

Che aria tira a Milano

Marina Camatini

Le emissioni modificano la qualità dell'aria che respiriamo. Anche se è impossibile stabilire parametri precisi che definiscano una "buona qualità dell'aria", è indubbio che le città a elevato traffico veicolare abbiano un'aria di "bassa qualità". Gli studi epidemiologici dimostrano una stretta correlazione tra le patologie cardio-respiratorie e gli elevati livelli di inquinamento.

L'aria che respiriamo è inquinata?

L'aria è una miscela eterogenea formata da gas e particelle di varia natura e dimensione, la cui composizione si modifica per cause naturali e per attività umane. Non è semplice definire le proprietà di un ambiente incontaminato di riferimento, dato che non esistono standard convenzionali, quindi l'aria si definisce inquinata quando la sua composizione eccede i limiti stabiliti per legge. L'alterazione dei parametri fisici e chimici, la variazione dei rapporti quantitativi tra gli elementi che la compongono, l'immissione di composti estranei modificano la qualità dell'aria e producono impatti negativi sull'ambiente e, di conseguenza, sugli organismi che ci vivono.

Gli inquinanti possono essere:

- *di origine antropica*. Prodotti dall'utilizzo di combustibili fossili, da attività industriali, da estrazione di minerali, da incenerimento di rifiuti, da attività agricola. Gli inquinanti derivano da sorgenti fisse (industrie, impianti per la produzione di energia elettrica e inceneritori, impianti per il riscaldamento domestico) e da sorgenti mobili (traffico veicolare). L'inquinamento di origine industriale produce varie tipologie di gas e vapori. Un'ampia categoria di queste emissioni è rappresentata dai Composti organici volatili (Voc), che comprendono sostanze pericolose, come il tricloroetilene o la formaldeide, o meno tossiche, come l'alcol propilico o l'acetone. Gli autoveicoli a motore (con combustione interna di un carburante) e il riscaldamento domestico producono: monossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi incombusti (fra cui il benzene), polveri, anidride solforosa, ozono (come inquinante secondario) e piombo (dalle benzine con piombo, ora vietate). I gas di scarico spesso contengono carburante incombusto o parzialmente combusto e, quindi, alte concentrazioni di idrocarburi, tra cui il benzene, ancora presente nelle benzine, monossido di carbonio e polveri. Una buona prospettiva nel

miglioramento dei processi di combustione deriva dall'uso di una metodologia idonea ad abbattere le forti concentrazioni di ossido di azoto;

- *di origine naturale*. Prodotti da emissioni naturali, le principali sono polveri e gas emessi dai vulcani, dagli incendi delle foreste, dalla decomposizione di composti organici. Le principali emissioni naturali derivano da:
 - vulcani attivi che immettono nell'aria grandi quantità di polveri, acido solfidrico, anidride carbonica, ammoniaca, ossidi di azoto e di zolfo;
 - sorgenti termali che esalano acido solfidrico;
 - sorgenti naturali di anidride carbonica;
 - alcuni Voc prodotti dalla vegetazione, come l'isoprene, responsabile di asma e reazioni allergiche, i pollini;
 - trasporto di polvere del deserto su lunghissime distanze per forti venti periodici.

Gli inquinanti possono essere, inoltre, definiti primari se emessi in ambiente come tali (SO₂, NO), e secondari (O₃), se si formano successivamente nell'atmosfera in seguito a reazioni chimico-fisiche.

Tab. 1 – Principali inquinanti in ambiente urbano

Inquinanti primari	Inquinanti secondari
Monossido di carbonio	Ozono
Ossidi di azoto	Perossiacetilnitrato
Idrocarburi	Perossipropionilnitrato
Ossidi di zolfo	Perossibutirilnitrato
Particolato	-

Il rapporto tra fattori naturali e antropici differisce a seconda dei luoghi e delle aree urbane: dove il traffico stradale, gli impianti industriali (raffinerie, cementifici, centrali termoelettriche, inceneritori ecc.) e il riscaldamento costituiscono l'apporto preponderante, questo rapporto è ovviamente spostato sulle emissioni antropiche.

Gli inquinanti, di qualunque origine essi siano, si possono diffondere e la loro diffusione dipende sia dalla concentrazione sia da fattori quali: la distanza dalle aree di emissione, le trasformazioni chimico-fisiche, la velocità di ricaduta al suolo, la morfologia delle aree interessate, le condizioni meteorologiche.

La diffusione degli inquinanti può avere conseguenze negative sia sull'ambiente - con danni al patrimonio forestale e agricolo, alle opere d'arte e ai beni culturali - sia sugli organismi viventi. In particolare, può avere conseguenze negative sulla salute nelle aree dei grandi centri urbani e industriali.

