

Quali sono gli effetti delle particelle sull'organismo?

Se è vero che con le polveri d'origine naturale l'uomo ha sempre convissuto, non lo ha fatto né lo fa in maniera del tutto pacifica. Inalare polveri minerali può indurre malattie classificate sotto la voce comune di pneumoconiosi.

Silicosi, talcosi, asbestosi, siderosi, baritosi, stannosi, mesotelioma peritoneale ecc. sono tutte malattie da inalazione di polveri d'origine minerale, e, per non fare che un esempio, della cancerogenicità dei minerali raggruppati sotto la dizione comune di amianto, materiali usati con estrema liberalità nell'industria fino a pochi anni fa, sappiamo fin dai tempi di Tito Livio, che ne scriveva già nel primo secolo avanti Cristo nella sua *Ab Urbe Condita*, e delle patologie dei minatori si sa da sempre. Con l'evolversi delle tecniche d'indagine diagnostica, oggi ci si sta accorgendo che esistono malattie cardiovascolari la cui responsabilità pare sia da imputare all'inalazione di polveri di origine mineraria o vulcanica. Dunque, che le polveri non siano innocue non è una sorpresa.

Abbiamo visto poco fa come il particolato sia in grado di passare dai polmoni al sangue, ed è già nel sangue che riesce a fare qualche guaio.

Il sangue contiene una proteina solubile chiamata fibrinogeno e questa ha la capacità di mutare la propria natura chimica polimerizzando e solidificandosi quando venga in qualche modo "disturbata", per esempio dalla presenza di un corpo estraneo. Se è vero che il fenomeno avviene in ogni soggetto, è altrettanto vero che, di norma, questa formazione viene contrastata dai sistemi biologici che tengono in equilibrio l'organismo, ma in soggetti particolari, tutt'altro che delle rarità, l'equilibrio non viene recuperato. La forma solida di questa proteina, chiamata fibrina, è lo scheletro su cui si forma il trombo, una massa più o meno solida costituita, oltre che da un reticolo di fibrina, da piastrine, globuli rossi e globuli

bianchi. In particolari condizioni, particelle presenti nel sangue possono innescare la reazione. Come si è detto all'inizio, in ambito venoso questo trombo che si è formato nel lume della vena e non è adeso alla parete del vaso migra per entrare nel circolo polmonare, dando luogo a un'ostruzione delle arterie polmonari (si chiamano arterie ma contengono sangue venoso), una condizione detta tromboembolia polmonare e che è una delle cause più frequenti di morte. Quando si è in ambito arterioso, il fenomeno descritto può portare all'occlusione di arterie di calibro più o meno importante nell'organo, che diventa il bersaglio occasionale del trombo libero di galleggiare nel sangue e di esserne trasportato. La condizione, che non è necessariamente riferita al cuore, si chiama infarto. Questo fenomeno, da noi descritto da tempo, compare ora pubblicato da altri autori nella letteratura medica internazionale.

Nel caso in cui le particelle raggiungano un tessuto e ne vengano sequestrate, sono percepite come un corpo estraneo e come, dunque, qualcosa di cui liberarsi. Purtroppo, però, pare non esistano meccanismi biologici efficienti attraverso cui l'organismo riesca a smaltire il particolato che abbia le caratteristiche di cui ci stiamo occupando e, perciò, quelle particelle intrappolate e spesso agglomerate vengono circondate da un tessuto infiammatorio (granuloma) che le isola dalle cellule circostanti. Questo tessuto può restare inalterato per tutta la vita del paziente o può, in termini di probabilità e, dunque, assolutamente non di certezza, trasformarsi in un tessuto canceroso.

Un fenomeno che abbiamo osservato è la capacità delle polveri di passare dalla femmina gravida al feto che porta in grembo. Di questo abbiamo avuto prova lavorando su agnelli malformati recuperati in Sardegna nei pressi di un poligono di tiro militare dove abbondano le polveri da esplosione, polveri che si depositano sull'erba, alimento per la pecora che, se è gravida, può passare gli inquinanti all'agnello nascituro. Malauguratamente, poi, abbiamo avuto più di un'occasione di verificare il fatto su soggetti umani.

L'interferenza del particolato con il feto ne sconvolge lo sviluppo in un modo che, almeno al momento, non siamo capaci di prevedere, e questo avviene specialmente nelle prime fasi della gravidanza.

