

[COVER STORY]



EMERGENZA SMOG

NOSTRO TEST A

Milano

QUI SI RESPIRA ANCHE L'ARSENICO

ABBIAMO GIRATO PER LA CITTÀ UN GIORNO INTERO. FILTRANDO POLVERI IN QUANTITÀ. CI ABBIAMO TROVATO DI TUTTO: CARBONIO, ZOLFO E PEZZI DI TRAM

DI SARA GANDOLFI - FOTO DI FULVIA FARASSINO



I giapponesi sorridono nel cortile della Pinacoteca di Brera. «Milano è bellissima. L'aria è pulita, fresca», guardano il cielo grigio. «Stamattina era così azzurro...». Vengono da Hiroshima. Nessuna ironia, sono davvero convinti che a Milano si respiri bene. I milanesi un po' meno. Pm10 oltre i limiti per 82 giorni nei primi sei mesi del 2007 contro i 35 consentiti in un anno, opere d'arte a rischio per l'aggressione di gas e polveri «indossate» dai turisti – è allarme pure al Cenacolo di Leonardo da Vinci – e il dubbio inquietante (per alcuni, certezza) di subire, giorno dopo giorno, l'attacco letale di microscopici invasori.

Cosa c'è dentro quel pulviscolo che galleggia costantemente nell'aria intorno a noi? Cosa respiriamo da mattina a sera? Biossido d'azoto e di zolfo, monossido di carbonio e altri gas notoriamente tossici e ormai famigerati.

Ma anche polveri inorganiche e non biodegradabili, metalli pesanti e strane leghe, sconosciute in natura e pure in metallurgia. Giusto un anno fa, volontaria in un esperimento delle Mammie anti-smog di Milano, avevo toccato con mano il problema: il rilevatore di polveri, in

giro per la città, mostrava picchi di Pm 2,5 ben oltre la norma ogni volta che mi trovavo in mezzo al traffico, dietro un autobus in fase d'accelerazione o in stanze chiuse con un fumatore. Quest'anno, con l'aiuto di un microscopio elettronico a scansione ambientale, in grado di individuare particelle nanometriche (più piccole di 1 micron) caratterizzandole per forma, dimensione e composizione atomica, abbiamo invece tentato di scoprire

chi sono gli ospiti più segreti del particolato urbano, le sostanze inorganiche che s'insinuano nel nostro organismo, ben oltre le vie respiratorie. E lì restano. Nessuna pretesa scientifica, solo la



Gli strumenti utilizzati per analizzare il particolato atmosferico

MAGAZINE | 57

[COVER STORY]



EMERGENZA SMOG

curiosità di capire, per esempio, perché a Milano si tossisce tanto.

Partenza, ore 8 del mattino. Ritorno a casa, ore 19. Sul cappotto un sensore adesivo raccoglie passivamente la polvere. Al bavero della giacca un filtro «aspiraparticolato», collegato alla pompa da portare a tracolla, simula il respiro (in realtà un uomo inspira molta più aria: circa 20 m³ al giorno). Tolta la pausa di «ricarica» a mezzogiorno, la pompa resta accesa 8 ore, filtra 1.680 litri d'aria e raccoglie 0,34 milligrammi di polveri. «Quantitativo decisamente rilevante: 202 microgrammi a m³ d'aria contro i 40 prescritti dalla legge per le Pm10 (50 giornalieri da non superare più di 35 volte l'anno, ndr)», spiega Stefano Montanari, direttore scientifico del centro Nanodiagnosics di Modena che ci ha fornito il macchinario e ha svolto le analisi. «Il filtro può catturare anche polveri più grosse ma ne abbiamo viste davvero pochissime. La stragrande maggioranza era decisamente inferiore al micron, ovvero Pm1».

La sorpresa è scoprire che in quel pulviscolo, raccolto in un mercoledì meneghino qualunque (bassa pressione, vento lieve, poco nuvoloso), s'annida un po' di tutto. Carbonio e ossigeno, c'era da aspettarselo, «probabilmente anidride carbonica» emessa dall'uomo ma anche derivante da attività antropiche, come il traffico. Ferro in abbondanza, e poi piombo, calcio, silicio, alluminio, zolfo, zin-

co, rame, cromo, stagno, manganese, arsenico, argento, titanio. Particelle di metalli che si combinano e ricombinano in atmosfera creando a volte leghe impreviste e imprevedibili. Nessuna di queste sostanze è biodegradabile, «certo non in tempi biologici».

