

MICRON

rivista quadrimestrale / numero 18 - dicembre 2011 / spedizione in abbonamento postale 70% / DCB Perugia

- Uomo: una storia da riscrivere
- L'economia del futuro?
- Il pianeta che invecchia

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 C. Pavese, 36 - 06061 - Castiglione del Lago
tel. / fax 075 9652049

• Distretto di Assisi - Bastia Umbra

Via De Gasperi, 4 - 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

Località Portoni - 06037 - S.Eraclio
tel. 0742 677009 / fax 0742 393293

• Distretto di Spoleto - Valnerina

Via Dei Filosofi, 87 - 06049 - Spoleto
Tel. 0743 225554 / fax 0743 201217

Sezioni Territoriali del Dipartimento di Terni

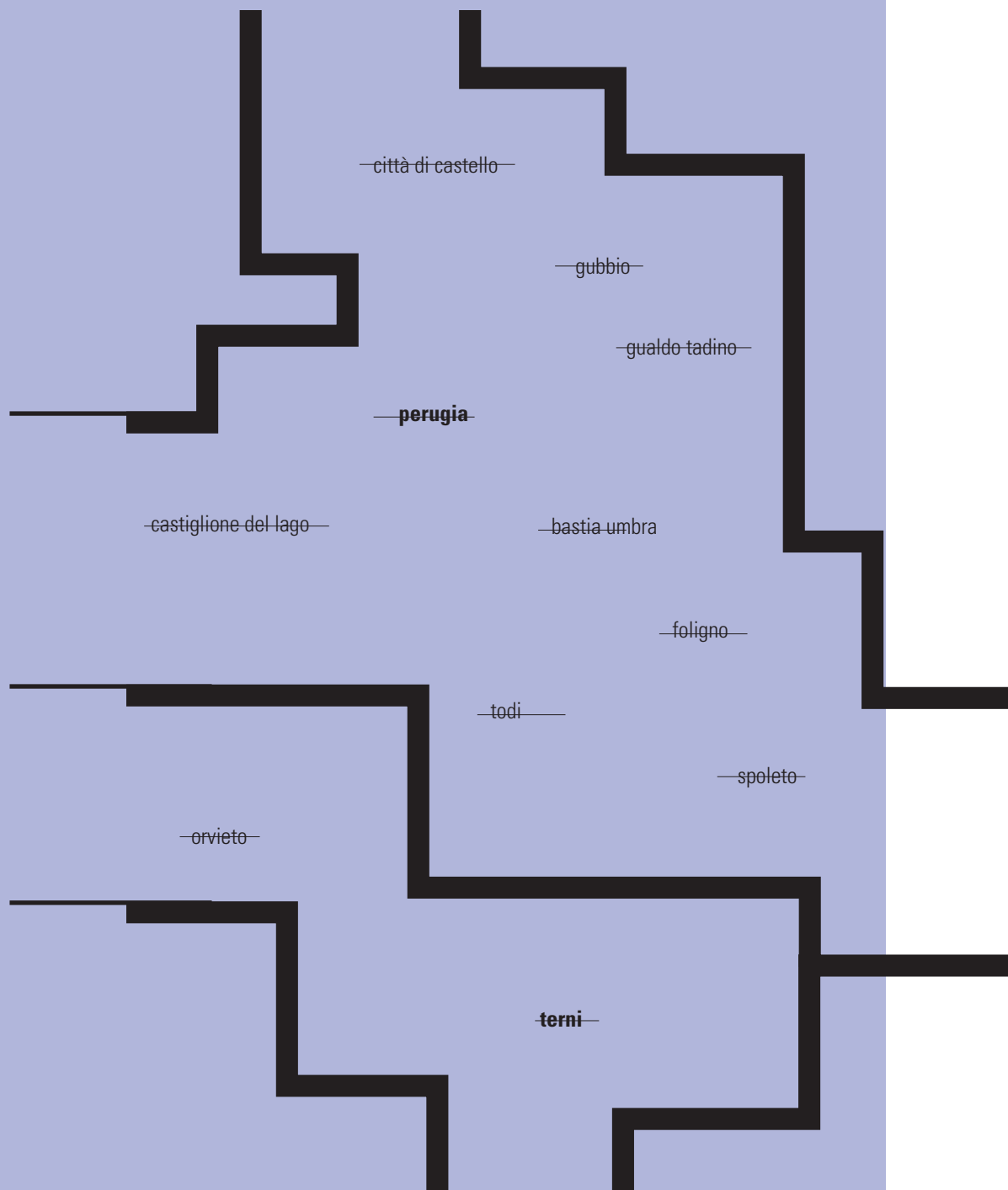
Sezione di Terni - Orvieto

• 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 quadrimestrale di Arpa Umbria
spedizione in abbonamento postale
70% DCB Perugia - supplemento
al periodico 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

Comitato di redazione
Giancarlo Marchetti, Fabio Mariottini,
Alberto Micheli, Svedo Piccioni,
Giovanna Saltamacchia, Adriano Rossi

Segreteria di redazione
Markos Charavgis

Comitato scientifico
Coordinatore
Giancarlo Marchetti
Marcello Buiatti, Gianluca Bocchi,
Doretta Canosci, Mauro Ceruti,
Pietro Greco, Vito Mastrandea,
Mario Mearelli, Carlo Modonesi,
Francesco Pennacchi, Cristiana Pulcinelli,
Gianni Tamino

Direzione e redazione
Via Pievaiola San Sisto 06132 Perugia
Tel. 075 515961 - Fax 075 51596235
www.arpa.umbria.it - info@arpa.umbria.it

Design / impaginazione
Paolo Tramontana

Fotografia
Enrica Galmacci, Fabio Mariottini,
Gianluca Paradisi, Giuseppe Rossi

Stampa
Grafiche Diemme

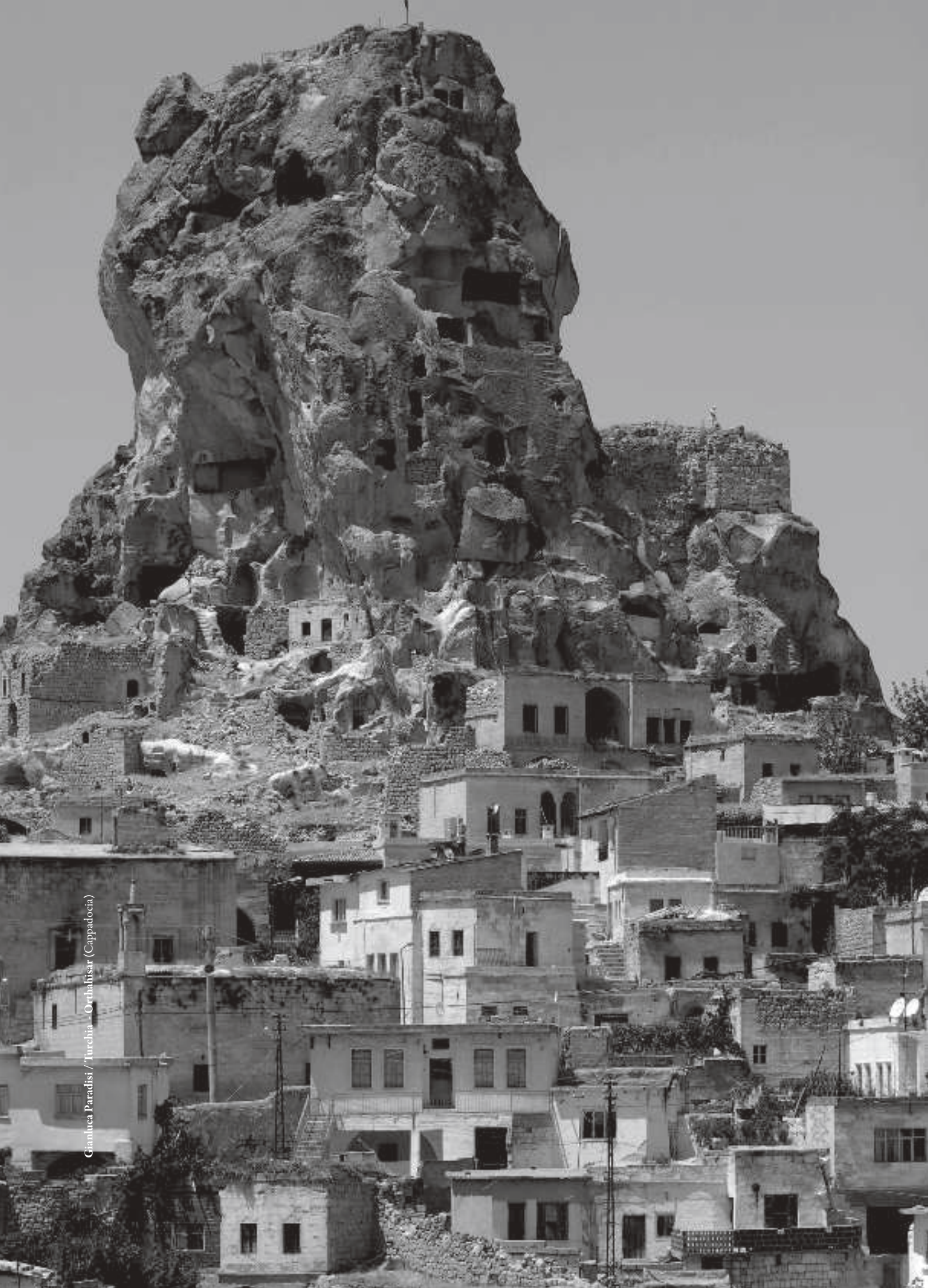
stampato su carta ecologica

Anno VIII . numero 18
dicembre 2011

© Arpa Umbria 2011

sommario

Economia ambientale: un rapporto difficile	05
Svedo Piccioni	
L'ordinaria emergenza	06
Fabio Mariottini	
Idrogeno: l'economia del futuro?	08
Stefano Pisani	
Promesse e dubbi della geotermia	14
Romualdo Gianoli	
I residui chimici negli alimenti:	22
<i>intervista a Gianluigi Cardinali</i>	
Emanuela Traversini	
Una nuova storia per il vecchio uomo	28
Pietro Greco	
Seven billion baby	36
Tina Simoniello	
Verso le città age-friendly	39
Giovanna Dall'Ongaro	
L'economia nell'era della terza età	44
Cristiana Pulcinelli	

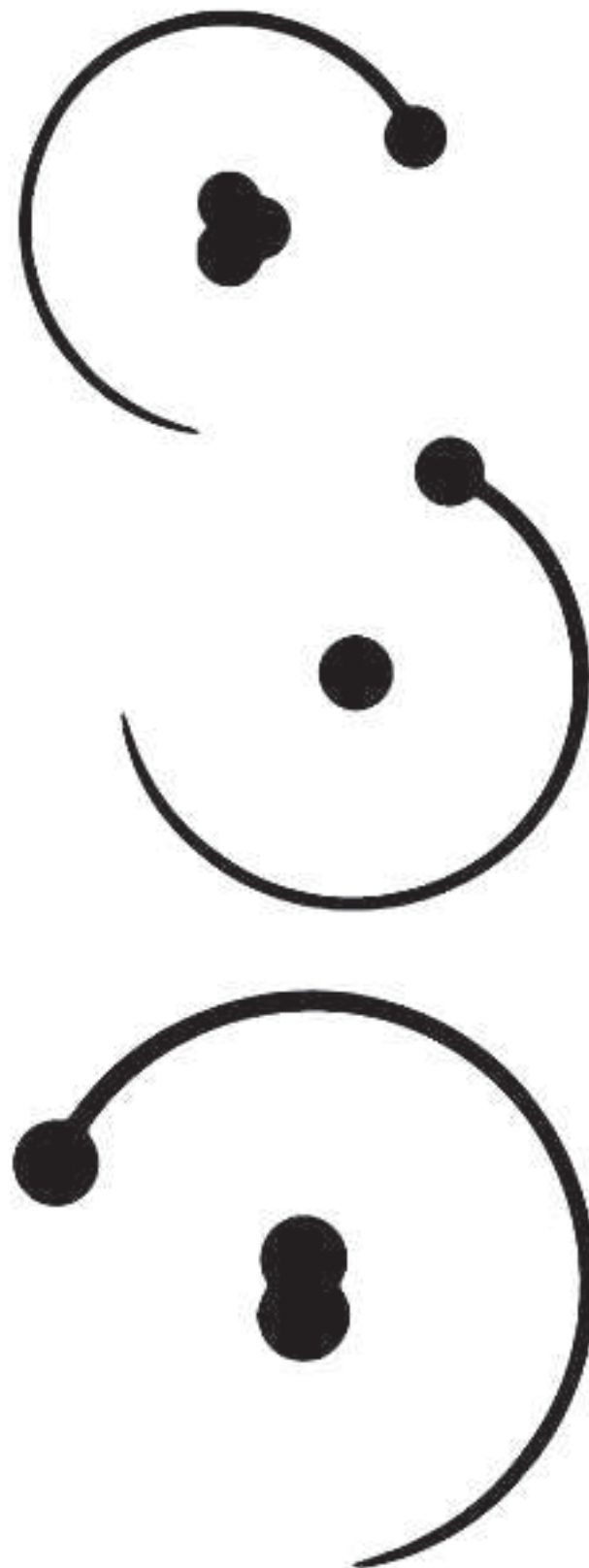


Gianluca Paradisi / Turchia - Ortahisar (Cappadocia)

Economia e ambiente: un rapporto difficile

Svedo Piccioni

Il nostro sviluppo economico si è basato essenzialmente su due fattori: lo sfruttamento delle risorse naturali e la capacità dell'uomo di costruire macchine sempre più sofisticate per aumentare la produzione delle merci. Questo binomio, che ha subito un'accelerazione esponenziale a partire dalla seconda rivoluzione industriale, sta mostrando la corda. Le risorse del pianeta non sono infinite e in un sistema globalizzato in crisi, nell'ordine, finanziaria, economica e sociale, l'ipertrofia consumistica non funziona più nemmeno se a spingerla (ma per quanto?) partecipano le economie emergenti dei paesi BRIC (Brasile, Russia, India, Cina). Questo sistema che sta implodendo, almeno nel Vecchio Continente, lascia comunque sull'ambiente tracce evidenti e ferite difficilmente risanabili. Le trasformazioni e delocalizzazioni, numerose negli ultimi decenni, avvenute in particolare nei paesi di più vecchia industrializzazione, avevano già prodotto una grande quantità di aree dismesse o in via di dismissione che rappresentano una potenziale minaccia per la salute umana e per l'integrità dell'ambiente. Oggi questa "desertificazione" industriale, almeno in Italia, marcia ad una velocità incredibile e, secondo i dati dell'Apat (pubblicati in occasione di un workshop a Marghera nel 2007), il 3 per cento del territorio nazionale è interessato da fenomeni più o meno gravi di inquinamento. Intere aree del paese, quindi, sono inutilizzabili o peggio ancora vengono usate in maniera impropria. La crisi ormai strutturale del nostro modello di sviluppo può rappresentare una straordinaria occasione per riqualificare gli spazi urbani, ridefinire un modello di crescita territorialmente sostenibile e ripensare il nostro stile di vita. Proprio per riflettere su questi temi Arpa Umbria e ICSIM (Istituto per la Cultura e la Storia d'Impresa "Franco Momigliano") hanno organizzato un Convegno che si terrà a Terni il 26 e 27 gennaio 2012. L'obiettivo è quello di contribuire a fornire un quadro ambientale sulla situazione delle aree industriali dismesse e, al contempo, sviluppare un momento di riflessione sulle soluzioni che sono state attuate o sono in via di elaborazione in alcune zone del paese. Già in questo numero della rivista abbiamo cercato di porre l'accento su alcuni sistemi energetici (geotermia come fonte e idrogeno come vettore) che possono contribuire, almeno in parte, a diminuire l'impatto antropico sull'ecosistema e, in particolar modo, sul clima. A questo proposito abbiamo aperto una breve parentesi sulla Conferenza di Durban, sia perché questo numero della rivista viene chiuso in anticipo rispetto alle conclusioni del COP 17, sia per le perplessità che nutriamo rispetto ai risultati di tale appuntamento, l'ultimo prima della scadenza del protocollo di Kyoto. Il nostro focus questa volta ha affrontato il rapporto molto complesso che lega in maniera sempre più stretta incremento demografico, invecchiamento e convivenza. Una questione che dovrebbe essere all'ordine del giorno specialmente in Italia, dove la popolazione – come ricorda spesso il professor Antonio Golini – è la più vecchia del mondo. Infine, abbiamo voluto raccontare, con l'articolo di Pietro Greco sull'evoluzione umana, la storia diversa di una "quasi specie che ama definirsi sapiente".



L'ordinaria emergenza

Fabio Mariottini

La crisi economica poteva rappresentare l'opportunità per mettere in discussione il nostro modello di sviluppo e ridefinire nuovi parametri di crescita. In realtà si sta rivelando un'altra occasione sprecata

“Un gran silenzio d'acqua e di dolore”. Così Ivan Della Mea descriveva in una delle sue canzoni più toccanti (“El diluvi”) l'alluvione che nel 1951 devastò il Polesine. Ottantaquattro vittime, centottantamila senza tetto e quasi duecentomila profughi il bilancio, per difetto, di quel tragico evento che andò a colpire un paese ancora sfregiato dalla guerra. Alle origini della catastrofe, oltre alle forti precipitazioni che gonfiarono il corso del Po, un insieme di cause umane (disbosciamento, cementificazione) che contribuiscono a trasformarla in tragedia. Le colpe del mancato allarme e della sottovalutazione dei segnali che già da giorni si erano manifestati nel comune di Rovigo e nel mantovano, la storia tende a ripartirle tra Amministrazioni pubbliche e Genio civile. A difesa degli “imputati” la carenza di mezzi di comunicazione - la televisione ancora non esisteva, i telefoni erano rari, rimaneva solo la radio, che certo non possedevano le famiglie contadine della Bassa -, un sistema infrastrutturale ancora da ricostruire e, non ultima, la dispersione nel territorio delle famiglie che popolavano le campagne padane.

Quindici anni dopo, il 4 novembre del 1966, Firenze pagava a caro prezzo - 17 morti e la perdita di un patrimonio artistico di inestimabile valore - l'eccezionale ondata di maltempo che colpì l'Italia centrale e l'incuria dell'uomo. Un paese in condizioni economiche e sociali assai diverse avrebbe assistito attonito a tale tragedia. Le immagini rimandate dalla televisione, che allora stava già assumendo un ruolo da protagonista negli avvenimenti nazionali, portavano dentro le case degli italiani il fiume d'acqua e fango che sommergeva, una dopo l'altra, Piazza del Duomo, la Basilica di Santa Croce, la Biblioteca nazionale. Immagini che fecero il giro del mondo e contribuirono a creare una catena di solidarietà che permise alla città di salvare un pezzo di storia dell'umanità. Due vicende che, in virtù di una società ancora lenta a metabolizzare gli eventi, avrebbero segnato per anni il paese.

Poi è stato un susseguirsi di frane, esondazioni, terremoti, che non riescono più a scalfire la coscienza e lasciano a malapena qualche segno sul calendario. È questo che è successo poco più di un mese fa alle Cinque Terre e poi a Genova, proprio il 4 novembre, mentre a Firenze si celebravano i 45 anni dall'alluvione. La “fabbrica dei disastri” - come definì qualche anno fa Giorgio Bocca l'Italia - sembra non conoscere crisi o recessioni. Ad aggravare la precarietà di un territorio ormai snervato da decenni di abusi edilizi, dall'abbandono delle zone montane e di un'agricoltura di sostentamento, contribuisce l'intensificazione di fenomeni meteorologici di particolare intensità che, secondo l'ultimo report speciale pubblicato dall'Ippc (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), sono da attribuirsi ai cambiamenti climatici. L'opinione di questo gruppo di esperti al quale, tra l'altro, insieme ad Al Gore è stato assegnato anche il Premio Nobel per la Pace nel 2007, non sembra aver avuto effetti benefici sul mondo politico nostrano, che nei tre anni e mezzo di governo Berlusconi, per esempio, è riuscito nella non facile impresa di tagliare il 90% dei fondi al Ministero dell'Ambiente e a portare allo 0,41% del Bilancio dello Stato la quota destinata al dissesto idrogeologico. Adesso attendiamo una presa di posizione chiara del nuovo ministro Corrado Clini - per venti anni Direttore Generale del Ministero dell'Ambiente - sulla tutela del territorio e le priorità ambientali del paese che non possono essere trascurate neppure in un momento così delicato.

