

FISICA/ MENTE

DIFESA DELL'AMBIENTE, VERDI E TERMODINAMICA

Roberto Renzetti

[L'articolo è stato scritto nel 1987, dopo il relativo successo della lista verde alle elezioni politiche. Le parti minime tra parentesi quadra sono quanto ho dovuto necessariamente aggiungere. L'articolo fu rifiutato dalla rivista *Quale Energia* nel cui comitato di redazione oltre me, vi erano degli importanti esponenti del "partito verde"]

I terribili disastri provocati dall'uomo, che ultimamente si sono susseguiti con sempre più stringente puntualità, hanno risvegliato in grandi masse di persone un interesse preoccupato per la difesa dell'ambiente che, via via, è diventato impegno attivo quotidiano. In mancanza di partiti politici ufficiali che avessero una chiara posizione, non solo verbale, sul problema, si sono organizzati in un 'partito verde' che ha ottenuto un discreto successo alle ultime elezioni. Ciò che tenterò di discutere nelle prossime pagine è proprio dell'opportunità di una scelta verde: sono i verdi in grado di proporre soluzioni efficaci ? di lavorare davvero per la difesa dell'ambiente ? Per rispondere a tali quesiti occorre dapprima richiamare alcune nozioni di base e quindi passare all'introduzione di una fondamentale legge fisica: il **Secondo principio della termodinamica**.

LA SOCIETÀ DEI CONSUMI

Tutti sanno o dovrebbero sapere che il modo di vita di una società è strettamente determinato dal suo sistema economico e produttivo. Tutti, anche quelli che credono di essere 'liberi' nel cosiddetto anticonformismo che diventa 'casual', siamo consigliati, seguiti, determinati da ciò che viene prodotto e che dobbiamo consumare. È l'imposizione di usi, costumi, mode, comportamenti, ideologie e bisogni da parte di chi, da tutto questo, trae un utile economico-produttivo e politico. Con Commoner (1), da una parte bisogna considerare il sistema economico, dall'altra quello produttivo come entità che determinano l'organizzazione della vita sociale, dei rapporti tra individui (sistema politico).

Ma i sistemi economico e produttivo non esauriscono l'insieme delle possibili

interrelazioni: bisogna tener conto anche del mondo naturale, dell'ecosistema che fornisce tutte le risorse necessarie alla vita ed alle attività dell'uomo. Ed in definitiva: l'ecosistema fornisce tutte le risorse primarie (materie prime, alimenti, energia); il sistema produttivo trasforma le risorse naturali in beni e servizi (cibo, manufatti, trasporti, ...); il sistema economico trasforma i beni in guadagni, profitti, crediti, risparmi, investimenti, imposte e definisce la distribuzione del reddito tra i cittadini (mediante il sistema politico).

Sembrerebbe logico pensare che le reciproche interrelazioni tra i tre sistemi siano organizzate secondo lo schema di figura 1: dovrebbe essere l'ecosistema a fornire norme di comportamento al sistema produttivo e quest'ultimo al sistema economico. Ma le cose sono nella realtà esattamente ribaltate, come mostrato in figura 2: è il sistema economico che detta legge investendo solo laddove è possibile realizzare il massimo profitto; è il sistema produttivo che utilizza strumenti, macchine, processi che sono stati progettati al solo scopo di esaudire la richiesta di massimo profitto, senza nessuna preoccupazione per i danni che vengono arrecati all'ecosistema e, in particolare, senza nessun riguardo alla conservazione dell'energia mediante un suo uso appropriato ed efficiente. Conseguenza drammatica di ciò sono le tre crisi che affliggono il mondo industrializzato: quella ambientale, quella energetica, quella economica (e, attenzione, perché questa ultima crisi si è sempre cercato di risolverla con la guerra).

	<=BENI		<=RISORSE	
SISTEMA ECONOMICO	si dovrebbe adattare al =>	SISTEMA PRODUTTIVO	si dovrebbe adattare al =>	ECOSISTEMA
	CAPITALI =>		RISPETTO =>	

