

# Un approccio sistemico al problema del danno ambientale

Carmelo Bonanno \*

## 1. Il danno come alterazione dell'equilibrio

Da tempo ormai è maturata la convinzione che le sostanze inquinanti immesse nell'ambiente determinano l'alterazione delle risorse naturali, quali il suolo, i fiumi, il mare, l'aria, ecc., e provocano danni a beni che per loro natura erano considerati illimitati.

Da questo punto di vista quindi il danno ambientale è considerato come "un evento perturbatore di uno status di equilibrio in atto, sia di natura statica che dinamica, in grado di provocare una diminuzione nel valore di un bene e/o nelle prestazioni lavorative di una persona fisica"<sup>1</sup>.

Questo approccio innovativo ha permesso anche che si sviluppasse la valutazione economica del danno ambientale, al fine di indennizzare appunto la persona danneggiata a seguito della diminuzione del bene o del mancato godimento di esso.

È superata in sostanza la convinzione di considerare *infinito* il potere autodepurante delle risorse naturali, mediante il quale le risorse stesse potevano riacquistare, in tempi brevi, la qualità originaria al cessare dell'evento perturbatore<sup>2</sup>.

In definitiva l'affermarsi del principio dell'etica ambientale sta trovando terreno fertile in quasi tutte le nazioni industrializzate, tanto che esso sta stimolando i relativi governi a riservare una parte considerevole del loro bilancio al fine di sensibilizzare tutti i cittadini alla partecipazione attiva e alla risoluzione del problema.

In effetti, siccome le risorse ambientali sono considerate beni

\* Ricercatore c. presso il Dipartimento di Innovazione meccanica e gestionale nell'Università di Roma.

<sup>1</sup> N. Zizzo, "Turbamenti di status di equilibrio presupposto della teoria del danno" - Orientamenti tecnici, Anno XXIII, n. 39, 1985.

<sup>2</sup> Si ricorda che l'inquinamento ambientale è il risultato dello sfasamento tra il *tempo biologico* di autodepurazione (dell'ordine a volte dei secoli), e il *tempo tecnologico* di degradazione (dell'ordine degli anni).

pubblici non patrimoniali (cioè appartenenti a tutta la collettività), ed hanno la caratteristica di essere goduti da tutti in maniera *indivisibile* ( ad esempio, in una data regione geografica, o respirano tutti aria pulita, o nessuno) è giusto che tutti i cittadini si sentano direttamente interessati alla salvaguardia di tali risorse, e di conseguenza alla loro salute personale.

## 2. *Il processo di democratizzazione ambientale*

Quando una unità produttiva (ad esempio, una fabbrica) si insedia in una regione o aumenta la quantità di materiale inquinante nella regione stessa (nel suolo, nei fiumi, nell'aria, ecc.), le unità presenti e viventi (persone, animali e piante) che si servono delle risorse così inquinate vengono più o meno seriamente danneggiate. In questi casi viene prodotto un danno economico apprezzabile alle unità sottomesse, poiché queste o sono "estranees fisicamente" o "non sono legittimamente rappresentate" nel processo decisionale che ha portato l'unità produttiva inquinante alla scelta dei fattori strategici per la sua produzione. Così, ad esempio, le unità sottomesse non hanno potuto decidere sulla *localizzazione* della fabbrica, sul *tipo* e sulla quantità di materiale da immettere nella regione considerata.

In altre parole, le unità sottomesse non sono state nè responsabilizzate, nè coinvolte nel processo decisionale, pur essendo "fisicamente" collegate all'unità produttiva dominante, e pur facendo uso delle stesse risorse ambientali.

Questo fatto pone finalmente il problema della *legittimità dei decisori* sui temi ambientali, ovvero pone interrogativi del tipo:

- a) *chi* deve decidere e *chi* ha la capacità giuridica per farlo?
- b) *chi* deve gestire le risorse ambientali, alcune delle quali ritenute giustamente "altamente sensibili e delicate" (soft ecosystems) ai fini dell'equilibrio del rapporto uomo-ambiente?
- c) con *quali* criteri e con *quali* vincoli si deve decidere?