Purtroppo, però, non è solo la classe politica italiana a rimanere sorda all'appello degli scienziati delle Nazioni Unite. L'idea che il *global warming* possa essere in qualche modo subordinato alle esigenze della crescita dei singoli, infatti, trova un ampio consenso anche nei paesi industrializzati e in quelli in via di sviluppo. Per ragioni diverse, ma comunque sempre legate ad una malintesa concezione dello sviluppo umano. Eppure la relazione dell'Ippc non si limita solo



a denunciare l'evidenza, ma contiene anche una serie di raccomandazioni ai governi su come limitare l'aumento dei gas serra e adattarsi ai nuovi fenomeni. In pratica una *road map* – per coloro che volessero leggerla con la dovuta considerazione – per la diciassettesima Conferenza delle parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 17) che si terrà a Durban, in Sudafrica, dal 29 novembre al 9 dicembre. Un appuntamento che, però, per la maggior parte degli osservatori nasce già condizionato dagli effetti di una recessione mondiale che sembra avviata ad un punto di non ritorno. Poche le aspettative, quindi, e addirittura il timore che l'Europa, che negli anni passati molto si era spesa nella riduzione dei gas serra, in forti difficoltà economiche e politiche, possa rinunciare a questa battaglia e attestarsi su posizioni più defilate. Il tutto a ridosso della scadenza nel 2012 del protocollo di Kyoto, al quale non hanno aderito Stati Uniti e Australia - solo per citare i più importanti - e che, almeno attenendoci alle dichiarazioni ufficiose, Giappone Russia e Canada, non intendono rinnovare. Uno strano modo di combattere la crisi e di progettare il futuro se si considera che già nel 2007 il Rapporto redatto dall'economista Nicholas Stern su incarico del Governo inglese, stimava che *“se non interveniamo, i costi complessivi e i rischi connessi con i cambiamenti climatici equivarranno ad una perdita minima del 5% del prodotto lordo globale annuo, ora e per sempre. Se si tengono in considerazione una più ampia classe di rischi e di impatti, il danno potrebbe salire al 20% del prodotto lordo e anche oltre. Al contrario, il costo di ridurre le emissioni di gas serra per evitare i peggiori impatti dei cambiamenti climatici, potrebbe essere limitato a circa l'1% del prodotto lordo globale annuo”*. Una situazione aggravata dalle ultime rivelazioni dell'Agenzia interna-

zionale dell'energia (Aie) in base alle quali nel 2010, con la ripresa almeno parziale della produzione industriale globale, si è avuto un aumento del 5% della produzione totale di CO₂. Se dovesse permanere, questa tendenza inficerebbe anche i risultati ottenuti l'anno scorso al vertice di Cancun che prevedevano invece il taglio delle emissioni del 25-40 per cento rispetto ai livelli del 1990 entro il 2020. La crisi economica che incombe su tutto il pianeta e in particolare sui paesi di più vecchia industrializzazione deve rappresentare un serio motivo di allarme e preoccupazione per tutti i governi del pianeta.



Secondo l'ultimo report dell'Ipcc i disastri ambientali diventeranno sempre più frequenti nei prossimi anni

La globalizzazione e l'interconnessione tra le economie ci dice che nessuno può sentirsi al sicuro o permettersi di ignorare ciò che sta accadendo anche nell'angolo più recondito del mondo. Il golem creato nei laboratori della finanza planetaria sembra aver assunto una vita propria e non rispondere più ad alcun segnale esterno, con i risultati che possono essere devastanti per tutto il Pianeta. Per sconfiggere questo mostro sono necessari interventi radicali, scelte che partano dal coraggio di riconoscere gli errori del passato e impedire che tra qualche anno ci si possa trovare di fronte a mutazioni genetiche di questo virus. Scelte che non possono prescindere dalla dignità delle persone, e dal rispetto per l'ambiente. Speriamo che a Durban la politica riesca ancora, dopo tanti anni, a stupirci.

Idrogeno: l'economia del futuro?

Stefano Pisani

I sistemi per la produzione di idrogeno si stanno affinando per diventare sempre più efficienti e meno inquinanti; investimenti e passi avanti sono stati fatti, ma la strada verso una "economia dell'idrogeno" è ancora lunga

“Il passaggio all'idrogeno sarà la terza grande rivoluzione industriale dell'epoca moderna”. Questa era la tesi sostenuta già nel 2008 da Jeremy Rifkin, profeta della rivoluzione industriale verde, alla presentazione del suo saggio *L'economia all'idrogeno*. Secondo il grande economista americano, dopo quello del vapore e del petrolio si avvicina dunque il turno dell'idrogeno, perché le riserve di combustibili fossili - devastanti per il clima - si stanno esaurendo; il 2050 potrebbe essere “l'anno della completa rivoluzione e del passaggio definitivo all'idrogeno”. Il premio Nobel per la fisica Carlo Rubbia indica tre motivi per cui è conveniente passare all'idrogeno. Il primo è la riduzione dell'inquinamento. Sostiene Rubbia: “È inutile proseguire con la politica dei piccoli passi: chiusura dei centri storici, domeniche a piedi, marmitte più pulite. L'obiettivo deve essere un'auto ad emissioni zero. E questo è possibile solo con l'idrogeno”. Il secondo motivo è la sicurezza delle fonti di energia: “Il petrolio c'è, ma non è inesauribile. E soprattutto è in mano a determinati paesi. Con tutto quello che significa in termini di variabilità del prezzo”. Il terzo motivo è la competitività del sistema industriale: “Il primo produttore che riuscirà a vendere un'auto all'idrogeno a prezzi ragionevoli invaderà il mercato. Gli altri rischiano di essere spazzati via”.

Alcuni esperti ritengono che, dal punto di vista della convenienza globale, le celle a combustibile che utilizzano idrogeno come carburante siano l'equivalente futuro del motore a combustione interna del XX secolo o di quello a vapore del XIX secolo. L'idrogeno è l'elemento più abbondante nell'universo, possiede anche un'eccellente densità energetica e, in rapporto al peso, è più efficiente rispetto al metano o ai tipici carburanti per il motore a combustione interna (cosa che, ad esempio, ne consiglia l'impiego in razzi come lo *space shuttle*). In teoria, inoltre, l'unica emissione delle celle a idrogeno è acqua pura e le celle a idrogeno sono più efficienti rispetto al motore diesel.

Attualmente, la domanda mondiale di energia è in costante aumento e la combinazione di idrogeno ed elettricità potrebbe avvicinarci a un futuro a “zero emissioni” basato sull'energia sostenibile. Ma l'idrogeno non esiste in natura e, quindi, bisogna produrlo. Ad esempio si può estrarre dal gas naturale o dal carbone, ma con questo metodo si rilasciano discrete quantità di anidride carbonica; oppure si può ottenere tramite elettrolisi dell'acqua, un sistema meno inquinante, ma ancora poco utilizzato: nel 2006 solo il 4% della produzione di idrogeno proveniva da elettrolisi dell'acqua.

LA PRODUZIONE

Sono passati più di quarant'anni dall'introduzione del concetto di “Economia dell'idrogeno”, lanciato nel 1970 dal chimico John Bockris durante un intervento alla *General Motors (GM) Technical Center*, e la produzione di idrogeno è in continua crescita. Nel 2004 la produzione mondiale è stata di 50 milioni di tonnellate, con una stima di crescita del 10% all'anno. Nel 2005, il valore economico di tutto l'idrogeno prodotto nel mondo è stato valutato intorno a 135 miliardi di dollari all'anno.

I sistemi di produzione dell'idrogeno sono legati storicamente al suo impiego negli impianti petrolchimici, nei quali viene prodotto mediante l'utilizzo di vapore acqueo per la separazione dei gas di sintesi (*syngas*, ovvero gas di origine idrocarburica desolforati). I metodi industriali noti e applicati sono:

- *steam reforming*, in cui viene utilizzato il metano (oppure un gas di sintesi) che reagisce con il vapore acqueo in un convertitore catalitico (generalmente di nichel) alla temperatura di 900 °C circa;
- ossidazione parziale, che permette di ottenere idrogeno da idrocarburi pesanti come la nafta: un sistema poco efficiente, che inoltre richiede l'utilizzo di ossigeno puro per la creazione del *syngas*;
- pirolisi e gassificazione negli impianti a



carbone che utilizzano questa tecnologia nei quali le alte temperature trasformano parte del carbone in un gas ricco di idrogeno;

- idrolisi – o elettrolisi chimica dell’acqua –, ovvero la scissione della stessa nei suoi due elementi costitutivi mediante il passaggio di corrente tra due elettrodi di segno opposto.

Secondo i dati del *Department of Energy*¹ americano, i 9 milioni di tonnellate di idrogeno gassoso prodotto ogni anno negli Stati Uniti provengono per il 95% dal *reforming* di metano con vapore acqueo, una tecnica che ha un’efficienza energetica dell’80%, ma che produce 9 kg di anidride carbonica per ogni chilogrammo di idrogeno ottenuto. In sostanza, lo *steam reforming* del gas naturale emetterebbe più CO₂ della benzina che l’idrogeno dovrebbe rimpiazzare.

Uno dei modi “puliti” attraverso cui può essere prodotto l’idrogeno è mediante l’elettrolisi chimica dell’acqua, un procedimento che sfrutta l’energia elettrica per scindere la molecola dell’acqua (H₂O) ottenendo così idrogeno gassoso. La difficoltà che su questo fronte si trova a fronteggiare la ricerca scientifica di base è quella di trovare il modo più



Esiste il prototipo di un sistema capace di generare idrogeno senza utilizzare forme esterne di energia

efficiente e meno inquinante con il quale ottenere l’energia elettrica necessaria per operare questa scissione. I metodi migliori attualmente testati sono arrivati a un’efficienza che va dal 50% all’80%: per produrre 1 kg di idrogeno gassoso sono necessari fra 50 e 80 kWh di elettricità, ma questa energia elettrica dovrebbe essere ottenuta senza ricorrere a combustibili fossili, per evitare la produzione di quei gas serra che vanificherebbero gli intenti ecologici dell’uso di idrogeno.

NUOVE TECNOLOGIE

Nel campo della produzione di idrogeno è particolarmente attivo un gruppo di ricercatori americani della *Pennsylvania State University*, che di recente ha annunciato quella che potrebbe diventare una svolta tecnologica: per la prima volta, infatti, gli scienziati hanno prodotto in modo sostenibile idrogeno gassoso, usando solo acqua e batteri. La sfida dei ricercatori è avviare il processo su ampia scala, per fornire una buona quantità di idrogeno da destinare all’alimenta-

zione dei veicoli, oppure di piccoli generatori. In precedenza, circa quattro anni fa, gli stessi scienziati avevano prodotto idrogeno gassoso da celle a combustibile, apportando particolari modifiche a un prototipo per produrre idrogeno a partire da comunissimi batteri con un altissimo grado di efficienza. “Con questo sistema, però, si riusciva a ottenere idrogeno solo immettendo dell’energia elettrica che veniva fornita dall’esterno”, spiega Bruce Logan, ingegnere ambientale della Pennsylvania State University, University Park. Un’altra tecnica si basava sull’uso di apparecchi che contenevano ampie membrane permeabili tese per separare l’acqua salata dall’acqua dolce: gli scienziati sfruttavano la differenza di potenziale che si veniva a creare, ma questi apparecchi producevano solo un diverso voltaggio, non generavano la corrente elettrica necessaria a produrre idrogeno. “Gli atomi di idrogeno si formano in macchine come queste solo quando gli elettroni fluiscono in un fluido dove possono combinarsi con ioni idrogeno: questi atomi si combinano l’uno con l’altro per creare idrogeno gassoso”, continua Logan.

Di recente, Logan e l’ingegnere ambientale Younggy Kim (sempre della Pennsylvania State University), come riportato dalla rivista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, sono riusciti a fare qualcosa che finora nessun team aveva fatto: combinando i due tipi di apparecchio, hanno generato idrogeno senza utilizzare la benché minima fonte esterna di energia. Il prototipo del sistema consta di due piccole camere - una contenente i batteri e i loro nutrienti, l’altra l’acqua salata in cui l’idrogeno viene prodotto - che sono separate da cinque celle impilate attraverso le quali i ricercatori fanno cir-



In Europa, a differenza degli Stati Uniti, non esiste un progetto per lo sviluppo del motore elettrico

colare acqua fresca e acqua salata. Tutte insieme, queste celle generano fra 0,5 e 0,6 volt, un’energia sufficiente a produrre idrogeno nelle celle combustibili microbiche, nelle quali i batteri vengono nutriti con composti acetati. Per ogni 30 millilitri di acetato di sodio fornito ai batteri, il sistema genera fra 21 e 26 millilitri di

idrogeno gassoso nel corso di una giornata. Un piccolo volume, certo, ma che corrisponde a circa quattro volte la quantità di combustibile di un accendino usa e getta. “Ed è abbastanza per dimostrare che, concettualmente, la generazione di idrogeno secondo queste modalità funziona in laboratorio”, precisa Logan. Sebbene l’equipaggiamento necessario a produrre idrogeno sia costoso, l’apparecchio non ha bisogno di nessuna fonte di energia esterna e non produce gas serra durante il processo. Il sistema rappresenta certamente un passo avanti, ma non mancano le voci critiche, come quella di César Torres, un ingegnere chimico della Arizona State University di Tempe, il quale sostiene che la nuova tecnologia non sia ancora pronta per una piena produzione di idrogeno su larga scala. “È un processo semplice – afferma – ma la chimica che coinvolge e i componenti che usa sono complicati. Il punto più delicato è la produzione di membrane che non si intasino e che siano efficienti. E ora come ora c’è ancora molta ricerca da fare, in quella direzione”.

L’IMPIEGO: UN ORIZZONTE INCERTO

Le difficoltà tecnologiche legate all’impiego dell’idrogeno, che è un vettore energetico (come l’elettricità) e non una fonte di energia, sono molte. “In questo momento, l’alternativa ai combustibili fossili è l’utilizzazione di vari dispositivi per la produzione di energia elettrica. Ci sono due tecnologie su cui si sta concentrando la ricerca: gli accumulatori di energia elettrica (batterie al litio) e gli accumulatori di altre forme di energia, che poi dovrà essere riconvertita in energia elettrica. Tra questi ultimi sistemi, citiamo gli elettrolizzatori, che estraggono idrogeno dall’acqua, e consentono che venga utilizzato successivamente tramite dispositivi (celle a combustibile) che ne riconvertono l’energia chimica dell’idrogeno in energia elettrica”, spiega Valerio Rossi Albertini, fisico nucleare dell’Istituto di Struttura della Materia del CNR di Roma e autore, insieme a Mario Tozzi, del volume *Il futuro dell’energia* (2011, edizioni Ambiente). Nelle celle a combustibile, infatti, non si immagazzina energia elettrica, ma l’idrogeno viene fatto reagire opportunamente con l’ossigeno; in seguito a questa reazione chimica, le celle emettono elettricità avendo come unico sottoprodotto di scarto il vapore acqueo. Nei motori elettrici possono essere utilizzate le batterie agli ioni di litio oppure le celle a combustibile a idrogeno. Queste ultime soluzioni, però, hanno delle difficoltà tec-

nologiche non indifferenti. È per questo che in America, ad esempio, la ricerca nel settore dell'idrogeno, per la quale negli ultimi 15 anni era stato investito qualcosa come circa 2 miliardi di dollari, sta vivendo una battuta d'arresto. Nel 2009 Steven Chu, segretario per l'Energia degli Stati Uniti, dichiarò che, poiché le autovetture alimentate dalle celle a combustibile a idrogeno non sarebbero state disponibili nel corso dei successivi 10 o 20 anni, il Governo avrebbe tagliato i fondi alla ricerca. All'inizio di quest'anno è stata confermata l'intenzione dell'*Office of Energy Efficiency and Renewable Energy* di ridurre di oltre il 41% il finanziamento per il programma di sviluppo delle tecnologie a idrogeno, con un taglio di circa 70 milioni di dollari da indirizzare verso tecnologie che possano essere pronte in tempi più prossimi. "La scelta Usa – continua Rossi Albertini – è stata appunto quella di privilegiare le batterie agli ioni litio rispetto alle celle a combustibile. Per tutto il progetto di sviluppo del motore elettrico, il DOE² ha comunque stanziato circa un miliardo di dollari e la previsione è di portare nelle strade americane circa un milione di autovetture (con motori con batterie ioni litio) già entro il 2015. Naturalmente, si tratta di proiezioni da prendere con una certa elasticità". Le batterie a ioni di litio sono già ampiamente diffuse: si usano nei computer portatili, ad esempio, o nei telefonini. Non esistono, invece, apparecchi di consumo che si basino sull'utilizzo di celle a combustibile. Gli Stati Uniti hanno dunque deciso di puntare su una tecnologia più matura per un progetto di motore elettrico da ottenersi a breve termine. "Attualmente, esistono solo prototipi di automobili elettriche a celle a combustibile che però costano ancora centinaia

di migliaia di euro e hanno prestazioni paragonabili a quelle di una utilitaria tradizionale. C'è da dire, però, che la produzione su vasta scala sarebbe in grado di abbattere i costi", spiega Rossi Albertini. Le celle a combustibile sono estremamente costose, soprattutto a causa dei catalizzatori che impiegano. I catalizzatori sono quei componenti necessari a promuovere la reazione fra idrogeno e ossigeno che, altrimenti, avverrebbe troppo lentamente e fornirebbe poca elettricità. Il catalizzatore che viene comunemente usato è il preziosissimo platino, da qualche milligrammo fino a frazioni di grammo. "Poi ci sono altre difficoltà – aggiunge Rossi Albertini – legate al trasporto dell'idrogeno, per esempio: è un gas leggero che occupa tanto spazio con poca 'materia' e non permette di realizzare facilmente un immagazzinamento efficiente per avere autonomia accettabile. E i metodi di produzione che si stanno collaudando danno ancora una resa molto bassa che rischia di non riuscire a sostenere una richiesta industriale". Per quanto riguarda l'Europa, a differenza degli Usa, non esiste un progetto per lo sviluppo del motore elettrico e la ricerca di base sull'idrogeno è meno condizionata dalle pressanti necessità dell'industria. "Nel Settimo programma Quadro ci sono stanziamenti ad hoc per la ricerca sull'idrogeno dell'ordine di decine di migliaia di euro. L'obiettivo di raggiungere una 'economia dell'idrogeno' certamente è auspicabile, ma oggi come oggi è ancora piuttosto lontano. Alla fine dello scorso millennio, l'Islanda dichiarò di voler convertire completamente la sua economia all'idrogeno dandosi come obiettivo il 2050. La recente crisi economica ha un po' bloccato questo processo, che pure era cominciato sotto i migliori auspici, ma la ricerca e lo

sviluppo continuano. Tutti i paesi del Nord Europa sono d'altronde storicamente molto sensibili alla questione dell'affrancamento dai combustibili fossili. Per ora, in tutta Europa i progetti di ricerca sulle celle a combustibile continuano, anche in collaborazione con gli americani e i risultati sono incoraggianti anche se non siamo ancora pronti a produrre un autoveicolo a celle a combustibile che sia conveniente”, spiega Rossi Albertini.

La Opel, divisione europea di General Motors, già molto attiva nella produzione di auto elettriche, sta puntando massicciamente sulle vetture a idrogeno. La fase di sperimentazione è in pieno sviluppo: 100 veicoli con questo tipo di alimentazione stanno girando da alcuni



Le case automobilistiche General Motors e Mercedes stanno già investendo sulla produzione di veicoli a idrogeno

anni in tutto il mondo. In particolare a Berlino partecipano al test ben 40 flotte aziendali. L'obiettivo dichiarato è arrivare al 2015 con il primo modello destinato alla commercializzazione. “Quella dell'idrogeno – sostiene Karl-Friedrich Stracke, amministratore delegato di Opel – è l'unica vera tecnologia a emissioni zero. Ciò che manca al momento sono le infrastrutture”. Non esiste, in altre parole, una rete di stazioni per il rifornimento. La ricerca, però, va avanti: “Stimiamo che entro 10-15 anni potranno circolare vetture a idrogeno con le stesse prestazioni di quelle a benzina”. E anche la Mercedes crede nella pila a combustibile (lo dimostra uno studio che porta avanti da dieci anni): funziona a idrogeno e verrà applicata nel 2014 su una versione della Classe B. Il CEO³ di Daimler/Mercedes, Dieter Zetsche, ha deciso di spronare questo combustibile del futuro insieme al colosso Linde (produttore di gas industriali), guidato da Wolfgang Reitzle. L'obiettivo è costruire in Germania, entro tre anni, 20 nuove stazioni di servizio a idrogeno per alimentare le nuove vetture. “Anche se un po' tutte le case automobilistiche (anche la Toyota ad esempio) hanno realizzato dei modelli a celle a combustibile, diciamo che sarebbero in pochi quelli che potrebbero permetterselo. Certo, in questo momento sarebbe difficile anche sapere dove fare un pieno di carburante, ma

il concetto di distributore è tecnologicamente meno impegnativo dello sviluppo della tecnologia delle celle”, aggiunge Rossi Albertini. “Per fare un esempio di costi di auto elettriche – prosegue – a Carloforte, sull'Isola di San Pietro che diventerà la prima isola del Mediterraneo a impatto zero (non consumerà energia dall'esterno e non emetterà gas serra e inquinanti di altra natura) è stato di recente presentato un veicolo a celle a ioni litio delle dimensioni di quelle piccole auto che guidano i quattordicenni: il prezzo commerciale era di 25 mila euro. Figuriamoci i costi di un'analoga vettura a celle a combustibile”. E la situazione italiana si incastona nel quadro europeo. “Purtroppo, in Italia non abbiamo una politica energetica tout court, figuriamoci se abbiamo una politica per l'idrogeno o per lo sviluppo di celle a combustibile. Ogni tanto arrivano finanziamenti dal Miur: ad esempio, s'è concluso da poco il progetto NUME (NUove MEMbrane elettrochimiche) per lo sviluppo di celle a combustibile, guidato dal professore Bruno Scrosati dell'Università La Sapienza di Roma. È stato finanziato con diversi milioni di euro, raccoglieva 12 centri di eccellenza di ricerca scientifica e abbiamo ottenuto anche risultati interessanti. Finito il progetto, però, è finita l'avventura. Non si è passato alla fase di sfruttamento. Questi finanziamenti accidentali, episodici, che non fanno parte di una strategia complessiva, non possono ottenere certamente dei risultati incisivi”, conclude Rossi Albertini.