Fig. 1

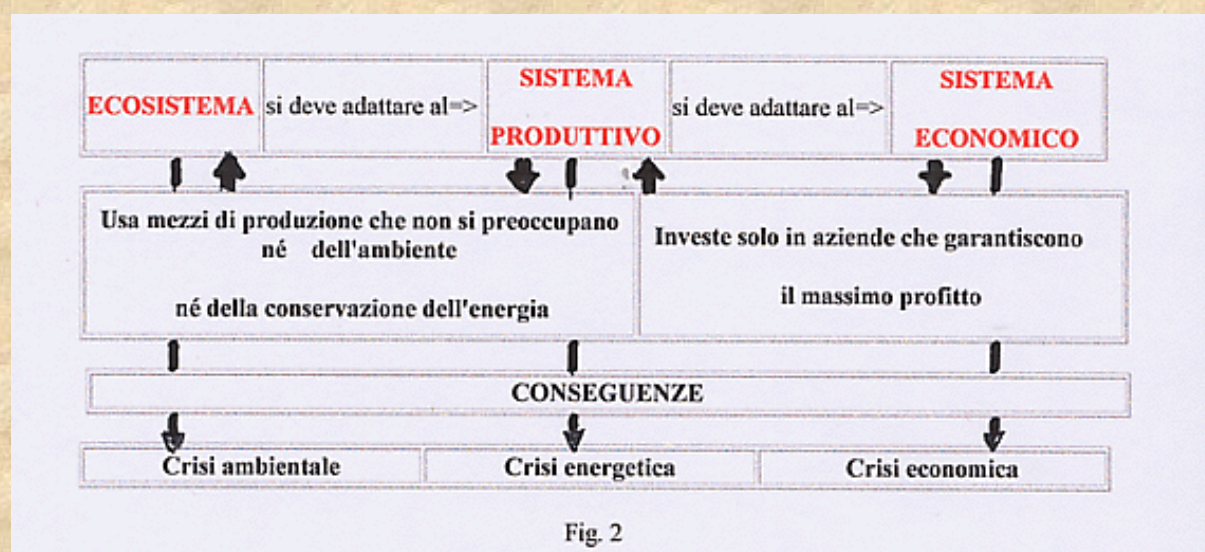


Fig. 2

Questa è allora la situazione nella quale noi ci troviamo a vivere e, riprendendo quanto dicevo qualche riga più su, dobbiamo prendere coscienza del nostro essere gli ultimi 'fruitori' di questo stato di cose: in tempi definiti di benessere dobbiamo comprare ciò che ci viene imposto, in tempi di crisi dobbiamo fare i sacrifici, in tempo di guerra dobbiamo fare la carne da macello, in tempo di pace dobbiamo ricostruire. E tutto in nome del Dio Profitto.

Ma, al di là di queste considerazioni generali, nello specifico, cerchiamo di cogliere alcuni aspetti dello spreco insito in questa società. Premetto una importante considerazione: ogni manufatto con cui abbiamo a che fare (un'automobile, un bicchiere, un vestito, una strada, un acquedotto, ...) contiene dentro di sé, oltre la materia prima, la quota parte di energia che è occorsa per la sua fabbricazione o costruzione (da lavoro manuale, da energia elettrica, da energia termica, da energia meccanica, da energia chimica, da ...).

Pensiamo ora ad un fatto con cui ci imbattiamo quotidianamente, il gettare un oggetto perché 'rotto'. Quante volte la rottura riguarda una sola parte dell'oggetto e, poiché non esiste quel ricambio, siamo costretti a buttare tutto? Ebbene, stiamo buttando via dell'energia.

Pensiamo alle scarpe. Chi non ricorda che, una volta, esse si potevano riparare e più generalmente risuolare? Anche dopo varie stagioni, la tomaia aveva un aspetto presentabile. Oggi le scarpe si devono gettare con la suola ancora nuova: è la tomaia che si spacca.

Pensiamo agli abiti. Minigonne, maxigonne, pantaloni a zampa di elefante, pantaloni ad imbuto, vita alta, vita bassa, petti larghi, petti stretti, giacca lunga, martingala, spacchi, doppio petto, ... Quanti di questi abiti, 'passati di moda', abbiamo gettato via o giacciono inutilizzati nel baule? Ci hanno convinto che si è ridicoli andando in giro con pantaloni stretti quando 'vanno' quelli larghi e a vita alta.

Pensiamo all'auto che si deve comperare perché chi ce l'ha, oltre ad essere un 'arrivato', è uno che arriva prima e fa l'affare prima di te (quando il trasporto pubblico è stato reso del tutto inefficiente da scelte ben precise che, ad esempio, imponevano la costruzione di autostrade anziché di ferrovie rapide ed efficienti) là dove il costo di un chilometro di autostrada è circa quattro volte quello di un chilometro di ferrovia, a parità di trasporto merci e passeggeri, e là dove il trasporto di una tonnellata di merce su autocarro è 6 volte maggiore dello stesso trasporto su rotaia).

Pensiamo all'auto che dopo qualche anno e' da buttare perché costruita con materiali scadenti (ma ad alto contenuto energetico). Con questa auto buttiamo anche una mole incredibile di materiali ancora buoni e perfettamente funzionanti.

Pensiamo allo spreco (crimine) alimentare che vede distruggere milioni di tonnellate-anno di grano e cereali per mantenere alto il prezzo del prodotto sul mercato. E le arance ed i pomodori che annualmente vengono distrutti in grandi quantità perché il prezzo imposto dai grossisti non è remunerativo neppure del lavoro che è occorso per la raccolta.

Pensiamo alle città costruite in modo irrazionale (speculazione edilizia) che fanno sprecare milioni di tonnellate di benzina e migliaia di ore di lavoro (e necessario tempo

libero) in giganteschi ingorghi.

Pensiamo alle singole abitazioni costruite in modo da disperdere verso l'esterno circa il 60% del calore che in esse viene prodotto al fine di riscaldarsi in inverno e che si scaldano insopportabilmente durante l'estate.

