



Enzo Tiezzi
e Nadia Marchettini

Teoria della sostenibilità, sviluppo sostenibile e indicatori di sostenibilità ambientale. Il caso di Venezia

Introduzione

[...] Questo terzo seminario affronta le tematiche della nuova disciplina dell'*Ecological Economics*, proprio sulla base dell'incontro tra termodinamica, ecologia ed economia, come si è visto nella parte conclusiva del secondo seminario. Del resto, il concetto stesso di sostenibilità si basa sui seguenti punti:

- l'esistenza di vincoli in un pianeta "finito" o, meglio, il riconoscimento che esiste una *carrying capacity* del pianeta Terra¹;
- la consapevolezza che la seconda legge della termodinamica pone dei limiti agli usi e alle trasformazioni energetiche;
- l'economia dello stato stazionario di Herman Daly, padre della teoria della sostenibilità, che si basa appunto sulla seconda legge della termodinamica².

Il professor Robert Costanza presidente dell'International Society for Ecological Economics (ISEE), così definisce la nuova disciplina:

"L'Economia ecologica è un tentativo di superare le frontiere delle discipline tradizionali per sviluppare una conoscenza integrata dei legami tra sistemi ecologici ed economici. Un obiettivo chiave in questa ricerca è quello di sviluppare modelli sostenibili di sviluppo economico, distinti dalla crescita economica che non è sostenibile in un pianeta finito. Un aspetto chiave nel mettere a punto modelli sostenibili di sviluppo è il ruolo dei vincoli: vincoli termodinamici, limiti biofisici, limiti di risorse naturali, limiti all'assorbimento dell'inquinamento, limiti demografici, vincoli imposti dalla *carrying capacity* del pianeta e, soprattutto, limiti della nostra conoscenza rispetto a ciò che questi limiti sono e a come influenzano il sistema".

È sotto gli occhi di tutti che l'economia orientata verso la crescita ha portato, e ancor più porterà, a disastri ambientali di dimensioni epocali. È evidente che sia il modello capitalista sia quello del socialismo reale non sono "modelli sostenibili". Scrive Ann-Mari Jansson del Dipartimento di Ecologia dei sistemi dell'Università di Stoccolma:

"L'economia di mercato e l'economia a pianificazione centralizzata hanno ambedue fallito nel risolvere i problemi ambientali.

Anche se le conseguenze del fallimento sono state più gravi all'Est, è difficile capire le dichiarazioni di fede per cui il libero mercato risolverebbe in modo automatico tutti i problemi, proprio perché sono

¹ Al secondo Convegno mondiale di Ecological Economics (*Investing in Natural Capital*, ISEE Conference, Stoccolma, agosto 1992) un ricercatore canadese iniziò il suo intervento con un'ipotesi provocatoria: "Supponiamo di avere due pianeti ...".

complessi e lontani dall'equilibrio", in *Quaderni Trimestrali*, n. 3-4, 1997.

² Sulla seconda legge della termodinamica, che tratta il concetto di entropia, si veda il seminario di Enzo Tiezzi "Termodinamica dei sistemi

evidenti la distruzione delle risorse naturali e la produzione di sostanze tossiche che la moderna società industriale ha determinato. La diversità degli ecosistemi e delle culture umane può essere gestita in maniera “sostenibile” solo considerando le capacità e i limiti dell’ambiente nei confronti delle attività economiche. È un problema di interdipendenze”.

È oggi irrazionale pensare che la teoria economica neoclassica, basata sugli aggiustamenti del libero mercato e della “mano invisibile”, sia razionale. A questo proposito il *leader* della SPD tedesca, Oskar Lafontaine, ha giustamente affermato:

“Chi oggi, in un dibattito economico, mette tra parentesi la questione sociale, come ad esempio *la questione della divisione del lavoro e dei redditi*; o mette tra parentesi la questione ecologica, dunque la *domanda relativa al rapporto tra crescita reale e distruzione ecologica*, non ha, secondo la nostra concezione, alcuna competenza economica, poiché la *competenza economica comprende competenza sociale e competenza ecologica*”.

Continuare nella direzione del consumismo significa aprire la nuova era della “crescita diseconomica”, invece che la nuova strada dell’ecosviluppo. In Italia a Lafontaine fa buona eco Giorgio Ruffolo:

“È meglio una società in *sviluppo* sulla base di energie rinnovabili, che una società in *crescita* sulla base del saccheggio e dell’inquinamento. Insomma, una società veramente post-industriale. Se gli uomini non sapranno trovare i modi per dare questa risposta alla grande sfida del *controllo dell’interdipendenza* tra economia ed ecologia, temo che un giorno i loro figli si troveranno di colpo in una società preagricola”.

Nella nuova cultura ecologica-economica, sviluppo e crescita hanno ovviamente significati diametralmente opposti. Si arriva così *all’ineluttabilità dei limiti alla crescita*, non come forzatura di un’ideologia politica, ma come logica e necessaria conseguenza delle grandi leggi della fisica e della biologia. La teoria economica dominante, legata al meccanicismo positivista e alla cosmologia newtoniana, ignora ancora i concetti di entropia, di rendimento decrescente dell’energia, di indeterminazione, di complessità, di produttività decrescente delle risorse non rinnovabili. Anzi, non solo ignora questi concetti, ma ne introduce un altro che potrebbe essere riassunto nella famosa massima “il tempo è denaro”. Il progresso viene misurato dalla velocità con cui si produce, si arriva addirittura a pensare che quanto più velocemente si adoperano le risorse della

natura, tanto più il progresso avanza. In altre parole, più velocemente si trasforma la natura, più si risparmia tempo. Ma questo “tempo tecnologico” o “tempo economico” è esattamente l’opposto del “tempo biologico”. La realtà obbedisce a leggi ben diverse da quelle economiche e invece del “tempo economico” riconosce il “tempo entropico”: quanto più velocemente si consumano le risorse e l’energia disponibile del mondo, tanto minore è il tempo che rimane a disposizione per la nostra sopravvivenza. *Il tempo tecnologico è inversamente proporzionale al tempo biologico; il tempo economico è inversamente proporzionale al tempo entropico.*