Riferimenti bibliografici

¹ <http://fossil.energy.gov/programs/fuels/hydrogen/currenttechnology.html>

² Il Department of Energy statunitense

³ Chief Executive Officer, denominazione anglofona per il nostro “amministratore delegato”



Promesse e dubbi della geotermia

Romualdo Gianoli

Il settore geotermico si sta sviluppando in molti paesi, ma il suo potenziale è ancora largamente inespresso. Vediamo chi sono i principali attori nel campo della ricerca e dello sfruttamento di questa fonte di energia rinnovabile



Ormai quando ci si riferisce alla Cina si parla di grandi numeri, e non solo per quanto riguarda la popolazione o l'economia: da alcuni anni questi grandi numeri sono sempre più spesso relativi ai consumi, alle emissioni inquinanti e, fortunatamente, anche all'uso delle energie rinnovabili. Recentemente Pechino ha concentrato la sua attenzione sull'energia geotermica, inserita nell'ultimo piano nazionale energetico quinquennale, che copre gli anni dal 2011 al 2015. L'obiettivo è ambizioso: fornire calore, entro i prossimi cinque anni, a una superficie di 350 milioni di metri quadrati, per un valore finanziario complessivo di circa 10,8 miliardi di dollari. Secondo Li Yuanpu, direttore generale della *China Renewable Energy Society* (CRES), è un obiettivo possibile. È evidente che, raggiungendolo, ci sarebbe una serie di ricadute positive anche su altri settori economici e industriali, in particolare sulle industrie estrattive, l'indotto manifatturiero, i settori dei trasporti e della vendita di energia, i fornitori di servizi al pubblico.

I piani energetici cinesi sono indubbiamente ambiziosi, ma sembrano poggiare su validi presupposti naturali: secondo Guan Fengjun, capo del *Geological Environment Department* del Ministero della Terra e delle Risorse cinese (*Ministry of Land and Resources*), la Cina dispone di 12 principali bacini di energia geotermica, le cui riserve si stima siano pari a 853 miliardi di tonnellate di carbone standard equivalente. L'uso delle fonti geotermiche in Cina permetterebbe di evitare l'immissione in atmosfera di circa 1,3 miliardi di tonnellate di anidride carbonica ogni anno: un bel risultato per un paese finora considerato tra i maggiori produttori di CO₂ del mondo. Nel 2015, grazie al solo sfruttamento di questi 12 siti, sarà possibile coprire l'1,7% del fabbisogno energetico nazionale. Lo scenario diventa ancora più interessante se si pensa che già nel 2010 la Cina è stato il paese con il maggiore sfruttamento di energia geotermica a livello mondiale – pari a 5 milioni di tonnellate

di carbone equivalente – e che, oltre ai 12 bacini già individuati, ci sono prove scientifiche sull'esistenza di circa 860 trilioni di tonnellate di carbone equivalente in attesa di essere estratte da profondità comprese tra i 3.000 e i 12.000 metri. Una capacità pari a 260.000 volte il consumo annuo di energia dell'intero paese. Proprio per verificare l'attendibilità di questi dati, il Ministero cinese ha programmato l'avvio di una campagna di esplorazione e mappatura delle fonti energetiche geotermiche, da svolgersi tra il 2011 e il 2015, con un investimento previsto di oltre 25 milioni di dollari. "L'affare" geotermico assume contorni molto interessanti anche se ci spostiamo nel vecchio continente e soprattutto in Italia, non fosse altro perché in Europa deteniamo un primato tanto virtuoso quanto sconosciuto ai più: siamo il paese che sfrutta maggiormente l'energia geotermica come fonte alternativa. Come ricordava recentemente Ruggero Bertani, vicepresidente di EGEC (*European Geothermal Energy Council*) e di IGA (*International Geothermal Association*), "la geotermia è stata per anni legata fundamentalmente solo alle attività italiane, in questi ultimi tempi, però, c'è stato uno sviluppo notevole anche al di fuori dei confini tradizionali".

Se è vero, infatti, che il primato europeo dell'Italia, con i suoi 900 MW di energia geotermica installata, non è affatto minacciato dal secondo posto dell'Islanda, con i suoi 570 MW, è altrettanto vero che proprio la piccola isola nordeuropea rappresenta un caso eclatante: nell'ultimo quinquennio ha raddoppiato la potenza installata. È proprio questo balzo in avanti che ha permesso all'Islanda di soddisfare interamente il fabbisogno nazionale che, ora, risulta coperto praticamente al 100% da energie rinnovabili. Una tendenza analoga a quella di un altro paese, la Turchia, che negli ultimi anni ha fatto registrare un notevole aumento nell'uso dell'energia geotermica. "Nel 2007 una legge ha privatizzato l'accesso al settore, dando un impulso importante al ricorso alla

geotermia e triplicando così, in soli quattro anni, la potenza dell'intero paese, salita a quasi 90 MW" ha spiegato Bertani, aggiungendo: "Il mercato turco continuerà a crescere anche nel prossimo futuro, il governo infatti ha già previsto piani di sviluppo per arrivare all'installazione di ulteriori 500 MW nei prossimi cinque anni".

Anche la Germania, nonostante sia relativamente povera di fonti geotermiche, sembra destinata a recitare un ruolo sempre più importante sulla scena europea delle energie alternative. Sebbene al momento i tedeschi dispongano di soli 5 MW di energia geotermica installata, è praticamente certo che il paese si sta avviando lungo una strada che vedrà le fonti geotermiche pesare sempre di più sul bilancio energetico nazionale. Non a caso già oggi, grazie a un'apposita legge di incentivazione, è il primo paese europeo nel settore del riscaldamento urbano con geotermia. E non intende fermarsi qui: gran parte delle nuove abitazioni tedesche sono dotate di una predisposizione nelle fondamenta per le sonde di captazione del calore; questo dimostra che la Germania continua a guardare al futuro sviluppo del settore. Sollevando lo sguardo dall'orizzonte europeo al resto del mondo, è facile individuare quali siano i paesi (o le aree) che occupano le più alte posizioni nella speciale classifica dello sfruttamento di energia geotermica. Della Cina



L'Italia ha il primato europeo nello sfruttamento di energia geotermica come fonte alternativa

abbiamo già parlato, anche se è interessante aggiungere a quanto detto un dato significativo e forse inatteso: l'intera città di Pechino è ormai dotata di teleriscaldamento. Per trovare qualcosa di paragonabile in Europa (almeno in termini percentuali), dobbiamo guardare all'Islanda, dove il 98% delle case è servito da tale tecnologia. In generale, secondo i dati forniti dall'IGA, nel 2010 in 24 paesi del mondo erano installati circa 11.000 MW di potenza geotermica, in grado di produrre oltre 67.000 GWh di elettricità¹. Questi valori indicano un aumento del 20% di produzione rispetto a quella di appena cinque anni prima. Sempre secondo l'IGA, le prospettive di crescita per il 2015 indicherebbero anche

un ulteriore aumento di potenza geotermica sfruttabile, fino a 18.500 MW, come diretta conseguenza dei piani di sviluppo portati avanti da numerosi paesi. Infatti, se tra il 2005 e il 2010 si è registrato un aumento del 20%



Europa e Africa sono i continenti che più degli altri si sono impegnati per lo sfruttamento dell'energia geotermica

della potenza disponibile attraverso la fonte geotermica, la crescita del numero di nazioni che hanno deciso di puntare su questa energia è stata ancora più veloce. Secondo il dato rilevato dalla *Geothermal Energy Association*, da 46 nazioni che nel 2007 si erano impegnate nello sviluppo di progetti per il geotermico, nel 2010 eravamo già passati a 70.

Nella classifica degli Stati che nel mondo sfruttano in varia misura fonti di energia geotermica, l'Italia occupa un ottimo quinto posto, preceduta solo da Messico, Indonesia, Filippine e Usa. Gli Stati Uniti nel 2010 hanno occupato la posizione d'onore tra i produttori di elettricità da geotermia, una posizione ottenuta grazie a 77 impianti, il maggiore dei quali si trova nella zona delle Mayacamas Mountains, poco più di 100 Km a nord di San Francisco: è il più grande complesso geotermico del mondo, con ben 22 installazioni e 350 pozzi. In assoluto, però, sono due le aree del mondo che negli ultimi anni hanno mostrato la maggiore vivacità grazie al più alto numero di progetti, in corso o previsti, per lo sfruttamento del geotermico: l'Europa e l'Africa. Nel 2007 erano una decina i paesi europei con progetti già avviati, nel 2010 erano ben 24; nello stesso periodo, in Africa si è passati da 6 a 11 paesi coinvolti. Da un punto di vista macroeconomico, questo sembra essere frutto anche del sostegno finanziario e degli investimenti destinati ai vari progetti per la geotermia, come quelli provenienti dalla *European Bank for Reconstruction and Development*² in Europa, o dall'*African Rift Geothermal Development Program* in Africa³. Ciononostante, è chiaro agli analisti che il potenziale dell'energia geotermica è ancora largamente inespresso e sottosfruttato. E non si tratta solo di una questione d'investimenti, ma anche di ricerca scientifica vera e propria. Un caso molto interessante, in cui

l'aspetto dello sfruttamento di questa fonte si interseca con questioni più puramente scientifiche e tecnologiche, riguarda molto da vicino l'Italia: si tratta del progetto *Campi Flegrei Deep Drilling*.

Come abbiamo visto, l'Italia vanta il maggior sfruttamento dell'energia geotermica in Europa, un primato che deriva direttamente dalla storia di questa tecnologia, iniziata in Italia con il primo, famoso, impianto di produzione di energia elettrica da fonte geotermica, realizzato nel 1904 dal principe Ginori Conti nella località toscana di Larderello. Oggi la Toscana conta la più alta concentrazione d'impianti geotermici d'Italia e d'Europa e una delle più alte al mondo: Pisa, Siena e Grosseto sono le aree in cui si produce gran parte di quell'energia che permette al nostro paese di detenere il primato assoluto europeo. Tuttavia, dal momento che l'Italia è un paese ricco di aree vulcaniche, vi sono altre zone in cui verosimilmente si potrebbe attingere energia geotermica, zone potenzialmente in grado di aumentare notevolmente la produzione nazionale. Tra queste, vi è sicuramente quella parte di Campania situata nell'area a nord ovest di Napoli, lungo la costa che va da Pozzuoli a Posillipo, nota col nome che già i primi coloni greci le avevano dato proprio in virtù della sua natura vulcanica e cioè Campi Flegrei, letteralmente: "campi ardenti". Da un punto di vista scientifico, i Campi Flegrei costituiscono una caldera, cioè un vasto sistema vulcanico costituito da svariati crateri, che comprende anche il golfo di Pozzuoli, l'isola di Ischia e alcune aree dell'entroterra, inglobando alcuni quartieri periferici di Napoli come Pianura, Bagnoli e Fuorigrotta. Si tratta di un'area approssimativamente circolare, larga circa 12 chilometri e simile a un enorme cratere, generatasi presumibilmente a seguito di grandi eruzioni esplosive avvenute nel corso dei millenni. Quest'area è considerata tra le zone vulcaniche più pericolose al mondo e potenzialmente in grado di provocare una catastrofe di dimensioni planetarie al pari di Yellowstone negli Usa e di pochi altri luoghi simili nel pianeta. Proprio a quest'area sembra guardare una parte della comunità scientifica italiana, sia per accrescere le conoscenze sui fenomeni vulcanici, sia per rilanciare il ruolo dell'Italia nel geotermico e, in prospettiva, per consentirci di mantenere un primato nella ricerca e nell'utilizzo di questa fonte.

Il progetto CFDDP (*Campi Flegrei Deep Drilling Project*) è coordinato dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia-Osservatorio Vesuviano, che intende perse-

guidare due precisi obiettivi. Come spiega il coordinatore del progetto, Giuseppe De Natale, dell'Osservatorio Vesuviano: "L'idea di base del progetto di perforazione profonda dei Campi Flegrei è quella di convertire par-



L'area vulcanica dei Campi Flegrei è un ottimo bacino per la ricerca e lo sfruttamento dell'energia geotermica

zialmente l'altissimo rischio vulcanico che caratterizza l'area napoletana in un'opportunità di avanzamento scientifico e tecnologico, con importanti ricadute economiche. Il progetto si propone, infatti, di fare dei Campi Flegrei un grande laboratorio naturale internazionale per affrontare, in un contesto multidisciplinare, alcuni dei problemi fondamentali non solo per la Campania, ma per l'intero sistema economico nazionale: l'ambiente (ed i rischi associati), l'innovazione tecnologica e la questione energetica. [...] L'argomento principale del progetto è quindi la ricerca vulcanologica e la mitigazione del rischio vulcanico: in pratica, per la prima volta nella vulcanologia mondiale, si determinerà, in maniera diretta tramite perforazione, [quali sono] i meccanismi fisici che producono le eruzioni più esplosive sulla Terra, e la profondità dei serbatoi magmatici. Inoltre, le stesse caratteristiche vulcaniche peculiari di quest'area la rendono ideale per la sperimentazione di tecnologie per la produzione di energia geotermica (generazione di calore e di elettricità), che rappresenta la vera frontiera per la produzione di energia eco-compatibile, utilizzabile in maniera continua e costante (diversamente da energia solare ed eolica che dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche e/o dal ciclo giorno/notte)".

Il CFDDP si articolerà in varie fasi che prevedono la realizzazione di pozzi di trivellazione a varie profondità in diverse zone dei Campi Flegrei, sia a terra, sia in mare. Si partirà con la trivellazione sulla terraferma di un primo pozzo relativamente poco profondo (circa 500 metri), nell'area dell'ex Italsider di Bagnoli. Questo primo scavo servirà a ottenere informazioni per le successive e più profonde perforazioni e sarà seguito dallo scavo per un secondo pozzo, sempre sulla terraferma, che dovrebbe raggiungere i 3.500 metri di profondità. Questo secon-

do pozzo servirà per installare avanzatissimi sistemi di monitoraggio a fibre ottiche, in grado di rilevare anche i più piccoli terremoti e le minime deformazioni del suolo che oggi sfuggono alla normale strumentazione. Le fasi successive prevedono la realizzazione di pozzi più profondi (fino a 4 Km) anche in mare (vedi Fig.1).

Tutto il progetto di ricerca è frutto di una vasta collaborazione tra istituzioni scientifiche pubbliche italiane (come l'INGV⁴, l'INOA-CNR⁵, l'AMRA-Campania⁶, l'Università di Salerno e l'IAMC-CNR⁷ per la parte a mare) ed enti di ricerca internazionali come l'ICDP⁸, l'*University College* di Londra, il *German Research Centre for Geosciences*, l'*U.S. National Center for Geological Survey* e l'*International Continental Scientific Drilling Programme*, che ha anche contribuito al finanziamento del progetto. Anche le attività sul campo vedranno la partecipazione di un team internazionale che, per la parte geotermica, si avvarrà della collaborazione di esperti del Servizio Geologico islandese, già responsabile del più avanzato progetto di geotermia al mondo: l'*Icelandic Deep Drilling Project*. Per condurre queste ricerche, la squadra sul campo potrà contare su una speciale e avan-



Esiste il timore che le perforazioni profonde nell'area di Bagnoli possono turbare l'equilibrio vulcanico

zatissima apparecchiatura di trivellazione chiamata *InnovaRig*⁹, un sistema modulare semi automatico in grado di prelevare campioni e misurare la temperatura durante la perforazione, prima di lasciare il resto del lavoro a trivelle tradizionali. I principali obiettivi scientifici del progetto sono: determinare la profondità del magma nelle aree d'indagine e migliorare la comprensione dei processi d'interazione tra i fluidi magmatici e il sistema geotermale nella genesi dei fenomeni bradisismici che caratterizzano importanti zone del territorio flegreo. Conoscere meglio l'interazione tra magma e strati acquiferi poco profondi, così come la distribuzione delle temperature nei diversi strati, permetterebbe di avviare una seria riflessione sulla possibilità (e sull'opportunità) di procedere alla realizzazione di impianti per lo sfruttamento dell'energia geotermica. A tal proposito bisogna

comunque ricordare che in passato l'area flegrea era già stata oggetto di studio ai fini dello sfruttamento geotermico: già negli anni Quaranta la società Safen aveva avviato le prime campagne di perforazione nei Campi Flegrei, a cui aveva fatto seguito la sperimentazione di nuovi sistemi per la produzione di energia elettrica da fonte geotermica sull'isola vulcanica di Ischia¹⁰.