Pensiamo agli elettrodomestici energivori a cui si aggiungono folli stupidità (ma è proprio necessario lo spazzolino da denti elettrico o il coltello elettrico per affettare il pane?)

Pensiamo alle migliaia di luci richiamo nelle città.

Pensiamo alle migliaia di lattine di alluminio (birre, aranciate) che vengono gettate a fronte di un costo energetico per lattina veramente grande (oltre 40.000 Kwh per tonnellata di alluminio, a cui bisogna aggiungere il costo di produzione della lattina stessa).

Pensiamo alle centinaia di migliaia di contenitori di plastica (da petrolio!) e di vetro che quotidianamente gettiamo.

E qui si potrebbe continuare all'infinito arrivando comunque sempre alla stessa conclusione: tutti i mezzi sono stati utilizzati per vendere di più e ricavare il maggior profitto.

La politica che il sistema economico insieme a quello produttivo ha portato avanti è stata: di indurre beni non duraturi; di non provvedere a pezzi elementari di ricambio; di rendere subito obsoleto un dato prodotto; di lavorare con sprechi energetici su oggetti che servono a sprecare energia; di non badare ai rendimenti (dal Primo e dal Secondo Principio della termodinamica); di sostituire sempre più energia alla forza lavoro (automazione) con conseguente espulsione di quest'ultima; di sprecare energia nell'accelerazione dei processi produttivi (massimizzazione del profitto); di sostituire materiali a basso consumo energetico (cotone, legno, sapone, ...) con materiali ad alto consumo energetico (i prodotti della petrolchimica: plastiche, detersivi, fibre sintetiche, fertilizzanti, insetticidi, ...); di costruire abitazioni senza badare allo spreco che poi si induceva in mancanza di un adeguato isolamento; di costruire abitazioni con materiali tanto pregiati quanto inadatti (vetro, alluminio, plastiche, rame, acciaio, ...) per l'alto consumo energetico richiesto per la loro produzione e per l'alto consumo energetico che impongono dati i loro generalmente bassi poteri isolanti; di imporre il trasporto individuale su quello collettivo; di imporre il consumo superfluo.

Si può dire, in generale, che lo spreco è strutturale, è insito all'interno di questa società detta appunto 'dei consumi'.

Ci si può a buon diritto chiedere se, a questo punto, sia sufficiente un generico impegno ecologico e per di più interclassista, per porre fine a questo stato di cose o se occorra ridiscutere l'intera organizzazione economica e produttiva di questo sistema. La domanda può essere tradotta in questo modo: è possibile intervenire solo sugli effetti, curando qua e là i mali più macroscopici, oppure è necessario intervenire a monte contestando nel suo insieme questa organizzazione economico-produttiva (e quindi politica), con una scelta ben precisa, che, genericamente, si può definire di sviluppo sostenibile (che, per sua definizione, si pone come antagonista allo stato di cose

presente)?

Cercherò di rispondere servendomi della fisica, del **Secondo principio della termodinamica** e di concetti collegati.

QUALITÀ DELLA VITA, ECOLOGIA E VERDI

L'ecologia è quella branca della biologia che studia i rapporti degli organismi viventi (animali e vegetali) tra loro e con l'ambiente inorganico esterno. Nell'improprio linguaggio comune questa parola ha però assunto un significato che connota anche l'azione di difesa dell'ambiente da interventi dell'uomo che tendano a creare guasti all'equilibrio dell'ecosistema.

Fatta questa premessa, riprendiamo dalle tre crisi che il sistema economico-produttivo induce nel mondo nel quale viviamo, crisi che discendono da un uso selvaggio ed indiscriminato delle risorse naturali che ci vengono offerte dall'ecosistema.

Noi ci troviamo immersi in queste tre crisi, soffrendone le conseguenze nel modo più intenso. La qualità della nostra vita è degradata. Non solo continuiamo ad essere sfruttati nei posti di lavoro (quando non siamo licenziati o cassaintegrati o messi in situazioni di stabile precarietà anche con le recenti invenzioni di lavori temporali, interinali e flessibili) ma subiamo pure le conseguenze nefaste che le aggressioni e le modificazioni all'ambiente comportano. Quando noi, vittime del primo sfruttamento, andiamo a goderci quel poco di tempo libero che il lavoro ci concede, troviamo un ambiente naturale impossibile da essere vissuto e, se ciò non bastasse, un cibo elaborato con la peggiore chimica, [se non con farine animali che hanno provocato e stanno provocando interi e clamorosi disastri].