Nel campo della gestione aziendale, dove la teoria delle decisioni ha raggiunto alti gradi di sofisticazione, le risposte ai suddetti interrogativi sono molto facili. Infatti, per il consiglio di amministrazione dell'azienda, non si mette in discussione il *monopolio* della sua legittimità nel prendere decisioni, anche se in molte aziende si è raggiunto ormai un alto grado di democrazia industriale. Nè si mette

in discussione peraltro che il criterio da seguire debba essere quello del massimo profitto, supponendo noti i vincoli aziendali.

Ma non appena si estende l'orizzonte di riferimento, e si passa quindi dal contesto aziendale al contesto ambientale, molte certezze monopolistiche od oligopolistiche cominciano a venir meno e cominciano a cadere anche i criteri più affidabili per assegnare la legittimità delle decisioni a persone, enti o istituzioni precise.

In altre parole, comincia ad essere *legittimato* a prendere decisioni *chi* è direttamente coinvolto nel danno, o *chi* ne deve sopportare direttamente o indirettamente le conseguenze<sup>3</sup>.

Questo significherebbe innescare un processo di *democratizzazione ambientale* i cui effetti potrebbero essere, ad esempio, la trasformazione da un mercato monopolistico ad un mercato concorrenziale, per quanto riguarda la domanda e l'offerta di materiale inquinante, con possibilità quindi della determinazione del *prezzo di equilibrio*.

Tuttavia, sebbene la democrazia sia considerata la forma politica più idonea per allocare efficientemente ed efficacemente le risorse naturali, essa non si sviluppa *automaticamente*, ma al contrario è difficile da costruire, perché ha bisogno di risorse intellettuali, ed apparati organizzativi e gestionali non indifferenti. Non solo per dare seguito alle decisioni prese, ma anche per identificare in modo non ambiguo la struttura decisionale alla quale riferire i criteri metodologici che si devono usare per le decisioni collettive.

Per quanto attiene alla *struttura organizzativa* della democrazia ambientale, si potrebbe mutuare ed adottare il modello suggerito da Mintzberg<sup>4</sup> per le organizzazioni aziendali complesse.

Tale modello tiene conto del fatto che qualsiasi decisione deve risultare da una *pluralità coordinata di contributi* e basarsi su tre principi

<sup>3</sup> Ciò costituirebbe una *innovazione* nel nostro diritto amministrativo. Infatti attualmente vi sono molti *doveri* della pubblica amministrazione che non vengono imposti in favore di particolari soggetti, bensì nell'interesse della comunità sociale non soggettivizzata: sono cioè puramente e semplicemente *doveri* verso l'ordinamento. Si pensi ad esempio al *dovere* di tutelare l'ambiente. La violazione però di siffatti doveri non lede un interesse di questo o di quel soggetto, ma vulnera l'ordinamento stesso. La conseguenza è che i singoli soggetti della comunità hanno un *interesse di fatto* e non un *interesse legittimo* sulle risorse ambientali, sicché non possono lamentarsi di essere lesi in un interesse (di fatto) del tutto irrilevante in sede giurisdizionale, ma protetto solo a livello dello ordinamento generale. La trasformazione dall'interesse di fatto all'interesse legittimo cambierebbe molte cose.

<sup>4</sup> H. Mintzberg - "The structuring of organizations" - Prentice Hall, 1979.

fondamentali:

- a) accettazione del concetto di uguaglianza tra gli esseri umani;
- b) necessità che tutti abbiano una libertà di movimento per dare un contributo autonomo alla vita della collettività;
- c) possibilità che chi detiene il potere possa essere deposto dalla maggioranza.

Il modello di Mintzberg si compone di *cinque* parti fondamentali (fig. 1):

1) il *vertice strategico*, che è composto dai massimi dirigenti dell'azienda e dai loro staff.