Queste campagne sono state portate avanti negli anni Settanta da un consorzio costituito da Agip ed Enel, che realizzarono undici pozzi (fino a una profondità di poco più di 3 Km) in varie località dei Campi Flegrei come San Vito, Licola e Mofete. Negli anni Ottanta, però, queste indagini furono completamente abbandonate perché, a quanto sembra, i sondaggi Agip-Enel riscontrarono delle caratteristiche dei fluidi che avrebbero reso antieconomica la costruzione di una centrale geotermica nella zona. Sembra, infatti, che i vapori ottenuti dalle acque calde sotterranee fossero caratterizzati da eccessiva salinità e che, quindi, fossero troppo corrosivi per essere usati nella produzione di energia elettrica con le tecnologie disponibili all'epoca. Secondo altri, invece, la campagna di trivellazione Agip-Enel fu interrotta perché troppo condizionata da ostacoli di carattere urbanistico: in primo luogo la presenza di insediamenti situati a breve distanza dai campi di trivellazione. Oggi, invece, dopo trent'anni e grazie alla disponibilità di nuove tecnologie, si torna a parlare di perforazione nei Campi Flegrei. A questo punto è doverosa una precisazione: il fatto che il progetto *Campi Flegrei Deep Drilling* debba ancora essere avviato è vero solo in parte. In realtà, tutto il progetto avrebbe già dovuto vedere la luce da almeno un anno, ma le cose, come spesso accade in Italia, si sono complicate in maniera imprevedibile e hanno preso un'altra direzione. Si dà il caso, infatti, che dopo aver reso pubblica l'intenzione di effettuare perforazioni profonde, si siano alzate voci contrarie al progetto. In particolare, i maggiori timori per possibili conseguenze catastrofiche derivanti dalle perforazioni nell'area di Bagnoli sono stati espressi da Benedetto De Vivo, docente di geochimica ambientale presso il dipartimento di Scienze della Terra dell'Università "Federico II" di Napoli. In breve, il timore di De Vivo è che una perforazione profonda in un territorio così particolare come quello dei Campi Flegrei possa turbare il delicato equilibrio vulcanico, scatenando un qualche tipo di reazione con conseguenze catastrofiche immediate per i circa 300.000 abitanti della zona e per l'intera città di Napoli¹¹. Secondo De Vivo, le

Campi Flegrei Deep Drilling Project

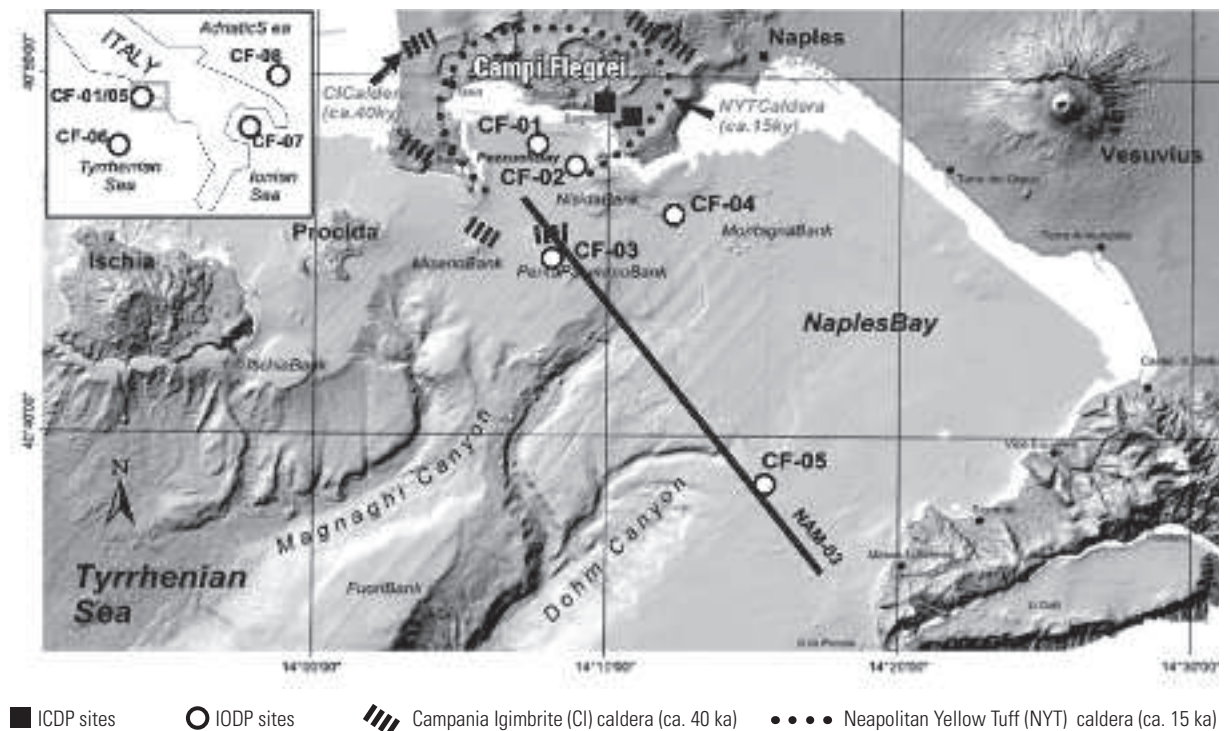


Figura 1 - La mappa delle zone in cui sono previste le trivellazioni

perforazioni potrebbero determinare un evento di tipo esplosivo, causato dalla presenza di fluidi supercritici, e innescare uno sciame sismico, come già sarebbe accaduto in occasioni simili in altre parti del mondo¹². Per giunta, sono state sollevate anche obiezioni relative ad altri rischi per l'ambiente, perché le prime due perforazioni dovrebbero essere eseguite su terreni dell'ex Italsider (attualmente di proprietà della società Bagnolifutura) dove è in atto una lunga e costosa operazione di bonifica ambientale, per trasformare l'area della dismessa acciaieria in un grande parco pubblico. A creare questo rischio sarebbero i fanghi risultanti dalle operazioni di trivellazione, che andrebbero smaltiti come rifiuti speciali. Ciò che, ovviamente, ha avuto maggiore risonanza sono stati i pericoli legati all'eventuale reazione alle perforazioni della caldera flegrea. Non appena espressi, questi timori sono immediatamente rimbalzati sulla stampa nazionale, con relativo corollario di smentite e precisazioni da parte del team del *Deep Drilling Project*. Ora, a ben guardare, la vicenda del progetto partenopeo non

è interessante solo per i suoi aspetti scientifici o per le possibili conseguenze sul futuro della geotermia in Italia. È molto interessante soprattutto perché riassume in sé tutte le caratteristiche tipiche dei moderni dibattiti che sempre più spesso scaturiscono quando scienza, tecnologia e società civile interagiscono: c'è, infatti, la ricerca scientifica pura (in questo caso l'indagine vulcanologica); c'è l'aspetto tecnologico (l'uso di nuove tecnologie per effettuare le trivellazioni); c'è la questione delle fonti energetiche alternative e rinnovabili (la possibilità di sfruttare l'energia geotermica) e, di conseguenza, c'è la questione legata al rispetto dell'ambiente e all'inquinamento, perché se è vero che l'energia prodotta con un'eventuale centrale geotermica sarebbe molto più pulita di quella prodotta in modo tradizionale, è altrettanto vero che una tale centrale, installata in un'area destinata a parco pubblico, comporterebbe sicuramente altri problemi, quanto meno di tipo paesaggistico. C'è poi anche una questione economica da tenere in conto, quella dei benefici che una tale installazione potrebbe portare in

un territorio notoriamente affamato di occasioni lavorative. C'è, infine, ed è di assoluta rilevanza, la questione di come comunicare al pubblico iniziative scientifiche e tecnologiche di tale portata e, in particolare, quella della corretta comunicazione del rischio ambientale. Perché, a ben riflettere, il caso del *Deep Drilling Project* e il clima che attorno ad esso si è venuto a creare hanno molto in comune con l'analoga vicenda della gestione dei rifiuti campani e delle enormi polemiche e preoccupazioni suscitate dall'installazione dei termovalorizzatori. Ancora una volta, la lezione che bisogna trarre da entrambe le vicende è che, nelle società tecnologicamente avanzate del terzo millennio, è praticamente impossibile porta-

re avanti delicati progetti scientifici o tecnologici senza tener conto delle conseguenze che questi possono avere sulla società civile. Dunque, la vicenda campana rende fin troppo palese come l'unica soluzione capace di evitare il muro contro muro tra cittadini, amministratori e scienziati è che questi mondi imparino a parlare tra loro e a spiegare le reciproche ragioni. In poche parole, ciò che occorre è attuare concretamente il concetto di "cittadinanza scientifica", imparare, cioè, a condividere in maniera consapevole le scelte tra tutti gli attori, siano essi scienziati, pubblici amministratori o cittadini. Spiace dirlo ma, purtroppo, questa e altre vicende indicano che siamo ancora lontani da un tale traguardo.

Riferimenti bibliografici

- ¹ Fonte: GEA International Market Report Final May 2010
- ² Per ulteriori notizie sulla politica energetica di questa banca si veda anche il seguente link: www.ebrd.com/pages/sector/powerenergy.shtml
- ³ Per ulteriori notizie si veda il seguente link: web.worldbank.org/external/projects/main?pagePK=51351038&piPK=51351152&theSitePK=40941&projid=P100203
- ⁴ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- ⁵ Istituto Nazionale di Ottica del CNR.
- ⁶ Società consorziale per l'analisi e monitoraggio del rischio ambientale della Campania.
- ⁷ Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del CNR.
- ⁸ International Continental Scientific Drilling Programme.
- ⁹ Per ulteriori informazioni su questa apparecchiatura si veda anche il seguente link: www.iodp.org/iodp_journals/12_InnovaRig_SD5.pdf
- ¹⁰ Per una interessante storia dello sfruttamento dell'energia geotermica in Italia, si veda anche il documento "La geotermia in Italia dal 1940 ad oggi", disponibile

al seguente indirizzo web: www.pionierieni.it/wp/wp-content/uploads/La-Geotermia-in-Italia-dal-1940-ad-oggi.-Di-Cludio-Sommaruga.pdf

¹¹ Al riguardo si legga l'articolo firmato da Benedetto De Vivo e altri, pubblicato sul quotidiano "La Repubblica" del 23 febbraio 2011, sez. Napoli, e consultabile al seguente indirizzo web: ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2011/02/23/geotermia-bagnoli-nei-campi-flegrei.html

¹² Al riguardo vengono citate precedenti esperienze che hanno avuto esiti anche tragici. Si segnala uno studio a firma, tra gli altri, del presidente della Commissione grandi rischi, professor Franco Barberi, pubblicato sul "Journal of Volcanology and Geothermal Research" n. 165 del 17 maggio 2007, relativo a un'esplosione verificatasi durante un sondaggio analogo nella zona di Fiumicino (Roma), e altri (si vedano: Bolton R. S., Hunt T. H., King T. K., Thompson G. K., 2009, "Dramatic incidents during drilling at Wairakei Geothermal Field, New Zealand", su "Geothermics", 38, pp. 40-47; Majer E. L., Baria R., Stark M., Oates S., Bommer J., Smith B., Asanuma H., 2007, "Induced seismicity associated with enhanced geothermal systems", su "Geothermics", 36, pp. 185-222; Axtmann R. c., 1975, "Environmental impact of a geothermal power plant", su "Science", 187, pp. 795-803; Armansson H. and Kristmannsdottir H., 1992, "Geothermal environmental impact", su "Geothermics", 21, pp. 869-880) che testimoniano di incidenti clamorosi (esplosioni, sismicità, e inquinamento ambientale), verificatisi in aree di esplorazione remote, disabitate della Nuova Zelanda e dell'Islanda durante l'esecuzione di sondaggi geotermici.



Fabio Mariottini / Cambogia - Tonle Sap

I residui chimici negli alimenti

Intervista a Gianluigi Cardinali, docente di microbiologia agroalimentare e ambientale alla facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Perugia

Emanuela Traversini

Il rapporto 2011 di Legambiente *I pesticidi nel piatto* ha fornito una fotografia aggiornata sul problema dei residui chimici nei prodotti agro-alimentari, in particolare in quelli ortofrutticoli e nei prodotti derivati (vino, olio, pane, pasta, ecc). Per capirne meglio i risultati, abbiamo intervistato il professor Gianluigi Cardinali, docente di microbiologia agroalimentare e ambientale alla facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Perugia.

A che punto è la ricerca in merito ai residui chimici sugli alimenti?

La ricerca del singolo principio attivo attraverso l'analisi chimica ha diversi problemi: innanzitutto, normalmente la ricerca non trova un principio attivo, ma un endometabolita, cioè - per dirla con parole semplici - un composto derivato dal principio attivo, un composto che può essere stato trasformato dalla pianta oppure dalla pianta e dai microrganismi o, ancora, dai soli microrganismi. Se in un prodotto ortofrutticolo si cerca un principio attivo e non lo si trova, non è escluso che ci sia al suo posto un endometabolita, spesso sconosciuto. Può succedere quindi che l'analisi risulti negativa, ma che nel prodotto ci sia un composto derivato. Questo è il primo problema. Il secondo problema è questo: anche se si riesce a individuare un endometabolita nel prodotto, non è detto che se ne conosca l'effetto e, quindi, l'eventuale pericolosità; potrebbe essere anche più pericoloso del principio attivo che si stava cercando. È proprio quello che è successo in una ricerca sull'iprodione, un fungicida impiegato fino a qualche anno fa in viticoltura e frutticoltura. C'è poi un terzo problema a complicare le cose: in un prodotto agroalimentare le molecole non sono mai da sole, ma sono in combinazione. Se è noto di poche molecole qual è il loro effetto da sole, è noto di pochissime il loro effetto in combinazione. Il servizio sanitario ambientale inglese ha stimato che le possibili combinazioni di molecole siano alcune centinaia

di milioni, una mole assolutamente non rilevabile con i sistemi attuali. La conclusione è che l'analisi chimica resta preziosa, però, da sola, ha dei limiti abbastanza forti.

Ci aiuti a capire meglio, parliamo di un esempio concreto: lei ha citato una ricerca sui residui del fungicida iprodione, quali sono state le evidenze sperimentali?

In quel lavoro - fatto in collaborazione con il dipartimento di Chimica della facoltà di Agraria di Perugia - è stato impiegato eccezionalmente un lievito appartenente alla specie *Zygosaccharomyces rouxii*, perché in un saggio preliminare si era dimostrato che ceppi diversi di questa specie potevano essere sensibili o resistenti a questo principio attivo. In effetti la forma resistente era in grado di trasformare l'iprodione in tre sottoprodotti, due dei quali conosciuti e uno sconosciuto. Questi tre sottoprodotti erano la sintesi delle vie metaboliche di derivazione dell'iprodione già conosciute, effettuate da una parte dai batteri, da una parte dalle piante. Devo però precisare che si trattava di un sistema modello, che non è stato replicato perché costoso.

Era stata presa in esame anche la tossicità dei tre sottoprodotti?

In alcuni microrganismi la tossicità c'era, in altri era piuttosto bassa. Questo perché tutti i fungicidi hanno una variabilità specie-specifica o ceppo-specifica. Con l'iprodione abbiamo continuato a lavorare sul concetto generale di biosaggio tramite la rilevazione spettroscopica: o mediante la FT-IR (spettroscopia a infrarossi) o l'ultravioletto-visibile.

L'iprodione è un fungicida che veniva utilizzato in viticoltura?

È un fungicida di uso generale: ora è stato tolto dal mercato. In passato poteva essere usato anche illegalmente in post raccolta, in

barba a tutti i tempi di restrizione, e in quel caso veniva ingerito direttamente (nelle fragole, nell'uva, nel vino, nei passiti).

Partendo dai risultati ottenuti con l'iprodione, quale sistema di analisi propone per valutare la tossicità di un prodotto?

L'iprodione è stato un punto di partenza; una volta stabilita la procedura, a noi ricercatori interessa soprattutto arrivare a un concetto: attraverso la modifica abbastanza rapida - in un'ora, due ore al massimo - dei componenti cellulari, come del metaboloma (l'insieme di metaboliti prodotti da una cellula ndr), si è in grado di stabilire il tipo di stress e l'entità dello stress cui sono sottoposte le cellule. Per cui è possibile anche ricavare una scala percentuale con riferimento agli agenti stressanti conosciuti presi in considerazione. Ad esempio, prendiamo come riferimento l'ipoclorito di sodio: possiamo dire che un dato composto o miscela di composti o l'insieme di sostanze sconosciute presenti in un'acqua potabile ha un effetto stressante sulle cellule pari a una certa percentuale rispetto a quello dell'ipoclorito di sodio. Questa è una scala che, anche se arbitraria, è proporzionale allo stress indotto. Finora non è mai stata proposta, perché lo stress cellulare è stato sempre gestito in maniera qualitativa. Cioè, di fronte a uno stress ci si è sempre chiesti: di che tipo è, quali molecole interessa, quali sono i suoi meccanismi. Attualmente non conosciamo alcun sistema che riesca a quantificare lo stress. Questo è il problema più serio perché, senza una quantificazione, si pongono sullo stesso piano casi sostanzialmente trascurabili e casi pericolosi.

In quali ambiti potrebbe essere applicato il sistema di cui parla?

Sia in ambito ambientale, sia alimentare. Permetterebbe di superare il problema che adesso è insito in tutte le rivisitazioni, cioè il fatto che si consideri una concentrazione

di un certo composto come tossica o non tossica indipendentemente dall'organismo sottoposto a quella molecola. Facciamo un esempio: l'etilometro. La concentrazione di etanolo nel sangue può indicare un livello assolutamente tollerabile da una persona che abbia delle alcool-deidrogenasi attivissime, oppure può essere destabilizzante per una persona astemia; quella quantità di etanolo ha un significato statistico medio. Sarebbe più interessante, anziché dire quanto etanolo c'è nel sangue, valutare su una scala percentuale quanto sono rallentati i riflessi di una persona. Si passerebbe così da un test che controlla la quantità rilevabile di una sostanza stressante a un sistema che invece cerchi di definire quali sono gli effetti di tale sostanza. Perché quella stessa sostanza può avere effetto o non avere effetto, a seconda dell'individuo. Senza considerare poi che per molte sostanze è presente il fenomeno dell'ormesi: fino a una certa concentrazione hanno effetto benefico, da una certa concentrazione in poi hanno effetto nocivo. Si parla di un esperimento in Russia, discutibilissimo dal punto di vista bioetico, per effettuare il quale hanno lasciato un intero paese in case costruite con materiali riciclati da scorie radioattive. A quanto pare, il sistema immunitario di queste persone è stimolato da una presenza di radiazioni a basso livello. E non è una sorpresa, perché, per esempio, le correnti a bassa tensione stimolano l'attività microbiologica; quelle ad alta tensione uccidono i microrganismi. Lo stesso agente, sia esso fisico, chimico o biologico, può avere effetti diversi a seconda della concentrazione, dei cofattori che agiscono insieme ma soprattutto del target dell'organismo che lo subisce. E questo è il passaggio culturale che ci interessa: passare dalla ricerca di quali composti chimici ci sono in un determinato prodotto alla descrizione funzionale di che cosa fanno. In materia ambientale, conoscere l'effetto di un agente chimico, sia a livello di tossicologia, sia di variazione della composizione delle comunità ecologiche, è sicuramente un discorso più impegnativo, ma dovrebbe essere anche più promettente.

E non ci si sta muovendo in questo senso?

No, perché siamo vincolati a livello europeo da due macigni pazzeschi. Il primo è il sistema Audit, che è generalizzato e che chiaramente non funziona. Il "batterio killer", ad esempio, è passato impunemente attraverso uno dei sistemi Audit più sofisticati. Il sistema igienico sanitario della frutta e verdura in Europa è sicuramente efficiente, ma non funziona perché parte dal principio che sia possibile inferire la situazione finale di un prodotto - in questo caso alimentare - conoscendo tutti i passaggi, che per altro vengono dichiarati in forma cartacea. Il problema è che tutti i passaggi non sono conoscibili, molti sono anche accidentali. In più è un si-



stema molto costoso. Fare un'analisi in fondo alla catena, e quindi analizzare cosa c'è nel prodotto finale, sarebbe molto più veloce ed eviterebbe di conoscere tutto ciò che c'è stato a monte. Per cui anche l'eventuale dimenticanza, colposa ma non dolosa, o l'eventuale frode dolosa sarebbero scoperte. Questo è un problema culturale: l'Unione europea ha abbracciato filosoficamente il sistema Audit con risultati disastrosi. Prendiamo ad esempio il biologico: l'Italia, come tutti gli altri Paesi europei, è costretta a far entrare dei prodotti biologici dichiarati tali dagli enti paralleli, anche provenienti da Paesi del terzo mondo, i quali però non applicano le stesse regole all'ingresso dei loro prodotti. Per fare un esempio: noi potremmo dover dichiarare biologica la frutta e verdura libanese perché c'è un corridoio verde tra il Libano e l'Italia, ma nulla vieta al Libano di importare a basso costo quella frutta e verdura da un Paese come il Pakistan che non ha alcun tipo di controllo. E il nostro funzionario ministeriale sarebbe costretto a certificare che quella frutta e verdura è biologica perché qualcuno l'ha dichiarata tale. Con questo sistema risalire all'eventuale frode fatta chissà dove diventa praticamente impossibile. Questo è un problema culturale tipicamente europeo; negli Stati Uniti è molto meno marcato perché l'FDA usa alternativamente sia il sistema Audit sia il sistema di analisi terminale. C'è anche un altro problema molto radicato: si è convinti che sapere cosa c'è in un sistema permetta di conoscere qual è il sistema. È l'estrinsecazione, chimica se vogliamo, del riduzionismo, che ha imperato fino a qualche decennio fa. Noi sappiamo che questo non è vero: in nessun sistema biologico funziona così. Anche perché la nostra capacità di definire tutte le componenti è scarsissima. E non è detto che le componenti che conosciamo siano le più significative. A chi non conosce profondamente un sistema, la semplice analisi quantitativa non dice un granché. Il problema è che in materia ambientale ogni sistema è un attore a se stante, assolutamente difficile da riprodurre e da ritrovare: non si può avere di un sistema ambientale la stessa conoscenza che abbiamo della fisiologia umana. Quindi, mentre nella fisiologia umana, con molti limiti, certi valori sono conosciuti, applicare lo stesso metodo in un sistema ambientale è quanto meno pericoloso. I nostri limiti sono culturali, concettuali, prima ancora che tecnici, e sono difficilmente risolvibili, perché ancora abbiamo un sistema che è ampiamente riduzionista e determinista, due aspetti che nella scienza ambientale sono notoriamente sbagliati.



Come dovrebbe essere valutata la tossicità di un composto, secondo lei?