Ma, c'è voluto lo scossone della 'crisi energetica', agli inizi degli anni '70 perché iniziasse a crescere, per andare a maturazione, una coscienza di massa non più circoscrivibile a pochi 'illuminati' e catastrofisti. I fatti di Seveso, di Priolo, di Manfredonia, del petrolchimico di Brindisi, dell'Amoco Cadiz, della Torrey Canyon, di Three Mile Island, di Tchernobyl, della Cavtat, di Bhopal, [della mucca pazza, dell'afta, delle inondazioni, delle desertificazioni] insieme a svariatissimi altri, hanno interessato centinaia di milioni di persone. Si è poco a poco fatta strada la consapevolezza che l'ambiente che ci circonda va trattato con cura perché rischia di morire trascinandoci tutti con lui. Si è capito che ciò che ci circonda è patrimonio di tutti, non solo in questo luogo ed oggi ma dappertutto e sempre, che non si possono creare dei problemi se non si sa come risolverli, che i politici non hanno competenze e che i tecnici, quando non lavorano al servizio dei politici, sono alle dipendenze del sistema economico-produttivo; che è questo modo di produrre e di consumare responsabile dei disastri di cui facciamo esperienza; che occorre procedere ad informarsi, e non più delegare competenze e scelte. Si è creata la coscienza, sempre più irreversibile, che non si può stare alla finestra a guardare e che bisogna far sentire la propria voce. Non si tratta di rifiutare scienza e tecnologia: siamo coscienti dell'impossibilità di tornare indietro e che viviamo in un mondo (il nostro) industrializzato. Le fabbriche devono continuare a produrre perché nessun disastro sarebbe più grande, per il nostro mondo così densamente popolato, di una drastica recessione: milioni di disoccupati, miseria, fame, epidemie, legge del più forte e, conseguentemente, milioni e milioni di morti soprattutto contabili tra i vecchi, i

bambini, le donne ed i più deboli. Si tratta però di iniziare a produrre beni durevoli nell'ambito del più completo rispetto per l'ecosistema. E a questo possono aiutare scienza e tecnologia, sempre ché gli addetti ed i governi o le industrie che li pagano si occupino, più che del modo migliore di sfruttare o uccidere, delle immense possibilità di fornire cibo e vestiario a tutti gli uomini, liberandoli sempre più dalla fatica (che rende idioti), in un ambiente non degradato.

Il fatto che le risorse della Terra siano limitate fa parte ormai del bagaglio culturale di molte persone; il fatto che sia possibile conservarle deve diventare sempre più coscienza di tutti. Ma occorre un nuovo modo di pensare i rapporti tra le persone, tra le persone e le piante ed animali, tra le persone e le cose. Occorre in definitiva superare le democrazie formali per muoversi sulla strada della democrazia sostanziale, fatto che può esistere solo laddove c'è una vera e non frustrata partecipazione di tutti i cittadini alle scelte che li riguardano.

Ma per scegliere occorre conoscere, almeno, le possibili alternative, non limitandosi a considerazioni a breve termine. Non si possono creare dei guasti oggi, anche se potrebbero farci comodo, per lasciarli in eredità alle generazioni future. Questo tipo di logica è sempre stata del mondo capitalista e dei governi che lo hanno rappresentato e lo rappresentano. Non si deve più ragionare con la logica del 'tecnico del settore': siccome quella cosa la dice il tecnico, allora è vera. Probabilmente è vera, ma in un ambito limitato: nella ristretta prospettiva di chi, parcellizzato, vede solo quel singolo problema da risolvere. Occorre anche la competenza politica, in senso lato, che permetta di inserire una data scelta in un contesto, armonizzandola con altre scelte ed esigenze. Occorre che noi iniziamo ad uscire dalle prigioni 'dorate' in cui ci hanno relegato, per informarci, per riappropriarci delle competenze che avevamo delegato, della scienza e della tecnologia al fine di esercitare una azione di controllo su tutte le scelte che vengono fatte.

Questa nuova sensibilità che è andata maturando deve rafforzarsi ed estendersi, deve diventare il centro propulsore del cambiamento. In questo senso può una organizzazione, soltanto perché si definisce verde, essere il momento propulsore di questo cambiamento? È possibile andare alla radice dei problemi con un movimento che non fa mistero di essere interclassista? Dove va a finire la messa in discussione dei presupposti fondanti di questa società consumistica, basata sullo sfruttamento di molti per l'arricchimento di pochi a scapito, tra l'altro, del sistema ambiente? È possibile fare un movimento con Francescato (WWF di Filippo di Edimburgo), con Pratesi (di Italia Nostra), con Susanna Agnelli, con la famiglia Crespi, con i Gruppi di Ricerca Ecologica, con Alfredo Biondi, con tutti coloro che hanno votato per i missili a Comiso [e per la guerra contro la Jugoslavia]?

Ma, si dice, tutti soffriamo lo stesso tipo di 'inquinamento' e tutti dobbiamo organizzarci e difenderci da esso. Bene, che facciamo allora, ci organizziamo insieme per difenderci da una parte di noi, dai danni che pochi tra i nostri supposti alleati hanno provocato (e continuano e continueranno a provocare se non li cacciamo subito dal potere)? Oppure facciamo l'alleanza con la famiglia Agnelli che vuole proteggere l'Argentario, mentre distrugge ed inquina in mezzo mondo (si chiedano notizie su Belo Horizonte in Brasile)? E con i Crespi sarà possibile un'intesa, quando basta ripercorrere la loro storia di fabbriche e cartiere per accorgersi che nei paesi dove loro sono passati hanno lasciato il deserto?

