

DUE LEGGI INFLESSIBILI

Il primo libro si è presentato sotto una luce descrittiva. Il *leitmotiv* è stato individuato nell’“espansione”: di modi di produrre e di vivere, di imperi politici e, successivamente, di imperi economici. L’*espansione* si presenta certamente come segno della volontà di potenza di una classe di umani che le circostanze hanno posto in codizione di prevalenza sugli altri, consentendo loro di compiere guerre, conquiste e annessioni. Tuttavia, osservando i vari passaggi che hanno condotto da una struttura dissipativa alla successiva, si è potuto constatare come il rischio di esaurimento di un’esperienza collettiva fondamentale – di un modo di produzione – abbia, in qualche modo, posto la necessità di andare a cercare altrove nuove forniture di energia e di risorse naturali per rilanciare una prospettiva che stava per spegnersi a causa all’eccessivo dinamismo interno del sistema dissipativo originario. Lunghi dall’immaginare i soggetti umani come semplici marionette controllate dai sistemi dissipativi, occorre tuttavia prendere atto che i veri passaggi epocali – e non tanto le guerre o le vicissitudini particolari che hanno caratterizzato la storia su cui, come sappiamo, è arduo esprimersi – si manifestano in prossimità di pericolose instabilità locali che impongono l’espansione geografica. Sembrano, quindi, dettate da uno stato di necessità caratterizzato, inizialmente, da varie forme di scarsità a cui si aggiungono, con il passare del tempo, problematiche diverse caratterizzate da forme particolari di disordine. Ora è venuto il momento di riprendere la questione per porla sotto una lente che sia in grado di spiegarla.

4.1 – LA LEGGE DELL’ENTROPIA (LE)

In natura vi sono due leggi fondamentali che nessuno può abrogare o anche sospendere per un solo istante. La prima legge dichiara:

L’energia totale in un sistema chiuso è costante.

La seconda legge, invece:

L’energia non utilizzabile in un sistema chiuso è in aumento continuo.

La prima legge sostiene che in un sistema chiuso l'energia non è suscettibile di essere creata o distrutta. Essa è data. Ciò che si può fare è trasformarla da una forma a un'altra. Se la natura avesse imposto solo la prima legge gli umani sarebbero simili agli dèi. Potrebbero usare energia senza mai esaurirla. Invece, ogni volta che viene effettuata una trasformazione energetica viene pagato un prezzo che si traduce in un aumento dell'energia che nel futuro non sarà più utilizzabile per qualsivoglia lavoro.

Il concetto che descrive il processo di degrado dell'energia viene detto "entropia". L'entropia esprime la quantità di energia (termica) che, pur esistendo nell'universo o in un suo sottosistema chiuso, non è possibile convertire in lavoro.

Una clessidra cosmica – anche l'universo può essere immaginato come un sistema chiuso – può fornire una buona spiegazione. La sabbia posta sul recipiente superiore rappresenta l'energia disponibile all'inizio; trascorrendo il tempo, la sabbia si trasferisce nel recipiente inferiore. Con la caduta, la sabbia può produrre lavoro. Se convogliata per una via anziché per un'altra, essa produrrà determinati effetti piuttosto che altri, ma, quando tutta la sabbia sarà caduta, sopraggiungerà la morte cosmica a meno che il Demiurgo non riattivi il processo capovolgendo la clessidra, cioè introducendo energia dall'esterno dell'universo.

Per quanto la termodinamica classica sia rigorosa e la trattazione dei fenomeni complessa, chiunque può, con modelli intuitivi, comprendere il concetto di entropia. Quando si mette una pentola piena d'acqua sul fuoco, dopo un determinato tempo, il liquido bolle. Il calore passa dalla fiamma del gas all'acqua e non viceversa. Se si spegne il fuoco, lentamente l'acqua si raffredda. Di nuovo il calore passa dal livello di temperatura più alto, i 100 gradi, alla temperatura ambiente raggiungendo una condizione di equilibrio. È sempre possibile riscaldare l'acqua, ma a prezzo di nuova energia. Il calore disperso nell'ambiente non potrà mai più essere recuperato.