La giornata inizia col tragitto da casa alla scuola dei figli, pochi minuti zigzagando tra autobus e macchine diesel (resta nel filtro molto carbonio, «originato da combustioni organiche, quindi pure dalle auto», enormi quantità di zolfo, «anche se il gasolio oggi dovrebbe contenerne pochissimo», e leghe di argento e rame che potrebbero venire da vecchie marmitte catalitiche).

Ai Giardini pubblici di via Palestro, per la passeggiata del cane (ecco spiegate le polveri di silicio e magnesio, cioè terra), la metropoli sembra alle spalle. Eppure pochi metri più in là ci sono i Bastioni, stabile sede d'ingorghi e mura invisibili oltre le quali, da gennaio, scatta il ticket d'ingresso. Forse.

Da via Manzoni, sferragliante di tram (catturiamo frammenti d'acciaio provenienti da frizione, probabilmente rotaie), passiamo alla paciosa piazza del Duomo. Poi tappa al supermercato: i nostri vestiti, presumibilmente già pieni di polvere, si agitano sui banchi del reparto ortofrutta. «Le bucce lisce si lavano, quelle dure si tolgono. Ma in una fragola o un cavolo, il particolato penetra profondamente i tessuti. E noi lo man-



ore 08.00 Partenza da casa: prima tappa, a scuola



ore 12.30 In mezzo al traffico del centro città



ore 15.45 A due passi dall'Ultima Cena

LA BIOLOGA CELLULARE PERCHÉ MISURARE IL PM10 NON BASTA «METALLI E IDROCARBURI ARRIVANO FINO AL CUORE»

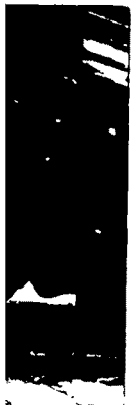
Tutto è cominciato, tredici anni fa, con il polverino che rilasciano gli pneumatici sfregando sull'asfalto. «Il detrito da usura delle gomme ha una composizione estremamente complessa, molto simile al particolato atmosferico: una componente inorganica, i metalli, e una organica, gli idrocarburi policiclici aromatici. Abbiamo iniziato testando questi elementi su linee cellulari

polmonari umane». Marina Camatini, docente di biologia cellulare al Dipartimento di scienze ambientali dell'Università Bicocca, ha quindi trasferito i test dalle gomme al Pm atmosferico. Una ricerca che ha ora riunito intorno allo stesso tavolo Provincia, Regione e Comune: è nato così il progetto Vespa per l'analisi dell'impatto del particolato sulla salute umana. «Vogliamo capire qual è la soglia di

rischio delle componenti assemblate. Oltre all'inquinamento primario, dovuto ai processi di combustione, dobbiamo considerare che le polveri in sospensione si rimescolano con altri elementi presenti in atmosfera, quali pollini, gas naturali, radiazioni ultraviolette». La scommessa è passare da una valutazione quantitativa a una qualitativa. E abbassare la soglia dei filtri: «In molte



ore 11.05 Al supermarket, tra i prodotti esposti



ore 15.10 Immersione in metropolitana



ore 17.55 Con i turisti alla Pinacoteca di Brera

città europee le centraline monitorano Pm2,5 e Pm1. In Italia siamo fermi al Pm10». Il fattore dimensione, conferma la biologa, gioca un ruolo fondamentale: «Il Pm10 difficilmente supera la barriera cellulare mentre Pm 2,5 e Pm 1 entrano facilmente e fanno danno». Gli elementi che preoccupano di più? «Metalli ed idrocarburi. Più in generale, il particolato delle auto diesel: aumentando l'esposizione delle cellule in vitro, aumenta il numero di cellule che muoiono e anche l'espressione di interleuchina, che segnala un processo di infiammazione in corso. E sono sempre più evidenti i danni a nucleo e Dna».

