

25

**micron**

ecologia, scienza, conoscenza

/ Estinzione e biodiversità  
/ Urbanizzazione partecipata  
/ Monumenti e *global warming*

### Direzione Generale Arpa Umbria

Via Pievaiola 207/B-3 San Sisto - 06132 Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596235

### Dipartimento Provinciale di Perugia

Via Pievaiola 207/B-3 San Sisto - 06132 Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596354

### Dipartimento Provinciale di Terni

Via Carlo Alberto Dalla Chiesa - 05100 Terni  
Tel. 0744 47961 / Fax 0744 4796228

### Sezioni Territoriali del Dipartimento di Perugia

Sezione di Città di Castello - Gubbio

#### • Distretto di Città di Castello

Via L. Angelini - Loc. Pedemontana  
06012 - Città di Castello  
tel. 075 8523170 / fax 075 8521784

#### • Distretto di Gubbio - Gualdo Tadino

Via Cavour, 38 - 06024 - Gubbio  
tel. 075 9239626 / fax 075 918259  
Loc. Sassuolo - 06023 - Gualdo Tadino  
Tel. / Fax 075 918259

Sezione di Perugia

#### • Distretto di Perugia

Via Pievaiola 207/B-3  
Loc. S. Sisto - 06132 - Perugia  
tel. 075 515961 / fax. 075 51596354

#### • Distretto del Trasimeno

Via del Progresso, 7 - 06061 - Castiglione del Lago  
tel. / fax 075 9652049

#### • Distretto di Assisi - Bastia Umbra

Via del Sindacato, 10 - 06083 - Bastia Umbra  
tel. / fax 075 8005306

#### • Distretto di Marsciano - Todi

Frazione Pian di Porto - Loc. Bodoglie 180/5  
06059 - Todi - tel. / fax 075 8945504

Sezione di Foligno - Spoleto

#### • Distretto di Foligno

Via delle industrie - Loc. Portoni - 06037  
S.Eraclio - tel. 0742 677009 / fax 0742 393293

#### • Distretto di Spoleto - Valnerina

Via delle industrie - Loc. Portoni - 06037  
S.Eraclio - tel. 0742 677009 / fax 0742 393293

### Sezioni Territoriali del Dipartimento di Terni

Sezione di Terni - Orvieto

#### • Distretto di Terni

Via Carlo Alberto Dalla Chiesa - 05100 - Terni  
tel. 0744 4796605 / fax 0744 4796228

#### • Distretto di Orvieto

Viale 1°Maggio, 73/B  
Interno 3/B - 05018 - Orvieto  
tel. 0763 393716 / fax 0763 391989



controllo

prevenzione

protezione

dell'ambiente

Direzione Generale

Dipartimenti Provinciali  
Laboratorio Multisito

Sezioni Territoriali

Distretti Territoriali

Rivista trimestrale di Arpa Umbria  
spedizione in abbonamento postale  
70% DCB Perugia - supplemento  
al periodico [www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it)  
(Isc. Num. 362002 del registro  
dei periodici del Tribunale di Perugia  
in data 18/10/02). Autorizzazione al  
supplemento micron in data 31/10/03

**Direttore**

Svedo Piccioni

**Direttore responsabile**

Fabio Mariottini

**Redazione**

Francesco Aiello, Markos Charavgis

**Comitato scientifico**

Donatella Bartoli, Gianluca Bocchi,  
Marcello Buiatti, Mauro Ceruti, Pietro Greco,  
Carlo Modenesi, Francesco Frenguelli,  
Giancarlo Marchetti, Francesco Pennacchi,  
Svedo Piccioni, Cristiana Pulcinelli,  
Adriano Rossi, Gianni Tamino,  
Giovanna Saltalamacchia, Doretta Canosci

**Segreteria di redazione**

Alessandra Vitali  
Tel. 07551596204 - 240

**Direzione e redazione**

Via Pievaiola San Sisto 06132 Perugia  
Tel. 075 515961 - Fax 075 51596235  
[www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it) - [micron@arpa.umbria.it](mailto:micron@arpa.umbria.it)  
twitter: @RivistaMicron

**Design / impaginazione**

Paolo Tramontana

**Fotografia**

Fotolia

**Stampa**

Graphic Masters

stampato su carta Fedrigoni FREELIFE CENTO g 100  
con inchiostri K+E NOVAVIT 3000 EXTREME

© Arpa Umbria 2013

**La metafora del Mediterraneo** 05  
Svedo Piccioni

**La città dal basso** 06  
Irene Sartoretti

**I monumenti alla prova  
del global warming** 14  
Giovanna Dall'Ongaro

**Grandi estinzioni e biodiversità** 18  
Pietro Greco

**Ognuno di noi può fare qualcosa** 24  
*Intervista a Jane Goodall*  
Cristiana Pulcinelli

**Quello che i geni non dicono** 26  
Michele Bellone

**Un capitale a rischio** 32  
Tina Simoniello

**La salute del Mare Nostrum** 38  
Romualdo Gianoli

**Nuove tecnologie per il biorisanamento  
di suoli contaminati** 45  
Tiziana Pennesi, Marco Falconi, Antonio Dell'Anno,  
Francesca Beolchini, Laura Rocchetti

**Sostenibilità energetica: un aiuto dalla  
matematica di suoli contaminati** 54  
Stefano Pisani



Fossile di Ammonite

## La metafora del Mediterraneo

Svedo Piccioni

«E' uno spazio breve che suggerisce l'infinito»: con queste parole Jean Grenier definisce il Mediterraneo. Mai in nessuna parte del mondo, sebbene così piccola, si è potuto osservare nel corso dei secoli un così grande fiorire di civiltà e di pensiero. Proprio in questo bacino hanno preso corpo le religioni e le filosofie, le scoperte e la scienza, quasi tutto ciò che è oggi alla base del mondo moderno. Uno straordinario patrimonio culturale che ha trovato vita in un altrettanto straordinario scenario naturale, caratterizzato da una diversità biologica che fa di quest'area uno dei principali ecosistemi al mondo. Basti pensare che uno dei paesi che si vi si affacciano, il nostro, ospita da solo un terzo delle specie animali di tutto il continente europeo e circa la metà di quelle vegetali.

Oggi quella centralità nei destini del mondo appare piuttosto come un ricordo. Da un lato, il *Mare Nostrum* sembra diventato agli occhi dei più il luogo dello sviluppo tardivo, dei barconi dei disperati, delle guerre civili. La stessa Europa, che pure sul Mediterraneo è stata concepita, troppo spesso in questi difficili anni è sembrata voler dare l'impressione di poter fare a meno del proprio Sud, volgendo lo sguardo altrove e rispondendo al disastro sociale frutto di un sistema malato con l'unica imperturbabile logica dei libri contabili.

A tale deriva fa eco il prezzo che il patrimonio ecologico di questo bacino quotidianamente paga – fra inquinamento delle acque, pesca selvaggia e urbanizzazione delle coste – prodotto di uno sviluppo irrazionale e dagli orizzonti, anche economici, limitati. Perché, va da sé, il prezzo della perdita di biodiversità è anche economico.

Con le sue problematiche e con le sue mille risorse il Mediterraneo sta però lì a ricordarci le sfide che abbiamo davanti: da un punto di vista culturale, ci ricorda che l'autosufficienza non può essere il motore del mondo e che lo scambio è vita; da un punto di vista sociale che le economie, per andare avanti, devono creare ponti e non abissi; da un punto di vista ambientale, questo ecosistema chiuso e a scambiabilità variabile ci ricorda la necessità di una coscienza comune di fronte al destino di una risorsa comune e che la salvezza del pianeta passa per l'elaborazione di prospettive chiare, per la cui realizzazione serve il contributo di tutti.

Insomma, per il ruolo millenario di culla della civiltà che ha rivestito, questo piccolo universo contiene in sé tutte le potenzialità per la rinascita dal grande caos che caratterizza l'epoca che stiamo vivendo verso una trasformazione positiva. Il Mediterraneo può rappresentare la metafora di un passaggio di paradigma, laddove cambiare lo schema di sviluppo significa tornare a coltivare la diversità.



## La città dal basso

Irene Sartoretti

*La creazione di ambienti dedicati alla quotidianità è nello sviluppo urbanistico di una città di grande rilevanza. A metà del secolo scorso, gli urbanisti hanno incominciato a progettare questi luoghi non più con una visione top-down ma bensì tenendo presente le esigenze dei veri fruitori di questi spazi. Inizia un processo, quindi, che partendo dal basso trasforma l'uomo comune in agente attivo nella trasformazione del proprio ambiente*



Quello della quotidianità<sup>1</sup> rappresenta, in termini di riflessione e ricerca, uno degli aspetti che sta segnando la trasformazione del modo di concepire la città, nella progettazione e gestione degli spazi e nelle politiche urbane. A partire dagli anni '60 e '70 del Novecento, l'emergere del tema della quotidianità nella cultura urbanistica e architettonica costituisce soprattutto una categoria critica e un prezioso strumento vivificante della pratica progettuale, che ha portato ad un nuovo tipo di sensibilità per gli spazi e per i soggetti che li abitano. Più in generale, l'attenzione al quotidiano si inserisce in quel processo che nel corso del Novecento ha accordato un ruolo centrale all'affermazione delle diversità individuali e all'autonomia del soggetto rispetto alle istituzioni di potere. Ciò in definitiva ha finito per dare importanza, anche a livello di progettazione urbana, all'universo esperienziale soggettivo, temporale e spaziale, degli individui (Secchi contenuto in Viganò 2004). Ha inoltre rivalutato il punto di vista dei soggetti destinatari dei progetti urbanistico-architettonici e, quindi, il ruolo che gli stessi devono avere nella "produzione dello spazio".

L'attenzione alla quotidianità è servita per l'appunto a mostrare i limiti di buona parte dell'architettura e della pianificazione urbana moderne, il cui carattere astratto e totalizzante è entrato in crisi proprio nello scontrarsi con la vita reale e la sua natura di imprevedibilità. Tuttavia, l'attenzione da parte di architettura e urbanistica al quotidiano non ha un'unica matrice culturale, ma, declinata in modi diversi, talvolta opposti, ha dato luogo a idee e progetti in parte distanti, in parte intrecciati, alcuni dei quali con forti risvolti pratici sulla città reale e sui

modi di abitare. Possiamo innanzitutto distinguere due opposti macrofiloni, l'uno di matrice francese, facente capo al sociologo Lefebvre, che esalta il potenziale rivoluzionario insito nella vita quotidiana, e l'altro anglo-statunitense, riferibile a Venturi e Scott Brown, che accetta senza giudicare la cultura di massa, dunque i gusti, le scelte e gli stili di vita della gente comune, in nome di un sistema pluralista e liberale. Il filone che si lega a Lefebvre vede nel quotidiano il terreno di resistenza e di azione micropolitica da opporre alla colonizzazione capitalistica dello spazio di cui l'*international style* è visto come espressione (Lefebvre 1972). All'opposto, dagli architetti Venturi & Scott Brown e dall'*Everyday Urbanism* il quotidiano viene declinato come esaltazione del mondo reale, dell'uomo comune e della cultura di massa, con una riabilitazione critica delle sue espressioni estetiche e delle nuove forme urbane come lo *sprawl*, gli *shopping mall* e le *strip* commerciali. Venturi e Scott Brown guardano con sospetto alle tendenze riformiste e pedagogiche in architettura e in urbanistica, viste come antidemocratiche, poiché esito di uno scollamento fra il mondo intellettuale e quello della stragrande maggioranza delle persone. Per loro l'*ugly and ordinary* del paesaggio contemporaneo è testimonianza di incessante fermento vitale, contrariamente all'ordine ingessato promosso dall'urbanistica e dall'architettura ortodosse.

Sia nel primo caso che nel secondo, viene teorizzato il superamento della pianificazione di tipo *top-down* in favore di un modello di tipo *bottom-up*, che sostiene un ruolo attivo dei soggetti nella progettazione e trasformazione del proprio ambiente. I fruitori degli spazi sono dunque



incentivati nella loro funzione di agenti attivi nella costruzione, trasformazione e appropriazione degli stessi. Non solo, per Venturi e Scott Brown, così come per Lefebvre, la città dovrebbe essere un'opera incrementale, continuamente e minutamente prodotta dal basso, poiché la progettazione totale superimposta dall'alto è vista come sinonimo di controllo sociale totale. Tuttavia, nel caso di Lefebvre c'è una tensione critica rispetto all'ordine politico-economico esistente, ovvero l'idea di un uso politico dello spazio in chiave anticapitalista. Idea che è oggi fatta propria dal geografo David Harvey, il cui pensiero è in stretta continuità con quello di Lefebvre; nel secondo caso, invece, il ruolo attivo prioritario è dato dall'iniziativa privata individuale come accettazione avalutativa dello *status quo*. L'invito al *laissez faire* e al *free-riding* fatto da Venturi e Scott Brown è stato definito infatti da Lefebvre come liberista (Lefebvre

Secondo la corrente dell'*Everyday urbanism*, il ruolo del progettista deve essere relegato a interventi minimi che esaltino il mondo reale

1972) e dal famoso critico d'architettura inglese Frampton come reaganiano, poiché sembra intercettare in maniera populista le pulsioni individualiste dei cittadini premiando i soggetti più forti (Moran 2005). Anche se Venturi e Scott Brown rifiutano questo tipo di accuse (Venturi, Scott Brown, Izenour 1977), ciò che sembra mancare nel loro pensiero è la distanza critica dal reale, quella che è viceversa presente in Lefebvre. In piena consonanza col pensiero di Venturi e Scott Brown è invece la corrente americana dell'*Everyday Urbanism*, che interpreta in modo radicale il tema della quotidianità, negando all'urbanistica il carattere normativo e ogni residuo utopico. Il progetto urbano è infatti, nelle intenzioni dell'*Everyday urbanism*, ridotto a interventi minimi e il ruolo del progettista è quello di preservare la spontaneità e il dinamismo dei diversi attori che operano sulla scena urbana mediandone, il più possibile assecondandole, le molteplici istanze e la libera iniziativa (Leighton Chase, Crawford, Kaliski 2008).

La sensibilità per il carattere minuto, multiforme e variegato del quotidiano ha anche riscattato l'idea del ruolo che nella vita pubblica hanno gli spazi interstiziali, non norma-

tivizzati nell'uso e nelle forme, ma piuttosto aperti alle impreviste trasformazioni dal basso degli utenti, dettate dalle contingenze e dall'uso ordinario. Quello che suggerisce l'osservazione della vita quo-

**Durante le grandi transizioni storiche, la cura degli spazi adibiti al quotidiano assumono un'importanza particolare**

tidiana è un cambio di prospettiva nella progettazione urbana: dalla prospettiva di Icaro, che guarda e progetta la città dall'alto su carta, alla prospettiva di Dedalo, il cui progetto parte dalla considerazione di ciò che si svolge a livello strada, che ha sempre un carattere di imprevedibilità e di disordine (De Certau 1980). Uno sguardo positivo si posa perciò anche su quell'opacità residuale dei luoghi che riesce in qualche modo a sfuggire alle previsioni dei progettisti e agli schemi di progetto.

L'idea che i fruitori degli spazi urbani debbano essere attivi nella costruzione e trasformazione degli stessi conferisce inoltre importanza alla percezione soggettiva e alla dimensione esperienziale individuale della città, in contrasto con una visione funzionalista dello spazio.

Va detto che il campo urbano inteso come campo primariamente esperienziale è diventato a partire dalla nascita della metropoli industriale nell'Ottocento un importante tema filosofico, letterario, cinematografico e sociologico. Focalizzare l'attenzione sul quotidiano è del resto tipico dei periodi di radicali cambiamenti sociali, economici, politici, culturali e tecnologici, che trasformano il modo di abitare e di vivere fin nei dettagli più minuti e apparentemente insignificanti (Moran 2005). Lefebvre scrive a seguito delle grandi trasformazioni che dal secondo dopoguerra hanno investito a più riprese Parigi e la Francia, fra cui i *Grands Ensembles* e le *villes nouvelles*, diventati triste emblema dell'impoverimento dello spazio sociale e del fallimento dell'urbanistica e dell'architettura moderne. Il filosofo tedesco Kracauer prima di lui si concentra sugli atti più marginali del quoti-

diano, come quello di attendere i mezzi pubblici, per cogliere con un approccio storiografico “dal basso” i grandi mutamenti novecenteschi. Ancor prima, il padre della sociologia Simmel, nei dettagli più superficiali del quotidiano, legge la profonda mutazione, quasi genetica, dell’abitante della metropoli *fin de siècle* in affinità col nuovo ambiente fisico, sociale e economico che lo circonda. Walter Benjamin, adottando una *street level perspective* (Elliott 2011), trova in nuce nei *passages* parigini – ovvero architetture tutt’altro che monumentali ma anzi prive di status canonico, veloci meteore dal carattere sperimentale ai margini della storia dell’architettura – tutti quei tratti che definiranno l’incipiente modernità, poiché per Benjamin la modernità è esplosa proprio laddove era meno osservata. Mark Augé sposta il proprio interesse antropologico dall’esotico remoto all’ovvia ordinarietà della metropolitana parigina, dell’autostrada, dell’aeroporto, degli *shopping mall*. Attraverso l’“antropologia della prossimità” e la denaturalizzazione di tutto ciò che appare naturale e scontato, Augé definisce gli elementi che qualificano la “surmodernità”, i suoi abitanti e i suoi luoghi. Recentemente è la figura letteraria del *flâneur* ad essere trasposta dalle pagine di Benjamin ad un vero e proprio metodo di osservazione sociologica della quotidianità urbana che può essere affiancato agli strumenti classici della sociologia nelle fasi di pre-progetto (Nuvolati 2006).

La quotidianità della città, anche quella raccontata da scrittori, fotografi e cineasti in modo impressionistico, eidetico, lirico-poetico riesce a esprimere quel “*genius loci*” che un progetto architettonico e urbano può poi esaltare, concentrandosi sull’esperienza psicosensoriale provocata dall’ambiente, sulle qualità affettive dei luoghi e sulla loro carica onirica. L’introduzione nella cultura progettuale dell’idea fenomenologica di “*genius loci*” e di quella situazionista di valorizzazione psicogeografica dei luoghi esprimono bene la crisi della visione utilitaristica dello spazio e la necessità di superare i principi funzionalisti dello zoning di netta separazione spazio-temporale delle attività, introducendo l’idea di inte-

grazione fra lavoro, svago, abitazione e l’idea ancora più radicale di transfunzionalità. Per esempio, l’architetto e teorico dell’architettura Bernad Tschumi, che risente molto dell’influenza di Lefebvre, lavora



Secondo *cultural studies*, gli spazi pubblici socialmente rilevanti sono anche quelli dedicati alla relazione quotidiana

dagli anni ‘70 sul tema della transfunzionalità. I termini che lui utilizza di *crossprogramming*, *transprogramming* e *disprogramming* definiscono spazi sempre in fieri, instabili nell’uso e altamente metamorfici. Significativo è il progetto del parco della Villette a Parigi che si caratterizza per l’indeterminatezza funzionale delle *folies*, oggetti architettonici “folli” proprio per la loro mancanza di funzione e per la presenza di sole deboli tracce di percorsi tali da garantire traiettorie libere (Tschumi 2000).

Altri autori, attraverso il tema del quotidiano, hanno messo in questione l’idea, che a partire dalla Scuola di Francoforte è divenuta *leit-motiv* di molta letteratura sociologica e urbanistica, secondo cui l’alienazione sia la cifra del vissuto contemporaneo. La presunta crisi degli spazi pubblici partecipati, così come impostata da Habermas e ripresa da autori come Sennett, viene infatti su più fronti criticata. Ciò che viene contestato ad Habermas è il fatto di riferirsi ad una sfera pubblica borghese idealizzata, fatta di agorà, caffè e piazze d’Italia. Quelli che per il filosofo tedesco sono gli spazi pubblici modello, sono per i suoi contestatori, spazi elitari, dell’esclusione, e non pubblici *tout court*. Il loro carattere monumentale o comunque istituzionalizzato non sarebbe, in termini di vita pubblica, altrettanto autentico di quello degli spazi informali quotidianamente utilizzati in modo effimero, multiplo e contraddittorio. Questo secondo tipo di spazi, infatti, rappresenterebbe il terreno reale di scontro delle istanze e degli interessi divergenti dei diversi gruppi sociali, nell’ottica che non esista un bene comune definibile con lo strumento della “razionalità dialogica” (Leighton Chase,

Crawford, Kaliski 2008). È dal conflitto di interessi quotidiani che le diverse identità sociali trarrebbero le domande politiche e, dunque, sarebbero quelli del quotidiano i veri spazi di trasformazione politica e di rifigurazione della città, più che quelli pubblici istituzionalizzati.

Anche quei luoghi definiti come “pseudo-pubblici” (Sorkin 1990)<sup>2</sup> o come “non luoghi” (Augé 1992) rivelano forme di socialità quotidiane ricche e autentiche e sono investiti di significati profondi da chi quotidianamente li vive. C'è tutta una letteratura che va da quella dell'*Everyday Urbanism* di Margareth Crawford ai *cultural studies*, che recupera la nozione di quotidianità in contrasto con quella di spazio pubblico e di sfera pubblica istituzionalizzati e idealizzati. Nell'accezione dei *cultural studies*, gli spazi pubblici socialmente rilevanti non sono solo gli spazi di partecipazione politica, ma anche tutti quei luoghi interstiziali che, pur non ospitando la sfera pubblica in senso habermasiano, sono il quotidiano teatro di relazioni sociali, forme di convivenza e pratiche di socievolezza, cooperazione, significazione e qualche volta mobilitazione, dal carattere spesso fluido, occasionale e transitorio. Questo tipo di relazioni deboli sono anch'esse costitutive di uno spazio pubblico significativo in cui viene praticata a vari livelli l'etica del fare società mostrando come la narrativa sul “declino dell'uomo pubblico” vada rivista (Jedlowski 2011, Turnaturi 2011). Ispiratore dei *cultural studies* è stato lo studioso gesuita De Certau che vede nell'uso quotidiano degli spazi il luogo in cui si esercitano quelle strategie interstiziali, pirate-

di *Deus Absconditus*, il Dio che va ricercato nelle piccole e apparentemente insignificanti cose, anche laddove, oltre alla desolazione più disperante, sembra non esservi nulla. Mentre Lefebvre focalizza la propria attenzione sulle potenzialità rivoluzionarie insite nell'uso quotidiano degli spazi, poiché una rivoluzione che non produce un nuovo spazio e una nuova quotidianità è una rivoluzione destinata a fallire (Lefebvre 1968), De Certau è invece attento alle piccole forme di antidisdisciplina messe in atto dal singolo, tattiche di adattamento creativo in tutto simili a quelle praticate dagli animali per sfruttare al meglio le potenzialità nascoste del proprio habitat (De Certau 1980). In entrambi c'è comunque l'idea che lo spazio progettato sfugga al controllo totale e che non sia mai subito passivamente dagli individui. I soggetti si appropriano sempre creativamente degli spazi, degli oggetti e persino della cultura di massa e dei suoi simboli.

