

# MICRON

rivista quadrimestrale / numero 8 - Dicembre 2007 / spedizione in abbonamento postale / 70% / DCB Perugia

- Il fallimento scientifico dell'ingegneria genetica
- L'impatto sanitario del particolato atmosferico
- Le conseguenze dei mutamenti climatici sulla salute

**Direzione Generale Arpa Umbria**  
Via Pievaiola - San Sisto - 06132 - Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596235

**Dipartimento Provinciale di Perugia**  
Via Pievaiola San Sisto - 06132 - Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596354

**Dipartimento Provinciale di Terni**  
Via F. Cesi, 24 - 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  
Città di Castello  
tel. 075 8509379 - fax 075 8509379

• **Distretto di Gubbio**  
via Giotto, 3 - Gubbio  
tel. 075 9239319 - fax 075 918259  
loc. Sassuolo - Gualdo Tadino  
tel. 075 918259 - fax 075 918259

Sezione di Perugia - Trasimeno

• **Distretto di Perugia**  
via Pievaiola San Sisto - Perugia  
tel. 075 515961 - fax 075 51596354

• **Distretto del Trasimeno**  
via Firenze, 59 - Castiglione del Lago  
tel. 075 9652049 - fax 075 9652049

Sezione di Todi - Bastia Umbra

• **Distretto di Assisi - Bastia Umbra**  
via De Gasperi, 4 - Bastia Umbra  
tel. 075 8005306 - fax 075 8005306

• **Distretto di Todi - Marsciano**  
via XXV Aprile, 11 - Todi  
tel. 075 8945504 - fax 075 8945504

Sezione di Foligno - Spoleto

• **Distretto di Foligno**  
loc. Portoni, Sant'Eraclio - Foligno  
tel. 0742 677009 - fax 0742 393293

• **Distretto di Spoleto**  
via dei Filosofi, 87 - Spoleto  
tel. 0743 225554 - fax 0743 201217

• **Distretto di Valnerina**  
via dei Filosofi, 87 - Spoleto  
tel. 0743 225554 - fax 0743 201217

#### Sezioni Territoriali del Dipartimento di Terni

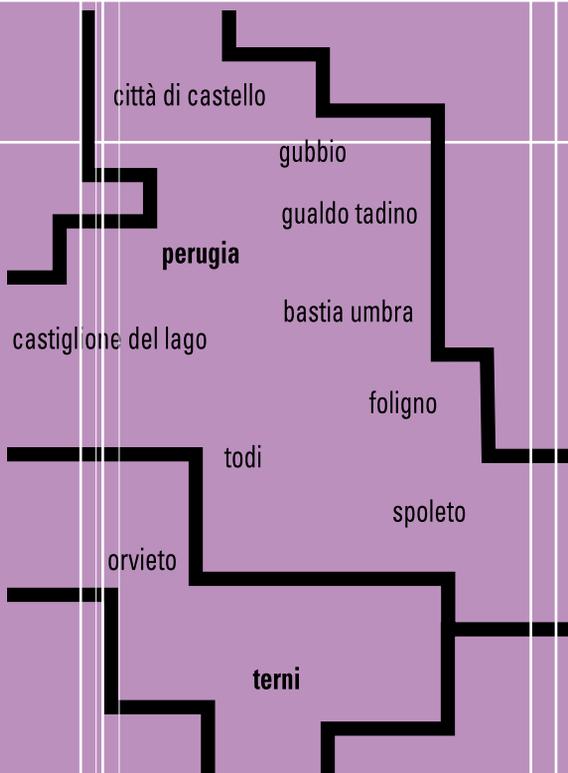
Sezione di Terni

• **Distretto di Terni**  
via Federico Cesi, 24 - Terni  
tel. 0744 4796202 - fax 0744 4796228

Sezione di Orvieto

• **Distretto di Orvieto**  
viale I° maggio 73/b - Orvieto  
tel. 0763 393716 - fax 0763 391989

• **Distretto di Narni - Amelia**  
via Federico Cesi, 24 - Terni  
tel. 0744 4796202 - fax 0744 4796228



**DIREZIONE GENERALE**

**DIPARTIMENTI PROVINCIALI**  
con laboratorio chimico-fisico biologico

**SEZIONI TERRITORIALI**

**DISTRETTI TERRITORIALI**

Arpa Umbria  
controllo, prevenzione, protezione dell'ambiente

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

**Direttore**

Svedo Piccioni

**Direttore responsabile**

Fabio Mariottini

**Comitato di redazione**

Giancarlo Marchetti, Fabio Mariottini,  
Alberto Micheli, Svedo Piccioni,  
Adriano Rossi

**Segreteria di redazione**

Markos Charavgis

**Comitato scientifico**

*Coordinatore*

Giancarlo Marchetti

Raffaele Balli, Giampietro Beretta,  
Corrado Corradini, Salvatore Curcuruto,  
Appio Claudio Di Pinto, Walter Dragoni,  
Osvaldo Gervasi, Giuseppe Giuliano,  
Giorgio Liuti, Guido Morozzi,  
Vito Mastrandea, Mario Mearelli,  
Francesco Pennacchi, Antonio Poletti,  
Sergio Santini, Roberto Sorrentino,  
Adriano Zavatti

**Direzione e redazione**

Via Pievaiola San Sisto 06132 Perugia  
Tel. 075 515961 - Fax 075 51596235  
e-mail: [info@arpa.umbria.it](mailto:info@arpa.umbria.it)

**Design**

Paolo Tramontana

**Foto**

Paolo Tramontana / ICP - Milano

**Stampa**

Grafiche Diemme

*stampato su carta ecologica*

Anno IV - numero 8  
dicembre 2007

© Arpa Umbria 2007

**sommario**

<b>I cambiamenti climatici sono una priorità planetaria che anche il nostro Paese deve affrontare con determinazione</b>	05
Alfonso Pecoraro Scanio <i>Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare</i>	
<b>Le conseguenze dei mutamenti climatici sulla salute</b>	06
Cristiana Pulcinelli	
<b>Inquinamento: una questione di democrazia</b>	08
<i>Intervista Joachim Schellnhuber, direttore del Potsdam Institute per la ricerca sull'impatto ambientale</i> Cristiana Pulcinelli	
<b>L'impegno della Germania sulle politiche di contrasto</b>	08
Cristiana Pulcinelli	
<b>Una crescita insostenibile</b>	09
Fabio Mariottini	
<b>L'ingegneria genetica: un fallimento scientifico</b>	12
<i>Intervista al professor Marcello Buiatti, docente di Genetica all'Università di Firenze</i> Fabio Mariottini	
<b>Impatto sanitario del particolato atmosferico</b>	14
Ivano Iavarone	
<b>Caratterizzazione morfologica e chimica delle polveri sottili in alcune realtà umbre</b>	19
Luca Barcherini, David Cappelletti, Laura Cartechini, Fabio Marmottini, Beatrice Moroni, Francesco Scardazza	
<b>Produzione dell'incertezza: salvaguardia della salute pubblica nell'era della confutazione dell'evidenza scientifica e della difesa del prodotto</b>	24
David Michaels	
<b>Gli studi epidemiologici nei siti di interesse nazionale per le bonifiche</b>	31
Lucia Fazzo	
<b>Il sito di interesse nazionale Terni-Papigno</b>	35
Emanuela Siena	
<b>Le iniziative per un miglior controllo ambientale del territorio</b>	36
Stefania Righi	
<b>Passato e presente della politica energetica in Italia</b>	40
Pietro Innocenzi, Adriano Rossi	



## I cambiamenti climatici sono una priorità planetaria che anche il nostro Paese deve affrontare con determinazione

Alfonso Pecoraro Scanio - *Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*

I dati emersi dalla Prima Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici dello scorso settembre e confermati dall'ultimo Rapporto Ipcc e da vari programmi delle Nazioni Unite, tra cui quello per lo Sviluppo recentemente presentato a Roma, sono la conferma di uno scenario ben definito: l'emergenza climatica è ormai una priorità mondiale che anche il nostro Paese deve affrontare.

I mutamenti climatici, infatti, ci mettono dinnanzi ad una serie di problemi ambientali che riguardano il nostro territorio e che non devono essere sottovalutati, ma affrontati con determinazione, attraverso l'impegno coordinato di tutti i livelli delle istituzioni. Penso, ad esempio, al dissesto idrogeologico ed ai fenomeni meteorologici estremi, che sempre più spesso investono anche l'Italia. Per questa ragione la Conferenza si è occupata anche delle misure di adattamento, che sono indispensabili. In perfetta sintonia con le conclusioni della Conferenza, il Decreto Fiscale collegato alla Finanziaria ed approvato in sede definitiva dal Senato, prevede il finanziamento straordinario di 10 milioni di euro per interventi di adattamento e misure di mitigazione per i territori soggetti ai problemi ambientali legati ai cambiamenti climatici in atto.

Adattarsi, però, non significa rassegnarsi, ma predisporre piani d'azione comuni per affrontare attivamente i problemi derivanti dai cambiamenti climatici. Gli effetti del clima che cambia riguardano molti aspetti della nostra vita quotidiana e vanno contrastati attraverso interventi coordinati e mirati, ma anche sostenibili per l'ambiente. È stato calcolato che il costo degli interventi per la prevenzione potrebbero essere fino a 40 volte inferiori rispetto a quanto servirebbe per riparare i danni derivanti dall'inazione. Il nostro Paese deve investire di più su una forte opera di prevenzione e messa in sicurezza del territorio. Su questo fronte, il Ministero dell'Ambiente ha già finanziato nel 2006 l'apertura di ben 311 cantieri ed ha destinato, a tutt'oggi, circa 240 milioni di euro ai quali si è di recente aggiunto lo sblocco di ulteriori 43 cantieri. Anche nella Finanziaria del 2008 questo impegno viene confermato. Sono previsti, infatti, 400 milioni per il biennio 2008-2009, mentre ulteriori 30 milioni sono destinati ad un sistema di telerilevamento e di monitoraggio per le aree ad alto rischio.

Alle misure di adattamento deve necessariamente corrispondere, però, la fase dell'azione, ossia la riduzione delle emissioni di gas serra che sono alla base del riscaldamento globale. Serve una vera e propria riconversione ecologica della nostra economia che affermi un modello di sviluppo realmente sostenibile. Bisogna promuove-

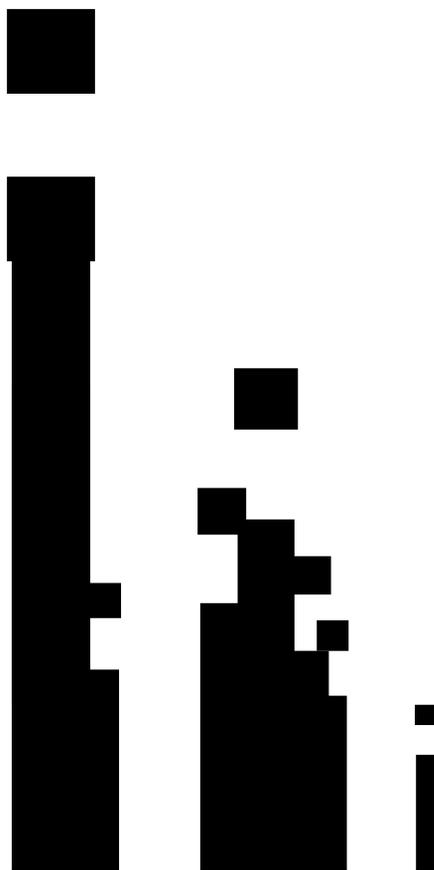
re e potenziare con forza la diffusione delle energie pulite e rinnovabili e le pratiche del risparmio e dell'efficienza energetica, sulla strada già indicata dall'Unione europea. In particolare è il solare che può dare una decisiva svolta nel nostro Paese. Consideriamo ad esempio che in Germania, Paese con un'esposizione sicuramente meno favorevole della nostra, si sono ottenuti e si stanno ottenendo risultati molto incoraggianti. Stiamo cercando di recuperare il tempo perduto nel nostro Paese negli scorsi anni, in cui non ci sono stati investimenti significativi. Finalmente, abbiamo dato una sterzata decisa in questa direzione e l'aver riportato a lavorare in Italia il premio nobel Carlo Rubbia, che aveva dovuto spostarsi in Spagna, ne è la testimonianza. Certo, stiamo recuperando un ritardo enorme, legato al fatto che negli scorsi anni non si è puntato abbastanza sull'energia pulita, mentre gli altri paesi, come la Spagna e gli Usa, correvano, ma il successo del Conto Energia fa ben sperare. Nell'ultimo periodo siamo passati dai 40 Mw di energia fotovoltaica prodotti nel 2005 ai circa 90 del 2007 e il Gestore dei servizi elettrici stima che per la metà del 2008 arriveremo a circa 200. Infine, contiamo di arrivare presto ad un sistema di incentivi che possa far crescere la produzione di energia solare termodinamica, sul modello di quanto fatto in Spagna. Il nostro Paese, infatti, pur essendo pioniere di questa tecnologia è rimasto indietro per i ritardi e la mancanza di investimenti accumulati nel passato. Dobbiamo arrivare a realizzare una centrale termodinamica per ogni regione d'Italia.

I cambiamenti climatici sono diventati una priorità globale che è necessario affrontare senza esitazioni. Il grido d'allarme lanciato dagli scienziati con il rapporto dei circa 2500 scienziati dell'Ipcc (Intergovernmental Panel on Climate Change), premiato tra l'altro con il premio Nobel per la pace, non solo ha spazzato via i dubbi residui e le polemiche sulla effettiva esistenza delle alterazioni climatiche e del nesso che intercorre tra il complesso delle problematiche che gravano sul Pianeta e le attività umane sempre più impattanti, ma ha posto l'opinione pubblica, il mondo economico, quello politico e quello produttivo di fronte ad uno scenario molto più preoccupante di quanto fosse preventivabile sino a pochi anni fa. Per questo non sono più ammissibili posizioni di chi ancora nega i mutamenti climatici per avallare i rallentamenti e le opposizioni al protocollo di Kyoto, mentre già dalla prossima Conferenza delle Nazioni Unite sul clima di Bali bisogna dare una forte sterzata che porti tutti i Paesi ad accettare accordi vincolanti per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

## Le conseguenze dei mutamenti climatici sulla salute

Cristiana Pulcinelli

*L'Organizzazione mondiale della sanità ha stimato che gli effetti dei cambiamenti climatici prodotti dalla metà degli anni Settanta alla fine degli anni Novanta abbiano causato 150.000 morti nel solo 2000*



Tra Castiglione di Cervia e Castiglione di Ravenna durante l'estate appena trascorsa si è verificato un evento strano. Tra le sponde opposte dello stesso fiume romagnolo è scoppiato un focolaio epidemico di Chikungunya: 197 casi sospetti e 166 confermati dall'inizio di luglio 2007 a tutto settembre. La storia non ha avuto grande risonanza, anche perché la malattia (per fortuna) non è grave e gli abitanti dei paesi se la sono cavata per lo più con febbre alta e forti dolori alle ossa. Tuttavia, la storia è interessante perché si può essere letta come una sorta di prova generale di quello che potrebbe accadere su scala più ampia e con altre conseguenze di qui a qualche anno. Perché l'evento è strano? Chikungunya è un virus che viene trasmesso da alcune zanzare, tra cui *Aedes albopictus*, la famigerata zanzara tigre. Fino ad oggi, tuttavia, il virus aveva scatenato epidemie in Asia, in Africa e in alcuni paesi dell'Oceano Indiano. Mai si erano registrati focolai autoctoni in un paese occidentale. Cosa è successo? La ricostruzione fatta dagli epidemiologi fa ritenere che un signore infettato dal virus, giunto dall'India in questo angolo della Romagna, sia stato punto da una zanzara tigre che poi ha punto qualche altra persona iniettandogli il virus.

La prima cosa da sottolineare è che anche la zanzara tigre, come il virus Chikungunya, non è originaria del nostro paese. Importata dall'Asia in Europa probabilmente attraverso il commercio di copertoni usati, la zanzara tigre è arrivata in Italia nel 1990. Ma si è trovata così bene che si è diffusa rapidamente in tutta la penisola. A sua volta, il virus che viene dall'Asia potrebbe trovarsi bene nelle mutate condizioni climatiche del nostro paese e qui rimanere. Non sarebbe la prima volta che avviene. Il West Nile virus (un altro virus trasmesso da zanzare), ad esempio, nel 1999 arrivò dall'Africa a New York colpendo 59 persone. Nel 2002 ne aveva colpite oltre 2000 in quasi tutti gli Stati dell'Unione.

La storia di Chikungunya dimostra come due eventi fondamentali del nostro tempo possono interagire con la nostra salute. Il primo evento è che il clima sta cambiando, il secondo è che il mondo diventa sempre più piccolo grazie alla velocità degli spostamenti. Se la zanzara tigre non si fosse trovata bene nel nostro clima, il virus non avrebbe trovato un animale in grado di trasmet-

terlo all'uomo. Se il signore indiano avesse impiegato due mesi (invece di un giorno) per arrivare dall'India a Castiglione di Cervia, il virus che portava nel suo organismo sarebbe sicuramente giunto morto.

Che il clima stia cambiando è un dato di fatto. L'International Panel on Climate Change (Ipc), nel suo quarto rapporto, uscito a febbraio 2007, stima che finora il pianeta si sia riscaldato di 0,7 gradi centigradi e prevede un rialzo termico a livello mondiale di circa 3 gradi centigradi nel corso del ventunesimo secolo. Questo innalzamento delle temperature avrà un impatto anche sulla nostra salute. Anzi, lo sta già avendo: l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stimato che gli effetti dei cambiamenti climatici prodotti dalla metà degli anni Settanta alla fine degli anni Novanta abbiano causato 150.000 morti nel solo 2000 e quindi, per deduzione, un numero analogo ogni anno. Secondo un rapporto stilato da una commissione del governo britannico, però, questi numeri sono destinati a salire e nel 2030 la mortalità raggiungerà le 300.000 persone l'anno.

Le conseguenze più dirette del cambiamento del clima sulla salute sono quelle dovute agli eventi meteorologici estremi.

Un aumento della temperatura di 2 gradi, ad esempio, farebbe raddoppiare la frequenza delle ondate di caldo torrido nelle zone temperate. E si è calcolato che per ogni grado in più la mortalità dovuta alle ondate di calore aumenta del 3%. Poi ci sono gli effetti sull'apparato respiratorio causati dall'alterazione della concentrazione di pollini e inquinanti atmosferici, come ad esempio l'ozono che si forma più rapidamente con la temperatura elevata. Inoltre, l'intensificarsi di uragani e alluvioni sarebbe sicuramente una fonte di problemi per la salute della popolazione: oltre ai feriti e ai morti che si registrano al momento del disastro naturale, bisognerebbe fare i conti con un aumento delle patologie respiratorie e delle diarree dovute al fatto che i sopravvissuti devono vivere in posti sovraffollati e poco igienici, un aumento delle patologie legate alla mancanza di acqua pulita dovute alla distruzione dei sistemi idrici e delle fognature, uno stato di malnutrizione diffuso, il rilascio di sostanze tossiche da contenitori e discariche che verrebbero spazzati via dalle acque.

# OMS

## EFFETTI DEI MUTAMENTI CLIMATICI SULL'INCIDENZA DELLE MALATTIE INFETTIVE

Meno immediati, ma forse anche più preoccupanti, sarebbero poi gli effetti indiretti dei cambiamenti climatici, ad esempio quelli sulla disponibilità di cibo e di acqua o sull'incidenza delle malattie infettive. In particolare, le malattie per le quali si prevede un aumento dovuto ai cambiamenti climatici sono quelle trasmesse da un animale. In questo caso, perché avvenga il passaggio all'uomo c'è bisogno di quattro elementi: l'agente infettivo, l'animale che lo trasmette (chiamato vettore), l'animale nel quale vive normalmente il microrganismo (chiamato serbatoio) e l'uomo. Sono proprio queste malattie infettive che risentono maggiormente dei cambiamenti climatici. Perché? La risposta sta nel fatto che sia gli agenti infettivi, sia gli animali che fungono da vettori hanno un ambiente ottimale per crescere, sopravvivere, spostarsi e disseminarsi. Le precipitazioni, la temperatura, l'umidità e l'intensità delle radiazioni ultraviolette sono parte dell'ambiente. Ognuno di questi fattori può quindi avere un impatto sull'epidemiologia delle malattie infettive. Per dirla in altri termini, un aumento della temperatura può far replicare il virus più velocemente (mentre quando la temperatura è troppo bassa il virus smette di replicarsi). Ma può anche far aumentare il tasso di replicazione del vettore (ad esempio la zanzara) e il numero di volte in cui punge (se fa molto caldo, la zanzara ha bisogno di più liquidi). Ci sono poi effetti indiretti dei cambiamenti climatici sulle malattie, come la modificazione degli ecosistemi locali. Un esempio di come funzioni questo meccanismo ci è fornito dall'epidemia scoppiata nell'Africa orientale di Rift Valley Fever, una malattia virale. Piogge torrenziali in quella zona dell'Africa hanno favorito la formazione di pozzanghere di acqua nelle depressioni del terreno, questi depositi di acqua piovana si sono rivelati ideali per la deposizione delle uova delle zanzare che portano il virus responsabile della malattia. La popolazione delle zanzare è quindi aumentata e, di conseguenza, anche la trasmissione del virus. I modelli di cosa accadrà alla nostra salute con il cambiamento del clima

sono stati disegnati sulla base degli effetti di El Nino, un fenomeno climatico ciclico. Ebbene, quello che si è prevede è l'estendersi delle aree in cui colpiscono alcune malattie. Ad esempio, la malaria e la dengue. La malaria è uno dei grandi problemi di sanità pubblica del mondo. È causata da 4 specie diverse di un protozoo chiamato plasmodio. Il plasmodio passa da una persona all'altra attraverso la puntura di una zanzara, l'anofele, di cui esistono numerose specie distribuite in aree geografiche diverse. La malattia si presenta con periodi ricorrenti di febbre alta accompagnata da brividi. Ogni anno la malaria causa da 400 a 500 milioni di casi e oltre un milione di morti, per lo più bambini. Dopo un periodo in cui sembrava sotto controllo, la malaria negli ultimi anni è tornata a colpire duramente in varie parti del mondo. Anche in zone dove normalmente non era presente, ad esempio sulle zone montuose dell'Africa. Alcuni scienziati hanno sviluppato dei modelli per predire quale sarà l'effetto dei cambiamenti climatici sulla malaria nei prossimi anni. Molti di questi modelli prevedono una moderata espansione geografica della potenziale trasmissione della malattia nei prossimi trent'anni, con un cambiamento più evidente verso le fine di questo secolo. Uno scenario disegnato sulla base dei dati forniti dal progetto MARA (Mapping Malaria Risk in Africa) e dei modelli di cambiamento climatico prevede che, se la popolazione non cresce di numero, nel 2100 in Africa le persone esposte alla malaria saranno il 16-28% in più rispetto ad oggi. Secondo un'analisi dei costi economici dei cambiamenti climatici commissionata dal governo del Regno Unito, un aumento di 2° C potrebbe esporre dai 40 ai 60 milioni di persone in più alla malaria nel solo continente africano. La dengue, invece, è considerata la più importante delle malattie virali trasmesse da artropodi. I sintomi dell'infezione sono febbre, mal di testa, dolore ai muscoli e alle ossa. In alcuni casi la malattia evolve provocando emorragie. Il tasso di mortalità per la dengue emorragica è del 5%. La malattia è causata da quattro specie di un virus chiamato flavivirus che viene trasmesso da una persona all'altra attraverso la puntura di una zanzara, *Aedes Aegypti*, che si nutre

soprattutto di sangue umano e vive per lo più nelle zone urbane. Il numero delle infezioni è cresciuto enormemente in tutto il mondo negli ultimi anni. Basti pensare che nel 1970 solo 9 paesi avevano sperimentato epidemie di questa malattia, mentre oggi la dengue è endemica (ovvero è costantemente presente) in oltre 100 paesi sparsi tra Africa, America, Mediterraneo orientale, sud-est asiatico e Pacifico occidentale. Alcuni scienziati hanno calcolato cosa accadrebbe nel caso di un riscaldamento del pianeta: tutti i modelli prevedono un sostanziale aumento della popolazione a rischio di ammalarsi di dengue. Secondo uno dei modelli, ad esempio, nelle regioni in cui la malattia è già presente, un aumento della temperatura di un grado farebbe aumentare il rischio di epidemia di una percentuale compresa tra il 31 e il 47%. Un aumento di 2°C farebbe crescere il rischio di epidemie di dengue ad alte latitudini e in montagna e un aumento nella durata della stagione della trasmissione. Naturalmente molte altre malattie possono conoscere un'espansione delle aree in cui colpiscono in seguito ai cambiamenti climatici. Tra le altre, ricordiamo: febbre gialla, encefaliti, malattie trasmesse da zecche, malattie trasmesse da roditori e dall'acqua. C'è da ricordare però che qualcosa si può fare: la trasmissione delle malattie infettive è influenzata dalle condizioni socioeconomiche di una popolazione nonché dallo stato della sanità pubblica di una nazione. Si è visto infatti che la sorveglianza dei casi e il trattamento delle persone infette nelle zone confinanti, il con-

*Le conseguenze più dirette del cambiamento del clima sulla salute sono quelle dovute agli eventi meteorologici estremi*

trollo delle attività di deforestazione e delle acque di superficie, la presenza di programmi di controllo della popolazione delle zanzare potrebbero frenare l'aumento di rischio dovuto ai cambiamenti climatici.

## Inquinamento: una questione di democrazia

*Intervista a Joachim Schellnhuber, direttore del Potsdam Institute per la ricerca sull'impatto ambientale*

Cristiana Pulcinelli

Una testa, un voto. Il principio sancito dalla Rivoluzione francese e che poi è divenuto il cardine di ogni democrazia, oggi si potrebbe tradurre così: una testa, una quota di gas serra. È azzardato pensare che ogni cittadino della Terra abbia lo stesso diritto di inquinare? Per Joachim Schellnhuber non solo non è azzardato, ma è anche l'unico modo per trovare una soluzione al problema dei cambiamenti climatici. Schellnhuber è direttore del Potsdam Institute per la ricerca sull'impatto climatico. Il Potsdam, che si trova in Germania, è uno dei più importanti centri di ricerca del mondo su questi temi e Schellnhuber è stato il consigliere scientifico del governo tedesco per quanto riguarda il clima durante l'ultimo G8. La politica trainante di Angela Merkel sul clima (la Germania ha proposto che l'Europa aumenti i tagli alle emissioni fino ad arrivare al 20% nel 2020) ha le sue basi al Potsdam.

