

Il veleno che respiriamo

di VIRGILIO ERMINI

«Risulta che nell'anno del Signore 1300 un decreto del Re di Inghilterra vietava l'uso di un certo tipo di carbone perchè ne derivavano fumi nocivi alla salute. A tale scopo era stata costituita una commissione investigativa che doveva punire i trasgressori e demolire le loro stufe in caso di recidiva. Un disgraziato fu condannato a morte perchè aveva trasgredito tre volte ai regolamenti sui fumi. Nel 1348 la municipalità di Zwickau vietò l'uso del carbone fossile ai fabbri; nel 1500 il governo inglese ordinò la distruzione di tutti gli impianti di riscaldamento a carbone fossile. Come le famose gride di manzoniana memoria.

Il pericolo dei fumi.

Sono dunque almeno 660 anni che, in seguito agli allarmi gettati dagli igienisti e all'intervento ufficiale della pubblica autorità, si agita il problema della difesa contro l'inquinamento atmosferico. Nel frattempo la tecnica ha fatto progressi giganteschi, e poichè si tratta di un problema essenzialmente tecnico la questione sembrerebbe così completamente e da gran tempo risolta da porre ormai i lamentati inconvenienti nel novero delle curiosità medioevali. Disgraziatamente la tecnica ha provocato effetti opposti e, mentre il problema della protezione sembra relegato in secondo piano, le cause di immissione di vapori e fumi tossici sono aumentate a dismisura, sicchè i malanni che ne derivano si sono fatti tanto più grandi e ormai insopportabili quanto più avanzato è il progresso tecnico di un paese. Come conseguenza la vita vegetale, non meno di quella animale, si svolge in condizioni allarmanti» (*).

Dato lo sterminato volume dell'ambiente atmosferico, di solito continuamente rinnovato dalla ventilazione, purificato dall'ozono prodotto dai temporali, lavato dalla pioggia, le modificazioni occasionali alla composizione dell'aria prodotte dall'uomo, per quanto imponenti in valore assoluto, dovrebbero essere in valore relativo assolutamente trascurabili.

Se invece, come succede, l'inquinamento agisce, bisogna dedurre che per alcune località, a motivo dell'inversione del gradiente termico verticale o del suo ridotto valore, l'ambiente respirabile è ristretto ad uno strato di atmosfera molto limitato e a contatto col suolo. Di questo fenomeno si è già avuto occasione di parlare (*Sapere*, n. 589-590).

L'aumento della temperatura con la quota blocca tutti i moti verticali per

◀
Dalla nebbia fioccosa che stagna su Manhattan spuntano le guglie dei grattacieli.

il principio di Archimede. Infatti i gas caldi riversati nell'atmosfera, espandendosi, si raffreddano adiabaticamente e vengono pertanto a trovarsi in ambiente più caldo. È chiaro che se essi sono più freddi, e quindi più densi e pesanti dell'aria, la diffusione verticale degli agenti inquinanti viene impedita. In questo ambiente limitato viene a mancare anche la diffusione orizzontale, poichè l'assenza di scambi verticali implica l'assenza di quelli orizzontali; non sollecitata a salire, l'aria a contatto con il suolo non può essere sostituita. In realtà si tratta di un circolo vizioso senza via d'uscita; la mancanza del vento favorisce la formazione dell'inversione e l'inversione si oppone al vento. La ragion vera si chiama irraggiamento notturno: l'inversione, infatti, è provocata dal raffreddamento che lo strato d'aria a contatto con il suolo subisce a causa dell'irraggiamento notturno.

La città e il clima.

L'indice più vistoso della inversione è la nebbia. Fino a non molto tempo fa essa veniva definita come una nube al suolo; ora invece, alla luce di più esaurienti ricerche, viene classificata come una *idrometeora*.

Per avere nebbia non basta la semplice saturazione, cioè una umidità relativa del cento per cento; occorre altresì una certa quantità di acqua in sospensione. I dati che seguono forniscono un'idea del rapporto esistente fra acqua in sospensione e visibilità.

Grammi acqua liquida in sospensione	Visibilità in metri
10	12
1	60
1/10	300
1/100	1500
(g per metro cubo di aria).	

Le goccioline minutissime in sospensione diffondono la luce in tutte le direzioni, determinando quell'ambiente ovattato che tanto piace ai poeti ed alle persone romantiche, ma non alla gente pratica e tanto meno a chi soffre di asma, di reumi, di affezioni bronco-polmonari o cardiovascolari.