Una più attenta considerazione del tema della quotidianità è servita anche a ridimensionare la pretesa scientifica dell'architettura e dell'urbanistica, i cui esiti sociali non sono mai con certezza prevedibili a priori. Si produce sempre uno scarto fra le intenzioni iniziali di progetto, che sono sempre un'astrazione, e l'eterogeneo insieme di usi, pratiche e significati attribuiti dagli abitanti. Questo scarto è materia di studio della *Post Occupancy Evaluation*<sup>3</sup>, centrata sull'analisi dell'uso quotidiano degli spazi e sulle istanze, mutevoli e spesso non verbalizzate, che da questi usi, molteplici e in parte imprevedibili, scaturiscono. In particolare, l'attenzione al quotidiano arricchisce l'idea di progetto di quell'opacità e quell'ambiguità per cui gli spazi non sono mai puri, ma sempre mutevoli, a seconda dei ritmi circadiani della città, e contaminati dall'intersezione, spesso conflittuale, di segmenti di popolazione e di usi diversi. Nella sua ritmanalisi, Lefebvre paragona i tempi del quotidiano all'idrodinamica in cui le varie particelle seguono ritmi, frequenze e traiettorie altamente diversificate, che si sovrappongono, collidono e interferiscono. Oggi l'analisi delle tempistiche di uso degli spazi urbani da parte dei diversi segmenti di popolazione



**Gli spazi del quotidiano sono i veri spazi di trasformazione politica e di rimodellamento della città**

sche e irriverenti, con cui gli individui eludono lo spazio progettato in maniera tecnocratica. Pur essendosi largamente ispirato a Lefebvre, De Certau tratta il tema del quotidiano a partire dagli studi di medioevalistica, probabilmente passando per l'idea



costituisce uno degli approcci specifici e operativi al tema della quotidianità utile sia in materia di progettazione urbana che di realizzazione di politiche pubbliche (Paolucci 1998, Nuvolati 2002). Già negli anni '50 il gruppo internazionale di architetti del *Team X*<sup>a</sup> introduce nel dibattito interno al CIAM (*Congres Internationaux d'Architecture Moderne*) il problema di superare una visione semplificatoria del reale, tenendo conto in fase progettuale della complessità della vita che si svolge negli spazi pubblici e semipubblici. Tutti gli architetti del Team X progettano affinché la composizione dello spazio stimoli le pratiche spontanee, le quali sono generative di coesione sociale (Smithson 1968).

Più recentemente, il binomio spazio urbano/pratiche spontanee è divenuto centrale nel dibattito urbanistico ben oltre i tradizionali studi sociologici sulle comunità di vicinato. Per accogliere la spontaneità del quotidiano, la progettazione è pensata per essere indeterminata, permeabile, adattabile e trasformabile, non rigidamente definita e definitiva, così da lasciare aperte una pluralità di impreviste configurazioni. È in questa estrema apertura alla trasformabilità che i cittadini esercitano il proprio diritto alla città, partecipando quotidianamente alla redazione dei propri spazi. L'idea di atto progettuale inteso come atto di creazione demiurgico, quasi mitico, poiché sempre completo e definitivo, è ampiamente messa in questione. Si va affermando a più voci un'idea di progettazione dello spazio come processo sempre in fieri in cui elementi fisici e funzioni non sono overdeterminati. Viene teorizzato che forma e funzione debbano essere debolmente connesse per garantire flessibilità, adattabilità e aprire così il progetto alle interferenze e alle possibilità impreviste. Ciò può essere valido sia alla scala urbana, sia dei singoli edifici, sia a quella degli oggetti, come mostrano le pratiche di *co-design* e *l'interaction design* che fondono in un unico processo progetto e impiego creativo degli utilizzatori.

Per concludere, l'analisi della quotidianità ha portato a un diverso modo di guardare e di progettare la città. In particolare, l'attenzione al tema del quoti-

diano ha introdotto nella cultura progettuale:

- l'attenzione alla percezione soggettiva, biografica e fisico-sensoriale della città. Il campo urbano è in quest'ottica visto come campo esperienziale prima ancora che strettamente funzionale;
- l'idea che gli individui abbiano un ruolo fondamentale nella progettazione e trasformazione del loro spazio. Ruolo che viene sollecitato in modi diversi: per esempio attraverso le esperienze di urbanistica partecipata, attente ai segmenti più deboli della popolazione, attraverso gli inviti al *laissez faire* nell'ottica di un pluralismo liberale, e ancora attraverso la realizzazione di progetti urbani e architettonici volutamente indeterminati e dunque aperti alle possibilità trasformatrice;
- l'accettazione dell'opacità e dell'ambiguità del reale nella progettazione degli spazi urbani, con una riabilitazione critica degli spazi pubblici interstiziali e informali;
- la teorizzazione di nuovi strumenti teorici di indagine e progetto dello spazio urbano, come la valutazione post-occupativa e l'analisi dei tempi della città.

#### Bibliografia

- Amin A., Thrift N [2002], *Cities. Reimagining the urban*; trad. it. [2005] *Città. Ripensare la dimensione urbana*, Bologna, Il Mulino.
- De Certau M. [1980], *L'Invention du Quotidien I. Arts de Faire*, Union Générale d'éditions; trad. it. Baccianini M. [2010], *L'Invenzione del Quotidiano*, Roma, Edizioni Lavoro.
- Harris S., Berke D. [1997], *Architecture of the Everyday*, New York, Princeton Architectural press.
- Jacobs J. [1961], *The Death and Life of Great American Cities*; trad. it. [1969], *Vita e Morte delle Grandi Città Americane*, Torino, Einaudi.
- Jedlowski P. [2011], *Luoghi terzi, forme di socialità e sfere pubbliche*. Presentazione, in: *Rassegna Italiana di Sociologia*, 1 gennaio-marzo, pp.3-14.
- Lefebvre H. [1974] *La production de l'espace*; trad it. [1978] *La produzione dello spazio*, Milano, Moizi. [1981] *Critique de la vie quotidienne, III. De la modernité au modernisme (Pour une métaphilosophie du quotidien)*, Paris, L'Arche.
- Leighton Chase J., Crawford M., Kaliski J. [2008], *Everyday Urbanism: expanded*, New York, The Monacelli Press.
- Moran J. [2005], *Reading the Everyday*, Abingdon - New York, Routledge.
- Nuvolati G. [2006], *Lo sguardo vagabondo. Il flâneur e la città da Baudelaire ai postmoderni*, Bologna, Il Mulino.
- Paolucci G. [1998] *La città macchina del tempo. Politiche del tempo urbano in Italia*, Milano, Franco Angeli.
- Tschumi B. [2000], *Event cities 2*, Boston, The M.I.T. Press.
- Turnaturi G. [2011], *Socialità casuali*, in *Rassegna Italiana di Sociologia*, 1 gennaio-marzo, pp. 15-36.
- Venturi R., Scott Brown D., Izenour S. [1977], *Learning from Las Vegas: The forgotten symbolism of architectural form*; [2010], *Imparare da Las Vegas*, Macerata, Quodlibet.
- Viganò P. (a cura di) [2006], *Comment vivre ensemble. Prototypes of idiorhythmic conglomerations and shared spaces*, Roma, Officina.

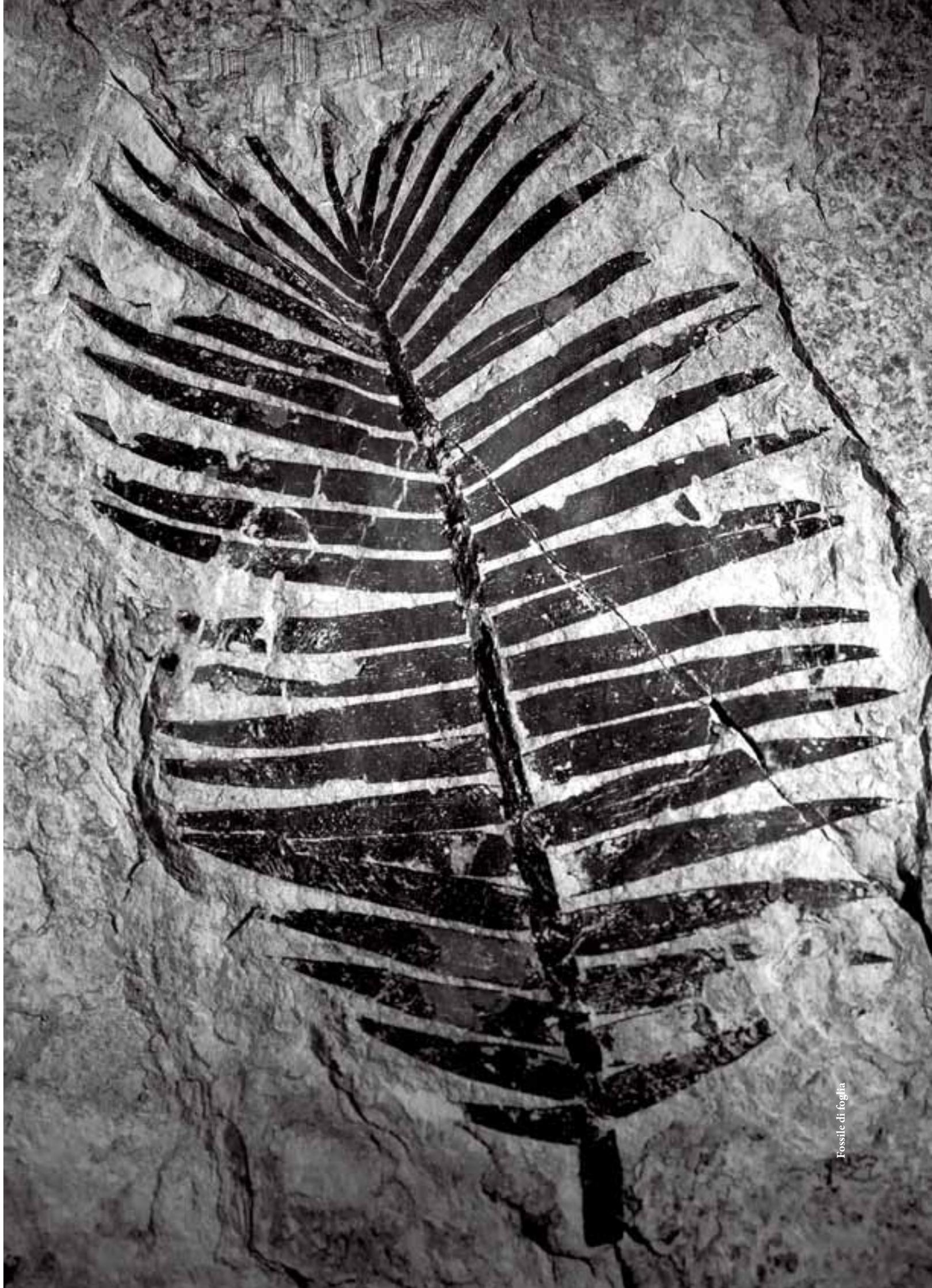
#### Note bibliografiche

<sup>1</sup> La definizione di quotidiano è polisemica. Generalmente ci si riferisce al quotidiano come a ciò che non è degno di nota poiché viene esperito non per la prima volta, ma ancora ed ancora una volta e viene dunque dato per naturale e per scontato. Tuttavia in campo urbano la quotidianità ha assunto molteplici significati. In Venturi & Scott Brown è considerata sinonimo di ciò che è proprio della cultura di massa e dello stile di vita del cittadino medio. In Jane Jacobs viene usata come sinonimo di mondo reale ed in questo senso utilizzata come strumento critico a posizioni teoriche consolidate ed astratte. Jacobs infatti contrappone il quotidiano della città reale, ricco, effervescente e imprevedibile, alla visione ossificata ed astratta del razionalismo architettonico (Jacobs 1961).

<sup>2</sup> Sorkin, sulla scia del pensiero di Habermas, definisce gli spazi del consumo come spazi pseudo-pubblici caratterizzati da forte sorveglianza e simulazione.

<sup>3</sup> La post-occupancy evaluation (valutazione post-occupativa) è una pratica che studia gli spazi costruiti una volta ultimati ed abitati, adottando come punto di vista quello di coloro che a vario titolo li abitano e li fruiscono. Lo scopo della valutazione post-occupativa è quello di far emergere gli aspetti critici dello spazio costruito per poter adottare strategie correttive da applicare all'ambiente studiato e per avere indicazioni più generali cui attenersi in futuro. Questa pratica nasce a cavallo degli anni '60 e '70 nel mondo anglosassone dove, insieme ai Paesi nordeuropei, si sviluppa maggiormente.

<sup>4</sup> Il Team X annovera fra i suoi membri più importanti: Jacob B. Bakema, Aldo Van Eyck, Alison e Peter Smithson, George Candilis, Shadrach Woods e l'italiano Giancarlo De Carlo.



Fossile di foglia

## I monumenti alla prova del *global warming*

Giovanna Dall'Ongaro

*Sfuggito finora agli studi che valutano i cambiamenti climatici, il patrimonio storico e artistico subirà gli effetti dell'aumento della temperatura e del livello dei mari. Un progetto europeo coordinato dall'ISAC di Bologna quantifica per la prima volta i rischi a cui vanno incontro torri, chiese e siti archeologici. Con un duplice intento: tutelare l'eredità antica e monitorarne le trasformazioni per comprendere meglio il clima che ci aspetta*

Sui cambiamenti climatici è stato detto tutto e il contrario di tutto: dati allarmanti vengono periodicamente diffusi, ridimensionati, contestati. E le strategie politiche per affrontare lo scenario futuro sono messe in discussione a ogni nuova riunione su temi di portata globale. L'esempio è recente: lo scorso giugno, l'autorevole *Stiftung Wissenschaft und Politik – German Institute for International and Security Affairs* ha chiesto di ridimensionare gli obiettivi di riduzione del *global warming* e alzare l'asticella del traguardo a un livello superiore ai 2 gradi, quota finora stabilita dagli accordi internazionali. Rassegnazione di fronte al fallimento? O pragmatismo da *realpolitik*? Fatto sta che la proposta di revisione degli obiettivi avrà il suo peso nei lavori di preparazione per il nuovo accordo post Kyoto previsto per il 2015.

Mantenere l'aumento di temperatura entro i 2 gradi, infatti, secondo i tedeschi è una battaglia già persa. Basta mettere insieme due autorevoli previsioni e lasciare che la logica faccia il resto: dal *Mauna Loa Observatory* nelle Hawaii apprendiamo che il livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera si sta avvicinando alla quota di 400 parti per milione, mentre dal IV Rapporto dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change AR IV, 2007*) veniamo avvisati che, in corrispondenza di una quantità di CO<sub>2</sub> pari a 400-440 parti per milione ci dobbiamo aspettare un aumento di ben 2,8 gradi. Le conseguenze sono note: ondate di caldo eccezionali, fenomeni estremi di siccità o piovosità, innalzamento del livello dei mari.

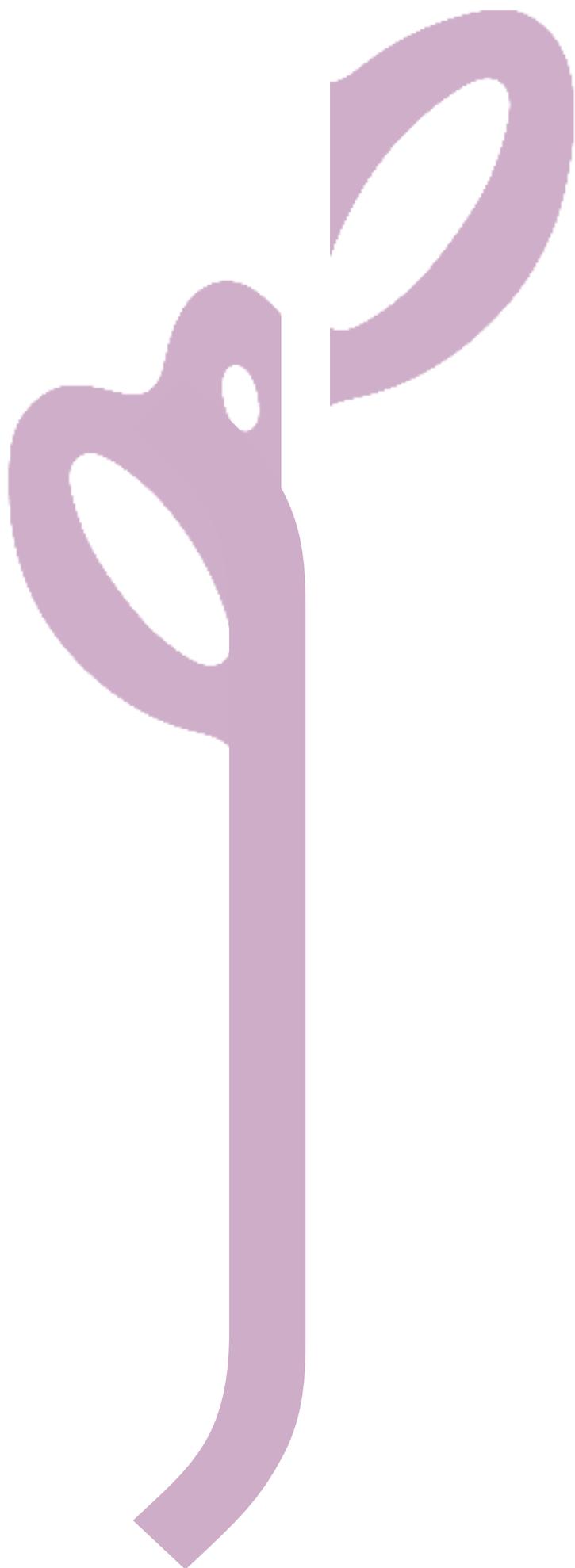
Come noti, perché molto studiati, sono gli effetti sulla salute umana, sull'ambiente, sul cibo, sulla biodiversità.

### ANCHE I MONUMENTI RISENTONO DEL CLIMA

«La primavera, l'estate, l'autunno di messi gravido, l'irato inverno van mutando la lor consueta veste; e il mondo, sbalordito, non sa più riconoscere dai frutti qual sia questa stagione, qual quest'altra. E tutta questa progenie di mali è generata daianostri litigi, dalle continue nostre ostilità; noi soli siamo i loro genitori».

Con questa citazione shakesperiana (*Sogno di una notte di mezza estate*) si apre un articolo firmato dallo scienziato inglese May Cassar nel 2005, un modo per dire che il problema ha origini antiche. Stiamo parlando del Rapporto pubblicato a conclusione dello studio sull'impatto dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale e artistico inglese commissionato dal *Centre for Sustainable Heritage* dell'Università di Londra. Dove si avverte che chiese, reperti archeologici e castelli non verranno risparmiati dall'aumento della temperatura, dalle inondazioni, dall'eccessiva umidità o al contrario da periodi di siccità prolungata. Ma l'interesse inglese per il tema è un caso raro. Per lo più, infatti, la scienza sembra avere finora evitato qualunque associazione tra monumenti e mutamento climatico. Il patrimonio costruito non rientra generalmente tra le principali "vittime" del clima, come per esempio succede all'agricoltura, e non viene considerato come valido indicatore del fenomeno e modello di riferimento utile per realizzare le cosiddette strategie di "mitigazione e adattamento".

I Rapporti dell'IPCC, per intenderci, non fanno alcun cenno al *cultural heritage*. A colmare questa lacuna è intervenuto il progetto europeo *Noah's Ark*, cui hanno partecipato ricercatori di varie istitu-



zioni europee coordinati dall'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima ISAC-CNR di Bologna con lo scopo di stimare i danni che i simboli dell'identità culturale dei paesi europei subiranno nei prossimi cento anni per effetto dei cambiamenti climatici.

### UN' ARCA DI NOÈ PER CATTEDRALI E ANTICHE ROVINE

Torri, campanili, chiese, reperti archeologici, statue, sculture, palazzi storici, tutti stipati su una salvifica arca. E' questo il logo scelto per rappresentare il pionieristico progetto europeo che valuta l'impatto dei cambiamenti climatici sul patrimonio culturale, culminato con la pubblicazione di un Atlante di Vulnerabilità dove sono indicati e quantificati i principali fenomeni di degrado attesi in un futuro



**I parametri presi in esame da *Noah's Ark* sono temperatura, precipitazioni, vento e inquinamento atmosferico**

vicino (con previsioni da qui al 2039) e lontano (con scenari possibili dal 2070 al 2099). Lo studio, diciamolo subito, non fa nomi e cognomi, non prevede cioè il futuro del Colosseo o della Torre di Pisa, ma descrive cosa accadrà ai materiali con i quali quei monumenti sono stati costruiti. Avvalendosi dei modelli di simulazione sviluppati al *Met Office Hadley Centre*, l'istituto britannico riconosciuto come un'autorità nel campo delle previsioni tanto da venire consultato dall'IPCC per la stesura dei suoi rapporti, i ricercatori del *Noah's Ark* hanno quantificato i rischi materiale per materiale e hanno anche indicato, con delle linee guida indirizzate alle istituzioni, la strada per poter limitare i danni. «Per avere informazioni sui cambiamenti che subiranno i singoli monumenti, bisognerebbe avviare un monitoraggio specifico per ogni struttura che tenga conto di altre variabili, tra cui l'assidua frequentazione di visitatori. Non era questo lo scopo del nostro programma di ricerca che invece si è concentrato sui materiali più diffusi nel patrimonio culturale europeo» spiega Cristina Sabbioni, direttrice dell'ISAC e responsabile del progetto Arca di Noè. La scelta è ricaduta quindi su calcari, arenarie,

marmi, metalli, mattoni, legno e vetro frequentemente utilizzati nell'edilizia antica.

È su questi materiali che gli scienziati hanno analizzato gli effetti dovuti ai cinque fenomeni meteorologici e climatici di maggiore impatto: le variazioni di temperatura, le precipitazioni, i cicli di umidità, il vento e l'inquinamento atmosferico.

### L'acqua

«Contrariamente a quanto verrebbe naturale pensare», spiega Sabbioni, «i rischi maggiori non vengono dalle variazioni di temperatura, considerate il fenomeno principale dei cambiamenti climatici, ma da quelle del ciclo dell'acqua. Particolarmente sensibili all'azione di fenomeni estremi come piogge intense, inondazioni, tempeste, ma anche a eventi meno violenti, sono i marmi e i calcari. Questi materiali subiranno una sensibile perdita di materiale superficiale. In alcune zone del Nord Europa, come Inghilterra e Scandinavia, l'erosione avverrà al ritmo di 35 micron

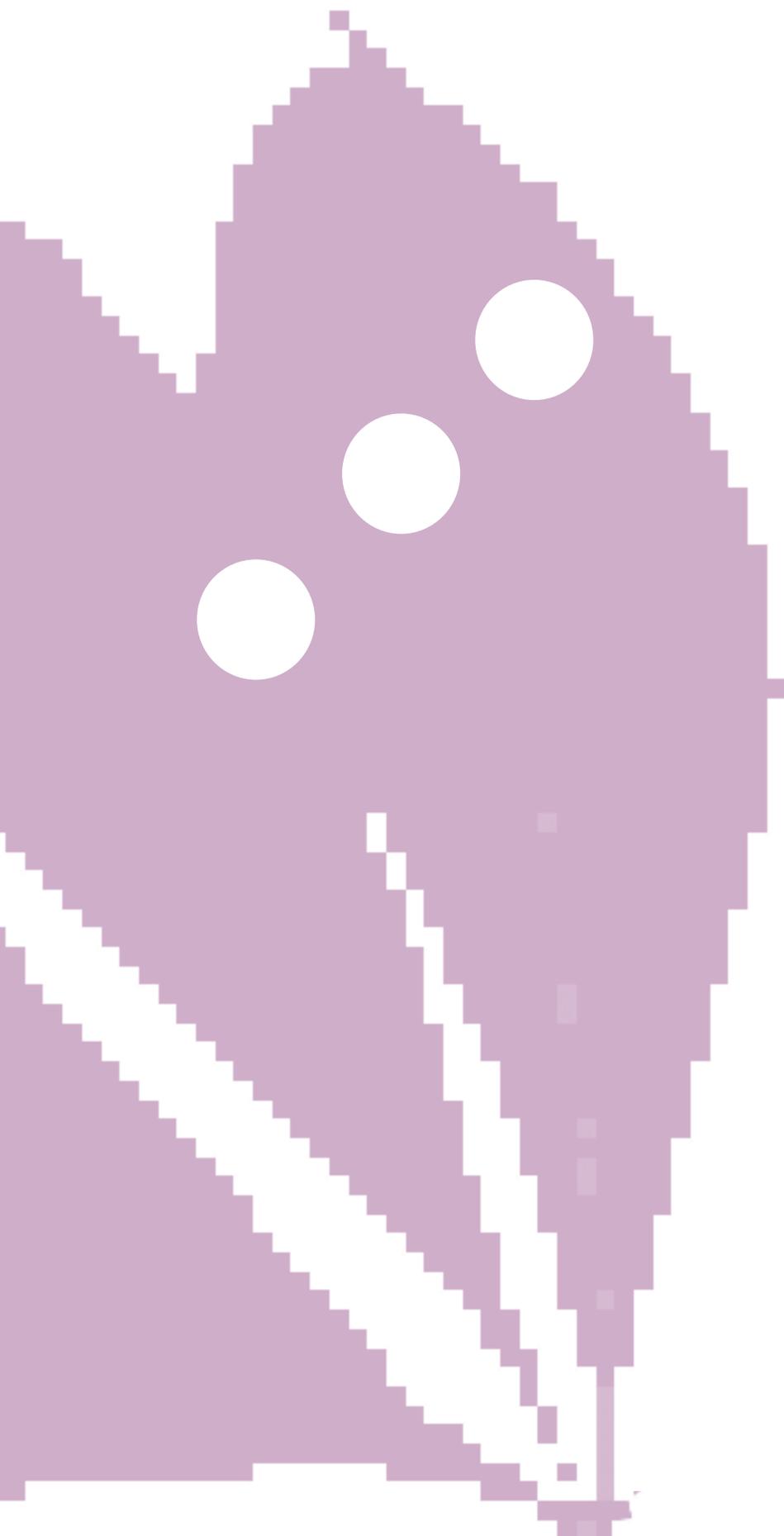


Oltre alla determinazione dei danni e dei rischi futuri, il progetto prevede lo sviluppo di strategie di mitigazione e adattamento

all'anno con un aumento del 60% rispetto al passato. In Italia il fenomeno sarà maggiormente evidente nelle zone montuose delle Alpi e degli Appennini dove si avrà una recessione della superficie anche maggiore di 30 micron, mentre interesserà in misura molto minore altre aree come la Pianura Padana, dove non si andrà oltre i 5 micron». Per quantificare la perdita di materiale superficiale, i ricercatori hanno tenuto conto di due parametri: la portata delle precipitazioni previste e la quantità di carbonato di calcio che si scioglie in acqua. Questo secondo fattore dipende, a sua volta, dalla presenza di anidride carbonica nell'atmosfera che, come sappiamo, è destinata ad aumentare.