*Professor Schellnhuber, lei ha detto che per trovare un accordo su come fermare i cambiamenti climatici si deve affermare un principio: ogni essere umano ha lo stesso diritto di usare l'energia, ovvero di inquinare. È un principio che trova ampio consenso?*

Niente affatto. Ma se i paesi industrializzati come la Germania, l'Italia o gli Stati Uniti vogliono portare i paesi in via di sviluppo, e in particolare Cina e India, ad affrontare il problema dei cambiamenti climatici, devono offrire loro un patto equo che stabilisca che ogni essere umano è uguale per quanto riguarda l'uso dell'atmosfera. Del resto, perché non dovrebbe essere così? Perché un americano dovrebbe avere più diritto ad inquinare di un indiano? Il principio che propongo di adottare non è socialismo, è democrazia. E io credo che sia l'unico modo per arrivare ad un accordo mondiale.

*Che cosa dovrebbe prevedere questo accordo?*

Nel mondo si emettono 7 tonnellate pro capite di CO<sub>2</sub> ogni anno. Ma questo è un dato medio: in Germania ne emettiamo 10, negli Stati Uniti 20, in India meno di 2. Tutti i paesi però devono arrivare a 2 tonnellate se vogliamo che l'aumento della temperatura rimanga entro i 2 gradi centigradi. Questo vuol dire, per i paesi industrializzati, ridurre le emissioni almeno dell'80%. Intanto, la Germania ha deciso di tagliarle del 40% entro il 2020 e, su questo progetto, ha il pieno appoggio della popolazione.

*Negli ultimi tempi si sente qualche voce mettere in discussione il fatto che a causare i cambiamenti climatici siano gli esseri umani. Il riscaldamento del pianeta non ci sarebbe, se anche c'è, è minimo, e comunque non sono le emissioni di CO<sub>2</sub> a causarlo, ma si tratta invece di una normale fluttuazione climatica. Il suo istituto ha un'opinione diversa al riguardo?*

Noi abbiamo un'opinione completamente differente. Ma posso dire che siamo in linea con il 99% degli scienziati che si occupano di clima nel mondo. Spesso c'è una cattiva interpretazione della realtà: viene dato spazio a una singola voce e non si ascoltano le voci della stragrande maggioranza delle persone. Sa come funziona l'Ipcc, il gruppo che si occupa di cambiamenti climatici per le nazioni unite? Con procedimento lungo e complesso, ogni singola voce viene ascoltata e analizzata e, alla fine, si raggiunge un consenso e si estrae un messaggio diretto a tutti. Il messaggio che è stato estratto e comunicato nell'ultimo rapporto è molto chiaro: il riscaldamento globale è una realtà, è causato dall'uomo e potrebbero sorgere gravi problemi se non si fa niente per fermarlo.

## L'impegno della Germania sulle politiche di contrasto

*Nel rapporto "New impetus for climate policy: making the most of Germany's dual presidency", scritto da Joachim Schellnhuber insieme ad altri scienziati tedeschi prima del G8 che si è svolto a giugno del 2007 ad Heiligendamm, si insiste sul ruolo fondamentale della Germania per dare uno slancio alle politiche europee sul clima e si propongono alcuni "progetti faro" da mettere in atto tra cui:*

- Una rete energetica europea. Questa rete, che avrebbe una capacità di trasporto di 10 GW, porterebbe l'energia ovunque serva in Europa. I vantaggi: in primo luogo si potrebbero evitare le fluttuazioni di potenza che possono derivare, ad esempio, dagli impianti eolici; in secondo luogo si potrebbero ridistribuire al resto d'Europa le scorte di energia, ad esempio quelle che la Norvegia ottiene con le centrali idroelettriche.

- Informazioni sulle emissioni di CO<sub>2</sub> ai consumatori. Per i consumatori non è sempre facile sapere quanti gas serra si emettono nell'aria usando determinati prodotti o servizi. Si dovrebbe quindi fornire queste informazioni scrivendole sulle etichette. E magari mettendole a confronto con quante emissioni al giorno per persona possiamo permetterci per un'economia sostenibile.

- Un meccanismo internazionale di compensazione e adattamento. Servirebbe a creare un fondo adeguato a compensare i danni derivati dai cambiamenti climatici e a finanziare le strategie di adattamento.

- Una società sulla decarbonizzazione da fare con i paesi di recente industrializzazione. Lo scopo di questa società sarebbe quello di far incamminare il sistema energetico e l'efficienza energetica dei partecipanti verso modelli di sostenibilità.

*I partner principali dovrebbero essere la Cina e l'India.*

C.P.

## Una crescita insostenibile

Fabio Mariottini

*Una sempre maggiore sensibilità verso l'ambiente e l'introduzione di nuove tecnologie hanno prodotto una attenuazione dell'impatto sull'ecosistema che però è ancora molto lontano dal raggiungimento della soglia di sostenibilità*

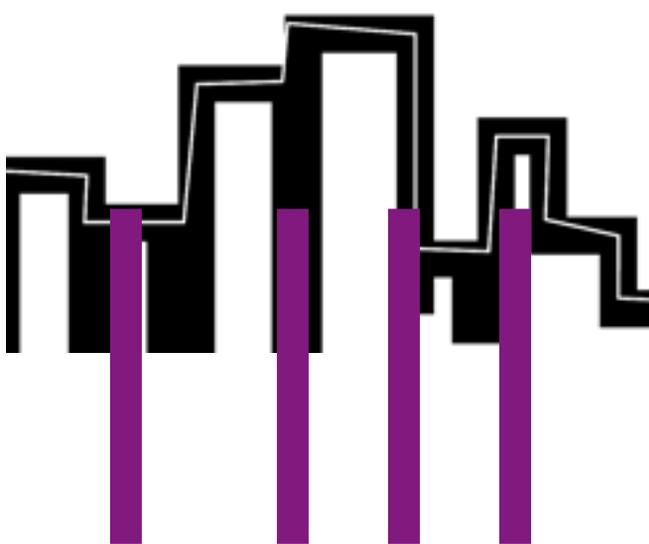
Nel 1972 il Club di Roma commissionava a quattro ricercatori del Massachusetts Institute of Technology (Mit) Dennis e Donella Meadows, Jorgen Randers e William Behrens una ricerca la cui pubblicazione *I limiti dello sviluppo* sarebbe diventata il “manifesto” del movimento ecologista. Il lavoro analizzava alcuni tra i più importanti settori (popolazione, industria, inquinamento, agricoltura, uso delle risorse naturali) che costituiscono il terreno di crescita del pianeta. L'analisi era centrata soprattutto sui “limiti fisici del pianeta, e in particolare sulle risorse esauribili e sulla capacità non infinita della Terra di assorbire le emissioni industriali e agricole”. Lo studio, che utilizzava la simulazione al computer delle dinamiche dell'incremento demografico e dell'economia materiale su scala globale, giunse alla conclusione che questi limiti, se non corretti da scelte adeguate mirate ad alleggerire il carico antropico sull'ecosistema, avrebbero prodotto, nell'arco di cinquant'anni, un arresto della crescita e un “declino incontrollato della popolazione e del benessere umano”. Per la prima volta, quindi, la crescita economica veniva messa in relazione con la capacità fisica di sopportazione del pianeta (*carrying capacity*). Le conclusioni di questo lavoro piacquero poco agli economisti e ai politici sia del nord che del sud del mondo, che molto confidavano sulla possibilità di una crescita illimitata. Le ragioni dello scetticismo “istituzionale”, con il quale in quell'inizio degli anni settanta il libro venne accolto erano molteplici e tutte basate su una apparente solidità strutturale, imperniata su alcune determinanti: rapido sviluppo della scienza e della tecnologia – l'uomo era sbarcato sulla luna appena tre anni prima, fiducia sulle potenzialità del nucleare come fonte energetica inesauribile, fase espansiva dell'economia. Perfino il quadro politico internazionale, che stava chiudendo definitivamente i conti con l'epoca coloniale, prefigurava un futuro in cui l'emancipazione delle popolazioni oppresse sarebbe dovuta necessariamente passare attraverso una prospettiva di crescita economica potenzialmente illimitata.

A tutto ciò bisogna aggiungere che le previsioni dei ricercatori del Mit, improntate su scenari

di lungo termine (la base di riferimento era il XXI secolo), devono essere sembrate ai governanti del tempo sufficientemente futuribili da permettere, nella malaugurata ipotesi che si fossero avverate, alle capacità taumaturgiche della scienza di riuscire a trovare adeguati compensi a qualsiasi vulnus prodotto sull'ecosistema. Inoltre, i risultati delle analisi dei dati elaborati dal modello informatico World3 ponevano il limite della curva di crescita e, quindi, della possibilità di un aumento del tenore di vita e di benessere al 2015. Mezzo secolo dopo la pubblicazione del libro. Un tempo troppo lungo per una società che sulla velocità stava costruendo le basi del proprio futuro. L'insieme di queste condizioni ha così contribuito a confinare la pubblicazione, che pure ha avuto un grande successo editoriale e una ampia diffusione a livello mondiale, nel recinto della coscienza critica, sufficientemente lontana dagli apparati decisionali. Nel 1992 gli stessi ricercatori, in occasione del vertice mondiale di Rio de Janeiro su ambiente e sviluppo pubblicarono una versione aggiornata dello studio dal titolo *Oltre i limiti dello sviluppo*, in cui si confermavano i dati elaborati venti anni prima. La novità, questa volta, era rappresentata dal fatto che in un lasso di tempo molto breve l'uomo aveva superato la capacità di sopportazione della terra. Questa conclusione era supportata da una serie di analisi che esaminavano alcuni parametri ambientali ed economici significativi: il depauperamento delle risorse

*Il superamento dei limiti fisici del pianeta può avere forti ripercussioni sulle condizioni di vita della popolazione*

naturali, l'aumento complessivo delle emissioni di gas serra, i costi dei disastri naturali, la diminuzione della produzione globale di cereali, il calo del Pil in cinquantaquattro paesi tra il 1990 e il 2001. Alle stesse conclusioni era arrivato anche Mathis Wackernagel misurando



il rapporto tra uomo e pianeta attraverso l'impronta ecologica, che è la quantità di territorio necessario per produrre le risorse che si consumano e smaltire i rifiuti prodotti, e addivenendo alla conclusione che il consumo dell'umanità oggi supera del 20 per cento la capacità di carico del pianeta. In seguito, a confermare l'ipotesi che qualcosa non funziona nella relazione tra l'uomo e il pianeta ci sono anche i rapporti di 2500 scienziati che lavorano nel Comitato intergovernativo sul mutamento climatico delle Nazioni Unite (Ippc) che cercano di capire quanto tempo abbiamo a disposizione per operare un'inversione di marcia prima che sia troppo tardi. Queste indicazioni e i segnali d'allarme che ci arrivano quotidianamente sul fronte economico ed ecologico, non sembrano però sufficienti a innescare processi virtuosi a livello planetario. L'incapacità di costruire modelli e percorsi di sviluppo alternativi è così evidente che gli stessi ricercatori del Mit, che hanno sempre avuto della questione ecologica una visione ottimistica nel 2002, con la pubblicazione *I nuovi limiti dello sviluppo*, si dichiarano certi che "l'economia umana stia oltrepassando limiti importanti e che nei decenni a venire la situazione diventerà ancora più grave" facendoci avvicinare rapidamente al limite del collasso. Il petrolio che ha raggiunto i cento euro a barile e si trova ormai nel punto più alto della curva di crescita, la corsa sfrenata ai biocarburanti che sta rapidamente erodendo la superficie di terreno coltivabile a scopo alimentare e distruggendo la biodiversità, l'aumento dei disastri naturali - siccità, inondazioni, cicloni - dovuti ai cambiamenti climatici, sono le spie, ormai sempre accese sul rosso, che il sistema di regolazione del metabolismo del pianeta sta perdendo colpi. Ancora si continua a insistere sul nucleare come panacea di tutti i mali, senza considerare, al di là dei soliti problemi della sicurezza e delle scorie, che le riserve mondiali alle attuali condizioni di sfruttamento, non supererebbero la fine del secolo. Ancora gli economisti sostengono per dirla con Wilfred Beckermann che "per quanto la crescita economica sia abitualmente e in un primo tempo, causa di degrado ambientale, in fin dei conti è, per la maggior parte dei paesi, il modo migliore - probabilmente l'unico - per aver condizioni sociali decenti e arricchirsi". E questo è l'orizzonte verso cui guarda, seppure con diverse strategie, la politica sia da destra che da sinistra, anche se come avverte Peter

Barret direttore del centro di ricerca sull'Antartico dell'università di Victoria, "proseguire con questa dinamica di crescita ci metterà di fronte alla prospettiva di una scomparsa della civiltà così come la conosciamo, non fra milioni di anni o qualche millennio, ma entro la fine di questo secolo". Il fatto che negli ultimi anni nei paesi sviluppati sia cresciuta la sensibilità verso l'ambiente e che l'introduzione di nuove tecnologie di produzione e la crescita di un livello di consumo più consapevole abbiano portato ad un'attenuazione dell'impatto sull'ecosistema, rappresenta sicuramente un elemento positivo, ma non rassicurante, che però è ancora molto distante dal raggiungimento del livello di sostenibilità necessario per ritrovare l'equilibrio ecologico. Una distanza che aumenta se si considera anche l'impatto dello spostamento del baricentro economico-produttivo del pianeta da occidente ad oriente con la riproposizione pedissequa del modello crescita-consumo-crescita come dimensione imprescindibile e totalizzante dello sviluppo umano. È evidente, quindi, che al di là dei tentativi pur encomiabili delle nazioni unite o della commissione europea per mitigare gli effetti devastanti di un sistema economico sempre più globalizzato, è necessario iniziare a discutere nel consesso internazionale non più degli effetti o delle singole cause, ma del contesto generale in cui tali azioni si sviluppano. Tutto ciò significa andare a toccare il sistema economico nei suoi organi vitali rimettendo in discussione il contesto produttivo e l'ipertrofia dei consumi che sembra ormai l'unico elemento regolatore delle relazioni umane.

È un richiamo forte alla politica perché torni ad assumersi le proprie responsabilità per il bene collettivo e allo stesso tempo uno stimolo per la comunità scientifica a superare le barriere di un tecnicismo troppo contiguo ai grandi interessi economici. Scriveva qualche anno fa Herman Daly, per molti anni responsabile del dipartimento ambiente e sviluppo della Banca Mondiale (*Oltre la crescita, l'economia dello sviluppo sostenibile* Edizioni di Comunità, Torino 2001), "Il fatto è che non si può crescere all'infinito: la crescita sostenibile è impossibile, e tutte le politiche che si fondano su questo concetto sono inverosimili se non addirittura pericolose". Un raccomandazione sulla quale sia i vecchi leoni che le nuove tigri dell'economia dovrebbero riflettere.



## L'ingegneria genetica: un fallimento scientifico

Intervista al professor Marcello Buiatti, docente di Genetica all'Università di Firenze

Fabio Mariottini

Oltre tre milioni di firme raccolte in due mesi dalla "Coalizione Italia Europa Liberi da Ogm". Da questa mobilitazione, che ha coinvolto 29 associazioni – dalle Acli allo Slow food - è nata una risposta democratica alle modifiche apportate nello scorso luglio al Regolamento Europeo del biologico che, tra le altre cose, innalzava i limiti di tolleranza degli Ogm. Questo pronunciamento popolare forse non sarà in grado di spingere il governo italiano verso una moratoria a tempo indeterminato, come auspicano i promotori, ma ha avuto sicuramente il merito di accendere i riflettori sul problema delle colture transgeniche. Sulla portata di questa iniziativa e sulle problematiche connesse agli Ogm abbiamo rivolto qualche domanda al professor Marcello Buiatti, docente di Genetica all'Università di Firenze.

*Perché le risoluzioni della Commissione europea sembrano trovare molte resistenze da parte dei governi nazionali?*

Le nuove disposizioni europee introducono il principio della coesistenza, ovvero la possibilità di coltivare in uno stesso territorio sia piante geneticamente modificate che piante non geneticamente modificate. Rispetto a queste indicazioni registriamo, in effetti, una forte resistenza da parte di numerose regioni europee: sono quarantatré i governi regionali che fino ad ora hanno aderito alla rete Ogm – free, affiancando un movimento in crescita esponenziale che si batte per l'affermazione di un'agricoltura di qualità e la libertà di scelta degli agricoltori. Posizioni, queste, di cui credo l'Europa debba tener conto.

*Per quali ragioni non è possibile la coesistenza fra Ogm e non Ogm?*

La coesistenza è difficile e ancor meno possibile nella forma in cui ci viene prospettata, ovvero lasciando la possibilità di non indicare nelle etichette dei prodotti, contenuti di Ogm pari o inferiori allo 0,9%. Nove piante su mille non sono poche e soprattutto, queste nove piante geneticamente modificate non rassicurano né il consumatore, né l'agricoltore. Eppure, secondo i nuovi metodi molecolari di indagine, si può riuscire a individuare percentuali di "impurità" dallo 0,01 allo 0,1 per cento. C'è poi il problema della prossimità delle coltivazioni Ogm free rispetto a quelle geneticamente modificate, in particolare per quanto riguarda il passaggio di polline e il trasporto dei semi. Per il mais e la colza, ad esempio, le stime di dispersione variano,

in relazione all'ambiente, da due-trecento metri ad oltre un chilometro. Un chilometro di margine di sicurezza è però pensabile per aziende di cinquemila ettari – come ci sono in Brasile o in Usa –, ma non per il nostro paese, senza poi calcolare i costi che dovrebbero essere affrontati per la raccolta e il trasporto dei semi.

*Le disposizioni europee però ora obbligano alla coesistenza*

Ogni paese deve elaborare le proprie norme di coesistenza. In Italia esiste una Commissione sulla Coesistenza – di cui tra l'altro sono membro – i cui lavori si sono però fermati in seguito all'opposizione della Regione Marche alla normativa europea, richiamandosi al il titolo quinto della costituzione, che attribuisce alle Regioni piena autonomia anche in materia di agricoltura. L'obiettivo primario perseguito dall'iniziativa di raccolta delle firme, che ha visto, come protagoniste trentadue associazioni, è proprio quello di restituire ai vari Stati l'autonomia per ciò che riguarda questioni così delicate.

*I fautori dell'uso di Ogm sostengono che siamo di fronte a una presa di posizione ideologica, poiché questo tipo di interventi fa parte dell'evoluzione umana e presenta margini di sicurezza sempre maggiori. Cosa c'è di vero?*

Il lavoro di miglioramento genetico e di selezione che finora è stato fatto ha riguardato l'incrocio tra individui della stessa specie, come ad esempio un uomo e una donna. Tutti gli individui di una stessa specie hanno però gli stessi geni, seppure in varianti diverse. Noi, ad esempio, abbiamo un gene per il colore degli occhi che può essere variante, ma che fa comunque parte degli stessi geni che nell'arco di milioni di anni si sono armonicamente evoluti. L'incrocio fra due individui della stessa specie porta a un cambiamento delle varianti, non dei geni. La base fondante dell'ingegneria genetica, invece, riguarda la sostituzione di un gene intero che non si è evoluto insieme agli altri e che può generare scompiglio nell'organismo recettore. Una differenza, questa, che segna come l'ingegneria genetica sia probabilmente l'unica grande tecnologia innovativa ad aver fino ad oggi fallito, nonostante 20 anni di esperimenti, enormi investimenti e migliaia di ricercatori impiegati. Con tutti questi sforzi profusi sono stati finora modificati solo due caratteri: la resistenza agli insetti e la resistenza ai diserbanti, e soltanto in 4 piante, mais, soia, cotone e colza.

*Quali problemi possono derivare dall'uso delle tecniche di ingegneria genetica?*

Gli esperimenti che sono stati effettuati su numerose specie di piante, non si sono occupati della dinamica di funzionamento dei geni, ma, semplicemente, dell'immissione del gene, pensando che questo inserimento non provocasse alterazioni sul comportamento dell'organismo recettore. Voglio a questo riguardo portare un esempio concreto accaduto nel nostro laboratorio con l'immissione di un gene di ratto per il recettore dei glucocorticoidi (un gene che ha a che fare con il sistema ormonale del ratto), in una pianta di tabacco dove teoricamente non avrebbe dovuto interagire, perchè la pianta ha un sistema ormonale diverso da quello del ratto. Questo gene, invece, ha cambiato completamente la vita della pianta che è diventata sterile, e ha subito modifiche morfologiche. È solo un esempio di quello che è successo in tantissimi esperimenti di cui però i laboratori non danno conto. Noi avevamo fatto questo esperimento pensando che non ci fossero interazioni e invece abbiamo scoperto che queste piante hanno anche un sistema ormonale che finora non era noto.

*Esistono rischi per l'uomo o per l'ambiente?*

È impossibile stabilirlo perchè il rischio non è mai riferito ad una tecnica, ma ai singoli prodotti. E i prodotti ora in commercio non risultano essere pericolosi per la salute. Un pericolo, che però non viene mai nominato, deriva dal fatto che le piante resistenti ai diserbanti permettono di fare trattamenti fino al raccolto, con il rischio che il diserbante sia presente anche nel cibo. Questo però non è un rischio legato all'Ogm, ma dipende solo dal tipo di scelta dell'agricoltore. Un altro pericolo potrebbe provenire dalle piante che producono farmaci, perchè se allevate all'aperto, potrebbero portare il nostro organismo a ingerire farmaci di cui non ha bisogno. Il

problema non esiste per le colture in serra, quindi anche in questo caso la nocività dipende dalle scelte che vengono effettuate a monte. Per ciò che riguarda l'ambiente, a parte, appunto, i problemi derivanti dall'utilizzo massiccio di diserbanti, i rischi possono derivare dalla diffusione dei geni a piante spontanee, che incrociandosi con quelle coltivate, modificano gli equilibri dell'ecosistema. Altri rischi possono esserci per l'ambiente microbico che si trova sotto la superficie del suolo, che poi è quello che contiene la maggior parte della massa vivente della terra. Molti studi ormai dimostrano che gli ecosistemi microbici vengono modificati dalle piante transgeniche.

*Uno dei punti di forza dei sostenitori dell'uso degli Ogm è rappresentato dalla possibilità di risolvere il problema della fame nel mondo*

Questa teoria non è supportata da alcuna evidenza. Il mais, ad esempio, viene usato come fonte fondamentale di carboidrati quasi esclusivamente dagli americani. Per la soia il quantitativo destinato all'uso alimentare è ancora minore. Il cotone, notoriamente, ha altri usi e il colza si adopera per l'olio. In Brasile la soia geneticamente modificata viene coltivata a causa delle pressioni esercitate dagli Usa, perchè i brasiliani non la mangiano e la esportano nel nord del mondo per fare benzina o come mangime per gli animali. Il problema è che dove si coltiva soia non esiste più una agricoltura locale. Ciò significa che la biodiversità dell'agricoltura brasiliana si sta perdendo e insieme ad essa si perde il linguaggio e la cultura. Si perde lavoro e i contadini vanno ad inurbarsi nelle favelas. Si perde quindi quell'agricoltura di sussistenza che nei paesi in via di sviluppo è alla base della sopravvivenza. Ma questo dipende molto dal fatto che finora si è lavorato, senza capire bene come funzionano alcuni meccanismi dell'ingegneria genetica che,

invece, potrebbe dare buoni risultati nell'accelerazione del miglioramento genetico normale, spostando nella stessa specie una caratteristica buona da una pianta cattiva a una pianta altamente produttiva.

*Però con gli Ogm si aumenta la produzione*

Non è vero, perchè se si entra nel sito del Ministero dell'Agricoltura americana e si guarda la produzione unitaria della soia e del mais negli ultimi 25 anni, si può vedere che da quando si usano prodotti Ogm la produzione è stabile o addirittura diminuita. Nel mais la produzione unitaria è andata sempre aumentando, ma ciò è semplicemente dovuto al miglioramento delle tecniche colturali, perchè la curva di crescita è costante. Ciò che è certo è che le poche varietà modificate si possono coltivare soltanto usando grandi quantitativi di fertilizzanti chimici. La realtà oggi è che gli Ogm sono diventati la punta di diamante per l'imposizione di una agricoltura esclusivamente quantitativa e basata sulla monocoltura, mentre il sud del mondo deve trovare un proprio modello di sviluppo nella conservazione e valorizzazione delle diversità.

*Cosa può significare per il nostro paese questa spinta all'omologazione?*

In Italia porterebbe ad una perdita delle nostre peculiarità, frutto di un lungo percorso biologico e culturale, e del valore aggiunto dato dalla qualità. E il nostro paese può competere nel mercato globale solo attraverso l'eccellenza. Questa è la ragione di fondo per cui molte Regioni europee sono contrarie agli Ogm. Il fronte della battaglia contro questi Ogm così come ci vengono prospettati anche dall'Europa, quindi, si deve attestare sulla difesa e il rilancio delle nostre agricolture, e non a caso uso il plurale, che sono ricche e diverse.

## Impatto sanitario del particolato atmosferico

Ivano Iavarone

*La crescente disponibilità di dati sulla concentrazione di contaminanti dell'aria ha consentito la realizzazione di numerose valutazioni di impatto sanitario. Questi studi hanno mostrato che l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico è di entità ragguardevole*

L'evidenza scientifica relativa agli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana si è arricchita notevolmente negli ultimi anni. Questo soprattutto grazie alla grande disponibilità di studi epidemiologici che hanno documentato un ampio spettro di esiti sanitari, acuti e cronici, che vanno dai sintomi respiratori alla morbosità e mortalità per cause cardiologiche, respiratorie e tumorali<sup>1,2</sup>. Inoltre, questi esiti sanitari sono osservati a livelli di concentrazione di inquinanti ai quali sono generalmente esposte popolazioni urbane in ogni parte del mondo, sia nei paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. La crescente disponibilità di dati sulla concentrazione di contaminanti dell'aria, oltre che di statistiche sanitarie raccolte su base routinaria, ha consentito la realizzazione di numerose valutazioni di impatto sanitario<sup>3,4-7</sup>. Questi studi hanno sistematicamente mostrato che l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico è di entità ragguardevole. Tali stime non sono, d'altra parte, sorprendenti, viste le caratteristiche di ampia diffusione dell'inquinamento atmosferico e le dimensioni delle popolazioni esposte.

