quella che si trova al di sotto del prezzo di mercato e al di sopra della curva di offerta del mercato).

Il costo dell'esternalità è complessivamente pari alle aree $R + H + N + G + K + M$ (l'area, nel suo complesso, è quella che si trova al di sotto della curva di costo marginale sociale e al di sopra della curva di offerta del mercato). Tale area coincide, inoltre, con le aree $Z + V$ che rappresentano, appunto, il valore complessivo del costo marginale esterno in corrispondenza della quantità prodotta, Q_1 .

Sommando il surplus del produttore con quello del consumatore e sottraendo il costo delle esternalità, si trovano i benefici sociali netti rappresentati dalle aree $A + B + E + F - M$.

Se si riuscisse a portare l'equilibrio al punto socialmente ottimo ($Q^*; P^*$), il beneficio sociale netto aumenterebbe in quanto, essendo scomparsa l'esternalità, si incrementerebbe dell'area M .

Analogamente a quanto appena visto, possiamo analizzare, mediante l'utilizzo di un grafico, gli effetti di un'esternalità positiva.

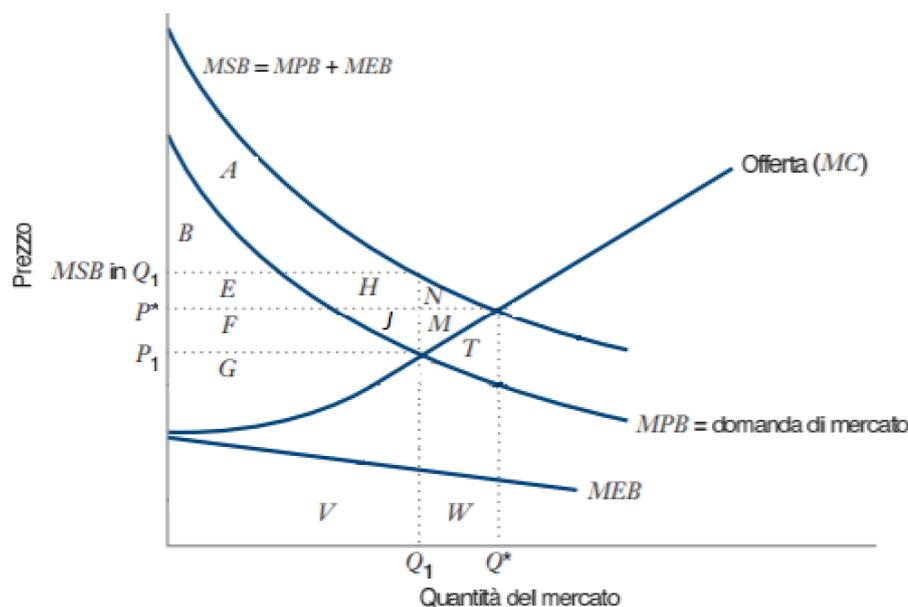


Figura 1.2

La figura 1.2 mostra le conseguenze dell'esternalità in un mercato concorrenziale. In presenza di esternalità positiva, il beneficio marginale sociale (*Marginal Social Benefit, MSB*) supera il beneficio marginale privato (*Marginal Private Benefit, MPB*).

Supponiamo che il grafico faccia riferimento alla fattispecie descritta precedentemente relativa alla vaccinazione di un bambino. Il beneficio marginale privato comprende tutti i vantaggi che il bambino trae dalla vaccinazione, ma non tiene conto dei benefici esterni derivanti dalla minore probabilità di ammalarsi da parte di altri bambini. Come prima tali benefici vengono rappresentati dalla curva di benefici marginali esterni (*Marginal External Benefit, MEB*) che, se sommata alla curva di beneficio marginale privato, restituisce la curva di beneficio marginale sociale.

L'equilibrio di mercato è dato dall'intersezione tra la curva di beneficio marginale privato e la curva di offerta (MC) che rappresenta i costi sostenuti dalle imprese che producono i vaccini. L'equilibrio si avrà pertanto in corrispondenza della quantità Q_1 e del prezzo P_1 . Tale equilibrio, come nel caso precedente, non corrisponde a quello socialmente ottimabile. Quest'ultimo, infatti, si ottiene dall'intersezione tra la curva di beneficio marginale sociale e curva d'offerta ($Q^*; P^*$).

L'esternalità provoca dunque un sottoconsumo pari a $(Q^* - Q_1)$.

Il surplus privato del consumatore è rappresentato dall'area al di sotto della curva di beneficio marginale sociale e al di sopra del prezzo di equilibrio, P_1 , corrispondente alla somma delle aree $B + E + F$.

Il surplus del produttore è invece rappresentato dall'area al di sotto del prezzo P_1 e al di sopra della curva di costo marginale (o curva d'offerta) e corrisponde all'area G.

Il beneficio esterno è dato dall'area al di sotto della curva di beneficio marginale sociale e al di sopra della curva di beneficio marginale privato e corrisponde alla somma delle aree $A + H + J$. Nel complesso tale area corrisponde a quella al di sotto della curva di beneficio marginale esterno fino alla quantità di equilibrio ottimale Q^* (aree $W + V$).

In equilibrio, il beneficio sociale netto è dato dalla somma del surplus privato del consumatore, del surplus del produttore e del beneficio derivante dall'esternalità e coincide con la somma delle aree $A + B + E + F + G + H + J$.

Se si riuscisse a portare l'equilibrio al punto $(Q^*; P^*)$, ovvero al punto socialmente ottimo, il beneficio sociale netto, non avendosi più sottoconsumo, si incrementerebbe delle aree $N + M$.

1.1.2 Le esternalità di rete

In genere siamo abituati a pensare che la domanda individuale di un certo bene dipende esclusivamente dalle preferenze, dal reddito e dai gusti del singolo consumatore. Tuttavia, vi sono alcuni beni la cui domanda individuale dipende da quanti altri individui domandano quel bene.

In questo caso si dice che vi sono esternalità di rete. Se la domanda di un consumatore per un determinato bene aumenta all'aumentare del numero di altri consumatori che acquistano quel bene, l'esternalità è positiva. Se la quantità domandata da un consumatore aumenta quando diminuisce il numero di consumatori che acquistano quel bene, allora l'esternalità è negativa.

Un esempio di esternalità di rete positiva è costituito dalla domanda di connessioni a Internet. Se l'utente fosse unico, la connessione avrebbe comunque un certo valore. Tale valore, tuttavia, si incrementerebbe se gli utenti che richiedessero la connessione fossero molteplici. In sostanza, il prodotto diventerebbe più utile se più utenti ne facessero richiesta. In tal caso, infatti, si creerebbe una rete virtuale di utenti e ciò renderebbe possibile l'elaborazione e la condivisione di informazioni tra gli utenti stessi.

La circostanza appena descritta può essere compresa meglio attraverso l'ausilio del seguente grafico.

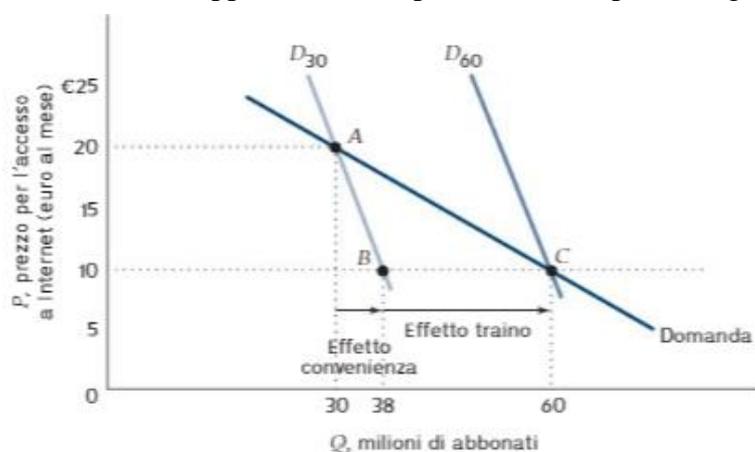


Figura 1.3

La figura 1.3 mostra un insieme di curve di domanda per connessioni Internet. Se vi fossero solo 30 milioni di utenti, la curva che rappresenterebbe la domanda di un singolo consumatore sarebbe D_{30} , mentre, se gli utenti fossero 60 milioni, la domanda del singolo consumatore verrebbe rappresentata dalla curva D_{60} . Logicamente più utenti utilizzano la connessione più il bene diventa utile; ciò fa sì che la curva di domanda si sposti verso destra (D_{60} è più a destra di D_{30} poiché $60 > 30$).

Supponiamo che l'accesso a Internet costi inizialmente 20€ al mese e che vi siano 30 milioni di abbonati (nel grafico tale situazione corrisponde al punto A). Se non vi fossero esternalità di rete, all'abbassarsi del prezzo di equilibrio, che ipotizziamo diventare di 10€ al mese, il numero di abbonati salirebbe solo a 38 milioni (8 milioni di abbonati in più). Il nuovo equilibrio si troverebbe, dunque, in corrispondenza del punto B della curva di domanda D_{30} . La presenza di un'esternalità positiva di rete rende possibile, per la stessa diminuzione di prezzo, un aumento del numero di abbonati fino a 60 milioni (aumento di 30 milioni anziché 8). Se più

persone usassero l'e-mail, la chat e alti applicativi di rete, infatti, un numero ancora maggiore di persone si convincerebbe ad abbonarsi. In termini grafici, si avrebbe uno spostamento dell'equilibrio dal punto B della curva D_{30} al punto C collocato sulla curva D_{60} .

In sostanza, la presenza di un'esternalità positiva di rete fa sì che, per una certa diminuzione di prezzo, la quantità domandata aumenti in misura maggiore del normale, in quanto i consumatori traggono vantaggio dal fatto che altri consumatori domandano il bene.

Si può dunque dire che vengono combinati due effetti. Il primo viene definito effetto convenienza e dipende dalla legge della domanda: a un prezzo minore corrisponde una quantità domandata maggiore. Tale effetto, nel nostro esempio, permette di passare dal punto A al punto B del grafico, ovvero incrementa di otto milioni il numero di abbonati.

Il secondo effetto si definisce, invece, effetto traino ed è dovuto alla presenza dell'esternalità positiva di rete. Esso permette il passaggio dal punto B al punto C del grafico, ovvero incrementa di altri 22 milioni il numero di abbonati.

L'effetto complessivo sarà dunque dato dalla somma di effetto convenienza ed effetto traino e, nel nostro esempio, causerà un aumento complessivo di 30 milioni di abbonati.

La curva di domanda che tiene conto dell'esternalità positiva di rete sarà più elastica rispetto alle curve D_{30} e D_{60} , in quanto l'esternalità causa, per uno stesso decremento di prezzo, un aumento più consistente della quantità domandata. Nel grafico tale curva è rappresentata dalla retta di colore più scuro.

Per alcuni beni potrebbe manifestarsi un'esternalità di rete negativa. In tal caso la quantità domandata del bene tenderebbe a diminuire se il numero di individui che possiedono quel bene aumentasse. Alcuni esempi sono beni considerabili rari come le automobili di lusso, gli yacht o cartoline antiche.

Se in presenza di un'esternalità positiva di rete si può parlare di effetto traino, il fenomeno che si verifica in presenza di un'esternalità di rete negativa è l'esatto opposto e viene definito effetto snob. Tale effetto provoca, in seguito a una riduzione del prezzo, un incremento della quantità domandata minore rispetto a quello che si verificherebbe normalmente. L'effetto snob spesso sorge perché alcuni individui attribuiscono un valore elevato a essere tra i pochi che possiedono un bene esclusivo. Tale effetto si verifica anche nel momento in cui il valore di un bene o di un servizio diminuisce all'aumentare della congestione d'uso quando molti individui utilizzano quel bene o usufruiscono di quel servizio.

Anche le esternalità di rete negative e l'effetto snob sono analizzabili graficamente. Il grafico seguente fa capire cosa succede quando aumenta il numero di consumatori che domandano un certo bene a cui è associata un'esternalità di rete negativa e cerca di dare una rappresentazione del sopra citato effetto snob. Come verrà in seguito spiegato, in questo caso, la curva di domanda relativa a un maggior numero di consumatori compie uno spostamento inverso rispetto al caso precedente: se, infatti, in presenza di un'esternalità di rete positiva si poteva osservare uno spostamento della curva di domanda verso destra quando cresceva il numero di consumatori, in questo caso, lo stesso fenomeno causa uno spostamento della curva di domanda verso sinistra.

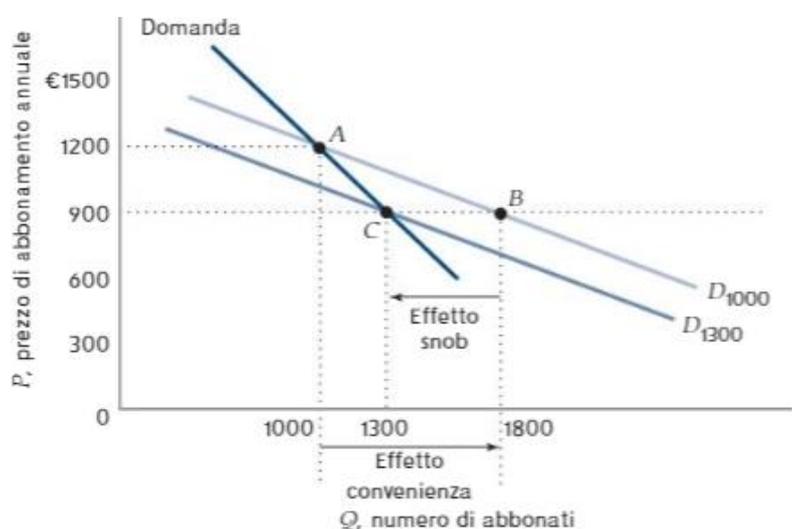


Figura 1.4

La figura 1.4 illustra un insieme di curve di domanda di mercato per abbonamenti in palestra.

La frequentazione di una palestra è un tipico esempio di un bene che presenta delle esternalità di rete negative. All'aumentare del numero di abbonati, infatti, la palestra diventa più affollata e si crea maggior congestione. I consumatori non sono propensi ad aspettare molto tempo prima che si liberi un macchinario e sono più felici di fare esercizio fisico in un ambiente senza troppe persone. Di conseguenza, vedono l'iscrizione di un nuovo consumatore come un qualcosa di negativo.

Nel grafico, la curva D_{1000} rappresenta la domanda quando i consumatori ritengono che la palestra abbia 1000 iscritti. La curva D_{1300} rappresenta la domanda quando i consumatori ritengono che la palestra abbia 1300 iscritti.

Logicamente, essendoci un'esternalità negativa di rete, la curva di domanda con più utenti si trova più a sinistra rispetto a quella con meno utenti: per un dato prezzo, meno abbonati ci sono, più la quantità domandata sarà maggiore.

Si supponga che un abbonamento annuale costi inizialmente €1200 e che la palestra abbia 1000 utenti abbonati (l'equilibrio si trova in corrispondenza del punto A del grafico).

Se la palestra decidesse di abbassare a 900€ il costo dell'abbonamento e se non ci fossero esternalità di rete, il numero di consumatori che desidererebbero iscriversi in palestra salirebbe a 1800 (punto B del grafico). Data però la presenza dell'esternalità di rete negativa, alcuni consumatori rinunceranno a iscriversi nonostante l'abbassamento di prezzo. Pertanto, il numero di abbonati crescerà soltanto fino a 1300 (punto C del grafico). Anche in questo caso l'effetto finale, ovvero l'aumento da 1000 a 1300 del numero di abbonati, è dato dalla combinazione di due effetti: un effetto convenienza che porta l'equilibrio a spostarsi dal punto A al punto B del grafico (da 1000 a 1800 abbonati) e un effetto snob che porta l'equilibrio a spostarsi dal punto B al punto C del grafico (da 1800 a 1300 abbonati).

In sostanza, la maggior congestione della palestra in seguito all'aumento degli abbonati convince 500 utenti a rinunciare all'abbonamento.

Una curva di domanda con esternalità negative di rete (come la curva di domanda che congiunge i punti A e B in figura 1.4) è meno elastica di una curva di domanda senza esternalità di rete (come la D_{1000}).

1.2 L'inquinamento come esempio di esternalità negativa

L'inquinamento può essere considerato una particolare forma di esternalità negativa. Esso può derivare dall'attività di un'impresa che, attraverso i suoi mezzi di produzione, provoca un danno all'ambiente esterno o dalle azioni di un soggetto privato e dai beni che esso consuma.

Un esempio di inquinamento derivante da un'attività industriale particolarmente rilevante in Italia è costituito dal caso Ilva. L'Ilva è la più grande acciaieria d'Europa e la maggior parte dei suoi problemi riguardano il suo stabilimento maggiore, quello di Taranto, dove le emissioni inquinanti del sito produttivo hanno causato, negli ultimi decenni, la morte di un numero molto elevato di operai e abitanti della città pugliese.

L'Ilva di Taranto nasce nel 1961. Il caso ebbe inizio nel 2012 e non può ancora ritenersi concluso. In quell'anno la procura di Taranto decise di chiudere il polo siderurgico e di arrestare i dirigenti che ne erano al comando. Il motivo risiede nelle gravissime violazioni ambientali che portarono centinaia di persone alla morte. Da allora iniziò un lungo e complicatissimo iter nel quale lo Stato ha cercato in tutti i modi di impedire la chiusura dell'azienda, dato che una cessazione delle attività avrebbe significato la perdita del lavoro di migliaia di persone e un grave recesso macroeconomico. Si può infatti dire che l'impresa riveste un ruolo essenziale per l'economia del nostro paese.

Angelo Bonelli nel suo libro *Goodmorning diossina* ricostruisce la vicenda di Taranto e si esprime nel modo seguente: «Le proporzioni del dramma sanitario e ambientale nel capoluogo ionico, a partire dai primi anni '90, erano evidenti sia alla popolazione che ai medici che constatavano un aumento di malattie da mesotelioma, leucemie, patologie tumorali e malattie della tiroide. Nonostante vi fossero segnali preoccupanti dal punto di

vista sanitario, collegati alla grave situazione di inquinamento ambientale, le istituzioni si dimostravano immobili e latitanti»⁴.

L'inchiesta, avviata nel 2012, portò dapprima il gip (giudice per le indagini preliminari) di Taranto, Patrizia Todisco, a sequestrare gli impianti e ad imporre delle misure cautelative per alcuni indagati nell'inchiesta per disastro ambientale. In seguito, si arrivò alla condanna e all'arresto di diversi esponenti del vertice aziendale in capo ai quali gravavano diversi illeciti. I principali comprendevano accuse per disastro colposo e doloso, danneggiamento aggravato di beni pubblici, omissione dolosa di cautele contro gli infortuni sul lavoro, avvelenamento di sostanze alimentari, getto e sversamento di sostanze pericolose e inquinamento atmosferico. Quello provocato dall'Ilva di Taranto è uno dei più gravi disastri sanitari e ambientali della storia italiana ed europea. Dati risalenti al 2010, rilasciati in seguito alle perizie del tribunale e alle dichiarazioni dell'Ilva, riportano che sono state immesse nell'ambiente circostante circa 4.159 tonnellate di polveri e 11 mila di diossido d'azoto e anidride solforosa.

I dati del registro Ines parlano chiaro: a Taranto, negli ultimi anni, sarebbe stati immessi nell'atmosfera il 93% di tutta la diossina prodotta in Italia insieme al 67% del piombo.

Ci si potrebbe dunque chiedere per quale motivo non si è ancora provveduto alla chiusura dell'acciaieria. Come vedremo meglio in seguito il fatto che un'impresa provochi un'esternalità negativa non significa necessariamente che quell'impresa debba essere chiusa, né significa che il livello di inquinamento debba essere completamente annullato. Come possiamo osservare anche dalla figura 1.1 (par. 1.1.1), infatti, la quantità socialmente ottimabile (Q^*) è maggiore di zero. Questo accade perché, per determinati livelli di inquinamento, i benefici marginali superano i costi marginali sociali.

Nel caso di Taranto, la produzione di acciaio è associata a una serie di benefici legati al fatto che essa elimina la necessità di rivolgersi alle acciaierie straniere, con acciaio a prezzi maggiorati. Inoltre, da tenere fortemente in considerazione è l'aspetto occupazionale: sono circa 14 mila i dipendenti Ilva che rischierebbero il lavoro se essa venisse chiusa, senza contare poi le migliaia di altre persone che lavorano nel suo indotto, formato da decine di aziende.

Un'ulteriore fonte di inquinamento particolarmente rilevante è costituita dai beni utilizzati dai consumatori. Ne è un esempio l'energia elettrica. Ovviamente il fatto che l'energia elettrica venga consumata nelle case della stragrande maggioranza dei cittadini di tutti i paesi sviluppati comporta una necessità di produzione elevata. A tale produzione si associa un alto impiego di combustibili fossili e altri agenti inquinanti che, data la tossicità delle emissioni, comportano un notevole impatto ambientale. Il consumo di energia elettrica comporta dunque effetti parecchio deleteri per l'ambiente, nonostante la presenza di diverse fonti a base di energie rinnovabili.

Attualmente carbone e petrolio e, in generale, i vari combustibili fossili rimangono la fonte principale di produzione di energia elettrica. Il problema principale risiede nel processo di combustione che caratterizza questi materiali e che è necessario per il corretto funzionamento delle centrali. Esso infatti è responsabile dell'emissione di un quantitativo elevato di CO_2 (anidride carbonica) nell'atmosfera che non fa altro che rendere la minaccia ambientale sempre più forte.

Alla produzione di energia elettrica è possibile poi associare altri fattori inquinanti che rendono la situazione ancora più drammatica. Innanzitutto, è ancora la combustione a costituire un problema in quanto tale processo rilascia nell'atmosfera agenti inquinanti e gas di scarto diversi dall'anidride carbonica, ma parimenti pericolosi per la salute del pianeta. Per non parlare poi del nucleare, principale fonte del rilascio nell'ambiente di scorie radioattive il cui smaltimento potrebbe richiedere diversi milioni di anni. In particolare, a preoccupare è la pervicacia delle scorie, dato che l'impatto inquinante immediato può considerarsi non eccessivamente pericoloso.

Andando avanti, è importante sottolineare come il consumo e la produzione di elettricità possono danneggiare l'ambiente, oltre che per le emissioni inquinanti, anche a causa del rilascio nell'atmosfera di sostanze e polveri che si diffondono nell'aria e che prendono il nome di particolati. Essi sono caratterizzati da un diverso diametro

⁴ Angelo Bonelli, *GOODMORNING DIOSSINA Taranto, un caso italiano ed europeo*, Novembre 2014.

a cui è associata una pericolosità diversa che dipende dai combustibili e dalle tecnologie impiegate. In relazione a ciò, le centrali maggiormente responsabili della diffusione dei particolati sono quelle che si basano sul petrolio e sul carbone, mentre il metano è caratterizzato da una minore incidenza sia di polveri che di gas serra e nocivi.

Discorso analogo può essere ricondotto al riscaldamento domestico o, più in generale, a qualsiasi atto di combustione realizzato da un consumatore.

A tale tematica si lega anche l'inquinamento provocato da traffico veicolare. Alcune ricerche hanno dimostrato come questa forma di inquinamento sia nettamente peggiorata a causa dell'esponenziale crescita degli acquisti online. Se infatti, ad uno sguardo superficiale, lo shopping online sembra amico dell'ambiente in quanto elimina gli spostamenti in auto e l'inquinamento associato, troppo poco ci si preoccupa delle emissioni provocate dai veicoli per le consegne con i corrieri a bordo. Si dovrebbe tener conto del fatto che i camion utilizzati per queste esigenze contribuiscono in maniera sostanziale alla concentrazione di microparticelle inquinanti nell'aria che possono avere effetti anche molto negativi sulla salute umana.

Una ricerca dell'università di Delaware ha analizzato gli impatti dello shopping online sull'inquinamento ambientale mettendo in evidenza come esso peggiori in particolar modo la congestione stradale e aumenti, di conseguenza, le emissioni di carbonio.

All'interno di un contesto nazionale, infatti, la merce comprata su Internet è trasportata solo su strada, attraverso una pianificazione logistica che punta a ridurre il più possibile i tempi di consegna.

Facendo riferimento alla nostra Nazione, è significativo notare come nella sola città di Milano, ogni giorno, si registrano almeno 23 mila consegne.

In merito a ciò, occorre anche tener conto del fatto che i guadagni in termini di efficienza legati allo shopping online stimolano nuovi consumi e questo non fa altro che peggiorare la situazione.

Inoltre, l'inquinamento per acquisti via Internet provoca un maggior consumo di plastica e cartone. In seguito ad un acquisto online, infatti, il prodotto viene prima impacchettato all'interno di una busta di plastica e in seguito riconfezionato all'interno di una scatola di cartone.

Il consorzio nazionale italiano per la raccolta, il riciclaggio e il recupero degli imballaggi in plastica (COREPLA) ha riferito che nel 2016, su 2 milioni 200mila tonnellate di plastica immessa, l'e-commerce ne ha rappresentato il 15%, ovvero ben 300mila tonnellate circa. Rispetto a dieci anni fa tale volume è aumentato del +200%.

In ultima analisi, non dobbiamo scordarci degli acquisti che necessitano di un trasporto aereo per giungere a destinazione. Uno studio del Parlamento europeo ha messo in evidenza che, entro il 2050, tale forma di trasporto causerà una percentuale di emissioni globali di CO₂ pari al 22% e una parte della colpa è proprio dell'e-commerce.

Avendo riportato finora una panoramica generale dei danni ambientali provocati dalle varie forme di inquinamento, si vuole, a questo punto dell'elaborato, discutere degli interventi pubblici e privati che una Nazione può attuare al fine di ridurre le emissioni interne.

Tuttavia, prima di passare a tale analisi, si mostrerà, nel prossimo paragrafo, la convenienza nel ridurre un'esternalità negativa in termini di beneficio per la società.

1.3 La convenienza nella correzione delle esternalità negative

Come detto precedentemente, la presenza di un'esternalità provoca un sovra-consumo/sovra-produzione, ovvero la quantità che viene consumata/prodotta è maggiore di quella socialmente desiderabile.

La correzione dell'esternalità porta dei benefici a livello sociale. Essi sono misurabili a determinate condizioni (si devono conoscere con precisione le curve di costo e di beneficio) e possono essere analizzati graficamente. Supponiamo che esistano due imprese: l'impresa A produce ferro e scarica rifiuti in un corso d'acqua, di cui l'impresa B si serve per pescare e produrre tonno in scatola. L'attività dell'impresa A peggiora le condizioni dell'impresa B in modo diretto e non si riflette sui prezzi.

L'impresa A dovrebbe pagare un prezzo per l'acqua che utilizza che rispecchi il valore dell'acqua in quanto risorsa scarsa che potrebbe essere utilizzata anche per altre attività. Essa, invece, paga un prezzo nullo e di conseguenza consuma l'acqua in quantità non efficienti. In particolare, la quantità consumata è maggiore di quella efficiente e, quindi, si avrebbe un netto miglioramento se tale quantità venisse ridotta. La situazione appena descritta può essere analizzata mediante il seguente grafico.

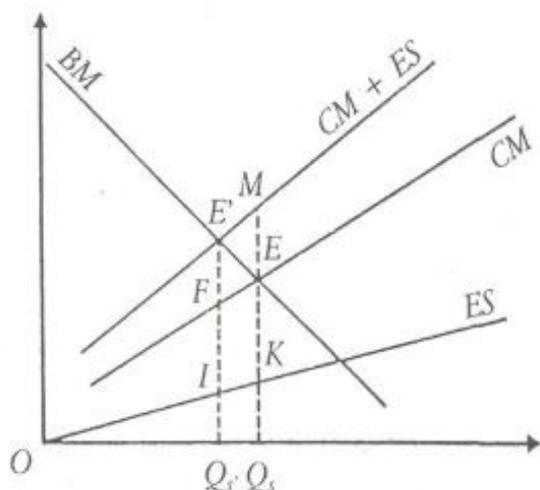


Figura 1.5

Sull'asse orizzontale si misura la quantità di output prodotto dall'impresa A, mentre su quello verticale si indica il prezzo del bene da essa realizzato.

Il beneficio marginale (BM) fa riferimento ai vantaggi che l'impresa A deriva dalla produzione di ferro, mentre la curva di costo marginale (CM) rappresenta i costi dall'impresa sostenuti. Questi ultimi, tuttavia, non tengono conto dei danni esterni causati all'impresa B e rappresentati dalla curva ES. La somma delle curve CM ed ES restituisce il costo sociale.

La quantità di equilibrio è Q_s e, come osservabile, è maggiore della quantità socialmente ottimale Q_s' .

Se l'output di riducesse a Q_s' , l'impresa A vedrebbe ridotti i suoi profitti. Il profitto marginale connesso a ciascuna unità di output è, infatti, dato dalla differenza tra il beneficio marginale e il costo marginale privato. La quantità di equilibrio è Q_s in quanto, in corrispondenza di tale valore, la curva di costo marginale privato eguaglia la curva di beneficio marginale. Se la quantità si riducesse a un valore inferiore a Q_s , per ogni unità ridotta l'impresa perderebbe un profitto pari alla differenza tra le due curve. La perdita complessiva, se la quantità dovesse ridursi a Q_s' , sarebbe pari all'area $E'-F-E$ della figura 1.5.

Contemporaneamente, tuttavia, l'impresa B migliorerebbe la sua condizione perché, diminuendo l'output dell'impresa A, si ridurrebbero anche i danni provocati al fiume. Infatti, per ogni unità in meno di output, l'impresa B guadagna un importo pari al danno marginale connesso. Nella Figura 1.5 tale guadagno, per ogni unità in meno di output, è dato dalla distanza verticale tra ES e l'asse orizzontale. Ciò significa che, se la quantità dovesse ridursi da Q_s a Q_s' , l'impresa B godrebbe di un guadagno netto rappresentato dall'area $Q_s-Q_s'-I-K$ che, per costruzione, è pari all'area $E'-F-E-M$, in quanto la curva di costo sociale è data dalla somma tra costo marginale e danno esterno.

A questo punto è facile capire che, se la collettività considera l'unità di guadagno sottratta all'impresa A equivalente all'unità di guadagno per l'impresa B, lo spostamento da Q_s e Q_s' determina un guadagno netto per la società pari alla differenza tra $E'-F-E-M$ ed $E'-F-E$, ovvero pari all'area $E'-M-E$.

A conferma di quanto già detto in merito al caso Ilva, l'analisi mostra che, in generale, un livello di inquinamento paria a zero non è socialmente desiderabile. Individuare il giusto livello di inquinamento richiede un'analisi del trade-off tra costi e benefici che in genere conduce all'individuazione di una quantità ottimale di inquinamento maggiore di zero.

In ultima istanza occorre sottolineare che raggiungere effettivamente l'equilibrio illustrato nella figura 1.5 è molto complesso in quanto è necessario conoscere con precisione la forma delle curve presenti nel grafico.

Ciò significa saper rispondere in modo esatto a domande del tipo: quali attività producono sostanze inquinanti? Quali sostanze inquinanti sono nocive? Ma soprattutto: qual è il valore del danno arrecato?

1.4 Soluzioni private per la correzione delle esternalità

Le esternalità negative possono essere corrette grazie a diverse soluzioni. Esse si dividono tra private e pubbliche. Mentre le prime possono essere attuate autonomamente dai singoli cittadini, le seconde necessitano dell'intervento statale.

Mediante la risoluzione di un'esternalità viene meno il problema dell'inefficienza allocativa in quanto si riesce a riportare l'equilibrio alla situazione socialmente efficiente, riuscendo a garantire un miglioramento netto del benessere sociale (come visto nel paragrafo precedente).

In questo paragrafo ci occuperemo della prima tipologia di soluzioni, analizzando come i privati possano, anche in assenza dell'intervento statale, correggere l'inefficienza causata da un'esternalità negativa.

1.4.1 I diritti di proprietà e il teorema di Coase

Il teorema di Coase afferma che la contrattazione tra due agenti economici può essere considerata una soluzione preferibile all'intervento pubblico statale, ma solo a patto che i diritti di proprietà siano già definiti e i costi di negoziazione e transazione tra gli agenti siano prossimi allo zero. Il teorema venne pubblicato nel 1960 da Ronald Coase nell'articolo *"The Problem of Social Cost"*. Secondo l'economista, in sostanza, il mercato è in grado autonomamente di risolvere il problema delle esternalità e dei costi sociali, ma per farlo è necessario che vengano assegnati a monte i diritti di proprietà agli agenti economici.

Riprendiamo l'esempio delle due imprese (par. 1.3) e vediamo cosa accadrebbe nel caso assegnassimo i diritti di proprietà del fiume alternativamente all'impresa A, soggetto inquinante, e all'impresa B, soggetto danneggiato. Per la nostra analisi faremo riferimento al grafico seguente.

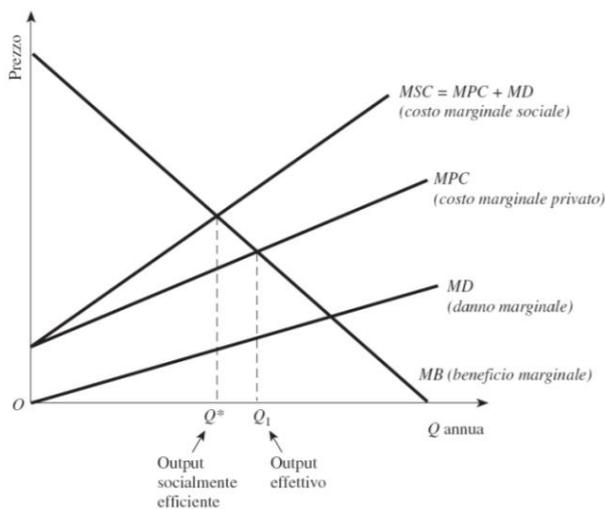


Figura 1.6

Facendo riferimento alla figura 1.6, supponiamo, come primo caso, che i diritti di proprietà del fiume vengano assegnati all'impresa A. Ipotizziamo inoltre che i costi di negoziazione tra le due imprese siano nulli.