### Il sole

Principalmente Sicilia e sud della Spagna, ma anche Portogallo e Grecia. Qui si farà sentire soprattutto l'effetto della radiazione solare. Il pensiero va immediatamente ai templi di Agrigento che, come altri monumenti in pietra, subi-



ranno le conseguenze del cosiddetto “stress termico” che produce microfratture dovute all’espansione disomogenea dei cristalli.

### **L’umidità**

«Il patrimonio archeologico che si trova lungo le coste è particolarmente minacciato dal fenomeno della cristallizzazione del sale marino.

A fare da indicatore dei mutamenti attesi è il parametro rappresentato dal numero di cicli di umidità relativa intorno al 75,5% che determinano il cambiamento di fase del cloruro di sodio. Ebbene il numero dei cicli aumenterà in tutta Europa – spiega Cristina Sabbioni – con due conseguenze particolarmente evidenti su materiali porosi, come arenarie e mattoni: un aumento delle microfratture interne che generano stress nella struttura e la crescita di microrganismi sulla superficie che compromettono il valore estetico del monumento. Nelle zone dell’Italia Centrale si avranno più di 45 cicli all’anno di umidità relativa, pari al 75,5%».

Non tutto il male viene comunque per nuocere: gli stessi cambiamenti climatici responsabili dell’accelerazione di alcuni fenomeni di degrado possono invece rallentare altri. Il tanto temuto aumento della temperatura globale, croce per l’agricoltura e la salute umana, potrebbe trasformarsi in delizia per alcuni tipi di monumenti. In molte aree geografiche dell’Europa, con eccezione dei paesi del Nord e della Russia, infatti l’incremento di gradi centigradi previsto per i prossimi anni dovrebbe determinare una riduzione dei cicli di gelo e disgelo responsabili delle fratture interne dei materiali. «Questo è un fatto positivo, così come positivo è l’interesse che il nostro paese, in anticipo su altri, sta dimostrando nei confronti dei nostri monumenti e dei rischi che corrono per effetto dei cambiamenti climatici. La Strategia Nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici ha preso in considerazione per la prima volta il patrimonio culturale come settore vulnerabile e degno di tutela. E’ un buon segnale che speriamo abbia un seguito anche nelle istituzioni internazionali», conclude Cristina Sabbioni.

## Grandi estinzioni e biodiversità

Pietro Greco

*Le specie nascono, crescono e muoiono. Di per sé l'estinzione naturale di una specie non va interpretata come un fenomeno eccezionale, ma deve essere considerata semplicemente per ciò che è, ovvero un'espressione dell'evoluzione biologica. Un'estinzione non comporta necessariamente la scomparsa della vita; in genere si tratta della scomparsa di un gruppo limitato di organismi, a favore di un altro più agguerrito e resistente, che ne prende il posto*

Cattivi geni o cattiva sorte? Dopo il Big Bang, l'esplosione del Cambriano che poco meno di 600 milioni di anni fa ha inaugurato la stagione della vita animale, la biodiversità – ovvero il numero di specie viventi sul pianeta Terra – ha avuto una crescita costante, quasi lineare.

Anche se la ricchezza delle forme di vita ha subito molte fluttuazioni, con decine di episodi di estinzione di massa che, in almeno cinque casi, sono state “grandi”, ovvero hanno visto scomparire oltre il 65% delle specie. Eppure, anche dopo una “grande estinzione di massa”, la vita si è subito ripresa e la biodiversità ha recuperato per intero la sua ricchezza. E, anzi ha continuato ad aumentare come se l'estinzione non fosse mai avvenuta.

Nel Permiano, 245 milioni di anni fa, si è estinto almeno il 96% delle specie. La vita sulla Terra ha rischiato di scomparire. Eppure, dopo quell'immane moria, la diversità biologica è ritornata ai precedenti valori e ritmi di crescita. A causa di questa specie di “*stop and go*”, la gran parte (il 98%) delle specie nate e vissute sulla Terra sono morte. E, dunque, la storia della vita sul nostro pianeta è una storia di continuo ricambio delle specie.

Sebbene, aggiungerebbe Stephen Jay Gould, di nessun cambio di *Phylum*, di grandi piani strutturali, il cui numero dal Cambriano in poi non è mutato. A subire il ricambio continuo sono soprattutto le specie, mentre le organizzazioni tassonomiche gerarchicamente superiori sono più stabili. Anche oggi assistiamo a un fenomeno di estinzione. Le specie muoiono a una velocità superiore a quella con cui nascono. Anzi, il ritmo di estinzione è superiore persino a quello della più vasta e rapida “grande estinzione di massa”. È il motivo per cui molti parlano di una

“sesta grande estinzione” in atto e molti sostengono che «la vita è in bilico», come recita il titolo di un libro firmato qualche anno fa da Niles Eldredge, il biologo evoluzionista autore, insieme a Stephen Jay Gould, della «teoria degli equilibri puntuati». Ma davvero la vita è in bilico? E come si spiegano le immensi morie che hanno puntuato la storia della vita? Hanno un ruolo evolutivo? E le specie che muoiono, scompaiono perché hanno “cattivi geni” e perdono la partita nella darwiniana gara per la sopravvivenza del più adatto o perché sono, semplicemente, sfortunati? Sono domande che non hanno solo un valore teorico, ma sono fondamentali anche per cercare di evitarla, questa sesta grande estinzione. Una decisione che, come umanità, abbiamo varato a Rio de Janeiro nel 1992 con la Convenzione delle Nazioni Unite sulla diversità biologica.

Iniziamo, dunque, col cercare di rispondere alla prima domanda: davvero la vita è in bilico? Subito ci imbattiamo in un problema niente affatto semplice da risolvere: non sappiamo esattamente quante specie vivano sulla Terra. Anzi, non ne conosciamo con certezza neppure l'ordine di grandezza. Le stime più attendibili oscillano tra 5 e 100 milioni di specie viventi. I tassonomisti ne hanno classificate, finora, circa 2 milioni. Due cose, però, le sappiamo abbastanza bene. Che siamo all'apice di una linea di crescita della biodiversità: mai in passato c'è stata tanta ricchezza di specie. E che mai in passato (o, almeno, mai a nostra conoscenza) la biodiversità è stata erosa in maniera così veloce come ai nostri giorni. Di questa sesta estinzione di massa – che non si consumerà in pochi giorni, ma che potrebbe consumarsi in pochi secoli

o addirittura in pochi decenni – dobbiamo preoccuparci. Non fosse altro perché in ogni caso noi stessi, specie sedicente sapiente, a un così radicale cambiamento saremmo chiamati a pagare un costo forse insopportabile. Per meglio comprendere ciò che è in atto e le sue possibili conseguenze conviene cercare di capire cos'è il fenomeno dell'estinzione delle specie. E, prima ancora, cos'è una specie. Non è semplice elaborare una definizione. Infatti, ce ne sono diverse. In prima approssimazione, possiamo dire che la specie è costituita da un insieme di individui che possono incrociarsi tra loro e generare una prole a sua volta feconda. Per intenderci cavalli e lumache sono specie diverse, perché non si incrociano tra loro. Ma anche cavalli e asini sono una specie diverse. Perché, pur incrociandosi tra loro generano una prole, i muli, che non è feconda.

Bene, le specie, proprio come i singoli individui, nasco-

**La gran parte delle specie apparse sulla Terra si sono estinte. Tale processo si è accompagnato, alla formazione di nuove specie**

no, si sviluppano e muoiono. L'estinzione delle specie è, dunque, un fenomeno normale. Che avviene con una certa ciclicità e secondo tre modalità. C'è un'"estinzione di sfondo", che si consuma in tempi per così dire normali. Modifiche dell'ambiente, apparizione di nuove specie, fenomeni di co-evoluzione portano una specie a estinguersi. In media, una specie animale vive pochi milioni di anni. Anche se vi sono innumerevoli esempi di specie che hanno vissuto molto meno e molti altri che hanno vissuto decisamente più a lungo. Le specie muoiono, pertanto, senza alterare l'equilibrio ecologico complessivo. Sia detto per inciso, ove mai dovesse verificarsi, l'eventuale scomparsa di *Homo sapiens* sarebbe del tutto normale nella vicenda della vita sulla Terra e avverrebbe, per parafrasare Jacques Monod, nell'immensità indifferente della diversità biologica. Nascita e morte sono componenti ineludibili, a ogni livello, della vita sul nostro pianeta.

Ma, tornando alle nostre domande, va detto anche che, in tempi normali, il tasso di speciazione, ovvero la nascita di nuove specie, è superiore al tasso di estinzione. Per questo, la storia a grana grossa della vita sulla Terra ha fatto regi-

strare, almeno finora, un aumento costante e addirittura quasi lineare della biodiversità.

Le “nascite di sfondo” sono generalmente superiori alle “estinzioni di sfondo”. Vi sono, però, fenomeni



**Quando il numero di specie che si estingue supera il 75% di quelle viventi si parla di “grandi estinzioni”**

di estinzione più acuti. Quelli che Niels Eldredge chiama “terremoti ecologici limitati” che riguardano regioni vaste, ma appunto confinate, e coinvolgono numerose specie. In questi casi, in maniera limitata nello spazio e/o nel tempo, la scomparsa delle specie supera le nuove apparizioni. La diversità biologica diminuisce. Ci sono, infine, le già citate “grandi estinzioni di massa”. Che si verificano, di tanto in tanto, e coinvolgono l’intera biosfera. Si tratta di autentici cataclismi globali. Nel corso dei quali periscono centinaia di migliaia di specie viventi (per definizione non meno del 65%). Queste grandi estinzioni di massa sono piuttosto rare: si verificano in media ogni 100 milioni di anni. La storia della vita è tuttavia costellata da numerose stragi di specie. Tra una grande estinzione di massa e l’altra, vi sono infatti estinzioni di specie di portata minore. In media ogni 10 milioni di anni, ad esempio, si verificano eventi che determinano la scomparsa del 30% delle specie. Insomma, la curva del tasso di estinzione delle specie è continua. E non c’è una cesura di principio tra “grandi estinzioni di massa”, “estinzioni intermedie” e “estinzioni di sfondo”. La perdita di biodiversità, nelle sue diverse classificazioni e nella sua sostanziale unitarietà, caratterizza la storia della vita, non meno della crescita di biodiversità.

In linea di principio dovremmo prenderle in considerazione tutte, le estinzioni delle specie. Tuttavia, per affrontare il nostro problema – quella di una possibile sesta estinzione di massa – ci conviene prestare particolare attenzione alle “grandi estinzioni”. Quelle in cui a morire sono almeno due specie su tre. Come illustrato nella tabella sottostante, ne possia-

mo contare almeno cinque negli ultimi 600 milioni di anni. A queste cinque, dovremmo aggiungerne la (potenziale) sesta. Un’estinzione che si sta consumando oggi, sotto i nostri occhi. E, probabilmente, sotto le nostre mani. L’estinzione contemporanea non ha (ancora) raggiunto le dimensioni critiche che caratterizzano una grande estinzione: la scomparsa del 65% delle specie. Ma la velocità con la quale in questi anni stanno sparendo le specie è, sostengono gli esperti, superiore a quella delle grandi estinzioni. Se questo ritmo dovesse restare immutato, nel giro di pochi secoli o, addirittura, di pochi decenni la nostra diventerebbe a tutti gli effetti una grande estinzione. In ogni caso, nel corso di ciascuna delle cinque grandi estinzioni effettive, a sparire per sempre sono state, ogni volta, centinaia di migliaia di specie. La biodiversità ha subito un rapido e catastrofico tracollo. Nel Permiano, 245 milioni di anni fa, nel corso della madre di tutte le estinzioni, è scomparso il 96% di tutte le specie viventi. La vita si è ritrovata davvero sull’orlo del baratro. E, come scrive un altro biologo, David Raup: «se le stime sono accurate, il mondo biologico, almeno per quanto riguarda gli organismi superiori, ha evitato per un soffio l’estinzione totale». Le “grandi estinzioni di massa” rappresentano dunque una immane tragedia. Che può portare la vita sull’orlo dell’estinzione totale. Ma finora non si sono rivelate una tragedia definitiva. Dopo ogni grande estinzione, infatti, nel breve volgere di 5 o 10 milioni di anni la precedente biodiversità è stata pienamente recuperata, e il processo di diversificazione della vita è continuato, con attori nuovi, come se nulla fosse avvenuto. Lo studio delle grandi estinzioni si presterebbe a numerose considerazioni. Ma, ai nostri fini, è importante rispondere a tre domande: qual è la causa che le scatena? Hanno un ruolo evolutivo? E perché, mentre la gran parte delle specie muoiono, alcune sopravvivono? Non sappiamo cosa scateni, di tanto in tanto, una “grande estinzione di massa”. Le ipotesi sono molte. Alcuni studiosi propongono una causa specifica per ciascuna grande estinzione. Altri una causa unica e comune, ad esempio il periodico impatto della Terra con un grosso asteroide. Non è

Tabella 1 - Le grandi estinzioni di massa

Periodo	Milioni di anni dall'era presente	Famiglie estinte (%)	Generi estinti (%)	Specie estinte (%)
Ordoviciano	440	12	50	75
Devoniano	365	12	30	65
Permiano	245	54	72	96
Triassico	210	12	40	70
Cretaceo	66	12	38	68
Quaternario	0	?	?	?

il caso di entrare nel merito di questa accesa (e interessante) discussione. Anche se occorre rilevare che all'ipotesi della causa unica sfuggirebbe in ogni caso la spiegazione della attuale (potenziale) estinzione

**Le specie più esposte al pericolo, di estinzione, occupano particolari e ristrette nicchie ecologiche**

di massa, provocata (anche) da un agente che non era presente nel corso delle cinque precedenti: l'uomo. Tuttavia, quello che conviene sottolineare è che la causa, sia essa unica e di diverso tipo – biologica (un'epidemia interspecifica), geofisica (una brusca variazione del clima), astrofisica (un grosso asteroide) – o sia, invece, un intreccio di cause concomitanti, costituisce comunque un evento eccezionale. Un accidente della storia di immane rilevanza biologica, capace di reindirizzare lo sviluppo della vita. Ma che nessuna legge biologica può contenere, prevedere o cercare di ammortizzare. È un accidente, decisivo per la vita, che non può rientrare in alcun algoritmo. E che non rientra nei comuni fattori che determinano la sopravvivenza delle specie per selezione naturale del più adatto. Per intenderci: nessuna specie può aver sviluppato caratteri che la rendono adatta a sopravvivere all'impatto di un grosso asteroide.

È certo però che, pur sfuggendo al normale tran tran della vita, anche le grandi estinzioni hanno un ruolo evolutivo. Oggi sulla Terra non ci sarebbe l'egemonia (e la biodiversità) dei mammiferi se un asteroide o, forse, una costellazione di cause non avesse determinato 65 milioni di anni fa l'estinzione dei dinosauri. O meglio, l'estinzione di gran parte dei dinosauri e l'evoluzione di una parte minore di quei sauri nella nuova classe di animali che chiamiamo uccelli.

Cosa sarebbe stato della vita, senza le grandi estinzioni? La biodiversità avrebbe probabilmente raggiunto un livello di saturazione. In una condizione di saturazione la selezione naturale avrebbe continuato a operare, ma con adattamenti sempre più marginali. Insomma, si sarebbe arrivati a una condizione

di sostanziale stabilità. Non avremmo avuto forme davvero nuove e abitudini di vita davvero innovative. Senza l'estinzione (e parziale evoluzione) dei dinosauri, noi uomini, per esempio, non saremmo, con ogni probabilità, mai apparsi sulla faccia della Terra. Le grandi estinzioni, insomma, hanno avuto storicamente un ruolo evolutivo eccezionale. Hanno eliminato molti di quegli «accidenti congelati» che la selezione naturale non avrebbe saputo eliminare, aprendo così nuovi e inattesi spazi evolutivi.

Veniamo, dunque, alla terza domanda. Perché, nel corso di una “grande estinzione di massa” la gran parte delle specie muore, mentre alcune sopravvivono? Si tratta di buoni geni o solo di buona sorte? La domanda è davvero complicata. Certo, la selezione naturale non può aver allevato geni in grado di resistere all'impatto di un asteroide, all'esplosione concomitante di mille vulcani o alla furia devastatrice dell'uomo. Quindi il caso, o la fortuna, contano. Tuttavia, come rileva ancora David Raup, è anche vero che «gli organismi hanno illimitate caratteristiche potenzialmente rilevanti: anatomiche, comportamentali, fisiologiche, geografiche, ecologiche e, addirittura, tassonomiche». Queste potenzialità nascoste possono diventare utili e addirittura determinanti in una nuova situazione. I buoni geni (o meglio, i geni previdenti), dunque, contano. Ma quanto? È difficile dirlo. Probabilmente, sostiene ancora David Raup, nel corso di una grande evento di estinzione «l'effettivo livello di selettività non è mai molto alto». Il segreto per sopravvivere a quelle immani catastrofi, quindi, è possedere buoni geni, ma soprattutto buona sorte.

La contingenza di cui parlava Stephen Jay Gould – ovvero quella concatenazione irripetibile di cause favorevoli, che non sono mero caso – è quindi determinante in questi episodi decisivi e ricorrenti della storia della vita. Ma la contingenza è, per definizione, irriducibile a qualsiasi algoritmo. Strutturalmente imprevedibile. Le “grandi estinzioni di massa” sono dunque lì ad ammonire chiunque cerchi di forzare la storia della vita in un percorso necessario disegnato da una legge universale. Se anche esistesse, un design

più o meno intelligente, se anche esistesse un “secondo principio della complessità crescente”, immagine speculare e opposta del secondo principio della termodinamica che (in un sistema isolato) impone la crescita ineluttabile del disordine, dovrebbe non solo scendere a patti, ma inchinarsi di fronte alla contingenza della storia.

E, tuttavia, in questa incipiente sesta estinzione di massa anche la contingenza di Gould dovrebbe piegarsi di fronte a una novità evolutiva: l'“enorme coscienza” di *Homo sapiens*. Intesa come inedita capacità di una specie di saper prevedere – non con il determinismo delle previsioni magiche, ma con il probabilismo delle previsioni scientifiche – la catastrofe incipiente. E intesa anche come lucida volontà di evitarla. Perché il futuro della nostra specie e delle altre specie, sebbene con tanti vincoli, è anche nelle nostre stesse mani. La vita è in bilico, anche a causa nostra. Ma noi lo sappiamo. E possiamo allontanarla dall'orlo del baratro dove l'abbiamo portata. Rappresentiamo un fattore nuovo e impreveduto e paradossale nella storia della vita. Siamo la prima causa di una catastrofe che può agire su se stessa. Anzi, che può agire preventivamente su se stessa ed evitare la catastrofe di cui è causa.





Fossile di pesce

## Ognuno di noi può fare qualcosa

Intervista di Cristiana Pulcinelli a Jane Goodall

Seduta in cima a una scaletta in modo da poter abbracciare tutto il pubblico con lo sguardo, Jane alza la testa, allunga il collo e fa uscire dalla gola un verso antico che suona alle nostre orecchie allo stesso tempo esotico e familiare. E' il saluto degli scimpanzé, vuole dire più o meno: ciao, sono io. I nostri antenati probabilmente producevano qualcosa di simile quando si incontravano nelle savane africane ed è a dir poco emozionante ascoltarlo da questa signora inglese di 79 anni, magra e canuta, ma con un'energia incontenibile che le ha permesso di trascorrere la sua vita prima studiando gli scimpanzé da molto vicino nelle foreste africane e poi impegnandosi quotidianamente per salvare le specie viventi e, con esse, il nostro pianeta. Jane Goodall recentemente, è venuta in Umbria. L'incontro con un vasto pubblico formato soprattutto da giovani è avvenuto il primo giugno a Terni, ospiti della biblioteca di Arpa Umbria. La chiacchierata è stata preceduta da un concerto del gruppo percussionistico Tetraktis realizzato utilizzando strumenti musicali in vetro ricavati da vecchi strumenti di laboratorio. Il giorno dopo, era invece a Perugia, al teatro Morlacchi, dove è andato in scena lo spettacolo "Jane Goodall. Storie e musica". Lo spettacolo, in cui Jane in persona racconta la sua fantastica storia accompagnata da due musicisti, sta girando l'Europa. Jane ha parlato dei suoi primi anni in Africa quando, ancora ragazza, incontrò il paleoantropologo Louis Leakey. Leakey era convinto che bisognasse studiare i primati per capire l'evoluzione dell'uomo e all'inizio degli anni Sessanta indirizzò tre ragazze verso questi studi: Jane Goodall che si occupò di scimpanzé, Diane Fossey che studiò i gorilla e Biruté Galdikas che invece si in-

teressò di oranghi. "Gli angeli di Leakey", come vennero soprannominate, fecero scoperte fondamentali. Jane in particolare vide cose inaspettate osservando il comportamento degli scimpanzé, come il fatto che usano strumenti, una caratteristica che si pensava esclusivamente umana. Oppure che traggono dall'esperienza informazioni che poi trasmettono alle generazioni successive. In seguito molti altri studi hanno confermato che questi animali sono più simili a noi di quanto pensassimo. E le analisi genetiche hanno dimostrato che condividiamo oltre il 98% del patrimonio genetico.

### *Perché prima nessuno se ne era accorto?*

All'inizio gli scienziati che si occupavano di comportamento ragionavano secondo criteri riduzionisti: il complesso si doveva spiegare con il semplice. Noi e gli animali avevamo ben poco in comune: eravamo diversi e separati. Gli scimpanzé non dovevano, quindi, essere chiamati per nome, ma identificati attraverso un numero. Non avrei dovuto descrivere le loro differenti personalità e neppure avrei dovuto attribuirgli quelle emozioni come paura, gioia, tristezza considerate, dagli scienziati, prerogativa esclusivamente umana. Ma da bambina avevo avuto un maestro che mi aveva insegnato che i professori non hanno sempre ragione e che gli umani non sono i soli ad avere una mente o a provare sentimenti. Quel maestro era il mio cane. Così, quando gli scimpanzé si sono fidati di me e hanno permesso che mi sedessi con loro, ho descritto quello che ho visto. E non ho avuto paura di accettare quello che vedevo.