I limiti delle risorse, i limiti di resistenza del nostro pianeta e della sua atmosfera indicano chiaramente che quanto più acceleriamo la crescita e la produzione, tanto più accorciamo il tempo reale a disposizione della nostra specie. Un organismo che consuma più rapidamente del tempo necessario all’ambiente per produrre per la sua sussistenza non ha possibilità di sopravvivenza: ha scelto un ramo secco nell’albero dell’evoluzione, ha scelto la strada percorsa dai dinosauri.

Il tempo-denaro, il tempo scandito dall’orologio non è il tempo adatto a instaurare un rapporto corretto con la natura. Paradossalmente, l’orologio, simbolo dell’ordine, scandisce le ore del disordine. La frenesia del consumismo e della crescita della produzione avvicina i tempi del disordine globale. L’ordine naturale segue altri ritmi, altri tempi. L’uomo non può fermare il tempo, ma può rallentare l’evoluzione biologica e la crescita produttiva favorendo il futuro della nostra specie e rispettando i limiti biofisici che la sopravvivenza della natura richiede.

Il padre della termodinamica, Rudolph Clausius, così scriveva nel 1885:

“Nell’economia di una nazione c’è una legge di validità generale: non bisogna consumare in ciascun periodo più di quanto è stato prodotto nello stesso periodo. Perciò dovremmo consumare tanto combustibile quanto è possibile riprodurne attraverso la crescita degli alberi”.

Le scelte energetiche rappresentano, per la riconversione ecologica dell’economia, un nodo centrale ed è bene sottolineare subito che le tre energie non rinnovabili (nucleare, petrolio e carbone) sono per loro natura incompatibili con uno sviluppo sostenibile. Prendere le energie fossili dalle sacche dove sono state immagazzinate dalla natura (che ha usato queste sacche come pattumiere dell’attività biologica proprio per togliere il carbonio in eccesso dai cicli vitali e realizzare quella giusta miscela di ossigeno e anidride carbonica che è stata fonte di evoluzione biologica e di vita) è come spargere, in un

solo giorno, la spazzatura accumulata da una città in 2000 anni nelle sue stesse strade. Per milioni di anni i cicli biologici hanno sottratto il carbonio all'atmosfera relegandolo nelle viscere del pianeta, fuori dalla biosfera e ora, in soli cinquant'anni, un tempo infinitesimo nella scala dei tempi biologici, questo carbonio viene reimpresso nell'atmosfera sotto forma di anidride carbonica che causa *l'effetto serra* e fa saltare la base stessa dell'equilibrio della vita sulla Terra: il ciclo del carbonio.

Le variazioni apportate dalle attività umane alla natura devono rimanere entro certi limiti così da non distruggere il contesto biofisico globale del Pianeta. Le dinamiche dello sviluppo non possono non rispettare le dinamiche, generalmente più lente, della biosfera; i ritmi complessi e armoniosi della natura; i tempi biologici.

Questa è la base del cosiddetto sviluppo sostenibile, ma anche la base di mantenimento dell'*habitat* dove si svolgono le attività umane: dall'acqua dei fiumi a quella del mare e dei laghi; dall'aria che respiriamo a quella che permette alle piante di crescere e di riprodursi; dal suolo che produce cibo e fibre tramite l'attività agricola a quello che mantiene in vita le foreste, vero e proprio polmone verde della Terra.

Oggi, per la prima volta nella storia dell'umanità, stiamo giocando pericolosamente, come apprendisti stregoni, con la sopravvivenza di questo meraviglioso Pianeta che viene da una storia di centinaia di milioni di anni di evoluzione biologica.

Sono a rischio l'aria, il mare, i fiumi, i laghi e le foreste, la base stessa dell'agricoltura, quell'*humus* fertile che l'evoluzione biologica ha creato in milioni di anni e che rischiamo di perdere in pochi decenni.

Il punto fondamentale di novità scientifica, emerso dalla Conferenza mondiale di Stoccolma sullo sviluppo sostenibile (1992), consiste nella constatazione che il sistema in cui viviamo, il pianeta Terra, è un sistema finito e, in quanto tale, presenta dei *vincoli*: vincoli di territorio, vincoli di assorbimento dei rifiuti e degli inquinanti, vincoli relativi ai grandi cicli della vita (aria, acqua, ossigeno, ecc.), vincoli che limitano l'aumento indiscriminato della popolazione e della produzione. La realtà fisica è quindi soggetta a *constraints*, vincoli appunto, che possono determinare dei limiti. Un esempio solamente: se la popolazione aumenta ha bisogno di più cibo, per avere più cibo è necessario o produrre di più per ettaro, ma questo comporta impoverimento dei suoli, erosione, inquinamento delle falde ed eutrofizzazione dei mari, o deforestare per ottenere altri campi da coltivare, ma questo comporta perdita di biodiversità, alterazione degli equilibri dei cicli vitali del carbonio e dell'ossigeno (effetto serra), cambiamenti di clima che si ripercuotono sull'agricoltura e così via.

È quindi all'interno di questi vincoli che si deve muovere la programmazione economica, in sintonia con i ritmi della natura e con le dinamiche dei cicli biogeochimici globali. Si tratta di un problema di relazioni e di interdipendenze.

