

PER RICORDARE
MARIO PINNA

a cura di

PAOLO GHELARDONI

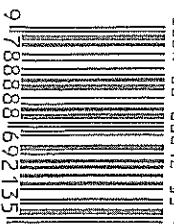
PER RICORDARE MARIO PINNA
a cura di PAOLO GHELARDONI



SOCIETA' GEOGRAFICA ITALIANA

Roma - 2003

ISBN 88-88892-13-4



Roma
2003

MEMORIE DELLA SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA
VOLUME LXX

PER RICORDARE MARIO PINNA

a cura di

PAOLO GHELARDONI



SOCIETÀ GEOGRAFICA ITALIANA
Roma - 2003

TOMMASO LUZZATI *, FRANCESCO TROMBETTA **

ALLE RADICI DEL DEGRADO AMBIENTALE: IL MITO DEL CONTROLLO DELLA NATURA¹

INTRODUZIONE

Nella teoria economica il degrado ambientale entra nell'analisi, sia teorica che applicata, grazie alla nozione di esternalità. In alcuni casi, più o meno frequenti e rilevanti a seconda delle convinzioni dei diversi economisti, l'azione del singolo provoca effetti collaterali sugli altri agenti, influenzandone il benessere. Il fatto che tali effetti non trovino una compensazione monetaria sul mercato, siano cioè ad esso esterni, provoca, secondo gli economisti, delle inefficienze nell'allocatione delle risorse e dei prodotti.

In questi casi, definiti come «fallimenti del mercato», è invocato da molti un intervento dello Stato che miri, per mezzo di tasse, di per-

* Dipartimento di Scienze Economiche Università di Pisa. Via Ridolfi 10, 56124 Pisa - luzzati@ec.unipi.it.

** Dipartimento di Pianificazione Istituto Universitario di Architettura Venezia, Ca' Tron Santa Croce 1957, 30135 Venezia Italia - trombetta@birezza.iuav.it.

¹ Il presente lavoro è frutto di un'intensa collaborazione tra i due autori. Ciononostante la stesura dei paragrafi 1, 3.2, 3.3, 3.4, 4, è attribuibile a T. Luzzati, mentre i paragrafi 2 e 3.1 a F. Trombetta. Desideriamo ringraziare A. G. Calafati per i suoi numerosi insegnamenti, ed in particolare per averci trasmesso l'esigenza di una visione del processo economico che si fondi su un ampio insieme di categorie di analisi. Le idee qui presentate riflettono tuttavia esclusivamente le nostre opinioni e ogni errore e imprecisione rimane nostra responsabilità.

messi negoziabili e di altri strumenti economici, a far rientrare all'interno del meccanismo di mercato gli effetti collaterali delle azioni. Ciò modificherebbe la combinazione di fattori impiegati e/o di beni prodotti e consumati, provocando una maggiore efficienza nell'uso delle risorse e una migliorata aderenza alle preferenze dei consumatori. Il benessere generale si accrescerebbe, persino se valutato con il criterio dell'unanimità (miglioramento Pareliano). Il concetto di esternalità, pertanto, coniuga in sé la causa del degrado ambientale, la necessità dell'intervento pubblico e la via da seguire per tale intervento.

Benché l'approccio ora descritto abbia un suo inenavigabile fascino, esso, oltre che presentare incoerenze teoriche e metodologiche (v. ad es. MARTINEZ ALIER 1987, 156 e segg.), è fuorviante se si intende comprendere a fondo la natura del degrado ambientale e proporre delle linee di (efficace) intervento. Per intuire le ragioni di questa posizione, senza tuttavia addentrarsi nei dettagli, basta riflettere sul fatto che le esternalità, al contrario di quanto in genere sottinteso dall'economia ortodossa, non possono che essere del tutto ubiquitarie. Gli uomini infatti sono parte della complessa rete del sistema naturale e non c'è loro azione che non abbia infiniti effetti collaterali, sebbene spesso non immediatamente identificabili. Fondare un intero costrutto teorico su una nozione che acquisita rilevanza pressoché universale non può condurre a grossi passi avanti nella conoscenza. Il nodo da affrontare è piuttosto la comprensione dei motivi che rendono le diverse società più o meno capaci di fronteggiare tali «esternalità». Per quali motivi emergono in alcuni casi dei sistemi di regolazione efficaci mentre in altri casi ciò non avviene? Tali questioni sembrano interessare poco l'economia ambientale tradizionale (neoclassica), forse perché troppo orientata a considerare il mercato quale migliore (e unico) strumento a disposizione della società per regolare le interazioni tra i singoli.

In questo breve lavoro³ si vuole richiamare l'attenzione su alcuni dei fattori che, a nostro avviso, conducono al degrado ambientale. A tal fine si proverà a ripercorrere la questione del controllo del Mississippi nel suo tratto terminale, un caso emblematico per la scala dei

problemi generati, per gli interventi dell'uomo, e per la vasta letteratura di diverse discipline che ha stimolato⁴.

IL CASO MISSISSIPPI¹

Le leggi fisiche all'opera: la gravità, lo scorrimento delle acque e l'attrito, i sedimenti

Il fiume Mississippi, che come noto scorre da nord a sud sfociando nel golfo del Messico, forma con i suoi affluenti un bacino idrografico che interessa la superficie di ben un terzo degli Stati Uniti. Esso può essere scomposto in due sottosistemi, quello delle pianure del *midwest* e la regione del delta che si sviluppa lungo gli ultimi 600 km del corso del fiume. Per un tratto esso segna il confine tra lo Stato del Mississippi e la Louisiana, mentre il proprio delta si sviluppa in Louisiana.

I sistemi fisici, composti di materia ed energia, mostrano una evoluzione, più o meno rapida, che dipende nei suoi aspetti essenziali da poche leggi fisiche generali. Nel caso di un fiume, le leggi da considerare per spiegarne l'evoluzione nel tempo sono quelle che Nichols e Prigogine (1991) definiscono le leggi delle «medie grandezze». Una prima determinante è la forza di gravità per la quale l'acqua tende dalle porzioni di territorio situate più in alto verso il mare scorrendo lungo tratte in cui il gradiente è maggiore. In altri termini, si può individuare una certa tendenza del fiume, nell'ambito comunque di un insieme molto più complesso di fattori, a giungere al mare seguendo la via più breve e di maggior pendenza.

Un secondo aspetto all'opera è la lenta alterazione della pendenza dei terreni stessi, e quindi del gradiente altimetrico, determinata

³ I notissimi lavori di Kolb e Van Lopik (1958 e 1966) ricostruiscono la complessa storia del delta del Mississippi. Un classico rispetto all'analisi ecologica e alla gestione del delta è Bahr, Costanza *et al.* (1983).

⁴ L'analisi del paragrafo 2 si basa soprattutto su McPherson 1995, Meade 1995 e Coleman *et al.*, 1998. Un'efficace introduzione al fiume e alla sua evoluzione si può trovare sul sito Internet <http://www.infolapse.com/cedu/s/MSB3414.html>.

² Uno degli autori (TRONAVERTTA, 1999, 2000) si è già occupato in precedenza, con obiettivi analitici diversi, del caso in esame.

dallo scorrimento delle acque e dei detriti che esse trascinano con sé. L'azione congiunta di gravità e attrito modifica le pendenze dei terreni alterando sia la velocità con cui l'acqua scorre a valle sia il suo percorso.