### *Circa 25 anni fa però le cose cambiarono:*

*no: da etologa comincio a interessarmi dei problemi ambientali che minacciavano gli scimpanzé in Africa. Da lì a diventare un'attivista il passo è stato breve. Oggi gira per il mondo senza posa per portare il suo messaggio: ognuno di noi può fare qualcosa, ogni giorno, per l'ambiente. Qual è, secondo lei, il problema ambientale più importante oggi, quello che dovremmo affrontare per primo?*

Nella foresta ho imparato che tutto è interconnesso. Siamo di fronte a un terribile groviglio di problemi ambientali, ma è impossibile separarli l'uno dall'altro. Dovremmo pensare invece a lavorare insieme, collaborando con altre organizzazioni, ognuna delle quali si interessa di un aspetto del problema. Noi, che ci occupiamo di scimpanzé, pensiamo prima di tutto a come proteggere la foresta pluviale. Questa foresta sta scomparendo molto velocemente e le conseguenze non riguardano solo gli scimpanzé che ci vivono: senza foresta, infatti, più anidride carbonica viene rilasciata nell'atmosfera, questo fa aumentare i gas serra che, a loro volta, causano il cambiamento del clima. Contemporaneamente il deserto avanza, le riserve d'acqua diminuiscono e si perde biodiversità: le specie animali e vegetali stanno scomparendo e noi non sappiamo quali effetti questo possa avere su tutto il resto. E poi c'è l'inquinamento: stiamo avvelenando le acque, le terre e l'aria soprattutto con le emissioni industriali e con le sostanze chimiche utilizzate per l'agricoltura. Da un lato c'è un'estrema povertà, dall'altro uno stile di vita insostenibile. E in mezzo la popolazione mondiale che cresce. Dobbiamo occuparci di tutto questo, non possiamo intervenire solo su una parte. E' per que-

sto che abbiamo bisogno di buoni partner e soprattutto di giovani che lavorino con noi.

*Anche i singoli possono contribuire?*

Il motivo per cui le persone non si impegnano, anche quando si accorgono di quanto siano seri i problemi a cui ci troviamo di fronte, è che non hanno speranza. Dicono: non posso farci niente. E così non fanno niente. Ma se realizzassero che ognuno di noi compie ogni giorno delle scelte che hanno un impatto sull'ambiente e spendessero una frazione del loro tempo a pensare alle conseguenze di questi comportamenti – da quello che mangiano a quello che comprano a quello che indossano, – probabilmente comincerebbero a fare scelte diverse, magari più attente all'ambiente e alla società.

*Su cosa poggia la sua speranza di cambiare le cose?*

Ho diversi motivi per nutrire speranze sul futuro del nostro pianeta. In primo luogo l'energia, l'entusiasmo e l'impegno dei giovani. Quando i ragazzi vengono a conoscenza dei problemi ambientali e sociali del mondo in cui vivono vogliono cercare di risolverli. E' ovvio che sia così, il mondo del futuro è loro. Se ai ragazzi vengono date le informazioni corrette e il potere di agire, possono davvero cambiare il mondo. Sia che si tratti di riciclare i rifiuti o di risanare un terreno, i giovani si mettono in moto, basta che capiscano che il loro impegno può fare davvero la differenza. Il secondo motivo per cui nutro fiducia è il nostro incredibile cervello. Noi riusciamo a fare cose che gli altri animali non fanno grazie al nostro cervello. Mandiamo razzi nello spazio e navette su Marte. Non è incredibile? Ora

abbiamo iniziato a capire cosa abbiamo combinato, sicuramente possiamo usare il nostro cervello per trovare il modo di vivere in armonia con la natura. Il terzo motivo è la capacità di recupero della natura stessa: ho visitato Nagasaki dopo la bomba atomica e ho visto che laddove si prevedeva non sarebbe nato nulla per almeno trent'anni, in breve tempo ha ricominciato a crescere del verde. Infine, motivo di speranza è l'indomabile spirito umano. Ho conosciuto tante persone che hanno perseguito i loro sogni contro tutte le avversità fino a realizzarli. Anche noi possiamo riuscirci.

*Qualcosa sta già cambiando?*

Negli anni Ottanta noi studiosi di primati ci siamo accorti di alcuni problemi: le foreste stavano sparando mentre gli abitanti del pianeta erano sempre di più, il commercio degli animali stava crescendo perché si cacciava non più per la sussistenza ma per fare soldi. E anche sul fronte degli animali in cattività le notizie erano drammatiche: fui scioccata soprattutto da quello che sentii sugli esperimenti condotti sugli animali dalla ricerca medica. I nostri parenti più vicini, il cui DNA differisce dal nostro solo per poco più dell'1%, erano costretti a vivere in gabbie di un metro e mezzo per un metro e mezzo. Ma poca gente lo sapeva. Oggi almeno alcuni di questi problemi sono sotto gli occhi di tutti. Nello stesso tempo, per quanto riguarda le comunità umane che si trovano intorno al parco Gombe dove si svolgono le nostre ricerche sugli scimpanzé, abbiamo avviato alcuni progetti di aiuto, comprese alcune forme di microcredito. Questo ha fatto sì che la popolazione di quei villaggi non solo smettesse di cacciare gli scimpanzé, ma diventasse un nostro alleato nel proteggere la foresta.

## Quello che i geni non dicono

Michele Bellone

*Nonostante i limiti intrinseci della visione meccanicista, l'idea che tutto sia spiegabile dalla genetica suscita ancora la costante attenzione dei media e dell'opinione pubblica. Una "illusione terapeutica" coadiuvata da una semplificazione dei temi e dei linguaggi, che chiama certamente in causa gli orizzonti della comunicazione scientifica ma dietro alla quale si celano spesso precisi interessi economici*

La mitologia greca ha popolato l'immaginario collettivo di figure vivide e affascinanti, spesso in conflitto fra di loro, agitate da tormenti umani anche quando si trattava delle più potenti divinità. In questo campionario di personaggi mitici spiccavano il distacco e l'imperturbabilità delle Moire, le tre figlie di Zeus, cui anche il padre degli dèi doveva obbedienza. Personificazioni di quella forza ineluttabile che garantisce l'ordine non alterabile dell'universo, le tre donne avevano il compito di tessere i fili del fato, dalla cui diversa lunghezza dipendeva la vita degli uomini.

La convinzione nell'inevitabilità del fato è andata attenuandosi nel corso dei secoli, cedendo il passo a un destino dotato di un certo grado di modificabilità, aperto quindi alla libertà d'azione umana. Ciò nonostante, la metafora del filo del fato non ha perso la sua suggestiva efficacia. Colpisce soprattutto la sua analogia figurativa con quello che, nell'immaginario odierno, ne è diventato la rappresentazione biologica: il DNA. Questa molecola era già nota a fine Ottocento col nome di nucleina e il suo ruolo nell'ereditarietà dei caratteri venne dimostrato nel 1953, lo stesso anno in cui James Watson e Francis Crick presentarono su *Nature* il primo modello della celebre doppia elica. Due mesi più tardi, in un altro articolo, i due scienziati ritennero di poter ipotizzare che la sequenza delle basi del DNA contenesse l'informazione genetica.

Anche i geni erano già noti: nella seconda metà dell'Ottocento, Gregor Mendel ne aveva ipotizzato l'esistenza (pur non chiamandoli mai con questo nome); nel 1910, Thomas Hunt Morgan aveva dimostrato che erano localizzati su specifici cromosomi; nel 1972, Walter Fiers

aveva determinato, per la prima volta, la sequenza di uno di essi. Nel corso dei decenni, spinta da queste scoperte, la biologia molecolare ha fatto passi da gigante, identificando geni e svelandone le funzioni, contribuendo così a creare una nuova visione del mondo.

Nel 1976, il biologo inglese Richard Dawkins pubblicò un libro destinato a diventare celebre; "Il gene egoista", nel quale analizzava la teoria dell'evoluzione dal punto di vista del gene anziché da quello dell'individuo, formulando una teoria tanto affascinante quanto radicale: noi non siamo altro che gli strumenti tramite i quali i geni si replicano. Sono questi ultimi i veri protagonisti della lotta per la sopravvivenza e la riproduzione, mentre gli individui non sono altro che vettori temporanei, teatri inconsapevoli di una battaglia che continua da milioni di anni. Sempre alla fine degli anni Settanta, prese piede una disciplina, la sociobiologia, che combinava parte dell'apparato teorico della biologia evuzionistica con la genetica e la sociologia. Alla base di questo approccio, il cui principale esponente fu Edward Osborne Wilson, c'era l'idea che i comportamenti umani sono interamente riconducibili ai geni. Ne consegue che la selezione naturale, favorendo alcuni geni rispetto ad altri, favorisce anche i comportamenti a essi associati. Tratti universali umani come la paura dello straniero e il dominio sessuale sono quindi determinati geneticamente. Se i geni costituiscono gli elementi determinanti degli individui, gli individui a loro volta rappresentano gli elementi determinanti della società, il che portò a concludere che anche la struttura della società era determinata geneticamente. Simili visioni del mondo portarono alla convinzione



che, una volta decifrato tutto il nostro genoma, avremmo avuto in mano l'alfabeto della vita, grazie al quale sarebbe stato possibile comprendere tutte le sfaccettature fisiche e caratteriali del nostro essere. Dal "sapere tutto" si sarebbe poi potuti passare, grazie al rapido sviluppo delle tecniche di manipolazione genetica, al "potere tutto". Una convinzione inebriante, che dai laboratori dilagò nella società civile, portando con sé timori ma anche uno smisurato ottimismo. Un ottimismo che venne messo a dura prova proprio da quel Progetto Genoma Umano che, con la sua ambizione di identificare e mappare tutto il nostro genoma, avrebbe dovuto sancire il trionfo della visione gene-centrica. Già prima che questa impresa scientifica venisse lanciata si sapeva che, in realtà, la decifrazione dell'alfabeto della vita non sarebbe bastata; mentre la società si emozionava per il progresso scientifico, nei laboratori di biologia era già noto che solo



**Nell'immaginario odierno la struttura del DNA sembra figurativamente prendere il posto dei mitologici fili del fato**

una parte, peraltro piccola, del DNA reca informazione genetica, cioè codifica per delle proteine. Così come si sapeva che, oltre all'alfabeto, avremmo dovuto comprendere anche le diverse lingue che lo sfruttano: quella biochimica, quella immunologica, quella morfogenetica, e così via. Solo la costante interazione fra questi linguaggi biologici può rendere conto della complessità della vita. Il Progetto Genoma Umano occupò gli ultimi dieci anni del XX secolo, costò circa tre miliardi di dollari, ebbe un'incredibile eco mediatico, e incrinò le entusiastiche certezze della biologia molecolare riguardo la possibilità di svelare le cause delle principali malattie che affliggono l'uomo per poi porvi rimedio. Nondimeno, le teorie di Dawkins suscitarono polemiche, e con lui tutto l'approccio funzionalista all'adattamento biologico. Campioni dell'opposizione al gene-centrismo adattazionista furono il paleontologo Stephen Jay Gould e il genetista Richard Lewontin, sostenitori, insieme ad altri studiosi, di una visione più ampia e strutturalista. Al determinismo di Dawkins veniva opposto un indeterminismo che riconosceva l'importanza della contingenza storica e delle influenze ambientali nel plasmare gli eventi dell'evo-

luzione, e della biologia in generale. Divenne celebre, a questo proposito, la metafora usata da Gould: «se si potesse riavvolgere il nastro [della vita] e azionarlo di nuovo si otterrebbe un risultato completamente diverso, che avrebbe anch'esso un senso. Questa è la natura della contingenza storica nella storia della vita». Ancora più dure furono le critiche che investirono la sociobiologia, colpevole di ignorare il contributo culturale al comportamento umano, ridotto a una pura questione genetica. Lewontin descrisse le teorie di Wilson e dei suoi sostenitori come un'i-



**Il successo del gene-centrismo, considera gli esseri viventi come macchine da scomporre in piccole componenti**

deologia volta a giustificare una politica culturale di stampo conservatrice, e non mancarono le accuse di razzismo, misoginia ed eugenetica. Nel frattempo, il progresso scientifico ha svelato sempre nuovi dettagli su come le altre “grammatiche del vivente”, come le ha definite lo storico Gilberto Corbellini, interagiscono con il genoma in ruoli tutt'altro che subalterni. Le caratteristiche chimico-fisiche del DNA, la sua organizzazione tridimensionale, le influenze giocate dall'am-

biente, i processi di sviluppo embrionale, sono alcuni dei fattori che giocano un ruolo di primo piano nella vita organica.

Lo stesso Dogma Centrale della biologia molecolare – secondo il quale l'informazione genetica scorre in una sola direzione, dal DNA alle proteine passando attraverso l'RNA – venne messo in difficoltà, poiché era ormai chiaro che sia le proteine sia l'RNA erano in grado di attivare o disattivare l'attività dei geni. Il passaggio da un flusso lineare dell'informazione a uno circolare aveva come conseguenza il ridimensionamento della posizione di assoluta dominanza del gene nella “burocrazia biologica”. «Isolare il gene come la “molecola capo” è un altro coinvolgimento ideologico inconscio,» scriveva Lewontin nel 1993 in “Biologia come ideologia”, «lo stesso che pone il cervello al di sopra della forza muscolare, il lavoro mentale come superiore al semplice lavoro fisico, l'informazione come più elevata dell'azione». Eppure, nonostante questi cambiamenti di prospettive, il determinismo genetico è tuttora fortemente radicato nell'immaginario collettivo; ancora oggi la sequenza di geni del DNA viene vista, dalla società civile, come l'equivalente del filo del fato. Basta leggere i titoli dei giornali quando riportano una nuova scoperta nel campo della biologia: “Scoperto il gene della pau-

ra”, “Identificata la sequenza genetica responsabile dell’aggressività”, “Caccia al gene dell’omosessualità”. Come si spiega questo grande successo del gene-centrismo? Un primo suggerimento lo dà sempre Lewontin, quando scrive: «Una teoria semplice e clamorosa che spieghi ogni cosa ha successo di stampa, radiofonico, televisivo ed editoriale e chiunque abbia una qualche autorità accademica, uno stile appena decente e una idea semplice ed efficace può riuscire facilmente a raggiungere l’opinione pubblica». La questione ha però radici più profonde, che affondano nella visione degli esseri viventi come macchine le cui funzioni possono essere dedotte dallo studio delle loro singole componenti. Principali esponenti di questa visione furono René Descartes e soprattutto Pierre-Simon Laplace, che nel 1796 enunciò il manifesto del determinismo meccanicista: «Una intelligenza che, in un dato istante, conoscesse tutte le forze che animano la natura e la rispettiva posizione degli esseri che la costituiscono, e che fosse abbastanza vasta per sottoporre tutti i dati alla sua analisi, abbraccerebbe in un’unica formula i movimenti dei più grandi corpi dell’universo come quello dell’atomo più sottile; per una tale intelligenza tutto sarebbe chiaro e certo e così l’avvenire come il passato le sarebbero presenti». Il meccanicismo portava con sé l’idea che

i macro-effetti osservabili in natura fossero riducibili a una causa specifica o, nel caso ce ne fossero di più, a una causa principale e ad altre a essa subordinate. Cause come ingranaggi di una macchina che, come tali, potevano essere “riparate” singolarmente in caso di guasto. Non a caso la visione meccanicista fu alla base della rivoluzione che scosse la medicina alla fine dell’Ottocento, quando le scoperte di Louis Pasteur e di Robert Koch diedero il via alla microbiologia medica. Questa nuova disciplina da un lato portò a degli straordinari successi terapeutici – antibiotici, vaccini,

**Gli annunci trionfalistici e le promesse non mantenute finiscono con il minare il rapporto fra scienza e società**

pastorizzazione – ma dall’altro contribuì al radicarsi dell’idea che le malattie avessero singole cause specifiche, gli agenti patogeni, escludendo l’importanza di tutta una serie di altri fattori contingenti come il miglioramento della nutrizione e delle condizioni igieniche. La conseguenza fu la nascita di una prospettiva terapeutica forte, secondo la quale curare vuol dire ripristinare le condizioni ottimali di funzionamento della macchina guasta, indipendentemente dalla sua

storia. Prima la medicina osservava e accompagnava il decorso di una malattia, e le cure erano aspecifiche; l'avvento della batteriologia medica diede impulso alla ricerca e alla produzione farmaceutica, portando a un'intensa medicalizzazione della società. Ciò avvenne mentre nel mondo si assisteva alla nascita dei grandi stati nazionali, sempre più interessati a dotarsi di politiche che difendessero la salute pubblica. Si impose così una visione farmacocentrica della medicina, fondata su una elevata, e talvolta eccessiva, fiducia nell'effetto salvifico del farmaco. Alla lotta senza quartiere a virus e batteri si è aggiunta quella contro i geni "difettosi", responsabili di tumori, infarti, schizofrenie e altre malattie che affliggono l'uomo del XXI secolo. Una lotta economicamente dispendiosa ma guidata da un grande sogno: la sconfitta di queste malattie. Periodicamente abbiamo assistito ad annunci trionfalistici dell'imminente vittoria contro questa o quella patologia e periodicamente tali annunci si sono rivelati illusori, come se la scoperta della complessità del problema avvenisse ogni volta per la prima volta. Eccessive semplificazioni, promesse roboanti, terapie miracolose. Sarebbe da ingenui non scorgere, oltre a un evidente problema di comunicazione della scienza, anche una dirompente questione economica. La scienza costa. E anche tanto. Se da un lato ci si deve quindi preoccupare di chi specula, coltivando facili illusioni per arrivare a ingenti profitti, dall'altro c'è anche chi la ricerca la vuole o deve fare, e si ritrova ad affrontarne i notevoli costi. Due posizioni che, con le dovute sfumature, traggono entrambe vantaggio dalla semplificazione dei messaggi. Collegare la scoperta della funzione di un gene alla possibilità di una terapia genica specifica è spesso un'esagerazione che può facilitare sia chi punta al guadagno immediato, sia chi vuole pagare, almeno per un altro anno, il dottorando che sta conducendo importanti esperimenti. La competizione scientifica si fa sempre più forte, specie in quei settori dove gli interessi economici sono più alti, e l'accaparrarsi dei fondi a disposizione diventa per molti laboratori una questione non tanto di avidità, quanto di sopravvivenza. E così la scienza e la ricerca si muovono fra mercificazione ed esigenze di base, men-

tre il loro rapporto con la società si fa sempre più difficile. Le promesse non mantenute portano, nei tempi lunghi, a un calo della fiducia. L'incrinarsi di molte delle illusioni terapeutiche da tempo prospettate ha generato delusione, cui è seguito un aumento del numero di cittadini che si rivolgono a forme di medicina e conoscenza alternative. Da un quadro così complesso emerge tutta l'importanza del dibattito sul determinismo genetico. Come abbiamo visto, tante sono le sue radici: economiche, mediche, epistemologiche, culturali, sociali. Questa forma ingenua di riduzionismo continua a pesare sulla società, condizionandone le scelte e guidando la ricerca stessa, col rischio di costringerla ad avvitarci su un approccio che sarà anche redditizio ma non certo sufficiente a garantire un vero miglioramento delle nostre conoscenze sulla natura che ci circonda. Contrastare il riduzionismo ingenuo può e deve essere fatto, anche per evitare che, per contrasto, si affermino visioni diametralmente opposte, sconfinanti in un vitalismo antiscientifico. Oppure che si dimentichi la grande importanza del riduzionismo metodologico, necessario se non addirittura illuminante per la scienza, fintanto che non è portato alle sue estreme conseguenze. Di nuovo torna efficace citare Lewontin, che vede in queste due ideologie – l'olismo vitalista e il determinismo genetico – un riflesso rispettivamente del mondo sociale feudale, privo com'era di libertà individuale, e di quello capitalista e iper-competitivo, caratterizzato invece da un individualismo portato all'eccesso. Sono due approcci, scrive Lewontin, che «ci impediscono di comprendere a fondo la natura e di risolvere i problemi a cui si suppone che la scienza si applichi».

#### Bibliografia

- Gilberto Corbellini, *Le grammatiche del vivente*, Laterza, 1999.  
 Stephen Jay Gould, *La vita meravigliosa*, Feltrinelli, 1990.  
 Richard Lewontin, *Biologia come ideologia*, Bollati Boringhieri, 1993.  
 Telmo Pievani, *Introduzione alla filosofia della biologia*, Laterza, 2005.



Pitture rupestre ritrovata nelle grotte di Lascaux (Francia).

## Un capitale a rischio

Tina Simoniello

*Ospitare un enorme patrimonio di specie animali e vegetali, che ne fanno il paese più ricco del continente in termini di biodiversità, significa per l'Italia rispondere ad una grande responsabilità per la sua salvaguardia e tutela. Le Liste Rosse della flora e dei vertebrati, realizzate dal Ministero dell'Ambiente e Federparchi, fanno il punto sulla situazione*

La buona notizia è che siamo ricchi, la cattiva notizia è che non siamo in grado di apprezzare appieno la nostra ricchezza e, quindi, di gestirla con giudizio. La metafora sul danaro di questi “poveri” tempi potrebbe sembrare fuori luogo, ma è probabilmente quella che meglio descrive la situazione e l’atteggiamento del nostro Paese rispetto alla diversità biologica, alla varietà delle specie, animali e vegetali, che la storia – biologica ma anche umana – e le condizioni ambientali (climatiche e geografiche) ci hanno lasciato in eredità. Il 22 maggio scorso – come accade dal 2000, da quando cioè l’Assemblea Generale dell’Onu la istituì per commemorare l’adozione della Convenzione sulla Diversità Biologica – è stata celebrata la Giornata Internazionale della Biodiversità. A livello mondiale il tema scelto per l’edizione di quest’anno è stato l’acqua, così da far convergere l’evento di maggio con la designazione, da parte delle Nazioni Unite, del 2013 come Anno Internazionale della Cooperazione per l’acqua. In Italia la Giornata è stata occasione per la presentazione, da parte del Ministero dell’Ambiente e di Federparchi come comitato IUCN-Italia, della Lista Rossa della flora italiana e della Lista Rossa dei vertebrati italiani.