A buona ragione l'ecologia viene definita scienza delle relazioni e della complessità e necessita di conoscenze differenti che interagiscono tra loro. I vincoli definiscono la *carrying capacity* del pianeta, cioè la capacità di "portare", di sostenere la popolazione e tutte le altre forme viventi (vegetali e animali) di cui l'uomo e la natura hanno bisogno per sopravvivere: questa è la base della *sostenibilità*.

In questo contesto il Pianeta va visto non come una proprietà da sfruttare, ma come un *capitale naturale* ereditato dai nostri genitori per i nostri figli. La Terra viene da molto lontano, da 4.500 milioni di anni di evoluzione: grazie al flusso continuo di energia solare e alla fotosintesi, sulla superficie della Terra, la biosfera, sono nate e si sono moltiplicate numerose specie biologiche. Questo è il *capitale naturale* che abbiamo ricevuto in prestito, un capitale di *biodiversità*, fatto dall'aria e dalla terra, dai fiumi e dai mari, dalla flora e dalla fauna. La biodiversità è fondamentale per il mantenimento della vita, perché sul nostro Pianeta tutto è legato a tutto.

La sfida culturale del terzo millennio è una sfida per mantenere questa meravigliosa eredità per i figli che verranno; una sfida scientifica ed etica a un tempo; una sfida che non ci possiamo permettere il lusso di perdere.

Lo stato stazionario

La contraddizione evidente di chi fa coincidere il concetto di "economia florida" o di "equilibrio economico" con la crescita del Prodotto Interno Lordo (PIL) è rappresentata da due eclatanti fenomeni presenti in quasi tutti i paesi industrializzati: una crescente disoccupazione e un crescente degrado dell'ambiente, fino alla distruzione di risorse e dinamiche essenziali per il mantenimento della vita e per la sopravvivenza delle future generazioni (aria, acqua, humus, ciclo del carbonio, ecc.).

La ragione principale di tale contraddizione risiede nel fatto che l'equilibrio economico non ha niente a che fare con l'equilibrio biofisico, che è invece alla base dello *sviluppo sostenibile*.

Cutler Cleveland, dell'Università di Boston, ha lucidamente evidenziato questo punto proponendo di sostituire il *modello neoclassico di produzione*, che assume il capitale e il lavoro come input primari di produzione, con un *modello biofisico del processo economico* che assume il capitale e il lavoro come input intermedi prodotti dall'unico reale fattore primario di produzione: materia ed energia a bassa entropia. Del resto, le recenti

teorie di Herman Daly si muovono proprio nella direzione di un'analisi biofisica ed ecologica dell'economia.

Daly ritiene giustamente che solo ritornando ai fondamenti biofisici della natura e ai fondamenti morali della società, l'economia potrà affrontare la sfida della complessità ecologica e della sostenibilità³. Tutto questo non comporta certo un appiattimento sui metodi meccanicisti della fisica, ma al contrario programmare avendo nel proprio bagaglio l'incertezza e l'irreversibilità, la distinzione tra *capitale naturale e capitale prodotto* dall'uomo e l'attenzione alla complessità e alla globalità dei cicli biogeochimici. Comporta, inoltre, l'abbandono del riduzionismo e del determinismo nell'analisi economica e nel pensare il concetto stesso di equilibrio economico.

Vi è un celebre aforisma di Oscar Wilde secondo il quale un economista è un uomo che conosce il prezzo di tutto e il valore di niente. Daly afferma con forza che, di tutti i campi di studio, l'economia è proprio l'ultimo che dovrebbe essere libero dai valori.

Già nel 1977 Daly aveva chiaramente evidenziato le contraddizioni tra equilibrio di mercato ed equilibrio biofisico:

“Il mercato cerca l'equilibrio fra comportamenti senza considerare i limiti ecologici che sono necessari a preservare l'equilibrio biofisico. Non c'è alcun motivo di attendersi che un equilibrio fra comportamenti di breve periodo coinciderà con un equilibrio biofisico di lungo periodo. Infatti è chiaro che questo non si verificherà sotto le attuali istituzioni. L'equilibrio comportamentistico fra risparmi e investimenti programmati si verifica, quasi sempre, a livelli positivi di risparmio e investimento netto. Investimento netto positivo significa crescita, e questa, a sua volta, implica un *throughput* crescente e uno squilibrio biofisico crescente.

Probabilmente gli ortodossi economisti della crescita risponderrebbero che se soltanto fosse possibile internalizzare tutti i costi ecologici nei prezzi monetari, allora l'equilibrio di mercato coinciderebbe con quello ecologico. È un po' come Archimede che diceva che se avesse avuto un fulcro e una leva sufficientemente lunga sarebbe stato in grado di sollevare il mondo. (...) Nessuno ha mai preteso che gli equilibri di mercato coincidano automaticamente con gli equilibri ecologici oppure con una distribuzione, ragionevolmente giusta, del reddito e delle ricchezze. Nessuno ha neppure mai preteso che gli equilibri di mercato raggiungano il pareggio, l'equilibrio demografico. Le nozioni autentiche di “equilibrio” in economia e in ecologia sono antitetiche. Nell'economia della crescita l'equilibrio non si riferisce affatto a grandezze fisiche, ma a un bilancio di desideri fra risparmiatori e investitori. In quanto il risparmio è più grande del deprezzamento, allora l'investimento netto deve essere positivo. Questo implica un crescente flusso di input fisici da e di output alla natura, cioè, uno squilibrio biofisico. Le condizioni fisiche

³ Comunicazione personale di H.E.
Daly all'Autore, ottobre 1994

dell'equilibrio ambientale devono essere imposte al mercato in termini fisici sulla base di quantitativi fissati a livello globale”.