Nel caso della democrazia ambientale, tale vertice potrebbe essere costituito da un *Consiglio per l'Ambiente*, composto da membri del Consiglio di Fabbrica dell'unità produttiva, da membri del Consiglio di Amministrazione dell'unità sottomessa, e da altri rappresentanti dei Consigli locali (di quartiere, comunale, sindacali, ecc.).

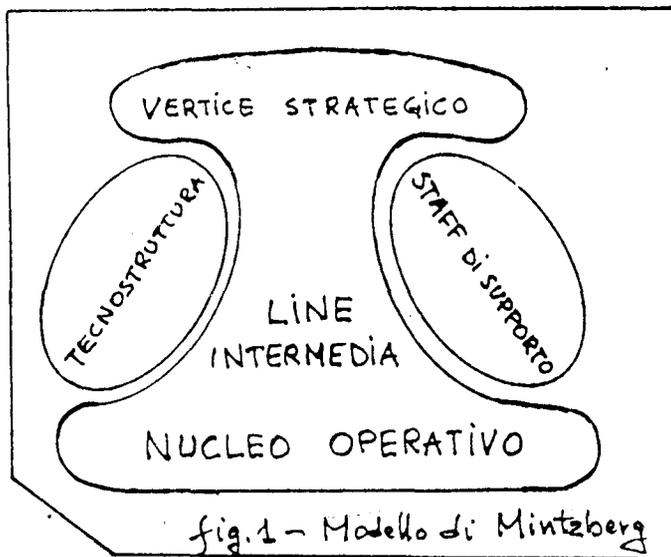


fig. 1 - Modello di Mintzberg

L'importante è però che il Presidente del Consiglio per l'Ambiente appartenga alla parte sottomessa, in modo che venga sempre rispettata l'iniziativa di convocazione del Consiglio ogni qual volta si senta la necessità e l'urgenza per farlo.

2) il *nucleo operativo*, che comprende tutti quei membri che forniscono i servizi fondamentali dell'organizzazione. Nel nostro caso, tale nucleo potrebbe essere costituito da una *Agenzia di valutazione* di particolari indici di inquinamento in tempo reale come il DAP (*Dosage Area Product*, cioè l'integrale del dosaggio su un'area assegnata), o il DDP (*Damage Population Product*, cioè un indice di danno alla popolazione di una data area).

3) la "*linea*" *intermedia*, che comprende tutti quei membri collocati sulla linea di autorità formale che collega direttamente il vertice strategico e il nucleo operativo. Nel nostro caso tali decisori "intermedi" potrebbero avere il compito di influenzare, in un senso o nell'altro, le parti in conflitto o le autorità governative in materia di politica ambientale.

4) la *tecnostruttura*, che comprende tutti quegli specialisti, dotati di elevata credibilità scientifica, che utilizzano tecniche analitiche per il mantenimento della struttura e per l'adattamento dell'organizzazione al suo ambiente. Nel nostro caso, essa potrebbe essere costituita dai tecnici delle varie Province che dispongono già delle centraline di rilevamento dell'inquinamento ambientale.

5) le "*staff*" *di supporto*, che comprendono quei gruppi che danno un contributo indiretto al resto dell'organizzazione. Nel nostro caso, potrebbero essere costituite dagli uffici comunali, per consulenze demografiche, sanitarie, legali, ecc.

### 3. *L'equilibrio nei processi conflittuali e l'applicazione del teorema di Coase*

In una situazione di conflitto sono necessarie almeno *due parti*, ciascuna delle quali si muove in un *ambito di comportamento*, il quale è costituito dal complesso delle diverse posizioni future che può assumere ciascuna parte (dal latino "ambire" = andare attorno).

Si dice *parte*, un'unità di comportamento, vale a dire una organizzazione capace di assumere tali posizioni senza perdere i suoi contorni *unitari* e la sua *identità*. Può trattarsi di una persona singola, di un Comitato, di una organizzazione sociale complessa, di un Ministero, ecc.