L'impresa A sarebbe disposta a ridurre l'output di una unità se ricevesse in cambio una somma di denaro almeno pari al profitto che otterrebbe producendo quell'unità (tale profitto è pari alla differenza tra il beneficio marginale, MB, e il costo marginale, MC). Dall'altra parte l'impresa B sarebbe disposta a pagare una certa cifra affinché non venga prodotta quell'unità a patto che essa sia inferiore al danno marginale che quell'unità le procura, MD. L'accordo è possibile fin quando il profitto che viene perso dall'impresa A è inferiore alla cifra che l'impresa B è disposta a pagare.

Dal punto di vista algebrico deve essere verificato che: $MD > (MB - MPC)$. Nella Figura 1.6 al livello di output Q_1 , $MB - MPC$ è uguale a zero, mentre MD è positivo, quindi vi è la possibilità che i due soggetti raggiungano un accordo. Con ragionamento analogo si può concludere che la somma che l'impresa B è disposta a versare supera $MB - MPC$ a ogni volume di produzione a destra di Q^* , mentre ciò non si verifica per valori inferiori a

quest'ultimo. Quindi l'impresa B paga l'impresa A per ridurre l'output fin quando esso non raggiunge il livello Q^* , ovvero il volume di produzione efficiente.

Non possedendo ulteriori informazioni, non è possibile stabilire l'entità della somma che verrà pagata dall'impresa A. Essa dipenderà fortemente dal potere contrattuale delle due parti. Ad ogni modo, a prescindere da come i guadagni derivanti dall'accordo verranno ripartiti, il volume di produzione raggiunto sarà Q^* .

Importante però è notare come la compensazione non venga stabilita né dallo Stato né da altri soggetti esterni. Sono le stesse imprese coinvolte a individuare l'entità del risarcimento mediante un processo di contrattazione privata.

Supponiamo ora che si invertano i ruoli e che i diritti di proprietà del corso d'acqua vengano invece assegnati all'impresa danneggiata. In questo caso l'impresa A deve pagare per ottenere il permesso di inquinare. L'impresa B è disposta ad accettare una certa quantità di inquinamento a patto di ricevere in cambio una cifra superiore al danno marginale (MD) che deve sopportare.

L'impresa A trova conveniente pagare una certa cifra per acquisire il diritto a inquinare, a patto che tale cifra sia inferiore al beneficio derivante dalla produzione di un'ulteriore unità inquinante.

Nel grafico tale beneficio può essere calcolato sottraendo al valore assunto dalla curva di beneficio marginale (MB) in corrispondenza della nuova unità inquinante il valore che la curva di costo marginale privato (MPC) assume sempre in corrispondenza di quell'unità.

Ad esempio, quando la quantità di inquinamento è unitaria, il valore del danno marginale è molto basso, mentre la differenza tra la curva di beneficio marginale e la curva di costo marginale privato assume un valore molto alto. Di conseguenza, l'accordo è possibile e all'impresa A verrà permesso di produrre un'unità inquinante. Andando avanti con tale ragionamento, si arriva alla conclusione che le due imprese raggiungono un accordo in base al quale la prima vende alla seconda il diritto di produrre Q^* unità inquinanti.

Importante sottolineare come in ambedue i casi, sia che i diritti di proprietà vengano assegnati all'impresa A, sia che vengano assegnati all'impresa B, lo Stato non interviene in alcun modo nella risoluzione del fallimento di mercato, essendo quest'ultimo risolto grazie alla definizione dei diritti di proprietà. Lo Stato si limita a garantire e a far rispettare tali diritti e interviene solamente per far in modo che i costi di contrattazione rimangano a un valore molto basso.

Ronald Coase non solo sostiene che l'intervento dello Stato sia inutile, ma anzi lo critica aspramente. La gestione pubblica delle risorse naturali, vista nell'ottica della teoria dei diritti di proprietà, di certo non migliora il benessere sociale.

Le ragioni del rifiuto di Coase nei confronti delle politiche interventiste sono sostanzialmente due.

In prima battuta, secondo l'economista, all'origine del fenomeno dell'inquinamento e dei fallimenti di mercato vi sarebbe proprio la proprietà pubblica delle risorse naturali. Pertanto, come ovvia conseguenza, favorire la proprietà pubblica a discapito dei diritti di proprietà non risolve la questione delle diseconomie, bensì le aggrava.

In secondo luogo, le decisioni dei policy maker potrebbero essere influenzate da gruppi di pressione e da gruppi di interesse che, in modo più o meno lecito, portano al soddisfacimento degli interessi particolari anziché degli interessi pubblici.

In ultima analisi, occorre precisare che il teorema di Coase si basa su due assunzioni molto rilevanti.

Innanzitutto, i costi della contrattazione non devono essere tali da scoraggiare le parti: esternalità che coinvolgono milioni di persone, come appunto l'inquinamento, non possono essere corrette mediante contrattazione individuale in quanto richiederebbero costi troppo elevati.

Inoltre, un problema del teorema è che esso parte dal presupposto che i proprietari delle risorse siano in grado di identificare i danni e di prevenirli legalmente. Questo può essere ammissibile per alcune forme di esternalità, ma quando si ha a che fare con l'inquinamento stabilire dei diritti di proprietà dell'aria potrebbe non essere così semplice. Inoltre, anche se si dovesse risolvere questo primo ostacolo, un ulteriore problema sarebbe come stabilire chi, tra tutti i potenziali inquinatori, contribuisce effettivamente alla creazione dell'esternalità, ovvero come sarebbe possibile individuare chi inquina veramente.

In conclusione, si può dire che il teorema di Coase è considerabile valido solo nei casi in cui siano coinvolti pochi soggetti e le fonti delle esternalità siano ben definite.

1.4.2 La soluzione della fusione

Un'ulteriore soluzione funzionale all'eliminazione delle esternalità negative consiste nella fusione.

Quando due imprese si fondono, l'operazione non prevede l'intervento dello Stato ed è dunque classificabile come correzione privata.

Facendo sempre riferimento al caso delle imprese A e B, possiamo affermare che tramite la fusione l'esternalità viene internalizzata. In tal modo è possibile tenere conto di tutti i costi sociali. In altre parole, in seguito alla fusione, il costo marginale sociale coinciderà con il costo privato. Ciò farà sì che il livello di output d'equilibrio sia quello socialmente ottimale.

La fusione può avvenire o perché una delle due imprese acquisisce l'altra o tramite l'acquisizione da parte di un soggetto terzo. Un'unica impresa che coordinasse l'attività delle altre due avrebbe, infatti, un incentivo a massimizzare i profitti congiunti e non i profitti individuali di ciascuno.

La risoluzione mediante fusione è ovviamente attuabile solo nel caso in cui si abbia a che fare con un'esternalità ristretta (come nel caso descritto delle imprese A e B). Laddove l'esternalità fosse più estesa, pensare a una soluzione che preveda la fusione da parte di un gran numero di imprese potrebbe essere complesso.

Allo stesso tempo, occorre anche considerare il fatto che potrebbero verificarsi comportamenti opportunistici in seguito alla fusione. Sarà dunque necessario possedere strumenti legali adatti a garantire il rispetto degli accordi.

La fusione potrebbe essere una soluzione efficiente anche laddove si voglia incentivare l'attivazione di un'attività alla quale è associata un'esternalità positiva. Ne sono un esempio le joint venture e i consorzi nel settore della R&S che sono per l'appunto finalizzate a evitare il sotto investimento che si verifica in presenza di un'esternalità positiva.

È infine necessario precisare che questa forma di correzione è attuabile nel caso in cui i soggetti coinvolti siano imprese, ma non è ovviamente praticabile laddove l'esternalità riguardasse individui singoli.

1.4.3 Le regole di convivenza civile

Riprendendo quanto detto al termine del precedente paragrafo, a differenza delle imprese, i singoli individui non possono dar vita a fusioni per internalizzare le esternalità. Un metodo alternativo che questi ultimi possono attuare per raggiungere tale obiettivo consiste nello stabilire alcune regole di convivenza civile. Attraverso esse si possono indurre le persone a tener conto delle esternalità che producono.

Un esempio può essere l'insegnamento che viene dato ai bambini nelle scuole di non gettare le carte a terra. Tale gesto causerebbe un'esternalità per gli altri bambini in quanto essi si ritroverebbero a trascorrere parte della loro vita in un ambiente malsano.

In generale, le regole di convivenza civile possono riguardare ambiti diversi. Il loro obiettivo principale è il raggiungimento di una più sana convivenza. Nell'era attuale con il termine "convivenza" si fa spesso riferimento a due persone che vivono sotto lo stesso tetto. Non bisogna dimenticare però che la convivenza riguarda tutti quei momenti che si passano in compagnia di altre persone indipendentemente dal luogo in cui ci si trova: scuola, ufficio, bar, treno, club sportivo, parrocchia e così via.

Ogni attività che viene svolta presso gruppi sociali o più in generale in società, deve necessariamente possedere delle regole che la normino e che la disciplinino, altrimenti il disordine contrasterebbe il raggiungimento di obiettivi comuni o individuali.

Si può pensare, ad esempio, all'esistenza di regole di convivenza civile nella vita all'interno di un condominio come: presentarsi, fare silenzio nelle ore di riposo, avere cura degli spazi comuni, avvisare se si è intenzionati a svolgere dei lavori a casa e così via.

Altro ambito di applicazione è la normale vita quotidiana e il rispetto della cultura di riferimento: non rubare, non insultare il prossimo, non assalire le donne, non fare i propri bisogni fisiologici in pubblico, non imbrattare né inquinare l'ambiente sono tutte regole per una buona convivenza.

Anche noi studenti universitari siamo sottoposti a delle regole di questo tipo: tenere puliti gli spazi comuni, aver cura delle infrastrutture e degli arredi, segnalare prontamente eventuali perdite di acqua nei bagni, non parlare ad alta voce o fare schiamazzi in prossimità dei luoghi dove si stanno svolgendo lezioni, esami o dove gli studenti studiano e il personale lavora, non fumare nei luoghi chiusi o in prossimità dell'edificio e via dicendo.

Ognuno di questi esempi è caratterizzato dall'accostamento a un'esternalità negativa: è chiaro che urlare mentre un condomino dorme, assalire una donna per strada, rubare in un negozio, disturbare una lezione universitaria o fumare in uno spazio chiuso sono tutti comportamenti che causano un danno all'ambiente esterno.

Le regole di convivenza civile cercano di contrastare tali comportamenti ricalcando, se vogliamo, il precetto secondo cui «non devi fare agli altri ciò che non vorresti venga fatto a te» che, anche se in modo poco elegante, può essere tradotto come: prima di compiere un'azione tieni conto dei suoi costi e benefici esterni (ovvero delle esternalità che essa produce).

1.5 Soluzioni pubbliche per la correzione delle esternalità

Vi possono essere alcuni casi in cui le soluzioni private sono non applicabili o, comunque, molto difficili da applicare. Al termine del paragrafo 1.4.1 si sono messi in luce i limiti applicativi del teorema di Coase. Si è anche evidenziato, nel paragrafo successivo, come le fusioni siano di difficile attuazione laddove sia elevato il numero di imprese coinvolte. Per quanto riguarda le regole di convivenza civile, invece, è chiaro che esse possono essere imposte tramite un buon sistema normativo, ma è altrettanto chiaro che sta nella coscienza di ognuno di noi decidere se aderirvi completamente o meno. Per fare un esempio, se si butta una sigaretta a terra non sempre si incorre in sanzioni; per cui è il singolo individuo che, in base a ciò che ritiene giusto fare, deciderà se inquinare o meno l'ambiente.

A compensazione dei limiti delle soluzioni private, potrebbe essere necessario un intervento da parte dello Stato. L'insieme delle soluzioni che richiedono un intervento statale sono classificabili come soluzioni pubbliche.

In questo paragrafo si procederà a una loro puntuale descrizione e analisi; ne verranno messe in evidenza le caratteristiche essenziali e le principali differenze, specificando le ragioni per cui, in determinate situazioni, alcune soluzioni sono preferibili ad altre⁵.

1.5.1 Imposte e sussidi pigouviani

Una prima soluzione pubblica al problema delle esternalità negative è costituita dalle imposte e dai sussidi pigouviani. L'aggettivo "pigouviano" deriva dal fatto che questi tipi di interventi sono stati proposti per la prima volta dall'economista britannico A.C. Pigou negli anni '30.

L'imposta pigouviana è un provvedimento che nasce da un'idea semplice: un'impresa che provoca esternalità negative produce in modo inefficiente perché i suoi costi privati sono più bassi rispetto ai costi sostenuti nel complesso dalla società; una soluzione potrebbe dunque essere quella di trovare un modo per incrementare i costi dell'impresa in modo tale da ridurre il livello di produzione facendolo arrivare alla quantità socialmente ottima.

Per incrementare i costi dell'impresa inquinante si potrebbe introdurre un'imposta che gravi su ogni unità da essa prodotta. L'imposta, infatti, costituirebbe un vero e proprio costo per l'impresa.

⁵ Si tenga conto del fatto che le possibilità prese in esame non sono esaustive. Un'analisi più approfondita è consultabile nell'opera *Environmental Economics: A Survey* a cura di Maureen L. Cropper e Wallace E. Oates (1992).

In questo modo la curva di costo privato dell'impresa si alzerebbe e incontrerebbe la curva di beneficio marginale (determinando di conseguenza il punto d'equilibrio) in corrispondenza di una quantità di produzione minore.

Logicamente, se si intende procedere mediante una soluzione di questo tipo, una grande importanza assume la scelta del valore che l'imposta deve possedere. A un valore più alto, infatti, sarà associato uno spostamento maggiore della curva di costo privato a cui seguirà una più consistente riduzione della quantità prodotta.

Per capire quale valore dovrebbe assumere l'imposta, si può far riferimento al grafico seguente.

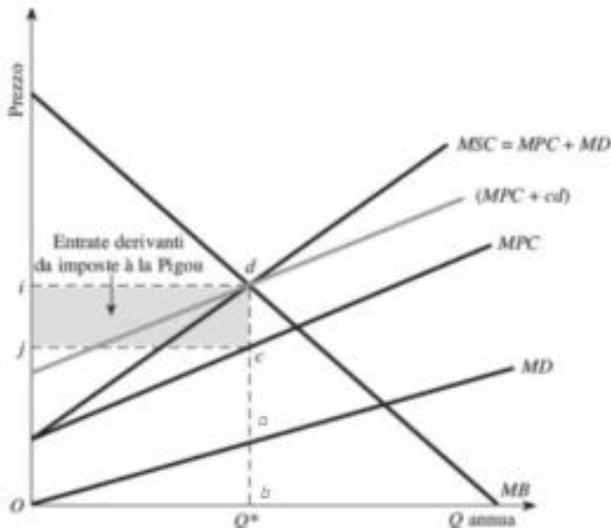


Figura 1.7

Per fare in modo che la quantità si riduca fino al livello socialmente ottimo (Q^*), è necessario che il valore dell'imposta sia esattamente pari al valore assunto dalla curva di danno marginale (MD) in corrispondenza di Q^* . L'imposta assumerà, dunque, un valore pari al segmento ab che, per costruzione, coincide con il segmento cd . Di conseguenza la curva MPC si incrementerà di un valore esattamente pari a cd e si formerà la nuova curva $(MPC + cd)$ rappresentata in figura 1.7.

Ora la condizione di massimizzazione del profitto impone all'impresa di produrre fino a quando il beneficio marginale (MB) non sia pari alla nuova curva di costo ($MPC + cd$) e questo si verifica in corrispondenza della quantità socialmente ottima Q^* .

È importante notare come l'introduzione dell'imposta determini un gettito che va ad incrementare le entrate dello Stato. Esso sarà pari al valore dell'imposta, cd , per ogni unità prodotta (OQ^*) e graficamente è rappresentato dall'area $ijcd$ nella figura 1.7.

Trovare l'ammontare esatto dell'imposta pigouviana nei casi reali è tutt'altro che semplice. Per farlo, infatti, si dovrebbe conoscere con precisione il valore di tutte le curve rappresentate nel grafico, di modo tale da poter determinare con precisione la quantità ottimale. La complessità risiede, in particolare, nel tracciare la curva di danno marginale in quanto non sempre gli effetti di un'esternalità sono facilmente calcolabili.

Inoltre, se anche si riuscissero a stimare tali effetti, l'applicazione stessa dell'imposta potrebbe comportare una serie di problemi.

Per capire meglio prendiamo in considerazione l'esempio di un'esternalità negativa provocata da un'automobile che emette scarichi nocivi. In teoria, la massima efficienza si otterrebbe se si riuscisse ad applicare un'imposta proporzionale ai chilometri percorsi dall'auto, ma questo potrebbe comportare dei costi di controllo e di gestione proibitivi. Una soluzione più semplice per lo Stato potrebbe essere quella di tassare l'auto al momento della vendita, senza tenere in considerazione il suo successivo utilizzo. Facendo ciò non si riuscirebbe ovviamente a raggiungere la quantità di equilibrio ottimale, ma si avrebbe comunque un netto miglioramento rispetto alla situazione precedente in cui l'imposta non esisteva.

Una soluzione alternativa all'imposta pigouviana potrebbe essere costituita dall'introduzione di un sussidio. L'idea in questo caso è quella di pagare chi inquina affinché non lo faccia. Questo sistema risulta essere molto

simile alle imposte, in quanto il sussidio può essere considerato semplicemente un modo diverso per aumentare il costo di produzione effettivo di chi inquina.

Lo Stato in questo caso riconosce una somma di denaro all'impresa per ogni unità in meno da quest'ultima prodotta. Si può dimostrare che il sussidio, esattamente come l'imposta, deve essere pari al valore che il danno marginale assume in corrispondenza della quantità socialmente ottima (Q^*).

La ragione sta nel fatto che l'impresa, se volesse produrre un'unità in più, dovrebbe aggiungere ai suoi costi anche il valore del sussidio a cui rinuncia. Come prima, la nuova curva di costo dell'impresa avrà la stessa inclinazione della precedente, ma sarà traslata verso l'alto di un valore esattamente pari al sussidio.

Per fare in modo che il livello di produzione scenda da Q_1 a Q^* , dunque, il sussidio deve assumere un valore pari alla distanza tra l'asse delle ascisse e la curva di danno marginale in corrispondenza della quantità ottimale. La situazione può essere rappresentata graficamente come segue.

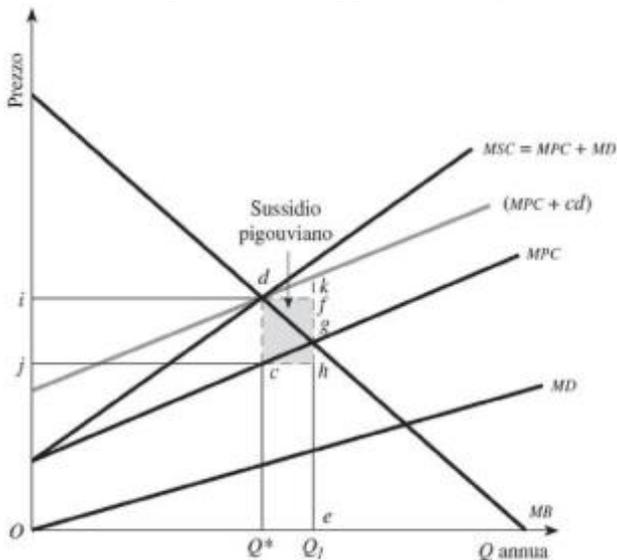


Figura 1.8

Se a livello di quantità prodotta sussidio e imposta conducono allo stesso risultato, a livello distributivo tra i due metodi vi è una profonda differenza: se con l'imposta l'impresa era costretta a pagare una somma pari all'area $ijcd$, grazie al sussidio essa ottiene, invece, una somma di denaro pari al rettangolo $cdfh$ nella figura 1.8. Il valore del sussidio sarà, infatti, dato dal prodotto tra il suo valore (cd) e il numero di unità a cui l'impresa rinuncia ($Q^*Q_1 = df$).

Oltre ai problemi comuni all'introduzione delle imposte pigouviane, il sistema dei sussidi ne ha di propri. Innanzitutto, esso determina profitti più elevati per le imprese a cui viene riconosciuto. È chiaro, dunque, che nel lungo periodo, questo potrebbe incentivare altre imprese ad inquinare.

In secondo luogo, mentre l'imposta rappresentava un'entrata per lo Stato, il sussidio deve essere erogato e, dunque, comporta un'uscita che deve essere coperta mediante un incremento del prelievo fiscale da altri settori.

1.5.2 Imposte sulle emissioni e sistema *cap-and-trade*

Un problema che potrebbe presentarsi nel momento in cui si decide di intervenire mediante un'imposta pigouviana per la riduzione delle esternalità è che tale provvedimento potrebbe non incentivare il soggetto coinvolto a trovare una soluzione per ridurre l'inquinamento. Se, infatti, si è costretti a pagare una certa imposta in base all'output prodotto e indipendentemente dall'inquinamento causato vi sarà un incentivo a produrre di meno, ma non vi sarà alcun vantaggio nel cercare un modo per produrre meno unità inquinanti. È chiaro che questa situazione sarà inefficiente perché, se si riuscisse a ridurre l'inquinamento, si potrebbero produrre più unità, incrementando il beneficio marginale.

Una soluzione alternativa potrebbe essere dunque quella di tassare non le unità di output prodotte, bensì le unità di inquinamento rilasciate, mediante un'imposta sulle emissioni.

Per determinare quale sia il livello ottimale di riduzione dell'inquinamento, occorre tenere in considerazione due fattori: il costo marginale che l'impresa sostiene per ridurre l'inquinamento e il beneficio marginale

esterno derivante da ciascuna unità di inquinamento in meno prodotta. Il primo fattore può essere rappresentato da una retta inclinata positivamente, in quanto si suppone che più l'inquinamento viene ridotto, maggiori sono i costi che l'impresa deve sostenere. Il beneficio marginale esterno, invece, viene rappresentato da una retta inclinata negativamente, in quanto esso diminuisce all'aumentare delle unità ridotte (quindi quando si comincia a ridurre l'inquinamento il beneficio marginale è alto, poi, man mano si va avanti, esso diminuisce sempre più). Essendo le due curve inclinate una positivamente e una negativamente, è possibile individuare un punto di equilibrio che corrisponde alla riduzione ottimale di inquinamento. Nel grafico seguente tale punto corrisponde ad e^* .

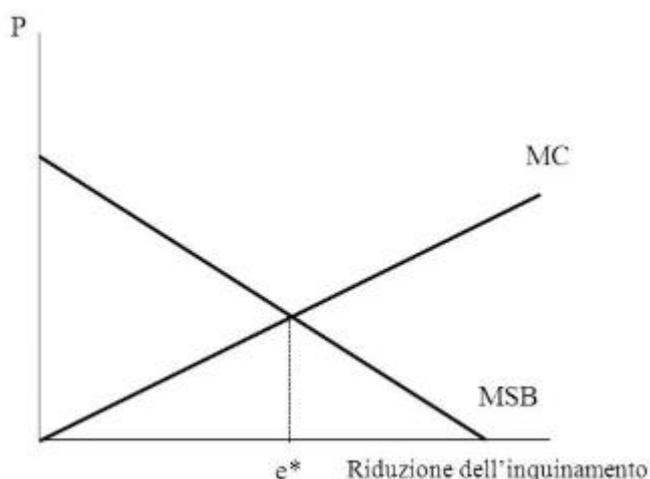


Figura 1.8

Vi sono diversi interventi che lo Stato può attuare per raggiungere il punto di equilibrio e^* ; uno di questi è proprio imporre un'imposta per ogni unità di inquinamento prodotta, ovvero un'imposta sulle emissioni. La domanda immediatamente successiva che ci si deve porre è quale debba essere il valore dell'imposta. La risposta può essere immediatamente compresa, osservando il grafico seguente.

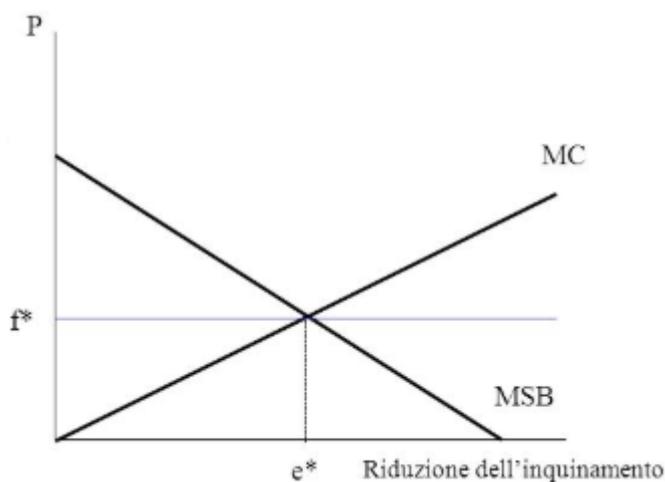


Figura 1.9

Il valore dell'imposta deve essere pari a f^* , ovvero al valore che la curva di costo marginale e la curva di beneficio marginale assumono in corrispondenza della riduzione di inquinamento ottimale (e^*). Il motivo può essere spiegato mediante il seguente ragionamento: il soggetto che inquina sostiene un costo pari a MC per ogni unità di inquinamento in meno prodotta; allo stesso tempo, però, se riduce l'inquinamento di un'unità godrà di un beneficio netto derivante dal minor pagamento di imposte pari a f^* (le imposte pagate scendono di f^* per ogni unità di sostanza inquinante non emessa). Pertanto, il soggetto ridurrà l'inquinamento fintantoché il beneficio che ne ricava supera il costo che deve sostenere, ovvero fintantoché $f^* > MC$.

Di conseguenza, se f^* viene fissato al livello indicato in figura 1.9, l'inquinamento verrà ridotto fino al livello ottimale (e^*). Ovviamente, in assenza di imposta sulle emissioni, non vi sarebbe alcun incentivo a ridurre l'inquinamento in quanto anche la riduzione di un'unità comporterebbe un costo per chi inquina.

È necessario tuttavia sottolineare il fatto che determinare il livello di f^* è tutt'altro che semplice. Secondo Alessandro Lanza, Amministratore delegato della Eni Corporate University e docente di energia e politiche ambientali presso l'università LUISS Guido Carli di Roma⁶, la decisione circa il livello di tassazione da adottare deve essere corretta diverse volte fino al raggiungimento del livello ottimale. Inoltre, l'ottimizzazione raggiunta in un certo paese o sistema economico raramente è la stessa di altri paesi o sistemi economici.

Nonostante le difficoltà nello stabilire il corretto livello dell'imposta, essa potrebbe rivelarsi particolarmente vantaggiosa laddove fosse presente più di un soggetto inquinante.

Supponiamo che vi siano due imprese, una gestita da Alberto e una gestita da Matteo, che con la loro attività emettono degli scarichi nocivi all'interno di un fiume di cui un terzo soggetto, Maria, si serve per pescare.

Per Alberto la riduzione dell'inquinamento presenta un costo marginale minore rispetto a Matteo: graficamente la curva di costo marginale di Matteo è più inclinata rispetto a quella di Alberto.

Supponiamo che, in un certo momento, il totale di unità di inquinamento prodotte da entrambe le imprese sia 90 e che il settore pubblico abbia stimato che la quantità efficiente di riduzione dell'inquinamento sia 100. Ciò significa che le unità inquinanti emesse devono diminuire da 180 a 80.

In prima battuta si potrebbe immaginare che la soluzione migliore sia spartire equamente le 100 unità da ridurre tra le due imprese. In tal modo sia Alberto che Matteo dovrebbero ridurre le unità inquinanti di 50 unità.

Così facendo però Matteo sarebbe costretto a sostenere un costo molto più elevato rispetto ad Alberto in quanto la sua curva di costo marginale è, come detto, più inclinata. I costi totali in tal modo sarebbero troppo elevati. Esiste una soluzione più efficiente: se si chiedesse ad Alberto di ridurre un'unità in più di inquinamento e si consentisse così a Matteo di ridurre un'unità in meno, la quantità totale ridotta rimarrebbe pari a 100, ma vi sarebbe un risparmio di costo, in quanto il risparmio di Matteo supererebbe il costo in più che Alberto dovrebbe sostenere. Il ragionamento si può ripetere fino a quando non si trova una combinazione tale per cui i costi marginali sostenuti dalle due imprese si eguagliano. Supponiamo che tale combinazione sia di 75 unità per Alberto e solo 25 per Matteo.

L'allocazione in tal caso risulterebbe efficiente e si potrebbe rappresentare come segue.

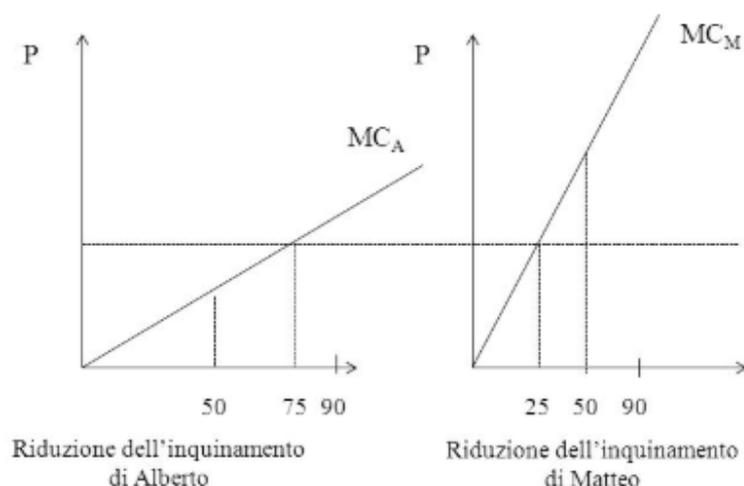


Figura 1.10

In generale si può dire che un'allocazione è efficiente in termini di costo se viene raggiunta al costo più basso possibile e ciò avviene solo quando i costi marginali risultano uguali per tutti i soggetti inquinanti.

⁶ Professore a contratto di *Energy and environmental policy* presso l'Università LUISS, ha ricoperto la carica di vicedirettore della Divisione Energia e Ambiente dell'IEA / OCSE, capo economista di Eni e direttore esecutivo della Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), oltre che Amministratore delegato di *Eni Corporate University*.

Come è stato appena dimostrato, dunque, l'allocazione che prevede una diminuzione dell'inquinamento di 75 unità per Alberto e di 25 per Matteo è efficiente in termini di costo, ma si potrebbero sollevare dei dubbi riguardo all'equità nella ripartizione delle responsabilità. Dopotutto Alberto si fa carico di una responsabilità maggiore rispetto a Matteo in quanto la sua impresa dovrà trovare un modo per ridurre l'inquinamento di ben 50 unità in più. Il maggior onere di Alberto è tuttavia compensato dal fatto che egli, riducendo maggiormente le unità inquinanti, pagherà imposte minori. Il valore delle imposte da pagare, infatti, è direttamente proporzionale alle unità di inquinamento emesse. È dunque chiaro che più si riesce a ridurre l'inquinamento minore sarà l'onere di imposta.

Se volessimo fare un esempio numerico, potremmo supporre che un'imposta unitaria assuma un valore pari a 50€. In una situazione del genere, dal punto di vista dell'equità, Matteo dovrebbe pagare 50€ per ogni unità di inquinamento che produce. Avendo egli diminuito le sue unità inquinanti da 90 a 65 ($=90-25$), pagherà imposte per 3250€ ($=50€ \cdot 65$). Alberto paga anch'egli 50€ per ogni unità di inquinamento che produce, ma avendo egli ridotto le unità inquinanti da 90 a 15 ($=90-75$), dovrà sostenere un costo pari a soli 750€ ($=50€ \cdot 15$).

In sintesi, l'impresa che riduce meno le emissioni subisce un'imposizione più elevata rispetto a chi ha ridotto di più. Per tale motivo possiamo affermare che l'allocazione, oltre ad essere efficiente in termini di costo, è anche efficiente in termini di equità.

L'imposta sulle emissioni è, dunque, un'alternativa valida alle imposte o ai sussidi pigouviani, ma non è l'unica. Un'altra soluzione per lo Stato potrebbe essere quella di concedere un certo numero di autorizzazioni alle due imprese e di permettere a queste ultime di produrre un'unità inquinante per ogni autorizzazione emessa. Il numero di autorizzazioni viene, dunque, stabilito in base al livello di inquinamento desiderato.

Le autorizzazioni che vengono emesse possono essere rese interscambiabili dietro compenso, di modo che ai due soggetti sia possibile mettersi d'accordo e ottenere la configurazione migliore possibile.

Similmente a quanto accadeva nel teorema di Coase (par. 1.4.1) in cui non importava a chi fossero assegnati i diritti di proprietà, anche in questo caso non assume rilevanza l'assegnazione iniziale delle autorizzazioni, in quanto, essendo esse interscambiabili, potranno essere negoziate tra i due soggetti fino al raggiungimento dell'allocazione in termini di costi migliore possibile. Un sistema di autorizzazioni sull'inquinamento scambiabili prende il nome di sistema *cap-and-trade*.

