



**APAT**

Agenzia per la protezione  
dell'ambiente e per i servizi tecnici

# I Quaderni della Formazione Ambientale

---

Aria

---

**APAT** - Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici  
Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma  
[www.apat.it](http://www.apat.it)

**Servizio Educazione e Formazione Ambientale**

[www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)  
educazione@apat.it; formazione@apat.it

**ISBN:** 88-448-0204-x

**A cura di**

Dott.ssa Patrizia Polidori

**Coordinamento**

Ing. Gaetano Battistella

**Coordinamento dei testi**

Dott.ssa Stefania Calicchia  
Collaborazione: Dott.ssa Teresa Cinti; Arch. Ruggero Palma

Riproduzione autorizzata citando la fonte

*Grafica di copertina* Franco Iozzoli

**Coordinamento tipografico e distribuzione**

Olimpia Girolamo  
APAT - Servizio Stampa ed Editoria  
Ufficio Pubblicazioni

**Impaginazione e stampa**

I.G.E.R. srl - Viale C.T. Odescalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare maggio 2006

---

---

## INDICE

	<i>pag.</i>
<b>Premessa</b> .....	5
1. <b>Introduzione</b> .....	6
2. La composizione dell'aria .....	7
2.1 I componenti principali dell'aria: .....	7
• azoto	
• ossigeno	
2.2 I principali gas minori: .....	7
• ozono	
• anidride carbonica	
• protossido di azoto	
• vapore acqueo	
3. L'inquinamento atmosferico. ....	9
3.1 Inquinanti principali: .....	9
• il monossido di carbonio	
• gli ossidi di zolfo	
• gli ossidi di azoto	
• l'ozono	
• il particolato	
• il benzene	
3.2 Fonti antropogeniche di inquinamento dell'aria .....	12
3.2.1. <i>L'inquinamento atmosferico da traffico veicolare</i> .....	13
3.3 Fonti naturali di inquinamento .....	14
3.4 Inquinanti primari e secondari. ....	14
4. La diffusione degli inquinanti. ....	16
5. Lo smog fotochimico .....	17
6. Le piogge acide .....	18
7. L'effetto serra. ....	19
7.1 I Gas Serra. ....	19
7.2 Le emissioni .....	20
8. Gli effetti dell'inquinamento .....	22
8.1 Effetti sull'uomo .....	22
8.2 Effetti sull'ambiente .....	22
8.3 I cambiamenti climatici .....	23
• Effetto Serra e Cambiamenti Climatici: effetti sull'uomo .....	24
• Effetto Serra e Cambiamenti Climatici: effetti sull'ambiente .....	25
8.4 Il buco dell'ozono .....	25
9. Le strategie internazionali per ridurre le emissioni dei gas serra: .....	27
• Il Protocollo di Kyoto	
• L'associazione dell'Asia pacifica per lo sviluppo e il clima puliti	
10. Comportamenti per contribuire alla riduzione delle emissioni dei gas serra .....	29
11. Il rumore .....	31

---

11.1 Cenni normativi. ....	31
11.2 Esposizione al rumore negli ambienti di lavoro e di vita. ....	32
11.3 La misura del rumore . ....	33
11.4 Gli effetti del rumore sull'uomo . ....	33
Questionario di autovalutazione . ....	35
Riferimenti Normativi. ....	37
Dati tecnico scientifici di riferimento . ....	42
Bibliografia e siti web . ....	46

---

## PREMESSA

Il presente *booklet* fa parte della raccolta intitolata “Quaderni della Formazione Ambientale”, composta da 8 documenti tematici sugli elementi tecnico scientifici di base per la formazione e l’educazione ambientale.

I Quaderni sono divisi in 2 gruppi, relativi a:

- le matrici ambientali, e cioè Acqua, Aria, Natura e Biodiversità, Suolo;
- i fenomeni di antropizzazione, e cioè Cultura Ambientale e Sviluppo Sostenibile, Demografia ed Economia, Energia e Radiazioni, Rifiuti.

L’opera, che si ricollega alle precedenti “Schede Tematiche di Educazione Ambientale” e ne approfondisce i contenuti, si propone come uno strumento di agevole consultazione sia da parte del docente / educatore che dell’allievo, per un supporto alla divulgazione sul tema della protezione dell’ambiente.

I testi riportati negli 8 Quaderni sono accompagnati da grafici, tabelle ed esempi esplicativi, per agevolare la trattazione, la lettura e lo studio e per cercare di presentare in forma agevole una serie di conoscenze tecnico scientifiche anche complesse e di non facile sintesi.

D’altronde, la protezione dell’ambiente è innanzitutto un problema tecnico scientifico, e progettare strumenti per la divulgazione ambientale di supporto ad iniziative di educazione e formazione ambientale non può prescindere da una impostazione il più possibile pianificata, schematica e rigorosa. Questo spiega perché la struttura dei Quaderni stessi è organizzata in maniera analoga, con una parte espositiva, una parte di riferimenti alla normativa e ai dati tecnico scientifici, e una parte di autovalutazione.

La sistematizzazione di una parte delle attuali conoscenze di base su diverse tematiche ambientali permette così di avviare iniziative di educazione e/o di formazione, basate su una corretta comprensione dei fenomeni ambientali, e di favorire una migliore partecipazione degli individui alla soluzione dei piccoli e grandi problemi quotidiani che riguardano l’ambiente, e quindi anche noi stessi.

Non può essere tralasciata anche una breve considerazione sulla utilità possibile di una simile raccolta, che può supportare – tale ne è perlomeno l’intendimento – una maggiore diffusione delle conoscenze a tutti i livelli di età (bambini, giovani, adulti, anziani) e in diversi ambiti di apprendimento (scuole, laboratori, associazioni, ecc.) per dare un riferimento omogeneo e scientificamente fondato alle future azioni di educazione e formazione ambientale, perlomeno a livello di conoscenze di base.

È noto, infatti, dalle statistiche disponibili, che una delle priorità dell’educazione per lo sviluppo sostenibile è quella di migliorare, attraverso la formazione, la preparazione di milioni di docenti ed educatori nel mondo, e d’altro canto la formazione è una leva fondamentale per l’avvio nel mondo del lavoro di esperti nelle nuove professioni legate alla protezione dell’ambiente.

Si auspica che in questo documento dell’APAT possano quindi trovare uno strumento valido di lavoro quanti vogliono dotarsi di un supporto tecnico scientifico e di riferimento istituzionale alle proprie attività di formazione e di educazione ambientale.