Nel contempo, i risultati di studi clinici e tossicologici hanno fornito informazioni rilevanti su alcuni possibili meccanismi d'azione attraverso cui gli inquinanti espletano i loro effetti sulla salute umana, rafforzando la plausibilità biologica delle associazioni osservate in ambito epidemiologico. D'altra parte, i processi fisio-patologici alla base degli effetti dell'esposizione a contaminanti atmosferici sono stati solo parzialmente chiariti. Tra i principali aspetti che concorrono alla carenza di tali conoscenze contribuisce il fatto che l'inquinamento atmosferico è un fenomeno molto complesso, che coinvolge numerose sorgenti di emissione e molteplici composti chimici di interesse tossicologico, i cui livelli ambientali sono spesso altamente correlati. Il fenomeno dell'esposizione a miscele complesse rappresenta il principale problema da affrontare nella conduzione di studi in ambiente urbano, proprio per la difficoltà di tener conto adeguatamente dell'esposizione simultanea a numerosi fattori di rischio e delle loro inte-

razioni nell'indurre effetti sulla salute. La problematica verso cui è attualmente orientata la comunità scientifica internazionale è dunque la necessità di individuare quali siano le componenti dell'inquinamento atmosferico più rilevanti da un punto di vista tossicologico-sanitario e di comprendere i meccanismi fisio-patologici alla base del percorso esposizione-effetto. La maggior parte degli studi epidemiologici sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico usano il PM<sub>10</sub> e il PM<sub>2,5</sub> (sebbene quest'ultimo in minor grado) come indicatori di esposizione, in quanto rappresentano le frazioni granulometriche per le quali si hanno a disposizione serie temporali di dati ambientali. Considerata la correlazione molto alta tra PM<sub>10</sub> e altri inquinanti atmosferici (ad esempio, NO<sub>2</sub>, CO), incluse le polveri più fini, il PM<sub>10</sub> è considerato un buon indicatore del complesso insieme di particelle e polvere che risultano dalla combustione di carburanti per veicoli e dalla produzione di energia. Le conseguenze sulla salute del PM<sub>10</sub> riflettono, perciò, possibili effetti dovuti ad altri inquinanti correlati o ai loro effetti interattivi. Da questo punto di vista, le valutazioni effettuate utilizzando il PM<sub>10</sub> sono conservative, cioè sotto-stimano l'impatto totale, ed evitano il doppio conteggio di eventi dovuti a un inquinante che possono essere erroneamente attribuiti a un altro inquinante ad esso correlato. Inoltre, il PM<sub>10</sub> è tuttora l'inquinante più frequentemente associato a una lunga serie di esiti sanitari, che vanno dai sintomi respiratori alla mortalità cronica. Questi effetti interessano i bambini, gli adulti e un gran numero di gruppi di persone più vulnerabili che comprendono, ad esempio, soggetti già colpiti da problemi respiratori e cardiovascolari. Gli studi epidemiologici mostrano che per molti esiti sanitari il rischio cresce all'aumentare dell'esposizione al PM<sub>10</sub>; d'altra parte le evidenze disponibili sembrano suggerire l'assenza di un valore soglia al di sotto del quale si possano escludere conseguenze sulla salute<sup>1,2</sup>. Infatti, sono stati osservati effetti anche a circa 6 µg/m<sup>3</sup>, cioè a livelli prossimi al valore di fondo naturale in assenza di emissioni generate da attività antropiche.



## IL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Le polveri sospese (PM), per la loro origine e per loro caratteristiche chimico-fisiche, rappresentano, dunque, un buon indicatore dell'inquinamento dell'aria di origine antropogenica, derivante soprattutto dalla combustione di carburanti veicolari. Non è ancora chiaro, però, quale siano le componenti delle polveri maggiormente responsabili degli effetti sanitari studiati. Varie ipotesi attribuiscono un ruolo chiave al numero di particelle, fortemente correlato alle loro dimensioni e superficie, sebbene un ugualmente importante contributo sia riconosciuto anche al tipo di sostanze veicolate dalle polveri stesse all'interno dell'organismo. Le polveri sono un inquinante costituito da una miscela complessa di sostanze organiche e inorganiche allo stato solido o liquido di composizione molto variabile. Le particelle sono capaci di adsorbire sulla loro superficie diverse sostanze con proprietà tossiche, quali solfati, nitrati, metalli e composti organici volatili. Da un punto di vista dimensionale, il PM si suddivide in varie frazioni: il particolato grossolano di dimensioni superiori ai 10  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m}$  = 1 millesimo di mm), il  $\text{PM}_{10}$  - particelle inferiori a 10  $\mu\text{m}$ , il  $\text{PM}_{10-2.5}$  - *corse* - (diametro tra 2.5 e 10  $\mu\text{m}$ ), il  $\text{PM}_{2.5}$  - particolato fine (diametro inferiore a 2,5  $\mu\text{m}$ ) e le polveri ultrafini (UFP, diametro inferiore ad 0.1  $\mu\text{m}$ ). Le dimensioni delle particelle determinano, inoltre, il tempo di permanenza in atmosfera. La sedimentazione e le precipitazioni rimuovono, ad esempio, il  $\text{PM}_{10}$  dall'aria entro poche ore dalla loro emissione, mentre il  $\text{PM}_{2.5}$  può rimanere sospeso per giorni o settimane, ed essere trasportato - in particolare la frazione UFP - per lunghe distanze.

In base al meccanismo di formazione, le particelle si distinguono in primarie e secondarie. Le particelle primarie vengono direttamente immesse nell'atmosfera mediante processi naturali (vulcanismo, erosione etc) e antropogenici. Questi ultimi includono la combustione di motori autoveicolari (sia diesel che a benzina), la combustione di combustibili solidi (carbone, lignite, biomassa) di uso domestico, le attività industriali edili e minerarie

e le attività nelle cave, le erosioni del manto stradale causate dal traffico e le polveri provenienti dall'abrasione di freni e pneumatici. Le particelle secondarie derivano invece da reazioni chimiche di inquinanti gassosi e sono il prodotto della trasformazione atmosferica del biossido di azoto, principalmente emesso dal traffico e da alcuni processi industriali, e del biossido di zolfo, che risulta dalla combustione di carburanti contenenti zolfo. Le particelle secondarie si trovano principalmente nella frazione del  $\text{PM}_{2.5}$ . Occorre puntualizzare che anche la nocività delle polveri è in generale associata alle loro dimensioni, in quanto dalla granulometria dipende la capacità del PM di penetrare nell'apparato respiratorio. La frazione  $\text{PM}_{10-2.5}$  penetra nelle vie respiratorie e raggiunge i polmoni e i bronchi primari e secondari, mentre il PM fine si spinge nei bronchi terminali fino agli alveoli ove avvengono gli scambi gassosi aria-sangue. La frazione UFP è quella che riesce a penetrare più profondamente nell'apparato respiratorio fino a raggiungere il circolo sanguigno<sup>8</sup>. In particolare, le UFP solide e poco solubili non vengono rimosse efficientemente attraverso meccanismi mucociliari o mediati da macrofagi, aumentando così la probabilità di una loro traslocazione verso siti extrapulmonari quali interstizi, linfa e circolazione sanguigna<sup>9</sup>. È stato proposto che l'aerosol "maturo", che è dominato molto probabilmente da una combinazione di particelle parzialmente solubili, può avere effetti più locali nel polmone, mentre le particelle ultrafini relativamente insolubili con un'elevata area di superficie possono interagire direttamente e sistematicamente con le funzioni vascolari<sup>10</sup>. Va infine ricordato che tanto più le particelle sono piccole, maggiore è la loro superficie

totale e quindi maggiore il carico potenziale di agenti tossici che esse possono adsorbire e veicolare nel tratto respiratorio. A titolo esemplificativo, nella tabella 1 viene illustrato il rapporto tra dimensioni, numero e superfi-

*La maggior parte degli studi epidemiologici sugli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico usano, come indicatori di esposizione, il  $\text{PM}_{10}$  e il  $\text{PM}_{2.5}$*

cie delle particelle a parità di concentrazione di massa del PM atmosferico. Dalla tabella si evince che a una concentrazione di particelle pari a 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un millilitro di aria contiene 1.2 particelle di 2  $\mu\text{m}$  di diametro e ben 2.400.000 particelle di 0.02  $\mu\text{m}$ ; la corrispondente superficie totale particellare in un ml di aria passerebbe quindi da 24  $\mu\text{m}^2$  nel primo caso a 3016  $\mu\text{m}^2$  nel secondo<sup>11</sup>.

## IMPATTO SANITARIO DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO IN ITALIA

Gli studi di valutazione di impatto sanitario dell'inquinamento dell'aria utilizzano l'evidenza scientifica esistente per stimare il numero di casi (o la proporzione di mortalità e morbosità) che potrebbero essere prevenuti se le concentrazioni ambientali medie di un inquinante fossero ridotte a determinati livelli obiettivo (livello di riferimento). Studi di valutazione di impatto sulla salute dell'inquinamento dell'aria condotti in modo specifico in Italia sono stati pubblicati dal gruppo

Tabella 1 - Rapporto tra concentrazione di massa, dimensioni, numero e superficie delle particelle

Concentrazione nell'aria ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Diametro particella ( $\mu\text{m}$ )	Particelle in 1 ml di aria (numero)	Superficie totale delle particelle ( $\mu\text{m}^2$ ) in 1 ml
10	2	1,2	24
10	0,5	153	120
10	0,02	2.400.000	3016

Adattato da Donaldson et al.<sup>11</sup>

di lavoro MISA<sup>5</sup> - Metanalisi Italiana degli Studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento Atmosferico, in 15 città italiane nel periodo 1996-2002, e dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (Oms)<sup>7</sup>. Quest'ultima nel 2002 ha pubblicato uno studio di valutazione d'impatto sanitario usando il PM<sub>10</sub> come inquinante di riferimento nelle otto maggiori città italiane.

In questo contributo viene sinteticamente descritto un recente aggiornamento<sup>12</sup> del precedente rapporto Oms<sup>7</sup>, relativamente alle stime d'impatto sanitario del PM<sub>10</sub>. La nuova indagine riguarda 13 città italiane con popolazione superiore ai 200.000 abitanti, per le quali i dati sulle concentrazioni ambientali del PM<sub>10</sub> erano sistematicamente disponibili (Torino, Genova, Milano, Trieste, Padova, Venezia-Mestre, Verona, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Catania, Palermo). Le stime di associazione (coefficienti di rischio) e gli aspetti metodologici utilizzati nel rapporto sono basate sulla letteratura scientifica pubblicata fino al novembre 2005.

Questo nuovo studio ha utilizzato, in particolare, i dati sanitari ricavati dalle fonti statistiche nazionali e da letteratura internazionale consolidata; ha stimato l'esposizione delle popolazioni urbane al PM<sub>10</sub>, basandosi su dati provenienti da centraline urbane di traffico e di fondo per il triennio 2002-2004; ha considerato 25 effetti sanitari, includendo cause di morte specifiche sia acute che croniche, e diverse cause di morbosità; ha descritto l'impatto sanitario del PM<sub>10</sub>, in termini di numero di decessi e di altri eventi sanitari che avrebbero potuto essere prevenuti, considerando quattro diversi scenari alternativi: la riduzione della concentrazione media del PM<sub>10</sub> a 20 µg/m<sup>3</sup>, 30 µg/m<sup>3</sup> e 40 µg/m<sup>3</sup> o del 10% in ogni città. Lo studio di impatto sanitario si riferisce, dunque, alla proporzione di mortalità o di malattie osservate attribuibile al PM<sub>10</sub>. Ciò equivale all'ammontare di mortalità e malattie che si riuscirebbe a prevenire se il PM<sub>10</sub> fosse ridotto a determinati livelli ambientali. In questo contributo, a titolo esemplificativo, si riportano i risultati ottenuti con i due livelli di riferimento più estremi:

- 20 µg/m<sup>3</sup>, lo scenario di rispetto dei limiti dell'Unione Europea da raggiungere entro il 2010;
- una riduzione proporzionale del 10% delle concentrazioni medie del PM<sub>10</sub> in ogni città, corrispondente ad un livello di inquinamento facilmente raggiungibile tramite una strategia di abbattimento delle emissioni.

Nel periodo 2002-2004, le concentrazioni annue medie del PM<sub>10</sub> andavano dai 26.3 µg/m<sup>3</sup> di Trieste ai 61.1 µg/m<sup>3</sup> registrati a Verona, con una media per le 13 città, pesata per popolazione, pari a 45.3 µg/m<sup>3</sup>. Le concentrazioni misurate nelle città italiane sono risultate più elevate delle concentrazioni medie europee. Per quanto riguarda gli effetti a lungo termine sulla mortalità, i risultati (tabella 2) hanno mostrato che 8220 decessi l'anno, in media, erano attribuibili a concentrazioni di PM<sub>10</sub> superiori ai 20 µg/m<sup>3</sup>. Tale valore equivale al 9% della mortalità per tutte le cause- esclusi gli incidenti- nella popolazione oltre i 30 anni. L'impatto a lungo termine sulla mortalità ha riguardato in dettaglio il tumore polmonare (742 casi l'anno), l'infarto (2562 casi) e l'ictus (329 casi). Considerando gli effetti a breve termine (entro una settimana dall'esposizione), l'impatto del PM<sub>10</sub> superio-

re ai 20 µg/m<sup>3</sup> è di 1372 decessi, equivalenti all'1.5% della mortalità nell'intera popolazione. Un elevato numero di casi attribuibili a PM<sub>10</sub> è stato stimato anche per altri esiti sanitari, tra cui la morbosità in bambini e adulti e i ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie (tabella 2). Nelle città italiane queste stime di impatto sono in linea con quelle ottenute da analoghi studi effettuati in Europa e in America. È importante sottolineare che anche una riduzione proporzionale del 10% nelle concentrazioni medie annuali del PM<sub>10</sub> in ogni città consentirebbe di evitare un quantitativo non trascurabile di effetti sanitari. La riduzione di pochi µg/m<sup>3</sup> nei livelli medi urbani di PM<sub>10</sub> farebbe evitare più di 1500 decessi nell'impatto a lungo termine e consentirebbe di risparmiare i costi relativi a circa 11000 casi di bronchite acuta nei bambini.

L'impatto sanitario del PM è un rilevante problema di salute pubblica, visto che l'elevato carico di patologie concerne sia adulti che bambini, e include morti premature, malattie croniche e acute, come cancro, bronchiti, asma e sintomi respiratori. La rilevanza dell'impatto sanitario comporta, inoltre, un peso

Tabella 2 - Sintesi dei risultati: decessi e casi di morbosità attribuibili a livelli di PM<sub>10</sub> superiori ai 20 µg/m<sup>3</sup> e ad una concentrazione ridotta del 10% in ogni città (modificato da Martuzzi et al.<sup>12</sup>)

Evento sanitario	PM <sub>10</sub> ridotto a 20 µg/m <sup>3</sup>		PM <sub>10</sub> ridotto al 10%	
	Numero Casi attribuibili	Proporzione attribuibile	Numero Casi attribuibili	Proporzione attribuibile
<b>CAUSE DI MORBOSITÀ - TUTTE LE ETÀ</b>				
Ricoveri per malattie cardiache	809	0,7	149	0,1
Ricoveri per malattie respiratorie	990	1,4	183	0,3
<b>BAMBINI FINO A 15 ANNI</b>				
Bronchite acuta	38342	31,7	11002	9,1
Asma, 6-7 e 13-14 anni*	1259	-	228	-
<b>ADULTI, 15+ ANNI</b>				
Bronchite cronica, ≥27anni	4321	1,7	771	0,3
Asma*	814756	-	145588	-
<b>CAUSE DI MORTE - EFFETTI CRONICI**</b>				
Tutte le cause (esclusi incidenti)	8220	9,0	1610	1,8
Tumore trachea, bronchi e polmoni	742	11,6	149	2,3
Infarto	2562	19,8	586	4,5
Ictus	329	3,3	61	0,6
<b>CAUSE DI MORTE - EFFETTI ACUTI***</b>				
Tutte le cause (esclusi incidenti)	1372	1,5	258	0,3
Malattie cardiovascolari	843	2,1	154	0,4
Malattie respiratorie	186	3,1	34	0,6

\* I casi attribuibili sono espressi in termini di giorni con uso di broncodilatatori; \*\* Adulti oltre i 30 anni, rischi basati su stime del PM<sub>2,5</sub>; \*\*\* tutte le età.

importante sulla società sia in termini di perdita di anni di vita, dovuti a una significativa riduzione nella speranza di vita, sia rispetto alla perdita di produttività economica, a causa di malattie lievi o severe, sia, infine, per i costi del sistema sanitario in termini di migliaia di ricoveri ospedalieri<sup>12</sup>. Il PM<sub>10</sub> è considerato una buona misura della complessa miscela di inquinanti solidi e gassosi creati dalla combustione di carburanti per veicoli e dalla produzione di energia, e la maggior parte dei dati di monitoraggio ambientale sono ancora basati sulle misure del PM<sub>10</sub>. Ad ogni modo, è auspicabile poter disporre di misure sistematiche dei livelli di particelle più piccole, perché gli effetti sulla salute delle particelle fini (PM<sub>2.5</sub>) sono ben noti. Recentemente sono stati pubblicati, i risultati del programma *Clean Air For Europe* (CAFE) che mostrano che all'Italia, in relazione alle emissioni di PM<sub>2.5</sub> del 2000<sup>13</sup>, possa essere attribuibile una perdita media di 8.6 mesi/uomo nell'attesa di vita. Le stime di impatto evidenziano, inoltre, che la corretta attuazione fino al 2020 delle politiche comunitarie sulla riduzione delle polveri sospese consentirebbe di risparmiare in Italia circa 12000 morti premature. Negli ultimi anni, il PM<sub>2.5</sub> viene misurato in maniera routinaria in diversi paesi europei e nordamericani. Analoghe considerazioni valgono per la frazione UFP del PM, verso la quale è oggi indirizzata l'attenzione della comunità scientifica internazionale, sebbene si disponga di dati ambientali spesso inadeguati.

In generale, le stime dell'impatto sanitario forniscono una rappresentazione incompleta del carico di patologie derivante dall'inquinamento dell'aria: vari esiti sanitari di potenziale interesse, soprattutto quelli di lieve entità, non sono generalmente inclusi negli studi di impatto in quanto non si dispone di una stima affidabile del rischio ad essi associato. La dimensione dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico stimato per le 13 città italiane evidenzia l'urgenza di azioni rivolte alla riduzione del carico di patologie. A tal riguardo, il rispetto dei limiti sul PM<sub>10</sub> introdotti con la Direttiva 1999/30/EC<sup>14</sup> darebbe luogo a sostanziali guadagni

in termini di patologie ed effetti evitati. Nel 2005, ad esempio, in molte delle principali città italiane è stato raggiunto il massimo di 35 giorni con superamento di 50 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>. Inoltre, solo alcune città erano riuscite a rispettare il vincolo della media annuale di 40 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>, mentre in nessuna città si è registrata la media di 20 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>, limite da raggiungere entro il 2010.

### INTERVENTI

Dal punto di vista delle politiche sanitarie-ambientali, le informazioni sulle fonti di emissione possono essere impiegate per identificare le più efficaci aree di intervento. I dati del rapporto Oms, ad esempio, suggeriscono che guadagni sostanziali possono essere ottenuti attraverso l'adozione di politiche che mirino alla riduzione di due fattori: il trasporto urbano e la produzione di energia. Le emissioni di PM<sub>10</sub> provenienti da queste sorgenti rappresentano infatti il maggior apporto alle emissioni primarie nelle aree urbane italiane. Poiché le evidenze attualmente disponibili mostrano che l'associazione tra inquinamento dell'aria e i suoi effetti avversi sulla salute è di tipo lineare e priva di soglia, gli effetti dell'inquinamento atmosferico diminuirebbero proporzionalmente al diminuire della concentrazione media, per tutti gli esiti sanitari considerati. Questa considerazione implica che interventi diversi che producano stesse riduzioni del valore medio annuale nei livelli ambientali di PM sarebbero in grado di determinare benefici sanitari simili. Dati empirici mostrano, ad esempio, che interventi di abbattimento delle concentrazioni di picco riducono anche le concentrazioni medie<sup>15</sup>. Politiche che mirino a limitare il trasporto motorizzato privato, incentivando il trasporto pubblico, consentirebbero di ridurre le emissioni delle maggiori fonti urbane, soprattutto quelle prodotte dai veicoli a motore. In questo tipo di strategia, un'attenzione particolare dovrebbe essere rivolta al contributo dei motorini, in particolare quelli con motori a due tempi. Nell'ambito dell'obiettivo generale di riduzione delle emis-

sioni, dovrebbe essere dedicata particolare attenzione a un approccio che tenga conto di specifiche situazioni locali. Le concentrazioni del PM<sub>10</sub> osservate nello studio Oms sono, ad esempio, più elevate nelle città settentrionali (50 µg/m<sup>3</sup>), rispetto a quelle dell'Italia centrale (43 µg/m<sup>3</sup>) e meridionale (35 µg/m<sup>3</sup>). Queste variazioni, oltre che a fattori climatici, sono verosimilmente attribuibili a differenze nel sistema dei trasporti, nelle attività industriali e nelle emissioni derivante dai sistemi di riscaldamento. Un rapporto del 2005 a cura dell'Apat<sup>16</sup> ha mostrato che il PM<sub>10</sub> proveniente da trasporto su strada rappresenta la fonte di emissione principale del PM primario nelle aree metropolitane italiane (tra il 40% e il 60% del totale), con l'eccezione di Venezia-Mestre, Trieste e Genova, dove le attività industriali sono responsabili della maggior parte delle emissioni (66%-81%). Le città della Pianura Padana, ad esempio, presentano elevate concentrazioni di PM<sub>10</sub> (59 µg/m<sup>3</sup>, media per il periodo 2002-2004), associate al traffico urbano e a intense attività industriali, ma anche a condizioni climatiche che limitano la dispersione dell'inquinamento. In queste circostanze le azioni intraprese localmente per ridurre le emissioni dei veicoli

*L'impatto sanitario delle polveri sottili è un rilevante problema di salute pubblica, visto che l'elevato carico di patologie concerne sia adulti che bambini*

a motore in un singolo comune, probabilmente portano a modesti risultati, se non sono associate a iniziative politiche a livello regionale, riguardanti la gestione complessiva del problema. Un altro importante effetto di politiche restrittive sul traffico veicolare privato è il contenimento indiretto di una serie di altri fattori: incidenti stradali, esposizione a rumore ed effetti psicosociali. Per quanto concerne gli incidenti stradali, è interessan-

te notare che essi hanno dato luogo a un numero di decessi tra i residenti delle 13 città italiane nel 2001 che è dello stesso ordine di grandezza della mortalità a breve termine attribuibile al PM<sub>10</sub>.

#### Riferimenti bibliografici

(per maggiori dettagli si rimanda a Martuzzi et al.<sup>12</sup>)

<sup>1</sup> EPA. Review of the national ambient air quality standards for particulate matter: policy assessment of scientific and technical information. OAQPS Staff Paper U.S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina, 2005.

<sup>2</sup> World Health Organization-Regional Office for Europe. *WHO air quality guidelines: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2005 global update*. HYPERLINK "<http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf>" <http://www.euro.who.int/Document/E90038.pdf>

<sup>3</sup> Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. *Quantification of the effects of air pollution on health in the United Kingdom*. London: The Stationery Office, 1998.

<sup>4</sup> Künzli N et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet*, 2000, 356 (9232):795-801.

<sup>5</sup> Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002. *Epidemiologia e Prevenzione*, 2004, 28 (s4-5):1-102.

<sup>6</sup> Katsouyanni K et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, 2001, 12 (5):521-531.

<sup>7</sup> Martuzzi M et al. *Health Impact Assessment of air pollution in the eight major Italian cities*. World Health Organization - European Centre for Environment and Health, Copenhagen, 2002.

<sup>8</sup> Nemmar A, Hoet PH, et al. Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation*. 2002; 105:411- 414.

<sup>9</sup> Elder A, Oberdorster G. Translocation and effects of ultrafine particles outside of the lung. *Clin Occup Environ Med*. 2006;5(4):785-96.

<sup>10</sup> Peters A. Commentary: inflamed about ultrafine particles? *Int J Epidemiol*. 2006 Oct;35(5):1355-6.

<sup>11</sup> Donaldson K, Stone V, Clouter A, Renwick L, MacNee W. Ultrafine particles. *Occup Environ Med* 2001;58:211-216.

<sup>12</sup> Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M. *Health impact of PM<sub>10</sub> and ozone in 13 Italian cities*. World Health Organization - Regional Office for Europe, Copenhagen, 2006.

<sup>13</sup> CAFE, 2005. Clean Air For Europe. Baseline scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) Programme. Consultabile presso: HYPERLINK "[http://ec.europa.eu/environment/air/cale/general/pdf/cale\\_lot1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/cale/general/pdf/cale_lot1.pdf)" [http://ec.europa.eu/environment/air/cale/general/pdf/cale\\_lot1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/cale/general/pdf/cale_lot1.pdf)

<sup>14</sup> Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air, 1999.

<sup>15</sup> Cirillo M. Piani e programmi: obiettivi, scenari, interventi e risorse finanziarie. La valutazione e gestione della qualità dell'aria alla luce del nuovo quadro normativo, Bologna, 2003.

<sup>16</sup> APAT. *Qualità dell'ambiente urbano. II rapporto APAT*. Edizione 2005. Roma: APAT, 2005.

## Caratterizzazione morfologica e chimica delle polveri sottili in alcune realtà umbre

Luca Barcherini, David Cappelletti, Laura Cartechini, Fabio Marmottini, Beatrice Moroni, Francesco Scardazza

*Lo studio effettuato dall'Università degli Studi di Perugia, il Cnr ed Arpa Umbria ha tra gli obiettivi il miglioramento delle conoscenze sugli effetti del particolato atmosferico sulla salute umana*

Per contribuire alla comprensione degli effetti del particolato atmosferico sulla salute umana e, nel contempo, al raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria fissati dalle direttive europee, è utile procedere ad una completa caratterizzazione della materia particolata a livello sia morfologico che composizionale, allo scopo di associare alle diverse classi dimensionali la relativa composizione chimica<sup>1</sup>. Questa caratterizzazione è possibile oggi accoppiando metodologie di campionamento delle polveri con l'uso di tecniche di analisi chimica (ICP-AES, IC, UV-VIS, GC-MS, XRF) e di analisi morfologica (SEM-EDX, TEM) ben consolidate e accessibili nei laboratori di ricerca<sup>2</sup>. L'estrema variabilità delle caratteristiche delle particelle, in funzione delle condizioni geografiche, climatiche e stagionali, impone un'attenta pianificazione e realizzazione della campagna di campionamento delle polveri al fine di ottenere risultati significativi. È utile sfruttare, ad esempio, la divisione in zone presente nel Piano Regionale di Risanamento e Mantenimento della Qualità dell'Aria sulle quali insiste una sorgente di emissione prevalente (traffico, emissioni industriali per alcuni tipi di industrie, cave, ecc.), per ottenere profili rappresentativi di composizione e morfologia del particolato atmosferico emesso da tali sorgenti.

Altrettanto significativo è ottenere informazioni complementari sui valori di fondo naturale presenti in siti incontaminati. Campionamenti in alta quota, invece, forniscono la componente di trasporto da regioni limitrofe o remote. In questo articolo sono riportati i risultati di uno studio chimico-morfologico integrato delle frazioni dimensionali del particolato atmosferico campionato nelle città di Terni e Perugia nel periodo maggio 2006 - aprile 2007. Il progetto di ricerca descritto nasce dalla collaborazione fra vari enti pubblici e di ricerca, quali l'Università degli Studi di Perugia, il Cnr ed Arpa Umbria, e si inquadra in una più ampia politica regionale di monitoraggio ambientale e della qualità dell'aria. Il procedimento di analisi è stato applicato a campioni di PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> di diversa provenienza e i dati ottenuti sono stati elaborati nell'ottica di un'analisi della

distribuzione spaziale, temporale, di emissione prevalente, di correlazione con i parametri meteorologici e con altri inquinanti. Tale caratterizzazione è avvenuta in parallelo alle analisi chimico-fisiche previste dalle vigenti norme di qualità dell'aria (D.M. 60/2002), eseguite giornalmente dai laboratori di Arpa Umbria. Questo allo scopo di confrontare, per ciascun campione, le tecniche d'indagine usate in questo studio con quelle stabilite per legge e realizzate quotidianamente dall'Agenzia per l'ambiente.