Vediamo dunque i guai che riesce a combinare l'uomo con la collaborazione dell'industria, delle auto e soprattutto dei camini.

Le variazioni provocate dall'uomo nel clima locale cominciano con un'alterazione della composizione dell'aria. Focolari domestici, ciminiere, scarichi di motori a scoppio esalano sostanze di vario genere: ossido di carbonio, anidride carbonica, ammoniaca, aldeidi, idrocarburi, da cui nascono per reazione fotochimica altre sostanze irritanti. Fra le sostanze solide sono relativamente poco dannose la fuliggine e le ceneri, la cui azione si limita allo sporco; meno piacevoli sono le altre sostanze o polveri come silicati, ossidi di alluminio, calcio, ferro e piombo; con minor frequenza si riscontrano anche dannosi fluoruri. Questo materiale, da solo, ha effetti non certo benefici

sull'organismo che respira tale atmosfera alterata.

Nel quinquennio 1950-55 il deposito mensile di polveri in varie città americane fu così misurato (in tonnellate per chilometro quadrato).

Detroit	30
New York	27
Chicago	24
Pittsburgh	18
Los Angeles	13

Ed ecco due tabelle significative per Milano.

(Da A. GIOVANARDI, *Il riscaldamento come fattore di contaminazione dell'atmosfera a Milano*, «Ingegneria Sanitaria», 1959).

Comportamento della polvere sospesa, numero di particelle $\times 1000$ per centimetro cubo di aria.

Milano centro		
Mese	ore 9	ore 17
Settembre 1956	289	208
Ottobre	761	658
Novembre	875	776
Dicembre	1165	1290
Gennaio 1957	1355	830
Febbraio	896	445
Marzo	503	427
Aprile	516	476

Comportamento del materiale sedimentabile (in tonnellate per chilometro quadrato per mese) nelle stazioni di Milano centro, Milano piazza F.lli Bandiera, Sesto S. Giovanni, Pero e Melegnano

Località	Inverno 1956 febb. marzo	Estate 1956 maggio sett.	Inver. 1956-57 nov. marzo
Milano centro, residenziale	12,50	6,34	8,49
Milano F.lli Bandiera, residenziale	7,90	5,19	7,00
Sesto S. Giovanni, industriale	6,15	6,41	5,28
Pero, industriale	5,88	6,03	4,69
Melegnano, semi-industriale	—	4,04	4,44

▼ Anche in ambienti chiusi la nebbia penetra a sfumare i contorni. Le tre *silhouettes* spiccano sullo sfondo della Galleria di Milano (dalla rivista *Pirelli*).



Il quantitativo di sostanze solide in sospensione varia da stagione a stagione; autunno e inverno presentano i quantitativi maggiori.

La cosa dal punto di vista meteorologico è perfettamente comprensibile. Durante l'estate il surriscaldamento del suolo determina una permanente instabilità dell'aria, con rapida dispersione delle particelle di ogni tipo. La presenza di particelle nell'aria è direttamente responsabile della maggior frequenza della nebbia negli immediati dintorni delle città. A Milano però la nebbia cittadina risulta in netta diminuzione a causa dell'ottimo drenaggio.

La coltre di sozzura costituisce un filtro per la radiazione solare, ma al tempo stesso previene il raffreddamento dovuto all'irraggiamento. La città di Vienna per es. nei giorni sereni, rispetto alla campagna circostante perde fino al 36 per cento della radiazione incidente. Questo assorbimento è maggiore per le minori lunghezze d'onda (ultravioletto), ciò che spiega l'aumento del rachitismo riscontrato nelle grandi città. L'alta frequenza della nebbia riduce le ore di sole al 50 per cento del possibile, come succede a Londra durante l'inverno.

