

# Inquinamento: aspetti storici

## **STORIA DELL'INQUINAMENTO**

*medioevo*: inizia l'uso massiccio di carbone come combustibile domestico (Londra, Parigi)

*XVI-XVII° secolo*: inquinamento in zone minerarie d'Europa, localizzato.

*metà XVIII° secolo*: rivoluzione industriale; nasce il vero inquinamento, localizzato attorno a zone industriali e minerarie.

*primi del '900*: Copprhill, Tennessee: distruzione foresta per parecchie miglia (forni di fusione per l'estrazione del rame, con produzione di SO<sub>2</sub>).

*metà anni '50*: Adirondak (USA) e Scandinavia. Morte di pesci nei laghi: la causa viene identificata nelle piogge acide.

*inizio anni '70*: Tannensterben in Centro-Europa.

*inizio anni '80*: Il Tannensterben diventa Waldsterben.

**Oggi**: Cambiamenti climatici su scala globale

## L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

"la presenza nell'aria di uno o più contaminanti o combinazioni di questi in quantità tali e con persistenza tale che possono essere dannosi agli esseri umani, agli animali, alle piante o interferire con il godimento della vita e delle cose".

*inquinanti atmosferici* sono le "sostanze che si rinvergono nella troposfera in quantità eccedenti quelle normali" (LORENZINI, 1983)

*Fonti naturali*: eruzioni vulcaniche, attività microbiche, aerosol marino e terrestre, incendi forestali

*Fonti antropogeniche*: motori dei veicoli, industrie, agricoltura industrializzata, riscaldamento domestico, centrali termoelettriche, inceneritori...

Fonti localizzate, lineari, di grossa ampiezza.

Fattori climatici, morfologia del territorio e inquinamento

Inquinanti primari (es. SO<sub>2</sub>) e secondari (es: PAN)

**Inquinamento di tipo Londra (invernale, dominato da ossidi di S)**

**Inquinamento di tipo Los Angeles (estivo, dominato da composti dell'N)**

## **Indicatore ecologico**

**Organismo la cui valenza ecologica è così ristretta da suggerire particolari aspetti fisici o chimici dell'habitat cui è adattato (pH, T media annua, presenza di microelementi tossici, concentrazione salina dell'acqua ecc.)**

- **Sottobosco delle faggete e caratteri del suolo**
- **Asfodelo e pascolo degradato**
- **Licheni ⇒ inquinamento dell'aria**
- **Alcune specie di aironi ⇒ inquinamento dell'aria**
- **Macroinvertebrati acquatici (molluschi) ⇒ qualità dell'acqua**

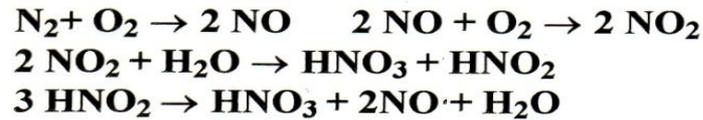
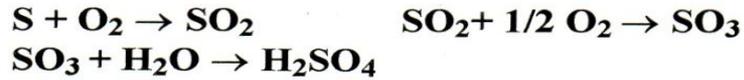
**Tab. 1.4 - Principali inquinanti atmosferici fitotossici (da Lorenzini, 1983, modificata).**

Inquinante	Sorgenti naturali e antropiche	Principali effetti sulle piante
SO <sub>2</sub>	vulcani, centrali termoelettriche, riscaldamento domestico (altre combustioni)	deperimento «da piogge acide»
NO <sub>x</sub>	motori a scoppio, riscaldamento domestico (altre combustioni)	deperimento «da piogge acide»
PAN + O <sub>3</sub>	scarichi auto (fotoossidazione)	alterazione dell'apertura stomatica (con conseguenze su bilancio idrico e fotosintesi), «bronzatura» e «argentatura»
HF ed altri fluoruri	fabbriche di perfosfati e di laterizi, acciaierie	necrosi fogliari marginali
Cl <sub>2</sub> e HCl	inceneritori, combustione carbone	effetto «mascherato» da altri inquinanti prodotti dalle stesse fonti
NH <sub>3</sub>	combustione carbone	danni alla clorofilla e inibizione della respirazione
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	combustioni organiche	alterazione bilanci ormonali
metalli pesanti	inceneritori, motori a scoppio, combustione combustibili fossili	poco conosciuti i danni diretti sulle piante
particolati	vulcani, terra erosa, aerosol marino, attività industriali	effetto «serra» o «antiserra» (in rapporto alle loro dimensioni) e sue conseguenze sul metabolismo