Ma, si dice, noi non ci alleiamo con quelli. E con chi allora ? Con il popolo di sinistra, si risponde, E allora, a che serve una qualifica di verde che, proprio in tema di società di consumi, può andar bene alla Germania ed agli Stati Uniti? Perché si rinuncia al patrimonio di 'sinistra' che ci siamo costruito ? L'interclassismo rende di più ? Non ci si rende conto della confusione che si ingenera facendo credere alla gente che è possibile rifarsi una 'verginità' non impegnativa all'interno di una lista verde ed eliminare l'inquinamento in una società turbocapitalista [e globalizzata] ? Ma, avevo promesso di rispondere ad una domanda lasciata in sospeso: se fosse o meno necessario che l'intervento per la salvaguardia della natura dovesse essere, genericamente, qualificato con uno schieramento politico ben preciso. La risposta doveva passare per la fisica e vedremo che, nel farlo, passeremo attraverso la citata operazione di disinquinamento di un lago.

ENTROPIA ED INQUINAMENTO

È impensabile una fonte energetica che non abbia alcun impatto ambientale. Per il modo stesso in cui viene prodotta energia, per il fatto che in un certo luogo vi sono certi apparati che trasformano le fonti naturali di energia in potenza utilizzabile, proprio per tutto questo occorre considerare che in determinate zone della Terra vi sono macchine, strumenti, apparati tali da modificare il flusso naturale dell'energia. E ciò vuol dire che in alcune zone viene creato un flusso maggiore di energia rispetto a quello naturale. È chiaro comunque che la 'taglia' dell'apparato che trasforma la fonte naturale è in gran parte responsabile della maggiore o minore modificazione di questo flusso in un dato luogo. Ed è proprio l'intensità della modificazione che può essere responsabile del maggiore o minore impatto ambientale di una data fonte in un dato luogo. Tanto per fare un esempio, è evidente che un collettore solare piano (la più innocua tra le macchine per la trasformazione di energia) modifica il flusso naturale di energia nel luogo in cui è sistemato: l'energia che altrimenti sarebbe stata in parte assorbita dal terreno ed in gran parte riflessa, viene ora accumulata in percentuale maggiore su una determinata superficie e, nel contempo, sottratta alla superficie terrestre sottostante il pannello. È chiaro che una tale modificazione dello stato di cose appare completamente trascurabile, ma se pensassimo di coprire migliaia di chilometri quadrati di collettori, non c'è dubbio che l'effetto sull'ambiente si farebbe sentire.

Oltre a questa variazione del flusso naturale di energia, occorre considerare anche un altro effetto che la produzione di energia sulla Terra comporta. Quando, ad esempio, si bruciano combustibili fossili in centrali termoelettriche, oltre a variare il flusso energetico nel luogo della centrale, con produzione di enormi quantità di calore, vengono emesse delle sostanze le cui ultime destinazioni sono l'atmosfera ed il suolo: si tratta essenzialmente di anidride carbonica e vapore d'acqua. Ebbene, la variazione percentuale di queste sostanze (unitamente ad altre sostanze inquinanti), in particolare nell'atmosfera, può produrre degli effetti tanto imprevedibili quanto irreversibili. Consideriamo due esempi limite.

Supponiamo che la composizione percentuale delle varie sostanze che compongono l'atmosfera vari in modo da aumentare la capacità di assorbimento della radiazione da parte dell'atmosfera medesima; l'atmosfera assorbe più radiazione e ne trasmette meno sulla Terra; come conseguenza la temperatura media della Terra si abbassa e le calotte polari cominciano a dilatarsi; per parte sua il ghiaccio riflette maggiormente la radiazione che non la terra o l'acqua, con la conseguenza che una parte sempre maggiore della radiazione che arriva sulla Terra viene riflessa e non

trattenuta; questo fenomeno comporta un ulteriore raffreddamento ed un'ulteriore avanzata dei ghiacci che, alla lunga, può portare ad una nuova glaciazione.

Supponiamo ora che la composizione percentuale delle varie sostanze che compongono l'atmosfera vari in modo che le percentuali di vapore d'acqua e di anidride carbonica divengano molto più elevate delle attuali e che le fasce di ozono negli strati alti dell'atmosfera vadano assottigliandosi (a ciò aiutano gli aerei supersonici ed i gas clorofluorocarburi dei vari spray e di ogni impianto di condizionamento o raffreddamento); la minor quantità d'ozono permetterebbe il passaggio di una maggiore quantità di radiazione proveniente dal Sole; il vapore d'acqua e l'anidride carbonica (che i processi di produzione industriale ed il sistema dei trasporti stanno facendo aumentare in modo che può diventare irreversibile) presenti nell'atmosfera lascerebbero passare questa radiazione ad onde corte (elevata energia); quando la radiazione viene riflessa dalla Terra, lo fa ad onde lunghe (bassa energia); la radiazione ad onde lunghe non viene fatta passare dal vapore d'acqua e soprattutto dall'anidride carbonica (e da altri gas detti 'serra'), restando intrappolata (riflettendosi più volte) tra atmosfera e superficie terrestre (si tratta di un gigantesco effetto serra); la temperatura della Terra si innalzerebbe gradualmente con conseguente fusione di percentuali sempre maggiori dei ghiacci polari; la gran quantità delle terre emerse più fertili (le pianure vicine al mare) verrebbe sommersa, con conseguenze catastrofiche [siamo al 2001 e sembra questa seconda la strada verso cui abbiamo avviato il nostro "unico" pianeta].

