

**LE RELAZIONI FRA SISTEMI ECONOMICI E AMBIENTE:  
DALL'APPROCCIO NEOCLASSICO AL MODELLO BIOECONOMICO**

a cura di Silvio Franco

## AUTORI

**Silvio Franco**, Professore Associato presso l'Università della Tuscia, ha curato il volume, ne ha impostato la struttura e i contenuti e ha redatto: Introduzione, Paragrafi 1.1, 1.2, 5.3 (con Eleonora Sofia Rossi), 6.1

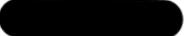
**Angelo Martella**, Dottorando di Ricerca presso l'Università della Tuscia, ha redatto: Capitolo 2, Paragrafi 4.1, 4.2

**Barbara Pancino**, Ricercatore presso l'Università della Tuscia, ha redatto: Capitolo 3, Paragrafi 1.3, 4.3, 6.2, 6.3

**Eleonora Sofia Rossi**, Dottorando di Ricerca presso l'Università della Tuscia, ha redatto: Paragrafi 5.1, 5.2, 5.3 (con Silvio Franco)

## CURSA (pas)SAGGI – ricerche e progetti

Direzione scientifica: Giuseppe Scarascia Mugnozza

Comitato redazionale: Stefano Banini, Emanuele Blasi, Rossella Guadagno, Federico Moresi, Daniele Iannotta,   
Stefano Damiano, Monica Bagli.

Comitato scientifico: Piermaria Corona, Silvio Franco, Marco Marchetti, Davide Marino, Umberto Simeoni, Cristiana Fioravanti, Corinne Corbau, Emanuele Blasi.

Il CURSA - Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e Ambientale, fondato dagli Atenei del Molise, di Ferrara e della Tuscia - propone, analizza e interpreta linee di ricerca e strategie d'intervento per la governance ambientale e lo sviluppo sostenibile con un approccio multi- scalare e multidisciplinare.

Le attività di ricerca che il CURSA conduce sui sistemi socio-ecologici rispondono alla natura sistemica del suo oggetto, variando dall'analisi, alla valutazione, al supporto al decisore pubblico, alla comunicazione scientifica. CURSA (pas) SAGGI riassume nel titolo la proposta di un approccio eterodosso, problematico e complesso alla ricerca sulle relazioni che legano ambiente e attività umane. Questa collana intende rappresentare un luogo di sperimentazione e scambio attraverso cui favorire la condivisione della conoscenza e la divulgazione dell'esperienza di analisi e di ricerca che il CURSA conduce. La collana ospita una produzione di saggi e studi in progress, che compongono la cosiddetta "letteratura grigia", che il CURSA sceglie di rendere visibile e fruibile. CURSA (pas)SAGGI contiene, infatti, scritti compiuti, documenti operativi, temi di frontiera, come appunti e suggestioni, che i ricercatori e i collaboratori del CURSA scelgono di pubblicare per proporre uno spaccato sullo stato della ricerca e un confronto sui suoi possibili futuri percorsi di indagine.

Tutti i lavori pubblicati sono sottoposti a revisione con garanzia di terzietà (peer-review), secondo i criteri identificanti il carattere scientifico delle pubblicazioni definiti dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

Editore: CURSA, via Ravenna 8, 00161 Roma

# CONTENUTI DEL VOLUME

<b>Introduzione</b>	p. 4
<b>1. Economia e ambiente</b>	
1.1 Ambiente e società nella storia del pensiero economico	p. 6
1.2 La teoria neoclassica e le evidenze empiriche	p. 12
1.3 Le visioni del rapporto fra economia e ambiente	p. 16
<b>2. Le risorse naturali e il loro sfruttamento</b>	
2.1 Caratteristiche delle risorse naturali	p. 21
2.2 Assorbimento dei rifiuti	p. 28
<b>3. Principi di economia ambientale</b>	
3.1 Premessa - La teoria delle esternalità	p. 32
3.2 Livello ottimale di esternalità	p. 33
3.3 Il raggiungimento del livello ottimale delle esternalità	p. 37
3.4 Il valore dei beni ambientali	p. 47
<b>4. Le basi dell'economia ecologica</b>	
4.1 I flussi di materia/energia nel sistema economico	p. 53
4.2 Le implicazioni fisiche	p. 56
4.3 L'approccio dell'economia ecologica	p. 59
<b>5. Crescita, sviluppo e risorse naturali</b>	
5.1 I concetti di crescita e di sviluppo	p. 66
5.2 Lo sviluppo sostenibile	p. 68
5.3 Gli scenari di sviluppo (economico) sostenibile	p. 71
<b>6. Il modello bioeconomico del processo economico</b>	
6.1 Premessa: l'equivoco della "bioeconomia"	p. 90
6.2 Rappresentazione del processo economico	p. 92
6.3 La sostenibilità dei sistemi economici locali	p.102

## INTRODUZIONE

Questo volume rappresenta il risultato di un percorso che, attraverso la sintesi e la rielaborazione di diversi materiali di studio e di ricerca, tenta di delineare alcuni aspetti salienti delle complesse relazioni fra economia e ambiente.

L'obiettivo di questo esercizio è duplice. Da un lato, si è cercato di produrre un contributo che potesse essere utilizzato da studiosi e policy-maker per avere una visione globale delle basi scientifiche e degli approcci con cui possono essere affrontati i processi di indagine e di scelta che devono tenere conto delle implicazioni ambientali delle attività economiche. Dall'altro, i diversi contributi che fanno parte del volume sono stati organizzati in modo tale da poter rappresentare un supporto che possa avere una funzione di supporto didattico per studenti dei corsi di economia che affrontano tematiche relative agli impatti ambientali dell'attività economica.

Con riferimento a questo secondo aspetto, si è cercata di affrontare la trattazione delle relazioni fra economia e ambiente con una visione critica, evidenziando i limiti del paradigma ortodosso e proponendo un approccio caratterizzato da una più attenta considerazione delle caratteristiche degli ecosistemi e dei limiti che questi introducono alla domanda di risorse naturali da parte dei processi economici.

Per questa ragione il primo capitolo del volume è dedicato alla definizione di un quadro di riferimento degli aspetti storici ed epistemologici che caratterizzano la visione dell'ambiente e delle risorse naturali in una prospettiva economica. In questa parte, dopo avere ripercorso in modo sintetico la percezione dell'ambiente e, in parte, della società nella storia del pensiero economico, vengono accennate alcune evidenze empiriche della visione proposta dal paradigma neoclassico e presentate le diverse prospettive etiche, e le loro implicazioni, del rapporto fra economia e ambiente.

Seguendo la prospettiva transdisciplinare adottata nel saggio, il secondo capitolo è dedicato ad un approfondimento delle caratteristiche delle risorse naturali, con particolare attenzione al loro ruolo fisico e biologico rispetto all'utilizzazione degli esseri umani. A questo scopo, prima viene analizzato il ruolo delle risorse naturali, distinte fra stock e flussi e fra rinnovabili e non rinnovabili, quali input dei processi economici e successivamente ci si concentra sulla capacità e sui limiti degli ecosistemi rispetto all'assorbimento dei rifiuti prodotti dalle attività antropiche.

Il terzo capitolo è interamente dedicato a una sintesi di alcuni dei concetti chiave dell'economia ambientale, in particolare la teoria delle esternalità e la valutazione dei beni ambientali. In un saggio che tratta le relazioni fra economia e ambiente la discussione di questi argomenti appare necessaria, soprattutto perché la maggior parte delle valutazioni riguardanti l'impatto ambientale delle attività economiche vengono affrontate con strumenti analitici che fanno capo alla disciplina dell'economia ambientale.

Nel quarto capitolo vengono discusse le relazioni fra gli ecosistemi e il sistema economico, descrivendo i flussi di materia ed energia fra questi due sistemi e le relative implicazioni in termini fisici. Tali argomenti costituiscono la premessa logica alla trattazione dei principali aspetti che caratterizzano l'approccio transdisciplinare dell'economia ecologica, quale paradigma di riferimento per lo studio e l'analisi dei legami teorici e funzionali fra risorse naturali ed attività economica.

Una volta tracciati i principali aspetti che caratterizzano gli approcci dell'economia ambientale e dell'economia ecologica,

nel quinto capitolo vengono chiariti i concetti economici di sviluppo e crescita e le diverse interpretazioni che possono essere associate al concetto di sviluppo sostenibile in conseguenza alla definizione di sostenibilità cui si fa riferimento. Nell'ultimo paragrafo del capitolo viene sviluppato un modello di crescita nel quale, partendo dalla formulazione base, vengono inseriti il ruolo dell'innovazione tecnologica e delle risorse naturali (rinnovabili e non rinnovabili). Le evidenze che scaturiscono da tale modello consentono di comprendere a quali condizioni e, soprattutto, entro quale quadro concettuale abbia senso ritenere possibile una crescita sostenibile.

Nel sesto e ultimo capitolo viene offerta una semplice modellizzazione del sistema economico e delle sue interrelazioni con la sfera sociale e con l'ecosistema entro il quale esso opera. Tale modello si rifà al paradigma bioeconomico, frutto delle riflessioni dell'economista Nicholas Georgescu-Roegen e degli economisti che ne hanno sviluppato il pensiero. La descrizione del modello è preceduta da una breve discussione volta a chiarire la confusione terminologica che talora si verifica nella letteratura italiana rispetto al termine "bioeconomia", il quale viene utilizzato con accezioni molto diverse e, per certi versi, anche contraddittorie. La conclusione del capitolo è dedicata alle modalità attraverso le quali è possibile valutare la sostenibilità dei sistemi economici locali adottando il modello bioeconomico e ne vengono brevemente accennate le implicazioni in chiave di politica economica.

# 1. ECONOMIA E AMBIENTE

## 1.1 Ambiente e società nella storia del pensiero economico

### Economia pre-classica

La dottrina economica nel corso della storia si è modificata nel tempo secondo l'evoluzione del contesto sociale dei sistemi economici.

Nell'alto medioevo le attività di produzione e consumo si attestavano su livelli che generalmente erano corrispondenti al semplice sostentamento; anche se non sono mai spariti i commerci, l'economia feudale si basava su comunità il cui obiettivo era l'autosufficienza. Nel tardo medioevo i traffici si sviluppano sempre di più, anche su scala internazionale, grazie alle imprese delle nascenti compagnie di commercio e un ulteriore impulso verrà all'inizio dell'Era Moderna dalla colonizzazione di territori fuori dall'Europa.

Nel XVII secolo, il concetto di sviluppo si lega strettamente agli effetti del commercio sull'economia delle nazioni (mercantilismo); esso, di fatto, è rappresentato dall'incremento della ricchezza dovuto al surplus della bilancia commerciale che si manifesta nella variazione delle riserve auree, dato che il sistema dei pagamenti si basava sulla circolazione della moneta (metallica)<sup>1</sup>.

Nel diciottesimo secolo, in Francia, si sviluppa una nuova dottrina economica i cui sostenitori sono detti "fisiocratici"; tale dottrina prende avvio da uno studio eseguito da Francois Quesnay (1694-1774), medico di corte di Luigi XV che si interessava di studi economici, il quale è appunto il fondatore della fisiocrazia (*fisio* – natura; *crazia* – potere, governo).

La sua attenzione si concentrò in particolare sullo studio degli scambi fra i diversi settori economici, i quali vengono analizzati in ragione della natura fisica dei beni e non del loro "valore". Il risultato fu una descrizione, nota come *Tableau économique* (1758), nella quale venivano distinte:

- la classe "produttiva" (agricoltori);
- la classe "sterile" (artigiani, commercianti, domestici, medici, avvocati, insegnanti, ecc.);
- la classe dei "proprietari" (latifondisti, Stato e Chiesa), che vive delle rendite pagate dalla classe "produttiva".

Sulla base delle sue osservazioni, Quesnay considerò che il settore agricolo era l'unico capace di creare un sovrappiù (evidentemente considerato in termini fisici e osservabile nel semplice fatto che una data quantità di prodotto utilizzato come semente all'inizio del ciclo produttivo ne fornisce una molto maggiore al termine); per questa ragione gli agricoltori venivano ritenuti l'unica classe in grado di produrre i beni che attivavano il meccanismo degli scambi economici e, quindi,

---

<sup>1</sup> L'emissione di moneta, privilegio di varie autorità non necessariamente coincidenti con un'amministrazione statale, avveniva con il conio di oro e argento (e altri metalli per monete di basso valore). Conseguentemente, la moneta non era uno strumento di pagamento come lo intendiamo oggi, ma una vera e propria merce di scambio con un suo valore intrinseco dato dal suo stesso contenuto metallico.

della generazione della ricchezza. Il comparto manifatturiero, eseguendo una semplice trasformazione di merci in altre merci, non produceva valore aggiunto e la classe dei percettori di rendita non aveva una funzione produttiva ma esclusivamente di consumo del sovrappiù agricolo e di sostegno alla domanda di prodotti manifatturieri.

Tale visione, attribuendo all'agricoltura il ruolo di motore dell'intero sistema economico, pone l'accento sulle risorse naturali (in particolare sulla produttività della terra) considerandole come l'elemento in grado di organizzare le relazioni fra le classi sociali le quali utilizzano il sistema economico per soddisfare i propri bisogni.

Per questa ragione, i fisiocratici ritengono necessario lo studio del sistema economico non come corpo isolato ma in relazione alle conoscenze sull'ambiente (come risorse necessarie per la produzione agricola) e sulla società (come sistema di relazioni fra le diverse classi).

### **Economia classica**

Alla fine del diciottesimo secolo, quando ormai l'approccio meccanicistico aveva portato al definitivo compimento della rivoluzione scientifica, si afferma una nuova dottrina economica, detta "classica", che definisce le basi dell'economia politica moderna. I suoi massimi esponenti furono Adam Smith (1723-1790), seguito da Thomas Robert Malthus (1766-1834) e David Ricardo (1772-1823) e, in ultimo, John Stuart Mill (1806-1873).

Nonostante le profonde differenze fra di loro, tutti gli economisti classici sono interessati alle leggi di "comportamento ed evoluzione" dell'economia del loro tempo, il cui carattere capitalistico è ormai diventato evidente.

Il motore del sistema economico è il *surplus*, inteso come l'accumulazione della sovra-remunerazione dei fattori produttivi. Questo, la cui natura dipende in larga misura da come il reddito viene suddiviso tra le classi sociali, è alla base della crescita economica e della ricchezza. Diviene così dominante l'analisi dell'entità e della durata della crescita economica, la quale è resa possibile e sostenuta dall'ampliamento del mercato e dal progresso tecnico.

L'agricoltura occupa ancora un ruolo importante nelle analisi degli economisti classici, in quanto rappresenta il fattore produttivo che, insieme al capitale e al lavoro, consente di ottenere i prodotti necessari al sostentamento della classe dei lavoratori. Tuttavia, ad eccezione di alcuni scritti di Mill, in tutti gli economisti classici la funzione della natura è vista esclusivamente in chiave produttiva e il suo valore è riferito esclusivamente alle terre coltivabili ed è determinato, come evidenzia il concetto della rendita ricardiana, dal loro livello di fertilità.

#### Adam Smith

Smith, considerato il padre dell'economia classica, nel 1776 pubblica la sua opera *Ricerca sulla natura e la ricchezza delle Nazioni*. La visione fisiocratica della produzione del *surplus* limitata al settore agricolo è completamente superata; infatti, secondo il pensiero classico, la creazione di valore avviene in tutte le attività produttive grazie al contributo apportato dal lavoro dell'uomo. Per questa ragione, anche se in modi diversi, tutti i pensatori classici tentano di costruire una teoria in grado di spiegare come si determina il valore di una merce in relazione al lavoro impiegato per produrla (valore-lavoro).

Smith, osservando la realtà della prima rivoluzione industriale, ne coglie gli aspetti fondamentali: la grande accumulazione di capitale nelle mani di privati (capitalisti) che rendevano disponibili i mezzi di produzione ai titolari delle attività produttive (imprenditori), in cambio di un rendimento adeguato; la funzione degli imprenditori che organizzavano

nuovi processi produttivi, caratterizzati dalla crescente specializzazione e divisione dei compiti.

Smith concepisce una società che funziona come un organismo, meglio ancora come una macchina, le cui parti si comportano seguendo delle leggi naturali; tali leggi regolano i comportamenti degli individui nel mondo economico. L'attività di impresa, in particolare, seguendo l'obiettivo del profitto, porta alla creazione di risorse che vengono reinvestite e determinano quindi l'accumulazione di capitale, la quale, a sua volta, è in grado di espandere l'attività produttiva grazie all'introduzione di nuovi macchinari (progresso tecnologico) e divisione dei compiti (specializzazione del lavoro). L'individualismo, secondo Smith, discende direttamente dalle leggi di natura: "*non è dalla benevolenza del macellaio, del produttore di birra, del fornaio che ci aspettiamo il nostro pranzo, ma dal riguardo che essi prestano ai loro interessi*". Le stesse leggi di natura fanno sì che il raggiungimento degli interessi privati comporti il conseguimento dell'interesse generale.

Nel pensiero smithiano il concetto di sviluppo è associato all'aumento dello stock di capitale e all'incremento della produzione. Tale sviluppo, tuttavia, non può avere una durata illimitata; infatti, secondo Smith, la crescita del sistema economico è limitata a una fase transitoria, mentre nel lungo periodo si raggiunge uno stato stazionario nel quale gli investimenti sono destinati esclusivamente al rimpiazzo dei capitali esistenti.

#### Thomas Robert Malthus

Malthus e Ricardo, che appartengono alla generazione successiva rispetto a Smith, assistono al raggiungimento della fase di maturità della prima rivoluzione industriale e sono testimoni dell'insorgere di conflitti sociali interni al sistema economico.

Malthus è noto, in particolare, per la sua opera *Saggi sul principio della popolazione* (1798), che avrà una notevole diffusione e, grazie ai lavori del naturalista Charles Darwin, genererà effetti anche nelle scienze biologiche.

Il punto di partenza dell'analisi malthusiana è l'incremento demografico naturale che, in assenza di vincoli esterni, segue una progressione geometrica. D'altro canto, sempre secondo Malthus, la produzione agricola può crescere solo secondo una progressione aritmetica. Per questa ragione, qualunque sia la condizione iniziale di popolazione e disponibilità di risorse alimentari, si arriverà a una situazione in cui la maggior parte della popolazione ha a disposizione nulla più che le risorse necessarie alla sua mera sussistenza.

Infatti, un aumento di risorse naturali (terreni) per la produzione agricola avrà come effetto la crescita della popolazione, il che porterà di nuovo alla mera condizione di sostentamento. Quindi, anche se in modo indiretto, Malthus introduce la presenza di vincoli "ambientali" allo sviluppo economico: la crescita economica non può continuare indefinitamente (causa dell'esaurimento delle terre produttive) e finirà in un tempo lontano portando a una condizione negativa per tutta la società.

#### David Ricardo

Se Malthus evidenzia che alcuni limiti di natura ambientale, come la scarsità di terreni coltivabili, avrebbero determinato un vincolo alla crescita, Ricardo individuò tale vincolo con maggior precisione, sostenendo che il problema non era solo l'insufficienza dei terreni coltivabili, ma il loro differente grado di fertilità.

Evidentemente alcuni suoli sono più fertili di altri, ed è quindi conveniente che vengano messi a coltura per primi; ma, all'aumentare della richiesta di prodotti agricoli, diventa profittevole anche l'utilizzo di terreni via via meno fertili. Ciò determinerà una concorrenza tra imprenditori agricoli che garantirà ai proprietari di terreni più fertili rendite più elevate rispetto a quelle percepite dai proprietari dei terreni meno fertili.

Sviluppando una serie di articolate riflessioni sulla scomposizione del valore dei prodotti agricoli in salari degli agricoltori, profitto e rendita dei proprietari, Ricardo arriva a concludere che, a causa l'azzeramento del tasso di profitto determinato dall'esaurimento delle terre produttive, la crescita economica non è possibile nel lungo periodo.

Anche secondo la visione ricardiana, quindi, i limiti introdotti dalla disponibilità di risorse naturali porteranno a uno stato stazionario che, secondo l'autore, sarà caratterizzato da ristrettezze e infelicità. Tuttavia questa situazione, anche grazie allo sviluppo tecnologico e allo sviluppo degli scambi con gli altri Paesi, avverrà in un futuro abbastanza lontano.

### John Stuart Mill

Mill è l'ultimo dei grandi pensatori classici e si distingue dai suoi predecessori per una visione ottimista e riformista. Mill, attento osservatore dell'evoluzione del sistema politico ed economico, era convinto che la struttura sociale della sua epoca non poteva essere considerata permanente ed immutabile: *“non ci si deve aspettare che la divisione della razza umana in due classi ereditarie, datori di lavoro e lavoratori, possa essere mantenuta per sempre”*.

Per questa ragione egli sosteneva che la distribuzione dei redditi tra salari, profitti e rendite non è costante nel tempo, e la condizione della classe lavoratrice può migliorare nel tempo.

Lo stato stazionario, punto di arrivo dell'evoluzione del sistema economico per tutti i pensatori classici, per Mill diventa una situazione che può essere desiderabile; infatti, la presenza di una quantità di capitali (macchine, infrastrutture, alloggi, ecc.) sufficiente per una popolazione in equilibrio demografico consente di avere a disposizione risorse per l'educazione, l'arte e, in generale, per soddisfare le esigenze di carattere “secondario” più elevate. Egli afferma, infatti: *“lo non posso provare, verso uno stato in cui capitale e ricchezza sono stazionari, l'avversione generalmente manifestata dagli altri economisti. Sono incline a ritenere che sarebbe, nel complesso, un notevole miglioramento rispetto alla nostra condizione attuale.”*

Un sistema economico (statico) in cui una migliore distribuzione della ricchezza è favorita da istituzioni più egualitarie è senz'altro preferibile ad un sistema caratterizzato da grandi disuguaglianze sociali, anche se queste sono la condizione per una crescita economica: *“confesso di non provare particolare attrazione per l'ideale di vita di coloro che considerano lo sgomitare ed il calpestarsi a vicenda per affermare se stessi, comportamenti desiderabili, o, comunque, come qualcosa di diverso dai sintomi sgradevoli del progresso industriale”*.

Mill sostiene che la stazionarietà della popolazione e del capitale, inteso come stock di beni materiali prodotti dall'uomo, non implica la stazionarietà del capitale umano, perché non pregiudica in alcun modo le possibilità di crescita sociale. Anzi, la qualità della vita aumenterebbe se una parte consistente degli sforzi umani venisse distolta dall'obiettivo di arricchimento materiale e destinata a favorire la crescita culturale e preservare l'ambiente naturale: *“non vi può essere beneficio nella contemplazione di un mondo dove nulla è lasciato alla spontanea attività della natura; dove ogni centimetro di terra è coltivato, ogni prato fiorito è stato arato e tutti gli animali non addomesticabili a scopo produttivo*

*sono stati sterminati. Io spero sinceramente, nell'interesse delle generazioni future, che gli individui si accontentino dello stato stazionario molto prima di essere obbligati a ciò dalla realtà”.*

In termini generali, in tutti i pensatori classici si afferma l'idea che nella creazione e nella distribuzione della sovra-remunerazione, che rappresentano le due principali questioni oggetto dell'economia, assume un ruolo centrale lo studio delle relazioni fra la classe dei capitalisti e la classe dei lavoratori. Karl Marx (1818-1883), che può essere collocato nello stesso periodo storico, ma che non può essere considerato un economista classico, ha dedicato gran parte dei suoi studi all'approfondimento delle relazioni fra capitale e lavoro e ai conseguenti conflitti fra le relative classi sociali.

Il porre grande interesse al ruolo della struttura sociale nel funzionamento del sistema economico porta ad una riduzione dell'attenzione al ruolo delle risorse naturali - quali fornitrici di input materiali ed energetici - nei processi economici.

Al di là dei possibili vincoli che possono derivare alla produzione agricola dall'esaurimento dei terreni coltivabili, eventualità che comunque viene considerata solo nel lungo periodo, i pensatori classici ritengono che la natura e le risorse naturali abbiano solo un valore strumentale, finalizzato alla produzione di ricchezza, e che la loro quantità sia tale da sostenere indefinitamente la crescita della produzione industriale.

Di fatto, l'economia classica sancisce l'inizio della separazione dell'analisi economica dalla dimensione fisica dell'ambiente in cui avvengono le attività di produzione (e consumo) e, in questo modo, contribuisce all'affermazione di una visione esclusivamente antropocentrica della natura.

### **Economia neoclassica**

Come accennato, gli economisti classici individuarono nel lavoro umano l'origine del valore dei beni, cercando di trarne una coerente teoria dei prezzi.

Pensatori dell'epoca seguente abbandonarono questo indirizzo e si concentrarono sul concetto di utilità, una cui definizione era già stata sviluppata nel diciottesimo secolo: *“per utilità si intende quella proprietà di un oggetto qualsiasi di produrre beneficio, vantaggio, piacere, bene o felicità [ ... ] o di impedire l'accadimento di pena, male o infelicità a colui del cui interesse si tratta”* (Bentham, 1780).

Gli economisti neoclassici, nella costruzione della loro teoria, affermano che gli individui agiscono nel proprio esclusivo interesse avendo come obiettivo la massimizzazione della loro utilità. Come afferma Stanley Jevons (1835-1882) nel suo saggio *The Theory of Political Economy* del 1871: *“approfondite riflessioni ed analisi mi hanno condotto all'idea innovativa che il valore dipende interamente dall'utilità ... l'economia è un calcolo di piaceri e sacrifici”*. D'altra parte, l'azione individuale, con il movente razionale della massimizzazione dell'utilità, porta ai benefici collettivi, come avevano già affermato gli economisti classici; l'individualismo viene esaltato, tanto da rendere preferibile la neutralità dell'autorità a qualunque intervento, anche concepito con criteri utilitaristici.

Con questo approccio, Leon Walras (1834-1910), uno dei massimi esponenti della teoria neoclassica, costruì un modello formalizzato con funzioni di utilità e di produzione che, sottoposte a massimizzazione, fornivano un sistema di equazioni determinato. Tale modello aveva per soluzione una serie di prezzi e quantità di merci che rendevano simultaneamente in equilibrio tutti i mercati, vale a dire che rendeva eguali fra loro domanda e offerta per qualunque bene prodotto o risorsa

impiegata nella produzione. L'opera walrasiana è una costruzione teorica molto ardita ed elegante, che sulla base di alcune ipotesi, dimostrava che il sistema capitalista aveva in sé stesso meccanismi di mercato tali da permettergli di raggiungere una situazione di massima efficienza nella distribuzione dei redditi e delle risorse.

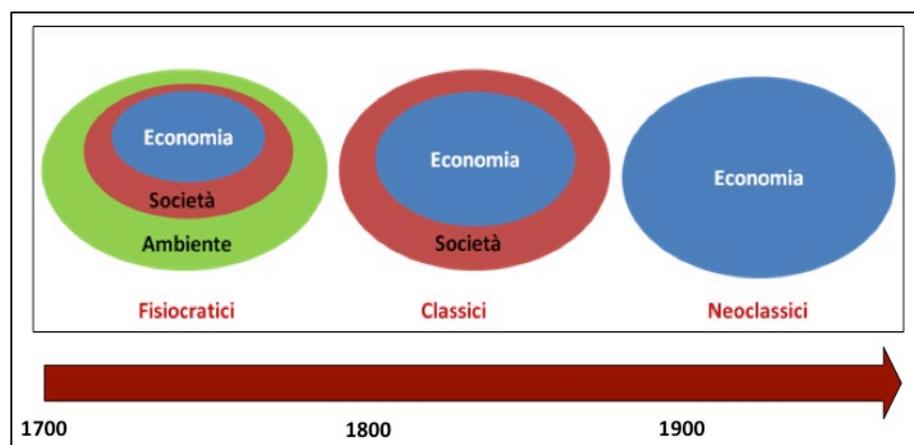
Come la meccanica razionale deriva le proprie proposizioni dalle proprietà elementari dei corpi, così l'economia deduce le sue logiche dai principi universali di razionalità e interesse personale che regolano l'agire dell'*homo aeconomicus*. Elemento principale dell'analisi è l'equilibrio che si raggiunge nel mercato come incontro tra domanda e offerta grazie al comportamento degli agenti economici, i quali sono identificati in singoli soggetti (consumatori e imprenditori) che agiscono in base uno schema ordinato di preferenze, e non più nel loro insieme come gruppi sociali (classi) portatori di istanze comuni (capitalisti e lavoratori).

Anche se le ipotesi su cui si basa la teoria neoclassica si prestano a critiche sostanziali, cosa che avverrà in particolare negli ultimi decenni, questa visione economica riuscirà ad affermarsi, portando con sé, tra le altre conseguenze, il fatto che l'efficienza economica sia considerata con maggiore attenzione rispetto all'equità e alla giustizia sociale e che il funzionamento del mercato venga analizzato a prescindere da qualunque considerazione su disponibilità di risorse naturali e impatto sugli ecosistemi.

La visione antropocentrica individualista che caratterizza l'approccio degli autori neoclassici porta ad un'astrazione dell'economia da ogni implicazione sociale (che invece era stata centrale nei classici) e, allo stesso tempo, la completa scomparsa di ogni riferimento alla dimensione ambientale dei processi di produzione (e di consumo).

Il processo brevemente descritto in questo paragrafo è rappresentato in modo schematico (figura 1.1), mostrando come dalla nascita dell'economia moderna fino ai nostri giorni il pensiero dominante abbia progressivamente abbandonato una visione del sistema economico come inserito nel contesto naturale e sociale per renderlo del tutto autonomo e indipendente da qualunque implicazione rispetto ai suoi legami con l'ambiente e la società.

Figura 1.1 - L'evoluzione del rapporto fra economia, società e ambiente



Fonte: Nostra elaborazione

## 1.2 La teoria neoclassica e le evidenze empiriche

La completa astrazione dell'economia dalla considerazione della natura sociale degli esseri umani e delle caratteristiche degli ecosistemi ha come fondamento la convinzione che il mercato, quale luogo in cui agiscono singoli soggetti razionali, sia in grado di portare il benessere agli individui e superare i vincoli che l'ambiente potrebbe introdurre nei processi di produzione (esaurimento delle risorse naturali) e di consumo (inquinamento dovuto alla generazione di rifiuti). Così, quanto più si espande il mercato con la crescita del sistema economico, tanto maggiore sarà il benessere degli individui e la capacità di trovare soluzioni per superare i limiti posti dagli ecosistemi.

Tale "necessità" di espansione del mercato consegue direttamente dai principi stessi dell'economia neoclassica, secondo i quali i produttori agiscono nella logica della massimizzazione del loro profitto e i comportamenti dei consumatori sono guidati dalla ricerca della massima utilità. È evidente, allora, che la ricerca del profitto spingerà i produttori verso livelli di produzione sempre più elevati e che, allo stesso tempo, i consumatori, il cui livello di utilità è proporzionale al numero di beni consumati, tenderanno ad acquistare un numero sempre maggiore di prodotti.

Il limite superiore dei beni consumati è stabilito solo dal "vincolo di bilancio" che limita la possibilità di spesa; ma, se questo non interviene o può essere in qualche modo superato, i consumi continueranno a crescere poiché, come affermato dal postulato di "non sazietà" del consumatore, esiste un legame diretto fra consumo, utilità e benessere.

Questa visione del sistema economico, il quale funziona tanto meglio quanto più aumentano la produzione e i consumi, attribuisce al mercato un ruolo fondamentale in tutti i settori della società; infatti, al crescere della dimensione e dell'efficienza degli scambi migliorerà il benessere di tutti gli individui (produttori e consumatori) che ne fanno parte.

Ne consegue che la salute del sistema economico, e la sua conseguente capacità di agire positivamente sulla società e sull'ambiente, è legata al costante aumento della sua stessa dimensione: la crescita economica, misurata attraverso la dinamica del Prodotto Interno Lordo (PIL), è la soluzione che la politica economica deve perseguire per superare tutti i limiti ambientali e risolvere tutti i problemi sociali.

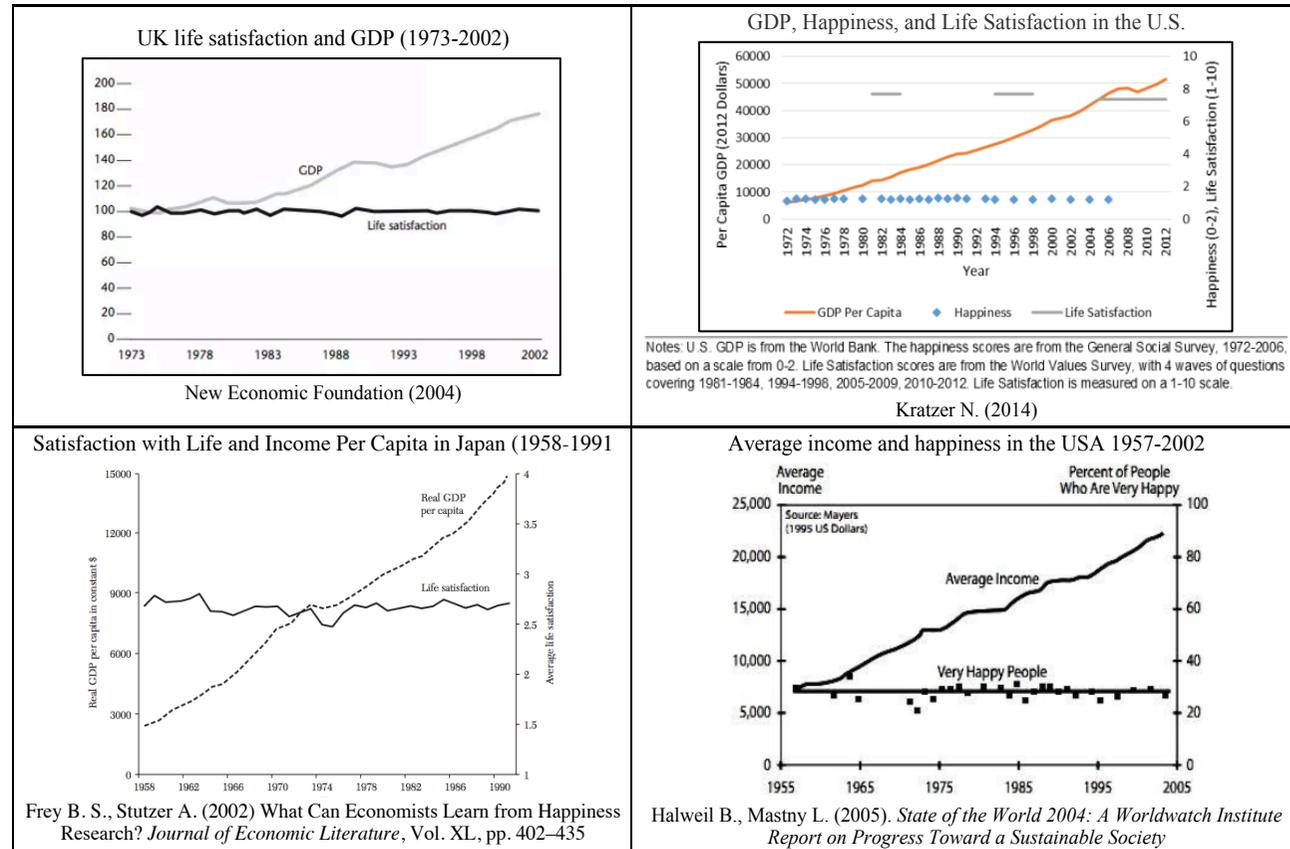
Queste capacità dei mercati, che dovrebbero manifestarsi in maniera sempre più evidente con la crescita del sistema economico, non sembrano trovare un effettivo riscontro nella realtà. A questo riguardo, a titolo di esempio, vengono presentate alcune evidenze empiriche relative sia alla dimensione sociale che ambientale.

Sul fronte della relazione fra crescita economica e qualità percepita della vita<sup>2</sup>, sono state condotte molte analisi di cui nella figura 1.2 vengono riportati alcuni esempi relativi a diversi Paesi (Stati Uniti, Inghilterra, Giappone).

---

<sup>2</sup> Il tema della percezione da parte di un individuo della qualità della propria vita è molto complesso, sia terminologicamente, sia se si volesse operarne una valutazione quantitativa. Soddisfazione per la propria vita, felicità, benessere percepito, sono solo alcune delle definizioni che possono essere prese come riferimento e, inoltre, per ciascuna di esse possono essere considerate diverse metodologie di rilevazione e diverse modalità di misura. Nel capitolo 6 di questo volume si tornerà su questo argomento proponendo una definizione operativa.

Figura 1.2 - Esempi di relazione fra PIL nazionale e benessere della popolazione



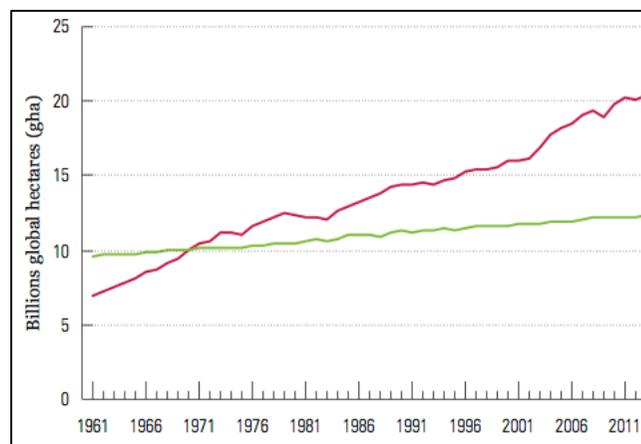
Come si può notare, in tutti i casi proposti all'incremento del PIL (GDP – *Gross Domestic Product*) non corrisponde un aumento proporzionale della soddisfazione per la propria vita o della felicità. Al contrario, questi indicatori di percezione del benessere individuale rimangono sostanzialmente costanti e in alcuni casi presentano addirittura una lieve riduzione nel corso del tempo.

Se si guarda alla relazione fra livello della crescita economica e impatto ambientale, quello che emerge in maniera chiara è che nel corso del tempo all'aumento del PIL è sempre corrisposto un crescente livello di pressione sugli ecosistemi. Se è vero che per alcuni aspetti si è riuscito a ridurre questo legame, come ad esempio nel caso delle emissioni di CO<sub>2</sub> (il cui livello nei paesi occidentali, grazie anche agli impegni internazionali, si sta progressivamente riducendo), in linea di massima si osserva un generalizzato aumento dell'impatto antropico sull'ambiente.

Osservando la figura 1.3, si nota come la disponibilità di risorse planetarie (indicata in verde) sia stata superata già nel

1970 dall'utilizzazione delle stesse (indicata in rosso) da parte degli esseri umani. La forbice consumo-disponibilità di risorse naturali si è continuata ad allargare nel tempo senza mostrare alcun tipo di variazione nella sua tendenza generale<sup>3</sup>. Ad oggi, come si vede dal grafico, per sostenere tutte le attività umane che hanno luogo nel mondo servirebbero le risorse messe a disposizione da un pianeta grande più di una volta e mezzo la Terra.

Figura 1.3 – Consumo e disponibilità di risorse naturali a scala planetaria



Fonte: Living Planet Report 2016 (WWF, 2016)

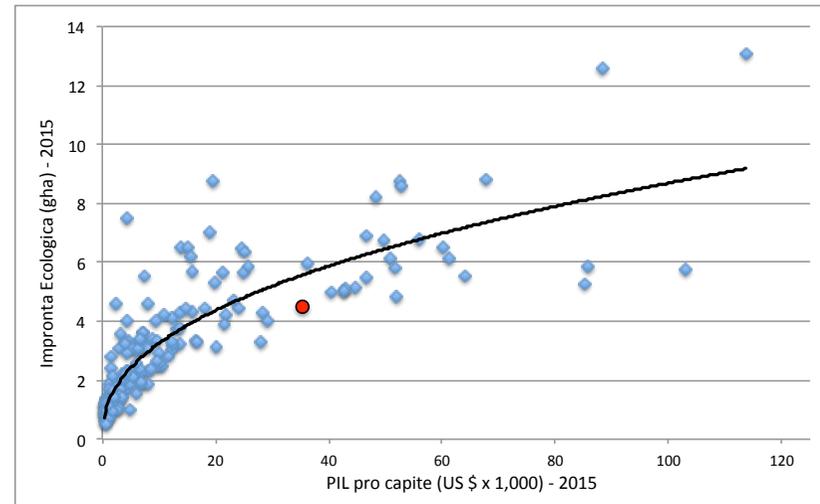
Guardando alla relazione esistente fra crescita e impatto ambientale, è interessante sviluppare un'analisi quantitativa attraverso cui valutare il legame esistente fra la dimensione delle economie nazionali, misurate attraverso il PIL pro capite, e il relativo consumo di risorse, valutato attraverso l'indicatore Impronta Ecologica. Quest'ultimo, con riferimento alla popolazione di un determinato territorio, esprime la superficie necessaria a fornire le risorse consumate e ad assorbire i rifiuti prodotti.