Per comprendere la ragione per la quale il sistema di *cap-and-trade* è efficiente in termini di costi indipendentemente dall'assegnazione iniziale delle autorizzazioni possiamo riprendere l'esempio precedente. Come facilmente comprensibile, il numero di autorizzazioni che lo Stato dovrebbe concedere è 80, in quanto 80 è esattamente il numero di unità inquinanti la cui produzione è concessa alle due imprese.

Facendo riferimento al seguente grafico, è possibile analizzare la situazione al meglio.

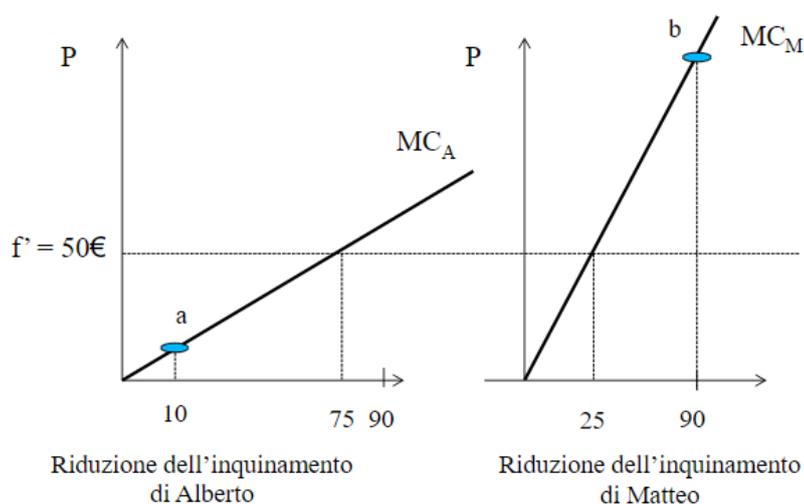


Figura 1.11

Supponiamo per semplicità che tutte le 80 autorizzazioni vengano ricevute da Alberto. Dal momento che egli in origine emetteva 90 unità l'anno potrà ridurre l'inquinamento per sole 10 unità, collocandosi nel punto *a*

del grafico. Matteo che non ha ricevuto alcuna autorizzazione sarà invece costretto a ridurre l'inquinamento di ben 90 unità e si collocherà nel punto *b* del grafico. Si può subito notare che il costo marginale di Matteo in corrispondenza del punto *b* è molto più alto rispetto a quello di Alberto in corrispondenza del punto *a*.

Dato che le autorizzazioni sono interscambiabili, Matteo potrebbe chiedere ad Alberto di vendergli un'autorizzazione. Il costo massimo che Matteo sarebbe disposto a sostenere è $MC_M(90)$, mentre Alberto sarebbe disposto ad accettare la negoziazione a patto di ricevere una somma maggiore di $MC_A(10)$. Dato che, come appena detto, $MC_M(90) > MC_A(10)$, la negoziazione può avere luogo.

Il ragionamento può essere ripetuto fino a quando i due costi marginali non si eguagliano. Ciò permette dunque di tornare alla configurazione di 25 unità per Matteo e di 75 per Alberto, con quest'ultimo che venderà al primo 65 autorizzazioni.

Dato che l'uguaglianza tra i costi marginali è la condizione di massima efficienza in termini di costo, è stato appena dimostrato come anche una politica *cap-and-trade* possa essere considerata efficiente sotto questo punto di vista.

Si può notare anche che, in corrispondenza della configurazione raggiunta, il prezzo di mercato per le autorizzazioni è f' (=50€) che corrisponde all'imposta sulle emissioni precedentemente discussa.

Si può dunque concludere che imposte sulle emissioni e sistemi *cap-and-trade* sono politiche simmetriche.

Nonostante ciò i due provvedimenti riportano alcune differenze significative e, in particolare, divergono tra loro quando si ha a che fare con l'inflazione e con l'incertezza sulla determinazione dei costi marginali. Il prossimo paragrafo è dedicato all'analisi di tali differenze.

1.5.3 Differenze tra imposte sulle emissioni e sistema *cap-and-trade*

Come detto al termine del precedente paragrafo, i maggiori scostamenti tra i due provvedimenti sono osservabili in riferimento a un periodo inflazionistico o quando è presente un'incertezza sulla determinazione dei costi marginali.

Per quanto riguarda l'inflazione, essa riduce il valore dell'imposta sulle emissioni in termini reali. Ciò significa che se si verificasse un periodo inflazionistico, a meno che non abbia luogo un adeguato aggiustamento periodico per tenere conto delle variazioni del livello dei prezzi, il costo dell'imposta diminuirà nel corso del tempo. Riesaminando la figura 1.10, si può notare che se il valore dell'imposta diminuisse la riduzione dell'inquinamento sarebbe minore e non si potrebbe raggiungere il livello efficiente.

Un sistema *cap-and-trade*, invece, non presenta questo tipo di problema, in quanto, avendo fissato il numero di autorizzazioni da concedere, il livello di inquinamento rimarrà costante senza mai aumentare.

Ovviamente se si modificasse periodicamente il valore dell'imposta si potrebbe, anche in tal caso, raggiungere una configurazione efficiente, ma sarebbe necessario un intervento di carattere legislativo o regolamentativo.

Il vantaggio del sistema *cap-and-trade*, dunque, è che esso permette alla correzione di avere luogo automaticamente, senza necessità di un intervento statale.

I due provvedimenti divergono tra loro anche laddove dovessero esserci problematiche sulla determinazione dei costi marginali⁷. I costi di risoluzione di molte questioni ambientali sono, infatti, incerti. Basti pensare al surriscaldamento del globo terrestre.

In questo caso quale dei due sistemi preferire dipende dall'elasticità della curva di beneficio marginale sociale. In particolare, se essa dovesse essere elastica sarebbe preferibile un'imposta sulle emissioni, mentre se essa fosse anelastica si dovrebbe prediligere il sistema *cap-and-trade*.

Per comprenderne la ragione prendiamo in esame i due casi separatamente.

Il grafico a pagina seguente mostra il caso di una curva di beneficio marginale esterno elastica. Si supponga che il Governo non conosca con precisione il costo marginale che chi provoca l'inquinamento deve sostenere per ridurlo. La sua stima è un costo marginale pari a MC^* , ma vi è la possibilità che esso possa aumentare fino ad arrivare a MC' .

⁷ Il problema è stato affrontato per la prima volta da Martin Lawrence Weitzman, economista e professore di *Economics* all'Università di Harvard.

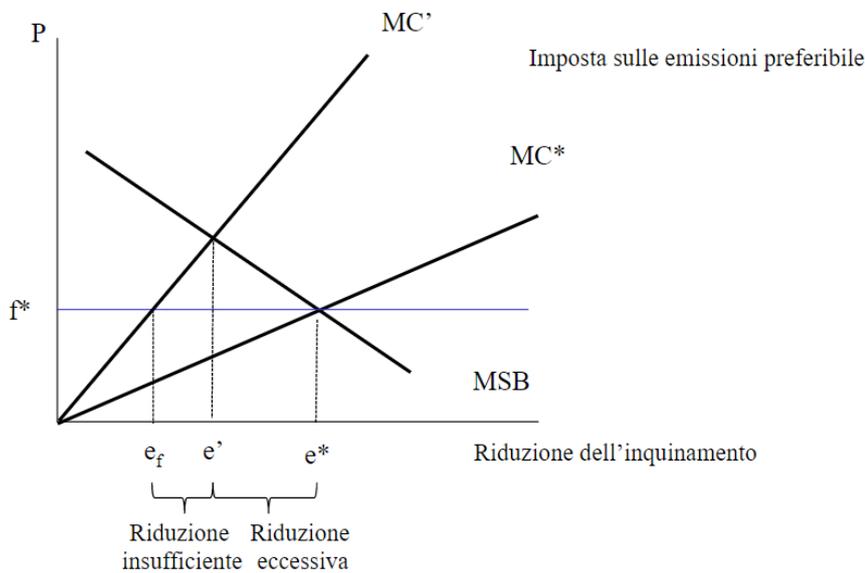


Figura 1.12

Facendo riferimento alla figura 1.12, è possibile impostare il seguente ragionamento. L'autorità potrebbe ricorrere a un'imposta sulle emissioni dal valore f^* , con l'obiettivo di raggiungere una riduzione dell'inquinamento pari ad e^* . Se la curva di costo marginale dovesse essere MC^* , l'obiettivo verrebbe raggiunto, ma se la curva che si verifica fosse MC' la riduzione sarebbe insufficiente (e_f anziché e').

In alternativa l'autorità potrebbe attuare un sistema *cap-and-trade*, concedendo un numero di autorizzazioni tali da ridurre l'inquinamento fino al livello e^* . Ancora una volta se la curva di costo marginale dovesse essere MC^* , l'obiettivo verrebbe raggiunto, ma questa volta, se si verificasse la curva MC' , la riduzione sarebbe eccessiva (e^* anziché e').

Dato che la curva di beneficio marginale sociale è elastica, sebbene l'allocazione dell'imposta sulle emissioni non sia perfettamente efficiente nel caso in cui i costi si rivelassero maggiori di quelli attesi, essa sarebbe comunque da preferire rispetto all'allocazione del sistema *cap-and-trade*, completamente inefficiente in quanto comportante una riduzione dell'inquinamento di gran lunga eccessiva. Detta in altre parole, l'imposta sulle emissioni viene preferita in quanto e_f è molto più vicino alla quantità di riduzione efficiente e' , rispetto ad e^* .

Prendiamo ora in esame il caso opposto, ovvero quello caratterizzato da una curva di beneficio marginale sociale anelastica, rappresentabile come segue.

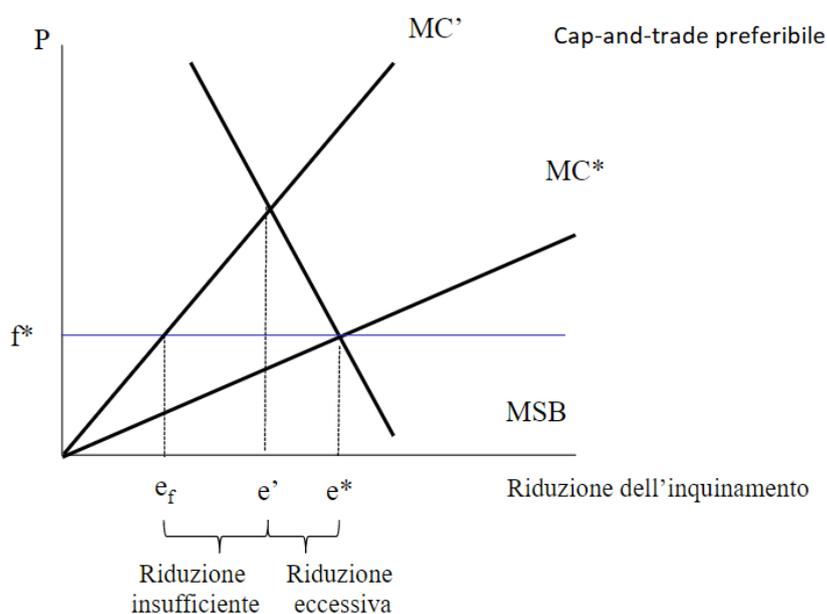


Figura 1.13

Come prima, se l'autorità ricorresse a un'imposta sulle emissioni, al verificarsi di una curva di costo marginale più alta, la riduzione dell'inquinamento sarebbe insufficiente (e_f anziché e'); mentre, se l'autorità dovesse stabilire l'attuazione di un sistema *cap-and-trade*, la riduzione sarebbe eccessiva (e^* anziché e').

In questo caso, tuttavia, essendo la curva di beneficio marginale sociale anelastica, l'allocazione del sistema *cap-and-trade* è da preferire rispetto all'allocazione raggiunta mediante imposta sulle emissioni. Come osservabile dalla figura 1.13, infatti, e_f è molto più distante da e' rispetto a e^* .

In conclusione, possiamo riassumere le principali differenze tra i due provvedimenti nei seguenti tre punti chiave:

1. Il sistema *cap-and-trade* è preferibile all'imposta sulle emissioni se si è in un periodo di inflazione.
2. L'imposta sulle emissioni è preferibile al sistema *cap-and-trade* quando i benefici marginali sociali sono elastici e i costi sono incerti.
3. Il sistema *cap-and-trade* è preferibile rispetto all'imposta sulle emissioni quando i benefici marginali sociali sono anelastici e i costi sono incerti.

Quale dei due sistemi in generale sia migliore è una domanda che non trova una risposta precisa.

Se ci volessimo attenere ai fatti, quando è stato attuato il protocollo di Kyoto, in ambito ONU si è optato per un regime di limite alle emissioni. Allo stesso modo, gli esperti dell'Unione Europea hanno emanato una direttiva (direttiva ETS) sul commercio dei diritti di emissione. Quindi, in generale, potremmo dire che in passato il sistema *cap-and-trade* è stato preferito all'imposta sulle emissioni.

L'attuazione di questa linea di azione ha tuttavia mostrato alcuni inconvenienti. Vi sono stati, infatti, all'interno dell'Unione, casi di truffa come permessi di emissione fasulli cui non corrispondevano reali riduzioni, permessi di emissione conteggiati due volte a fronte della stessa riduzione di emissioni, speculazione finanziaria sulla variabilità dei prezzi di emissione e così via.

Per far fronte a tali inconvenienti, l'Europa ha dovuto rendere più severi e rigidi i sistemi di controllo e verifica.

1.5.4 Norme di tipo *command-and-control* e confronto con la regolamentazione per incentivi

Le imposte sulle emissioni e i sistemi *cap-and-trade* sono considerate delle forme di regolamentazione per incentivi, in quanto stimolano i soggetti inquinanti a ridurre il livello di inquinamento prodotto. In particolare, l'incentivo è costituito dall'aumento del costo opportunità dell'inquinamento che costringe chi inquina a tener conto dei danni esterni provocati.

Queste forme di incentivazione sono caratterizzate dal fatto di essere molto flessibili, in quanto lasciano ampia libertà su come ridurre l'inquinamento e su chi dovrebbe farlo in misura minore o maggiore.

Ciò che viene fissato, infatti, è la quantità ottimale di riduzione, ma nulla viene detto circa le modalità con le quali si dovrebbe raggiungere l'obiettivo o su come i soggetti coinvolti dovrebbero spartirsi la riduzione.

Nell'esempio esposto al paragrafo 1.5.2 Alberto e Matteo possono scegliere liberamente la modalità a loro più congeniale per ridurre le emissioni. Ad esempio, Matteo potrebbe trovare più vantaggioso installare una nuova tecnologia, mentre Alberto potrebbe ritenere più comodo ridurre l'output prodotto.

Inoltre, i due soggetti sono liberi di spartirsi l'onere di riduzione di modo tale da raggiungere l'allocazione più efficiente possibile: con un'imposta sulle emissioni Alberto sceglie di ridurre l'inquinamento più di Matteo, che invece trova più vantaggioso pagare più imposte; mentre nel sistema *cap-and-trade* i due soggetti possono scambiarsi le autorizzazioni di modo tale da efficientare (rendendo minimi) i costi marginali totali.

Tuttavia, esistono modalità di intervento meno flessibili che potrebbero condurre agli stessi risultati in termini di riduzione delle emissioni. Esse sono definite norme di tipo *command-and-control* e possono assumere varie forme. In particolare, si possono avere standard tecnologici o standard di performance.

Per quanto riguarda i primi, essi impongono ai soggetti coinvolti di ridurre l'inquinamento fino a un certo valore e di farlo installando una certa tecnologia per lo smaltimento delle emissioni. Ad esempio, per molto tempo la normativa sulla tutela ambientale ha previsto che tutte le centrali elettriche installassero dei depuratori piuttosto che consentire loro di smaltire le emissioni passando a carburanti più puliti.

In questi casi, non basta che l'impresa raggiunga la quantità di riduzione fissata, ma è necessario che lo faccia installando la tecnologia designata. Se, dunque, l'impresa dovesse ridurre le emissioni fino al livello ottimale, ma dovesse farlo con modalità diverse da quelle stabilite si avrebbe comunque un'infrazione della legge.

Logicamente questo tipo di provvedimento è molto più limitante rispetto alla regolamentazione per incentivi e, molto spesso, non permette di raggiungere la massima efficienza nei costi. L'impresa elettrica, infatti, potrebbe trovare più conveniente passare a carburanti più puliti perché questo le procurerebbe un vantaggio in termini di costi, ma non potrebbe farlo a causa delle limitazioni imposte.

Gli standard di performance, invece, lasciano libertà ai soggetti sulle modalità con le quali diminuire le emissioni nocive, ma non permettono loro di scegliere come spartirsi l'onere di riduzione.

Tornando all'esempio visto quando si è parlato del sistema *cap-and-trade*, possiamo dire che, in sostanza, Alberto e Matteo non sono liberi di scambiarsi le autorizzazioni. Se l'autorità stabilisce che Matteo debba ridurre le emissioni di 90 unità l'anno in quanto tutti i permessi sono state assegnati ad Alberto, anche se tale soluzione appare, come discusso, inefficiente in termini di costi, essa è l'unica possibile in quanto le autorizzazioni non sono interscambiabili. L'onere di ridurre l'inquinamento, dunque, non può essere trasferito alle imprese che possono farlo in modo meno costoso.

In generale, si può dire che gli strumenti di *command-and-control*, come suggerito dal nome di compongono di due ambiti. Il primo, il comando, attiene alla fissazione di obblighi o divieti stabiliti dal legislatore per indirizzare le risorse ambientali verso un utilizzo efficiente. Ad esempio, il comando potrebbe essere quello di ridurre le unità inquinanti di un certo valore.

Il secondo fattore, il controllo, attiene invece all'effettivo monitoraggio delle attività svolte dai soggetti regolamentati, ovvero alla verifica del rispetto degli standard.

Da quanto detto si potrebbe essere portati a pensare che mai un sistema di tipo *command-and-control* potrà essere preferito rispetto a un sistema di regolamentazione per incentivi, data la minor flessibilità del primo rispetto al secondo. Tuttavia, esistono alcuni casi in cui un sistema basato sugli incentivi potrebbe rivelarsi inefficiente o inapplicabile. In particolare, il funzionamento di un tale sistema è possibile soltanto se le emissioni possono essere monitorate a costi sostenibili. Ipotizziamo il caso di un'impresa che, emettendo scarichi chimici nocivi, inquina un terreno agricolo. Il monitoraggio della quantità di emissioni emesse dall'impresa nel terreno potrebbe richiedere costi eccessivi e una grande difficoltà di attuazione. In questo caso, dunque, uno standard tecnologico potrebbe rivelarsi di gran lunga una soluzione più efficiente, in quanto è molto più semplice verificare se l'impresa ha installato la tecnologia stabilita.

Un altro problema potenziale dei sistemi basati sugli incentivi è che essi, non stabilendo quale debba essere la spartizione dell'onere di riduzione, potrebbero portare alcune zone ad essere molto più inquinate di altre.

Tornando all'esempio di Alberto e Matteo è chiaro che, se l'impresa del primo è collocata sulla cima del fiume e l'impresa del secondo a valle, dato che Matteo riduce di meno le emissioni, si avrà sempre che la seconda zona è più inquinata della prima. In altri termini, potremmo dire che si verrà a creare un *hot-spot* o punto critico nella zona in cui le emissioni sono più concentrate. In questo caso, dunque, uno standard di performance sarebbe più efficiente in quanto potrebbe costringere le due imprese a ridurre le emissioni in modo più equo, eliminando il problema della diversa concentrazione dell'inquinamento nelle varie aree.

In alcuni casi, dunque, i sistemi *command-and-control* possono essere visti come preferibili rispetto a una regolamentazione per incentivi. Tuttavia, oltre ai problemi di flessibilità ed efficientamento dei costi sopra esposti, tali sistemi presentano altri punti di debolezza.

Innanzitutto, l'uniformità delle regole dei sistemi *command-and-control* impedisce un qualsiasi tipo di distinzione sia di carattere geografico, sia di specificità degli impianti produttivi; elementi che potrebbero invece avere una forte influenza sui costi sostenuti dalle imprese.

In secondo luogo, dal punto di vista ecologico, prevedere vincoli, obblighi e divieti a carattere individuale significa rischiare di perdere la visione complessiva del danno che determinate azioni potrebbero causare all'ambiente nel suo insieme.

Se le regole fissate dal sistema *command-and-control* non dovessero essere rispettate, l'autorità pubblica è tenuta ad intervenire mediante sanzioni pecuniarie e pene di carattere interdittivo o penale, nonché tramite sanzioni con funzione ripristinatoria dell'integrità ambientale.

Negli Stati Uniti tale compito viene svolto dall'EPA (*Environmental Protection Agency*) che costituisce un esempio di autorità indipendente con obiettivi di regolamentazione in materia ambientale.

Per quanto riguarda l'Europa, nel 1990 è stata istituita l'EEA (*European Environment Agency*), che però non ha mai avuto effettivi poteri regolamentari.

1.6 Considerazioni finali

In questo primo capitolo ci si è voluti concentrare sugli effetti e sulle conseguenze dell'inquinamento tra privati, andando a definire il concetto di esternalità e dimostrando come questo possa essere ricondotto al problema dell'inquinamento ambientale. In seguito, si sono analizzate le possibili soluzioni che soggetti privati o pubblici possono mettere in atto per cercare di ridurre gli effetti dell'esternalità negativa all'inquinamento legata.

Nel capitolo seguente si cercherà, invece, di trattare sempre il tema dell'inquinamento, ma vedendolo non più come un problema riguardante esclusivamente soggetti privati, bensì applicandolo a fattispecie internazionali. Inoltre, si getteranno le basi di un'importante teoria economica e matematica, la teoria dei giochi (o *game theory*) che, nel terzo capitolo, verrà applicata per spiegare diversi fenomeni all'inquinamento correlati.

Capitolo 2

Inquinamento a livello internazionale e *game theory*

Nel secondo capitolo l'elaborato si concentra sul tema dell'inquinamento trattandolo, però, da una prospettiva più ampia. Se nel primo capitolo si è infatti discusso tale problema da un punto di vista privatistico, ci si focalizzerà ora sul tema dell'inquinamento internazionale, ovvero su quanto le Nazioni influenzano negativamente l'ambiente tramite le emissioni complessivamente emesse.

In particolare, su tale analisi è incentrato il primo paragrafo di questo capitolo. In esso si intende innanzitutto presentare la problematica da un punto di vista generico, mediante dati che mettano al corrente il lettore sui reali danni provocati dall'inquinamento ambientale. Verranno messi in evidenza i costi dell'inquinamento, le persone colpite, il numero di morti provocate, i danni principali all'inquinamento connessi e le sue principali fonti. In seguito, il paragrafo si sviluppa presentando una lista dei paesi maggiormente inquinanti e dei paesi più sani da un punto di vista ambientale, per poi concludersi con la presentazione dei diversi trattati che sono stati stipulati nel corso degli anni per contrastare l'incremento mondiale del livello di inquinamento.

Il secondo paragrafo si propone, invece, di mostrare come un'importante disciplina della matematica applicata, nota a tutti come teoria dei giochi (*game theory*), possa essere utilizzata per spiegare diversi fenomeni legati al tema dell'inquinamento internazionale. Il discorso verrà maggiormente approfondito nel terzo capitolo; in queste pagine lo scopo è solo quello di fornirne una prima generica introduzione.

Il terzo paragrafo, infine, servirà per spiegare meglio cosa sia la teoria dei giochi a livello generale. In esso pertanto si cercherà di presentare i concetti chiave che caratterizzano tale teoria di modo tale da fornirne una prima comprensione di base. In particolare, si introdurrà il concetto di gioco approfondendone la rappresentazione; si fornirà una definizione di strategie dominanti e dominate; si spiegherà il concetto di equilibrio di Nash, attraverso la rappresentazione di un noto gioco conosciuto come dilemma del prigioniero; infine, si presenteranno due particolari tipi di giochi: i giochi ripetuti e i giochi sequenziali, che saranno poi utili per lo sviluppo della teoria e per le sue applicazioni proposte nel terzo capitolo. Ogni caso presentato sarà, ai fini di una maggiore chiarezza espositiva, accompagnato da un esempio di gioco che possa aiutare a comprendere al meglio il significato del concetto trattato.

2.1 Il problema dell'inquinamento internazionale

Ai giorni d'oggi, l'inquinamento atmosferico è il maggior responsabile di morti premature e causa all'incirca un decesso su nove. Il suo tasso di mortalità è molto più alto di quelli relativi a HIV, tubercolosi e malaria insieme e ammonta a circa sette milioni di persone l'anno. La direttrice del dipartimento di sanità pubblica dell'Organizzazione mondiale della sanità (Oms), Maria Neira è fermamente convinta del fatto che l'inquinamento atmosferico possa essere considerato una vera e propria emergenza sanitaria globale.

Il costo ad esso legato è particolarmente rilevante: si stima infatti un valore pari a 5110 miliardi all'anno considerando sia le perdite legate alla previdenza sociale, sia quelle derivanti dal reddito da lavoro perduto.

Nei paesi meno industrializzati l'inquinamento dell'aria è in continuo aumento, mentre in quelli dove l'industrializzazione è maggiore si registra una soglia di miglioramento. Nonostante ciò, anche nei paesi in cui l'inquinamento sembra andare incontro a positive riduzioni, esso rimane comunque un grave problema. Come infatti dichiarato da Neira, pur essendo in un periodo di miglioramento, in Europa continuano a morire mezzo milione di persone all'anno e questo è assolutamente intollerabile.

Una nota positiva sta nel fatto che le misure adottate contro l'inquinamento dell'aria hanno un impatto positivo nel breve termine e comportano un certo grado di efficacia anche verso la lotta di lungo termine contro il riscaldamento globale.

Nella situazione attuale circa il 90% della popolazione mondiale vive in zone dove l'inquinamento atmosferico è al di sopra dei livelli di sicurezza indicati dall'Oms, fino a raggiungere un livello di emissioni tossiche di ben sei volte superiore alle linee guida internazionali. Vi sono alcuni settori che causano l'inquinamento in misura maggiore. È il caso dell'agricoltura e dell'allevamento che, a causa dell'ammoniaca nel letame e dei

fertilizzanti, concorrono alla formazione della maggior parte delle polveri sottili, soprattutto nella stagione primaverile, essendo questa caratterizzata dalla semina e dalla concimazione dei campi.

Un altro agente fortemente inquinante è il diossido di zolfo, presente in particolar modo all'interno dei carburanti che alimentano aerei e barche.

L'ozono troposferico, formatosi prevalentemente nei giorni di sole, è nocivo sia per le persone che per le colture: si stima che esso causa danni irreparabili a circa il 12% dei raccolti di grano.

Vi sono poi fonti naturali di inquinamento aereo, come i fumi sprigionati dagli incendi o le tempeste di polvere, anche se l'inquinamento prodotto dall'essere umano ne supera ampiamente la portata.

Altro grande problema è legato all'inquinamento domestico, ovvero a quello prodotto in spazi chiusi. In particolare, altamente nocivo risulta essere l'uso di combustibili inquinanti quali legno, letame o carbone vegetale e la presenza nelle abitazioni di lampade a kerosene.

Per quanto riguarda i danni principali che l'inquinamento comporta, si può dire che essi sono di recente scoperta. Se dapprima, infatti, l'inquinamento veniva prevalentemente correlato a malattie respiratorie, attacchi cardiaci e ictus, ad oggi esso è associato a numerose altre patologie, quali diabete, malattie renali e malattie della pelle. Si è addirittura dimostrata l'esistenza di un collegamento tra l'inquinamento mondiale e l'insorgere di Alzheimer tra la popolazione di età più avanzata.

Le ricerche condotte su neonati e bambini riportano preoccupanti risultati: sembra esservi una forte correlazione tra l'inquinamento atmosferico e il rischio di sottopeso alla nascita che ovviamente comporta danni permanenti alla salute del bambino. Altri studi hanno evidenziato possibili collegamenti con malformazioni del feto, nascite premature e casi di morte improvvisa del lattante. Vi sono anche prove effettive della presenza di particelle inquinanti nella placenta materna dovute all'aria nociva dalla madre ispirata.

Sembra incredibile, ma è possibile che l'inquinamento causi anche problemi di apprendimento scolastico e rischio di delinquenza in età adolescenziale.

Uno dei problemi più gravi legati all'inquinamento è il fatto che esso non deve essere percepito solo come una questione limitata al livello locale. Uno studio, pubblicato sulla rivista *Nature*, ha cercato di capire l'impatto dello smog a livello internazionale. I ricercatori sono giunti alla conclusione che, spesso, le vittime si trovano in paesi diversi da quelli che hanno prodotto l'inquinamento. Alcuni ricercatori dell'università Tsinghua di Pechino, capitanati da Qiang Zhang, hanno evidenziato, in un importante studio, come un'alta percentuale di morti premature causate dal particolato di tipo 2,5 è stata dovuta a inquinanti emessi in una regione diversa da quella della persona colpita. Tale percentuale ammonta al 12%, ovvero su 2,52 milioni di morti, 400mila decessi sono stati causati da inquinamento non locale. Per esempio, è risultato che l'inquinamento in Cina ha fortemente colpito nazioni quali Giappone, Corea del Sud e altri paesi dell'Asia orientale; le emissioni nocive in Europa occidentale hanno causato morti premature in Europa Orientale e l'inquinamento americano ha colpito molte Nazioni europee.

Volendo procedere a una rapida elencazione delle principali fonti di inquinamento atmosferico, sia antropiche, sia di origine naturale, si possono indicare le seguenti fattispecie: l'utilizzo di combustibili fossili nella produzione di elettricità, nei trasporti, nell'industria e nelle abitazioni; i processi industriali e l'utilizzo di solventi (riguardanti in particolar modo l'industria chimica e mineraria); il trattamento dei rifiuti; l'agricoltura e, infine, fonti di emissione naturali come eruzioni vulcaniche, polveri aero diffuse, spuma del mare ed emissione di composti organici volatili provenienti dalle piante.

Alcune misure cautelative che i privati dovrebbero intraprendere possono essere sintetizzate nell'assunzione di particolari alimenti contenenti vitamine e omega3, nell'acquisto di mascherine protettive (anche se la maggior parte di esse, non aderendo ermeticamente al volto, non è particolarmente utile) e nell'utilizzo di applicazioni utilizzabili da cellulare o da computer che, monitorando l'inquinamento dell'aria, permettono ai pedoni di percorrere le vie meno inquinate. Tuttavia, tutte queste soluzioni riguardano il comportamento dei privati e non è difficile cogliere una nota anti-etica nel colpire le vittime dell'inquinamento anziché i colpevoli.

Nel terzo capitolo verranno analizzati dai provvedimenti che possono essere messi in atto per spingere le Nazioni a ridurre i propri livelli di inquinamento.

2.1.1 Il contributo dei paesi all'inquinamento mondiale

Per la nostra analisi è importante capire come e in che misura i diversi paesi contribuiscono all'inquinamento internazionale, cercando di comprendere quali sono i paesi più inquinati e quali i meno inquinati al mondo.

Si farà di seguito riferimento a uno studio, condotto dalla società svizzera e statunitense *IQAir AirVisual* nel 2018 e sintetizzato in un Report intitolato "*World Air Quality*", in cui viene utilizzato il livello di concentrazione di $PM_{2,5}$ nell'aria per stilare una classifica dei paesi più inquinati e più puliti del mondo.

Particular Matter (PM) è il termine generico con cui si definisce un mix di particelle solide e liquide (particolato) che si trovano nell'aria. Tali particelle possono originarsi o a causa di attività antropiche come processi di combustione e traffico veicolare o da fenomeni naturali quali erosione del suolo e incendi.

Parecchi studi epidemiologici hanno verificato una stretta correlazione tra la presenza di queste particelle e l'insorgere di malattie croniche alle vie respiratorie come asma, bronchiti ed enfisemi. In particolare, molto dannose sembrano essere le frazioni di particolato aerodisperso aventi diametro inferiore a 10 o a 2,5 micrometri (micron). Il motivo è dato dal fatto che minore è il diametro della microparticella, maggiore è la possibilità che essa possa penetrare all'interno delle vie respiratorie e causare una serie di danni correlati. Pertanto, il $PM_{2,5}$ è considerato la misura di riferimento dell'impatto sulla salute della popolazione mondiale. Sulla base della quantità di $PM_{2,5}$ contenuta all'interno di una certa area è possibile stimare un indice della qualità dell'aria, altrimenti definito *Air Quality Index (AQI)*. L'AQI viene, dunque, utilizzato dai Governi per comunicare al pubblico quanto è inquinata l'aria. Tale indice è positivamente correlato alle emissioni atmosferiche e inversamente correlato alla diluizione degli inquinanti atmosferici.

Nella classifica delle dieci città più inquinate l'India supera la Cina per la qualità dell'aria respirata e si aggiudica il triste primato di Paese più inquinato al mondo. La sua capitale, Nuova Delhi, risulta essere la città con la più alta concentrazione di particolato (113 micron al metro cubo) al mondo e, quindi, la più dannosa sotto il profilo ambientale.

L'Asia risulta essere il continente maggiormente in difficoltà dal punto di vista della qualità dell'aria. In particolare, nell'Asia meridionale si concentrano 18 delle città più inquinate al mondo, spartite fra India, Pakistan e Bangladesh. Nel sud-est asiatico, invece, la situazione pare essere estremamente grave nelle città di Hanoi e Jakarta, con quest'ultima che rischia di superare il livello di inquinamento presente a Pechino, l'inquinata capitale cinese.