A livello degli alveoli, le particelle limitano il trasporto di ossigeno scatenando deficit respiratori. «Ma a volte vanno oltre i polmoni, entrano nella circolazione del sangue e arrivano all'apparato cardiocircolatorio dove possono provocare ischemie». Il rischio si valuta a lungo termine: alcune stime parlano di un aumento complessivo della mortalità del 3-8% e un aumento dell'incidenza di bronchite cronica negli adulti del 25% (35% nei bambini). Per questo bisogna agire subito: «Milano è ad altissimo rischio. Per la sua posizione in una conca non è destinata ad avere ricambio d'aria né ora né nei prossimi 15 anni». S.G.

IL COMMENTO

UN MICROCOSMO ALIENO CI INVADDE

DI EDOARDO BONCINELLI

Un vorticare di innumerevoli particelle microscopiche si può osservare quando un raggio di sole penetra nell'oscurità di una stanza. Queste rappresentano la parte non gassosa dell'aria. Può trattarsi di particelle solide o di gocce microscopiche e rappresentano un microcosmo dove c'è letteralmente di tutto, dai pollini alle spore batteriche e vegetali, dai virus alle uova di artropodi, dalle particelle di carbone ai nitrati e ai solfati. Sono tantissime, di tante dimensioni e provenienze diverse e vengono oggi chiamate collettivamente Pm, *particulate matter*, e distinte in tre-quattro sottoclassi sulla base delle loro dimensioni espresse in micron, come dire micrometri, cioè millesimi di millimetro. Si tratta delle famose e famigerate polveri sottili, la cui densità è continuamente misurata in molte delle nostre città e che di tanto in tanto causano il blocco del traffico automobilistico. Le polveri Pm10 per esempio hanno dimensioni non superiori ai 10 micron, le polveri fini Pm2,5 sono inferiori a 2,5 micron, mentre le polveri ultrafini Pm0,1 sono inferiori a 0,1 micron.

La loro azione, comunque non positiva se la densità supera certi livelli, dipende dalle loro dimensioni e dalla loro composizione chimica, e può arrecare un danno meccanico o ostruttivo, causare un'irritazione, un'infiammazione o una vera e propria allergia.

Per quanto riguarda i distretti corporei che le polveri possono raggiungere, l'elemento fondamentale è la loro dimensione: più minuscole sono, più a fondo penetrano. Una particella maggiore di 7-8 micron si fermerà nel cavo orale o nelle primissime vie respiratorie; una di dimensioni comprese fra 3 e 5 micron penetra nei bronchi, dove si addentra sempre più a dimensioni inferiori, fino a che non entra direttamente negli alveoli, se inferiore a 1 micron.

Il danno può essere immediato o protratto. Forse è quest'ultimo il caso peggiore. La permanenza di tali corpuscoli nelle sottilissime vie respiratorie terminali può causare un'infiammazione cronica che può talvolta risolversi in una formazione tumorale. Fortunatamente questa è un'evenienza rara; meno rara è invece l'induzione di risposte allergiche che contribuiscono a rendere difficoltosa la respirazione, soprattutto in persone di una certa età. Ciò accade perché il sistema immunitario commette errori in misura crescente con gli anni e sempre più spesso attacca i propri tessuti, invece degli invasori estranei.

MAGAZINE | 59

[COVER STORY]



EMERGENZA SMOG

ECCO LE NANOPOLVERI CATTURATE DAL TEST

LE IMMAGINI, INGRANDITE AL MICROSCOPIO, MOSTRANO ALCUNI DEGLI ELEMENTI RIMASTI NEI FILTRI DELL'ESPERIMENTO MILANESE: MOLTI ENTRANO NELL'ORGANISMO



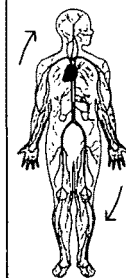
Traffico Una polvere ambientale adagiata su palline di carbonio