Nel diagramma di figura 1.4 sono rappresentati i Paesi del mondo in base ai valori assunti da queste due variabili (l'Italia è riconoscibile per l'indicatore circolare di colore rosso).

La curva riportata nel grafico è la rappresentazione della funzione che meglio stima la relazione analitica fra le due variabili, la quale ha la forma  $EF = a \text{ PIL}^b$ . L'ipotesi è che l'impronta ecologica  $EF$  – *Ecological Footprint*, misurata in ettari globali (gha) e relativa al 2015 (Dati Global Footprint Network – [www.footprintnetwork.org](http://www.footprintnetwork.org)) rappresenti la variabile dipendente, mentre il PIL (GDP – *Gross Domestic Product*) pro capite, misurato in migliaia di dollari e relativo al 2015 (Dati World Bank – [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)), sia la variabile indipendente.

<sup>3</sup> Nel grafico la disponibilità di risorse naturali è espressa attraverso la Biocapacità (*Biocapacity*), mentre il consumo delle stesse è valutato attraverso l'Impronta Ecologica (*Ecological Footprint*); entrambi questi indicatori sono espressi nella medesima unità di misura degli ettari globali (*global hectares - gha*). Il significato di questi indicatori e le modalità di calcolo verranno illustrate nei capitoli successivi.

Figura 1.4 – Relazione tra impronta ecologica e PIL pro-capite a livello nazionale



Fonte: Nostra elaborazione

Tale forma funzionale, stimata attraverso i dati disponibili per  $n=178$  Paesi, fornisce i seguenti risultati  $a=1,215$  e  $b=0,427$  con un  $r^2 = 0,807$ ; quest'ultimo valore indica che oltre l'80% della variabilità che si osserva nell'impatto sulle risorse naturali fra i diversi Paesi del mondo è spiegato dal loro livello di sviluppo economico.

Con riferimento alla forma funzionale, va notato che un esponente  $b>0$  indica che un aumento del PIL comporta un aumento di EF e, allo stesso tempo, un valore  $b<1$  mostra che aumenti costanti del PIL determinano incrementi decrescenti di EF. Pertanto, questa analisi conferma quanto previsto dal paradigma neoclassico: il crescere della ricchezza consente di disporre di tecnologie più efficienti in termini di impiego di risorse. Infatti, ad esempio, mentre un aumento del PIL pro capite da 5.000 a 6.000\$ comporta un incremento di EF pari a 0,20 gha, un aumento da 50.000 a 51.000\$ comporta un incremento di EF di 0,05 gha.

Allo stesso tempo, però, si osserva che al crescere del PIL incrementi percentuali costanti del PIL stesso determinano incrementi crescenti di EF. Infatti, se un aumento del 20% del PIL pro capite dal valore iniziale di 5.000\$ a quello finale di 6.000\$ implica un +0,20 gha di EF, la stessa variazione percentuale da 50.000 a 60.000\$ comporta un aumento di EF di 0,52 gha.

Da notare, infine, che la stessa analisi condotta con riferimento ai dati 2008 ha fornito un valore  $b=0,377$  ( $<0,427$ ) e un  $r^2=0,739$  ( $<0,807$ ). Ciò evidenzia come nell'ultimo decennio si sia avuta una dipendenza quantitativamente più accentuata e di maggiore consequenzialità diretta fra crescita economica e impatto sulle risorse naturali.

In conclusione, possiamo affermare che l'osservazione della realtà mostra delle situazioni in evidente contrapposizione con quanto previsto dalla teoria neoclassica. La crescita del sistema economico, almeno allo stato attuale, non si traduce

in un miglioramento della vita della collettività e in una più razionale utilizzazione delle risorse naturali. Per questa ragione, come si vedrà nel prossimo paragrafo, si sono sempre più affermate delle visioni diverse dell'economia, che, seppure con approcci diversi, pongono un'esplicita attenzione ai legami fra attività umane ed ecosistemi naturali.

### 1.3 Le visioni del rapporto fra economia e ambiente

L'accettazione, sostanzialmente acritica, del modello economico neoclassico, sia in ambito scientifico che di politica economica, è rimasta inalterata fino alla fine degli anni '60 del secolo scorso, periodo in cui si cominciano ad evidenziare problemi ambientali, legati, da un lato, alla riduzione nella disponibilità di alcune risorse naturali e, dall'altro, all'emergere di significativi fenomeni di inquinamento.

In quegli anni, gli appartenenti ai movimenti ambientalisti e gli economisti "non ortodossi", partendo dall'ormai diffusa consapevolezza dei problemi di degrado ambientale, iniziano a mettere in discussione la possibilità di una crescita economica senza limiti e, più in generale, a evidenziare l'incapacità dei mercati di raggiungere in autonomia una situazione di equilibrio ottimale caratterizzata da una distribuzione e un utilizzo efficiente di tutte le risorse.

Il dibattito sulla crescita riconsidera, tra i problemi prioritari, la presenza di risorse limitate rispetto agli utilizzi possibili e fra i suoi effetti vi è la nascita, con la conferenza di Stoccolma del 1972, del Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP). Nello stesso anno, un gruppo di economisti, noto come "club di Roma", pubblica "I limiti allo sviluppo", che sarà la guida di un orientamento neo-malthusiano che nega la possibilità di sviluppo nel lungo periodo, affermando invece la necessità di mantenere il sistema economico in stato stazionario o, addirittura, di ridurre il livello dell'attività economica.

La risposta della teoria economica dominante, che difende i suoi assunti di base, è di considerare la crescita come sempre realizzabile e comunque necessaria. L'unico punto in cui viene concessa qualche deroga al paradigma originale è il possibile ricorso a interventi regolativi per rimuovere eventuali ostacoli che impediscano ai mercati di giungere alla situazione di equilibrio, ripristinando in tal modo la loro funzione autoregolatrice e quindi la capacità di giungere alla massima efficienza.

Dal punto di vista ambientale, gli economisti *mainstream*, in netta contrapposizione alle tesi ecologiste, non prendono in considerazione l'idea che vi possano essere limiti fisici allo sviluppo, ritenendo le risorse naturali sufficienti per mantenere una crescita di lungo periodo e, soprattutto, continuano ad attribuire piena fiducia ai meccanismi di mercato.

È ovvio che opinioni così diverse abbiano come base sistemi etici e riferimenti ideologici molto distanti rispetto alla visione dei legami fra attività economica, con la sua forte connotazione antropica, e ambiente.

Prima di descrivere brevemente gli elementi che caratterizzano queste diverse prospettive e le implicazioni che ne derivano, è utile accennare alle modalità con cui può essere concepito il valore delle risorse naturali e, più in generale, dei beni ambientali. L'ambiente, infatti, può essere considerato per il suo *valore d'uso* (legato alla sua possibile utilizzazione per fini economici), per il suo *valore d'opzione* (legato alla capacità che esso possiede di generare un beneficio, di qualunque natura, sia al momento attuale che in futuro) o per il suo *valore d'esistenza* (che prescinde da qualunque

forma di utilizzazione o fruizione da parte degli esseri umani).

Ciò premesso, una prima distinzione generale viene fatta fra visioni di tipo "tecnocentrico" ed "ecocentrico". L'elemento centrale che distingue queste due diverse concezioni, e che rappresenta uno snodo fondamentale in chiave epistemologica, è la relazione gerarchica che esiste fra la sfera ambientale e la sfera economica.

Nella visione tecnocentrica, che si rifà ai principi della teoria neoclassica, la dimensione ambientale è considerata come "parallela" (talora anche sub-ordinata) a quella economica e le relazioni che si instaurano fra le due sfere sono funzionali al raggiungimento degli obiettivi degli attori economici. Per questa ragione le risorse naturali vengono considerate esclusivamente rispetto al loro valore d'uso e tutte le decisioni che riguardano la loro utilizzazione, la loro gestione e il loro sfruttamento sono guidate dalla razionalità economica.

Di prospettiva opposta è la visione ecocentrica, per la quale la sfera economica è contenuta all'interno della sfera ambientale, poiché, come tutte le attività umane, deve sottostare alle leggi e ai vincoli degli ecosistemi. Ciò comporta che il valore dell'ambiente non è determinato sulla base della sua utilizzazione a fini economici, quanto piuttosto dalle sue caratteristiche intrinseche (valore d'esistenza) e dai possibili benefici (presenti e/o futuri) che può fornire alla comunità degli esseri umani (valore d'opzione).

Le ideologie tecnocentriche possono essere a loro volta distinte in estreme (dell'abbondanza) e moderate (accomodanti).

La visione tecnocentrica dell'abbondanza, partendo dall'ipotesi che le risorse naturali siano illimitate, o comunque perfettamente sostituibili grazie a soluzioni provenienti dall'innovazione tecnologica, utilizza per l'analisi economica l'approccio e gli strumenti del paradigma neoclassico "originale", i quali non prendono in considerazione la dimensione ambientale e i vincoli ecosistemici. In questa prospettiva, il concetto di sostenibilità assume una connotazione esclusivamente economica e si traduce nella costante e incondizionata ricerca della crescita.

Meno estreme sono le posizioni assunte dai sostenitori della visione tecnocentrica accomodante. Anche se gli strumenti utilizzati sono quelli tipici dell'economia neoclassica, e quindi basati sulla ricerca dell'efficienza economica, nei modelli di ottimizzazione si tiene conto delle relazioni economia-ambiente attraverso la valutazione del costo e, di conseguenza, della necessità del controllo degli impatti prodotti dalle attività economiche sugli ecosistemi. Appare evidente, tuttavia, e la definizione stessa di "esternalità" lo conferma<sup>4</sup>, che il focus dell'analisi rimane la sfera economica, rispetto alla quale la dimensione ambientale rimane, appunto, esterna e viene vista solo come destinataria degli impatti, considerati in termini di valore monetario, delle attività economiche. In questa prospettiva, lo studio della valutazione economica (e dell'utilizzo) delle risorse naturali e del controllo delle esternalità è oggetto di una specifica disciplina che prende il nome di Economia Ambientale (*Environmental Economics*). L'obiettivo del sistema economico rimane comunque quello della crescita economica, la quale deve essere però conseguita in modo sostenibile. Ciò significa che gli effetti dell'attività economica sull'ambiente, misurati attraverso la perdita di valore del capitale naturale, devono poter essere compensati dall'incremento di capitale economico. Questa modalità di intendere le relazioni fra economia e ambiente porta a quella che viene definita una condizione di sostenibilità "debole".

---

<sup>4</sup> Per una definizione del concetto di esternalità e una trattazione relativa alla loro valutazione in una prospettiva di Economia Ambientale si rimanda al primo paragrafo del capitolo 3.

La visione ecocentrica si articola in due visioni abbastanza diverse che danno origine a una prospettiva di carattere ambientalista (comunitaristiche) e ad un'altra di tipo più radicale (ecologia profonda – *deep ecology*). Queste differiscono tra loro nel grado di priorità assegnato alla conservazione delle risorse ambientali, con, da un lato, i natura-centrici nettamente schierati per una stretta preservazione delle stesse e con un loro utilizzo a livelli minimi o nulli e con gli antropocentrici deboli, dall'altro, che ammettono la possibilità di utilizzare i beni ambientali anche a fini strumentali, seppure nel rispetto della loro piena integrità. Entrambi sono accumulati dal ritenere l'ambiente naturale regolato da una fitta rete di legami tra le sue varie parti e dalla necessità di preservarne l'equilibrio; tuttavia gli ecologisti radicali ritengono che la natura abbia una sua dignità di essere vivente (definito "Gaia") che possiede dei diritti inalienabili e preordinati rispetto a quelli degli esseri umani (che sono una componente di Gaia al pari di tutti gli altri esseri viventi).

La visione ecocentrica comunitaristica, proprio per la sua base epistemologica che vede la dimensione dell'agire umano (e quindi anche l'economia) contenuta nell'ecosistema, fa riferimento per lo studio dei sistemi economici a un paradigma differente da quello proposto dall'economia neoclassica. Tale paradigma che, diversamente dall'economia ambientale, non si configura come una semplice disciplina, prende il nome di Economia Ecologica (*Ecological Economics*) e si occupa dello studio interdisciplinare delle interazioni fra sistema economico ed ecologico.

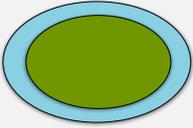
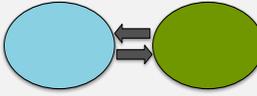
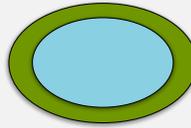
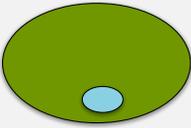
L'economia ecologica, che si configura come una sintesi di diverse discipline, ciascuna posta in relazione con la valutazione dell'impatto delle attività umane sull'ambiente naturale, ha come riferimento di base la considerazione della dimensione fisica dei processi economici e non quella del valore, come invece accade nel paradigma neoclassico. La subordinazione della sfera economica rispetto a quella ambientale impone che un'attività economica venga definita sostenibile solo se non incide sulla dimensione fisica (e non sul valore) del capitale naturale. L'impossibilità di sostituire il capitale naturale con il capitale economico, porta ad una diversa accezione di sostenibilità che, per non essere confusa con quella proposta dall'economia ambientale, viene definita "forte".

Nella visione dell'ecologia profonda, infine, non è ritenuto ammissibile alcun utilizzo per fini economici della natura e il suo valore è solo quello di esistenza: l'uomo è una specie come tutte le altre e non ha alcun potere/diritto sull'ambiente.

Una descrizione schematica delle principali caratteristiche delle quattro visioni delle relazioni economia-ambiente è raffigurata nella figura 1.5.

Le implicazioni delle diverse visioni, in particolare quelle che conducono alla dicotomia fra gli approcci economici (Economia Ambientale vs Economia Ecologica) e alle relative definizioni di sostenibilità (Debole vs Forte) verranno affrontate nei capitoli successivi.

Figura 1.5 - Le diverse visioni del rapporto fra economia e ambiente

	Visione tecnocentrica		Visione ecocentrica	
	Dell'abbondanza	Accomodante	Comunitaristica	Deep Ecology
PROSPETTIVA ETICA	<b>Antropocentrismo assoluto</b> I diritti e gli interessi degli esseri umani contemporanei prevalgono su quelli delle generazioni future	<b>Antropocentrismo forte</b> I diritti e gli interessi degli esseri umani contemporanei e delle generazioni future sono equivalenti	<b>Antropocentrismo debole</b> I diritti e gli interessi degli esseri umani contemporanei sono limitati dalla necessità di mantenere gli ecosistemi per le generazioni future	<b>Natura-centrismo</b> Tutte le specie (compreso l'uomo) hanno gli stessi diritti e interessi e nessuna può utilizzare l'ambiente per i propri fini a scapito delle altre
FUNZIONE DELLA NATURA	Libero utilizzo senza vincoli normativi <b>(Sfruttamento)</b>	Utilizzo razionale nei limiti di possibilità di sostituzione <b>(Gestione)</b>	Utilizzo conservativo come patrimonio delle comunità <b>(Salvaguardia)</b>	Rispetto incondizionato e utilizzo minimale <b>(Preservazione)</b>
PARADIGMA ECONOMICO	Capacità del mercato e del progresso tecnico di assicurare la totale sostituzione delle risorse naturali e di superare i limiti legati a scarsità/esaurimento <b>Neoclassico Puro</b>	Capacità del mercato e del progresso tecnico di assicurare la parziale sostituzione delle risorse naturali e il mantenimento del valore totale del capitale <b>Neoclassico (Economia Ambientale)</b>	Capacità del progresso tecnico di trovare modalità produttive più efficienti nell'utilizzo delle risorse naturali entro i limiti della loro riproducibilità <b>Bioeconomico (Economia Ecologica)</b>	Attività economica subordinata ai diritti di tutti gli esseri viventi <b>Economia del baratto e del dono</b>
RAPPORTO ECONOMIA - AMBIENTE				
VALORE DELLA NATURA	<b>Strumentale (valore d'uso)</b>	<b>Strumentale (valore d'uso)</b>	<b>Intrinseco-Strumentale (valore d'opzione)</b>	<b>Intrinseco (valore d'esistenza)</b>
DEFINIZIONE DI SOSTENIBILITA'	ASSENTE	DEBOLE	FORTE	IMPLICITA

Nostra elaborazione da Pearce e Turner, 1991

## Bibliografia di riferimento

- Arrow K., Bert B., Costanza R., Dasgupta P., Folke C., Holling C.S., Jansson B., Levin S., Maler K., Perrings C., Pimentel D. (1995). Economic growth, carrying capacity, and the environment, *Science*, n.268, pp.520-521.
- Costanza R., Cumberland J., Daly H., Goodland R., Norgaard R. (1997). *An Introduction to Ecological Economics*, CRC Press, pp.275.
- Denis H. (1998). *Storia del pensiero economico*, II ed., Mondadori, pp.936.
- Franco S. (2009). Democrazia e sostenibilità ambientale, *AgriRegioniEuropa*, n.19.
- Frey B. S., Stutzer A. (2002) What Can Economists Learn from Happiness Research? *Journal of Economic Literature*, Vol. XL, pp. 402–435
- Halweil B., Mastny L. (2005). *State of the World 2004: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*
- Kratzer N. (2014) GDP, Happiness, and Life Satisfaction, <https://natewkratzer.wordpress.com>
- Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. H. (1972). *The Limits to Growth*, New York, Universe Books; trad. it. *I Limiti allo Sviluppo*, Milano, Mondadori, 1981.
- Munda G. (1997). Environmental Economics, Ecological Economics, and the Concept of Sustainable Development, *Environmental Value*, vol.6, n.2, pp. 213-233.
- New Economics Foundation (2011) *Understanding the Barriers to Raising Population Wellbeing. A report for the Department of Health and Sciencewise-ERC*. London: New Economics Foundation.
- Pearce D.W., Turner K.R. (1991). *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Il Mulino, pp.364.
- Speroni D. (2010). *I numeri della felicità. Dal PIL alla misura del benessere*, Cooper Editore, pp. 284.
- Stiglitz J. E., Sen A.K., Fitoussi J. (2013). *La misura sbagliata delle nostre vite. Perché il PIL non basta più per valutare benessere e progresso sociale*, Rizzoli Etas, pp.160.
- WWF (2018). *Living Planet Report 2018*

## 2. LE RISORSE NATURALI E IL LORO SFRUTTAMENTO

### 2.1 Caratteristiche delle risorse naturali

Per descrivere il ruolo dei sistemi naturali in relazione alla loro utilizzazione nei processi economici e le loro reciproche relazioni è fondamentale introdurre i concetti di stock e flusso.

Uno stock è una quantità esistente in un particolare momento, un flusso è una quantità in un determinato periodo di tempo.

La dimensione di uno stock alla fine di un dato periodo di tempo  $t$  dipende dalla sua consistenza all'inizio del periodo ( $t-1$ ) e dall'entità dei flussi in ingresso e in uscita in tale periodo:

$$\text{Stock finale } (S_t) = \text{Stock iniziale } (S_{t-1}) + \text{afflusso } (A_t) - \text{deflusso } (O_t)$$

In ogni periodo la variazione dello stock è  $S_t - S_{t-1} = A_t - O_t$ , pertanto in un periodo  $t$  lo stock aumenterà se  $A_t > O_t$  e diminuirà se  $A_t < O_t$ .

Molti processi, sia economici che naturali, possono essere analizzati con questo quadro dei flussi in entrata e in uscita dai corrispondenti stock.

Le risorse naturali, che dal punto di vista economico rappresentano beni e servizi che l'ambiente fornisce all'attività umana, sono classificate in vari modi.

La prima distinzione è tra le risorse che esistono nell'ambiente come un flusso e quelle che esistono nell'ambiente come uno stock; la seconda distinzione è tra due classi di risorse di tipo stock: le rinnovabili e le non rinnovabili.

Con riferimento alla prima distinzione, nelle risorse di tipo flusso la quantità utilizzata oggi non ha implicazioni sulla quantità che può essere utilizzata in futuro, al contrario, nelle risorse stock, la quantità utilizzata oggi ha implicazioni sulla disponibilità futura.

Rispetto alla seconda distinzione, per una risorsa non rinnovabile non esiste un tasso di utilizzo che possa essere sostenuto per sempre; al contrario, per una risorsa rinnovabile è possibile individuare dei livelli di uso che possono essere mantenuti senza alterare la consistenza della risorsa stessa.

#### Risorse flusso

Le risorse flusso non si possono accumulare né consumare: la quantità utilizzata oggi non ha implicazioni sulla disponibilità futura.

L'esempio più importante di una risorsa naturale di tipo flusso è rappresentato dalla radiazione solare. Il flusso di radiazione solare in un dato luogo è, approssimativamente, costante in un periodo adeguatamente definito come un anno, indipendentemente dal tasso di utilizzo. Un esempio di utilizzo del flusso di radiazione solare è rappresentato dai

pannelli fotovoltaici per la produzione di elettricità. La quantità di elettricità generata oggi non influenza la quantità di elettricità che può essere generata in un qualsiasi momento in futuro. La quantità giornaliera di radiazione solare che cade sul pannello varia in base alla stagione e alle condizioni meteorologiche ma non viene influenzata dalla quantità di essa che viene convertita in elettricità.

Esiste, ovviamente, un limite superiore alla quantità di elettricità che può essere generata in un giorno, che è determinata dall'intensità della radiazione solare, dalle dimensioni del pannello e dal suo livello di efficienza nella conversione. Va anche considerato che la radiazione solare incidente in un dato luogo può essere utilizzata come input di risorse per un solo scopo: non è possibile coltivare piante su un terreno coperto da pannelli solari, così come i terreni utilizzati per coltivare colture erbacee non possono contemporaneamente produrre legname. Altri esempi di risorse di flusso utilizzabili come possibili fonti energia sono il moto ondoso, il vento, lo scorrimento idrico, la geotermia e le maree.

Anche se la peculiarità delle risorse flusso è che l'intervento dell'uomo in un dato momento può essere considerato ininfluenza sulla disponibilità della risorsa in un periodo successivo, ciò non significa che il maggiore o minore grado di sfruttamento non abbia effetti sull'ambiente: un impianto per la produzione fotoelettrica costituirà comunque un elemento di perturbazione dell'ambiente naturale.

### Risorse stock

Le risorse stock esemplificano la relazione standard fra stock e flussi indicata precedentemente, in cui, in un determinato periodo, l'input/afflusso  $A_t$  è associato alla loro crescita ( $G$ ) e l'output/deflusso  $O_t$  alla loro estrazione ( $E$ ):

$$S_t = S_{t-1} + G_t - E_t$$

In questi termini, le risorse rinnovabili e non rinnovabili si distinguono l'una dall'altra per il fatto che per queste ultime  $G$  è sempre necessariamente zero.

Differentemente da quanto accade per le risorse di tipo flusso, per le risorse stock il grado di sfruttamento incide sulla loro consistenza, sulla disponibilità nei periodi successivi e sul flusso che sono in grado di generare. Quindi, mentre le risorse flusso possono essere considerate inesauribili nell'orizzonte temporale dell'attività umana, le risorse stock possono esaurirsi, anche nel breve termine.

#### Risorse rinnovabili

Le risorse rinnovabili sono caratterizzate dalla loro capacità di rigenerazione e accrescimento, propria del mondo animale e vegetale. È convenzionale riferirsi al flusso estratto dall'uomo in un periodo  $t$  come il raccolto  $E_t$  e alla quantità aggiunta nello stesso periodo come crescita naturale  $G_t^5$ .

---

<sup>5</sup> Un esempio di risorsa rinnovabile è dato dal patrimonio ittico. Se, allo stato attuale, è disponibile un dato numero di milioni di unità, l'attività di pesca indurrà una riduzione di questo numero, con un effetto contrapposto a quello delle nascite. Il risultato potrebbe essere quello di un aumento, di una diminuzione o anche della stazionarietà della disponibilità di pesce nel corso del tempo.

Quando uno stock di risorse rinnovabili viene sfruttato in modo che la raccolta sia sempre uguale all'incremento determinato dalla crescita naturale ( $E_t = G_t$ ), la dimensione dello stock è costante nel tempo: questa situazione è nota come raccolta sostenibile ( $H$ ).

Se  $E_t > G_t$ , il livello di raccolto è insostenibile poiché  $S_t$  è inferiore a  $S_{t-1}$ ; se  $E_t$  è persistentemente più grande di  $G_t$ , allora lo stock di risorse sarà progressivamente raccolto fino all'estinzione.

Al contrario, non è vero che se  $E_t$  è persistentemente più piccolo di  $G_t$ , allora  $S_t$  crescerà indefinitamente; infatti, gli ambienti naturali che supportano le risorse stock rinnovabili hanno un limite superiore alle dimensioni dello stock che possono supportare, la cosiddetta capacità di carico (*carrying capacity*).

Ciò significa che le risorse naturali rinnovabili, anche avendo capacità di rigenerazione, non possono accrescersi all'infinito; arriveranno a un livello massimo compatibile con l'ambiente che le ospita (il loro habitat) e successivamente le variazioni in aumento saranno solo tali da compensare quelle in diminuzione; senza alterazioni dell'habitat, il livello della risorsa si manterrà in equilibrio statico.

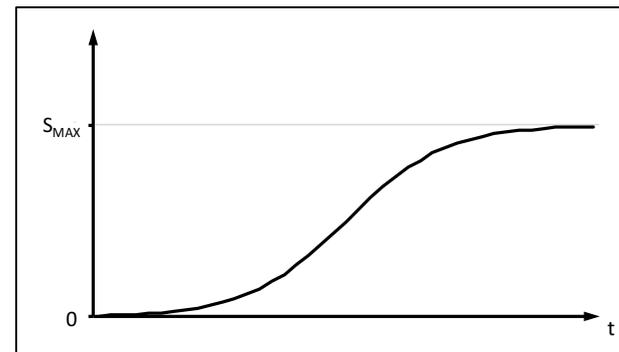
In figura 2.1 è rappresentato il livello  $S$  dello stock di una risorsa rinnovabile in funzione del tempo  $t$ . Partendo dal livello  $S=0^6$ , la quantità inizierà ad aumentare a tassi crescenti fino a che non inizierà a intervenire il vincolo costituito dalla competizione nello sfruttamento dell'habitat; a questo punto il tasso di crescita inizia a diminuire, fino a che la risorsa si assesterà ad un valore  $S_{MAX}$  che identifica il limite associato alla *carrying capacity*.

Questa forma di dinamica dello stock  $S$ , che prende il nome di modello logistico, assume la seguente forma funzionale:

$$S(t) = (S_{MAX} \times S_0 \times e^{gt}) / (S_{MAX} + S_0 (e^{gt} - 1))$$

dove  $g$  è il tasso di crescita della risorsa.

Figura 2.1 - Evoluzione della dimensione delle risorse stock rinnovabili

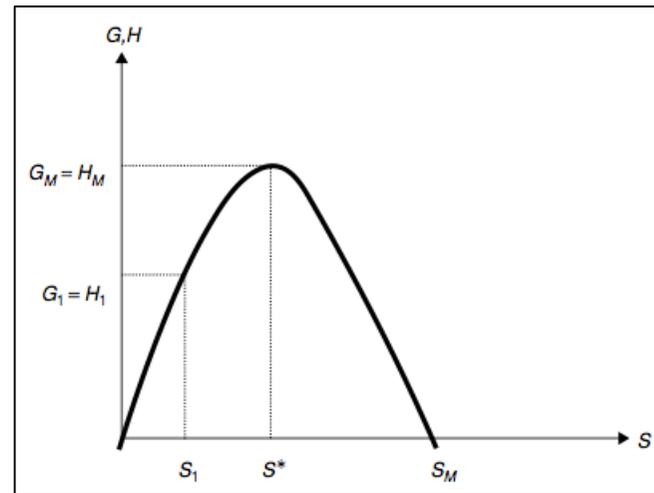


Fonte: Nostra elaborazione

<sup>6</sup> Nella realtà si osserva che, per alcune risorse, esiste anche un limite inferiore allo stock delle risorse rinnovabili al di sotto del quale le stesse non saranno in grado di assicurare un tasso di riproduzione tale da permettere l'accrescimento dello stock, che tenderà spontaneamente all'estinzione. Per semplicità questa situazione non è stata considerata.

La capacità di riprodursi implica che lo sfruttamento della risorsa, entro certi limiti, è compatibile con il suo mantenimento nel lungo periodo; se l'andamento dello stock nel tempo è effettivamente quello descritto in figura 2.1, una riduzione dello stock rispetto al suo livello massimo può portare a un più elevato tasso di crescita della consistenza dello stock stesso<sup>7</sup>. Infatti, partendo dalla variazione della consistenza dello stock, così come rappresentata in figura 2.1, il tasso di crescita della risorsa ( $G$ ) rispetto alla dimensione dello stock  $S$  segue l'andamento mostrato nella figura 2.2. Esso evidenzia come a un livello  $S^*$  inferiore al valore massimo imposto dall'ambiente ( $S_{MAX}$ ) sia associato un tasso di crescita  $G_M$ , che rappresenta la massima produttività "compatibile" della risorsa. Questo vuol dire che, a quel dato livello, la raccolta massima sostenibile nel tempo corrisponde, in percentuale sulla disponibilità globale, esattamente al tasso di crescita  $A$ : la raccolta della risorsa eguaglia il suo accrescimento nell'unità di tempo, e lo stock si mantiene costante. Se lo stock si evolve secondo il modello logistico sopra indicato, il livello  $S^*$  coincide con la metà di  $S_{MAX}$ .

Figura 2.2 – Crescita e raccolta di una risorsa rinnovabile



Fonte: Common e Stagl (2005)

Come mostra la figura 2.2, quando la popolazione è piccola, non sfrutta pienamente il potenziale del suo ambiente e il livello di crescita aumenta con la dimensione della popolazione; tuttavia, il tasso al quale aumenta il livello di crescita diminuisce all'aumentare dello stock. Il livello di crescita raggiunge un massimo a  $G_M$ , corrispondente alla dimensione  $S^*$ ,

<sup>7</sup> Ciò è quanto può accadere, ad esempio, nello sfruttamento di un banco di pesca: con la pesca, la quantità di pesce si riduce, ma la minore competizione per la sussistenza all'interno dei branchi permette un maggior tasso di sopravvivenza alle singole unità, e questo permette il mantenimento della produttività; in conseguenza di uno sfruttamento eccessivo, il banco di pesca può depauperarsi fino a che il numero di unità cala ad un livello tale da procurare danni irreparabili al banco.

per poi diminuire a un ritmo crescente con le dimensioni degli stock, a causa dell'aumento dell'affollamento dell'ambiente e la riduzione di cibo/radiazione solare per individuo. Alla fine la dimensione della popolazione raggiunge un livello  $S_M$  in cui la popolazione sta sfruttando il suo ambiente al massimo e, quindi, la crescita naturale è pari a zero.

Se lo stock viene sfruttato in modo sostenibile, vale a dire prelevando solo la crescita e mantenendo lo stock costante ( $H = G$ ), la curva di  $G$  è anche la curva di  $H$ . Prendendo, per esempio, da una popolazione di dimensioni  $S_1$  un raccolto costante di dimensioni di  $H_1$  pari al tasso di crescita  $G_1$ , lo stock si manterrebbe al livello  $S_1$ .

Ripetendo questo ragionamento, si osserva che il massimo raccolto sostenibile  $H_M$  si ha quando le dimensioni dello stock sono mantenute costanti al livello  $S^*$ .

Se si considera la variazione dello stock fra due periodi  $t$  e  $t-1$ , si osserva che:

$$S_t = S_{t-1} + (g \times ((S_{MAX} - S_{t-1})/S_{MAX}) \times S_{t-1})$$

Nel caso in cui nel periodo considerato vi sia stata una raccolta della risorsa pari a  $H_t$ , si avrà:

$$S_t = S_{t-1} + (g \times ((S_{MAX} - S_{t-1})/S_{MAX}) \times S_{t-1}) - H_t$$

In condizioni di raccolta sostenibile massima, si avrà che lo stock mantiene la sua consistenza invariata alla dimensione  $S_t = S_{t-1} = S^* = S_{MAX}/2$  e che la raccolta potrà essere mantenuta permanentemente ad un livello pari a:

$$H_t = 1/4 \times g \times S_{MAX}$$

Così, ad esempio, ponendo  $S_{MAX}=10$  e  $g=0,4$ , il raccolto massimo sostenibile risulta  $H_t=1$  con una dimensione dello stock che rimane stabile a  $S^*=5$ .

In termini generali, è possibile dimostrare che un basso costo di sfruttamento della risorsa rispetto al prezzo dei prodotti ottenibili dalla risorsa stessa spinge a un livello di sfruttamento insostenibile. In questo caso, se il mercato non è in grado di incorporare nel prezzo i rischi legati alla futura riduzione della risorsa, è necessario l'intervento dell'autorità pubblica che, attraverso strumenti di tipo fiscale o regolativo, riporti lo sfruttamento della risorsa entro limiti sostenibili.

Per analizzare il ruolo del fattore tempo nei processi di sfruttamento efficiente delle risorse può essere utile fare riferimento all'esempio delle riserve ittiche.

Immaginiamo che nelle condizioni attuali la quantità di pesce disponibile sia  $S_0$  e che tale stock sia caratterizzato da un tasso di accrescimento annuo pari ad  $a$ ; ciò significa che l'anno successivo la quantità dello stock disponibile è pari a:  $S_1 = S_0 (1+a)$ . Se il prezzo attuale del pesce è  $p_0$  e la variazione percentuale di prezzo nell'anno successivo è stimata pari a  $b$  (che può essere positiva, negativa o nulla), il valore economico dello stock nell'anno successivo sarà:  $p_1 S_1 = p_0 (1+b) S_0 (1+a)$ . Questo rappresenta il valore futuro dello stock attuale di pesce, per cui converrà posticipare la raccolta all'anno successivo se il ricavo attualizzato dello stock futuro è superiore al ricavo attuale, vale a dire se:

$$p_0 (1+b) S_0 (1+a) / (1+r) > p_0 S_0$$

Dividendo entrambi i membri dell'equazione per  $p_0 S_0$  e moltiplicandoli per  $(1+r)$  si ottiene:

$$1 + r < (1 + b) (1 + a) \quad \text{da cui} \quad r < b(1 + a) + a$$

Se, ad esempio,  $a=5\%$  e  $b=-2\%$ , allora si avranno le seguenti situazioni:

- se  $r < 2,9\%$  allora sarà conveniente raccogliere l'anno successivo;
- se  $r > 2,9\%$  allora sarà conveniente raccogliere quest'anno.

In generale, tassi di sconto elevati, in presenza di bassi livelli di accrescimento e prezzi stabili o in diminuzione, comportano una maggior convenienza allo sfruttamento immediato. Detto in altri termini: assegnato in base ai rendimenti di attività alternative un tasso di sconto  $r$ , se una risorsa naturale ha un tasso di riproduzione basso, le forze di mercato spingeranno comunque verso un suo sfruttamento eccessivo con il progressivo esaurimento della risorsa stessa.

Per quanto detto finora, l'estinzione delle risorse naturali è riconducibile a diverse cause:

- Il costo di raccolta della risorsa è relativamente basso;
- lo sconto applicato nelle decisioni di sfruttamento della risorsa è elevato;
- una condizione di libero accesso alle risorse.

A queste si aggiungono altre cause, quali:

- le risorse naturali rinnovabili presentano un grado di interdipendenza, per cui lo sfruttamento di una può influire negativamente su un'altra e causarne l'estinzione;
- sebbene molte risorse abbiano un prezzo pari a zero, e quindi non siano sfruttate direttamente, accade che venga sottoposto a sfruttamento il loro habitat: la deforestazione finalizzata ad un'utilizzazione agricola del suolo comporta il pericolo di estinzione di varie specie;
- nelle decisioni di sfruttamento, il prezzo di mercato corrisponde a quello espresso in corrispondenza della richiesta di consumo di una certa quantità della risorsa, e non al valore (d'opzione o intrinseco) assegnato alla sua conservazione.

Come si vede, solo alcune cause sono riconducibili a scelte di massimizzazione del profitto nello sfruttamento di una risorsa; altre sono da ricollegarsi a esternalità negative, in quanto lo sfruttamento di una risorsa incide su altre risorse per le quali non viene pagato un prezzo.

Le preoccupazioni determinate dallo sfruttamento eccessivo delle risorse naturali dipendono dal fatto che non si conosce l'effetto del loro esaurimento sui trend evolutivi; se pure si può ammettere che la scelta di rinunciare a una risorsa naturale possa essere opportuna all'interno di un'analisi economica ottimizzante, le riserve su tale opportunità sorgono quando si prendono in considerazione valori d'opzione o intrinseci e se si ammettono le nostre scarse conoscenze sulle possibili conseguenze di natura biologica. Queste ultime possono avere un notevole rilievo dal punto di vista economico per diversi motivi:

- la perdita potrebbe riguardare specie vegetali o animali da cui è possibile ricavare sostanze e materiali utili per l'uomo;
- la biodiversità ha un valore nell'attività agricola e zootecnica; l'impoverimento del patrimonio genetico causa danni all'attività economica per malattie e cali di rendimento;
- le specie viventi, all'interno delle complesse relazioni che si instaurano negli ecosistemi, svolgono funzioni di sostegno alla vita; molte di queste si sviluppano con meccanismi non ancora noti.

Sebbene sia possibile concepire, a livello logico, che la sostituzione delle risorse naturali con il capitale prodotto possa ovviare ad alcuni di questi problemi, una buona ragione per indurre alla cautela è data dalla scarsa conoscenza e, soprattutto, dall'irreversibilità dei fenomeni di estinzione.

### Risorse non rinnovabili

Per le risorse non rinnovabili la crescita naturale ( $G_t$ ) è zero<sup>8</sup>, quindi  $S_t = S_{t-1} - E_t$ . Se  $E_t$  è maggiore di zero,  $S_t$  sarà inferiore a  $S_{t-1}$ . Dato che lo stock iniziale di qualsiasi risorsa non rinnovabile è finito, non esiste un tasso di estrazione costante che possa essere mantenuto per sempre. Per le risorse non rinnovabili, a differenza delle rinnovabili, non esiste un raccolto sostenibile diverso da zero. Per questo motivo le risorse non rinnovabili sono talvolta denominate "esauribili"; tuttavia, come notato sopra, le risorse rinnovabili possono essere anch'esse esaurite estraendo costantemente più della loro crescita naturale.

Le risorse non rinnovabili sono distinte in due tipologie: i minerali e i combustibili fossili.

Le scorte di minerali esistono come risultato di processi geologici che operano sui materiali abiotici presenti alla creazione del pianeta. Esistono due ampie classi di minerali: i metallici e i non-metallici. I primi sono i minerali che possono essere trasformati in metalli, ad esempio la bauxite (alluminio), il minerale di ferro (ferro e acciaio) e il rame. I non-metallici includono i minerali usati, ad esempio, nell'edilizia (sabbia, ghiaia, argilla), come input per la produzione di sostanze chimiche (vari sali), come fertilizzanti (fosfato) e come materia prima per la produzione di vetro (silice, feldspato).

Le scorte di combustibili fossili sono il risultato di processi geologici che hanno operato su quello che un tempo era il tessuto vivente di organismi biologici. I combustibili fossili - petrolio, gas e carbone - sono utilizzati prevalentemente, ma non esclusivamente, come fonte di input energetico per scopi produttivi e domestici. Nella maggior parte delle moderne economie industriali la combustione di combustibili fossili è la fonte di oltre l'80% dell'energia consumata. I combustibili fossili sono anche usati dalle industrie chimiche come materie prime nella produzione di una vasta gamma di prodotti. Quando i combustibili fossili vengono bruciati per fornire energia, non possono essere riciclati; quando invece sono utilizzati come materie prime, il riciclaggio è possibile.