Tuttavia, ciascuna unità di comportamento non può andare dove vuole, cioè le diverse posizioni future non sono infinite, ma vi sono dei limiti fisici o dei vincoli giuridici, finanziari, ecc. Si ha quindi

*competizione* in senso lato quando ci sono posizioni potenziali di due unità di comportamento che sono *reciprocamente incompatibili*.

Si tratta, come meglio si vedrà in appresso, di un concetto *più vasto* di quello del conflitto, nel senso che mentre tutti i casi di conflitto comportano competizione, non sempre è vero il viceversa.

Due posizioni sono reciprocamente incompatibili quando si escludono a vicenda, ossia la realizzazione di una rende impossibile la realizzazione dell'altra.

Il *conflitto* è una situazione di competizione in cui le parti sono *coscienti* dell'incompatibilità delle rispettive posizioni potenziali, e nella quale ogni parte *aspira* ad occupare una posizione incompatibile con le aspirazioni dell'altra.

Questa definizione contiene due termini essenziali perché si verifichi la situazione di conflitto: "cosciente" ed "aspirazione", ciascuno dei quali è ricco di intensi significati.

Ad esempio, si può ipotizzare una situazione di competizione tra uomini ed animali che non comporta conflitto, per mancanza di consapevolezza, ovviamente, da parte degli uomini.

Analogamente, la complessità del mondo umano è tale per cui molti individui o gruppi potrebbero competere tra loro, pur restando inconsapevoli e privi di un obiettivo cui aspirare.

Anche quando le persone si accorgono del loro conflitto potenziale, questo può non diventare *reale*, se manca l'aspirazione di una parte ad occupare una regione del suo ambito di comportamento, da cui l'altra la esclude.

Per meglio comprendere i concetti sopra esposti, si considerino due ambiti di comportamento, una per ciascuna unità, rappresentabili con due regioni topologiche  $A_1$  e  $A_2$  (fig. 2).

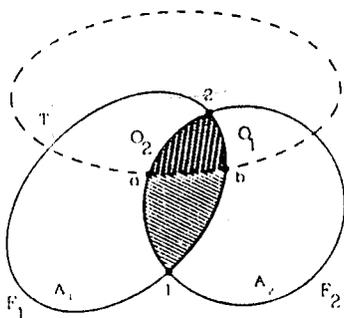


fig. 2 - Rappresentazione di un'area di conflitto potenziale (area a doppio tratto)

Tutti i punti all'interno delle regioni  $A_1$  e  $A_2$  rappresentano situazioni che possono essere raggiunte rispettivamente da  $A_1$  e  $A_2$ , mentre i punti all'esterno delle frontiere  $F_1$  e  $F_2$  sono fuori della loro portata.

Supponiamo che tali regioni si intersechino contornando l'area a semplice tratteggio *la 2b*. Ogni punto all'interno di questa rappresenta una posizione possibile per entrambe le parti. Ora, si supponga che all'interno della linea tratteggiata  $T$  (area a doppio tratteggio) ci sia un complesso di stati reciprocamente incompatibili. Ciò significa che se la parte  $A_1$  si trova all'interno di essa, la parte  $A_2$  se ne troverà automaticamente esclusa, ossia si restringe il suo ambito di realizzabilità.

Quindi l'area *2b* è di *conflitto potenziale*, cioè le situazioni all'interno di essa sono aperte a ciascuna parte solo se l'altra non è già all'interno. Tale conflitto potenziale tenderà a diventare *reale* solo se entrambe le parti sono consapevoli ed aspirano ad essere al suo interno, cioè se il punto di valore più elevato cui aspirano entrambe è ivi situato. (Si dimostra che, se la regione di conflitto è convessa, i punti di valore più elevato si trovano tutti sulla frontiera).