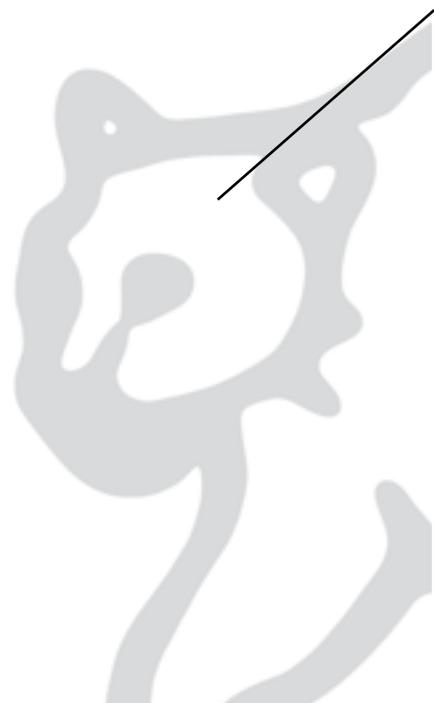
Le Liste Rosse rappresentano a livello mondiale una autorevole fonte di informazione sullo stato di conservazione degli organismi viventi sul nostro pianeta: si tratta in pratica di un elenco (molto) ragionato e periodicamente aggiornato delle specie minacciate in un determinato territorio – in genere una entità amministrativa come uno stato, una regione ma anche una macroregione transnazionale – ad ognuna delle quali viene associato un livello di rischio. Le nostre Liste Rosse,

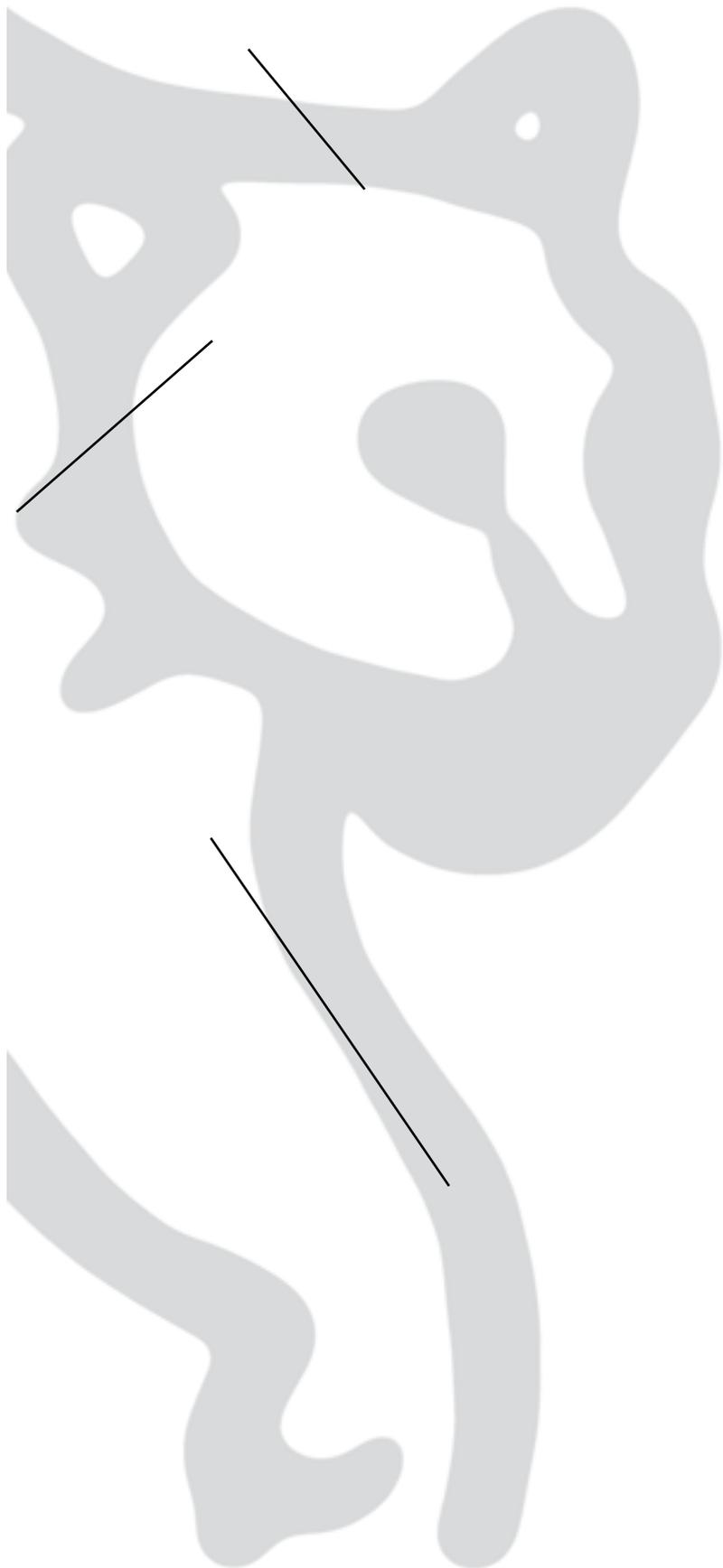
per la prima volta promosse dal Ministero dell’ambiente, realizzano le valutazioni sullo stato di rischio di estinzione a livello di specie: di piante (vascolari ma anche funghi, muschi e licheni) e di animali vertebrati (pesci cartilaginei e ossei, d’acqua salata e dolce, anfibi, rettili, mammiferi e uccelli nidificanti in Italia). La metodologia e i criteri, strettamente scientifici, sono stati messi a punto dall’IUCN con il coinvolgimento di ricercatori ed esperti nelle specifiche discipline (ISPRA, Società scientifiche, LIPU ecc.).

Qual’è l’uso previsto per le Liste Rosse? Per Maria Carmela Giarratano, responsabile della divisione Tutela della Biodiversità presso il Ministero, che ha firmato la presentazione di entrambi i volumi, esse rappresentano un «riferimento e indicatore a livello internazionale, che permette dunque di fornire informazioni sintetiche e confrontabili sullo stato di conservazione delle specie e sull’efficacia delle azioni intraprese e da intraprendere per contrastare i fattori di minaccia individuati e arrestare la perdita di biodiversità». Dunque il senso è: conoscere lo status quo, ovvero sapere quali e quante specie animali e vegetali rischiano di scomparire, quali sono le cause che determinano i fattori di rischio e suggerire le strategie di intervento per contrastare l’impoverimento del patrimonio biologico a livello nazionale e, quindi, internazionale.

### L’ITALIA? UN HOTSPOT

Siamo ricchi, dicevamo. Ed è così: siamo infatti un *hotspot* riconosciuto a livello mondiale. Un *hotspot*, per chi si occupa di ecosistemi, è una parola che indica un’area nella quale la diversità biologica è molto elevata e comprende numerose





specie endemiche, cioè esclusive del nostro territorio (di conseguenza una estinzione regionale di una specie endemica corrisponderebbe con molta probabilità a una estinzione globale). La nostra penisola è al centro del bacino del Mediterraneo, occupa quindi una posizione che nel corso delle ere geologiche ha consentito, per le sue caratteristiche geografiche, l'insediamento e la permanenza di una biodiversità molto ampia di specie. Su una superficie in fondo limitata, se comparata alla totalità del territorio europeo, è presente un terzo delle specie animali del continente e ben la metà di quelle vegetali. A livello marino stiamo messi ancora meglio: nelle nostre acque nuotano le specie più tipiche del *Mare Nostrum*. Ora, per tornare alla metafora sul danaro e le eredità: come ogni detentore di grandi patrimoni dobbiamo – dovremmo – avere una doppia responsabilità: verso noi stessi e le nostre ricchezze, ovvio. Ma pure



**Ospitiamo un terzo delle specie vegetali di tutto il continente europeo e circa la metà di quelle vegetali**

verso gli altri, che si affidano a noi e alla nostra gestione per la conservazione di quanto abbiamo avuto in dotazione, in regalo. Sottolinea infatti Giarratana. «...il nostro paese ha la responsabilità di monitorare e salvaguardare questo “capitale naturale” così come definito nella Strategia Nazionale per la Biodiversità adottata nel 2010 (per il testo vedi note), che concretizza per l'Italia gli impegni assunti con la sottoscrizione alla Convenzione internazionale per la Biodiversità e l'attuazione della Strategia europea per la Biodiversità 2020. Tra gli obiettivi individuati dalla Strategia Nazionale per il decennio 2011-2020, l'approfondimento della conoscenza su consistenza, fattori di minaccia e stato di conservazione di habitat e specie su tutto il territorio nazionale, descrive la necessità di poter esprimere a livello nazionale quali e quante specie animali e vegetali rischiano di scomparire e soprattutto quali sono le cause che possono determinare i fattori di rischio».

#### **LA LISTA ROSSA DELLA FLORA**

La ricchezza floristica del bacino del Mediterraneo è stimata

di circa 24 mila entità. In Italia abbiamo oltre 7 mila *taxa* e un tasso di endemismo superiore al 13% e in alcune regioni al 20%. Questo patrimonio biologico vegetale è dovuto agli eventi storici che hanno interessato questa area e all'eccezionalità del territorio



**All'origine della ricchezza di specie vegetali del nostro paese c'è una notevole diversificazione degli habitat**

estremamente variabile dal punto di vista orografico paleografico, geologico, pedologico e climatico. Tutto ciò crea i presupposti per una altrettanto eccezionale diversificazione di habitat e, quindi, di comunità vegetali. Nel nostro paese vengono in particolare identificate tre regioni biogeografiche: la regione Mediterranea (la più estesa), quella Continentale e l'Alpina, ognuna delle quali è caratterizzata da un particolare patrimonio floristico.

Detto ciò, la Lista Rossa della flora italiana include tutte le 197 *policy species* italiane, vale a dire tutte le specie (piante vascolari, licheni, briofite, funghi) inserite negli allegati della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e della Convenzione di Berna sulla Conservazione della Vita Selvatica e degli Habitat naturali in Europa, alla quale ad oggi aderiscono 49 Paesi più l'Unione Europea, entrambe ratificate dal governo italiano. Oltre a queste quasi 200 specie, è stato inserito nella Lista Rossa un secondo contingente di 114 *taxa* che include sempre sia specie vascolari che briofite licheni e funghi ma che non sono protette a livello nazionale ed europeo e che tuttavia sono a rischio. *Policy species* e *non policy species* sono catalogate a seconda della categoria di minaccia in cui ricadono. Il responso degli esperti? Ben il 45% delle *policy species* - che, lo ripetiamo, sono quelle protette a livello nazionale e internazionale - verserebbero in una situazione in generale critica, alcune sono già estinte o prossime all'estinzione. Due specie endemiche sono completamente estinte a livello globale e altre sopravvivono solo *ex situ*, vale a dire protette in giardini botanici. Il 65% della flora vascolare e il 55% delle non

vascolari ricade in una categoria di minaccia (gravemente minacciata, minacciata, vulnerabile, quasi minacciata, a minor rischio).

### LE RAGIONI DELL'IMPOVERIMENTO

Nel bacino del Mediterraneo e in Italia in particolare la biodiversità vegetale è fortemente minacciata, dunque. Ma da cosa? Stando alle analisi degli esperti, le principali minacce alla biodiversità vegetale, soprattutto delle specie vascolari, nel nostro Paese sono rappresentate dall'urbanizzazione selvaggia, dall'abusivismo edilizio, dallo sviluppo di infrastrutture dall'allevamento intensivo, e dalle attività turistico-ricreative, in sintesi dalla degradazione degli habitat naturali. Che – attenzione – riguardano anche le aree protette. «In molti casi, infatti all'interno delle stesse aree protette manca un'attenta gestione dei flussi turistici e del loro impatto e il controllo del corretto comportamento dei visitatori da parte delle autorità preposte». Sempre sulle aree protette leggiamo: «...è previsto che l'effetto dei cambiamenti climatici porterà nel lungo periodo a migrazioni di specie e habitat, nonché a estinzioni almeno locali, pertanto i confini delle aree protette potrebbero non rispecchiare più la distribuzione delle specie. Di conseguenza andrebbero previsti sia interventi di protezione a livello normativo, come la realizzazione di una legge nazionale che protegga la flora spontanea, sia azioni concrete di salvaguardia, come raccolta e conservazione del germoplasma conservazione delle specie in orti botanici e propagazione delle specie più a rischio, finalizzata ad interventi mirati di rafforzamento o reintroduzione in natura».

### I VERTEBRATI

I vertebrati italiani valutati dalla Lista Rossa ammontano a 672 specie, delle quali 576 sono terrestri e 96 marine. Tutte le specie di pesci d'acqua dolce, anfibi, rettili, uccelli nidificanti, mammiferi e pesci cartilaginei, native o possibilmente native in Italia, nonché quelle naturalizzate in Italia in tempi preisto-

rici, sono state incluse nella valutazione. Le specie di uccelli presenti in Italia ma non nidificanti in Italia (quindi svernanti o migratori) non sono state valutate. Ebbene, delle 672 specie, 6 si sono estinte nella regione in tempi recenti (lo storione, la gru, la qua-



**Le popolazioni di vertebrati in Italia sono in declino, in particolare quelle marine**

glia tridattila...). Le specie “minacciate di estinzione” sono in totale 161 (138 terrestri e 23 marine), cioè il 28% di quelle valutate. Per fare qualche esempio, sono in “pericolo critico” lo squalo volpe, la lampreda di fiume, la razza bianca, l'anguilla ma anche il grifone, l'orso bruno la nottola ecc. Sono “in pericolo” la tartaruga caretta, il delfino comune, il capodoglio, la lontra ecc. e “vulnerabili” il rospo comune, l'allodola, il nibbio reale, il lupo, la balenottera... Il 50% circa delle specie di vertebrati italiani “non è a rischio di estinzione imminente”.

Il giudizio complessivo è che le popolazioni dei vertebrati italiani sono in declino, più marcatamente quelle marine che non le terrestri. In ambiente terrestre le ragioni del declino e quindi le principali minacce ai vertebrati italiani sono rappresentate dalla perdita di habitat e dall'inquinamento (il numero di specie minacciate dal prelievo e dalla persecuzione diretta, da uccisioni legali e illegali è piuttosto ridotto). La principale minaccia in mare è invece la mortalità accidentale (specie che non hanno interesse commerciale ma che finiscono tuttavia nelle reti, ad esempio). In sintesi, dunque, per molte piante e animali la sopravvivenza dipende sostanzialmente da una gestione del territorio e del mare più consapevole e sostenibili, se si escludono alcune specie che, visto il livello di rischio, andrebbero salvaguardate mediante azioni ad hoc, mirate e dirette.

### NON SOLO LISTE ROSSE

La Giornata Mondiale della Biodiversità è stata an-

che l'occasione per anticipare i dati del *Rapporto Biodiversità a Rischio* di Legambiente, che traccia un quadro aggiornato sulla situazione della biodiversità, non solo in Italia ma anche al livello mondiale (il rapporto raccoglie anche due approfondimenti, uno



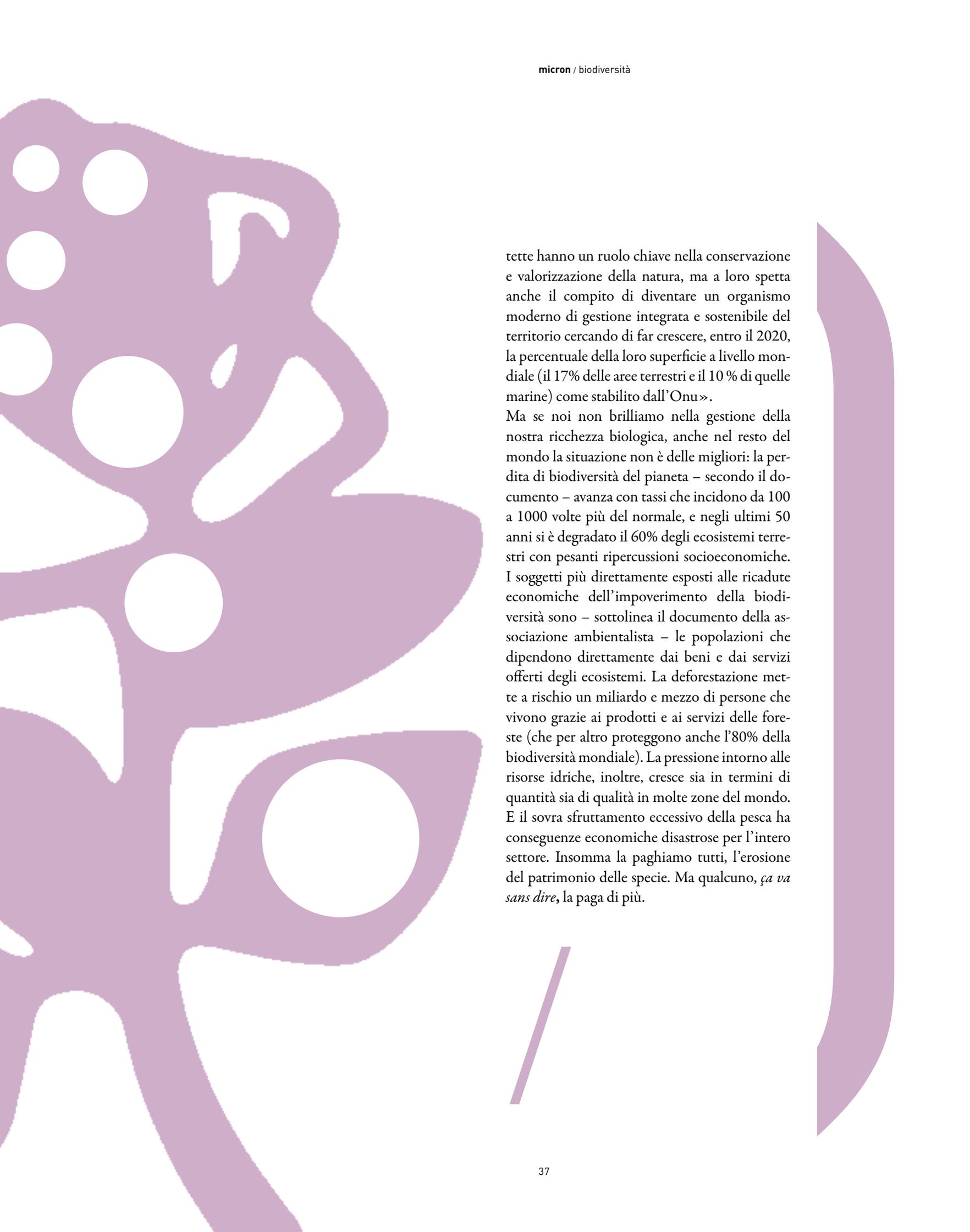
**Se siamo il paese più ricco di biodiversità, siamo anche quello con il più alto numero di specie a rischio**

sulle zone umide, l'altro sulla biodiversità in Abruzzo). Il ricco patrimonio naturale del nostro paese è a rischio. Eppure siamo uno dei più importanti *hotspot* di biodiversità in Europa – conferma l'associazione ambientalista: con le nostre 67.500 specie di piante e animali, rappresentiamo più o meno il 43% di quelle descritte in Europa.

Spetta a noi però anche il record delle specie a rischio: nell'Unione Europea il maggior numero di animali e piante minacciati, circa il 35%, si trova proprio nell'area del Mediterraneo, in particolare in Italia. Le principali cause di perdita di biodiversità, in Italia e a livello globale, sono le fonti inquinanti e la perdita degli habitat, i cambiamenti climatici, l'introduzione di specie aliene, il sovrasfruttamento e l'uso non sostenibile delle risorse.

«Frenare la perdita di biodiversità – spiega Antonio Nicoletti, responsabile Aree Protette di Legambiente – è una delle sfide più grandi da affrontare attraverso l'adozione di misure concrete, che seguano le tante buone intenzioni proposte fino ad ora e che invece non hanno trovato un'effettiva attuazione. Il deludente risultato della Conferenza delle Nazioni Unite Rio+20, che ha portato alla sottoscrizione di un debole documento privo di impegni concreti e copertura finanziaria, accelera ancora di più la necessità di attuare interventi concreti per rilanciare l'economia, mitigare gli effetti del cambiamento climatico e fermare la perdita di biodiversità, importante capitale naturale su cui fondare il nostro sviluppo economico e benessere sociale. In questo percorso di rilancio, tutela e conservazione della biodiversità, le aree pro-





tette hanno un ruolo chiave nella conservazione e valorizzazione della natura, ma a loro spetta anche il compito di diventare un organismo moderno di gestione integrata e sostenibile del territorio cercando di far crescere, entro il 2020, la percentuale della loro superficie a livello mondiale (il 17% delle aree terrestri e il 10 % di quelle marine) come stabilito dall'Onu».

Ma se noi non brilliamo nella gestione della nostra ricchezza biologica, anche nel resto del mondo la situazione non è delle migliori: la perdita di biodiversità del pianeta – secondo il documento – avanza con tassi che incidono da 100 a 1000 volte più del normale, e negli ultimi 50 anni si è degradato il 60% degli ecosistemi terrestri con pesanti ripercussioni socioeconomiche. I soggetti più direttamente esposti alle ricadute economiche dell'impovertimento della biodiversità sono – sottolinea il documento della associazione ambientalista – le popolazioni che dipendono direttamente dai beni e dai servizi offerti degli ecosistemi. La deforestazione mette a rischio un miliardo e mezzo di persone che vivono grazie ai prodotti e ai servizi delle foreste (che per altro proteggono anche l'80% della biodiversità mondiale). La pressione intorno alle risorse idriche, inoltre, cresce sia in termini di quantità sia di qualità in molte zone del mondo. E il sovra sfruttamento eccessivo della pesca ha conseguenze economiche disastrose per l'intero settore. Insomma la paghiamo tutti, l'erosione del patrimonio delle specie. Ma qualcuno, *ça va sans dire*, la paga di più.

## La salute del Mare Nostrum

Romualdo Gianoli

*Contaminazione delle acque, inquinamento, degradazione degli habitat, coste sacrificate a una urbanizzazione massiccia e costante. Sono i problemi che oggi vive il bacino che ha visto nascere e svilupparsi la nostra millenaria cultura. Le possibilità di invertire la rotta ci sono e passano da un principio fondamentale: cooperazione*

L'ultimo Rapporto sullo stato dell'ambiente marino e costiero del Mediterraneo (SoMMCER)<sup>1</sup> pubblicato nel 2012 dall'UNEP (*United Nations Environment Programme*), riassume ciò che ad oggi si conosce sui principali fattori e elementi di pressione che insistono su questo mare, sulle sue coste e sulle condizioni degli habitat mediterranei. Ma il rapporto fornisce, soprattutto, utili indicazioni sulle ricadute, nel tempo, dell'attività umana e sui problemi che si delineano, in relazione alla gestione delle aree costiere e marine.

Dunque il rapporto si configura non solo come un'utile lettura per tutti i cittadini, ma anche come un prezioso strumento per amministratori e legislatori che intendono perseguire la *roadmap* dell'*Ecosystem Approach*, la strategia delineata con la Convenzione sulla Biodiversità<sup>2</sup>.

### LE PREMESSE

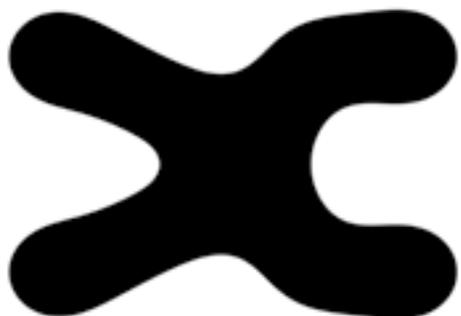
Che il bacino del Mediterraneo sia considerato uno dei mari più importati del mondo non è certo una novità. Si dice Mediterraneo e subito si pensa ai millenni di storia che l'hanno visto protagonista, alle tante culture che si sono sviluppate, intrecciate e combattute lungo le sue coste e sulle sue acque. Magari, si pensa a quale importante fonte di sostentamento e commercio sia stato (e ancora sia) per tante popolazioni questo, in fin dei conti, piccolo mare. E poi, ancora, ci si può soffermare sul ruolo strategico di centro del mondo (almeno di quello occidentale) che per secoli ha svolto questo mare. E tuttavia, non sempre (almeno non fino a tempi recenti) si è guardato al Mediterraneo come a un'entità ambientale soggetta, da lunghissimo tempo,

a un'enorme pressione su tutti gli ecosistemi che lo compongono: la pressione degli uomini che hanno vissuto e che, soprattutto, vivono oggi lungo le sue coste. Da un punto di vista storico, l'attenzione alle "condizioni di salute" del Mediterraneo è un concetto nato solo recentemente. Se volessimo indicare un momento preciso, potremo individuarlo nel 1975, anno di nascita del Piano d'Azione per il Mediterraneo (*Mediterranean Action Plan*)<sup>3</sup>. Il Piano costituì un primo passo, compiuto da sedici Paesi del Mediterraneo e dalla Comunità Europea, per avviare una cooperazione finalizzata al raggiungimento di un quadro giuridico e istituzionale comune, che costituisse la necessaria base di partenza con cui affrontare insieme le sfide poste dal degrado ambientale. Non è casuale, dunque, che appena l'anno seguente scaturisse la Convenzione per la protezione del Mar Mediterraneo contro l'inquinamento, la cosiddetta Convenzione di Barcellona<sup>4</sup>, definitivamente entrata in vigore nel 1978. Vent'anni dopo, la "Fase II" del M.A.P. si concretizza nel "Piano d'Azione per la Protezione dell'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile delle Aree Costiere del Mediterraneo"<sup>5</sup> che porta a un primo risultato concreto, con il report del 2012: "*Initial Integrated Assessment of the Mediterranean Sea: Fulfilling Step 3 Of The Ecosystem Approach Process*"<sup>6</sup>, a sua volta punto di partenza per il rapporto SoMMCER.