Che cos'è il particolato atmosferico (PM)?

Il particolato è l'inquinante di maggiore impatto nelle aree urbane, ed è composto da particelle solide e liquide disperse nell'atmosfera, con un diametro che da pochi nanometri arriva fino ai 500 micron e oltre (cioè da miliardesimi di metro a mezzo millimetro). La quantità totale di particolato sospeso viene misurata in modo quantitativo con rapporto peso/volume. In genere ha concentrazioni diverse in ambienti diversi: è minima in zone di alta montagna, mentre aumenta notevolmente dai siti rurali, alle città, alle aree industriali. Il Particolato totale sospeso (Pts) viene suddiviso in classi corrispondenti alla dimensione delle particelle. Queste classi, formate da *Particulate matter* (PM), sono indicate con il diametro aerodinamico massimo delle particelle. Quindi PM10 corrisponde a particolato formato da particelle inferiori a 10 micron (μm , più piccole di un centesimo di millimetro); PM2,5 formato da particelle con diametro inferiore a 2,5 μm (un quarto di centesimo di millimetro); PM1 e PM0,1 formato da particelle definite ultrafini (Ufp). La distribuzione dei diametri aerodinamici medi è variabile ed esistono valutazioni differenti tra i vari autori nella definizione del rapporto tra PM2,5 e PM10, che comunque è compreso tra il 50% e il 60%. In pratica, su 10 μg di PM10 contenuti in un metro cubo di aria, 6 μg sono di PM2,5. Le particelle di PM10 sono costituite essenzialmente da materiale cristallino (ossidi di silicio, alluminio, titanio e ferro), sali marini e agenti biologici (pollini, spore ecc.). La frazione PM2,5 è, invece, prodotta principalmente da processi di combustione (carbone, olio, gasolio, benzina, legna) ed è formata da metalli (Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe), idrocarburi (Ipa e derivati), materiale carbonioso (carbonio organico ed elementare) e particelle di origine secondaria originatesi da reazioni chimiche dei composti gassosi in atmosfera.

Schematicamente la composizione chimica del particolato è individuata da alcune classi principali di composti:

- gli ioni inorganici: solfati (SO_4^-), nitrati (NO_3^-), ammonio (NO_4^+);
- la frazione carboniosa (*Total Carbon* - TC) formata dal Carbonio organico (Oc) e dal Carbonio elementare (Ec);
- il materiale cristallino, che può essere associato al pulviscolo atmosferico (Si, Ca, Al...) o a elementi in traccia (Pb, Zn...);
- una frazione non meglio identificata, che spesso corrisponde all'acqua, ma non solo.

Queste componenti presentano dimensioni diverse e, quindi, contribuiscono in maniera differente ai PM2,5 e PM10.

Come si vede dalla Fig. 1 (a pag. 66), la somma di solfati, nitrati e ammonio rappresenta più del 40% della massa totale di PM2,5. Gli elementi presenti in traccia sono emessi dalle fonti più disparate. Inoltre si presentano associati al particolato e sono scarsamente reattivi, quindi possono andare incontro a un lungo trasporto atmosferico. La frazione organica del particolato è composta

principalmente da acidi a catena lineare saturi e insaturi, acidi dicarbossilici alifatici, acidi policarbossilici aromatici e n-alcani.

Quali sono le sorgenti dei PM?

Le principali fonti di PM a livello nazionale sono rappresentate dal settore industriale, dalla produzione di energia (responsabili del 26% delle emissioni di PM10, del 23% di NO₂, del 79% di SO_x e del 34% di idrocarburi policiclici aromatici rispetto al totale nazionale) e dai trasporti, dove il contributo maggiore arriva da quello su strada, che contribuisce per il 22% alle emissioni totali di PM10, per il 50% di NO₂, per il 45% di CO e per il 55% del benzene rispetto al totale nazionale (Apat, 2007). Le emissioni legate al settore industriale presentano ancora criticità soprattutto per alcune produzioni legate alla siderurgia o alla petrolchimica, considerate “impattanti” se collocate nei pressi di aree ad alta densità abitativa, dove a queste emissioni (PM2,5 - polveri sottili - 25,7%, idrocarburi policiclici aromatici, ossidi di zolfo 78,8%) vanno aggiunte quelle derivate dalle attività dei centri urbani. Le emissioni di PM10 da trasporto su strada rappresentano circa il 32,4% (Ispra, 2009) e sono costituite da processi derivanti da usura di componenti del veicolo, da abrasioni del suolo, da risospensione delle polveri. Le emissioni da traffico veicolare derivano anche da processi di combustione (gas di scarico) e rappresentano una fonte significativa, in quanto in prossimità di flussi rilevanti di traffico ci sono quantità di PM2,5 decisamente superiori rispetto al fondo urbano. Gli impianti di riscaldamento utilizzano diverse tipologie di combustibili: gas naturale, gasolio, olio combustibile, legno. Dai processi di combustione di questi impianti derivano emissioni con diverso impatto, che è significativo per la legna e in misura minore per il gas.