Daly cita a questo proposito il famoso esempio del battello:

“L’internalizzazione delle esternalità è una buona strategia per adattare in modo ottimale l’allocazione di risorse, facendo sì che i prezzi relativi rappresentino, in modo più appropriato, i costi marginali sociali relativi. Ma ciò non rende il mercato capace di fissare i propri confini fisici assoluti con l’ecosistema più allargato. Per fare un’analogia: uno stivaggio appropriato distribuisce il peso nel battello in modo ottimale, così da massimizzare il carico trasportato. Ma c’è ancora un limite assoluto a quanto carico un battello possa trasportare, anche se questo è sistemato in modo ottimale. Il sistema dei prezzi può distribuire il peso regolarmente, ma, a meno che non sia integrato da un limite assoluto esterno, continuerà a distribuire uniformemente il peso addizionale fino a che il battello, pur caricato in modo opportuno, affonda”.

Per definire lo stato stazionario Daly parte dalla prima legge della termodinamica e cioè dal fatto che energia e materia non possono essere né create né distrutte, ma solo trasformate: *l’uomo trasforma le materie prime in merci e le merci in rifiuti*. Prende poi in considerazione la seconda legge della termodinamica e l’entropia per definire i vincoli e i flussi di un “sistema aperto” *in stato stazionario o in equilibrio biofisico con l’ambiente esterno*. Daly individua nella seconda legge dell’entropia la coordinata fisica fondamentale della scarsità:

“Se non fosse per la legge dell’entropia, non ci sarebbe alcuna perdita; potremmo bruciare lo stesso litro di benzina in eterno, e il nostro sistema economico non avrebbe alcun rapporto con il resto del mondo della natura”.

Si arriva così alla definizione di *economia in stato stazionario*:

“se usiamo il termine *crescita* per indicare un cambiamento quantitativo e il termine *sviluppo* per riferirci a una modifica qualitativa, allora possiamo dire che l’economia in stato stazionario si sviluppa ma non cresce, proprio come la Terra di cui l’economia umana è un sottosistema. Una ricchezza sufficiente, mantenuta e allocata efficientemente, distribuita in modo equo, e non per massimizzare la produzione, costituisce il giusto fine economico”.

I valori etici e i vincoli biofisici trovano così la loro convergenza nell'economia in stato stazionario o in equilibrio biofisico, le cui teorie hanno portato, dieci anni dopo, alla messa a punto del concetto di sviluppo sostenibile.

L'equilibrio sostenibile

Il processo di degrado ambientale può essere rallentato solo ritrovando un accordo con l'*equilibrio biologico* e con la complessità del sistema naturale. Dal punto di vista biologico si può senz'altro affermare che aumento della complessità dei rapporti e aumento della diversità di informazione genetica significano aumento della stabilità dell'ecosistema. "Complessità biologica" è quindi sinonimo di stabilità.

Le capacità tecnologiche dell'uomo hanno oggi creato un sistema artificiale la cui potenzialità, per quanto riguarda le modifiche che può arrecare alla natura, è enorme. In genere queste modifiche si traducono in distruzione di alcune specie biologiche o di patrimonio genetico, quindi in distruzione della complessità biologica, in riduzione della diversificazione e dell'adattamento ai mutamenti, in esplosioni di popolazioni determinate, per lo più semplici o semplificate, in vulnerabilità.

Da ciò deriva che una seria analisi socioeconomica non può prescindere dalla conoscenza scientifica dei grandi equilibri biologici e dal peso che in essi hanno i concetti di rinnovabilità e di limitatezza delle risorse e le leggi della termodinamica.

Entropia, evoluzione: non possiamo sottrarci alle loro leggi; il processo entropico e il processo evolutivo hanno una sola direzione e questa non può essere cambiata. Il tempo non può essere capovolto. Ma sulla velocità di questi processi (cioè sulla loro derivata rispetto al tempo) possiamo esercitare la nostra influenza. Il nostro modo di vivere, di consumare, di comportarci decide la velocità del degrado entropico, la velocità con cui viene dissipata l'energia utile e, in ultima analisi, il periodo di sopravvivenza della specie umana.

Si arriva così al concetto di *sostenibilità*, intesa come l'insieme di relazioni tra le attività umane (e la loro dinamica) e la biosfera (con le sue dinamiche, generalmente più lente). Queste relazioni devono essere tali da permettere alla vita umana di continuare, agli individui di soddisfare i loro bisogni e alle diverse culture di svilupparsi, ma in modo tale che le variazioni apportate alla natura dalle attività antropiche stiano entro certi limiti così da non distruggere il contesto biofisico globale.

Se riusciremo ad arrivare a un'economia da equilibrio sostenibile, così come indicato da Daly, le future generazioni potranno avere almeno le stesse opportunità che sono state offerte alla nostra. In altre parole, il rapporto tra economia ed ecologia, ancora in gran parte da costruire, passa dalla strada dell'equilibrio sostenibile.

Nelle sue analisi economiche, Charles Perrings fa giustamente riferimento sia allo stato stazionario di Daly che alla termodinamica di Prigogine e mette in guardia i colleghi economisti sostenendo che “non è tutto oro quel che luccica nei modelli di sviluppo di equilibrio a lungo termine”.

Jean-Paul Deléage sottolinea che l'evoluzione della società umana, oggi, rappresenta un rischio per gli equilibri fondamentali della biosfera e per la sopravvivenza stessa dell'umanità.

Edgar Morin ci rende consapevoli del fatto che viviamo sulla minuscola pellicola che avvolge un minuscolo pianeta perso nel gigantesco universo: difenderne il sostenibile equilibrio significa difendere la lunga storia della vita su questo pianeta e la lunga storia delle generazioni che verranno.