Ora le analisi tossicologiche sono estremamente lunghe e costose perché usano il sistema animale. Ad esempio si utilizza la DL50, la dose letale al 50% della popolazione, ottenendo dati molto precisi dal punto di vista dell'analisi statistica e numerica, ma con due inconvenienti: è un sistema molto costoso ed è politicamente molto impopolare perché applicato sugli animali; nell'ambito dell'Unione europea sono molti i movimenti, le associazioni che stanno facendo petizioni per abolire il sistema animale, non solo in tossicologia, ma addirittura in farmacologia. Nel momento in cui cadesse in farmacologia, dove l'interesse è abbastanza generalizzato, si può immaginare cosa succederebbe in tossicologia il giorno dopo. È assolutamente impossibile immaginare non solo che si estenda il modello animale ai circa 2/3 milioni di nuovi composti chimici prodotti ogni anno - al momento in commercio ci sono tra i 19/20 milioni di prodotti chimici - ma passare alle semplici miscele binarie (due composti) significherebbe elevare al quadrato quei 20 milioni, arrivando a 400 milioni di milioni. Con questi sistemi sarebbe assolutamente impensabile. A complicare le cose, nell'ambiente e negli alimenti non si trova mai una miscela binaria, ma miscele multiple di tantissime sostanze. Il nostro approccio pragmatico è diverso: a noi non interessa sapere che cosa c'è. Se poi l'analisi chimica è in grado di rilevarlo, benissimo, non abbiamo niente in contrario, anzi è di grande aiuto; quello che proponiamo, però, è valutare con il biosaggio una particolare miscela contenuta ad esempio in un'acqua di scarico, in un'acqua potabile, in un salame. Se la miscela attacca delle cellule eucarioti, quindi in qualche modo simili alle nostre (ma si potrebbero usare anche delle cellule umane in coltura) e produce uno stress significativo, allora qualunque sia la composizione della miscela, sappiamo che è dannosa. Ragionando in questo modo, si supera in un colpo solo tutto il problema delle miscele, perché sia se in un'acqua potabile c'è un solo composto sia se ce ne sono cento, nel momento in cui si fa il biosaggio si valuta quell'acqua potabile complessa come una soluzione unica. Con l'approccio chimico io dovrei fare un'analisi, quindi separare cento composti, verificare la tossicità o comunque avere conoscenza della tossicità di cento composti e poi, comunque, fermarmi, perché non potrei conoscere le sinergie tra i singoli composti. L'approccio

pragmatico con il biosaggio dovrebbe superare il problema delle miscele e, se non eliminare il modello animale (perché non è eliminabile con le conoscenze attuali), permettere di utilizzarlo in maniera più parsimoniosa. Non dimentichiamoci, infine, che il modello animale è un modello, perché l'uomo non è un topo. Non sempre quello che succede negli animali succede nell'uomo.

Avrebbe più senso utilizzare le cellule umane?

Secondo me sì. Una cosa che abbiamo visto, per esempio, è che usando nelle cellule di lievito e in quelle umane il metabisolfito di potassio come sistema modello si ottiene una risposta simile. Con un lavoro estensivo di questo tipo si potrebbero individuare le corrispondenze tra la reazione del lievito e la reazione a una determinata miscela di composti chimici delle cellule di vari organi e tessuti umani. Disponendo di questi dati e di sistemi di analisi dei dati che permettano una connessione immediata tra la reazione del lievito o di una batteria di lieviti o una batteria di cellule umane in coltura e di cellule umane dei diversi tessuti o organi, sarebbe possibile fare un'inferenza abbastanza precisa degli effetti complessivi della sostanza o di miscele di sostanze sulle cellule umane. Si tratterebbe di un unico esperimento rispetto agli n -quadro esperimenti dell'approccio tradizionale, dove n è il numero dei componenti della miscela.

Ma un organismo è sottoposto a più miscele.

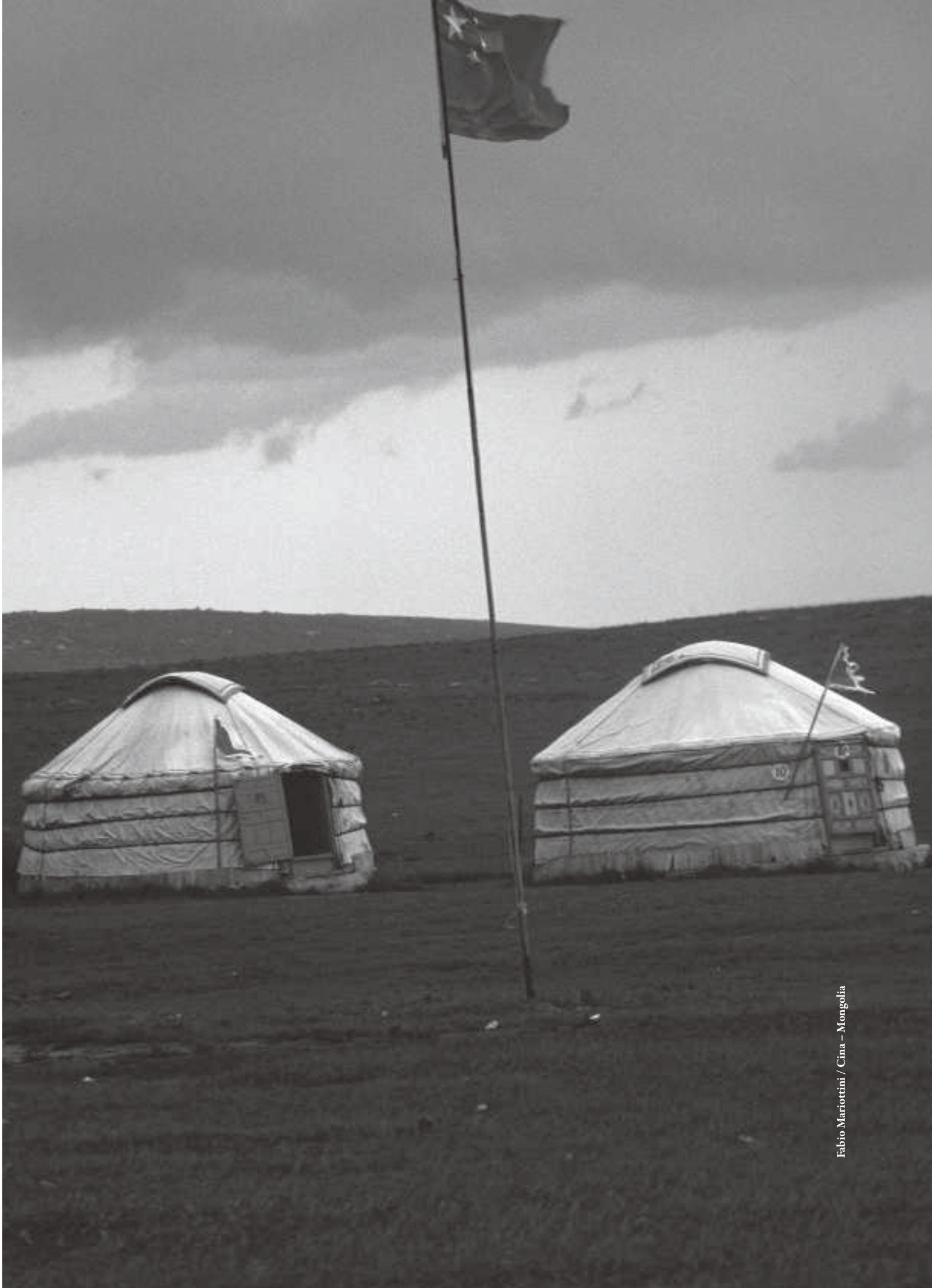
Sì, però vi è sottoposto in un arco di tempo: se le miscele a cui è sottoposto sono compresenti, allora abbiamo una miscela di ordine superiore, ma pur sempre una miscela. Immaginiamo, ad esempio, un animale che beva acqua più o meno contemporaneamente da due pozze, una inquinata da una miscela A e l'altra da una miscela B. Se le bevute sono abbastanza ravvicinate, è sottoposto allo stress $A + B$. In questo caso non si farebbe altro che prendere la stessa quantità di A e di B, fare una supermiscela e analizzare quella. Se invece l'animale bevesse per un certo periodo di tempo la miscela A e poi passasse alla miscela B, le due miscele andrebbero analizzate separatamente perché agirebbero separatamente. A meno che non ci siano degli effetti cronici di lunghissimo periodo della miscela A, che poi si andrebbero a sommare a quelli della miscela B. Questo vale anche per l'uomo: se si mangia un prodotto che contiene particolari conservan-

ti tossici e si aggiunge un vino che contiene una quantità eccessiva di metabisolfito, l'organismo è sottoposto a una miscela di metabisolfito a cui si sommano tutte le diverse sostanze presenti all'interno dell'altro alimento. Pertanto vanno valutare tutte le miscele che agiscono in simultanea. Se invece agissero in tempi diversi, sarebbe logico considerare le miscele separatamente.

Può spiegarci sinteticamente cos'è il biosaggio?

Il biosaggio nella forma più schematica è un sistema di analisi che utilizza un sensore e un rivelatore. Come sensore abbiamo utilizzato quasi sempre dei lieviti, che accoppiano due caratteristiche fondamentali: la facilità di manipolazione dei microrganismi, di tutti i microrganismi, e il fatto di essere eucariotici, e quindi mimici per molte funzioni a quello che viene effettuato a livello fisiologico da piante, animali e dall'uomo stesso. Però il sensore può essere qualsiasi altra cosa: possono essere batteri, cellule vegetali, cellule umane, etc. Dal punto di vista tecnico, l'unica cosa richiesta è che siano cellule disgregate e che possano formare uno strato mono o oligocellulare. Il sistema rivelatore può essere qualsiasi sistema, noi ne abbiamo scelti due perché sono abbastanza ampi come capacità di lettura delle molecole: uno è la spettroscopia ad infrarossi FT-IR, che dà più informazioni di altre, riesce ad individuare le classi di molecole, ma non le singole molecole che possono essere implicate in questo fenomeno. L'altra, che è meno informativa ma che in certi casi permette di produrre dei *fingerprint* molto accurati, è la spettroscopia UV e visibile. Questi due sistemi analizzano ambiti dello spettro di frequenza ben distinti: è totalmente diversa la qualità, il tipo di strumento e il tipo di segnale. Alla fine quello che vien fuori è uno spettro di risposta, cioè la differenza fra le informazioni rilevate in tutto il range di frequenza dalle cellule sottoposte allo stress e le stesse informazioni rilevate sulle cellule sotto controllo, non sottoposte allo stress. Una volta che noi otteniamo uno stress di risposta, si passa all'analisi dei dati, sulla quale abbiamo scritto diversi software, già pubblicati, che ci permettono di valutare la qualità e la quantità dello stress.





Fabio Mariottini / Cina - Mongolia

Una nuova storia per il vecchio uomo

Pietro Greco

L'ibridazione dei sapiens e altre nuove scoperte a livello molecolare effettuate da Svante Pääbo e dai suoi collaboratori dell'Istituto Max Planck per l'Antropologia Evolutiva di Leipzig, in Germania, ci costringono a riscrivere la storia della specie umana. Ad essere in crisi è l'idea stessa che la specie sapiens sia apparsa alla fine di un percorso evolutivo lineare e abbia conquistato il mondo perché superiore alle altre

L'hanno combinata grossa Svante Pääbo e i suoi colleghi antropologi (molecolari e non) che negli ultimi anni – negli ultimi mesi e persino nelle ultime settimane – hanno riscritto la storia della specie umana e, anzi, la storia dello stesso concetto di specie biologica. Con una narrazione che, da limpida, precisa e lineare, è diventata complessa, ambigua e cespugliosa.

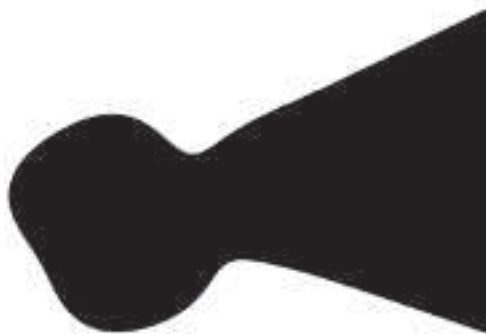
Era proprio una bella storia – semplice, lineare, consolatoria – quella dell'evoluzione umana che abbiamo appreso a scuola e che si è conservata pura fino a una decina di anni fa. Ci narrava come in principio è venuto *Homo habilis*, 2 milioni e mezzo di anni fa o giù di lì, che si è distaccato dai rami delle Australopithecine e con un bel balzo cognitivo ha imparato a lavorare la pietra, inaugurando così il genere *Homo*. Poi mezzo milione di anni dopo è venuto *Homo erectus*, che ha raggiunto, anche come massa cerebrale, le nostre dimensioni, è uscito dall'Africa e ha colonizzato l'intero pianeta. Infine, duecentomila anni fa, sempre in Africa, siamo venuti noi, gli *Homo sapiens*. Anche la nostra specie ha lasciato l'Africa, più o meno centomila anni fa, e ha preso progressivamente possesso di tutti i continenti. Certo, i nostri antenati hanno incontrato gli eredi degli *erectus*, i Neandertal. Ma senza mescolarsi con loro. Proprio perché erano specie diverse. Da una parte noi, i *sapiens*. Dall'altra loro, i neandertaliani, gli uomini antichi. Loro si sono estinti circa 40.000 anni fa, mentre noi *sapiens*, ormai soli, in virtù delle nostre superiori capacità mentali, abbiamo acquisito il linguaggio vocale complesso, abbiamo inventato l'arte (la splendida arte rupestre) e abbiamo dato una brusca e decisiva accelerazione all'evoluzione culturale. Soli, abbiamo conquistato il mondo. Che ci attendeva.

Bene, questa narrazione lineare e consolatoria deve essere abbandonata. Lo impone l'antropologia molecolare. Che negli ultimi anni – negli ultimi mesi e persino nelle ultime settimane – ha: eroso anche al livello degli ominini il concetto di specie come

barriera insuperabile che definisce senza ambiguità gruppi di viventi; ridefinito il concetto di genere *Homo*, che va quantomeno ampliato fino a includere – facendo rivoltare nella tomba il vescovo Samuel Wilberforce, primo critico di Charles Darwin – quelle che lui chiamava con disprezzo “scimmie”; smantellato l'idea che la specie *sapiens* sia apparsa alla fine di un percorso evolutivo lineare e abbia conquistato il mondo perché superiore alle altre.

I SAPIENS IBRIDI E IL CONCETTO DI SPECIE

Iniziamo dalla erosione del concetto di specie. Nel 2010 Svante Pääbo e i suoi collaboratori dell'Istituto Max Planck per l'Antropologia Evolutiva di Leipzig, in Germania, hanno analizzato il genoma di diversi individui di *Homo sapiens* e lo hanno comparato con quello dei Neandertal, vissuti in Europa tra 700.000 e 35.000 anni fa e poi estinti. I Neandertal, sostengono da tempo gli antropologi, appartengono al nostro stesso genere, il genere *Homo*, ma non alla nostra stessa specie; per questo, sono indicati come appartenenti alla specie *Homo neandertalensis*. Le cose sono andate bene finché si è potuto legittimamente pensare che, sebbene si siano incontrati e, probabilmente, accoppiati, i *sapiens* e i *neandertalensis* non hanno generato una prole fertile. Ma, all'inizio del 2010, il gruppo di Svante Pääbo ha dimostrato che nel Dna di noi europei (ma non degli africani) c'è una piccola componente (tra l'1 e il 4%) di sequenze nucleotidiche ereditate dai Neandertal. Alla fine di dicembre 2010 lo stesso gruppo ha scoperto nel genoma degli attuali Malesiani (e solo in loro) una piccola componente (tra il 4 e il 6%) di sequenze nucleotidiche ereditate dai Denisoviani, un'antica popolazione vissuta in Asia fino ad alcune migliaia di anni fa, forse discendente da *Homo erectus*. L'antico assunto, dunque, sembra caduto. Dopo essere uscita dall'Africa (fra 125.000 e 75.000 anni



fa), *Homo sapiens* ha incontrato altre specie del genere *Homo*. Individui di sesso diverso dei due gruppi si sono accoppiati. E hanno prodotto una prole a sua volta fertile. È a questo punto che la definizione teorica di specie vacilla. Almeno così come l'ha autorevolmente proposta Ernst Mayr, un grande biologo evoluzionista, storico e filosofo della biologia. Secondo Mayr, una specie è costituita da "gruppi di popolazioni naturali attualmente o potenzialmente interfertili, che sono riproduttivamente isolati". Scimpanzé e bonobo sono specie diverse, perché formano gruppo riproduttivamente isolati: non si accoppiano e non producono prole fertile. Asini e cavalli sono specie diverse perché anche se si accoppiano e producono una prole (i muli), questa è sterile. Secondo la definizione di Mayr, dunque, i *sapiens*, i Neandertal e i Denisoviani non devono più essere considerate specie diverse, perché si sono accoppiati e hanno generato una prole fertile giunta fino ai nostri giorni. Questo mette un bel po' di pepe nel piatto della storia umana. Ma pone



La natura non si uniforma alle nostre esigenze di classificazione e la sua ambiguità pone sempre nuove sfide

anche dei problemi teorici. Perché le cose non sono così semplici. Sembra infatti sia vero che i *sapiens* e i Neandertal si sono accoppiati e hanno prodotto una prole a sua volta fertile. Ma il successo riproduttivo degli incontri tra *sapiens* e Neandertal è stato decisamente inferiore a quello interno ai *sapiens* e interno ai Neandertal. La medesima cosa sarebbe avvenuta tra i *sapiens* e i Denisoviani. I gruppi sono stati interfertili, dunque. Ma non completamente. Appartengono quindi a una medesima specie o vale ancora la vecchia tassonomia, che li indica come specie diverse? Sono "quasi specie"? Se questa ambiguità si è manifestata nel genere *Homo*, figurarsi cosa è avvenuto e cosa avviene ancora tra generi filogeneticamente più antichi e demograficamente più numerosi. La verità è che la natura difficilmente si uniforma alle nostre esigenze di classificare. E con la sua ambiguità ci pone non solo sfide teoriche, ma anche pratiche. Se il concetto di specie è così sfuggente, cosa dobbiamo intendere per biodiversità? E cosa dobbiamo intendere per conservazione della biodiversità?