Come è noto, il delta di un fiume, e il Mississippi non fa eccezione, funziona come una sorta di «distributore» di sedimenti sulla pianura alluvionale circostante. Quando si verificano piene eccezionali, la massa di sedimenti trasportati aumenta e, a seguito delle esondazioni, essa viene sparsa sui terreni circostanti il fiume. Questo meccanismo nel caso del Mississippi ha funzionato per millenni particolarmente bene grazie all'inturco ricchissimo di rami laterali, detti *bayou*, che nel caso di piena distribuiscono su tutta la pianura i sedimenti. La pianura della Louisiana è costituita pertanto di sedimenti prodotti dall'erosione delle acque superficiali a spese delle montagne Rocciose e dagli Appalachi e trasportati dal Mississippi nel corso di centinaia di migliaia di anni. Si calcola che lo spessore della base continentale del nord America si aggiri attorno ai 13 chilometri di sedimenti accumulatisi nel tempo e che si compattano via via che diminuisce la percentuale di acqua presente nei sedimenti stessi. Si stima che oggi il Mississippi trasporti ogni anno 200 milioni di tonnellate di sedimenti (v. МСРНЕ, 1995, 74; MEADE, 1995).

Alla formazione della pianura alluvionale contribuiscono anche i cambiamenti di letto del fiume (o di suoi tratti). Ridotti gradienti in prossimità della foce implicano ridotte velocità di scorrimento della acqua causando l'accumulo di sedimenti nel letto del fiume. Questo si alza al punto da provocare uno strapuntamento laterale in un braccio secondario con gradiente maggiore e l'innalzamento del vecchio tratto del fiume.

Attualmente sappiamo che grossi cambiamenti di letto sono già avvenuti per il Mississippi tre volte negli ultimi tremila anni (МСРНЕ, 1995, 18). Il corso principale del fiume attraversava quello che oggi è noto come Bayou Teche attorno all'anno 1000 avanti Cristo. Verso l'800 avanti Cristo il fiume si mosse verso est mentre nel 200 della nostra era il corso principale del fiume si spostò nel Bayou Lafourche che scorre tra le città di Monroe e Winnboro. Attorno al 1000 d.C. il Mississippi raggiunse il suo letto attuale. Da tempo tuttavia, è ben percepibile la tendenza della corrente principale del Mississippi

a spostarsi nell'Atchafalaya, un suo effluente. Già nel 1803 un ufficiale del Corpo Militare degli Ingegneri descrive tale tendenza (МСРНЕ, 56). L'Atchafalaya è un braccio laterale che raggiunge il mare presso Morgan City in soli 230 chilometri, contro i 500 impiegati dal fiume nel suo attuale corso. L'Atchafalaya diverge dal Mississippi alla latitudine del 31° parallelo nord, vicino a Simmesport, in prossimità del confine tra la Louisiana e lo stato del Mississippi (cfr. carta geografica 1). La congiunzione tra Mississippi e Atchafalaya è costituita da un braccio d'acqua lungo 10 chilometri, residuo di una vecchia ansa del fiume.

Un cambiamento del corso principale di un fiume può essere descritto come una catastrofe nel senso di Thom (cfr. WOODCOCK e DAVIS, 1978), ossia come un radicale cambiamento dovuto a piccole variazioni nei parametri di controllo. Se in seguito ad una piena eccezionale l'Atchafalaya divenisse la via principale del fiume verso il mare, le attuali percentuali di passaggio di acque mutirebbero in modo non lineare: in pochi giorni, forse in poche ore addirittura, dalla porzione attuale di 80% della massa d'acqua convogliata dal Mississippi e 20% dall'Atchafalaya ci si ritroverebbe probabilmente su percentuali del 30% per il Mississippi e 70% per l'Atchafalaya.

L'intervento dell'uomo sul delta del Mississippi, che ha inizio nel XVIII secolo, ha interferito profondamente sia sul processo di distribuzione dei sedimenti sulle pianure deliziose sia sulla tendenza del Mississippi a cambiare letto. Allo scopo di proteggere i terreni circostanti dalle esondazioni è stato intrapreso nel tempo lo sbarramento dei bracci laterali del delta e la costruzione di potenti arginature. Tali azioni, razionali rispetto all'obiettivo di riparare coltivi e insediamenti dalle alluvioni, disinnescano anche il funzionamento del meccanismo naturale di deposito dei sedimenti capace di contrastare la subsidenza dei suoli alluvionali⁵. Come risultato le terre emerse del delta del Mississippi si abbassano oggi sempre più, aumentando le

⁵ In questo caso la subsidenza è l'effetto del processo di compattamento dei suoli alluvionali per il quale lo spessore di una data massa di terra si riduce al passare del tempo a mano a mano che l'acqua e l'aria escono dalla sospensione con le particelle solide. Si tratta dello stesso fenomeno per il quale un mucchio di terra appena smossa ha un volume maggiore della stessa quantità pressata a terra.

rio rendere il corso del fiume navigabile alle navi mercantili e a quelle da guerra. Tale migliorata navigabilità rese di nuovo più attraenti le localizzazioni immediatamente a ridosso del fiume, quelle a maggior rischio di esondazione. Si assistette ancora alla realizzazione di opere infrastrutturali sul fiume che innesca di un meccanismo di rinforzo della domanda di controllo del fiume medesimo.

La strategia di controllo del fiume viene istituzionalizzata e resa permanente

Nel frattempo erano proliferati gli studi su come gestire un fiume ed erano state elaborate molte teorie. In particolare riscuoteva credito la teoria della meccanica dei fluidi di Domenico Guglielmini, un erudito italiano del XVII secolo (McPHEE, 1995, 57) che prevedeva di (i) sbarrare i rami laterali e (ii) alzare gli argini: in tal modo l'arrivo nell'alveo sarebbe aumentato a sufficienza da provocare l'auto-deinaggio del fiume. In accordo con tale teoria sul Mississippi vennero innalzati ancora gli argini e molti *bayou* furono ostruiti, prima con i finanziamenti delle comunità locali poi con quelli statali. Tuttavia la teoria del Guglielmini risultò non corretta dato che non teneva conto delle differenze di attrito provocato dallo scorrimento dell'acqua, maggiore sulle sponde degli argini, minore sul fondo del fiume.

Ma non furono solo gli errori teorici a condurre ad una gestione del fiume non sostenibile nel tempo. Anche gli indirizzi legislativi contribuirono con una serie di errori che ebbero conseguenze cumulative. Un esempio assai interessante riguarda l'incoerenza intertemporale delle scelte dei *policy makers*. Nel 1858 il Congresso Usa emanò una legge, nota come *Swamp and Overflow Land Act*, che prevedeva la vendita da parte del governo federale di vaste aree di terre umide demaniali per finanziare la costruzione delle arginature al Mississippi. Tale legge, tuttavia, istituendo diritti privati su zone umide soggette a inondazione, finì per incrementare la domanda di protezione dalle piene del fiume, rivelandosi così di assai corto respiro: le arginature realizzate infatti con i proventi della vendita bastarono appena a mettere in sicurezza le aree che già nel 1858 erano di proprietà privata.