Ci si potrebbe attendere che la variazione dell'irraggiamento influenzi la temperatura, ma per valutarne esattamente l'incidenza occorrerebbe cono-

scere il quantitativo di calore prodotto dall'agglomerato urbano. Gli innumerevoli processi di combustione aumentano considerevolmente l'energia disponibile per il riscaldamento dell'aria; si è calcolato che nelle grandi città vengano annualmente disperse 200 mila chilocalorie per metro quadrato; grosso modo, questo valore rappresenta un terzo dell'energia solare ricevuta dalla stessa area durante un intero anno. L'equilibrio che determina la temperatura urbana è quindi la risultante di perdite dovute ad assorbimento e riflessione da nebbia, di guadagno da assorbimento dell'aria caliginosa ristagnante nelle vie e dai processi di combustione. Il risultato è un aumento della temperatura media variabile da qualche decimo a qualche grado. Mitchell ha dimostrato che l'aumento della temperatura rispetto alla campagna circostante è proporzionale alla radice quadrata dell'incremento demografico cittadino; ne risulta fra l'altro un allungamento del periodo di vegetazione delle piante. Con lo sviluppo dell'area cittadina cambia, indebolendosi, il regime anemologico con diminuzione dell'ossigeno disponibile. Diminuisce anche l'umidità relativa ma aumentano le nubi a causa della più intensa convezione termica, e la presenza di maggiori quantità di nuclei di condensa-

zione incrementa le precipitazioni. Kratzer ha rilevato che a Monaco di Baviera il numero di temporali è maggiore sul centro che non sui quartieri periferici.

Riassumendo, l'influenza degli agglomerati urbani conduce ad aumento delle impurità solide e gassose; aumento della temperatura; aumento delle precipitazioni e dei temporali; aumento del numero dei giorni di nebbia; diminuzione della intensità della radiazione solare; diminuzione della velocità del vento; diminuzione dell'umidità relativa; diminuzione dell'evaporazione.

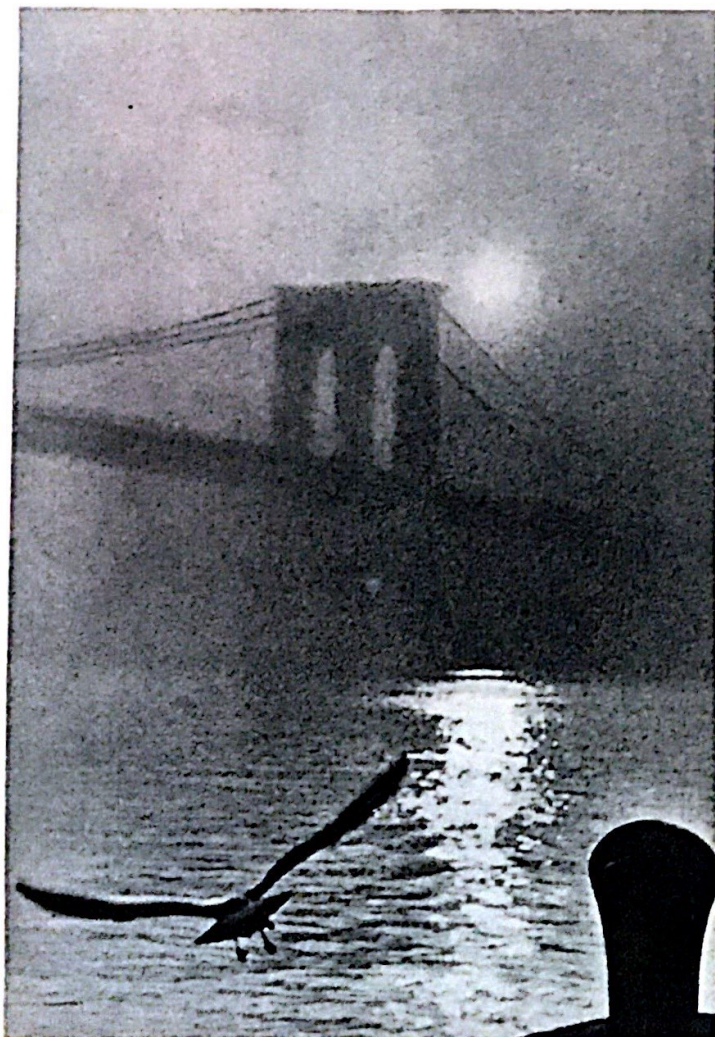
Un cocktail infernale.