Tutte le forme di energia utili (chimica, fisica, atomica, elettrica, meccanica) sono destinate a raggiungere, attraverso una catena di trasformazioni, il livello degradato di energia termica. Il passaggio ulteriore ancora possibile è quello che avviene da un livello di alta temperatura (bassa entropia) utilizzabile per compiere lavoro, a un livello di bassa temperatura (alta entropia) inabile a qualsiasi uso. In seguito a ogni trasformazione, il livello del calore nell'ambiente è destinato ad

aumentare, come, del resto, aumenta il livello della sabbia nell'ampolla inferiore della clessidra presa a esempio.

Un'altra immagine può suggerire il concetto di entropia. L'acqua che cade da una certa altezza può essere utilizzata per produrre energia elettrica. Ma quando essa raggiunge il punto più basso perde definitivamente tale capacità. Tutta l'acqua del mare non può (mediante caduta) fare girare la più piccola turbina. Analogamente, quando tutte le fonti di energia avranno disceso i gradini che conducono al livello più basso, l'universo stesso sarà costituito da un brodo tiepido che immobilizzerà il tempo in un eterno presente.

Eppure l'immagine del calore che si travasa nell'ambiente senza che sia possibile la direzione inversa sembra essere soggetta a varie eccezioni. Nel frigorifero, ad esempio, la temperatura si abbassa rispetto alla temperatura ambiente con innegabile produzione di freddo. In effetti, a livello locale la legge dell'entropia può essere combattuta. Non è forse vero che è possibile portare un secchio d'acqua dal mare ad un bacino sovrastante? Tuttavia, l'energia che sarà ricavabile dalla caduta dell'acqua sarà sempre minore di quella spesa per portarla a quel livello. Se così non fosse si sarebbe trovato il modo di ottenere il moto perpetuo. Analogamente, investendo una certa quantità di energia si può creare il freddo dentro il frigorifero, ma a spese di una quantità di calore esterna al frigorifero maggiore di quanto non sia il freddo prodotto all'interno. Il saldo è *sempre* negativo. Per raffreddare bisogna produrre calore e in quantità maggiore. La legge dell'entropia non si può combattere.

Dunque, l'entropia dentro un sistema può essere contrastata (effetto *negentropico* o formazione di "entropia negativa"), e il risultato sarà certamente positivo dentro il sistema, ma a prezzo di un effetto negativo se si considera il complesso *sistema-ambiente*. L'unico modo per *rallentare* il processo di degrado – giacché non può essere fermato – consiste nel rinunciare a compiere volontariamente qualsiasi trasformazione energetica.

4.2 – GENERALIZZAZIONE DELLA LEGGE DELL'ENTROPIA.

L'energia, fluendo attraverso la materia, rende possibile l'esistenza di piante e animali (umani e non-umani). Eppure, il binomio *materia + energia* non è ancora la condizione sufficiente perché la vita possa manifestarsi. È necessaria una condizione supplementare, e cioè che la

materia sia ordinata, organizzata, strutturata, *lontana dall'equilibrio*. Tutte le reazioni semplici o complesse che la biologia descrive richiedono distribuzioni ben determinate che chiamano in causa addensamenti, concentrazioni, diluizioni, assenze di diverse sostanze e presenza di altre. La Terra è un pianeta ricco di condizioni lontane dall'equilibrio, a differenza di altri – ad esempio Marte – in cui l'equilibrio è stato raggiunto. Sulla Terra c'è la vita, su Marte, non potrebbe affermarsi.

L'energia è la fonte primaria della vita e, nello stesso tempo, della morte. Essa trascina la materia nella sua rovina producendo, alla lunga, stati di equilibrio incompatibili con la vita stessa. In questo perenne lavoro, come l'energia tende a raggiungere il livello di entropia assoluta, così anche la materia tende a raggiungere uno stato di equilibrio, il *caos della materia*, nella quale non può crescere neanche un filo d'erba.