IL CESPUGLIO DEGLI HOMO

L'ibridazione dei *sapiens* non è l'unica novità che ci costringe a riscrivere la nostra storia. Una serie di altre scoperte, a livello molecolare e a livello di fossili, ci costringe a riscrivere la storia del nostro intero genere, *Homo*. Nuove scoperte, infatti, hanno dimostrato che a uscire dall'Africa e a disseminarsi per il globo in diverse ondate successive sono state almeno tre specie diverse del genere umano. Per primo è partito *Homo ergaster* (o *Homo*



Nella Siberia meridionale sono vissuti contemporaneamente membri di tre specie umane differenti

erectus) circa 1,9 milioni di anni fa e in pochi millenni si è insediato in tutta l'Eurasia. Poi, mezzo milione di anni fa, è partita l'onda degli *Homo heidelbergensis* (o *Homo rhodesiensis*). È questa la specie (o la "quasi specie") cui appartengono i Neandertal. Infine dall'Africa è partito non in una ma in almeno due ondate *Homo sapiens*. Una prima volta, tra 120 e 100.000 anni fa, quando ha raggiunto le coste dell'Arabia e si è disseminato per la penisola. Non sappiamo se è riuscito ad andare oltre. La seconda volta, tra 80 e 70.000 anni fa, ha attraversato il Sinai ed è giunto in Medio Oriente, da dove è partito seguendo almeno due strade diverse alla conquista (ma occorrerebbe parlare di semplice diffusione, perché non c'è nulla di militare in questi spostamenti di popolazioni di migranti) dell'Asia e dell'Australia. Dal Medio Oriente i *sapiens* sono partiti anche intorno a 40.000 anni fa, per diffondersi in Europa. Contrariamente a quanto si credeva, appunto, fino ad appena dieci anni fa la nostra

specie non ha incontrato solo i Neandertal, antichi eredi dei migranti *heidelbergensis*. E non li ha incontrati solo in Europa e in Medio Oriente. Ma andiamo con ordine. Nel 2003 sull'isola indonesiana di Flores sono stati trovati i resti di uomini molto diversi da noi: più bassi di statura e con un volume cerebrale pari a un quarto del nostro. Gli antropologi hanno ribattezzato *Homo floresiensis* quella specie sconosciuta di uomini e hanno dimostrato che sono discendenti della prima ondata migratoria, quella degli *ergaster* (o *erectus*). E che, per adattarsi all'ambiente dell'isola in cui sono giunti probabilmente 900.000 anni fa, hanno diminuito la massa corporea e cerebrale. Lo strano è che quei resti risalgono ad appena 13.000 anni fa. Quando a Flores erano giunti anche i *sapiens*. Dunque i nostri antenati hanno convissuto con un'altra specie umana fino a tempi recentissimi. Ma le sorprese non sono finite. Perché nel 2008 nella grotta di Denisova, sui Monti Altai, in Siberia, è stato rinvenuto un dito con un Dna relativamente integro che ha consentito a Svante Pääbo – il maestro dell'antropologia molecolare –, a Johannes Krause e a un folto gruppo di collaboratori del Max Planck Institute di confermare che lì è vissuta una specie umana, ribattezzata *Homo di Denisova*. Anche questa specie è una discendente degli *ergaster*, giunti da quelle parti oltre 1,5 milioni di anni fa. Il dito, tuttavia, è appartenuto a un individuo vissuto circa 40.000 anni fa. E il bello è che lì vicino, nelle valli dei Monti Altai, sono stati trovati anche resti sia di Neandertal sia di *sapiens*, risalenti più o meno allo stesso periodo. Dunque, nella Siberia meridionale sono vissuti contemporaneamente membri di tre specie umane diverse, partite dall'Africa in tre epoche diverse: 1,9 milioni di anni fa; 500.000 anni fa e 80.000 anni fa. Non è finita. Perché, ricorda ancora il filosofo Telmo Pievani, tra gli antropologi si sta facendo sempre più robusta la convinzione che un'altra specie umana, *Homo erectus soloensis*, discendente appunto

degli antichi *erectus*, sia vissuta sull'isola di Giava fino a circa 40.000 anni fa. Abbiamo, dunque, le prove che mentre noi *sapiens* stavamo acquisendo il linguaggio forbito e stavamo imparando a dipingere sulle pareti delle grotte, dividevamo il pianeta con almeno altre quattro specie appartenenti al genere *Homo* (Neandertal, *Homo di Denisova*, *Homo erectus soloensis* e *Homo floresiensis*). E che questa convivenza è durata, almeno con alcuni, fino a poche migliaia di anni fa. Per la gran parte della nostra presenza sulla Terra, in Africa e anche fuori dall'Africa, non siamo stati dunque soli. E nessuno, in tutti questi millenni, avrebbe avuto fondati motivi per scommettere sul successo della nostra specie, invece che su quella delle altre. Altro che inevitabile conseguenza di una storia lineare. Noi *sapiens* siamo usciti vincitori a seguito di una serie fortunata di circostanze, al termine di un lunghissimo gioco dall'esito mai scontato. E non vi abbiamo ancora detto della (doppia) sorpresa finale. Il primo ad analizzare il Dna (mitocondriale) dei Neandertal è stato, proprio una decina di anni fa, il già citato Svante Pääbo. Il quale sulla base dei dati disponibili aveva escluso che Neandertal e *sapiens* si fossero accoppiati. O, almeno, che accoppiandosi avessero avuto una progenie a sua volta prolificata. Insomma, una decina di anni fa avevamo buoni motivi per credere che il nostro Dna di uomini sedicenti sapienti fosse, per così dire, "puro". Ma, come abbiamo detto, proprio a inizio 2010 Svante Pääbo ha presentato i risultati dell'analisi comparata del Dna di uomini di Neandertal e di uomini moderni. Scoprendo che nel Dna degli africani, discendenti di *sapiens* mai usciti dall'Africa, il Dna non presenta tracce di ibridazioni con quello dei Neandertal. È, per così dire, "puro". Mentre nel Dna degli europei e degli asiatici ci sono tracce (intorno al 4%) del materiale genetico ereditato da uomini di Neandertal. Una parte della nostra specie si è incrociata, più o meno saltuariamente, con quegli uomini più antichi e

noi europei e asiatici ne conserviamo la traccia. Le stessa cosa è avvenuta tra i *sapiens* asiatici e membri della specie *Homo di Denisova*, perché nel Dna di uomini moderni che vivono in Nuova Guinea e in Melanesia sono state trovate tracce (intorno al 5-8%) di quegli antichi discendenti degli *erectus*.

Ma ecco una nuova sorpresa, proposta da due gruppi di ricercatori americani e tedeschi nel mese di ottobre 2011. Ci sono forti indizi che anche in Africa i *sapiens* si sono



Nel Dna degli europei e degli asiatici ci sono tracce del materiale genetico ereditato da uomini di Neandertal

accoppiati e hanno avuto una prole fertile con gruppi più arcaici. Di cui, ancora oggi, c'è traccia genetica. Questo incrocio sembra essere avvenuto almeno tre volte. E l'ultima volta piuttosto di recente. Intorno a 15.000 anni fa. Il che significa che anche in Africa uomini di altre specie umane hanno convissuto con i *sapiens* fino a pochi millenni fa. E, talvolta, *sapiens* e arcaici si sono incrociati. Altro che Dna puro. Il nostro è, per dirla con Pievani, un "Dna arlecchino". Frutto di una piccola promiscuità genetica che ha accompagnato una elevata promiscuità fisica e culturale con tante altre specie di uomini. Il nostro successo – la nostra fortuna – è anche il frutto di questa capacità di saper accettare e abbracciare "l'altro".

L'UOMO E IL SUO GENERE

Non è finita. Noi, i *sapiens*, potremmo perdere anche il genere (chiamato *Homo*) cui riteniamo, unica specie

sopravvissuta, di appartenere. Per ritrovarsi – specie tra le specie – in un nuovo gruppo tassonomico, chiamato sempre *Homo*, ma molto più affollato, cui appartengono, oltre agli *Homo sapiens* (noi), anche i *Pan troglodytes* (gli scimpanzé comuni), i *Pan paniscus* (gli scimpanzé bonobo) e probabilmente anche i *Gorilla gorilla* (la traduzione è inutile). A questo grande genere sarebbero appartenuti in passato anche le Australopithecine, ovvero le specie ormai estinte di ominini da cui saremmo discesi noi *sapiens*. La proposta di riscrivere la tassonomia per scrivere meglio la storia dell'uomo negli ultimi 10 milioni di anni è, per la verità, alquanto vecchia. È stata proposta da Morris Goodman nel 2003 in un articolo pubblicato sui *Proceedings of the National Academy of Science* (PNAS) nel 2003, non per creare confusione ma, al contrario, per rappresentare la semplicità di un percorso evolutivo. Sebbene, come vedremo, possa contare su autorevoli *supporters*, non è stata ancora definitivamente accettata dalla comunità scientifica. Ma negli ultimissimi anni è stata corroborata da numerose scoperte, sia fossili sia genetiche. Prendiamo, ad esempio, lo studio realizzato da Tim White e dal suo gruppo di lavoro sullo scheletro di Ardi, una ragazza vissuta in Etiopia 4,4 milioni di anni fa: 1,2 milioni di anni prima di un'al-



Noi, i *sapiens*, potremmo perdere anche il genere (chiamato *Homo*) cui riteniamo, unica specie sopravvissuta, di appartenere

tra australopithecina celeberrima, Lucy. La giovane Ardi aveva un cervello di 300 cm³, come quello di uno scimpanzé. Era, però, un “bipede facoltativo”: quando voleva camminava su due piedi, più o meno come noi *sapiens*. Ardi appartiene alla specie *Ardipithecus Ramidus*, ma assicurano Tim White e il gruppo che l'ha studiata per 17 anni, non è una specie intermedia tra gli scimpanzé e l'uomo. Ha, infatti, non solo tratti comuni all'uno e all'altro, ma anche tratti diversi. I medesimi ricevuti direttamente in eredità dai progenitori comuni dei *Pan* e degli *Homo*, l'ultimo dei quali è vissuto circa 7 milioni di anni fa. Cosa c'entra tutto questo con la questione di genere? Beh, c'entra. Perché sarebbe impossibile a un osservatore esterno e neutrale riconoscere un gruppo spic-

catamente diverso tra i cinque rappresentati dal progenitore comune, dagli scimpanzé comuni, dai bonobo, dalle australopithecine e dai noi *sapiens*. E che sarebbe più logico considerarli membri di un unico gruppo – di un unico genere, appunto – articolato in diverse specie, alcune delle quali estinte e tre sopravvissute. Una rappresentazione a sua volta resa più forte dall'analisi comparata del genoma (quello degli scimpanzé è stato completamente sequenziato nel 2005): il Dna dei *sapiens* è uguale per il 98,77% a quello degli scimpanzé. Un valore che non è poi così lontano dall'omologia tra il Dna degli scimpanzé comuni e degli scimpanzé bonobo, uguale per il 99,3%. L'antropologo Gianfranco Biondi e la biologa molecolare (ma sarebbe meglio dire, antropologa molecolare) Olga Rickards hanno ricostruito l'evoluzione “lunga” della nostra specie e l'idea del “genere esteso” in un loro recente libro, *Uomini dai sei milioni di anni*. Nel quale, tra l'altro, hanno ricordato i primi “incontri” della scienza con i primati. In termini di studio dell'anatomia e della morfologia il primo incontro si è avuto nel XVII secolo, quando il medico olandese Nicolaas Tulp (1593-1674), famoso per essere stato sindaco di Amsterdam e, soprattutto, per essere stato ritratto da Rembrandt nella sua celebre *Lezione di anatomia del dottor Tulp*, insieme al collega Jakob De Bondt (1592-1631) hanno descritto in maniera relativamente approfondita la morfologia e l'anatomia delle grandi scimmie antropomorfe, registrando le evidenti analogie con quelle umane. Un'opera che oggi possiamo considerare molto più rigorosa, tuttavia, è stata pubblicata nel 1699 da Edward Tyson (1650-1708). Il medico inglese notava come uno scimpanzé condivida con l'uomo 48 caratteri anatomici, mentre solo 34 con quello delle scimmie. E ne concluse che lo scimpanzé deve essere una forma intermedia tra l'uomo e le scimmie.

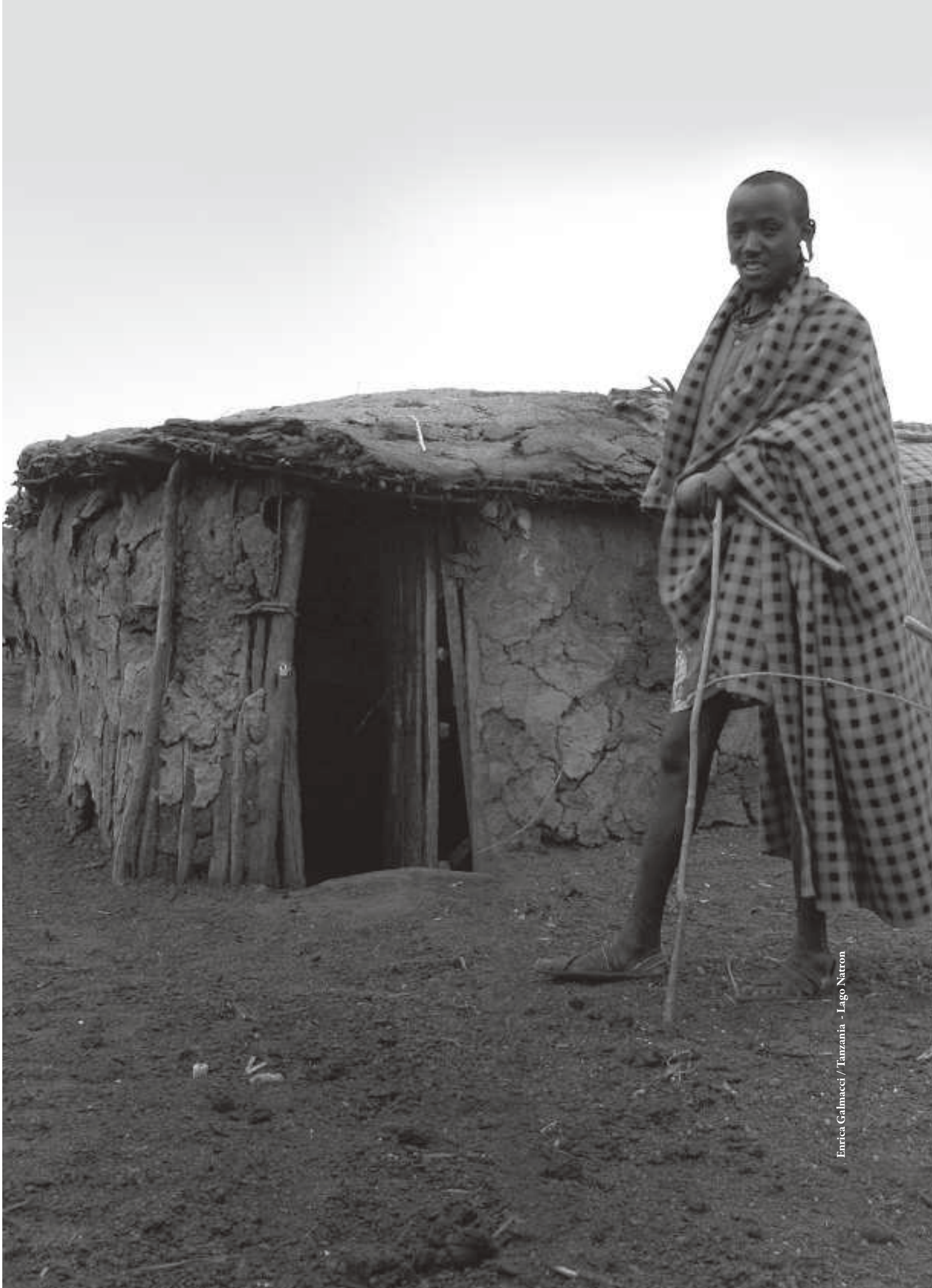
Non faremo la storia dell'anatomia comparata delle grandi antropomorfe. Diciamo solo che il padre della moderna tassonomia, lo svedese Carlo Linneo (1707-1778), notò e annotò la inquietante somiglianza anatomica. Ed evitò di classificare nel medesimo genere gli scimpanzé e gli uomini solo perché, diceva: “sarei stato messo al bando da tutti gli ecclesiastici”. La somiglianza con le grandi antropomorfe ha continuato a disturbare gli ecclesiastici di tutt'Europa per molto tempo. Tant'è che il già menzionato vescovo Samuel Wilberforce reagì alla difesa dell'*Origine delle specie*, l'opera in cui Charles Darwin getta le fondamenta della moderna teoria dell'e-

voluzione biologica, da parte di Thomas Huxley in un pubblica conferenza il 30 giugno 1860 a Oxford chiedendogli, irridente: “Mi dica, mr. Huxley, è per parte di nonno materno o di nonno paterno che discendete da una scimmia?”. Non fu meno velenosa la risposta di Thomas Huxley, non a caso definito il “mastino di Darwin”: “Se mi si chiede se preferirei avere una miserabile scimmia come nonno, oppure un uomo altamente dotato dalla natura, che possiede molte facoltà e grande influenza, e che tuttavia utilizza queste facoltà e questa influenza al solo scopo di introdurre il ridicolo in una grave discussione scientifica, non esito ad affermare la mia preferenza per la scimmia”.

L’idea di discendere dalle scimmie risulta inaccettabile anche a molti ecclesiastici dei nostri giorni, protestanti e cattolici. Tuttavia è ormai accettata dai più. A patto che all’uomo venga riconosciuto un percorso evolutivo speciale. Un percorso che viene sempre più negato dalla ricostruzione scientifica della nostra storia. Oggi noi sappiamo, infatti, che la famiglia delle grandi scimmie antropomorfe (gli esperti la chiamano famiglia delle *Hominidae*) si sono evolute circa 18 milioni di anni fa e che risale a 13 milioni di anni fa l’ultimo progenitore comune tra le sottofamiglie delle *Homininae* (che comprende gorilla, scimpanzé e uomini) e quella delle *Pongine*, cui appartengono gli Orangutan. La storia evolutiva continua e risale a 8 o 9 milioni di anni fa la separazione all’interno delle *Homininae* tra la tribù degli *Hominini* (da cui discendono scimpanzé e uomini) e la tribù dei *Gorillini*, da cui discendono gli attuali gorilla. Ora, secondo la tassonomia accettata la tribù degli *Hominini* si sarebbe separata, circa 6 o 7 milioni di anni fa, in due rami: il genere *Homo* e il genere *Pan*. Al genere *Homo* apparteniamo noi, della specie *sapiens*, ma anche tutte le specie che hanno preceduto e/o accompagnato la nostra, a partire da *Homo ergaster*, *Homo erectus* e via numerando tutti i rami del frondoso cespuglio già menzionato. In realtà le affinità morfologiche e anatomiche portarono già nel 1991 il biologo Jared Diamond, che in tempi recenti ha scritto *best sellers* – come *Collasso. Come le società scelgono di morire o vivere* (2005) o come *Armi, acciaio e malattie* (2002) – che gli hanno valso il premio Pulitzer, a pubblicare un libro, *Il terzo scimpanzé. Ascesa e caduta del primate Homo sapiens*, in cui sostiene l’assoluta incongruenza di dividere la tribù degli *Hominini* in due generi diversi, *Homo* e *Pan*. Da un punto di vista tassonomico questa differenza non regge: è del tutto artifi-

ciosa e persino arbitraria. È più corretto, sostiene il biologo, considerare un unico genere, il genere *Homo* oggi popolato dai *sapiens* e dalle due specie di *Pan*, gli scimpanzé comuni, da ribattezzare *Homo troglodytes* e gli scimpanzé bonobo, da ribattezzare *Homo paniscus*. La discussione diventa accesa. E si arricchisce anche di studi genetici. Tanto che dieci anni dopo, nel 2001, Elizabeth Watson in un libro pubblicato dalla Firenze University Press è curato dal noto paleontologo Philip Tobias, propone di aggiungere al genere *Homo* anche i gorilla, perché ancora una volta le differenze anatomiche e genetiche non sarebbero tali da giustificare la presenza di due generi diversi: quello degli *Homo* e quello dei *Gorilla*. Alcuni propongono, addirittura, di evitare ambiguità e fraintendimenti e di chiamare questo nuovo “genere esteso” col nome *Pan*.

In definitiva, quello che propone Morris Goodman nel 2003 è un cambiamento solo parziale. Riunire in unico genere l'unica specie sopravvissuta di umani e le due specie sopravvissute di scimpanzé. È evidente che se questa proposta venisse definitivamente accettata occorrerebbe rivedere l'intera costruzione tassonomica degli ominini. Diventerebbero membri del genere *Homo* non solo i *sapiens*, i *Pan troglodytes* e i *Pan paniscus*, ma anche tutte le specie di australopithecine vissute. Forse il vescovo Wilberforce ne sarebbe sconvolto. Ma a noi, che abbiamo una certa simpatia per Huxley, verrebbe restituita la nostra vera storia. E poi finalmente Ardi e Lucy troverebbero la loro giusta collocazione in quell'album di famiglia degli umani, lungo, come ricordano Biondi e Rickards, almeno sei milioni di anni. Lo sappiamo. Qualche lettore si sta già lamentando per la semplicità perduta e accusa un fastidioso mal di testa a causa dell'ambiguo e complicato labirinto di specie, sottospecie, quasi specie in cui lo abbiamo catapultato. Ma non si preoccupi, quel nostro lettore: il mal di testa presto passerà. E alla fine resterà la complessa avventura dalla quale – un po' per caso e un po' per necessità, come direbbe Jacques Monod; ma anche per contingenza, come direbbe Stephen Jay Gould – siamo emersi noi, “quasi specie” che ama definirsi sapiente.