Altro effetto deleterio del particolato è la sua capacità di entrare nello sperma. Questa presenza può indurre sterilità e un disturbo molto particolare chiamato malattia del seme urente (*burning semen disease*). A seguito di un rapporto sessuale non protetto, lo sperma del portatore induce la formazione di piaghe endovaginali nella partner, e queste piaghe, spesso sanguinanti e sempre dolorose, sono ribelli a ogni trattamento, farmacologico o chirurgico che sia.

Infine, probabilmente associata all'introduzione di polveri inorganiche nell'organismo esiste tutta una serie di patologie criptogeniche, vale a dire d'origine ignota. Osservazioni in attesa di conferma fanno sospettare associazioni con il Morbo di Parkinson e il Morbo di Alzheimer, ora sempre più spesso rilevati in soggetti giovani. Studi statunitensi nell'animale dimostrano la capacità delle polveri di percorrere il nervo olfattivo, raggiungendo così il cervello, ma la cosa è di difficile confronto pratico nell'uomo. È, comunque, un fatto che abbiamo osservato a New York in soggetti coinvolti nelle operazioni di soccorso dopo il crollo delle Torri Gemelle e nei reduci dalle guerre del Golfo e dei Balcani, come soggetti che abbiano inalato o ingerito relativamente grandi quantità di particelle sviluppino irritabilità, insonnia e una condizione molto particolare chiamata fatica cronica, una condizione di cui la medicina ignora le cause ma che viene trattata con antinfiammatori. Ed è noto come le particelle sequestrate inducano quale prima reazione proprio degli stati infiammatori.

E le nanoparticelle artificiali?

Alcuni anni fa si scoprì che le nanoparticelle hanno proprietà che possono risultare estremamente interessanti se applicate a procedimenti e a prodotti industriali. Ma anche particelle solide e

inorganiche di maggiori dimensioni possono essere vantaggiosamente sfruttate.

Alcune di quelle applicazioni, sempre più numerose e diffuse in diversi settori merceologici, interessano pure l'organismo umano.

Particelle micro e nanometriche vengono aggiunte a certi strati superficiali di cioccolato che ricoprono alcuni dolci per migliorarne l'aspetto e la resistenza. Altre sono aggiunte a gomme da masticare in modo da conferire loro qualità abrasive per liberare i denti dai residui alimentari. Altre ancora sono usate, e lo sono da tempo immemorabile, come eccipienti nei farmaci in forma di compressa. E, da ultimo, sono stati messi in commercio dentifrici contenenti nanoparticolato. Qual è il destino di quei materiali? La risposta è semplice: ciò che viene ingerito, in parte se ne va probabilmente con la defecazione e in parte resta indubbiamente sequestrato nell'organismo con tutte le conseguenze descritte.

Anche la medicina usa più o meno sperimentalmente le nanoparticelle. Uno degli impieghi è quello di far arrivare particelle di ossido di Ferro nei tessuti cancerosi e di sottoporre questi tessuti all'azione di forti campi magnetici. Questo provoca un riscaldamento delle cellule malate che, così, vengono distrutte. Il problema resta il solito: qual è il destino di quel materiale la cui eliminazione dall'organismo non è mai stata provata?

Particolato d'argento viene sfruttato per le sue qualità battericide in sistemi di depurazione delle acque e dell'aria. Resta tutta da provare la sua innocuità.

Anche alcune creme per la pelle e diversi cosmetici sono addizionati di nanoparticelle, ma che queste riescano a superare la barriera cutanea non esiste prova certa.

La sensazione netta che lo studioso di nanopatologie ricava dall'applicazione di tutti questi materiali è che l'approccio dell'industria sia piuttosto superficiale e frettoloso. Che le nanoparticelle abbiano proprietà stupende e che queste proprietà possano essere sfruttate a beneficio della società è un fatto indubbio. Occorre, pe-

rò, non lasciarsi trascinare da un entusiasmo eccessivo e affrontare quello che non è un problema, ma una grande opportunità, con la prudenza del caso. In caso contrario, si ricadrà inevitabilmente nel parziale fallimento già sperimentato con gli organismi geneticamente modificati, che tante illusioni avevano generato.

Come si valuta la pericolosità di una particella?

Che le polveri siano capaci d'innescare tutta una serie di malattie che vanno da quelle cardiovascolari, che paiono prevalere, a quelle respiratorie a quelle oncologiche a quelle neurologiche a quelle infiammatorie alle malformazioni fetali, non c'è più alcun dubbio. Ormai tutti gli enti che si occupano di salute, compresa l'Organizzazione Mondiale della Sanità, si sono espressi in modo inequivocabile. Ma quanto è effettivamente insidiosa una particella?