Sono solo due scenari limite ma non fantascientifici, introdotti solo per far comprendere che la situazione bioclimatica della Terra è in uno stato di equilibrio estremamente precario creatosi in milioni di anni. Non è in alcun modo prevedibile cosa possano comportare anche piccole modificazioni operate dall'uomo. Se solo si pensa che alcune zone del mondo (Australia, Texas), una volta molto fertili, sono oggi diventate desertiche solo perché sottoposte in passato a colture intensive, ci si rende conto dell'instabilità dell'intero ecosistema. Se si pensa poi che, attualmente, le regioni di maggior produzione di grano del mondo (USA, URSS [oggi: Ucraina, Bielorussia e Russia]), quelle che sfamano una grossa percentuale di umanità, sono situate in zone limite da un punto di vista climatico, ci si rende anche qui conto di come anche piccole modificazioni nel clima possano causare disastri inimmaginabili.

Ci si può, a questo punto e a buon diritto, chiedere: che c'entra l'entropia con l'inquinamento? Cosa hanno a che fare tutti questi discorsi con il Secondo principio della termodinamica?

Ricordiamo che ogni processo naturale tende spontaneamente verso lo stato finale più probabile e che il concetto di entropia si associa a questa tendenza irreversibile mediante l'affermazione che lo stato più probabile è quello cui compete la massima entropia. Poiché poi l'entropia è anche sinonimo di disordine e lo stato più probabile è lo stato più disordinato, anche per questa via lo stato più probabile è quello cui compete il massimo di entropia. Questi concetti sono utili quando si voglia procedere ad una classificazione in termini di qualità delle varie forme di energia: le energie più pregiate sono quelle cui compete entropia minore (e ciò vuol dire che le energie più pregiate sono quelle ordinate, come l'energia meccanica, l'energia elettrica ed il calore ad alta temperatura). Al contrario, le energie meno pregiate sono quelle disordinate, che poi si riducono ad una sola: il calore a bassa temperatura.

Ricordiamo infine che, in natura, c'è la tendenza irreversibile a passare da stati

ordinati a stati disordinati, da stati meno probabili a stati più probabili, da stati ad entropia minore a stati ad entropia maggiore, da energie ordinate ad energie disordinate (Secondo principio della termodinamica). In ogni trasformazione, appunto, l'energia si degrada, passa da energia di buona qualità ad energia di qualità inferiore. In qualunque trasformazione, infatti, lungo il cammino, presto o tardi si ha a che fare con sviluppo di calore a bassa temperatura che non ha la stessa valenza della fonte primaria e che inevitabilmente deve essere scaricato verso l'ambiente esterno (**Principio di Carnot**, altro modo di enunciare il **Secondo principio**). È insito quindi nella produzione di energia lo sviluppo di calore che deve essere scaricato nell'ambiente esterno, con conseguente aumento dell'entropia del sistema Terra (solo per ora considerato come isolato).

Pensiamo ed esempio alla combustione del carbone: dell'energia primaria viene utilizzata per produrre calore ad alta temperatura; del calore a bassa temperatura viene scaricato verso l'ambiente esterno attraverso il condensatore; parte dell'energia in ingresso va dunque perduta in questo modo (non è ulteriormente utilizzabile per produrre, ad esempio, lavoro meccanico: è energia degradata); altra energia va perduta perché impiegata nella formazione di molecole, come l'anidride carbonica (che hanno minor contenuto energetico della fonte primaria e che quindi rappresentano un'ulteriore degradazione dell'energia); ed in definitiva l'energia utilizzabile, rispetto a quella primaria, è diminuita, mentre l'entropia del sistema è aumentata. Stesso discorso può farsi per un impianto nucleare.

In questo senso le energie del vento, del mare, idroelettrica, possono essere considerate, almeno relativamente all'aumento di entropia ad esse connesso, come pulite. È chiaro che anche qui si deve considerare un qualche riscaldamento delle macchine e delle turbine che trasformano l'energia, ma l'aspetto principale che caratterizza queste fonti è il non passaggio attraverso l'intermediazione termica (con conseguente diminuzione dell'entropia prodotta) per trasformazione da energia pregiata (quella meccanica) ad energia pregiata (quella elettrica). Un discorso analogo si può fare anche per l'energia fotovoltaica e da biomassa.

Più in generale però, per la produzione di energia, occorre passare attraverso l'intermediazione termica ed in questo caso, ogni volta, si ha a che fare con calore a bassa temperatura scaricato nell'ambiente esterno e, molto spesso, con la produzione di scorie.