Un caso particolare è quello dell'uranio che, pur essendo un minerale, è utilizzato per produrre energia attraverso il processo di fissione nucleare.

La relazione sul tasso di sconto valutata per le risorse rinnovabili, in questo caso, dato che  $a=0$ , diventa semplicemente diventa  $b=r$ ; ciò significa che il progressivo sfruttamento delle risorse non rinnovabili (ovvero non tutto immediato e non tutto posticipato) richiede che la variazione del loro prezzo sia pari al tasso di sconto<sup>9</sup>.

In questa relazione, come d'altronde in quella vista in precedenza, non sono stati considerati i costi di raccolta/estrazione della risorsa; qualora questi vengano inclusi nella valutazione, il prezzo della risorsa ( $p$ ) è dato dal prezzo di mercato del

---

<sup>8</sup> Rigorosamente, l'affermazione  $G$  è sempre zero è vera solo per i tempi di interesse umano. Nel tempo geologico, vengono creati nuovi stock di risorse non rinnovabili.

<sup>9</sup> Questa è chiamata "regola di Hotelling" dal nome dell'economista Harold Hotelling che la enunciò nel 1931 dopo aver effettuato studi sull'economia del settore minerario.

prodotto estratto ( $p$ ) meno il costo di estrazione ( $C$ ). Indicando con  $b'$  la variazione di tale prezzo, si ha che la condizione di equilibrio è espressa da  $b'=r$ .

La differenza tra prezzo di mercato e costo di estrazione è chiamata *royalty*, con riferimento al diritto del sovrano a ricevere il pagamento di una rendita per lo sfruttamento delle risorse minerarie. Il valore della *royalty* tende a crescere in virtù dell'aumento della scarsità della risorsa; il processo di estrazione, che ne riduce la disponibilità, deve essere tale da implicare una variazione  $b'$  che soddisfi l'equazione precedente.

Anche se l'argomento verrà affrontato più in dettaglio nel capitolo 5, appare opportuno chiederci come si ponga la questione della sostenibilità del sistema economico rispetto al fenomeno dell'esauribilità delle risorse non rinnovabili: un'economia basata su risorse non rinnovabili, infatti, dovrebbe essere comunque insostenibile. Solow, nel 1974, e Stiglitz, nel 1979, hanno provato a dimostrare che è possibile mantenere costante, in termini reali, il livello dei consumi se è soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

1. l'elasticità di sostituzione<sup>10</sup> tra il capitale naturale (le risorse naturali utilizzate nella produzione) ed il capitale prodotto dall'uomo è maggiore di uno;
2. l'elasticità di sostituzione è pari all'unità, e la quota di capitale prodotto impiegato nella produzione del PIL è maggiore della quota di capitale naturale;
3. l'innovazione tecnologica è tale da bilanciare l'effetto del tasso di sconto.

Allo stesso modo, Hartwick, in un suo lavoro del 1977, sostiene che, se le rendite dovute per lo sfruttamento della risorsa non rinnovabile vengono investite in accumulazione di capitale, sotto certe condizioni è possibile che si generi un livello di consumi pro capite costante, sempre che la popolazione non cresca nel tempo.

Appare evidente come queste condizioni facciano riferimento ad una definizione debole della sostenibilità, la quale, come si è accennato nel primo capitolo e come si approfondirà più avanti, richiede il mantenimento di uno stock totale di capitale (naturale + prodotto dall'uomo) costante.

## 2.2 Assorbimento dei rifiuti

Dato che l'attività economica comporta l'estrazione dall'ambiente naturale degli input di risorse, segue, dalla legge di conservazione della materia, che essa implica anche l'inserimento nell'ambiente naturale dei rifiuti derivanti dalle attività di produzione e di consumo. Per rifiuto intendiamo, in termini generali, un sottoprodotto indesiderato dell'attività economica.

Il flusso di un rifiuto nell'ambiente viene definito emissione o scarico. Così, ad esempio, il fumo proveniente da un camino industriale è uno scarico che comporta un flusso di emissioni nell'atmosfera di un certo numero di tonnellate/ora.

---

<sup>10</sup> L'elasticità di sostituzione consiste nella variazione percentuale di un fattore necessaria per compensare una variazione percentuale unitaria di un altro fattore; tale valore dipende dalla funzione di produzione e dall'attuale composizione degli input utilizzati.

Si definisce invece inquinamento un qualsiasi cambiamento chimico o fisico nell'ambiente dovuto all'emissione di rifiuti nocivi per qualsiasi organismo vivente. Dato che non tutte le emissioni di rifiuti danneggiano l'ambiente, ha senso riservare il termine di inquinante solo per i rifiuti che producono un tale effetto.

Una volta nell'ambiente, i flussi di rifiuti possono accumularsi come stock.

Mantenendo la lettera  $S$  per rappresentare le dimensioni di uno stock di rifiuti e indicando con  $W_t$  il flusso di rifiuti durante il periodo  $t$  e con  $D_t$  la riduzione delle dimensioni dello stock in virtù dei processi ambientali durante lo stesso periodo, si ottiene la consueta relazione:

$$S_t = S_{t-1} + W_t - D_t$$

Spesso si presume che la quantità con cui i processi ambientali riducono le dimensioni dello stock sia proporzionale alla dimensione dello stock stesso, ovvero  $D_t = d \times S_{t-1}$ , dove  $d$  è un parametro con un valore compreso tra 0 e 1, in modo che  $D_t$  si trova nell'intervallo fra 0 (per  $d=0$ ) e  $S_{t-1}$  (per  $d=1$ ). In seguito a questa assunzione si ha:

$$S_t = S_{t-1} + W_t - (d \times S_{t-1})$$

Per  $d=0$  (rifiuto perfettamente persistente) si ha che  $S_t = S_{t-1} + W_t$ ; per cui, partendo con uno stock pari a zero all'inizio del primo anno, dopo  $t$  anni si avrà  $S_t = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_t$  con lo stock di rifiuti dato dalla somma di tutti i flussi annui di rifiuti.

All'altro estremo, per  $d=1$  (rifiuto non cumulativo),  $S_t = S_{t-1} + W_t - S_{t-1} = W_t$  e quindi una situazione in cui i rifiuti non si accumulano mai da un periodo all'altro.

La maggior parte delle situazioni di accumulo dei rifiuti è caratterizzata da un valore intermedio del parametro  $d$ , il quale dipende sia da natura e quantità del rifiuto, sia dalle caratteristiche dell'ambiente ricevente.

Quest'ultima affermazione può essere chiarita attraverso un esempio relativo a un lago che riceve degli scarichi. Ci sono due modi in cui i rifiuti immessi possono scomparire: un trasporto fisico fuori dal lago e la trasformazione biochimica all'interno del lago stesso. Per alcuni rifiuti, come i metalli pesanti, il secondo modo non funziona e il valore di  $d$  dipende esclusivamente dalla natura fisica del sistema lacustre; se il sedimento del lago è poco disturbato e rimane per un lungo periodo, allora per tali rifiuti  $d$  sarà prossimo a zero. Per i rifiuti organici, il trasporto fisico e la trasformazione biochimica sono entrambi rilevanti e, in determinate condizioni,  $d$  potrebbe anche avvicinarsi molto al valore unitario.

Una parte dei rifiuti scaricati nell'ambiente non causano inquinamento, inteso come un cambiamento chimico o fisico dannoso per gli organismi viventi; ciò accade o perché i rifiuti non hanno la capacità di nuocere o perché i rifiuti potenzialmente nocivi sono resi innocui dai processi che operano nell'ambiente.

Vi sono però dei processi che operano in direzione opposta, amplificando l'impatto inquinante di alcune tipologie di rifiuti. Un primo caso riguarda alcuni rifiuti tossici rilasciati nell'ambiente che non passano attraverso i corpi degli animali che li ingeriscono, ma vengono incorporati in alcune parti del loro tessuto corporeo. I predatori di questi animali ingeriscono, insieme alla preda, anche quei materiali tossici. In genere, i predatori nel corso della loro vita consumano molte prede e tutto il materiale tossico in esse incorporato viene accumulato nel loro tessuto. I predatori vengono poi mangiati da altri

predatori e lungo la catena alimentare la concentrazione del materiale tossico nel tessuto di un individuo aumenta progressivamente fino all'ultimo carnivoro della catena, che talvolta è proprio l'uomo.

Un altro caso riguarda la combinazione di due o più materiali di scarto che interagiscono nell'ambiente per produrre un inquinante che è più dannoso della semplice somma del danno che verrebbe causato da ciascuno di essi. Un esempio di tale sinergia è lo "smog" che è una combinazione di nebbia e fumo dovuta alla combustione di carbone in presenza di una prolungata inversione di temperatura. L'anidride solforosa rilasciata nella combustione del carbone e intrappolata nello smog riduce l'efficienza con la quale i contaminanti vengono liberati dai polmoni; ciò consente a più particelle di fumo di entrare nei polmoni causando maggiori danni. L'episodio più famoso si è verificato a Londra negli anni '50 ed è stata la prima volta in cui è stata definitivamente stabilita una relazione fra la presenza di smog e un incremento della mortalità.

## Bibliografia di riferimento

Common M, Stagl S. (2005). *Ecological Economics. An Introduction*, Cambridge University Press

Costanza R., Cumberland J., Daly H., Goodland R., Norgaard R. (1997). *An Introduction to Ecological Economics*, CRC Press, pp.275.

Daly H. E. (2001). *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizioni di Comunità, Torino.

Dasgupta P., Heal G. M. (1979). *Economic theory and exhaustible resources*, Cambridge, Cambridge University Press.

Hartwick J.M. (1977). Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible Resources, *American Economic Review*, n.66, pp.972-974.

Hotelling H. (1931). The Economics of Exhaustible Resources. *The Journal of Political Economy*, Vol. 39, n. 2., pp.137-175.

Pearce D.W., Turner K.R. (1991). *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Il Mulino, pp.364.

Solow R. (1974). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, n.41, pp.29-46

Stiglitz G., (1979). *A Neoclassical Analysis of Natural Resources*, in Smith, V.K., *Scarcity and Growth Reconsidered*, Baltimora, Johns Hopkins University Press.

### 3. PRINCIPI DI ECONOMIA AMBIENTALE

#### 3.1 Premessa - La teoria delle esternalità

Il sistema di mercato concorrenziale, considerato efficiente nell'allocazione di risorse caratterizzate da un prezzo, non riesce a guidare le imprese verso un uso efficiente delle risorse ambientali che, solitamente, non hanno un prezzo. Si viene così a determinare un fallimento del mercato derivante dal fatto che nelle decisioni sul livello di utilizzo delle risorse naturali le imprese tengono conto solamente del prezzo di mercato, il quale non include le conseguenze del depauperamento della risorsa stessa. Infatti, quando un'impresa sfrutta e degrada una risorsa ambientale si crea un danno che è necessario valutare.

Poiché l'economia ambientale, come si è visto nel primo capitolo, trova il suo paradigma di riferimento nell'economia neoclassica, tale valutazione avrà una connotazione esclusivamente monetaria e considererà l'ambiente solo per il suo valore strumentale senza invece considerarne il valore d'opzione e il valore intrinseco.

Per questa ragione il danno apportato all'ambiente viene riportato alla sola dimensione antropica andandone a valutare il costo per la società. Prendendo in considerazione questi costi "esterni" sarà possibile determinare il livello di produzione che concilia la ricerca del massimo profitto dell'impresa che produce l'impatto ambientale con un livello economicamente tollerabile del danno sociale.

Un classico esempio di questa situazione si verifica quando l'attività produttiva svolta da un agente economico produce una qualche forma di inquinamento. Nell'analisi economica, l'inquinamento, e il degrado ambientale più in generale, dipendono sia da qualunque effetto fisico, chimico e biologico sull'ambiente, sia da una sua conseguenza sull'uomo, che ne comporta una perdita di benessere. Tale perdita rappresenta, per gli individui e per la società, un particolare tipo di costo che può gravare (tutto o in parte) su soggetti estranei alla causa di tale fenomeno.

L'emissione di sostanze inquinanti si configura come lo sfruttamento di un fattore produttivo non retribuito: ciò in quanto l'ambiente fornisce un servizio con il suo assorbimento di tali emissioni. Se queste avvengono in misura eccessiva rispetto alla capacità di smaltimento, si verifica un fenomeno di degrado che può avere effetti di tipo strettamente economico; si pensi, ad esempio, al caso di un'industria che scarica rifiuti in un fiume provocando un rilascio di inquinanti nell'acqua che causano la morte di parte del patrimonio ittico, determinando un danno economico per i pescatori a valle.

In questo caso, si dice che l'attività inquinante genera un costo esterno o un'*esternalità negativa*<sup>11</sup>. Nel caso in cui i pescatori vengano compensati per la loro perdita dall'industria che ha provocato il danno, il costo esterno viene annullato e l'esternalità viene *internalizzata*.

---

<sup>11</sup> Al contrario, l'impiego di un suolo per la riforestazione destinata al taglio sostenibile del legname può produrre benefici alla collettività, collegati alla difesa dall'erosione dei suoli, riduzione degli ossidi di carbonio, aumento della fauna, incremento della produzione apicola: in questi casi si hanno economie esterne o esternalità positive.

Quindi, si è in presenza di un'esternalità negativa se un'attività condotta da un soggetto provoca una perdita di benessere ad un altro soggetto e tale perdita di benessere non viene valutata e compensata<sup>12</sup>. In altri termini, affinché si abbia un'esternalità, devono sussistere entrambe le seguenti condizioni:

- *interdipendenza* (l'attività economica di produzione o di consumo influisce sui livelli di produzione di altri produttori o di utilità di altri consumatori);
- *non valutazione* (l'effetto non è né valutato né compensato, e quindi non si riflette nei prezzi del mercato).

Da notare che entrambe le condizioni sono necessarie per l'esistenza di un'esternalità; infatti, se la perdita di benessere viene valutata e compensata dall'agente che ha prodotto l'esternalità stessa, il suo effetto viene internalizzato e il costo sociale azzerato.

L'economia ambientale si occupa solo dei casi in cui si verificano delle esternalità vere e proprie, cioè che non vengono compensate.

A questo riguardo va considerato che, in conseguenza dei principi fisici di conservazione della materia e dell'energia, ogni tipo di attività economica genera un qualche impatto sull'ambiente. Si può affermare, allora, che è impossibile eliminare la generazione di esternalità da parte delle attività economiche: può quindi essere oggetto di analisi il livello ottimale di impatto e come tale livello possa essere effettivamente raggiunto.

### 3.2 Livello ottimale di esternalità

Esiste un solo prezzo ( $P^*$ , il prezzo di equilibrio del mercato) in corrispondenza del quale la quantità del bene che i produttori desiderano offrire è pari alla quantità del bene che i consumatori desiderano comprare. Tale prezzo (che, nell'ipotesi di concorrenza perfetta, rappresenta per un'impresa una variabile esogena) rimane costante al crescere della produzione e rappresenta il ricavo marginale ( $RM$ ) – ossia il ricavo supplementare derivante dalla produzione di un'ulteriore unità di prodotto.

Il ricavo totale ( $RT$ ), dato dalla quantità prodotta per il prezzo, cresce linearmente al crescere della produzione.

I costi totali sostenuti dall'impresa per la produzione si possono dividere in due categorie: *costi fissi* e *costi variabili*. Mentre i costi fissi non variano al variare della quantità dei beni prodotti, i *costi variabili*, che sono direttamente legati alla realizzazione dei prodotti, crescono all'aumentare della quantità prodotta.

Il costo marginale, ovvero il costo sostenuto dall'impresa per la produzione di un'ulteriore unità di prodotto, è rappresentato dal solo costo variabile marginale ( $CVM$ ), dato che i costi fissi sono indipendenti dal livello produttivo.

A differenza del  $RM$ , il  $CVM$  dipende dal quantitativo prodotto, in quanto la produttività dei fattori non è costante al variare della produzione. In particolare, in una prima fase di espansione della produzione si registra un aumento della

---

<sup>12</sup> In termini più generali si può affermare che un'esternalità è presente ogniqualvolta le funzioni di utilità o di produzione di un individuo A includono variabili non monetarie i cui valori dipendono da scelte fatte da altri soggetti senza considerare gli effetti sul benessere di A (Baumol e Oates, 1988).

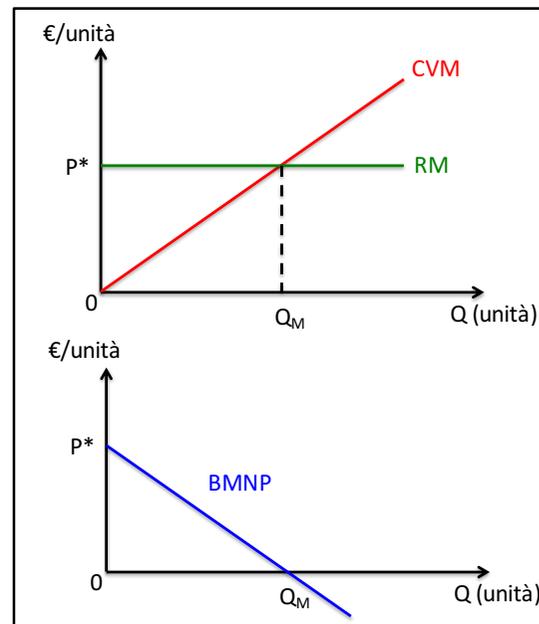
produttività, e quindi dei *CVM* decrescenti, successivamente, oltre un certo livello produttivo, i *CVM* tendono invece ad aumentare. Tuttavia, dato che l'impresa fisserà sempre la propria produzione a un livello corrispondente a *CVM* crescenti, spesso si adotta la convenzione di semplificare la rappresentazione della curva *CVM*, ignorando la parte decrescente iniziale e linearizzando la parte crescente.

Il profitto (marginale) che l'impresa ottiene da una singola unità di bene prodotto è pari alla differenza fra il ricavo generato da tale bene (*RM*) e il costo necessario a produrlo (*CVM*).

Ricordando che l'obiettivo dell'imprenditore è rappresentato dalla massimizzazione dei profitti, l'impresa aumenterà la sua produzione fino al punto in cui l'ulteriore unità prodotta contribuisce a generare profitti, ovvero fino a quando *RM* è maggiore di *CVM*. In altri termini, l'impresa spingerà il livello produttivo fino al punto ( $Q_M$ ) in cui il profitto marginale è nullo; in corrispondenza di questo punto, noto come livello di produzione ottimale, il suo profitto totale sarà massimo.

Tenendo conto della semplificazione nella rappresentazione dei *CVM* e definendo il profitto marginale come beneficio privato marginale netto (*BMNP*), si ottengono le rappresentazioni mostrate in figura 3.1, dalle quali si ricava il livello di produzione ottimale  $Q_M$ .

Figura 3.1 - Il livello ottimale della produzione (ottimo privato)



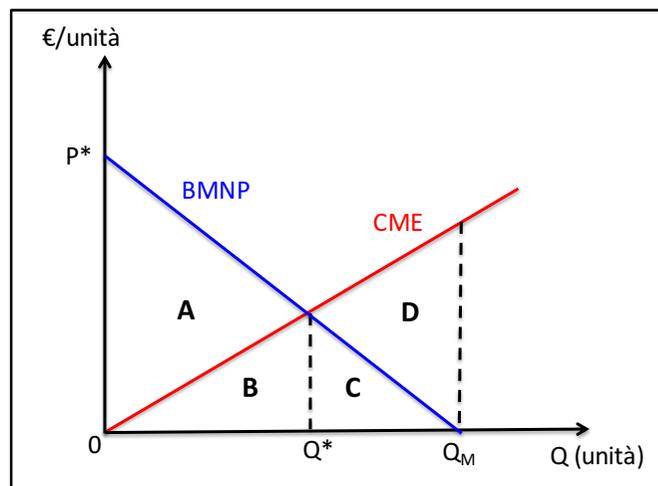
Fonte: Nostra elaborazione

Facendo riferimento alla seconda rappresentazione di figura 3.1, la curva dei benefici marginali netti privati (*BMNP*) – ottenuta come differenza fra  $P^*$  (equivalente a *RM*) e *CVM* – indica la variazione di profitto derivante da una

variazione unitaria di produzione. Ovviamente i profitti totali, che sono rappresentati dall'area sotto la curva  $BMNP$ , sono massimi solo quando  $BMNP=0$ .

Considerato che ogni attività economica, e in particolare le attività produttive, generano delle esternalità negative, è opportuno interrogarsi su quale sia il livello ottimale di tali esternalità, da un punto di vista strettamente economico. A questo scopo è utile fare riferimento a una costruzione grafica nella quale vengono riportati i valori monetari di benefici privati e i costi sociali, entrambi in termini marginali, in funzione del livello di produzione  $Q$  da parte dell'impresa che genera l'esternalità (figura 3.2).

Figura 3.2 - Il livello ottimale di esternalità



Fonte: Nostra elaborazione

I benefici privati marginali ( $BMNP$ ) – corrispondenti ai profitti marginali – sono ottenuti come illustrato in figura 3.1. La curva  $CME$  rappresenta il costo marginale esterno, ossia il valore del danno sociale causato dall'esternalità generata dall'impresa in corrispondenza del livello produttivo di  $Q$  unità<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> La retta  $CME$  indica il costo aggiuntivo relativo alle diseconomie esterne procurate da un incremento unitario della produzione; in questo esempio è linearmente crescente al crescere di  $Q$ , il che sottintende che il costo totale delle diseconomie esterne cresce in misura più che proporzionale rispetto all'aumento del livello della produzione che le genera. Questo non è necessariamente legato a un aumento più che proporzionale delle emissioni in termini fisici; in altre parole, possiamo immaginare che raddoppiando il prodotto di un'attività industriale, le emissioni inquinanti crescano in misura anche inferiore al doppio; d'altra parte, le accresciute emissioni di sostanze inquinanti possono invece indurre effetti in misura superiore al doppio. Ciò accade nel caso di superamento di soglie critiche; il rilascio di sostanze nocive al di sotto di una soglia può provocare dei casi di reazione patologica, ma il suo superamento comporterà un aumento di casi eccedente l'incremento delle sostanze inquinanti.

Per massimizzare il profitto, il soggetto produttore sceglierà di aumentare il suo output fino a che il profitto marginale è positivo; oltre non avrà convenienza, perché un ulteriore incremento ridurrà i profitti totali. In figura la scelta del produttore è indicata con  $Q_M$ . Questa rappresenta una situazione di ottimo nel caso non ci siano diseconomie esterne generate dalle esternalità, come invece accade nel caso che stiamo esaminando.

La società, infatti, sta sostenendo dei costi legati all'attività di produzione dell'impresa. Se questi vengono presi in considerazione, l'obiettivo della massimizzazione diventa la differenza tra i profitti ed i costi da diseconomie esterne<sup>14</sup>.

Per  $Q=0$  abbiamo che il profitto legato alla produzione di un'unità supera il costo esterno e quindi ci sarà convenienza a produrre quell'unità; ciò continua a essere vero fino a quando un'ulteriore unità di prodotto assicura un profitto marginale  $PM$  superiore al corrispondente costo marginale  $CME$ ; finché sussistono queste condizioni, ci sarà convenienza ad espandere la produzione. Ciò resta valido fino al punto  $Q^*$  in cui un'unità aggiuntiva di prodotto porta a un aumento del profitto inferiore all'incremento del costo esterno.

Da questo punto in poi la differenza tra costi e profitti inizierà a diminuire. Ciò è rappresentato dalla differenza tra l'area compresa tra le due rispettive curve e l'asse delle ascisse. Nel punto di ottimo  $Q^*$  si ha la massima differenza tra profitti ( $A+B$ ) e costi ( $B$ ), corrispondente alla superficie del triangolo contrassegnato con  $A$ .

Aumentando la produzione da  $Q^*$  a  $Q_M$  il costo totale delle esternalità aumenta in misura pari alla superficie del trapezio  $C+D$ , mentre i profitti totali aumentano solo di  $C$ .

Se, ad esempio, si considera come esternalità l'inquinamento derivante dall'attività produttiva di un'impresa, il livello ottimale di inquinamento corrisponde alla produzione  $Q^*$  cui è associato un danno economico sociale dato dall'area  $B$  (livello ottimale di esternalità).

Quindi, ricapitolando:

- Per  $Q=0$  (assenza di produzione) si ha la situazione ambientalmente ottimale;
- Per  $Q=Q_M$  si ha il livello di produzione che genera il valore massimo dei benefici privati ( $A+B+C$ ), ma anche un livello di esternalità (costo sociale) pari a  $B+C+D$ . Nell'insieme, il beneficio sociale netto (cioè il beneficio complessivo del produttore e della collettività) è uguale a  $A+B+C-B-C-D=A-D$ , evidentemente minore di  $A$  che indica il beneficio sociale netto quando l'attività produttiva è fissata in  $Q^*$ . Ciò viene indicato dicendo che il livello di esternalità  $C+D$  è "Pareto rilevante", dal momento che la sua eliminazione porta ad un miglioramento (paretiano), cioè ad un guadagno netto in termini dei benefici sociali.
- Per  $Q=Q^*$  si ha il livello di produzione socialmente ottimale; ricordando che  $BMNP = RM - CMV$ , che costo marginale di produzione del prodotto  $CM$  è pari a  $CVM$  e che  $RM$  è uguale al prezzo  $P^*$ , si ha  $BMNP = P^* - CM$ ; ma, nella situazione di ottimo,  $BMNP = CME$  e quindi  $CME = P^* - CM$ , ovvero  $P = CM + CME$ . Il secondo termine rappresenta il costo marginale sociale ( $CMS$ ) dell'attività che produce l'esternalità e, di conseguenza, la condizione di uguaglianza tra prezzo del prodotto e costo marginale sociale è la condizione di ottimo paretiano in presenza di esternalità ( $P = CMS$ ).

<sup>14</sup> L'analisi proposta è basata sull'ipotesi che colui che inquina e colui che subisce l'inquinamento abbiano uguale peso, ossia i guadagni o le perdite di una parte non sono valutati più di quelli dell'altra.

### 3.3 Il raggiungimento del livello ottimale delle esternalità

Si è dunque dimostrato che un livello socialmente ottimale di attività economica non coincide con l'ottimo privato se ci troviamo in presenza di esternalità. Tuttavia, l'analisi descritta nel paragrafo precedente ha mostrato come si possa individuare un livello di produzione  $Q^*$  corrispondente a un livello di esternalità negative ottimale da un punto di vista economico.

La questione che pone l'economia ambientale è capire come il sistema economico possa raggiungere tale livello ottimale. Per rispondere a tale esigenza sono state individuate diverse soluzioni, alcune basate su meccanismi di mercato, altre per le quali appare invece necessaria una qualche forma di intervento da parte dell'autorità pubblica.

Nel primo caso, anche se i mercati non possono garantire la quantità ottima di esternalità, essi possono muoversi spontaneamente verso quella direzione senza che sia necessaria un'esplicita regolamentazione. Questa idea, espressa per la prima volta in un saggio di Ronald Coase, si basa su un approccio negoziale nel quale, come si vedrà al punto A, chi produce l'esternalità e chi la subisce trovano un accordo che, almeno in linea teorica, conduce alla condizione di ottimo.

Nella pratica, per le ragioni che saranno illustrate, accade però che sia necessario l'intervento di un'autorità che può mettere in campo degli strumenti basati su aspetti economici (*tasse, sussidi e permessi trasferibili*) o su azioni di comando e controllo (*standard*). L'approccio basato sulle tasse verrà presentato al punto B, mentre quello che prevede la definizione di standard al punto C. Lo strumento dei permessi trasferibili, che richiama la prospettiva dell'adozione degli standard, sarà infine presentato al punto D.

Va chiarito che la riduzione delle esternalità potrebbe avvenire anche attraverso sussidi, in particolare mirati alla sostituzione delle tecnologie attualmente impiegate con altre a minore impatto ambientale; un effetto collaterale del sussidio, però, è quello di ridurre il prezzo di offerta del prodotto, il che può comportare un'espansione della produzione per soddisfare una domanda più elevata e, di conseguenza, un aumento dell'attività inquinante maggiore della riduzione ottenuta con l'impiego di tecnologie più efficienti. Per questa ragione, lo strumento dei sussidi non verrà trattato.

#### A. Approccio di mercato: il teorema di Coase

L'economista Ronald Coase, in un saggio del 1960, sostenne che, se è vero che i mercati possono non garantire il raggiungimento del livello ottimale di diseconomie esterne, essi possono comunque tendervi spontaneamente senza che si renda necessaria una regolamentazione da parte dell'autorità di politica economica. In particolare, Coase ha dimostrato che *“se i soggetti interessati ad un problema di esternalità sono pochi, se i costi di transazione di un negoziato sono ridotti e se i diritti di proprietà<sup>15</sup> dell'uso della risorsa sono chiari e ben definiti, il risultato del negoziato porterà ad una allocazione ottima senza intervento di terzi e indipendentemente dal diritto di proprietà sulla risorsa”*.

---

<sup>15</sup> Un diritto di proprietà, in questa accezione, non si riferisce tanto al possesso di un bene quanto piuttosto alla possibilità del suo utilizzo. I diritti di proprietà possono essere privati, ossia posseduti da pochi soggetti facilmente identificabili, oppure comuni, quando l'uso della proprietà in questione è detenuto dall'insieme di più soggetti. Più precisamente, i beni si possono classificare in base alle due proprietà di Escludibilità e

In altri termini, se si è in grado di stabilire una negoziazione tra chi genera l'esternalità e chi la subisce, indipendentemente da chi detiene i diritti di proprietà, questa condurrà alla condizione che rappresenta il livello socialmente ottimale di attività economica ( $Q^*$ ).

Come primo caso consideriamo che il titolare del diritto di proprietà sia il soggetto colpito dalle diseconomie, ad esempio il titolare di una concessione per l'impiego ittico o balneare di un bacino idrico che viene danneggiato da un'impresa che vi immette scarichi inquinanti. In questo caso, il danneggiato ha il diritto a ottenere dalla controparte l'eliminazione del danno oppure un congruo pagamento compensativo. Sfruttando i diritti di proprietà, i danneggiati possono esigere un risarcimento, che, se corrisposto, ha l'effetto di internalizzare le diseconomie, integrandole all'interno della funzione di produzione. In questo caso, il procedimento massimizzante analizzato nel paragrafo precedente viene effettivamente svolto dal produttore: nel programmare il livello di output dell'impresa, egli terrà in considerazione il costo degli indennizzi, pari a quello sostenuto dalla collettività per effetto delle diseconomie esterne, fissando la produzione al livello socialmente ottimale.

Colui che subisce l'inquinamento chiederà che non ci sia inquinamento ( $Q=0$ ) e, poiché possiede i diritti di proprietà, prevarrà la sua posizione. Tuttavia, osservando la figura 3.3, se le parti possono negoziare sul livello di esternalità, potrebbero spostarsi verso il punto  $Q_1$ : l'inquinatore otterrebbe come profitto totale l'area  $OabQ_1$ , mentre l'inquinato perderebbe l'area  $OcQ_1$ , ma, poiché l'area  $OabQ_1$  è maggiore dell'area  $OcQ_1$ , c'è spazio per una negoziazione. Così, l'inquinatore può offrire una compensazione maggiore rispetto all'area  $OcQ_1$  e minore rispetto all'area  $OabQ_1$ . Dopo tale compensazione l'inquinatore avrà ancora un profitto netto e chi subisce l'inquinamento sarebbe in una condizione economica più vantaggiosa in quanto ottiene un risarcimento maggiore del danno rappresentato dall'area  $OcQ_1$ . Si vede quindi come, a seguito di tale negoziazione, entrambe le parti sono in una condizione migliore e, pertanto, il beneficio (economico) complessivo aumenta. Tali considerazioni possono essere ripetute per tutti gli spostamenti a destra da  $Q_1$  fino a  $Q^*$ . Se si oltrepassa il punto  $Q^*$ , i benefici netti dell'inquinatore diventano inferiori ai costi subiti dall'inquinato, pertanto colui che genera l'inquinamento non può più compensare colui che subisce l'inquinamento. Di conseguenza, il punto di arrivo del negoziato tra le parti corrisponde con il livello di attività socialmente ottimale  $Q^*$ .

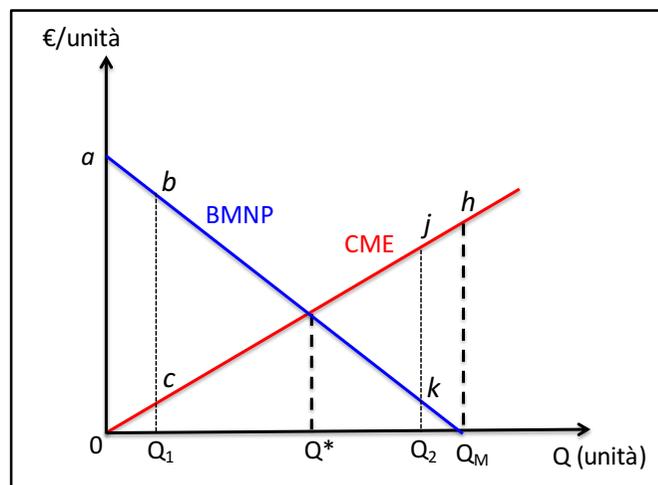
Poniamo ora il caso che la titolarità dei diritti di proprietà appartenga al soggetto che genera l'esternalità, il quale partirà da un livello produttivo ottimale pari a  $Q_M$ . In questo caso chi subisce l'inquinamento avrà convenienza a procedere a una transazione con l'inquinatore, spingendolo a limitare l'attività produttiva, compensando la conseguente perdita di profitto. Riducendo, ad esempio, la produzione al livello  $Q_2$ , l'inquinato può compensare l'inquinatore con un valore superiore alla perdita ( $Q_MkQ_2$ ) dato che la sua riduzione di costo è pari a  $Q_MhjQ_2$ . Quindi, se le due parti giungono a un accordo per

Rivalità, come illustrato nella tabella che segue:

	Consumo escludibile	Consumo non escludibile
Consumo rivale	<b>Beni privati</b>	<b>Beni comuni</b>
Consumo non rivale	<b>Beni a pedaggio</b>	<b>Beni pubblici</b>

ridurre la produzione, il processo di negoziazione proseguirà fino a che non si arriva al livello  $Q^*$ , a sinistra del quale il costo marginale delle diseconomie esterne è superato dal costo della compensazione a cui il produttore avrebbe diritto. Anche in questo caso, quindi, il punto di arrivo del negoziato tra le parti corrisponde con il livello di attività socialmente ottimale.

Figura 3.3 - Teorema di Coase



Fonte: Nostra elaborazione

Il teorema di Coase, che dimostra come sia possibile prescindere dalla regolamentazione pubblica delle esternalità, è stato oggetto di numerose critiche; non a caso, infatti, si può osservare come nella realtà la transazione prevista avvenga molto raramente.

Tralasciando tutti i limiti legati alle ipotesi di base del teorema, prima fra tutti quella della concorrenza perfetta, sulla base del quale viene calcolato il livello ottimale di esternalità e, quindi, il risultato atteso della negoziazione, le principali critiche riguardano due ordini di argomenti.

Il primo aspetto è legato all'esistenza dei cosiddetti costi di transazione, i quali rappresentano i costi necessari a far incontrare le parti, a organizzare i soggetti che subiscono l'esternalità (che sono spesso localizzati lontano gli uni dagli altri e difficili da identificare) e a condurre il processo di negoziazione. Tali costi, che in generale tendono a scoraggiare l'avvio del processo, se assumono una consistenza tale da superare i benefici che il processo stesso potrebbe generare determinano come situazione ottimale quella in cui non si realizza alcuna negoziazione.

Una seconda ragione per la quale il teorema di Coase trova scarsa applicazione nella realtà è legata alla difficoltà di individuare le parti interessate nella transazione. Tale difficoltà è originata da diversi aspetti:

1. mancanza di informazioni: gli individui possono non essere al corrente delle cause che originano le esternalità, anche perché spesso è effettivamente difficile stabilire le relazioni causali a livello fisico, chimico e biologico;

2. molte sostanze che producono inquinamento rimangono nell'ambiente per lunghi periodi di tempo e possono danneggiare le risorse per anni con effetti sulle generazioni future, ciò comporta che ancora non esistono gli individui che possano negoziare rispetto al danno subito e, comunque, non risulta facile riuscire a rappresentarli adeguatamente in fase di negoziazione;
3. per le proprietà comuni, può accadere che vi sia una titolarità solo a livello collettivo e che, quindi, non sia agevole individuare gli attori del negoziato.
4. alcune imprese inquinanti potrebbero minacciare di avviare un'attività al solo scopo di ottenere una compensazione a fronte di una rinuncia fittizia.

Di conseguenza, l'esistenza dei costi di transazione, da un lato, e la difficoltà di individuare le parti che possano condurre la negoziazione, dall'altro, giustifica la necessità dell'azione dello Stato, il cui intervento può consentire di raggiungere la situazione ottimale individuate in precedenza.

#### B. Approccio regolamentativo - Tasse

Una seconda risposta al quesito su come arrivare a livelli di esternalità (inquinamento, degrado, ...) economicamente ottimali prevede l'intervento diretto dello Stato nel fissare un obiettivo e costringere il mercato a raggiungerlo attraverso lo strumento fiscale. Tale soluzione è stata proposta nel 1920 da Arthur C. Pigou e, per questa ragione, tale strumento è noto come *tassa pigouviana*<sup>16</sup>.

A livello teorico, l'autorità potrebbe fissare una *tassa*  $t^*$  su ogni unità prodotta in modo da ridurre il profitto marginale dell'impresa inquinante ad un valore pari alla differenza tra il prezzo e la somma derivante fra costo marginale e *tassa*. La *tassa*  $t^*$  dovrebbe quindi essere fissata ad un livello pari al costo marginale esterno (*CME*) in corrispondenza della quantità di output ottimale  $Q^*$ ; in questo modo, in corrispondenza di tale livello, si annulla il profitto marginale e il produttore non ha convenienza a spingersi oltre (figura 3.4).

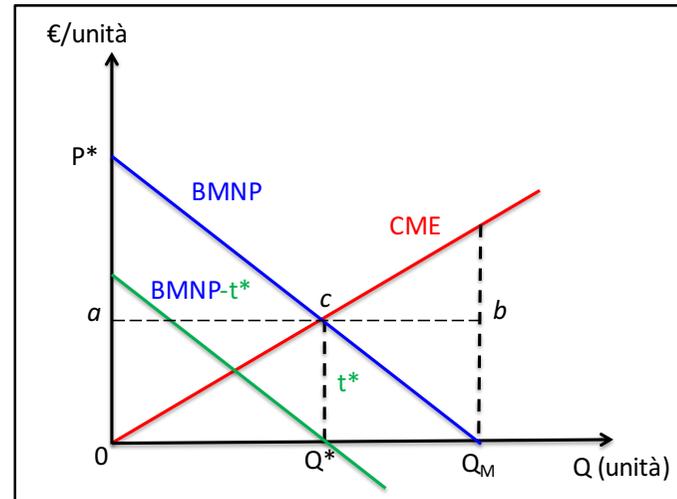
Se l'inquinatore continua a produrre al livello  $Q_M$  deve pagare all'erario una *tassa* complessiva per l'inquinamento pari all'area del rettangolo  $OabQ_M$ . Qualora l'impresa scelga di ridurre la produzione al livello  $Q^*$ , non pagherà le imposte relative dell'area  $Q^*cbQ_M$  ma dovrà comunque pagare le imposte  $OacQ^*$  benché ora abbia un livello produttivo corrispondente al livello ottimale di inquinamento. Sembra allora che l'impresa sia penalizzata due volte, una perché è costretta a ridurre la produzione da  $Q_M$  a  $Q^*$  e l'altra perché deve pagare la *tassa* sulla quantità prodotta, pur producendo il livello ottimale di esternalità. La correttezza di questa affermazione dipende dall'allocazione dei diritti di proprietà: se l'impresa non possiede alcun diritto sulle risorse che subiscono l'esternalità, allora la *tassa* sull'inquinamento  $OacQ^*$  è un pagamento per l'utilizzo di una proprietà che appartiene ad altri (ad es. lo Stato); se invece l'impresa possiede il diritto di proprietà sui beni ambientali, allora la *tassa* si rivela iniqua.