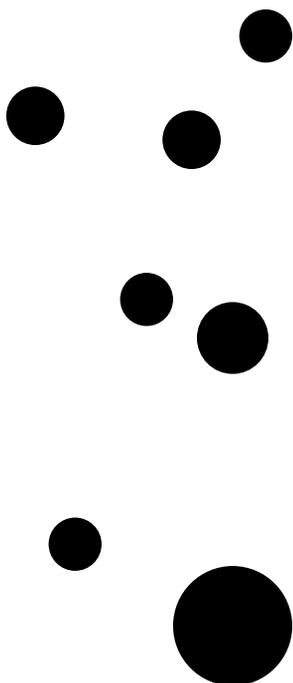
Questo lavoro di ricerca è essenzialmente finalizzato all'ottimizzazione delle tecniche analitiche e delle strategie di campionamento, e costituisce la base di partenza per un progetto più ambizioso e impegnativo da realizzarsi nel prossimo biennio, con lo scopo di operare una caratterizzazione ancora più esaustiva delle polveri atmosferiche nella nostra regione. In particolare, si prevede l'uso di una strumentazione dedicata al progetto sufficientemente innovativa, da consentire una campagna di campionamenti e analisi chimico-morfologiche ampie e dettagliate. I risultati ottenuti fungeranno da base e da guida per lo sviluppo di adeguati modelli di calcolo, che potranno permettere di inquadrare tutti gli scenari d'inquinamento e di delineare le possibili strategie di risanamento.

### CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO

La presente campagna di campionamento è stata eseguita da Arpa Umbria, che ha eseguito anche la determinazione gravimetrica su tutti i campioni, e ha riguardato tre postazioni urbane:

*TRA*: postazione urbana (sito di fondo urbano) ubicata in una zona residenziale della città rispetto al centro cittadino, presso un terrazzo al quarto piano dell'edificio dove ha sede il dipartimento di Terni dell'Agenzia di protezione ambientale;

*PGB*: postazione urbana (sito orientato al traffico) ubicata a Piazza del Bacio a Perugia, vicino alla stazione Fontivegge, a una distanza di circa 10 metri da una strada caratterizzata da traffico medio-alto, ma quasi sempre scorrevole;



*PGC*: postazione ubicata nella zona di Parco Cortonese a Perugia (sito di fondo urbano). Sia la stazione di raccolta *TRA* che quella *PGB* hanno fornito filtri con classi dimensionali distinte ( $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$ ) campionati in parallelo tramite una coppia di impattatori inerziali a singolo stadio. La postazione *PGC*, dotata di un unico campionatore, ha fornito invece la sola frazione  $PM_{10}$ . Nella maggior parte dei casi e in ottemperanza alle normative vigenti (D.M. 60/2002), il campionamento è stato eseguito su filtri in teflon (PTFE). I prelievi sono stati effettuati da maggio

*La differenza nella composizione delle polveri campionate a Perugia e a Terni delinea diversi contesti emissivi*

2006 ad aprile 2007. Per avere la massima rappresentatività temporale dei campioni, ed evitare false correlazioni dovute a periodi e condizioni di campionamento analoghe, sono stati selezionati, per le analisi, un numero di filtri inferiore al totale di quelli campionati, preferendo i casi con concentrazioni vicine alla media del periodo, di giorni della settimana diversi e, possibilmente, anche di giorni con diverse condizioni meteorologiche.

#### METODOLOGIE ANALITICHE

Una analisi preliminare di tipo non invasivo, per caratterizzare la composizione qualitativa delle polveri, è stata condotta sulla totalità dei filtri campionati nel periodo giugno 2006 - dicembre 2006 nelle postazioni *TRA* e *PGB* mediante spettroscopia a fluorescenza indotta da raggi-X (XRF). Questa analisi ha consentito di verificare la sostanziale omogeneità delle polveri depositate sui filtri, condizione necessaria per le successive operazioni, individuando gli elementi più abbondanti (nello specifico S, Fe, Ca, Cr, Mn e Zn). Una frazione rappresentativa di filtri è stata quindi sottoposta alle diverse determinazioni

analitiche. Tali filtri sono stati suddivisi in quattro parti in modo da poter confrontare e/o integrare le informazioni ottenute con diverse tecniche analitiche. Il restante numero di filtri è stato destinato in maniera specifica alle singole tecniche per aumentare la sensibilità al dato analitico. Per la caratterizzazione della frazione ionica solubile (nitrati, solfati, ioni metallici solubili) sono state sperimentate varie metodologie di estrazione e tecniche di cromatografia ionica (IC) e spettrofotometria UV-VIS. Una frazione residua di soluzione, insieme al filtro, è stata quindi digerita in forno a microonde e poi analizzata per caratterizzare la componente metallica mediante spettroscopia ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento induttivo (ICP-AES). È stata così caratterizzata l'abbondanza nelle polveri di elementi cristallini e metalli pesanti, fra i quali: Na, K, Ca, Mg, Ba, Fe, Ni, Cd, Zn, Cr, Ir, Mn, e Ti. In seguito il numero dei metalli analizzati è stato ridotto a quelli ritenuti più significativi. Per l'osservazione e l'analisi in microscopia elettronica a scansione, il particolato è stato estratto dal filtro in PTFE e depositato su di un filtro in PC. Il procedimento di estrazione è reso necessario dalla impossibilità a trattare le singole particelle direttamente sul filtro in teflon a motivo della struttura fibrosa tridimensionale del filtro e dell'eccessivo addensamento del particolato su di esso a seguito dei tempi di raccolta. La scelta del filtro in polycarbonato quale supporto per l'osservazione e l'analisi in microscopia elettronica è legata al fatto che, a differenza del teflon, il polycarbonato mostra una superficie liscia e uniforme sulla quale le particelle risaltano in maniera eccellente. Per essere rappresentativo il frammento deve avere un'area sufficiente a garantire una buona raccolta del campione stesso, evitando nel contempo un eccessivo addensamento delle particelle sul nuovo supporto da utilizzare. L'efficacia del trattamento di estrazione è stata verificata sottoponendo il filtro in teflon ad analisi diffrattometrica e poi all'osservazione al SEM per evidenziare l'eventuale presenza di particolato residuo. Dopo la fase di estrazione il particolato è stato recuperato,

depositato sulla membrana in polycarbonato per essere destinato, previa metallizzazione mediante grafite, all'osservazione e all'analisi in microscopia elettronica a scansione (SEM-EDX). Le osservazioni e le analisi sono state eseguite presso il Centro Universitario di Microscopia Elettronica di Perugia.

#### ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DELLE POLVERI IN ATMOSFERA

L'andamento delle concentrazioni delle polveri nelle due realtà urbane di Terni e Perugia è piuttosto differente (Tab. 1). In particolare, il valore medio nel 2006 del  $PM_{10}$  risulta chiaramente più alto a *TRA* ( $40 \pm 2 \mu\text{m}^{-3}$ ) rispetto a *PGB* ( $27 \pm 3 \mu\text{m}^{-3}$ ). Il dato di *TRA* risulta, inoltre, leggermente superiore anche al valore medio registrato nel 2006 nelle altre stazioni di misura di Terni, e cioè Verga e Carrara ( $37.5 \pm 3 \mu\text{m}^{-3}$ ). Entrambi i valori di *TRA* e *PGB* risultano invece sensibilmente superiori al dato riscontrato nel sito di fondo urbano *PGC* ( $20 \pm 2 \mu\text{m}^{-3}$ ) valido per il mese di ottobre 2006. Il trend stagionale dei valori di  $PM_{10}$  risulta diverso nelle due città con valori sostanzialmente costanti a *PGB* e fortemente accentuati in inverno a *TRA*. L'andamento delle polveri sottili ( $PM_{2.5}$ ) risulta invece abbastanza simile a *TRA* e *PGB* sia nei valori medi riscontrati nell'intero periodo di misura (media annua di  $18.4 \pm 2 \mu\text{m}^{-3}$  a *PGB* contro  $19.6 \pm 3 \mu\text{m}^{-3}$  a *TRA*), sia negli andamenti stagionali caratterizzati da massimi che, seppure di entità diversa, si localizzano nel periodo invernale in entrambe le città. Occorre comunque rilevare che, in entrambi i casi, la concentrazione della frazione fine delle polveri non risulta superiore al valore limite presente nella proposta della nuova direttiva UE sulla gestione della qualità dell'aria ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^{-3}$  come media annua; Tab. 1).

#### ANALISI CHIMICA ELEMENTARE

I valori medi annuali di concentrazione in atmosfera, misurati per vari elementi nelle stazioni di *TRA* e *PGB*, sono riportati



Mese	TRA	PGB
Gennaio	60 (13)	28 (4)
Febbraio	70 (9)	29 (4)
Marzo	26 (8)	22 (2)
Aprile	20 (3)	27 (2)
Maggio	30 (3)	22 (1)
Giugno	61 (17)	29 (3)
Luglio	25 (2)	22 (2)
Agosto	22 (2)	23 (3)
Settembre	25 (2)	27 (3)
Ottobre	28 (3)	20 (2)*
Novembre	41 (5)	29 (3)
Dicembre	83 (21)	24 (3)

Tabella 1 - Concentrazioni medie mensili ( $\mu\text{g}/\text{mc}$ ) e deviazioni standard della frazione  $\text{PM}_{10}$  del particolato, nei siti TRA e PGB nell'anno 2006.

\*Il dato di Ottobre 2006 è riferito alla stazione di fondo urbano PGC

nelle Tabelle 2 e 3, rispettivamente per le frazioni fine ( $\text{PM}_{2,5}$ ) e grossolana ( $\text{PM}_{10-2,5}$ ) delle polveri. Nel caso del sito di fondo urbano PGC è stato possibile analizzare solo filtri di  $\text{PM}_{10}$  per il mese di ottobre 2006 e quindi sono state possibili solo valutazioni abbastanza qualitative. Comunque, si può notare che le concentrazioni medie dei metalli di interesse igienico-sanitario, Cr, Ni, Pb e Zn, registrate a PGC nel periodo citato sono pressochè trascurabili e ciò sembrerebbe indicare la scarsa rilevanza di sorgenti naturali dei suddetti elementi, quantomeno per l'area geografica della città di Perugia. Nell'ambito degli elementi ad affinità crostale, gli alcali mostrano un comportamento differenziato nell'ambito della frazione fine e di quella grossolana. Il K, pur con diversi margini di variabilità, mostra tenori equivalenti nei due siti tanto nella frazione fine quanto in quella grossolana. Diversamente dal K, il Ca rivela tenori equivalenti nella frazione grossolana, mentre risulta arricchito nella frazione fine del sito PGB. Il Na segue il Ca nel suo arricchimento nella frazione fine di PGB, mentre si associa ad Al nel rimarchevole arricchimento nella frazione grossolana del sito TRA. Il Mg, infine, risulta in un caso ( $\text{PM}_{2,5}$ ) più abbondante a Terni e nell'altro ( $\text{PM}_{10-2,5}$ ) più abbondante a Perugia. Tutte queste osservazioni pongono l'accento sulla possibilità che tali elementi vadano a costituire

Elemento	TRA	PGB
Na	222 (75)	578 (256)
K	151 (31)	168 (72)
Mg	91,7 (24)	64 (20)
Ca	698 (188)	1540 (790)
Cr	27,1 (3,4)	7,0 (1,8)
Mn	11,8 (1,3)	6,0 (0,7)
Fe	253 (39)	165 (29)
Ni	17,6 (2,8)	13,4 (4,2)
Zn	77,9 (12,6)	9,8 (7,3)
Al	410 (94)	465 (137)
Pb	11,3 (1,8)	6,9 (2,6)

Tabella 2 - Concentrazioni medie annue ( $\text{ng}/\text{mc}$ ) e deviazioni standard degli elementi indicati, contenuti nella frazione fine ( $\text{PM}_{2,5}$ ) di particolato, nei siti TRA e PGB.

fasi distinte, a loro volta diversamente rappresentate in termini quantitativi nelle due frazioni granulometriche investigate. Per quanto riguarda la componente metallica, come anticipato, i valori medi annui della concentrazione dei metalli sopra citati sono risultati superiori ai valori riscontrati a PGC. In particolare, nella frazione fine di particolato ( $\text{PM}_{2,5}$ ) i metalli pesanti sono risultati più abbondanti (Tabella 2) nel sito TRA rispetto a PGB, con differenze massime nel caso dello Zn per il quale si è misurato un rapporto tra le concentrazioni medie annue di circa 8:1, e del Cr per il quale il rapporto TRA/PGB è di 4:1. I rapporti TRA/PGB rilevati per alcuni elementi (Cr, Zn) nella frazione fine permangono anche nella frazione grossolana ( $\text{PM}_{10-2,5}$ ) delle polveri (Tabella 3). Nel sito TRA le concentrazioni assolute dei metalli analizzati sono risultate maggiori nel periodo invernale (Figura 1): ciò è legato presumibilmente all'utilizzo degli impianti domestici di riscaldamento e alle condizioni climatiche che determinano situazioni di ristagno dell'aria urbana. Situazione opposta è stata riscontrata nel sito perugino orientato al traffico con concentrazioni maggiori nei mesi estivi. Molto interessante si è rivelata l'analisi dei diagrammi di correlazione delle concentrazioni giornaliere di elementi quali Fe, Cr, Mn, Zn e Ni misurati sui singoli filtri campionati a Perugia e Terni per le frazioni

Elemento	TRA	PGB
Na	224 (127)	0,0 (384)
K	149 (82)	91 (204)
Mg	52,9 (34)	124 (83)
Ca	1405 (379)	1391 (1142)
Cr	20,3 (6,8)	4,5 (3,5)
Mn	13,0 (3,0)	10,7 (3,5)
Fe	545 (96)	752 (235)
Ni	6,7 (4,1)	0,0 (5,2)
Zn	39,0 (20,4)	0,0 (6,8)
Al	161 (133)	0,0 (189)
Pb	7,6 (3,1)	4,8 (5,2)

Tabella 3 - Concentrazioni medie annue ( $\text{ng}/\text{mc}$ ) e deviazioni standard degli elementi indicati, contenuti nella frazione grossolana ( $\text{PM}_{10-2,5}$ ) di particolato, nei siti di TRA e PGB.

$\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2,5}$ . In particolare, le coppie di elementi Fe - Cr e Fe - Mn mostrano coefficienti di correlazione superiori a 0.8 a TRA e inferiori a 0.6 a PGB per entrambe le frazioni. Questo dato suggerisce una relazione tra le concentrazioni in atmosfera, e quindi anche tra le sorgenti emmissive, di Fe, Cr e Mn nell'area di Terni. Di contro, le coppie Fe - Zn e Fe - Ni mostrano coefficienti di correlazione sempre inferiori a  $\leq 0.5$  evidenziando quindi un minor grado di correlazione. Nel corso del progetto alcuni filtri selezionati sono stati dedicati alla determinazione della frazione ionica solubile. In particolare, sono state

*La variabilità delle caratteristiche delle particelle, in funzione delle condizioni geografiche, climatiche e stagionali, impone un'attenta pianificazione della campagna di campionamento delle polveri*

valutate le abbondanze relative di solfati, nitrati e cloruri nelle due classi dimensionali, fine e grossolana, per i siti di campionamento TRA e PGB. A causa delle modalità di estrazione (sonicazione in acqua pura) occorre ricordare che i valori determinati costituiscono

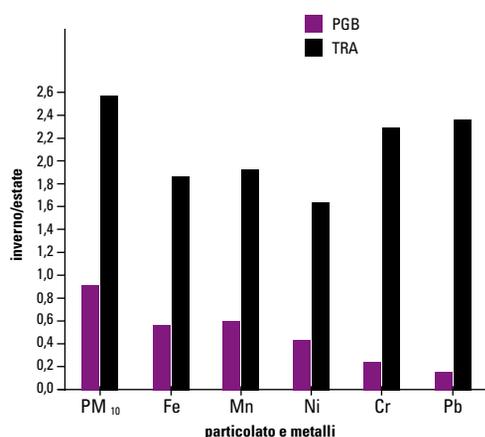
0,1  $\mu\text{m}$ 

Figura 1 - Rapporti tra le concentrazioni medie del periodo invernale ed estivo, per i singoli metalli, nella frazione di PM<sub>10</sub>, nei siti TRA e PGB.

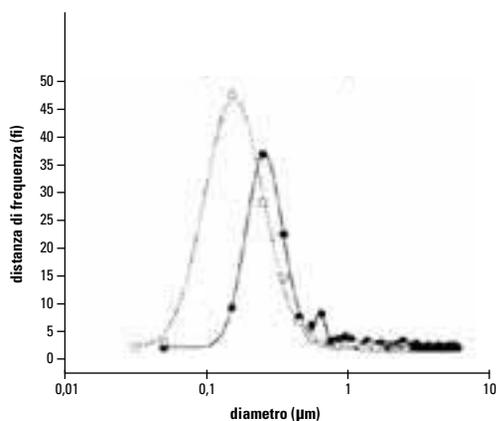


Figura 2 - Curve della distribuzione di frequenza del diametro di campioni di PM<sub>10</sub> di Perugia (simboli vuoti e curva a tratteggio) e di Terni (simboli pieni e curva continua).

un limite inferiore alla concentrazione di tali specie nelle polveri. I nitrati mostrano concentrazioni maggiori nella frazione grossolana in entrambi i siti urbani. Il rapporto tra i valori medi annui della concentrazione nelle due postazioni urbane TRA e PGB è pari a 3:1. I solfati, invece, presentano concentrazioni pressappoco coincidenti nei due siti per quanto riguarda la frazione fine. Nella frazione grossolana il valore medio annuo è nettamente superiore nel sito TRA e praticamente coincidente con quanto presente nella frazione fine. Il confronto relativo ai cloruri tra i due siti è più difficile a causa della scarsità di dati per il sito PGB. Tuttavia, è evidente, nel sito TRA, che la concentrazione di cloruri nella frazione grossolana è nettamente più bassa rispetto a quella di nitrati e solfati di quasi un ordine di grandezza.

#### ANALISI MORFOLOGICA E CHIMICA DELLE FASI

La distribuzione delle dimensioni delle particelle nell'intervallo rivelato dalla metodologia di analisi (diametro superiore a 0.1  $\mu\text{m}$ ) risulta sostanzialmente unimodale sia a Perugia che a Terni, con massimi di frequenza pari a circa 0.2  $\mu\text{m}$ . Piccoli massimi relativi corrispondenti alle dimensioni di circa 1  $\mu\text{m}$  sono presenti sia nel campione di Terni che, ancor meno evidenti, in quello di Perugia (Fig. 2).

In base ai risultati dell'analisi chimica semi-quantitativa al SEM-EDX sono state individuate le seguenti categorie di fasi:

1. silicati: quarzo, feldspati, minerali delle argille (Fig. 3a);
2. carbonati: calcite, dolomite e witherite;
3. solfati: gesso (Fig. 3c), solfati alcalini (di Na e K) e barite (Fig. 3d);
4. particolato metallico: ossidi di Fe, Ti, Cr, Ni, Mn, Zn (Fig. 3e);
5. particolato carbonioso: particelle costituite quasi esclusivamente da C con tracce di solfati e di metalli (Fig. 3f);
6. altre fasi: fibre artificiali vetrose (Fig. 3b), cloruri, ossido di bario.

In termini generali, i carbonati risultano assai

più abbondanti a Perugia, mentre le particelle metalliche sono molto più presenti a Terni. Alcune fasi quali feldspati, dolomite, witherite, barite, fibre artificiali vetrose, cloruri e ossido di bario sono state individuate solo a Terni dove, quindi, la composizione del particolato risulta molto più varia. Inoltre mentre a Terni (campioni TRA) si ha una presenza assai significativa di fasi metalliche a Cr, Mn, Ni e Zn, a Perugia si trovano fasi esclusivamente a Cu o Zn (campioni PGB). Infine, nel sito PGB i solfati alcalini risultano decisamente più abbondanti che nel sito TRA. La composizione dei minerali argillosi è, invece, sostanzialmente la stessa a Terni e a Perugia. Riguardo alle dimensioni, i minerali argillosi e i solfati si collocano nell'intervallo granulometrico 0.5-2.5  $\mu\text{m}$ , mentre i solfati possono dar luogo (specie a Terni) ad aggregati di dimensioni decisamente superiori (Fig. 3c). I minerali di Ba hanno, in genere, dimensioni piuttosto grandi: i granuli di barite hanno dimensioni comprese tra 2 e 5  $\mu\text{m}$ , il BaO ha dimensioni comprese tra 5 e 10  $\mu\text{m}$ , e solo la witherite ha dimensioni di 1-2  $\mu\text{m}$ . Le particelle metalliche, pur nella loro composizione variabile, hanno dimensioni comprese nel range 0.2-1.5  $\mu\text{m}$  (Fig. 45), mentre le fibre artificiali vetrose sono caratterizzate da un diametro minore di 3  $\mu\text{m}$  e da un rapporto di elongazione superiore a 3. Queste osservazioni confermano, e in parte spiegano, i dati di composizione del campione in massa ricavati dall'analisi chimica, in particolare giustificano le anomalie positive di Ca e Na riscontrate nel PM<sub>2.5</sub> del sito PGB con la maggiore abbondanza di calcite e solfati alcalini effettivamente evidenziata all'analisi al SEM-EDX. Trova inoltre spiegazione nella presenza di feldspati alcalini, l'anomalia positiva di Na e Al individuata nella frazione grossolana del sito TRA.

#### CONCLUSIONI

Le sostanziali differenze nella composizione metallica delle polveri riscontrate tra Perugia e Terni delineano diversi contesti emissivi nelle due realtà urbane e, precisamente, un quadro influenzato in maniera preponderante dal

traffico veicolare nel caso di Perugia, e un quadro più complesso caratterizzato da apporti di natura sia antropica, legati al traffico e all'attività siderurgica, che naturale, nel caso di Terni. In questo secondo caso la presenza piuttosto significativa nell'atmosfera urbana di particelle di natura metallica e di particelle a carattere fibroso desta particolare interesse per questioni

di igiene ambientale che richiederebbero ulteriori studi di dettaglio per essere chiarite. Queste osservazioni preliminari, supportate dai risultati delle analisi chimiche sul campione totale e suffragate dall'esame di nuovi campioni da prelevare in prossimità delle principali fonti emmissive di origine antropica, permetteranno di individuare le fonti e prevedere la diffusione degli

aerosol nel territorio. Inoltre, dalla conoscenza della composizione del particolato atmosferico su scala temporale potrà derivare la possibilità di utilizzare queste misurazioni per valutare l'efficacia di eventuali strategie di abbattimento delle emissioni.

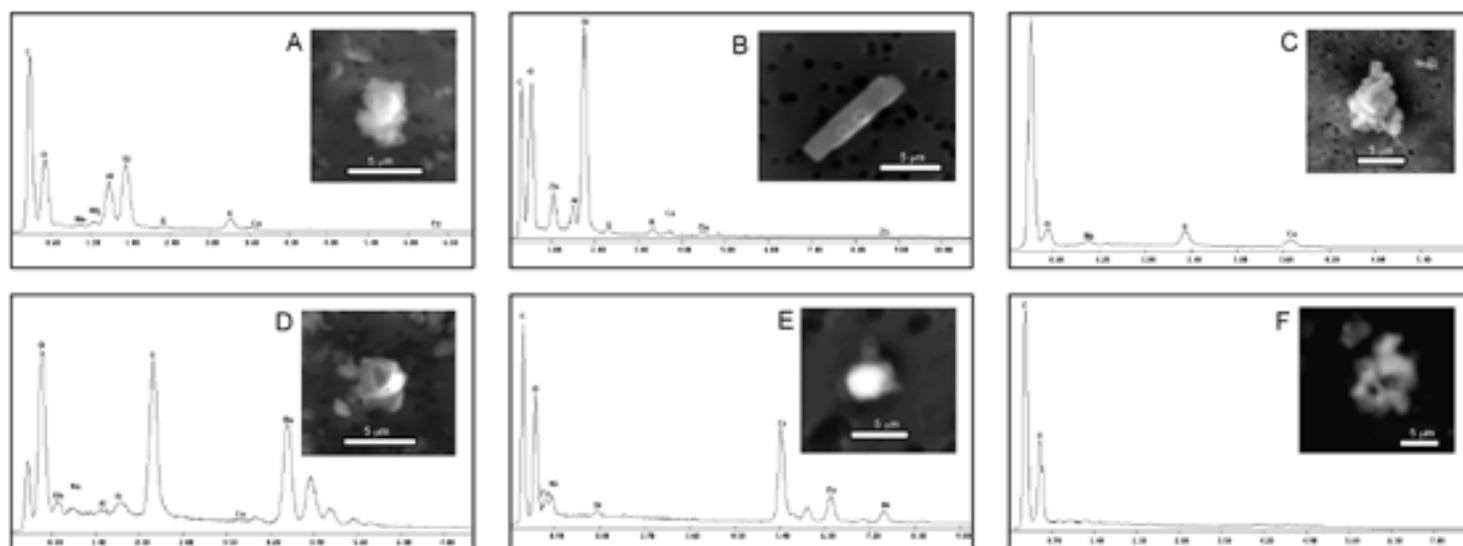


Figura 3. Caratteri morfologici e spettri di composizione di alcune fasi significative riscontrate nei campioni di Terni: (a) minerale argilloso (la barra misura 5  $\mu\text{m}$ ); (b) fibra artificiale vetrosa (la barra misura 5  $\mu\text{m}$ ); (c) gesso (la barra misura 5  $\mu\text{m}$ ); (d) barite (la barra misura 5  $\mu\text{m}$ ); (e) particella metallica (la barra misura 1  $\mu\text{m}$ ); (F) aggregato di particelle carboniose (la barra misura 10  $\mu\text{m}$ ).

#### Riferimenti Bibliografici

<sup>1</sup> J.H. Seinfeld e S.N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics*, J.Wiley & Sons, NY (1998).

<sup>2</sup> *Aerosol Measurements*, P.A. Baron e K. Willeke Eds., 2<sup>nd</sup> Edition, Wiley Interscience, (2001).