Ad esempio, se l'obiettivo preferito da  $A_1$  è  $O_1$  e quello preferito da  $A_2$  è  $O_2$ , nessuna delle due parti potrà raggiungere il proprio punto di equilibrio senza che all'altro sia impedito di raggiungere il suo (la risoluzione del conflitto avviene spesso con l'eliminazione fisica di una delle due parti).

In definitiva, l'*aspirazione* e la *coscienza* delle due parti in conflitto di raggiungere ciascuna il proprio punto di equilibrio, possono determinare le condizioni di *mercato concorrenziale perfetto* per cui è possibile, ad esempio, arrivare a calcolare il *giusto indennizzo* per la parte danneggiata da sostanze inquinanti (esternalità negative), senza che vi sia un'allocazione delle risorse inefficiente (teorema di Coase)<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Si ricorda che le ipotesi fondamentali per l'applicazione del teorema di Coase sono due: 1) che la parte sottomessa (o dominata) possieda il *diritto* ad avere la risorsa ambientale qualitativamente perfetta, ovvero sia *legittimata* alla trattativa con la parte dominante; 2) che la parte dominante possieda il *diritto* (o concessione) ad inquinare (ovviamente al di sotto dei limiti massimi fissati dall'autorità governativa, altrimenti sarebbe già legalmente responsabile direttamente verso tale autorità). La legittimità della parte dominata alla trattativa potrebbe scaturire dal riconoscimento della *personalità giuridica*, concessa dall'autorità governativa, qualora tale parte dominata si costituisse, ad esempio, come un *Comitato* (art. 12 c.c.). In questo caso essa si configurerebbe come *soggetto di diritto a se stante*, distinto cioè dalle persone di cui fanno parte e *autonomo* rispetto anche all'autorità che ha concesso la personalità

Tuttavia, la trattazione precedente si riferisce all'equilibrio *statico* o di *lungo periodo* fra due parti in conflitto. E' interessante però esaminare anche la natura *dinamica* o di *breve periodo* dei processi conflittuali. Di questi, la classe più importante è costituita dai *processi reattivi*. Sono processi in cui un movimento di una delle parti produce nel campo dell'altra un tal mutamento da spingerla a muoversi a sua volta; il che poi comporta un mutamento nel campo della prima, e così via.

A tal proposito, supponiamo che vi sia un campo nel quale sia misurabile una quantità o qualità, tramite la quale ciascuna delle parti possa essere sufficientemente definita. In un processo conflittuale la quantità più appropriata da tener presente è l'*ostilità* (o di contro, la *benevolenza*) verso l'altra parte. riportiamo quindi in un piano cartesiano, l'ostilità di A verso B, lungo l'asse delle ascisse  $OH_a$ ; mentre l'ostilità di B verso A la riportiamo lungo l'asse delle ordinate  $OH_b$ . Naturalmente l'ostilità è qui considerata come *benevolenza negativa*.

Prendiamo ora due curve di equilibrio parziale, *una di A* ( $M_aA$ ), che ci dà il livello di ostilità o benevolenza di A per ogni livello di ostilità o benevolenza di B, ed *una di B* ( $M_bB$ ), che ci dà il contrario. Si suppone inoltre che ciascuna delle due parti abbia un livello di *ostilità iniziale* ( $ON_a$ ;  $ON_b$ ) nei confronti dell'altra anche quando l'altra è neutrale, ed un *coefficiente di reazione positivo* ( $ra$ ;  $rb$ ), dato dal rapporto tra gli incrementi del livello di equilibrio ostile nelle due parti. Sia infine E, il *punto di equilibrio* dato dall'intersezione delle due rette di equilibrio parziale. Fig. 3

giuridica.

Si realizzerebbe così quella trasformazione dall'*interesse di fatto all'interesse legittimo* di cui si parlava nella nota n. 3, (civili e penali), e quindi per la promozione dell'azione risarcitoria verso le parti danneggiate da eventi inquinanti. In effetti, quando si tratta di beni collettivi ed esistono interdipendenze esterne al mercato, è possibile raggiungere l'ottimo paretiano solo con l'intervento pubblico, mediante ad esempio la riallocazione diretta dell'unità inquinante (spostamento da un luogo all'altro), oppure mediante il riconoscimento di diritti all'unità sottomessa che permettano lo stesso effetto (riallocazione indiretta).