Qual è la composizione di PM?

La composizione chimica del particolato è differente sia nelle frazioni a diversa dimensione (PM10, PM2,5) sia nelle varie stagioni di campionamento e dipende anche dalla presenza di sorgenti fisse, oltre che dal traffico veicolare. Nelle Fig. 1 e 2 sono elencati i componenti delle frazioni di PM, raccolto e campionato nel 2009 nel sito di Milano Torre Sarca dal Centro Polaris (Gualtieri et al., 2010, Perrone et al., 2010).

Fig. 1 – PM10: composizione chimica % del particolato atmosferico, media stagionale estate/inverno

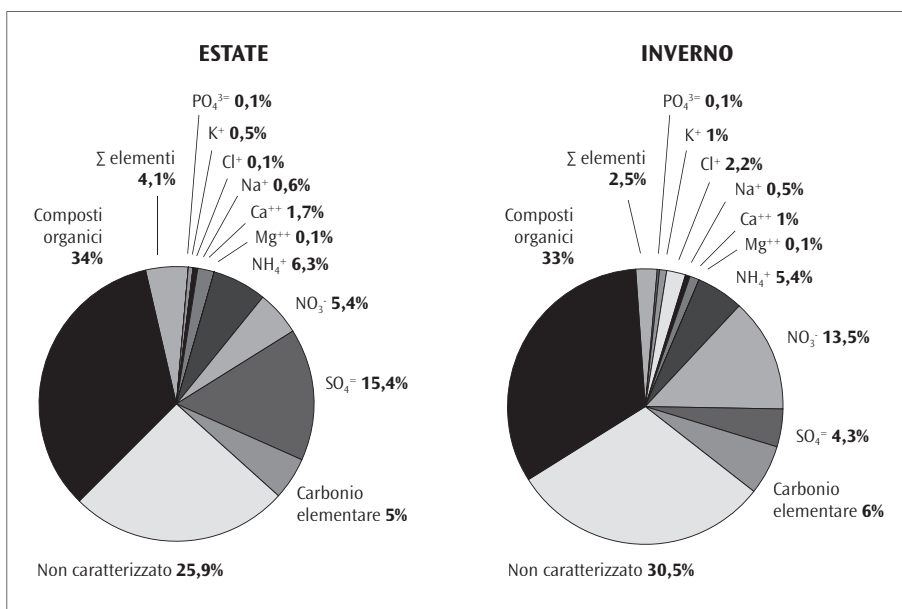
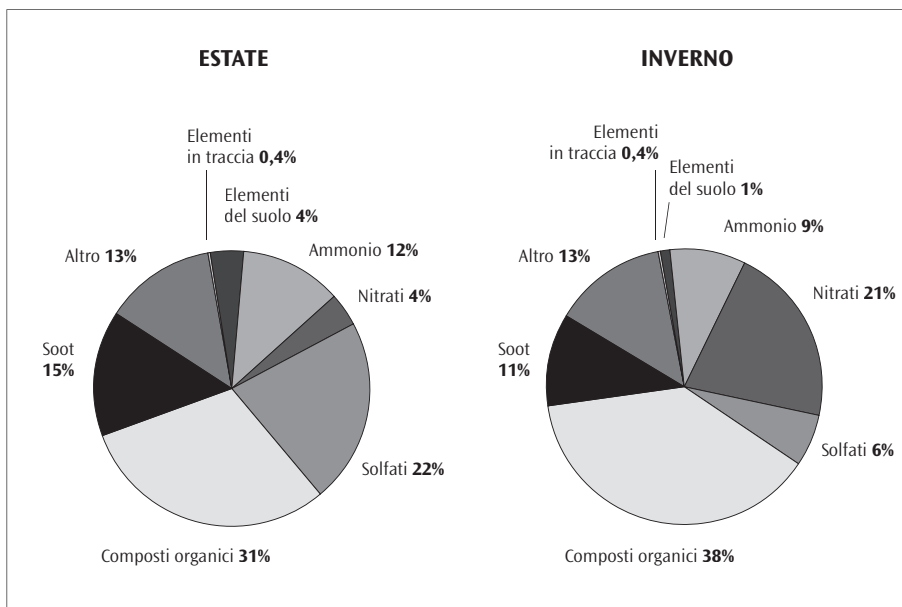