Va notato, inoltre, che la *tassa* impone un costo che, in condizioni ottimali, è doppio rispetto a quello delle esternalità; infatti, l'imposizione sul produttore dell'esternalità è pari all'area del rettangolo che ha la base  $O-Q^*$  e l'altezza  $t^*$ , mentre il costo totale delle esternalità è pari all'area del triangolo con le medesime dimensioni.

---

<sup>16</sup> Oggi questo tipo di interventi tendono ad essere identificati con il nome di *pollution charges* (tasse sull'inquinamento).

Figura 3.4 Tasse e livello ottimale di inquinamento



Fonte: Nostra elaborazione

Le tasse ambientali hanno molti pregi: utilizzano i meccanismi di mercato per stabilire un prezzo per i beni ambientali, garantiscono un risultato ottimale se sono noti costi dei danni e di riduzione dell'esternalità, sono efficaci in termini di costo e possono incoraggiare le imprese a ridurre il proprio carico fiscale installando sistemi per la riduzione o il controllo delle esternalità conseguenti alla loro attività.

Ciononostante, nella realtà le tasse sull'inquinamento rappresentano l'eccezione anziché la regola e, anche nei rari casi in cui sono effettivamente applicate, la loro formulazione ha poco a che fare con la teoria sopra descritta. Ciò dipende da diverse ragioni.

La principale è legata al fatto che l'autorità, per fissare con precisione il livello  $t^*$  della tassa ottimale, dovrebbe conoscere sia la funzione di costo delle diseconomie esterne, sia la funzione di profitto (o, nel caso i soggetti inquinanti non siano delle imprese, del beneficio prodotto dai beni/servizi che generano le esternalità da ridurre). Molti economisti e operatori preposti al controllo dell'inquinamento ritengono che sia assai difficile stimare le funzioni di danno e che, anche se potessimo essere certi di alcune stime, sarebbe possibile trovare altri esperti che proporrebbero stime diverse, creando le condizioni per lunghi contenziosi.

C'è da considerare, poi, che la regolamentazione dell'inquinamento ha assunto proporzioni sempre maggiori a partire dalle prime leggi in difesa della salute collettiva, formulate quando l'unico meccanismo di controllo dell'inquinamento consisteva nella regolamentazione diretta, basata su standard e sostenuta da controlli e pene per i trasgressori.

Le tasse, quindi, rappresentano una novità nell'ambito delle politiche di controllo dell'inquinamento, il che non è sempre ben accolto dagli organi preposti alla regolamentazione, soprattutto quando non c'è evidenza dell'inadeguatezza del

sistema di regolamentazione in vigore.

Inoltre, come si è visto, ragionando in termini di diritti di proprietà, la tassa potrebbe colpire i titolari di tali diritti, i quali dovrebbero piuttosto avere un risarcimento per la riduzione di produzione.

Infine, va considerato come, a livello di politica economica, sia impopolare proporre nuove tasse, soprattutto in un settore, come quello imprenditoriale, che continua a chiedere riduzioni del carico fiscale.

### C. Approccio regolamentativo - Standard

La fissazione di uno standard ambientale è un intervento alternativo per la limitazione delle esternalità, in particolare per le emissioni di sostanze inquinanti, e avviene mediante la definizione di un limite fisico (indicando, per esempio, la quantità massima di una sostanza per metro cubo di aria o acqua, o di decibel di rumore) stabilito in base a qualche criterio connesso alla salute dell'uomo.

Proprio per questa ragione, molto raramente uno standard è in grado di determinare una soluzione economicamente efficiente e, quindi, un livello ottimale di esternalità. D'altro canto, anche se si decidesse di stabilire uno standard di livello ottimale, sarebbero comunque necessarie le stesse informazioni richieste per la definizione della tassa pigouviana.

Per funzionare, il meccanismo deve prevedere un'opera di controllo del rispetto dello standard, nonché una sanzione in caso di inosservanza. La definizione degli standard richiede quindi la presenza di una qualche agenzia di monitoraggio che controlli l'attività dell'inquinatore e che abbia il potere di imporre una multa in caso di infrazione; se così non fosse, l'unico incentivo per l'inquinatore a rispettare lo standard sarebbe legato alla sua coscienza sociale. Gli standard, quindi, sono sempre associati a delle sanzioni per gli inquinatori che non li rispettano e, inoltre, tali sanzioni devono non rendere conveniente il superamento della soglia.

Con riferimento alla figura 3.5, viene fissato uno standard  $S$  pari a un livello di inquinamento  $R_S$  e, per spingere le imprese al rispetto di tale standard, viene fissata una multa pari a  $M$ . Il rispetto dello standard porta l'impresa a produrre fino al livello massimo consentito  $Q_S$ , che è inferiore a quello ottimale  $Q^*$ <sup>17</sup>.

Può accadere, come nel caso mostrato in figura 3.5, che la multa  $M$  si riveli inefficiente; all'impresa, infatti, può convenire produrre fino a  $Q_B$  perché la multa complessiva fino a  $Q_B$  è minore dei benefici netti derivanti dall'attività inquinante. D'altro canto, l'inquinatore non andrà oltre  $Q_B$  in quanto una quantità maggiore di inquinamento implicherà una multa superiore ai benefici marginali netti.

Inoltre, va considerato che in molti casi il monitoraggio delle attività inquinanti è difficile e comunque molto oneroso. I costi amministrativi necessari per definire e gestire un sistema basato sugli standard ambientali sono in genere alti: devono essere condotte ricerche per individuare correttamente i livelli da fissare, ci deve essere un sistema di monitoraggio e deve essere predisposto e realizzato un sistema di sanzioni per chi trasgredisce lo standard stesso.

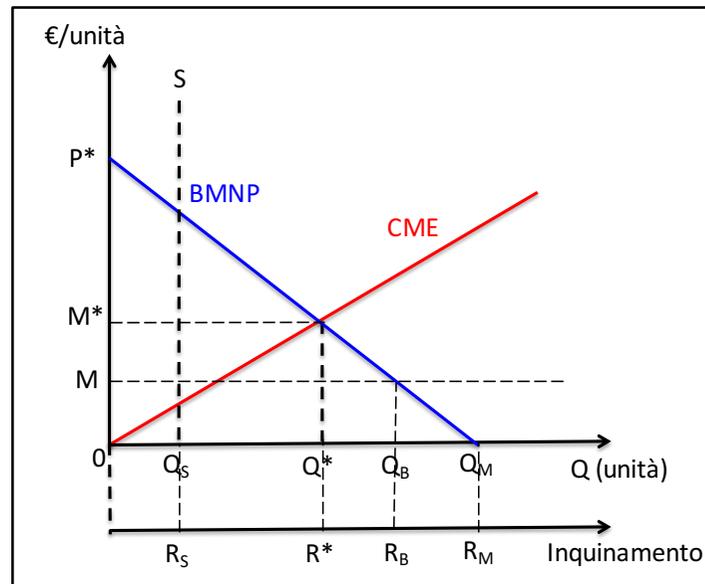
L'inquinatore, quindi, non confronta il beneficio netto dell'attività che produce inquinamento con l'ammontare della sanzione, quanto piuttosto con il costo della multa moltiplicato per la probabilità di incorrere nella multa stessa: quanto

---

<sup>17</sup> Ovviamente, lo standard potrebbe essere fatto coincidere con l'ottimo, a patto che quest'ultimo sia identificabile attraverso la conoscenza delle funzioni BMNP e CME, un problema che, come si è visto, è comune all'imposizione di una tassa.

più la probabilità di subire la sanzione è minore di 1, tanto più alto sarà il livello di produzione (e inquinamento) che, pertanto, supererà  $Q_B$  allontanandosi ulteriormente dal punto di ottimo. Se ne conclude che, affinché uno standard sia ottimale, la multa dovrebbe essere di entità pari a  $M^*$  e che la multa stessa abbia probabilità uguale a uno di essere imposta a chi trasgredisce lo standard.

Figura 3.5 - Standard e inquinamento ottimale



Fonte: Nostra elaborazione

In caso di applicazione di uno standard, l'impresa non ha nessun incentivo a ridurre l'inquinamento oltre quanto stabilito dallo standard poiché non va incontro ad alcuna sanzione qualora rispetti lo standard stesso. Può essere, però, desiderabile, sotto il profilo sociale, incoraggiare gli inquinatori ad investire in tecnologie che consentano di ridurre l'inquinamento ad un costo più basso: nell'approccio in termini di standard questo incentivo non esiste, mentre, come si è visto, con una tassa l'inquinatore paga sempre (anche qualora produca solo la quantità socialmente ottimale) e quindi ha un incentivo ad investire in tecnologie sostenibili che consentano di evitare di pagare la tassa stessa.

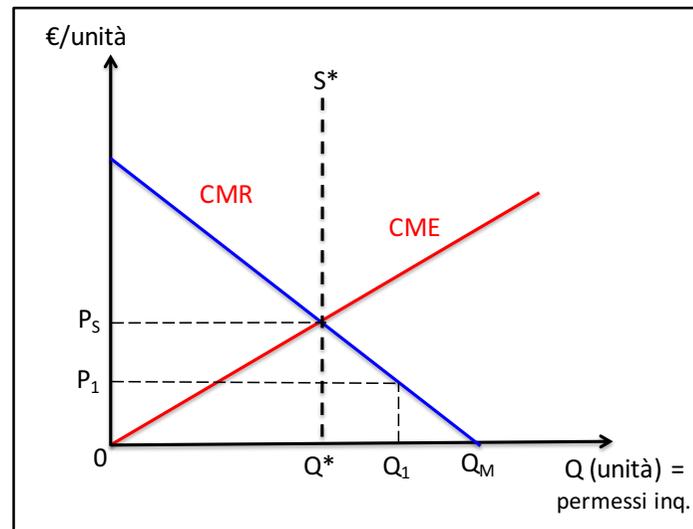
Per tutte le ragioni citate, l'approccio basato sugli standard viene considerato poco efficace. Vi è solo un caso in cui l'applicazione di uno standard è ritenuta preferibile a una tassa ed è quando la sostanza inquinante è così pericolosa da richiedere un totale divieto del suo utilizzo. In tali circostanze abbiamo una curva  $CME$  verticale, rappresentativa del fatto che i costi marginali esterni associati all'uso della sostanza inquinante sono infiniti; in questo caso lo standard è insostituibile, in quanto non avrebbe senso definire una tassa per un'attività che non deve essere comunque svolta.

#### D. I permessi negoziabili

I permessi di inquinamento sono stati teorizzati nel 1968 da Dales; il funzionamento di questo strumento è simile a quello dello standard, in quanto l'autorità regolatrice deve individuare una quantità ottimale di emissioni, il cui raggiungimento viene ottenuto con il rilascio di permessi, per i quali esiste un mercato in cui possono essere acquistati e venduti. Quindi, come nel caso della definizione di uno standard, viene permesso solo un certo livello di emissioni di sostanze inquinanti; tuttavia, mentre la definizione di uno standard termina a questo punto, i permessi di inquinamento sono negoziabili, nel senso che possono essere acquistati e venduti.

La figura 3.6 illustra gli elementi essenziali del funzionamento dei permessi negoziabili; la curva *CMR* rappresenta la curva dei costi marginali di riduzione dell'inquinamento che corrisponde alla funzione *BMNP* nell'ipotesi in cui il solo modo di diminuire l'inquinamento consiste nella riduzione della produzione, mentre sull'asse orizzontale sono indicati il livello di emissioni e il numero di permessi, nell'ipotesi in cui un permesso di emissione è associato a ciascuna unità prodotta.

Figura 3.6 - Funzionamento dei permessi negoziabili



Fonte: Nostra elaborazione

Se le autorità cercano di raggiungere un ottimo paretiano devono emettere  $Q^*$  permessi il cui prezzo ottimale è  $P_S$ ; in queste condizioni la curva di offerta dei permessi  $S^*$  è una retta verticale di ascissa  $Q^*$ . In corrispondenza del prezzo del permesso  $P_1$  l'inquinatore acquisterà  $Q_1$  permessi, perché è più conveniente ridurre l'inquinamento da  $Q_M$  a  $Q_1$  che acquistare i permessi; a sinistra di  $Q_1$ , invece, è più conveniente acquistare i permessi che ridurre l'inquinamento: *CMR* rappresenta, quindi, la curva di domanda dei permessi.

Il sistema dei permessi negoziabili, associato a un meccanismo di vendita all'asta degli stessi, garantisce, almeno a livello teorico, la fissazione di un prezzo efficiente degli stessi; la possibilità di scambio premia gli operatori dotati di tecnologia più efficiente, che possono cedere i permessi sul mercato a un prezzo superiore al costo della riduzione delle emissioni. Contrariamente alla tassa pigouviana, questo strumento permette di correlare la quantità di emissioni alla potenzialità dei recettori; in altre parole, in zone nelle quali l'ambiente garantisce una maggior capacità di smaltimento sarà possibile rilasciare una maggior quantità di permessi e, d'altra parte, questi potranno essere limitati dalla presenza eccessiva di altre sostanze inquinanti. Inoltre, il meccanismo consente la chiara definizione delle possibili alternative per il soggetto produttore, chiamato ad assumere decisioni sulle strategie più efficienti per la riduzione delle sostanze inquinanti.

Nella realtà esistono diversi tipi di permessi negoziabili:

- *Ambient Permit System (APS)*: permessi che definiscono la quantità di sostanze inquinanti che possono essere presenti in corrispondenza di determinate aree ricettrici e della relativa necessità di abbattimento, quindi non necessariamente ovunque uguali. Con questo tipo di sistema, i permessi devono essere ottenuti sul mercato come permessi in corrispondenza del punto ricettore, con la conseguenza che lo scambio non avverrà sulla base di uno a uno, ma bisognerà scambiare i permessi sulla base del numero di permessi richiesto per permettere un dato livello di concentrazione dell'inquinamento in corrispondenza del punto ricettore. Ciascun inquinatore quindi, può trovarsi di fronte mercati troppo complessi secondo i diversi punti ricettori, e di conseguenza prezzi differenti.

- *Emission Permit System (EPS)*: permessi che vengono emessi in relazione alla fonte di emissioni e non strettamente collegati con gli effetti prodotti sulle aree ricettrici. In una determinata regione o zona, l'inquinatore avrebbe un solo mercato in cui trattare e un unico prezzo, che è il prezzo per il permesso di emettere sostanze inquinanti in quella regione: lo scambio dei permessi è su base di uno a uno.

- *Pollution Offset (PO)*: permessi che definiscono un limite alle emissioni e valgono per un'area circoscritta. Lo scambio avviene all'interno di un'area definita ma non sulla base di uno a uno; inoltre lo Standard deve essere rispettato in corrispondenza di tutti i punti ricettori. Il valore di scambio dei permessi, viene determinato dagli effetti che le sostanze inquinanti esercitano in corrispondenza dei punti ricettori. Il sistema *PO* combina le caratteristiche dell'*EPS* – i permessi sono definiti in termini di emissioni e non avviene alcuno scambio al di fuori dell'area stabilita – e dell'*APS* – il tasso di scambio dei permessi è definito dagli effetti delle emissioni inquinanti sui punti ricettori circostanti.

L'*APS* presenta alcune ovvie complicazioni per gli inquinatori, ma è estremamente complesso anche sotto il profilo amministrativo per le autorità regolamentatrici. D'altro canto, anche l'*EPS*, per quanto sia più semplice, non evita alcuni problemi, in quanto, non discriminando in base ai punti ricettori, è improbabile che riesca a distinguere le fonti sulla base dei danni provocati e, di conseguenza, risulterà inefficiente. In secondo luogo, è probabile che ogni area subisca una concentrazione dell'inquinamento in alcune piccole zone specifiche – i cosiddetti punti caldi – dove i livelli di concentrazione superano lo standard: poiché l'*EPS* è basato sulle emissioni che avvengono su un'area più vasta, non riuscirà a tenere conto della violazione dello standard in tutti i punti. La ridefinizione dell'area, in modo da far rientrare il punto caldo all'interno di una zona più piccola, alla quale poi riapplicare lo standard, equivale a trasformare l'*EPS* nell'*APS*, con i connessi problemi di molteplicità di mercati e prezzi messi prima in evidenza. L'*ESP* inoltre funziona sulla base di uno scambio uno ad uno all'interno di una zona definita, mentre non avviene alcuno scambio al di fuori di quella

zona: con l'*APS* si tiene conto di tutti i punti ricettori, mentre con l'*EPS* si potrebbero produrre dei danni al di fuori dell'area in questione e tali danni sarebbero destinati ad essere ignorati. Tali limiti sembrano potere essere superati dal sistema dei *PO*.

In definitiva, gli *APS* permettono una sintonia fine tra obiettivi e strumenti, nel senso che in ogni zona possono essere autorizzate emissioni in modo da raggiungere risultati diversi; d'altra parte, il mercato dei permessi può diventare troppo frazionato ed anche la gestione dei permessi può diventare eccessivamente complicata per l'autorità politica. Gli *EPS* sono più semplici da gestire e la loro omogeneità rende unico il mercato dei permessi; d'altra parte difficilmente possono aver efficacia in microzone in cui si concentrano maggiormente le fonti di emissione. Nella realtà, l'*APS* è praticamente irrealizzabile mentre l'*EPS* è effettivamente impiegato, anche se gli studi sui confronti con gli strumenti alternativi forniscono indicazioni contrastanti. Infine, per i sistemi *PO* non sono state ancora diffuse verifiche empiriche.

Nonostante la difficoltà di implementazione, il sistema dei permessi presenta diversi vantaggi rispetto alle altre modalità possibili per il controllo delle esternalità.

Un primo aspetto riguarda l'efficacia dei permessi in termini di costo: gli inquinatori che hanno bassi costi di riduzione dell'inquinamento troveranno relativamente più facile ridurre l'inquinamento che acquistare i permessi, mentre accadrà il contrario per gli inquinatori con costi di riduzione più elevati. Poiché gli inquinatori hanno costi differenti di riduzione dell'inquinamento, emerge automaticamente un mercato nel quale gli inquinatori con bassi costi vendono i permessi e quelli con costi più elevati li acquistano. Offrendo agli inquinatori la possibilità di scambiare i permessi, il costo totale di riduzione dell'inquinamento viene minimizzato rispetto alla definizione di uno standard.

Supponiamo che nel settore entrino nuovi inquinatori; le autorità, se desiderano mantenere lo stesso livello complessivo di inquinamento, manterranno costante l'offerta di permessi con la conseguenza che il prezzo dei permessi salirà. I nuovi entranti acquisteranno i permessi se appartengono a settori con costi di riduzione elevati; diversamente, tenderanno ad investire in sistemi di controllo dell'inquinamento: ancora una volta il sistema dei permessi minimizza il costo totale di riduzione dell'inquinamento.

Se, per qualche ragione, le autorità ritengono opportuno ridurre il livello del controllo dell'inquinamento, possono emettere nuovi permessi. Se, invece, ritengono che lo Standard precedente debba essere inasprito, esse stesse possono entrare nel mercato e, acquistando alcuni permessi, ridurre il numero totale. Il sistema dei permessi, quindi, lascia aperta la possibilità di modificare gli Standard con relativa facilità: l'autorità regolatrice sarebbe semplicemente coinvolta in operazioni di mercato, al pari di una Banca Centrale che acquista e vende titoli per influenzarne il prezzo.

Un altro aspetto interessante dei permessi è che il loro mercato è veramente libero, chiunque può acquistarli. Un gruppo di pressione ambientalista, ad esempio, interessato ad abbassare il livello complessivo di inquinamento, potrebbe entrare nel mercato e, acquistando i permessi, ritirarli dal mercato o addirittura distruggerli. Questa soluzione sarebbe efficiente perché rifletterebbe l'intensità della preferenza per il controllo dell'inquinamento, in quanto regolata dalla disponibilità a pagare sul mercato. Il pericolo insito in questa idea è che un governo potrebbe reagire in maniera ostile ad una situazione nella quale il livello di inquinamento giudicato ottimale, o, per lo meno, accettabile venisse modificato da persone che non sono d'accordo con esso, ossia il governo potrebbe emettere nuovi permessi ogni qualvolta il gruppo ambientalista acquistasse i permessi stessi.

### 3.4 Il valore dei beni ambientali

La valutazione economica delle variabili ambientali è oltremodo complessa; infatti, il concetto di valore è difficilmente collegabile all'ambiente e alle sue risorse; non siamo abituati a ragionare in termini di prezzo quando consideriamo aspetti quali la bellezza dei paesaggi, delle specie animali, della biodiversità e, più in generale, della natura. Più semplice, almeno in teoria, è quantificare le risorse ambientali in termini fisici; tuttavia, questa forma di valutazione presenta scarsa utilità in una prospettiva di economia ambientale la quale, come abbiamo visto, basa tutte le sue analisi su comparazioni monetarie in cui entrano in gioco costi e benefici legati all'utilizzo delle risorse naturali.

Dato che le implicazioni legate allo sfruttamento delle risorse vengono valutate in termini di benefici (profitti) che il loro utilizzo a fini produttivi fornisce ai soggetti economici, è necessario riuscire ad attribuire un valore alle risorse stesse (valore d'uso), in modo tale che possano essere condotte delle comparazioni basate su unità di misura omogenee<sup>18</sup>.

La necessità dell'economia ambientale di assegnare un valore monetario alle risorse naturali si scontra, nella gran parte dei casi, con l'assenza di mercati che consentano di stimare una domanda e, di conseguenza, osservare un prezzo.

Discorso analogo vale per il degrado ambientale; per decidere se, ad esempio, è economicamente efficiente il fatto che un'attività produttiva possa aumentare la quantità di agenti inquinanti in un corso d'acqua, è necessario confrontare il potenziale incremento dei profitti con la perdita di valore che andrebbe a subire il corso d'acqua stesso.

Nella determinazione del valore economico delle risorse naturali, e dei beni ambientali in generale, vanno considerati i diversi aspetti che possono contribuire alla sua determinazione. Come si è visto nel capitolo 2, le possibili modalità di assegnare un valore (non strettamente monetario) alle risorse naturali sono tre.

Una prima componente è rappresentata dal valore d'uso, legato all'utilizzo effettivo della risorsa o del bene ambientale; questa componente, data la sua intrinseca natura economica, è la più semplice da esprimere in termini monetari.

La seconda componente è legata al valore d'opzione: questo è legato alla possibilità che la risorsa possa fornire un beneficio in conseguenza di un eventuale utilizzo futuro; qui la situazione è senza dubbio più complessa, in quanto l'attribuzione di un valore monetario presuppone la conoscenza di quelli che saranno le preferenze e i criteri di assegnazione del valore delle generazioni future. Infatti, poiché il benessere di una società è influenzato, oltre che dalle variabili economiche e sociali, dal livello di conservazione o di degrado dell'ambiente, non è facile quantificare (oggi e, a maggior ragione, nel futuro) tale influenza.

L'ultima componente, che non è legata ad alcun tipo di utilizzazione/fruizione da parte degli individui, è identificata con il valore d'esistenza, per il quale, come è facile comprendere, è, di fatto, arbitraria qualunque modalità di assegnazione del valore monetario.

---

<sup>18</sup> Se si considerano i diversi approcci per il raggiungimento del livello ottimale delle esternalità presentati nel precedente capitolo, si può notare come la condizione di efficienza (rappresentata dal livello produttivo  $Q^*$ ) sia ottenuta da un confronto fra i profitti del produttore e il costo sociale legato all'utilizzo della risorsa naturale impiegata nel processo produttivo, dove quest'ultima, per definizione, è espressa in termini monetari.

Tuttavia, come si è avuto di argomentare nel capitolo 2, l'approccio dell'economia ambientale, in quanto strettamente legato al paradigma neoclassico, considera il valore della natura e delle sue risorse esclusivamente in relazione alla loro funzione produttiva e, quindi, in termini di valore d'uso.

### I metodi di valutazione

Per i beni oggetto di scambio sul mercato è facile assistere alla determinazione del prezzo ed è possibile anche la definizione della relativa domanda, sotto forma di funzione del prezzo stesso. Quest'ultima costituisce, a sua volta, una descrizione approssimativa della funzione di utilità, per gli individui, del bene stesso. In assenza di tali mercati, misurare tale domanda (e tale utilità) è molto complesso.

In molti casi gli individui potrebbero essi stessi non conoscere l'utilità di un bene; per esempio, buona parte delle sostanze inquinanti è sconosciuta ai più, così come lo sono i loro effetti sul nostro organismo.

È verosimile, quindi, che non sia possibile valutare quanto sia utile per la salute dei cittadini l'abbattimento di una certa percentuale della quantità di una sostanza inquinante nell'aria; però, conoscendo il rapporto funzionale tra la presenza di tale sostanza e il numero di casi di persone colpite da malattie a essa collegate, la valutazione di tale utilità diviene più semplice. In questo caso, quindi, possiamo o tentare di stimare direttamente l'utilità (il valore) della riduzione dell'agente inquinante, oppure misurare sperimentalmente l'utilità collegata alla riduzione del numero dei malati, vale a dire il valore economico della prevenzione dalle malattie.

Generalizzando questo esempio, è quindi possibile individuare due approcci per la valutazione dei beni ambientali: il primo basato su metodi diretti in cui si cerca di ricostruire la funzione di domanda, l'altro su metodi indiretti in cui non si fa ricorso a una funzione di domanda.

Gli approcci basati sulla funzione di domanda fanno ricorso alle preferenze espresse o alle preferenze rivelate.

Le *preferenze espresse* sono ricostruite con metodi sperimentali che, attraverso interviste mirate, consentono di pervenire a una misurazione dell'utilità che, a sua volta, permette di compilare una scheda di richiesta di un certo bene; aggregando tali schede si risale a una curva di domanda.

Le *preferenze rivelate* vengono invece misurate nei cosiddetti mercati surrogati. L'utilità di un bene, per esempio, può riflettersi in quella di un altro bene; se entrambi sono oggetto di scambio, questo può far sorgere fenomeni di complementarità o di *trade-off* tra la domanda di un bene e quella dell'altro. Nel caso uno dei due non sia scambiabile su un mercato, il secondo potrà mostrare, nella determinazione del prezzo, l'effetto dell'utilità del primo.

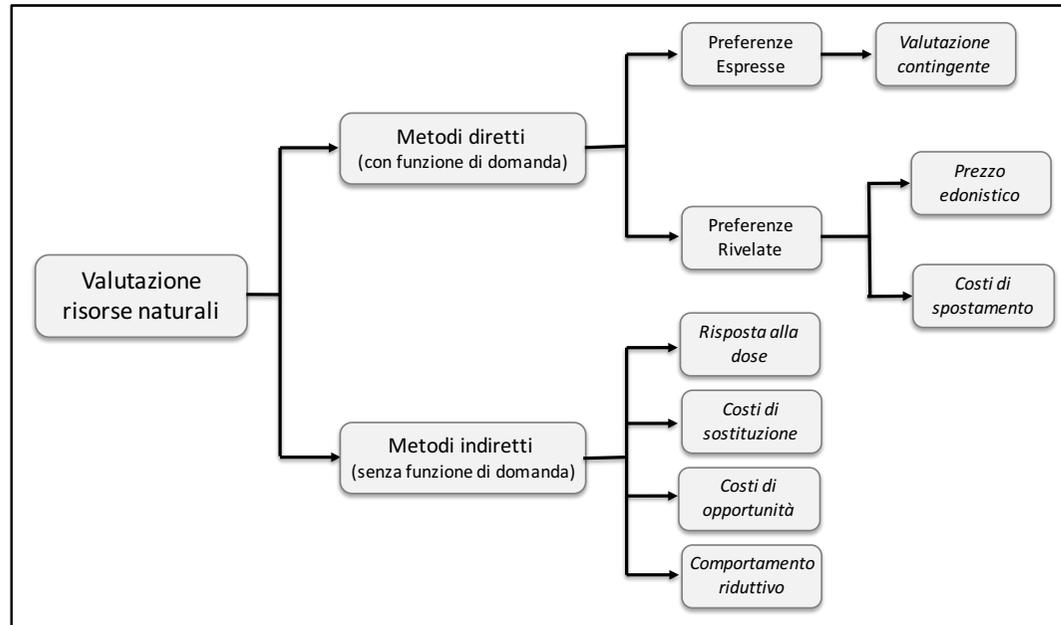
Le tecniche di misurazione del valore utilizzate nel caso dell'applicazione di metodi diretti sono quelle della valutazione contingente, del prezzo edonistico, dei costi di spostamento.

La *valutazione contingente* è il metodo analitico che sfrutta le preferenze espresse. Gli intervistati devono dichiarare la loro disponibilità a pagare per evitare un certo fenomeno di degrado, o per conservare un certo ambiente naturale; in alternativa, può essere richiesta la loro disponibilità a ricevere un indennizzo per accettare un certo degrado ambientale.

Il *prezzo edonistico* fa riferimento al mercato surrogato. Un esempio caratteristico è quello del valore dei beni ambientali misurato attraverso il prezzo degli immobili; questo, infatti, risente di vari elementi quali la presenza di riserve naturali o

parchi, o di elementi di degrado; l'effetto di tali variabili si manifesta differenziando il prezzo di immobili equivalenti. Tramite una regressione statistica è possibile stimare il valore attribuito a tali elementi. L'analisi dei *costi di spostamento* inferisce il valore dei beni ambientali dalla spesa effettuata per la loro fruizione: ad esempio, il valore di una riserva naturale può essere stimato sulla base dei costi sostenuti per la loro visita.

Figura 3.7 – I metodi di valutazione dell'economia ambientale



Fonte: Nostra elaborazione

Gli approcci alla valutazione delle risorse naturali condotti senza l'utilizzo di una funzione di domanda si basano su diversi possibili metodi.

- *Risposta alla dose*: corrisponde, ad esempio, agli effetti di variazioni di un agente patogeno sulla salute degli individui. In questo caso è necessario che siano note le relazioni quantitative sottostanti, a livello fisico, chimico e biologico; quando ciò si verifica, è possibile dare un valore alla variazione di detto agente in base agli effetti economici che questo induce.
- *Costi di sostituzione*: il valore di una risorsa ambientale, quale può essere una riserva naturale, può essere approssimato al costo della realizzazione di analoghe condizioni in un altro sito. In pratica, destinando una certa area ad una data attività, si viene a perdere un certo habitat; questo potrebbe essere ricreato altrove, ma ciò comporterebbe un costo.

- *Costi di opportunità*: il mantenimento delle condizioni in cui si trova una certa area comporta la rinuncia ai benefici economici degli utilizzi alternativi.
- *Comportamento riduttivo*: in presenza di un elemento degradante gli individui, per limitarne gli effetti, tendono a mettere in atto dei comportamenti che hanno un costo; per esempio, se non si può eliminare una fonte di rumore, è necessaria l'installazione di dispositivi che aumentino l'isolamento acustico.

Lo schema illustrato in figura 3.7 riassume i diversi metodi di valutazione delle risorse naturali utilizzati nell'ambito dell'economia ambientale.

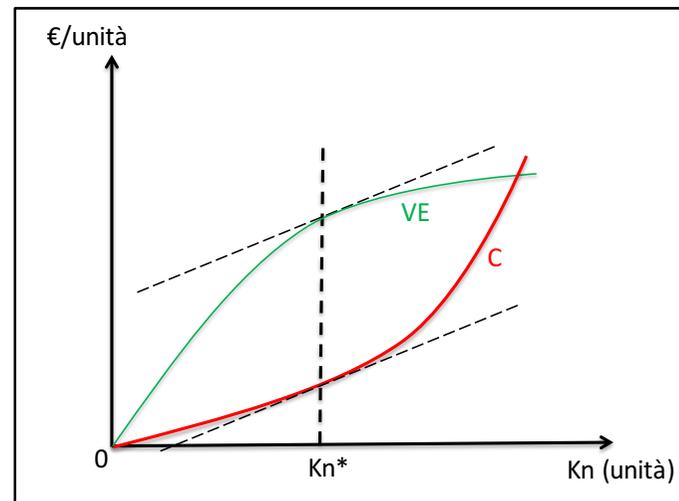
### La valutazione del capitale naturale ottimale

L'attribuzione di un valore (d'uso) ai beni ambientali permette di considerarli alla stregua di qualsiasi altro fattore della produzione impiegato nelle attività economiche. Ne consegue che, ad esempio, possa essere condotta un'analisi finalizzata a determinare quale sia lo stock ottimale di capitale naturale in una prospettiva esclusivamente economica.

Tali analisi si basano, ovviamente, su metodi che fanno capo alla dottrina neoclassica, i quali individuano il punto di ottimo nella situazione in cui un incremento della dotazione di capitale naturale produce benefici (marginali) uguali ai costi (marginali) legati al suo mantenimento.

In figura 3.8 è rappresentato, in funzione dello stock di capitale naturale  $Kn$ , il valore economico del capitale naturale ( $VE$ ) e i costi opportunità  $C$  legati alla rinuncia ai benefici derivanti da utilizzi alternativi del capitale naturale stesso.

Figura 3.8 - Determinazione dello stock di capitale ottimale



Fonte: Nostra elaborazione

La curva  $VE$  è crescente al crescere di  $Kn$ , ma la sua pendenza si riduce in accordo con il principio dell'utilità marginale decrescente; in altre parole, il valore attribuito ad una unità iniziale di  $Kn$  è elevato ma, aggiungendo via via altre quantità, il valore attribuito all'ulteriore unità di  $Kn$  è sempre più ridotto.

L'andamento della curva che rappresenta il costo  $C$  del mantenimento dello stock di  $Kn$  è opposto, poiché la curva cresce con una pendenza sempre maggiore perché in corrispondenza del massimo stock di  $Kn$  una sua riduzione per un impiego alternativo può comportare un certo rendimento, ma successivi utilizzi alternativi avranno rendimenti via via più bassi.

Il punto di equilibrio è indicato con  $Kn^*$  ed è caratterizzato da un uguale incremento di  $C$  e  $VE$  per una variazione infinitesimale di  $Kn$ ; questo significa che a sinistra di  $Kn^*$  c'è convenienza a incrementare lo stock esistente, dal momento che il valore associato alla variazione marginale dei benefici sarà superiore a quello dei costi; a destra di  $Kn^*$  ci troveremo in una situazione in cui troveremo preferibile sacrificare capitale naturale per avere benefici alternativi di entità superiore.

## Bibliografia di riferimento

- Baumol W.J., Oates W. (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Coase R.H. (1960). The problem of social cost, *The Journal of Law and Economics*, vol. III, pp.1-44.
- Dales J. H. (1968), *Pollution, Property and Prices*, Toronto University Press, Toronto.
- Hanley N., Shogren J. F., White, B. (2001). *An introduction to environmental economics*. Oxford, Oxford University Press.
- Pearce D.W., Turner K.R. (1991). *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Il Mulino, pp.364.
- Perman R., Ma Y., McGilvray J., Common M. (2003). *Natural resource and environmental economics*. 3rd ed. Harlow, Pearson.
- Pigou A. C. (1920). *The economics of welfare*. London, Macmillan.

## 4. LE BASI DELL'ECONOMIA ECOLOGICA

### 4.1 I flussi di materia/energia nel sistema economico

Nella prospettiva neoclassica, il sistema economico è composto da processi di produzione dai quali hanno origine beni di consumo e beni capitali; mentre i secondi sono strumentali allo svolgimento di altri processi di produzione, i primi forniscono ai consumatori un determinato livello di utilità, la cui massimizzazione definisce la composizione dei prodotti offerti sul mercato dalle imprese.

Questa visione, come si è già sottolineato, non considera in alcun modo il ruolo dell'ambiente, né rispetto alla sua capacità di fornire le risorse (materia ed energia) necessarie alle attività di produzione, né per la sua funzione di recettore degli scarti generati dai processi produttivi e, in misura ancora più significativa, dai processi di consumo.

Per quanto visto nei capitoli precedenti, le evidenze dell'impatto della crescita economica sull'ambiente hanno portato - potremmo dire costretto - gli economisti a tenere conto delle implicazioni ambientali delle attività economiche.

Ciò ha dato origine alla disciplina dell'economia ambientale che, rimanendo nell'ambito dell'approccio neoclassico, si pone l'obiettivo di valutare in un'ottica di efficienza economica il controllo degli effetti negativi delle attività economiche sugli ecosistemi (esternalità).

Tale prospettiva pone in relazione le attività economiche e le risorse naturali attraverso un valore monetario, non considerando l'intrinseca natura fisico-chimico-biologica che caratterizza gli input e gli output dei processi di produzione e consumo.

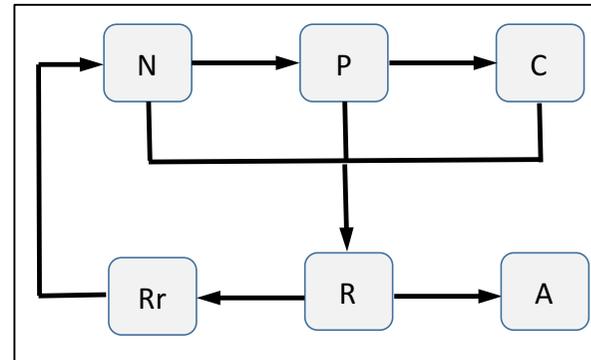
Se teniamo conto del ruolo (fisico) delle risorse naturali nei processi di produzione e per semplicità trascuriamo i beni capitali da essi prodotti, il flusso di attività economica può essere rappresentato con l'origine nell'ambiente naturale, attraverso la raccolta o l'estrazione di risorse naturali (N), le quali sono soggette a un'attività di trasformazione (P) per la produzione di merci destinate al consumo (C). Bisogna considerare inoltre che tutte le attività - estrazione/raccolta, produzione, consumo - danno origine a degli scarti (rappresentati dalla dispersione nell'ambiente di rifiuti) che possiamo indicare rispettivamente con  $R_n$ ,  $R_p$ ,  $R_c$ .

Il fatto di considerare le risorse naturali in ingresso e gli scarti in uscita, implica un'interpretazione materiale del processo economico, nella quale è necessario tenere conto di alcune leggi della fisica, in particolare il primo e il secondo principio della termodinamica, da cui derivano le leggi di conservazione della massa e dell'energia.

Per la legge di conservazione della massa, la materia estratta dall'ambiente e inserita nel ciclo economico non può essere distrutta ma solamente trasformata in una massa equivalente di altra materia, rappresentata, almeno in termini generali, dai rifiuti. Quanto all'energia, la stessa viene trasformata da una forma all'altra ogni volta che viene utilizzata; in seguito a tali conversioni non è più disponibile per il processo che ha determinato la trasformazione.

Questo significa che il flusso dei rifiuti ( $R = R_n + R_p + R_c$ ) prodotto nelle tre fasi dell'attività economica è destinato a scaricarsi nell'ambiente, inteso come recettore degli scarti con una determinata capacità di assorbimento (A). Una certa quantità potrà essere riciclata, il che comporta che il riciclaggio rende una parte dei rifiuti ( $R_r$ ) nuovamente disponibili come input per l'attività economica (figura 4.1).

Figura 4.1 – Attività economiche, rifiuti e impatto sull'ambiente



Fonte: Nostra elaborazione

È opportuno ricordare, come trattato nel capitolo 2, che le risorse naturali si distinguono in rinnovabili (RR) e non rinnovabili (RNR). Queste ultime sono disponibili in quantità limitate e, nel momento in cui vengono utilizzate attraverso un raccolto della risorsa stessa ( $H > 0$ ), il loro stock si riduce. Per le risorse rinnovabili, invece, vi è una capacità dell'ambiente di rigenerazione in tempi brevi, grazie alla quale è possibile mantenere inalterata la disponibilità della risorsa a condizione che il livello di raccolta ( $H$ ) sia inferiore o al limite uguale al loro tasso di rigenerazione ( $G$ ); in altre parole, anche se le risorse sono rinnovabili, un utilizzo eccessivo può causarne l'esaurimento (il taglio di alberi a un ritmo più elevato della loro ricrescita, la pesca di quantità maggiori rispetto all'incremento di pesce, e così via).

Tenendo conto di queste considerazioni, il quadro completo dei collegamenti tra economia e ambiente, rappresentato attraverso il bilancio dei materiali, è schematizzato in figura 4.2.