### I RISULTATI DEL RAPPORTO SoMMCER 2012

Un primo utile indicatore per comprendere a quale tipo di stress sia sottoposto l'ambiente marino-costiero del Mediter-





ranco è quello relativo al “peso” ecologico di ciascuno dei Paesi che si affacciano su di esso. A cominciare dalla relazione esistente tra “impronta ecologica” e “indice di sviluppo umano”, così come rilevato nel 2007 (Fig. 1). Salta subito all’occhio come nessun Paese rientri nei limiti dell’area di sviluppo sostenibile e che anzi, tra 2000 e 2007, molti di essi abbiano mostrato un aumento dell’indice di sviluppo. Il grafico, già da solo, la dice lunga sul livello di pressione antropica esercitata sull’ecosistema.

È una pressione che si manifesta principalmente in conseguenza delle attività umane che si sviluppano lungo le coste e i cui effetti molto spesso si verificano contemporaneamente sovrapponendosi. Su questo fronte, dal rapporto SoMMCER emergono chiaramente quelle che sono le minacce più serie per l’ecosistema mediterraneo. In primo



**Dello stato di salute del Mediterraneo ci si è occupati solo a partire dagli anni '70, con la Convenzione di Barcellona**

luogo lo sviluppo e l’urbanizzazione costiera. La linea di costa continentale del Mediterraneo si sviluppa complessivamente per circa 46.000 km, con altri 19.000 km sulle isole. Di tutte le coste, quasi la metà (il 46%) è sabbiosa o comunque di tipo non roccioso (che copre il restante 54%) e include importanti ma fragili habitat ed ecosistemi come spiagge, dune, reef, lagune, paludi, delta fluviali ed estuari. Tutti ambienti sicuramente più dinamici e quindi molto più soggetti a cambiamenti rispetto a quelli rocciosi.

I pericoli principali, dunque, sono rappresentati dalla frammentazione, degradazione e perdita di questi habitat e paesaggi, soprattutto in termini di erosione della linea di costa, anche in conseguenza dell’innalzamento (previsto e già in atto) del livello delle acque, specialmente nel bacino orientale del Mediterraneo (Fig. 2).

Un’altra grave minaccia è costituita dalla contaminazione chimica dei sedimenti marini e delle biocomunità (animali e vegetali) presenti nelle acque, per effetto dell’inquinamento prodotto dalle aree urbane, dagli insediamenti industriali, dalla raffinazione petrolifera e dal trasporto aereo. Spesso si tratta di sostanze che impoveriscono di ossigeno le acque, oppure di metalli pesanti, inquinanti

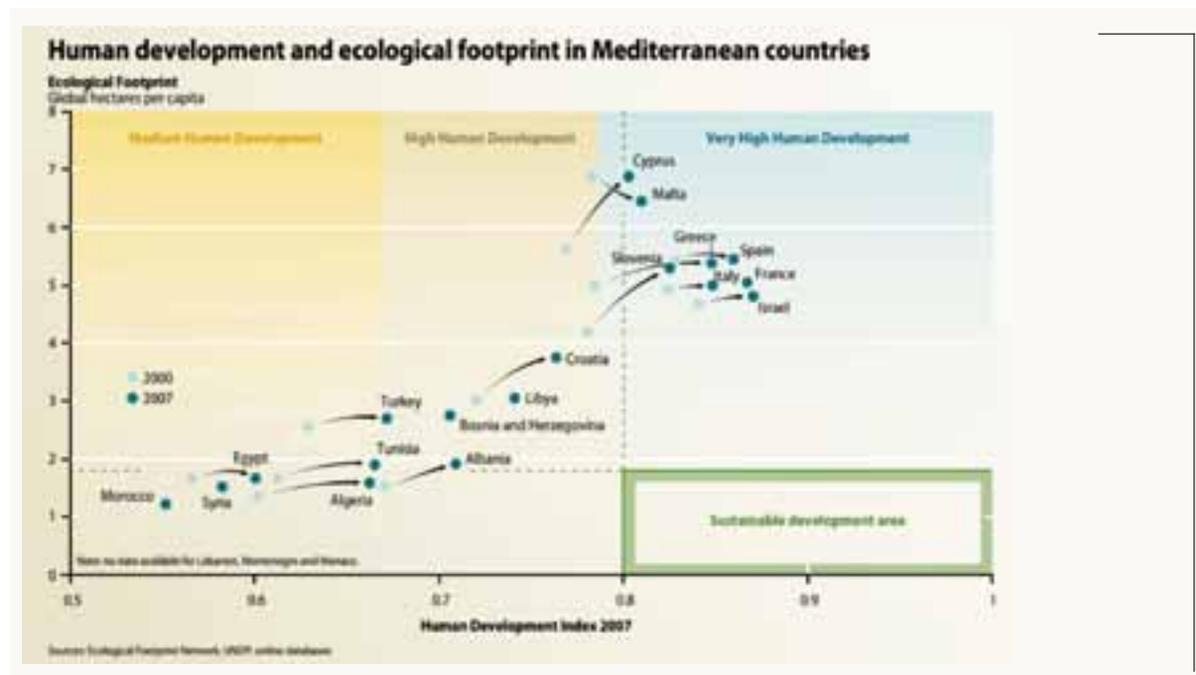


Figura 1 - Rapporto fra lo stato dello sviluppo umano a impronta ecologica nei paesi del Mediterraneo

organici persistenti (POPs), idrocarburi e nutrienti introdotti da varie attività umane. Nonostante negli ultimi anni per alcuni di questi fattori si sia riscontrato, in media, un miglioramento della situazione legato a maggiori controlli effettuati sulle attività a terra, i rischi di contaminazione legati a sostanze pericolose restano un problema rilevante in molte aree. L'immissione nelle acque marine di sostanze nutritive in conseguenza di attività umane, poi, è all'origine del problema dell'aumento dell'eutrofizzazione indotta, specialmente nelle aree costiere



**Negli ultimi anni il “peso ecologico” dei paesi che si affacciano sul Mediterraneo ha continuato ad aumentare**

che si trovano in prossimità di grandi fiumi e città. Le principali conseguenze dell'eutrofizzazione sono l'esplosione della popolazione di certi tipi di alghe, alcune delle quali possono essere dannose e tossiche

(non solo per la fauna marina) e l'ipossia, ovvero una diffusa o localizzata carenza di ossigeno nell'acqua, a scapito delle altre specie presenti nell'ecosistema. Chiaramente questi fenomeni determinano anche immediati risvolti di natura socioeconomica, poiché si ripercuotono sulla qualità e quantità del pescato, sulle condizioni e sul valore paesaggistico dell'ecosistema costiero, sul peggioramento della qualità delle acque e, di conseguenza, anche sul turismo. Spesso, legata al cambiamento delle condizioni delle acque (temperatura, presenza anomala di nutrienti, ecc.) vi è un'altra minaccia per gli ecosistemi mediterranei, quella dell'invasione di specie non indigene. Si tratta di un fenomeno in preoccupante aumento negli ultimi anni, specialmente nella parte più orientale del Mediterraneo dove ne è stato documentato l'impatto sulla biodiversità, sulle abitudini di predazione, sull'alterazione della catena alimentare e, in generale, sulla modificazione degli habitat, tutte manifestazioni che hanno avuto ripercussioni sulla pesca, l'acquacoltura, il turismo e finanche sulla salute umana.



Figura 2 - Stato di erosione delle coste del Mediterraneo

Molto diffuso, poi, è il problema del sovrasfruttamento delle risorse ittiche, spesso ben oltre i limiti di sostenibilità. Il risultato macroscopico è il cambiamento della biodiversità tra le specie, soprattutto in termini di specie a rischio o minacciate a causa delle tecniche di pesca intensiva e indiscriminata. Paradossalmente, anche lo sviluppo dell'allevamento ittico (registrato soprattutto a partire dagli anni '90) non ha alleviato il problema del sovrasfruttamento ma, anzi, ha finito per aggiungere ulteriori pressioni all'ecosistema marino, come abbiamo già visto, a causa del dell'eutrofizzazione, dovuta al rilascio in mare di sostanze nutrienti, di inquinanti organici e talvolta di antibiotici usati negli allevamenti.

Il rapporto affronta anche altri problemi. Si tratta di fenomeni talvolta inattesi o poco conosciuti dal grande pubblico, ma non per questo meno pericolosi. Come nel caso dell'impatto del rumore (ancora poco indagato) sulle comunità biologiche marine, specialmente sui mammiferi e sui pesci. Infatti, l'intenso traffico marittimo (specialmente nel bacino

occidentale del Mediterraneo) e le installazioni industriali o le attività militari offshore in specifiche aree, suggeriscono potenziali e gravi ripercussioni sulle specie marine presenti. O ancora, l'integrità dei fondali marini, minacciata dalla pesca in profondità, dal dragaggio o da altre attività di perforazione e scavo, che hanno come effetto immediato quello di aumentare i sedimenti in sospensione e, di conseguenza, di modificare sul medio/lungo termine gli habitat di numerose specie. Ma su tutti, resta il problema dei problemi: quello dei rischi per la biodiver-



**I paesi del Mediterraneo devono attenersi al principio di precauzione e quello del "chi sporca paga"**

sità. Questo, infatti, è l'elemento sul quale finiscono per cumularsi tutti gli altri fattori di pressione che investono il Mediterraneo (Figg. 3-4). Il risultato complessivo è che, sebbene il *Mare Nostrum* conser-

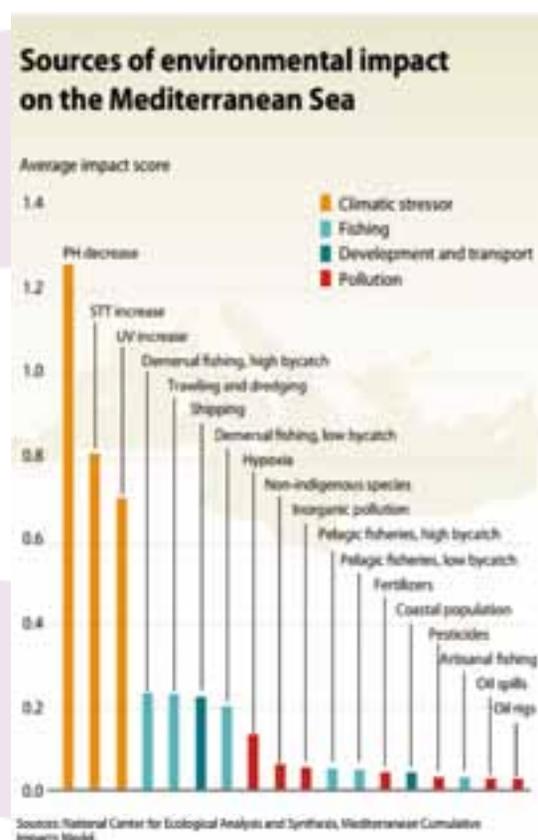


Figura 3 - Fondo di impatto ambientale nel bacino del Mediterraneo

vi ancora alti livelli di biodiversità, alcune specie di rettili, uccelli, pesci e mammiferi marini stanno toccando livelli pericolosamente bassi di abbondanza.

### QUALI PROSPETTIVE DI INTERVENTO?

Come sempre in questi casi, la strategia migliore per contrastare i fenomeni di degradazione dell'ambiente marino costiero del Mediterraneo sembra essere una maggiore collaborazione tra i Paesi coinvolti. In questa prospettiva, lo strumento principale è ancora la Convenzione di Barcellona. Al suo interno i Paesi firmatari, infatti, sono obbligati ad adottare il principio di precauzione nello svolgimento delle attività che potrebbero avere ripercussioni sullo stato mari-

no costiero. Ma sono obbligati anche ad adottare il cosiddetto *polluter-pays principle* che potrebbe essere tradotto con: “chi sporca paga”, ovvero ciascun Paese si assume la responsabilità dei danni che provoca all'ecosistema e se ne accolla gli eventuali oneri per porvi rimedio. Infine, ogni firmatario è tenuto a promuovere la cooperazione tra gli Stati nelle procedure di valutazione di impatto ambientale, con effetti anche al di fuori dei propri confini, nonché a promuovere le iniziative di gestione integrata delle zone costiere. Ad oggi, i 21 Stati che si affacciano sul Mediterraneo, così come l'Unione Europea, sono considerati tutti parti contraenti della Convenzione di Barcellona che si articola su sette specifici protocolli d'azione<sup>7</sup>. Grazie a ciò e al lavoro di monitoraggio e

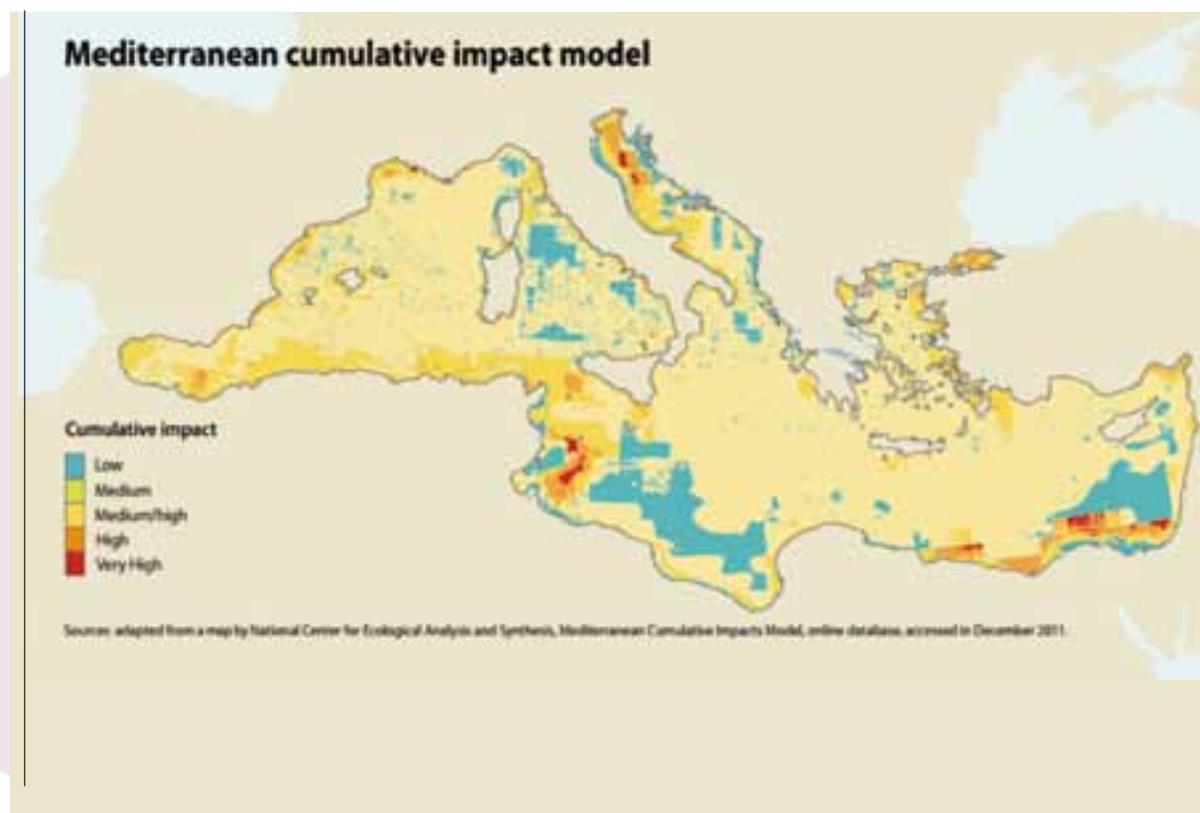


Figura 4 - Modello cumulativo di distribuzione della biodiversità nel Mediterraneo

studio compiuto finora, sono stati identificati obiettivi ecologici, operativi e vari indicatori. Ma non è ancora sufficiente. Questi, infatti, sono solo strumenti di partenza grazie ai quali, una volta stabilite precise linee guida, si potranno attivare meccanismi in grado di fornire informazioni sulle tendenze in atto: in altre parole, si potranno fare previsioni attendibili. Solo in questo modo sarà possibile individuare quei fenomeni di causa-effetto che legano particolari attività umane a documentati effetti ambientali e, di conseguenza, solo così potranno essere adottate politiche e strategie che, modificando le cause, possano evitare o almeno ridurre gli effetti negativi. Non resta che sperare che non manchino tempo e volontà per arrivare a questo risultato.

#### Riferimenti bibliografici

<sup>1</sup> <http://195.97.36.231/publications/SoMMCER.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.cbd.int/ecosystem>

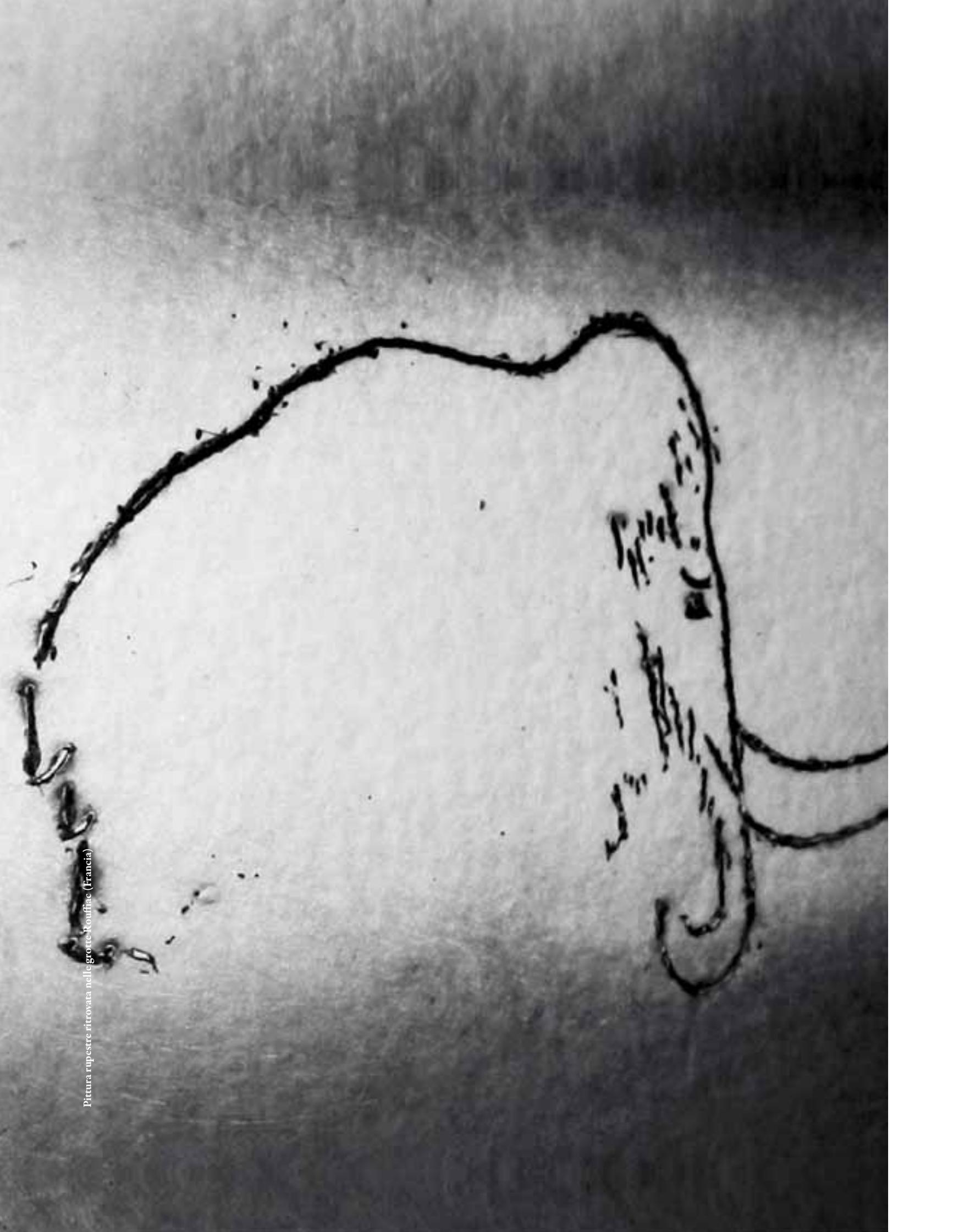
<sup>3</sup> <http://www.unepmap.org/index.php>

<sup>4</sup> [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/water\\_protection\\_management/128084\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/128084_it.htm)

<sup>5</sup> Action Plan For The Protection Of The Marine Environment And The Sustainable Development Of The Coastal Areas Of The Mediterranean. [http://195.97.36.231/dbases/webdocs/BCP/MAPPhaseII\\_eng.pdf](http://195.97.36.231/dbases/webdocs/BCP/MAPPhaseII_eng.pdf)

<sup>6</sup> [http://195.97.36.231/acrobatfiles/12IG20\\_Inf8\\_Eng.pdf](http://195.97.36.231/acrobatfiles/12IG20_Inf8_Eng.pdf)

<sup>7</sup> Al riguardo si veda il documento al seguente link: [http://195.97.36.231/dbases/webdocs/BCP/BCP\\_eng.pdf](http://195.97.36.231/dbases/webdocs/BCP/BCP_eng.pdf)



Pittura rupestre ritrovata nelle grotte Rouffiac (Francia)

## Nuove tecnologie per il biorisanamento di suoli contaminati

Tiziana Pennesi, Marco Falconi, Antonio Dell'Anno, Francesca Beolchini, Laura Rocchetti

*Circa il 3% del territorio italiano è da bonificare. E' molto importante, quindi, sviluppare tecnologie sostenibili per il risanamento del suolo. In questo ambito una delle tecniche più utilizzate è quella del bioventing che è basata sulla normale attività biologica presente nel terreno con l'immissione di ossigeno attraverso un fluido di aria. I vantaggi di questa tecnica biologica di bonifica dei siti contaminati risiedono essenzialmente nei bassi costi di realizzazione dell'impianto e della gestione*

Per lungo tempo il suolo è stato considerato unicamente un sostegno alle numerose forme di insediamento antropico. Si tratta, invece, di un sistema naturale dinamico, che supporta numerosi processi naturali e consente lo svolgimento delle molteplici attività umane, che sempre più spesso risultano in competizione tra loro generando conflitti tra i possibili diversi usi della risorsa. La valutazione del suo stato e utilizzo rappresenta, di conseguenza, uno degli elementi fondamentali per la valutazione della qualità dell'ambiente nel suo complesso. La sua tutela disegna uno dei temi centrali delle politiche ambientali di tutti i Paesi industrializzati e nasce dalla piena consapevolezza che esso svolge diverse funzioni (Larson et al., 1991) tra le quali procurare le risorse di primaria importanza per l'alimentazione umana e servire da *filtro naturale* per i contaminanti, depurando anche le acque che passano attraverso i pori. I fenomeni più gravi di inquinamento derivano, nella maggior parte dei casi, dall'interazione del terreno con i prodotti di rifiuto e sono localizzati in aree industriali dismesse, vecchie discariche e zone in cui una non corretta gestione dei rifiuti ha portato un sovraccarico di inquinanti rispetto alle capacità depuranti del terreno. Quando l'ossigeno diminuisce, aumenta la concentrazione delle forme inorganiche dell'azoto ( $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $NO$  e  $NO_2$ ), dello zolfo ( $H_2S$ ,  $SO_2$  e  $SO_3$ ) e di idrocarburi. Nel suolo sono presenti *microrganismi*, soprattutto batteri, funghi e attinomiceti, che esercitano un'azione sulla mobilità degli inquinanti; la microflora è presente anche in terreni con elevata quantità di sostanze tossiche, grazie alla sua notevole versatilità e resistenza. Le azioni dei microrganismi si

esplicano verso quasi tutti i materiali di rifiuto mediante biodegradazione, sintesi e ossidoriduzione, i cui effetti sono in grado di risultare sia benefici che dannosi (es. formazione dell'intermedio cloruro di vinile nella degradazione del TCE). In sintesi, quindi, il comportamento di un inquinante è controllato da un rilevante numero di variabili legate sia alle caratteristiche del terreno che a quelle dell'inquinante stesso; la bonifica di suoli e siti inquinati costituisce, pertanto, una delle più rilevanti problematiche emergenti per gli interventi di recupero e di risanamento ambientale e riguarda tutto il territorio nazionale. La disciplina degli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati, nonché le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l'eliminazione delle sorgenti dell'inquinamento e, comunque, per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti, vengono attuate in armonia con le norme e i principi comunitari, con particolari oneri in termini finanziari. Infatti, analizzati da un punto di vista meramente economico, gli interventi di bonifica dei siti contaminati costituiscono un costo, sia naturalmente per i soggetti direttamente interessati, sia per la collettività.