Dopo disastrose inondazioni, tra cui si ricordano quella del 1882 e del 1927, che misero in chiara luce quanto poco protetti fossero i

beni e i cittadini dalle piene del fiume, nel 1928 il governo federale dovette di nuovo intervenire emanando il *Flood Control Act* che stanziava trecento milioni di dollari per la protezione dall'esondazione del fiume. Di nuovo, in parallelo con l'incremento degli sforzi per controllare il fiume si ebbe, soprattutto tra il 1950 e il 1973 un aumento della popolazione residente, attratta dalla possibilità di coltivare la soya, nonché dalla rapida crescita del settore del petrolio e del gas naturale, e del relativo indotto della raffinaria e della chimica (nel 1956, la petrolchimica contava 87.200 addetti, v. WRIGHT, 1998). Per tali imprese il Mississippi rappresentava una fonte di acqua dolce a buon mercato nonché una via di comunicazione importante per la spedizione via nave dei prodotti, nonché un facile mezzo per disfarsi dei rifiuti chimici (*ibidem*). L'idea sottostante all'intervento governativo era che il controllo del fiume costituisse, come qualsiasi altra opera pubblica connessa al presidio del suolo e alle reti di trasporto, un investimento infrastrutturale di cui si doveva fare carico la collettività e che avrebbe indotto un forte sviluppo di tutta la regione. In questo modo si confermava un segnale ai privati di impegno permanente da parte della pubblica amministrazione nel controllo del fiume. A questi vantaggi si aggiunse anche l'*Industrial Inducement Program* promosso dal governatore John McKeithen che offriva forti sgravi fiscali (*ibidem*). L'industria si sviluppò al punto che la regione tra Baton Rouge e New Orleans divenne nota come la Ruhr americana (McPHEE, 1995, 19). Ancora una volta, pertanto, l'intervento collettivo stimolò decisioni di investimento privato, caratterizzate in questo caso da lunghi tempi di ammortamento, provocando la costituzione di interessi egemonici che vincoleranno l'evoluzione successiva e influenzeranno nuovamente l'azione pubblica.

Esiti degli interventi di controllo (1718-1973); innalzamento argini, subsidenza, erosione costiera

Si comprende ora l'importanza di evitare la conquista del Mississippi da parte dell'Atchafalaya. Senza collegamento fluviale le industrie e, più in generale, gli insediamenti siti sul fiume subirebbero danni inestimabili e il porto di New Orleans, il maggiore degli Stati Uniti, perderebbe buona parte del suo enorme traffico commerciale.

D'altronde non è nemmeno concepibile una separazione tra Atchafalaya e Mississippi. L'Atchafalaya è da sempre un'essenziale valvola di sfogo del Mississippi in caso di piene, nonché rifornisce paesi e città, attività economiche e ecosistemi palustri.

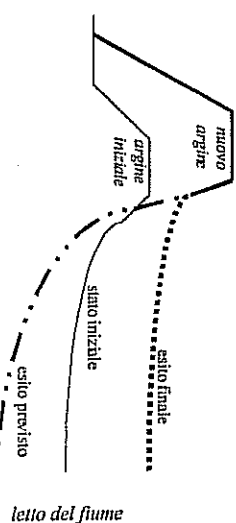
I progetti conseguenti al *Flood Control Act* accettavano la necessità di abbandonare la teoria del Guglielmini e di restituire dei gradi di libertà al fiume (McPhee, 1995, 58). Vennero avviate opere di dragaggio e aperti scolinatori. Nel 1950 Atchafalaya sottraeva al Mississippi 1/3 della sua portata stata iniziale. Il Congresso decise, qualche anno dopo, che tale distribuzione di flussi dovesse essere mantenuta (*ibidem*, 23) e dette avvio al progetto di un'enorme struttura di controllo, un sistema di paratoie tra il Mississippi e l'Atchafalaya, aperta nel 1963, che permettesse un controllo «fine» del fiume. Anche in questo caso, come per i precedenti interventi, questa struttura si manifestò per molti aspetti inadeguata e la piena del 1973 ne provocò quasi il collasso.

In definitiva, uno degli aspetti più significativi dell'intera storia degli interventi è proprio la sistematica presenza di errori di previsione. Gli interventi del diciannovesimo secolo, fondati sull'errata teoria del Guglielmini, avevano aggravato i problemi, accelerando persino il processo di cambiamento di corso del fiume.

Anche dopo il 1928, gli interventi si sono fondati su previsioni che si sono via via rivelate insufficienti (*ibidem*, 62-63), aumentando in modo del tutto inatteso i costi degli interventi. Oggi il fiume corre ad un livello altimetrico assai elevato, accentuando le esigenze di intervento sugli argini ed il pericolo di esondazioni. Inoltre il fenomeno della subsidenza non è più contrastato dai nuovi rifornimenti di terra apportati dalle alluvioni ed i sedimenti trasportati dal fiume finiscono nel Golfo del Messico oltre lo zoccolo continentale. Il terreno così sprofonda, provocando ovvi problemi nell'entroterra, mentre nelle zone costiere facilita l'avanzamento del mare a spese delle lagune*. Ciò a sua volta aumenta il moto ondoso accelerando la perdita di terre emerse. Si calcola che la Louisiana perda circa un ettaro di terreno ogni ora (v. <http://www.lacoast.gov>).

* La perdita delle lagune non ha solo effetti ecologici ma implica forti costi economici, soprattutto nel settore della pesca.

Stato iniziale, esito previsto ed esito finale degli interventi del XIX secolo



Attualmente si è consapevoli della necessità di politiche più in sintonia con l'evoluzione dei sistemi naturali. La perdita di terreno e l'eccessiva subsidenza, ad esempio, vengono combattuti da programmi di difesa e ricostruzione delle coste quali il *Coastal Wetlands Planning, Protection and Restoration Act* (CWPPRA) (v. <http://www.lacoast.gov/cwppra/index.htm>).

DAL CASO DEL MISSISSIPPI ALL'ANALISI DELLA CRISI AMBIENTALE: CATEGORIE ANALITICHE RILEVANTI

Il caso del Mississippi è emblematico dato che presenta un insieme di concetti, di parole chiave, di ingredienti se vogliamo, essenziali per comprendere la crisi ambientale che viviamo. Di seguito elenchiamo tali «ingredienti» per poi collocarli in un quadro coerente.

La realtà come insieme di sistemi

- Relazioni piuttosto che componenti
- Dinamica e tempo storico, livelli soglia e negentropia
- Diversità di scale temporali e spaziali
- Anelli di retroazione e «causazione cumulativa circolare» a la Myrdal
- Danni a breve termine sull'ambiente
- Incertezza scientifica

Ruolo della conoscenza

- la Noosfera

Errori sistematici di previsione: sottostima delle conseguenze negative

- Riduzionismo e/o parzialità delle analisi scientifiche
- Mito di Prometeo
- Aggressività, guerra e atteggiamento di dominio

Determinazione ed evoluzione dell'intervento della collettività

- «Lock-in» e difficoltà di cambiare percorso evolutivo
- Diritti acquisiti, interessi di parte e attività di lobbying (politica a breve)
- Ruolo istituzioni
- Manifestazione nel breve termine degli effetti indesiderati delle politiche
- Riddotta rilevanza empirica della «Tragedy of the Commons» in ambiti locali

La realtà come insieme di sistemi

Premessa necessaria per ogni indagine che coinvolga i viventi, e quindi anche l'uomo e la sua economia, è la consapevolezza che il nostro mondo è costituito non tanto da un metro insieme di elementi, ma soprattutto dalle relazioni che si instaurano tra gli elementi. Benché una simile osservazione sembri ovvia, essa costituisce un potente strumento conoscitivo. Ci permette, ad esempio, di intuire le enormi difficoltà cui vanno incontro le biotecnologie quando vanno a modificare singoli elementi dei viventi, ossia singoli elementi di una rete complicatissima che risulta coerente grazie ad un lento e lungo processo evolutivo. Ci permette di comprendere come la recente mappatura del genoma umano, «l'individuazione degli elementi», benché importante, sia solo un piccolo passo in avanti nella conoscenza. È cruciale infatti la comprensione dei meccanismi di interazione in quanto, in genere, non è il singolo gene a determinare un certo fenomeno, ma i suoi rapporti con la rete entro cui è collocato.