In questo senso l'energia solare è più pulita di quella nucleare o da combustibili fossili: nel caso dell'energia solare non si ha produzione di scorie.

Le scorie quindi, siano esse calore a bassa temperatura o veri e propri residui solidi, rappresentano quella parte di energia che va ad aumentare l'entropia del sistema Terra.

Si può sempre pensare, almeno per il calore di scarto in un suo utilizzo ad altri fini (ad esempio cogenerazione e teleriscaldamento, piscicoltura, usi agricoli) ma, anche se questo è il modo migliore per intervenire (non vi sono caldaie in altri luoghi che vanno ad aumentare l'entropia del sistema Terra), rimane il fatto che, alla fine dell'intero processo, l'entropia è comunque aumentata. Bisogna anche tenere in conto che le scorie, così come sono, non sono quasi mai utilizzabili: occorrono degli interventi su di esse per aumentarne la qualità energetica e reimmetterle nel ciclo produttivo

dell'energia (nel caso della cogenerazione occorre che la temperatura del calore di scarto sia innalzata per procedere al teleriscaldamento; nel caso del ciclo del combustibile nucleare, occorre che le scorie subiscano un trattamento ad altissimo investimento energetico, perché parte di esse possano essere riutilizzabili).

Altro modo nel quale si può contribuire all'aumento di entropia è lasciare che le risorse energetiche si disperdano nell'ambiente esterno. Avere, ad esempio, una lattina di benzina e versarla in Terra, comporta che una risorsa, prima utilizzabile, non lo è più con conseguente aumento dell'entropia e quindi dell'inquinamento. Allo stesso modo lo strato di polvere nera che circonda una centrale termoelettrica a carbone è anche esso carbone non più utilizzabile perché non concentrato in modo utile; l'entropia aumenta e l'inquinamento aumenta. Anche per risorse non energetiche si può fare lo stesso discorso: si pensi alla polvere grigia (cemento) che circonda ampie aree di territorio intorno ai cementifici; quella risorsa (che è costata una enormità in termini di energia necessaria a produrla), così dispersa, non è utilizzabile. Lo stesso discorso può farsi per le milioni di tonnellate di oro e di uranio disperse nel mare.

In definitiva inquinamento ed aumento di entropia vanno di pari passo e questo fatto è particolarmente evidente nella produzione di energia (2). Produrre energia significa disperdere nell'ecosistema prodotti che mettono direttamente in pericolo gli esseri viventi, per le loro proprietà chimiche (esempio: anidride solforosa con le conseguenti piogge acide) e per le loro proprietà radioattive (esempio: trizio), e prodotti che indirettamente creano danni incalcolabili all'intero ecosistema (anidride carbonica; calore scaricato in fiumi, laghi e mari che provoca il cosiddetto inquinamento termico).

Vediamo allora se e come sia possibile intervenire per eliminare o almeno ridurre l'inquinamento.

Per capire la complessità dei problemi che si devono affrontare iniziamo dall'esperienza di coloro che hanno acquisito quella nuova sensibilità di cui si diceva. Da una parte ecologi in buona fede reclamano provvedimenti di disinquinamento, dall'altra alcuni uomini politici, pur compromessi con il sistema di potere, fanno pressione perché il Parlamento vari leggi in proposito (vedremo tra poco cosa si nasconde dietro questi 'nobili' interventi). Non è facile ma, da quanto detto, si può comprendere come progetti disinquinanti non siano altro che un grande diversivo (che porta ad utili economici fantastici: il grande affare verde o, peggio, le ecomafie) che non solo non risolve i problemi ma, molto spesso, li aggrava. Cerchiamo di capire perché. Abbiamo accennato al Secondo principio; in esso c'è, tra l'altro, scritto che l'irreversibilità è una caratteristica ineluttabile del mondo. Ed in base a questo dato drammatico [sto trasferendo questo articolo su una pagina web quasi 20 anni dopo averlo scritto e le mie mani, il mio corpo ha misurato l'irreversibilità] ciò che si può dire riguardo all'inquinamento è solo che "non bisogna inquinare" e non certo che occorre "disinquinare".

I processi di disinquinamento, infatti, comportano in un dato luogo la produzione di macchine o sostanze che operino il disinquinamento in oggetto. Alla luce di quanto sappiamo sull'entropia, ciò significa che in una certa zona della Terra si cerca di operare una rigradazione, un processo che, in quanto tende ad un ordine maggiore, è contrario al Secondo principio, almeno se si pensa di riferirlo al sistema Terra, considerato come sistema isolato. Poiché, infatti, in un sistema isolato in evoluzione (la

prima volta nelle riserve energetiche per i bisogni dell'industria ed una seconda volta per le necessità del disinquinamento".

È certamente possibile quindi reclamare dei disinquinanti OGGI (in un dato luogo ed in un dato tempo, per urgenti necessità) ma deve esser chiaro che la strada da battere è, come dicevo, il non inquinamento, il produrre beni ed energia senza inquinare, poiché la Terra tra poco ci starà stretta e sarà insopportabile espandersi in zone distrutte per disinquinare quelle poche che oggi abitiamo.