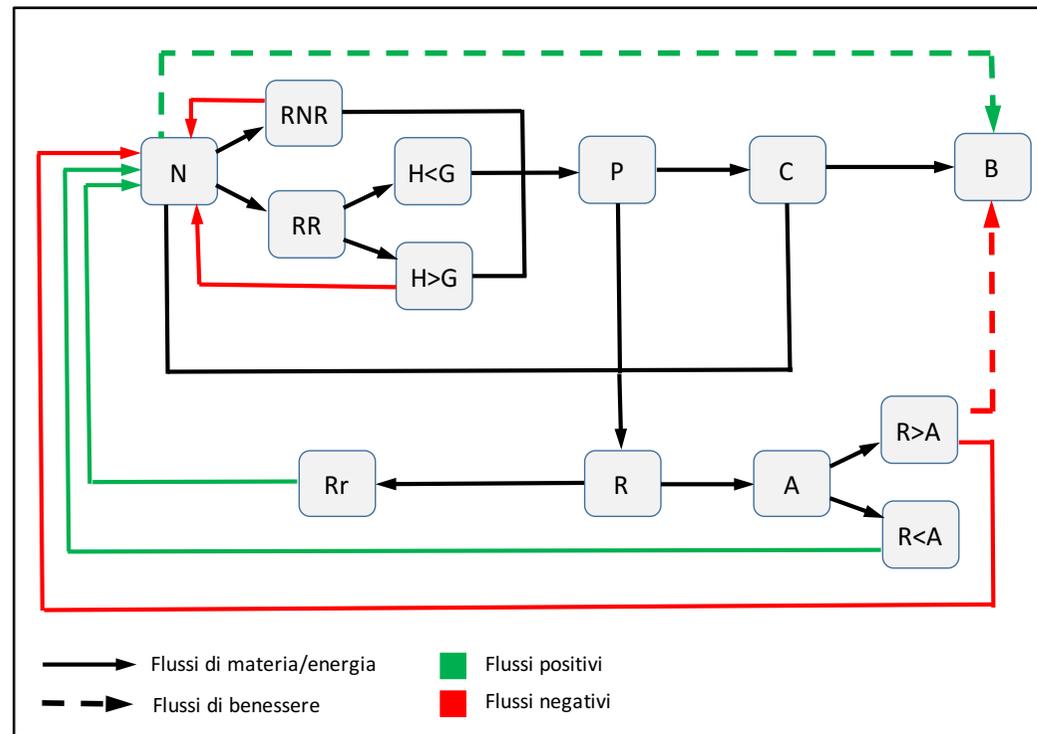
L'origine del diagramma è rappresentata dall'ambiente naturale N quale depositario degli stock di risorse prelevate dal settore produttivo P (industria, agricoltura, artigianato) per realizzare i beni destinati al consumo C.

Un flusso di materia di scarto, che da origine ai rifiuti R, ha origine sia nel momento della raccolta delle risorse, sia nell'attività produttiva, sia nel consumo, e ha come destinazione nuovamente l'ambiente, contrassegnato questa volta con A per indicare la sua capacità di assimilazione dei rifiuti.

Se i rifiuti si mantengono entro i limiti di tale capacità ( $R < A$ ), l'ambiente riesce a smaltire una parte della materia che raccoglie, rendendola di nuovo disponibile per le sue funzioni (pensiamo alla trasformazione dei rifiuti organici in humus,

che rende più fertile il suolo) e, in definitiva, accresce la sua capacità di fornire risorse all'attività umana, rappresentata attraverso un aumento di  $N$ , in modo analogo a quanto accade con il riciclaggio ( $R_r$ )<sup>19</sup>. Se invece il flusso di rifiuti è maggiore della capacità di assimilazione ( $R > A$ ), la quantità di materia di scarto non smaltita dall'ambiente aumenta progressivamente; ciò comporta un degrado delle sue funzioni, e, in definitiva, un effetto negativo sulla sua stessa capacità di fornire risorse all'attività produttiva, rappresentato con una riduzione di  $N$ .

Figura 4.2 - Flussi di materia/energia e benessere tra ambiente e sistema economico



Fonte: Nostra elaborazione da Pearce e Turner (1991)

Se ci soffermiamo sul punto di arrivo del processo schematizzato nel diagramma, rappresentato dal benessere  $B$  della popolazione, osserviamo che questo è determinato dal soddisfacimento dei propri bisogni ottenuto grazie al consumo  $C$ ; a questo si aggiunge il benessere che deriva direttamente dall'ambiente naturale. È evidente che la fruizione – o anche la

<sup>19</sup> In realtà, l'attività di riciclo è essa stessa un processo che per essere svolto richiede input di materia ed energia. Quindi può accadere che il vantaggio ottenuto in termini di materia reimessa nei cicli produttivi sia inferiore rispetto all'impatto ambientale determinato dalla stessa attività di riciclo.

semplice contemplazione – di un ambiente sano e incontaminato contribuirà al benessere, al contrario un ambiente degradato avrà degli effetti opposti, sia in termini di godimento estetico che di impatti sulla salute dei cittadini.

## 4.2 Le implicazioni fisiche

Il modello, sia pure nella sua descrizione schematica e semplificativa, consente di individuare l'origine dei possibili vincoli di carattere ambientale nello svolgimento dell'attività economica:

- presenza di risorse non rinnovabili;
- utilizzo di risorse rinnovabili a tassi superiori rispetto alla loro capacità di rigenerazione;
- produzione di rifiuti in eccesso rispetto alla capacità di assorbimento degli ecosistemi.

Nell'insieme di relazioni sopra descritte, il progresso tecnico può agire riducendo lo sfruttamento di risorse e l'emissione di materia nell'ambiente, ma, come si vedrà più avanti, in particolari circostanze può provocare anche gli effetti opposti; la crescita demografica, ad esempio, opera sempre nel senso di un aumento del peso dell'attività umana sull'ambiente.

Il sistema rappresentato in figura 4.2 è un sistema chiuso: esaurisce al suo interno le catene di cause ed effetti che hanno un andamento circolare che può essere virtuoso o vizioso. Boulding, nel suo saggio del 1966 "*The spaceship Earth*", lo descrive come un'astronave che compie un viaggio disponendo solo delle scorte che contiene e ricevendo dall'esterno una sola risorsa, l'energia solare. Il progressivo consumo delle scorte determina una sempre maggiore riduzione delle probabilità di sopravvivenza dell'equipaggio.

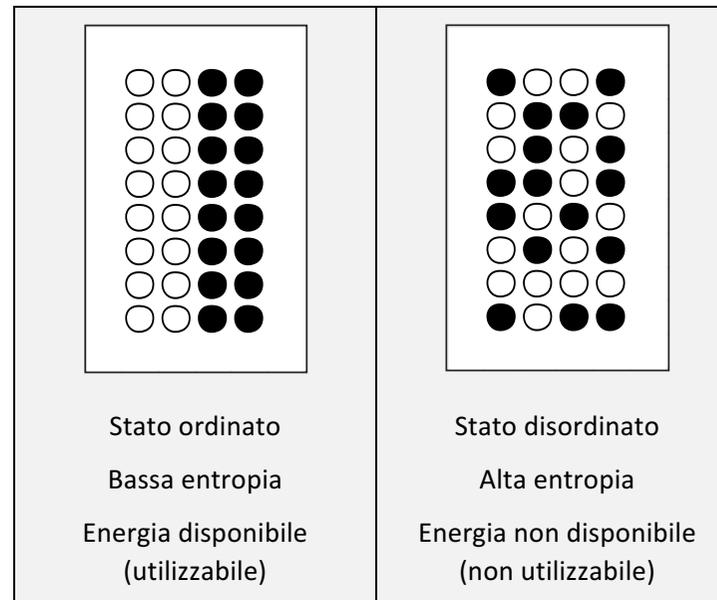
Un'altra considerazione sul modello sopra descritto riguarda il flusso di materia ed energia dalle attività umane all'ambiente: per effetto delle leggi fisiche non è possibile eliminare questo flusso, in quanto la massa dei rifiuti è pari a quella delle risorse immesse nei cicli di produzione e di consumo. L'unica possibilità di ridurre tale flusso è di adottare varie forme di riciclaggio, ma si deve considerare che questo è esso stesso un'attività di trasformazione che richiede risorse ed energia. Il riciclaggio, di conseguenza, è maggiormente conveniente nelle fasi di trasformazione industriale, nelle quali è possibile recuperare elevate quantità di materia concentrate fisicamente nelle aree delle installazioni industriali; si tratta, in pratica, di un flusso di residui interno allo stesso processo produttivo che li genera. Il riciclaggio può essere conveniente anche nella fase della distribuzione delle merci, permettendo il recupero di un'elevata quantità di materiali da imballaggio. Diventa invece molto difficile il recupero dei residui dell'attività di consumo, dato che questa è diffusa su tutto il territorio occupato dai consumatori stessi.

In ogni caso, anche se il sistema economico fosse attrezzato per il recupero di tutta la materia trasformata e consumata, le leggi della fisica impediscono un riciclaggio totale delle risorse impiegate. Infatti, l'attività produttiva, che consiste nell'utilizzare materie prime per dare origine a dei prodotti, avviene impiegando energia, la quale viene trasformata da una forma ad un'altra; ed è proprio tale trasformazione, che comporta un aumento dell'entropia, rendendone di fatto impossibile il totale recupero e la piena riutilizzazione.

L'entropia ( $\epsilon\nu$  = dentro;  $\tau\rho\sigma\pi\eta$  = forma) è una grandezza fisica che misura il disordine di un sistema attraverso la misura dell'energia disponibile presente al suo interno. Quando un sistema passa da uno stato più ordinato a uno più

disordinato (figura 4.3) la sua entropia aumenta e, allo stesso tempo, l'energia disponibile al suo interno si riduce. Se si vuole ripristinare l'ordine originale è necessario impiegare la stessa quantità di energia (presa dall'esterno del sistema) che si è degradata nella trasformazione che ha causato l'aumento del disordine.

Figura 4.3 - Rappresentazione del concetto di entropia



Fonte: Nostra elaborazione

Il secondo principio della termodinamica stabilisce che in un sistema chiuso la variazione di entropia è sempre positiva; ciò significa che la sua energia utilizzabile (in qualunque forma essa si presenti) è destinata a trasformarsi irrevocabilmente in energia non utilizzabile. Se teniamo conto anche della prima legge della termodinamica, la quale afferma che in un sistema chiuso l'energia non si crea né si distrugge (principio della conservazione dell'energia), possiamo concludere che in un qualunque sistema chiuso la quantità dell'energia totale è costante e la sua qualità (utilizzabilità) si riduce costantemente. Se il sistema si "apre" la sua entropia può diminuire ma solo a spese di un'energia esterna la cui degradazione provoca un più elevato aumento dell'entropia del sistema più ampio costituito dal sistema di partenza più l'esterno.

Ciò comporta che tutte le trasformazioni reali, come quelle che caratterizzano i processi e le attività dei sistemi economici, determinano un aumento dell'entropia. Così, anche ritornando continuamente allo stato iniziale (come avviene nei cicli di produzione), l'inevitabile aumento dell'entropia impone che la realtà sia segnata, lungo l'irreversibile unidirezionalità del tempo, da una progressiva degradazione dell'energia totale.



Se anche fosse tecnicamente possibile recuperare tutti i residui di materia presenti negli scarti del processo economico e trasformarli nuovamente in materie prime, questo richiederebbe un'ulteriore degradazione della qualità dell'energia. Il fatto che l'energia non sia comunque riciclabile, implica che il recupero delle sostanze residue debba avvenire con l'impiego di ulteriori risorse; aspetto che, in alcuni casi, può risultare inefficiente in termini di bilancio tra risorse necessarie al riciclaggio e risorse prodotte dal riciclaggio stesso.

Come evidenzia la figura 4.4, in cui viene schematizzato il bilancio di materiali nella prospettiva dell'economia ecologica, le relazioni fra ecosistema e sistema economico sono caratterizzate da due aspetti dai quali non è possibile prescindere nel momento in cui si è interessati ad analizzare le implicazioni ambientali dei processi antropici.

Un primo aspetto è la relazione gerarchica fra le due dimensioni, dato che non è possibile ignorare come i confini fisici del sistema economico siano contenuti all'interno dell'ecosistema in cui esso si sviluppa. Se si prescinde da questa evidenza, come accade nell'approccio neoclassico, non è possibile tenere conto delle corrette relazioni che legano le attività antropiche con il contesto ambientale all'interno del quale esse si sviluppano. Da questo punto di vista appare necessario un riallineamento epistemologico, che è proprio dell'economia ecologica, che, pur lasciando all'economia la sua piena dignità di scienza sociale, la iscriva all'interno della visione più ampia e generale delle discipline fisiche e biologiche, al rispetto delle cui leggi l'economia stessa non può sfuggire.

Il secondo aspetto, che rappresenta l'oggetto principale dell'economia ecologica, è quello dei flussi fra ecosistema e sistema economico. Come si è visto trattando del bilancio dei materiali e come evidenzia la figura 4.4, gli scambi fra i due sistemi sono rappresentati dalle risorse naturali che, estratte dall'ambiente, fluiscono nel processo economico e dagli scarti che quest'ultimo riversa nell'ambiente. Ciò impone che qualunque analisi che intende analizzare l'impatto sull'ambiente di un'attività economica debba valutarne, in termini fisici e biologici, gli effetti in termini di consumo di risorse naturali e di scarti prodotti. Se poi si è interessati a verificare la sostenibilità di tale attività, i suoi impatti devono essere confrontati con la disponibilità di risorse naturali e con le capacità di assorbimento verificando che, per entrambi gli aspetti, la consistenza del capitale naturale non venga alterata.

### 4.3 L'approccio dell'economia ecologica

L'ecologia e l'economia sono state percepite come discipline separate per la maggior parte del XX secolo. In realtà non sono mancati studiosi che hanno provato ad introdurre le questioni affrontate dalle scienze naturali in economia; tuttavia, questi tentativi sono stati sistematicamente respinti dalla comunità degli economisti ortodossi.

Nicholas Georgescu-Roegen (1906-94), probabilmente il più rappresentativo di loro, fu uno dei primi economisti ad affrontare in modo rigoroso le implicazioni dell'interazione tra attività economica e ambiente naturale alla luce delle leggi della termodinamica. Il pensiero e l'opera di questo grande economista sono stati guidati da due concetti generali.

Il primo è legato alla considerazione che gli esseri umani sono andati oltre la normale evoluzione biologica sviluppandosi in una nuova forma evolutiva caratterizzata dalla disponibilità di organi esosomatici (esterni al corpo) prodotti dall'uomo stesso. La produzione di strumenti esosomatici si è progressivamente trasformata nel processo economico le cui diverse

istituzioni (mercato, denaro, credito, imprese, ecc.) sono emerse e si sono espanse in risposta al progressivo accrescersi della natura esosomatica dell'umanità. Gli uomini nel corso del tempo sono divenuti talmente dipendenti dai loro organi esosomatici, e, di conseguenza, dalla produzione di tali organi, da portare a una scarsità di alcune materie prime e ad una progressiva accelerazione della degradazione entropica dell'energia che prefigurano un limite alla sopravvivenza stessa della specie umana sul pianeta.

Il secondo concetto è legato alla considerazione che le modificazioni cui è soggetta la natura e le specie viventi, che riguardano tanto la sfera ecologica quanto quella economica, presentano sempre una sostanziale componente qualitativa che non può essere colta dalla schematizzazione modellistico-quantitativa (aritmomorfica) dell'epistemologia meccanicistica tipica dell'economia neoclassica. Georgescu-Roegen, mutuando e ampliando la visione di Schumpeter, secondo cui i cambiamenti economici più importanti sono qualitativi e non quantificabili, sostiene che la realtà può essere colta solo quando l'analisi quantitativa dei fenomeni economici è combinata con la dialettica.

Il culmine dello sviluppo teorico di Georgescu-Roegen è rappresentato dal suo ambizioso tentativo di riformulare il processo economico come "bioeconomia", una nuova disciplina che combina elementi di biologia evolutiva, economia convenzionale e analisi biofisica. La bioeconomia, come si avrà modo di presentare nel capitolo 6, mette in luce l'origine biologica del processo economico e i problemi umani associati alla limitatezza dello stock di risorse disponibili.

La visione bioeconomica è alla base dell'economia ecologica, disciplina che ha avuto origine negli anni '80 del secolo scorso da un gruppo di studiosi che capirono che i miglioramenti nella politica ambientale e nella possibilità di mantenere il benessere delle generazioni attuali e future dipendevano dal saper integrare i due domini di pensiero rappresentati da ecologia ed economia. Un'integrazione che oggi come allora appare necessaria per evitare che le misure dello sviluppo dell'attività economica, primo fra tutti il PIL, ignorino i fenomeni di degrado e di distruzione del capitale naturale sul quale, fra l'altro, la stessa attività economica si basa.

Nel descrivere le caratteristiche e l'ambito di studi dell'economia ecologica è importante ribadire la distinzione fra "economia ambientale" ed "economia ecologica" che, come si è ampiamente chiarito nel capitolo 1, non è puramente terminologica ma coinvolge la stessa visione etica delle relazioni fra economia e ambiente.

Con economia ambientale si intende una specializzazione dell'economia neoclassica che affronta essenzialmente il problema della valutazione delle esternalità ambientali e suggerisce i metodi più efficaci di intervento per compensarne gli effetti in una prospettiva di efficienza economica. L'economia ecologica, invece, è una disciplina trasversale che affonda le proprie radici sia nella scienza economica che nelle diverse scienze che contribuiscono alla conoscenza e alla gestione delle questioni ambientali.

Fra l'altro, è opportuno sottolineare come nella maggior parte dei programmi dei corsi di economia non venga posta molta attenzione allo studio delle interazioni economia-ambiente. Quindi, anche se gli economisti neoclassici non ignorano del tutto il ruolo dell'ambiente naturale, non ritengono che la comprensione delle connessioni tra l'economia e l'ambiente sia una parte essenziale dell'educazione di un economista; è questo il motivo per cui molto spesso i corsi sull'economia ambientale e le risorse naturali non sono inseriti come obbligatori nei piani di studio dei percorsi formativi in economia.

Al contrario, gli economisti ecologici ritengono che tali conoscenze siano una parte essenziale dell'educazione di un economista. L'economia ecologica si basa sull'idea che il corretto studio di "come gli esseri umani guadagnano da vivere"

debba includere lo studio delle relazioni dell'animale umano con il suo ambiente naturale.

Tale differenza è giustificata dal differente rapporto gerarchico che esiste fra ambiente ed economia nei due paradigmi. Infatti, come si è visto nel capitolo 1, mentre nell'approccio neoclassico il funzionamento del sistema economico è in qualche modo indipendente dalla sfera ambientale (la quale si limita a fornire le risorse e a subire gli impatti dell'attività economica), nell'economia ecologica il fatto che l'economia sia contenuta all'interno dell'ambiente impone di considerare esplicitamente i vincoli posti dall'ecosistema al funzionamento del sistema economico.

Per comprendere quello che è l'ambito di studio dell'economia ecologica è importante fare riferimento all'etimologia delle due parole che definiscono tale disciplina, partendo proprio dalla loro radice comune.

Infatti, entrambi i termini economia ed ecologia hanno la loro radice nella parola greca *oikos* che significa letteralmente casa. Nel primo vocabolo questa radice si unisce con *nomos*, che significa legge, norma, per assumere un significato di regole della casa (e dei beni che essa custodisce). Nel secondo, invece, l'aggiunta del termine greco *logos* fa assumere alla parola ecologia il significato di studio della casa (intesa come ambiente in cui si vive).

Quindi, dal punto di vista etimologico, l'economia ecologica si configura come la disciplina che studia come gestire le attività umane (che avvengono nella casa) alla luce delle leggi che regolano il funzionamento dell'ambiente (intesa come casa comune). In sostanza, l'economia ecologica si configura, dal punto di vista della sua stessa definizione, come la disciplina che si occupa di legare le conoscenze sulla natura con le regole che l'essere umano deve darsi per viverci nel modo migliore possibile; in altri termini, rappresenta il terreno di approfondimento delle interazioni tra sistemi economici e sistemi ecologici.

Si potrebbe sostenere, in una prospettiva ecocentrica, che l'uomo è una particolare specie animale e, quindi, che l'economia, in quanto attività prettamente umana, rappresenti un sottoinsieme dell'ecologia e delle scienze naturali. Tuttavia, gli umani possiedono delle caratteristiche, prima fra tutte quella di produrre ed utilizzare strumenti esosomatici, che li rendono capaci, grazie alle capacità di interazione sociale tra individui e di organizzare l'attività economica, di modificare in maniera significativa gli ecosistemi in cui vivono.

Quindi, anche se si considera la gerarchia in termini funzionali fra ambiente e processi economici, nell'economia ecologica le discipline che studiano queste due dimensioni devono integrarsi e sovrapporsi senza che una prevalga sull'altra. Ne consegue che l'economia ecologica differisce sia dall'economia convenzionale che dall'ecologia convenzionale per l'ampiezza della sua percezione dei problemi e per l'importanza che assegna alle interazioni fra ambiente ed economia.

Per questa ragione l'economia ecologica è una disciplina che rappresenta un punto di incontro fra studiosi di diversa formazione scientifica che si propongono di affrontare insieme la ricerca di un nuovo paradigma transdisciplinare che permetta di dare una risposta alla grande complessità della questione ambientale emersa con forza negli ultimi trent'anni del XX secolo.

L'evidenza che l'attività economica stava avendo impatti dannosi sull'ambiente naturale e che ciò aveva implicazioni negative (sia economiche che ambientali) per le generazioni future ha portato all'istituzione, nel 1989, della *International Society for Ecological Economics*. Questa società scientifica ha posto come proprio fondamento la convinzione che lo studio dell'interdipendenza fra economia e ambiente richiede un approccio transdisciplinare, abbracciando parti dei tradizionali campi di studio delle scienze dell'economia e dell'ecologia.

La transdisciplinarietà, che rappresenta il punto qualificante dell'approccio dell'economia ecologica, non deve essere confusa con concetti simili quali quelli richiamati da termini come multidisciplinare e interdisciplinare.

Si ha un approccio multidisciplinare quando l'oggetto di interesse rientra nel campo di studio di più discipline. In questo caso la comprensione del problema migliora grazie ai diversi punti di vista con cui viene affrontata.

Lo studio interdisciplinare implica che gli studiosi delle diverse discipline lavorino insieme per la definizione del problema e siano disposti a comprendere e a condividere i concetti e gli strumenti delle altre discipline in modo da arrivare a dei risultati che rappresentino un punto di incontro e una sintesi dei diversi campi di interesse.

Si parla invece di approccio transdisciplinare, quando gli studiosi definiscono un nuovo terreno di indagine che va oltre (attraversa) i confini delle singole discipline entrando in un nuovo campo di studi che richiede una diversa prospettiva di analisi. Studiare fenomeni e problemi con questo approccio richiede una visione comune che "trascende" quelli che sono i limiti e gli strumenti standard delle singole discipline. Così, quando si lavora in modo transdisciplinare sull'interdipendenza economia-ambiente, la prospettiva tradizionale dell'economia deve essere modificata per prendere in considerazione la base materiale per l'attività economica e la prospettiva tradizionale dell'ecologia deve riconoscere il ruolo dell'umanità come specie capace di alterare con il suo agire il funzionamento di tutti gli ecosistemi.

La visione transdisciplinare fornisce una coerenza globale che può legare insieme le conoscenze disciplinari e affrontare i problemi sempre più importanti che non possono essere affrontati all'interno di una confinata struttura disciplinare. In questo senso l'economia ecologica non rappresenta un'alternativa a nessuna delle discipline esistenti; è, piuttosto, un nuovo modo di guardare al problema che può aggiungere valore agli approcci esistenti e affrontare alcune delle carenze dell'approccio disciplinare.

Questa visione rientra nell'idea più generale che gli assunti di base di una particolare scienza dovrebbero essere coerenti con il corpo di conoscenze di base compreso da altre scienze; si tratta di adottare una prospettiva basata sulla "consilienza", termine che indica la convergenza e l'integrazione di conoscenze derivanti da contesti del sapere diversi.

Entrando nel merito di quello che è l'oggetto della disciplina, va considerato che l'economia si trova all'interno dell'ambiente e con questo scambia energia e materia. Nello svolgere le attività economiche l'uomo estrae dall'ambiente delle risorse utili e ritorna all'ambiente vari tipi di rifiuti che rappresentano gli effetti e gli scarti di tali attività. Da sempre, l'attività antropica ha coinvolto gli scambi di materiali e di energia con l'ambiente: sarebbe impossibile per gli esseri umani soddisfare i loro bisogni senza interagire con la natura. Tuttavia, per la maggior parte della storia umana, il livello di interazione non ha influito in modo rilevante sull'ambiente, sia per la dimensione della popolazione che per il potenziale impatto delle tecnologie disponibili.

La situazione si è rapidamente modificata e negli ultimi secoli la portata delle interazioni uomo-ambiente è aumentata rapidamente. La scala globale dell'attività economica è divenuta tale che i livelli di prelievo di risorse e di immissioni di scarti nell'ambiente ne influenzano in modo rilevante il funzionamento. Tali cambiamenti a loro volta influenzano la capacità dell'ambiente di fornire servizi all'attività economica umana. L'economia e l'ambiente sono divenuti

interdipendenti a tal punto da affermare che ormai l'economia e l'ambiente sono un sistema comune<sup>20</sup>.

Nell'approccio dell'economia ecologica vi sono alcuni assunti che sono alla base della disciplina e che rappresentano i punti di riferimento nelle analisi condotti dagli studiosi che si rifanno a questa visione.

1. L'ecosistema globale Terra è un sistema termodinamicamente chiuso e con una prestabilita dotazione di materia di cui l'economia è un sottosistema. Ciò stabilisce dei limiti al sistema economico in termini di disponibilità delle risorse naturali e di generazione di scarti e rifiuti. Ciò introduce quello che possiamo chiamare la consapevolezza del senso del limite: se per l'economia la crescita è un fatto sempre positivo, non è possibile ignorare che vi sono dei vincoli legati alla stabilità degli ecosistemi e alla disponibilità di risorse.

2. L'obiettivo di un pianeta con un'alta qualità della vita per tutti le generazioni presenti e future (sia umane che di altre specie) nel rispetto dei vincoli materiali imposti dal punto precedente;. 3. Un atteggiamento fondamentalmente precauzionale basato sull'evidenza che alcuni processi naturali sono irreversibili e che nell'analisi di sistemi complessi come la Terra, a tutte le scale spaziali e temporali, vi è sempre un certo grado di incertezza che non può essere eliminato. L'esistenza della complessità della natura in cui "tutto è connesso a tutto", mentre il sapere scientifico nasce spesso in situazioni in cui ogni problema viene risolto separatamente da tutti gli altri, e l'ineliminabilità dell'incertezza, che va oltre la fiducia illimitata nelle capacità della tecnologia di risolvere ogni problema, impongono grande attenzione e prudenza nel comportamento umano.

4. Le istituzioni dovrebbero mettere in atto politiche che tengano conto dei principi enunciati ai tre punti precedenti, adottando un atteggiamento di tipo proattivo piuttosto che reattivo.

In virtù di questi cardini su cui si basa il paradigma scientifico dell'economia ecologica è possibile affrontare lo studio della complessa interazione tra l'attività umana e l'ambiente con un approccio maggiormente coerente ed integrato. Per indirizzare il progresso umano verso un percorso di sostenibilità, le analisi scientifiche dovrebbero essere in grado di modellare tutti gli effetti indotti da un particolare cambiamento, sia su diverse scale temporali, sia in relazione alle varie percezioni della realtà determinate da diversi approcci scientifici e posizioni politiche.

A questo riguardo va detto che molti tentativi di applicare le analisi scientifiche tradizionali ai temi della sostenibilità sono guidati dalla forte domanda della società per le valutazioni quantitative. I *decision-maker* chiedono valutazioni numeriche, prima fra tutte l'analisi costi-benefici, come supporti conoscitivi cruciali per poter assumere le proprie decisioni. Tuttavia, prima di considerare seriamente qualsiasi valutazione numerica nei processi decisionali, è necessario che siano chiaramente condivise le assunzioni teoriche e le procedurali che sono state seguite per produrre la valutazione stessa.

---

<sup>20</sup> Un esempio di tale interrelazione è rappresentato dal rapporto fra emissioni di biossido di carbonio e cambiamenti climatici. I combustibili fossili vengono estratti dall'ambiente e bruciati nei processi economici, con conseguente rilascio di anidride carbonica, uno dei numerosi "gas a effetto serra". La presenza di tali gas nell'atmosfera permette l'ingresso della radiazione solare e limita l'uscita della radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre. Una maggiore quantità di questi gas nell'atmosfera, riducendo la possibilità di scambio termico fra il pianeta e lo spazio esterno, determina un innalzamento della temperatura globale. Nonostante l'incertezza sulla previsione del riscaldamento atteso nei prossimi decenni, la stragrande maggioranza degli esperti è concorde nel ritenere che questo "effetto serra" avrà un serio impatto sul pianeta e sull'attività economica.

Ciò conferma l'importanza di uno dei punti chiave del pensiero di Georgescu-Roegen, il quale, in contrapposizione con l'approccio meccanicistico dell'economia neoclassica, evidenziava i limiti delle analisi quantitative di cogliere la complessa realtà dei fenomeni economici.

Sono proprio le recenti preoccupazioni sulla compatibilità del modello economico dominante con gli obiettivi di qualità ambientale e benessere sociale che hanno riportato l'attenzione sulla visione globale della bioeconomia sviluppata da Georgescu-Roegen. Una visione dell'economia che, mettendo in discussione il modello di razionalità scientifica che ha guidato lo sviluppo della scienza e della tecnica nel mondo occidentale, può fornire un contributo essenziale per comprendere le implicazioni teoriche e politiche di un modello di sviluppo realmente sostenibile.

## Bibliografia di riferimento

- Bonaiuti M. (2001). *La teoria bioeconomica. La "nuova economia" di N. Georgescu-Roegen*, Carocci, Roma.
- Bonaiuti M. (2003), "Introduzione", in Georgescu Roegen N., *Bioeconomia. Verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Boulding K. (1966). *The economics of the coming Spaceship Earth*, in Jarrett H. (editor), *Environmental quality in a growing economy*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, p. 3-14.
- Bresso M. (1993). *Per un'economia ecologica*, Carocci, pp.360.
- Common M., Stagl S. (2005). *Ecological Economics. An Introduction*, Cambridge University Press.
- Costanza R., Cumberland J., Daly H., Goodland R., Norgaard R. (1997). *An Introduction to Ecological Economics*, CRC Press, pp.275.
- Daly H. E. (2001). *Oltre la crescita. L'economia dello sviluppo sostenibile*, Edizioni di Comunità, Torino.
- Daly H. E., Farley J. (2003). *Ecological Economics: Principles and Applications*, Island Press, Washington DC.
- Georgescu-Roegen N. (1971). *The entropy law and the economic process*, Harvard University Press, Cambridge (USA).
- Georgescu-Roegen N. (1975). Energy and economic myths, *Southern Economic Journal*, Vol. 41, n. 3, 347-381.
- Georgescu-Roegen N. (1998). *Energia e miti economici*, Bollati Boringhieri, Torino
- Georgescu-Roegen N., (2003). *Bioeconomia. Verso un'economia ecologicamente e socialmente sostenibile*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Mayumi K. (2001). *The Origins of Ecological Economics: The Bioeconomics of Georgescu-Roegen*, Routledge, London.
- Munda G. (1997). Environmental Economics, Ecological Economics, and the Concept of Sustainable Development, *Environmental Value*, vol.6, n.2, pp. 213-233.
- Pearce D.W., Turner K.R. (1991). *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Il Mulino, pp.364.

## 5. CRESCITA, SVILUPPO E RISORSE NATURALI

### 5.1. I concetti di crescita e di sviluppo

La conoscenza della dimensione del sistema economico e del suo stato di salute rappresentano elementi fondamentali per poter impostare delle politiche e degli interventi volti sostenere e promuovere i processi di produzione e di consumo e, in definitiva, ad accrescere il numero degli scambi e l'espansione del mercato. La ricerca della continua crescita del sistema economico si basa su due assunti che raramente vengono posti in discussione. Il primo riguarda la stretta relazione che si suppone esista fra i consumi e il benessere, relazione che si è avuto modo di confutare nel capitolo 1. Il secondo è legato alla mancata considerazione delle conseguenze sull'ambiente dell'espansione del sistema economico, atteggiamento che, come si è già avuto modo di trattare, è determinato dall'acritica adozione del paradigma neoclassico nella visione economica dominante.

Ciò premesso, rimane la necessità di disporre di una definizione operativa dello stato dell'economia che ne consenta la misurazione attraverso indicatori; il principale di tali indicatori è, senza dubbio, il Prodotto Interno Lordo (PIL) il quale rappresenta il valore dei beni e servizi prodotti da un sistema economico (generalmente riferito alla scala nazionale). Nonostante il PIL sia considerato come il miglior indicatore per misurare la dimensione di un'economia nazionale (e, di conseguenza, il benessere dei suoi abitanti), nel corso del tempo è stato sottoposto a numerose critiche per la sua incapacità di considerare aspetti fondamentali che caratterizzano la qualità della vita della popolazione e per la sua incapacità di tenere conto gli effetti dell'attività economica sull'ambiente.

Riguardo a questo secondo aspetto, va considerato che il PIL non tiene in alcun conto l'esaurimento delle risorse naturali e il degrado degli ecosistemi; infatti, nel computo di questo indicatore il valore delle risorse naturali è pari a zero, non viene assegnato alcun costo ai danni ambientali e le eventuali spese di ripristino e di rimedio (come, ad esempio, le misure di abbattimento dell'inquinamento) sono considerate come contributi positivi visto che comportano la produzione di beni e servizi.

Per quanto concerne, invece, la dimensione sociale, è sufficiente osservare come il PIL, limitandosi a misurare il livello di attività economica, non sia in grado di tenere conto di elementi che contribuiscono al benessere dei membri di una società, quali l'istruzione, la salute, la libertà politica e religiosa, i diritti civili.

Anche se tali critiche, oltre ad essere sempre più diffuse, sia fra gli studiosi che nell'opinione pubblica, sono sostenute da numerose evidenze empiriche, il PIL continua a rappresentare il principale indicatore al quale i *policy-maker* fanno riferimento per misurare non solo l'andamento dell'economia, ma anche il livello di benessere sociale della popolazione.

Ciò non è sorprendente, considerando lo stretto legame che esiste fra crescita economica e benessere sociale nella visione economica ortodossa (neoclassica) che caratterizza la politica economica dei governi dei Paesi occidentali. Secondo il paradigma neoclassico, infatti, il benessere sociale sarà tanto maggiore quanto più elevato sarà il profitto dei

produttori e l'utilità dei consumatori. È questa la ragione per la quale il comportamento dei produttori è finalizzato alla massimizzazione del profitto e le scelte dei consumatori sono orientate alla massimizzazione dell'utilità.

D'altro canto, la ricerca dell'aumento dei profitti determina l'espansione dei processi di produzione (incremento dell'offerta) la quale implica un incremento dei consumi; reciprocamente, una maggiore utilità è determinata dall'espansione dei processi di consumo (incremento della domanda) che per essere soddisfatta richiede un incremento della produzione.

Dato che gli scambi fra produttori e consumatori avvengono nel mercato, nella visione ortodossa il maggior benessere sociale può essere raggiunto solo attraverso la progressiva espansione del sistema socio-economico e del mercato, la cui dimensione è misurata proprio dal PIL. È quindi evidente la ragione per la quale i politici considerano la crescita economica come una necessità imprescindibile e guardano alla dinamica del PIL come al termometro in grado di misurare lo stato di salute non solo dell'economia ma dell'intera società.

In definitiva, si può affermare che la crescita è connotata da un'esclusiva attenzione verso la dimensione quantitativa del sistema economico, la quale è misurata dall'indicatore PIL.

Senza dubbio più complessa è la definizione di sviluppo economico, un termine che in letteratura assume almeno due significati abbastanza diversi.

In una prima accezione per "sviluppo" si intende *"l'insieme dei cambiamenti nelle strutture economiche, sociali, istituzionali e politiche necessari per mettere in atto la transizione da una economia pre-capitalistica basata sull'agricoltura a un'economia industriale e capitalistica"* (Bresso, 1993). È questa la definizione sulla base della quale alcuni Paesi vengono considerati sviluppati ed altri in via di sviluppo. Infatti, per Paese in via di sviluppo tipicamente si intende un Paese che sta passando da una economia costituita da attività primarie (agricoltura e sfruttamento delle risorse naturali) ad una economia incentrata sui settori dell'industria e dei servizi. È interessante notare come in questa definizione sia sottinteso il fatto che il solo modello possibile di sviluppo è quello dei paesi industrializzati occidentali (non a caso chiamati sviluppati), i quali rappresentano l'unico punto di riferimento verso il quale gli altri Paesi in ritardo di sviluppo devono tendere.

Una seconda prospettiva è quella che identifica lo sviluppo economico con il processo di cambiamento quantitativo e qualitativo di un intero paese in più settori strategici, quali il capitale umano, le infrastrutture, la competitività, la sicurezza, la salute. Una definizione di questo tipo è connotata da una maggiore attenzione verso dimensioni che non sono strettamente economiche, ma che hanno anche una importante connotazione sociale, alcune delle quali (come la qualità della vita, l'equità sociale, la libertà) non sono facili da esprimere attraverso indicatori.

Alcuni di tali aspetti vengono considerati nella definizione dell'indice dello sviluppo umano (*Human Development Index - HDI*) del Programma di Sviluppo delle Nazioni Unite (*United Nations Development Programme - UNDP*). Questo indice viene calcolato considerando il raggiungimento di una combinazione di obiettivi diversi, come il tasso di alfabetizzazione, la vita media, il reddito pro capite, e dà luogo a una misura ordinale: in pratica, si tratta di una graduatoria in cui diversi paesi vengono inseriti, mostrando che una nazione ha raggiunto uno sviluppo maggiore rispetto ad un'altra. È quindi evidente come in questo caso un maggiore sviluppo economico sia legato a cambiamenti che non sono soltanto quantitativi (crescita del PIL) ma anche, e soprattutto, qualitativi (sociali, istituzionali e politici).

È a questa seconda definizione di sviluppo economico a cui solitamente ci si riferisce quando si parla di sviluppo sostenibile, una condizione che, come si vedrà, punta a raggiungere una condizione di progresso sociale (non solo materiale) che sia compatibile con i vincoli ambientali posti dagli ecosistemi e dalle risorse naturali.

Infine, va citata l'accezione di sviluppo come sinonimo di crescita; un'analogia che, pur non avendo alcun fondamento scientifico, è spesso utilizzata nel linguaggio dei *policy-maker* e degli studiosi di discipline non economiche.

L'argomentazione che, più o meno implicitamente, è sottesa da questa intercambiabilità dei significati è che sia la crescita (misurata dal PIL) sia lo sviluppo (valutato attraverso opportuni indici quali-quantitativi) sono all'origine del benessere degli individui e delle società.

Tale argomentazione, oltre ad essere teoricamente non corretta, è contraddetta, come si è visto nel primo capitolo, da molti studi empirici sulla relazione tra economia e felicità. Tali studi trovano il loro fondamento teorico nel cosiddetto "paradosso di Easterlin", il quale in un suo saggio del 1974 dimostrò che nel corso della vita la felicità delle persone dipende in misura limitata dalle variazioni di reddito e di ricchezza. Secondo Easterlin, quando aumenta il reddito, e quindi il benessere economico, la felicità umana aumenta fino a un certo punto, ma poi comincia a diminuire. Lo stesso autore, e altri studi successivi, hanno mostrato come nei paesi occidentali la ricchezza personale influisce solo in maniera limitata (con valori intorno al 20-25%) sulla percezione individuale di felicità.

## 5.2 Lo sviluppo sostenibile

Una volta chiarito il significato dei termini crescita e sviluppo, i quali, seppure con una diversa prospettiva, sono considerati come prerequisito necessario per il miglioramento del benessere sociale, è necessario chiedersi se, e a quali condizioni, queste due condizioni del sistema economico siano compatibili con la capacità che l'ambiente ha di sostenerle nel lungo periodo. Il problema è, in particolare, non tanto (o non solo) se sia possibile garantire la sopravvivenza del genere umano in un futuro remoto, ma se il livello di attività economica e di benessere possa essere mantenuto nel tempo e non sia destinato a una riduzione.