Le basi scientifiche della teoria della sostenibilità

Le nuove teorie dello *sviluppo sostenibile* e dell'*Ecological Economics* ci pongono davanti un nuovo paradigma: non più un'economia basata su due parametri, il lavoro e il capitale, ma un'economia ecologica che riconosce l'esistenza di tre parametri, il *lavoro*, il *capitale naturale* e il *capitale prodotto dall'uomo*. Intendendo per capitale naturale l'insieme dei sistemi naturali (mari, fiumi, laghi, foreste, flora, fauna, territorio), ma anche i prodotti agricoli, della pesca, della caccia e della raccolta e il patrimonio artistico-culturale presente nel territorio, si vede come sia fondamentale oggi investire in questa direzione.

Scriva Daly:

“Per la gestione delle risorse rinnovabili ci sono due ovvi principi di sviluppo sostenibile. Il primo è che la velocità del prelievo dovrebbe essere pari alla velocità di rigenerazione (rendimento sostenibile). Il secondo, che la velocità di produzione dei rifiuti dovrebbe essere uguale alle capacità naturali di assorbimento da parte degli ecosistemi in cui i rifiuti vengono emessi. Le capacità di rigenerazione e di assorbimento debbono essere trattate come capitale naturale, e il fallimento nel mantenere queste capacità deve essere considerato come consumo del capitale e perciò non sostenibile”.

Daly abbandona così le certezze dell'economia classica e il determinismo della “mano invisibile del mercato” affrontando il tema della complessità ecologica in questi termini:

“Ci sono due modi di mantenere il capitale totale intatto. La somma del capitale naturale e di quello prodotto dall'uomo può essere tenuta a un valore costante; oppure ciascuna componente può essere tenuta

singolarmente costante. La prima strada è ragionevole qualora si pensi che i due tipi di capitale siano sostituibili l'uno all'altro. In quest'ottica è completamente accettabile il saccheggio del capitale naturale fintantoché l'uomo produce un capitale di valore equivalente. Il secondo punto di vista è ragionevole qualora si pensi che il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo siano complementari. Ambedue le parti devono, quindi, essere mantenute intatte (separatamente o congiuntamente ma con proporzioni fissate) perché la produttività dell'una dipende dalla disponibilità dell'altra. La prima strada è detta della *sostenibilità debole*, la seconda è quella della *sostenibilità forte*.

Il capitale naturale e il capitale prodotto dall'uomo sono fundamentalmente complementari e, solo in misura marginale, possono essere considerati intercambiabili. Quindi è la sostenibilità forte il concetto rilevante, anche se la sostenibilità debole rappresenta un utile primo passo avanti. Il flusso di risorse naturali e lo stock di capitale naturale che lo genera sono la causa materiale della produzione; lo stock di capitale che trasforma gli input di materia grezza in prodotti è la causa efficiente della produzione. Non si può sostituire una causa efficiente con una causa materiale: non si può costruire la stessa casa di legno con metà legname, non importa quante seghe o martelli si pensa di sostituire.

Alcuni preconcetti ci impediscono di vedere l'ovvio: in particolare che la pesca è limitata dalla popolazione dei pesci nel mare non dal numero di pescherecci; che il legname è limitato da ciò che rimane delle foreste non dal numero delle segherie. Più segherie e più pescherecci non danno come risultato maggior legname e più pesce pescato. Per questo c'è bisogno di più foreste e di un maggior numero di pesci nel mare. Il capitale naturale e il capitale prodotto sono complementari; e il capitale naturale è divenuto il fattore limitante. Più capitale prodotto, lungi dal sostituire il capitale naturale, fa aumentare la domanda di quest'ultimo in maniera complementare, facendolo diminuire per supportare temporaneamente il valore del capitale prodotto e rendendolo, in tal modo, ancora più limitante per il futuro”.

Oggi stiamo vivendo la *transizione da un'economia da “mondo vuoto” a un'economia da “mondo pieno”*: in questa seconda fase l'unica strada di sostenibilità passa dall'investire nella risorsa più scarsa, nel fattore limitante. Sviluppo sostenibile significa, quindi, investire nel capitale naturale e nella ricerca scientifica sui cicli biogeochimici globali che sono la base stessa della sostenibilità della biosfera.

Infatti cosa consegue, secondo Daly, se accettiamo il fatto che il capitale naturale e quello prodotto dall'uomo sono complementari e non possono sostituirsi l'uno all'altro? Ne consegue che il fattore in minore quantità sarà un fattore limitante. Se i due fattori fossero intercambiabili nessuno dei due potrebbe essere un fattore limitante perché la produttività dell'uno non dipenderebbe dalla disponibilità dell'altro. Una

volta assunto che, al contrario, essi sono complementari dobbiamo domandarci quale dei due sia il fattore limitante, cioè quale sia disponibile in minor misura.

Il precedente ragionamento implica la tesi che il mondo sta passando da un'era in cui il fattore limitante era il capitale prodotto dall'uomo a un'era in cui il fattore limitante è quel che rimane del capitale naturale.

Scriva ancora Daly:

“Oggi la quantità di petrolio greggio estratta è limitata dalla disponibilità di petrolio nei pozzi (o anche dalla capacità dell'atmosfera di assorbire CO₂), non dalla capacità di estrazione; la produzione agricola è spesso limitata dalla disponibilità d'acqua, non dai trattori o dalle mietitrici. Siamo passati da un mondo relativamente ricco di capitale naturale e privo di capitale prodotto (e di uomini), a un mondo che è, al contrario, povero di capitale naturale e ricco di capitale prodotto. In un processo produttivo, un flusso di materia e di energia di origine naturale è trasformato in un flusso di prodotti finali da parte di un certo numero di agenti di trasformazioni, ossia lavoro e capitale.