Una visione sistemica e la riflessione che attorno ad essa si è sviluppata⁷ ha condotto, in vario modo⁸, alla produzione di alcune idee che ormai sono entrate a far parte quasi del senso comune. Pensiamo alla dipendenza di un particolare sentiero dinamico dalle condizioni iniziali del sistema e alla nozione di «irreversibilità» che riaffermano la nozione di tempo storico e l'idea di dinamica quale processo evolutivo; pensiamo alla manifestazione improvvisa di fenomeni a causa della presenza di livelli soglia (*thresholds*)⁹; pensiamo all'idea di negentropia, al fatto cioè che le strutture dissipative (e tra queste i sistemi antropici) mantengono e/o accrescono il proprio ordine a spese dell'ambiente a loro esterno¹⁰.

Altro elemento essenziale è la consapevolezza che i diversi sottosistemi operano in ambiti diversi e a velocità diverse, mostrano cioè diverse scale spaziali e temporali. Anche questa appare una considerazione ovvia. Eppure, grazie ad essa, si può intuire con immediatezza come l'odierno degrado ambientale origini da una imprecisante discrepanza tra ritmi naturali e ritmi dell'uomo, sviluppatasi a partire dalla rivoluzione industriale¹¹; grazie ad essa si può intuire la difficoltà, soprattutto per una società «veloce» come la

⁷ Ci si riferisce in particolare alla riflessione sui sistemi complessi, sviluppatasi soprattutto a partire dai contributi di Ashby (1956) e Bertalanffy (1968). Tra i numerosi riferimenti bibliografici ricordiamo qui Arthur (1994), Bateson (1979), Emery (1981), Hall e Fagen (1956), Lange (1956), Waddington (1977).

⁸ Tranne, ad esempio, la teoria del caos, la teoria delle catastrofi, lo studio sull'autorganizzazione dei sistemi dissipativi.

⁹ L'implicazione importante è che si può concepire la discontinuità, il cambiamento improvviso, come derivante non solo da shock esterni di entità rilevanti, ma anche da minime cause che però agiscono di continuo.

¹⁰ È immediato pensare a tali aspetti quando si legge la storia del delta del Mississippi, dai livelli soglia superati i quali avviene la caduta del Mississippi, all'applicazione della memoria della negentropia quando si riflette sul fatto che i benefici del controllo del fiume finiscono a pochi grossi soggetti quali le industrie petrolchimiche, a spese di impatto sui pescatori, proprietari di terreni e di abitazioni, e più in generale sulle comunità locali (Wulger, 1998).

¹¹ È pertanto cruciale osservare come l'accelerazione dei ritmi dell'uomo si sia avuta grazie all'energia ricavata dall'estensivo uso dei combustibili fossili, ossia con un processo che esaurisce in pochi istanti ciò che i meccanismi naturali hanno prodotto in migliaia di anni.

nostra, nel comprendere gli effetti delle nostre azioni sul mondo naturale.

Insieme di meccanismi di retroazione tra i vari elementi nel tempo (*feedback*) determinano le condizioni di stabilità del sistema. Come si è visto, il caso del Mississippi si caratterizza per il grande rilievo assunto da catene a retroazione positiva, catene che si autoamplificano e che destabilizzano il sistema. Uno dei molti esempi è dato dalla seguente catena: «i primi insediamenti abitativi producono richiesta di protezione dalle inondazioni, la collettività si organizza e interviene, l'intervento a sua volta richiama altri insediamenti che a loro volta aumentano la domanda di protezione dal fiume». Tra gli economisti, come è noto, è Myrdal (1969) a sottolineare l'importanza di tale modalità di causazione, da lui definita «causazione circolare cumulativa».

Con un simile quadro concettuale si comprende come molte manifestazioni derivano dall'agire congiunto di diverse cause e si manifestano soltanto a distanza, sia nel tempo che nello spazio. Si noti, tuttavia, come ciò implichi anche che molti effetti si possano vedere anche nel breve termine o addirittura nell'immediato, consentendoci di evitare di cadere in quel frequente errore di considerare i problemi ambientali principalmente come problema di equità intergenerazionale. Una volta accumulatisi una grande quantità di effetti, il passo verso la catastrofe, nel senso di Thom (Woodcock e DAVIS, 1978) cioè di cambiamento improvviso, può essere molto breve.

Nel complesso, l'unica indicazione certa che possiamo trarre è l'enorme difficoltà nel comprendere appieno vuoi gli ecosistemi vuoi i sistemi socio-economici. Dobbiamo accettare di essere in presenza di una radicale incertezza scientifica, che consente per lo più la costruzione di scenari piuttosto che l'esatta previsione degli effetti dell'azione dell'uomo.

La noosfera

Il concetto di «noosfera» nasce a Parigi intorno al 1922 nell'ambito della riflessione del filosofo e matematico Edouard Le Roy, del geografo paleontologo e filosofo Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955) e del geologo e geochimico Vladimir Ivanovich Vernadsky

(1863-1945) (GALLENI, 2002; RENS, 1998)¹². La noosfera, che pure assume accezioni diverse nei tre studiosi¹³, sta ad indicare l'insieme dei viventi che hanno raggiunto la soglia del pensiero, la sfera pensante. Come la nozione di biosfera¹⁴, che si fonda su una concezione unitaria della vita che va al di là della somma delle singole parti, anche l'idea di noosfera sostiene l'unitarietà del pensiero e della conoscenza.

Ripresa da Boulding nella sua «Economia della navicella spaziale» (1968), richiamiamo l'idea di noosfera in questa sede per evidenziare l'importanza del patrimonio di conoscenze disponibili, e della sua evoluzione, ai fini delle scelte sia dei singoli che della collettività, scelte che finiscono poi per retroagire sulla biosfera da cui essa origina. Chiaramente, tanto più è statica, lenta, tradizionale, una certa società, tanto minori sono le innovazioni introdotte e tanto maggiore è la possibilità di accumulare dati nel tempo sul funzionamento della biosfera. L'accelerazione dei ritmi della società equivale a fare esperimenti cambiando contemporaneamente molte condizioni al contorno, fatto che riduce fortemente la possibilità di una comprensione approfondita.

Il caso del Mississippi mostra come la variabile conoscenza sia cruciale ai fini dell'analisi, come sia cioè importante ricostruire sia la conoscenza a disposizione quando è stata intrapresa una certa azione o politica, sia il suo sentiero di sviluppo. Gli europei giunti in Louisiana non avevano idea della frequenza e dell'entità delle esondazioni. Ignorando, o sottovalutando, il rischio idrogeologico, appli-

¹² Le Roy è il primo ad usare il termine noosfera in *Les origines humaines et l'évolution de l'intelligence* (1928). In una delle sue opere principali, *Le Phénomène Humain*, scritto tra il 1938 e il 1940 e pubblicato postumo nel 1955 (Editions du Seuil, Paris, in italiano: *Il Fenomeno Umano*, nuova trad. It. Queriniana Brescia, 1995) Teilhard de Chardin affronta per esteso il tema dell'emergere della noosfera, dando di essa la suggestiva immagine di una sfera di pensiero che avvolge la Terra. Vernadsky, V.I. pubblica nel 1944 «A Few words about Noosphere», *Uspekhi Sovremennoi Biologii* 18 (2) (citato in Guerra e Gura, 2002) e nel 1945 «The biosphere and the noosphere» sull'*American Scientist* (citato in RENS, 1998, 370). Una delle maggiori opere di Vernadsky è *La Biosfera* del 1926 (Verenskij, 1999).