Questo dibattito, che si è ampiamente sviluppato nel corso degli anni '80, ha affrontato il tema della sostenibilità nell'ambito delle relazioni economia-ambiente evidenziando posizioni molto diverse tra loro che possiamo riassumere, come visto nel capitolo 1, suddividendole tra quelle che sostengono che le capacità del progresso tecnico e dell'organizzazione dei mercati finiranno per prevalere sui vincoli ambientali (visione "tecnocentrica"), e quelle che individuano dei limiti di cui non si può non tenere conto nell'attività economica e nei relativi processi di sviluppo (visione "ecocentrica").

Nel primo gruppo si trovano i sostenitori della libera azione delle forze di mercato, per mezzo delle quali diviene possibile la sostituzione delle risorse che diventano scarse ed economicamente non convenienti con altre più disponibili e convenienti. All'interno di questo gruppo vi è chi tende ad ignorare del tutto la questione della sostenibilità e chi, invece, ammette l'esistenza di possibili fallimenti dei mercati nella loro azione di allocazione ottimale delle risorse e che, per questa ragione, reputa necessario un intervento pubblico per rimuoverne le cause o stimolarne l'azione. A parte questa

differenza, anche gli appartenenti a questo secondo sottogruppo continuano ad ammettere che la tecnica disponibile attualmente o in futuro consentirà la sostituzione delle risorse naturali che si dovessero rendere scarse con altre più convenienti. Come si è visto, questa visione che assegna alle risorse naturali e, più in generale, all'ambiente un valore esclusivamente strumentale per i fini umani e, quindi, ritiene di poterne sostituire le funzioni con capitale prodotto dall'uomo fa capo a quella che è stata definita come sostenibilità debole.

Nel gruppo degli ecocentrici, invece, si schierano coloro che individuano nell'ambiente una serie di vincoli tali per cui il loro rispetto comporta un'interruzione del processo di crescita economica se non, addirittura, una generale riduzione rispetto all'attuale livello di attività. Questa prospettiva, che assegna alla natura una componente di valore intrinseco che non può essere "acquistato" o sostituito dall'attività economica, è quella che è stata individuata come sostenibilità forte.

La combinazione dei diversi significati del termine sviluppo (trasformazione dell'economia da agricola a industria e servizi; miglioramento quanti-qualitativo del benessere sociale; crescita del sistema economico e del mercato) con le differenti connotazioni della sostenibilità (debole e forte) ha dato origine a un'articolata varietà di definizioni e di interpretazioni del concetto di "sviluppo sostenibile".

In questa sede ci si concentrerà sulla definizione più comune di sviluppo, vale a dire quella che riguarda il miglioramento della dimensione socio-economica della popolazione di un determinato territorio.

Rispetto a tale definizione, tuttavia, è necessario porre attenzione alla differenza esistente fra le possibili modalità utilizzate per valutare il livello di tale sviluppo; in particolare:

- se si guarda alla dimensione quantitativa (misurata dal PIL), ciò che viene misurato è solo lo "sviluppo economico", cioè la "crescita";
- se si guarda alla dimensione qualitativa (valutata attraverso indici di qualità della vita), ciò che viene misurato è lo "sviluppo sociale";
- se si guarda sia alla dimensione quantitativa, sia alla dimensione qualitativa, ciò che viene misurato è lo "sviluppo socio-economico" o semplicemente lo "sviluppo".

In quanto segue, a meno di specifiche precisazioni, si utilizzerà quest'ultima accezione.

Sul fronte della sostenibilità, invece, ci si concentrerà sulle definizioni di sostenibilità debole e sostenibilità forte, trascurando sia la visione che abbiamo definito della "sostenibilità implicita" a causa dell'inattuabilità del paradigma natura-centrico, sia la prospettiva tecnocentrica dell'abbondanza nella quale non vengono prese in considerazione le implicazioni dei processi economici sulle risorse naturali e sull'ambiente.

Come si è detto, la sostenibilità debole implica la possibilità di sostituzione tra risorse naturali e capitale prodotto dall'uomo; i suoi sostenitori considerano, anzi, che le risorse naturali costituiscano esse stesse una forma di capitale disponibile per qualsiasi processo produttivo assieme ad altri input, in una combinazione che può variare secondo la convenienza economica degli utilizzatori. In questa visione, l'attenzione viene posta alla somma del capitale naturale e del capitale prodotto dall'uomo (il che implica che entrambe debbano essere valutate in termini monetari) che deve rimanere costante nel tempo; è sostanzialmente implicito che con il progredire della civiltà umana ed il conseguente utilizzo delle risorse naturali, sia pensabile una perdita di peso percentuale del capitale naturale a favore di quello artificiale. In merito alla sostituzione tra risorse naturali e capitale prodotto, va osservato che essa è effettivamente avvenuta con il progresso

tecnico. Infatti, da uno stato in cui l'uomo viveva di raccolta e di caccia, utilizzando come fonti di energia il sole e la combustione di sostanze vegetali rinnovabili e impiegando animali come mezzi di trasporto, si è passati a uno stadio industriale, in cui l'energia è ricavata dai combustibili fossili e l'impiego di macchine ha sostituito la forza animale (ed anche umana).

Al contrario, i criteri di sostenibilità forte si basano sul rifiuto della sostituibilità tra risorse naturali e capitale artificiale prodotto, in luogo di una complementarità degli stessi; vale a dire, ove risorse naturali e capitale economico intervengono congiuntamente in un processo produttivo, il secondo non può sostituire le prime. In quest'ottica è il capitale naturale a dover essere costante nel tempo, senza possibilità di compensazioni. Ciò è dovuto alla prospettiva che caratterizza l'approccio dell'economia ecologica la quale, come si è visto, evidenzia la presenza del carattere di multifunzionalità delle risorse naturali, nel senso che queste hanno un'importanza data dagli effetti nell'ecosistema oltre a quella che assumono per l'uso umano. In conseguenza, l'adozione di criteri di sostenibilità forte si basa sulla considerazione che per mantenere il livello di benessere non basta mantenere costante il valore del capitale aggregato (risorse naturali e prodotte) ma è necessario lasciare inalterato lo stock di capitale ambientale.

Com'è evidente, il riferimento a un criterio di sostenibilità debole o forte è alla base di diversi modelli (e quindi di diverse politiche economiche) di sviluppo sostenibile.

A questo riguardo, una delle definizioni maggiormente accettate, e che spesso viene presa come riferimento nella letteratura di settore, è quella della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo (WCED) del 1987, nota anche come commissione Brundtland, secondo la quale è sostenibile *“uno sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni”*.

La genericità di questa definizione, che pone l'attenzione solo sul criterio di equità intergenerazionale nella soddisfazione dei bisogni, si presta a essere letta prioritariamente in chiave di sostenibilità debole. Infatti, l'assenza di qualunque riferimento al mantenimento del capitale naturale, lascia presumere che la soddisfazione dei bisogni delle generazioni future possa essere ottenuta mantenendo un livello costante del capitale totale.

Questo concetto di sviluppo sostenibile ha ottenuto un ampio consenso perché, senza porre condizioni stringenti, porta l'ideale della possibilità della realizzazione simultanea dello sviluppo (anche se non è ben chiaro a quale idea di sviluppo ci si riferisca) e della conservazione dell'ambiente.

A questo riguardo, va sottolineato come i modelli economici finalizzati a verificare la possibilità di conseguire una condizione di sviluppo sostenibile di lungo periodo sono stati sviluppati principalmente all'interno di un approccio neoclassico. Ciò comporta che in tali modelli il concetto di sviluppo sia inteso in un'accezione di crescita quantitativa e che la sostenibilità sia considerata nella sua forma debole.

Tali analisi, seppure con tutti i limiti presentati nei capitoli precedenti, offrono la possibilità di comprendere come impostare e sviluppare una valutazione quantitativa in cui sia possibile tenere conto delle interazioni di lungo periodo fra l'evoluzione della dimensione del sistema economico e il relativo impatto sulle risorse naturali.

Per questa ragione nel prossimo paragrafo verrà sviluppato un semplice modello che consente di verificare dal punto di vista analitico le relazioni fra crescita economica (espressa in termini quantitativi dal PIL pro capite) e disponibilità/conservazione delle risorse naturali, tenendo conto del ruolo del progresso tecnico e della dinamica della

popolazione. I risultati dell'applicazione di questo modello forniscono utili indicazioni per capire le implicazioni in termini di sostenibilità (debole e forte) di diversi possibili scenari di sviluppo (economico).

### 5.3 Gli scenari di sviluppo (economico) sostenibile

I modelli generano ipotesi che possono essere testate rispetto ai dati. Un modello è un insieme di relazioni tra le variabili di interesse; in questo senso, costituisce una versione semplificata della realtà, in cui appaiono esclusivamente le relazioni ritenute importanti e che, quindi, potrebbe non catturare tutte le caratteristiche del fenomeno che vogliamo descrivere. In genere la "bontà" di un modello è testata sulla base dell'adattamento rispetto ai dati osservati: un modello "funziona" nella misura in cui i risultati che produce corrispondono ai comportamenti osservati nella realtà.

#### Struttura base del modello di crescita

Il modello base per lo studio della crescita economica è costituito da tre relazioni:

- una funzione di produzione;
- una funzione di risparmio;
- una funzione di stock di capitale.

La funzione di produzione è la relazione tra la dimensione del PIL ( $Y$ ) e la quantità di fattori utilizzati per la sua produzione. Tali fattori vengono identificati con la dimensione dello stock di capitale  $K$ , la quantità di lavoro utilizzata  $L$  e la quantità di risorse naturali impiegate  $R$ . Questo vuol dire che, in un qualunque periodo  $t$ , il reddito  $Y(t)$  è una funzione di  $K(t)$ ,  $L(t)$  e  $R(t)$  che ne costituiscono gli argomenti:

$$Y(t) = f(K(t), L(t), R(t))$$

Nello studio della crescita economica si assume che tale funzione abbia due caratteristiche:

- rendimenti di scala costanti, il che significa che  $f(\lambda K, \lambda L, \lambda R) = \lambda f(K, L, R)$ ;
- produttività decrescente dei fattori.

Una funzione che possiede queste caratteristiche e che viene solitamente utilizzata in questo tipo di modelli è la funzione di Cobb-Douglas, la quale assume la seguente forma.

$$Y = K^\alpha \times L^\beta \times R^\delta$$

dove  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\delta$  sono i parametri della funzione che, per l'ipotesi dei rendimenti di scala costanti, devono soddisfare la condizione  $\alpha + \beta + \delta = 1$ .

L'uso di una funzione di Cobb-Douglas sottende l'altra ipotesi fondamentale ossia che i fattori di produzione possano essere in larga misura sostituiti l'uno con l'altro. Questa assunzione, come si vedrà nel paragrafo seguente, ha delle conseguenze importanti quando si considera il ruolo delle risorse naturali nella produzione e nella generazione del PIL.

La funzione di risparmio utilizzata nel modello della crescita stabilisce che in ogni periodo  $t$  l'importo risparmiato  $S(t)$  sia proporzionale alla dimensione del reddito nazionale nel periodo precedente  $Y(t-1)$  secondo un parametro  $s$  che può assumere valori nell'intervallo da 0 a 1:

$$S(t) = s \times Y(t-1)$$

La dinamica dello stock capitale sociale dipende dagli investimenti in capitale, che vengono ipotizzati uguali al risparmio  $S$ , e dalla svalutazione del capitale stesso la quale è proporzionale all'ammontare del capitale secondo una costante  $d$ . Pertanto nel periodo  $t$  la dimensione dello stock di capitale sarà data dall'entità dello stock nel periodo precedente ( $t-1$ ) aumentata dell'investimento nel periodo  $t$  e ridotta della svalutazione del capitale nel periodo precedente:

$$K(t) = K(t-1) + S(t) - d \times K(t-1) = (1-d) \times K(t-1) + s \times Y(t-1)$$

La variabile oggetto di interesse nei modelli di crescita è, più che la dimensione del PIL, il PIL pro capite  $y$ , il quale in ogni periodo  $t$  è dato dal rapporto fra il PIL totale  $Y(t)$  e la dimensione della popolazione  $P(t)$ :

$$y(t) = Y(t) / P(t)$$

In particolare, ciò che va analizzato è l'evoluzione di  $y'$ , la cui differenza relativa tra il periodo  $t-1$  e  $t$  esprime proprio il tasso di crescita del PIL fra i due periodi:

$$y'(t) = (y(t) - y(t-1)) / y(t-1)$$

Ultimo aspetto da considerare per lo sviluppo del modello è la dinamica della popolazione  $P(t)$  e della forza lavoro  $L(t)$ . Per semplicità ipotizziamo che la popolazione cresca a un ritmo costante, secondo un parametro  $q$  che viene assunto esogeno rispetto al modello<sup>21</sup>, e che la forza lavoro rappresenti una quota costante  $h$  della popolazione.

$$P(t) = n \times P(t-1) \quad L(t) = h \times P(t)$$

In una prima applicazione del modello, in cui non sono considerate le caratteristiche ed i limiti delle risorse naturali nella generazione del reddito nazionale, poniamo  $\delta = 0$  e fissiamo i parametri del modello come mostrato nella tabella 5.1 e i valori iniziali  $K(0) = P(0) = 1$  (il valore iniziale di  $R$  è del tutto ininfluenza).

Nella figura 5.1 è mostrata la dinamica di lungo periodo (100 anni) del PIL pro capite e della sua variazione in tali condizioni.

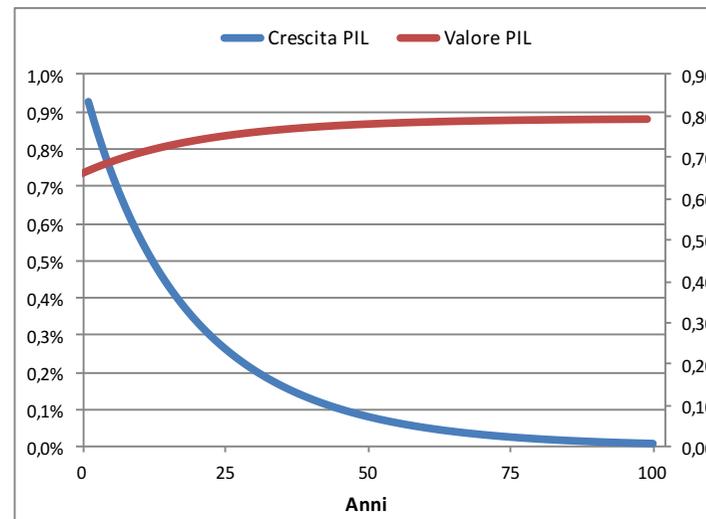
---

<sup>21</sup> Nel modello neoclassico il tasso di crescita della popolazione gioca certamente un ruolo importante, ma i comportamenti demografici, essendo del tutto esogeni rispetto al modello, non mostrano nessuna relazione con la disponibilità di risorse naturali o di beni prodotti. La principale eccezione rispetto a questa tendenza generale è riscontrabile negli approcci in cui si considera che la crescita della popolazione sia vincolata dalla *carrying capacity* dell'ecosistema, la quale è definita come il massimo numero di individui che può sopravvivere, in un certo istante di tempo, grazie alle risorse che si rendono disponibili per essi all'interno dell'ecosistema stesso. Questo modello demografico introduce una costante positiva, definita *carrying capacity* ambientale, che gioca un ruolo fondamentale nel far variare nel tempo il tasso di crescita della popolazione.

Tabella 5.1 – Parametri del modello di crescita (versione base)

Crescita popolazione ( $n$ )	2,5%
Popolazione occupata ( $h$ )	50%
Quota risparmio ( $s$ )	15,0%
Deprezzamento del capitale ( $d$ )	5,0%
Coefficiente $\alpha$ Cobb-Douglas	0,4
Coefficiente $\beta$ Cobb-Douglas	0,6
Coefficiente $\delta$ Cobb-Douglas	0,0

Figura 5.1 – Andamento del PIL pro capite (modello base)



Come mostra il grafico, questa formulazione del modello di crescita evidenzia come nel lungo periodo il valore del PIL pro capite tenda necessariamente a stabilizzarsi e, di conseguenza, la sua crescita  $y'$  vada progressivamente ad annullarsi. Nelle ipotesi poste, si conferma quanto sostenuto dagli economisti classici riguardo alla necessità dell'economia di convergere inevitabilmente verso uno stato stazionario. In particolare, si può dimostrare che tale stato stazionario è caratterizzato da un valore del PIL pro capite pari a:

$$y = Y/P = h(Y/L) = h(s/(d+n))^{\alpha/(1-\alpha)} = 0,79$$

e da una consistenza dello stock di capitale per lavoratore pari a:

$$k = K/L = (s/(d+n))^{1/(1-\alpha)} = 3,17$$

### Efficienza e progresso tecnico

È noto che l'efficienza dei fattori della produzione nella generazione del PIL non è la stessa nelle diverse economie. Questo fenomeno, che riguarda principalmente la produttività del lavoro, vale anche per il modo in cui le economie utilizzano gli input di capitale e risorse.

Per tenere conto di questo aspetto, nella funzione di produzione di Cobb-Douglas, vengono introdotti dei fattori che consentono di inserire nel modello le differenze nell'efficienza con cui gli input sono utilizzati.

Questa nuova funzione di produzione ha tre parametri aggiuntivi ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) che vanno a incidere sul valore del relativo fattore produttivo ( $K$ ,  $L$ ,  $R$ ) esprimendo l'efficienza nella determinazione di  $Y$  del fattore stesso:

$$Y = a K^\alpha \times b L^\beta \times c R^\delta$$

Si considerino, ad esempio, due economie nelle quali si ha rispettivamente  $b = 1$  e  $b = 1,5$ ; nella seconda ogni unità di lavoro impiegata viene utilizzata in modo più efficiente del 50% rispetto alla prima; quindi, in altri termini, è come se, a parità di popolazione, potesse contare su un 50% in più di manodopera.

Sviluppando il modello con questa funzione di produzione che tiene conto dell'efficienza, si osserva che valori più elevati dei coefficienti  $a$ ,  $b$ ,  $c$  determinano degli incrementi nel livello del PIL pro-capite, ma non ne modificano (se non in modo transitorio) il declino del tasso di crescita e la stabilizzazione.

Nella realtà, tuttavia, l'efficienza dei fattori produttivi è legata al progresso tecnologico che si accresce nel tempo determinando un continuo incremento dell'efficienza stessa. Ciò comporta che i coefficienti  $a$ ,  $b$ ,  $c$  non sono costanti ma cambiano continuamente nel tempo. In particolare, formuliamo l'ipotesi, che spesso viene adottata nei modelli di crescita, che il fattore la cui produttività aumenta nel tempo per effetto del progresso tecnologico sia solo il lavoro, la cui variazione è descritta da una funzione  $A(t)$ . In questo modo il progresso tecnico è introdotto assumendo che esso faccia crescere la produttività del lavoro, il che può essere espresso considerando la nozione di lavoro effettivo. Il lavoro effettivo è ottenuto moltiplicando il numero dei lavoratori  $L$  per un fattore  $A > 0$  che misura il grado di progresso tecnico in un dato momento che ha effetto sull'effettiva capacità produttiva dei lavoratori.

Con queste ipotesi la funzione di produzione assume la seguente forma:

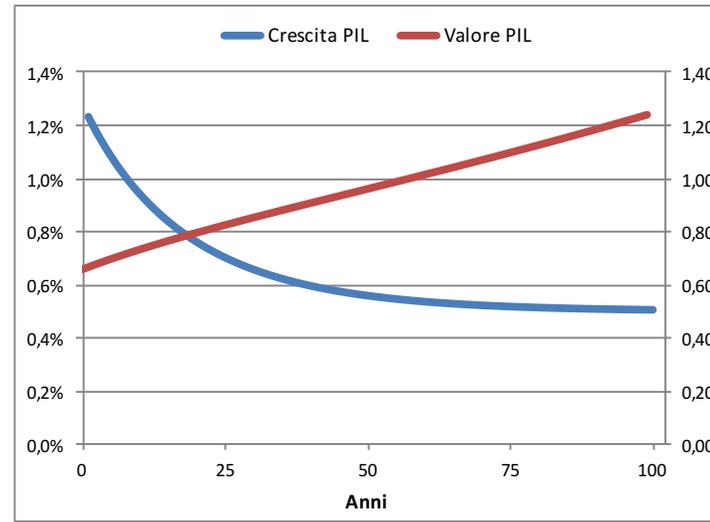
$$Y(t) = K(t)^\alpha \times A(t)L(t)^\beta \times R(t)^\delta$$

I risultati forniti dal modello (figura 5.2), sempre trascurando il ruolo delle risorse naturali nella funzione di produzione ( $\delta = 0$ ) e utilizzando i coefficienti di tabella 5.1, evidenziano che il tasso di crescita del PIL pro capite, dopo un periodo di diminuzione, si stabilizza e rimane invariato nel tempo ad un valore pari al tasso  $g$  di crescita della tecnologia (nel caso della figura  $g=0,5\%$ ): inserendo nel modello il progresso tecnico si ottiene una crescita costante che non si esaurisce nel lungo periodo.

In questa versione del modello il tasso di crescita della tecnologia  $g$  è assunto come costante e indipendente dalle dinamiche che caratterizzano il modello stesso, in altri termini costituisce una variabile esogena al modello. Rimane non

chiaro, però, il motivo per il quale vi sia questo tipo di progresso tecnologico; proprio per questo motivo il progresso tecnologico esogeno è stato definito "manna dal cielo".

Figura 5.2 – *Andamento del PIL pro capite (con progresso tecnologico esogeno)*



Per questa ragione sono state sviluppate diverse varianti del modello di crescita per considerare un progresso tecnico di tipo endogeno.

Una delle idee di base è che l'efficienza con cui vengono utilizzati i fattori è lo stock di conoscenza che è alla base delle innovazioni tecnologiche. Lo stock di conoscenza è costituito dall'investimento nel capitale umano e intellettuale, il quale si ottiene utilizzando alcuni input per produrre istruzione e ricerca piuttosto che beni di consumo.

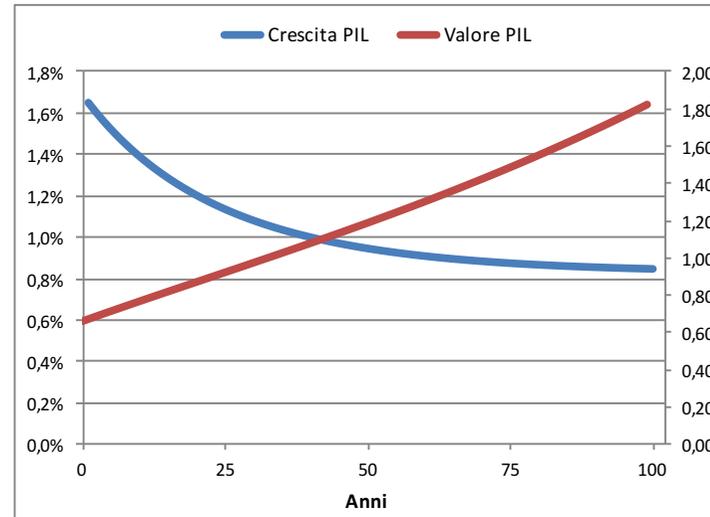
Il modo più semplice per considerare il progresso tecnico endogeno è modificare il modello in modo che in ogni periodo i coefficienti di efficienza applicati agli input alla produzione (nel nostro caso il solo lavoro) dipendano dalla dimensione dello stock di capitale nel periodo precedente:

$$A(t) = f(K(t-1))$$

Una forma funzionale che a volte viene adottata a questo scopo è  $A(t)=K(t-1)^\gamma$ , dove  $\gamma$  è un valore compreso fra zero e uno, il che sta ad indicare che l'efficienza del lavoro cresce con la dimensione dello stock di capitale, ma ad un ritmo decrescente rispetto a questa.

I risultati mostrano il tasso di crescita del PIL pro capite che rallenta nel tempo e converge su un tasso di crescita positivo. Ad esempio, ponendo  $\gamma=0,25$  si ottiene un valore di lungo periodo della crescita pari allo 0,83% (figura 5.3).

Figura 5.3 – Andamento del PIL pro capite (con progresso tecnologico endogeno)



### La considerazione dei vincoli ambientali nei modelli di crescita

La considerazione delle risorse naturali nello sviluppo dei modelli di crescita impone di tenere conto di alcuni punti fondamentali.

Un primo punto riguarda la necessità di tenere conto delle caratteristiche delle risorse naturali nella funzione di produzione  $Y = f(K, L, R)$  utilizzata dal modello stesso. Tali implicazioni riguardano innanzi tutto la forma della funzione di produzione; infatti, come si è visto, la funzione Cobb-Douglas prevede la sostituibilità dei fattori. Tale sostituibilità per alcune risorse naturali e in alcune condizioni produttive non è sempre possibile, il che suggerisce di considerare diverse forme funzionali che possano meglio modellare queste situazioni.

Un secondo aspetto è quello delle caratteristiche delle risorse naturali, in particolare la distinzione fra rinnovabili e non rinnovabili e le modalità di estrazione per entrambe, che condizionano i valori che può assumere la  $R(t)$  nel corso del tempo all'interno della funzione di produzione.

Altro aspetto non irrilevante è legato alla dinamica della popolazione, e quindi del numero dei lavoratori. Infatti, se nel modello base si è ipotizzata una crescita costante della popolazione a un tasso  $n$ , nella realtà (sia per vincoli ecologici, sia per motivazioni sociali) si osservano comportamenti diversi, con Paesi la cui popolazione cresce molto velocemente ed altri in cui si osservano dei tassi nulli o addirittura negativi.

In quanto segue verranno considerati i primi due aspetti, mentre per semplicità di trattazione si continuerà a ipotizzare un tasso costante di crescita della popolazione.

### Possibilità di sostituzione

Nei modelli di crescita visti fin qui, la funzione di produzione ha la forma Cobb-Douglas (con rendimenti di scala costanti) la quale implica che i fattori possano essere sostituiti uno con l'altro mantenendo costante il livello di Y.

Una forma diversa della funzione di produzione potrebbe essere  $Y = \alpha K + \beta L + \delta R$  nella quale si ha una perfetta sostituibilità dei fattori, il che implica che qualsiasi dato livello di Y potrebbe essere prodotto senza alcuna R purché vi siano sufficienti valori di K o L. Date le leggi della natura, però, questa non può essere una realistica descrizione della produzione del PIL, un processo che impone l'impiego di materie prime che, almeno in parte, devono essere prelevate dall'ambiente.

Ciò comporta che qualsiasi formulazione algebrica di una funzione di produzione che sia accettabile come descrizione semplificata della realtà deve avere la proprietà che se R è uguale a zero, allora Y è zero. Proprietà che è posseduta dalla forma di Cobb-Douglas, la quale, infatti, prevede la sostituibilità parziale dei fattori.

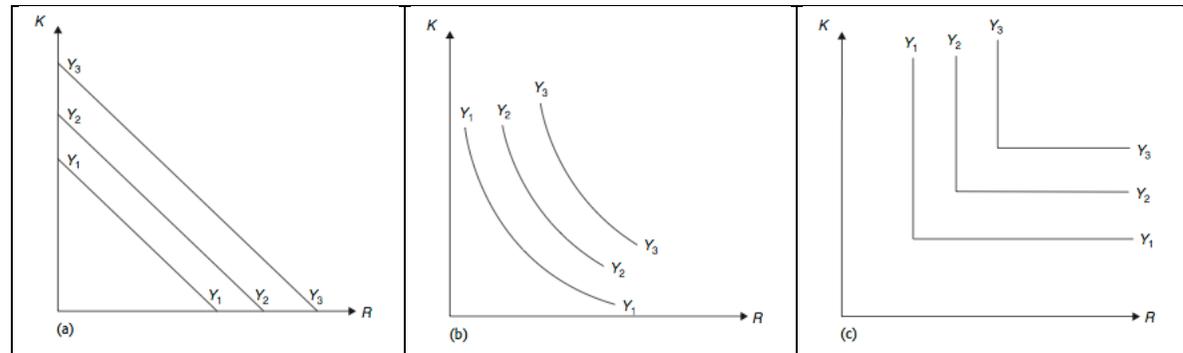
Una forma che possiede tale proprietà e che non ammette alcuna sostituibilità tra i fattori è la funzione di produzione di Leontief, che ha la seguente forma:

$$Y = \min \{ \alpha \times K, \beta \times L, \delta \times R \}$$

In questa funzione, Y prende il valore più piccolo fra  $\{\alpha \times K\}$ ,  $\{\beta \times L\}$  e  $\{\delta \times R\}$ .

La proiezione degli isoquanti sul piano R-K della funzione lineare (a), Cobb-Douglas (b) e Leontief (c) sono mostrate in figura 5.4. Come si vede, le forme (a) e (c) corrispondono agli estremi quanto a possibilità di sostituzione. Nel caso (a) qualsiasi Y può essere prodotta senza un fattore, a condizione che ce ne siano abbastanza degli altri. Nel caso (c), se la quantità di un fattore è zero, la Y sarà zero per qualunque livello di utilizzazione degli altri due. Il caso Cobb-Douglas (b) è intermedio, in quanto, se è vero che se un fattore è zero allora Y è zero, è anche vero che adeguate quantità di fattori consentono di mantenere costante Y anche quando il terzo fattore è molto limitato.

Figura 5.4 - Isoquanti della funzione lineare (a), Cobb-Douglas (b), Leontief (c)



Fonte: Nostra elaborazione da Common e Stagl (2005)

Abbandonando, per questioni di assenza di realismo, la funzione (a), nel seguito prenderemo in considerazione le altre due forme funzionali dalla cui applicazione emergerà come le relazioni tra crescita economica e ambiente differiscono in modo sensibile a seconda di quale delle due funzioni viene utilizzata nel modello.

### Risorse rinnovabili

Nel caso di risorse rinnovabili, l'ipotesi di base è che lo stock non deve essere raccolto in modo da portare la risorsa fino all'estinzione, ma deve essere mantenuto a un livello sostenibile. Il raccolto più grande che può essere effettuato e mantenuto nel tempo nel rispetto di questa condizione è stato definito nel capitolo 3 come il raccolto massimo sostenibile. Pertanto, una volta note le caratteristiche di una risorsa rinnovabile (in particolare il tasso di crescita e la massima popolazione consentita dalla *carrying capacity* ambientale), sarà possibile determinare il raccolto massimo sostenibile che, per definizione, rappresenta una costante rispetto al tempo.

A scopo esemplificativo, nelle elaborazioni che seguono si considererà un raccolto sostenibile  $H^*=1$ , il quale può essere ottenuto, come mostrato nel capitolo 2, con una consistenza massima dello stock determinato dalla *carrying capacity* ambientale pari a  $S_{MAX}=10$  un tasso di crescita dello stock di  $g=0,4$  e una dimensione dello stock che rimane stabile al valore  $S^*=5$ .

Per esaminare le implicazioni sulla crescita economica di un livello costante di raccolto sostenibile di risorse naturali iniziamo con il considerare il modello basato su una funzione di produzione di Leontief del tipo

$$Y = \min \{ \alpha \times K, \beta \times L, \delta \times R \}$$

Data l'impossibilità di sostituzione fra i fattori che concorrono alla generazione del PIL imposta da questa funzione, Y non potrà mai essere maggiore di  $\delta \times R$ . Esiste quindi una soglia superiore per Y, che è determinata dal valore di  $\delta$  mentre non esiste un limite per l'accumulazione di capitale e per la crescita della popolazione. Una volta che Y raggiunge il limite massimo, se la popolazione continua a crescere, allora il PIL pro-capite cade al ritmo di crescita della popolazione.

Consideriamo ora la possibilità di sostituzione dei fattori con un modello di crescita basato sulla funzione di produzione di Cobb-Douglas nella sua formulazione base:

$$Y = K^\alpha \times L^\beta \times R^\delta$$

con i parametri riepilogati in tabella 5.2.

I risultati di questa versione di base del modello di crescita con il vincolo della resa sostenibile di una risorsa rinnovabile mostrano, come emerge dalla figura 5.5, che dopo un breve periodo di lieve crescita (in questo caso 5 anni), il PIL pro capite diminuisce a un ritmo crescente. Nonostante l'accumulazione e la sostituzione di capitale, la crescita economica rimane comunque un fenomeno transitorio.

Tale andamento, seppure con diversi valori del PIL e con differenti andamenti temporali, rimane simile all'aumentare del tasso di risparmio o della quota di popolazione occupata. A titolo di esempio si riportano nelle figure 5.5a, 5.5b e 5.5c gli

andamenti del PIL in corrispondenza di un tasso di risparmio  $s=30\%$ , di una popolazione occupata  $h=75\%$  e dei due effetti combinati. Come si osserva, pur partendo da valori diversi ed evolvendosi in modo differente, la crescita del PIL nel lungo periodo si attesta sempre allo stesso valore  $(-0,3\%)$ .

Si può verificare come anche un minor deprezzamento del capitale agisca in modo simile, alterando la dinamica della crescita senza tuttavia modificarne la tendenza di lungo periodo.

Tabella 5.2 – Parametri del modello di crescita (versione con  $H^*$ )

Crescita popolazione ( $n$ )	2,5%
Popolazione occupata ( $h$ )	50%
Quota risparmio ( $s$ )	15,0%
Deprezzamento del capitale ( $d$ )	5,0%
Raccolta massima sostenibile ( $H^*$ )	1
Coefficiente $\alpha$ Cobb-Douglas	0,2
Coefficiente $\beta$ Cobb-Douglas	0,7
Coefficiente $\delta$ Cobb-Douglas	0,1

Figura 5.5 - Andamento del PIL pro capite (con raccolta sostenibile)

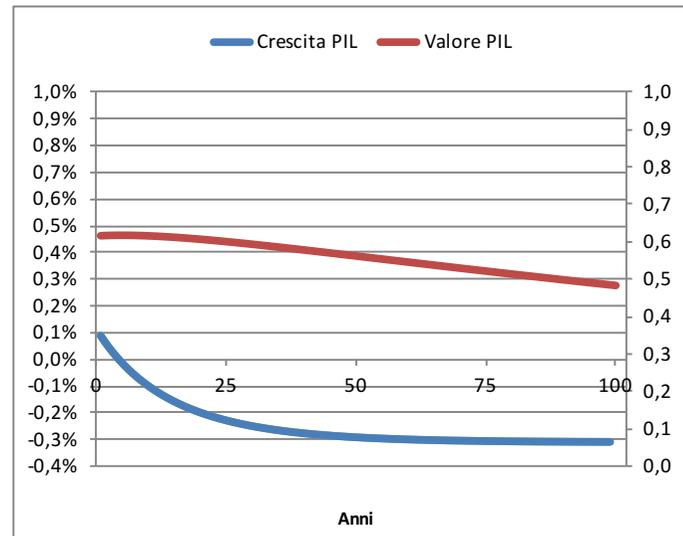


Figura 5.5a - *Andamento con s=30%*

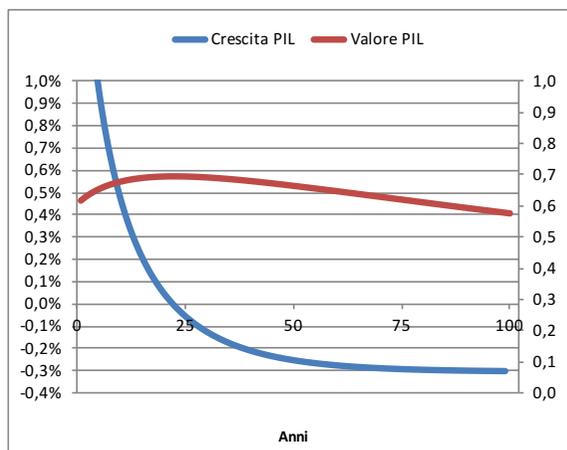


Figura 5.5b - *Andamento con h=75%*

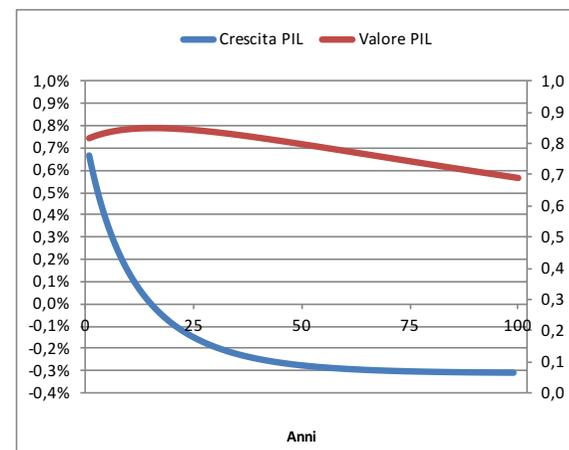
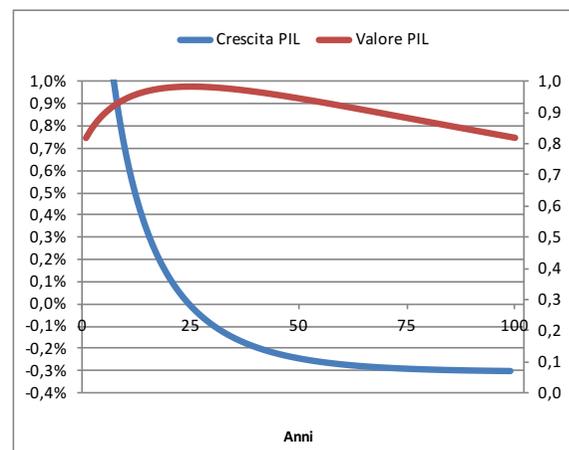


Figura 5.5c - *Andamento con s=30% e h=75%*



Altro aspetto da considerare è l'importanza relativa dei diversi fattori della produzione espressa dai coefficienti  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\delta$  della funzione di Cobb-Douglas. Infatti, è ragionevole ritenere che una riduzione del ruolo delle risorse naturali possa influenzare il PIL e la sua crescita di lungo periodo.

Per verificare questo aspetto è possibile ridurre il valore di  $\delta$  nello sviluppo del modello di crescita, sempre mantenendo l'ipotesi di rendimenti di scala costanti  $\alpha + \beta + \delta = 1$ . Le figure 5.6a e 5.6b mostrano l'evoluzione del PIL per  $\delta = 0,05$  (con  $\alpha = 0,25$ ) e  $\delta = 0,01$  (con  $\alpha = 0,29$ ).

Figura 5.6a - Andamento con  $\delta=0,05$

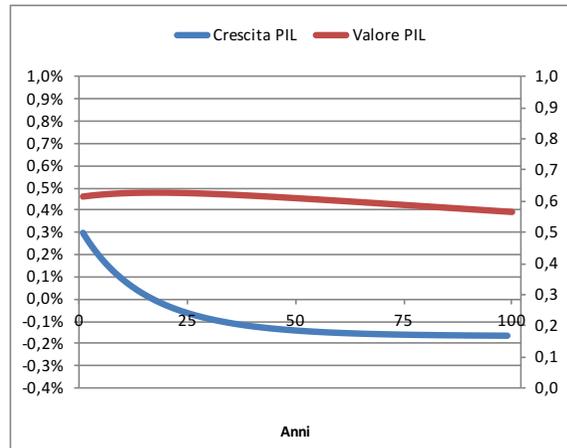
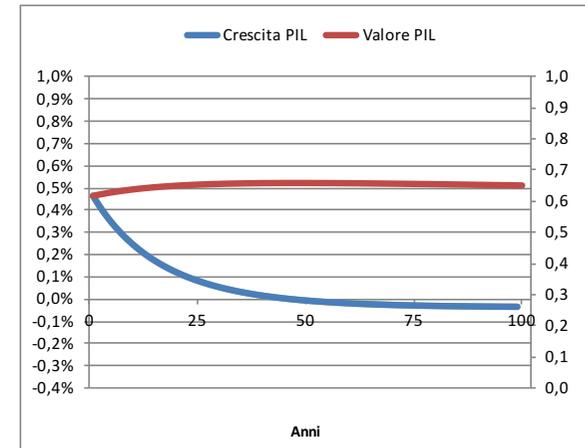


Figura 5.6b - Andamento con  $\delta=0,01$



Come si osserva, una riduzione dell'importanza delle risorse naturali a favore dell'utilizzo del capitale tende a migliorare la situazione ma non impedisce che il tasso di crescita del PIL nel lungo periodo raggiunga valori negativi. Questa situazione non si modifica in termini generali agendo sugli altri parametri del modello  $h$ ,  $s$  e  $d$ .