# PIOGGE E DEPOSIZIONI ACIDE: DEFINIZIONI

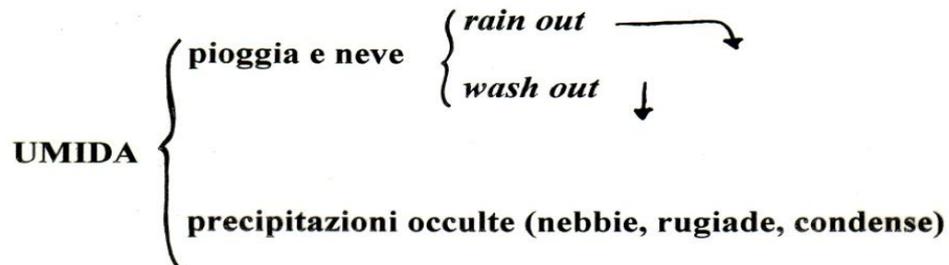
- Se l'acqua distillata ha un pH = 7, l'acqua marina 9, un lago "sano" 8 e l'aceto 2,5
- la pioggia ha normalmente un pH un po' acido (5.6):  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- La pioggia si definisce acida quando il suo pH è inferiore alla soglia di 5,6
- Dall'inizio della rivoluzione industriale, da tale valore il PH della pioggia è sceso a valori inferiori (in certi casi anche inferiori a 3!)

## PIOGGE ACIDE: FORMAZIONE



DEPOSIZIONE ACIDA  $\begin{cases} \text{UMIDA} \\ \text{SECCA} \end{cases}$

velocità di reazione e di ricaduta nelle due fasi



SECCA  $\rightarrow$  acidificazione con radicali idrossilici OH<sup>-</sup>

# Deposizioni acide: contributo di S e N

- **S** → 90% dell'inquinamento è nell'emisfero boreale: **S** è responsabile del 70% delle precipitazioni acide

*In natura* (50%): SO<sub>2</sub>, eruzioni, attività microbiologiche

H<sub>2</sub>S: processi biologici della terra e del mare

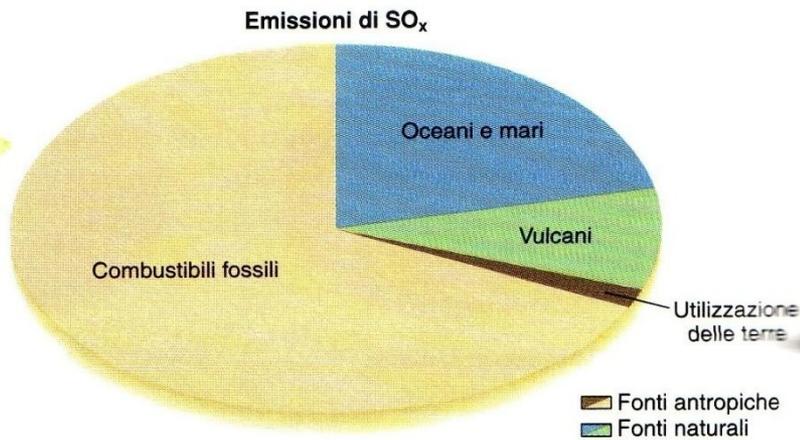
*Uomo* (50%): carbone, petrolio, altre sorgenti

- **N** è responsabile del 30% delle precipitazioni acide
- I danni agli organismi sono efficaci solo a concentrazioni molto maggiori rispetto a SO<sub>2</sub>!