Ricordando che qui si parla sempre e solo di polveri solide e inorganiche, il primo fattore di pericolo per le particelle sequestrate dall'organismo è il loro essere un **corpo estraneo**, cioè l'essere percepite come qualcosa che il tessuto rifiuta e non vorrebbe ospitare. Da qui si estrinseca, in genere, una reazione infiammatoria come si è descritto in precedenza.

Di seguito viene il **fattore dimensionale**. In contrasto con quanto qualcuno aveva sostenuto fino a qualche anno fa, ora è chiaro ed è confermato da tutti gli studi scientifici sull'argomento il fatto intuitivo secondo cui minore è la dimensione del corpo estraneo, maggiore è la sua capacità d'insinuarsi nell'organismo con tutte le conseguenze del caso. Ora si è persino visto nel nostro laboratorio che certe particelle, seguendo meccanismi ancora da spiegare, sono capaci di penetrare fino al nucleo delle cellule senza lederne la membrana. Di ciò si sta ora occupando un progetto europeo chiamato DIP-NA, che raccoglie dieci università in sei Paesi diversi, ed ha a capomoglie, la dott.ssa Antonietta Gatti. Questo fenomeno potrebbe dar conto della genotossicità, da parecchie fonti dimostrata, delle

polveri più fini, dove per genotossicità s'intende la capacità d'interferire negativamente sul materiale genetico, vale a dire il DNA contenuto proprio nel nucleo cellulare. Il DNA, sigla per acido desossiribonucleico, è una lunga molecola che ha l'aspetto di un filamento e che è presente nel nucleo di tutte le cellule, come portatore delle informazioni genetiche. Queste informazioni sono "scritte" nel DNA semplicemente ordinando in un certo modo i costituenti stessi della molecola. Ogni arrangiamento implica una determinata informazione che una cellula dà alla cellula figlia. Pare ormai accertato che le polveri penetrate nel nucleo della cellula siano capaci di "mettere in disordine" le sequenze dei costituenti del DNA e mutino così il testo delle informazioni.

Poi, ancora, viene **la forma** della particella. Corpi aghiformi come, ad esempio, l'amianto, sono certamente più penetranti di forme tondeggianti.

Un altro fattore di grande rilevanza è **la superficie** della particella. Più questa è grande in rapporto al volume, maggiore è la reattività che ne consegue e, dunque, la patogenicità potenziale.

Ovviamente, **la concentrazione** del particolato va tenuta in seria considerazione: molta polvere concentrata in poco volume significa molta possibilità d'interazione con l'organismo.

Anche **la velocità** con cui questo materiale entra nel corpo incide sulla capacità d'indurre malattie. Una quantità di polvere inalata velocemente, ad esempio, danneggia più della stessa quantità diluita nel tempo. Questo non significa necessariamente che esiste una possibilità di eliminazione una volta che le particelle si sono fissate nei tessuti, ma solo che le ciglia vibratili e gli altri sistemi di espulsione meccanica del particolato riescono a sopportare una quantità limitata di lavoro nel tempo.

Le particelle **radioattive**, poi, possono rivelarsi più dannose di particelle di forma e dimensione analoghe non radioattive.

Al di là di questi fattori puramente fisici, esistono anche fattori chimici e uno è **la composizione**. È del tutto intuitivo accettare

che una polvere composta di un metallo velenoso come, ad esempio, l'Arsenico o il Mercurio sia più aggressiva di una particella analoga per forma e dimensione a base di Ferro.

Alcune particelle, inoltre, pare possano corrodersi in ambiente biologico e, dunque, i prodotti di **corrosione**, cioè di ossidazione e, dunque, mutati chimicamente, devono essere valutati di volta in volta.

Venendo alla biologia, è importante sapere in quale tessuto sia finita la polvere concentrata. Un organo come il cervello, ad esempio, sarà certamente più delicato del tessuto muscolare.

Poi si deve conoscere lo stato di **salute generale** dell'individuo e quello dell'organo colpito. Per esempio, un fegato cirrotico avrà maggiori probabilità di soffrire per un attacco da parte di polveri che non un fegato in salute.

Da ultimo, non bisogna scordare che esiste una **variabilità individuale** e che questa è tanto più marcata quanto maggiore è il grado di complessità della specie. E poiché l'uomo è il più complesso degli animali, ecco che sarà proprio l'uomo a comportarsi nella maniera meno omogenea nei riguardi delle polveri e, dunque, per questo meno pronosticabile.