Si chiama «smog» la ben nota complicazione derivante dall'unione di nebbia e fumi; a causa dello smog può accadere che a mezzogiorno il cielo si faccia buio oppure che l'atmosfera diventi rossastra, gialla ocrea o nera, a seconda della composizione chimica del momento e della incidenza dei raggi solari. È cosa assodata che lo smog aumenta la mortalità, ed è documentato che sono successe vere tragedie sicuramente imputabili all'inquinamento dell'aria:

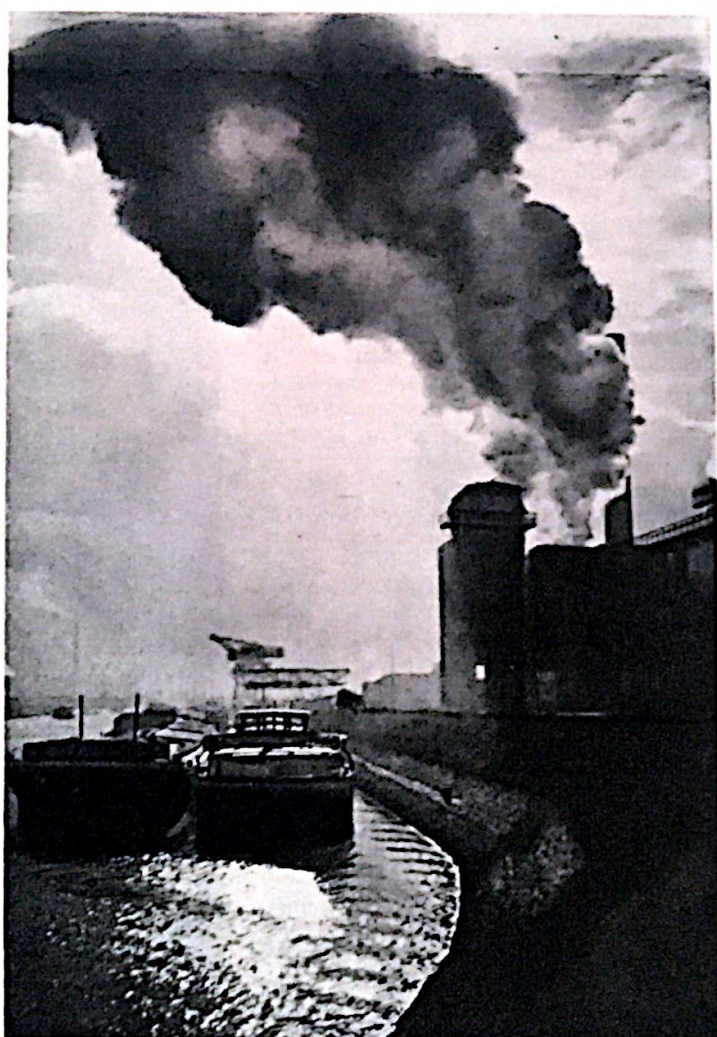
1-5 dicembre 1930: 63 morti nella valle della Mosa, a nord di Liegi.

27-31 ottobre 1948: 20 morti e 100 lesionati nel paese di Donora, valle del

▼ Il ponte di Brooklyn in una giornata di nebbia. (Foto George Moffett, *Photography Annual*, 1958).



▼ In tutte le città industriali le ciminiere vomitano un fumo denso che inquina l'aria. Qui siamo in un porto della Ruhr.



fiume Monongahela (Pennsylvania, Stati Uniti).

6-10 dicembre 1952: 1000 morti al giorno a Londra (invece della solita media di 250).

In generale l'uomo non riesce a fabbricare la nebbia su grande scala, al massimo può favorirla; ma se già esiste non gli occorre molto per renderla micidiale. Già abbiamo detto che le particelle carboniose non sono direttamente causa di danno; indirettamente però, ad esempio depositandosi sulle foglie, ne limitano la funzione clorofilliana.

I forni di incinerazione dei prodotti di rifiuto, sempre più abbondanti, riversano nell'aria ossido di carbonio, metano, aldeide formica, acroleina e fenoli. La combustione incompleta della carta distilla acidi, alcool, chetoni, derivati ammoniaci, idrocarburi della serie benzenica e della serie furanica. L'anidride solforosa derivante dai vari processi industriali si ossida spontaneamente in anidride solforica; con la umidità dell'aria, questa diventa acido solforico che corrode perfino i muri e a maggior ragione bronchi e polmoni.

Lo smog è dunque una specie di infernale cocktail all'acido solforico, e la patologia dello smog trova appunto la sua origine nel contenuto di acido solforico. Le reazioni chimiche fra le altre sostanze derivanti dall'inquinamento e dall'umidità non sono ben note, ma è assodato che l'azione nociva di certi aerosol atmosferici non è esclusivamente chimica, in quanto deriva anche dallo stato di estrema dispersione degli inquinanti, cosa che ne facilita l'assorbimento superficiale da parte delle mucose, della pelle, delle foglie, delle vernici, ecc. ecc.