¹³ V., ad esempio, LEVY (2000).

¹⁴ Il termine biosfera, come è ampiamente noto, fu introdotto nel 1875 dal geologo austriaco Eduard Suess.

carono i loro modelli di vita senza preoccuparsi di adattarli all'ambiente. Mentre i nativi americani vivevano in tende facilmente trasportabili, gli europei giunti in Louisiana impiegarono le loro tecniche costruttive per insediarsi in modo stanziale su un territorio che da un lato appariva ricco di potenzialità (risorse e corsi d'acqua per la navigazione), ma che a loro insaputa, non garantiva stabilità a quell'enorme sforzo di costituzione di capitale fisso.

Il sistema conoscitivo sembrava doversi adeguarsi alla realtà delle frequenti inondazioni e scoprire la necessità di una qualche forma di gestione del fiume da effettuarsi collettivamente. Eppure si assiste, nel corso dei secoli, ad un fallimento sistematico degli interventi del l'uomo che, come intendiamo mostrare nel paragrafo successivo, si lega ad un fallimento della «noosfera» nel comprendere, o nell'accettare, appieno la realtà biofisica del delta del Mississippi.

Il fallimento sistematico della «noosfera»

Spesso le decisioni possono apparire, *ex-post*, come dei banali ed incomprensibili errori. È chiaro che molto spesso vale il vecchio adagio che ci ricorda che «del senno di poi sono piene le fosse». Si è parlato della difficoltà intrinseca di comprendere e, soprattutto, di prevedere. Molti elementi entrano nella «noosfera» solo con l'esperienza, il che comporta una certa inevitabilità dell'errore. Al tempo stesso, il continuo cambiamento fa sì che l'esperienza non sempre possa essere d'aiuto per prevedere il futuro.

Ci si può tuttavia chiedere se non vi sia anche qualche altro elemento e se non possano esserci strategie che consentano di ridurre questi errori, almeno per quanto riguarda il rapporto tra uomo e natura. Nell'ambito di tale riflessione, senza alcuna pretesa di particolare precisione né tantomeno di originalità, crediamo che debba essere attribuito un ruolo primario 1) ad una sorta di miopia, sia in senso temporale che spaziale, che si riflette anche in un atteggiamento riduzionistico della scienza, 2) al mito di potenza dell'uomo moderno (occidentale) e all'atteggiamento aggressivo e di dominio. Seguendo un simile percorso si potrà evidenziare come tali atteggiamenti, e l'eccessivo ottimismo che ne deriva, conducono, in un ambiente complesso, a errori sistematici di previsione e contribuiscono in modo significativo all'attuale crisi ambientale.

Miopia, parzialità dell'analisi e riduzionismo

La non fondatezza della teoria del Guglielmini non costituisce certo una novità nella storia della scienza (si pensi soltanto al caso del sistema Tolenaico). Né costituisce rarità che sulla sua base si sia dato corso ad un insieme di politiche di intervento che poi si sono rivelate non solo inefficaci, ma anche causa di molteplici effetti indesiderati. A nostro avviso, la teoria di Guglielmini esemplifica la tendenza della scienza a circoscrivere troppo i limiti del sistema oggetto di studio, ad effettuare analisi troppo parziali. Se si guardano troppo da vicino i sottosistemi, con spirito talvolta riduzionista, si rischia di perdere di vista i legami tra i sottosistemi e il funzionamento più generale del sistema ad essi gerarchicamente sovraordinato. Per evitare che ciò sembri un'enuciiazione astratta, si consideri come il modello di Guglielmini, e la sua applicazione alla Louisiana, non sia stato evidentemente influenzato da una riflessione sui motivi più generali dei continui straripamenti, sul continuo apporto del fiume alla costituzione della pianura alluvionale, e, più in generale, sul fatto che gli interventi vanno nella direzione opposta rispetto a quanto previsto da madre natura. Come si è visto solo dopo quasi un secolo e mezzo, dopo il 1927, si comprende quanto sia necessario restituire dei gradi di libertà al fiume, benché si sia continuato a trascurare la «necessità» (idrogeologica) del fiume di giungere al mare il più «velocemente» possibile.

Un simile atteggiamento lo si riscontra nella discussione sul riscaldamento globale, dibattito che vede gli scienziati impegnati a stabilire di quanti gradi possa alzarsi la temperatura terrestre (e in quanti anni), dimenticando l'aspetto più generale, il fatto che, comunque sia, l'uomo sia probabilmente alterando dei meccanismi di retroazione, sviluppatasi con la vita, che, come noto, hanno invece stabilizzato la concentrazione dell'ossigeno nell'atmosfera (v. ad esempio LOVELOCK, 1979). La potenziale pericolosità della situazione che viviamo si può intuire, semplicemente con la consapevolezza che l'uomo riporta in atmosfera in un attimo ciò che la biosfera ha impiegato tempi geologici per catturare. Simili considerazioni possono essere applicate al problema delle nuove sostanze prodotte con la petrochimica, al problema dell'agricoltura industrializzata, o a quello degli organismi geneticamente modificati. Ci si concentra sui singoli

effetti e su particolari dimostrazioni scientifiche, omettendo di considerare principi più generali sul funzionamento della biosfera. Occorre paradossalmente che si manifesti la BSE per comprendere che non è opportuno rendere carnivori, o forse addirittura cannibali, animali non solo semplicemente vegetariani, ma vegetariani nel corso del loro lunghissimo processo evolutivo.

La sorta di miopia ora evidenziata può anche spiegare la generale tendenza ad applicare modelli astratti con pochi legami con l'ambiente, tipica dell'uomo (occidentale), e riscontrabile un po' ovunque, non solo quando proponiamo la diffusione «per clonazione» dei nostri modelli di sviluppo. Commoner dedica grande spazio del suo «Chiudere il Cerchio» a evidenziare come molti degli oggetti che usiamo oggi siano scollegati rispetto al loro ambiente (COMMONER, 1972). Un caso interessante¹⁵, e meno noto, è la centrale termoelettrica a carbone di La Spezia (oltre 1800 Mwatt). L'aspetto stupefacente è che tale centrale venne costruita sulla base di un progetto che imitava due centrali a carbone situate in Canada sul lago Michigan, ciascuna delle quali da 1000 Mwatt. Il lago Michigan è lungo circa 400 km largo circa 200 km - lo Stato di Israele ha forma paragonabile ma non raggiunge tale estensione - con una profondità media di 85 metri e massima di 282. Inoltre gela parzialmente d'inverno e gode di estati fredde. La Spezia, il cui Golfo misura circa 5 km x 4 km con una profondità di circa 10 mt, non gode di estati fresche, e per di più, è parzialmente ostruito da una diga. Analogie tra i due contesti risultano, agli occhi di chiunque, assai ardue e l'impatto sull'ambiente, in particolare quello dell'acqua calda di scarico delle centrali nei due contesti, non è paragonabile!

L'ottimismo tecnologico, il mito della potenza umana e lo spirito belligerante

Il tema della separazione dell'uomo rispetto al suo ambiente può portare la riflessione sul rapporto tra uomo e natura e sulla progres-

siva separazione dei due avvenuta nella nostra cultura (V. ad es. MORIN, 1973). Non vogliamo addentrarci nella vasta letteratura che affronta questo tema. Intendiamo soltanto evidenziare come il caso del Mississippi ci ricordi due aspetti, tra loro connessi, del rapporto tra uomo occidentale e natura, ossia l'ottimismo tecnologico e l'atteggiamento aggressivo e di dominio.