Come si valutano le particelle nell'ambiente?

La legge in vigore oggi nell'ambito della Comunità Europea e, dunque, in Italia, richiede che le polveri presenti in atmosfera siano valutate per massa nell'unità di volume d'aria.

Semplificando un po', in un metro cubo d'aria atmosferica si prendono tutte le particelle che abbiano un diametro (bisognerebbe far riferimento al concetto di diametro aerodinamico, ma, per semplicità, fermiamoci qui) uguale o inferiore a 10 micron e di queste non ce ne possono stare più di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in media ogni anno (il microgrammo, indicato come μg , è la milionesima parte di un grammo). Per 35 volte l'anno, invece, è consentito raggiungere,

ma non superare, il limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Questo almeno per ora, ma i limiti saranno abbassati presto. La misura, dunque, avviene per via gravimetrica, vale a dire pesando le polveri. Perciò, è ovvio che le particelle più grosse saranno quelle che incidono maggiormente nella valutazione mentre dal punto di vista sanitario saranno quelle che incidono meno.

Così, poiché una particella da 10 micron di diametro pesa come 64* particelle da 2,5 micron, per la legge una particella grossa o 64 particelle piccole non fanno differenza. E, continuando nel ragionamento puramente geometrico e nell'equivoco legale, una particella da 10 micron corrisponde in massa a 1.000 particelle da un micron o a 1.000.000 di particelle da 0,1 micron.

Da un assunto del genere non è possibile ricavare alcunché di significativo per quanto riguarda l'interferenza con la salute. Infatti, paragonare un singolo impatto con l'organismo di una particella scarsissimamente patogena come una da 10 micron a ben 1.000.000 d'impatti con particelle da 0,1 micron di patogenicità incomparabilmente più elevata non ha alcun significato.

Dunque, per avere una valutazione significativa, occorre considerare le particelle non per massa, ma per numero e per inverso di dimensione; cosa, peraltro, notissima in campo scientifico e riportata nella letteratura specifica. **Detto semplicemente, le particelle non vanno pesate ma contate, e più queste sono piccole, più devono essere valutate come pericolose.**

* Il volume della sfera si calcola con la formula $\frac{4}{3}\pi r^3$. Il che significa che se io ho una sfera di raggio = 1 e con il materiale con cui ho costruito quella sfera voglio fare delle sferette di raggio 1/4, il risultato sarà che otterrò 64 sferette. Questo perché 1/4 elevato alla terza potenza, che è quello che compare nella formuletta precedente, dà 1/64. Così, se le sfere che voglio ottenere dovranno avere raggio 1/10, il risultato sarà di avere 1/10 elevato alla terza, cioè 1.000.

CHE COSA È CAMBIATO NELLE FONTI D'INQUINAMENTO?

L'inquinamento del XXI secolo è diverso da quello di pochi decenni fa. Se, poi, andiamo indietro un po' di più, è impossibile non accorgerci che ci ritroviamo oggi a vivere in un mondo che ci sta diventando sempre più estraneo, senza che esistano i tempi necessari per un, del resto poco probabile, adattamento biologico, adattamento che, comunque, richiederebbe il passaggio di parecchie generazioni. A titolo d'esempio semplice, basta considerare l'anidride carbonica. Questo gas, che è uno dei responsabili dell'effetto serra, ha una concentrazione in atmosfera in costante aumento e questa variazione cambia inevitabilmente la qualità del nostro habitat.

Ma, venendo al nostro argomento, già si è detto che una buona parte dell'inquinamento da polveri viene dal traffico automobilistico, sia proveniente dai gas di scarico che dal consumo dei freni e dei pneumatici e dal consumo dell'asfalto. È difficile, tuttavia, attribuire a questo tipo d'inquinamento dei valori numerici percentuali di confronto con altre fonti inquinanti, perché l'approccio che si dà al problema influenza moltissimo il risultato. Un conto, infatti, è valutare le polveri per massa, con il cosiddetto metodo gravimetrico, e un conto, totalmente diverso e decisamente più scientifico, è contare le particelle e valutarle a seconda dell'inverso della loro dimensione. Poi, occorre stabilire come queste polveri siano distribuite, dividendole in classi dimensionali. Infine, la composizione chimica è pure importante, così come tutti gli altri fattori già elencati.