*In natura*: temporali

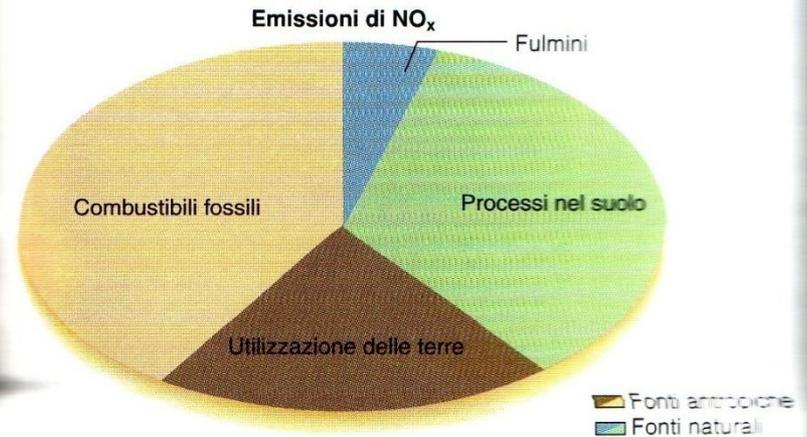
*Uomo*: scarichi auto, riscaldamento, produzione energia

# Emissioni di S e N



**FIGURA 9.4** Immissioni di zolfo nell'atmosfera.

Fonte: dati tratti da: Joyce E. Penner, *Atmospheric Chemistry and Air Quality*, in: W.B. Meyer, B.L. Turner (a cura di), *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*, 1994, Cambridge University Press e UNEP, 1999.



**FIGURA 9.5** Fonti mondiali di composti reattivi dell'azoto nell'atmosfera.

Fonte: dati tratti da: Joyce E. Penner, *Atmospheric Chemistry and Air Quality*, in: W.B. Meyer, B.L. Turner (a cura di), *Changes in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*, 1994, Cambridge University Press e UNEP, 1999.

# CARATTERISTICHE DELLE PRECIPITAZIONI ACIDE

- MOBILITA': inquinamento transfrontaliero
- RAPPORTO CON I FATTORI NATURALI: regime delle piogge, venti (altezza delle sorgenti di emissione), "sensibilità" del suolo, orografia

# PIOGGE ACIDE: DANNI

## Danni alle foreste

*d. diretti*: corrosione cuticola, attacco alla clorofilla, conseguenze su fotosintesi e traspirazione/stress idrico, aumento sensibilità parassiti e meteore, senescenza precoce

*d. indiretti*, al suolo: acidificazione, rimozione di basi (scambio ionico), sostituzione con  $Al^{+++}$

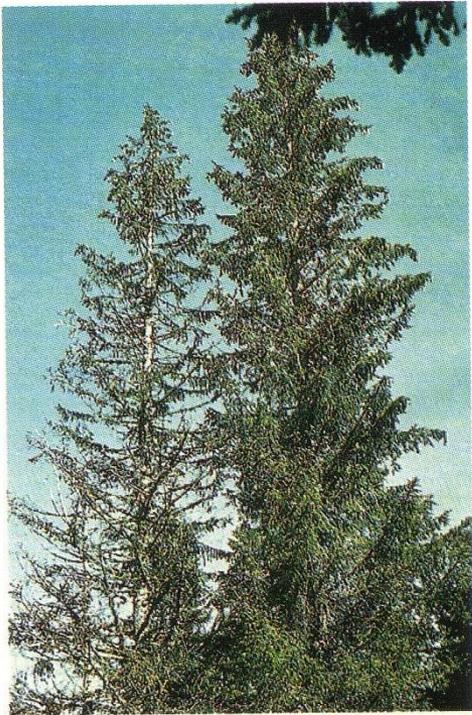
**Danni a  
manufatti  
(edifici,  
opere d'arte  
ecc.)**

# I "DANNI DI NUOVO TIPO"

## *POSSIBILI CAUSE*

1. piogge acide
  2. fotoossidanti (ozono)
  3. cambiamenti climatici
  4. errori nel trattamento e nelle cure colturali dei boschi
  5. agenti patogeni (es., *Heterobasidion annosum*)
  6. stress: interazione fattori 1-5
- } inquinamento