Si può concludere quindi che con una raccolta sostenibile delle risorse naturali e un costante aumento della popolazione in assenza di progresso tecnologico il PIL pro-capite non può crescere nel lungo periodo.

Inseriamo ora in questa formulazione del modello la presenza del progresso tecnologico endogeno nella formulazione seguente:

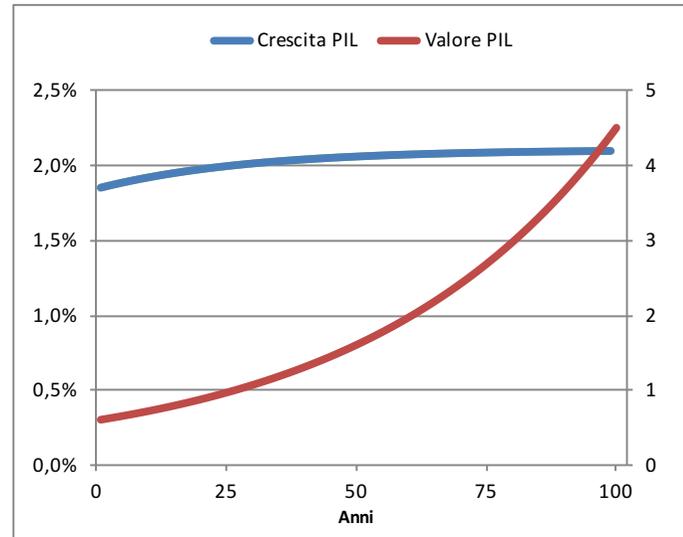
$$Y(t) = K(t)^\alpha \times A(t)L(t)^\beta \times R(t)^\delta; A(t)=K(t-1)^\gamma$$

Se si mantengono i parametri del modello della tabella 5.2 e si pone  $\gamma=0,6$ , si ottiene l'andamento del PIL mostrato in figura 5.7. Come si osserva, in queste condizioni è possibile una crescita di lungo periodo a un tasso costante (nel nostro caso di poco superiore al 2%).

Modificando gli altri parametri del modello (in particolare i coefficienti della funzione di produzione) si ottengono situazioni molto differenti fra di loro; tuttavia è possibile concludere che in presenza di un sufficiente progresso tecnologico è possibile una crescita economica stabile anche in presenza di una popolazione crescente e di un utilizzo sostenibile delle risorse naturali.

Questa affermazione si basa sull'ipotesi della possibilità di sostituzione fra fattori della produzione, in particolare fra capitale naturale e capitale economico, implicita nella funzione di Cobb-Douglas utilizzata nel modello.

Figura 5.7 - *Andamento del PIL pro capite (con progresso endogeno)*



È interessante studiare cosa accade nell'ipotesi in cui non vi sia la possibilità di sostituzione fra i fattori e, di conseguenza, il modello di crescita venga basato su una funzione di produzione di Leontief.

Mantenendo i parametri utilizzati nell'ultima simulazione, inclusa la presenza del progresso tecnico, si ottiene il risultato mostrato in figura 5.8 il quale evidenzia un periodo di crescita nulla a cui segue un progressivo crollo del PIL con un tasso stabile (nel nostro esempio del -2,5%). Questo andamento generale non è influenzato né dal tasso di popolazione occupata ( $h$ ), né dalla quota di risparmio ( $s$ ).

Significativo è, invece, l'effetto del progresso tecnologico, in particolare quando esso influenza la produttività del capitale.

Se, infatti, si applica il coefficiente  $A(t) = K(t-1)^\gamma$  al fattore  $K$ , si osserva come la crescita del PIL nel primo periodo (con i nostri parametri circa 25 anni) sia positiva e la sua diminuzione, soprattutto con elevati valori di  $\gamma$ , lo mantenga comunque a livelli positivi per molti anni (figure 5.8a e 5.8b). In altri termini, risulta che un progresso tecnico sufficientemente rapido, soprattutto se accompagnato da un elevato tasso di occupazione e da una sufficiente quota di risparmio, può mantenere la crescita del PIL per un tempo molto lungo.

Va comunque osservato che in presenza di insostituibilità tra fattori produttivi e con un utilizzo sostenibile delle risorse naturali il modello di crescita evidenzia come nel lungo periodo non sia possibile evitare che la crescita del PIL raggiunga livelli negativi e si stabilizzi sempre al medesimo valore, nel nostro esempio pari al -2,5%.

Figura 5.8 - Andamento del PIL pro capite (con funzione di Leontief)

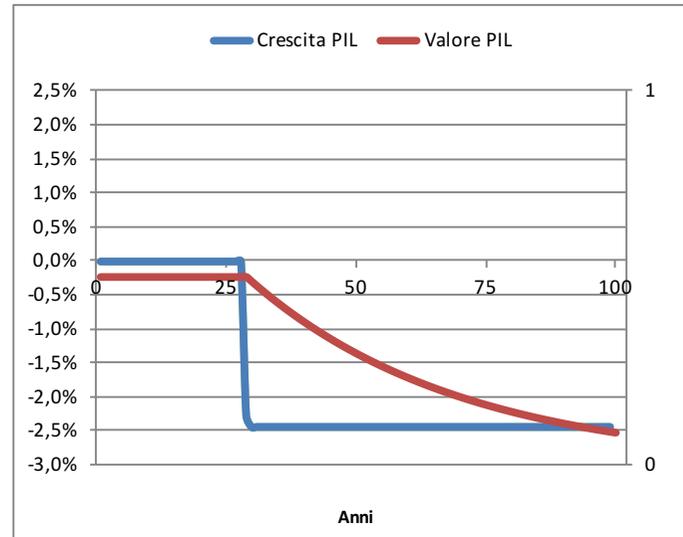


Figura 5.8a - Andamento con  $\gamma=0,6$

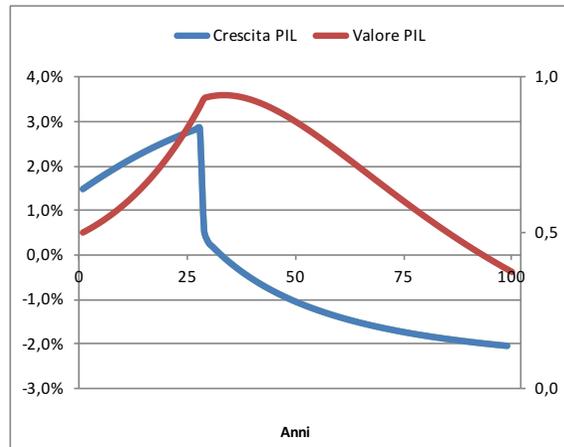
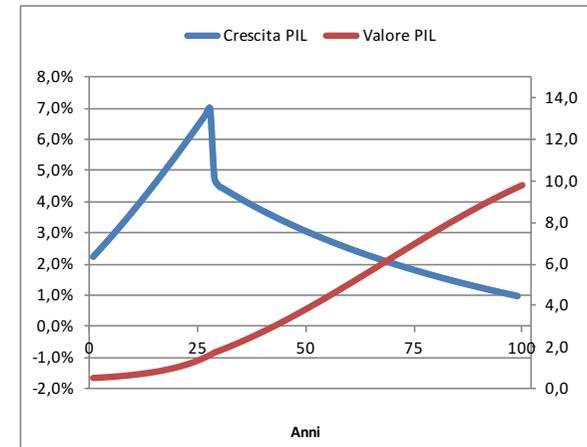


Figura 5.8b - Andamento con  $\gamma=0,9$



## Risorse non rinnovabili

Lo stock di una risorsa  $S$  non rinnovabile al tempo  $t$  è dato da:

$$S_t = S_{t-1} - H_t$$

Data la caratteristica della non rinnovabilità, qualsiasi livello costante o crescente di raccolta  $H_t$  porterà all'esaurimento della risorsa stessa.

In tutti i modelli di crescita considerati fino ad ora la funzione di produzione è tale che se l'input di risorse è zero allora anche il PIL è pari a zero. Ciò significa che qualsiasi livello costante o crescente di utilizzo delle risorse non rinnovabili implica nel lungo periodo dei tassi di crescita negativi.

Se invece la quantità della risorsa estratta è sempre una proporzione costante dello stock rimanente della risorsa, allora sia il prelievo che lo stock si riducono progressivamente ma senza diventare mai pari a zero (anche se vi tenderanno asintoticamente).

Questo tipo di raccolta è espressa dalla relazione:

$$H_t = k \times S_{t-1}$$

dove  $k$  è una costante minore di 1.

È possibile osservare un simile andamento nel prelievo di una risorsa solo se il livello di utilizzo è determinato esclusivamente dal suo prezzo e se tale prezzo aumenta progressivamente con il ridursi dello stock della risorsa stessa.

Iniziamo facendo riferimento ad un modello di crescita in cui il PIL è generato secondo una funzione di produzione di Leontief, in modo che non ci siano possibilità di sostituzione tra i fattori produttivi, e in cui non è presente progresso tecnico. I parametri sono quelli utilizzati fino ad ora e inoltre poniamo il tasso di sfruttamento della risorsa a  $k=0,05$  con una dimensione iniziale dello stock di risorse non rinnovabili pari a 100.

La figura 5.9 mostra i risultati di questa simulazione; come si vede, il PIL pro capite rimane costante per un certo numero di anni per poi iniziare a decrescere con un tasso costante (-7,3% nell'esempio) e tendere verso un valore nullo.

Mantenendo l'impossibilità di sostituzione della risorsa non rinnovabile, vediamo cosa accade in presenza di progresso tecnico. La figura 5.9a evidenzia che, dopo un primo periodo di crescita della durata identica al caso precedente, il PIL pro capite cala bruscamente per tendere a zero nel lungo periodo. Tale andamento non varia nella sua tendenza generale al variare dei parametri del modello; aumenti del risparmio, della popolazione occupata e del progresso tecnico, pur influenzando sull'entità e la durata della prima fase di crescita, non riescono ad evitare che il PIL pro capite nel lungo periodo si stabilizzi ad un valore negativo.

Se ne conclude che in presenza di risorse non rinnovabili non sostituibili la crescita del PIL pro capite è nel migliore dei casi un fenomeno transitorio.

Figura 5.9 - *PIL pro capite (risorse non rinnovabili non sostituibili)*

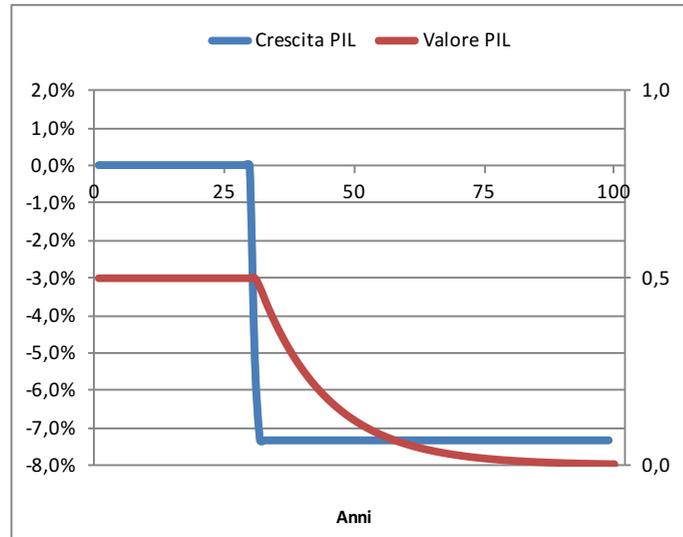
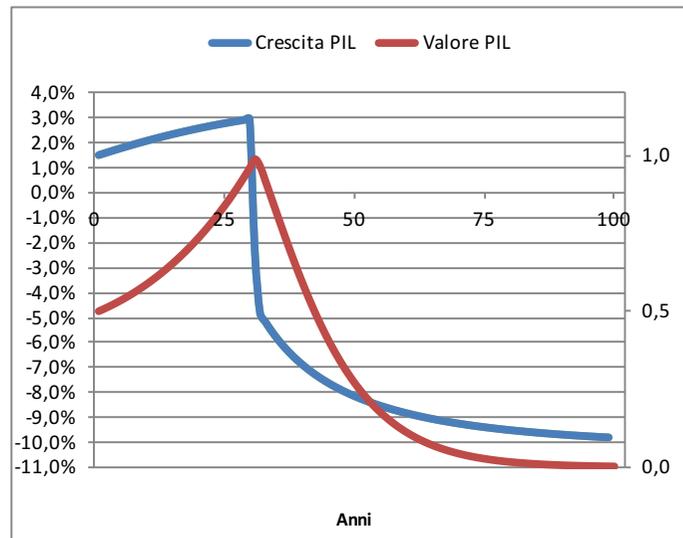


Figura 5.9a - *PIL pro capite (risorse non rinnovabili non sostituibili e progresso tecnico)*



In altri termini, senza possibilità di sostituzione, l'accumulazione di capitale e il progresso tecnico (anche in condizioni di popolazione costante) non possono superare il problema fondamentale presentato dall'utilizzo nella produzione di una

risorsa non rinnovabile. Se la risorsa viene utilizzata a un tasso costante o crescente, essa si esaurisce e, con il cessare della produzione, il PIL si azzerava. Se la risorsa viene utilizzata a un tasso decrescente, in modo che non si esaurisca mai, la crescita economica può essere mantenuta solo per un periodo di tempo limitato.

È importante analizzare cosa accade nel caso in cui si ipotizzi la sostituibilità della risorsa non rinnovabile con gli altri fattori produttivi attraverso l'inserimento nel modello di crescita di una funzione di Cobb-Douglas.

Un primo scenario, caratterizzato dai parametri base della tabella 5.2 (con l'unica differenza che in questo caso stiamo considerando una risorsa non rinnovabile con stock iniziale pari a 100 e tasso di sfruttamento  $k=0,05$ ), mostra come il PIL pro capite risulti sempre negativo.

Questa situazione si modifica, anche se in modo non sostanziale al variare dei parametri del modello. In particolare, all'aumentare della quota popolazione occupata ( $h$ ) e del risparmio ( $s$ ) e al ridursi del deprezzamento del capitale ( $d$ ), del tasso di crescita della popolazione ( $q$ ) e dell'importanza della risorsa nella funzione di produzione ( $\delta$ ) si ottengono scenari in cui si osserva una crescita del PIL anche per periodi sufficientemente lunghi. Ad esempio, se si utilizzano i parametri della tabella 5.3 l'andamento del PIL è quello rappresentato in figura 5.10.

In questa situazione, si osserva una crescita del PIL pro capite che, seppure decrescente, rimane positiva per un periodo abbastanza lungo (50 anni nella nostra simulazione).

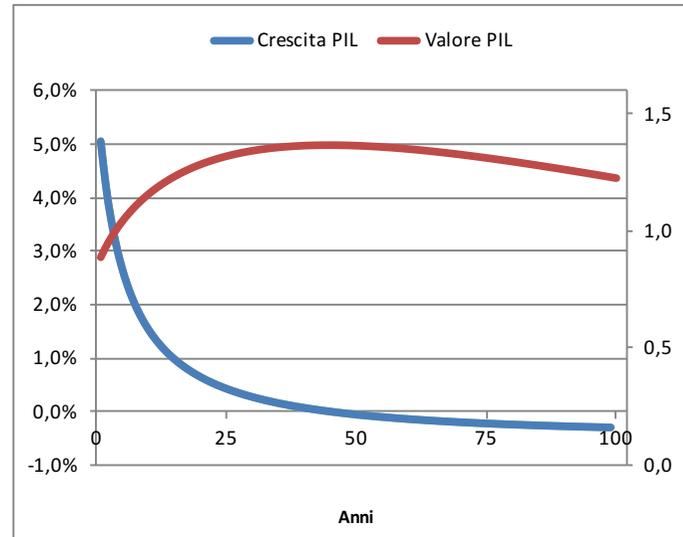
Considerando anche l'esistenza di un progresso tecnico endogeno, si osservano situazioni molto differenti in relazione ai valori assunti dai diversi parametri del modello. Quello che si può concludere, comunque, è che se la risorsa è sufficientemente poco importante nella produzione e se i progressi tecnici sono sufficienti, la crescita può durare per un tempo praticamente illimitato.

In definitiva, quindi, l'elemento chiave che, dal punto di vista teorico, caratterizza la possibilità di una crescita del PIL pro capite di lunghissimo periodo è la possibilità di sostituzione delle risorse naturali, siano esse rinnovabili o non rinnovabili. Questa conclusione conferma come non sia teoricamente possibile la crescita sostenibile, dove quest'ultima si intenda in senso forte.

Tabella 5.3 - Parametri del modello di crescita (versione con  $S_0=100$  e  $k=0,05$ )

Crescita popolazione ( $n$ )	1%
Popolazione occupata ( $h$ )	75%
Quota risparmio ( $s$ )	30%
Deprezzamento del capitale ( $d$ )	2%
Coefficiente $\alpha$ Cobb-Douglas	0,25
Coefficiente $\beta$ Cobb-Douglas	0,70
Coefficiente $\delta$ Cobb-Douglas	0,05

Figura 5.10 - *PIL pro capite (risorse non rinnovabili sostituibili)*



Sulla base dei risultati presentati in questo paragrafo e delle considerazioni tracciate nei paragrafi precedenti è possibile riepilogare le diverse prospettive con cui è possibile affrontare la questione dello sviluppo sostenibile. A questo scopo può essere utilizzata una matrice (tabella 5.4) in cui incrociare le visioni della sostenibilità (debole e forte) con i possibili approcci al concetto di sviluppo (crescita, economico e sociale).

Tabella 5.4 - *Matrice delle visioni dello sviluppo sostenibile*

	<i>Sostenibilità Debole</i>	<i>Sostenibilità Forte</i>
<i>Crescita</i>	<b>Economia Ambientale</b>	Teoricamente impossibile
<i>Sviluppo Economico</i>		
<i>Sviluppo Sociale</i>	Logicamente incoerente	<b>Economia Ecologica</b>

Fonte: Nostra elaborazione

La matrice evidenzia come, in sostanza, vi siano due paradigmi teoricamente e logicamente fondati rispetto ai quali considerare il concetto di sviluppo sostenibile.

Il primo, che più correttamente andrebbe definito “dello sviluppo economico (o della crescita) sostenibile in senso debole”, in cui l’obiettivo è rappresentato dall’aumento quantitativo della dimensione del sistema economico (misurata attraverso il PIL) ottenuto sostituendo capitale naturale con capitale artificiale e mantenendo costante il valore complessivo del capitale totale. In questo paradigma l’idea di fondo è che il miglioramento qualitativo della società in termini di benessere può essere ottenuto soltanto attraverso l’incremento della dimensione del sistema economico; a questo riguardo si ipotizza di poter migliorare il benessere ampliando “artificiosamente” la capacità dell’ambiente naturale di fornire risorse e di assorbire scarti per mezzo dell’aumento del capitale artificiale e del progresso tecnologico. Come si è visto, la disciplina entro cui va iscritto lo studio degli aspetti teorici di questo paradigma di matrice neoclassica è quello dell’economia ambientale.

Il secondo, identificato come paradigma “dello sviluppo sociale sostenibile in senso forte”, guarda al miglioramento del benessere della collettività senza associarlo alla crescita della dimensione del sistema economico e ponendo come condizione essenziale il mantenimento della dotazione (valutata in termini fisici) del capitale naturale. In questa prospettiva, come si è discusso nel secondo capitolo, si modifica il concetto stesso del benessere che non è più legato al livello di profitti/consumi ma assume una connotazione diversa nella quale svolge un ruolo importante anche la qualità dell’ambiente naturale che, anche per questa ragione, non può essere sostituito con capitale economico. Come si è visto, questo approccio allo sviluppo sostenibile è oggetto della disciplina dell’economia ecologica, in cui il sistema economico è inserito all’interno dell’ecosistema il quale ne vincola il funzionamento e ne limita le possibilità di crescita.

## Bibliografia di riferimento

Bresso M. (1993). *Per un'economia ecologica*, Carocci, pp.360.

Brundtland G. et al. (1987). Our common future ("Brundtland report"), Oxford University Press, USA.

Common M., Stagl S. (2005). *Ecological Economics. An Introduction*, Cambridge University Press.

Costanza R., Daly H.E., (1992). Natural capital and sustainable development, *Conservation Biology*, 6, 37-46.

Dasgupta P., Heal G. M. (1979). *Economic theory and exhaustible resources*, Cambridge, Cambridge University Press.

Easterlin R. A. (1974), *Does Economic Growth Improve the Human Lot?* in Paul A.D., Melvin W.R. (a cura di), Nations and Households in Economic Growth: Essays in Honor of Moses Abramovitz, Academic Press, New York.

Ekens P. (2003). *Sustainable development*, in Page E. A. Proops J. (eds.) *Environmental thought*, Cheltenham, Edward Elgar, pp.144-172.

Neumayer E. (2003). *Weak versus strong sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*. 2nd ed., Edward Elgar, Cheltenham, UK.

Solow R. (1974). Intergenerational Equity and Exhaustible Resources, *Review of Economic Studies*, n.41, pp.29-46.

## 6. Il modello bioeconomico del processo economico

### 6.1 Premessa: l'equivoco della bioeconomia

In questo capitolo si presenteranno alcuni aspetti relativi alla Bioeconomia e, in particolare, alla rappresentazione del sistema economico e alla sua possibile utilizzazione come paradigma di riferimento per indirizzare i sistemi economici stessi verso condizioni di sostenibilità.

La Bioeconomia è una teoria economica proposta da Nicholas Georgescu-Roegen che ha il suo fondamento nell'evidenza che qualsiasi processo economico, in base ai principi fisici della termodinamica, degrada energia e materia riducendone così la disponibilità per le attività economiche delle generazioni future.

Sulla base di questa considerazione, la Bioeconomia rappresenta un paradigma che accoglie la necessità di ripensare la scienza economica, rendendola capace di incorporare il principio dell'entropia e i vincoli ecologici. Da questo punto di vista, l'economia ecologica rappresenta un'evoluzione e un inquadramento della bioeconomia, in quanto disciplina che, come si è visto nel capitolo 4, affronta le interrelazioni fra economia ed ecologia in una prospettiva transdisciplinare.

Una definizione esaustiva di bioeconomia è quella che si trova nel Dizionario di Economia e Finanza dell'Enciclopedia Treccani e che per chiarezza viene di seguito riportata:

*La bioeconomia è una teoria economica fondata sul concetto di limite biofisico della crescita, applicato nel contesto di un sistema termodinamicamente chiuso quale la Terra. Formulata negli anni 1960 dall'economista e matematico Nicholas Georgescu Roegen, comporta un ripensamento radicale dei fondamenti dell'economia neoclassica, basandosi sul linguaggio delle scienze fisiche e naturali.*

*Mentre nell'impostazione neoclassica la valutazione dello sfruttamento delle risorse ambientali avviene nell'ambito di un quadro funzionale a rilevarne la capacità di soddisfacimento dell'utilità dei consumatori, nella bioeconomia, la questione ecologica è affrontata partendo dalla termodinamica.*

*Estendendo il secondo principio della termodinamica, che in ambito economico equivale alla regola per cui in ogni processo produttivo si determina una diminuzione del potenziale d'uso dell'energia, si arriva a definire inevitabile anche la dissipazione della materia nelle trasformazioni industriali e manifatturiere (impossibilità del riciclo totale degli scarti e dei rifiuti oltre il limite della sensibilità degli strumenti di misura).*

*Con queste premesse, la bioeconomia fornisce un potente apparato teorico per elaborare criticamente l'opposizione fra crescita economica e sviluppo sostenibile, con un impianto preanalitico meno rigido di altre teorie economiche di impronta ambientalista, e strumenti analitici capaci di coglierne in termini di dinamica non lineare, oltre agli aspetti biofisici, le fondamentali premesse antropologiche, culturali e sociali.*

*Stabilito il concetto di restrizioni fisiche alla crescita, indotte dalla limitatezza dell'ecosistema terrestre, perde significato il termine di crescita sostenibile, ma permane il nesso causale e problematico fra crescita economica reale e sviluppo.*

Questa accezione del termine italiano bioeconomia deriva dal vocabolo anglosassone *bioeconomics*, utilizzato da Georgescu-Roegen per definire la sua teoria economica.

Nella letteratura economica italiana, sia scientifica che divulgativa, non è infrequente imbattersi in significati profondamente diversi del termine bioeconomia. Ciò è dovuto al fatto che, ignorando il suo significato originale, lo stesso termine è stato utilizzato per tradurre in italiano i termini *bioeconomy* e *bio-based economy*.

Quando il termine bioeconomia viene usato in corrispondenza del termine *bioeconomy*, il suo significato è quello indicato nel documento “*L’innovazione per una crescita sostenibile: una bioeconomia per l’Europa*” della *Commissione Europea*.

*La bioeconomia si riferisce a un’economia che si fonda su risorse biologiche provenienti dalla terra e dal mare, nonché dai rifiuti, che fungono da combustibili per la produzione industriale ed energetica e di alimenti e mangimi.*

*La bioeconomia comprende anche l’uso di processi di produzione fondati su bioprodotto per un comparto industriale sostenibile.*

*Comprende i settori dell’agricoltura, della silvicoltura, della pesca, della produzione alimentare, della produzione di pasta di carta e carta, nonché comparti dell’industria chimica, biotecnologica ed energetica.*

Nella sua traduzione di *bio-based economy*, il termine bioeconomia assume un significato ancora diverso, che può essere sintetizzato nella definizione utilizzata dall’*Accademia dei Georgofili* nella presentazione della giornata di studio “*Bio-based economy: un nuovo modello di sviluppo*”.

*Per bioeconomia si intende un’economia basata sulla produzione razionale di risorse biologiche rinnovabili e sulla loro conversione in beni e servizi utilizzabili per il consumo finale o per l’uso intermedio da parte dell’industria.*

*Essa comprende sia attività economiche tradizionali, come l’agricoltura, le colture idroponiche, la pesca, l’acquacoltura e la silvicoltura, che attività che si sono sviluppate più di recente, come le biotecnologie e la produzione di biocarburanti.*

*I settori e le industrie della bioeconomia presentano un fortissimo potenziale di innovazione, dovuto alla contemporanea utilizzazione di conoscenze scientifiche, tecnologie industriali e saperi locali.*

*Tali caratteristiche offrono l’opportunità di trattare in maniera sistematica e onnicomprensiva alcune sfide fondamentali per l’umanità, come il problema della sicurezza alimentare, la scarsità delle risorse naturali rinnovabili, la dipendenza dalle risorse fossili e il cambiamento climatico.*

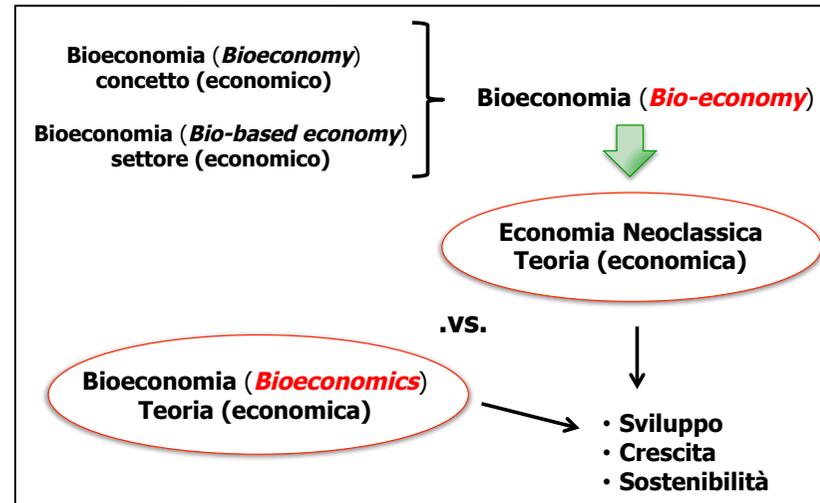
Se ne può concludere che il termine bioeconomia può indicare: (i) una teoria economica basata su un approccio fisico (*Bioeconomics*); (ii) un concetto riferito a un’economia fondata sulle risorse biologiche (*Bioeconomy*); (iii) un settore economico relativo alla produzione di risorse biologiche (*Bio-based economy*).

Queste definizioni, seppure chiaramente distinte fra di loro, possono essere poste in relazione nella logica rappresentata in figura 6.1.

Come si osserva, le due definizioni “non originali” di bioeconomia, pur nelle loro differenze, possono essere in qualche modo aggregate, in particolare per quanto riguarda il loro fondamento epistemologico che rimane fortemente ancorato alla teoria economica neoclassica. Ciò le distingue in modo sostanziale, come si è avuto modo di discutere nei

precedenti capitoli, dalla bioeconomia intesa nel senso di teoria economica, oltre che per la visione etica cui fanno riferimento, per il significato che viene attribuito ai concetti di sviluppo e di sostenibilità.

Figura 6.1 - I legami fra le definizioni di bioeconomia



Fonte: Nostra elaborazione

Nei paragrafi seguenti ci si concentrerà esclusivamente sulla bioeconomia quale teoria economica, sulla definizione del sistema economico sottesa da questo paradigma e sulle implicazioni analitiche e politiche legate alla sua sostenibilità.

## 6.2 Rappresentazione del processo economico

Il paradigma bioeconomico fornisce gli strumenti concettuali per pervenire alla definizione di un modello capace di rappresentare il sistema economico evidenziandone le implicazioni ambientali e sociali a livello territoriale.

La possibilità di operare una tale modellizzazione del sistema economico locale ha importanti ricadute sia in termini di definizione e valutazione di indicatori capaci di descrivere le sue relazioni con la sfera ambientale e sociale, sia riguardo alla definizione e alla valutazione delle ricadute di scelte di governance. Partendo da questo modello teorico, infatti, è possibile guardare alle relazioni fra domanda e offerta a scala locale, individuando le strategie di lungo periodo che consentono di mantenere un sistema territoriale in condizioni di sostenibilità o, nel caso in cui queste siano state già superate, di guidarlo verso il ripristino di tali condizioni.

In quanto segue verranno discussi due possibili percorsi analitici che consentono di pervenire alla definizione di un modello bioeconomico del sistema economico locale: il primo basato sulla considerazione delle relazioni causa-effetto che

hanno luogo a scala territoriale fra le dimensioni dell'economia, della società e dell'ambiente; il secondo fondato sulla diversa connotazione di stock e flussi degli elementi che caratterizzano un sistema economico locale. Entrambi i percorsi partono dalla scomposizione del sistema economico in processo di produzione e processo di consumo; il primo si caratterizza per la funzione di realizzare prodotti destinati alla soddisfazione dei bisogni dei cittadini-consumatori, il secondo è connotato dall'utilizzo (consumo) dei beni creati dal primo.

### Approccio per dimensioni (economia-società-ambiente)

Dal punto di vista sociale, il processo economico di produzione ha lo scopo di trasferire valore, attraverso una remunerazione, agli agenti (fattori della produzione) capitale e lavoro che operano il processo di trasformazione origine dei prodotti (figura 6.2). Tale remunerazione rappresenta, in pratica, una contropartita monetaria (salari per gli operai, stipendi per gli impiegati, utili per gli imprenditori) al contributo apportato da ciascuna figura al processo di produzione. Il processo economico di consumo, visto nella sua declinazione sociale, opera anch'esso una trasformazione finalizzata alla soddisfazione dei bisogni attraverso l'utilizzo dei prodotti (figura 6.3).

Figura 6.2 – Il processo di produzione (visione socioeconomica)

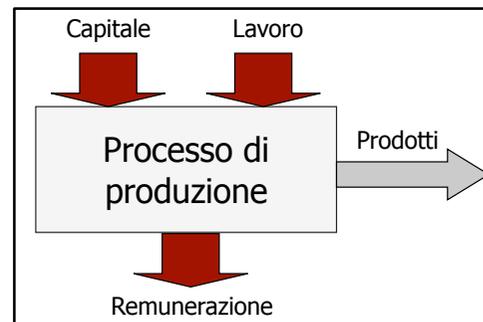


Figura 6.3 – Il processo di consumo (visione socioeconomica)

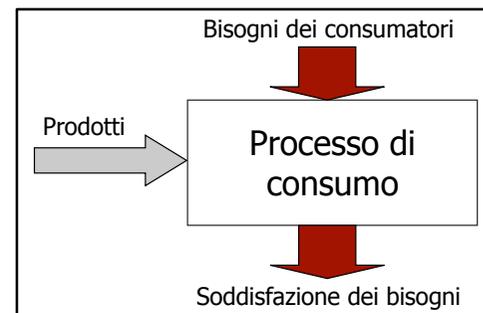
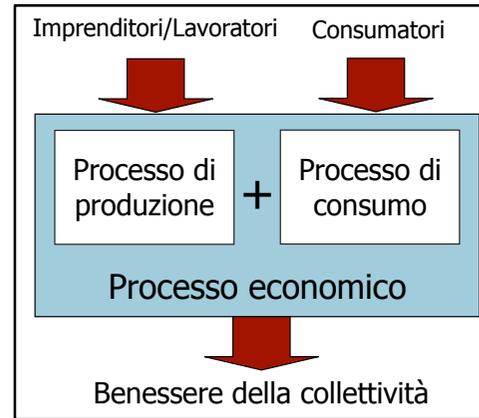


Figura 6.4 – *Le implicazioni sociali del processo economico*



Il passo successivo è rappresentato dalla integrazione dei processi di produzione e consumo, operazione che, di fatto, ingloba nel sistema economico la funzione del mercato quale luogo di scambio fra produttori (che offrono prodotti) e consumatori (che esprimono una domanda dei prodotti stessi). Ciò che ne risulta, come si osserva dalla figura 6.4, è una rappresentazione dell'interazione fra il processo economico e la sfera sociale, la quale si traduce, in estrema sintesi, nella capacità di generare benessere per la collettività, intesa come l'insieme degli individui che sono allo stesso tempo produttori (lavoratori o imprenditori) e consumatori.

Passando alla considerazione della natura ambientale del processo economico, iniziamo con il considerare il processo di produzione osservandone, in una prospettiva bioeconomica, la natura fisica.

Da questo punto vista, la produzione si configura come una trasformazione che attribuisce alla materia/energia in uscita, contenuta nei prodotti, un valore più elevato della materia/energia in entrata, ossia quella rappresentata dalle risorse naturali impiegate nel processo (figura 6.5). Inoltre, come evidenzia la figura, ad ogni processo di produzione sono associati degli scarti e dei rifiuti, rappresentati sia da residui della trasformazione (materie prime, sottoprodotti, prodotti non conformi) sia da emissioni.

In termini strettamente ambientali (fisici), il processo di consumo si configura come una "distruzione" dei prodotti utilizzati per soddisfare i bisogni. Come rappresentato in figura 6.6, in conseguenza di tale processo di "consumo" (che può essere totale o parziale) si ha la generazione di scarti e rifiuti che finiscono nell'ambiente.

Anche in questo caso, unendo i processi di produzione e consumo visti nella loro connotazione fisica, è possibile offrire una rappresentazione delle interazioni fra ambiente e sistema economico.

Figura 6.5 – Il processo di produzione (visione ambientale)

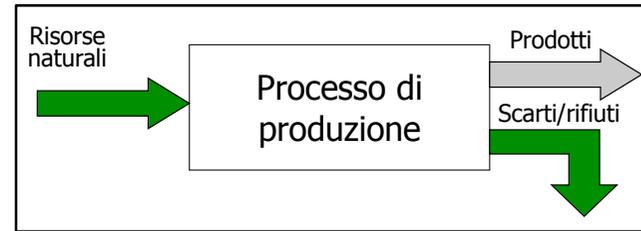
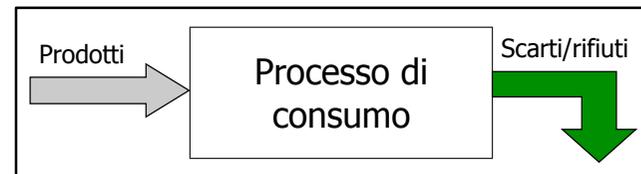
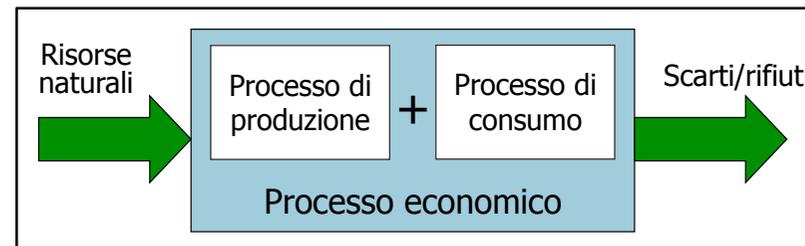


Figura 6.6 – Il processo di consumo (visione ambientale)



Come si vede dalla figura 6.7, il processo economico interagisce con la sfera ambientale semplicemente assorbendo risorse naturali ed espellendo scarti; in tale processo, come si è avuto modo di spiegare nel capitolo 4, avviene una continua degradazione dell'energia e un progressivo aumento dell'entropia. In altre parole, in termini fisici un processo economico è nient'altro che una creazione dell'essere umano per accelerare la morte entropica del pianeta.

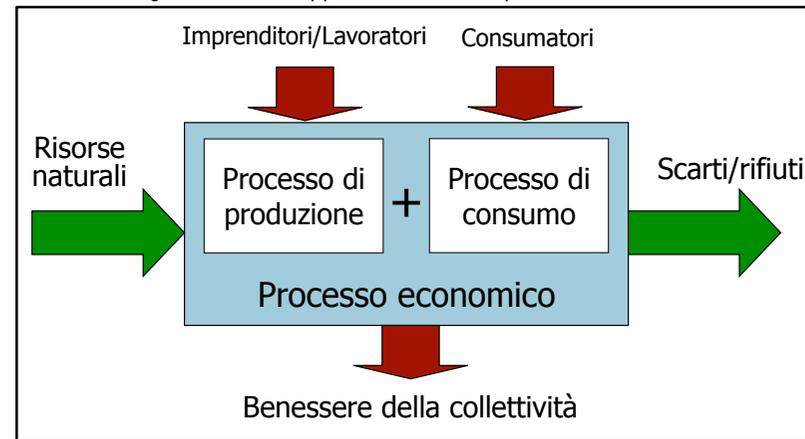
Figura 6.7 – Le implicazioni ambientali del processo economico



L'ultimo passaggio consiste nell'integrare in un unico modello le interazioni del processo economico con la sfera ambientale e sociale. Il risultato, mostrato in figura 6.8, esprime il modello del sistema (bio)economico attraverso la rappresentazione delle relazioni economia-società-ambiente.

In estrema sintesi si può concludere che il sistema economico è il mezzo che consente di raggiungere il fine del benessere della collettività. Per poter assolvere alla sua finalità, il sistema economico estrae dall'ambiente la materia e l'energia necessarie al suo funzionamento e rilascia nell'ambiente gli scarti e i rifiuti che inevitabilmente genera.

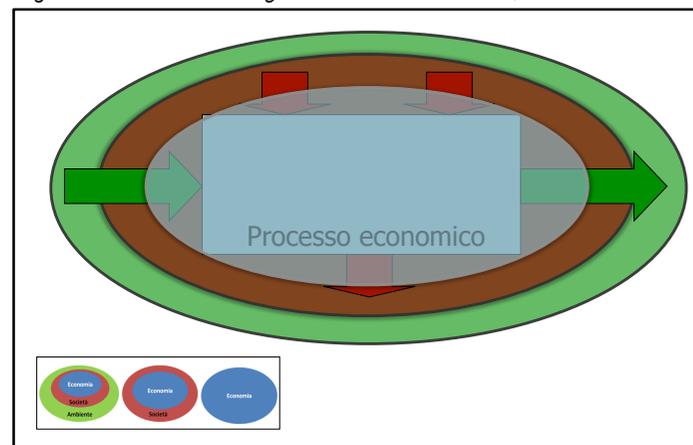
Figura 6.8 – La rappresentazione del processo economico



Fonte: Nostra elaborazione

Visti in questi termini, i rapporti fra economia, società e ambiente assumono una relazione gerarchica. Infatti, la funzione del sistema economico è delimitata dalle strutture sociali che ne guidano l'azione (come attori dei processi di produzione e consumo) e la finalità (come destinatari del benessere generato). Allo stesso tempo, il complesso delle attività che hanno luogo nel sistema socio-economico è delimitato dalla capacità di carico degli ecosistemi, in termini di disponibilità di risorse in ingresso e di capacità di assorbimento degli scarti in uscita.