Le città più inquinate del mondo, dunque, si concentrano prevalentemente nel continente asiatico, dove sul podio troviamo le città di Nuova Delhi (India), Kabul (Afganistan) e Dhaka (Bangladesh).

Volendo guardare oltre, possiamo sottolineare la grave situazione in cui versa la penisola balcanica nell'Europa Orientale, dove gli Stati di Bosnia Erzegovina, Macedonia, Kosovo e Turchia hanno superato di tre volte le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS).

Altri Paesi dove i livelli di inquinamento sono particolarmente alti sono la Russia, gli Stati Uniti, il Canada e, a seguire, Giappone, Brasile, Corea del Sud e Messico.

In Europa i paesi più danneggiati si trovano nella parte orientale e meridionale. Nel 2018 i livelli più alti di particolato sono stati registrati in Bosnia-Erzegovina, Macedonia, Polonia, Bulgaria e Repubblica Ceca. A seguire troviamo la nostra Nazione, accompagnata da Kosovo e Romania.

Volendo focalizzarci sull'Italia, possiamo far riferimento alla classifica stilata nel 2019 da Legambiente, in cui vengono elencate le 10 città italiane più inquinate. In ordine di inquinamento crescente troviamo: Cremona, Bergamo, Padova, Torino, Milano, Alessandria, Venezia, Monza, Lodi e, al primo posto, Brescia.

Occorre sottolineare il fatto che l'analisi è stata svolta prendendo in considerazione le particelle PM_{10} , ovvero le polveri sottili con diametro maggiore rispetto alle particelle $PM_{2,5}$ utilizzate per la classificazione dei paesi in assoluto più inquinati. Ciò significa che la nostra Nazione non presenta, sotto questo punto di vista, una situazione particolarmente catastrofica. Tuttavia, è interessante notare come tutte le città più inquinate si trovino in regioni nordiche: Lombardia, Veneto e Piemonte.

Un aspetto da non sottovalutare relativo alla problematica che si sta affrontando è il fatto che, da uno maxistudio condotto su 14 Paesi da Byron Lew e Mak Arvin della *Trent University* di Ontario, è risultato che

le condizioni ambientali di un determinato luogo influenzano fortemente lo stato d'animo delle persone. Da tale studio, infatti, è emersa una correlazione abbastanza forte tra queste due variabili, secondo la quale, in sostanza, l'inquinamento atmosferico può causare un senso di infelicità nell'animo umano. Viceversa, laddove l'aria è più pulita la popolazione tende ad essere più serena⁸.

A tal proposito, così come è stato possibile stilare una graduatoria dei paesi più inquinati del mondo, è possibile anche invertire il ragionamento ed elencare i paesi più sani dal punto di vista ambientale.

Un dato positivo è che ben 5 dei 10 paesi meno inquinati si trovano in Europa. Si tratta di Oslo (6° posto) in Norvegia, Stoccolma (7° posto) in Svezia, Zurigo (8° posto) e Berna (10° posto) in Svizzera e, in particolare, Helsinki (3° posto) in Finlandia. Tutte queste città sono riuscite ad adottare strategie vincenti, puntando particolarmente sul miglioramento del trasporto pubblico (rendendolo efficiente, ecologico o addirittura elettrico), su un buon sistema di smaltimento dei rifiuti e sulla costituzione di ampi spazi verdi per ossigenare l'ambiente.

Il divieto di circolazione pesante di automezzi, che ha portato a una limitazione degli scarichi di fumi nell'aria, è stata la carta vincente attuata da Honolulu, città nelle Hawaii che occupa la seconda posizione della classifica dei paesi più virtuosi per quanto riguarda l'inquinamento.

Al nono posto troviamo la giapponese Katsuyama, città molto piccola e basata prevalentemente sul turismo, mentre in quarta e quinta posizione compaiono Ottawa in Canada e Minneapolis negli Stati Uniti, dove i principali punti di forza sono la presenza di numerose piste ciclabili, un buon sistema di trasporto pubblico e, limitatamente alla città canadese, l'avvio di un'iniziativa primaverile da parte dei cittadini volta a ripulire parchi, strade, marciapiedi e spazi verdi.

Infine, la medaglia d'oro spetta a Calgary, sempre in Canada, considerata la città più pulita del mondo. Il merito è da attribuire sia alle politiche governative che hanno ridotto il traffico attraverso un trasporto pubblico elettrico, sia ai diversi centri di scarto, smistamento e riciclaggio presenti sul luogo.

2.1.2 I trattati ambientali contro l'inquinamento

Nel corso degli anni diversi sono stati i provvedimenti attuati dalla maggior parte delle Nazioni per far fronte ai cambiamenti climatici, dovuti all'inquinamento internazionale. Il mondo ha iniziato a trattare il riscaldamento globale come una questione molto seria e da risolvere a partire dai valori riscontrati nel 1990. Da quel momento sono stati presi diversi accordi volti a sensibilizzare le Nazioni e a incrementarne l'impegno alla diminuzione di emissioni inquinanti.

Tali accordi prendono il nome di Cop (*Conference of the parties*) e, nel corso degli anni, sono stati soggetti a una serie di modifiche e revisioni durante i diversi incontri tra Nazioni.

Risale al 1992 il primo accordo internazionale sul clima, chiamato Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e noto anche come Accordo di Rio, dal momento che deve la sua nascita allo storico Summit per la terra di Rio de Janeiro tenutosi nel medesimo anno. Il trattato ha come scopo principale la riduzione delle emissioni dei gas serra, sulla base del riscaldamento globale. Esso, tuttavia, seguiva un approccio non troppo severo in quanto i limiti per le emissioni di gas serra non erano obbligatori. Inoltre, includeva la possibilità che le parti firmatarie potessero, negli anni successivi, adottare atti ulteriori, definiti protocolli, tesi a porre un limite massimo alle emissioni inquinanti. Questo diede poi origine al primo importantissimo protocollo di tematica ambientale: il protocollo di Kyoto. La Convenzione ha previsto, inoltre, la costituzione di diverse conferenze che si sarebbero tenute gli anni successivi, fino al periodo odierno.

La prima conferenza in assoluto (Cop-1) si è tenuta a Berlino nel 1995. Essa ha visto la nascita di due organismi chiave: l'SBSTA (*Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice*) che rappresenta l'organismo di supporto dedicato a dirigere gli aspetti tecnici, scientifici e funzionali al negoziato politico, e l'SBI (*Subsidiary*

⁸ Per ottenere i valori sulla felicità si è utilizzato il *World Database of happiness*, le cui fonti sono molteplici e comprendono sondaggi con una varietà enorme di domande. Per la ricerca si sono utilizzate solo le risposte relative al grado di soddisfazione della vita dei partecipanti.

Body for Implementation), incaricato di assicurarsi che le parti stiano effettivamente applicando le decisioni e gli impegni in precedenza presi.

Con un salto temporale di due anni, arriviamo poi a una delle conferenze in assoluto più importanti: la Cop-3 di Kyoto. Risale esattamente a questa occasione l'elaborazione del protocollo di Kyoto, il primo trattato al mondo teso alla riduzione delle emissioni di gas serra. Esso entrò però in vigore solo il 16 Febbraio 2005 con la ratifica della Russia. Il motivo sta nel fatto che, per farlo entrare in vigore, era necessario che la somma delle emissioni dei paesi aderenti superasse il 55% delle emissioni totali.

Gli Stati Uniti si rifiutarono categoricamente di ratificare l'atto, asserendo che gli impegni a cui avrebbero dovuto aderire avrebbero comportato un danno troppo elevato e permanente alla loro economia.

Tali impegni prevedevano, all'epoca, una prima fase di riduzione delle emissioni relativamente al periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990. Essi furono poi ampliati nel corso della Cop-18 di Doha, tenutasi proprio nel 2012, che prevede una seconda stagione al protocollo di Kyoto, procrastinandone la conclusione all'anno 2020. L'Italia ha, invece, ratificato il protocollo nel 2002, mentre il Canada è stato il primo paese ad uscirne con un anno di anticipo, nel 2011.

Altra importante conferenza si tenne nel 2009 a Copenaghen e fu la quindicesima della serie (Cop-15). Essa viene ricordata come il più grande insuccesso tra i vari incontri tenutisi, un fallimento completo. L'obiettivo della Cop era quello di stabilire un ambizioso accordo globale sul clima a partire dall'anno 2012; tuttavia le tre pagine dell'accordo di Copenaghen altro non fanno che rimandare tutti gli oneri all'anno 2015. Il testo finale, però, mette per la prima volta in risalto l'importante obiettivo di contenere, entro il limite di 2°C, il surriscaldamento globale. Alla fine, il documento mette in risalto l'eventuale necessità di discutere di un limite ancora inferiore (1,5°C) e prevede di stabilire il Fondo Verde per il clima, ovvero un piano di impegno finanziario per far sì che i paesi maggiormente industrializzati possano aiutare quelli più poveri a raggiungere gli obiettivi climatici desiderati.

Un'ulteriore fondamentale tappa risale al 2013, anno nel quale si tenne la Cop-19 di Varsavia. Il principale risultato della conferenza fu l'istituzione, dopo ben otto anni di negoziazioni, del *Warsaw Framework for REDD+*, un quadro di decisioni e di aspetti organizzativi tesi a contrastare le deforestazioni nei paesi in via di sviluppo. Esso deve la sua origine alla conferenza tenutasi cinque anni prima a Poznan, la quattordicesima della serie. Sempre nel 2013 venne poi approvata dalle parti la *Warsaw International Mechanism for loss and damage associated with climate change impacts*, relazione incentrata sul problema dei danni ambientali derivanti da eventi climatici estremi.

Di grande importanza fu anche la decisione presa a Lima nel 2014 (Cop-20) relativa alla presentazione all'ONU, da parte di tutti i governi, dei relativi piani nazionali tesi a frenare le emissioni di gas serra entro il termine informale del 31 Marzo 2015, i così detti *Intended Nationally Determined Contributions (INDCs)*.

Un ulteriore salto temporale ci porta al ventunesimo incontro, tenutosi a Parigi, che è forse il più importante della successione dopo Kyoto, in quanto vide la nascita di un nuovo importante trattato internazionale (il *Paris Agreement*). L'accordo definisce un piano d'azione globale, incentrato al miglioramento delle condizioni ambientali, a una riduzione dell'inquinamento e al contenimento del riscaldamento globale.

Gli obiettivi principali concordati dai Governi sono sostanzialmente i seguenti:

1. Mantenere l'aumento medio della temperatura ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali;
2. Puntare a limitare tale aumento medio a 1,5°C;
3. Fare in modo che le emissioni globali raggiungano il loro picco il prima possibile;
4. Procedere a rapide riduzioni in conformità con le più avanzate soluzioni scientifiche a disposizione.

Si stabiliscono, inoltre, i seguenti obblighi per i governi:

1. Riunirsi ogni cinque anni, di modo tale da stabilire ogni volta obiettivi più ambiziosi;
2. Riferire agli Stati membri e all'opinione pubblica le metodologie adottate per il raggiungimento dei fini concordati;
3. Segnalare i progressi compiuti con il massimo grado di trasparenza e responsabilità.

Dal punto di vista del finanziamento climatico, tramite il Fondo Verde per il clima, vengono mantenute le precedenti disposizioni di stanziamento, concordate a 100 miliardi di dollari da stanziare nel quinquennio 2020-2025.

Grandi assenti nell'adesione all'accordo di Parigi sono ad oggi gli Stati Uniti che, pur avendo inizialmente dato la loro approvazione, hanno deciso, guidati dal loro attuale presidente Donald Trump, di abbandonare il trattato. Durante una conferenza a Pittsburgh, lo stesso presidente ha spiegato i motivi che lo hanno spinto a prendere tale decisione, nonostante le contestazioni da parte sia di forze politiche rivali, sia di alcuni membri del suo stesso partito (che sono stati licenziati). In particolare, Donald Trump ha additato l'obiettivo impostogli di una riduzione delle emissioni di almeno il 28% entro il 2025 come gravemente dannoso per l'economia americana e, non avendo avuto l'opportunità di procedere a una rinegoziazione, ha deciso di tagliarsene fuori. Il ritiro si aggiunge a una serie di altri provvedimenti presi dall'amministrazione Trump, come la revisione delle leggi sulla protezione ambientale, che rischiano di danneggiare irreparabilmente l'ambiente. Secondo l'*Energy Information Administration*, l'agenzia federale per il consumo energetico, le emissioni non sono diminuite nel corso del 2018, bensì aumentate del 2,7%.

In conclusione, occorre dire che l'ultima conferenza tenutasi risale al Dicembre 2019 e si tratta della Cop-25 di Madrid, caratterizzata prevalentemente dall'aggiornamento dei piani di riduzione delle emissioni e dall'obiettivo, ritenuto primario, di riduzione della dipendenza dal carbone.

Il prossimo incontro si terrà a Glasgow nel Novembre 2020.

2.2. Possibili applicazioni della teoria dei giochi al tema dell'inquinamento

Lo studio delle tematiche trattate finora potrebbe risultare particolarmente complesso senza un valido strumento di supporto che possa aiutarci a comprendere meglio le scelte compiute dai diversi Governi a livello internazionale. Ancora più complesso, poi, sarebbe l'individuazione di soluzioni applicabili ai casi in esame, che possano risolvere i principali problemi legati all'inquinamento e alle correlate esternalità sviluppatesi tra Paesi.

Per risolvere questo grande livello di complessità, potremmo far affidamento a una nota teoria della matematica applicata: la teoria dei giochi. Essa può essere fatta risalire al 1994, anno in cui venne pubblicato un famoso libro, intitolato *Theory of Games and Economic Behaviour*, scritto da John Von Neumann e Oskar Morgenstern, nell'ordine un matematico e un economista, anche se altri autori avevano già scritto, ante litteram, di teoria dei giochi.

Lo scopo principale della teoria è quello di fornire una spiegazione delle scelte individuali in contesti in cui due o più soggetti sono tenuti a prendere decisioni strategiche con l'obiettivo di massimizzare il loro benessere. Implementando la tematica nei seguenti paragrafi, metteremo in evidenza come non sempre i soggetti coinvolti, definiti giocatori, arriveranno a prendere la decisione socialmente ottimabile. Spesso, infatti, la configurazione d'equilibrio in cui ci si stabilizza, potrebbe non essere quella in assoluto più desiderabile.

Le scelte di una Nazione relative alla riduzione del livello d'inquinamento o all'adesione a un certo trattato internazionale sul clima altro non sono che decisioni strategiche, che possono, dunque, essere spiegate mediante l'utilizzo di giochi.

Il punto su cui riflettere è il fatto che, anche se la scelta di ridurre le emissioni o di aderire a un certo accordo potrebbe portare a dei benefici a livello di benessere collettivo, non sempre le Nazioni si muovono in tale direzione. Tale scelta, che a primo impatto potrebbe sembrare senza spiegazione, sarebbe più comprensibile se letta sotto l'ottica di un gioco.

Il punto centrale da cui partire è che, nella teoria dei giochi, i giocatori pongono il loro benessere individuale in prima posizione, lasciando in secondo piano il benessere collettivo. Pertanto, anche se una decisione porterebbe a benefici complessivamente maggiori, essa verrebbe scartata nel caso in cui significasse una perdita di benessere per il singolo o nel caso in cui quest'ultimo ritenesse che esista una soluzione per lui migliore.

Nel terzo capitolo vedremo come la teoria dei giochi possa essere applicata in diverse circostanze per comprendere meglio alcune decisioni prese dagli Stati o per trovare possibili soluzioni a problematiche

all'inquinamento legate. In particolare, studieremo più approfonditamente le motivazioni che hanno portato gli Stati Uniti a non sottoscrivere il protocollo di Kyoto o ad uscire dall'accordo di Parigi; spiegheremo poi come un sistema di sanzioni, mediante autorità sovranazionali, possa essere messo in atto per spostare l'equilibrio e convincere i paesi a ridurre le emissioni; infine, cercheremo di capire se esiste la possibilità, per l'Europa, di condurre una guerra commerciale con gli Stati Uniti tesa a convincere questi ultimi a ridurre il livello di emissioni.

Nel paragrafo seguente ci limiteremo, invece, a gettare le basi della teoria di modo tale da poterne comprendere al meglio le applicazioni pratiche. Prima però di presentarne gli aspetti più importanti è necessario introdurre alcuni concetti iniziali.

Innanzitutto, la teoria si pone come obiettivo quello di spiegare il modo in cui si comportano gli individui (o comunque qualsiasi soggetto si voglia) quando si trovano in una situazione che può condurre alla vincita o alla spartizione di qualcosa. Essa, dunque, è applicabile a molti scenari più o meno complessi, quali partite a scacchi, decisioni individuali di qualsiasi tipo, scelte del metodo di regolamentazione di un mercato, decisioni politiche, scelte di produzione di un'impresa, situazioni belliche, contesti oligopolistici e così via. In breve, può essere applicata a qualsiasi contesto in cui vi siano interazioni tra soggetti diversi tali per cui le decisioni di un soggetto possono influire sui risultati conseguibili da un rivale secondo un meccanismo di retroazione.

La sua applicazione richiede la definizione di una serie di presupposti di seguito elencati:

- Gli individui giocano con lo scopo di vincere, ovvero di massimizzare il loro risultato e non il risultato altrui o quello complessivo;
- Ogni partecipante in genere è tenuto a prendere un numero finito di decisioni (anche se esiste un modello che spiega cosa accada laddove il numero di decisioni prese dovesse tendere all'infinito);
- Ogni decisione assunta da un individuo nel corso del gioco porta a delle conseguenze per lui e per gli altri giocatori che possono essere positive o negative;
- I giochi si distinguono in cooperativi, laddove gli individui coinvolti siano d'accordo fra di loro e agiscano di conseguenza, e non cooperativi, laddove non vi sia alcuna forma di coalizione.

Ultima premessa importante è che, nei modelli di teoria di giochi di base, i soggetti che prendono parte al gioco sono ritenuti essere estremamente intelligenti e, inoltre, hanno piena consapevolezza del fatto che interagiranno con altri soggetti intelligenti quanto loro. L'analisi del comportamento dei giocatori è, pertanto, parzialmente semplificata, in quanto non viene concepito il caso in cui essi possano prendere decisioni irrazionali.

2.3 Introduzione alla teoria dei giochi

Essendo veramente tante le fattispecie di gioco esistenti, l'ideale, prima di affrontarle singolarmente, sarebbe fornirne una prima classificazione di base. La teoria dei giochi prevede categorizzazioni fatte sulla base di diverse variabili e in particolare: simultaneità o consequenzialità delle mosse effettuate, numero di decisioni prese da ciascun giocatore nel corso del gioco e presenza o assenza di condizioni di equilibrio.

Innanzitutto, i giochi possono essere suddivisi in simultanei e sequenziali. Nei primi i giocatori decidono la propria mossa nello stesso momento, mentre un gioco sequenziale prevede la presenza di turni di gioco. In quest'ultimo caso un giocatore è tenuto a prendere la propria decisione per primo e verrà definito *first-mover* e un altro giocatore, definito *second-mover* o *follower*, agirà per secondo sulla base delle scelte fatte dal primo giocatore. Il *first-mover* è consapevole delle alternative del *follower* e, pertanto, compirà la sua scelta sulla base della reazione che da lui si aspetta. Un esempio di gioco sequenziale è rappresentato dal tris.

Un'ulteriore suddivisione può essere poi fatta sulla base del numero di decisioni che i giocatori prendono nell'arco di gioco. In particolare, possiamo avere giochi in cui i soggetti coinvolti scelgono la propria strategia una sola volta, definiti *one-shot*, e giochi caratterizzati da due o più turni, ovvero ripetuti o multi periodali. In quest'ultimo caso il gioco può ripetersi un numero infinito o finito di volte; un esempio è rappresentato dalla dama o dagli scacchi.

In genere i giochi sono caratterizzati dal fatto di possedere un equilibrio, ovvero esiste una combinazione di mosse verso cui i giocatori tendono. La condizione di equilibrio, che verrà meglio affrontata nel paragrafo 2.3.2, rappresenta una situazione nella quale nessuno dei due giocatori ha interesse ad essere l'unico a modificare la propria strategia. Dalla definizione stessa si può comprendere come nei giochi non cooperativi non vi sia alcun modo per evitare la condizione di equilibrio, mentre ciò sarebbe possibile laddove i giocatori avessero la possibilità di mettersi d'accordo per migliorare reciprocamente la propria posizione, ovvero avessero l'opportunità di cooperare. Non tutti i giochi però sono caratterizzati da una condizione di equilibrio. In questi ultimi casi la configurazione a cui si giunge è incerta e non si può avanzare alcun tipo di previsione. Al contrario, potrebbero anche esistere giochi con più di un equilibrio, caratterizzati comunque da un esito incerto.

Tutte le fattispecie appena descritte saranno approfondite nel corso del paragrafo e verranno utilizzate successivamente per comprendere al meglio le rappresentazioni pratiche analizzate nel terzo capitolo.

2.3.1 Cos'è un gioco e come si rappresenta

Un gioco è una situazione in cui due o più giocatori decidono la propria azione in condizioni di incertezza e le decisioni si influenzano a vicenda. L'esito finale del gioco non dipende soltanto dalla scelta del singolo giocatore, ma anche dalle scelte di tutti gli altri.

I giochi, come abbiamo detto, possono essere utilizzati per comprendere come agiranno due o più soggetti impegnati nella presa di una decisione. Ogni decisione che un giocatore prende, definita strategia, comporta una reazione da parte dell'altro (o degli altri) e il complesso di decisioni prese condurrà i giocatori a un dato livello di beneficio. Quest'ultimo più precisamente viene definito *pay-off*, ovvero risultato (si può anche tradurre come premio, ricompensa o pagamento).

Nei giochi più semplici in assoluto, ovvero in quelli simultanei e caratterizzati da una sola mossa da parte dei giocatori, i pay-off possono essere sintetizzati all'interno di una matrice, la cui dimensione (2X2; 3X3; 4X4 etc.) dipende dal numero di scelte che ogni giocatore può compiere (ovviamente la matrice può essere un valido strumento di rappresentazione laddove i giocatori coinvolti siano due). La determinazione dei pay-off è logicamente un processo fittizio che deve essere gestito accuratamente, ovvero è necessario fare in modo che i numeri riportati all'interno della matrice siano quanto più possibile rappresentativi della situazione discussa. All'interno di una matrice il primo numero di ogni cella rappresenta il profitto economico (pay-off) del primo giocatore considerato, mentre il secondo numero attiene al profitto economico del secondo giocatore. Nella forma di gioco in cui i soggetti si muovono simultaneamente, l'assegnazione dell'ordine, ovvero decidere chi sia il giocatore 1 e chi il giocatore 2, è completamente ininfluenza.

Un esempio può essere d'aiuto per imparare a leggere una matrice dei pay-off. Supponiamo che vi siano due imprese automobilistiche, Toyota e Honda, che stiano valutando la convenienza a produrre o meno un nuovo modello. Le strategie che le due imprese possono adottare sono pertanto: "costruire il modello" e "non costruire il modello". Sia Toyota che Honda prenderanno questa decisione simultaneamente e arriveranno alla determinazione di un dato livello di pay-off. Quest'ultimo è rappresentativo del beneficio che le due imprese traggono nel momento in cui prendono determinate decisioni.

L'obiettivo per entrambi i giocatori, chiaramente, è quello di massimizzare il pay-off personale, ma nel farlo dovranno tenere conto, non solo delle proprie decisioni, ma anche delle decisioni prese dal rivale.

Supponiamo che la matrice rappresentativa del caso sia la seguente (i pay-off sono espressi in milioni di euro):

	Costruire il modello	Non costruire il modello
Costruire il modello	16; 16	20; 15
Non costruire il modello	15; 20	18; 18

Matrice 2.1

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off di Toyota (giocatore 1), mentre il secondo numero quello di Honda (giocatore 2).

La tabella, se letta accuratamente, fornisce le seguenti informazioni:

- Se Toyota e Honda decidono di costruire il modello, il pay-off individuale di entrambe sarà pari a 16 milioni, per un totale complessivo di 32 milioni.
- Se Toyota decide di costruire il modello e Honda decide di non farlo, il pay-off della prima sarà pari a 20 milioni e il pay-off della seconda a 15 milioni, per un totale complessivo di 35 milioni.
- Se Honda decide di costruire il modello e Toyota decide di non farlo, il pay-off della prima sarà pari a 20 milioni e il pay-off della seconda a 15 milioni, per un totale complessivo di 35 milioni.
- Se Toyota e Honda decidono di non costruire il modello, il pay-off individuale di entrambe sarà pari a 18 milioni, per un totale complessivo di 36 milioni.

Una volta compreso il gioco e capito come rappresentarlo si può passare alla sua risoluzione.

2.3.2 L'equilibrio di Nash e il dilemma del prigioniero

Per capire la risoluzione di un qualsiasi tipo di gioco, è necessario far ricorso al celeberrimo concetto di equilibrio di Nash. Nell'equilibrio di Nash ogni giocatore sceglie la strategia che gli consente di ottenere il più alto pay-off date le strategie degli altri giocatori. Come già detto nel paragrafo 2.3, l'equilibrio di Nash rappresenta sostanzialmente una situazione nella quale nessuno dei due giocatori ha intenzione ad essere l'unico a cambiare la propria strategia. Ciò significa che, a meno che i due soggetti non cooperino, è impossibile che possa esservi un discostamento dall'equilibrio di Nash, in quanto nessuno dei due giocatori potrebbe raggiungere un pay-off più alto modificando, indipendentemente dall'altro, la propria strategia.

Riprendendo il gioco del paragrafo precedente, si può cercare di capire se esso presenta o meno un equilibrio di Nash. Premettendo che Toyota e Honda non possano dialogare tra loro e, quindi, non possano cooperare, si può ragionare come segue:

- Se Toyota decide di costruire il modello (strategia 1), la miglior scelta che Honda può compiere è quella di costruire anch'essa il modello (strategia 1), in quanto in tal modo riuscirebbe a raggiungere un pay-off di 16 anziché di 15.
- Se Toyota decidesse di non costruire il modello (strategia 2), la miglior scelta che Honda può compiere è di costruire il modello (strategia 1), in quanto questo le permetterebbe di raggiungere un pay-off di 20 anziché di 18.

Partendo da queste considerazioni Toyota conclude che:

- Se costruirà il modello (strategia 1), data la susseguente scelta di Honda di costruirne anch'essa uno (strategia 1), raggiungerà un pay-off di 16.
- Se non costruirà il modello (strategia 2), data la susseguente scelta di Honda di costruirne uno (strategia 1), raggiungerà un pay-off di 15.

È chiaro dunque che a Toyota conviene a questo punto costruire il modello, di modo tale da indurre Honda a fare altrettanto e riuscire a raggiungere un pay-off di 16 (>15). L'equilibrio di Nash porterà, dunque, alla configurazione per la quale entrambe le imprese costruiranno il nuovo modello.

Come detto precedentemente, in tale situazione di equilibrio, nessuna delle due imprese ha interesse ad essere l'unica a cambiare la propria strategia. Se infatti Toyota decidesse di cambiare la propria strategia senza che Honda faccia altrettanto, il suo pay-off si abbasserebbe da 16 a 15. Stesso discorso vale per Honda.

Se le due imprese, tuttavia, cambiassero la propria scelta simultaneamente e decidessero entrambe di non costruire il modello, potrebbero beneficiare di un incremento di pay-off di ben due milioni. Questo dimostra un'importante caratteristica dell'equilibrio di Nash, ovvero il fatto che quest'ultimo non sempre corrisponde

al risultato che massimizza il profitto aggregato dei giocatori, ovvero non sempre corrisponde a ciò che, nel gergo economico, viene definito come ottimo paretiano⁹.

Questo conflitto tra interesse collettivo e interesse individuale viene spesso ricondotto al famoso gioco, proposto per la prima volta dal matematico canadese Albert Tucker negli anni '50 e chiamato dilemma del prigioniero. In esso viene immaginata la seguente situazione: ci sono due individui, Ron e David, che sono sospettati di aver commesso un crimine. La polizia non ha però prove sufficienti per condannarli e decide, dunque, di portarli in centrale per l'interrogatorio. I due presunti criminali vengono chiusi in stanza diverse con due diversi agenti. A entrambi viene data la possibilità di confessare il crimine dell'altro; in particolare vengono loro presentate le seguenti condizioni:

- Se solo uno dei due confesserà il crimine commesso dall'altro verrà lasciato libero, mentre l'altro verrà condannato a 10 anni di carcere.
- Se entrambi confesseranno il crimine commesso dall'altro, riceveranno 5 anni di carcere a testa.
- Se nessuno dei due confesserà il crimine commesso dall'altro, la polizia, non avendo sufficienti prove, condannerà entrambi a un solo anno di carcere.

La situazione appena descritta può essere rappresentata mediante la formulazione di un gioco simultaneo, in quanto i due criminali sono tenuti a compiere la loro decisione contemporaneamente (vengono interrogati allo stesso momento in due stanze diverse). Ogni giocatore avrà un pay-off pari a -1 per ogni anno di carcere a cui viene condannato; pertanto la matrice dei pay-off rappresentativa del gioco può essere sviluppata come segue:

	Confessa	Non confessa
Confessa	-5; -5	0; -10
Non confessa	-10; 0	-1; -1

Matrice 2.2

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off di Ron, mentre il secondo rappresenta il pay-off di David. È chiaro che a entrambi i criminali converrebbe non confessare in quanto, in tal modo, entrambi sconterebbero un anno di carcere e raggiungerebbero il massimo pay-off complessivo possibile pari a -2.

Supponiamo però che Ron e David non si conoscano bene e che, dunque, non abbiano alcun interesse a cooperare. Come detto, inoltre, essi sono stati collocati in due stanze separate e, pertanto, non possono sapere cosa deciderà di fare l'altro.

Cerchiamo di metterci nei panni di uno dei due, ad esempio di Ron: se egli non confessasse sarebbe costretto comunque, anche nella migliore delle ipotesi, a farsi un anno di carcere; inoltre, se David confessasse, egli dovrebbe scontare ben dieci anni all'interno della prigione. Se invece confessasse potrebbe sperare che l'altro non lo faccia e, in tal caso, ottenere la libertà. Se, come abbiamo detto, Ron non ha nessun interesse al benessere di David, egli deciderà di confessare, di modo tale da non rischiare di farsi dieci anni di carcere e sperando di essere immediatamente rilasciato. David ragionerà nello stesso identico modo e, quindi, deciderà anch'egli di confessare. A questo punto è, dunque, chiaro che il gioco possiede un unico equilibrio di Nash che porterà i due criminali a confessare entrambi il crimine dell'altro. Come nell'esempio di Toyota e Honda, pertanto, anche in questo caso la configurazione d'equilibrio differisce dalla configurazione ottimale per i due giocatori.

Il gioco è stato recentemente riprodotto nella vita reale da due economisti dell'Università di Amburgo, Menusch Khadjavi e Andreas Lange. I partecipanti del gioco sono state le prigioniere di un carcere femminile

⁹ L'ottimo paretiano è un concetto economico di valutazione dell'efficienza, sviluppato dall'economista italiano Vilfredo Pareto da cui prende il nome. Un equilibrio è un ottimo paretiano se è impossibile migliorare l'utilità di un consumatore, tramite una variazione delle sue scelte, senza che ciò comporti un peggioramento dell'utilità dell'altro consumatore.

della Bassa Sassonia, alle quali è stata offerta come ricompensa una determinata quantità di caffè e sigarette (ovviamente non è stato possibile contrattare gli anni da passare in carcere). Inoltre, al gioco hanno partecipato anche alcuni studenti universitari, le cui ricompense erano delle somme di denaro. I risultati hanno mostrato che la realtà umana non è sempre così egoistica come dipinto da Tucker per vari anni. Tra tutte le detenute, infatti, ben il 56% ha cooperato con la controparte, mentre il restante 44% ha preferito confessare. È interessante notare come, dal lato degli studenti, invece, solo il 37% ha optato per non confessare, mentre il 63% ha preferito tradire la controparte.

Traendo le conclusioni, dunque, gli studenti hanno dimostrato un comportamento più egoistico riuscendo a raggiungere l'ottimo paretiano solo nel 13% dei casi. Per quanto riguarda le coppie di detenute, invece, la configurazione efficiente si è verificata con una percentuale molto più alta, pari al 30%.

Il dilemma del prigioniero può essere applicato a svariati casi reali (diversi dall'esperimento sopra descritto) e aiuta a capire perché i soggetti coinvolti nella presa di una decisione finiscono molto spesso per scegliere l'alternativa che maggiormente li danneggia. Ad esempio, le imprese di un settore potrebbero essere incentivate a cominciare una guerra di prezzo, anche se ciò causerà dei danni a tutte loro. L'alternativa della cooperazione viene sostanzialmente scartata perché, in tali circostanze, i soggetti coinvolti sono incentivati a scegliere un'alternativa che massimizza il loro pay-off a discapito degli altri.