Fig. 2 – PM2,5: composizione chimica % del particolato atmosferico, media stagionale estate/inverno



La composizione chimica dei PM consente di identificare le fonti che l'hanno generato. A Milano, un'area urbana estesa con traffico elevato, l'11-15% della concentrazione totale di PM_{2,5} è data da un elemento chimico chiamato "soot" (carbonio di tipo grafite), un *marker* dei processi di combustione incompleta derivante soprattutto dai diesel. I siti extraurbani della Regione Lombardia, che hanno ridotti volumi di traffico, hanno un contenuto di *soot* che è il 4-5% del PM_{2,5}. Il *soot* è anche responsabile del colore "nero" che si deposita sui monumenti.

I composti organici sono il 30-40% del PM_{2,5} e gli ioni inorganici il 35-40%. Gli ioni inorganici sono principalmente solfati, nitrati, ammonio e derivano da sorgenti secondarie, quali anidride solforosa emessa soprattutto da sorgenti fisse per la produzione di energia e combustioni sia industriali sia non industriali), ossidi di azoto (emessi dal traffico veicolare) e ammoniaca emessa da fonti naturali e attività agricole (Inemar, 2008; inventario delle emissioni Regione Lombardia, <http://ita.arpalombardia.it/ITA/inemar/inemarhome.htm>). Il 4% deriva da risospensione di polveri del suolo e lo 0,4 % da altri elementi in traccia derivanti da traffico, industria, inceneritori.

Come si campiona il PM

L'analisi della qualità dell'aria può essere effettuata mediante l'utilizzo di strumenti di misura che rilevano la concentrazione di uno o più inquinanti, oppure impiegando specifici organismi vegetali esposti per lunghi periodi di tempo all'aria di una determinata zona. Queste due modalità di valutazione dovrebbero essere complementari, non alternative. Gli strumenti automatici di misura restituiscono i parametri analizzati in tempo reale, ma non danno la misura della qualità dell'aria che viene, invece, fornita dagli organismi monitorabili, che vivono in un dato ambiente.

I valori di concentrazione di un elemento chimico non danno nessuna informazione sull'eventuale effetto sinergico di diversi inquinanti presenti; per esempio, la contemporanea presenza di anidride solforosa e polveri produce molti più danni alla salute rispetto alla somma dei danni prodotti dai singoli inquinanti. Gli strumenti di misura di una rete di rilevamento evidenziano solo una piccola parte dei composti presenti nell'aria che incidono sulla vita degli organismi viventi.

Dati questi limiti diventa fondamentale la scelta dei siti di posizionamento di una cabina di monitoraggio (De Munari, 2004). Il D.M. n. 60 del 02/04/2002 definisce le tipologie delle stazioni:

- stazioni urbane e suburbane residenziali di riferimento, localizzate in parchi o isole pedonali, che devono rilevare CO, NO_x, SO₂, O₃, NO₂, i parametri meteorologici di base e inquinanti non convenzionali da valutarsi con metodologie analitiche manuali;

- stazioni urbane residenziali a elevata densità abitativa, con rilevazione di NO₂, SO₂, idrocarburi volatili e PM totale, con valori della massa e del contenuto in piombo;
- stazioni di elevato traffico e bassa ventilazione, con misure delle emissioni veicolari (CO e idrocarburi volatili);
- stazioni rurali nelle periferie con misura degli inquinanti fotochimici NO_x, O₃.

In Italia la mappatura dei siti non è completata, né si basa su metodologie uniformi e i criteri utilizzati per localizzare le stazioni sono il risultato di una mediazione tra considerazioni di efficacia/efficienza con l'obiettivo di rappresentare in modo ottimale il contributo delle sorgenti *outdoor* e vincoli di gestione e di natura logistica (Cadum, 2010).

Scopo delle reti di monitoraggio dovrebbe essere quello di fornire le informazioni necessarie per proteggere la popolazione dagli inquinanti e stimare l'impatto sulla salute della popolazione residente. Ecco perché molta strada resta da fare per standardizzare le metodologie di misurazione del particolato e per adottare criteri uniformi nell'individuazione di siti per le stazioni di monitoraggio. Solo a queste condizioni si potrà parlare di dati di esposizione della popolazione, e non solo di misura degli inquinanti.