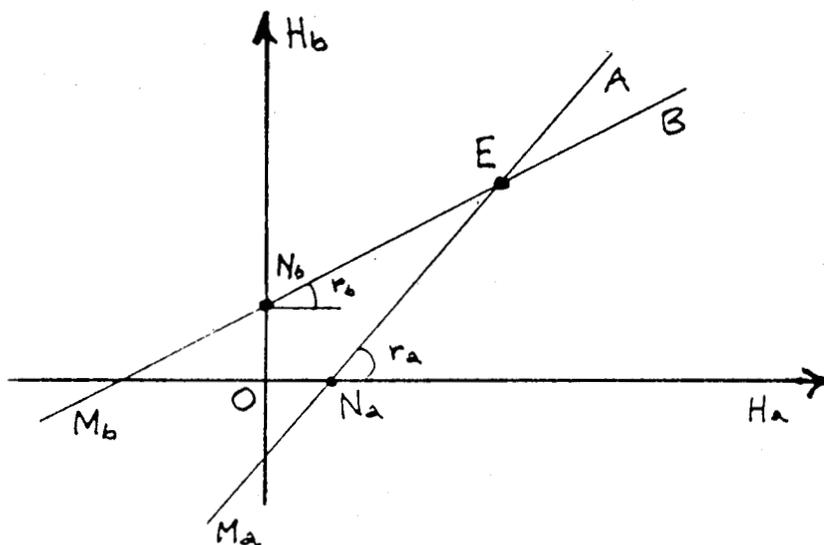


fig. 3 - Rappresentazione delle rette di equilibrio parziale.

Per scoprire se il punto di equilibrio  $E$  è *stabile* od *instabile*, è necessario esaminare la *dinamica* del sistema servendoci delle linee vettoriali (o traiettorie).

A tal proposito bisogna che si verifichi che, partendo da un punto qualsiasi del piano, tutte le traiettorie convergono al punto di equilibrio.

In termini più corretti, data una perturbazione sufficientemente limitata, che sposti il punto di equilibrio in un punto qualsiasi, la relativa traiettoria dal punto perturbato deve convergere al punto di equilibrio originario.

Infatti, se prendiamo un punto qualsiasi  $P_0$  (stato perturbato), corrispondente per  $A$  ad un'ostilità  $OP_a$ , e per  $B$  ad  $OP_b$ , si vede che il livello di ostilità di  $B$  è troppo alto rispetto al suo livello di equilibrio parziale (punto  $E_b$  sulla retta  $B$ ), e quindi tenderà ad abbassarsi dirigendosi verso di esso. Di contro, il livello di ostilità di  $A$  è *troppo basso*, rispetto al suo livello di equilibrio parziale (punto  $E_a$  sulla retta  $A$ ), e quindi tenderà ad innalzarsi dirigendosi verso di esso.

Il risultato complessivo (somma vettoriale di tutti questi spostamenti tangenziali) darà la traiettoria che convergerà ad  $E$ . Fig. 4