Lo stesso modello è utilizzato anche per descrivere il così detto *Security Dilemma*¹⁰, utile ad analizzare le decisioni prese dagli Stati nel contesto internazionale, quando esiste una condizione di anarchia internazionale in cui uno Stato non può prevedere le intenzioni degli altri (così come i due prigionieri che non potevano sapere cosa avrebbe fatto l'altro). Il gioco si sviluppa prendendo in considerazione due diverse strategie che ogni Stato può adottare in ambito internazionale e in un contesto bellico. Più specificatamente, ogni Stato può decidere di armarsi e, quindi, di adottare un comportamento aggressivo, oppure di non farlo. Immaginando di avere solo due Stati, la tabella dei pay-off ripercorre lo stesso schema del dilemma del prigioniero: se entrambi si armano la tensione aumenterà e i pay-off saranno bassi in quanto si rischierebbe seriamente di giungere a un conflitto armato, mentre la configurazione paretiana si avrebbe nel caso in cui i due Stati desistessero dal farlo e adottassero un comportamento pacifico. Tuttavia, se solo uno dei due Stati si arma il suo pay-off sarà massimo, mentre l'altro Stato perderà sicuramente il conflitto e subirà, quindi, un danno enorme (la situazione è analoga a quella che si aveva nel dilemma del prigioniero quando solo uno dei due criminali confessava).

Coerentemente con il ragionamento appena descritto, si può immaginare la seguente matrice dei pay-off.

	Armarsi	Non armarsi
Armarsi	-20; -20	50; -50
Non armarsi	-50; 50	20; 20

Matrice 2.3

Di regola gli Stati si armeranno come i prigionieri si tradiranno l'un l'altro. L'equilibrio di Nash è, infatti, collocato nel quadrante in alto a sinistra e differisce dall'ottimo paretiano che si avrebbe nel quadrante in basso a destra.

Un discorso analogo può essere ricondotto alle relazioni commerciali in cui uno Stato è incentivato a mettere dazi sperando che gli altri non facciano lo stesso. Anche in questo caso l'equilibrio di Nash prevarrà sull'ottimo paretiano, spingendo tutti i paesi a mettere i dazi, facendo crollare il beneficio dato dal commercio globale e peggiorando la situazione di tutti.

¹⁰Il dilemma di sicurezza, noto anche come modello a spirale, è un termine usato nelle relazioni internazionali e si riferisce a una situazione di anarchia in cui azioni di uno Stato, finalizzate ad accrescere la sua sicurezza, come aumentare la sua forza militare, impegnarsi a usare le armi o stringere alleanze, possono portare altri stati a rispondere con misure simili, producendo maggiori tensioni che creano conflitti, anche quando nessuna parte lo desidera davvero.

2.3.3 Strategie dominanti e strategie dominate

Due concetti importanti da capire per la risoluzione di qualunque tipo di gioco sono quelli di strategia dominante e strategia dominata. I due concetti sono opposti; in particolare una strategia è dominante per un giocatore se egli la sceglierà in ogni caso a prescindere dalla decisione dell'altro, mentre una strategia è dominata se il giocatore non la sceglierà mai, in nessun caso, a prescindere dalle mosse dell'altro.

Individuare le strategie dominanti è particolarmente importante in quanto, quando un giocatore possiede una strategia di questo tipo, essa corrisponderà all'equilibrio di Nash per quel giocatore. Pertanto, ogni volta che entrambi i giocatori hanno una strategia dominante, queste strategie costituiranno l'equilibrio di Nash del gioco in esame. Quando, invece, solo uno dei due giocatori ha una strategia dominante, per identificare l'equilibrio di Nash è necessario individuare la miglior risposta dell'altro alla strategia dominante in questione. Non è detto che in tutti i giochi vi siano delle strategie dominanti per almeno uno dei due giocatori. Esistono, infatti, casi in cui nessuno dei due giocatori possiede strategie di questo tipo. Se così dovesse essere, per individuare l'equilibrio di Nash occorrerebbe valutare la miglior risposta di entrambi i giocatori alle mosse dell'altro.

Alcune di queste fattispecie potrebbero rivelarsi particolarmente complesse da risolvere. Prima di andare a cercare tutte le possibili combinazioni, potrebbe allora essere utile verificare l'esistenza di strategie dominate. Se esse dovessero essere presenti, l'analisi di gioco verrebbe semplificata, in quanto sarebbe possibile eliminarle.

Per capire meglio, ipotizziamo di trovarci di fronte al seguente gioco: Pepsi e Coca Cola devono prendere una decisione relativa al prezzo di vendita da applicare. Ogni combinazione di prezzo scelta dalle due imprese porta a pay-off differenti in termini di profitto. In particolare, i pay-off e le scelte di prezzo che le due imprese possono compiere sono rappresentati nella matrice seguente.

	€10,50	€11,50	€12,50	€13,50
€6,25	66; 190	68; 199	70; 198	73; 191
€7,25	79; 201	82; 211	85; 214	89; 208
€8,25	82; 212	86; 226	90; 229	95; 225
€9,25	75; 223	88; 227	86; 244	91; 220

Matrice 2.4

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off di Pepsi mentre il secondo il pay-off di Coca Cola. In questo gioco nessuna delle due imprese ha strategie dominanti: Coca Cola sceglie sempre un prezzo pari a €12,50 a meno che Pepsi non scelga un prezzo pari a €6,25 (in tal caso sceglierebbe un prezzo pari a €11,50); Pepsi sceglie sempre un prezzo pari a €8,25 a meno che Coca Cola non scelga un prezzo pari a €11,50 (in tal caso sceglierebbe un prezzo pari a €9,25).

Tuttavia, entrambi i giocatori hanno strategie dominate: Coca Cola non sceglie mai un prezzo corrispondente a €10,50 o a €13,50; mentre Pepsi non sceglie mai un prezzo pari a €6,25 o a €7,25.

Pertanto, una volta eliminate le strategie dominate, il gioco diventa più semplice e rappresentabile come segue.

	€11,50	€12,50
€8,25	86; 226	90; 229
€9,25	88; 227	86; 244

Matrice 2.5

A questo punto è facile capire che l'equilibrio di Nash si trova in corrispondenza del secondo quadrante:

- Coca Cola ha ancora una strategia dominata, che è la strategia di prezzo pari a €11,50: indipendentemente dalle decisioni di Pepsi, essa fisserà sempre il prezzo al livello di €12,50 (strategia dominante).
- Pepsi risponderà alla strategia dominante di Coca Cola fissando il prezzo al valore di €8,25, dato che in tal modo massimizzerà il suo pay-off ($90 > 86$).

Come volevasi dimostrare, l'individuazione delle strategie dominate ha semplificato molto la risoluzione del gioco e la sua spiegazione. Tuttavia, sarebbe stato comunque possibile descrivere la soluzione del gioco compiendo rigorosamente tutti i passaggi necessari.

A differenza di questo caso in cui l'individuazione di strategie dominate non è essenziale per la risoluzione del gioco, vi sono altri casi in cui tale passaggio si rivela imprescindibile. Un esempio particolarmente significativo che dimostra l'importanza delle strategie dominate è il seguente: ci sono dieci giocatori che devono scrivere su un foglio di carta un numero compreso tra 1 e 100; un'undicesima persona prenderà la media dei numeri proposti, la dividerà per $2/3$ e individuerà un risultato finale "N"; chi avrà scritto sul suo foglio il numero più vicino a "N" vincerà il gioco.

Capire quale numero dover scrivere per vincere il gioco potrebbe risultare parecchio complesso, ma, se si ragionasse in termini di strategie dominate, la soluzione diventerebbe banale. Il range di variazione delle scelte dei 10 giocatori, inizialmente, è $(0; 100)$, in quanto essi hanno la possibilità di scrivere qualsiasi numero vogliano a patto che sia compreso tra 0 e 100. Tuttavia, il numero "N" ha un range di variazione più ristretto, ovvero pari a $(0; 2/3 * 100 = 66)$. Ciò significa che tutti i numeri da 66 a 100 sono strategie dominate, in quanto "N" non potrà mai risultare pari a uno di questi numeri. Ciò renderà il range di variazione dei 10 giocatori pari a $(0; 66)$. Ma, a questo punto, il range di variazione del numero "N" sarà ancora più ristretto, ovvero pari a $(0; 2/3 * 66 = 44)$. Ciò significa che tutti i numeri da 44 a 66 sono strategie dominate. Andando avanti così si arriva ad individuare un'unica strategia dominante, ovvero il numero 1. Tutti e dieci i giocatori, dunque, per vincere il gioco, dovrebbero scrivere sul loro foglio il numero 1. In tal caso, il numero "N" risulterebbe pari a $2/3 * 1 = 0,6667$ e tutti i giocatori vincerebbero il gioco.

2.3.4 Giochi con più equilibri di Nash e giochi privi di equilibrio

Finora sono stati presi in considerazione giochi che presentavano un solo equilibrio di Nash. Esistono, tuttavia, molti giochi che presentano più di un equilibrio di Nash e la cui conclusione rimane, dunque, incerta. Un classico esempio di questo tipo è il gioco comunemente definito come La battaglia dei sessi.

Supponiamo vi sia una coppia sposata che litiga su come passare il tempo libero. Le alternative che marito e moglie hanno a disposizione sono vedere una partita di calcio o andare a vedere una mostra. Logicamente il marito è più incline verso la prima alternativa, mentre la moglie desidererebbe maggiormente recarsi al museo. Tuttavia, la coppia è molto innamorata, per cui la cosa peggiore per entrambi sarebbe dividersi.

In una matrice 2×2 l'interazione può essere schematizzata come mostrato di seguito.

	Partita	Mostra
Partita	5; 2	1; 1
Mostra	1; 1	2; 5

Matrice 2.6

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off del marito; il secondo della moglie.

È facile constatare che nel gioco sia il quadrante in alto a sinistra sia quello in basso a destra costituiscono un equilibrio di Nash. La spiegazione può essere fornita andando a valutare le migliori risposte che ciascun giocatore può adottare per ogni strategia dall'altro intrapresa:

- Se il marito sceglie di vedere la partita, sua moglie, pur di star con lui, sceglierà anche lei la partita. Il suo pay-off sarà infatti maggiore, in quanto se scegliesse di recarsi alla mostra otterrebbe un beneficio pari a 1 anziché a 2.
- Se il marito sceglie di andare a vedere la mostra, sua moglie lo seguirà ottenendo un pay-off pari a 5 (se scegliesse la partita otterrebbe un pay-off pari a 1).
- Se la moglie sceglie di vedere la partita, suo marito sarà ben contento di farle compagnia. Egli, infatti, otterrà un profitto pari a 5 anziché accontentarsi di un pay-off pari a 1 (che conseguirebbe se andasse alla mostra).
- Se la moglie sceglie di andare alla mostra, suo marito, pur di star con lei, sceglierà anche lui di recarsi al museo. Il suo pay-off sarebbe infatti maggiore, in quanto, se scegliesse di restare a casa a vedere la partita, otterrebbe un beneficio pari a 1, anziché a 2.

Il primo e il terzo punto individuano il primo equilibrio di Nash, mentre il secondo e il quarto punto definiscono il secondo. Pertanto, per amore dell'altro, i due coniugi finiranno insieme in ogni caso e non si divideranno. Rimane però un elemento di incertezza su cosa essi effettivamente faranno (rimarranno a casa a vedere la partita o si recheranno al museo?).

Nelle relazioni internazionali questo modello è applicabile alle negoziazioni tra Stati. Potrebbe, infatti, capitare che due paesi non siano d'accordo su cosa inserire in un determinato accordo (esattamente come i due coniugi non erano d'accordo su come passare il tempo libero), ma che ritengano comunque conveniente stipularlo piuttosto che annullare la contrattazione (esattamente come i due coniugi ritenevano che fosse meglio non dividersi). In questi casi, dunque, l'equilibrio di Nash non ci fornisce indicazioni precise su come si concluderà il gioco. Probabilmente, in un contesto di accordi internazionali, le condizioni del contratto finale rifletteranno la distribuzione di potenza degli attori. In altre parole, lo Stato più forte potrà beneficiare di condizioni più vantaggiose.

Anche le così dette corse agli sportelli (*bank run*) possono essere rappresentate mediante un gioco che possiede più di un equilibrio di Nash. Si tratta di un fenomeno che accade quando un gran numero di clienti di una banca preleva contemporaneamente i propri depositi, causando in tal modo l'insolvenza della banca stessa. Si tratta di un esempio nel quale le aspettative degli operatori circa possibili fallimenti bancari si autorealizzano in seguito alle azioni degli operatori stessi. In altre parole, pensando che la banca possa fallire, gli operatori si precipitano a ritirare i loro depositi, causandone di fatto il fallimento.

La banca è soggetta al rischio di corsa agli sportelli, perché detiene sotto forma di riserve solo una frazione dei depositi, mentre ne impiega una larga parte in prestiti al settore privato. Così facendo essa è in grado di finanziare investimenti produttivi a lungo termine, ma non sempre dispone di attività sufficienti per coprire le proprie passività a breve termine. Ciò determina il fatto che, se in un dato periodo molti clienti si precipitano in banca a ritirare i loro depositi, la banca non ha possibilità di restituirli tutti, in quanto essa sarà costretta a liquidare investimenti non ancora conclusi. Se, invece di farsi prendere dal panico gli operatori rimanessero calmi e lucidi, si renderebbero conto che ognuno starebbe meglio se non ci fossero assalti alle banche.

Traducendo tale situazione nell'ottica di un gioco, si può pensare all'esistenza di due operatori che devono decidere se prelevare o meno i depositi che posseggono in banca. Ipotizziamo che entrambi abbiano depositato una somma pari a 100€ e che la banca abbia utilizzato questo denaro per un investimento che non si è ancora concluso. Se entrambi i depositanti mantengono i soldi in banca, alla fine potranno riavere indietro il loro deposito comprensivo di una maggiorazione per interessi maturati pari a 10€. Invece, se entrambi corrono agli sportelli per prelevare, la banca è costretta a liquidare in fretta l'investimento ottenendo, però, soltanto 50€. In tal caso, dunque, i due operatori riceveranno solo 25€ a testa. Infine, se solo uno dei due decide di prelevare,

mentre l'altro non lo fa, il primo riceverà l'intera liquidazione pari a 50€, mentre il secondo rimarrà a mani vuote.

Lo schema matriciale che traduce la situazione è il seguente.

	Prelevare	Non prelevare
Prelevare	25; 25	50; 0
Non prelevare	0; 50	110; 110

Matrice 2.7

Come per il gioco de "La battaglia dei sessi", anche nel gioco della corsa agli sportelli, come detto, sono presenti due equilibri di Nash. Il primo è quello in cui entrambi gli operatori lasciano i soldi in banca. Infatti, se il cliente 1 decide di non prelevare, anche il cliente 2 farà lo stesso di modo tale da conseguire un pay-off di 110 e non di 50. Discorso analogo vale per il cliente 2. Il secondo equilibrio di Nash, invece, è quello in cui entrambi gli operatori ritirano i soldi. Se il cliente 1, infatti, decide di prelevare, la miglior risposta del cliente 2 sarà fare lo stesso ($25 > 0$) e viceversa.

Anche in questo caso, dunque, la teoria dei giochi non può rivelare quale equilibrio si verificherà. L'unica cosa di cui siamo certi è che la corsa agli sportelli potrebbe effettivamente verificarsi, nonostante tale configurazione non coincida con quella di ottimo paretiano che si avrebbe se nessuno corresse in banca a ritirare i propri depositi.

Così come esistono giochi con più equilibri di Nash, potrebbero anche verificarsi casi in cui un gioco non presenta alcuna interazione di equilibrio. Pensiamo ad esempio a cosa accade durante una combattuta partita dei campionati mondiali di calcio. Nel 2006 la nostra Nazione affrontò in finale la Francia e, per decidere le sorti dell'incontro, si dovette ricorrere ai calci di rigore. Un calcio di rigore può essere pensato come un gioco non cooperativo in cui il giocatore e il portiere hanno due possibilità: tirare/tuffarsi a destra, oppure tirare/tuffarsi a sinistra. Tralasciando ogni considerazione relativa al fatto che il giocatore potrebbe segnare anche se il portiere indovinasse il lato in cui tuffarsi, ipotizziamo che il rigore avrà esito positivo solo se il giocatore sceglierà il lato non scelto dal portiere. A questo punto, se giocatore e portiere sceglieranno lo stesso lato, il rigore verrà parato e il pay-off dei due sarà nullo; se invece il giocatore scegliesse di battezzare il lato non scelto dal portiere il suo pay-off sarà positivo (ad esempio pari a 10), mentre il pay-off del portiere sarà negativo (ad esempio pari a -10).

La matrice dei pay-off può essere dunque pensata come segue.

	Calciare a destra	Calciare a sinistra
Tuffarsi a destra	0; 0	-10; 10
Tuffarsi a sinistra	10; -10	0; 0

Matrice 2.8

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off del portiere, il secondo del giocatore che calcia il rigore. In questo gioco non esiste un equilibrio di Nash. Infatti, se il giocatore decidesse di calciare il rigore a destra, la miglior risposta del portiere sarebbe tuffarsi a destra e viceversa. Allo stesso tempo, se il portiere decidesse di tuffarsi a destra, la miglior risposta del giocatore sarebbe di calciare a sinistra e viceversa.

Per essere più precisi, si dovrebbe dire che non esiste alcun equilibrio di Nash in strategie pure. Una strategia pura è una specifica scelta tra quelle possibili (calciare/tuffarsi a destra o calciare/tuffarsi a sinistra).

Un gioco che non presenta equilibri di Nash in strategie pure, possiede sempre un equilibrio di Nash in strategie miste. In una strategia mista, un giocatore sceglie tra due o più strategie pure sulla base di probabilità prestabilite. Nel nostro esempio il giocatore calcerà il pallone a destra con probabilità $\frac{1}{2}$ e a sinistra sempre con probabilità $\frac{1}{2}$. Dall'altro lato, il portiere si tufferà a destra con probabilità $\frac{1}{2}$ e a sinistra sempre con probabilità $\frac{1}{2}$. Ovviamente se il rigorista ritiene che il portiere si getterà a destra o a sinistra con probabilità $\frac{1}{2}$, non potrà fare altro calciare il rigore a sinistra o a destra con probabilità $\frac{1}{2}$. Ragionamento analogo vale per il portiere: se egli è convinto che il rigorista calcerà a destra o a sinistra con probabilità $\frac{1}{2}$, si getterà a destra o a sinistra con la stessa probabilità.

Il fatto che i giochi possano avere un equilibrio di Nash in strategie miste, dimostra l'importanza del fattore imprevedibilità. Quando un giocatore può prevedere le scelte del rivale, quest'ultimo diventa vulnerabile. Ricollegandoci all'esempio del calcio di rigore è come se il portiere avesse la certezza che il rigore verrà calciato a destra: egli sicuramente lo intercetterà. L'imprevedibilità, dunque, ha un valore importante e tale valore è presente anche nella teoria dei giochi, data l'esistenza di strategie miste.

2.3.5 I giochi ripetuti

Quando si è parlato del dilemma del prigioniero, si è visto come il comportamento dei giocatori e la presenza di strategie ritenute migliori possano portare al non raggiungimento dell'allocatione efficiente (ottimo paretiano). Tuttavia, si deve constatare che il gioco, così come presentato, prevedeva un solo turno, ovvero i giocatori erano tenuti a prendere un'unica decisione. In gergo, giochi di questo tipo si definiscono *one-shot*. Oltre a questo tipo di giochi, esiste un'altra tipologia che prevede interazioni ripetute tra i giocatori. In tal caso si può ammettere l'eventualità che ciascuno di essi possa collegare le proprie decisioni correnti a quanto il rivale ha fatto negli stadi precedenti. In sostanza, si può introdurre un aspetto "vendicativo", che invece è assente nei giochi a un solo round.

L'introduzione di questo elemento potrebbe condurre i giocatori a un equilibrio collaborativo, anche se tale risultato dipende da una serie di variabili.

Per analizzare il caso più nel dettaglio, ripresentiamo il gioco del dilemma del prigioniero, immaginando però che i criminali possano compiere la decisione di confessare o meno un numero definito di volte.

Di seguito rappresentiamo una nuova matrice dei pay-off, che tenga in considerazione non gli anni di carcere (come nella matrice 2.2.), ma che cerchi di fornire una rappresentazione, per ciascun giocatore, dei benefici associati alle varie combinazioni strategiche, assegnando loro un certo punteggio.

	Confessa	Non confessa
Confessa	5; 5	14; 1
Non confessa	1; 14	10; 10

Matrice 2.9

Se il gioco fosse one-shot, l'equilibrio di Nash si avrebbe, come già discusso, in corrispondenza della coppia di strategie (confessa; confessa) e si otterrebbe un pay-off complessivo pari a 10. Tale equilibrio differirebbe dalla configurazione ottimo paretiana che, invece, si avrebbe in corrispondenza della coppia di strategie (non confessa; non confessa) e garantirebbe un pay-off complessivo doppio pari a 20.

Introduciamo ora la possibilità, per i due criminali, di ripetere il gioco un numero definito di volte. Entrambi potrebbero credere che, una volta presa una decisione nel periodo corrente, l'altro giocatore, al turno successivo, risponderà a quest'ultima adottando un comportamento vendicativo o meno a seconda del caso specifico. In particolare, se il giocatore 1 a un determinato turno decide di confessare, il giocatore 2, al turno

successivo, si vendicherà facendo lo stesso; mentre, se il giocatore 1 mantiene la cooperazione non confessando, il giocatore 2 si comporterà allo stesso modo nel turno successivo.

Nel caso in cui uno dei due giocatori decida a un certo punto di abbandonare la cooperazione, l'altro può reagire seguendo due strategie distinte:

1. Al turno successivo decide di non cooperare e mantiene lo stesso atteggiamento fino alla fine del gioco. In tal caso il giocatore che ha tradito l'altro, a fronte di un beneficio nel periodo del tradimento ($14 > 10$), subirà una perdita costante ($5 < 10$) per tutto il resto del gioco.
2. Al turno successivo decide di non cooperare, ma, se l'altro coopera, lo perdona e nelle fasi successive torna a cooperare. In tal caso il giocatore che ha tradito l'altro a fronte di un beneficio nel periodo del tradimento ($14 > 10$), subirà una perdita ($5 < 10$), ma limitata al periodo successivo.

La prima strategia è definita *grimm trigger strategy* (ovvero, strategia del dito sul grilletto), in quanto una volta che si spara non si potrà più tornare indietro. Tale strategia, per l'appunto, non prevede la possibilità di perdono e, dunque, la non cooperazione in caso di tradimento da parte di uno dei due giocatori verrà mantenuta fino all'ultima fase del gioco.

La seconda strategia si definisce, invece, *tit-for-tat* (ovvero, occhio per occhio), in quanto a un torto subito si risponde con un torto di pari entità. In tal caso il giocatore che è stato tradito adotterà un atteggiamento vendicativo, ma solo nel turno successivo, lasciando aperta la via del perdono da intraprendere nel caso in cui, nella fase successiva del gioco, l'altro giocatore decida di tornare a cooperare.

Prendendo a riferimento la prima fattispecie (ma le stesse considerazioni possono valere anche per la seconda), l'esito del gioco appare essere ancora incerto. La scelta tra la collaborazione e il tradimento senza possibilità di perdono dipende da quale delle due strategie massimizza il pay-off totale dei giocatori, ovvero il pay-off che tiene conto di tutti i turni di gioco. Altro elemento discriminante è il valore che i giocatori assegnano ai pay-off futuri e il confronto tra questi ultimi e i pay-off del presente.

Più specificatamente, si possono definire alcune variabili che incidono sulla probabilità di cooperazione (e, quindi, sulla probabilità di tradimento, essendo essa il complemento a 1 della prima) dei due giocatori:

- Pazienza dei giocatori: più i giocatori sono pazienti più essi assegneranno ai pay-off futuri un valore simile ai pay-off presenti. Di conseguenza, maggiore è tale variabile, più alta è la probabilità che i giocatori continuino a cooperare per ottenere in futuro pay-off maggiori.
- Le interazioni rimanenti tra i giocatori: più i giocatori interagiscono, ovvero maggiori sono i turni di gioco, maggiore sarà la perdita associata all'assunzione di un comportamento non cooperativo dato che esso causerà una ritorsione in tutte le fasi di gioco successive. Di conseguenza, maggiore è tale variabile, più alta è la probabilità che i giocatori continuino a cooperare.
- Difficoltà nello scoprire il comportamento non cooperativo: vi possono essere dei casi in cui per un giocatore scoprire se l'altro lo ha tradito è più difficile. Se così dovesse essere, il traditore potrebbe trarre maggior beneficio dal comportamento non cooperativo ed essere pertanto maggiormente incentivato a deviare dall'accordo.
- Entità del guadagno derivante dal tradimento: è chiaro che più questa variabile è alta, più i giocatori saranno spinti verso la non cooperazione per beneficiare del più alto pay-off che questa assicurerebbe loro.

Se si prendesse in considerazione la strategia del *tit-for-tat*, le considerazioni che si potrebbero trarre sarebbero quasi analoghe con l'unica differenza che occorrerebbe tener conto anche del fattore perdono. In tal caso, infatti, una deviazione dal comportamento competitivo comporterebbe una perdita per il traditore solamente nel periodo successivo, in quanto egli ha successivamente la possibilità di "tornare sulla retta via" e ristabilire l'equilibrio cooperativo nelle fasi di gioco susseguenti. In tal senso, dunque, si potrebbe avere una situazione nella quale si è più propensi all'atteggiamento non cooperativo.

Le variabili sopra elencate sono parimenti importanti e devono essere tenute tutte in considerazione nel momento in cui un qualsiasi soggetto debba decidere l'atteggiamento da assumere in un contesto concorrenziale. Ad esempio, se un'impresa che compete con altre deve decidere se ridurre i prezzi di vendita al fine di incrementare la propria quota di mercato, è costretta, nel prendere tale decisione, a prevedere se la sua riduzione verrà scoperta, se i concorrenti reagiranno adottando una strategia analoga e, in caso ciò avvenga, quanto tempo impiegheranno per ridurre anch'essi i loro prezzi. Ignorando tali variabili si rischierebbe di sovra-stimare i potenziali benefici derivanti dalle varie forme di comportamento non cooperativo.

Il modello del dilemma del prigioniero ripetuto può essere utilizzato per spiegare il comportamento tenuto dai soldati alleati (francesi e inglesi) e dai soldati tedeschi durante la dura guerra di trincea che ha caratterizzato ampie fasi del primo conflitto mondiale¹¹. Nonostante le forti tensioni esistenti in questo contesto, infatti, sembrava emergere tra i soldati un insolito grado di cooperazione. Robert Axelrod, scrittore e politologo americano, riassume bene tale situazione citando, nella sua opera *The Evolution of Cooperation*, le parole di un ufficiale britannico che si dichiarava: «stupito nell'osservare i soldati tedeschi camminare lungo la linea di tiro, mentre i nostri uomini sembravano non notarli».

I vari battaglioni che si fronteggiavano ogni giorno erano tenuti a scegliere tra due alternative ben diverse tra loro. Essi, infatti, potevano scegliere di “sparare per uccidere”, ovvero adottare un comportamento non cooperativo associabile alla fattispecie del tradimento analizzata nel dilemma del prigioniero ripetuto; oppure potevano abbracciare la logica del così detto “vivi e lascia vivere”, ovvero optare per un atteggiamento più vicino alla strategia del non confessare.

Il punto fondamentale è che il battaglione rivale avrebbe risposto il giorno dopo adottando una delle due strategie sulla base delle scelte prese dal suo nemico la volta precedente. In altre parole, se un battaglione avesse optato, in una determinata fase della guerra, per la politica del “vivi e lascia vivere”, l'altro avrebbe reagito adottando la stessa politica il giorno successivo. Tale fattispecie è assimilabile al caso in cui nessuno dei due criminali decide di tradire l'altro, cosicché la cooperazione può andare avanti. Al contrario se un battaglione avesse deciso di sparare contro il battaglione rivale, quest'ultimo, il giorno successivo, si sarebbe vendicato facendo fuoco a sua volta. In questo caso si avrebbe una situazione assimilabile al caso in cui uno dei due prigionieri decide di tradire l'altro, innescando un atteggiamento ritorsivo. In sostanza, le decisioni belliche lungo il fronte potevano essere associate a un gioco ripetuto, dato il fatto che le unità si scontravano con gli stessi nemici per molti mesi.

Detta in altri termini, nella trincea valeva la regola del *tit-for-tat* per la quale una parte farà ciò che la parte avversa ha fatto nel periodo precedente. L'utilizzo della strategia occhio per occhio significa, dunque, che ogni azione aggressiva determinava una risposta aggressiva. Se i due battaglioni spesso decidevano di non sparare era perché ritenevano che il beneficio associato a una tacita cooperazione fosse maggiore di quello ricavato da un comportamento collusivo. Se infatti era vero che colpendo per primi si poteva ottenere un vantaggio derivante dall'eliminazione di molte truppe rivali, era altrettanto vero che questo avrebbe comportato una ritorsione da parte dell'altra fazione che avrebbe risposto con il fuoco e ucciso, a sua volta, un gran numero di soldati. Era come, dunque, se i soldati attribuissero più valore alla loro vita piuttosto che a finire in tempi rapidi la guerra.

Con il tempo, tuttavia, man mano che la fine della guerra si avvicinava, il comportamento cooperativo lungo il fronte saltò. Guardando alle variabili precedentemente elencate, si può dire che, divenendo il numero di interazioni sempre più esiguo (data la conclusione prossima del conflitto), venne meno la propensione a cooperare da parte dei soldati. Questo fu anche dovuto ai provvedimenti presi dagli alti comandi di entrambi gli eserciti, aventi il fine di far cessare le tregue tacite. A dimostrazione di ciò i comandanti organizzarono incursioni sempre più grandi e frequenti, durante le quali l'unico modo per sopravvivere era uccidere il nemico (spara o muori). Questo modificò in sostanza i pay-off del gioco, portando l'equilibrio verso la soluzione del “spara per uccidere”, piuttosto che verso la filosofia del “vivi e lascia vivere”.

¹¹ Questo esempio è ripreso dal Capitolo 4 del libro di R. Axelrod, *The Evolution of Cooperation*, Basic Book, New York 1984, pp. 73-87

Facendo un parallelismo con una fattispecie economica più all'ordine del giorno, si può dire che i comandanti si sono comportati come le odierne autorità antitrust che cercano di evitare il più possibile l'instaurarsi di comportamenti di cooperazione tacita tra imprese.

In sostanza, l'incremento del numero e dell'intensità delle incursioni ha causato l'affermazione della tradizionale norma di guerra "uccidi o muori" e ha portato i battaglioni ad assumere un comportamento aggressivo fino al termine del conflitto.

2.3.6 I giochi sequenziali

I giochi trattati finora erano tutti accumulati da una medesima caratteristica, ovvero dal fatto che i giocatori prendevano la loro decisione simultaneamente. In una situazione del genere nessuno dei due giocatori possiede un vantaggio sull'altro, in quanto la reazione del rivale è incerta per entrambi.

Oltre a questa tipologia di giochi definiti simultanei, esistono altre fattispecie in cui uno dei due giocatori è tenuto a prendere la propria decisione prima dell'altro. In questo caso si parla di gioco sequenziale; il giocatore che agisce per primo è definito *first-mover*, mentre quello che risponde per secondo si chiama *second-mover* o *follower*.

L'equilibrio di Nash di un gioco sequenziale può differire notevolmente dall'equilibrio di un analogo gioco simultaneo. Ciò accade in quanto il giocatore che muove per primo ha un vantaggio rispetto all'altro, consistente nel fatto che egli può anticiparne le mosse e agire di conseguenza per massimizzare il suo pay-off. In altre parole, se il first-mover riesce a prevedere le risposte del follower per ogni sua possibile mossa, sarà in grado di scegliere la strategia che, data la risposta dell'altro, massimizza il suo pay-off. Questo gli permette di conseguire un vantaggio e di ritrovarsi in una situazione migliore rispetto a quella che contraddistinguerebbe un gioco simultaneo.

Per capire meglio, si può prendere in considerazione la seguente situazione: due tra le maggiori imprese italiane produttrici di scarpe da ginnastica in Italia, Diadora e Superga, stanno decidendo se aprire o meno un nuovo impianto produttivo. In particolare, le alternative a loro disposizione sono: costruire un impianto piccolo, costruire un impianto grande o non costruire alcun impianto. Ipotizziamo inizialmente che le due imprese compiano le loro scelte simultaneamente, senza che per nessuna di essi vi sia un vantaggio in termini temporali.

La matrice dei pay-off può essere pensata come mostrato di seguito.

	Costruire un impianto grande	Costruire un impianto piccolo	Non costruire un nuovo impianto
Costruire un impianto grande	0; 0	12; 8	18; 9
Costruire un impianto piccolo	8; 12	16; 16	20; 15
Non costruire un nuovo impianto	9; 18	15; 20	18; 18

Matrice 2.10

Il primo numero di ogni cella rappresenta il pay-off di Diadora, il secondo quello di Superga.

Risolvere il gioco simultaneo è ormai semplice. La spiegazione può essere facilmente sintetizzata nei seguenti punti chiave:

- Se Diadora sceglie di costruire un impianto grande, Superga decide di non costruire un nuovo impianto ($9 > 8$; $9 > 0$).
- Se Diadora sceglie di costruire un impianto piccolo, Superga decide di fare lo stesso ($16 > 15$; $16 > 12$).
- Se Diadora sceglie di non costruire un nuovo impianto, Superga decide di costruire un impianto piccolo ($20 > 18$).

La situazione è simmetrica se osservata dal punto di vista di Superga:

- Se Superga sceglie di costruire un impianto grande, Diadora decide di non costruire un nuovo impianto ($9 > 8$; $9 > 0$).
- Se Superga sceglie di costruire un impianto piccolo, Diadora decide di fare lo stesso ($16 > 15$; $16 > 12$).
- Se Superga sceglie di non costruire un nuovo impianto, Diadora decide di costruire un impianto piccolo ($20 > 18$).