I fattori meteorologici influenzano la distribuzione di PM?

L'andamento della temperatura dell'aria ha un importante ruolo nell'inquinamento atmosferico. In condizioni normali, la temperatura dell'aria diminuisce di circa 6,5°C ogni 1.000 m. di altezza dal livello del mare e questa differenza di temperatura viene chiamata gradiente termico. Questo è dovuto al raffreddamento dell'aria che - salendo - si espande per la diminuzione della pressione atmosferica. Così si ha un buon rimescolamento degli strati di aria, in quanto i moti verticali non vengono ostacolati e gli inquinanti si disperdono nell'atmosfera. A volte il gradiente termico, invece di diminuire, aumenta, quindi la temperatura dell'aria cresce con la quota, anziché diminuire. Si verifica, così, un'inversione termica, che è tipica delle aree di pianura distanti dal mare ed è più frequente nel periodo invernale, quando c'è alta pressione e bassa circolazione d'aria. In tali condizioni l'aria presenta temperature inferiori rispetto a quelle degli strati sovrastanti: ciò rappresenta un ostacolo ai moti verticali, con il conseguente ristagno degli inquinanti in prossimità del suolo.

Quali normative regolano la quantità di PM in atmosfera?

In Italia il Decreto Ministeriale n. 60 del 2 aprile 2002 fissa due limiti massimi di PM10 nell'atmosfera: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore medio misurato nell'arco di 24 ore da non superare più di 35 volte/anno; 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore medio annuale.

Il parametro PM10 risulta attualmente inadeguato, in quanto sono i PM2,5 e i PM1 (comunque correlati al PM10) ad avere gli effetti più pesanti sulla salute. Inoltre risulta inadeguato anche il parametro Polveri sospese totali (Pts) per le emissioni di impianti industriali (fabbriche, centrali, inceneritori), in quanto si riferisce solo al peso totale delle polveri e non alla loro dimensione.

L'Organizzazione mondiale della sanità (Oms), preso atto della correlazione tra esposizione alle polveri sottili e insorgenza di malattie cardiovascolari e l'aumento significativo di danno alla salute ascrivibile alle polveri sottili, ha indicato il PM2,5 come misura aggiuntiva di riferimento delle polveri sottili nell'aria e ha abbassato i livelli di concentrazione massimi "consigliati" a 20 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rispettivamente per PM10 e PM2,5 (Oms, 2006). Nel 2008 l'Unione europea ha adottato definitivamente una nuova direttiva 2008/50/Ec, che detta i limiti al PM2,5 e che gli Stati della Comunità europea avrebbero dovuto recepire a due anni di distanza.

Quali sono gli effetti del PM sulla salute?

Il PM10 è l'inquinante indicato fino a ora nelle normative per la valutazione dell'impatto dell'inquinamento dell'aria sulla salute, anche se le evidenze epidemiologiche e le ricerche sottolineano da tempo il ruolo dominante dei particolati fini (Biggeri et al., 2004; Atkinson et al., 2004; Alexeeff et al., 2011). Quindi la maggior parte dei sistemi di monitoraggio misura il PM10, cioè una miscela di particelle e polveri originatesi dalla combustione di carburanti per veicoli, dalla produzione di energia, da emissioni industriali. Sarebbe auspicabile misurare sistematicamente le concentrazioni delle polveri più fini, date le conoscenze degli effetti sulla salute del PM2,5 e dato che le fonti di emissione di questi particolati sono ormai bene identificate nelle emissioni da traffico veicolare, frazione attualmente monitorata sia in Nord America sia in Europa, comprese molte città italiane.

L'inquinamento atmosferico, soprattutto legato al PM10, rappresenta una minaccia seria per la salute (Who, 2004; Forastiere, 2010) in quanto riduce l'aspettativa di vita media in Europa di quasi un anno e di un tempo maggiore in aree con particolari condizioni geografiche, come la Pianura Padana (Arpa Lombardia, 2005; Agenzia europea dell'ambiente, 2007).

Le conseguenze sulla salute a breve termine sono:

- aumento della mortalità giornaliera per tutte le cause e, in particolare, per malattie cardiovascolari;

- aumento dei ricoveri per patologie asmatiche;
- aumento dei ricoveri per malattia polmonare cronica ostruttiva (Bpco);
- aumento dei ricoveri per polmoniti;
- diminuzione della funzionalità polmonare e aumento dei sintomi respiratori acuti in bambini e adulti.

L'effetto a lungo termine riguarda una riduzione dell'aspettativa di vita stimata in 1-2 anni. Le valutazioni europee ritengono, comunque, possibile un risanamento di queste condizioni.