---

## 1. INTRODUZIONE

L'aria è composta da una miscela di gas che circondano la terra e formano l'atmosfera. Essa è una componente fondamentale per lo sviluppo e la protezione della vita sulla terra in quanto contiene l'ossigeno necessario alla respirazione degli organismi viventi e inoltre costituisce uno schermo efficace per le radiazioni ultraviolette che sono dannose per l'uomo. L'atmosfera è caratterizzata da un sistema dinamico molto complesso: movimenti e spostamenti sono responsabili dei diversi climi e del tempo meteorologico, delle perturbazioni e dei venti. L'atmosfera non ha una un'altezza definita ma per convenzione è stato fissato il suo limite a 1.000 chilometri, oltre questa altezza troviamo il vuoto interplanetario.



Figura 1 - L'aria

L'atmosfera viene divisa in fasce, ognuna delle quali ha temperature e caratteristiche differenti. Lo strato più vicino alla crosta terrestre è la troposfera, compresa tra 0-12 km da terra, dove avvengono tutti i fenomeni meteorologici che conosciamo. Sopra si trova la stratosfera, compresa tra 12-50 km, che include una fascia di ozono che protegge la Terra dalle radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole. Più in alto abbiamo la mesosfera (50-90 km). L'alta mesosfera è inclusa nella ionosfera: questa fascia è una regione elettromagnetica che non si lascia attraversare dalle onde radio che le riflette sulla Terra, dove vengono captate. Le regioni che occupano la parte superiore dell'atmosfera sono meno conosciute e non hanno grande influenza su ciò che accade sulla superficie terrestre. Oltre la mesosfera si trova la termosfera - compresa tra i 90 e i 500 km da terra circa - un grande strato, molto caldo, anch'esso permeato dalla ionosfera. La zona più esterna, infine, è l'esosfera, compresa tra i 500 e i 1.000 km circa da terra, oltre la quale incomincia il vuoto interplanetario.

---

## 2. LA COMPOSIZIONE DELL'ARIA

L'aria è la miscela gassosa, incolore e inodore che costituisce l'atmosfera della Terra. È composta da azoto (78%), ossigeno (21%) e, in minima parte, da anidride carbonica e da alcuni gas inerti o rari come l'argo, l'elio, lo xeno e il cripto.

Questa miscela ha permesso lo sviluppo della vita sulla Terra, dato che l'azoto e l'ossigeno risultano indispensabili alla maggior parte degli esseri viventi.

L'aria, inoltre, ha una funzione fondamentale nel complesso sistema di distribuzione del calore sul nostro pianeta: i suoi spostamenti si hanno in base alle variazioni di temperatura, di umidità e di pressione atmosferica. In particolare, i venti non sono altro che movimenti di aria.

Più ci allontaniamo dalla superficie terrestre e più l'aria diviene progressivamente rarefatta e la respirazione si fa difficoltosa.

### 2.1. I componenti principali dell'aria:

- *Azoto*
- *Ossigeno*

#### *Azoto*

L'azoto, che è il costituente fondamentale del protoplasma animale, non prende parte al ricambio respiratorio e sembra avere nell'aria solo la funzione di diluire l'ossigeno nella proporzione più adatta alla respirazione. Non è stato finora dimostrato un assorbimento diretto dell'azoto atmosferico da parte dei nostri tessuti, mentre sappiamo che, ad opera di microbi nitrofissatori, esso viene fissato sotto forma di composti semplici dalle piante, le quali possono da questi sintetizzare le proteine. In tal modo, tramite i vegetali, l'azoto dell'atmosfera può essere reso assimilabile dagli organismi animali.

#### *Ossigeno*

L'ossigeno è un elemento indispensabile alla vita. Con l'aumentare dell'altitudine si ha una diminuzione della tensione parziale di questo gas, il che condiziona l'insorgenza di fenomeni di ipossia (mal di montagna); ma anche variazioni in senso opposto possono provocare nell'uomo disturbi detti da iperossia. In media si trova in quantità di 1-5 mg per ogni 100 m<sup>3</sup> d'aria, la sua proporzione aumenta con l'altitudine. L'aria delle foreste e delle montagne ne è più ricca di quella delle pianure, durante la primavera abbiamo quantitativi maggiori che in autunno e in inverno.

### 2.2 Alcuni componenti minori:

- *ozono*
- *anidride carbonica*
- *protossido di azoto*
- *vapore acqueo*

### *Ozono*

L'ozono è una forma rara di ossigeno ( $O_3$ ). È esplosivo e tossico ma si trova solo lontano dalla superficie, a grandi altitudini di almeno 10.000 metri, dato che, a contatto con corpi solidi, si decompone. La quantità di ozono presente nell'aria è molto bassa, anche nella stratosfera, la regione dell'atmosfera in cui è maggiormente concentrato dove non supera lo 0,00001% in volume.

### *Anidride Carbonica*

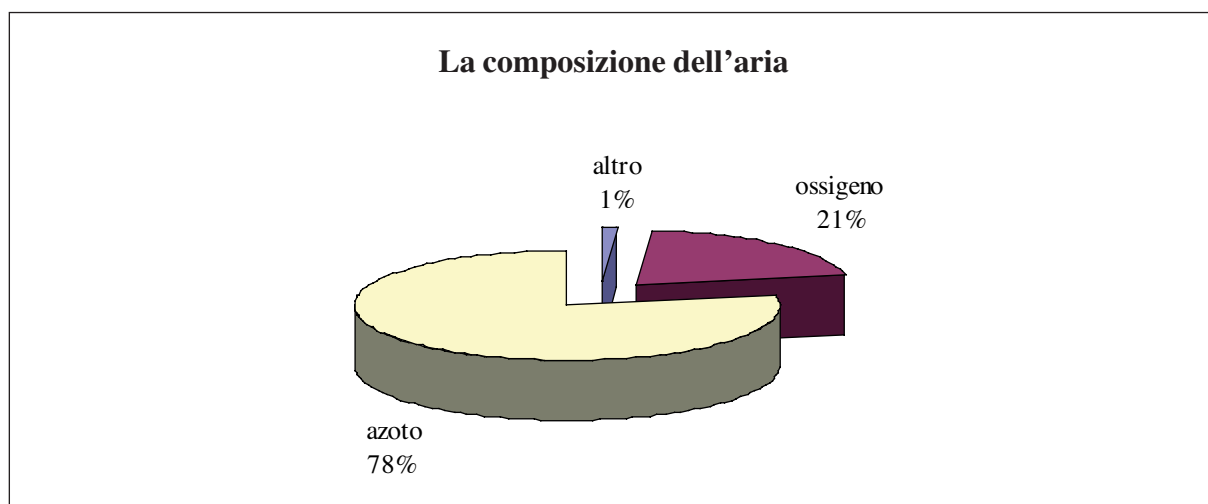
L'anidride carbonica è un gas incolore, inodore e insapore, più pesante dell'aria, che si forma in tutti i processi di combustione, respirazione, decomposizione di materiale organico, per ossidazione totale del carbonio. È indispensabile alla vita vegetale ed è praticamente inerte. L'anidride carbonica è trasparente alla luce visibile, ma assorbe le radiazioni e successivamente riemette le radiazioni infrarosse emesse dalla superficie terrestre, e determina il cosiddetto "effetto serra". Variazioni di concentrazione di anidride carbonica in atmosfera, dovute a varie attività antropiche (combustione, deforestazione), determinano nel tempo modifiche del clima.