Capitale e lavoro sono sostituibili l'uno all'altro fino a un certo grado, perché in un processo di produzione la loro funzione qualitativa è la stessa: sono infatti entrambi agenti di trasformazione del flusso di materia prima in prodotti finiti. Ma i ruoli qualitativi di risorse e capitale sono totalmente diversi: la stessa differenza che c'è tra trasformatore e trasformato, tra stock e flusso”.

Daly identifica, a questo proposito, tre approcci:

- *l'imperialismo economico*, che si ha quando il sistema economico incorpora gli ecosistemi, mettendo i flussi di materiali e di energia sotto l'influenza regolatoria dei prezzi;
- *il riduzionismo ecologico*, che si ha quando il sistema economico viene trattato come un sottosistema dell'ecosistema;
- *lo stato stazionario*, che si ha quando i flussi di materiali e di energia tra l'economia e l'ambiente vengono limitati dalla sostenibilità.

Abbiamo visto che nella passata era di *economia da mondo vuoto*, il capitale umano era il fattore limitante. Noi, come si è detto, stiamo ora entrando in un'era di *economia da mondo pieno*, in cui il capitale naturale sarà sempre più il fattore limitante. Lo sviluppo sostenibile richiede che il capitale naturale rinnovabile sia mantenuto intatto. Rimane la categoria delle risorse non rinnovabili che, strettamente parlando, non possono essere mantenute intatte a meno di non rinunciare al loro uso (ma se tali risorse non possono essere mai usate, allora non c'è alcun bisogno di conservarle per il futuro!).

È tuttavia possibile sfruttare le risorse non rinnovabili in maniera “quasi sostenibile”, graduandone la velocità di sfruttamento in base a un corretto confronto con la velocità di creazione di sostituti rinnovabili.

L'uso quasi sostenibile di risorse non rinnovabili richiede che ogni investimento nello sfruttamento di una risorsa non rinnovabile sia bilanciato da un investimento compensativo in un sostituto rinnovabile (per esempio, che l'estrazione del petrolio venga bilanciata dalla coltura di alberi che consentano di produrre alcol da legna).

Daly parla di tre comunità: *comunità tra la gente*, *comunità con le specie non-umane*, *comunità con le future generazioni*. Partendo dalla critica dell'economia orientata alla crescita, che ha portato all'attuale disastro ambientale, pone le basi per una nuova economia e una nuova etica sociale. La base di questa etica è la comunità con il futuro (o solidarietà generazionale) necessaria per “lasciare ai nostri nipoti un pianeta ancora in grado di sostenere una vita in comunità”.

Fino a oggi l'economia ha trattato, correttamente, il capitale prodotto dall'uomo (come per esempio le macchine) usando la prima legge della termodinamica e le quantità conservative a essa relative: l'energia e la materia. L'economia ortodossa ha assunto tutto l'impianto teorico del meccanicismo e del determinismo e, con esso, la reversibilità del tempo. Ma il “capitale naturale” (ieri trascurabile, oggi fattore limitante e, quindi, fondamentale) appartiene a un altro tipo logico, quello dei sistemi lontani dall'equilibrio, quello dei sistemi complessi in evoluzione. È allora conseguente trattare il capitale naturale in termini evolutivi e non-conservativi (entropia, strutture dissipative, processi irreversibili, caos dinamico); assumere fino in fondo il ruolo costruttivo del tempo e della probabilità. In poche parole sostituire, negli studi economici ed ecologici, la fisica classica con la *fisica evolutiva*.

Le economie infatti, come sottolinea Matthias Ruth, sono sistemi aperti contenuti in un ecosistema (la biosfera) col quale scambiano materia ed energia. Sia i sistemi economici che gli ecosistemi si trovano in uno stato stazionario, lontano dall'equilibrio, e soltanto modelli dinamici evolutivi, basati su quantità e su funzioni irreversibili e non-conservative, potranno permettere di capire la complessità delle interazioni tra capitale naturale e capitale prodotto dall'uomo, tra biosfera e sistema produttivo, tra natura (di cui siamo parte integrante) e attività economica. Questa è la grande sfida della fisica, dell'economia e dell'ecologia per il nuovo millennio: una sfida che si gioca in un campo, quello della termodinamica, e che ha un protagonista molto particolare: il tempo. Si tratta di evitare un duplice tentativo di riduzionismo: quello di separare la parte dal

tutto, eliminando le relazioni, e quello di separare una cosa dal suo divenire, di vederla staticamente, nell'attimo fuggente, un attimo fermo che non esiste in natura. L'irreversibilità e l'asimmetria del tempo sono proprietà intrinseche della natura e tali sono le relazioni. Anche una particella elementare non esiste da sola, in quel dato istante, ma esiste insieme alle relazioni con le altre particelle e con l'ambiente circostante ed esiste immersa nel fluire del tempo, nel suo *clinamen* lucreziano.

Nel maggio del '97 è uscito, sulla più prestigiosa rivista scientifica mondiale, *Nature*, un articolo a più mani, che ha non solo confermato la validità di un approccio che faccia precedere alle analisi sulle singole tematiche o sui singoli interventi le necessarie basi epistemologiche, scientifiche, politiche e culturali per leggere gli interventi stessi, ma che ha dato al percorso proposto la dignità di strada maestra per la costruzione dello sviluppo sostenibile. Il primo firmatario del lavoro è il professor Robert Costanza, presidente della International Society for Ecological Economics (ISEE), dell'Università del Maryland, uno dei padri fondatori (con Daly e Odum) della teoria dello sviluppo sostenibile.