A motivo dell'inquinamento le conifere ed altre piante sempreverdi durante l'inverno in città si svestono del-

le loro foglie che sono gli organi più sensibili. Una tale difesa costringe queste piante a rinnovare annualmente la intera loro chioma, fatica a cui non sono preparate e che ne determina la morte precoce. Non tutte le piante sono egualmente sensibili ai gas tossici. La più sensibile è l'abete; seguono le latifoglie; molto più resistenti le piante agrarie, le ortensie e, in generale, le piante annue e biennali. Tra queste le più sensibili sono le foraggere, trifoglio e graminacee; patata, barbabietola e cavolo sono tra le piante più resistenti ai gas; anche le crittogame reagiscono in maniera diversa a seconda delle specie.

Un problema insolubile.

Le ricerche condotte a Milano dal prof. A. Giovanardi e rivolte principalmente alla valutazione dell'entità e delle caratteristiche dell'inquinamento di fondo riguardano:

la determinazione sistematica del materiale sedimentabile e della anidride solforosa;

la determinazione sistematica della polvere sospesa;

la determinazione estemporanea dell'ossido di carbonio e del piombo;

la ricerca di contaminanti di origine prevalentemente o esclusivamente industriale (anidride solforosa H_2S , Cloro Cl_2 , Fluoro F_2 , ipozotide N_2O_4 , NH_3 ammoniacale);

studi di carattere epidemiologico rivolti a chiarire i rapporti fra inquinamento atmosferico e affezioni dell'apparato respiratorio (bronchite cronica e cancro polmonare).

L'inquinamento è dunque, alla resa dei conti, un malanno da cui ben difficilmente ci si potrà liberare perché legato a cause inscindibili dalla vita e dall'attività dell'uomo e a fenomeni fi-



▲ Due tecnici dell'igiene studiano attraverso lenti speciali le nuvole di fumo che escono dalle ciminiere di un'acciaieria a Pittsburgh. (Da *National Geographic Magazine*).

sici contro i quali non ci sono per ora reali possibilità di lotta; non esiste insomma la possibilità fisica di modificare il gradiente termico verticale dell'atmosfera. Si può almeno combattere la nebbia? In teoria forse e in molti modi, in pratica si trova che l'energia richiesta crea problemi economici assolutamente insormontabili. Il palliativo più importante in questo momento è costituito dal controllo della combustione nella stagione del riscaldamento.

(*) Bibliografia: Atti del convegno sui metodi di studio dell'inquinamento atmosferico, S. Vincent 1957, in specie le memorie dei proff. Giovanardi e Tonzig.

LA NEBBIA A MILANO: 120 ANNI DI OSSERVAZIONI (M. Moja)

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Media giorni nebbiosi	14.0	9,6	3.1	1.0	0.8	0.6	0.7	0.8	1.8	6.6	13.8	16.1	68.9
Rispettive probabilità %	45.24	33.72	10.00	3.47	2.36	2.19	2.28	2.60	5.92	21.55	42.94	52.04	

Per esempio in dicembre un giorno su due è sicuramente nebbioso.

Estremi - 1878: 174 giorni nebbiosi - 1955: 11 giorni nebbiosi.

I giorni di nebbia si raggruppano in periodi più o meno lunghi: i giorni isolati costituiscono il 22% del totale. Non si sono mai avuti più di 17 giorni nebbiosi consecutivi in uno stesso mese; tale rara sequenza si è verificata due volte di febbraio, una volta di novembre e quattro volte di dicembre.

Frequenze estreme in giorni per mese:

Gennaio . . . 30 giorni nel 1878	Maggio . . . 8 giorni nel 1836	Settembre . . 11 giorni nel 1882
Febbraio . . . 27 » » 1878	Giugno . . . 10 » » 1877	Ottobre . . . 24 » » 1921
Marzo 17 » » 1916	Luglio . . . 9 » » 1913	Novembre . . 29 » » 1878
Aprile 10 » » 1920	Agosto . . . 9 » » 1876	Dicembre . . 30 » » 1878

donde si deduce che il 1878 è stato un anno eccezionalmente nebbioso.