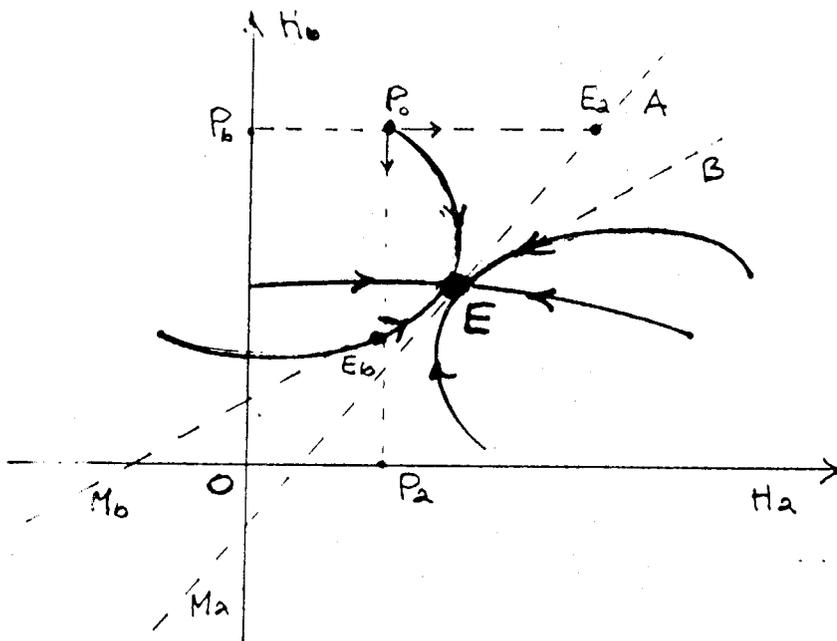


fig. 4 – Rappresentazione delle traiettorie convergenti al punto di equilibrio stabile E.

## RIASSUNTO

Nel settore degli studi scientifici ambientali si è fatta strada finalmente la nozione “sistemica” di ambiente. Essa ha interessato centinaia di *ricercatori* di formazione culturale alquanto diversificata (ecologi, agronomi, economisti, giuristi, matematici, politici, ecc.), a riprova dell’alto grado di interdisciplinarietà richiesta per lo studio dei problemi ambientali.

Ciò era scientificamente ineluttabile dal momento che già dai primi anni '70, le scienze ambientali si erano diffuse in maniera rilevante sia a causa della nuova politica del CNR, sia a causa della responsabilità assunta in materia dagli Enti pubblici.

Tuttavia resta ancora da sviluppare il vasto campo della “gestione ambientale”, con l’obiettivo di saper cogliere, con *approccio globale*, la complessità dei sistemi aperti e l’interdipendenza degli elementi che li compongono. Nei sistemi aperti infatti ciascun elemento è collegato ad altri, a loro volta collegati ad altri ancora, e così via, con comportamenti di tipo *reattivo*, influenzanti e influenzati dal compor-

tamento degli altri elementi.

Un ruolo primario, del processo di innovazione gestionale, devono avere gli *Enti pubblici*, se non altro perché le risorse ambientali assolvono ad una funzione sociale di uso generale ed indifferenziato, anzi assolvono "alla" funzione essenziale della vita.

Non meno importante però deve essere il ruolo dei *cittadini*, se è vero che qualsiasi decisione democratica deve risultare da una *pluralità coordinata di contributi*. Questo principio aprirebbe la strada per una "teoria economica della democrazia ambientale", intesa non come studio sulle basi economiche della democrazia, ma come una interpretazione dei comportamenti dei decisori e dei controllori basata sulle metodologie proprie dell'analisi economica. Si arriverebbe così ad una forma di mercato concorrenziale perfetto, in cui verrebbero analizzati i comportamenti dei decisori (coloro che "offrono" politiche) e dei controllori (coloro che "domandano" politiche) allo stesso modo con cui nell'analisi del mercato tradizionale vengono studiati i comportamenti di chi offre e domanda beni e servizi.

Sarebbe in definitiva la strada giusta per arrivare al *giudizio di valore*, oggettivo e generalmente valido.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) K.E. Boulding, "*Conflict and Defense - A general Theory*", Harper & Bths, N. York, 1962.
- (2) S. Rinaldi (a cura di), "*Ingegneria sistemistica ambientale*", Clup, Milano, 1974.
- (3) G. Guardabassi ed altri (a cura di), "*Problemi a grandi dimensioni*", Clup, Milano, 1974.
- (4) S. Rinaldi, "*Teoria dei sistemi*", H. Hoepli, Milano, 1975.
- (5) GRAGSA (a cura del), "*Analisi e gestione dei sistemi ambientali*", Clup, Milano, 1979.
- (6) C. Bonanno, "*La valutazione dei danni da inquinamento idrico*", Genio Rurale, dicembre, 1986.
- (7) Atti della giornata di studio su "L'ingegneria gestionale", CUEN, Napoli, 8 maggio 1987.
- (8) A. Downs, "*Teoria economica della democrazia*", Il Mulino, Bologna, 1988.