L'equilibrio di Nash porterà le due imprese a costruire un impianto piccolo in quanto nella cella corrispondente sono contemporaneamente presenti le migliori risposte dei due giocatori. Il beneficio complessivo sarà pari a 32 ($16 + 16$). Si noti che tale configurazione non corrisponde all'ottimo paretiano che si avrebbe se le due imprese decidessero entrambe di non costruire il nuovo impianto (il pay-off complessivo sarebbe pari a 36). Analizziamo lo stesso identico gioco, ma supponendo che Diadora e Superga assumano il ruolo rispettivamente di first-mover e di second-mover. Per analizzare la nuova versione del gioco si può far uso di una rappresentazione così detta ad albero, che mostra le diverse strategie che ogni giocatore può scegliere e l'ordine in cui avvengono le decisioni. In ogni diagramma ad albero l'ordine delle mosse procede da sinistra a destra. Nel nostro esempio, essendo Diadora il first-mover, essa viene collocata all'estrema sinistra. Per ogni sua mossa l'albero mostra, attraverso le sue susseguenti diramazioni, tutte le possibili risposte di Superga.

La rappresentazione del diagramma ad albero relativo al nostro gioco è la seguente:

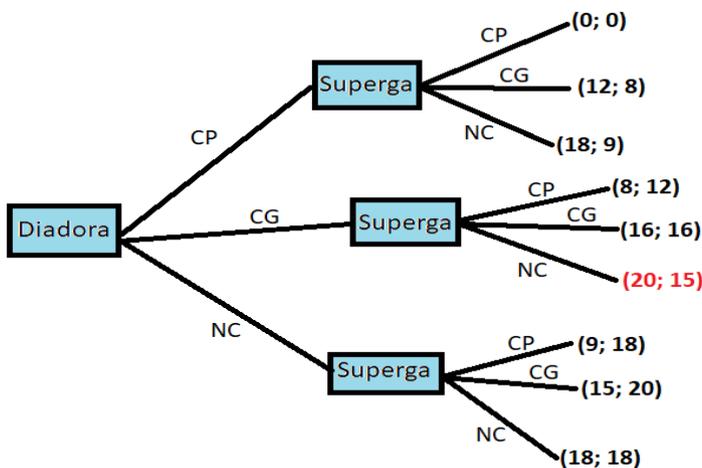


Diagramma 2.1

Leggenda:

- CP = Costruisce un impianto piccolo
- CG = Costruisce un impianto grande
- NC = Non costruisce un nuovo impianto

Il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off di Diadora, il secondo di Superga.

Per risolvere l'albero del gioco è utile impiegare un processo di ragionamento chiamato *backward induction* (induzione all'indietro). Esso consiste nel partire dalla fine del gioco e, per ogni nodo decisionale, trovare la decisione ottima del giocatore che si trova in quel nodo fino a quando non si raggiunge l'inizio del gioco.

Nel nostro caso, innanzitutto, occorre individuare la decisione ottimale per Superga per ogni decisione presa da Diadora. In seguito, occorre capire, alla luce di ciò, quale sia la miglior strategia per Diadora.

Il ragionamento può essere sviluppato come segue:

- Se Diadora sceglie di costruire un impianto piccolo, la miglior decisione che Superga può prendere è di non costruire un nuovo impianto ($9 > 8$; $9 > 0$). Se così sarà, Superga otterrà un pay-off pari a 9 mentre Diadora consegnerà un beneficio pari a 18.
- Se Diadora sceglie di costruire un impianto grande, la miglior decisione che Superga può prendere è di costruire anch'essa un impianto grande ($16 > 15$; $16 > 12$). Se così sarà sia Superga che Diadora otterranno un pay-off pari a 16.
- Se Diadora sceglie di non costruire un nuovo impianto, la miglior decisione che Superga può prendere è di costruire un impianto grande ($20 > 18$). Se così sarà Superga otterrà un pay-off pari a 20, mentre Diadora consegnerà un beneficio pari a 15.

Alla luce del fatto che Diadora può anticipare le mosse decisionali di Superga e dato che può agire per prima, sceglierà la strategia che, tenendo conto delle risposte di Superga, massimizzerà il suo pay-off. Nel caso specifico Diadora sceglierà di costruire un impianto piccolo e costringerà Superga a non costruire. In tal modo otterrà un beneficio di 18, sicuramente preferibile ai pay-off di 16 e 15 che otterrebbe se compiesse altre scelte. Riassumendo, l'equilibrio di Nash del gioco sequenziale si ha quando Diadora sceglie di costruire un impianto grande e Superga è costretta a non costruire alcun impianto. Come si può notare, tale equilibrio differisce da quello del gioco non sequenziale che vedeva entrambe le imprese costruire l'impianto piccolo.

Più specificatamente, Diadora riesce a sfruttare il vantaggio di essere first-mover, incrementando il suo beneficio da 16 (che otteneva nel gioco simultaneo) a 18 (equilibrio del gioco sequenziale). Di contro, Superga si ritrova svantaggiata dalla sua posizione di second-mover e, infatti, il suo pay-off cala da 16 (che otteneva nel gioco simultaneo) a 9 (equilibrio del gioco sequenziale).

Tirando le somme, i giochi sequenziali, diversamente da quelli simultanei, non sono imparziali: i due giocatori non sono in una posizione paritaria. Vi sarà un soggetto, ovvero il first-mover, avvantaggiato rispetto al rivale che muove per secondo e tale vantaggio potrà essere sfruttato per incrementare il proprio pay-off a scapito dell'altro.

I giochi simultanei potrebbero essere applicati per spiegare quello che succede in un contesto di mercato in cui vi è un'unica impresa monopolista già presente in un settore e un'altra impresa che cerca di entrarvi. In particolare, il vantaggio della prima mossa potrebbe costituire una vera e propria barriera all'entrata che permette all'impresa già presente nel settore, definita *incumbent*, di sbarrare l'ingresso all'altra. Il gioco, pertanto, sintetizza cosa accade nel caso in cui venga attuata una strategia di deterrenza all'entrata da parte di un'impresa monopolistica.

Come per tutti gli altri giochi sequenziali, anche in questo caso si ha uno sviluppo su più rami:

- L'incumbent può inizialmente decidere se attuare un investimento sostenendo un costo pari a C o se non farlo.
- L'entrante dovrà poi decidere se entrare nel settore o non entrare.
- Nel caso l'entrante entri, l'incumbent dovrà decidere se accomodare l'entrata o praticare una guerra di prezzo (non accomodare).

Le possibili combinazioni di strategie possono essere esposte come segue.

Se l'incumbent investe, l'entrante deve decidere se entrare o meno. Supponiamo che l'entrante decida di non entrare; in questo caso i pay-off saranno: differenza tra profitto di monopolio e costo dell'investimento (C) per l'incumbent e 0 per l'entrante (profitto di monopolio - C ; 0). Se, invece, l'entrante entra, l'incumbent può decidere se accomodare e raggiungere i pay-off (profitto di monopolio/2 - C ; profitto di monopolio/2), oppure praticare una guerra di prezzo in seguito alla quale otterrà un pay-off pari al profitto di guerra meno il costo dell'investimento; in quest'ultimo caso il profitto raggiunto dall'entrante sarà pari a quello di guerra (profitto di guerra - C ; profitto di guerra).

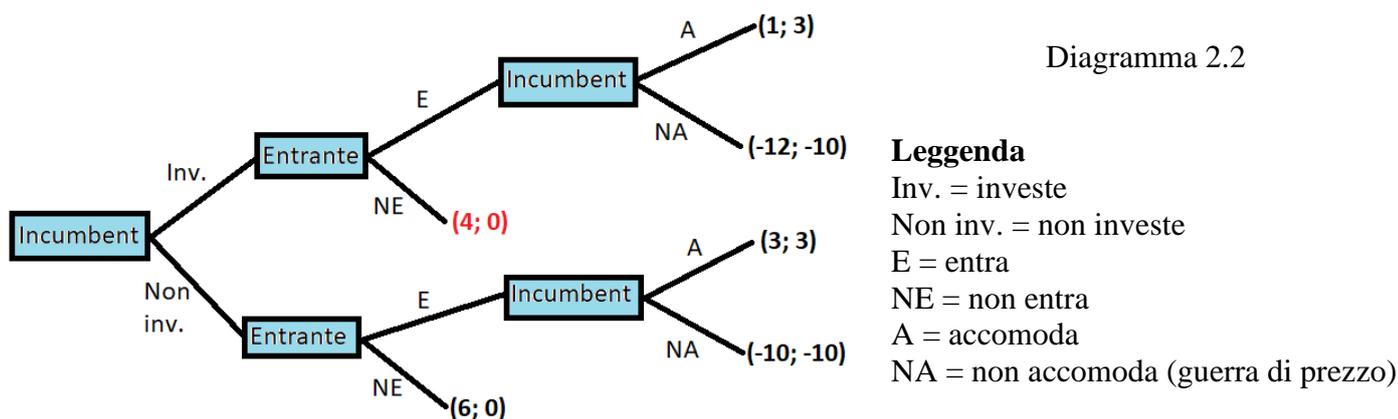
Se l'incumbent non investe, l'entrante deve, anche in questo caso, decidere se entrare o meno. Supponiamo che l'entrante decida di non entrare, in questo caso i pay-off saranno: profitto di monopolio per l'incumbent e 0 per l'entrante (profitto di monopolio; 0). Se, invece, l'entrante entra, l'incumbent può decidere se accomodare e raggiungere i pay-off (profitto di monopolio/2; profitto di monopolio/2), oppure praticare una guerra di prezzo che porterà entrambi a raggiungere un pay-off pari al profitto di guerra (profitto di guerra; profitto di guerra). Si supponga ora che:

- I profitti di guerra siano negativi.
- La differenza tra la metà del profitto di monopolio e il costo dell'investimento assuma valore negativo.
- La differenza tra profitto di monopolio e costo dell'investimento sia maggiore di 0 e maggiore della metà del profitto di monopolio.

Possiamo ora assegnare dei valori alle grandezze considerate che rispettino le condizioni di cui sopra:

- Investimento = 2
- Profitti di guerra = -10
- Profitto di monopolio = 6

È possibile a questo punto elaborare un albero di gioco che rappresenti in modo fedele la situazione. Lo schema che ne consegue assumerà la forma di seguito mostrata.



Il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off dell'incumbent, il secondo quello dell'entrante. Per risolvere il gioco separiamo i primi due rami. Partiamo dal ramo superiore, ovvero dalla situazione in cui l'incumbent decide di investire. Se l'incumbent investe e l'entrante decide di entrare, la miglior risposta per l'incumbent è quella di accomodare. Tuttavia, l'incumbent otterrebbe solo un pay-off pari a 1 e dovrebbe spartire per sempre il mercato con l'entrante. Questo potrebbe portarlo in futuro ad avere profitti negativi e costringerlo ad abbandonare il mercato. Se, invece, l'incumbent decidesse di attuare una guerra di prezzo, è vero che uscirebbe subito dal mercato, ma almeno impedirebbe all'entrante di sostituirlo nel ruolo di monopolista. Pertanto, se l'entrante entra, l'incumbent opterà per la guerra di prezzo. L'entrante, alla luce di tali considerazioni, deciderà di non entrare nel mercato per non incorrere in profitti negativi.

Riguardo al ramo di gioco inferiore, ovvero al caso in cui l'incumbent decida di non investire, si può ragionare come segue. Se l'entrante decide di entrare, all'incumbent conviene accomodare l'entrata, in quanto in tal modo raggiungerà un profitto pari a 3 e potrà sperare in futuro di spartirsi il mercato con il nuovo arrivato (ci sono più probabilità che in futuro non incorra in profitti negativi, in quanto non ha dovuto sostenere il costo dell'investimento). Se l'entrante non entra conseguirà un profitto nullo. Ad egli, dunque, conviene entrare, spingendo l'incumbent ad accomodare l'entrata, di modo tale da ottenere un pay-off positivo pari a 3.

Tirando le somme, gli scenari che si possono verificare sono i seguenti:

- Se l'incumbent investe spinge l'entrante a non entrare, conseguendo un profitto pari a 4.
- Se l'incumbent non investe sarà poi costretto, in seguito all'entrata dell'entrante, ad accomodare, raggiungendo un pay-off pari a 3.

Dato che la prima opzione è più profittevole in termini di pay-off, l'incumbent deciderà di investire. L'equilibrio di Nash del gioco è, dunque, quello in cui l'incumbent investe e l'entrante non entra.

Il gioco appena descritto è, dunque, un chiaro esempio di deterrenza, in quanto descrive una situazione nella quale un soggetto è portato a compiere azioni (nel nostro caso investire) per impedire ad altri soggetti di mettere in atto strategia che potrebbero minarne il profitto.

2.4 Considerazioni finali

In questo secondo capitolo ci si è soffermati dapprima su alcune considerazioni di carattere generale riguardanti l'inquinamento tra Nazioni, analizzando sia i paesi che maggiormente ne sono causa, sia i rimedi che nel corso del tempo sono stati adottati, tramite i trattati internazionali.

In seguito, si è mostrato il collegamento tra tale tematica e la nota teoria dei giochi, della quale si sono successivamente descritti i tratti salienti.

Nel capitolo seguente si cercherà di applicare la teoria dei giochi a contesti reali riguardanti l'inquinamento tra Nazioni, le autorità di vigilanza, i trattati internazionali e le guerre commerciali col fine di fornirne una spiegazione accurata e di comprenderne fino in fondo il significato e l'utilità.

Capitolo 3

Applicazioni della teoria dei giochi all'inquinamento internazionale

In questo terzo e ultimo capitolo l'elaborato riprende la teoria dei giochi, i cui aspetti generali sono stati descritti nel capitolo precedente, per applicarla a fattispecie reali riguardanti il tema dell'inquinamento internazionale. L'obiettivo è, da un lato, quello di far capire come la teoria dei giochi sia uno strumento utile per la comprensione di tematiche che potrebbero altrimenti risultare complesse e, dall'altro, quello di presentare e spiegare problematiche importanti in tema ambientale.

Le fattispecie presentate riguardano nello specifico due tra le più grandi superpotenze mondiali: l'Unione Europea e gli Stati Uniti.

In particolare, nel primo paragrafo viene spiegato il motivo per il quale gli Stati Uniti hanno spesso deciso di non collaborare alla lotta per la riduzione dell'inquinamento; decisione che li ha portati dapprima a non sottoscrivere il Protocollo di Kyoto e, in seguito, a ritirarsi dal Trattato di Parigi.

In seguito, il secondo paragrafo sposta la sua attenzione sul contesto europeo. Più dettagliatamente, si cerca di spiegare come l'Unione Europea sia riuscita, attraverso un sistema di sanzioni, a spingere i paesi membri a rispettare gli accordi internazionali sul clima. In altre parole, mediante l'utilizzo di un gioco che riprende il modello del dilemma del prigioniero, si spiega in che modo le sanzioni che l'Unione Europea può imporre ai singoli paesi possano spostare l'equilibrio di Nash da una situazione di non cooperazione a un nuovo equilibrio in cui i paesi attuano progetti idonei a rispettare le direttive europee in tema ambientale.

Infine, l'ultimo paragrafo, il più complesso, analizza le relazioni esistenti tra Unione Europea e Stati Uniti, concentrandosi in particolar modo sui rapporti commerciali esistenti tra le due potenze. La teoria dei giochi interviene anche in questo caso. Vengono, infatti, presentati due giochi che mostrano due scenari diversi. Nel primo l'Unione Europea si dimostra in grado di condurre una guerra commerciale per convincere gli Stati Uniti a ridurre le emissioni. Nel secondo, invece, viene mostrato lo scenario opposto in cui l'Europa non ha la forza per attuare questa soluzione. Infine, analizzando i dati sugli scambi commerciali tra le due potenze e tenendo conto degli ultimi eventi che hanno interessato il commercio internazionale, si dimostra come il secondo scenario sia molto più probabile del primo.

3.1 L'ostilità degli Stati Uniti nei confronti dei trattati sul clima

La Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) è stata adottata il 9 maggio 1992 con l'obiettivo principale di ridurre le emissioni di gas serra di modo tale da poter intervenire positivamente sul tema del riscaldamento globale. I dati negativi riscontrati nel 1990 avevano spinto i paesi di tutto il mondo a intervenire in direzione di una consistente svolta a favore dell'ambiente e l'impegno assunto da tutte le nazioni (o quasi) è stato essenziale per il raggiungimento di condizioni maggiormente sostenibili.

Le successive evoluzioni hanno poi portato nel 1997 alla Conferenza delle parti (COP) di Kyoto, che ha visto la costituzione dell'omonimo protocollo. In esso furono stabiliti dei limiti quantitativi relativi al livello di emissioni che tutti i paesi avrebbero dovuto rispettare nel momento in cui avessero deciso di ratificare il trattato, ovvero di accettarlo definitivamente come parte del proprio ordinamento.

Il testo assegnò obiettivi differenti ai vari Paesi aderenti: all'Italia, per esempio, fu richiesto di ridurre di almeno l'8% le emissioni di elementi inquinanti come anidride carbonica, metano, ossido di azoto e idrofluorocarburi. Il target da raggiungere non fu lo stesso per tutti i paesi: gli Stati Uniti avrebbero dovuto abbassare le emissioni di gas serra del 7%; alla Russia fu invece permesso rimanere stabile sul livello di emissioni raggiunto, dato che non si volle inficiare eccessivamente sul processo di rilancio dell'economia che la Nazione aveva posto in essere in quegli anni; l'Islanda e l'Australia avrebbero potuto persino incrementare le loro emissioni di una percentuale pari rispettivamente al 10 e all'8% sulla base delle emissioni registrate fino a quel momento. La prima fase del Protocollo assegnò, dunque, obiettivi non paritari alle diverse Nazioni coinvolte anche se fissò un obiettivo comune a tutti i firmatari: registrare un decremento dei gas serra di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990, tra il 2008 e il 2012. L'obiettivo globale ebbe, dunque, una rilevanza maggiore rispetto ai singoli risultati locali che si sarebbero dovuti sommare algebricamente.

Nonostante l'ampio arco temporale a cui si era pensato nel momento dell'elaborazione del trattato, gli effetti del Protocollo di Kyoto poterono manifestarsi solo a partire dal novembre del 2004, mese nel quale, grazie alla ratifica russa, si riuscì a raggiungere la firma da parte di 55 stati che assieme rappresentavano il 55% delle emissioni inquinanti totali (condizione necessaria per poter effettivamente rendere il Protocollo operativo). Grandi assenti nella ratifica del trattato furono gli Stati Uniti che, sotto la direzione dell'allora presidente George W. Bush, decisero di tirarsene fuori e di non collaborare assieme alle altre Nazioni al raggiungimento degli obiettivi concordati.

Già ai tempi dell'amministrazione democratica di Clinton, nonostante la negoziazione e la firma del trattato, il Senato, a maggioranza repubblicana, aveva manifestato diversi dubbi. Essi si trasformarono poi in una vera e propria barriera a seguito delle elezioni successive e all'ascesa al potere del nuovo presidente. Le sue parole durante la riunione riguardante la sicurezza energetica e i cambiamenti climatici, organizzato a Washington nel 2007, non sembrarono dar spazio ad alcun dubbio¹²: «Dobbiamo portare il mondo a ridurre i gas serra, ma nel farlo non dobbiamo incidere sulla crescita e lo sviluppo economico».

Si trattò di una posizione netta che rigettava implicitamente la possibilità di sottoscrivere accordi multilaterali con obiettivi vincolanti e che, quindi, escludeva categoricamente il Protocollo di Kyoto dal panorama politico della Nazione.

L'Unione Europea ha comunque deciso di procedere alla ratifica del trattato anche senza il sostegno americano e, ad oggi, ne è la principale sostenitrice a livello internazionale.

Attualmente i paesi che aderiscono al protocollo sono 191. L'unico paese ad essersi ritirato è il Canada che ha preso tale decisione nel 2011.

Più recentemente gli Stati Uniti si resero protagonisti di un ulteriore rifiuto nelle negoziazioni internazionali aventi come scopo primario la difesa dell'ambiente. Essi infatti nel 2017, guidati dal loro attuale presidente Donald Trump, decisero di uscire dall'Accordo di Parigi; accordo sottoscritto nel 2015 nella capitale francese in occasione della ventunesima conferenza delle parti, la più importante della successione dopo Kyoto.

Tale accordo prevedeva la costituzione di un piano d'azione globale, incentrato al miglioramento delle condizioni ambientali e alla riduzione del riscaldamento globale. Ben 195 paesi hanno concordato sugli obiettivi da raggiungere e sono riusciti ad arrivare a un accordo che mirava alla lotta contro il cambiamento climatico. In particolare, ci si impegnava a contenere l'aumento della temperatura globale al di sotto dei due gradi centigradi rispetto ai livelli preindustriali, a definire e mantenere gli impegni con regolari revisioni migliorative da parte degli Stati e a destinare fondi ai Paesi in via di sviluppo per aiutarli nella transizione verso le energie pulite. Tale ultimo obiettivo prevedeva di stanziare 100 miliardi di dollari l'anno fino al 2020 all'interno del Fondo verde per il clima, con l'intento, appunto, di sostenere i Paesi economicamente più in difficoltà nel conseguimento dei risultati stabiliti.

Nel 2005 l'allora presidente Obama si era impegnato a ridurre le emissioni del 26-28% rispetto al livello fino a quel momento registrato e si era posto l'anno 2025 come scadenza ultima per raggiungere tale obiettivo. Gli Stati Uniti avevano, inoltre, garantito la loro partecipazione al Fondo con uno stanziamento di ben tre miliardi di dollari. L'impegno diplomatico congiunto di Stati Uniti e Cina era fondamentale per mantenere vivo l'Accordo di Parigi in quanto i due paesi si trovavano rispettivamente al secondo e al primo posto nella classifica dei più grandi produttori di anidride carbonica nel mondo. Inoltre, il loro impegno congiunto aveva convinto molti altri paesi a partecipare e a presentare piani credibili per il sostentamento ambientale.

Purtroppo, però il discorso del neopresidente Donald Trump, tenutosi nel giugno del 2017 alla Casa Bianca, segnò la definitiva uscita degli Stati Uniti dall'accordo internazionale e mise in chiaro la posizione del Governo spiegando le cause principali che avevano portato alla presa di una così drastica decisione.

Trump si espresse con le seguenti parole¹³: «Gli Stati Uniti si ritireranno dall'Accordo di Parigi sul clima, ma cominceranno nuovi negoziati sia per rientrare nell'Accordo di Parigi che in un trattato completamente nuovo

¹² Il discorso del presidente è ripreso da un articolo de *La Repubblica* pubblicato il 28 Settembre 2007 (si veda la sitografia).

¹³ Le parti tra virgolette basse che seguiranno sono tratte dal discorso di Donald Trump sull'accordo di Parigi, tenutosi il 1° Giugno 2017 alla Casa Bianca.

che sia più equo per gli Stati Uniti, le sue imprese, i suoi lavoratori, la sua gente, i suoi contribuenti». Da tali dichiarazioni si capirono le intenzioni del presidente di procedere a nuove negoziazioni con la comunità internazionale sul tema del clima. In un messaggio comune, tuttavia, Italia, Germania e Francia espressero il loro diniego ricordando che l'Accordo di Parigi non può essere in alcun modo rinegoziato.

Trump precisò che la sua decisione avrebbe comportato la fine dell'implementazione degli *Intended nationally determined contributions*, ovvero delle promesse che tutti i governi possono volontariamente avanzare al fine di ridurre le emissioni di gas serra nel mondo. Gli Stati Uniti, inoltre, dichiararono di non voler più partecipare al Fondo verde per il clima che, stando alle parole del presidente, «costava alla Nazione una fortuna immane». Nel fondo, fino a quel momento, l'America aveva stanziato un miliardo di dollari, somma che era destinata a triplicarsi entro il 2020.

La motivazione principale con la quale Donald Trump giustificò il suo atto di esclusione fu la mancanza di equità nel trattamento dei diversi paesi. Secondo lui paesi come India e Cina erano liberi di comportarsi come volevano, mentre agli Stati Uniti erano imposte limitazioni eccessive. A tal proposito il presidente sottolineò che: «In base all'Accordo, la Cina potrà aumentare le sue emissioni per un numero di anni sconcertante. Tredici. I cinesi possono fare quello che vogliono per tredici anni, noi no». Egli, inoltre, si schierò a difesa dell'industria del carbone, il cui sviluppo era minato dall'Accordo stesso, e promise l'apertura di nuove miniere nel giro di due settimane.

Con l'uscita dall'Accordo di Parigi, gli Stati Uniti si aggiunsero agli unici due paesi che avevano già deciso di abbandonare il trattato, ovvero Siria e Nicaragua, ed ebbero di fatto l'opportunità di produrre a costi più bassi inquinando di più e attuando di fatto una sorta di concorrenza sleale nei confronti degli altri paesi che mantennero politiche più responsabili sulle emissioni.

La decisione presa da Trump sollevò non poche polemiche all'interno del panorama politico americano. Egli fu duramente criticato dall'ex presidente degli Stati Uniti, Barack Obama, che definì tale atto come un chiaro rifiuto al futuro. Inoltre, l'ex segretario di Stato John Kerry e l'ex candidata alle presidenziali per i Democratici, Hilary Clinton, espressero il loro disappunto criticando aspramente la decisione presa.

Anche le reazioni europee non tardarono ad arrivare. La premier britannica Theresa May, la cancelliera tedesca Angela Merkel e il presidente della Commissione Europea Jean Claude Juncker dichiararono la loro delusione, sottolineando però come l'Accordo sarebbe andato avanti anche senza il sostegno statunitense. Della stessa opinione furono anche il premier belga Charles Michel, il segretario del Partito Democratico italiano Matteo Renzi e, soprattutto, il Commissario europeo per l'energia, Miguel Arias Canete.

Fu dunque forte la volontà europea di continuare a perseguire gli accordi presi, nonostante il rifiuto americano; stessa volontà che si era riscontrata anche in seguito al rifiuto da parte di George W. Bush di sostenere il Protocollo di Kyoto.

La questione pare essere molto complicata e tante sono le domande che ci si potrebbe porre: perché l'Europa ha deciso di continuare a perseguire gli obiettivi fissati nei vari trattati sul clima, nonostante l'abbandono degli Stati Uniti? Per quale motivo l'America ha ritenuto più opportuno tirarsi fuori dagli accordi, piuttosto che perseguire una politica eco-sostenibile che gioverebbe a tutto il mondo? Perché la Nazione ha deciso di perseguire una strategia collusiva, piuttosto che collaborare con gli altri Paesi e ottenere risultati più soddisfacenti a livello globale?

Per rispondere a tutte queste domande è utile richiamare la teoria dei giochi che si è presentata nel secondo capitolo e che può esserci d'aiuto per comprendere le varie decisioni prese dai diversi paesi nell'ambito delle politiche climatiche internazionali. In particolare, è possibile sviluppare un gioco sequenziale che ci aiuti a comprendere il perché gli Stati Uniti hanno preferito tirarsi fuori dagli accordi, piuttosto che cooperare con le altre Nazioni.

Supponiamo che all'interno del gioco partecipino l'Unione Europea (giocatore 1) e gli Stati Uniti (giocatore 2). Le strategie che entrambi i giocatori possono adottare sono: "ridurre le emissioni" e "non ridurre le emissioni". Immaginiamo due fasi distinte del gioco. Nella prima fase i due giocatori compiono la loro scelta per la prima volta, mentre nella seconda fase sono tenuti a decidere nuovamente se ridurre o meno le emissioni.

Concentriamoci ora sulla prima fase, considerando l'Unione Europea come first mover e gli Stati Uniti come follower (gioco sequenziale a due stadi). Scindendo i due rami dell'albero di gioco, possiamo ragionare come segue.

Se l'Europa decide di ridurre le emissioni, gli Stati Uniti potranno:

- Ridurre anche loro le emissioni. In questo caso, dato che per gli Stati Uniti ridurre le emissioni provoca un danno economico maggiore rispetto all'Europa, i pay-off saranno pari a 100 per l'Europa e 50 per l'America.
- Non ridurre le emissioni. Se gli Stati Uniti decidessero di non ridurre le emissioni, i benefici apportati in entrambe le parti sarebbero minori. Pertanto, gli Stati Uniti otterrebbero un pay-off pari a 40, mentre l'Europa riuscirebbe a raggiungere un pay-off pari soltanto a 80 (si noti che entrambi i pay-off sono minori rispetto a quelli raggiunti nell'ipotesi precedente).

Se, invece, l'Europa decide di non ridurre le emissioni, gli Stati Uniti potranno decidere se:

- Essere gli unici a ridurre le emissioni. In tal caso, dato il mancato sostegno europeo e dovendosi far carico di tutte le spese economiche, l'America raggiungerebbe un pay-off più basso rispetto ai due casi precedenti pari a 30, mentre l'Europa, riuscendo a giovare unicamente del buon comportamento americano, ma non del proprio, raggiungerebbe un pay-off pari a 70.
- Seguire le gesta dell'Europa e non ridurre le emissioni. Questo è lo scenario più drammatico, in quanto i danni provocati dall'inquinamento non verrebbero contenuti e comporterebbero per entrambi i giocatori un pay-off minimo pari a 20.

L'albero di gioco riassuntivo dei pay-off sarà strutturato come segue.

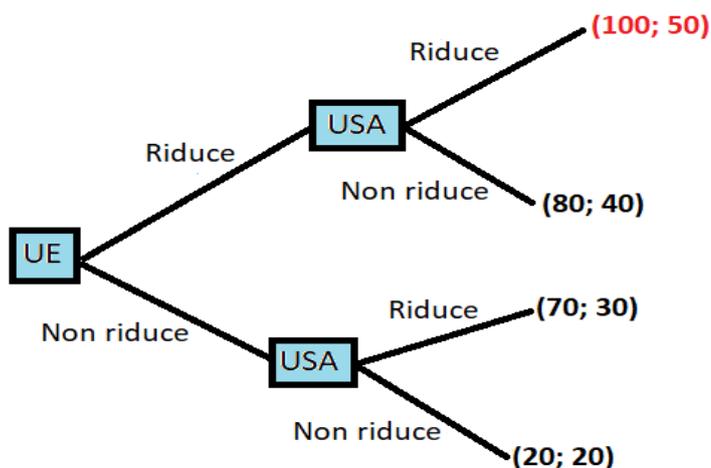


Diagramma 3.1

Il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off dell'Europa, il secondo quello degli Stati Uniti. Per risolvere il gioco e determinare la configurazione di equilibrio è sufficiente impostare il seguente ragionamento: se l'Europa decidesse di ridurre le emissioni, gli Stati Uniti trarrebbero maggior beneficio nel seguire la stessa strategia ($50 > 40$); se l'Europa decidesse, invece, di non ridurre le emissioni, agli Stati Uniti converrebbe comunque adottare la strategia di riduzione ($30 > 20$). Si può dire che, in questa prima fase del gioco, per gli Stati Uniti, ridurre le emissioni è una strategia dominante, in quanto essi adotteranno tale decisione a prescindere dai comportamenti dell'Europa.

Alla luce di tale considerazione, l'Europa sceglierà di ridurre le emissioni in quanto questo le permetterà di raggiungere un pay-off pari a 100, maggiore di quello che raggiungerebbe se adottasse la strategia contraria ($100 > 70$). Pertanto, l'equilibrio di Nash prevede che, nella prima fase del gioco, sia l'Europa che gli Stati Uniti ridurranno le emissioni, adottando un atteggiamento cooperativo (l'equilibrio di Nash è rappresentato in rosso nel diagramma).

Spostiamoci ora alla seconda fase del gioco. Per ridurre le emissioni durante la prima fase gli Stati Uniti hanno dovuto sopportare ingenti costi e, come si può notare dal diagramma 3.1, per ogni combinazione di strategie (tranne quella più drammatica in cui nessuno riduce le emissioni) i loro pay-off risultano essere sempre inferiori rispetto a quelli dell'Unione Europea. Questo perché, essendo l'economia statunitense principalmente incentrata sulla presenza di industrie e fabbriche, la riduzione dell'inquinamento comporta per la Nazione il sostenimento di sforzi maggiori rispetto a quelli a carico dai paesi europei.

I due giocatori devono ora decidere come proseguire. Essi possono o continuare a ridurre le emissioni, oppure possono decidere di uscire dal trattato, non rispettare più i vincoli sulle emissioni e porre fine alle politiche che avevano attivato per rendere l'ambiente maggiormente sostenibile.

Il gioco, nella sua seconda fase, presenta combinazioni di pay-off differenti rispetto alla prima fase. In particolare, i possibili scenari sono i seguenti:

- L'Europa e gli Stati Uniti decidono di continuare la loro collaborazione a favore delle politiche ambientali e portano le emissioni inquinanti a un livello ancora inferiore. In questo caso l'Europa trae un beneficio enorme e riesce a raggiungere un pay-off pari a 180; gli Stati Uniti, invece, a causa degli eccessivi costi supportati, riducono il loro pay-off a 20¹⁴.
- Solo l'Europa continua a ridurre le emissioni, mentre gli Stati Uniti decidono di uscire dal trattato e di non rispettare più i vincoli sulla produzione. In questo scenario l'Europa riesce comunque a migliorare la propria posizione, ma meno rispetto al primo caso data la non collaborazione statunitense e il suo pay-off sale a 130. Gli Stati Uniti, invece, ottengono benefici dalle ulteriori riduzioni attuate dall'Europa e aumentano il loro pay-off portandolo a 60¹⁵.
- Gli Stati Uniti sono gli unici a continuare a partecipare al trattato, mentre l'Europa decide di non ridurre le emissioni ulteriormente. In tal caso gli Stati Uniti, unici a sostenere gli ulteriori costi di riduzione, diminuiscono tantissimo il loro pay-off che arriva ad assumere un valore pari a 5. L'Europa giova in parte delle decisioni statunitensi e, quindi, nonostante la sua uscita dal trattato, aumenta il suo pay-off a 110¹⁶.
- Entrambi i giocatori abbandonano l'accordo e smettono di ridurre le emissioni. Se così fosse si tornerebbe all'equilibrio di Nash della prima fase con un pay-off per Unione Europea e Stati Uniti rispettivamente pari a 100 e a 50.