## Produzione dell'incertezza: salvaguardia della salute pubblica nell'era della confutazione dell'evidenza scientifica e della difesa del prodotto

David Michaels

*Produrre incertezza su mandato di grandi affaristi si sta rivelando un affare. Le aziende di "difesa del prodotto" sono diventate grandi esperti e consulenti di successo in epidemiologia, biostatistica e tossicologia. Il lavoro di queste aziende ha con la scienza la stessa relazione che la ditta Arthur Anderson ha con i bilanci, o per lo meno che aveva prima della bancarotta in seguito al caso Enron*

Nel marzo 2002, un reattore nucleare vicino a Toledo, nell'Ohio, giunse ad un soffio da un enorme rilascio di materiale nucleare, probabilmente il peggiore incidente di questo tipo nella storia degli Stati Uniti. Acqua miscelata con acido borico aveva eroso cinque pollici di acciaio lasciando solo uno strato sottile per contenere l'acqua nella testata del reattore nucleare Davis-Besse. Quando gli ispettori per la sicurezza videro la testata, l'ultimo strato di acciaio era a stento in grado di contenere il refrigerante fortemente pressurizzato.

Tre mesi più tardi, altri due reattori manifestarono lo stesso problema. Dopo avere studiato la situazione, la Commissione Legislativa per l'Energia Nucleare (*U.S. Nuclear Regulatory Commission - NRC*) ritenne estremamente probabile l'esistenza di rotture nel sistema di refrigerazione nell'impianto dell'Ohio e chiese la chiusura volontaria di tutti gli impianti dello stesso tipo, su tutto il territorio nazionale, per poterli ispezionare. L'operatore del Davis-Besse rifiutò e l'*équipe* della NRC preparò un ordine chiedendo che l'impianto venisse chiuso ed ispezionato. Ma quell'ordine non venne mai evaso. Preoccupato di proteggere la salute finanziaria dell'operatore, il responsabile della NRC richiese la "certezza assoluta" che la testata nucleare fosse danneggiata, prima di ordinare la chiusura e l'ispezione dell'impianto, certezza che si poteva ottenere solo con la chiusura e con l'ispezione (*Office of the Inspector General US Nuclear Regulatory Commission, 2002*).

La certezza assoluta è molto rara nel campo della medicina e della sanità pubblica. I nostri programmi di sanità pubblica non saranno efficaci se per poter agire occorre la certezza assoluta; bisogna considerare sufficiente la migliore evidenza disponibile. Eppure, in sanità pubblica, assistiamo ad una crescente richiesta di prove, anziché di precauzioni (Michaels 2005). La comprensione della malattia nell'uomo rappresenta una delle maggiori sfide scientifiche. I ricercatori non possono sperimentare sull'uomo le sostanze tossiche per vedere quale dose causi il cancro. Dobbiamo quindi utilizzare gli "esperimenti naturali" in cui si sono già verificate le espo-

sizioni. In laboratorio possiamo usare solo gli animali. Sia gli studi epidemiologici che quelli sperimentali comportano molte incertezze: i ricercatori devono estrapolare dall'evidenza di uno specifico studio per trarre inferenze causali e raccomandare misure protettive. La certezza assoluta è raramente un'opzione. I nostri programmi legislativi non saranno efficaci se prima di agire viene richiesta tale prova; bisogna considerare sufficiente la migliore evidenza disponibile.

### LA STRADA DELL'INDUSTRIA DEL TABACCO

Anni fa un dirigente dell'industria del tabacco scrisse pubblicamente lo slogan perfetto per la campagna di disinformazione dell'industria per la quale lavorava: "Il dubbio è il nostro prodotto" (*Smoking and health proposal. Brown & Williamson, accessed July 5, 2006*). Nel caso del tabacco, si vede che il dubbio portava il pubblico ad una dipendenza inferiore di quanto facesse la foglia di tabacco, e l'industria alla fine abbandonò questa sua strategia. Io definisco questa strategia come la "produzione del dubbio" (Michaels 2005) e, nel corso degli anni, nessuna industria ha mai prodotto più incertezze dell'industria del tabacco. Seguendo una strategia messa a punto negli anni '50 dalla società di pubbliche relazioni Hill & Knowlton, che per decenni ha prodotto incertezza per conto di varie industrie, *Big Tobacco* finanziava i ricercatori per contrastare il crescente consenso sull'associazione tra fumo e tumore del polmone ed altri effetti sulla salute. La campagna di questa industria verteva su tre messaggi principali: i rapporti causa-effetto non sono stati stabiliti in maniera definitiva; i dati statistici non forniscono le risposte; sono necessari altri studi. Ancora nel 1989, nel corso di una trasmissione televisiva nazionale, una portavoce contestava l'affermazione che il tabacco potesse causare il tumore del polmone con l'affermazione "... sono solo statistiche. La relazione causale tra fumo e tumore del polmone non è stata ancora stabilita" (Brennan 1989).





L'industria fece anche una sua rivista "scientifica", *Tabacco e ricerca sulla salute*, il cui criterio per l'inclusione degli articoli era molto semplice: "il tipo di storia più importante è quello che mette in dubbio la teoria del rapporto causa ed effetto di fumo e malattia". Le linee guida editoriali stabilivano che i titoli "dovessero puntare in modo deciso al concetto: Controversia! Contraddizione! Altri fattori! L'ignoto!" (Thomson 1968).

Fu presto chiaro che il dubbio creava nel pubblico una dipendenza minore rispetto a quella del tabacco e così alla fine l'industria abbandonò questa strategia. Comunque, questa strategia riuscì a ritardare per decenni la protezione della salute pubblica e l'indennizzo delle vittime del tabacco. Le pratiche perfezionate dai dirigenti dell'industria del tabacco e delle pubbliche relazioni sono tuttora vive e vegete. Sull'esempio del tabacco, altre industrie hanno scoperto che i dibattiti scientifici sono molto più facili e molto più efficienti dei dibattiti politici, come testimoniato anche dal dibattito sul riscaldamento globale. Molti studi collegano l'attività umana, specialmente la combustione di carburanti fossili, con il riscaldamento globale (*National Academy of Sciences*, 2003). Aspettare di avere la certezza assoluta che l'accumulo di gas serra porterà a drammatici cambiamenti del clima sembra molto più rischioso e potenzialmente molto più costoso rispetto ad un'azione immediata per controllare le cause del riscaldamento globale. Coloro che si oppongono ad un'azione di prevenzione, guidati dall'industria dei carburanti fossili, evitano invece questo dibattito politico, sfidando la scienza con una classica campagna per l'incertezza. Vorrei soltanto citare le raccomandazioni rivolte nel 2003 da Frank Luntz, un consulente politico, ai suoi clienti. Nello scritto "Per vincere il dibattito sul riscaldamento globale" Luntz affermava: "Gli elettori credono che non vi sia consenso nella comunità scientifica. Se il pubblico arrivasse a credere che gli argomenti scientifici sono accertati, il loro punto di vista cambierebbe. Pertanto è necessario che voi continuiate a mantenere la questione dell'assenza di certezza scientifica come argomento

principale del dibattito. Il dibattito scientifico sta giungendo alla sua conclusione (contro di noi), ma non è ancora chiuso. C'è ancora uno spiraglio per mettere in dubbio la scienza." (Luntz F., Memo on the July 5, 2006).

I mezzi di comunicazione hanno dedicato molto spazio alle macchinazioni politiche che esistono dietro al dibattito sul riscaldamento globale e tutti noi conosciamo il comportamento dell'industria del tabacco. Sono tuttavia meno note le campagne elaborate per mettere in dubbio gli studi che documentano gli effetti sulla salute derivanti dall'esposizione a berillio, piombo, mercurio, cloruro di vinile, cromo, benzene, benzidina, nichel e ad una lunga lista di altre sostanze tossiche e di farmaci. In effetti, è molto improbabile che le conoscenze scientifiche alla base di iniziative legislative per la salute pubblica e per l'ambiente non vengano messe in discussione, qualunque sia la forza della loro evidenza.

Fino a che punto si può arrivare con il ridicolo? La comunità scientifica concorda sul fatto che le radiazioni ultraviolette ad ampio spettro (UV), solari o da lampade, causano il tumore della pelle. Eppure, alcune associazioni di categoria che rappresentano gli interessi dei produttori di lampade UV hanno tentato di cambiare la definizione stessa di "cancerogeno", confutando l'evidenza scientifica (NTP 2000, 9). Produrre incertezza su mandato di grandi affaristi si è rivelato a sua volta un grande affare. Le aziende di "difesa del prodotto" sono diventate grandi esperti, adepti e consulenti di successo in epidemiologia, biostatistica e tossicologia. Il lavoro di queste aziende per la difesa del prodotto ha con la scienza la stessa relazione che la Ditta Arthur Anderson ha con i bilanci - o per lo meno che aveva prima della bancarotta in seguito al caso Enron.

#### **BERILLIO: DIFESA NAZIONALE O "DIFESA DEL PRODOTTO"?**

Il berillio è un metallo di estrema utilità, ma tossico oltre ogni immaginazione. Respirare il più piccolo quantitativo di questo leggerissimo metallo può portare a malattia e morte.

Come moderatore dei neutroni, che aumenta la potenza delle esplosioni nucleari, il berillio è un elemento di vitale importanza nella produzione di armamenti. Durante la guerra fredda, gli armamenti nucleari statunitensi erano la principale fonte di utilizzo di tale sostanza. Come conseguenza, centinaia di lavoratori del settore si sono ammalati della sindrome cronica da berillio (SCB). Non sono solo i lavoratori a contatto diretto che sviluppano la SCB, ma anche coloro che lavorano vicino alle aree di macinazione, spesso per brevissimi periodi, e persino le persone che vivono nelle vicinanze di fabbriche di berillio.

Dal 1998 al 2001, nella mia qualità di assistente del Ministro dell'Energia per l'Ambiente, la Sicurezza e la Salute, sono stato l'ufficiale incaricato della sicurezza dell'industria nucleare e quindi responsabile della protezione della salute dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente intorno agli stabilimenti nucleari di ricerca e produzione. Nel 1999, lo standard di esposizione del Dipartimento dell'Energia e dell'Ambiente (DEA) era immu-

*Importanti riviste biomediche hanno dimostrato che il finanziamento della ricerca da parte dell'industria è strettamente collegato alla produzione di risultati favorevoli alla committenza*

tato da circa 50 anni e vi erano centinaia di casi di SCB nell'industria delle armi nucleari e nelle fabbriche che fornivano prodotti a base di berillio. La storia dello standard originale del DEA per il berillio è leggendario. Lo standard fu messo a punto nel 1948, sui sedili posteriori di un taxi, durante una discussione tra Merrill Eisenbud, un igienista industriale della Commissione per l'Energia Atomica (CEA), e Willard Machle, un medico consulente dell'azienda che costruiva il laboratorio di Brookhaven a Long Island, nello stato di New York. Eisenbud riferisce questo episodio nella sua autobiografia, ricordando che

essi avevano stabilito lo standard “in assenza di basi epidemiologiche” (Eisenbud, 1990). Nel 1949, la CEA adottò “in via sperimentale” uno standard di 2 µg/m<sup>3</sup>, rivedendolo annualmente per 7 anni prima di fissarlo in maniera definitiva. Alla sua prima applicazione, lo standard di 2 µg/m<sup>3</sup> portò ad una straordinaria diminuzione dei nuovi casi di sindrome da berillio. Ma nel 1951, lo stesso Eisenbud riconobbe che la distribuzione della forma cronica della malattia da berillio non seguiva il modello usuale di dose-risposta osservato per la maggioranza delle sostanze tossiche ed ipotizzò quindi l’esistenza di una suscettibilità immunologica (Stemer, 1951). Trascorse poco tempo e si presentarono subito nuovi casi di SCB tra i lavoratori esposti al berillio successivamente all’entrata in vigore dello standard del 1949, ma la cui esposizione era inferiore ai 2 µg/m<sup>3</sup> (NIOSH, 1972). Inoltre, la SCB era stata diagnosticata in soggetti senza alcuna esposizione lavorativa diretta al metallo, includendo soggetti che avevano solo lavato gli abiti dei lavoratori, guidato un camioncino per la distribuzione del latte lungo una strada che costeggiava una fabbrica di berillio oppure che avevano lavorato in un cimitero vicino ad una fabbrica di berillio (NIOSH, 1972). Quando nel 1971 fu fondata l’OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) per la protezione della salute dei lavoratori nel settore privato, fu semplicemente adottato il famoso standard del taxi. Negli anni ’80 divenne però chiaro

*Le Agenzie federali devono garantire che i dati e le analisi scientifiche dei produttori siano verificate in modo indipendente*

che anche i lavoratori esposti a livelli di berillio ben inferiori allo standard sviluppavano la malattia. Quando sia il DEA che l’OSHA avviarono il lungo processo legislativo per cambiare lo standard, l’industria del berillio iniziò a protestare. In una riunione pubblica,

il responsabile per la Salute e la Sicurezza dell’Ambiente della Brush Wellman, la principale azienda produttrice di prodotti a base di berillio, affermò, come si rileva dal verbale del DEA: “La Brush Wellman non è a conoscenza di alcuna evidenza scientifica che dimostri che lo standard non garantisce una adeguata protezione. Tuttavia, riconosciamo che vi sono state segnalazioni occasionali di casi di malattia per livelli di esposizione inferiori a 2 µg/m<sup>3</sup>. La Brush Wellman ha esaminato ognuna di queste segnalazioni ritenendole scientificamente infondate” (*Beryllium Public Forum*, 1997).

Nel 1991, ai dirigenti dell’azienda fu comunicato che, nel caso venisse “chiesto loro se lo standard di 2 µg/m<sup>3</sup> fosse ancora considerato affidabile dall’azienda”, avrebbero dovuto rispondere che “nella maggior parte dei casi riguardanti i nostri dipendenti, possiamo riferire di circostanze (accidentali) in cui l’esposizione è più alta dello standard. In alcuni casi, tuttavia, non siamo stati in grado (per mancanza di dati adeguati) di identificare tali circostanze. In quei casi, non possiamo comunque affermare che non vi sia stata un’esposizione eccessiva” (Efficacy of the µg/m<sup>3</sup> Standard. Exhibit B, Document ID CB053353. December 1991). Questo era il principale argomento dell’industria, ma si basava su una logica sbagliata. Non era difficile scavare nella storia di ogni lavoratore colpito da SCB e scoprire almeno una circostanza in cui il livello di berillio avesse superato lo standard. Così fece la Brush, concludendo che i 2 µg/m<sup>3</sup> erano una garanzia di protezione, poiché la maggior parte dei soggetti colpiti da SCB erano stati esposti, ad un certo punto, a livelli superiori allo standard. Il numero sempre crescente dei casi di SCB identificati nell’industria nucleare e nelle industrie di produzione del berillio rendeva sempre meno plausibile l’affermazione secondo cui il vecchio standard era sicuro. A settembre 1999, Brush Wellman sponsorizzò una conferenza, in collaborazione con l’Associazione degli Igienisti Industriali (*ACGIH-American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) per riunire “eminenti

ricercatori per presentare e discutere insieme le informazioni disponibili e le nuove ricerche sui rischi rappresentati dal berillio” (Paustenbach DJ, 2001). La raccolta degli articoli fu successivamente pubblicata in una rivista di igiene industriale. Chiaramente, uno degli scopi della conferenza era quello di influenzare lo standard governativo del berillio: al momento della conferenza, al DEA mancavano pochi mesi per fissare lo standard definitivo e l’OSHA aveva segnalato la sua intenzione di rivedere il suo standard ormai superato. I ricercatori della società Exponent, consulente dell’industria del berillio per la difesa del prodotto, presentarono numerosi contributi. Uno dei contributi, dal titolo “Identificazione di un Limite di Esposizione Professionale adeguato (OEL-Occupational Exposure Limit): Dati mancanti ed attuali iniziative di ricerca”, che promuoveva la nuova logica dell’industria per contrastare un nuovo standard, più restrittivo, per il berillio, sottolineava la necessità di ulteriori ricerche sugli effetti delle dimensioni delle particelle, sull’esposizione a composti del berillio e sul ruolo dell’esposizione cutanea nel rischio di SCB. Il contributo concludeva che “Attualmente è difficile identificare un unico nuovo limite di esposizione (TLV-Threshold Exposure Limit) per tutte le forme di berillio, che protegga idealmente tutti i lavoratori. Probabilmente, entro 3-4 anni dovranno essere considerati una serie di limiti di esposizione... In breve, il limite di esposizione professionale per il berillio potrebbe facilmente essere annoverato tra quelli più complicati fissati finora” (Paustenbach, 2001).

Sulla base dei commenti pubblici e della letteratura sugli effetti del berillio sulla salute, l’ufficio Salute e Sicurezza del DEA concluse che, seppur fossero sempre auspicabili ulteriori ricerche, l’informazione disponibile era più che sufficiente per l’implementazione immediata di uno standard più basso per il berillio, al fine di prevenire la malattia. Malgrado le obiezioni dell’industria, venne stabilito un nuovo principio che riduceva di un fattore 10 il limite di esposizione al berillio accettabile sui luoghi di lavoro. Contemporaneamente,

anche l'OSHA riconobbe l'inadeguatezza del suo standard (Jeffress, CN. 1998) e annunciò il suo impegno per uno standard più basso (U. S. Department of Labor, 1998). Ma quando nel 2001 si insediò l'amministrazione Bush, l'OSHA cancellò questo punto dai suoi impegni legislativi formali.

A novembre 2002 l'OSHA accettò implicitamente la posizione dell'industria affermando la necessità di ottenere ulteriori dati sulla relazione tra la malattia da berillio e, tra le altre cose, la dimensione delle particelle, l'area di superficie, il numero delle particelle e l'esposizione cutanea. Tuttavia, nei pochi anni trascorsi dal nuovo standard del DEA, i ricercatori hanno pubblicato numerosi articoli epidemiologici che dimostrano che lo standard di 2 µg/m<sup>3</sup> non previene la SCB (Stange AW., 2001; Henneberger PK, 2001; Kelleher PC, 2001; Rosenman K, 2005).

La comunità scientifica concorda largamente sul fatto che il berillio, oltre alla SCB, aumenta anche il rischio di tumore del polmone (*International Agency for Research on Cancer, 1993; National Toxicology Program, 2002*); questa conclusione è supportata dalle numerose indagini condotte da epidemiologi del Centro per il Controllo delle Malattie (*CDC-Center for Disease Control*) di Atlanta (Steenland K 1991; Ward EM 1992; Sanderson 2001). Ma nel 2002, i ricercatori di una ditta per la difesa del prodotto pubblicarono una ri-analisi, vecchia di 10 anni, di uno degli studi del CDC (Levy 2002): cambiando alcuni parametri, il significativo aumento del tasso del tumore al polmone non era più significativo (questa alchimia si ottiene ovviamente facilmente, mentre il contrario – cambiare la non significatività in significatività – è estremamente difficile). Non a caso questa specifica ditta ha fatto molto lavoro per l'industria del tabacco (Smoking and health proposal. Brown&Williamson, accessed July 5, 2006). Questa nuova analisi fu pubblicata in una rivista di spicco, con scarsa esperienza in epidemiologia ma pur sempre di spicco, ed ora l'industria cita quello studio come la dimostrazione che tutto il resto è sbagliato.

Così vanno ora le cose, da un'industria all'al-

tra, studio dopo studio, anno dopo anno. I dati vengono contestati, i dati devono essere ri-analizzati; si reputa che i dati sperimentali non sono rilevanti, i dati nell'uomo non sono rappresentativi, l'esposizione non è affidabile. Servono sempre studi aggiuntivi. L'incertezza viene fabbricata. Lo scopo è sempre lo stesso: proteggere l'interesse dell'industria dagli inconvenienti e dalle conseguenze economiche di una protezione della salute pubblica.

#### PPA: I TRUCCHI DEL COMMERCIO

Per attirare nuovi acquirenti alcune di queste aziende si sono perfino vantate dei loro successi. Fino a quando non ho affrontato questo argomento su *Scientific American* (Michaels, 2005), il Gruppo Weinberg (un'altra azienda che ha lavorato molto per l'industria del tabacco) pubblicizzava sul proprio sito web il suo contributo allo sforzo per opporsi al tardivo giro di vite della FDA sulla fenilpropanoalamina (FFA), un farmaco da banco utilizzato per decenni come decongestionante e soppressore dell'appetito. Segue ora una breve versione della vicenda.

Casi di segnalazione di ictus in donne giovani che avevano assunto il farmaco contenente FFA cominciarono a circolare nei primi anni '70. Vent'anni dopo, quando la FDA sollevò ufficialmente dei dubbi sulla sicurezza della FFA, i produttori li contestarono e alla fine fu raggiunto un compromesso. L'azienda farmaceutica avrebbe scelto un ricercatore e finanziato uno studio epidemiologico il cui progetto doveva essere approvato anche dalla FDA. L'azienda scelse la Facoltà di Medicina dell'Università di Yale. Nell'ottobre 1999, l'azienda e la FDA appresero che lo studio confermava il rapporto causale tra FFA e ictus (Sack 2004).

Lo studio venne pubblicato l'anno successivo sul *New England Journal of Medicine* (Kernan 2000). Quando i produttori vennero a conoscenza dei risultati dello studio, pensate forse che ritirarono immediatamente il farmaco, che garantiva vendite annuali superiori a 500 milioni di dollari ma era responsabile di un numero oscillante tra 200 e 500 decessi

all'anno per ictus nelle donne tra 18 e 49 anni (Lagrenade 2001)? No. L'azienda si rivolse

*La certezza assoluta nel campo della medicina e della sanità pubblica è molto rara. Nonostante ciò assistiamo ad una richiesta sempre crescente di prove*

invece al Gruppo Weinberg per attaccare lo studio, puntando il dito su "distorsioni e argomenti non chiari", non meglio definiti (Kirton 1999). I produttori si resero conto che la FDA alla fine avrebbe ritirato il farmaco dal mercato, ma temporeggiarono per quasi un anno, un tempo sufficiente per la riformulazione dei loro prodotti. Quando alla fine la FDA chiese il blocco della vendita della FFA, nel novembre 2000, l'industria aveva già pronti per il mercato i prodotti riformulati (Sack 2004).

#### L'EFFETTO "FINANZIAMENTO".

La letteratura biomedica ospita un vivace dibattito sull'effetto "finanziamento", un termine utilizzato per descrivere la stretta correlazione tra i risultati auspicati dal finanziatore di uno studio ed i risultati riportati dallo studio stesso (Krimsky S., 2003, 2005; Smith 2005). Recenti rassegne sulle più importanti riviste biomediche hanno mostrato come il finanziamento da parte dell'industria fosse fortemente associato con conclusioni pro-industria (Bekelman JE 2003, Lexchin J 2004). L'effetto "finanziamento" è stato rilevato anche in indagini relative agli effetti tossici dell'esposizione a sostanze chimiche. La disparità dei risultati degli studi sul rischio di tumore del polmone tra i lavoratori esposti al berillio, discussa in precedenza, è un chiaro esempio di tale effetto: tre indagini con finanziamenti pubblici trovano un rischio elevato mentre l'analisi finanziata dall'industria (in realtà una ri-analisi) non rileva tale incremento. Un

FONTE DI FINANZIAMENTO	Numero di studi e effetti riportati	
	NOCIVI	NON NOCIVI
Governo	94	10
Industrie chimiche	0	11
Totale	94	22

Tabella 1 - Risultato alterato a causa della fonte di finanziamento in una ricerca sull'effetto delle basse dosi di BPA del Dicembre 2004

esempio ancora più marcato nella letteratura tossicologica è il dibattito sull'effetto della bassa esposizione a bisfenolo A (BPA), un estrogeno presente nell'ambiente, utilizzato per fabbricare plastica di policarbonato, una resina molto usata nei barattoli per alimenti e nei sigillanti dentali. Alcune indagini hanno mostrato che l'esposizione a BPA altera le funzioni endocrine già a dosi molto basse. In risposta, l'Associazione dei Produttori di Plastiche US ha stipulato un contratto con il

*I sostenitori degli inquinanti e dei produttori di prodotti pericolosi si lamentano spesso dei regolamenti dei governi, affermando che le Agenzie non stanno usando "una scienza sana"*

Centro per l'Analisi del Rischio di Harvard, per effettuare una revisione dell'evidenza tossicologica. La revisione di 19 studi sperimentali ha portato alla conclusione che non esisteva una evidenza coerente che confermasse l'effetto delle basse dosi di BPA (Gray GM 2004). Questa conclusione è stata contestata dai ricercatori che ritenevano che si fosse scelto di esaminare solo una piccola parte dei 47 studi disponibili. Questi ricercatori hanno invece identificato ed effettuato una revisione di 115 pubblicazioni, trovando risultati totalmente differenti rispetto all'analisi del Centro (Vom Saalm, 2005). Come si può osservare in Tabella 1, il 90% (94 su 104) degli studi con finanziamenti

pubblici hanno riportato un effetto associato con l'esposizione a BPA; nessuna delle 11 indagini finanziate dall'industria ha mostrato un effetto. La correlazione tra fonte del finanziamento e risultati non ha bisogno di test di significatività statistica, oltre al test di Joseph Berkson dell' "impatto traumatico interoculare" - i risultati sono proprio lampanti.

#### VIOXX: SCIENZA IN CONFLITTO E SUE CONSEGUENZE

In questo contributo io non parto dal presupposto che i ricercatori coinvolti nella "produzione di incertezza" promuovano deliberatamente prodotti con conseguenze mortali. Più probabilmente, i ricercatori, insieme ai dirigenti aziendali e agli avvocati che li hanno assunti, si convincono che i prodotti che stanno difendendo sono sicuri e che l'evidenza di un danno è inaccurata, fuorviante o trascurabile. Questo è evidente nel caso recente degli effetti cardiaci del Vioxx (rofecoxib), il famoso antidolorifico della Merck & Co, che è stato ritirato dal mercato nel 2004, ritiro accompagnato da notizie sulle prime pagine dei giornali. Ancor prima che la FDA (Food and Drug Administration) approvasse il Vioxx nel maggio 1999, l'agenzia aveva esaminato certi dati che suggerivano che il farmaco potesse aumentare il rischio di patologie cardiache. Anche numerosi scienziati indipendenti (cioè non sul libro paga della Merck & Co) lanciarono l'allarme, ma la FDA li ignorò essenzialmente. Poi, all'inizio del 2000, solo pochi mesi dopo l'immissione sul mercato del Vioxx, apparvero i risultati di uno studio clinico randomizzato che collegava il Vioxx ad un aumentato rischio di attacchi cardiaci. Nello studio, la Merck aveva

scelto come farmaco di confronto il naproxene (venduto con il nome commerciale di Aleve) perché era noto che l'aspirina, una scelta più ovvia, diminuiva il rischio cardiovascolare - e l'azienda non voleva che lo studio mostrasse un maggior rischio di attacchi cardiaci tra i partecipanti che prendevano il Vioxx. Ma i risultati mostrarono comunque che coloro che avevano assunto il Vioxx per più di 18 mesi presentavano un rischio 5 volte più elevato di coloro che prendevano il naproxene (Bombardier C 2000).