- (9) C. Bonanno, "La gestione degli ecosistemi costieri ad elevato rischio di crisi ambientale", in Ambiente, Risorse, Salute; Padova, ottobre, 1988.

## APPENDICE

### *Condizione matematica per la stabilità dell'equilibrio*

Non è difficile dimostrare in termini matematici che, sotto certe condizioni, il punto di equilibrio E del sistema sopra descritto è *asintoticamente stabile*.

Siano  $a$  e  $b$  le rispettive ostilità delle due parti in conflitto. Supponiamo che nel punto  $P_0$  considerato si abbia:

$$da/dt = K (P_0 E_a)$$

ossia che l'incremento dell'ostilità di A, nell'unità di tempo, sia proporzionale alla *distanza* di  $P_0$  dal punto  $E_a$  (punto di equilibrio parziale di A).

Tale distanza è esprimibile nel seguente modo:

$$P_0 E_a = a_0 + r_a b - a$$

dove:

$a_0 = ON_a$  - livello iniziale di ostilità di A;

$R_a$  = coefficiente di reazione di A.

Pertanto si ha:

$$da/dt = Ka_0 + Kr_a b - Ka$$

Analogamente si vede che per B si ha:

$$db/dt = hb_0 + hr_b a - hb$$

Le due equazioni trovate sono formalmente identiche, e ci dicono che la variazione dell'ostilità di una parte (incremento o decremento) è data da una *costante* ( $Ka_0$ , oppure  $hb_0$ ), più una certa quantità *proporzionale* al livello di ostilità dell'altra parte ( $Kr_a b$ , oppure  $hr_b a$ ), meno una certa quantità proporzionale al livello della parte stessa ( $Ka$ , oppure  $hb$ ).

Facendo opportuni spostamenti dei termini al secondo membro, nella notazione sistemica - vettoriale si può scrivere:

$$da/dt = -Ka + Kr_a b - Ka_0$$

$$db/dt = +hr_b a - hb + hb_0$$

ossia:

$$\begin{pmatrix} \dot{a} \\ \dot{b} \end{pmatrix} = F \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} + G$$

dove:

$$F = \begin{pmatrix} -K & +Kr_a \\ +hr_b & -h \end{pmatrix}; \quad G = \begin{pmatrix} Ka_0 \\ hb_0 \end{pmatrix}$$

Dalla teoria dei sistemi lineari ed invarianti, è noto che tale sistema di equazioni differenziali è *asintoticamente stabile* se e solo se tutti gli *autovalori* della matrice F hanno parte *reale negativa*. Per questo è sufficiente verificare (ad esempio, col criterio di Hurwitz) che i coefficienti del polinomio caratteristico della matrice F (di grado 2°) siano tutti dello stesso segno (ad esempio positivo):

Allora si ha:

$$\Delta_F(\lambda) = \det(\lambda I - A) = \det \begin{vmatrix} \lambda + K & -Kr_a \\ -hr_b & \lambda + h \end{vmatrix}$$

$$= \lambda^2 + (h + K)\lambda + hK(1 - r_a r_b)$$

Supponendo che  $h, K > 0$ , deve essere:

$$1 - r_a r_b > 0; \quad \boxed{\text{ossia } r_a r_b < 1}$$

La condizione trovata ci dice che la stabilità è indipendente dai livelli di ostilità iniziali ( $a_0$  e  $b_0$ ), ma si deve ammettere che quanto più alte sono le ostilità iniziali, e quanto più alti sono i coefficienti di reazione, tanto più arduo sarà raggiungere l'equilibrio.