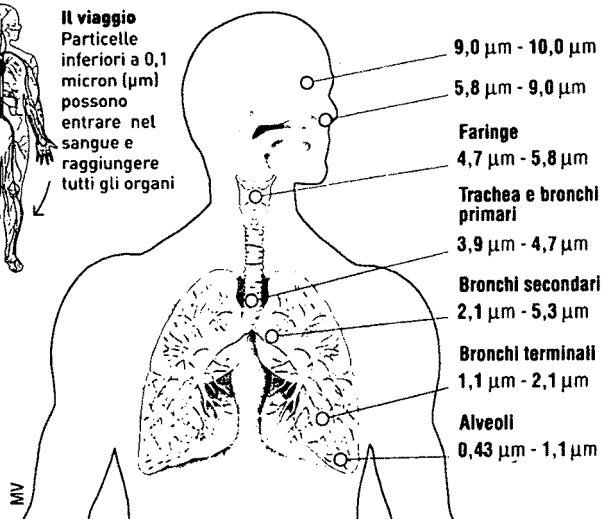
Rotaia del tram Ferro e cromo: frammento lungo e sottilissimo



Arsenico Aggregato di tanti PM 1: con zinco, alluminio, rame, ferro



Il viaggio
Particelle inferiori a 0,1 micron (μm) possono entrare nel sangue e raggiungere tutti gli organi



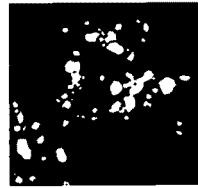
Fibra di vetro Un tubicino di silicio, lungo e strettissimo



Ferro Due sferule, sotto i 5 micron: forse da inceneritore



Acciaio speciale Lega di ferro e cobalto, sfaldata per rottura



Pulviscolo d'intonaco Sotto 1 micron, con bario e zolfo



Vecchie marmitte? Un aggregato di argento e rame



Piombo-stagno Lega sconosciuta in metallurgia (PM10)

giamo», avverte Montanari. «Almeno nei mercati di strada andrebbe evitata l'esposizione a cielo aperto degli alimenti». Sosta in redazione, quindi in metrò, con i milanesi che guardano curiosi e annuiscono, rassicurati, quando spieghiamo che siamo a «caccia di smog». Piazza Cadorna – «abbiamo i polmoni neri», si lamenta sottovoce un vigile – e finalmente il Cenacolo. «Non c'è dubbio che le particelle di carbonio contenute nel Pm10 alla fine danneggino l'affresco», ha avvertito giorni fa il dipartimento di Chimica dell'Università statale. Ingressi esauriti per due settimane, riusciamo a sgattaiolare fino alla saletta d'attesa dove si concentra una comitiva di turisti, i cappotti frusti d'inquinamento. «Lo zolfo con l'umidità dell'aria si tra-

sforma in vari tipi di acido, come l'acido solforoso, che possono sciogliere la tinta dell'affresco ma il pericolo maggiore è il respiro dei visitatori: emettiamo anidride carbonica che con l'acqua fa acido carbonico e corrode il dipinto...». A pochi metri, in corso Magenta, ancora sferragliare di tram e fumi di scarico. Ma nell'aria c'è altro, pulviscolo d'intonaco (solfato di calcio, bario...) che cade dai muri di una città che invecchia e sferule di aggregati di ferro e altri metalli che secondo i ricercatori hanno un'origine chiara: «Per dimensione e forma possono provenire solo da un processo di combustione ad alta temperatura: acciaierie, fonderie, cementifici o in-

cenitori». A Milano e dintorni, non ce ne sono... «Le polveri ultrafini viaggiano con il vento per migliaia di chilometri, le hanno trovate al Polo Sud».

F

Finiamo alla Pinacoteca di Bra, negli angoli delle sale le macchinine ticchettano: «Controllano temperatura e umidità. Misuratori di particolato? No, niente», alza le spalle il custode. C'è il condizionamento, però, che ripulisce un po' l'aria.

Quali metalli fanno più male?