### *Protossido di azoto*

Il protossido di azoto è un gas incolore, non infiammabile, dall'odore lievemente dolce, non è tossico per inalazione, benché essendo inodore possa provocare asfissia. In forma liquefatta può causare ustioni per contatto, dovute alla bassa temperatura. È noto anche come gas esilarante per via dei suoi effetti euforizzanti. Trova impiego medico come analgesico e anestetico.

### *Vapore Acqueo*

Il gas formatosi dall'acqua si chiama "vapore acqueo" ed è il componente principale delle nubi. Quando l'acqua evapora si trasforma da liquida in gas, in quanto si rompono i legami idrogeno che tenevano relativamente unite le molecole del liquido. Il vapore acqueo può formarsi anche direttamente dal ghiaccio o dalla neve (acqua solidificata in cristalli esagonali) mediante il processo di sublimazione.





---

### 3. L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Si definisce inquinamento atmosferico lo stato della qualità dell'aria conseguente alla immissione nella stessa di sostanze di qualsiasi natura in misura e condizioni tali da alterarne la salubrità e da costituire pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini o danno ai beni pubblici o privati. Queste sostanze di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono ad un livello di concentrazione inferiore.

Gli inquinanti sono di solito distinti in due gruppi principali: inquinanti di **origine antropica**, cioè prodotti dall'uomo, e inquinanti **naturali**.

Gli inquinanti atmosferici, possono anche essere classificati in **primari** cioè liberati nell'ambiente come tali (come ad esempio il biossido di zolfo ed il monossido di azoto) e **secondari** che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche, come l'ozono

L'inquinamento causato da queste sostanze negli ambienti aperti viene definito **esterno**, mentre l'inquinamento nei luoghi confinati, come gli edifici, viene indicato come inquinamento **interno**.

Finora sono stati catalogati circa 3.000 contaminanti dell'aria, prodotti maggiormente dalle attività umane con i vari processi industriali, con l'utilizzo dei mezzi di trasporto o in altre circostanze.

Le modalità di produzione e di liberazione dei vari inquinanti sono estremamente varie, allo stesso modo sono moltissime le variabili che possono intervenire nella loro diffusione in atmosfera.



Figura 2 - L'inquinamento industriale

#### 3.1. Inquinanti principali

L'aria che respiriamo può essere contaminata da sostanze inquinanti provenienti da industrie, veicoli, centrali elettriche e molte altre fonti. Queste sostanze inquinanti hanno effetti dannosi nei confronti della salute o dell'ambiente in cui viviamo. Il loro impatto dipende da vari fattori, come la concentrazione, il tempo di esposizione e la tossicità dell'inquinante stesso.

Gli effetti sulla salute possono essere di piccola entità e reversibili (come un'irritazione agli occhi) oppure debilitanti (come un aggravamento dell'asma) o anche molto gravi (come il cancro).

I principali inquinanti dell'aria sono:

- *monossido di carbonio*
- *ossidi di zolfo*
- *ossidi di azoto*
- *l'ozono*
- *il particolato*
- *il benzene*

### *Monossido di carbonio*

Il monossido di carbonio o ossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. La sua formazione si ha durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Le emissioni naturali e quelle antropiche sono oramai dello stesso ordine di grandezza, ciò permette di comprendere quale sia il trend inquinante che si è instaurato nel corso dell'ultimo secolo.

Il monossido di carbonio è estremamente diffuso specialmente nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono estremamente pericolosi.

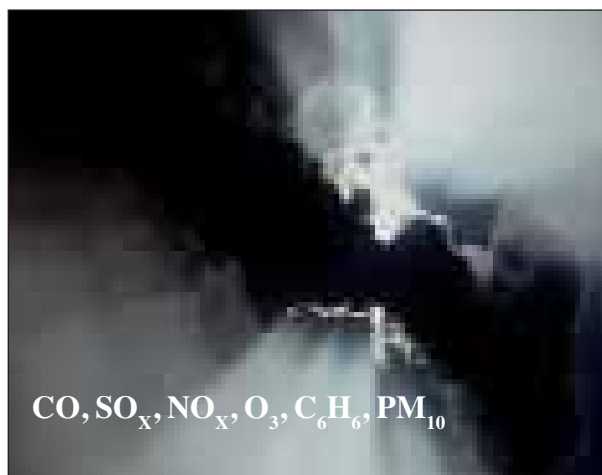


Figura 3 - Inquinanti principali

### *Ossidi di zolfo*

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e l'anidride solforica (SO<sub>3</sub>); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>. In particolare elevate concentrazioni di SO<sub>2</sub> in aria possono determinare le cosiddette "piogge acide".

L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile, molto solubile in acqua e dall'odore pungente. Dato che è più pesante dell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche.

### *Ossidi di azoto*

In atmosfera sono presenti diverse specie di ossidi di azoto ma per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO<sub>x</sub> che sta ad indicare la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore; è anche chiamato ossido nitrico. È prodotto soprattutto nel corso dei processi di combustione ad alta temperatura assieme al biossido di azoto (che costituisce meno del 5% degli NO<sub>x</sub> totali emessi). Viene poi ossidato in atmosfera dall'ossigeno e più rapidamente dall'ozono producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole.

Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Il colore rossastro dei fumi è dato dalla presenza della forma NO<sub>2</sub> (che è quella prevalente). Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto per l'appunto al biossido di azoto.

---

### *Ozono*

L'ozono è un gas tossico di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno ( $O_3$ ).

L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. In stratosfera costituisce uno schermo protettivo nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole.

Per effetto della circolazione atmosferica viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali. Generalmente nella troposfera è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario particolarmente insidioso.

Viene inoltre prodotto nel corso di varie reazioni chimiche in presenza della luce del sole a partire da inquinanti primari, in modo particolare dal biossido di azoto. Le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare mentre nelle ore serali l'ozono diminuisce.