Per valutare l'incidenza degli interventi di bonifica sulla riqualificazione di un'area e, di conseguenza, verificare la fattibilità e la remuneratività dell'intervento di sviluppo dell'area stessa, occorre fare riferimento a più parametri operativi, principalmente:

- costi degli interventi;
- certezza del raggiungimento degli obiettivi di bonifica;
- occupazione superficiale delle aree du-



rante gli interventi di bonifica;

- tempistiche per arrivare alla certificazione di avvenuta bonifica dell'area;
  - permanenza di eventuali vincoli sull'area a valle degli interventi di bonifica (per realizzazione della messa in sicurezza permanente, limitazioni d'uso previste a seguito dell'applicazione dell'analisi di rischio, etc.).
- L'applicazione di una tecnologia di risanamento rispetto a un'altra può determinare una variazione rilevante degli oneri di bonifica che, unitamente alle tempistiche di rilascio delle aree, rappresentano in molti casi un fattore determinante per un investitore. La scarsità delle informazioni acquisite relativamente ad un sito contaminato ha impedito, negli anni passati, un'adeguata previsione del modello concettuale del sito stesso, determinando invece una facile disposizione ad un frequente abuso del concet-



**Scegliere una tecnica di bonifica piuttosto che un'altra può comportare oneri differenti**

to di messa in sicurezza d'emergenza, intervento che deve essere eseguito in attesa e non in sostituzione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale o degli interventi di messa in sicurezza permanente. La tendenza era, quindi, anche in seguito alla verifica di un grave stato di inquinamento, di mettere in atto un intervento finalizzato all'eliminazione totale della contaminazione, consistente sostanzialmente in un conferimento massiccio del suolo inquinato in discarica, rimandando nel tempo il problema, quando tra decine di anni, si dovrà bonificare o mettere in sicurezza, la discarica stessa.

### TECNOLOGIE DI BIORISANAMENTO

La soluzione del problema della salvaguardia dell'ambiente impone l'utilizzo di nuove e più adeguate tecnologie di bonifica che consentano di distruggere o rendere innocui numerosi inquinanti utilizzando la naturale attività biologica presente nel terreno che

Figura 1 - Diagramma di un tipico sistema di bioventing

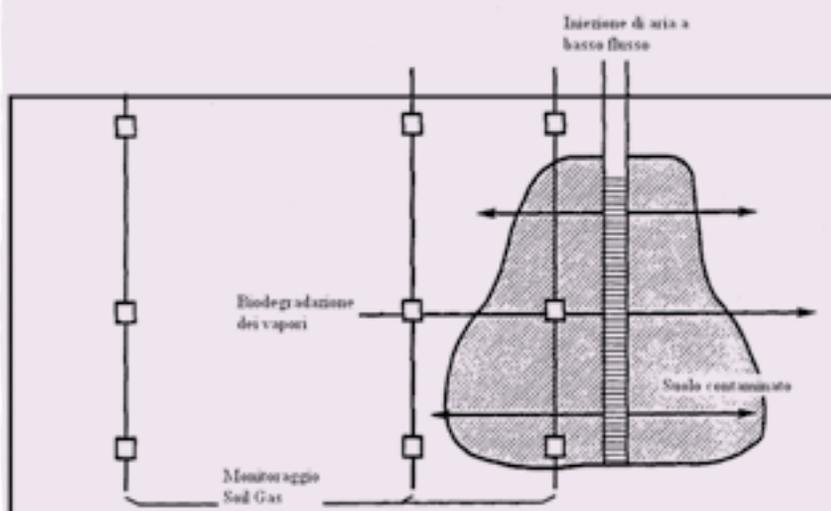


Figura 2 - Funzionamento del bioventing passivo



prendono il nome di *bioremediation* (Diaz, 2008). Attraverso il loro utilizzo viene, infatti, favorito l'incremento dell'attività biodegradativa prodotta dai batteri naturalmente presenti nel suolo inquinato o da batteri selezionati in laboratorio (*bioaugmentation*) e immessi nel terreno, attraverso inoculi sequenziali (Leeson et al., 2001). I microrganismi utilizzano le sostanze inquinanti come nutrimento e come fonte di energia, ottenuta ossidando le suddette sostanze e cedendo elettroni a elementi e/o composti che variano secondo la profondità del suolo; normalmente l'elemento accettore è l'ossigeno, mentre, con l'aumentare della profondità e con la conseguente minore disponibilità di O<sub>2</sub>, possono essere nitrati, solfati, ferro, manganese e anidride carbonica. Per la degradazione di composti organici come i prodotti petroliferi, è fondamentale che il terreno sia ricco di batteri aerobi eterotrofi. In questa categoria delle tecnologie di bonifica rientra la tecnica del *Bioventing*, quale approccio tra i maggiormente utilizzati per il risanamento di suoli insaturi ed il cui termine identifica il processo "in situ", di aerazione dei terreni, attraverso l'utilizzo di soffianti alimentate elettricamente, allo scopo di stimolare l'attività biologica dei microrganismi naturalmente presenti che sono in grado di decomporre questi contaminanti. Questa tecnologia, utilizzata principalmente in siti contaminati da idrocarburi, si è rivelata una tra le migliori, sia in termini di costi effettivi che in termini di efficienza (Fig. 1).

Vengono utilizzate delle portate d'aria relativamente basse (dell'ordine da 0,007 a 0,01 m<sup>3</sup>/sec. per pozzo) e basse pressioni di iniezione (dell'ordine di 25 a 75 mBar) per ridurre al minimo la perdita di sostanze volatili, massimizzando la biodegradazione. La fattibilità finale di un sistema di *bioventing* è influenzata da diversi processi fisici, chimici e biologici che trovano manifestazione secondo le particolarità specifiche, proprie di ogni singolo sito. Quattro principali caratteristiche fisiche influenzano il *bioventing*:

- A) la permeabilità del terreno ai gas;
- B) la diffusione dei contaminanti nel suolo;
- C) la distribuzione dei contaminanti
- D) la zona di influenza di ossigeno.

I sistemi di *bioventing* sono molto semplici, con poche parti meccaniche ed elettriche; sono tuttavia necessari controlli settimanali e alcune piccole manutenzioni come la sostituzione di filtri, dei misuratori di portata o degli indicatori. Se viene installato un sistema di *bioventing* di estrazione o di estrazione e reiniezione, è probabile che sia richiesta una manutenzione più intensa.

### IL BIOVENTING PASSIVO

Nello scenario delle tecnologie maggiormente ecosostenibili trova spazio, sebbene ancora oggi con poche applicazioni a scala progettuale, il *Bioventing Passivo*. Tale tecnica innovativa differisce dal *bioventing* convenzionale nel modo in cui è recapitato ossigeno al sottosuolo: si basa, infatti, sul naturale ricambio



*Il bioventing è fra gli approcci maggiormente utilizzati per il risanamento dei suoli insaturi*

d'aria, senza l'utilizzo delle soffianti (Fig.2). I test sul campo, effettuati in diversi siti degli USA, hanno mostrato che le variazioni giornaliere della pressione atmosferica permettono ai pozzi aperti nella zona insatura di far entrare e uscire aria (Pirkle et al, 1992; Rossabi et al, 1993, Zimmerman et al, 1997).

Nei periodi di aumento della pressione atmosferica, si sviluppa un gradiente negativo di pressione tra l'atmosfera e il sottosuolo, che è misurabile nei punti di monitoraggio come un vuoto. L'entità del gradiente di pressione è principalmente in funzione del tasso di variazione della pressione atmosferica, della profondità, della permeabilità del suolo all'aria e della porosità totale (Zimmerman et al., 1997). La pressione atmosferica varia quotidianamente con le oscillazioni della temperatura dell'aria, con una pressione più bassa nelle ore pomeridiane e più alta nelle prime ore del mattino. Le variazioni di tale pressione, dovute alla situazione meteorologica, possono anche essere significative e il passaggio di alte o basse pres-

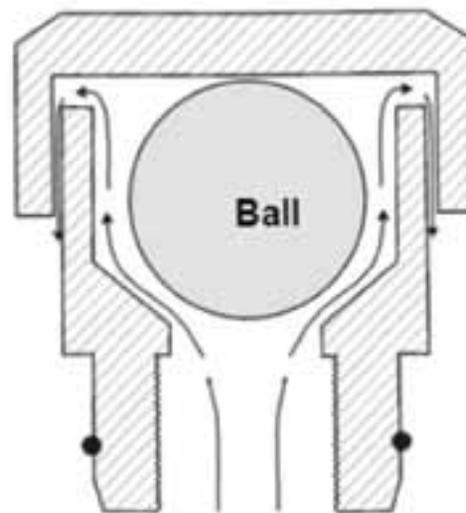


Figura 3 - Immagine e schema di una valvola passiva unidirezionale Baroball® (Christensen et al., 2003).

sioni può provocare una variazione ancora maggiore. Tuttavia, una variazione significativa della pressione atmosferica da sola non è una garanzia soddisfacente ad assicurare che saranno sviluppati dei gradienti sufficienti a creare il flusso d'aria necessario: la litologia del sito e le caratteristiche del suolo sono dei requisiti altrettanto importanti.

### PROGETTAZIONE DEL SISTEMA

La progettazione di un sistema di *bioventing* passivo è quasi identica alla progettazione di un sistema di *bioventing* convenzionale, salvo che, come detto, non è richiesta una soffiante elettrica e nel modo in cui sono installate le valvole passive ai pozzi di *venting* (Fig. 3): utilizzando la valvola passiva, l'aria può entrare nel pozzo di *venting* solo quando la pressione interna è inferiore a quella atmosferica e, quando si verifica il gradiente inverso, la valvola si chiude per impedire la fuoriuscita dell'aria prima iniettata.

Oltre ai pozzi di *venting* impiegati per l'iniezione o l'estrazione dell'aria, vengono utilizzati dei punti

di monitoraggio dei vapori del suolo per osservare costantemente le prestazioni del sistema. I pozzi di monitoraggio sono installati con le loro finestrate alla stessa profondità del pozzo di ventilazione e sono collocati con un aumento di distanza dal pozzo stesso (Fig. 4). I punti di monitoraggio sono spazati spesso secondo un modello radiale (Fig. 4a), alle distanze previste per essere all'interno dell'influenza del pozzo di ventilazione o lungo una linea dal pozzo stesso (Fig. 4b). I criteri chiave di progettazione per i sistemi di *bioventing* passivo sono rappresentati dallo spazio necessario per il pozzo di *venting*, in funzione del raggio di influenza atteso e il tasso del flusso d'aria nel pozzo stesso. Se il raggio di influenza previsto è piccolo ed il flusso d'aria atteso è basso, viene richiesto un numero maggiore di pozzi per coprire tutta l'area contaminata: in tal modo il risparmio sui costi, che si determinerebbe dalla mancata installazione e dal mancato funzionamento di una soffiante, sarebbe compensato dagli aumenti considerevoli per la perforazione e per i costi di installazione di altri pozzi di ventilazione. Poiché il raggio di influenza e

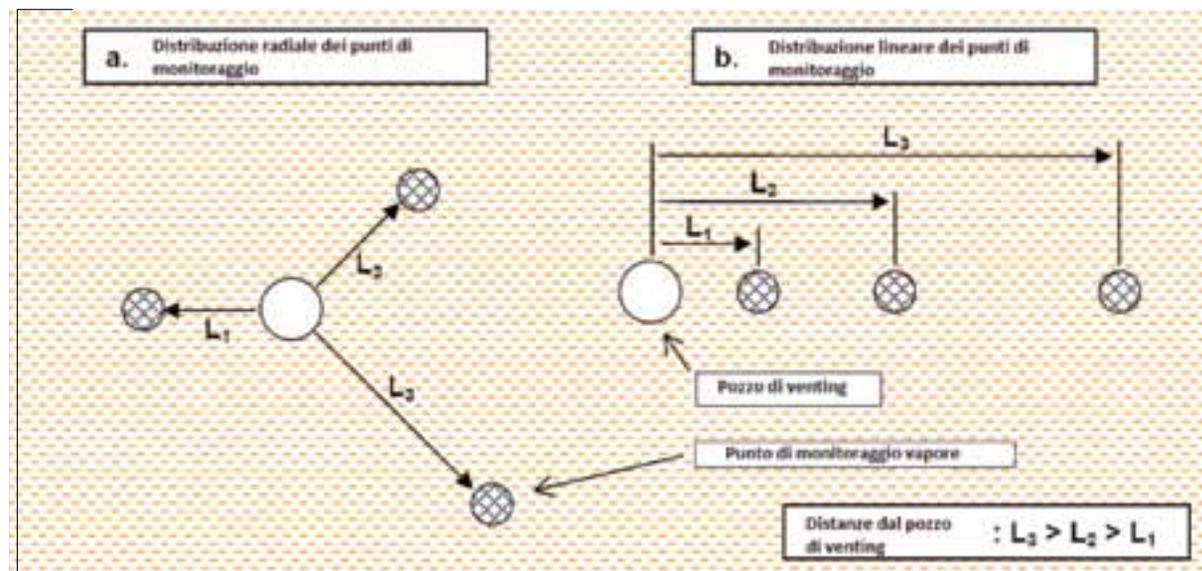


Figura 4 - Distribuzione radiale e lineare di punti di monitoraggio

la richiesta di ossigeno dei microrganismi sono strettamente sito specifici, il successo del progetto sarà inevitabilmente basato sulla capacità di raggiungere un raggio di influenza adeguato e indurre il flusso d'aria necessario per soddisfare le richieste di ossigeno proprie del sito; l'area di trattamento ed il flusso d'aria richiesto devono essere economicamente soddisfacenti, senza richiedere un numero eccessivo di pozzi di *venting* rispetto al *bioventing* convenzionale.

#### ECONOMICITÀ E PRESTAZIONI

Il raggio di influenza dell'ossigeno realizzato da un pozzo di ventilazione di *bioventing* passivo sarà sempre minore del raggio realizzato quando è iniettata aria con l'utilizzo delle soffianti, a causa del tasso più basso del flusso d'aria realizzato dal sistema passivo. La decisione di eseguire un test di fattibilità del *bioventing* passivo su scala pilota dovrebbe essere basata sul costo ipotizzato di un sistema passivo completo contro il costo di un sistema di *bioventing* convenzionale: la principale voce di costo di un sistema pas-

sivo consiste nei costi di perforazione e installazione dei pozzi di ventilazione e monitoraggio. In assenza di infrastrutture esistenti, il costo dell'installazione dei pozzi di ventilazione del *bioventing* passivo, se completato utilizzando i metodi convenzionali di perforazione, può superare il costo dell'installazione e di funzionamento del sistema convenzionale. Ad esempio, un raggio di influenza del pozzo minore di 3 m. (con 6 m. di area influenzata dal pozzo) è progettato per provocare un sistema di *bioventing* passivo completo che nell'installazione costerà di più di un sistema di *bioventing* convenzionale. Tuttavia, se per l'installazione del pozzo di ventilazione vengono utilizzate tecniche a basso costo come il penetrometro statico anziché la perforazione convenzionale, il costo del *bioventing* passivo in un'area anche inferiore a 6 m. trattata da un pozzo di ventilazione può essere inferiore rispetto a quello convenzionale. Altre condizioni sito specifiche che precluderebbero l'installazione di un impianto pilota includono:

- Differenziale di pressione atmosferica giornaliera inferiore a 3,39 mBar;

- Permeabilità all'aria verticale del terreno sovrastante l'area di trattamento superiore a 1.000 millidarcy;
- Permeabilità all'aria radiale del terreno contaminato inferiore a 100 millidarcy;
- Contenuto in acqua del terreno contaminato maggiore del 10% in massa.

I sistemi di *bioventing* sono stabili per lunghi periodi e non sono necessarie attrezzature complesse e valvole operative a distanza; l'uso di contatti elettrici e di guarnizioni riutilizzate è minimizzato. Tuttavia, deve essere effettuata la manutenzione programmata per accertare il continuo funzionamento. Le caratteristiche minime di manutenzione richieste riguardano il regolare funzionamento della guarnizione di ogni pozzo di *venting*. L'utilizzo di un sistema di trattamento dei gas aumenterà significativamente la complessità della manutenzione. Il *bioventing* passivo, così come quello convenzionale, richiede un periodo di funzionamento e di manutenzione prima che possa essere messa a regime la fase di esercizio. Il vantaggio principale di questa tecnologia innovativa rispetto al *bioventing* convenzionale o agli altri sistemi di bonifica è l'eliminazione della soffiante. In molti impianti tale energia non è disponibile o sarebbe comunque molto costosa; anche in strutture dove è disponibile l'alimentazione per una soffiante, i siti contaminati risultano spesso lontani dai punti di ac-



A differenza di quello convenzionale, il *bioventing* passivo si basa sul naturale ricambio d'aria

cesso, con problematiche annesse all'alimentazione. Il risparmio realizzato dalla mancata installazione di una soffiante e dal suo conseguente non utilizzo, verrebbe compensato dagli aumenti considerevoli per la perforazione e dei costi di installazione dei pozzi di *venting*, qualora il raggio d'influenza fosse di piccole dimensioni. In generale, nell'ambito di un metodo di *bioventing* passivo, i costi di installazione per i pozzi supplementari di *venting*, confrontati con quello per la soffiante e quelli previsti nell'ambito

di un metodo di *bioventing* convenzionale sono sito specifici e dipenderanno da quanto segue:

- differenze nel raggio di influenza fra *bioventing* convenzionale e passivo;
- costi per allacciamento alla rete elettrica;
- costi dell'energia elettrica;
- costi di perforazione, influenzati soprattutto dalla profondità della contaminazione, dal tipo del terreno e dalla posizione;
- tempo occorrente per raggiungere gli obiettivi di bonifica.

Nei siti in cui stanno funzionando sistemi di *Soil Vapor Extraction* o di *Bioventing* convenzionale, ci può essere la possibilità di spegnere la soffiante alimentata elettricamente ed installare una valvola passiva unidirezionale. Il momento in cui dovrebbe essere considerata la trasformazione da uno SVE attivo o da un sistema di *bioventing* convenzionale ad un sistema passivo è indicato dalla diminuzione del tasso di recupero della massa dell'agente inquinante per i sistemi di SVE e da una diminuzione misurata nel tasso di respirazione dei microrganismi per i sistemi di *bioventing*. Quando il tasso di recupero della massa dell'agente inquinante o di respirazione comincia a diminuire, il quantitativo di flusso d'aria del *bioventing* passivo può essere sufficiente per sostenere il flusso necessario alla bonifica. Il passaggio al *bioventing* passivo potrebbe potenzialmente abbassare i costi operativi e di manutenzione anche se vengono comunque forniti i volumi di aria sufficienti per sostenere il risanamento.

## SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DELLA TECNOLOGIA

In uno studio condotto presso un sito contaminato da idrocarburi presente nella provincia di Terni, sono state considerate le problematiche relative al confronto tra un sistema di *Soil Vapor Extraction* (SVE) con un'eventuale applicazione del *Bioventing* Passivo (BVP), cercando di cogliere non solo le differenze in sede progettuale, quanto le discordanze in termini di impatti sull'ecosistema, mettendo in luce le principali criticità di ogni processo, in riferimento alle conse-

guenze dannose per il comparto ambientale. Per la stima ed il calcolo dei parametri necessari alla valutazione dell'impatto ambientale si è fatto ricorso alla procedura di analisi quantitativa del ciclo di vita di un prodotto, denominata *Life Cycle Assessment* (LCA), la quale, determinati i fattori di ingresso (materie prime, uso di risorse, energia) e di uscita (produzione di rifiuti, emissioni inquinanti) in un processo produttivo, ne consente di determinare le conseguenti influenze sull'ambiente e di individuare, quindi, le fasi operative di maggiore criticità. Tale procedura è standardizzata dalla serie di norme ISO 14040-14043 che descrivono i criteri generali e la metodologia attraverso cui effettuare un *LCA* ed è stata condotta attraverso l'utilizzo del software GaBi 4.3 (*Ganzliche Bilanzierung* – da cui “GaBi”, bilancio complessivo), sviluppato grazie alla cooperazione dell'*Institute for Polymer Testing and Polymer Sciences* (IKP), oggi *Department Life Cycle Engineering* dell'Università di Stoccarda e della società di consulenza PE INTERNATIONAL. La banca dati utilizzata per questo studio è stato il *Professional Database* che fornisce la maggior parte dei processi industriali, partendo dalle materie prime e considerando i prodotti intermedi. Essendo progettato per l'analisi degli impatti ambientali generati da un processo, GaBi permette di costruire i bilanci ambientali considerando le risorse sfruttate durante il processo stesso e



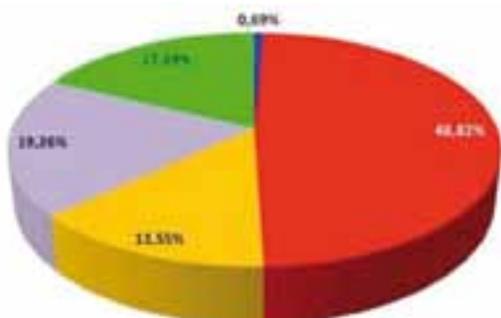
**Il *bioventing* passivo può sostenere il flusso della bonifica e molto probabilmente abbassa i costi operativi**

le emissioni (solide, liquide e gassose) da esso generate. I confini del sistema sono stati definiti considerando nel dettaglio il processo di realizzazione dei pozzi di venting, di aspirazione e dei punti di monitoraggio ed includendo l'uso di alcuni prodotti utilizzati negli impianti di smaltimento e/o trattamento previsti in entrambe le tecnologie considerate, scegliendo di trascurare alcuni ingressi relativi ai materiali costituenti le strumentazioni tecniche (es. i *dataloggers*, i trasduttori d'aria, le valvole passive, etc.), materiali che pos-

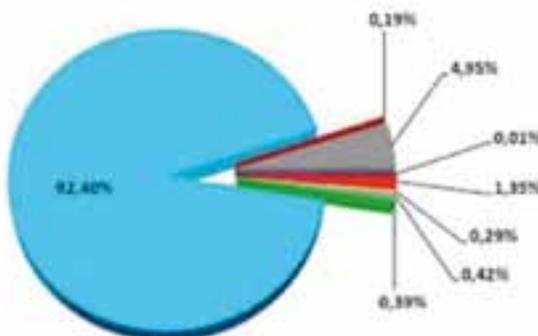
Figura 5 - LCA – Potenziale impatto sul riscaldamento totale

9 TCO<sub>2</sub> - Equiv.

Processo BVP

80 TCO<sub>2</sub> - Equiv.

Processo SVE



sono essere sottoposti al riutilizzo in ulteriori sistemi. Sono stati presi in considerazione i flussi riguardanti materia ed energia utilizzati da ogni processo (Tab.1), al fine di identificare la tipologia dell'impatto inflitto all'ambiente e di quantificarne le conseguenze. In particolare i flussi di interesse riguardano:

- le risorse energetiche utilizzate; } INPUT  
 - la quantità dei materiali utilizzati; }

- la produzione di emissioni gassose; } OUTPUT  
 - la produzione di rifiuti }

Le categorie di impatto considerate sono quelle individuate dalla metodologia "CML" (*Center for Environmental Studies*) sviluppata dall'Università di Leiden (Olanda), riconosciute a livello europeo e riportate nella tabella 2. Gli impatti relativi ai flussi riguardanti le risorse impiegate in ogni processo, in termini di kg di CO<sub>2</sub> Equivalente, sono riportati nella successiva tabella 3. La figura 5 mostra i grafici riguardanti i valori in percentuale dei flussi inerenti le risorse utilizzate all'interno di ogni processo, mettendo in evidenza quelle maggiormente significative nell'attuazione di ogni tecnologia. Ai fini del confronto delle tecnologie prese in esame sono stati analizzati i due processi in relazione alle sei categorie di impatto ambientale risultate significative in fase di normalizzazione (valori di riferimento a livello europeo su base annua, CML2001-Nov. 09; Tab. 4). Analizzando i valori sopra riportati si nota che il processo relativo al *Bioventing* Passivo risulta meno impattante di quello della *Soil Vapor Extraction* in tutte e sei le categorie d'impatto prese in considerazione. Le due tecnologie presentano una differenza non eccessiva nella categoria riguardante il consumo dell'ozono stratosferico, mentre in quella relativa al riscaldamento globale il processo relativo alla SVE risulta ben più di 10 volte superiore a quello del *bioventing* passivo. L'applicazione dell'LCA alle due tecnologie indagate ha permesso di conseguire l'importante risultato di aver messo in evidenza come la componente preponderante negli impatti provocati

Tabella 1 - Stima delle risorse utilizzate nei due processi.