Il lavoro, ricco di nuovi dati e informazioni oltre che di referenze bibliografiche, è intitolato "The value of the world's ecosystem services and natural capital" e, finalmente, mette nero su bianco riguardo all'importanza di investire nel capitale naturale (così recitava, come ricordato in precedenza, il titolo del Convegno mondiale sullo sviluppo sostenibile tenutosi a Stoccolma nel 1992). Svela una cosa che molti ambientalisti già conoscevano, ma che, per timore reverenziale nei confronti degli economisti ortodossi, non osavano dire: i servizi con cui l'ambiente contribuisce alla ricchezza dell'umanità valgono almeno 33 trilioni di dollari all'anno, mentre il prodotto globale lordo fornito dalle attività umane in un anno è solamente di 18 trilioni di dollari.

Se poi si calcola quanta ricchezza abbiamo perso negli ultimi vent'anni, distruggendo l'ambiente, e quanto lavoro la natura esegue continuamente per il nostro benessere, forse possiamo trovare la chiave di lettura per un'economia sempre più povera in alcune zone del pianeta e che provoca disoccupazione dilagante, nonostante l'aumento di quello "stupido" indicatore di sviluppo costituito dal PIL.

L'articolo farà epoca, sia perché su di esso si getteranno quei fondamentalisti che non accettano che l'ambiente venga "calcolato" e "monetizzato" (ma, ovviamente, il calcolo non si riferisce ai valori estetici o etici, al paesaggio o alla bellezza o alla rarità), sia perché molti economisti grideranno all'eresia. Esso pone le basi per poter, oggi, sostenere

con forza che, dato che siamo passati da un'economia a mondo vuoto a un'economia a mondo pieno, è cosa saggia e giusta sul piano politico ed economico investire meno nella produzione di merci industriali e investire molto di più nel conservare, difendere e far servire l'ambiente, ottenendo il duplice obiettivo di attivare un enorme numero di posti di lavoro e di aumentare il benessere materiale della società, proprio in termini di ricchezza prodotta.

Ovviamente il discorso vale in maniera del tutto particolare (e con priorità di comando) per Venezia e per la sua laguna, dato che ci troviamo di fronte a uno dei capitali naturali più ricchi del mondo. Capitale naturale inteso (sulla base della teoria dello sviluppo sostenibile) come somma degli ecosistemi, delle specie biologiche, delle risorse prodotte dalla natura (ad esempio le valli da pesca), della biomassa prodotta in un anno, del patrimonio artistico, storico, culturale e architettonico, dell'informazione immagazzinata.

Se investiremo in questo capitale naturale, nella sua produzione rinnovabile, nella sua capacità di produrre ancor più ricchezza, costruiremo benessere e lavoro per le future generazioni, superando la strada senza uscita della falsa crescita economica, della monocultura industriale, delle obsolete tecnologie petrolchimiche.

Ma analizziamo più in dettaglio il lavoro su *Nature*. In esso, gli autori raggruppano i servizi offerti dagli ecosistemi in diciassette categorie, li analizzano, li stimano. Le conclusioni principali sono così riassunte:

“I servizi dei sistemi ecologici e gli stocks di capitale naturale che li producono sono critici per il funzionamento del sistema che sostiene la vita sulla Terra. Essi contribuiscono al benessere umano (*welfare*), sia direttamente che indirettamente, e rappresentano parte del valore economico totale del pianeta.

Per l'intera biosfera, il valore (la maggior parte del quale è fuori mercato) è stimato tra 16 e 54 trilioni di dollari (USA) all'anno, con una media di 33 trilioni di dollari. Data la natura delle incertezze, questa dev'essere considerata una stima minimale. Il prodotto globale lordo (Global Gross National Product - GNP) totale corrisponde a circa 18 trilioni di dollari all'anno”.

I diciassette servizi analizzati comprendono, tra l'altro, la regolazione e depurazione dell'acqua, il controllo dell'erosione, i cicli dei nutrienti, la produzione di cibo, le risorse genetiche, le zone umide, ecc⁴.

Il primo scopo dichiarato dagli autori è di “aiutare a modificare i sistemi di contabilità nazionale per meglio tener conto del valore dei servizi degli ecosistemi e del capitale naturale”, proprio perché “non cresce il benessere (*welfare*), al crescere del GNP”.

⁴ Gli studi, le ricerche e i calcoli sono stati convalidati e sintetizzati in una settimana di workshop intensivo al National Center for Ecological Analysis and Synthesis dell'Università della California, a Santa Barbara

Il secondo scopo dichiarato riguarda la valutazione dei benefici di specifici progetti o interventi (e questa è la ragione per cui ogni intervento su Venezia andrebbe valutato in termini di indicatori di sostenibilità integrati). Nell'articolo viene sottolineato che, essendo i servizi degli ecosistemi fuori dal mercato e incerti, tali servizi vengono spesso ignorati o sottovalutati, portando a errori nella costruzione dei progetti i cui costi sociali ed economici rischiano di essere superiori ai benefici indotti.

L'articolo conclude affermando che "dal momento che il capitale naturale e i servizi degli ecosistemi saranno sempre più stressati e scarsi in futuro, il loro valore crescerà". La transizione indicata non è indolore (per quanto riguarda molti privilegi acquisiti, specialmente nel settore del petrolio) né semplice. Siamo di fronte a una proposta con una valenza rivoluzionaria rispetto all'economia ortodossa. Si tratta di passare da fonti energetiche fossili a fonti energetiche rinnovabili e pulite (biomasse, eolico, solare, cogenerazione, ecc.); si tratta di passare da un'organizzazione basata sull'economia di scala e su grandi insediamenti industriali, a un'economia diffusa nel territorio e su piccola scala che difenda i servizi svolti dall'ambiente; si tratta, anche, di costruire uno sviluppo sostenibile condiviso partendo dalla partecipazione attiva di chi vive in un certo ambiente, senza ascoltare sirene fondamentaliste o scettici schiavi dei loro stereotipi tecnologici.