### *Particolato*

Il particolato atmosferico è l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro aerodinamico compreso fra 0,1 e 100  $\mu m$ . Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su scala molto ristretta. Sia quelle antropiche che quelle naturali possono dar luogo a particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatasi in atmosfera attraverso reazioni chimiche). Il particolato atmosferico può diffondere la luce del Sole assorbendola e rimettendola in tutte le direzioni; il risultato è che una quantità minore di luce raggiunge la superficie della Terra. Questo fenomeno può determinare effetti locali (temporanea diminuzione della visibilità) e globali (possibili influenze sul clima). Molto pericoloso per la salute dell'uomo è il  $PM_{10}$ , contrazione delle parole inglesi (*Particulate Matter* "materiale articolato"); il 10 indica che il diametro aerodinamico delle particelle è minore di 10 micron. Le dimensioni delle particelle sono tali da penetrare fino al tratto toracico dell'apparato respiratorio (bronchi) mentre quelle più piccole possono arrivare fino agli alveoli polmonari, dove avviene lo scambio ossigeno-anidride carbonica del nostro organismo.

### *Il Benzene*

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale ed è costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno (formula  $C_6H_6$ ). Il benzene è il più semplice composto della classe degli idrocarburi aromatici. Il benzene a temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. È una sostanza altamente infiammabile, ma la sua pericolosità è dovuta principalmente al fatto che è un carcinogeno riconosciuto per l'uomo. Pur essendo la pericolosità del benzene ampiamente dimostrata da numerose ricerche mediche, per il suo ampio utilizzo questa sostanza è praticamente insostituibile. Molte industrie lo utilizzano per produrre alcuni tipi di gomme, lubrificanti, coloranti, inchiostri, collanti, detersivi, solventi e pesticidi.

---

### 3.2. Fonti antropogeniche di inquinamento dell'aria

L'inquinamento atmosferico maggiore è quello che l'uomo produce per soddisfare le proprie necessità civili ed industriali. I vari processi di combustione utilizzati per cuocere i cibi, per riscaldarsi, per alimentare i veicoli a motore e i macchinari, producono gli inquinanti più diffusi. L'inquinamento dell'aria di origine antropica si sprigiona dalle grandi sorgenti fisse (industrie, impianti per la produzione di energia elettrica ed inceneritori); da piccole sorgenti fisse (impianti per il riscaldamento domestico) e da sorgenti mobili (il traffico veicolare). Molte di queste sorgenti sono strettamente legate alla produzione e al consumo di energia, specialmente da combustibili fossili.

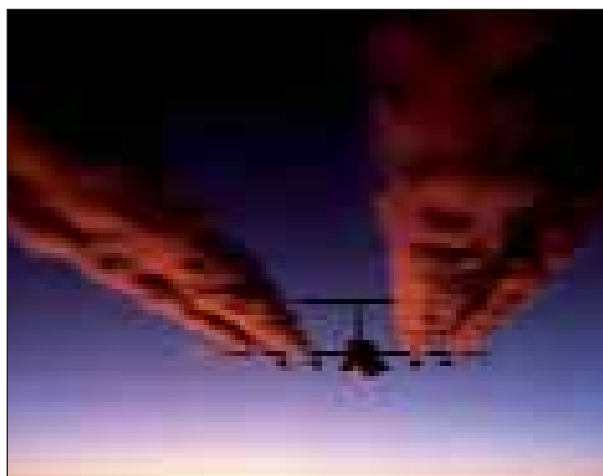


Figura 4 - Inquinamento da scarichi aerei

L'uso di combustibili fossili per il riscaldamento

domestico, in particolare di oli combustibili pesanti, di biomassa e di carbone è una fonte significativa di inquinamento ambientale da polveri e biossido di zolfo.

Anche il traffico contribuisce in gran parte alle emissioni di questi inquinanti nelle città caratterizzate da una grande congestione veicolare.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti principali è da sottolineare che nell'emissione di ozono e di composti organici volatili le sorgenti antropiche hanno un ruolo fondamentale tanto quanto quelle naturali; le combustioni in genere rappresentano la causa principale delle emissioni di ossido di azoto; i motori dei mezzi di trasporto rappresentano tipicamente la causa principale delle emissioni di monossido di carbonio. Oltre alle sostanze prodotte dai vari processi di combustione, vi sono altri inquinanti che vengono prodotti nel corso di particolari cicli tecnologici.

Questi composti vengono liberati in quantità notevolmente inferiori e per questo risultano poco rilevanti come impatto globale a livello planetario; in ogni caso, sono altamente tossici, e la loro presenza è particolarmente importante a livello locale.

La strategia di approccio è chiaramente diversa: gli specifici inquinanti di origine industriale sono infatti da ricercare non dopo la loro diffusione nell'ambiente (immissioni atmosferiche), ma al momento del loro rilascio (emissioni atmosferiche). L'impatto degli inquinanti sull'uomo dipende dalla zona di produzione degli inquinanti e dalla loro dispersione.

Le grandi sorgenti fisse, spesso localizzate lontano dai più grandi centri abitati, disperdono nell'aria a grandi altezze, mentre il riscaldamento domestico ed il traffico producono inquinanti che si liberano a livello del suolo in aree densamente abitate.

Come conseguenza, le sorgenti mobili e quelle fisse di piccole dimensioni contribuiscono in modo maggiore all'inquinamento dell'aria nelle aree urbane e, di conseguenza, costituiscono un pericolo per la salute pubblica molto più di quanto non si potrebbe supporre facendo un semplice confronto quantitativo fra i vari tipi di emissioni.

### 3.2.1. Inquinamento atmosferico da traffico veicolare

Il contenimento dell'inquinamento atmosferico dovuto alle emissioni di sostanze nocive provenienti dai gas di scarico dei veicoli a motore è un problema che non può essere affrontato all'interno dei confini geografici di ogni singola nazione ma, proprio a causa degli effetti che produce sul pianeta, richiede un intervento organico di tutti gli Stati a livello mondiale.

L'attuale congiuntura politica ed economica del nostro pianeta non consente di coordinare gli interventi finalizzati al contenimento dell'inquinamento atmosferico procurato dai veicoli a motore: i paesi più industrializzati ed, in particolare gli Stati membri della Unione Europea hanno tuttavia