# DANNI A ECOSISTEMI FORESTALI

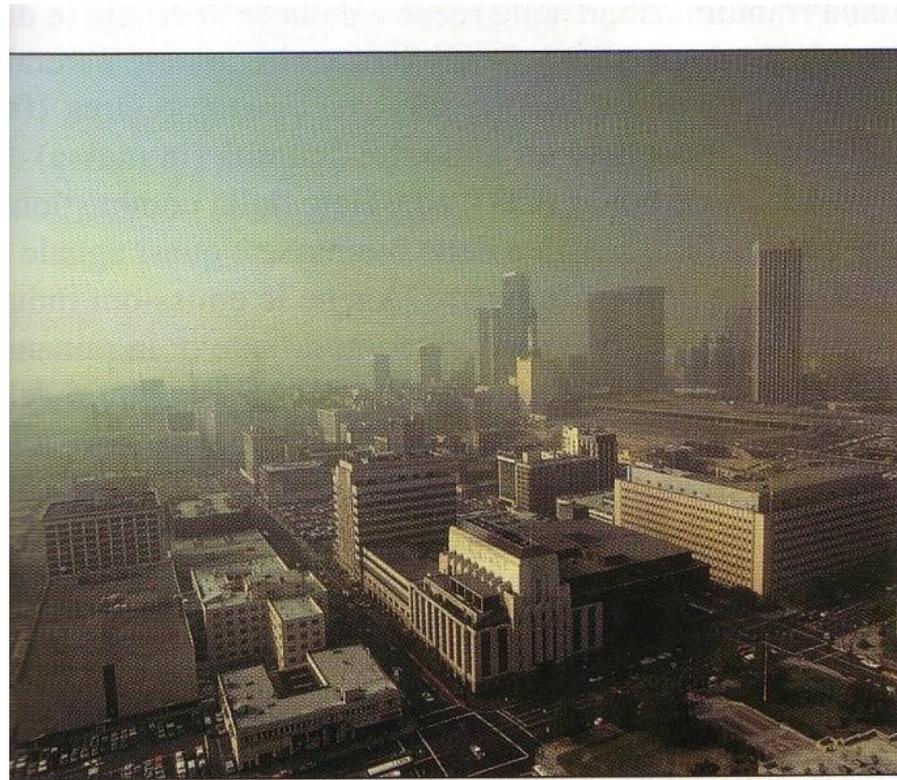


**Fig. 1.23** Stadio finale di deperimento di un abete rosso: la chioma è ormai trasparente e si notano numerosi rami epicormici. Foto: P. Raddi.



**RA 9.15** Una foresta di abeti di Fraser (*Abies fraseri*) sul Mount Mitchell, North Carolina, uccisa dalla pioggia acida, dagli insetti nocivi e da altri stressori.

# LO SMOG FOTOCHIMICO



**FIGURA 9.1** Los Angeles in un giorno pieno di smog. Anche se resta molto da fare, la qualità dell'aria nella maggior parte delle città statunitensi è molto migliore oggi di quanto fosse nel 1972 quando fu approvato il Clean Air Act.

## L'OZONO E L'INQUINAMENTO

### IMPORTANZA OZONOSFERA E DANNI DA ULTRAVIOLETTO



**BUCHI DI OZONO:** stagionalità e importanza della temperatura

1. CFC  $\xrightarrow{\text{UV}}$  (CFC)  $\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2$      $\text{ClO} + \text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{Cl}$
2. NO<sub>x</sub> (traffico aereo)     $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$   
    $\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{UV}} \text{NO} + \text{O}$

### A. AUMENTO DELL'OZONO NELLA TROPOSFERA

l'ozono troposferico è presente per

1. trasporto limitato dalla bassa stratosfera
2. fulmini e attività microbiologica del suolo

$\text{NO}_2 + \text{idrocarburi} + \text{aldeidi} \xrightarrow{\text{UV}} \text{PAN} + \text{O}_3$   
fotomog da traffico *veicolare e aereo* → effetto serra, tossicità

### B. DIMINUZIONE OZONO STRATOSFERICO

aumento UV in arrivo

*I due processi opposti non si compensano*

# INQUINAMENTO DA DIOSSINE

- Principali fonti: reazioni di ossidazione  forni alimentati con rifiuti urbani contenenti plastiche clorurate, inceneritori, **acciaierie** e altri processi di combustione civile ed industriale.
- Industrie chimiche, siderurgiche, metallurgiche, del vetro e della ceramica; combustioni di legno, carbone e di rifiuti solidi urbani in discarica; centrali termoelettriche e inceneritori (notevole abbattimento nei termovalorizzatori).
- Le emissioni più rilevanti di diossina, tuttavia, non sono in atmosfera ma nel terreno  pesticidi