Uno studio condotto su 51 città americane nell'arco di alcuni decenni (Pope et al., 2009) evidenzia come a ogni riduzione di 10 µg/m³ di PM_{2,5} sia associato un aumento dell'aspettativa di vita di 0,77 anni.

Il rapporto "*Health impact of PM10 and ozone in 13 italian cities*" dell'Organizzazione mondiale della sanità (Oms, 2006) mette in evidenza come si possano attribuire alle concentrazioni di PM₁₀ 8.220 morti all'anno in Italia e come le autorità locali possano svolgere un ruolo fondamentale per ridurre le emissioni.

Il centro Polaris risponde alla domanda: quale correlazione esiste tra PM e salute?

Il centro di ricerca Polaris dell'Università degli Studi di Milano-Bicocca riunisce docenti e ricercatori nel campo di tematiche inerenti il monitoraggio, le caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche e l'impatto di polveri di ambienti *indoor* e *outdoor* sulla salute umana e sull'ambiente. Lo scopo è l'approfondimento e lo scambio di conoscenze, di informazioni e di prospettive per definire i valori-soglia di rischio di esposizione, i meccanismi d'azione a livello cellulare e di funzione d'organo, i bersagli indiretti, l'identificazione di eventuali markers di esposizione e di effetto (danno). A questo centro appartengono gruppi di ricerca che, negli ultimi anni, indipendentemente dalle istituzioni di provenienza, hanno contribuito in modo significativo alla conoscenza del rischio ambientale per la salute associato alla presenza di particolati nell'ambiente.

Tra i vari progetti, è utile segnalarne uno particolarmente significativo, che ha affrontato la ricerca sugli effetti dell'inquinamento sulla salute umana, con un approccio multidisciplinare per una problematica che esige risposte sia in termini sperimentali di laboratorio sia di monitoraggio dell'impatto sulla salute sia di orientamento delle politiche di governo (Camatini et al., 2010).

Questo progetto ha riguardato:

- il campionamento e la caratterizzazione chimica e biologica del PM milanese;
- l'indagine multilivello degli effetti biologici del PM, partendo dal livello cellulare, arrivando alla casistica clinica ed epidemiologica;
- l'integrazione dei risultati per l'individuazione di indicatori molecolari e clinici sensibili.

Una ricerca sperimentale integrata diventa, quindi, fondamentale per capire quali particolati e quali componenti dei particolati sono a rischio per la salute. Gli studi epidemiologici forniscono solo dati statistici tra concentrazione di PM ed effetti, ma la complessità dei PM, costituiti da più elementi chimici, richiede approcci sperimentali su modelli di laboratorio, per consentire l'individuazione di quali siano i componenti e a quale concentrazione determinino gli effetti evidenziati dai dati epidemiologici.

Il PM campionato a Milano e le ricerche che ne descrivono gli effetti sulla salute

Il PM ha una composizione che varia con le stagioni e ha particolati di dimensione diversa, la cui concentrazione dipende dalle sorgenti.

Attualmente la percezione del rischio associato all'esposizione a PM è dovuta essenzialmente alle concentrazioni di particolato misurato dai sistemi di rilevamento dell'Arpa, mentre le informazioni sulla correlazione tra composizione chimica e impatto biologico delle diverse frazioni di PM nelle varie stagioni e in siti a diverso impatto antropico sono molto scarse.

La ricerca è attualmente focalizzata:

- sulle stagioni di campionamento;
- sulle dimensioni di PM campionato nello stesso periodo.

Le ricerche del centro Polaris dimostrano come la conoscenza delle sorgenti di emissione, della quantità, della dimensione, della composizione chimica di PM sia indispensabile per la previsione del rischio.

I PM, estivo e invernale, hanno composizione diversa e provocano risposte differenti. I danni sui sistemi analizzati sono strettamente correlati alle dosi e ai tempi di esposizione.

La ricerca ha dimostrato che la frazione grossolana del particolato, cioè il PM₁₀, durante il periodo primavera-estate ha molte componenti che provocano risposte infiammatorie importanti nei modelli di laboratorio. Questi dati sono confermati da quelli clinici ed epidemiologici, che descrivono la riattivazione di patologie respiratorie come l'asma. La composizione di PM nella stagione invernale (presenza molto più elevata di idrocarburi policiclici aromatici), che è chimicamente diversa e ha concentrazioni più elevate, provoca invece un aumento di bronchiti.