L'effetto serra, le piogge acide, la desertificazione, il buco dell'ozono, l'inquinamento, la distruzione delle foreste e della biodiversità, l'erosione, l'eutrofizzazione, la disoccupazione dilagante sono lì a indicarci con un'evidenza non più eludibile che la strada della crescita economica senza limite è una strada senza ritorno, è una strada senza qualità e senza valori. È una strada (lo sappiamo dal 15 maggio 1997 dalla rivista *Nature*) che non porta più al benessere economico: il capitale naturale è il patrimonio che i nostri avi ci hanno lasciato, prendiamocene cura al fine di rilanciare un'economia veramente sostenibile. Le considerazioni precedenti indicano, per Venezia, una possibile strada da seguire, riassumibile in tre punti:

- costruire una *Venezia sostenibile*, con la sua laguna e le attività agricole dell'entroterra, facendone un punto di riferimento internazionale ed europeo, applicando sia a livello di turismo, sia a livello ecologico e di risorse naturali, sia a livello di riconversione industriale i principi dello sviluppo sostenibile con l'attivazione di posti di lavoro nella direzione appunto del cosiddetto *sustainable employment*;
- applicare al sistema la modellistica ecologica basata sugli indicatori di sostenibilità al fine di individuare i settori di intervento;

- utilizzare i dati del Servizio Informativo e le esperienze maturate all'interno del Consorzio Venezia Nuova per il progetto di cui sopra, trasformando gli interventi in un quadro di *politica sostenibile condivisa* e in una *situazione di "manutenzione - difesa - sviluppo sostenibile" permanente*.

In particolare si tratta di considerare l'ambiente come risorsa, di basarsi su energie rinnovabili e produzioni agroenergetiche integrate (biomasse), di valorizzare i rapporti tra prodotti naturali e artigianato, le risorse ittiche, le attività agrituristiche ed ecoturistiche, di trattare i rifiuti in veri e propri cicli produttivi, di investire nel capitale naturale.

Rendere maggiormente vivibile la laguna e mettere a disposizione l'informazione su ogni piccolo luogo e su ogni particolare del territorio (di interesse naturalistico, paesaggistico, artistico, storico, ecc.) significa muoversi nella direzione della sostenibilità: in altre parole si potrebbe fare in modo che il territorio intero ospiti, nell'arco dell'anno, molto più turismo di adesso (l'offerta del prodotto ittico di qualità e le visite alle valli da pesca sono due importanti aspetti per un turismo sostenibile) e, nello stesso tempo, sarebbe opportuno snellire il turismo non sostenibile, rendendolo più rarefatto nello spazio e nel tempo.

Tutto questo comporta *una laguna pulita, ambientalmente sana, tutelata nella complessità dei suoi elementi morfologici, nella sua biodiversità*.

La *conditio sine qua non* per l'avvio di un progetto di sostenibilità globale è l'allontanamento del traffico petrolifero e di tutte le attività a rischio, inconcepibili in un luogo così ricco di storia, di arte e di natura.

La via maestra da seguire è quella indicata dagli studi del "Progetto Venezia 21" della Fondazione ENI Enrico Mattei (ovviamente il progetto ENI sul metano nell'Adriatico è in netta contraddizione con lo sviluppo sostenibile), laddove si scrive che l'obiettivo è quello del "mantenimento della laguna, che va però disinquinata" e che si deve dare "via libera a un'economia di servizi e immateriale"; aggiungendo che si tratta di attivare lavori nei seguenti campi: telematica, produzione ittica, cantieristica minore, vetro, artigianato del legno, restauro artistico, restauro edilizio, ecoturismo, agricoltura, chimica verde, ricerca scientifica, educazione ambientale, vallicoltura, riconversione ambientale di Porto Marghera.

Ha perfettamente ragione Ignazio Musu a sostenere che "è ben noto come la presenza di strutture di formazione ad alto livello e di promozione della ricerca svolgano un ruolo essenziale nella qualificazione dell'economia urbana verso attività immateriali ad alto valore aggiunto".

Un progetto sostenibile, quindi, in cui la ricerca scientifica sia costantemente presente; un progetto che rifugga da scenari fondamentalisti dal punto di vista ambientale, ma che non sia subalterno a visioni industrialiste di crescita materiale; un progetto, infine, in cui la sostenibilità sia costruita valutando sempre i valori dei servizi dell'ambiente e del capitale naturale.

Ma perché tutto questo non rimanga nel "libro dei sogni" è necessario costruire uno stretto rapporto tra i vari attori istituzionali, creando una *sostenibilità condivisa*, e individuare quelle trame sottili che uniscono i vari interventi e le varie tipologie di sviluppo sostenibile.

Bibliografia

COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT R., FARBER S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R. V., PARUELO J., RASKIN R. G., SUTTON P. e VAN DEN BELT M., *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, "Nature", 387, pagg. 253-260, 1997.

DALY H.E., *Lo stato stazionario*, Sansoni, Firenze 1977.

DALY H.E., *Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital*, ISEE Conference, Stoccolma, agosto 1992.

DALY H.E. e COBB J.B., *For the Common Good*, Beacon Press, Boston 1989.

DELÉAGE J.P., *Storia dell'ecologia*, CUEN, Napoli 1994.

MORIN E. e KERN A.B., *Terra-Patria*, Raffaello Cortina Editore, Milano 1994.

MUSU I., *Lo sviluppo sostenibile di Venezia nell'ottica dell'Agenda 21*, Rapporto di ricerca 01.97, Fondazione ENI Enrico Mattei, Venezia 1997.

PERRINGS C., *Economia e ambiente*, Etas libri, Milano 1992.

RUTH M., *Integrating Economics, Ecology and Thermodynamics*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1993.