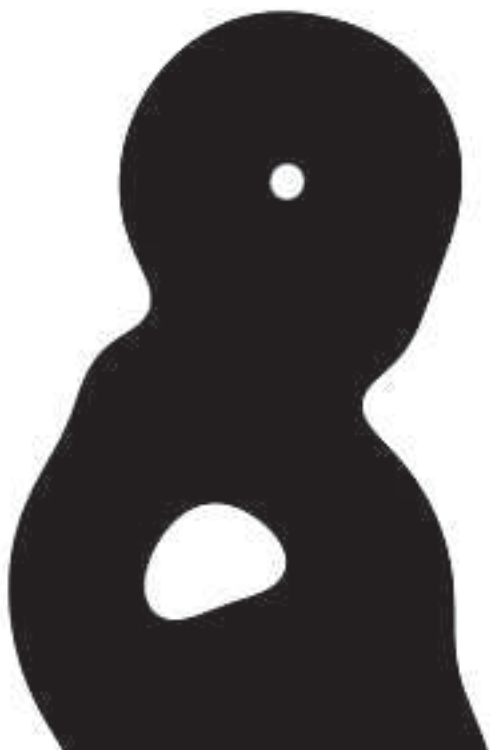


Enrica Galmacci / Tanzania - Lago Natron

Seven billion baby

Tina Simoniello

Mentre in Asia è nato con due mesi di anticipo rispetto alle previsioni il bambino che porterà gli abitanti della Terra a quota 7 miliardi, la popolazione occidentale e in particolare quella europea, invecchia a ritmi vertiginosi, proponendo nuove sfide di ordine, previdenziale, sanitario e perfino urbanistico



UNA NASCITA PREMATURA

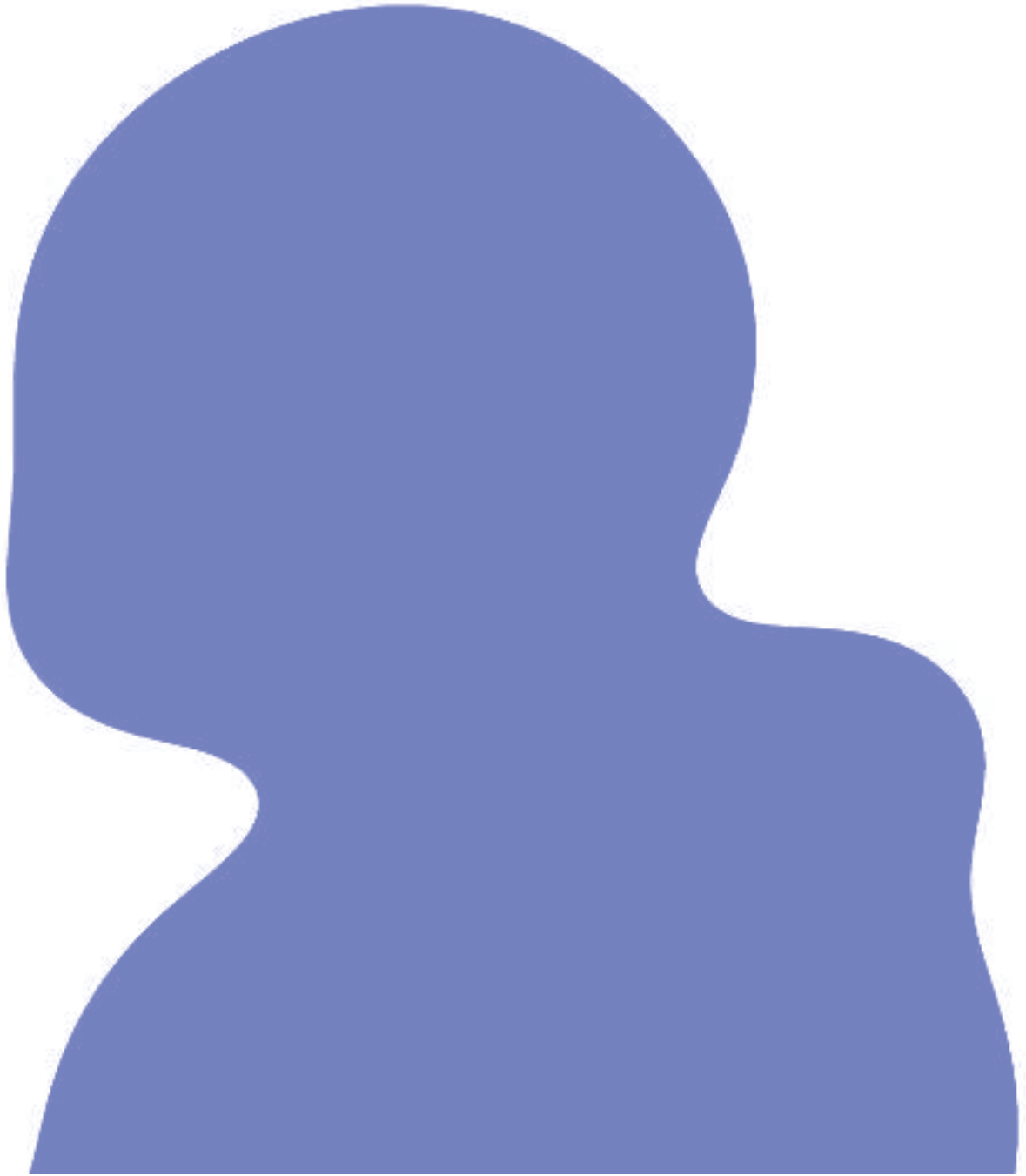
È nato il bambino che ha portato gli abitanti della Terra a quota 7 miliardi. Avrebbe dovuto vedere la luce nel 2012, ma, come aveva previsto il Fondo per la popolazione delle Nazioni unite (Unfpa), il bambino numero 7 è asiatico e ha salutato il mondo a fine ottobre, vale a dire almeno due mesi prima del previsto. Il *baby seven* avrebbe potuto essere africano: è l'Africa infatti ad assicurare la maggior parte della crescita demografica del pianeta col suo tasso di fecondità pari a 4,8 figli per donna (con punte di 7 in Niger), quasi doppio rispetto alla media mondiale di 2,5. Secondo le stime dell'INED, l'istituto francese di demografia che recentemente ha pubblicato il suo rapporto biennale, dall'800 ad oggi la popolazione africana si è moltiplicata 8 volte e, attualmente, ha raggiunto e superato il miliardo di abitanti. Sulla base dei dati raccolti negli ultimi 10 anni e delle previsioni dei demografi, la popolazione africana nel giro di un secolo potrebbe più che quadruplicare, passando dagli 800 milioni del 2000 ai 3,6 miliardi nel 2100. Il che significa che fra una quarantina di anni il 24% della popolazione mondiale, cioè un abitante della Terra su 4, potrebbe essere africano e alla fine del secolo potremmo arrivare a uno su 3.

E l'Asia? Il continente dove oggi risiede il 60% della popolazione nei prossimi cinquant'anni perderà qualche punto, secondo i demografi, anche a causa di un calo della fecondità in Cina, che secondo le proiezioni delle Nazioni Unite si potrebbe verificare a partire dal 2030. Oggi il paese più popoloso è la Cina, con oltre un miliardo e 300 milioni di persone, seguita dall'India, con circa un miliardo e 240 milioni di abitanti. In questa classifica entrambi i paesi sono davanti agli Stati Uniti, che hanno oltre 310 milioni di abitanti. Secondo le previsioni, nel 2050 sarà la Nigeria il terzo paese più popoloso del mondo, con 433 milioni di abitanti; l'India, per allora, potrebbe aver fatto il gran sorpasso, superando per popolosità il

Paese del Dragone. Altre nazioni a crescita rapida saranno l'Etiopia (174 milioni), la Repubblica Democratica del Congo (149), la Tanzania (138) e l'Egitto, che nel 2050 dovrebbe raggiungere quota 123 milioni, a partire dagli attuali 82.

L'EUROPA? TUTTA UN'ALTRA STORIA... DEMOGRAFICA

In Europa siamo 502 milioni e costituiamo il 10,6% dell'attuale popolazione mondiale. Se le proiezioni verranno confermate dalla realtà, nel 2050 rappresenteremo il 7,5% di tutti gli abitanti del pianeta, con una perdita di circa tre punti percentuali. E questo nonostante la media europea di figli per donna, oggi pari a 1,6, sia leggermente risalita negli anni più recenti, grazie a paesi come la Gran Bretagna e, soprattutto, la Francia, dove è stato superato il valore di 2 figli per donna. Siamo all'archiviazione definitiva del *baby boom*? In effetti così sembra, a leggere le tendenze generali. Soprattutto in l'Italia, paese dove le donne hanno 1,3 figli a testa e dove, se tutto dovesse rimanere così come è oggi, nel 2050 dovrebbe avere 62 milioni di cittadini (ora siamo 60,8), scivolando così dall'attuale 23mo al 30mo posto nella classifica delle nazioni popolate. Ma il vero problema non è solo quanti siamo e quanti saremo, ma quanti siamo e quanto saremo vecchi. Dopo la Seconda guerra mondiale, nei paesi sviluppati la popolazione con meno di 15 anni superava di 16 punti il numero degli ultrasessantenni; oggi in alcuni stati europei non solo la situazione si è capovolta, ma siamo quasi al raddoppio: in Germania ha più di 65 anni il 23% della popolazione e meno di 15 anni il 13%; in Italia abbiamo il 20% di anziani e solo il 14% di adolescenti. Il fenomeno dell'invecchiamento demografico è, in definitiva, il risultato di quella che i demografi chiamano "transizione demografica", cioè il passaggio da una popolazione ad alta natalità e alta mortalità ad una a bassa natalità e bassa mortalità. Un fenomeno pressoché



sconosciuto in Africa (dove ancora la speranza di vita è di 56 anni per gli uomini e 59 per le donne e la mortalità infantile è di 74 bambini ogni mille nascite), ma che in Asia è in atto da 40-50 anni e al quale l'Occidente assiste da un paio di secoli. Le ragioni dell'invecchiamento della popolazione occidentale e in particolare in quella europea, vanno cercate in più tendenze simultanee e soprattutto nella riduzione del numero medio di figli per donna e nella speranza di vita. Grazie ai grandi progressi della medicina e della farmacologia (vaccini, antibiotici, etc.), alle migliori condizioni igieniche e socio-economiche, all'istituzione dei sistemi di sanità pubblica, la vita si è allungata sensibilmente nel corso del Novecen-

to, aumentando di ben 8 anni dal 1960 al 2006, e potrebbe crescere di altri 5 anni entro il 2050. I risultati? Il numero di persone in età lavorativa nell'Unione europea a 25 membri diminuirà di 48 milioni tra il 2006 e il 2050, proprio mentre gli attuali 45-65enni, piuttosto numerosi oggi in Europa (grazie al *baby boom*), saranno usciti dal mondo del lavoro, per entrare nella categoria dei "grandi vecchi", vale a dire gli 80-90enni, individui certamente fragili e probabilmente non autosufficienti. Previdenza sociale, alloggi, sanità, lavoro, gestione della non autosufficienza, assistenza, mobilità: le sfide ci sono e non sono poche. Auspichiamo che saremo in grado di dare risposte adeguate.

CRESCIAMO TANTO MA MENO RAPIDAMENTE

Eravamo 2 miliardi nel 1927, 3 nel 1960, 6 nel 1999. In 12 anni abbiamo raggiunto quota 7. Per raggiungere gli 8 miliardi, secondo i demografi, ci vorranno 14 anni; per arrivare a 9 occorrerà aspettare il 2050 e la quota 10 sarà raggiunta solo alla fine di questo secolo, quando la popolazione mondiale dovrebbe iniziare a stabilizzarsi. Sono numeri oggettivamente alti. In realtà però il tasso di crescita della popolazione mondiale nel tempo è rallentato: solo 50 anni fa era del 2%, attualmente è valutato all'1,1% (anche se con picchi del 3,6 in Niger, dello 0,1 nell'Ue a 27 membri). Insomma la tendenza sembra smentire quei demografi del '900 che, partendo dalla crescita della popolazione mondiale misurata nel corso del XX secolo, avevano previsto un incontrollato aumento di esseri umani che in pochi decenni avrebbe portato la popolazione a 15 miliardi, un numero difficilmente sostenibile sul piano delle risorse.

Ma nonostante le più recenti proiezioni demografiche abbiano disinnescato la cosiddetta *P-Bomb* dei 15 miliardi o più, prevista per fine secolo (*P* stava per *population*), 10 miliardi di esseri umani nel 2100 non sono pochi. Ce la farà la Terra a sostenere un tale peso umano in termini di energia e alimenti? Secondo gli studiosi dell'INED sì, a condizione che i nuovi arrivati, dovunque nascano, non adottino lo stile e il tenore di vita del Vecchio Nord del mondo.

FECONDITÀ: L'ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO DELLE DONNE FA LA DIFFERENZA

A partire dalla seconda metà del '900, un'epoca caratterizzata da un notevole progresso economico nei paesi Ocse, la fecondità in Occidente si è abbassata rapidamente, in accordo con la relazione inversa tra livello di sviluppo economico e fertilità. Recentemente però in alcune nazioni occidentali si è assistito a una certa inversione di tendenza: la fertilità ha ricominciato a salire. Uno studio pubblicato lo scorso settembre sul periodico INED *Population & Société* ha puntato i riflettori sulla fecondità dei trenta paesi Ocse nel periodo 1960-2007: i dati mostrano che, a partire da un certo livello di sviluppo economico in poi, la fecondità riprende a salire di pari passo col Pil procapite. Entrando nel dettaglio, i ricercatori hanno visto però che, se nel valore Pil procapite si distingue la produttività del lavoro dalla tipologia del lavoro (tempi e modi di produzione), risulta che a influenzare la fecondità sia piuttosto la seconda variabile. Semplificando: la fecondità rimonta in relazione all'organizzazione del lavoro. È il caso della Francia e dei paesi scandinavi, dove il tasso di attività femminile è alto, anche grazie alle attività intraprese dai governi nazionali: leggi che agevolano le lavoratrici, politiche tariffarie e abitative adeguate alle coppie e alle famiglie, apertura di asili nido, etc. Ma cosa è successo dopo il 2008, a crisi economica proclamata? Difficile dirlo con certezza. Primo, perché i meccanismi che regolano i comportamenti riproduttivi sono complessi, e questo è sempre vero, a prescindere dal periodo storico. Secondo, perché il fenomeno recessivo è a tutt'oggi - purtroppo - *in fieri*. Detto ciò, sembrerebbe tuttavia che la recessione non faccia bene alla fertilità, almeno a quella europea. Secondo uno studio pubblicato nel 2011 su *Population And Development Review*, la crisi globale starebbe provocando un'altra inversione di tendenza: in particolare, mentre prima del 2008 in 26 dei 27 paesi dell'Unione si stava effettivamente verificando una certa rimonta della fertilità, nel 2009 il processo di ripresa si è arrestato: in 13 paesi la fertilità si è ridotta e in 4 si è stabilizzata.

Verso le città *age-friendly*

Giovanna Dall'Ongaro

Le metropoli devono affrontare due fenomeni inevitabili: l'invecchiamento dei cittadini e la progressiva urbanizzazione della popolazione. Sempre più persone vivranno in città e molte saranno ultrasessantenni. Con quali conseguenze?



Gli stessi atteggiamenti che, più di quarant'anni fa, spinsero il geriatra americano Robert Neil Butler a coniare il termine *ageism* non sono ancora scomparsi dalla nostra società. Il termine sintetizzava una nuova forma di discriminazione - quella nei confronti degli anziani - che si aggiungeva ad altre già fortemente contrastate: il razzismo e il sessismo.

Ancora oggi ritroviamo gli stessi elementi intorno ai quali, nel 1968, nacque questo termine: pregiudizi nei confronti delle persone anziane, disparità di trattamento a loro discapito e scelte politiche che perpetuano radicati stereotipi. New York, Barcellona, Tokyo, Roma, Nairobi, Città del Messico e molte altre metropoli nel mondo, finora, si sono preoccupate soprattutto di soddisfare le esigenze di cittadini giovani e in buone condizioni di salute.

Ora la demografia le costringe a cambiare progetto, perché le mette di fronte a due eventi inevitabili: l'invecchiamento della popolazione mondiale e la sua progressiva urbanizzazione. Bastano pochi dati per comprendere la portata dei due fenomeni. A New York, secondo le stime del *Department of City Planning*, nel 2030 la popolazione con più di 65 anni costituirà il 20% del totale, una quota già raggiunta da Barcellona con i suoi 300.000 ultra sessantacinquenni, di cui mille centenari; a Roma, secondo una ricerca del CISR (Centro di Ricerche su Roma) dell'Università La Sapienza, nei prossimi dieci anni il rapporto tra anziani e giovani minori di 15 anni sarà di due a uno. A quantificare l'altra tendenza, ossia lo spostamento della popolazione mondiale verso le città, ci pensa invece il rapporto annuale delle Nazioni Unite *State of the World Population*. Quello del 2008 documentò per la prima volta lo storico e, a quanto pare, irreversibile sorpasso del numero di cittadini rispetto agli abitanti delle campagne. L'ultimo rapporto, diffuso a fine ottobre, afferma che tra 35 anni due persone su tre vivranno in città.

LE CITTÀ AGE-FRIENDLY

È chiaro quindi che “le due principali sfide del nostro secolo” – definite così dall'Organizzazione mondiale della sanità - si giocano all'interno delle città. Era rivolto soprattutto a chi amministra le città, infatti, l'invito a “costruire una società per tutte le età” contenuto nel *Plan for Action on Ageing* promosso a Madrid dalle Nazioni Unite nel 2002. Con quell'invito le Nazioni Unite hanno reso la *age friendly society* (la società a misura di anziano) un obiettivo globale di competenza delle istituzioni sovranazionali. E l'Oms ha dovuto iniziare a impegnarsi per realizzarlo. Così, tra settembre 2006 e aprile 2007 l'Oms ha raccolto le lamentele di 1.500 persone con più di sessant'anni residenti in 33 città del mondo. Dalle megalopoli con più di dieci milioni di abitanti, come Città del Messico, Tokyo, Nuova Delhi, alle grandi capitali come Londra, Madrid, Roma, fino alle città più piccole, come Udine, le richieste sono state grosso modo le stesse: marciapiedi più ampi, panchine comode per sedersi, semafori con avvisi sonori, ascensori e rampe negli edifici pubblici, nei teatri e nei cinema, mezzi di trasporto più accessibili. In questa inchiesta sono state ascoltate voci da tutto il mondo, come quelle dei cittadini di Tripoli, che non si fidano di salire negli ascensori dei luoghi pubblici per le frequenti interruzioni di corrente, quelle dei cittadini di Mosca, preoccupati per la calca nella metropolitana, di Nairobi, spaventati dall'affollamento eccessivo di alcune strade, di Città del Messico e di Rio de Janeiro, che faticano a camminare su marciapiedi dissestati, di Nuova Delhi, che soffrono per la mancanza di zone alberate, di Cancún, che si sentono minacciati dalle automobili, e di Ginevra, che temono le biciclette. Tutte queste osservazioni sono confluite nella *Global Age Friendly Cities Guide*, pubblicata nel 2007, che individuava otto temi su cui le città avrebbero dovuto concentrare i propri sforzi: trasporti, abitazioni, partecipazione sociale, rispetto e coinvolgimento sociale, partecipazione civica e lavoro, comu-

nicazione e informazione, servizi sanitari, spazi pubblici ed edilizia pubblica. Dal 28 al 30 settembre scorso le otto questioni sollevate nella Guida sono state discusse a Dublino in occasione della prima conferenza internazionale sulle città *age-friendly* (*First International Conference on Age-Friendly Cities*). La conferenza si è conclusa con una dichiarazione programmatica, tra le cui righe si legge un'esplicita e condivisa critica ai modelli di città contemporanea e la timida proposta di un'alternativa. A confrontarsi sono le due opposte concezioni di sviluppo delle aree urbane: quella della dispersione e quella della contrazione.

CITTÀ DIFFUSA E CITTÀ COMPATTA

Gli urbanisti americani coniarono negli anni Sessanta il termine *sprawl* (letteralmente "sdraiato") per indicare un fenomeno che negli ultimi decenni ha cambiato i volti di molte città come Los Angeles, Pechino e Città del Messico, deformandoli in larghezza fino a renderli simili tra loro, anche se si trovano agli antipodi del pianeta.

Si tratta di quella crescita orizzontale che "allenta le maglie" della città prolungando la cementificazione in maniera incontrollata nelle zone periferiche, che finiscono per diventare propaggini senza identità della metropoli madre. Le caratteristiche sono le stesse in ogni parte del mondo: bassa densità abitativa, grandi strade attraversate da automobili private e non da mezzi pubblici, giganteschi centri commerciali con gli immancabili fast food. Il trend, avvertono gli esperti delle Nazioni Unite nell'ultimo rapporto *State of the World's Cities 2010-2011*, dopo avere toccato le zone ricche del mondo come il Nord America e alcune zone d'Europa (l'area metropolitana di Barcellona, di Palermo e Venezia), ora interessa soprattutto i Paesi in via di sviluppo.



A Tokio, a Madrid e a Udine gli ultrasessantenni formulano richieste comuni per migliorare le città

La città messicana di Guadalajara tra il 1970 e il 2000 è cresciuta in larghezza a un ritmo quasi doppio rispetto all'aumento della popolazione. Che si tratti di moderne periferie dell'Europa o degli Stati Uniti o delle baraccopoli dell'Africa e dell'America Latina, il rischio che

corre chi vi risiede è sempre lo stesso: l'emarginazione. "In estrema sintesi: lo *sprawl* è sintomo di una città divisa", dice chiaramente il rapporto delle Nazioni Unite. E gli anziani sono le principali vittime dell'isolamento. Innanzitutto perché queste aree suburbane sono caratterizzate -come scrisse lo storico dell'urbanistica Richard Ingersoll nel libro *Sprawltown* - dal dominio incontrastato dell'automobile, visto che un servizio di trasporto pubblico che attraversa aree così vaste è troppo costoso. Del resto anche passeggiare tra vincoli autostradali e anonimi malls (centri commerciali) non è allettante e la scelta più saggia sembra quella di rimanere in casa. Anche se così ci si ammala di più. Un articolo pubblicato nel 2010 su *Public Health Reviews* analizzava 33 studi sull'influenza dei quartieri sulla salute delle persone anziane, concludendo che "strade adatte alle passeggiate, facile accesso ai mezzi pubblici di trasporto, negozi che vendono al dettaglio possono incoraggiare le persone a restare in contatto con la loro comunità e mantenere relazioni sociali. Tutto ciò spinge anche a camminare e a svolgere altre attività fisiche che servono per limitare i danni di alcuni disturbi dell'invecchiamento come l'osteoartrite". A garantire questi benefici non possono essere quei dilatati "non luoghi" intorno alle metropoli. Ma un modello urbanistico opposto. Non la "città diffusa", ma la "città compatta".