«Il piombo è tossico, il nichel causa allergie, l'arsenico non fa bene. Ma anche il ferro, per natura utile all'organismo umano, quando s'aggrega per formare particelle non è biodisponi-

60 | MAGAZINE

L'ALLERGOLOGA: PATOLOGIE IN AUMENTO «GAS E ZOLFO, ALLEATI DELL'ASMA»

«E' ormai ampiamente documentato che i gas di scarico e il microparticolato diesel potenziano la risposta immunitaria a livello respiratorio, dunque possono peggiorare l'allergia già in atto o favorirne la comparsa. Se per esempio i pollini o altri agenti allergenici si legano in atmosfera con il Pm 10 da un lato hanno un effetto irritante diretto sulle cellule della mucosa e allo stesso tempo agiscono sui linfociti, stimolando cioè le cellule della risposta immunitaria e aumentando la reazione patologica: ossia l'allergia». La dottoressa Giselda Colombo, responsabile del Centro di allergologia al San Raffaele di Milano vive ogni giorno, in corsia, il costante aumento di allergie e forme asmatiche. E cita uno studio epidemiologico che conferma il comune sentire dei meneghini: «Gli extracomunitari appena arrivati a Milano manifestano nuove forme allergiche e, dopo qualche anno, la percentuale di allergici in una comunità di immigrati pareggia quella dei mila-

nesi di nascita: insomma, esiste una predisposizione genetica ma altrettanto se non più importante è l'ambiente in cui si vive».

Tra i metalli, un sorvegliato speciale è lo zolfo: «Se contenuto in alcune molecole come i solfiti, può indurre irritazione e asma, o comunque peggiorare la risposta infiammatoria in un soggetto allergico». Il nichel, invece, scatena patologie allergiche a livello cutaneo, quali le dermatiti da contatto (che affliggono, per esempio, il 50% delle donne che non possono utilizzare orecchini con nichel): «Teoricamente, simili reazioni possono peggiorare se l'aria è ricca di questa sostanza o se ingeriscono alimenti che ne contengono quantità rilevanti». Stesso discorso per il bicromato di potassio, contenuto nel cemento, che a volte provoca reazioni allergiche nei muratori. Di per sé, comunque, un metallo semplice, una sostanza inorganica, difficilmente induce allergia. Diverso il discorso se si lega in atmosfera con altre molecole.

bile: il corpo non lo riconosce più e scatena una reazione infiammatoria tentando di isolarlo. Se inala una polvere di ferro-cromo-nichel, la stessa lega della padella di casa, non mi aiuta certo a produrre emoglobina. È un corpo estraneo e come tale l'organismo lo tratta, col rischio di ammalarsi», spiega Antonietta Gatti, responsabile del Laboratorio di Biomateriali all'università di Modena e moglie-partner di Montanari a Nanodiagnosics, che sta coordinando il progetto europeo Dipna per valutare i meccanismi d'aggressività del particolato. «Che le polveri fanno male si sa: sono capaci di entrare in profondità nelle cellule, fin dentro al nucleo, interferendo con il Dna. Dobbiamo ora scoprire qual è la dose letale tenendo sempre presente che la reattività è individuale: chi è nato più debole in un organo, in quell'organo si ammala prima. Bambini e anziani sono sicuramente più a rischio». Al di là del tipo di sostanza inalata o ingerita, ciò che preoccupa di più i ricercatori sono forma e dimensione delle polveri: «Una particella grossa si ferma anche prima dei

polmoni. Se è inferiore al micron, come molte di quelle raccolte dal suo filtro, raggiunge gli alveoli polmonari e da lì entra nel sangue». Il viaggio non si ferma qui: «Uno studio dell'Università di Lovanio, in Belgio, ha dimostrato che particelle da 100 nanometri, Pm 0,1, in 60 secondi passano la barriera polmonare e vanno nel sangue, in un'ora sono al fegato». Più la particella è piccola, più facilmente penetra nei tessuti, in teoria di qualsiasi organo. E a quel punto non esistono meccanismi biologici o artificiali conosciuti capaci di eliminarla. «I tessuti dove le polveri restano imprigionate reagiscono a un materiale che non riconoscono e che non è biodegradabile. Nel tentativo di distruggerlo, danno origine a processi infiammatori, o granulomatosi, che possono diventare cronici e, ma è solo una probabilità, trasformarsi in tumori».

Sara Gandolfi

www.nanodiagnosics.it
www.disat.unimib.it
www.arpalombardia.it