Ottimismo tecnologico

Come detto, con lo *Swamp and Overflow Land Act* nel 1850 si cominciarono a vendere in Louisiana aree paludose per finanziare la costruzione di nuovi argini. Questi, insieme all'idea che si potesse controllare il fiume con relativa facilità, attrassero nuove popolazioni, aumentando la domanda di protezione dal fiume. Gli argini, e altre opere, tuttavia, si rivelarono insufficienti, conducendo a interventi sempre più costosi rispetto alle attese. Il *Flood Control Act* del 1928, come detto, aveva previsto interventi e spese (300 milioni di dollari) che avrebbero ampiamente permesso il controllo del fiume. Le piene del 1937, 1959 e 1973 sconfessarono ogni previsione. Le strutture dovettero essere ricostruite e addirittura riprogettate, con costi almeno 20 volte superiori alle attese. L'ottimismo tecnologico continua a dominare la scena (vedi ad esempio la recente fiducia nella possibilità di avere un parco automobilistico che non inquinai) ma ha radici antiche, testimoniate dal mito greco di Prometeo, titano che ruba il fuoco a Zeus per darlo agli uomini e che, nello sviluppo del mito, finisce per incarnare lo spirito d'iniziativa dell'uomo.

Atteggiamento aggressivo e di dominio

Di nuovo il libro di McPhee (1995) è ricco di testimonianze sull'atteggiamento verso il fiume da parte di chi è coinvolto più da vicino nella questione suo controllo. A nostro avviso è significativa la compresenza sia di una consapevolezza della forza della natura, sia di una volontà di imbrigharla, di vincerla.

«Gli uomini si sono adoperati per confinarlo in un unico corso: ecco dove ha avuto inizio l'irroganza» (*ibidem*, 24).

«Volevano tentare di governare il flusso delle acque; pensai che avessero perso una rotella» (*ibidem*, 27).

¹⁵ Dobbiamo la segnalazione di questo caso al Prof. G. Finzi Contini. Ultri informazioni al riguardo si trovano in Finzi Contini (1995), Barilla *et al.* (1992), Ghisolfi *et al.* (1990).

«Madre natura ha pazienza e ha più tempo di noi» (*ibidem*, 38).

«Questa nazione si trova di fronte a un avversario grande e potente. Il nostro antagonista può far perdere agli Stati uniti quasi tutto il traffico commerciale e marittimo. [...] Siamo in lotta contro madre natura [...] dalla vittoria dipende la nostra prosperità economica» (*ibidem*, 20).

«Noi sentiamo che possiamo farecela, e comunque vogliamo tentare. Quando cerchiamo di regolare la natura partiamo già in svantaggio» (*ibidem*, 26).

«L'uomo a confronto con la natura; ecco il succo dell'esistenza» (*ibidem*, 34).

Ritroviamo pertanto quell'atteggiamento, eroico, dell'uomo occidentale, soprattutto moderno, che «does not experience himself as a part of nature but as an outside force destined to dominate and conquer it. He even talks of a battle with nature forgetting that, if he won the battle, he would find himself on the losing side.» (SCHUMACHER, 1974, 10). Un atteggiamento di dominio sulla natura che, restimontato dall'abbandono dell'immagine di «madre natura», si associa a nuove forme di dominazione sulle donne (v. ad es., SHIVA, 1988, xv) e che, secondo alcuni, affonda le sue radici nel dominio dell'uomo sull'uomo (v. l'idea di *Social Ecology* di Bookchin in BIERL, 1997).

Il sistema antropico e gli interventi della collettività

Fin qui ci siamo occupati del funzionamento dei sistemi naturali e delle difficoltà, spesso sottovalutate nella pratica e nella teoria, dell'uomo nel comprenderli. Il passo successivo è concentrare l'attenzione sul sistema antropico nel suo complesso, considerando i meccanismi che determinano i diversi assetti istituzionali e socio-economici e le modalità con le quali una certa comunità antropica si organizza per regolare la propria interazione con la natura. Anche per questo aspetto si rivelano utili le nozioni sviluppate nell'ambito della riflessione sulla complessità, in particolare le idee di *path-dependence* e *lock-in* (ARTBUR, 1994; DAVID, 1993). In sistemi altamente dipendenti dalle condizioni iniziali, processi di causazione cumulativa collocano la società su sentieri dai quali risulta poi cosiosissimo, se non impossibile uscire (*irreversibilità*). I processi di regolazione che ogni collettività pone in essere emergono dalla composizione delle esigenze a livello individuale con modalità che variano in funzione

delle diverse organizzazioni del potere. In ogni caso tali processi sono determinati dalla composizione delle esigenze dei diversi gruppi di interesse.

Ciò risulta con grande evidenza nel caso del Mississippi. Inizialmente si è consolidato un insediamento intorno al fiume. Tali interessi acquisiti, interessi privati, hanno creato il problema del controllo del fiume, rapidamente confliggenosi poi come a carico della collettività. Nel corso del tempo, inoltre, il controllo si è sviluppato secondo linee imposte dalla continua attività di lobbying dei diversi gruppi, gli agricoltori, gli industriali della chimica, gli allevatori di gamberi di acqua dolce, quelli di acqua salata, ... Si tratta di un'attività che è formalmente prevista - anche mediante apposite conferenze e riunioni - in virtù di istituzioni legali, quelle statunitensi, in cui acquista enorme importanza il principio di responsabilità, in cui risulta relativamente facile promuovere azioni legali per richiedere il risarcimento di danni. Considerato che la regolazione delle acque influenza in modo significativo un gran numero di attività economiche, l'autorità militare che gestisce la struttura di controllo ha interesse a comportare quanto più possibile gli interessi delle parti, almeno di quelle con maggior potere economico. Acquistano così un forte peso interessi di tipo economico che sono a breve termine e che spesso non coincidono con gli interessi delle popolazioni locali, come nel caso degli interessi delle molte multinazionali presenti.

In questo modo l'intervento pubblico risulta non sempre attento ad uno sviluppo locale duraturo e compatibile con la prospettiva di lungo termine della natura. Ciò tuttavia non deve farci illudere, come già accennato, che le conseguenze indesiderate sempre siano distanti. Infatti la distanza temporale e spaziale alla quale si manifestano gli effetti delle azioni umane è in genere sufficiente a far sì che tali effetti siano sottovalutati o ignorati nelle decisioni pubbliche, ma (spesso) insufficiente a evitare che essi ricadano su chi ha posto in essere tali effetti. In conclusione, l'interazione tra gli errori della «noosfera» e il prevalere di gruppi di potere che rappresentano interessi troppo particolari conducono spesso a politiche che hanno effetti negativi anche nel breve termine e che comunque incanalano il sistema antropico su sentieri dai quali risulta assai difficile uscire.

Il caso del Mississippi propone infine uno spunto di riflessione sulla nota *Tragedy of the Commons* (Hardin, 1968) e sul *free-riding*, nozione centrale della teoria economica. McPhee (1995, 57-58) riferisce che agli inizi del XIX secolo, vi erano persone che, quando vi erano grosse piene, rompevano nottetempo gli argini del fiume sul lato opposto alle loro proprietà per salvare i propri beni e terreni a spese degli abitanti dell'altra sponda. La soluzione a questo problema fu tuttavia ben presto assicurata da ronde notturne durante le piene che controllavano la tenuta degli argini e l'assenza di manomissioni. Evidentemente quando i problemi emergono a livello di consapevolezza collettiva la società non necessariamente rimane passiva, come nella *Tragedy of the Commons*, anzi accade spesso che si organizzino e che adottino degli efficaci provvedimenti. Una posizione realistica, pertanto, non può interpretare il *free-riding* né come ineluttabile né come insuperabile, ma in modo, più equilibrato, considerato piuttosto come uno dei molti meccanismi all'opera, il cui superamento può inoltre del resto essere possibile. D'altronde il fatto che la tragedia delle terre comuni¹⁶ non abbia rilevanza universale è stata ampiamente documentata dalla nota opera della Ostrom (1990).