Le correlazioni tra PM₁₀ e incremento di fenomeni asmatici nei bambini è ben evidente e di facile comprensione. Il PM₁₀ contiene tutte le particelle con diametro inferiore a 10 µm (circa la decima parte dello spessore di un capello), come si può osservare in microscopia elettronica a scansione Sem (Fig. 3) e a trasmissione Tem (Fig. 4).

Fig. 3 – PM_{2,5} osservato al Sem

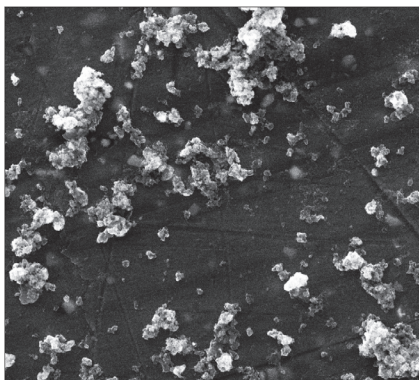
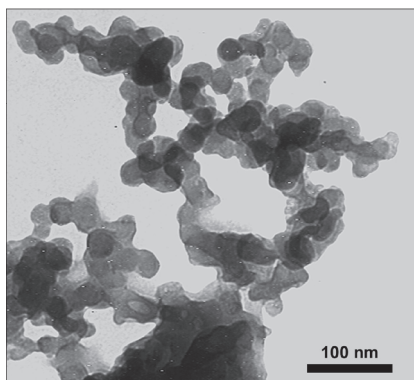


Fig. 4 – PM_{2,5} osservato al Tem



La misura del carbonio elementare presente nel PM permette di associare i particolati più fini alle emissioni da processi di combustione (veicoli a motori, impianti di riscaldamento ecc.). Questi emettono particelle di dimensione inferiore a $2,5\ \mu\text{m}$, cioè particelle grandi la quarantesima parte di un capello (Fig. 3), quindi particelle ultrafini (Ufp - *Ultra fine particles*) di dimensione inferiore a $100\ \text{nm}$, ovvero la millesima parte del diametro di un capello (Fig. 4).

Queste particelle vengono catturate dai “macrofagi alveolari” (Fig. 5), cellule di difesa che presidiano gli alveoli polmonari e che scatenano risposte infiammatorie molto evidenti nel periodo estivo, come dimostrato sia su modelli di laboratorio sia mediante osservazioni su individui esposti e attraverso dati epidemiologici (Tosca, 2010).

Le particelle di PM che non vengono intercettate e neutralizzate dai macrofagi interagiscono con le cellule dell’epitelio respiratorio (Fig. 6).

Fig. 5 – Macrofagi alveolari che hanno fagocitato particelle di PM_{2,5}

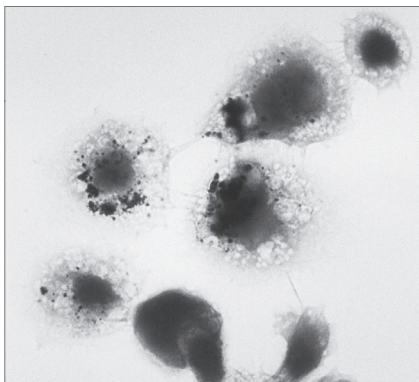


Fig. 6 – Cellule dell’epitelio respiratorio con particelle di PM_{2,5}



Nell'area urbana milanese, il PM_{2,5} invernale attiva meccanismi che interferiscono con le strutture cellulari. Attualmente non esiste alcuna correlazione, come dimostrato per il fumo da sigaretta, tra l'inquinamento da PM e l'incremento di tumori, anche se negli Usa, dove i dati storici sono più numerosi, alcune indicazioni suggeriscono che il PM possa costituire un fattore di rischio (Pope et al., 2004).

In conclusione i PM provocano danni alla salute

In conclusione tutti i particolati producono effetti sull'apparato respiratorio e questa realtà è ormai oggettivamente dimostrata, anche se gli effetti provocati dall'esposizione a PM dipendono in modo significativo dai livelli di esposizione. Sono i PM invernali, con le loro elevate concentrazioni e con la loro abbondanza di particelle molto fini (PM_{2,5}, Ufp) e ricche di residui della combustione derivante da traffico e riscaldamento, a provocare un aumento di patologie respiratorie.

La maggior quantità di particelle di piccole dimensioni dei PM invernali comporta rischi maggiori, in quanto possono raggiungere più facilmente gli alveoli e oltrepassare la barriera polmonare, innescando risposte di sensibilizzazione da parte dell'apparato cardiocircolatorio. L'incremento di queste patologie osservate nei soggetti più vulnerabili per esposizioni prolungate ad alti livelli di PM sembra correlato a questo evento.