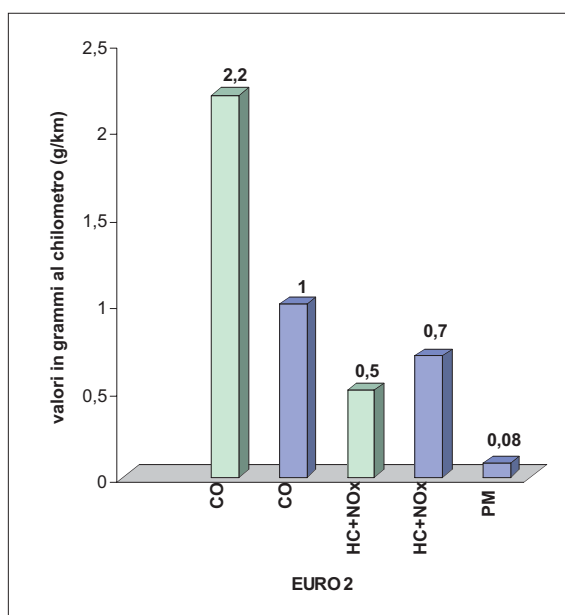
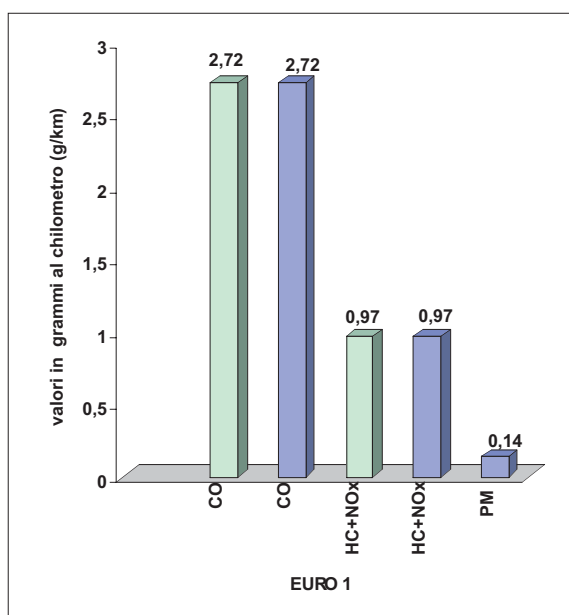


Figura 5 - Inquinamento da traffico veicolare

sviluppato ed attuato importanti progetti con un programma (cosiddetto norme euro) a tappe che prevede una consistente riduzione delle sostanze inquinanti rilasciate nell'atmosfera per tutti i veicoli immatricolati entro i prossimi 5 anni che consentirà di abbattere in modo significativo l'impatto ambientale dei veicoli immessi in circolazione.

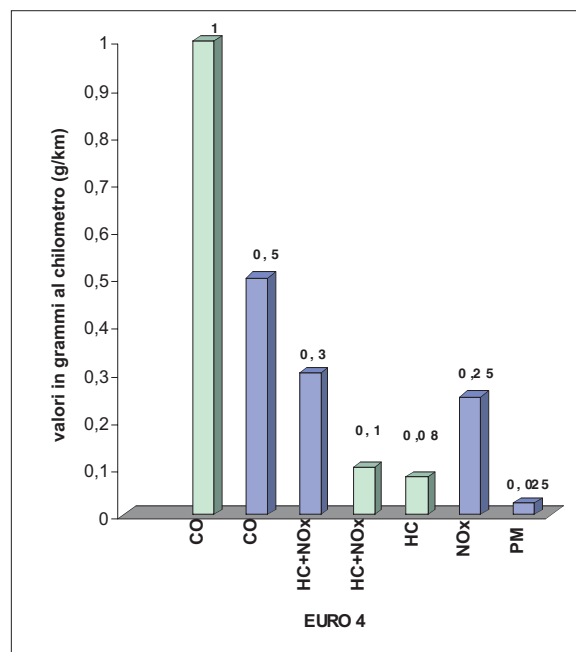
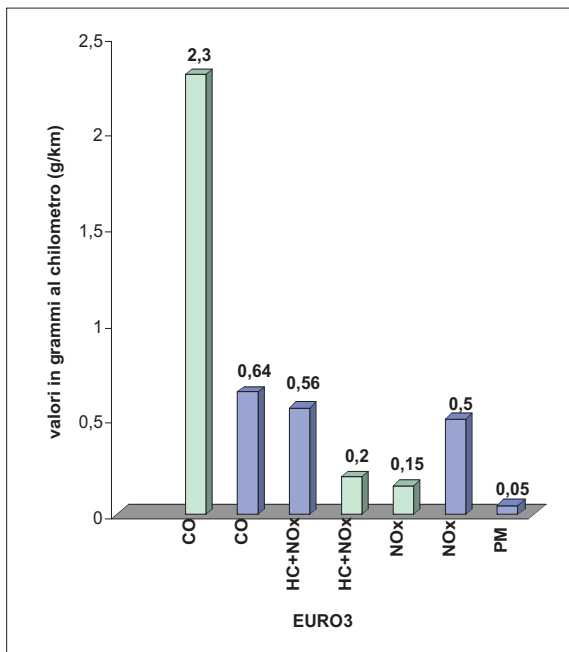
Con il 2005 si concludono i cinque anni della "era automobilistica" Euro 3: il primo gennaio 2006 entreranno in quella Euro 4, e nel 2011 inizierà la Euro 5 (i limiti delle sostanze dannose verranno stabiliti entro quest'anno). Significa che, in base alle norme europee che impongono agli autoveicoli di inquinare meno, nel 2005 le Case automobilistiche potevano vendere vetture Euro 3 e Euro 4, mentre dal 2006 possono essere immatricolate solo auto Euro 4, che inquinano circa la metà.

Nei grafici è rappresentata la continua riduzione delle emissioni allo scarico delle auto, grazie alle marmitte catalitiche e alle sempre più severe norme europee sull'inquinamento.



Auto a benzina      Auto a gasolio

CO:ossido di carbonio      HC:idrocarburi incombusti  
Nox: ossidi di azoto      PM: polveri sottili PM 10



■ Auto a benzina      ■ Auto a gasolio

**CO:**ossido di carbonio      **HC:**idrocarburi incombusti  
**NOx:** ossidi di azoto      **PM:** polveri sottili PM 10

### 3.3. Fonti naturali di inquinamento

Ci sono molte fonti di inquinanti naturali che alle volte assumono più rilevanza di quelle originate dall'uomo. Gli inquinanti naturali dell'aria sono sempre stati parte della storia dell'uomo. Le polveri e i vari gas emessi dai vulcani, dagli incendi delle foreste e dalla decomposizione dei composti organici entrano in atmosfera ad intervalli più o meno regolari e in alcuni casi a livelli tali da causare effetti drammatici a carico del clima. In ogni caso gli inquinanti naturali non rappresentano necessariamente un serio problema come possono esserlo gli inquinanti di origine antropica perché risultano spesso notevolmente meno pericolosi dei composti prodotti dall'uomo e non si concentrano mai sulle grandi città. Le sorgenti naturali di ossidi di azoto comprendono i vulcani, gli oceani, le decomposizioni organiche e l'azione dei fulmini, mentre quelle di biossido di zolfo includono i vulcani, la decomposizioni organiche e gli incendi delle foreste. L'importanza delle sorgenti naturali di particolato (i vulcani e le tempeste di sabbia) è invece minore di quelle antropiche dato che origina-



Figura 6 - Eruzione del Mount St. Helens, Stato di Washington (18 maggio 1980)

---

no particelle di dimensioni tali da non poter arrecare danni rilevanti all'apparato respiratorio. Queste sorgenti solitamente non provocano degli episodi di inquinamento particolarmente acuto in quanto l'inquinamento in genere avviene su scala temporale relativamente ridotta.