L'albero di gioco che riassume i pay-off delle diverse strategie è il seguente.

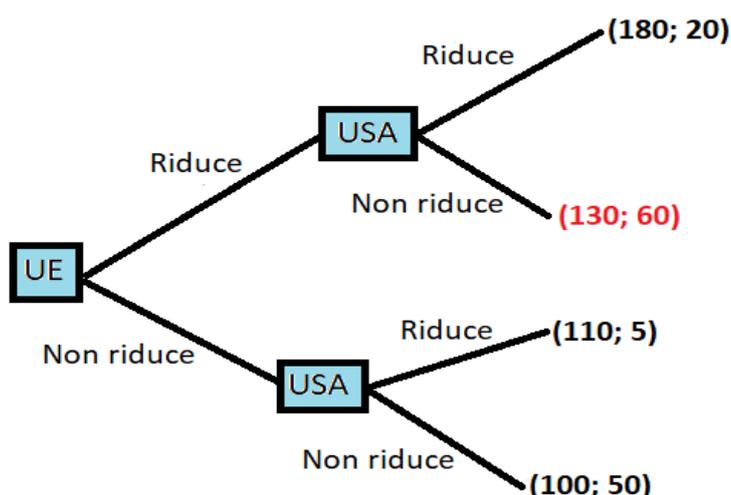


Diagramma 3.2

¹⁴ Ricordiamo che si è supposto che l'Europa sostenga sforzi minori rispetto agli Stati Uniti nel ridurre le emissioni, mentre questi ultimi, avendo un'economia incentrata prevalentemente sullo sviluppo delle fabbriche, pagano un caro prezzo in seguito alle politiche di contenimento dell'inquinamento.

¹⁵ Nell'equilibrio di Nash relativo alla prima fase del gioco il pay-off degli Stati Uniti ammontava a 50.

¹⁶ Nell'equilibrio di Nash relativo alla prima fase del gioco il pay-off dell'Europa ammontava a 100.

Il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off dell'Europa, il secondo quello degli Stati Uniti. Rispetto alla prima fase del gioco per gli Stati Uniti la situazione è diametralmente opposta: se prima ridurre le emissioni era la loro strategia dominante, ora essa si è trasformata in una strategia dominata. Sia che l'Europa decida di ridurre le emissioni sia che decida di non farlo, infatti, gli Stati Uniti risponderanno non riducendo le emissioni e quindi, di fatto, uscendo dal trattato. Ciò nonostante all'Europa conviene comunque continuare a rispettare gli accordi in quanto in tal modo riuscirà a raggiungere un pay-off maggiore ($130 > 100$). Il nuovo equilibrio di Nash prevede, dunque, che l'Unione Europea continui a rispettare l'accordo, mentre gli Stati Uniti lo abbandonino.

La costruzione di questo gioco può aiutarci a comprendere perché gli accordi internazionali hanno avuto le conseguenze e gli effetti descritti all'inizio del paragrafo. Gli Stati Uniti, onde evitare un eccessivo danno economico conseguente ai vincoli a loro imposti dai trattati, hanno preferito abbandonare il Protocollo di Kyoto prima e gli Accordi di Parigi poi. L'Europa, invece, potendo comunque giovare delle minori emissioni, anche senza il sostegno statunitense, ha preferito mantenere vivi gli accordi e continuare la sua battaglia per la salvaguardia del pianeta.

Tutto ciò è, infatti, perfettamente corrente con l'equilibrio di Nash raggiunto nella seconda fase del gioco, rappresentato in rosso nel Diagramma 3.2.

Ecco, dunque, un esempio di come la teoria dei giochi possa essere applicata a contesti reali e di come, in questo caso, possa aiutarci a comprendere decisioni politiche e strategie internazionali che, a primo impatto, potrebbero risultare complesse e sollevare parecchie perplessità.

3.2 Necessità di un'autorità sovranazionale e di un sistema di sanzioni

Rimanendo in tema di inquinamento ambientale tra Nazioni, è importante capire cosa si intende per esternalità ambientale internazionale. Un'esternalità di questo tipo si ha quando un paese con la propria attività economica, influenza non solo il proprio ambiente, ma anche quello di altri paesi.

I paesi, con la loro attività, potrebbero influenzarsi negativamente a vicenda. Se così fosse possiamo dire di essere in presenza di un male pubblico internazionale causato dal danno ambientale. Se al contrario l'influenza reciproca dei paesi fosse positiva si potrebbe parlare di un bene pubblico internazionale e, in tal caso, la qualità ambientale migliorerebbe.

I problemi ambientali nel loro insieme, costituiti prevalentemente dalle emissioni di gas serra, dalla distruzione dello strato di ozono e dal riscaldamento globale, possono essere dunque considerati delle forme di male pubblico internazionale.

Come visto nel precedente paragrafo, le Nazioni hanno cercato di intervenire su queste problematiche attuando degli accordi internazionali che hanno in parte migliorato la situazione.

Nel momento in cui questi accordi vennero stabiliti, essenziale fu la definizione di un'autorità sovranazionale con il compito di assolvere alla funzione di regolatore ambientale internazionale. Esempi di queste autorità sono l'Unione Europea e l'Organizzazione delle Nazioni Unite che, grazie al loro operato, riescono a garantire (o almeno provano a garantire) un costante perseguimento delle regole da parte dei paesi membri.

L'Unione Europea può, ad esempio, intervenire mediante sanzioni per convincere i paesi a perseguire le politiche ambientali ritenute corrette, di modo tale da portare beneficio al pianeta e diminuire l'inquinamento. La teoria dei giochi può essere applicata per fornire un quadro concettuale nel quale collocare i problemi di interdipendenza strategica che si pongono quando si devono risolvere questioni relative al rispetto degli accordi ambientali internazionali. Essa può, inoltre, essere d'aiuto per capire in che modo un sistema sanzionatorio possa portare a una situazione di equilibrio in cui i paesi decidono di collaborare per realizzare progetti finalizzati alla sostenibilità ambientale.

Supponiamo che esista una Direttiva che imponga a due paesi¹⁷ di ridurre la percentuale di emissioni con lo scopo di migliorare la qualità dell'aria. Per rispettare la direttiva i due paesi potrebbero attuare un progetto di miglioramento ambientale in grado di portare beneficio a entrambi in modo simultaneo e non esclusivo. In altre parole, supponiamo che tale progetto sia per i due paesi un bene pubblico.

¹⁷ Ipotizziamo che i paesi siano solo due per agevolare lo sviluppo del gioco.

Entrambi i paesi, che chiameremo A e B, otterrebbero dall'attuazione del progetto un beneficio complessivo pari a 300. Il problema è che il costo complessivo dal progetto richiesto risulta essere pari a 400, quindi se un paese dovesse decidere di intraprenderlo da solo, subirebbe una perdita pari a 100.

Per i due paesi l'unica soluzione sarebbe collaborare in modo tale da dividersi equamente il costo complessivo del progetto e ottenere un beneficio personale pari a 100 (i due paesi, dividendosi i costi, sosterranno una somma di 200 ciascuno, a fronte dello stesso beneficio pari a 300). In tal modo la somma dei benefici dell'intervento per i due paesi sarebbe pari a 600 e, dunque, maggiore del costo dell'intervento (400); è possibile dunque affermare che l'attuazione del progetto è una soluzione socialmente efficiente.

La conclusione suggerita dal ragionamento appena svolto sembra scontata: i due paesi dovrebbero mettersi d'accordo per realizzare il progetto, di modo tale da raggiungere la configurazione che permette a entrambi di ottenere un beneficio positivo.

Come si è spiegato nel secondo capitolo, tuttavia, i due paesi hanno un forte incentivo nel deviare dall'accordo in quanto questo permetterebbe loro di raggiungere pay-off più elevati. Se, infatti, solo uno dei due paesi sostenesse i costi dell'intervento per realizzare il progetto comune a entrambi, esso subirebbe una perdita pari a 100 (data dalla differenza tra il beneficio di 300 che otterrebbe e l'intero costo di attuazione pari a 400), mentre l'altro paese beneficerebbe di un pay-off pari a 300 senza sostenere alcun costo.

Il gioco può essere meglio riassunto dalla seguente matrice dei pay-off.

	Finanziare il progetto	Non finanziare il progetto
Finanziare il progetto	100; 100	-100; 300
Non finanziare il progetto	300; -100	0; 0

Matrice 3.1

Il primo pay-off di ogni cella fa riferimento al paese A, mentre il secondo si riferisce al paese B.

Riassumendo, dunque, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Se i due paesi finanziano il progetto, entrambi ottengono un beneficio pari a 100;
- Se solo uno dei due paesi finanzia il progetto, esso subisce una perdita di 100 mentre l'altro gode dell'intero beneficio senza sostenere costi e ottiene, dunque, un pay-off pari a 300;
- Se nessuno dei due paesi finanzia il progetto, la situazione rimane invariata e i benefici per entrambi i paesi saranno nulli.

Il gioco si può risolvere ragionando come segue. Per entrambi i paesi finanziare il progetto è una strategia dominata. Si può notare subito infatti che, indipendentemente dalla strategia adottata dal paese A, il paese B deciderà sempre di non finanziare il progetto: se A decidesse di finanziare il progetto, a B converrebbe non finanziarlo di modo tale da ottenere l'intero beneficio senza sostenere costi (in altre parole, B si comporterebbe da free-rider); se A decidesse di non finanziare il progetto nemmeno a B converrebbe farlo in quanto, altrimenti, subirebbe una perdita pari a 100.

L'equilibrio di Nash sarà, pertanto, un equilibrio composto da strategie dominanti (ovviamente, se per i due paesi finanziare il progetto è una strategia dominata, non finanziarlo sarà la strategia dominante) e porterà entrambi i paesi a non finanziare il progetto.

La situazione appena presentata altro non è che un'applicazione del dilemma del prigioniero che ci porta a trarre conclusioni molto pessimistiche sulle possibilità di arrivare ad una produzione volontaria di beni pubblici e, quindi, ad accordi internazionali basati su strategie cooperative per il miglioramento dell'ambiente a livello globale.

Un modo per portare i paesi verso una scelta cooperativa è quello di dar loro un incentivo adeguato modificandone i benefici netti. Ciò è possibile, ad esempio, grazie al ruolo di autorità sovranazionale svolto

dall'Unione Europea che le consente di infliggere sanzioni ai paesi che non rispettano gli accordi internazionali.

È possibile ricostruire il gioco appena sviluppato inserendo l'elemento della sanzione.

In particolare, supponiamo che l'autorità sovranazionale imponga una multa pari a 300 ai paesi che non collaborano al finanziamento del progetto. In tal caso la nuova matrice dei pay-off può essere pensata come mostrato di seguito.

	Finanziare il progetto	Non finanziare il progetto
Finanziare il progetto	100; 100	-100; 0
Non finanziare il progetto	0; -100	-300; -300

Matrice 3.2

Il primo pay-off di ogni cella fa riferimento al paese A, mentre il secondo si riferisce al paese B.

L'introduzione della sanzione modifica chiaramente l'equilibrio di Nash che ora coincide con la configurazione cooperativa. La strategia dominante per entrambi i paesi, infatti, diventa "finanziare il progetto", rendendo la situazione diametralmente opposta rispetto al caso precedente.

Per capirne il motivo mettiamoci nei panni del paese B:

- Se il paese A decide di finanziare il progetto, al paese B conviene fare lo stesso di modo tale da ottenere un pay-off pari a 100, anziché nullo.
- Se il paese A decide di non finanziare il progetto, al paese B conviene finanziarlo. Se così non fosse, infatti il paese B verrebbe colpito dalla sanzione e otterrebbe, anziché un beneficio nullo, un pay-off negativo (-300).

Essendo il ragionamento analogo per il paese A, possiamo con certezza affermare che, anche in questo caso, l'equilibrio di Nash è un equilibrio composto da strategie dominanti. Tuttavia, differentemente dal caso precedente, esso comporta ora la compartecipazione di entrambi i paesi al finanziamento del progetto.

La sanzione ha permesso, dunque, di passare da una configurazione non ottimale, nella quale i due paesi ottenevano un beneficio totale nullo, a una configurazione più efficiente che massimizza il pay-off complessivo (ottimo paretiano); ma soprattutto, grazie alla sanzione, i due paesi si sono convinti a realizzare il progetto e, di conseguenza, a rispettare le imposizioni della Direttiva.

L'Unione Europea ha spesso adottato il sistema sanzionatorio per punire i paesi membri che non si conformavano alle normative ambientali loro imposte.

Prima di passare all'analisi delle procedure d'infrazione e delle conseguenti sanzioni che hanno interessato il nostro Paese, è opportuno descriverne l'iter legislativo. Innanzitutto, occorre dire che, conformemente ai trattati dell'UE, la Commissione può adire le vie legali attuando una procedura formale d'infrazione contro un paese membro sulla base delle proprie indagini o di denunce da parte di cittadini, imprese e altre parti interessate. In particolare, un paese può essere accusato dalla Commissione e, in seguito, sottoposto a sanzioni determinate dalla Corte in due casi: mancata comunicazione delle misure che recepiscono correttamente le disposizioni delle direttive e non rettifica di presunte violazioni del diritto comunitario.

La procedura di infrazione si articola in più fasi. Innanzitutto, la Commissione invia una lettera di costituzione in mora al paese in questione in cui vengono richieste maggiori informazioni sull'infrazione. Il paese sotto accusa dovrà inviare una risposta dettagliata entro un termine preciso (in genere due mesi). Se la Commissione lo ritiene necessario, può inviare anche un parere motivato, ovvero una richiesta formale che ha il fine di conformare il paese al diritto dell'Unione e in cui si spiega perché si ritiene che vi sia una violazione del diritto comunitario. Il paese sarà inoltre tenuto, sempre entro un termine massimo, in genere pari a due mesi, a

comunicare le misure adottate per far fronte al problema. Se il paese continua a non conformarsi alla legislazione, la Commissione può deferirlo alla Corte di Giustizia. La Corte, a sua volta, procede con la formulazione di una sentenza in cui esplicita le misure che il paese dovrebbe adottare. Se nonostante tutto ciò il paese continua a ignorare le norme, la Commissione può deferirlo dinanzi alla Corte per la seconda volta. A questo punto, la Corte imporrà al paese una sanzione pecuniaria.

Come si può capire, dunque, l'iter legislativo, dal momento in cui l'infrazione viene segnalata per la prima volta al momento in cui la Corte adotta la sanzione, è molto lungo e complesso.

Alcuni paesi riescono ad affrontare il processo in minor tempo, mentre per altri l'iter risulta essere più lungo. L'Italia è al secondo posto in Europa per durata di tali procedimenti.

La nostra Nazione, purtroppo, è stata più volte interessata da procedure d'infrazione, che hanno spesso scaturito importanti provvedimenti sanzionatori. Secondo l'ultimo aggiornamento della Commissione Europea, pubblicato il 7 marzo 2019, il nostro Paese è stato sottoposto a 74 procedure d'infrazione totali, 13 in più rispetto all'anno precedente. Di queste 64 sono attribuite per violazione del diritto dell'Unione e 10 per mancato recepimento di Direttive.

Per direttiva si intende una legge emanata dall'Unione Europea che richiede un intervento legislativo da parte di ciascun stato membro per poter essere applicata e che quindi non ha un'esecuzione immediata. Il tempo concesso a ciascun Stato per adottare la normativa ovviamente non è infinito, ma normalmente scade dopo due anni dalla pubblicazione della stessa sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea.

Il settore che detiene il triste primato in termini di maggiori sanzioni è proprio l'ambiente, con un totale di 17 procedure attualmente in corso, ovvero il 23% del totale, oltre alle 4 relative all'energia. Per fare un confronto con il resto dell'Europa si può dire che le statistiche aggiornate al 2018 della Commissione Europea riportano un totale di 333 procedure di infrazione complessive in materia ambientale considerando tutti i Paesi membri. Di queste 18 riguardano la Germania, 19 la Francia, 18 l'Austria, 23 la Grecia e ben 32 la Spagna. Le procedure di infrazione hanno colpito in particolar modo il settore dell'acqua (81 procedure) e dei rifiuti (63 procedure). Inoltre, risultano particolarmente interessate anche l'aria (61 procedure) e la natura (49 procedure).

Queste categorie sono rimaste, nel corso del tempo, quelle di maggior debolezza e, in maniera sistematica, continuano a registrare diversi problemi in ambito ambientale.

Tra le procedure principali in corso in Italia, particolarmente rilevanti sono le seguenti infrazioni:

- Rete Natura 2000: tale infrazione è causata dalla mancata designazione delle Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e dalla mancata adozione delle misure di conservazione.
- Qualità dell'aria: dovuta al superamento dei valori limite di materia particolata (PM₁₀) e alla non corretta applicazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria in Europa. In particolare, i problemi principali in quest'ultimo ambito riguardano l'inquinamento acustico e lo smog nelle città.
- Ambiente marino: causata dalla violazione degli artt. 17.2 e 17.3 della Direttiva 200/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino.

Altre infrazioni che meritano di essere citate sono relative al caso ILVA (di cui si è parlato nel paragrafo 1.2), per la violazione della Direttiva IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) e della Direttiva IED (Industrial Emission Directive); al non corretto smaltimento dei rifiuti (pericolosi e non)¹⁸ e alle discariche.

La regione maggiormente colpita da tali problematiche e, in particolare, dall'emergenza rifiuti è la Campania che presenta ritardi nei piani regionali di gestione degli stessi e un certo numero di discariche abusive.

Tra le infrazioni conteggiate nel mese di marzo del 2019 sono presenti anche due deferimenti alla Corte di Giustizia. Il primo riguarda nuovamente il mancato rispetto delle condizioni relative alla qualità dell'aria e, in particolare, dei limiti massimi consentiti per il biossido di azoto (gas fortemente tossico). Il secondo, invece, riguarda la violazione della Direttiva europea concernente il trattamento delle acque reflue urbane.

¹⁸ I rifiuti pericolosi sono quelli che contengono sostanze particolarmente inquinanti. In passato erano chiamati rifiuti tossici nocivi per la loro caratteristica di essere velenosi sia per gli esseri viventi, sia per l'ecosistema naturale. Alcuni esempi sono: scarti della raffinazione del petrolio, scarti dei processi chimici industriali e scarti dell'industria metallurgica.

Uno dei problemi principali del nostro Paese, relativamente alle procedure di infrazione, è la durata media dei processi stessi: vi sono procedure aperte da oltre un decennio, ad esempio quelle riguardanti lo smaltimento dei rifiuti in Campania e in altre parti d'Italia e il trattamento delle acque reflue urbane.

Per quanto riguarda la determinazione dell'entità della sanzione, occorre anzitutto dire che quest'ultima è formata da due parti: una somma forfettaria applicata a causa dell'esistenza stessa della violazione e una penalità giornaliera che ha il fine di sanzionare il proseguimento della violazione dopo la sentenza della Corte. Dopo aver calcolato l'importo della sanzione, la Commissione Europea lo comunica alla Corte che è tenuta a prendere la decisione finale. Per il calcolo dell'importo la Commissione si basa sul così detto "fattore n", che considera sia la capacità finanziaria dello stato membro, sia il suo peso istituzionale. Inoltre, si tengono in considerazione anche altri fattori come la gravità della violazione, i suoi effetti sugli interessi generali e particolari e il periodo per cui essa si è protratta.

I dati relativi al 31 dicembre 2018 riportano, per l'Italia, sanzioni complessive pari a 548 milioni di euro per violazioni della normativa comunitaria, di cui 204 milioni per le discariche irregolari o abusive, 151 milioni per la gestione dei rifiuti nella sola Campania e 25 milioni per il trattamento delle acque reflue urbane.

Occorre tener presente che i diversi paesi potrebbero trovare difficoltà nel recepimento delle direttive per tempo a causa di diverse problematiche, quali un coordinamento inefficace o insufficiente tra i diversi livelli amministrativi, una capacità di applicazione inadeguata o una mancanza di conoscenze e dati.

È importante per ogni Nazione trovare delle soluzioni adeguate a risolvere queste limitazioni, in quanto, così come affermato da Karmenu Vella¹⁹, Commissario dell'Unione Europea per l'ambiente, gli affari marittimi e la pesca: «un'applicazione frammentaria e non uniforme delle norme ambientali non rende servizio a nessuno. Il miglioramento delle modalità di applicazione del diritto ambientale va a vantaggio dei cittadini, delle amministrazioni pubbliche e dell'economia».

3.3 Guerra commerciale tra Unione Europea e Stati Uniti

I trattati commerciali sono sempre stati un valido strumento di supporto all'economia dei paesi. Il modello di economia chiusa secondo il quale un paese non ha nessun scambio con l'esterno rappresenta un limite per la crescita economica in quanto il paese potrà far affidamento soltanto sulla produzione interna. In un sistema aperto, invece, le diverse Nazioni sono connesse le une con le altre e riescono ad ampliare il numero di beni circolanti al loro interno mediante gli scambi commerciali. Le operazioni che un paese può effettuare in tale ambito sono le esportazioni e le importazioni. Nelle esportazioni alcuni beni escono dal paese e vi è un guadagno (entrata), mentre con le importazioni un paese acquista dei prodotti dall'esterno in cambio di un controvalore economico (uscita). La differenza tra esportazioni e importazioni rappresenta il saldo commerciale netto del paese. Se tale valore è positivo significa che dal paese escono più beni rispetto a quanti ne entrano e, quindi, si registra un guadagno netto. Al contrario, se nel paese entrano più beni rispetto a quanti ne escono, il valore del saldo commerciale è negativo e il paese sostiene una spesa netta.

Nel tempo le operazioni che prevedevano scambi commerciali sono state regolate da alcuni trattati che avevano come scopo principale quello di favorire la parità di trattamento tra le Nazioni, evitando l'attuazione di accordi preferenziali. Ad oggi le operazioni commerciali vengono disciplinate dalla World Trade Organization (WTO) che rappresenta l'organizzazione internazionale alla quale è demandata la funzione generale di disciplinare e liberalizzare il commercio internazionale. Tale organizzazione affonda le sue radici storiche nel GATT (*General Agreement on Tariffs and Trade*), nato negli anni successivi alla Seconda guerra mondiale allo scopo di risolvere le controversie commerciali in un ambito diplomatico aperto, inclusivo e soprattutto pacifico senza dover più ricorrere alla forza delle armi.

Il GATT fu attivo dal 1948 al 1994, ma in forza dei mutamenti storici avvenuti in quel periodo, fu necessaria una sua rifondazione su basi più solide. La fragilità del sistema aveva infatti condotto a pratiche non sempre valide e virtuose da parte dei paesi che cercavano spesso di violarlo o quantomeno di eluderlo tramite l'adozione di strumenti di diritto internazionale quali accordi preferenziali, bilaterali e multilaterali. Per tale motivo il 15 Aprile 1994 furono ratificati nuovi accordi che condussero alla firma dell'Accordo istitutivo della WTO. L'azione del nuovo istituto è guidata da diversi principi fondamentali che i paesi aderenti sono tenuti a

¹⁹ Discorso pronunciato in occasione della riunione della Commissione Europea del 6/febbraio/2017, che ha portato all'adozione dello Strumento per il riesame dell'attuazione delle politiche ambientali.

rispettare e che hanno come fine quello di garantire scambi commerciali paritari e non discriminatori. Il primo principio prende appunto il nome di “principio di non discriminazione” e rappresenta la regola cardine dell’intero trattato. In sostanza esso vieta la nascita di trattamenti preferenziali a meno che essi non siano accordati a tutti i membri dell’Organizzazione. Tale principio generale può essere visto come composto da due diverse articolazioni che attengono all’interno e all’esterno dei confini nazionali.

Per quanto riguarda l’aspetto interno, il principio prende il nome di “trattamento nazionale” ed impone che i prodotti importati vengano trattati alle stesse condizioni di quelli prodotti all’interno della nazione, almeno dopo la loro entrata nel mercato. Secondo tale ultima precisazione, imporre un dazio su un’importazione non può essere considerata un’azione che trasgredisce il principio del trattamento nazionale.

L’aspetto esterno prende invece il nome di “trattamento della nazione più favorita” e consiste nel fatto che ogni Paese deve riconoscere a ciascun Stato membro, immediatamente ed incondizionatamente, un trattamento che non sia meno favorevole a quello accordato a qualunque altro Stato. Ciò è mirato a fare in modo che non vi sia alcuna distinzione tra partner commerciali, ovvero a evitare qualsiasi forma di discriminazione. Inoltre, l’obiettivo è anche quello di mantenere un’equità nel trattamento delle diverse nazioni: ogni volta che uno Stato decide di rimuovere un ostacolo agli scambi deve fare lo stesso con tutti i suoi partner commerciali siano essi ricchi o poveri, deboli o forti.

Un altro principio è quello della leale concorrenza che configura il WTO come un sistema di regole finalizzate all’apertura di mercati e alla creazione di una concorrenza equa e non falsata. Tale principio può essere perseguito attraverso il rispetto sia del principio di non discriminazione sia di un principio parimenti importante, ovvero quello della graduale liberalizzazione del commercio attraverso la negoziazione. In sostanza quest’ultimo principio vieterebbe ai paesi di adottare politiche protezionistiche, puntando alla riduzione delle barriere commerciali con lo scopo principale di incoraggiare e liberalizzare il commercio. Le barriere cui si fa riferimento nell’Accordo comprendono sia i dazi commerciali che le altre misure equivalenti. La creazione di dazi ha, infatti, la finalità di proteggere le merci interne dalla concorrenza di prodotti esteri e porterebbe a un riavvicinamento al modello di economia chiusa. Chiunque introduca nuovi dazi commerciali o misure che in qualche modo possono essere considerate equivalenti (come impedire direttamente ad alcune merci di entrare nel paese) sta dunque violando uno dei principi cardine del WTO, minando di fatto l’intero sistema commerciale internazionale.

Le guerre commerciali e il sistema dei dazi possono essere collegati al problema dell’inquinamento internazionale che si è discusso nel corso di questo capitolo. Dall’analisi precedentemente svolta abbiamo constatato come l’Unione Europea si sia sempre impegnata nel rispetto delle norme ambientali tese a salvaguardare il pianeta dagli effetti catastrofici che deriverebbero da un eccessivo riscaldamento globale, multando i paesi che rifiutavano di conformarsi alle leggi loro imposte (di tale argomento si è parlato nel paragrafo 3.3.2). Dall’altra parte, invece, gli Stati Uniti si sono sempre dimostrati più restii nell’adottare le misure richieste loro, dapprima uscendo dal Protocollo di Kyoto e successivamente allontanandosi dal più recente Accordo di Parigi (di tale argomento si è parlato nel paragrafo 3.3.1).

Non sarebbe così assurdo, dunque, pensare che l’Unione Europea potrebbe intervenire per convincere gli Stati Uniti a una maggiore collaborazione volta alla riduzione dell’inquinamento mondiale e che potrebbe farlo proprio mediante l’attuazione di una guerra commerciale attraverso il sistema dei dazi. Nel proseguo del paragrafo si cercherà di capire se tale soluzione possa risultare credibile e se l’Europa abbia veramente la possibilità e la forza di attuare una guerra commerciale con gli Stati Uniti al fine di spostare gli equilibri del gioco verso una soluzione maggiormente cooperativa.

3.3.1 Scenari possibili

L’Europa ha davvero la possibilità di condurre una guerra commerciale con gli Stati Uniti per convincere questi ultimi a ridurre l’inquinamento? Per rispondere a questa domanda occorre capire quanto l’economia europea sia dipendente dall’economia statunitense, ovvero quanto effettivamente il benessere dell’Europa dipenda dagli scambi commerciali con gli Stati Uniti.

Prima di procedere a tali analisi, però, è necessario comprendere il motivo per il quale una guerra commerciale potrebbe rappresentare un’effettiva soluzione all’inquinamento internazionale. La questione sembra essere abbastanza complessa in quanto presuppone una dettagliata analisi di causa ed effetto, finalizzata a spiegare per quale motivo una guerra commerciale condotta dall’Europa potrebbe rappresentare la ragione di un

comportamento più collaborativo da parte degli Stati Uniti. Anche in questo caso possiamo semplificare l'analisi ricorrendo alla teoria dei giochi. Quest'ultima può essere infatti utilizzata per comprendere gli scenari che potrebbero manifestarsi in seguito alla decisione europea di iniziare una guerra commerciale.

In un primo scenario supponiamo che il sistema economico statunitense subirebbe dalla guerra commerciale più danni a livello economico rispetto a quanti ne subirebbe l'Europa. È possibile elaborare un gioco sequenziale che spieghi al meglio le dinamiche esistenti. Analogamente a quanto fatto nel paragrafo 3.1, supponiamo sempre che l'Europa indossi le vesti del first mover mentre gli Stati Uniti assumano il ruolo di follower. Il first mover può decidere se attuare una guerra commerciale oppure non farlo. Susseguentemente il follower dovrà decidere se rispondere riducendo le emissioni o se continuare a inquinare. Per completare la formulazione del gioco occorre determinare i pay-off per tutte le combinazioni di strategia possibili.

La struttura del gioco, in questo caso, è composta da due rami principali. Se l'Unione Europea non iniziasse la guerra commerciale, gli Stati Uniti potrebbero:

- Non ridurre le emissioni (tutto rimane come prima). In tal caso all'Europa potrebbe essere attribuito un pay-off pari a 100, mentre per gli Stati Uniti il pay-off sarebbe più alto, pari ad esempio a 150. Questo perché l'Europa continuerebbe ad impiegare risorse per ridurre le emissioni, mentre gli Stati Uniti continuerebbero ad inquinare e questo permetterebbe loro di raggiungere un pay-off maggiore.
- Decidere di ridurre le emissioni. In questo caso il pay-off degli Stati Uniti scenderebbe a 100 (dati i maggiori costi che essi dovrebbero sostenere), mentre l'Europa beneficerebbe delle minori emissioni e riuscirebbe a portare il suo pay-off a un valore pari a 200.

Per completare l'altro ramo del gioco occorre invece analizzare cosa accadrebbe se l'Unione Europea iniziasse la guerra commerciale. Come nel caso precedente gli Stati Uniti potrebbero decidere di:

- Non ridurre le emissioni. In questo caso l'Europa continuerebbe la guerra commerciale. Data l'ipotesi di partenza secondo la quale ciò comporterebbe un danno agli Stati Uniti maggiore del danno ricevuto dall'Europa, potremmo immaginare che il pay-off dei primi si riduca molto e arrivi ad assumere un valore pari a 50. Il pay-off dell'Europa subirebbe comunque una diminuzione, ma minore, arrivando ad esempio ad assumere un valore pari a 80.
- Ridurre le emissioni. In questo caso l'Europa non continuerebbe la guerra commerciale e ristabilirebbe il livello di dazi precedente. Gli Stati Uniti verrebbero comunque danneggiati perché sarebbero costretti ad adottare misure per ridurre l'inquinamento. Tuttavia, il danno per loro sarebbe minore rispetto a quello che avrebbero se l'Europa continuasse la guerra commerciale (il pay-off degli Stati Uniti sarebbe, dunque, maggiore di 50). L'Europa conseguirebbe un pay-off minore rispetto al caso in cui gli Stati Uniti riducevano le emissioni in assenza della guerra commerciale (pay-off minore di 200). Potremmo ad esempio immaginare un livello di pay-off pari a 70 per gli Stati Uniti e 180 per l'Europa.

Alla luce delle considerazioni fatte, il gioco assumerebbe la forma seguente.

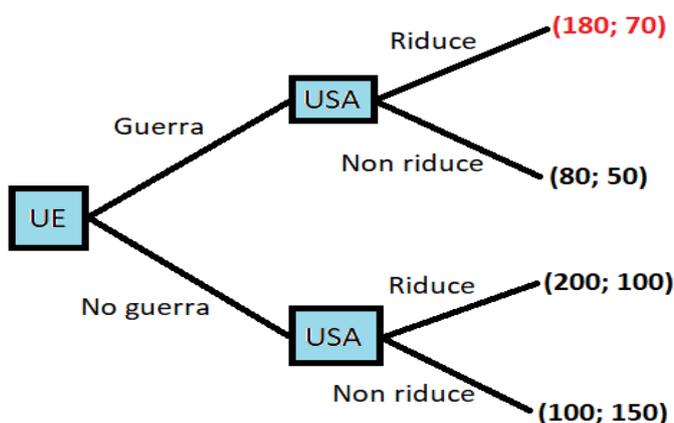


Diagramma 3.3

Il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off dell'Europa, il secondo quello degli Stati Uniti. La risoluzione del gioco può essere trovata mediante il seguente ragionamento. Se l'unione Europea decidesse di attuare una guerra commerciale imponendo dazi più elevati, la miglior risposta per gli Stati Uniti sarebbe ridurre le emissioni ($70 > 50$). In tal caso l'Unione Europea raggiungerebbe un pay-off pari a 180. Nel caso opposto in cui l'Unione Europea decidesse di non iniziare la guerra commerciale, agli Stati Uniti converrebbe non ridurre le emissioni ($150 > 100$). In tal caso tutto rimarrebbe come prima e per l'Europa il pay-off sarebbe pari a 100. Si può dire che, dato che $180 > 100$, all'Europa conviene alzare il livello dei dazi e intraprendere una guerra commerciale con gli Stati Uniti che risponderebbero riducendo le emissioni. L'equilibrio di Nash si trova infatti in corrispondenza di questa combinazione di strategie ed è rappresentato in rosso nel diagramma.