Accanto alle leggi della termodinamica è possibile rilevare un'altra coppia di leggi che pur rifacendosi alla materia, hanno una struttura equivalente a quelle già enunciate. Così si rileva che:

La materia in un sistema chiuso è costante.

e

La materia tende a raggiungere una condizione di stato disordinato, cioè di equilibrio.

Di nuovo, la seconda legge può essere letta in termini di entropia. Così come l'energia tende a degradare giungendo a uno stato di non utilizzabilità, così anche la materia, tendendo all'equilibrio, raggiungerà uno stato di degrado (perdita o abbassamento di "grado", cioè di organizzazione interna) che escluderà qualunque reazione biochimica e perciò qualsiasi forma di vita.

La seconda legge applicata alla materia acquista una pregnanza particolare se osservata in ambito terrestre. La Terra, dal punto di vista energetico è un sistema aperto, ma da quello materiale è un sistema chiuso. Infatti riceve con continuità energia dal Sole, ma, a parte qualche meteorite e qualche satellite artificiale, non scambia materia con l'esterno: la materia disponibile è costante. Il fenomeno della vita in tutte le sue manifestazioni animali e vegetali è resa possibile dal fatto che sulla Terra la materia è lontana dall'equilibrio. Però, progressivamente e a causa di tutti gli effetti naturali, la biosfera tenderà a raggiungere quello stato di equilibrio nel quale la vita è impossibile. In altri termini, la biosfera non

sarà più tale! Guardando Marte possiamo vedere più o meno il futuro della nostra Terra.

Quando si afferma che la natura non conosce rifiuti, si dice cosa falsa perché in contrasto con la legge dell'entropia. È un argomento approssimativo per sottolineare l'altissimo rendimento dei cicli naturali (molto vicini a 1, cioè con perdite debolissime). Un argomento accettabile quindi, ma inesatto. I cicli naturali avrebbero rendimento "1", cioè non avrebbero perdite, se sulla Terra avvenisse un continuo afflusso di materia ordinata (materie prime) e da essa dipartisse la materia disordinata (rifiuti). Tali scambi dovrebbero essere governati da una fonte energetica non terrestre. I tempi della natura si allungherebbero fino a raggiungere la durata del suo regolatore esterno il quale, a sua volta, vedrebbe accorciata la propria durata dallo scambio sconveniente.

Oppure bisognerebbe che un Demiurgo, dotato di fonti energetiche proprie e in quantità pressoché infinite, riordinasse la materia provvedendo a separare nei modi giusti i suoi ingredienti ricreando le condizioni lontane dall'equilibrio. Ripristinando le condizioni iniziali, la Terra disporrebbe di una seconda vita naturale forse molto simile, forse no, alla precedente. Ma il Demiurgo è una figura immaginaria. La negentropia che introdurrebbe nel pianeta deriverebbe da un principio di organizzazione di grado superiore alla realtà ordinata che, per assioma, non può sussistere nel mondo naturale.

L'unico fornitore di energia della Terra, il Sole, non ha questo potere. Esso si limita a investirla con i raggi solari. Cosa succede all'energia che raggiunge la Terra? Una parte viene riflessa nello spazio; fortunatamente, altrimenti in nostro pianeta prenderebbe fuoco. Una seconda parte viene stipata – in tempi geologici, dunque lunghissimi – sotto forma di composti carboniosi. Una terza parte, quella più importante, viene assorbita dagli esseri autotrofi (le piante) ed eterotrofi (gli animali) i quali, nei loro reciproci scambi, provvedono a mantenere quell'apparente equilibrio che sembra privo di perdite. In realtà c'è un saldo negativo; la materia ordinata via via degrada. Questo fatto riconferma, istante per istante, la legge suprema dell'universo. Dunque, la natura conosce rifiuti (cioè disordine) progressivi e una ineluttabile tendenza verso la morte definitiva. In altri termini riappare un fenomeno che, per la somiglianza con quello studiato dalla termodinamica, si ripropone come effetto entropico.