Potendo disporre di calore a buon mercato, le tecniche di combustione vengono utilizzate oggi con grande frequenza. Poiché uno dei grandi problemi che l'umanità si è quasi improvvisamente trovata a dover fronteggiare è l'enorme produzione di rifiuti a fronte di

una capacità naturale di smaltimento di gran lunga inferiore, sempre che uno smaltimento sia possibile, ecco che bruciare tutto quel materiale in eccesso è parso essere la soluzione. In realtà, la Natura si comporta secondo leggi proprie sulle quali non è possibile operare modifiche e una di queste è il cosiddetto **Principio di Conservazione della Massa** che, riassunto in una formula semplice, enuncia: la quantità di materia totale di un sistema chiuso – e, dal punto di vista che interessa a noi, la Terra è un sistema chiuso – rimane costante. Dunque, quando noi bruciamo qualcosa, questo qualcosa non scompare se non dalla vista, dato che la sua massa resta invariata. Quando sottoponiamo a combustione i rifiuti in un inceneritore, qualunque sia la tecnica utilizzata, dobbiamo aggiungere ossigeno atmosferico e sostanze come bicarbonato, calce, ammoniaca, acqua ecc. e, di conseguenza, la loro relativa massa va ad aggiungersi a quella iniziale, e questa massa aumentata sarà ciò che esce dal processo. Ad aggravare la situazione, c'è il fatto che la maggior parte del materiale bruciato si trasforma in sostanze molto più tossiche di quelle iniziali, la produzione di polveri è enorme e le tecnologie di filtrazione dei fumi sono di fatto inefficaci. Aperto è, poi, il problema delle ceneri cariche di metalli pesanti che si formano dalla combustione e che costituiscono una frazione importante del rifiuto. Queste devono essere portate in discariche che, dunque, non scompaiono affatto con l'uso degli'inceneritori, e, stante la loro volatilità, le ceneri si ritrovano disperse nell'ambiente. Perciò, l'incenerimento dei rifiuti altro non è se non un gioco di prestigio per farli scomparire dalla vista, mentre, in realtà, la massa dei rifiuti ne esce aumentata e dotata di maggiore tossicità.

Malauguratamente, la legge consente di bruciare rifiuti anche nelle fabbriche di cemento e consente che le ceneri, legalmente definite "inerti" ma in realtà tutt'altro che inerti quando penetrano nell'organismo, vengano mescolate al cemento stesso, rendendolo, di fatto, non proprio innocuo per chi debba maneggiarlo, e per chi se lo ritrovi nelle pareti domestiche come costituente di casa sua.

A parte questo particolare tutt'altro che trascurabile, l'inquinamento particolato da cementificio è quello di qualsiasi processo di combustione.

Una fonte combustiva che si pone a metà strada tra il tradizionale e il nuovo è quella relativa ai cosiddetti impianti a biomasse. Si tratta di sistemi che bruciano, o dovrebbero bruciare, vegetali e da questa combustione ricavare energia. A sostegno dell'innocuità di questi impianti si dice che l'anidride carbonica prodotta dal processo è identica a quella che la pianta produrrebbe comunque biologicamente. Il che è assolutamente corretto. Non si tiene conto, però, del fatto che, bruciando, una pianta emette sostanze che non emetterebbe mai altrimenti e, tra queste, proprio micro e nanopolveri inorganiche provenienti dal contenuto inorganico del vegetale. Va detto che tutte le piante contengono sostanze inorganiche semplicemente perché queste sono presenti nel terreno da cui i vegetali assorbono acqua e nutrimento. Un altro dei problemi che gravano sul sistema è il fatto che per produrre abbastanza energia occorre prelevare massa vegetale da luoghi lontani dall'impianto, con ciò incrementando, e in modo non trascurabile, il traffico, di per sé inquinante, di mezzi pesanti, quando non importare il materiale in toto o in parte da Paesi lontanissimi. Poi c'è da tener conto delle leggi che permettono di bruciare in questi impianti anche rifiuti e, dunque, di diventare, nei fatti, null'altro che degl'inceneritori.

Dunque, molto è cambiato nell'ambiente in cui il nostro organismo si trova a vivere e, malauguratamente, a questo non è preparato. Ecco, allora, che le sue reazioni possono portare allo sviluppo di malattie nuove verso le quali la medicina ha ben poche armi.

Perché i sistemi di filtrazione sono inefficaci?