È importante notare che il raggiungimento di questo equilibrio è fortemente legato all'ipotesi in partenza adottata, ovvero al fatto che la guerra commerciale comporterebbe più danni all'economia statunitense rispetto all'economia europea.

Alternativamente, si potrebbe partire dall'ipotesi opposta e costruire un altro gioco sequenziale, completamente analogo al precedente, che descriva cosa accadrebbe in tal caso.

Logicamente sarà necessaria una revisione dei pay-off dato che è cambiata l'ipotesi sottostante al gioco. Come prima la struttura del gioco si suddivide in due rami principali. Se l'Unione Europea non attua la guerra commerciale i pay-off saranno identici al caso precedente. Nel caso opposto, invece, gli Stati Uniti possono decidere se:

- Non ridurre le emissioni. L'Europa subirebbe un duplice danno in quanto, da un lato, le emissioni statunitensi continuerebbero a danneggiare l'ambiente e, dall'altro, l'economia europea risentirebbe notevolmente della perdita delle contrattazioni commerciali con gli Stati Uniti. Dall'altra parte gli Stati Uniti subirebbero anch'essi un danno dall'interruzione degli scambi, ma esso sarebbe molto minore rispetto al danno europeo. Si potrebbe, dunque, pensare che il pay-off dell'Europa scenderebbe a 20, mentre gli Stati Uniti riuscirebbero a mantenere un livello di pay-off pari a 130.
- Se invece gli Stati Uniti riducessero le emissioni, il loro pay-off scenderebbe arrivando ad assumere un valore per esempio pari a 80, mentre il pay-off dell'Unione Europea aumenterebbe in quanto tutte le Nazioni beneficerebbero della riduzione delle emissioni. Si potrebbe pertanto immaginare un valore del pay-off pari a 50 e maggiore, dunque, rispetto al caso precedente (in cui era pari a 20).

In questo caso la rappresentazione grafica del gioco sequenziale sarebbe la seguente.

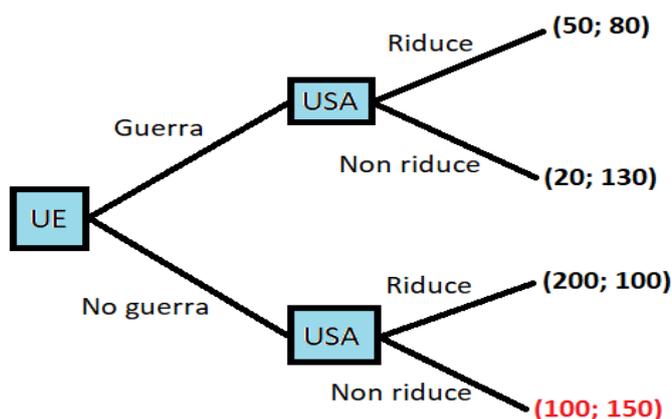


Diagramma 3.4

Come nel diagramma precedente, il primo numero di ogni parentesi rappresenta il pay-off dell'Europa, il secondo quello degli Stati Uniti.

Procedendo con la risoluzione del gioco è facile constatare che l'equilibrio di Nash è diverso rispetto al caso precedente. Se l'Europa decidesse di iniziare la guerra commerciale, la miglior risposta per gli Stati Uniti sarebbe continuare a inquinare ($130 > 80$). Se ciò accadesse, l'Europa dovrebbe continuare la guerra commerciale, ma questo comporterebbe un danno elevato alla sua economia (data l'ipotesi di partenza) e il suo pay-off scenderebbe fino a raggiungere un valore bassissimo pari a 20. Se l'Europa non attuasse la guerra

commerciale, gli Stati Uniti, anche in questo caso, continuerebbero a inquinare senza ridurre le emissioni e i pay-off cui si giungerebbe sarebbero pari rispettivamente a 100 per l'Europa e 150 per gli Stati Uniti.

Il secondo ramo del diagramma ad albero garantisce all'Europa un pay-off maggiore ($100 > 20$), considerando il fatto che, per gli Stati Uniti, "non ridurre" è una strategia dominante. Pertanto, l'equilibrio di Nash, rappresentato in rosso nel diagramma, corrisponde alla combinazione di strategie (No guerra; Non riduce). Ciò significa che l'Europa non è in grado di sostenere una guerra commerciale con gli Stati Uniti e, dunque, la situazione rimane esattamente identica a com'era prima.

Riassumendo, nel primo scenario gli Stati Uniti risentono maggiormente della guerra commerciale e, dunque, l'Europa è in grado di utilizzare tale strumento per convincerli a ridurre le emissioni. Nel secondo scenario, invece, si presuppone che l'economia europea sia molto dipendente dagli scambi con gli USA e, pertanto, l'Unione Europea non è in grado di attuare una guerra commerciale per convincere gli Stati Uniti a ridurre le emissioni.

Nel prossimo sotto paragrafo si analizzeranno dei dati rilevanti e delle situazioni realmente accadute per cercare di capire quale dei due scenari prevarrebbe sull'altro nel caso in cui l'Europa decidesse seriamente di condurre una guerra commerciale con gli Stati Uniti.

3.3.2 I dati a supporto: quale scenario prevale?

L'Unione Europea e gli Stati Uniti hanno stipulato già da tempo importanti accordi su una serie di ambiti di politica estera riguardanti il settore dell'energia, l'opposizione al terrorismo, il sostegno reciproco in tema di sicurezza e così via. Inoltre, gli scambi commerciali tra i due colossi dell'economia mondiale sono da sempre stati un punto di forza per entrambi e hanno permesso lo sviluppo delle reciproche economie. Le relazioni tra il Parlamento Europeo e il Congresso USA risalgono al 1972, ma solo nel 1999 vi è stato un netto miglioramento nel loro rapporto grazie all'introduzione del così detto Dialogo Transatlantico tra i Legislatori (TLD). Tale documento prevede lo svolgimento di riunioni interparlamentari a cui partecipano i deputati sia del Parlamento che del Consiglio e che si tengono due volte all'anno, alternativamente negli USA e nell'UE. Tuttavia, occorre tener conto del fatto che l'amministrazione Trump ha modificato parecchio lo scenario internazionale. Il neopresidente, a partire dalla sua ascesa al potere nel Gennaio del 2017, ha introdotto nel paese una visione orientata al suo motto «*American First*», di fatto inasprendo i rapporti con l'Unione Europea e con tutti gli altri partner commerciali. L'orientamento politico assunto dagli Stati Uniti a partire da quel momento è stato sempre più indirizzato verso il sostentamento degli interessi nazionali e verso la protezione delle industrie interne mediante l'imposizione di dazi più elevati.

Ciò nonostante, una stretta collaborazione e il sostentamento di relazioni strategiche con gli Stati Uniti rimangono per l'Europa obiettivi essenziali che devono continuare ad essere perseguiti. La comunità potrà in tal modo assicurarsi una maggiore prosperità e sicurezza economica.

Per capire l'importanza dei rapporti commerciali tra Unione Europea e USA, si possono osservare i dati degli ultimi anni relativi allo scambio di merci, servizi e stock di investimenti esteri diretti (IED). Tali dati sono stati ripresi dal sito ufficiale dell'Unione europea, nella sezione "Relazioni estere"²⁰ e fanno riferimento al periodo temporale che va dal 2015 al 2018.

Per quanto riguarda le merci, la seguente tabella mostra sia il valore annuale delle importazioni nell'UE dagli USA (1° colonna), sia il valore delle merci esportate dall'UE agli Stati Uniti (2° colonna). Nella terza colonna viene infine riportato il saldo per l'Unione Europea (differenza tra esportazioni e importazioni). I valori sono espressi in miliardi di euro.

Anno	Importazioni UE/USA	Esportazioni UE/USA	Saldo UE (merci)
2016	248,8	363,7	+ 114,9
2017	256,6	376,2	+ 119,6
2018	267,3	406,4	+ 139,1

Come si può notare sia il valore delle importazioni, sia quello delle esportazioni è aumentato nel corso degli anni, segno che le due economie si sono rese sempre più interdipendenti. Altra informazione importante che si può cogliere analizzando i dati è che il saldo commerciale dell'Unione Europea è rimasto sempre positivo,

²⁰ Il link del sito in questione è riportato in sitografia

indice del fatto che, per l'Europa, il valore delle merci esportate negli Stati Uniti è sempre stato maggiore del valore delle merci importate. Nel 2018 gli USA sono stati la prima destinazione delle esportazioni dell'Unione, raccogliendo il 20,8% delle esportazioni di merci totali. Per quanto riguarda le importazioni europee, invece, gli Stati Uniti si sono collocati al secondo posto con una percentuale pari al 13,5% delle importazioni totali, superati solo dalla Cina che ha raggiunto una percentuale pari al 19,9%.

Passando ai servizi si può notare come la situazione di dipendenza tra le due economie rimanga ben marcata. Andando più nello specifico, sia il valore delle importazioni sia quello delle esportazioni sono aumentati nel triennio 2015-2017, anche se hanno assunto valori oscillanti. Per quanto riguarda il saldo commerciale dell'Unione Europea, esso è risultato positivo nel 2015 e nel 2017, ma negativo nel 2016. Tale parametro non ha comunque mai assunto un valore particolarmente elevato, sintomo del fatto che, nel corso degli anni, le importazioni e le esportazioni di servizi per l'Unione Europea sono risultate equilibrate. Nella seguente tabella è possibile consultare i valori precisi in riferimento ai parametri discussi. I valori sono sempre riportati in miliardi di euro.

Anno	Importazioni UE/USA	Esportazioni UE/USA	Saldo UE (servizi)
2015	215,1	227,7	+ 12,9
2016	229,1	226,3	- 2,8
2017	223,7	236,2	+12,5

Una dipendenza ancor più forte tra Unione Europea e Stati Uniti può essere rilevata in riferimento allo stock di investimenti esteri diretti (IED). Infatti, l'UE rappresenta il maggior investitore per gli Stati Uniti e viceversa. Per investimento estero diretto si intende il flusso di investimenti effettuati dagli operatori in Paesi diversi da quello dove è insediato il centro della loro attività. Si può avere un investimento di questo tipo in seguito a un'acquisizione di partecipazioni durevoli in un'impresa estera o in seguito alla costituzione di una filiale, sempre in un paese estero. Gli investimenti esteri diretti sono considerati come uno dei fenomeni centrali della globalizzazione. Gli scambi bilaterali che vengono effettuati rappresentano uno dei punti di maggior forza delle relazioni commerciali transatlantiche. Basti pensare al fatto che circa 14 milioni di persone trovano lavoro in imprese americane ed europee che operano nei reciproci territori e circa un terzo degli scambi transatlantici complessivi sono effettuati tra società madri e filiali estere. Nel 2017 lo stock di investimenti esteri diretti USA nell'UE ammontava a 2.183,9 miliardi di euro, mentre lo stock nella direzione opposta raggiungeva un valore pari a 2.569,2 miliardi di euro. Il saldo risultava, dunque, positivo (385,3 miliardi di euro), ovvero gli investimenti dell'Europa negli Stati Uniti, superavano quelli effettuati in senso opposto.

Tutti i dati analizzati conducono, dunque, a un'unica conclusione, ovvero al fatto che l'economia europea e quella statunitense sono strettamente correlate e si rafforzano a vicenda mediante lo scambio di un numero considerevole di merci, servizi e investimenti esteri. Inoltre, in linea generale, l'Europa esporta in America più prodotti di quanti ne importi. Questa prima considerazione rende dunque difficile poter presupporre che l'Europa abbia, nella situazione in cui si trova attualmente, la forza di condurre una guerra commerciale con gli Stati Uniti, essendo la sua economia strettamente interconnessa a quella statunitense.

Ulteriori considerazioni potrebbero derivare dall'analisi degli ultimi casi che hanno caratterizzato il rapporto internazionale tra Europa e Stati Uniti.

Il 1° Giugno 2018 l'amministrazione statunitense, guidata da Donald Trump, ha imposto all'Unione Europea dazi elevati su acciaio e alluminio. Le misure hanno coinvolto anche Canada e Messico e la percentuale di dazi applicata è stata rispettivamente del 25% per l'acciaio e del 10% per l'alluminio. La giustificazione avanzata da Donald Trump fa riferimento al fatto che entrambi i metalli erano fondamentali per la produzione di armamenti. In sostanza, l'America non voleva perdere l'autosufficienza sulla produzione di materiale bellico e decise di sostenere tale settore attraverso le fabbriche nazionali piuttosto che affidarsi alle importazioni straniere.

In seguito a tale decisione, l'Unione Europea ha minacciato misure ritorsive che avrebbero comportato un incremento dei dazi per un valore di 2.8 miliardi su diversi prodotti americani, quali motociclette, jeans e bourbon (un particolare tipo di whiskey). La cancelliera Angela Merkel ha definito le tariffe illegali e ha espresso la sua preoccupazione per un rischio escalation, mentre il presidente francese Emanuel Macron ha telefonato direttamente alla Casa Bianca annunciando dure reazioni da parte dell'Unione Europea. A suo

sostegno è intervenuto anche il ministro francese delle finanze Le Maire, che ha ribadito la necessità di una risposta. Tuttavia, egli stesso avrebbe dichiarato di essere contrario a una guerra commerciale, in quanto quest'ultima rappresenterebbe una grave minaccia per la crescita economica.

L'Unione Europea, dunque, in questa occasione, ha preso in considerazione la possibilità di una guerra commerciale, ma solo come risposta alle azioni statunitensi ritenute inaccettabili e sempre rimarcando la non convenienza di una simile contromisura che porrebbe in serio pericolo l'economia dei paesi membri.

Non soddisfatta, l'amministrazione Trump avrebbe poi, due anni più tardi (ovvero nel 2020), imposto nuovi dazi mirati questa volta ai derivati di acciaio e alluminio²¹.

Per giustificare la nuova escalation il presidente avrebbe dichiarato che, dopo le misure adottate nel 2018, sebbene l'*import* di acciaio e alluminio fosse sceso nel tempo, le spedizioni di derivati da parte di produttori esteri sarebbero aumentate. Questo si sarebbe verificato con l'intento di aggirare le esistenti strette imposte dal governo e avrebbe pertanto reso indispensabile una correzione dei dazi da parte del presidente, sempre con l'obiettivo di promuovere l'autosufficienza interna.

La nuova mossa, a cui Bruxelles non ha ancora risposto, comporta un ulteriore incremento dell'incertezza sull'interscambio a livello globale e rappresenta un ulteriore passo nello spettro delle crociate commerciali unilaterali della Casa Bianca.

Un ulteriore fattispecie che merita di essere analizzata è quella riguardante il caso Airbus-Boeing, altro evento rappresentativo delle tensioni commerciali tra Europa e Stati Uniti.

Airbus e Boeing sono i due più grandi costruttori di aeromobili, situati rispettivamente in Europa e negli Stati Uniti. La disputa si sarebbe concentrata sui sussidi statali che le due compagnie avrebbero ricevuto per portare avanti la loro produzione, determinando di fatto una concorrenza sleale reciproca. La vicenda risale al lontano 2004, anno in cui Airbus si impose come primo produttore per consegne di velivoli nel mondo superando la storica rivale americana. In seguito a ciò Boeing avrebbe accusato la compagnia rivale di aver ricevuto sussidi dal consorzio europeo, non rispettando in tal modo le regole alla base della leale concorrenza. Dall'altra parte l'Unione Europea avrebbe a sua volta puntato il dito sugli aiuti statali ricevuti da Boeing, che ammonterebbero a ben 23 miliardi di dollari.

A Maggio 2018 il tribunale della WTO ha accolto il reclamo della compagnia americana sui sussidi ricevuti per la costruzione degli A350 e A380, due storici modelli Airbus, mentre a Marzo del 2019 i giudici si sono espressi contro gli Stati Uniti, a loro volta condannati per aver illegalmente finanziato la produzione Boeing. In seguito a tali decisioni sia Washington che Bruxelles potranno impartire dazi elevati sui prodotti di importazione sviluppando di fatto una politica orientata al protezionismo. I dazi statunitensi sono già scattati per un valore pari a 7,5 miliardi di dollari da applicare sugli *import* dall'Unione Europea, mentre quest'ultima sta ancora aspettando la decisione della WTO.

Nell'attesa la Commissione Europea si è riunita il 19 Aprile 2019 per una consultazione pubblica che è terminata solo il 31 Maggio e che ha delineato una serie di prodotti da colpire con dazi di ritorsione. L'elenco comprende una serie di voci, dagli aerei ai prodotti chimici e agroalimentari, che rappresentano le esportazioni degli Stati Uniti nell'Unione Europea per un totale di circa 20 miliardi di dollari. Sulla base di tale richiesta spetterà poi a un arbitro nominato dal WTO determinare l'ammontare appropriato delle contromisure.

I prodotti europei colpiti dall'aumento dei dazi statunitensi sono stati prevalentemente aerei e componentistica realizzati dai 4 paesi del consorzio Airbus, ovvero Regno Unito, Francia, Germania e Spagna. All'appello non mancano nemmeno prodotti alimentari e beni di lusso, soprattutto francesi. La borsa di Parigi ha registrato numerosi cali soprattutto in riferimento alla produzione di vini e a brand di alta moda quali Givenchy, Kenzo e Louis Vuitton. L'Italia è risultata il secondo paese più colpito dopo la Francia, addirittura prima degli altri tre paesi storici del consorzio. In particolare, nel mirino americano sono finiti numerosi prodotti alimentari tipici della nostra Nazione, quali vini, pasta e numerosi tipi di formaggi.

In conclusione, è importante notare come l'Unione Europea non abbia mai sostenuto le guerre commerciali, manifestatesi prevalentemente attraverso l'incremento dei costi di importazione. Al contrario, Bruxelles ha semplicemente reagito alle strette sui dazi di cui si è fatta promotrice l'amministrazione Trump.

Anche in merito al caso Airbus-Boeing, il Commissario UE per il Commercio Cecilia Malmstrom, in occasione della consultazione pubblica tenutasi il 19 Aprile, ha espresso la sua disapprovazione per una

²¹ Le percentuali di dazi applicate sono state analoghe a quelle del 2018: incremento del 25% per quanto riguarda l'acciaio e del 10% in riferimento all'alluminio

politica *tit-for-tat*, dichiarando quanto segue²²: «Anche se dobbiamo essere pronti con contromisure nel caso non ci sia altra via d'uscita, credo ancora che il dialogo sia ciò che dovrebbe prevalere tra partner importanti come l'UE e gli Stati Uniti, anche per porre fine a questa disputa di lunga data. L'UE rimane aperta a discussioni con gli Stati Uniti, a condizione che queste siano prive di precondizioni e mirino a un risultato equo».

Una guerra commerciale condotta dall'Unione Europea nei confronti degli Stati Uniti con il fine di risolvere il problema dell'inquinamento internazionale sembra, dunque, un'ipotesi ancora lontana, data la forte dipendenza tra le due economie. In altre parole, tra i due scenari proposti nel paragrafo precedente, il secondo sembra prevalere rispetto al primo.

È quindi molto probabile che si verifichi il secondo equilibrio di Nash, ovvero quello che presuppone l'incapacità dell'Unione Europea di condurre una guerra commerciale contro gli Stati Uniti. I dazi imposti da Trump hanno infatti causato gravi danni all'economia dei paesi europei nel loro complesso, dimostrando come questi ultimi siano ancora troppo dipendenti dagli scambi internazionali con gli Stati Uniti.

Inoltre, una guerra commerciale presupporrebbe un'infrazione dei principi alla base del WTO, principi da sempre sostenuti dall'Unione Europea. In riferimento a tale ultimo punto, il Presidente degli Stati Uniti si è invece espresso molto spesso negativamente sugli accordi dell'Organizzazione Mondiale del Commercio, reputandoli terribilmente ingiusti verso gli USA. A conferma di ciò nel 2018 lo stesso Presidente avrebbe preparato un disegno di legge capace di minare i principi fondamentali alla base dell'Accordo, quali la clausola della Nazione più favorita (secondo la quale i paesi non possono fissare dazi diversi per paesi diversi, favorendo solo alcuni di essi) e il così detto *Bound tariff rates*, ovvero i massimali che possono essere accordati sui dazi. Il Congresso ha fortunatamente bloccato questa iniziativa che avrebbe di fatto comportato l'uscita definitiva dell'America dalla WTO.

Stando alle condizioni attuali analizzate nel corso del paragrafo, sembrerebbe, dunque, che sia l'America la Nazione più tesa verso una guerra commerciale, mentre l'Europa ha sempre assunto posizioni di risposta.

Alla domanda che ci si era posta all'inizio del paragrafo 3.3.1 (L'Europa ha davvero la possibilità di condurre una guerra commerciale con gli Stati Uniti per convincere questi ultimi a ridurre l'inquinamento?) sembra, dunque, che si possa dare una risposta negativa.

3.4 Considerazioni finali

Il terzo capitolo ha sostanzialmente dimostrato come la teoria dei giochi possa essere applicata a contesti reali e utilizzata come strumento di supporto per rispondere a domande che a primo impatto possono risultare complesse. Nello specifico, l'applicazione ha riguardato il tema centrale dell'elaborato, ovvero l'inquinamento e, in particolare, si è concentrata sulla seconda macro-tematica²³ trattata in questo elaborato, ovvero sulle emissioni reciproche tra Nazioni, con un particolare focus sulle relazioni tra Unione Europea e Stati Uniti.

Innanzitutto, si è capito per quale motivo gli Stati Uniti abbiano deciso di non sottoscrivere importanti trattati contro l'inquinamento, quali il Protocollo di Kyoto e il Trattato di Parigi.

Successivamente ci si è concentrati sull'Unione Europea e, in particolare, sul sistema di sanzioni che quest'ultima, in quanto autorità sovranazionale, può mettere in atto per condurre i paesi membri a comportamenti più diligenti che comportino di fatto un controllo delle emissioni e un rispetto delle direttive europee.

Infine, ci si è chiesti se l'Europa possieda gli strumenti e la forza necessaria per attuare una guerra commerciale con gli Stati Uniti, finalizzata a convincere questi ultimi a ridurre le emissioni. Dall'analisi svolta si è concluso che la risposta a tale quesito pare, per ora, essere negativa. Infatti, per poter pensare che uno scenario simile possa effettivamente verificarsi, sarebbe necessario che i paesi membri dell'Unione maturassero una maggior indipendenza dagli scambi internazionali con gli Stati Uniti, condizione per ora non verificata.

A questo punto l'elaborato può definirsi completato; nel seguito viene lasciato spazio alle conclusioni finali.

²² Traduzione in italiano delle dichiarazioni del Commissario per il Commercio Cecilia Malmstrom, in occasione della consultazione pubblica della Commissione europea del 19 Aprile 2019.

²³ La prima macro-tematica, ovvero l'inquinamento tra privati, è stata discussa nel primo capitolo.

Conclusione

L'inquinamento è uno dei problemi più gravi nell'ambito dei sistemi economici moderni. Tutti i paesi hanno bisogno di produrre per mandare avanti la loro economia e molto spesso mettono in secondo piano le tematiche ambientali, trascurando di fatto uno degli aspetti più importanti ed incisivi per la vita dell'uomo.

Per far fronte a questo problema possono essere intraprese diverse strade. In questo elaborato si sono volute approfondire alcune soluzioni che possono essere attuate per ridurre l'inquinamento. Ripercorrendo velocemente il percorso svolto, si sono dapprima analizzate le soluzioni private e pubbliche che affrontano il problema delle emissioni prodotte dalle imprese all'interno dei contesti nazionali e che, di conseguenza, riducono l'incisività delle esternalità negative. In seguito, sono state approfondite diverse tematiche relative alla risoluzione dell'inquinamento internazionale, quali: i trattati sul clima, il sistema di sanzioni europeo e la fattibilità di una guerra commerciale condotta dall'Europa con l'obiettivo di convincere gli Stati Uniti a ridurre le emissioni. Alcune di queste soluzioni si sono rivelate efficaci, altre invece hanno mostrato i loro limiti. Nel complesso, si è comunque capito che qualcosa si può fare per ridurre l'inquinamento; l'importante è la volontà di trovare rimedi efficaci, anche trascurando gli interessi economici, se dovesse essere necessario.

Per spiegare molte tematiche sono stati poi utilizzati strumenti fondamentali come il concetto di esternalità o la teoria dei giochi, dimostrando come la disciplina economica, da cui tali strumenti derivano, non sia fine a sé stessa, ma possa essere utilizzata per la risoluzione di problematiche anche gravi che riguardano ambiti importanti della vita umana.

L'elaborato ha messo in evidenza solo alcune delle soluzioni che potrebbero essere adottate per ridurre l'inquinamento ambientale. Di certo l'analisi non si ferma qui e può essere estesa anche prendendo in considerazione altre Nazioni che hanno un impatto fondamentale su tale tematica, come per esempio la Cina o il Giappone. Nella trattazione ci si è voluti concentrare, dunque, solo su una parte della problematica ambientale, ma si sono comunque messi in evidenza spunti e considerazioni teoriche che possono essere applicati anche a contesti diversi da quelli trattati in questo elaborato. Banalmente, la possibilità di una guerra commerciale può essere applicata a qualsiasi fattispecie; basta studiare le relazioni commerciali esistenti tra due o più macro-potenze. Ad esempio, un'analisi futura potrebbe riprendere il *modus operandi* adottato per analizzare le relazioni commerciali tra Unione Europea e Stati Uniti e applicarlo ad altre relazioni internazionali.

Anche la tematica dell'inquinamento tra imprese può essere ulteriormente approfondita, in quanto esistono una serie di soluzioni pubbliche che non sono state trattate in questo elaborato, ma che potrebbero parimenti costituire fonti importanti per la risoluzione delle esternalità negative prodotte dalle imprese²⁴.

La tesi ha comunque dato la possibilità di capire quanto sia importante la tematica ambientale e quanto sia fondamentale trovare metodi risolutivi il prima possibile. Ogni soluzione esposta consta di problematiche e limitazioni che potrebbero metterne in pericolo la corretta applicazione. Ad esempio, come si è visto, i trattati internazionali non sono pienamente efficaci dato che alcune Nazioni, prima tra tutte gli Stati Uniti, si sono rifiutate di sottoscriverli. In modo analogo, una guerra commerciale tra Unione Europea e Stati Uniti sembra oggi essere infattibile. Nell'ambito delle soluzioni all'inquinamento nazionale causato dalle imprese, possono esserci diverse limitazioni relative all'effettiva applicabilità delle soluzioni proposte. Un sistema per incentivi, ad esempio, potrebbe rivelarsi inefficace se le emissioni non possono essere correttamente monitorate. Allo stesso modo una norma di tipo *command-and-control*, come uno standard tecnologico, potrebbe rivelarsi non efficace in termini di costi, ovvero potrebbe richiedere all'impresa un costo eccessivo per poter essere attuata. Trovare soluzioni che siano pienamente efficienti nella correzione dei problemi ambientali è, dunque, estremamente complesso. Per tale motivo le soluzioni devono essere costantemente aggiornate e ogni Paese dovrebbe pensarne delle nuove e riflettere su quali possano condurre a risultati migliori sulla base della fattispecie specifica. L'impegno deve essere costante e collettivo, in quanto solo in tal modo si riuscirà a far fronte a questo problema che, alla fine, riguarda tutto il mondo indistintamente.

²⁴ Per un'attenta analisi delle varie alternative si può far riferimento al saggio *Environmental Economics*, scritto nel 1992 da Cropper e Oates.

Spero che in futuro questo elaborato possa essere preso come punto di riferimento, da un lato, per sensibilizzare l'opinione pubblica ai problemi ambientali che minano alla salute del nostro pianeta e, dall'altro, per far capire come gli strumenti economici siano essenziali per la comprensione di diverse tematiche.

Tirando le somme, dunque, diversi temi sono stati approfondite e molti ancora sono da approfondire. L'importante, ad ogni modo, è che se ne parli, in quanto è solo mediante l'informazione, la sensibilizzazione e i ragionamenti individuali che si potrà sperare di trovare, un giorno, una soluzione efficace in grado di risolvere al meglio il problema dell'inquinamento in tutte le sue forme.

Bibliografia

- Microeconomia, David A. Besanko, Ronald R. Braeutigam, III edizione, McGraw-Hill Education (*edizione italiana* a cura di Giam Pietro Cipriani, Paolo Coccorese, Stefania Ottone).
- Scienze delle finanze, Harvey S. Rosen, Ted Gayer, V edizione, McGraw-Hill Education (*edizione italiana* a cura di Chiara Rapallini).

Sitografia suddivisa in paragrafi

Introduzione

- <https://www.youtube.com/watch?v=Te7YPvb2nnM>

Paragrafo 1.2

- <https://www.tpi.it/news/ilva-taranto-caso-riassunto-20180906160245/>
- <https://www.sorgenia.it/guida-energia/elettricita/impatto-ambientale-del-consumo-energia-elettrica>
- <http://www.rinnovabili.it/ambiente/shopping-online-aumenta-inquinamento-333/>
- <https://www.corriere.it/dataroom-milena-gabanelli/commerce-contributo-inquinamento-globale/7fcff954-3426-11e8-a1e2-51062e133ddb-va.shtml>

Paragrafo 1.4.1

- https://www.okpedia.it/teorema_di_coase

Paragrafo 1.4.3

- <https://ilsocialepensa.altervista.org/la-convivenza-civile/>

Paragrafo 1.5.2

- <https://www.enea.it/it/seguici/news/ridurre-le-emissioni-meglio-la-tassa-sulle-emissioni-o-meglio-il-commercio-delle-emissioni>

Paragrafo 1.5.4

- http://www.treccani.it/enciclopedia/command-and-control_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/

Paragrafo 2.1

- <https://www.theguardian.com/environment/2018/nov/05/air-pollution-everything-you-should-know-about-a-public-health-emergency>

Paragrafo 2.1.1

- <https://www.voglio vivere così.com/paesi-piu-inquinati-e-paesi-meno-inquinati-al-mondo.html>
- <https://www.greenme.it/informarsi/ambiente/india-cina-inquinamento/>
- <https://www.bcdtravel.com/move-it/citta-piu-inquinata-mondo/>
- <https://www.bcdtravel.com/it/wp-content/uploads/sites/61/Inform-Managing-business-travel-risk-Air-quality.pdf>

Paragrafo 2.1.2

- <http://www.rinnovabili.it/ambiente/cop-sui-cambiamenti-climatici-la-storia-666/>
- <https://anteritalia.org/la-storia-degli-accordi-internazionali-sul-clima/>

- https://www.corriere.it/cronache/19_dicembre_03/cop-25-anni-conferenze-clima-tante-discussioni-pochi-successi-anno-anno-incontri-risultati-leader-a591d3aa-15ee-11ea-9514-9386fa8d8bdc.shtml
- https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it

Paragrafo 2.2

- <https://www.ilpost.it/2015/05/25/teoria-dei-giochi/>

Paragrafo 2.3.2

- <https://www.businessinsider.com/prisoners-dilemma-in-real-life-2013-7?IR=T>

Paragrafo 3.1

- <https://www.futura.news/2017/12/11/protocollo-kyoto/>
- <https://www.repubblica.it/2006/a/sezioni/ambiente/clima/vertice-bush/vertice-bush.html>
- <https://www.ilpost.it/2017/06/01/stati-uniti-accordo-parigi-clima-donald-trump/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=eojZb2RQ6TI>
- https://www.repubblica.it/ambiente/2017/06/01/news/usa_trump_clima_ambiente-167001939/

Paragrafo 3.2

- http://assets.wwfit.panda.org/downloads/elezioni_europee_dossier_wwf_italia_chiama_europa_def.pdf
- <http://www.scienze.uniroma2.it/wp-content/uploads/2009/05/7-lezione-2009-fb.pdf>
- https://ec.europa.eu/info/law/law-making-process/applying-eu-law/infringement-procedure_it
- <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/174/relazioni-transatlantiche-usa-e-canada>
- https://www.repubblica.it/economia/2018/05/31/news/dazi_la_tregua_e_finita_trump_annuncera_la_tagliola_su_acciaio_e_alluminio_ue-197794761/
- https://www.repubblica.it/economia/2018/03/08/news/trump_firma_dazi-190807231/
- https://www.repubblica.it/economia/2019/10/02/news/airbus-boeing_una_guerra_commerciale_lunga_15_anni_e_non_e_ancora_finita-237515883/
- <https://www.ilsole24ore.com/art/caso-airbus-wto-pronta-riconoscere-dazi-usa-75-miliardi-dollari-export-ue-ACSI3zn>
- <https://www.ilsole24ore.com/art/i-dazi-trump-potrebbero-presto-colpire-beni-lusso-europei-AC7eGhk?fromSearch>
- <https://www.ilsole24ore.com/art/dazi-usa-conto-salato-l-italia-per-noi-conto-45-miliardi-AC5b8Tb>