I ricercatori della Merck si trovarono davanti ad un dilemma. Essi potevano interpretare questo risultato dicendo che il Vioxx aumentava il rischio di attacco cardiaco del 400% o che il naproxene era, come l'aspirina, in grado di ridurre il rischio di attacco cardiaco di un sorprendente 80%. Quando uno studio in doppio cieco, che usava un placebo per il confronto, identificò sette casi di attacco cardiaco in più per ogni 1000 utenti all'anno, l'interpretazione corretta divenne chiara: il Vioxx causava attacchi cardiaci. Un'analisi della FDA ha poi stimato che nei 5 anni di commercializzazione del Vioxx, esso abbia causato tra 88.000 e 139.000 attacchi cardiaci, 30-40% dei quali furono fatali.

Successivi procedimenti legali hanno permesso di visionare documenti che mostravano che i dirigenti della Merck erano coscienti dell'aumento del rischio di attacchi cardiaci associato con il Vioxx, ma avevano minimizzato queste preoccupazioni nelle loro comunicazioni con i medici e si erano opposti agli sforzi della FDA per aggiungere note di attenzione nelle istruzioni per l'uso del farmaco (Berenson A, 2005). È difficile immaginare che i ricercatori della casa farmaceutica stessero consapevolmente promuovendo un prodotto che avrebbe portato a malattia e morte. Allo stesso tempo, è difficile immaginare che essi fossero onesti nel pensare che il naproxene riduceva dell'80% il rischio di attacco cardiaco. Appare più probabile, invece, che la loro dedizione verso il prodotto al quale avevano lavorato e verso la salute finanziaria del loro datore di lavoro avesse offuscato la loro capacità di giudizio.

## UN NUOVO PARADIGMA LEGISLATIVO

Le lezioni degli scorsi 40-50 anni e le conseguenze delle azioni governative degli ultimi 4 anni sono chiare. È necessario un nuovo paradigma legislativo. Le Agenzie federali devono garantire che i dati e le analisi scientifiche dei produttori siano verificate in modo indipendente. Le opinioni che i ricercatori delle industrie sottopongono alle Agenzie normative e, in particolare, l'industria per la difesa del prodotto, devono essere considerate principalmente come consulenza e non come scienza. Di seguito vengono elencati alcuni passaggi per avvicinarsi a questo nuovo paradigma. È diventato evidente che alcune ricerche finanziate dall'industria non vengono mai pubblicate perché i finanziatori non gradiscono i risultati. In seguito ad una serie di situazioni allarmanti in cui i finanziatori hanno utilizzato il controllo finanziario a discapito della salute pubblica, un gruppo di importanti riviste biomediche ha messo a punto politiche che rendono gli articoli pubblicati trasparenti al *bias* commerciale e che richiedono agli autori di accettare il controllo completo e la responsabilità del lavoro svolto. Ora queste riviste pubblicheranno solo studi condotti in seguito a contratti nei quali ai ricercatori viene garantito il diritto di pubblicare i risultati senza il controllo e il consenso dello sponsor. In una dichiarazione congiunta, gli editori della rivista dichiarano che accordi contrattuali che permettono il controllo della pubblicazione da parte dello sponsor "erodono il tessuto della ricerca intellettuale che ha favorito tanta ricerca clinica di alta qualità" (Davidoff, 2001). Tuttavia, le Agenzie legislative federali, che hanno il compito di proteggere la nostra salute e il nostro ambiente, non hanno requisiti simili. Per esempio, quando gli studi vengono sottoposti all'EPA (*Environmental Protection Agency*) e all'OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), queste istituzioni non hanno l'autorità per chiedere chi abbia finanziato le indagini o se esse avrebbero visto la luce del giorno se lo sponsor non avesse approvato i risultati. Le Agenzie federali dovrebbero adottare perlomeno dei requisiti per "l'integrità della ricerca" comparabili a quelli usati dalle riviste biomediche. Le parti che sottopongono dati estratti da ricerche che hanno sponsorizzato devono dichiarare se i ricercatori avevano il diritto di pubblicare le loro scoperte senza il consenso o l'influenza dello sponsor (Michael D. and Wagner W., 2003). È anche importante riconoscere che le opinioni di quasi tutti i ricercatori potrebbero essere adombrate da conflitti di interesse, anche se questi non sono evidenti per i ricercatori. Il conflitto d'interesse influenza inevitabilmente il giudizio, e questo deve essere tenuto in conto quando si

considerano le analisi e le opinioni dei ricercatori impiegati dall'industria. La salute pubblica non è ben servita dal trattamento iniquo tra scienza pubblica e privata. Mentre i dati integrali derivati dagli studi finanziati dal governo sono generalmente disponibili per i privati, per l'ispezione e l'eventuale rianalisi, permettendo agli esperti di difesa del prodotto di condurre analisi *post hoc* che portano a scoperte sconcertanti, l'industria non è tenuta a rilasciare simili dati integrali derivati dai propri studi. Quando gli sponsor privati conducono una ricerca per influenzare i procedimenti legislativi pubblici, questi studi dovrebbero essere soggetti alle stesse previsioni di accesso e di divulgazione rispetto a quelli usati per la scienza finanziata con denaro pubblico (Wagner W. e Michael D.M., 2004).

I sostenitori degli inquinanti e dei produttori di prodotti pericolosi si lamentano spesso dei regolamenti dei governi, affermando che le agenzie non stanno usando "una scienza sana". In effetti, molti di questi produttori di incertezza non vogliono una "scienza sana"; vogliono qualche cosa che assomigli alla scienza ma che li lasci fare esattamente quello che vogliono. Riconosciamo tutti che la scienza è solo una parte del processo politico. Nel formare le leggi ed i programmi per proteggere la salute pubblica e l'ambiente, i decisori devono anche considerare le questioni economiche, i valori e una serie di altri fattori. Nel nostro attuale sistema regolatore, il dibattito sulla scienza è diventato un sostituto del dibattito sulla politica e sui valori su cui dovrebbe basarsi la politica. Gli oppositori ai regolamenti usano l'esistenza dell'incertezza, qualunque sia la sua importanza, come uno strumento per contrastare l'imposizione di protezioni alla salute pubblica che potrebbero causare loro difficoltà finanziarie. È importante che chi si occupa di proteggere la salute pubblica riconosca che il desiderio della certezza scientifica assoluta è controproducente oltretutto futile. Questo riconoscimento sta alla base delle sagge parole di Sir Austin Bradford Hill, che rivolgeva alla Società Reale di Medicina nel 1965: "Ogni lavoro scientifico è incompleto –sia esso di natura osservativa o sperimentale. Un lavoro scientifico è soggetto a aggiornamenti o modifiche in base all'avanzamento delle conoscenze. Questo non ci conferisce la libertà di ignorare la conoscenza che abbiamo già, o di posticipare l'azione che sembra richiesta in un dato momento. Chissà, chiese Robert Browning, il mondo potrebbe finire stasera? È vero, ma sulla base della certezza dell'evidenza disponibile, la maggior parte dei presenti è pronta a recarsi al lavoro alle 8:30 del giorno successivo (Hill A.B., 1965).

(Traduzione a cura di Roberta Pirastu)



## Riferimenti bibliografici

- <sup>1</sup> Office of the Inspector General US Nuclear Regulatory Commission. NRC's Regulation of Davis-Besse Regarding Damage to the Reactor Vessel Head. Case No. 02-03S, Dec 30, 2002.
- <sup>2</sup> Michaels, D. Doubt is their product. *Sci Am* 2005; 292: 96–101.
- <sup>3</sup> Smoking and health proposal. Brown&Williamson Document No. 332506. Available at <http://legacy.library.ucsf.edu/tid/rgy93foo>, accessed July 5, 2006.
- <sup>4</sup> Michaels, D, Monforton C. Manufacturing uncertainty: contested science and the protection of the public's health and environment. *Am J Publ Health* 2005;95: S39–S48.
- <sup>5</sup> Brennan D. Tobacco Institute, in a 1989 interview on ABC television's Good Morning America.
- <sup>6</sup> Thompson C. Memorandum to William Kloepfer, Jr. and the Tobacco Institute, Inc. from Hill and Knowlton, Inc.; October 18, 1968. Tobacco Institute Document TIMN0071488–1491.
- <sup>7</sup> National Academy of Sciences. Planning climate and global change research: a review of the draft U.S. climate change science program strategic plan. National Academies Press. 2003. Washington DC.
- <sup>8</sup> Luntz F. Memo on the environment. Available at Environmental Working Group: HYPERLINK "<http://www.ewg.org:16080/briefings/luntzmemo/pdf/LuntzResearch>" [http://www.ewg.org:16080/briefings/luntzmemo/pdf/LuntzResearch\\_environment.pdf](http://www.ewg.org:16080/briefings/luntzmemo/pdf/LuntzResearch_environment.pdf), accessed July 5, 2006.
- <sup>9</sup> National Toxicology Program, Board of Scientific Counselors..Summary of minutes from the report on Carcinogens Subcommittee Meeting, 2000 December 13-15. Available at: <http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Liason/121300.pdf>, accessed July 5, 2006.
- <sup>10</sup> Eisenbud M. An Environmental Odyssey: people, Pollution, and Politics in the Life of a Practical Scientist. 1990. University of Washington Press. Seattle, WA.
- <sup>11</sup> Sterner JH, Eisenbud M. Epidemiology of beryllium intoxication. *Arch Industr Hyg Occup Med* 1951; 4: 123–151.
- <sup>12</sup> National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard to beryllium exposure. DHEW HSM 72-10268 1972: IV–21.
- <sup>13</sup> January 1997 Beryllium Public Forum Albuquerque, NM. See [www.eh.doc.gov/be/forumal.htm](http://www.eh.doc.gov/be/forumal.htm)
- <sup>14</sup> Efficacy of the 2 ug/m<sup>3</sup> Standard. Exhibit B, Document ID CB053353. December 1991.
- <sup>15</sup> Paustenbach DJ, Madl AK, Greene JF. 2001. Identifying an appropriate occupational exposure limit (OEL) for beryllium: data gaps and current research initiatives. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 16: 527–538.
- <sup>16</sup> Jeffress, CN. Letter to Peter Brush, Acting Assistant Secretary, DOE. August 27, 1998.
- <sup>17</sup> U. S. Department of Labor. 1998. Unified Regulatory Agenda. 63 Federal Register 22218, April 27.
- <sup>18</sup> Occupational Safety and Health Administration. 2002. Occupational exposure to beryllium: request for information. 67 Federal Register 228: 70707, November 26.
- <sup>19</sup> Stange AW, Hilmas DE, Furman FJ, et al. 2001. Beryllium sensitization and chronic beryllium disease at a former nuclear weapons facility. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 16: 405–417.
- <sup>20</sup> Henneberger PK, Cumro D, Deubner DD, et al. 2001. Beryllium sensitization and disease among long-term and short-term workers in a beryllium ceramics plant. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 74: 167–176.
- <sup>21</sup> Kelleher PC, Martyny JW, Mroz MM, et al. 2001. Beryllium particulate exposure and disease relations in a beryllium machining plant. *J. Occ. Environ. Med.* 43: 238–249.
- <sup>22</sup> Rosenman K, Hertzberg V, Rice C, et al. 2005. Chronic beryllium disease and sensitization at a beryllium processing facility. *Environ. Health Perspect.* 113:1366–1372.
- <sup>23</sup> International Agency for Research on Cancer. 1993. Beryllium, cadmium, mercury, and exposures in the glass manufacturing industry. *Beryll. Beryll. Comp.* 58: 41–117.
- <sup>24</sup> National Toxicology Program. 2002. 10th Report on Carcinogens. Available at: <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s022bery.pdf>, accessed July 5, 2006.
- <sup>25</sup> Steenland K, Ward EM. 1991. Lung cancer incidence among patients with beryllium disease: a cohort mortality study. *J. Natl. Cancer Inst.* 83: 1380–1385.
- <sup>26</sup> Ward EM, Okun A, Ruder A, et al. 1992. A mortality study of workers at seven beryllium processing plants. *Am. J. Ind. Med.* 22: 885–904.
- <sup>27</sup> Sanderson WT, Ward EM, Steenland K et al. 2001. Lung cancer case-control study of beryllium workers. *Am. J. Ind. Med.* 39: 133–144.
- <sup>28</sup> Levy PS, Roth HT et al. 2002. Beryllium and lung cancer: a reanalysis of a NIOSH cohort mortality study. *Inhal. Toxicol.* 14: 1003–1015.
- <sup>29</sup> Sack K, Mundy A. Adose of denial. *Los Angeles Times*. March 28, 2004. Available at: <http://www.latimes.com/news/nationworld/nation/la-na-ppa-28mar28-1,1,4339482.print.htmlstory?coll=la-home-headlines&ct.ack=1&csset=true>. Accessed October 10, 2005.
- <sup>30</sup> Kernan WN, Viscoli CM, et al. 2000. Phenylpropranolamine and the risk of hemorrhagic stroke. *N. Engl. J. Med.* 343: 1826–1832.
- <sup>31</sup> Lagrenade L, Nourjah P et al. 2001. Estimating public health impact of adverse drug events in pharmacoepidemiology: phenylpropranolamine and hemorrhagic stroke. Poster presentation at the 2001 FDA Science Forum: Science across the boundaries. Washington DC, February 15–16.
- <sup>32</sup> Kirton W. Email to Bayer representatives, SUBJECT: CHPA Yale Study Meeting, 1/21/99. Available through the *Los Angeles Times*, "A Dose of Denial" at <http://www.latimes.com/news/nationworld/nation/la-na-ppa-28mar28-1,1,2552623.htmlstory?coll=la-home-headlines>. Accessibility verified October 10, 2005.
- <sup>33</sup> WEINBERG GROUP. Adverse event linked to OTC product. was available at: <http://www.weinberggroup.com>. Accessibility verified: July 30, 2004.
- <sup>34</sup> Krimsky S. 2003. Science in the private interest: has the lure of profits corrupted the virtue of biomedical research? Rowman-Littlefield Publishing. Lanham, MD.
- <sup>35</sup> Krimsky S. 2005. The funding effect in science and its implications for the judiciary. *J. Law Pol.* 8: 43–68.
- <sup>36</sup> Smith R. 2005. Medical journals are an extension of the marketing arm of pharmaceutical companies. *PLoS Med.* 2: e138.
- <sup>37</sup> Bekelman JE, Li J, Gross CP. 2003. Scope and impact of financial conflicts of interest in biomedical research: a systematic review. *JAMA* 289: 454–465.
- <sup>38</sup> Lexchin J, Bero LA, et al. 2003. Pharmaceutical industry sponsorship and research outcome and quality. *BMJ* 326: 1167–1170.
- <sup>39</sup> Gray GM, Cohen JT et al. 2004. Weight of the evidence evaluation of low dose reproductive and developmental effects of bisphenol A. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 10: 875–921.
- <sup>40</sup> Vom Saal FS, Hughes C. 2005. An extensive new literature concerning lowdose effects of bisphenol A shows the need for a new risk assessment. *Environ. Health Perspect.* 113: 926–933.
- <sup>41</sup> Bombardier C, Laine L. et al. 2000. Comparison of upper gastrointestinal toxicity and rofecoxib and naproxen in patients with rheumatoid arthritis. *N. Engl. J. Med.* 343: 1520–1528.
- <sup>42</sup> Graham D. Testimony before the U.S. Senate Finance Committee, November 18, 2004. Available at: <http://finance.senate.gov/hearings/testimony/2004test/111804dgttest.pdf>. Accessibility verified: October 10, 2005.
- <sup>43</sup> BERENSON A. 2005. For Merck, Vioxx paper trail won't go away. *New York Times*. August 21.
- <sup>44</sup> Davidoff F, Deangelis CD, Drazen CF, et al. 2001. Sponsorship, authorship, and accountability. *JAMA* 286: 1232–1234.
- <sup>45</sup> Michaels D, Wagner W. 2003. Disclosures in regulatory science. *Science* 302: 2073.
- <sup>46</sup> Wagner W, Michaels D. 2004. Equal treatment for regulatory science: extending the controls governing public research to private research. *J. Law Med.* 30: 119–154.
- <sup>47</sup> Hill A B. 1965. The environment and disease: association or causation? *Proc. Royal Soc. Med.* 58: 295–300.

## Gli studi epidemiologici nei siti di interesse nazionale per le bonifiche

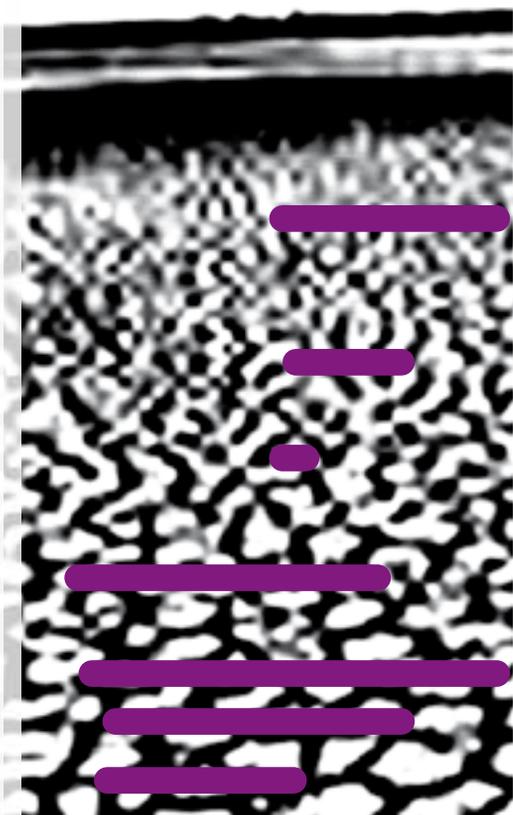
Lucia Fazzo

*Il problema dei siti inquinati e dei loro effetti sulla salute pubblica è sempre più al centro dell'attenzione di amministratori, opinione pubblica e comunità scientifica*

In Italia la nozione di “sito di interesse nazionale per la bonifica” ha una sua precisa specificazione normativa entrata nell'inquadramento legislativo con il Decreto 22 del 1997 (Decreto Ronchi), riguardo ai rifiuti e ai suoli da essi contaminati. Successivamente, la legge 426 del 1998 detta i criteri per la loro definizione e identifica i primi 15 siti di interesse nazionale per la bonifica, dato l'impatto ambientale, sanitario e socio-economico dell'inquinamento in essi presenti, allargandone il campo di intervento ai casi nei quali la contaminazione non sia determinata esclusivamente dai rifiuti. Il Decreto Ministeriale 471/1999 (regolamento applicativo del Decreto del 1997) indica le modalità e le procedure per gli interventi di bonifica e menziona la valutazione del rischio sanitario tra i criteri per l'individuazione dei siti di interesse nazionale. Negli anni successivi, diversi decreti hanno identificato altre aree, in base ai suddetti atti normativi, e ad oggi sull'intero territorio nazionale se ne contano 54<sup>1</sup>. In Umbria è stato identificato il sito di interesse nazionale “Terni-Papigno”, istituito nel 2002 (G.U. 5/10/2002), che include il comune di Terni. Per quanto riguarda la situazione in Europa, la European Environment Agency, in un documento di quest'anno, ha censito 250.000 siti inquinati, dei quali circa 80.000 bonificati; si stima che le bonifiche dureranno decenni e che, nel frattempo, il numero dei siti da bonificare aumenterà<sup>2</sup>. Negli Stati Uniti la problematica dei siti inquinati, nata inizialmente per le aree interessate dai rifiuti pericolosi, attualmente trova una propria connotazione all'interno del programma *Superfund* riguardante la bonifica di siti industriali.

In questi ultimi anni nel nostro paese è aumentata la preoccupazione e l'interesse da parte dell'opinione pubblica e degli amministratori in relazione al possibile impatto dell'inquinamento ambientale sulla salute delle popolazioni residenti in prossimità di questi siti. Seppure il DM 471/99 menzioni il rischio sanitario tra i criteri per la definizione di sito di interesse nazionale, non esiste alcuna norma che specifichi le procedure per la sua valutazione. Pur tuttavia, la comunità scientifica da tempo si sta interessando a tale

problematica, ponendosi interrogativi sugli aspetti metodologici e applicativi ed elaborando rapporti<sup>3,4</sup>. Le indagini epidemiologiche in questi siti, oltre ad una loro ragione di approfondimento conoscitivo, possono dare un contributo ai diversi momenti del processo di bonifica ambientale e indicazioni di interventi di sanità pubblica. Innanzitutto, come previsto dalla normativa, possono determinare l'individuazione stessa del sito. In realtà, ciò è accaduto molto raramente. Come esempio, ricordiamo, il sito di bonifica di Biancavilla in Sicilia: in questo caso, due successive segnalazioni di eccessi di mortalità per mesotelioma pleurico nel comune<sup>5,6</sup> hanno portato successivamente all'individuazione di una fibra asbestiforme, la fluoro-edenite, in un cava presente nel territorio comunale, il cui minerale è stato individuato come fattore di rischio<sup>7,8</sup>. Nel caso di siti già identificati, gli studi possono dare indicazioni per le priorità degli interventi di bonifica, evidenziando le situazioni nelle quali l'inquinamento ambientale ha un maggiore impatto sulla salute delle popolazioni. Questo è avvenuto nel caso dell'indagine sull'impatto sanitario del ciclo dei rifiuti nelle province di Napoli e Caserta (molti comuni delle quali sono inclusi nel sito di bonifica “Litorale Domizio-flegreo e Agro Aversano”) svolto dal Centro Europeo Ambiente e Salute dell'Oms, in collaborazione con l'Istituto di Fisiologia Clinica del Cnr di Pisa e il Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria dell'Iss. L'indagine, che ha compreso studi di complessità crescente, ha individuato una sub-area con eccessi di diverse patologie, nella quale è presente un maggior numero di siti di smaltimento illegale di rifiuti. In particolare, è stata trovata una relazione significativa tra una serie di esiti sanitari e un indicatore di esposizione a rifiuti specifico per i comuni in esame<sup>9</sup>. Indagini di monitoraggio biologico relative alle popolazioni residenti in prossimità di queste aree potranno costituire uno strumento per la valutazione dell'efficacia dei processi di bonifica ambientale; in alcuni casi, ad esempio, nei siti inquinati da amianto, potranno essere realizzati opportuni programmi mirati alla sorveglianza sanitaria<sup>10,11</sup>.



## GLI STUDI ATTUALMENTE DISPONIBILI

Le prime indagini epidemiologiche a livello nazionale sullo stato di salute delle popolazioni residenti in siti inquinati sono rappresentate dai due rapporti curati dal Centro Europeo Ambiente e Salute dell'Oms che, su mandato del Ministero dell'Ambiente, hanno analizzato le aree ad elevato rischio di crisi ambientale (definite in base alla legge 349/1986); in realtà queste aree solo in parte, e non sempre, coincidono con i territori inclusi nei "siti di interesse nazionale per le bonifiche"<sup>12</sup>. Si tratta di analisi di mortalità a livello comunale con il calcolo di stimatori (SMR e BMR), rispetto ad una popolazione di riferimento (provinciale o regionale) scelta in base alla numerosità della popolazione residente; "le analisi effettuate suggeriscono la presenza di effetti sulla salute di dimensioni non trascurabili"<sup>13,14</sup>. Successivamente, sono stati elaborati diversi studi epidemiologici sui singoli siti di bonifica, con un'ampia disomogeneità territoriale<sup>1</sup>. Più recentemente, sono stati pubblicati due rapporti che hanno indagato in maniera organica i siti inquinati della Sicilia<sup>15</sup> e della Sardegna<sup>16</sup>, con metodologie innovative. Il rapporto relativo alla Sicilia ha analizzato i dati della mortalità (anni 1995-2000) e dei ricoveri ospedalieri (2001-2003) dei residenti nei comuni definiti o nelle aree a rischio ambientale (Milazzo), siti oggetto di bonifica (Biancavilla) o che ricadono nelle due definizioni (Gela e Priolo) (la popolazione

*Le indagini epidemiologiche sono in grado di fornire un prezioso contributo ai processi di bonifica dei siti*

residente complessiva era al 2001 di 234.714 unità) e sono stati stimati gli SMR rispetto alla popolazione di riferimento, ovvero quella regionale, e quella dei comuni limitrofi. Nel rapporto della Sardegna sono stati considerati i dati di mortalità (1981-2001) e dei ricoveri

ospedalieri (1997-2001) in 18 aree "potenzialmente inquinate", suddivise in industriali, minerarie, militari e urbane, per un totale di 73 comuni e 918.000 abitanti. Tra queste aree compaiono i due siti di interesse nazionale per le bonifiche del Sulcis-Iglesiente-Guspinese e di Porto Torres.

## METODOLOGIA

Molto raramente un singolo studio potrà fornire una valutazione esaustiva dell'impatto sanitario dell'inquinamento presente in queste aree, ma sarà necessaria una serie di indagini integrate che prevedano il coinvolgimento di esperti sanitari, ambientali e tossicologi delle istituzioni nazionali e locali e nelle quali i risultati di ogni studio potrà costituire un "indizio". La prima verifica da effettuare, nella valutazione di fattibilità e nel disegno dello studio, è la disponibilità dei dati sia riguardo all'inquinamento ambientale che agli esiti sanitari, la validità e copertura temporale, nonché la scala spaziale. In base a queste informazioni si potranno disegnare tipi di studio diversi, di complessità crescente, dai quali dipenderà il livello di risposta che si potrà dare in rispetto all'impatto sanitario dell'inquinamento ambientale in questi siti. Per quanto attiene i dati sanitari, quelli maggiormente consolidati e con copertura totale sull'intero territorio nazionale sono i dati di mortalità aggregati a livello comunale. La scelta delle cause da analizzare dipenderà, in larga misura, dalle informazioni disponibili sugli inquinanti presenti nell'area; da queste si potranno elaborare ipotesi *a priori* che più saranno forti, maggiore sarà il grado di confidenza dei risultati. Molto spesso per questi siti non si hanno informazioni così specifiche, per cui in prima istanza, come è stato fatto anche nei rapporti citati precedentemente, si considerano le patologie per le quali si hanno conoscenze di fattori di rischio ambientale, oltre a quelle cause che contribuiscono a un inquadramento dello stato di salute generale. In questi ultimi anni in Italia si sta sviluppando l'utilizzo degli Archivi delle Schede di Dimissione Ospedaliera in epidemiologia ambientale per la stima della morbosità<sup>15,16</sup>.