La maggior parte dei composti gassosi dell'aria costituisce parte dei cicli naturali, per questo gli ecosistemi sono in grado di mantenere l'equilibrio tra le varie parti del sistema. Comunque, l'introduzione di grandi quantità di composti addizionali può compromettere anche definitivamente i naturali cicli biochimici preesistenti. Dato che molto poco può essere fatto dall'uomo nei riguardi dell'inquinamento naturale, la maggior preoccupazione deve essere quella di ridurre le emissioni inquinanti prodotte dalle attività umane.

### **3.4 Inquinanti primari e secondari**

Gli inquinanti vengono distinti in primari e secondari.

Primari sono gli inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente in seguito al processo che li ha prodotti. I principali inquinanti primari sono quelli emessi nel corso dei processi di combustione di qualunque natura: il monossido di carbonio; il biossido di carbonio; il monossido di azoto; le polveri; gli idrocarburi incombusti; nel caso in cui i combustibili contengano anche zolfo, si ha inoltre emissione di anidride solforosa.

Gli inquinanti secondari sono invece quelle sostanze che si formano dagli inquinanti primari in seguito a modificazioni di varia natura generate da reazioni che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce.

Dopo la loro emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione.

Subiscono inoltre dei processi di trasformazione chimico-fisica che possono portare alla formazione degli inquinanti secondari che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione dei composti originari.

Fenomeni di diffusione turbolenta e di trasporto delle masse d'aria determinano la dispersione dei contaminanti in atmosfera.

La rimozione degli inquinanti è determinata dai vari processi di deposizione.

Sia la dispersione che la rimozione sono strettamente dipendenti dai vari processi meteorologici che regolano il comportamento delle masse d'aria nella troposfera.

Studiare il comportamento degli inquinanti primari è necessario sia per conoscere il profilo qualitativo, quantitativo e temporale delle emissioni, sia per avere informazioni sui processi meteorologici che interessano le aree soggette alla presenza dei vari inquinanti.

---

## 4. LA DIFFUSIONE DEGLI INQUINANTI

La concentrazione degli inquinanti nell'aria è determinata da diversi fattori:

- la quantità dei contaminanti presenti nelle emissioni;
- il numero e la concentrazione delle sorgenti inquinanti;
- la distanza dai punti di emissione;
- le trasformazioni chimico-fisiche alle quali sono sottoposte le sostanze emesse;
- la eventuale velocità di ricaduta al suolo;
- la situazione morfologica delle aree interessate all'inquinamento;
- le condizioni meteorologiche locali e su grande scala.

L'intensità del vento è il fattore che più influenza il trasporto e la diffusione atmosferica degli inquinanti su scala locale; inoltre le precipitazioni atmosferiche svolgono un ruolo notevole in quanto contribuiscono a dilavare l'aria dai contaminanti presenti.

Generalmente le zone urbane ed industriali sono le più soggette ai fenomeni di inquinamento, specialmente se sono collocate in aree dove vi sono dei naturali impedimenti alla circolazione dell'aria: ad esempio le valli chiuse da montagne, che presentano sempre problemi di ristagno per la ridotta ventilazione atmosferica; oppure allo stesso modo le aree localizzate in avvallamenti o depressioni del terreno.

Di solito le concentrazioni dei contaminanti dell'aria sono minori quando il vento è moderato e l'atmosfera è instabile nei bassi strati. Al contrario, le concentrazioni degli inquinanti sono elevate in presenza di nebbia persistente oppure in assenza di vento o quando si è in presenza di inversioni termiche.

Le inversioni termiche sono dei fenomeni atmosferici che impediscono il normale rimescolamento delle masse d'aria: in genere, la temperatura dell'aria decresce man mano che aumenta l'altezza (circa 7°C per Km) e questo fa sì che le masse d'aria più calde, essendo meno dense, salgano e si sostituiscono all'aria più fredda che scende.

Dal momento che quest'aria calda è anche quella più inquinata perché si trova nella zona delle maggiori emissioni inquinanti, ne risulta un rimescolamento dei vari strati della troposfera che porta ad una diminuzione della concentrazione dei contaminanti atmosferici. In alcuni casi, però, a causa dell'inversione termica, si possono formare degli strati d'aria più calda a qualche decina o centinaia di metri d'altezza per cui lo strato sottostante non sale e ristagna al suolo; tale processo comporta inevitabili processi di accumulo delle sostanze inquinanti.

Le inversioni termiche si formano solitamente nelle notti limpide subito dopo il tramonto, a causa del rapido raffreddamento del terreno (che a sua volta provoca un rapido raffreddamento dell'aria con cui è a contatto). Questo fenomeno è detto inversione termica di tipo radioattivo e in genere termina col riscaldamento mattutino della superficie terrestre; se questo non avviene gli inquinanti si possono accumulare anche per più giorni consecutivi, con tutti i problemi che ciò comporta.



---

## 5. LO SMOG FOTOCHIMICO

Lo smog fotochimico è dovuto all'azione di ossidi di azoto, ossido di carbonio, ozono ed altri composti organici volatili sotto l'azione della radiazione solare. Esso si verifica in estate nelle ore centrali della giornata in presenza di alta insolazione, bassa velocità del vento, temperatura superiore a 18 °C. Per l'innescò di un processo di smog fotochimico è necessaria la presenza di luce solare, ossidi di azoto e composti organici volatili, inoltre, il processo è favorito dalla temperatura atmosferica elevata. Lo sviluppo di fenomeni di inquinamento fotochimico intenso si ha prevalentemente nelle città poste nelle aree geografiche caratterizzate da radiazione solare intensa e temperatura elevata (es. aree mediterranee) anche perchè gli ossidi di azoto ed i composti organici volatili sono fra i componenti principali delle emissioni nelle aree urbane.

Se si paragona lo smog classico a quello fotochimico questo ultimo è caratterizzato da un'attività chimica molto più intensa e presenta una complessa catena di reazioni che hanno luogo sotto l'effetto della luce. Nelle regioni Mediterranee le alte intensità luminose e le elevate temperature favoriscono le reazioni che portano alla formazione dello smog fotochimico e in particolar modo dell'ozono. Questo tipo di inquinamento rappresenta un problema per la salute dell'uomo, degli animali e delle piante. I principali effetti dello smog fotochimico sull'uomo sono una forte irritazione agli occhi e difficoltà nella respirazione. Le piante, invece, avendo un organo come quello fogliare con un rapporto superficie/volume molto elevato, assorbono, attraverso le aperture stomatiche, una ingente quantità di inquinanti gassosi.