CONCLUSIONI

Molteplici sono gli insegnamenti che si possono trarre dalla storia dei tentativi di controllo del delta del Mississippi. Gli aspetti di maggior rilievo riguardano la complessità dei sistemi naturali e la possibilità di imporre il corso desiderato dall'uomo, soprattutto quando sono caratterizzati dall'"equifinalità"¹⁷, tendono cioè verso un attrattore finale determinato da leggi fisiche. Come si è visto, già negli anni '30 del secolo scorso ci si era rassegnati a restituire dei gradi di libertà al fiume. Ciononostante non si è riusciti ad imporre il gra-

do di controllo desiderato con gli interventi, e gli stanziamenti finanziari, previsti. Peraltro le strategie di controllo della natura tendono ad attivare processi socio-economici che retroagiscono sulle strategie stesse finendo per mettere in moto dinamiche esplosive. In un contesto di interdipendenza e di coevoluzione tra sistemi naturali e sociali (v. NoorGARD, 1994; GOWDY, 1994) la fiducia nella capacità dell'uomo di riuscire a regolare con esattezza e precisione, si ottengono effetti imprevisi e spesso disastrosi.

La radicale incertezza rende ogni previsione *ex-ante* incompleta¹⁸. L'analisi scientifica permette piuttosto la costruzione di scenari, validi soprattutto per comprendere la direzione dei cambiamenti e del segno degli anelli di retroazione, ossia il grado di stabilità di un certo sistema dinamico.

Inoltre, considerati i diversi domini descrittivi dei fenomeni, non si può prescindere da una forte integrazione delle conoscenze delle diverse discipline ed approcci.

Occorre infine una forte rivalutazione di principi generali, anche quando sono in apparenza ovvi o tratti dal senso comune. La tendenza del Mississippi a mutare corso era evidente anche ai non esperti. È proprio un non esperto a rimarcare ciò, un giornalista, inviato speciale in occasione di una disastrosa piena, che nel 1882 scrive: «basta guardare per convincersi degli accaniti tentativi [del Mississippi] di trovare una scorciatoia verso il Golfo» (McPHEE, 1995, 55-56). La partecipazione di tutti, non solo degli scienziati, è requisito essenziale di un nuovo modo di concepire la scienza (cfr. l'idea di Scienza Post-normale in FUNTROWICZ e RAVERZ, 1993). D'altronde anche un esperto, il biologo Barry Commoner, quando solleva le sue critiche verso la petrochimica, contrappone il principio generale della lentezza dei processi evolutivi alla velocità con cui l'uomo introduce novità che, fondate sulla chimica del carbonio, sono capaci di interferire gravemente sulla vita (COMMONER, 1990, 43-45). Allo stesso modo, non occorrono elevati livelli di specializzazione o cultura scientifica per intuire che è geneticamente rischioso alimentare i bovini, dei vegetariani, con farine animali.

¹⁶ Il termine terre comuni è peraltro fuorviante. Come noto, si deve distinguere tra *res nullius* e *res communis*. Hardin si riferisce alla prima categoria, mentre la seconda nozione, quella di terre comuni, presuppone già l'intervento normativo della comunità.

¹⁷ Cfr. von Bertalanffy (1968).

¹⁸ Ciò diviene particolarmente grave dato che l'irreversibilità non permette di attendere, rendendo inadeguato l'intervento *ex-post*.

Purtroppo la nostra società, o forse la scienza stessa, ci ha abituato ad estendere la presunzione di innocenza ad ogni azione del uomo, anche al di là dell'ambito giuridico. Permane la tendenza a considerare gli interventi di politica ambientale leciti solo dopo la manifestazione del danno – manifestazione che magari avviene dopo molto tempo e troppo tardi, quando cioè la situazione è irreversibile. In altri termini, al di là delle molte dichiarazioni in suo favore, il principio di precauzione applicato all'ambiente, ai danni che l'uomo provoca all'ecosfera, tarda a trovare concreta applicazione¹⁹. Eppure lo stesso principio trova frequente impiego in molti altri campi della nostra vita, a tutti i livelli, come testimoniato ad esempio dal seguente brano²⁰:

«It is not possible to find hard evidence that something is going to happen [...] Now, can anyone – will be always able to say, even after the fact, that there isn't sufficient evidence, that you don't have proof beyond a reasonable doubt. You'll know an event occurred, but even after it occurs, it's very difficult to get perfect evidence. Our goal is not to go into a court of law and try to prove something to somebody. [...] It is the task of taking these disparate pieces and putting them together so that people can make their own judgment, not for us to prove anything. What they have to do is they have to say what does a reasonable person conclude are the risks from this?» (U.S. Department of State 2002, 8).

Come si è visto, la complessità conduce ad un'incertezza radicale (v. anche Munda, 2000, 4-6) in cui non sono disponibili prove certe e in cui occorre esprimere una valutazione dei rischi delle diverse opzioni. Quando si valuta che il rischio è alto, vuoi perché eventi indesiderati sono molto probabili, vuoi perché la posta in gioco è elevata, azioni e/o politiche preventive – in accordo con il principio di precauzione – sono imposte dalla ragionevolezza. La valutazione del rischio costituisce pertanto l'aspetto cruciale. L'amministrazione Bush – il brano citato in precedenza è tratto da un'intervista al ministro della difesa D. Rumsfeld e riguarda la attuale crisi del Golfo – valuta i ri-

¹⁹ Daltronde il rischio, nozione centrale insieme al rendimento quando ci si occupa di investimenti e di finanza, assume scarsa considerazione quando si discute delle rese dell'agricoltura moderna.

²⁰ Ringraziamo Mario Giampietro per aver attirato la nostra attenzione su tali dichiarazioni.

scihi che provengono dall'Iraq di Saddam Hussein assai elevati e comunque tali da giustificare l'intervento militare. Per i gas serra, e più in generale per l'attuale crisi ambientale, la valutazione dei rischi da parte dell'amministrazione Bush è (legittimamente) diversa.