Ma tutto questo è proprio vero? Gli organismi biologici stessi non

costituiscono una palese violazione della legge dell'entropia? Effettivamente essi sono dei sistemi ad altissima organizzazione interna; inoltre evolvono verso un ordine sempre più alto caratterizzato da una entropia minore. Ma come nel caso del frigorifero (anch'esso sembra violare la legge dell'entropia) il bilancio deve essere valutato globalmente considerando sia l'organismo biologico, sia l'ambiente con il quale l'organismo produce continuamente scambio di energia e di materia. Purtroppo, mentre l'organismo biologico è un sistema aperto in relazione continua con l'ambiente, la Terra è – dal punto di vista delle risorse materiali – un sistema chiuso. Pertanto, l'ordine biologico costituito da un organismo qualsiasi, provoca nell'ambiente circostante un determinato aumento dell'entropia.

Si consideri l'esempio costruito sulla catena alimentare “erba, cavallette, rane, trote, orsi”. In ogni segmento della catena alimentare, quando un animale si nutre di un'altro, vi è una notevole perdita dell'energia ceduta all'ambiente e dissipata sotto forma di calore e di rifiuti. Solo il 10% circa dell'energia contenuta nell'animale consumato viene assorbita dal consumatore. Allora, la vita di un orso che si nutrisse soltanto di trote richiederebbe un numero piuttosto elevato di trote in un anno. Se una trota deve mangiare una rana al giorno, una rana una cavalletta al giorno, una cavalletta un chilo d'erba nella sua vita, quanti chili d'erba sono necessari per mantenere un orso in quella catena alimentare? L'“ordine” costituito dal suo organismo può sussistere a patto che nell'ambiente venga scaricato un disordine energetico elevato, pur considerando che il sistema è autenticamente *circolare* e, quindi, contenuto nelle perdite. In definitiva, ogni sistema crea il suo ordine a spese di un disordine superiore nell'ambiente.

L'ordine sorge come puro fatto locale, ma pretende un costo in termini di disordine esterno.

Si giunge così a riconfermare la legge dell'entropia che può trovare numerose altre formulazioni indirette tutte ruotanti intorno allo stesso principio: *la vita si nutre del degrado di energia e materia, la vita conduce alla morte.*

Ora occorre fare un passo ulteriore. Il concetto di entropia, finora associato alla termodinamica e all'organizzazione sistemica di organismi biologici, può essere ulteriormente esteso a un altro tipo di sistemi: i sistemi sociali. Infatti, anche i sistemi sociali (le città, le aziende agricole,

le istituzioni materiali in genere, i sistemi d'arma, le infrastrutture, ecc., e tutti i loro sottosistemi), ma anche ogni oggetto materiale, sono configurazioni di stati di cose organizzati destinati a evolvere in modo spontaneo verso configurazioni a entropia maggiore, cioè, con minore grado di ordine interno. In altri termini sono destinati a perdere l'organizzazione interna che posseggono (fino a degradare totalmente e, quindi, scomparire). È facile comprendere questo fenomeno: ad es., tutti sappiamo che l'ordine che abbiamo in casa deve essere continuamente ripristinato con un lavoro di cura del nostro ambiente. Se questo viene a mancare, dopo un certo tempo possiamo immaginare il caos. Ripristinare l'ordine del rapporto spaziale degli oggetti va sempre in controtendenza rispetto ai nostri comportamenti spontanei. Non solo. Gli oggetti stessi mostrano la tendenza al degrado: il tetto deve essere riparato, il rubinetto perde, le pareti devono essere ritinteggiate, ecc. La casa stessa, se abbandonata, si riduce in rovina con il passare del tempo. Questi sistemi "artificiali", come gli organismi viventi, possono essere "mantenuti in vita", ma il lavoro e le risorse necessarie ai fini del loro mantenimento generano un inevitabile disordine esterno. Per mantenere e tenere in ordine tutte le cose che abbiamo dobbiamo spendere altre risorse materiali e altra energia aumentando il disordine nel mondo. Naturalmente non deve essere dimenticato che, questo fenomeno non riguarda solo la manutenzione, ma anche la produzione. Il mio martello, fatto di ferro e legno, si è materializzato dopo una lunga catena di attività compiute da soggetti diversi riguardanti la produzione sia del ferro che del legno che dei martelli. Ognuna di quelle attività, per produrre l'oggetto in cui la materia è ordinata, ha dovuto scaricare nel mondo una certa quantità di disordine che non potrà mai più essere riordinato. La legge dell'entropia è una legge comune a tutti i sistemi organizzati. Tuttavia i sistemi sociali, così come gli stessi oggetti prodotti dall'animale umano, hanno una caratteristica che i sistemi naturali non posseggono. Questa particolarità, come si potrà constatare, sarà in grado di chiarire molte delle problematiche aperte dall'animale umano nel grembo di Zoé.