# **DIOSSINE:** aspetti storici

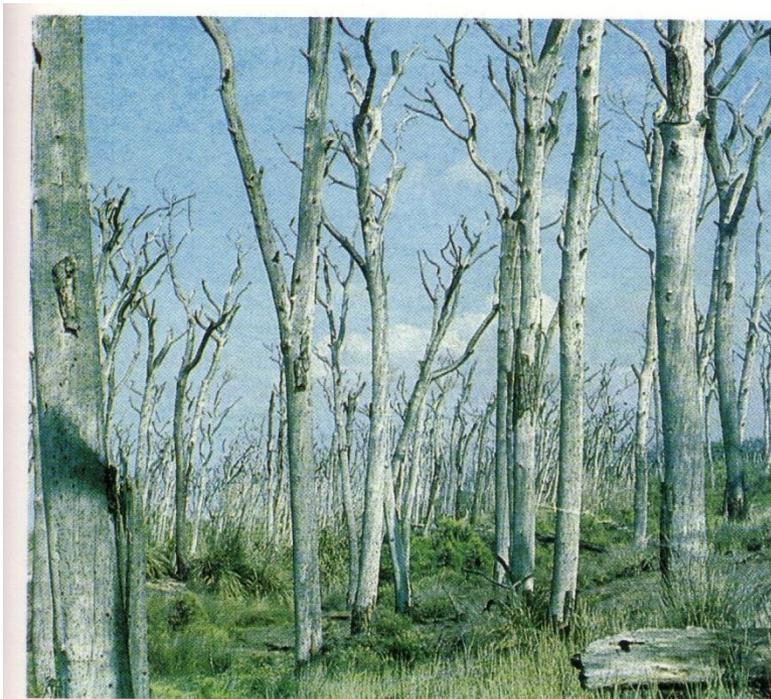
- **Grandi quantità di diossine furono rilasciate nell'aria in occasione del disastro di Seveso nel 1976, in seguito a un incidente agli impianti della ICMESA di Meda. Non si ebbero morti ma gravi fenomeni di intossicazione a carico di animali e uomini.**



**In Italia oggi è clamoroso il caso dell'impianto di agglomerazione dell'ILVA di Taranto, uno dei maggiori complessi industriali per la lavorazione dell'acciaio in Europa.**

# L'AEROSOL MARINO

- Deperimento della vegetazione litoranea: l'esempio di S. Rossore
- Origini del problema: distruzione della duna, erosione marina, inquinamento da *ABS* + sale, con attacco alla clorofilla



**Fig. 1.34** Danni da aerosol marino alla vegetazione costiera: la pineta di S. Rossore è ridotta a un insieme di fusti scheletrici. Foto Grossoni.

## INQUINAMENTO DELLE ACQUE

Qualunque cambiamento fisico, biologico o chimico dell'acqua che abbia influenza avversa sugli organismi viventi o renda l'acqua inadatta per gli utilizzi diretti

*FONTI PUNTIFORMI:* fabbriche, centrali elettriche, miniere di carbone fossile e pozzi di petrolio

*FONTI NON PUNTIFORMI:* deflusso superficiale da terre agricole e allevamenti zootecnici (rifiuti animali), campi da golf, prati e giardini, cantieri edili, strade, parcheggi.

*Origine:* flusso nutrienti (N, P) da fiumi che da grandi città sboccano in mare senza alcun trattamento delle acque, riscaldamento acque.