Data la complessità del problema e delle condizioni climatiche della Pianura Padana, miglioramenti sostanziali possono essere raggiunti solo attraverso politiche mirate principalmente a ridurre le emissioni a maggiore impatto.

Che cosa ci si aspetta dalle istituzioni?

È auspicabile che le recenti dichiarazioni del ministero dell'Ambiente relative alla prossima predisposizione di un piano nazionale per contrastare l'inquinamento si realizzino velocemente e che la quinta conferenza ministeriale "ambiente e salute" costituisca l'occasione per coordinare questo impegno a livello europeo e internazionale.

Anche se molte aree urbane italiane restano problematiche per i livelli persistenti di inquinamento atmosferico, una particolare attenzione deve essere rivolta alla pianura padana, che dovrebbe essere destinataria di un intervento straordinario, in grado di potenziare il trasporto pubblico e le forme di mobilità sostenibile.

Un piano accelerato di risanamento della qualità dell'aria con misure coerenti con gli obiettivi della nuova direttiva europea (concentrazioni di PM₁₀ almeno inferiori a 40 µg/m³ e PM_{2,5} a tendere al 2015 inferiori a 20 µg/m³ entro il 2015) dovrebbe, quindi, essere messo rapidamente in atto.

È necessario che i finanziamenti alle ricerche, che hanno consentito di integrare le conoscenze chimiche, microbiologiche e di modelli in laboratorio con dati clinici ed epidemiologici, continuino a essere erogati per consentire ai ricercatori di arrivare a definire i valori soglia di rischio di questi inquinanti ambientali legati al progresso, e ai responsabili istituzionali di mettere in atto adeguati sistemi di controllo sulle emissioni.

Riferimenti bibliografici

- Agenzia europea dell'ambiente, *L'ambiente in Europa, quarta valutazione di sintesi*, 2007.
- Alexeeff, S. E., et al., "Medium-term exposure to traffic-related air pollution and markers of inflammation and endothelial function", *Environ Health Perspect*, 2011, pp. 119(4): 481-6.
- Apat (2007) - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici. *Impatto sanitario di PM10 e ozono in 13 città italiane*.
- Arpa Lombardia, *Rapporto sulla qualità dell'aria di Milano e Provincia*, 2005.
- Atkinson, R. W., "Acute effects of air pollution on admissions: reanalysis of Apeha 2" *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Apeha 2 Project, 2004, pp. 169(11): 1257-1258.
- Biggeri, A., Bellini, P., Terracini, B., "Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico", 2004, *Epidemiologia e Prevenzione*, 1996-2002, pp. 28(S4-5): 4-100.
- Cadum E., *Valutazione dell'esposizione della popolazione: cautele e rischi derivanti da modalità delle misurazioni e delle scelte logistiche Tosca*, 2010, Università degli Studi Milano - Bicocca, Milano.
- Camatini M., Gualtieri M., Mantecca P., "Particles and health: state of the research, Chemical Engineering Transaction", 2010, n. 22, pp. 1-14.
- De Munari, E., et al., *Linee guida per la predisposizione delle reti di monitoraggio della qualità dell'aria in Italia*, 2004, Apat, Roma.
- EC, Working Group on Particulate Matter, *Guidance to the Member States on PM10 monitoring and intercomparisons with the reference method*, European Commission, 2004.
- Forastiere, F., *EpiAir Inquinamento Atmosferico e Salute*, Tosca, Milano, 9 luglio 2010.
- Gualtieri, M., et al., *Differences in cytotoxicity versus pro-inflammatory potency of different PM fractions in human epithelial lung cells*, 2010, *Toxicology in vitro* 24, pp. 29-39.
- Inemar, *Inventario delle emissioni*, Regione Lombardia, 2008.
- Ispra, *Qualità dell'ambiente urbano*, VI° rapporto annuale, 2009.
- Oms, *Air quality guidelines executive summary*, 2006.
- Perrone, M. G. et al., *Seasonal variations in chemical composition and in vitro biological effects of fine PM from Milan Chemosphere*, 2010, 78 (11): 1368-1377.
- Pope, C. A. III, et al., "Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease", *Circulation*, 2004, pp. 109(1): 71-77.
- Pope, C. A. III, Ezzati, M., Dockery, D. W., "Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States", *New England Journal of Medicine*, 2009, pp. 360(4): 376-86.
- WHO, Regional Office for Europe, *Particulate matter air pollution: how it harms health*, WHO Regional Office for Europe, Berlin, Copenhagen, Rome, 2005.