4.3 – LA LEGGE DEGLI INCREMENTI DECRESCENTI DEI RENDIMENTI (LIDR).

Zoé possiede un trucco per mezzo del quale si difende dall'entropia rallentando il processo della sua morte. L'espedito consiste in un frazionamento

mento delle funzioni delle varie specie biologiche che occupano una nicchia in modo che i rifiuti (cataboliti) di un organismo siano componenti del ricambio organico (anaboliti) per altri. Il processo richiede, però, che una specie sia inserita nel teatro relazionale con gli altri esseri viventi nello schema che l'evoluzione ha tracciato fino a quel momento. Poi è necessaria un'altra condizione: quella determinata specie non deve predominare e il numero dei suoi membri deve oscillare intorno al valore ottimale che tiene in equilibrio l'insieme delle specie che occupano l'ambiente comune. Questa condizione è assicurata perché quando una nuova specie animale o vegetale si afferma nel grande disegno della selezione naturale, espande il numero dei suoi membri finché dispone, nell'ambiente occupato, dell'energia e delle risorse necessarie alla propria riproduzione "allargata". È il periodo in cui la specie aumenta la sua massa totale, utilizzando la disponibilità di materia attraverso l'assorbimento energetico: è la fase detta "della colonizzazione".

È un periodo che però non può durare indefinitamente; in caso contrario la specie prevalente romperebbe l'equilibrio e diventerebbe un problema insolubile per la comunità biotica o biocenosi. Ma questa eventualità non può darsi! Quando la specie incomincia a raggiungere il suo massimo, dovendo contrastare la concorrenza di altri organismi, è obbligata a modificare il proprio rapporto con materia ed energia giungendo ad una maggiore efficienza nei consumi. Questo secondo stadio nel quale si manifesta *la stabilizzazione della specie* è detto "climax". Il passaggio tra la fase di colonizzazione e il climax è una necessità ineludibile e imposta da anelli di retroazione negativa che limitano le offerte dell'ambiente e impediscono impossibili crescite esponenziali.

Il ruolo è svolto dai cosiddetti "fattori limitanti" i quali, oltre una soglia definita, costituiscono autentiche barriere allo sviluppo da colonizzazione. Se un processo chimico o biologico presuppone la disponibilità del 30% di una sostanza, poniamo acqua, contro il 70% di altre dieci sostanze in proporzione definita, ne conseguirà che, qualora l'acqua disponibile risulti il 25%, parte di tutte le rimanenti dieci sostanze non parteciperà al processo e rimarrà inutilizzata. L'acqua è il fattore limitante. Non si otterranno miglioramenti aggiungendo tutte le dieci sostanze nella proporzione giudicata ottimale perché sarebbero completamente sprecate. Se l'acqua disponibile salisse oltre il 30% cesserebbe di essere il fattore limitante e questo ruolo sarebbe assunto da qualche altra

sostanza che fosse sotto la soglia della percentuale richiesta.