Quanto qui detto ci permette di tornare su una delle cose che abbiamo lasciato in sospeso qualche pagina indietro, quando abbiamo parlato di Terra considerata come sistema isolato.

Sappiamo che la Terra non può essere in alcun modo considerata come sistema isolato: essa è inserita nel Sistema solare e proprio dal Sole trae origine il suo moto e la vita che vi regna. Con buona approssimazione, è il Sistema solare un sistema isolato, la Terra no. Ed è proprio il flusso naturale di energia, che ci proviene dal Sole che, in questa sede ci interessa. Il considerare la Terra come sistema isolato, dal punto di vista della produzione di energia, comporta due possibilità: o la Terra si produce da sola l'energia che le occorre (visto che non c'è alcun pianetino vicino alla Terra su cui produrre questa energia); oppure ci serviamo dell'unica possibilità esterna alla Terra, del Sole. In questo secondo caso la degradazione inevitabile (e comunque esistente) ha luogo solo sul Sole. Cosa ha invece scelto l'uomo? Almeno a partire dalla Seconda Rivoluzione Industriale, egli ha lavorato per rendere isolato il sistema Terra. Come dice Bernard (3):

"Attualmente il carbone, il petrolio, il gas naturale e - per ora, in misura modesta - l'uranio, forniscono il 92 % dell'energia utilizzata nel mondo. Avendo scelto di vivere quasi soltanto di queste risorse terrestri, gli uomini hanno fatto della Terra un sistema quasi isolato la cui degradazione è diventata inevitabile".

È come se producessimo energia elettrica con una centrale termoelettrica al centro della città: l'inquinamento la renderebbe immediatamente inabitabile. La nostra città è la Terra, la nostra centrale termoelettrica è quel 92% dell'energia utilizzata nel mondo, di provenienza termica: l'inquinamento inevitabile si sta allargando a macchia d'olio.

Per ovviare a queste cose (purtroppo a lungo termine ma cominciando da ora a seguire questa strada, pena il rendere questo pianeta, presto o tardi, un deserto privo di vita, almeno umana), occorre riaffidare la Terra al flusso naturale dell'energia solare che per secoli ha fornito calore, ha rinnovato la fertilità dei suoli, ha prodotto ossigeno mediante fotosintesi, ha messo in moto il ciclo delle acque. È, soprattutto, per ora, una nuova cultura che deve farsi strada [a tutti i livelli, a partire dalle nostre scuole. Non vi sono palliativi possibili: questa è una questione della massima priorità].

A questo punto e' forse possibile comprendere meglio quanto sostenevo qualche pagina indietro: è quantomeno illusorio pensare ad una battaglia seria sulla salvaguardia dell'ambiente senza passare attraverso una completa messa in discussione del sistema economico e produttivo di questa società. È quindi un progetto globale che si richiede, non un partito verde. Il verde è un semplice giochetto che, al di là

dell'ottima fede di molti suoi militanti, serve solo per far riposare in pace le coscienze di molti (alcuni dei quali corresponsabili dei disastri ecologici) e per attivare, nella maggior parte dei casi, maggiori profitti attraverso maggiori inquinamenti.

P.S. - Si noti che nelle ultime cose dette ho parlato del sistema Terra. Sarebbe interessante sapere quanti tra i verdi si rendono conto che per mantenerci grassi, con bei paesaggi puliti (si pensi alla Svizzera) e con quant'altro eleva la qualità della vita la nostra 'civiltà' occidentale sta distruggendo gran parte del mondo (si pensi ancora alla Svizzera: inquinamento del Reno, Seveso, ...), depredando risorse non sue, facendo letteralmente morire di fame milioni di persone, rendendo inabitabili vastissime aree della Terra, sporcando mari fiumi e laghi, cancellando intere foreste, tirando giù intere montagne, aiutando l'avanzamento dei deserti, eccetera.

Ancora una volta. tengo a dire che il problema ha dimensioni mondiali e deve riguardare la contrapposizione esistente tra il mondo economico-produttivo ed il mondo della gran maggioranza delle persone, gli abitanti del pianeta. Ci si guardi da coloro che per pulire il proprio giardino, gettano la spazzatura in quello del vicino.

[La cosa che da una parte dovrebbe inorgogliarmi rileggendo questo articolo è quella che più mi fa soffrire: in venti anni non è accaduto nulla e gli scenari catastrofisti, non certo per mia soddisfazione, si sono dispiegati in tutta la loro potenza].

BIBLIOGRAFIA

(1) B. Commoner - **La povertà del potere** - Garzanti 1976.

(2) Per altri aspetti riguardanti entropia ed inquinamento, si veda:

M. G. Pellifroni - **Entropia e rifiuti** - Sapere, novembre 1983.

(3) R. Bernard - **Entropia ed inquinamento** - La Fisica nella Scuola, XIV, 3, 1981.

[Torna alla pagina principale](#)