Purtroppo, dato che le reazioni che portano alla formazione di agenti fotochimici sono molto complesse, e la loro distribuzione è legata alle condizioni meteorologiche, risulta difficile prevederne l'evoluzione e la distribuzione spazio-temporale e prendere conseguentemente i dovuti provvedimenti.

In ogni caso, nonostante il gran numero di sostanze chimiche pericolose presenti, lo smog fotochimico non ha provocato effetti acuti così drammatici come lo smog classico che, durante gli episodi più gravi, ha causato migliaia di morti in eccesso rispetto ai valori normali.

---

## 6. LE PIOGGE ACIDE

Con il termine *piogge acide* si intende di solito il processo di ricaduta dall'atmosfera di particelle, gas e precipitazioni acide. Se questa deposizione acida avviene sotto forma di precipitazioni (piogge, neve, nebbie, rugiade, ecc.) si parla di deposizione umida, in caso contrario il fenomeno consiste in una deposizione secca. Solitamente l'opinione pubblica fa invece coincidere il termine piogge acide con il fenomeno della deposizione acida umida.

Le piogge acide sono causate dalla presenza in atmosfera, sia per cause naturali che per effetto delle attività umane, degli ossidi di zolfo ( $\text{SO}_x$ ) e, in parte minore, dagli ossidi d'azoto ( $\text{NO}_x$ ). Se non entrano in contatto con delle goccioline d'acqua, questi gas e soprattutto i particolati acidi che da loro si formano pervengono al suolo tramite deposizione secca. Questa deposizione può avvenire secondo meccanismi differenti determinati in particolare dalle dimensioni delle particelle (per impatto e gravità), dallo stato d'aria a contatto con la superficie ricevente e dalla struttura chimica e fisica della superficie stessa. In ogni caso i depositi secchi di  $\text{SO}_x$  e di  $\text{NO}_x$  conducono rapidamente alla formazione dei relativi acidi al suolo.

Nel caso in cui questi gas entrino in contatto con l'acqua atmosferica si originano degli acidi prima della deposizione. In presenza di acqua gli ossidi di zolfo originano l'acido solforico, mentre gli ossidi di azoto si trasformano in acido nitrico; di conseguenza queste sostanze causano un'acidificazione delle precipitazioni. In effetti da alcuni decenni in molte zone del pianeta si sono registrate precipitazioni piovose, nevose, nebbie e rugiade con valori di pH significativamente più bassi del normale (pH 5,5), cioè compresi tra 2 e 5. L'azione degli acidi che si formano direttamente in sospensione oppure al suolo provoca l'acidificazione di laghi e corsi d'acqua, danneggia la vegetazione (soprattutto ad alte quote) e molti suoli forestali. Oltre a questo, le piogge acide accelerano il decadimento dei materiali da costruzione e delle vernici; compromettono poi la bellezza ed il decoro degli edifici, delle statue e delle sculture patrimonio culturale di ogni nazione. Da notare che, prima di raggiungere il suolo, i gas  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$  e i loro derivati, solfati e nitrati, contribuiscono ad un peggioramento della visibilità e costituiscono un pericolo per la salute pubblica.

---

## 7. L'EFFETTO SERRA

La maggiore quantità di energia che arriva sulla Terra proviene dal Sole. Dal momento che l'atmosfera ha una funzione di schermo, non tutte le radiazioni che raggiungono il suo limite esterno riescono ad arrivare sulla superficie terrestre.

In media, solo il 47% della radiazione globale viene assorbita dal suolo. Questo 47% costituisce la radiazione effettiva. Il restante 53% viene riflesso nello spazio, diffuso o assorbito nell'atmosfera o ancora restituito al suolo. La superficie terrestre emette nuovamente, a sua volta, una radiazione.

La presenza nell'atmosfera di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), consente alla maggior parte di questa radiazione emessa nuovamente dalla Terra (90%) di essere trattenuta e rimandata sulla superficie. Questo meccanismo, chiamato effetto serra, ha un effetto regolatore in grado di mantenere una temperatura media per tutto il globo di circa 15°C. L'atmosfera si comporta proprio come una serra, che lascia penetrare luce e trattiene calore. La quantità di insolazione ricevuta da una località dipende dall'angolo con cui viene colpita dai raggi solari, cioè dalla latitudine. Sulla Terra ci sono zone che ricevono un surplus di radiazione, mediamente quelle che si trovano nella zona climatica compresa fra l'equatore e i paralleli tropicali (latitudine 23° 27' Nord e Sud). Le altre zone ne ricevono meno della media. Si può dire che l'atmosfera ha la capacità di trasferire energia da un punto all'altro del globo cercando di mantenere in modo dinamico le condizioni di equilibrio sulla Terra.

L'anidride carbonica riveste un ruolo di grande importanza per il funzionamento dell'effetto serra. Poiché, a causa dell'inquinamento, la quantità di anidride carbonica presente nell'atmosfera sta aumentando, aumenta di conseguenza anche la quantità di calore trattenuto. Assieme ad essa contribuiscono altri gas presenti in quantità minori nell'atmosfera come metano, protossido di azoto, ozono e diversi clorofluorocarburi (composti che contengono cloro, fluoro carbonio e a volte idrogeno) tristemente noti anche per essere responsabili del buco dell'ozono.

### 7.1. I Gas Serra

I gas serra sono i gas che in atmosfera assorbono la radiazioni infrarosse e che per questo sono responsabili dell'effetto serra. I gas serra naturali comprendono il vapor d'acqua, l'anidride carbonica, il metano, l'ossido nitrico e l'ozono.

Alcune attività dell'uomo, comunque, aumentano il livello di tutti questi gas e liberano nell'aria altri gas serra di origine esclusivamente antropica. Il vapor d'acqua è presente in atmosfera in seguito all'evaporazione da tutte le fonti idriche (mari, fiumi, laghi, ecc.) e come prodotto delle varie combustioni.

L'anidride carbonica è rilasciata in atmosfera soprattutto quando vengono bruciati rifiuti solidi, combustibili fossili (olio, benzina, gas naturale e carbone.), legno e prodotti derivati dal legno. Il metano viene emesso durante la produzione ed il trasporto di carbone, del gas naturale e dell'olio minerale.