Si giunge così ad una nuova legge empirica: *la legge degli incrementi decrescenti dei rendimenti* (LIDR). Essa afferma che esiste sempre una soglia oltrepassata la quale la crescita di un fattore necessario a un organismo non determina un incremento proporzionalmente crescente della performance dell'organismo stesso. Ciò accade perché, raggiunta quella soglia, entrano in gioco determinati fattori limitanti che ne impediscono l'indefinito sviluppo. Ciò vale per il mais, il riso o il frumento, che vedono diminuire gli incrementi delle loro rese a parità di aggiunte successive di fertilizzanti, ma vale anche per le biomasse delle specie animali. Questo inevitabile fenomeno accade in virtù del fatto che in natura vi saranno *sempre* fattori limitanti, cioè costituenti che non potranno seguire gli incrementi dei fattori che possono essere incrementati.

Poiché la natura si configura come il *luogo dei fattori limitanti*, ne consegue che *qualsiasi specie* deve, prima o poi, stazionare. Se, per assurdo, il suo dominio sulle altre forme viventi potesse espandersi senza fine, le distruggerebbe. Tuttavia, ciò che apparirebbe come una vittoria totale, osservata con occhio più attento, si mostrerebbe come un fatto di grave debolezza, perché lo stato di salute di un ecosistema dipende dalla chiusura di infiniti cicli di riproduzione senza *vincenti definitivi*. In tali circostanze, immaginare una specie capace di uccidere tutte le specie concorrenti sottraendo loro le condizioni di vita vorrebbe dire ipotizzare una popolazione che, dopo un periodo di trionfo, vivrebbe una inevitabile fine.

Interpretabile come segno dell'architettura divina, come espediente di una natura astuta o come *naturale* logica delle cose sottesa dalle leggi della materia, resta il fatto che LIDR protegge l'ambiente dalle rapide progressioni di disordine entropico connesse alla potenziale crescita di una specie: è un modo, anzi, *il modo* per escludere la possibilità che essa trovi le risorse per spingere il proprio sviluppo indefinitamente e per accumulare oltre misura rifiuti organici. In entrambi i casi creerebbe gravi danni alle altre specie e all'ambiente, oltretutto a sé stesso. In altri termini, la legge degli incrementi decrescenti dei rendimenti, introducendo *limitazioni*, rallenta la corsa verso la morte entropica ripristinando, in ogni momento, l'equilibrio che rende minimo il processo di degrado.

Se si sposta l'attenzione dalla biologia alla termodinamica, si osserva che LIDR riappare, sia pur sotto altra forma. L'aumento del rendimento di

una macchina termica richiede un aumento più che proporzionale di energia in ingresso: se una macchina è in grado di raddoppiare il lavoro in uscita, essa pretenderà un aumento più che doppio di energia assorbita. Ora nasce un sospetto: dopo aver appreso che anche i sistemi sociali sono soggetti a LE, dovremo chiederci se anche LIDR non sia una legge che, sconfinando dai sistemi biologici e termodinamici, *possa investire in pieno la natura di tutti i sistemi organizzati, dunque anche i sistemi sociali umani.*

La risposta non può che essere affermativa. Anche i sistemi umani votati alla crescita sono, come ogni sistema, il prodotto di una molteplicità di fattori. Perciò sono sensibili al primo fattore che non riesce a stare al passo con gli altri nelle proporzioni necessarie alla crescita. Ciò renderà vana la possibile sovrabbondanza degli altri. Persino un sistema stazionario-orientato – quindi privo della prospettiva dello sviluppo – qualora venga a flettere la disponibilità di un fattore, vedrà ridursi la propria performance.

In seguito saranno presi in considerazione processi soggetti a LIDR per sopraggiunte scarsità di risorse naturali. Tuttavia, le carenze che affliggono le società umane, non derivano soltanto dai limiti dell'offerta della natura, ma anche da risorse interne della società stessa che, per motivi diversi, tendono a decrescere. La carenza di lavoratori in un determinato settore può costituire un fattore limitante nello sviluppo di quel settore. La scarsità di risorse finanziarie di un ente pubblico può determinare difficoltà a realizzare le politiche pubbliche programmate. I fattori limitanti, perciò, potranno avere un carattere *interno*, se di tipo storico-sociale (se, cioè, derivano da limiti individuabili all'interno dalle relazioni interumane), o *esterno*, se di natura ambientale.