Figura 6.9 – Le relazioni gerarchiche fra economia, società e ambiente



Fonte: Nostra elaborazione

Questa situazione può essere rappresentata come mostrato nella figura 6.9, laddove il processo economico (in celeste) è contenuto nella sfera sociale (in marrone) la quale, a sua volta, è inserita all'interno dei confini posti dai limiti ambientali (in verde).

Tale visione ripercorre, in modo cronologicamente inverso, l'evoluzione del pensiero economico moderno, sintetizzata nel riquadro in basso a sinistra nella figura. Infatti, come si è visto nel capitolo 1 (e nella sintesi operata nella figura 1.1), il disancoramento dagli aspetti sociali e ambientali che caratterizza il pensiero neoclassico rappresenta il punto di arrivo di un processo che ha progressivamente espunto dalla disciplina economica prima la sua dipendenza dalle risorse naturali e poi i suoi legami con la società.

Nel modello bioeconomico, invece, appare evidente come il processo economico sia inserito all'interno del contesto sociale, in virtù della sua dipendenza dai comportamenti e dai bisogni della collettività, e come entrambi siano subordinati alla capacità di fornire risorse naturali e di assorbire gli scarti degli ecosistemi.

### **Approccio per struttura (stock e flussi)**

Una seconda prospettiva con cui può essere affrontata in chiave economica la descrizione di un sistema territoriale è quella che pone l'accento sull'individuazione della dimensione territoriale che consente di raggiungere e mantenere nel lungo periodo un equilibrio "efficiente" fra attività economiche, struttura sociale e dotazione di risorse naturali.

Il quadro teorico entro cui si iscrive tale approccio richiede di considerare nella descrizione dei processi economici il ruolo delle strutture sociali e delle risorse naturali. La valutazione delle relazioni esistenti fra la sfera ambientale, sociale ed economica impone di affrontare l'analisi del sistema economico guardando alla sua capacità di trasformare entità fisiche; in questo modo è possibile evidenziare i *flussi* in ingresso (materia/energia) e in uscita (scarti/rifiuti) nei processi di produzione e consumo e di valutarne l'impatto sugli *stock* rappresentati dal capitale ambientale, sociale e valoriale.

Georgescu-Roegen, nel suo saggio del 1971 "*The entropy law and the economic process*", propose una teoria della produzione in cui vengono introdotti la variabile tempo e il secondo principio della termodinamica come aspetti fondamentali dei processi economici. Considerando questi due concetti, la piena sostituibilità tra i capitali economico e ambientale nella funzione di produzione viene superata dalla distinzione tra agenti di trasformazione (fondi) e oggetti della trasformazione (flussi) tra di loro insostituibili. Il fondo entra ed esce dal processo produttivo con la propria efficienza immutata mentre il flusso, attraversando il confine del processo produttivo, viene utilizzato e trasformato in beni e prodotti e, pertanto, al termine del processo stesso non è più riconoscibile nelle sue caratteristiche originarie.

Coerentemente con la distinzione tra agenti (fondi) e oggetti (flussi) di trasformazione e con la critica ai postulati di utilità, razionalità e non sazietà del consumatore, i concetti chiave della bioeconomia sono stati sviluppati in chiave sistemica nel modello a "*stock e flussi*". Lo *stock*, a differenza del fondo, possiede la capacità di modificare la sua struttura e la sua funzione al fine di preservare la propria esistenza. Tale rappresentazione degli *stock* fa riferimento alla teoria dei sistemi complessi, in particolare per quanto riguarda la capacità delle strutture, siano esse biologiche o sociali, di modificarsi per assicurare il proprio mantenimento attraverso un processo di continua riorganizzazione interna detto *autopoiesi*.

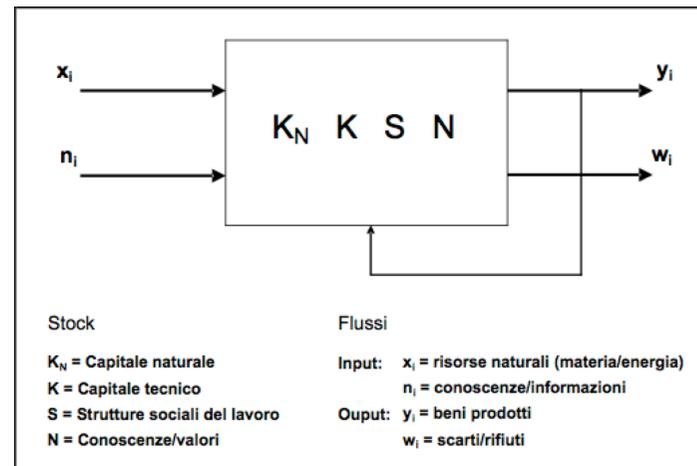
Nel modello *stock* e flussi il sistema economico è rappresentato da due sfere distinte, quella dei processi di produzione e quella dei processi di consumo, che attraverso la loro azione congiunta sono responsabili della trasformazione delle risorse naturali in scarti/rifiuti e benessere duraturo per la popolazione.

La descrizione del sistema economico locale secondo questo modello parte dal lato della produzione per poi mutuarne il quadro teorico nella rappresentazione del processo di consumo.

Il processo di produzione (figura 6.10) coinvolge quattro tipologie di *stock*:

- il capitale naturale ( $K_N$ ), inteso come insieme di materia/energia disponibile;
- il capitale nella sua accezione tradizionale ( $K$ ), ossia l'insieme delle attrezzature utilizzate nel processo di produzione;
- le strutture sociali che partecipano al processo di produzione, rappresentate dallo stock di lavoro ( $S$ );
- la cultura, rappresentata dall'insieme di conoscenze/valori ( $N$ ) che determinano la capacità produttiva di una società.

Figura 6.10 – Il processo di produzione nel modello a “stock e flussi”



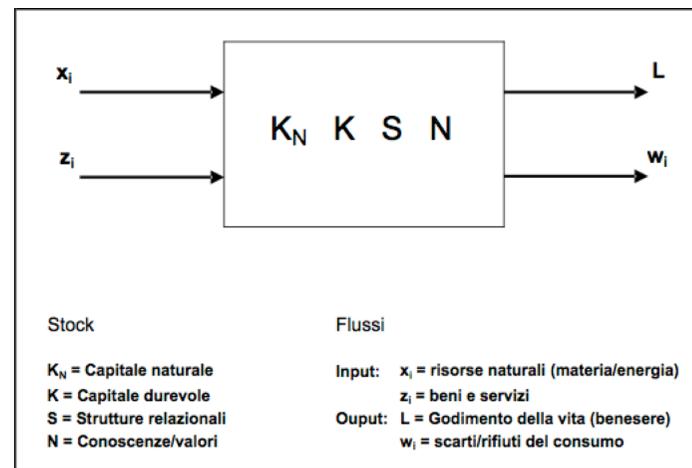
Fonte: Nostra elaborazione da Bonaiuti (2008)

Per quanto riguarda i *flussi*, il processo di produzione prevede in input le risorse naturali prelevate dalla biosfera ( $x_n$ ), alle quali si aggiungono le conoscenze/informazioni provenienti dall'esterno del sistema produttivo ( $n_i$ ). Prodotti finiti ( $y_i$ ) e scarti ( $w_i$ ) costituiscono le due tipologie di flussi in uscita. Va considerato come una parte dei flussi in ingresso, in cui rientrano anche gli stessi beni prodotti, venga impiegata per mantenere la struttura funzionale e organizzativa dei diversi stock.

Nel processo di consumo, come si vede nella figura 6.11, sono coinvolti gli stessi *stock* che caratterizzano il processo di produzione: ecosistemi ( $K_N$ ), ricchezza costituita dai beni durevoli posseduti dai “soggetti di consumo” ( $K$ ), relazioni sociali ( $S$ ) e insieme di conoscenze e valori ( $N$ ).

Nonostante il ruolo del capitale naturale sia più evidente nel processo di produzione, sia come fonte di risorse che come agente di trasformazione, gli ecosistemi locali assumono un ruolo significativo anche dal lato della domanda. Infatti, una componente importante del benessere degli esseri umani deriva dallo *stock*  $K_N$  che già esiste e non richiede alcuno sforzo produttivo se non quello legato alla sua conservazione. La ricchezza  $K$  posseduta dai “consumatori” è costituita dai beni durevoli di cui essi possono disporre; il capitale, generalmente visto come fattore della produzione, in questa prospettiva rappresenta un elemento che contribuisce alla generazione di benessere. Lo *stock*  $S$  è costituito dalle strutture relazionali che concorrono alla soddisfazione di bisogni fondamentali. Lo *stock* relativo all’insieme di conoscenze e valori ( $N$ ) rappresenta la risultante dell’interazione, da un lato, con gli altri membri della comunità e con le loro preferenze e, dall’altro, con la sfera della produzione.

Figura 6.11 – Il processo di consumo nel modello a “stock e flussi”



Fonte: Nostra elaborazione da Bonaiuti (2008)

I flussi in ingresso del processo di consumo sono le quantità di beni e servizi ( $z_i$ ), provenienti dal mercato, e le risorse naturali ( $x_i$ ) della biosfera. Il flusso in uscita è rappresentato dal benessere ( $L$ ), cui si aggiunge un output di scarti/rifiuti ( $w_i$ ) prodotto dalla degradazione entropica dei beni di consumo.

L’approccio sistemico alla teoria del consumatore, diversamente da quanto affermato dalla teoria standard, evidenzia come i soli flussi di beni e servizi non siano in grado di produrre alcun benessere ma che è l’insieme di *stock* e flussi, e soprattutto la loro interazione, a originare il godimento della vita individuale e il benessere della collettività.

Il modello economico del sistema locale deve considerare il complesso delle attività economiche di produzione e consumo presenti all’interno di un territorio e valutarne le implicazioni in termini di fabbisogno di risorse naturali. Per questa ragione, come accade nella lettura per dimensioni (economia, società, ambiente), è necessario integrare i due processi per giungere ad una modellizzazione del sistema economico nel suo insieme.

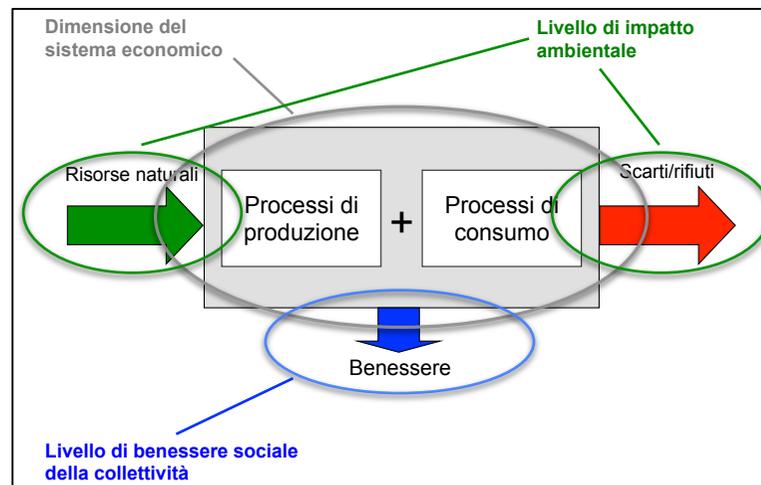
Il risultato è una rappresentazione analoga a quella vista in figura 6.9, nella quale, a differenza del caso precedente, viene esplicitato il ruolo degli stock come agenti di “regolazione” dei flussi, sia per quanto riguarda l’impatto ambientale (in termini di utilizzo di risorse naturali e di produzione di scarti), sia rispetto alla capacità di generazione del benessere.

### Implicazioni operative

Le considerazioni precedenti ci portano a concludere che nel paradigma bioeconomico il processo economico rappresenta il mezzo per generare il benessere della collettività, dove il termine “benessere” è definito in una prospettiva eudaimonica, vale a dire come la capacità di creare una società in cui ogni individuo percepisce la propria vita come pienamente degna di essere vissuta.

In modello del sistema economico, schematizzato in figura 6.12 in una forma leggermente differente rispetto a quelle viste in precedenza, è costituito da due stadi distinti, i processi di produzione e i processi di consumo, che attraverso la loro azione congiunta sono responsabili della trasformazione delle risorse naturali in scarti e rifiuti e della generazione di benessere duraturo per la popolazione.

Figura 6.12 – Sistema economico e flussi in ingresso/uscita



Fonte: Nostra elaborazione

I processi di produzione operano una trasformazione che attribuisce alla materia/energia in uscita (prodotti) un valore più elevato della materia/energia in entrata (risorse naturali). I flussi in uscita dal processo di produzione sono costituiti dai prodotti, che divengono a loro volta i flussi in ingresso dei processi di consumo, cui si aggiungono gli scarti/rifiuti generati dai processi produttivi stessi. Il processo di consumo trasforma materia ed energia ad alta utilità, inglobata nei beni in uscita dalla sfera della produzione, in materia ed energia a bassa utilità (scarti e rifiuti) allo scopo di soddisfare i bisogni

della collettività. Un simile approccio consente di descrivere le relazioni che legano la struttura e la dimensione del sistema economico (cerchio grigio di figura 6.12) con la sua finalità di generare benessere nella collettività (cerchio blu) e con la capacità degli ecosistemi di sostenerne il funzionamento attraverso la disponibilità di risorse naturali e la capacità di assorbimento degli scarti/rifiuti (cerchi verdi).

Nel momento in cui si voglia realizzare una declinazione applicativa di questo modello diviene necessario fare esplicito riferimento ad una scala territoriale rispetto alla quale sia possibile esprimere una dimensione economica, intesa come insieme di processi di produzione e consumo, una dimensione sociale, identificabile in una definita comunità di riferimento, e una dimensione ambientale, caratterizzabile in termini di servizi (disponibilità di materia/energia e capacità di assorbimento dei rifiuti) che gli ecosistemi locali sono in grado di offrire.

Infatti, se in una logica mono-disciplinare è senza dubbio utile analizzare la sostenibilità in una chiave ambientale, economica o sociale della sostenibilità, in una prospettiva più generale, quale quella richiesta dallo studio e dalla *governance* di sistemi economici, queste dimensioni vanno considerate – e valutate – con una visione trans-disciplinare. Ciò consente di ridurre gli effetti dei confini e, talvolta, dei preconcetti che limitano la compatibilità dei metodi e dei linguaggi delle singole scienze, fenomeno particolarmente accentuato nei tentativi di dialogo fra scienze sociali e scienze naturali.

Tentare di passare da un concetto vago e generico della sostenibilità a una definizione chiara che sia applicabile a entità definite e, soprattutto, di cui sia possibile individuare un *decision-maker* rappresenta il principale obiettivo di una trasposizione operativa del modello bioeconomico.

Per valutare l'esistenza di una condizione di sostenibilità di un sistema economico e per attuare degli interventi che possano favorire il raggiungimento di tale condizione è necessario definire i confini del sistema stesso. Ciò significa individuare la scala rispetto alla quale la domanda di risorse naturali da parte del sistema economico nel suo complesso possa essere confrontata con la relativa disponibilità da parte degli ecosistemi locali e, allo stesso tempo, sia identificabile la comunità destinataria del flusso di benessere generato dal sistema economico.

In questa prospettiva i sistemi economici sui quali concentrare l'attenzione rientrano in diverse tipologie, distinte per dimensione territoriale, ambito della comunità locale, caratteristiche del soggetto gestore interessato a conoscerne e/o promuoverne la sostenibilità. In particolare, fra le varie scale possibili è possibile identificare tre tipologie la cui dimensione può essere fatta coincidere con un ambito territoriale caratterizzato da una comunità di riferimento (scala locale), con uno specifico sistema produttivo (scala aziendale), o con l'insieme di soggetti che operano al fine di rendere disponibile un prodotto al consumatore (scala di filiera).

Mentre la prima tipologia è quella che più direttamente mutua l'idea generale del modello bioeconomico, e per questa ragione verrà approfondita nel paragrafo seguente, le altre due consentono di utilizzare l'approccio bioeconomico soprattutto per quanto riguarda le interrelazioni fra il processo economico e le implicazioni sugli ecosistemi, in particolare quando ci si riferisce al comparto agroalimentare. Quest'ultima affermazione è giustificata dal fatto che nel settore primario, a differenza dell'industria e dei servizi, il capitale naturale (principalmente, ma non esclusivamente, rappresentato dalla terra coltivabile) rappresenta un fattore produttivo che, a prescindere dal paradigma economico di riferimento, non può essere ignorato nella definizione della funzione di produzione. Per questa ragione l'applicazione del

modello bioeconomico ai processi economici che presentano una declinazione agricola fornisce spunti metodologici ed operativi, in particolare riguardo alla verifica delle condizioni della loro sostenibilità ambientale.

Nel caso del sistema produttivo aziendale la delimitazione è rappresentata dai confini entro cui si sviluppano le attività dell'impresa agricola, sia caratteristiche (coltivazioni e allevamenti), sia extra-caratteristiche. La dimensione del processo economico sarà desumibile dalle risultanze del bilancio, ottenuto come risultato di una contabilità analitica delle attività produttive (caratteristiche ed extra-caratteristiche) dell'impresa. La sostenibilità ambientale andrà valutata verificando se la disponibilità di risorse presenti entro i confini aziendali è in grado di soddisfare la richiesta di capitale naturale da parte delle attività produttive dell'impresa. La generazione del benessere riguarderà, oltre che l'imprenditore e i lavoratori che operano nell'impresa, anche coloro i quali in modo indiretto sono influenzati dalle attività dell'impresa (*stakeholders*).

Per quanto riguarda il sistema della filiera agroalimentare, non è sempre possibile riuscire a operare una loro caratterizzazione spaziale all'interno di un riferimento territoriale. Infatti, se questo è un compito abbastanza agevole nel caso delle filiere "corte", risulta molto più complesso riuscire a delimitare delle filiere "lunghe" che non di rado possono assumere una dimensione globale. In questo secondo caso è possibile delimitare il sistema economico considerando le porzioni della filiera a cui si è prioritariamente interessati ed escludendo quelle all'esterno, con un approccio simile a quello che si adotta nelle analisi del *Life Cycle Assessment* (LCA) di un prodotto. La dimensione economica del sistema in questo caso è rappresentato dal valore aggiunto generato nei vari passaggi e dall'effetto moltiplicatore che è in grado di produrre sul territorio. La caratterizzazione ambientale, anche in questo caso, sarà definita dall'impatto delle attività della filiera sulla funzione di fornitura di risorse naturali (*source*) e di assorbimento dei rifiuti (*sink*) degli ecosistemi presenti entro i confini definiti in relazione alla loro disponibilità. Infine, le implicazioni sociali riguarderanno la capacità delle attività relative alla filiera di incidere positivamente sulla rete delle relazioni all'interno delle comunità locali.

### 6.3 La sostenibilità dei sistemi economici locali

#### Definizione di scala, dimensione e benessere

Il primo passaggio necessario per conferire al modello una valenza operativa è quello di identificare una scala territoriale che sia coerente con la teoria di riferimento e che consenta lo svolgimento di applicazioni empiriche che mirano a studiare le relazioni fra la struttura produttiva del sistema economico, la sua sostenibilità ambientale e la capacità di generare benessere nella comunità locale. Ne deriva che la scala territoriale per l'analisi del sistema economico locale deve comprendere al suo interno un numero rilevante di differenti tipologie di processi di produzione e consumo, accogliere una comunità che condivide il sistema di valori alla base della percezione del benessere e includere degli ecosistemi identificabili nella loro capacità biologica di fornire risorse e assorbire rifiuti.

In questa prospettiva, un'entità amministrativa (regione, provincia, comune, municipio) ha il vantaggio di rappresentare l'unità di rilevazione dei dati necessari per lo sviluppo dell'analisi e di costituire l'ambito territoriale oggetto dei possibili interventi dei *policy-makers*.

Dopo aver definito i confini territoriali del sistema locale, rimane da affrontare la questione di come caratterizzarne in termini quantitativi la dimensione economica. È questo un compito non facile, che pone problemi di tipo teorico e metodologico; tuttavia, il riferimento al paradigma dell'economia ecologica, richiede che tale valutazione faccia riferimento a indicatori di tipo fisico, capaci di definire sia l'effettiva capacità di trasformazione di energia e materia (flusso in ingresso) in prodotti e scarti (flusso in uscita), sia la consistenza legata al capitale economico e sociale preposto a tale funzione. Si tratta, in altri termini, di quantificare la struttura economica complessiva del sistema, la quale può essere associata alla capacità degli *stock* di mantenere e sviluppare la propria consistenza, in particolare per quanto riguarda il capitale (materiale e immateriale) e le strutture sociali del lavoro. Per valutare questa dimensione ci si può riferire alla generazione di valore da parte del sistema economico locale come espressione della funzionalità - strutturale e operativa - degli *stock* impiegati nei processi di produzione e consumo.

La valutazione della capacità del sistema economico locale di conseguire la sua finalità di generazione di benessere per la comunità richiede una definizione del benessere stesso che possa essere tradotta in un indicatore in grado di esprimerne il livello quantitativo. L'approccio bieconomico, come si è visto, guarda al concetto di benessere in una prospettiva *eudaimonica*, la quale identifica una condizione nella quale il contesto (economico, sociale, ambientale) crea le condizioni affinché gli individui percepiscano la loro vita come degna di essere vissuta.

La misurazione di un simile concetto pone almeno due difficoltà di ordine pratico. La prima è legata alla sua connotazione di *subjective well-being*, che ne impedisce la valutazione sulla base di dimensioni oggettive, come invece accade nelle indagini finalizzate alla misurazione della qualità della vita o del *welfare* che utilizzano dati statistici secondari. Allo stesso tempo, e questo rappresenta la seconda difficoltà, non è possibile utilizzare strumenti d'indagine propri della ricerca psicologica, in quanto questi mirano a determinare il benessere *edonico*, vale a dire lo stato temporaneo di felicità/infelicità individuale, che è influenzato in larga misura dalle caratteristiche e dalle vicende personali e solo marginalmente dalle condizioni del contesto socioeconomico ed ambientale.

La prospettiva *eudaimonica*, al contrario, individua come fattore fondamentale la relazione tra benessere del singolo e sviluppo della collettività; in questa chiave vengono enfatizzate le capacità di perseguire obiettivi significativi per il singolo e la società, la mobilitazione delle risorse, l'incremento delle abilità e dell'autonomia individuale, le competenze sociali e il ruolo delle relazioni nella promozione dell'individuo e della comunità. Facendo riferimento alla teoria dei bisogni di Maslow, secondo la quale l'uomo nasce con bisogni psicologici specifici che spiegano la sua motivazione a sviluppare propri interessi e capacità, sarà interesse dei singoli, proprio per creare le condizioni che consentono di dare un significato alla propria vita, contribuire a realizzare una società in cui sono tenuti in alta considerazione i valori sociali, ambientali, relazionali e culturali. Questa condizione permette di guardare al benessere come una condizione individuale che è, allo stesso tempo, la base del miglioramento del benessere diffuso nella società.

Per arrivare a una valutazione del livello di benessere individuale è possibile fare riferimento a un'indagine diretta che, ad esempio attraverso un questionario, valuti la percezione rispetto a dimensioni quali: auto-accettazione; possibilità di seguire e realizzare le convinzioni personali; capacità di instaurare relazioni positive con gli altri; appagamento dei bisogni materiali; posizionamento sociale.

Poi, per determinare il livello complessivo di benessere di una comunità, sarà necessario trovare un'adeguata modalità di

aggregazione dei livelli di benessere individuale dei suoi membri. Il parametro più adatto a questo scopo è la mediana, la misura di tendenza centrale che risulta meno influenzata dai valori estremi, che in questo caso potrebbero essere originati da situazioni individuali legate a momentanee circostanze di felicità o dolore.

### La verifica delle condizioni di sostenibilità ambientale

Nel modello bioeconomico l'effettiva capacità di un sistema economico locale di creare uno stato di benessere nella comunità è vincolata alla sua sostenibilità ambientale di lungo periodo. Tale condizione è assicurata, oltre che dal presupposto che gli *stock* relativi al capitale naturale operino quali agenti di trasformazione in modo ottimale, dalla possibilità che gli ecosistemi siano in grado di garantire il funzionamento del sistema stesso, sostenendo i flussi di materia ed energia richiesti in ingresso e assorbendo i flussi di scarti e rifiuti in uscita. Laddove questi presupposti non fossero rispettati, il livello di benessere osservato nella comunità, anche laddove risultasse molto elevato, non esprimerebbe uno vero e proprio stato di *eudaimonia* in quanto verrebbero a mancare le condizioni stesse che ne garantiscono il mantenimento nel tempo.

L'impatto ambientale del sistema economico andrà comparato con la dotazione di risorse di cui dispone l'ecosistema locale che possono essere impiegate per fornire la materia/energia domandata e per assorbire gli scarti/rifiuti prodotti. Secondo questo approccio un sistema locale è sostenibile quando la dimensione fisica complessiva del sistema produzione-consumo è sostenuta dalla capacità di carico del territorio. Ovviamente si tratta di un equilibrio dinamico che, nel tempo, porterà a situazioni diverse in relazione, da un lato, all'espansione del sistema economico e, dall'altro, alla capacità del progresso tecnologico di ridurre l'impiego di risorse per unità di prodotto e di migliorare la capacità di riciclo degli scarti/rifiuti (sviluppo).

Per operare il confronto fra l'entità dell'insieme dei flussi in *input* (materia ed energia necessaria per l'attivazione e il mantenimento dei processi di produzione e consumo) e in *output* (scarti dei processi di produzione e di consumo), con la disponibilità di risorse naturali e la capacità di assorbimento dei rifiuti, è possibile utilizzare il metodo del Bilancio Ecologico, il quale permette di operare una stima dell'impatto ambientale delle attività che insistono su un territorio rispetto alla sua capacità di carico (*carrying capacity*). Tale bilancio è basato sul confronto di due indicatori noti come Impronta Ecologica (*Ecological Footprint* – EF) e Biocapacità (*BioCapacity* – BC). Il primo quantifica la domanda di risorse espressa dalle attività che hanno luogo sul territorio, il secondo esprime la disponibilità complessiva di risorse presenti nel territorio stesso. La differenza fra BC e EF definisce il Bilancio Ecologico (*Ecological Balance* – EB): a un valore negativo (positivo) di EB corrisponde una situazione di deficit (surplus) ecologico, ovvero una condizione di insostenibilità (sostenibilità) in cui i consumi di risorse naturali risultano superiori (inferiori) ai livelli di rigenerazione da parte degli ecosistemi locali. L'entità del surplus (deficit) ecologico rappresenta una stima del livello di sostenibilità (insostenibilità) dello stile di vita di una collettività rispetto alle risorse dell'area presa come riferimento spaziale, nel nostro caso il territorio del sistema locale.

L'indicatore EF quantifica l'area di ecosistemi necessari per la fornitura delle risorse utilizzate e l'assorbimento degli scarti prodotti; tale indicatore, valutato attraverso una misura di superficie, definita ettari equivalenti (*global hectares* - *gha*),

esprime quindi la richiesta di capitale naturale da parte delle attività antropiche che hanno luogo in un determinato territorio. Il concetto di impronta ecologica si basa sull'idea che a ogni unità di materia o di energia che entra nel sistema economico corrisponde una certa estensione di territorio che garantisce il relativo apporto di risorse e il conseguente assorbimento di rifiuti.

L'indicatore BC misura l'offerta di produttività biologica, anch'essa espresso in *gha*, fornita da terre coltivate, pascoli, foreste, aree marine produttive e, in parte, aree edificate o in degrado.

La versatilità della metodologia permette una piena adattabilità a diverse dimensioni spaziali e può quindi essere utilizzata per condurre analisi con riferimento a differenti unità territoriali (nazionale, regionale, provinciale, urbana). In realtà, ed è questo il vero limite della metodologia descritta, il calcolo della EF è strettamente condizionato alla disponibilità di dati, alcuni dei quali sono molto difficili da reperire, e anche da stimare, ad una scala diversa da quelle delle unità amministrative. Pur non potendo ignorare questo problema, rimane la validità di un approccio che, oltre alla sua robusta base teorica, consente di legare il concetto di locale alla connotazione fisica dei processi economici, evidenziando la dimensione del bacino da cui prelevano risorse e, in ragione di questo, la loro capacità di sopravvivenza di lungo periodo.

### **Implicazioni di politica economica**

La crescente preoccupazione nei confronti delle prospettive future della società e degli ecosistemi impone alla politica una profonda riflessione su obiettivi, strategie e azioni da intraprendere per gestire le complesse relazioni tra sfera sociale, economica e ambientale. Il riferimento al paradigma dello sviluppo sostenibile è certamente un orientamento condiviso, che però deve trovare la sua implementazione operativa in contesti eterogenei e a scale territoriali molto diversificate.

A questo riguardo, è necessario affrontare il tema della sostenibilità da diverse prospettive, partendo dagli aspetti definitori del concetto e da indicatori coerenti che ne consentano la valutazione, passando dall'individuazione di dimensione, caratteristiche, funzionamento e limiti dei diversi sistemi oggetto di interventi di sviluppo sostenibile e arrivando alle scelte politiche di *governance* che possono guidare i sistemi stessi verso tale obiettivo. Un simile approccio, come si è più volte ribadito, impone un approccio fortemente transdisciplinare in cui la complessa integrazione della dimensione sociale, economica e ambientale aiuti a comprendere i fenomeni in atto e ad indirizzare le decisioni politiche.

Inoltre, e questo introduce ulteriori elementi di riflessione, le politiche di sviluppo sostenibile non possono non tenere conto della notevole diversità che si osserva nelle caratteristiche economiche, sociali e ambientali di sistemi locali che insistono all'interno di Paesi o regioni accomunati da percorsi storici, substrati valoriali e stili di vita abbastanza simili. Ne consegue come non sia possibile, anche in aree dimensioni relativamente limitate, proporre dei modelli univoci di sviluppo che prescindono dalle caratteristiche dei diversi sistemi locali, vale a dire dagli *stock* che ne definiscono la struttura e dai flussi che ne descrivono il funzionamento. A tale riguardo, viene da chiedersi, nella misura in cui l'obiettivo del sistema economico sia effettivamente la creazione del benessere sociale, in che modo gli attori istituzionali locali possano tenere conto di tali diversità e, soprattutto, quali azioni possano mettere in atto per indirizzare il territorio verso uno sviluppo che guardi prioritariamente a tale dimensione.

Il modello bioeconomico, grazie alla sua stessa impostazione, può contribuire a dare una risposta a tali domande. Così, nei sistemi locali in cui si osservano situazioni di ampia disponibilità di risorse naturali accompagnate ad un sottodimensionamento del sistema economico, la via maggiormente percorribile per assicurare benessere alla comunità, il che in molti casi vuol dire anche evitare fenomeni di abbandono del territorio, appare quella della crescita dei processi di produzione e di consumo ottenuto anche attraverso un più intenso utilizzo dei servizi ecosistemici locali. Al contrario, nei territori in cui si osserva un sistema produttivo sovradimensionato rispetto alle risorse naturali, appare più ragionevole adottare politiche tese alla progressiva riduzione della dimensione quantitativa dei processi di produzione e di consumo. Per sviluppare alcune riflessioni sull'impostazione e gli strumenti di governance delle comunità che possano essere adottati seguendo il modello bioeconomico può essere utile riferirsi a sistemi economici locali caratterizzati da limitati livelli di urbanizzazione.

Un primo motivo è legato al fatto che tali sistemi risultano in generale più sostenibili dal punto di vista ambientale; infatti, considerata la contenuta densità abitativa e la maggiore dispersione della popolazione sul territorio, sono caratterizzati da una più elevata disponibilità pro capite dello *stock* di capitale naturale.

Altra ragione è la maggiore propensione delle comunità rurali verso stili di vita più sobri sotto il profilo dei flussi connessi al sistema di consumo. Esse, infatti, riescono a far fronte a parte dei propri bisogni limitando il ricorso a input provenienti dall'esterno del sistema grazie all'utilizzo efficiente degli *stock* di cui dispongono. Il capitale naturale, rappresentato in larga misura dalle risorse agricole e forestali, consente di soddisfare le esigenze alimentari e i fabbisogni energetici, attraverso un minore utilizzo di combustibili fossili e una maggiore superficie per l'assorbimento della CO<sub>2</sub>. Allo stesso tempo, lo *stock* delle strutture relazionali, rappresentato da una diffusa e radicata rete di economia solidale che ancora caratterizza la struttura sociale delle comunità rurali, consente di fornire tutta una serie di servizi alla popolazione locale attraverso scambi non monetari.

In termini più generali, una *governance* che si ponga come obiettivo il benessere di lungo periodo della comunità locale dovrebbe puntare al mantenimento e alla valorizzazione degli *stock* disponibili raggiungendo, allo stesso tempo, un livello di flussi compatibile con le condizioni di autosostenibilità del sistema. Si è visto, infatti, come secondo il modello bioeconomico il benessere sia determinato in misura prioritaria dall'accessibilità e dalla qualità degli *stock* (ecologici, economici, sociali, valoriali) e solo in misura limitata dai flussi, alla cui disponibilità ed entità è associato il concetto neoclassico di utilità, che del benessere è solo una componente limitata. Si tratta, in altri termini, di adottare delle scelte che mirino a un equilibrio "efficiente" fra processi di produzione e di consumo a una scala del sistema compatibile con la capacità di carico dell'ecosistema locale, verificata attraverso una costante comparazione fra fabbisogno e disponibilità di servizi ecologici, valutati, ad esempio, attraverso indicatori quali l'impronta ecologica e la biocapacità.

Le politiche locali dovranno guardare costantemente a questo equilibrio dinamico guidando lo sviluppo del sistema con una grande attenzione all'adozione di tecnologie in grado di ridurre l'impiego di risorse per unità di prodotto e migliorare la capacità di riciclo degli scarti/rifiuti. Così, nel caso in cui un sistema economico locale si trovi in condizioni di insostenibilità, vale a dire con un complesso di processi di produzione e consumo superiori alla sua capacità di carico, la governance locale dovrebbe adottare politiche di decrescita dei flussi di input nel sistema di consumo, in particolare beni materiali, e di valorizzazione degli *stock* presenti sul territorio, primo fra tutti quello relativo alle strutture relazionali.

Le azioni della *governance* dovranno riguardare in modo trasversale - mutuando il concetto di transdisciplinarietà del modello bioeconomico - la sfera socio-economica, ambientale e culturale, ponendo particolare attenzione alle loro interrelazioni reciproche. Le politiche socio-economiche avranno come fine ultimo il mantenimento di livelli soddisfacenti di reddito e occupazione, un risultato che dovrà essere raggiunto valorizzando l'ambiente e le risorse naturali, favorendo i processi di acquisizione della gestione diretta delle risorse, incrementando la coesione sociale nella comunità locale e fra le diverse comunità, promuovendo la nascita e lo sviluppo di sistemi di scambio equi ed efficienti. Le politiche ambientali dovranno sostenere l'adozione di comportamenti che riducono l'uso delle risorse, enfatizzano la conservazione e il riciclaggio, evitano l'inquinamento e lo spreco, adattano i sistemi produttivi alle risorse locali, valorizzano i prodotti originari del territorio. Il fine delle politiche culturali sarà quello di diffondere la conoscenza dei valori ecologici e delle risorse naturali, spiegare il legame fra stato dell'ambiente e qualità della vita, ristabilire la corretta priorità dei bisogni. E' facile comprendere come una *governance* basata su queste logiche debba essere accompagnata da una profonda trasformazione della concezione stessa della prassi politica verso forme sempre più avanzate di partecipazione pubblica. D'altro canto solo attraverso il coinvolgimento diretto della comunità è possibile raggiungere accordi condivisi sulle modalità di produzione del benessere e trovare la volontà e le conoscenze necessarie a conservare e valorizzare le caratteristiche peculiari dei luoghi in quanto ricchezze (*stock*) da proteggere ed accrescere e non come risorse (*flussi*) da sfruttare a fini di profitto.

Sono queste le premesse per costruire un modello la cui realizzazione è legata alla capacità di analizzare le relazioni che esistono fra attività umane e disponibilità di risorse naturali e, allo stesso tempo, rappresenta il luogo di una *governance* che, in virtù di un processo condiviso e partecipato, sia in grado di produrre politiche economiche in grado di dimensionare i processi di produzione e di consumo per raggiungere il difficile equilibrio fra sostenibilità ecologica e benessere delle comunità.

Come affermava Alberto Magnaghi nel suo testo "*Il progetto Locale*" il punto di arrivo di questo processo è costruire:

*Un patto fra attori locali, fondato sulla valorizzazione del patrimonio come base materiale per la produzione della ricchezza, costituisce le garanzie della salvaguardia ambientale (sostenibilità ambientale) e della qualità territoriale (sostenibilità territoriale), dal momento che nella costruzione stessa del progetto si determinano le condizioni solidali e di fiducia per la difesa e la valorizzazione del bene comune condiviso; ma solo la presenza nel patto dei bisogni degli attori più deboli garantisce la sostenibilità sociale.*

*Lo sviluppo locale così inteso induce il superamento di norme e vincoli esogeni verso regole di autogoverno concertate e sorrette da un senso comune condiviso (sostenibilità politica).*

*Il progetto locale crea nel processo della sua costruzione le condizioni della trasformazione degli stili di vita, di consumo e di produzione (sostenibilità economica).*

## Bibliografia di riferimento

- Blasi E., Nucera M., Cicatiello C., Franco S. (2013), Socio-demographic components of eudaimonic well-being: a survey in an Italian province, *Social Indicators Research*, n. 113 vol. 1, 451-470.
- Bonaiuti M. (2001). *La teoria bioeconomica. La "nuova economia" di N. Georgescu-Roegen*, Carocci, Roma.
- Bonaiuti M. (2008), "Economia e territorio. Un approccio sistemico", *Sviluppo locale*, vol. 11, n. 27.
- Commissione Europea (2012). "L'innovazione per una crescita sostenibile: una bioeconomia per l'Europa", Commissione Europea, Bruxelles
- Franco S., (2009). La scala territoriale del sistema locale, Comunicazione, XLVI Convegno di Studi SIDEA, Piacenza, 16-19 settembre.
- Franco S., Blasi E. (2013). Sistema economico, impatto ambientale e benessere sociale: una lettura territoriale, *Sinergie Rivista di studi e ricerche*, n.90, pp.77-96.
- Franco S., Pancino B. (2010), Modello a stock e flussi e politiche per la sostenibilità dei sistemi economici locali, *AgriRegioniEuropa*, n. 6, vol. 20, 90-92.
- Georgescu-Roegen N. (1971). *The entropy law and the economic process*, Harvard University Press, Cambridge (USA).
- Georgescu-Roegen N., (2003). *Bioeconomia. Verso un'economia ecologicamente e socialmente sostenibile*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Longo A. (2012). Introduzione alla giornata di studio "Bio-based economy: un nuovo modello di sviluppo" in I Gergofili. Atti della Accademia dei Gergofili, Firenze, pp-423-428
- Magnaghi A., (2000). *Il progetto locale*. Bollati Boringhieri, Torino.
- Pancino B., Bonaiuti M., Franco S. (2009). The stock and flow approach to the governance of self-sustainable rural systems, *Proceedings of 113th Seminar of the EAAE*, Belgrade (Serbia), 9-11 dicembre 2009, pp. 551-559.
- Treccani (2012). Dizionario di Economia e Finanza, voce "Bioeconomia", [http://www.treccani.it/enciclopedia/elenco-opere/Dizionario\\_di\\_Economia\\_e\\_Finanza](http://www.treccani.it/enciclopedia/elenco-opere/Dizionario_di_Economia_e_Finanza).
- Wackernagel M., Rees W.E., (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Gabriola Island, BC.
- Zamagni S. (1979), *Georgescu-Roegen: i fondamenti della teoria del consumatore*, Etas Libri, Milano.