Il processo di formazione delle particelle a seguito dei fenomeni di combustione è piuttosto complesso. A grandi linee, una frazione delle polveri si forma immediatamente a livello della sorgente,

e questa frazione viene chiamata *particolato primario filtrabile*. Un'altra frazione viene espulsa in fase gassosa, ma condensa entro pochi secondi. Questa si chiama *particolato primario condensabile*. Infine, ogni combustione provoca la formazione di gas quali ossidi d'Azoto, biossido di Zolfo, ammoniaca e molti composti organici gassosi impossibili da prevedere se non si conosce esattamente che cosa si brucia. Questi gas escono dalla combustione e incontrano in atmosfera ozono, vapore acqueo e molti radicali liberi (frammenti di molecola dotati di grande reattività) e in presenza di luce che accelera la reazione, a seguito di processi molto complessi, formano un'ulteriore frazione detta *particolato secondario*. I filtri di cui sono dotati gl'inceneritori, anche i più tecnologicamente avanzati, sono in grado di agire solo, e nemmeno totalmente, sul particolato primario filtrabile, che costituisce una parte minoritaria di tutte le polveri prodotte. Dunque, su tutte le altre particelle che si formano a valle del filtro, non c'è alcun effetto. Ma il problema non finisce qui. Una volta catturate le polveri catturabili, quale sarà la loro sorte? Purtroppo queste finiranno, in un modo o nell'altro, di nuovo nell'ambiente.

Che cosa dicono le indagini epidemiologiche?

L'epidemiologia è quella sezione della medicina che osserva la distribuzione delle malattie sulla popolazione, le correla alle cause, valuta l'efficacia di eventuali rimedi e, per tutto questo, usa principalmente metodi statistici.

Va da sé che, per stabilire se una determinata esposizione provoca l'insorgenza di malattie, è indispensabile sapere quali siano le caratteristiche di quell'esposizione e quali le malattie da osservare.

Un inconveniente tipico, ma inevitabile, di questa disciplina è quello dei tempi molto lunghi d'osservazione che le indagini richiedono. Con l'andamento in accelerazione della produzione d'inquinanti e con la continua introduzione d'inquinanti nuovi, le condi-

zioni mutano velocemente e non permettono alcuna omogeneità, condizione imprescindibile per ogni osservazione scientifica. Paradossalmente, i tempi pur lunghi potrebbero essere insufficienti a svelare l'effettiva importanza di un'esposizione. L'amianto, ad esempio, impiega fino a quarant'anni perché il mesotelioma pleurico, una delle malattie caratteristiche di questo inquinante, peraltro di origine naturale ma d'impiego industriale, sia clinicamente evidente.

Per esemplificare il problema, prendiamo un inceneritore come fonte di possibili patologie e limitiamoci alle polveri. Dal suo cammino escono enormi quantità d'inquinanti particolati che tengono comportamenti diversi tra loro: le polveri più grossolane resteranno sospese per tempi relativamente brevi e si depositeranno a terra entro un raggio di pochi chilometri. Più piccole saranno le dimensioni delle polveri, invece, più a lungo queste resteranno in sospensione e maggiore sarà il volume di atmosfera che andranno a interessare, fino ad allontanarsi anche di migliaia di chilometri dall'origine, diluendosi sempre di più. Ciò che le ricerche epidemiologiche fanno di solito è prendere in considerazione le zone di ricaduta delle polveri grossolane, trascurando le altre.

Come ormai sappiamo, le malattie da particelle comprendono una gamma vastissima: quelle cardiovascolari sono probabilmente le prevalenti, poi ci sono le malattie infiammatorie, quelle allergiche, quelle tumorali, quelle dell'apparato respiratorio, quelle su base endocrina come, a esempio, il diabete, le malformazioni fetali e quelle, sempre più indiziate, su base neurologica, come il morbo di Parkinson e il morbo di Alzheimer. Esistono, inoltre, disturbi del sonno, della memoria, dell'apprendimento e del carattere, oltre a una patologia sempre più diffusa come la stanchezza cronica. E tutta da vedere è l'evoluzione di malattie nuove come la *burning semen disease* di cui si è parlato in precedenza e che non è mai stata considerata in sede di epidemiologia. Pur non sempre ma, comunque, nella maggior parte dei casi, gli studi epidemiologici condotti in merito alla presenza di un inceneritore si limitano a osservare le patologie respiratorie e i cancro.