Tali archivi nascono con una finalità amministrativa e il loro utilizzo in studi di epidemiologia ambientale per la stima dell'incidenza richiede particolari accorgimenti e scelte metodologiche. Attualmente non è disponibile una banca dati nazionale e, se in molte Regioni ne è stata verificata la validità, molte altre ne sono ancora sprovviste. Per la stima dell'incidenza di specifiche patologie, si può fare riferimento ai singoli registri, come i Registri Tumori e i Registri Regionali dei Mesoteliomi, così come i Registri delle Malformazioni Congenite per la stima della prevalenza alla nascita di malformazioni; non tutto il territorio nazionale, però, è coperto da questo tipo di archivi e la loro esaustività e qualità andrà valutata di volta in volta. Molte banche dati sono routinariamente disponibili per informazioni a livello comunale, ma, come vedremo più avanti, per dare indicazioni più probanti sulla correlazione tra esposizione ambientale e esiti sanitari, sono necessarie disaggregazioni maggiori, dal livello di sezioni di censimento fino ad arrivare al dato individuale e questo richiede informazioni dettagliate anche sull'esposizione. Molto spesso negli studi di epidemiologia ambientale è proprio la valutazione dell'esposizione a presentare maggiori difficoltà<sup>17</sup>. Questa richiede una costante e proficua collaborazione interdisciplinare tra la rete degli esperti in campo sanitario e quelli in campo ambientale (Arpa, Apat, Iss, Osservatori epidemiologici regionali, Asl). Un'informazione dalla quale non si può prescindere è il periodo di inizio delle attività presenti nel sito e che ne hanno determinato l'inquinamento, per decidere il periodo al quale fare riferimento nell'analisi dei dati sanitari, tenendo conto di un opportuno tempo di induzione-latenza per le patologie in esame.

L'utilizzo della residenza nei comuni inclusi nei siti di bonifica come surrogato di esposizione (il "proxy" degli autori di lingua inglese) presenta molti limiti, primo fra tutti il fatto che l'inquinamento non è omogeneo sull'intero territorio comunale e non tutti i residenti sono ugualmente esposti. Spesso questo approccio è l'unico percorribile e può comunque fornire un primo "indizio" (come nel caso di Biancavilla su menzionato). Successivamente, l'individua-

zione sul territorio delle sorgenti di inquinamento e la loro georeferenziazione, comprese le concentrazioni di specifici inquinanti nelle diverse matrici ambientali, potranno contribuire all'individuazione di sotto-gruppi di popolazione/soggetti maggiormente esposti. In questi anni si sta dando particolare attenzione all'utilizzo negli studi di epidemiologia ambientale effettuati tramite biomonitoraggio delle sostanze inquinanti sui singoli individui: questo ambito richiede indagini molto complesse con aspetti molto delicati anche di ordine etico e di rapporti con le comunità locali, oltre a richiedere specifiche risorse<sup>18</sup>.

Un ultimo aspetto particolarmente problematico in questi contesti è il ruolo sulla salute dello stato socio-economico. Tale fattore di rischio è di importanza rilevante nei processi eziologici di molte patologie, e molto spesso le popolazioni residenti nelle aree inquinate sono particolarmente deprivate. Molti studi su menzionati ne hanno infatti tenuto conto, standardizzando i dati per Indice di Deprivazione, come definito da Cadum e colleghi<sup>19</sup> e i cui risultati sono quindi al netto dell'effetto di questo fattore<sup>14,15,16</sup>. Tale aspetto però ha posto diversi problemi metodologici ed attualmente si sta valutando l'opportunità di una revisione della struttura dell'indicatore. Qui di seguito vengono illustrati i diversi tipi di studio di complessità crescente in base ai dati e alle risorse disponibili. Si tenga conto che molto spesso le indagini epidemiologiche iniziano da uno studio di maggiore semplicità per proseguire in un "framework" di complessità crescente, che permetterà di dare informazioni sempre migliori sulla relazione tra inquinamento e salute. Qui, nello specifico, non si trattano gli studi epidemiologici sui lavoratori, ma questi rappresentano un importante contributo nelle indagini di epidemiologia ambientale, soprattutto nelle aree nelle quali l'inquinamento è stato determinato da particolari siti produttivi. Questi studi anche in passato sono stati determinanti nell'individuazione della tossicità di determinate sostanze e, nello specifico, gli studi sulle coorti occupazionali possono dare "indizi" sulla presenza di inquinanti all'interno degli ambienti lavorativi, e quindi

nell'ambiente esterno, e nello stesso tempo fornire stime dell'impatto sanitario sui lavoratori e quindi su una frazione della popolazione<sup>20</sup>.

Con i dati sanitari a scala comunale in prima istanza si possono valutare gli eccessi di mortalità e/o morbosità, stimando i rapporti standardizzati (SMR) rispetto ad una popolazione di riferimento. Ogni scelta presenta propri limiti e vantaggi, per cui va valutata nel disegno dello studio e la motivazione va esplicitata. Spesso si utilizza la popolazione regionale o provinciale, a seconda della numerosità della popolazione in studio<sup>14</sup>, ma è possibile fare riferimento a diverse popolazioni: il recente rapporto sui siti di bonifica della Sicilia utilizza, oltre alla popolazione regionale e provinciale, quella residente nei comuni limitrofi opportunamente definiti<sup>15</sup>. Trattandosi di fattori di rischio con una distribuzione spaziale, un contributo importante viene dalla mappatura degli stimatori di esiti sanitari e dall'evoluzione di analisi spaziali dei dati, grazie allo sviluppo di programmi specifici (GIS: Geographic Information Systems). Gli stimatori bayesiani (BMR) forniscono stime di rischio più "stabili" rispetto ai precedenti: l'SMR di un comune viene corretto verso il valore medio dei vicini in misura inversamente proporzionale al numero dei casi osservati in quel comune; in questo modo i valori estremi degli SMR basati su pochi casi, e quindi maggiormente soggetti all'effetto del caso, vengono "lisciati".

La *clustering analysis* viene effettuata su singole e specifiche patologie, ed evidenzia aggregati spaziali di sub-aree con eccessi di patologie e ne stima i rischi rispetto all'area di riferimento; maggiori sono le conoscenze sulle possibili sorgenti di rischio presenti e più forti saranno le nostre ipotesi *a priori* e maggiore sarà il grado di confidenza dei risultati. Ad esempio, l'analisi di *clustering* relativa ai mesoteliomi pleurici di fatto disegna la mappatura delle fonti di esposizione ad amianto in Italia<sup>21</sup>; l'analisi di *clustering* relativa alla sclerosi laterale amiotrofica, patologia per la quale l'esposizione ad alcuni fattori ambientali è sospettata di essere un cofattore, si limita ad individuare aree geografiche nelle quali concentrare futuri studi<sup>22</sup>.

Un esempio particolarmente evoluto di studio

geografico è l'analisi di correlazione che è stata sviluppata all'interno della ricerca sull'impatto sanitario del ciclo dei rifiuti nelle province di Napoli e Caserta già menzionato e alla quale si rimanda per i dettagli<sup>9</sup>. Grazie allo sviluppo di un'elaborata banca dati territoriale e della sua implementazione in un GIS, è stato possibile

*Gli studi sulla valutazione dell'impatto sanitario degli inquinanti ambientali richiedono grandi sinergie fra esperti in materia ambientale e sanitaria*

costruire un indicatore comunale di rischio da rifiuti, utilizzato successivamente nell'analisi di correlazione che ha evidenziato una relazione significativa tra questo indicatore e gli eccessi di diverse patologie. I risultati di questi studi saranno maggiormente informativi, quanto più spinto sarà il livello di disaggregazione spaziale al quale saranno disponibili i dati. Per poter dare informazioni specifiche sul nesso causale tra una specifica esposizione e una patologia, dagli studi geografici si dovrà passare agli studi nei quali l'unità osservazionale è il singolo individuo: gli studi sulle coorti residenziali e quelli caso-controllo. Entrambi richiedono una raccolta dati attraverso indagini *ad hoc*, e non il semplice utilizzo di flussi informativi esistenti, per cui richiedono maggiori risorse. Per entrambi i tipi di studio il punto cruciale è la valutazione dell'esposizione. Nel primo caso va individuata e selezionata l'area interessata dall'inquinamento, e quindi il gruppo di popolazione in essa residente, e al suo interno i sotto-gruppi interessati da diversi livelli di esposizione; nel caso degli studi caso-controllo la valutazione deve essere effettuata per il singolo individuo. Tali passaggi richiedono una collaborazione con l'Ufficio Anagrafe dei Comuni coinvolti, per avere le informazioni anagrafiche identificative dei singoli soggetti necessarie per la loro ricerca nelle banche dati sanitarie. Queste ultime dovranno quindi contenere le informazioni per singolo individuo

ed essere interrogabili per nominativo. Questo ovviamente pone aspetti problematici riguardo il rispetto della salvaguardia della privacy e si deve prevedere quindi il consenso informato dei soggetti in studio.

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini prese in esame, dallo studio geografico a livello comunale al più complesso studio caso-controllo, devono rispettare criteri di validità ed elevati standard di qualità<sup>23</sup>. È necessaria una stretta collaborazione tra gli esperti delle problematiche ambientali e tossicologiche e gli esperti in campo sanitario-epidemiologico e una condivisione delle fonti informative. I risultati di questi studi, soprattutto per la valutazione

dell'impatto sanitario degli inquinanti ambientali, vanno letti all'interno del complesso meccanismo eziologico delle singole patologie. Molto spesso, tranne in rari casi come il mesotelioma pleurico e l'esposizione a fibre asbestiformi, si tratta di patologie multifattoriali, per le quali la dieta e gli stili di vita hanno un ruolo importante. Senza negare tale complessità né il ruolo degli altri fattori di rischio, l'epidemiologia ambientale può fornire gli elementi per interventi in grado di diminuire il rischio complessivo a livello di popolazione. In questo senso ci sono indicazioni anche dal *National Institute for Environmental Health Sciences* (NIEHS) degli Stati Uniti che sostiene l'importanza di questo tipo di studi per prevenire patologie che ammettano cause ambientali, anche in assenza di una completa

comprensione dei soggiacenti meccanismi patogenetici<sup>24</sup>. Come già detto, inoltre questi studi possono contribuire alle scelte politiche relative a questi territori, individuando le priorità per la bonifica ambientale, valutandone l'efficacia in termini sanitari e indicando interventi di sanità pubblica. Questo richiede uno sforzo di comunicazione tra i vari "stakeholders", e in particolare con le comunità interessate<sup>25</sup>. In questo percorso dovranno essere esplicitati i limiti di ogni studio, e precisate le domande alle quali i risultati man mano prodotti possono rispondere<sup>26</sup>. Solo così, nella veridicità e chiarezza dei singoli ruoli, gli studi epidemiologici potranno portare elementi conoscitivi nei processi decisionali sulle politiche ambientali e sanitarie del nostro paese.

#### Riferimenti bibliografici

- 1 Bianchi F, Biggeri A, Cadum E, Comba P, Forastiere F, Martuzzi M, Terracini B. Epidemiologia ambientale e aree inquinate in Italia. *Epidemiologia & Prevenzione* 2006;30(3):146-152
- 2 European Environment Agency. *EEA. Progress in management of contaminated sites (CSI 015)*. 2007
- 3 Cori L, Cocchi M, Comba P (Ed.). *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'UNIONE Europea*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2005. (Rapporti ISTISAN 05/1).
- 4 Bianchi F, Comba P. (Ed) *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/19).
- 5 Di Paola M, Mastrantonio M, Comba P, Grignoli M, Maiozzi P, Martuzzi M. Distribuzione territoriale della mortalità per tumore maligno della pleura in Italia. *Annali dell'Istituto Superiore di Sanità* 1992; 28: 589-600
- 6 Mastrantonio M, Belli S, Binazzi A, Carboni M, Comba P, Fusco P, Grignoli M, Iavarone I, Martuzzi M, Nesti M, Trinca S, Uccelli R. La mortalità per tumore maligno della pleura nei comuni italiani, 1988-1997. *Rapporti ISTISAN 02/12*, ISSN 1123-3117, Roma, 2002
- 7 Paoletti L, Batisti D, Bruno C, Di Paola M, Gianfagna A, Mastrantonio N, Nesti M, Comba P. Unusually high incidence of malignant pleural mesothelioma in a town of Eastern Sicily: an epidemiological and environmental study. *Arch Environ Health* 2003; 55(6):392-398
- 8 Comba P, Paoletti L, Gianfagna A. Pleural mesothelioma cases in Biancavilla are related to a new fluoro-edenite fibrous amphibole. *Arch Environ Health* 2003; 58(4):229-232
- 9 Mitis F, Martuzzi M, Bianchi F, Minichilli F, Comba P, Fazzo L. Waste and health in Southern Italy. *Epidemiology* 2007; 18(5), Suppl: S134 (disponibile sul sito: <http://www.protezionecivile.it/>)
- 10 Iavarone I. Contaminazione ambientale da metalli e composti organoalogenati: il biomonitoraggio in indagini di ricerca e di sorveglianza epidemiologica. In: Bianchi F, buggeri A, Comba P, Pirastu R. (Ed) *L'impatto sanitario dei siti inquinati*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; (Rapporti ISTISAN), in stampa
- 11 Zona A, Bruno C. Sorveglianza epidemiologica e sanitaria in siti inquinati da amianto. In: Bianchi F, buggeri A, Comba P, Pirastu R. (Ed) *L'impatto sanitario dei siti inquinati*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; (Rapporti ISTISAN), in stampa
- 12 Fazzo L. I 17 siti del Piano nazionale delle bonifiche delle regioni Obiettivo 1: le indagini epidemiologiche ad oggi disponibili. In: Cori L, Cocchi M, Comba P (Ed.) *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2005 (Rapporti ISTISAN 05/1)
- 13 Bertollini R, Fabbri M, Di Tanno N. (Ed). *Ambiente e salute in Italia*. Organizzazione Mondiale della Sanità. Casa Editrice: Il Pensiero Scientifico. Roma, 1997
- 14 Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R (Ed). *Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia*. *Epidemiologia e Prevenzione* 2002; 26(6) Suppl: 1-56
- 15 Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S, Pollina Addario S, Caruso S, Mira A, forestiere F, peducci C.A. Stato di salute della popolazione residente nelle aree ad elevato rischio ambientale e nei siti di interesse nazionale della Sicilia. *Notiziario O.E. Dip. Osservatorio Epidemiologico, Assessorato Sanità, Regione Siciliana*. Roma: Casa editrice Rirea; 2005
- 16 Biggeri A, Lagazio C, Catean D, Pirastu R, Casson F, Terracini B. Ambiente e salute nelle aree a rischio della Sardegna. *Epidemiologia e Prevenzione* 2006; 30(1) Suppl 1:1-96
- 17 Iavarone I. Valutazione dell'esposizione ad inquinanti ambientali. In: Bianchi F, Comba P. (Ed.). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/19).
- 18 Bianchi F. Biomonitoraggio in epidemiologia ambientale. In: Cori L, Cocchi M, Comba P (Ed.) *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2005. (Rapporti ISTISAN 05/1)
- 19 Cadum E, Costa G, Biggeri A, Martuzzi M. Deprivazione e mortalità: un indice di deprivazione per le analisi geografiche delle ineguaglianze. *Epidemiologia e Prevenzione* 1999; 23:175-187
- 20 Pasetto R, Pirastu R. Studio di coorte nel contesto dei siti inquinati. In: Bianchi F, Comba P. (Ed.). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/19).
- 21 Mastrantonio M, Altavista P, Binazzi A, Uccelli R, Belli S, Comba P. La sorveglianza della mortalità per tumore maligno della pleura in Italia. In: *Convegno Epidemiologia per la sorveglianza: dal disegno alla comunicazione Istituto Superiore della Sanità, Roma 15-16 maggio 2006*. Roma Istituto Superiore di Sanità; 2006. (ISTISAN Congressi 06/C2)
- 22 Uccelli R, Binazzi A, Altavista P, Belli S, Comba P, Mastrantonio M, Vanacore N. Geographic distribution of amyotrophic lateral sclerosis through motor neuron disease mortality data. *Eur J Epidemiol*, sept 2007
- 23 Comba P, Fazzo L. Disegno dello studio epidemiologico nei siti inquinati: aspetti di validità, fattibilità. In: Bianchi F, Comba P. (Ed.). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2006. (Rapporti ISTISAN 06/19).
- 24 Schwartz B.S, Rischitelli G, Hu H. The future of environmental medicine in Environmental Health Perspectives: Where should we be headed? [ Editorial]. *Environ Health Perspectives* 2005;113 (9).
- 25 Fazzo L. Communication in environmental epidemiological studies. *Ital J of Public Helth* 2007; 4(1): 65-70
- 26 Terracini B. Comunicazione del rischio, dei risultati delle ricerche e delle fasi dell'intervento. In: Cori L, Cocchi M, Comba P (Ed.). *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2005. (Rapporti ISTISAN 05/1)
- SMR: Rapporto Standardizzato di Mortalità /Morbosità; BMR: Rapporto Bayesiano di Mortalità/Morbosità

## IL SITO DI INTERESSE NAZIONALE TERNI-PAPIGNO

Emanuela Siena

Terni-Papigno è una vasta zona che si trova nella parte orientale della città, caratterizzata fin dalla fine dell'ottocento da una forte presenza di attività industriali siderurgiche, chimiche, elettriche e tessili (in gran parte riconducibili alla Terni Società per l'Acciaio e l'Elettricità) ancora in attività o dismesse. L'area interessata, per larga parte proprietà del Comune di Terni (tratto iniziale della media Valnerina e la Cascata delle Marmore) include nuclei industriali, ormai totalmente inglobati nel tessuto cittadino e urbano, ed è stata investita da "processi produttivi di rilevantissima potenzialità e forte impatto" che, soprattutto in passato, hanno dato luogo a situazioni di rischio per l'ecosistema e la salute umana. In base a queste considerazioni il sito è stato individuato dal Ministero dell'Ambiente, con DM 468/01, come sito di interesse nazionale ed è attualmente soggetto agli interventi previsti dal Piano di bonifica. Tali interventi sono stati all'epoca stimati in 65 miliardi e finanziati per 15,6 miliardi di lire, da destinare alla bonifica e al ripristino ambientale dei soli siti di competenza pubblica. La prima perimetrazione provvisoria del sito Terni-Papigno è avvenuta con il Decreto 8 luglio 2002 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio.

Il territorio che ricade in questa perimetrazione iniziale è sede del complesso siderurgico ThyssenKrupp - Acciai Speciali Terni spa e delle relative discariche di rifiuti industriali; della centrale idroelettrica di Galletto di proprietà Endesa e delle stazioni di trasformazione e distribuzione di Villa Valle, di proprietà Endesa e Gruppo Enel; del Polo di mantenimento armamento leggero (ex Fabbrica d'Armi), di proprietà del Ministero della Difesa. L'area in oggetto comprende, inoltre, alcuni insediamenti industriali attualmente inattivi, quali l'ex stabilimento chimico per la produzione di carburo di calcio di Papigno, dimesso negli anni '70, di proprietà del Comune di Terni, l'ex jufificio Centurini, dimesso negli anni '70, di proprietà ThyssenKrupp Acciai Speciali Terni spa e l'ex lanificio Gruber dimesso negli anni '40, di proprietà del Comune di Terni. Successivamente si è reso necessario rivedere la prima perimetrazione al fine di escludere le aree che non presentavano rischio di contaminazione delle matrici ambientali e individuare, quindi, le aree per le quali fossero necessari interventi di bonifica e ripristino ambientale. In particolare, quelle porzioni di territorio, prevalentemente agricole e collinari, sulle quali non hanno mai insistito attività produttive a carattere industriale. Con successiva DGR n. 691 del 28/05/03 è stato stabilito di effettuare una "caratterizzazione a maglia larga" dell'area perimetrata e di predisporre, sulla base di questa, una nuova perimetrazione in grado di individuare in modo analitico e puntuale, le aree da sottoporre a interventi di bonifica e ripristino ambientale. L'incarico di una adeguata validazione tecnico-scientifica è stato affidato ad Arpa Umbria.

Tale caratterizzazione a maglia larga è stata eseguita tramite più campagne di indagini analitiche in funzione di quanto richiesto dal Ministero dell'Ambiente e ha consentito una ridefinizione del perimetro iniziale. Per quanto riguarda i siti di competenza pubblica sopra citati sono stati effettuati i seguenti interventi: messa in sicurezza d'emergenza e caratterizzazione del sito ex stabilimenti elettrochimici di Papigno, con particolare riguardo alla ex discarica di servizio dello stabilimento; messa in sicurezza d'emergenza e caratterizzazione del sito ex lanificio Gruber. Per quanto riguarda il sito ex lanificio Gruber i risultati della caratterizzazione hanno evidenziato la presenza nei terreni di una contaminazione puntuale rappresentata principalmente da "Idrocarburi pesanti C>12" e, in qualche punto, tracce di piombo e zinco.

Nel sito ex stabilimenti elettrochimici di Papigno, data la notevole estensione, sono stati effettuati dapprima numerosi interventi di messa in sicurezza d'emergenza consistenti sia nella rimozione di tonnellate di rifiuti abbandonati in modo incontrollato all'interno dell'area degli stabilimenti, sia interventi di messa in sicurezza della discarica di servizio consistenti nella copertura della superficie con telo di HDPE e opere di regimazione delle acque superficiali. Al termine di tali interventi è stata effettuata la caratterizzazione di tutto il sito, che ha evidenziato nell'area stabilimenti la presenza di una contaminazione prevalentemente da idrocarburi pesanti e, in alcuni punti, da rame e piombo. Nell'area della discarica è stata rinvenuta una contaminazione superficiale da idrocarburi pesanti, metalli e PCB. Per entrambi i siti sono in corso di redazione i progetti di bonifica.

Per quanto riguarda i siti di competenza privata hanno tutti effettuato la caratterizzazione del sito in attesa della bonifica. In questi anni, inoltre, sono stati effettuati interventi sui più importanti poli industriali della provincia (principalmente industrie chimiche spesso ubicate a ridosso dell'asta del Fiume Nera), che hanno pesantemente influito sullo sviluppo della città e sugli equilibri ecologici del territorio. Le aree analizzate sono:

- Ex Polymer Terni
- Alcantara Spa e ex Enichem di Nera Montoro
- Ex Linoleum e ex Elettrocarbonium Narni Scalo

In particolare sono stati realizzati interventi di messa in sicurezza d'emergenza, caratterizzazione e bonifica mirati alle tipologie di contaminazione riscontrata e volti a preservare la salute umana e le risorse idriche superficiali. Tali interventi sono tuttora in corso.

Ex Linoleum e ex Elettrocarbonium di Narni Scalo non sono ancora iniziati. A breve avranno inizio anche gli interventi.

## Le iniziative per un miglior controllo ambientale del territorio

Stefania Righi

*Il rating di sostenibilità ambientale è uno strumento in grado di dare uno sfondo contestuale e una proiezione temporale alle diverse forme di certificazione ambientale*

Negli ultimi anni settori diversi della società esprimono una domanda di maggiore responsabilità sociale, sia da parte delle imprese che delle istituzioni amministrative e finanziarie. Se è vero infatti che la sostenibilità di un sistema dipende dagli stili di vita e di consumo, tutti gli ambiti della vita economica possono essere chiamati a minimizzare gli impatti negativi sugli equilibri sociali e ambientali.

Il *rating* etico risponde all'esigenza di misurare il livello di Responsabilità sociale delle imprese quotate in Borsa. Esso mira a fornire agli investitori istituzionali (Fondi etici, Fondi Pensione ecc.) un'indicazione sintetica capace di guidare le politiche di investimento e si basa sull'assunto che esiste una correlazione positiva tra la buona gestione delle variabili sociali, l'affidabilità etica e la creazione di valore.

Il concetto di Responsabilità sociale include molto spesso anche il capitolo relativo alla sensibilità verso i temi ambientali. Tuttavia poche sono fino ad oggi le esperienze di *rating* mirate in modo specifico agli aspetti ambientali, e queste riguardano comunque grandi aziende presenti nei listini di Borsa.

Contrariamente a ciò che accade da anni in diversi Paesi europei (a cominciare dalla Gran Bretagna e dai Paesi Bassi), manca ancora in Italia uno strumento di monitoraggio e controllo degli aspetti ambientali che interessi la dimensione di impresa più diffusa, ossia le piccole e medie imprese, che le consideri all'interno del contesto territoriale e le segua nel tempo.

### IL RATING DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

Il *rating* di sostenibilità ambientale è un'attività sistematica di analisi e valutazione del comportamento ambientale di un'impresa o di un ente svolta da un soggetto esterno specializzato. È uno strumento in grado di dare uno sfondo contestuale e una proiezione temporale alle diverse forme di certificazione ambientale, fornendo una misura sintetica dei rischi sociali e finanziari collegati al comportamento ambientale degli enti e delle imprese, anche medio-piccole.

Il *rating* ambientale può essere utilizzato innanzitutto dai soggetti che hanno interessi di governance o di censimento del territorio: l'Unione europea, il Governo nazionale, gli Enti locali, le associazioni imprenditoriali e di categoria. Anche le banche e le assicurazioni possono essere interessate al *rating* di sostenibilità ambientale, in quanto questo strumento permette di affidare la valutazione del rischio e la valutazione delle performance ambientali del portafoglio clienti ad intermediari esterni.

Il *rating* ambientale si basa su di un'analisi dalla quale scaturisce una valutazione sintetica espressa in numeri o in lettere (ad esempio da 1 a 5 oppure da A ad E) che quantifica la capacità di un'impresa o di un ente di sopportare le conseguenze ambientali della propria attività. Attraverso il *rating*, l'incidenza ambientale di un'impresa viene contestualizzata al settore di attività, al distretto industriale di appartenenza, ai processi e alle tecnologie più avanzati disponibili sui mercati.

Il *rating* posiziona quindi il soggetto esaminato all'interno di una precisa scala valutativa e consente la comparazione e l'aggiornamento periodico (trimestrale, semestrale o annuale) dei valori. Sia l'analisi che la valutazione finale sono condotte secondo indici di sostenibilità, di rischio e di performance definiti, che vengono tuttavia adattati in modo flessibile alle realtà prese in esame. La trasparenza e la qualità delle informazioni è uno dei punti-chiave per l'attività del *rating* ambientale. Poiché le principali anche se non esclusive fonti di dati ambientali sono le imprese e gli enti stessi, l'affidabilità qualitativa e quantitativa dei dati che vengono forniti è di importanza fondamentale ai fini dei risultati del processo.

La dimensione sulla quale il *rating* ambientale può intervenire comprende:

- le aree di rilevanza amministrativa, come Regioni, Provincie, Comuni, Comunità montane;
- le singole imprese esaminate all'interno del loro contesto territoriale.

le aree protette di interesse naturale, come parchi naturali, oasi, aree protette;

1,010 •  
01,010 • +  
,100 • +  
.

- i sistemi produttivi locali e gli ambiti produttivi omogenei;
- i distretti industriali.

Per quanto riguarda quest'ultima dimensione dell'analisi ambientale, è interessante notare che le imprese che operano all'interno di un distretto industriale presentano diversi aspetti comuni: le attività produttive incidono sullo stesso ecosistema locale, la specializzazione delle produzioni e la comune matrice tecnologica, organizzativa e culturale si traduce spesso in comuni problematiche ambientali (ad esempio scarichi idrici nello stesso fiume, rifiuti nella medesima discarica, efficacia tecnologica degli impianti di abbattimento degli inquinanti, gestione delle reti di monitoraggio in comune). Un aspetto di ulteriore interesse è dato dal rapporto con gli interlocutori locali: le imprese del distretto industriale si trovano ad interagire con la stessa comunità, con le stesse istituzioni e con gli stessi organismi di controllo, ossia debbono rispondere a identiche richieste circa la qualità dell'ambiente.