BIBLIOGRAFIA

- ARTHUR W.B. (1994), «Inductive Reasoning and Bounded Rationality», in *American Economic Review*, 84(2), 406-411.
- ASHBY W.R. (1956), *Introduction to Cybernetics*, Wiley, New York (Traduzione italiana *Introduzione alla Cibernetica*, 1971, Einaudi, Torino).
- BAHR L.M., COSTANZA R., DAY J.W., BAYLEY S.E., NEHL C., LEHOWITZ S.G. e PRUDA J. (1993), *Ecological characterization of the Mississippi Deltaic Plain region: a narrative with management recommendations*, U.S. Fish and Wildl. Serv., Div. Biol. Serv., Washington, D. C. FWS/OBS-82/69, 189 pp.
- BATESON G. (1979), *Mind and Nature. A Necessary Unity*, Wildwood, London.
- BERTRANDY L. VON (1968), *General System Theory*, George Braziller, New York.
- BIENI J. (a cura di) (1997), *The Murray Bookchin Reader*, Cassell, London.
- BORRILL A., CAMBERG M., MARI P., METZKE R., MISEROCCHI M., ROCCHI M., NANI R. e TOMASINO M., «Gulf of La Spezia: an analysis of the mechanisms of water exchange between the inner Gulf and the open sea», *II International Conference MARINA*, 31/3-2/4 1992, Southampton, UK, 13 pp.
- BOULDING K.E. (1966), «The Economics of the Coming SpaceShip Earth», in H. JACBERT (a cura di), *Environmental Quality in a Growing Economy, Essays from the Sixth RPF Forum*, 3-14, Resources for the Future/Johns Hopkins University Press, Baltimore MD. Ristampato in Boulding, 1968, *Beyond Economics: Essays on Society, Religion, and Ethics*, University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 273-287.
- COLEMAN I.M., ROBERTS H.H. e STONE G.W. (1990), «Mississippi River Delta: An Overview», *Journal of Coastal Research*, 14, 698-716.
- COMMONS B. (1972), *Il cervello da chiudere: la natura, l'uomo e la tecnologia*, Garzanti, Milano.
- COMMONS B. (1990), *Fare pace col pianeta, Garzanti, Milano*. (Titolo originale dell'opera: *Making Peace with the Planet*, Pantheon Books, New York, 1990.)
- DAVID P.A. (1993), «Clio and the Economics of Overt» in WITT U. (a cura di), *Evolutionary Economics*, Edward Elgar, Cambridge.

- EMERY F.E. (a cura di) (1981). *System Thinking*. Penguin, Harmondsworth.
- FINZI CONTINI (1995). «Unnatural convective cells potentially polluting the territory of the Gulf of La Spezia», atti del *World Wide Symposium Pollution in large Cities, Science and Technology for planning environmental quality*, 22-25 febbraio, Venezia e Padova (Italia).
- FUNTOVICZ S.O. e RAVERZ J. (1993). «Science for the post-normal age», *Futures*, 25 (7).
- GALLENZI L. (2000). «Il messaggio di Teilhard de Chardin», *Concettium*, 36 (1), 153-166.
- GALLENZI L. (2002). «Categorie alimentari, teorie biosferocentriche e implicazioni etiche», *mimeo*, disponibile all'indirizzo <http://www.laboratoriodibioetica.it/documenti/etichiamente.htm>.
- GHISOLFI E., MISEROCCHI M. e MOLINARO P. (1990). «Validation of the mathematical model simulation of thermal impact of ENEL power plants of natural water bodies», lavoro presentato all'*International Conference Hydrosoc' 90*, 3-5 aprile, Lowell, Massachusetts, USA.
- GOWRY J. (1994). *Revolutionary Economics: the Economy of Society and Environment*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GURTA A. e GURTA K. (2002). «Tradition and Conservation in Northeastern India: An Ethical Analysis», *Ethnos Journal of Asian and International Bioethics*, 12, 15-18. (Disponibile all'indirizzo <http://www.biol.lanl.kuba.ac.jp/~macev/EJ121/ej121E.htm>).
- HALL A.D. e FAGEN R.F. (1968) [1956]. «Definitions of System», ristampato in BUCKLEY W. (a cura di), *Modern System Research for the Behavioral Scientist: a Sourcebook*, Aldine Publishing Company, Chicago.
- HARDON G. (1968). «The Tragedy of the Commons», *Science*, 162, 1243-48.
- KOHL C.R. and VAN LORNE J.R. (1958). «Geology of the Mississippi River deltaic plain, southeastern Louisiana», *U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Technical Report 3/483*, 120 pp.
- Id. (1966). «Depositional environments of the Mississippi River deltaic plain-Southeastern Louisiana», in SIMILEY M.L. e RAGSDALE J.A. (a cura di), *Deltas in their geologic framework*, Houston Geological Society, 17-61.
- LANGE O. (1965). *Wholes and Parts: A General Theory of System Behaviour*, Pergamon Press, Oxford.
- LEVIT G.S. (2000). «The Biosphere and the Noosphere Theories of V.I. Vernadsky and P. Teilhard de Chardin: A Methodological Essay», *Archives Internationales d'Histories des Sciences*, 50(144), 160-176.
- LOVELACE J.E. (1979). *Galat: a new look at life on Earth*, Oxford University Press, Oxford (trad. it *Galat. Nuove idee sull'ecologia*, Boringhieri, Torino 1981).
- MARTINEZ ALIER J. (1987), con SCHENKMAN J.K., *Ecological economics: energy, environment and society*, Blackwell, Oxford.
- MUNDA G. (2000). «Conceptualising and Responding to Complexity», *Policy Research Brief 2*, Cambridge Research for the Environment, Cambridge, UK.
- McPHEE J. (1995). «Alchafalaya» in *Il controllo della natura*, Adelphi, Milano, 15-113. (edizione originale, McPhee J., 1989, «Alchafalaya», in *The control of nature*, Farrar Straus Giroux, New York, 3-92).
- MEAD R.H. (1995). «Setting Geology, Hydrology, Sediments, and Engineering of the Mississippi River» in MEAD R.H. (a cura di), *Contaminants in the Mississippi River, 1987-92*, U.S. Geological Survey Circular 1133, Reston, Virginia, disponibile all'indirizzo <http://pubs.water.usgs.gov/circular1133/>.
- MYRDA G. (1969). *Objectivity in Social Research*, Pantheon Books, London.
- NORGARD R.B. (1994). *Development Beyond - the End of Progress and a Revolutionary Revisioning of the Future*, Routledge, London.
- OSTROM E. (1990). *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge.
- NICOLIS G. e PRIGOGINE I. (1991). *La Complessità. Esplorazione nei nuovi campi della scienza*, Einaudi, Torino.
- RENS I. (1996). recensione di V. Vernadsky, La Biosphere, in RENS I. e JAKOWEC I (a cura di), *Radioprofezioni ai tempi nucleari*, 369-370, Georg Editaur S. A., Genève, disponibile all'indirizzo <http://w3.junge.ch/sets/textes/1998/98linterature.html>.
- SUNYA V. (1988). *Slaying Althe*, Zed Books, London.
- SCHUMACHER E.F. (1974). *Small is beautiful*, Abacus, London.
- TROMBETTA F. (1999). «Quanto cosa controllare la Natura. Il caso Mississippi», *Quaderni del Dipartimento di Economia*, n. 122, Università di Ancona, Ancona.
- Id. (2000). «Mississippi sotto controllo», *Equilibri*, 4(1), 95-106.
- VENKATASU V. (1999) [1926]. *La biosfera e la noosfera*, Sellerio editore, Palermo.
- U.S. DEPARTMENT OF STATE (2002). «Defense Department Briefing 26 September 2002», *International Information Program*, <http://ustinfo.state.gov/regional/haec/haeciv/0926dod02.htm>.
- WADSWORTH C.H. (1977). *Strumenti per pensare. Un approccio globale ai sistemi complessi*, Mondadori Editore, Milano.
- WOODRICK A. e DAVIS M. (1978). *Catastrophe Theory*, Penguin Books, Harmondsworth (UK).
- WRIGHT B.H. (1998). «Endangered Communities: The Struggle for Environmental Justice in the Louisiana Chemical Corridor», *Journal of Public Management and Social Policy*, 4(2), 181-191.
- Indirizzo Internet sito nel LESIO:
<http://www.lacosai.gov/cwppria/index.htm>
<http://www.lacosai.gov>
<http://www.inforplase.com/ce6/us/A0833414.html>