Dunque, di solito, l'epidemiologo circoscrive una zona topografica significativa solo per le patologie da polveri grossolane, polveri che, come si è detto, hanno un'aggressività minore e, in ogni modo, diversa rispetto a quella delle nanopolveri, e prende in considerazione solo alcune patologie. Poi confronta i dati ricavati con ciò che rileva in aree che non sono quelle di massima ricaduta delle polveri grossolane ma su cui esistono, probabilmente in misura ben poco differente, concentrazioni di nanoparticelle per loro stessa natura fortemente patogene. Il risultato è che non ci sono differenze statisticamente significative tra le diverse zone per quanto riguarda le malattie prese in esame e da questo consegue la deduzione che gli inceneritori non provocano l'insorgenza di malattie, ma l'aumento d'incidenza che spessissimo viene rilevato è da imputarsi ad altre cause, quasi sempre dichiarate ignote. Il traffico automobilistico risulta il più frequente tra i capri espiatori.

C'è anche da tener conto del fatto che le polveri sono molto eterogenee, se non altro per dimensione e composizione chimica e, per di più, non agiscono certo da sole, ma sono inserite in un contesto molto complesso, in cui sono presenti inquinanti diversissimi e variabili per natura e per concentrazione. Questo fenomeno porta spesso a interazioni, non di rado sinergiche, di cui non si conosce nemmeno l'esistenza.

Non è affatto raro che si pubblicino solo o, comunque, con maggior frequenza, studi "tranquillizzanti". È buona regola dell'epidemiologia guardare con sospetto risultati che concludano come l'aggiunta di una fonte inquinante non aumenti il rischio di ammalarsi e, mancando i debiti approfondimenti, questi studi, pur ammettendo che siano stati condotti in buona fede, devono essere considerati "falsi negativi" fino a una forte prova contraria che, in genere, non arriva mai.

Comunque, pur non raramente viziate alla base, risulta spesso evidente da queste ricerche come l'incenerimento dei rifiuti comporti un incremento sensibile di diverse patologie.

Naturalmente, l'epidemiologia resta indispensabile e deve essere utilizzata per controllare gli effetti di ogni fonte d'inquinamento. Questo, però, a condizione che le indagini siano veramente indipendenti, siano svolte da persone di capacità e cultura adeguata che abbiano il solo scopo di stabilire i fatti reali, e che si sia coscienti dei suoi limiti e delle condizioni in cui si va a operare, in modo che si sappia come interpretare correttamente e serenamente i risultati. In caso contrario, si rischia di essere totalmente fuorviati. Allo stato dei fatti, indagini epidemiologiche focalizzate sulle malattie da micro e nanopolveri non sono ancora state eseguite.

COME SI AFFRONTA IL PROBLEMA DELL'INQUINAMENTO IN ITALIA?

In Italia esistono zone dove l'inquinamento è elevatissimo. La Pianura Padana, ad esempio, rientra nei quattro territori più inquinati al mondo (in Europa, una zona tra Belgio, Olanda e Germania; in Cina c'è un'area vastissima centrata su Pechino; l'ultima è quella con centro New York. Si può trovarne la mappa su: http://www.scienzaonline.com/ambiente/imagenes/pollution_global_hires2.jpg).

Purtroppo, il problema è stato regolarmente "minimizzato" e solo da poco ci si sta rendendo conto che la situazione ha raggiunto livelli di gravità non più mascherabili.

Tra le varie fonti inquinanti, abbiamo visto esserci le più inutili, vale a dire gli inceneritori, diventati popolarissimi nel nostro paese grazie alla distorsione di una disposizione della Comunità Europea che prescrive come una parte della nostra bolletta energetica (ciò che si paga per il consumo dell'energia elettrica) sia riservata all'incentivazione delle energie rinnovabili, cioè, principalmente, ciò che ci viene dal sole e dal vento. La distorsione consta nell'aver assimilato alle energie effettivamente rinnovabili, l'incenerimento dei rifiuti e il riutilizzo dei gas di scarico delle raffinerie, con ciò permettendo a gruppi industriali e finanziari d'intascare circa un miliardo e mezzo di Euro l'anno.