*Problemi:* fioritura alghe, consumo insufficiente da parte dei c. primari, incremento popolazioni batteriche, intorbidimento delle acque, morie di pesci, cattivi odori ecc. Fenomeno frequente nei mari chiusi, come il Mediterraneo o il Mar Nero

## EFFETTI DELL'INQUINAMENTO ACQUE

Microrganismi patogeni (tifo, colera, enterite, poliomielite, epatite virale ecc.): 2/3 della mortalità dei bambini di età inferiore a 5 anni è associata all'acqua inquinata. 80% delle malattie dei Paesi in via di sviluppo è legata d acqua inquinata

- Disponibilità di acqua per usi potabili

*Paesi sviluppati: 95%*

*Paesi in via di sviluppo: 1,5 miliardi di persone non ha accesso ad acqua potabile.*

**Inquinamento termico**  
delle acque: solubilità dell'O<sub>2</sub> e temperatura dell'acqua ← problemi con le acque di scarico industriali

## INDICATORI

Quantità di ossigeno disciolta nell'acqua: buon indicatore dei tipi di vita che essa può sostenere  $\Rightarrow > 6$  p. p. m: può ospitare pesci per pesca sportiva  
 $< 2$  p. p. m. può ospitare solo vermi, batteri, funghi e decompositori vari

Il declino dell'O<sub>2</sub> a valle della fonte inquinante è detto **abbassamento dell'ossigeno.**

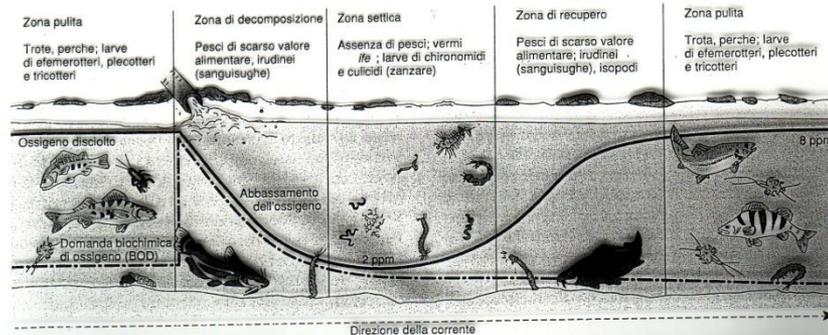


FIGURA 10.2 Abbassamento dell'ossigeno a valle di una fonte organica. Possono essere necessari molto tempo e una grande di-

## EUTROFIZZAZIONE CULTURALE

Fiumi e laghi con acqua trasparente e scarsi nutrienti sono definiti OLIGOTROFI.

EUTROFICI sono quelli in cui si registra aumento di nutrienti e produttività biologica (processo naturale nei laghi, per immissione di nutrienti dai tributari ⇒ praterie palustri

*E. CULTURALE* è quella legata ad attività antropiche



FIGURA 10.3 Un lago eutrofico. I nutrienti provenienti da fonti agricole e domestiche hanno stimolato la crescita delle alghe e delle piante acquatiche. Ciò riduce la qualità dell'acqua, altera la composizione in specie e abbassa il valore ricreativo ed estetico del lago.



**FIGURA 10.8** I corsi d'acqua presenti negli slum servono da fognie a cielo aperto in cui viene smaltita ogni sorta di rifiuto. I rischi sanitari del vivere in queste condizioni sono assai elevati.

# INQUINAMENTO ACUSTICO

Rumori di durata e intensità tali da provocare fastidio o danno, fisico o psicologico ➔ Principali cause: industrie e traffico

## Soluzioni del problema?

1. Riduzione della emissione acustica alla fonte (tecnologie avanzate)
2. Ridurre l'entità del suono che arriva a bersaglio: barriere vive (ma i vegetali abbattano male il rumore dei veicoli) o morte, che agiscono attraverso riflessione, rifrazione e assorbimento onde sonore

Tab. 1.8 - Correlazione tra intensità sonora (in dB(A)), tipo di sorgente e disturbi all'uomo.

Sorgente del suono	Intensità del suono	Effetti sull'uomo
fruscio di foglie	< 35	nessuno
conversazione, canto d'uccelli (soglia del disturbo)	35-70	eventuali disturbi al sonno
raffineria, traffico urbano	70-85	lievi patologie all'udito e danni a livello psichico e neurovegetativo
motoveicoli, treni (soglia del dolore)	85-115	lesioni all'udito, danni psichici e al sistema neurovegetativo
sirena, jet a 70 m di distanza	115-130	gravi danni psichici e al sistema neurovegetativo, lesioni all'udito
esplosioni, jet ravvicinato	> 130	lesioni gravi all'udito