RISORSE INPUT	PROCESSO BVP	PROCESSO SVE
Gasolio (kg.)	125	25
PVC (kg.) compresi i Corrugati flessibili	1.800	500
Sabbia (kg.)	31.000	6.000
Boiaccia (kg.)	2.300	500
Bentonite (kg.)	3.100	600
Energia elettrica (KW/h)	-	106.000
Olio lubrificante (kg.)	-	170
Carboni attivi (kg.)	-	2.800

Tabella 2 - Categorie di impatto (metodologia CML) e loro unità di misura.

CATEGORIA DI IMPATTO	UNITÀ DI MISURA
Potenziale Consumo Risorse	kg
Potenziale Acidificazione	kg SO <sub>2</sub> -Equiv.
Potenziale Eutrofizzazione	kg fosfato-Equiv.
Potenziale Riscaldamento Globale	kg CO <sub>2</sub> -Equiv.
Potenziale Consumo ozono stratosferico	kg R11-Equiv.
Potenziale Creazione Ozono troposferico	kg etene-Equiv.

Tabella 3 - Impatto in termini di emissioni di anidride carbonica dei processi di produzione delle risorse richieste nelle due tecnologie in esame (kg di CO<sub>2</sub>-Equiv.).

FLUSSI INPUT	PROCESSO BVP	PROCESSO SVE
Gasolio	6,20*10 <sup>1</sup>	1,24*10 <sup>1</sup>
PVC, compresi i Corrugati flessibili	4,36*10 <sup>3</sup>	1,10*10 <sup>3</sup>
Sabbia	1,21*10 <sup>3</sup>	2,42*10 <sup>2</sup>
Boiaccia	1,72*10 <sup>3</sup>	3,43*10 <sup>2</sup>
Bentonite	1,58*10 <sup>3</sup>	3,16*10 <sup>2</sup>
Energia elettrica	-	7,50*10 <sup>4</sup>
Olio lubrificante	-	1,55*10 <sup>2</sup>
Carboni attivi	-	4,01*10 <sup>3</sup>
TOTALE	8,93*10 <sup>3</sup>	8,12*10 <sup>4</sup>

Tabella 4 - Valori stimati per i due processi nelle principali categorie d'impatto

CATEGORIE D'IMPATTO	SVE	BVP
Consumo risorse	4,33*10 <sup>9</sup> •	6,66*10 <sup>9</sup>
Acidificazione	2,55*10 <sup>9</sup> •	1,58*10 <sup>9</sup>
Eutrofizzazione	7,72*10 <sup>9</sup> •	1,26*10 <sup>9</sup>
Riscaldamento globale	1,56*10 <sup>7</sup> •	1,70*10 <sup>8</sup>
Consumo ozono stratosferico	1,10*10 <sup>9</sup> •	3,25*10 <sup>10</sup>
Creazione ozono troposferico	3,15*10 <sup>9</sup> •	5,01*10 <sup>9</sup>

• valori che contraddistinguono il processo a maggior impatto

dalla SVE risulti essere quella provocata dal consumo di energia elettrica e dalla produzione di rifiuti quali i carboni attivi, evidenziando quanto l'utilizzo del *bioventing* passivo potrebbe essere conveniente in termini di conservazione e salvaguardia dell'ambiente.

#### Riferimenti bibliografici

Christensen, A.G., H.H. Nielsen, and E.V. Fisher (2003): "Passive Ventilation for Removing PCE from the Vadose Zone" (in Danish). Miljøprojekt Nr. 806, Teknologiuudviklingsprogrammet for, jord- og grundvandsforurening.

Diaz E. (2008). Microbial Biodegradation: Genomics and Molecular Biology (1st ed.). Caister Academic Press. ISBN 1-904455-17-4  
EEA 2007: *Progress in management of contaminated sites (CSI 015) - Assessment published Aug 2007* - www.eea.europa.eu

ESTCP (Environmental Security Technology Certification Program) - U.S. Department of Defence (September 2000): *Natural Pressure-Driven Passive Bioventing - Final Report*. Naval Facilities Engineering Service Center.

ESTCP - U.S. Department of Defence (November 22, 2002): *Addendum - Natural Pressure-Driven Passive Bioventing - Final Report*. Naval Facilities Engineering Service Center.

ESTCP - U.S. Department of Defence (January 2004): *Cost and Performance Report - Natural Pressure-Driven Passive Bioventing*. Naval Facilities Engineering Service Center.

ESTCP - U.S. Department of Defence (March 2006): *Design Document for Passive Bioventing*. Naval Facilities Engineering Service Center.

Larson, W.E. and Pierce F.J. (1991): *Conservation and enhancement of soil quality. Evaluation of Sustainable Land Management in the Developing World*, International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand.

Leeson, A., Alleman B.C., Alvarez P.J., Magar V.S. (2001): *Bioaugmentation, biobarriers, and biogeochemistry*. Battelle Press 2001, ISBN 1-57477-110-8.  
Pirkle, R.J., D.E. Wyatt, V. Price, and B.B. Looney (1992): *Barometric Pumping: The Connection Between the Vadose Zone and the Atmosphere*. The Focus Conference on Eastern Regional Ground Water Issues.

Rossabi, J., B.B. Looney, C.A. Eddy-Dilek, B. Riha, and V.J. Rohay (1993): *Passive Remediation of Chlorinated Volatile Organic Compounds Using Barometric Pumping*. WSRC-MS-93-615, DOE. Westinghouse Savannah River Company, Aiken, SC.

Sustainable Remediation Forum UK (2010): *A Framework for Assessing the Sustainability of Soil and Groundwater Remediation*, ISBN 978-1-905046-19-5  
USEPA Office of Research and Development (ORD) (September 1995): *Principles and Practices of Bioventing*. EPA/540/R-95/534.

Zimmerman, C.T., Sass, B.M., Zwick, T.C., Alleman, B.C., Payne, C.A., Hoepfel, R.E., Bowling, L. (1997): *Principles of Passive Aeration for Biodegradation of JP-5 Jet Fuel*. Bioventing Applications and Extensions. Battelle Press.

## Sostenibilità energetica: un aiuto dalla matematica

Stefano Pisani

*L'uomo affronta continuamente il problema di come bilanciare i propri bisogni nei confronti delle risorse mondiali, cercando di operare nei vincoli imposti dalle leggi di natura. La matematica ci aiuta a capire meglio questo tipo di problemi complessi ed è usata da matematici e utenti vari in un gran numero di diverse applicazioni per trovare soluzioni creative per un modo di vita sostenibile. La società e gli individui dovranno fare scelte difficili; la matematica ci fornisce gli strumenti per prendere decisioni consapevoli*

Sviluppo sostenibile, economia sostenibile, edilizia sostenibile, mobilità sostenibile, città sostenibile, ecc. Il capitolo della sostenibilità ambientale è diventato sempre più ampio man mano che ha acquistato definizione il grande romanzo della fragilità del nostro pianeta. Stiamo scoprendo, in relativamente pochi anni, a nostre spese quanto per causa nostra, un ambiente improvvisamente vulnerabile. Se dio è morto, è caduto anche l'Eden immutabile in cui presumevamo di vivere: il nostro ecosistema ha perduto la sua onnipotenza e, anzi, ora ha bisogno del nostro aiuto per continuare a sussistere così come lo conosciamo.

L'oggettività è spesso quella che mette in un angolo e fa prendere le decisioni. L'oggettività dell'assottigliamento dell'ozono stratosferico del 5% fra il 1979 e il 1990, che è stato uno dei primi e più mediaticamente sentiti allarmi ambientali globali, o quella "predittiva" del Rapporto sui limiti dello sviluppo del 1972 commissionato al MIT dal Club di Roma. In entrambi i casi, e in molti altri, risultiamo debitori all'oggettività degli strumenti della matematica, che ha concorso, indirettamente, alla formazione di una coscienza ambientale diffusa. Ha concorso e concorre tuttora. Non è un caso, quindi, che l'*American Mathematical Society*, la più influente associazione di matematici del mondo, abbia deciso di dedicare il *Mathematics Awareness Month* del 2013 al tema della sostenibilità. Il "Mese della consapevolezza matematica" è, storicamente, aprile. Dal 1986, il *Joint Policy Board for Mathematics* (JPBM), composto dall'*American Mathematical Society*, l'*American Statistical Association*, la *Mathematical Association of America* e la *Society for Industrial and Applied Mathematics*, consacra que-

sto mese primaverile a un tema, organizza attività e raccoglie saggi e contributi di genere vario allo scopo di far scoprire e apprezzare la matematica al grande pubblico. Quest'anno, appunto, al centro dell'iniziativa è stato il tema della sostenibilità. L'umanità – o almeno quella meglio intenzionata – è alla perenne ricerca di un equilibrio fra i suoi bisogni e la disponibilità delle risorse mondiali. È una bilancia delicata, con vincoli imposti dalle leggi di natura, di cui la matematica può essere il perno centrale, aiutando a capire meglio problemi complessi e escogitando diverse applicazioni e soluzioni creative per una *way of life* sostenibile. Se la società e gli individui sono chiamati a fare scelte difficili, la matematica fornisce gli strumenti per prendere decisioni consapevoli.

### SOSTENIBILITÀ ENERGETICA

«L'energia è il filo rosso che collega la crescita economica, l'equità sociale, e un clima e un ambiente che permettano al mondo di prosperare». Le parole di Ban Ki-moon, segretario generale delle Nazioni Unite, pronunciate durante l'evento *Delivering Sustainable Energy for All: Opportunities at Rio+20* che si è tenuto a Washington lo scorso anno, aprivano la strada all'iniziativa "Energia sostenibile per tutti" (*Sustainable Energy for all, SE4All*) che aveva essenzialmente tre obiettivi, complementari e da realizzare prima del 2030, anno in cui, secondo stime dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, si prevede che saranno un miliardo le persone che non avranno accesso all'energia. Questi obiettivi sono: raddoppiare il ritmo di sviluppo dell'efficienza energetica, assicurare l'accesso a moderni servizi di approvvigionamento



energetico per tutti, raddoppiare la quota di energia rinnovabile nella produzione energetica globale.

L'applicazione della matematica, nella sfida al problema dell'energia mondiale, può risultare basilare per assicurare l'avvento di un futuro sostenibile. Un problema che può essere declinato secondo due direttive principali. In prima battuta, deve tener conto del fatto che le risorse naturali che vengono sfruttate sono, ovviamente limitate. Una considerazione a cui bisogna far seguire, inevitabilmente, il passaggio dal paradigma dello sfruttamento (miope e indiscriminato) a quello dell'impiego razionale che eviti un consumo intensivo di altra energia e soprattutto lo spreco energetico, pratiche che finiscono per avere un effetto molto dannoso per l'ecosistema, già oggi estremamente provato dai cambiamenti climatici, dal consumo dell'ozono, dalla eco-tossicità, dall'acidificazione degli oceani, ecc. La

● Secondo una stima dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, nel 2030, 1 miliardo di persone non avranno accesso all'energia

matematica, in questo contesto, si concentra soprattutto su alcune linee d'intervento, come il controllo delle fonti e del trasporto delle energie sostenibili, dell'aumento dell'efficienza energetica, della riduzione dell'impatto ambientale e del miglioramento dell'accettabilità socio-economica di questo tipo di sviluppo.

#### **I MODELLI MATEMATICI E L'INIZIATIVA SE4ALL: LE ANALISI DECISIONALI MULTI-CRITERIO**

Diventa essenziale, a questo punto, pianificare nuovi sistemi di energia sostenibile. Un tipo di lavoro che presenta notevoli difficoltà di tipo tecnico che possono essere ben affrontate proprio dalla matematica. Stando a quanto emerge proprio da uno dei saggi pubblicati in occasione del *Mathematics Awareness Month* da parte della *United Nations Industrial Development Organization*, una delle branche più note della matematica, l'Analisi, rappresenta un valido strumento per accertare entità e caratteristiche essenziali di queste problematiche. In più, l'Analisi matematica consente di avere una

visione del problema aperta alla multidimensionalità, alle interconnessioni e ai vari meccanismi di feed-back che sussistono fra i diversi sistemi energetici, in modo da ridurre al minimo i rischi e arrivare a un approccio di sistema razionale. Le analisi decisionali multi-



**Di fronte a problemi complessi, la matematica fornisce utili a prendere decisioni consapevoli**

criterio (*MCD*), in particolare, risultano sempre più spesso utilizzate, a fronte della complessità dei sistemi socio-economici e biofisici coinvolti e della multidimensionalità degli obiettivi sostenibili. Uno degli aspetti più importanti e utili dei modelli matematici è senza dubbio la capacità che questi hanno di imbastire diversi scenari che aiutino a comprendere meglio una realtà estremamente complessa. Questi modelli riescono infatti a restituire un output che descriva come diversi percorsi portano a diversi risultati (fornendo al tempo stesso spiegazioni affidabili e evidenze empiriche) a partire da input che, la maggior parte delle volte, riflettono innumerevoli orientamenti e preferenze sociali e politiche spesso in contrasto fra loro. Proprio perché i modelli recepiscono molteplici prospettive vengono sovente usati per giungere a “larghe intese”, per usare un’espressione molto di moda in questo periodo, a quella comprensione condivisa di sviluppi, opzioni e azioni possibili necessaria per prendere decisioni politiche che si fondino su solide basi. Nella recente Valutazione Energetica Globale condotta sotto la direzione dell’*International Institute for Applied Analysis*, per esempio, oltre cinquecento scienziati di tutto il mondo hanno lavorato insieme per studiare gli scenari possibili legati alle future trasformazioni del sistema energetico globale, e in particolare per stabilire la plausibilità economica e tecnologica di una serie di scelte volte a raggiungere alcuni obiettivi sostenibili (fra cui anche quelli di SE4All). In quel caso, i modelli hanno svelato anche la loro funzione “persuasiva” dell’opinione pubblica, in relazione a decisioni politiche basate su prove oggettive.

## **I MODELLI E LE ENERGIE RINNOVABILI: LA FLUIDODINAMICA E I METODI IBRIDI**

La matematica deve però sapersi confrontare con alcune ‘complicazioni’ quando procede alla formulazione dei suoi scenari energetici possibili. Una di esse è la variabilità intrinseca di quelle energie rinnovabili, come l’eolico o il solare, che sono legate alle condizioni climatiche. Negli ultimi anni, tuttavia, la potenza dei mezzi di calcolo impiegati in matematica è aumentata in maniera esponenziale e ha consentito di gestire questo tipo di problematica in modo da fornire una pianificazione e una programmazione accettabile. Attualmente, gli scienziati riescono ad esempio a realizzare simulazioni accurate dei movimenti del Sole e la teoria della fluidodinamica e le equazioni di Navier-Stokes consentono di arrivare a formulare predizioni affidabili del comportamento dei venti, delle maree e delle onde. Naturalmente, la stima attuale e predittiva delle risorse rappresentano elementi indispensabili nel caso delle energie rinnovabili. Avere informazioni sull’attività eolica è logicamente un fattore cruciale se si vogliono sviluppare tecnologie che sfruttino al meglio l’energia rinnovabile eolica: in questa direzione sono stati elaborati strumenti per la predizione numerica del tempo, oltre a metodi statistici avanzati e altri basati su reti neurali e ibridi.

Le pale delle moderne turbine eoliche sono progettate con l’aiuto della matematica, che concorre anche a ottimizzare la loro posizione oltre a essere impiegata per gli impianti fotovoltaici o a energia solare concentrata. I modelli matematici sono poi essenziali, praticamente indispensabili, anche nella progettazione dei sistemi geotermici migliorati.

## **MODELLI MATEMATICI E SISTEMA ENERGETICO – LE ANALISI DI SENSITIVITÀ**

L’attività umana influenza oggi i sistemi ecologici in modo incisivo e la matematica permette, come abbiamo visto, di allargare lo sguardo al futuro fornendo simulazioni delle conseguenze più o meno

prossime dell'impronta antropogenetica sul nostro pianeta, che tengano conto delle interazioni fra i vari sistemi coinvolti. In particolare, nei confronti dell'energia, i modelli dell'analisi di sensitività hanno già fornito una risposta su quale sia la strada principale da intraprendere per dirigersi verso un futuro più sostenibile: migliorare l'efficienza dell'intero sistema energetico.

Ciò significa prendere in considerazione, per ogni prodotto o processo, l'intero ciclo di vita, dal reperimento delle risorse materiali e dell'energia all'impiego del prodotto, al suo smaltimento. Per fare questo tipo di analisi, esistono gli strumenti matematici della *Stima del Ciclo di Vita (LCA)*, che permettono di misurare i problemi ambientali e esaminarli alla luce delle diverse fasi del ciclo che li determinano. In questo modo è possibile capire meglio quali sono gli impatti delle varie tecnologie coinvolte nei diversi tipi di energia, arrivando anche a una visione più chiara del ruolo dei materiali impiegati e dei prodotti di scarto. Un'analisi di tipo LCA può essere messa in campo per stimare l'efficienza di diverse alternative energetiche determinando, ad esempio, il bilancio energetico netto e la *carbon footprint* che comporta la conversione delle automobili dalla benzina a una miscela di derivati del petrolio e bioetanolo da mais.

## I LIMITI

Naturalmente, nonostante i progressi compiuti dalle analisi di scenario, l'applicazione della matematica ai problemi connessi allo sviluppo sostenibile incontra comunque dei limiti. In primo luogo a causa della difficoltà della materia: la natura costituisce un sistema fisico enorme e complesso, che è perfino "peggiorato" dalle azioni (e re-azioni) degli esseri umani. In secondo luogo, i modelli matematici si muovono per semplificazioni e "stilizzazioni", perché hanno necessità di astrarre e standardizzare.

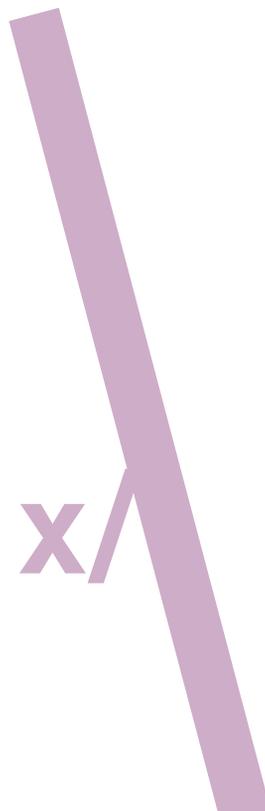
Questo, inevitabilmente, comporta che le loro ipotesi non potranno mai essere completamente dimostrate come vere in modo definitivo, per quanto siano ben costruite: non si potrà mai escludere definitivamente

che nuovi studi, osservazioni, prove potrebbero arrivare a contestare la veridicità del modello. I modelli statistici, per esempio, riescono a produrre prove per supportare una teoria, ma non certo dimostrazioni assolute. Da questo suo carattere di "falsificabilità"



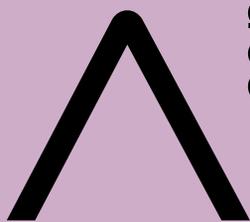
**I modelli matematici non potranno mai predire verità assolute e non hanno la forza, di indurre decisioni politiche**

deriva probabilmente l'ultimo limite: i modelli statistici o matematici non hanno la forza per indurre direttamente delle decisioni politiche, nemmeno se le ipotesi matematiche fossero sempre verificate. Le indicazioni formulate dai modelli si devono confrontare, purtroppo o fortunatamente, sempre con l'interpretazione umana e i giudizi politici, prima di tradursi in scelte concrete. In questo modo si introduce un elemento soggettivo che delinea un limite ma che, al contempo, deve servire da stimolo per far comprendere a scienziati e decisori politici che è necessario uno spirito di collaborazione per progettare e interpretare i modelli, se si vuole davvero arrivare a un futuro di energia sostenibile che abbia un minimo impatto sul clima.

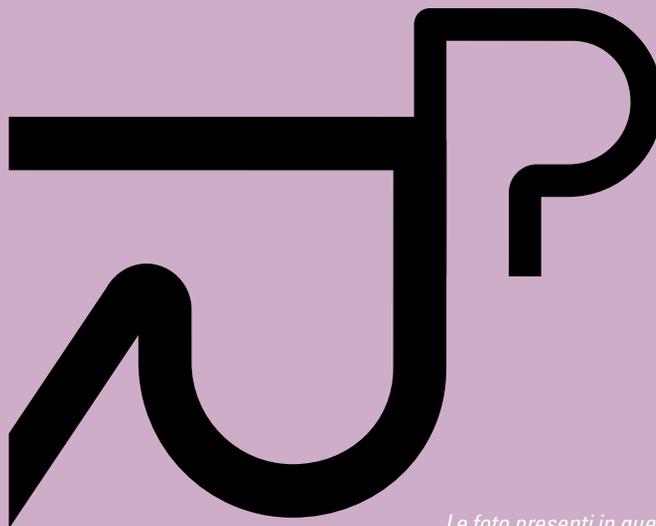




Arte rupestre ritrovata nell'area di Tadrart-Acacus (Libia)



controllo prevenzione protezione dell'ambiente



## Hanno collaborato a questo numero:

**Francesca Beolchini**  
Università Politecnica delle Marche

**Michele Bellone**  
Comunicatore della scienza

**Giovanna Dall'Ongaro**  
Giornalista Scientifica

**Antonio Dell'Anno**  
Università Politecnica delle Marche

**Marco Falconi**  
ISPRA

**Romualdo Gianoli**  
Giornalista Scientifico

**Pietro Greco**  
Giornalista Scientifico

**Stefano Pisani**  
Giornalista Scientifico

**Tiziana Pennesi**  
Comune di San Gemini

**Cristiana Pulcinelli**  
Giornalista Scientifica

**Laura Rocchetti**  
Università Politecnica delle Marche

**Irene Sartoretti**  
Architetta

**Tina Simoniello**  
Giornalista Scientifica

*Le foto presenti in questo numero richiamano all'estinzione di alcune specie che nel corso delle ere geologiche sono apparse sul nostro Pianeta*