Occorre aggiungere che il 16 febbraio 2005 è entrato in vigore il cosiddetto Protocollo di Kyoto (non ratificato, tra gli altri, da Stati Uniti e Australia) che obbliga i firmatari, tra cui l'Italia, a ridurre drasticamente le emissioni dei cosiddetti gas serra, di cui l'anidride carbonica e gli ossidi d'azoto sono i principali esponenti. Una possibilità offerta dal Protocollo ai Paesi aderenti poco virtuosi, e tra questi l'Italia, è quella di continuare ad aumentare il tasso d'inquinamento invece di

diminuirlo, ma questo a fronte dell'obbligo di acquistare, pagandole con denaro, le cosiddette "quote di emissione". In termini semplici, se un Paese virtuoso emette gas serra in misura inferiore a quanto si è impegnato a fare, ha la possibilità di vendere ad altri Paesi questa quota di "mancato inquinamento". Ritornando agli inceneritori, ogni tonnellata di rifiuti bruciati emette oltre otto quintali di anidride carbonica per i quali occorre pagare il permesso d'immissione in atmosfera.

Sempre riguardo a ciò che si fa, le contromisure prese per attenuare l'impatto del traffico automobilistico sull'ambiente non hanno alcun razionale, dato che le polveri fini non vengono valutate, ma ci si limita a quelle grossolane (le PM10), e le polveri fini restano sospese in atmosfera per tempi lunghissimi, percorrendo anche grandi distanze. Dunque, limitare il traffico occasionalmente e su piccoli territori non ha, in pratica, alcun effetto.

Un'altra mancanza del nostro Paese è il consentire la costruzione d'impianti sicuramente inquinanti senza aver preventivamente eliminato altre fonti d'inquinamento di almeno pari portata, così come, invece, si dovrebbe fare. Ma per rendersi conto della situazione italiana nel 2007, basta dare un'occhiata ai procedimenti d'infrazione che noi abbiamo presso la Comunità Europea per il mancato rispetto verso l'ambiente (19 per infrazioni sui rifiuti, 15 per mancate valutazioni d'impatto ambientale, 11 per il mancato rispetto della qualità dell'aria e 11 per violazioni sulla qualità delle acque).

Nei fatti, l'Italia non ha adottato alcuna misura efficace per il contenimento dell'inquinamento, da cui, anzi, deriva un ingentissimo giro di denaro.

L'autore è a disposizione per le immagini delle quali non sia stato possibile reperire la fonte.

- http://www.corriere.it/Media/Foto/2005/05_Maggio/11/GERMANY338-50.jpg
- <http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/sharemed/targets/images/photo/t224/t224127a.jpg>
- <http://www.lenntech.com/images/discharge.gif>
- <http://www.ilfiumepo.net/img/inquinamento.jpg>
- <http://www.merateonline.it/2002/maggio/immagini/Ecosystem09.jpg>
- <http://spazioinwind.libero.it/aeromilitare/foto/b707-1.JPG>
- <http://www.fly-net.org/aeromedia/atieco1.jp>
- http://www.machdue.it/Image/principali/boeing_747.jpg
- <http://www.golfitaliano.it/viaggidelgolf/cipro/img/plane2.jpg>
- http://www.trovatartufi.com/Escursioni_a_tartufi_neofiti/PHO1958J.JPG
- <http://www.rinoprui.it/public/pioppi2.JPG>
- <http://www.alterecosrl.it/upload/Image/Amianto.jpg>
- <http://www.sup.usl2.toscana.it:8000/immaginicontenuti/amianto1.jpg>
- http://newton.corriere.it/PrimoPiano/News/Media/Foto/2002/12_Dicembre/8/amianto_170--170x170.jpg
- http://www.unisinforma.net/unisinforma/immagini_small/6394.jpg
- <http://www.photomarco.it/desktop/asfalto.jpg>
- http://www.foto-blog.it/img/ixus_6499.jpg
- http://www.provincia.bz.it/serviziostrade/images/StilfsP5170024_rdx_800x600.jpg
- http://starsailor.altervista.org/_altervista_ht/biscotti_g.jpg
- http://csg.freeshell.org/disegni/biscotti_maisg.jpg
- [http://www.cooker.net/cooker/cooker.nsf/puid/5F12A27BBD0592D886256EAE0069570C/\\$file/biscotti+danesi.jpg](http://www.cooker.net/cooker/cooker.nsf/puid/5F12A27BBD0592D886256EAE0069570C/$file/biscotti+danesi.jpg)
- <http://www.diplomaciaenegocios.com.br/noticias/BOMBA%20ATOMICA.jpg>
- <http://www.segunda-guerra-mundial.com/images/bomba-atmica.jpg>
- <http://pv1.www.regione.marche.it/ambiente/infea99/piani/cave/cava6.jpg;pveaf6b47de0e7b07a>
- <http://www.bergamasch.it/immagini/comignoli.jpg>