RESTRINGERE TOKYO

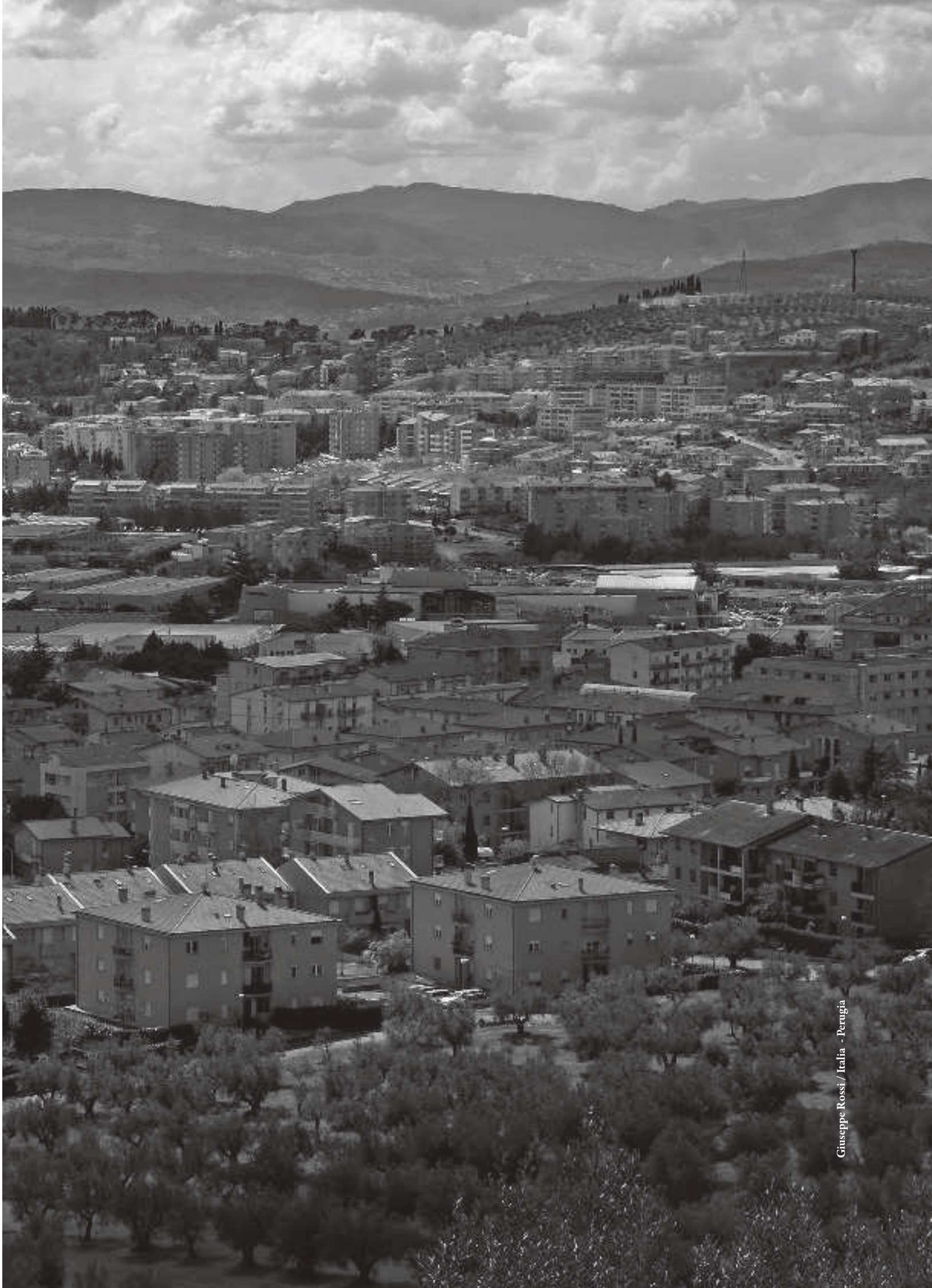
Come trasformare una città diffusa in una città compatta? L'urbanista Hidetoshi Ohno, a capo dell'avanguardistico laboratorio di progettazione dell'Università di Tokyo, ha una soluzione. Per comprenderla, dobbiamo chiedere nuovamente aiuto alla demografia. In Giappo-



**L'emarginazione e l'isolamento
sono le conseguenze sociali
degli attuali modelli di città**

ne, il paese più vecchio del mondo, nel 2030 un abitante su tre avrà più di 65 anni e uno su cinque avrà superato i 75. Le nascite scarseggiano e quindi nel 2050 il Sol Levante si alleggerirà della presenza di ben quaranta milioni di cittadini. È come se l'intera area urbana che

circonda Tokyo, la più estesa del mondo, si svuotasse di tutti i suoi abitanti. Da questo scenario prende spunto il progetto di Ohno. Tokyo, come molte città europee, è entrata nella fase di “contrazione”, è diventata cioè una *shrinking city* (“città che si restringe”, cioè una città con un numero sempre minore di abitanti), a causa all’ invecchiamento della popolazione. Quel gigantesco tappeto sfibrato composto da più di quaranta città e che si stende su 13.000 chilometri quadrati rischia, in un prossimo futuro, di diventare disabitato. Per questo Ohno vuole rinforzare le “fibre” della città madre (il suo progetto per la futura Tokyo si chiama appunto *Fiber City*), in modo che il tessuto non si slabbi e mantenga un aspetto compatto. Ohno immagina che nella *Fiber City* tutti gli edifici, pubblici e privati, si trovino al massimo a 800 metri dalla stazione della metropolitana più vicina. Al di là, dovrebbero esserci solo distese di verde. Le fibre che attraversano il tessuto metropolitano sono le strade piene di negozi, le rotaie della metropolitana, le relazioni sociali che si intrecciano tra vicini di casa. Una parte importante della pianificazione urbanistica giapponese è svolta dalle nuove tecnologie. Non è un caso che un convegno sulle soluzioni hi-tech per l’*ageing society* organizzato lo scorso settembre dal CSAI (*Complex Systems & Artificial Intelligence Research Center*) dell’Università di Milano Bicocca si sia svolto proprio a Tokyo: “Il Giappone è all’avanguardia nella progettazione di soluzioni in questo ambito. Resta da capire come mai il nostro paese che è al secondo posto per invecchiamento della popolazione non senta la necessità di affrontare il problema”, ha detto Stefania Bandini direttrice del CSAI. E ha aggiunto: “In Italia l’unico aspetto analizzato è quello sanitario, mentre le esigenze della popolazione anziana autosufficiente e in buone condizioni di salute restano inascoltate”. Il laboratorio milanese CSAI ha messo a punto una tecnologia basata sulla simulazione della mobilità dei pedoni e delle folle: grazie a modelli computazionali, si può prevedere il comportamento di una moltitudine a partire dal singolo individuo; conoscere come si spostano per la città i gruppi di persone può essere utile per pianificare alcuni eventi come concerti, pellegrinaggi o grandi manifestazioni. Questi modelli, inoltre, possono essere perfezionati, perché permettono di fare simulazioni che tengono conto anche dell’età e delle abitudini culturali dei cittadini coinvolti. “Il comportamento prossemico, ossia il modo in cui il singolo individuo percepisce e interagisce con lo spazio che lo circonda, varia da paese a paese. La distanza che un pedone giapponese mantiene da un altro non è la stessa tenuta da un arabo a La Mecca”, ha spiegato Bandini. In conclusione, ci sono buoni motivi per credere che queste tecnologie permetteranno di rendere le città confortevoli per cittadini sempre più anziani. Ma anche per quelli di altre età. Perché, come ha affermato Michael Bloomberg, sindaco di New York “*an age friendly city is a city friendly for all ages*” (“una città a misura di anziano è una città a misura di tutti”).



L'economia nell'era della terza età

Cristiana Pulcinelli

Cresce l'età media della popolazione in tutto il mondo: quali sono gli svantaggi e le opportunità per le aziende e per gli Stati?

Tra i paesi occidentali, la Germania è uno di quelli con l'età media più alta. Si calcola che, nel 2025 oltre un tedesco su cinque avrà più di 65 anni: una transizione demografica con la quale anche l'industria dovrà fare i conti. La BMW ha già cominciato. L'azienda automobilistica nel 2007 ha lanciato un progetto in uno stabilimento pilota per capire quali modifiche sono necessarie nell'ambiente di lavoro quando gli impiegati sono in là con gli anni. Per fare questo, l'impianto pilota ha impiegato operai con età media uguale a quella che si raggiungerà in Germania nel 2017. I cambiamenti apportati non sono grandi, ma significativi: le piattaforme sulle quali lavorano gli operai sono state fatte in legno invece che in cemento, per ridurre l'impatto sulle articolazioni; sono state inserite sedie negli ambienti di lavoro per permettere agli operai di sedere durante alcuni compiti che normalmente vengono eseguiti in piedi; sono stati dati in dotazione occhiali con lenti d'ingrandimento per i lavori di precisione; sono state aumentate le rotazioni dei turni per evitare l'affaticamento del personale. In tutto la BMW ha apportato circa 70 modifiche, per un costo complessivo di 40.000 euro. In compenso, la produttività è aumentata del 7%, nessun difetto è stato riscontrato nella catena di montaggio e l'assenteismo è diminuito in modo sostanziale. Sono risultati simili a quelli che si ottengono con lavoratori più giovani di 5-10 anni. Il caso della BMW è stato raccontato da un rapporto dell'*Economist Intelligence Unit* (una società di ricerca che fa parte del gruppo dell'*Economist*) sponsorizzato dalla compagnia di assicurazioni Axa. Il titolo del rapporto è significativo: *A silver opportunity?* ("Un'opportunità d'argento?", ma anche "Un'opportunità legata alla longevità?"). Si parla infatti dei rischi e delle opportunità che derivano dal cambiamento demografico a cui stiamo assistendo. Più che di cambiamento, si dovrebbe parlare di una vera e propria "rivoluzione demografica": nel 2000, nel mondo c'erano circa 600 milio-

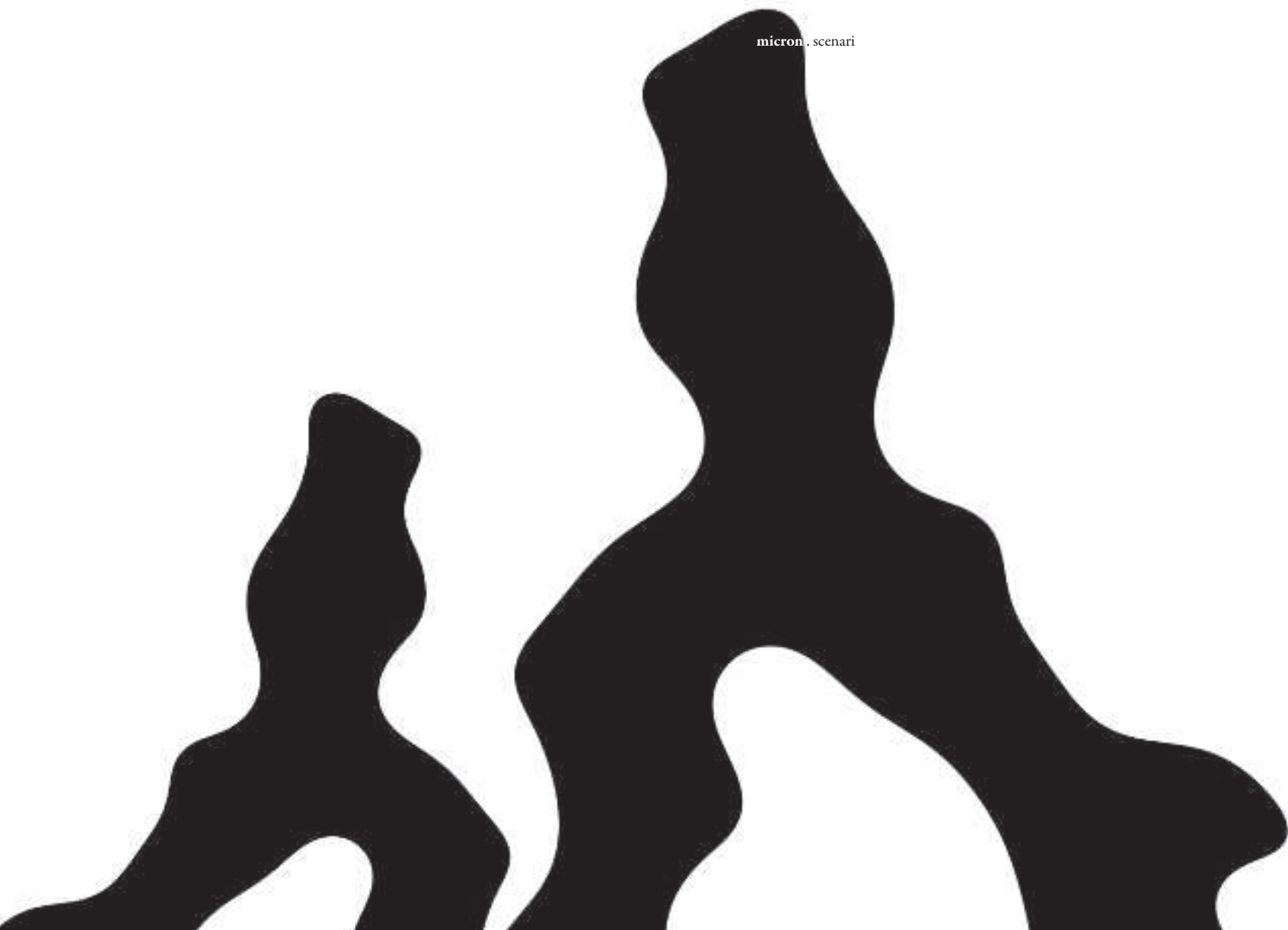
ni di persone con più di 60 anni, nel 2025 ce ne saranno 1,2 miliardi e arriveremo a 2 miliardi nel 2050. Le donne vivono più a lungo degli uomini virtualmente in tutte le società, di conseguenza nella fascia di popolazione molto anziana il rapporto fra donne e uomini è di 2 a 1. L'età media è salita in modo vertiginoso; in Giappone dal 1950 ad oggi è addirittura raddoppiata, raggiungendo i 44,6 anni, e l'Italia è poco al di sotto con un'età media della popolazione di 44,3 anni. Il fenomeno è dovuto a due fattori: da un lato un numero maggiore di persone vivono più a lungo, dall'altro i tassi di fertilità continuano a scendere. Risultato: una società diversa. Come si prepara a tutto ciò il mondo degli affari e del lavoro?

CRESCONO I CONSUMI

I ricercatori dell'*Economist Intelligence Unit* hanno girato questa domanda ai dirigenti di alcune aziende europee, asiatiche e nordamericane. Si tratta di aziende impegnate in settori diversi - servizi finanziari, telecomunicazioni, servizi sanitari, farmaceutica -, ma per tutte il problema principale è capire come comportarsi con una forza lavoro più anziana. L'Italia, paese dei paradossi, pur avendo la più alta incidenza di anziani sulla popolazione è anche una delle nazioni con il più basso tasso di occupazione dei lavoratori anziani, come scrive Enrico Pugliese nel libro *La terza età* (Il Mulino, 2011). Tuttavia, anche noi, prima o poi, dovremo porci il problema. Che, come spesso accade, ha due facce: le imprese devono anche ripensare i prodotti e i servizi da vendere a consumatori più in là con gli anni.

Perciò, se da un lato le aziende dovranno preoccuparsi del perché avranno una forza lavoro meno efficiente e gli Stati dovranno pagare più pensioni e più cure sanitarie, dall'altro lato le stesse aziende avranno un'opportunità in più perché la popolazione sarà più anziana e - secondo il rapporto dell'*Economist Intelligence Unit* - consumerà più di quanto





risparmi. Infatti, se consideriamo il ciclo di vita economico di un individuo, vediamo che il lavoratore più giovane non risparmia molto e, al contrario, è portato a chiedere prestiti. Le persone tra i 35 e i 55 anni, invece, sono nel periodo della vita in cui in genere si guadagna di più, ma si tende a risparmiare di più. Dopo il pensionamento, la bilancia torna a pendere dalla parte dei consumi. Inoltre, gli anziani nei paesi ricchi del mondo sono sicuramente più in salute di quelli dei paesi in via di sviluppo, specialmente quelli che fanno parte della generazione del *baby boom* e che oggi si stanno avvicinando alla pensione. Sono persone in buona salute e con una maggiore disponibilità di soldi e di tempo: l'ideale per chi cerca nuovi consumatori. Infatti, negli ultimi vent'anni i consumi degli europei dai cinquant'anni in su sono cresciuti tre volte più velocemente che nel resto della popolazione, secondo il *National Endowment for Science, Technology and Arts*¹ del Regno Unito.

SALUTE E CURA

La salute è un tema centrale in una società di anziani. Tanto che l'Organizzazione mondiale della sanità ha dedicato una sezione speciale del suo sito a questo argomento. "Invecchiare è un privilegio e una meta della società", è uno dei messaggi proposti dall'Oms. Certo, un privilegio che riguarda soprattutto i paesi ricchi: in Europa, ad esempio, una persona su 5 ha più di 60 anni, mentre questo rapporto scende a 1 su 20 in Africa. Tuttavia, come in altre aree in via di sviluppo, in Africa il processo di invecchiamento della popolazione è più rapido che nei paesi "sviluppati", quindi c'è meno tempo per adottare le necessarie misure a far fronte alle conseguenze, fra cui l'aumento della frequenza di patologie croniche tipicamente legate all'invecchiamento. Infatti, l'invecchiamento della popolazione è tipicamente accompagnato da un aumento del carico delle malattie non trasmissibili, come quelle cardiovascolari, il diabete,

la malattia di Alzheimer e altre patologie neurodegenerative, i tumori, le malattie polmonari croniche ostruttive e i problemi muscoloscheletrici. Questo si ripercuote sul sistema sanitario mondiale: le malattie croniche della popolazione anziana hanno un elevato peso economico perché durano a lungo, peggiorano la qualità della vita e fanno spendere di più per le cure. Si prevede che le spese pubbliche per l'assistenza sanitaria potrebbero aumentare, nel periodo 2000-2050, raggiungendo una cifra pari a 2,3 punti del Pil (al momento sono pari a 0,7 punti). Secondo il rapporto *Stato di salute e prestazioni sanitarie nella popolazione anziana* del Ministero della Salute, oggi in Italia il 37% dei ricoveri ospedalieri ordinari e il 49% delle giornate di degenza e dei relativi costi stimati riguardano la popolazione anziana.

Eppure, c'è un altro vantaggio dell'invecchiamento ancora poco considerato. Come spiegano Chiara Saraceno e Manuela Naldini in *Conciliare famiglia e lavoro* (Il Mulino, 2011): "L'invecchiamento della popolazio-



Con l'aumento dell'età media, le aziende avranno personale meno efficiente e consumatori più inclini agli acquisti

ne non ha portato solo a un aumento dei componenti anziani potenzialmente fragili nella rete familiare. Ha anche portato a un aumento dei potenziali *carer* familiari: mogli e mariti anziani, ma ancora in buona salute, che possono teoricamente prendersi cura in tutto o in parte del coniuge più fragile, nonne e nonni in salute e attivi che possono teoricamente dare una mano ad accudire nipoti (poco numerosi) non ancora autonomi". Le risorse degli anziani sono ancora tutte da scoprire. Certo, dicono le autrici, passare dalla possibilità teorica alla pratica dipende da molte cose. In *primis*, dalle politiche sociali del paese.

Riferimenti bibliografici

¹ NESTA è il Fondo nazionale per la scienza, la tecnologia e le arti, un organismo indipendente che ha la missione di "rendere il Regno Unito più innovativo".

Hanno collaborato a questo numero:

Gianluigi Cardinali
Università degli Studi di Perugia
Facoltà di Agraria

Giovanna Dall'Ongaro
Giornalista Scientifica

Romualdo Gianoli
Giornalista Scientifico

Pietro Greco
Giornalista Scientifico

Stefano Pisani
Giornalista Scientifico

Cristiana Pulcinelli
Giornalista Scientifica

Tina Simoniello
Giornalista Scientifica

Emanuela Traversini
Giornalista

*Le foto che accompagnano questo numero
mostrano la diversità degli insediamenti
dell'uomo sulla terra.*

ה