### L'ANALISI AMBIENTALE

Il *rating* si basa su di un'analisi ambientale sia delle imprese che del contesto territoriale, dalla quale scaturisce una valutazione sintetica che consente la comparazione e l'aggiornamento periodico trimestrale, semestrale o annuale.

L'analisi contempla tra l'altro:

- *Inquadramento del territorio* o distretto industriale;
- *Identificazione delle problematiche* che caratterizzano lo stato dell'ambiente;
- *Pressioni esercitate dalle attività produttive* sul territorio (tipologia delle attività produttive prese in esame, localizzazione e concentrazione, misurazione della rischiosità per tipologia di impresa);
- *Verifica delle certificazioni* Emas o ISO 14001 esistenti;
- *Risposte o correttivi messi in atto dalle singole imprese* e dal distretto industriale (tecnologie per la depurazione delle acque e il trattamento dei fanghi, tecnologie di abbattimento delle emissioni in atmosfera, di riduzione del rumo-

re, iniziative per il recupero dei sottoprodotti delle lavorazioni ecc.);

- *Percezione dei problemi ambientali* emergenti da parte della popolazione locale;
- *Valutazione delle criticità* e degli aspetti ambientali legati al territorio;
- *Analisi individuale e comparata* (rispetto a un benchmark) del comportamento ambientale delle imprese;
- *Valutazione sintetica* finale.

A seconda delle necessità, nel processo di analisi si può decidere di approfondire singoli aspetti delle attività economiche, come:

- il tipo di energia utilizzata (da fonti tradizionali o rinnovabili);
- l'analisi delle materie prime;
- l'analisi della compatibilità ambientale dei prodotti finali o dei servizi offerti alla clientela;
- i rischi ambientali dell'attività esaminati anche alla luce dei fattori di cambiamento climatico in atto;
- le certificazioni dei processi produttivi ai fini del rispetto ambientale (EMAS, ISO14001 ecc.) ottenute dall'impresa.

Sia l'analisi che la valutazione finale del *rating* si basano su indici di sostenibilità, di rischio e di performance definiti, che vanno tuttavia adattati in modo flessibile alle diverse realtà prese in esame.

Tra gli elementi che rientrano nell'analisi si evidenziano:

*Rifiuti* - quantità prodotte, modalità di gestione e di smaltimento

*Qualità dell'aria* - emissioni in atmosfera da attività produttive, emissioni da traffico veicolare, emissioni da impianti di riscaldamento o condizionamento

*Qualità e tutela del suolo* - occupazione di suolo per attività produttive, aree verdi, impatto visivo

*Qualità e tutela del sottosuolo* - livello della falda, fenomeni di inquinamento, qualità degli inquinanti, aree da bonificare

*Qualità dei corsi d'acqua superficiali* - inquinamento da attività produttive, inquinamento da attività civili o domestiche

*Consumi di energia* - esame delle fonti, consumi da attività produttive, consumi da attività

commerciali e terziario, consumi domestici  
*Consumi di risorse idriche* - esame delle fonti, consumi da attività produttive, consumi da attività commerciali, consumi per uso civile

*Rumore esterno e interno* - rumore da attività produttive, da traffico veicolare, da esercizi commerciali

*Inquinamento elettromagnetico* - inquinamento da elettrodotti, inquinamento da stazioni radio televisive o da ripetitori per telefonia cellulare

*Vincoli naturalistici o paesaggistici* - biodiversità, conservazione del patrimonio naturale e paesaggistico

### IL RUOLO DELLA CONTABILITÀ AMBIENTALE

Si è scritto del ruolo centrale dell'informazione e dell'importanza della verificabilità dei dati. In mancanza di corrette informazioni di base, infatti, i sistemi vecchi e nuovi di monitoraggio e di gestione ambientale del territorio, ivi compreso il *rating* di sostenibilità ambientale, sono destinati a rimanere confinati in una dimensione esclusivamente qualitativa. Appare sempre più urgente disporre di supporti informativi capaci di misurare le interazioni tra l'economia e l'ambiente e di mettere le amministrazioni in grado di scegliere in modo consapevole quali settori economici e comparti ambientali privilegiare nelle decisioni, nonché avvalersi di indicatori di sostenibilità ambientale accettati internazionalmente

*È sempre più urgente disporre di supporti informativi capaci di misurare le interazioni tra economia e ambiente*

che consentano la quantificazione e la comparazione delle varie forme di inquinamento. In questa direzione si stanno facendo diversi passi avanti. Il 7 settembre scorso il Consiglio dei Ministri ha adottato lo schema di disegno di

legge delega al Governo per l'introduzione di un sistema di contabilità e bilancio ambientale nello Stato, nelle Regioni e negli Enti locali, sulla base di una proposta della Commissione di studio sulla contabilità ambientale istituita nel novembre dello scorso anno dal Ministro dell'Economia e delle Finanze. Lo schema del disegno di legge delega è stato trasmesso alla Conferenza unificata Stato-Regioni / Stato - città' ed autonomie locali, per l'acquisizione del relativo parere, in vista dell'avvio dell'iter parlamentare. L'iniziativa legislativa sulla contabilità ambientale ha preso per la prima volta le mosse da un atto del responsabile del dicastero economico e non dal dicastero ambientale, e questo è sicuramente un fatto rilevante. Attraverso il sistema di contabilità

*La contabilità ambientale descrive le relazioni tra economia e ambiente attraverso la valutazione di diversi parametri*

e bilancio ambientale, gli atti di programmazione economico-finanziaria e di bilancio saranno integrati con obiettivi e informazioni riguardanti la sostenibilità ambientale delle decisioni sottoposte al dibattito politico. Per questo, i vari livelli di governo saranno chiamati a elaborare e approvare specifici bilanci di previsione e rendiconti focalizzati sulla sostenibilità ambientale delle politiche da adottare. Il bilancio ambientale avrà carattere di informazione complementare rispetto alle determinazioni del bilancio economico finanziario, ma le procedure avranno carattere obbligatorio. L'articolazione del bilancio ambientale dovrà rispondere a criteri di gradualità anche in relazione alle specifiche competenze dei vari livelli di governo, e per gli Enti locali si dovrà tener conto delle dimensioni territoriali e demografiche. Uno specifico comma dello schema di legge delega riguarda i Comuni con una popolazione inferiore a 50 mila abitanti, che potranno aderire alle prescrizioni relative alla contabilità ambientale anche in forma

associata, purché siano evidenziati gli impegni programmatici e i risultati raggiunti da ogni singolo Comune.

### **I COLLEGAMENTI CON IL DPEF 2008- 2012**

Lo schema di legge delega giunge in porto quasi contemporaneamente al Documento di programmazione economica e finanziaria per gli anni 2008-2012 approvato a fine giugno. Come si sa, il Dpef ha posto l'accento su un modello di crescita sostenibile sotto il profilo finanziario, sociale e ambientale. Questioni quali il debito pubblico, l'equità intergenerazionale e l'uso non sostenibile delle risorse naturali hanno un comune denominatore: il fatto che viene consumato oggi ciò che dovrebbe sostenere la vita domani. È necessario quindi riconsiderare i modelli di contabilità economico-finanziari, affiancando ad essi – sempre secondo il Dpef – sistemi contabili e di bilancio in grado di rilevare l'incidenza sull'ambiente delle politiche pubbliche, e in tal senso il Governo è impegnato ad introdurre “ un sistema di contabilità e bilancio ambientale nello Stato, nelle Regioni e negli Enti Locali che integri gli atti di programmazione economico-finanziaria e di bilancio dello Stato, delle Regioni, delle Province e dei Comuni, allo scopo di assicurare conoscenza, trasparenza e responsabilità all'azione di Governo rispetto ai principi dello sviluppo sostenibile, assicurando, altresì, il diritto all'informazione ambientale”.

### **LA DISAGGREGAZIONE TERRITORIALE**

La contabilità ambientale descrive le relazioni tra economia e ambiente in molti modi: attraverso l'esame dei flussi di materia dell'intera economia; delle emissioni di inquinanti associate alle varie attività produttive e ai consumi delle famiglie, messe a confronto con i corrispondenti aggregati socio-economici di produzione, valore aggiunto e occupazione; delle spese ambientali; delle tasse ambientali; delle attività che producono beni e servizi per l'ambiente (eco-industrie); delle

consistenze e variazioni delle diverse risorse naturali. Le potenzialità di utilizzo dei conti ambientali sono di fatto simili a quelle dei conti economici nazionali: è possibile derivarne indicatori, approfondire le relazioni tra i soggetti, costruire modelli di simulazione. Un argomento destinato ad assumere una particolare visibilità nel contesto dei conti ambientali, e di notevole rilievo ai fini delle politiche di gestione ambientale del territorio è la disaggregazione territoriale dei conti stessi. Come è stato evidenziato da un lavoro congiunto di Istat e Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione<sup>1</sup>, gli strumenti della contabilità ambientale, una volta sviluppati sistematicamente anche su scala regionale, permetteranno di effettuare confronti tra realtà territoriali diverse, utili per scegliere in modo consapevole non solo quali settori economici e comparti ambientali, ma anche quali ambiti territoriali privilegiare nelle decisioni. Va in questo senso l'accordo raggiunto prima dell'estate tra il Dipartimento per le Politiche di Sviluppo e di Coesione del Ministero dello Sviluppo Economico e l'Istat, che si inquadra nel Progetto “Conti ambientali su scala regionale” nell'ambito del Programma di Diffusione delle Conoscenze e prevede che l'Istat avvii la compilazione di conti economici regionali integrati con computo delle emissioni atmosferiche per tutte le regioni italiane.

### **VERSO STANDARD INTERNAZIONALI**

Anche sul piano internazionale si registrano iniziative positive. Si è tenuta nella prima settimana di luglio presso le Nazioni Unite la riunione annuale dello UN, *Committee of Experts on Environmental-Economic Accounting*, nella quale sono state affrontate le questioni relative alla prossima revisione del manuale di contabilità nazionale “*Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*” di Nazioni Unite, Unione Europea, Fondo Monetario Internazionale, Banca Mondiale e Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico.

Le conclusioni della riunione costituiscono un passo decisivo nella direzione di elevare il manuale entro il 2012 al rango di standard internazionale, cioè allo stesso livello del System of National Accounts da tempo in uso per la stima di aggregati economici quali il Pil. Per quanto riguarda i contenuti della nuova versione del manuale della contabilità ambientale, un aggiustamento significativo consisterà nel separare le parti del manuale che possono assumere lo status di standard internazionale da quelle che continueranno a rappresentare soltanto buone pratiche. Le prime conterranno concetti, definizioni, classificazioni e schemi contabili su cui c'è un diffuso consenso internazionale, e costituiranno le linee guida per l'implementazione su base regolare di conti ambientali armonizzati a livello globale. Inoltre è probabile l'introduzione nel nuovo manuale di una sezione specifica sugli indicatori derivati dai conti ambientali.

A tal fine saranno enucleati dal sistema contabile alcuni aggregati prontamente utilizzabili dai decisori ai vari livelli di governo, dalle imprese per conoscere il contesto in cui si muovono, dai cittadini per valutare l'operato degli amministratori.

#### Riferimenti bibliografici

Cervigni R., Costantino C., Falcitelli F., Femia A., Pennisi A., Tudini A.: *Ambiente e politiche di sviluppo: le potenzialità della contabilità ambientale per decidere meglio*, Ministero dell'Economia e delle Finanze, Materiali UVAL Numero 5 – Anno 2005, Roma. Disponibile anche on line: [www.dps.tesoro.it/documentazione/uval/materiali\\_uval/Muval5\\_Contabilita\\_Ambientale.pdf](http://www.dps.tesoro.it/documentazione/uval/materiali_uval/Muval5_Contabilita_Ambientale.pdf) <http://www>

## Passato e presente della politica energetica in Italia

Pietro Innocenzi, Adriano Rossi

*Nonostante la notevole evoluzione normativa degli ultimi venti anni, sono ancora da sciogliere molti nodi strutturali dello sviluppo energetico del nostro paese*

A distanza di venti anni dal referendum sul nucleare e ad oltre venticinque anni dalla prima legge italiana sul risparmio energetico e la produzione di energia da fonti rinnovabili (legge 308/82), sono opportune alcune considerazioni sui risultati conseguiti dalla politica energetica nazionale e regionale. Nonostante che, a partire dagli anni '80, siano state emanate una serie di direttive comunitarie, leggi nazionali, leggi e regolamenti regionali (libro bianco per il risparmio di energia, libro verde per le fonti rinnovabili, legge 308/82, legge 9 e 10/91, leggi sulle liberalizzazioni dei mercati dell'energia elettrica e gas, legge 387/2003, leggi sulla riduzione dei gas serra, ecc.), tutte volte al contenimento dei consumi energetici, alla produzione di energia da fonte rinnovabile e alla riduzione dei gas serra, i risultati ottenuti, soprattutto a livello nazionale e regionale, sono stati talmente insoddisfacenti da dare nuova linfa ai sostenitori del ritorno al nucleare.

Infatti, per quanto riguarda la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, oltre il 95 % della potenza elettrica installata è da fonte idroelettrica ed è stata realizzata nell'arco temporale che va da fine 1800 all'immediato dopoguerra (centrali idroelettriche di Galletto, Narni, Recentino, San Liberato, Baschi, Alviano; ecc.). Negli ultimi anni sono stati realizzati in prevalenza impianti alimentati a biomasse (rifiuti e oli vegetali), nati con l'unico obiettivo di accaparrarsi quote di certificati verdi senza alcun riscontro di natura ambientale. I rifiuti, in genere, provengono da altre regioni e gli oli vegetali da altri continenti (Asia e America Latina). Certamente, non si sono avuti risultati più confortevoli sul versante del contenimento dei consumi di energia. Tutto ciò sicuramente non può essere imputato né alla scarsità del potenziale di fonti rinnovabili presenti nella nostra regione né, tanto meno, alla fattibilità tecnico-economica degli interventi, ma solo ed esclusivamente ad una serie di fattori dovuti a:

- competenze amministrative complesse e confuse che, a seconda della tipologia di impianto, sono della Regione, delle Province o dei Comuni e, in alcuni casi, possono anche essere doppie o addirittura triple come, ad

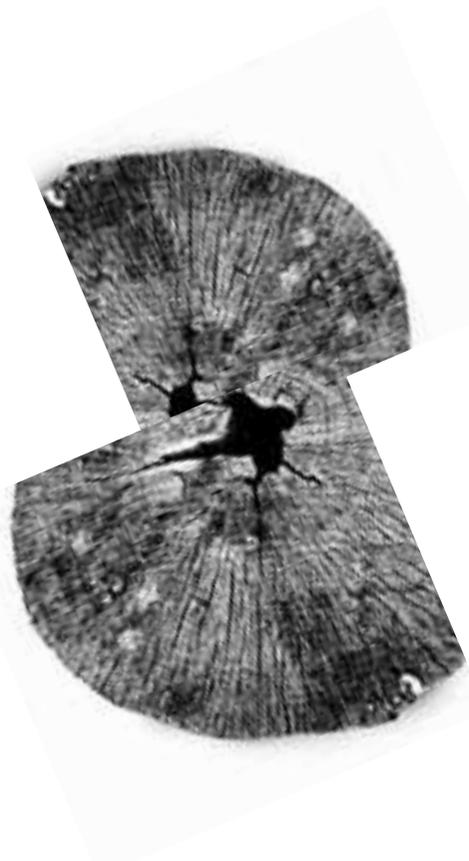
esempio, per gli impianti idroelettrici in cui la competenza amministrativa del procedimento unico spetta ai Comuni, la concessione delle acque (indispensabile per la realizzazione dell'impianto) alle Province e la valutazione di impatto ambientale (Via) alla Regione;

- tempi necessari per le autorizzazioni estremamente lunghi, in alcuni casi dell'ordine di diversi anni; nessuna amministrazione pubblica, infatti si è attrezzata per il rispetto di quanto previsto dall'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 che prevede che l'autorizzazione per la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile sia rilasciata mediante procedimento unico della durata massima di 180 giorni;

- ostacoli da parte del gestore della rete Enel nel collegamento degli impianti alla rete elettrica;

- sistema incentivante, dapprima basato sulla concessione di contributi in conto capitale sugli investimenti e, successivamente, a partire dagli anni '90, su incentivi legati alla tariffa di cessione dell'energia prodotta (CIP-6 e certificati verdi). Entrambi i sistemi, centrati sul costante ricorso a bandi nazionali senza alcuna garanzia sulla realizzabilità dell'impianto proposto, hanno generato un mercato costituito da società di consulenza che si accaparravano un gran numero di incentivi (quote di CIP-6 o di certificati verdi) che poi cercavano di rivendere alle aziende interessate alla realizzazione degli impianti. Con il risultato finale che solo una piccolissima parte degli impianti a cui erano stati riconosciuti gli incentivi venivano effettivamente realizzati.

Dapprima con l'introduzione del conto energia per l'incentivazione degli impianti fotovoltaici e, successivamente, con la legge finanziaria 2007, il governo ha di fatto rimosso tutte le incertezze legate al sistema incentivante. Infatti, qualsiasi azienda o cittadino che intende realizzare un impianto di produzione di energia alimentato da fonti rinnovabili, ottenute le opportune autorizzazioni dal Comune (la Regione Umbria ha delegato i Comuni per lo svolgimento della procedura unica prevista dall'art. 12 del D.Lgs. 387/03) e la certificazione da parte del GSE di impianto



idoneo alla produzione di energia da fonte rinnovabile, automaticamente, una volta realizzato l'impianto, ha diritto a beneficiare del conto energia o dei certificati verdi, a seconda della fonte rinnovabile di energia con cui viene alimentato l'impianto. Altra questione, la cui risoluzione è contenuta nella Legge Finanziaria 2008 in corso di approvazione, è il caos che si era creato nel corso degli anni fra biomasse e rifiuti; si è stabilito in maniera corretta che i rifiuti, pur essendo fonte rinnovabile di energia, possono beneficiare dei certificati verdi solo per l'energia prodotta dalla parte non biodegradabile. Con la Legge Finanziaria 2008, in corso di approvazione, il governo sta cercando di facilitare ulteriormente la realizzazione degli impianti cercando di rimuovere gli ostacoli, posti dal gestore della rete Enel, per il collegamento degli impianti alla rete elettrica e di affinare ulteriormente il sistema incentivante, proponendo una specie di conto energia per ogni fonte rinnovabile con incentivi diversi a seconda della maturità tecnologica della stessa (Tab. 1). Sempre in questo quadro, un altro concetto estremamente interessante introdotto dalla finanziaria 2008, riguarda

Tabella 1 - Gli incentivi stabiliti dalla finanziaria 2008 per impianti di potenza inferiore a 1 MW

Fonte	Tariffa (cent/KWh)
Eolica	22
Solare <sup>1</sup>	-
Geotermica	20
Moto Ondoso	34
Idraulica	22
Rifiuti non biodegradabili, biomassa non agroforestale	22
Biomasse e biogas prodotti da attività da filiera corta <sup>2</sup>	-
Biogas diversi da attività agricola	18

<sup>1</sup> Provvedimenti attuativi dell'art.7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n° 387.

<sup>2</sup> Con la finanziaria 2008 si parla di 0,30 €/Kwh, un aumento degli incentivi da 12 a 15 anni e la possibilità di cumulare questo incentivo con altri di diverso genere, fino al 40 % del costo di impianto.

la produzione di energia elettrica mediante impianti alimentati da biomasse e biogas derivanti da prodotti agricoli, di allevamento e forestali ivi inclusi i sottoprodotti ottenuti nell'ambito di intese di filiera o contratti quadro ai sensi degli articoli 9 e 10 del D. Lgs. 102/2005 oppure di filiere corte. Si riconosce di fatto, a tali impianti, dei consistenti vantaggi tariffari rispetto alle biomasse (oli vegetali tipo olio di palma) provenienti da altre regioni o addirittura da altri continenti mettendo così fine ai problemi connessi alla provenienza delle biomasse. Inoltre, nelle Leggi Finanziarie 2007 e 2008 si è cercato di dare un impulso anche al contenimento dei consumi energetici riconoscendo, per gli stessi, una serie di detrazioni fiscali automatiche.

Le responsabilità degli altri vincoli alla diffusione del risparmio energetico e alla produzione di energia da fonti rinnovabili vanno ricercate in ambito locale e sono causate principalmente dalle lentezze amministrative dovute in particolare alla complessità delle funzioni burocratiche distribuite fra Regione, Province e Comuni e alla mancata attuazione di quanto previsto dall'articolo 12 del D. Lgs. 387/2003 e/o dallo sportello unico per le attività produttive. I suddetti vincoli sono diffusi in gran parte delle regioni italiane, tanto è vero che il governo è stato costretto ad intervenire direttamente fissando, nell'ambito della finanziaria 2008, la soglia di generazione per la quale la realizzazione degli impianti è possibile con la sola dichiarazione di inizio attività (DIA). Per cercare di rimuovere i vincoli posti dalle amministrazioni locali, in precedenza indicati, è necessario intervenire affinché tutte le amministrazioni comunali rispettino quanto previsto dall'articolo 12 del D.Lgs. 387/2003 e/o dallo sportello unico per le attività produttive, semplificando le competenze fra le istituzioni. Nel caso in cui per l'autorizzazione alla costruzione e l'esercizio dell'impianto siano necessarie altre autorizzazioni, come ad esempio la concessione delle acque (per il cui rilascio è prevista una procedura amministrativa che dura qualche anno), è indispensabile dare disposizioni per il rilascio di un'autorizzazione provvisoria

ai fini del rispetto dei tempi previsti dal procedimento unico, e dovrebbero essere stabiliti, con la maggiore chiarezza possibile, gli impianti soggetti a VIA.

Tuttavia, per dare un impulso immediato alla produzione di energia da fonti rinnovabili, dovrebbero essere individuati una serie di

*Alcune importanti misure per dare impulso alla produzione di energia da fonti rinnovabili sono contemplate dalla nuova Legge Finanziaria*

impianti, distinti per fonte, la cui realizzazione non costituisce sotto nessun aspetto alcun aggravio di natura ambientale da autorizzare con la sola dichiarazione di inizio attività (DIA) indipendentemente dalle dimensioni; questo solo nel caso che non sussistano particolari vincoli urbanistici o vincoli individuati dal regolamento edilizio e nel caso non si debbano autorizzare opere che necessitano di concessione edilizia legate all'impianto (tettoie, capannoni industriali, cabine di trasformazione ecc.):

#### *Solare fotovoltaico:*

- impianti installati sulla copertura capannoni industriali
- impianti installati per copertura di parcheggi
- impianti installati presso discariche
- impianti installati presso depuratori
- impianti installati come barriere fono assorbenti
- impianti installati sulla copertura di capannoni destinati ad allevamenti zootecnici
- impianti installati sulla copertura di capannoni agricoli
- impianti installati presso cave o miniere

#### *Biomasse:*

- impianti alimentati da biomasse provenienti da filiere corte; la fornitura di biomassa deve essere garantita con polizza fidejussoria per tutta la durata dei certificati verdi, 15

anni, la potenzialità dell'impianto dovrà essere dimensionata rispetto la quantità di combustibile minimo garantito dal contratto di filiera, dovrà essere garantita la tracciabilità della provenienza del combustibile;

- Impianti a biogas prodotto da attività agricola e zootecnica (la potenza dell'impianto è dimensionato dal biogas prodotto da reflui zootecnici di "filiera zootecnica" locale e che sarebbero destinati allo smaltimento sul suolo);
- impianti collegati a reti di teleriscaldamento (l'impianto deve essere dimensionato in base al carico termico della rete di teleriscaldamento)

#### *Biogas:*

- impianti di recupero di biogas da discarica;
- impianti di recupero del biogas da depuratori civili

#### *Idroelettrico:*

- tutti gli impianti che prevedono il recupero di vecchie strutture (ex centrali e mulini);
- recupero di energia da acquedotti.

Per quanto riguarda il contenimento dei

consumi energetici, oltre alle iniziative riferite ai bandi comunitari che finanziano le innovazioni tecnologiche e il risparmio energetico alle piccole e medie imprese e alle imprese artigiane, la Regione Umbria dovrà, in tempi molto rapidi, dare corpo all'applicazione del D.Lgs. 192/03 che, accanto alle nuove modalità di applicazione del controllo delle caldaie per il riscaldamento domestico, prevede che le nuove costruzioni e le grandi ristrutturazioni debbano essere eseguite con metodologie costruttive certificate tendenti alla qualificazione energetica dell'edificio.

La finanziaria 2007 prevede che ogni "unità abitativa" debba essere provvista di impianto fotovoltaico per almeno 0,2 KWp di potenza, oltre di adeguato impianto di recupero delle acque di prima pioggia.

La Regione Umbria dovrà:

- regolamentare l'applicazione della 192/03 definendo la metodologia (metodo di calcolo, modulistica necessaria ecc);
- definire le competenze delle figure professionali e degli Enti pubblici nel conferimento

del "bollino energetico";

- regolamentare i controlli agli impianti termici in campo regionale omogeneizzando i metodi, definendo e preparando le figure professionali, gestendo la banca dati regionale dei risultati degli accertamenti.

I Comuni dovranno:

- recepire nei regolamenti edilizi le "buone pratiche" di qualità energetica e ambientale (fotovoltaico, acque bianche ecc.);
- attrezzare gli Uffici Tecnici al rilascio del "bollino" energetico per le nuove unità abitative;

- su indicazione della Regione (per comuni superiori ai 40.000 abitanti) organizzare il controllo degli impianti termici.

L'Arpa può assumere, avendo nella propria organizzazione le competenze necessarie, il ruolo di Organo Tecnico che propone metodologie, prepara i tecnici, su convenzione può sostituire l'ufficio tecnico del Comune nel controllo delle pratiche per la certificazione energetica, gestire le banche dati sia delle certificazioni che dei controlli ai impianti termici.



Hanno collaborato a questo numero:

**Luca Barcherini**

Università degli studi di Perugia

**Marcello Buiatti**

Università degli studi di Firenze

**David Cappelletti**

Università degli studi di Perugia

**Laura Cartechini**

Università degli studi di Perugia

**Lucia Fazzo**

Istituto superiore di sanità

**Ivano Iavarone**

Istituto superiore di sanità

**Pietro Innocenzi**

Arpa Umbria

**Fabio Marmottini**

Università degli studi di Perugia

**David Michaels**

The George Washington University  
School of Public Health and Health Services

**Beatrice Moroni**

Università degli studi di Perugia

**Alfonso Pecoraro Scanio**

Ministro dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio e del Mare

**Cristiana Pulcinelli**

Giornalista scientifica

**Francesco Scardazza**

Università degli studi di Perugia

**Joachim Schellnhuber**

Direttore del Potsdam Institute  
per la ricerca sull'impatto ambientale

**Emanuela Siena**

Arpa Umbria

**Stefania Righi**

Giornalista esperta di tematiche ambientali

**Adriano Rossi**

Arpa Umbria