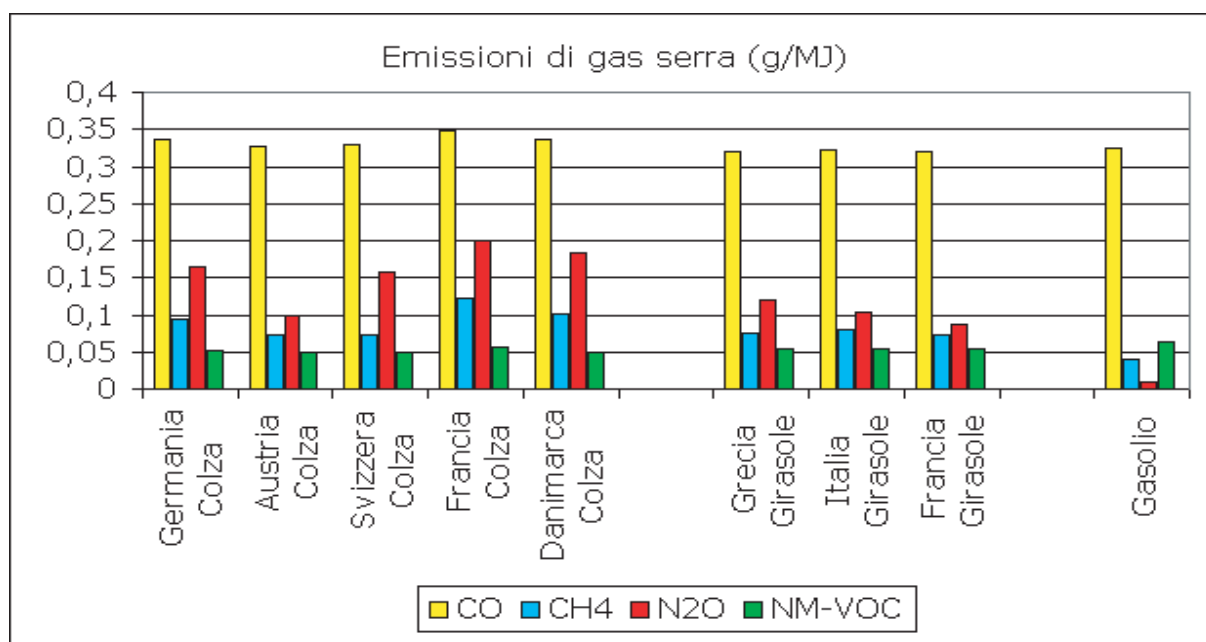
Grandi emissioni di metano avvengono anche in seguito alla decomposizione della materia organica nelle discariche ed alla normale attività biologica degli organismi superiori (soprattutto ad opera dei quasi 2 miliardi di bovini presenti sulla terra).

L'ossido nitroso è emesso durante le attività agricole ed industriali, come del resto nel corso della combustione dei rifiuti e dei combustibili fossili. Gas serra estremamente attivi sono i gas non

presenti normalmente in natura, ma generati da diversi processi industriali, come gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

La presenza nel tempo di un gas in atmosfera è anche detta *vita media atmosferica* e rappresenta l'approssimativo ammontare di tempo che ci vorrebbe perché l'incremento della concentrazione di un inquinante dovuto all'attività umana scompaia e si ritorni ad un livello naturale (o perché l'inquinante è stato convertito in un'altra sostanza chimica, oppure perché è stato catturato da un deposito naturale).

Questo tempo dipende dalle sorgenti dell'inquinante, dai depositi e dalla reattività della sostanza. La vita media dei gas serra può variare da 12 anni (metano e HCFC-22), a 50 anni (CFC-11), a circa un secolo (CO<sub>2</sub>), a 120 anni (N<sub>2</sub>O) ed anche a migliaia di anni (50000 per il CF<sub>4</sub>).



## 7.2. Le emissioni

Dall'inizio della Rivoluzione Industriale, la concentrazione in atmosfera dell'anidride carbonica è aumentata del 30% circa, la concentrazione del gas metano è più che raddoppiata e la concentrazione dell'ossido nitroso (N<sub>2</sub>O) è cresciuta del 15%. Inoltre dati recenti indicano che le velocità di crescita delle concentrazioni di questi gas, anche se erano basse durante i primi anni '90, ora sono comparabili a quelle particolarmente alte registrate negli anni '80.

Nei Paesi più sviluppati, i combustibili fossili utilizzati per le auto e i camion, per il riscaldamento negli edifici e per l'alimentazione delle numerose centrali energetiche sono responsabili in misura del 95% delle emissioni dell'anidride carbonica, del 20% di quelle del metano e del 15% per quanto riguarda l'ossido nitroso (o protossido di azoto).

Altre attività quali lo sfruttamento agricolo, le varie produzioni industriali e le attività minerarie contribuiscono ulteriormente alle emissioni in atmosfera.

Un contributo all'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'aria è dato dalla deforestazione. Il danno è ancora più evidente se si pensa che nel corso degli incendi intenzionali che colpiscono ogni anno le foreste tropicali viene emessa una quantità totale di anidride carbonica paragonabile a quella delle emissioni dell'intera Europa.

---

Da notare che la respirazione dei vegetali e la decomposizione della materia organica rilasciano una quantità di CO<sub>2</sub> nell'aria 10 volte superiore a quella rilasciata dalle attività umane; queste emissioni sono state comunque bilanciate nel corso dei secoli fino alla Rivoluzione Industriale tramite la fotosintesi e l'assorbimento operato dagli oceani.

Se le emissioni globali di CO<sub>2</sub> fossero mantenute come in questi ultimi anni, le concentrazioni atmosferiche raggiungerebbero i 500 ppm per la fine di questo secolo, un valore che è quasi il doppio di quello pre-industriale (280 ppm).

Il problema viene ulteriormente complicato dal fatto che molti gas serra possono rimanere nell'atmosfera anche per decine o centinaia di anni, così il loro effetto può protrarsi anche per lungo tempo.

---

## 8. GLI EFFETTI DELL'INQUINAMENTO

L'inquinamento peggiora notevolmente la qualità dell'aria. La minaccia riguarda tutto il pianeta, perché le correnti dell'aria e del mare diffondono le sostanze pericolose per tutto il globo.

Per quanto concerne la troposfera (regione atmosferica più bassa) le sostanze inquinanti in genere vengono scisse o assimilate dall'umidità per alcuni mesi, mentre nella stratosfera possono rimanere in sospensione anche per anni.

Nel caso in cui si verificano particolari condizioni meteorologiche, nebbia e gas inquinanti si fondono nello smog, che oscura il cielo dei grandi centri abitati.

L'inquinamento può seguire diversi processi. I fumi delle industrie si mescolano con il vapore delle nubi, le cui piogge, ricadendo acide sulla terra, distruggono piante e contaminano mari, fiumi e laghi. I gas di scarico emessi da industrie e automobili determinano l'aumento della quantità di anidride solforosa e carbonica. Quest'ultima è ulteriormente pericolosa perché se arriva a livelli esageratamente elevati può alterare il delicato equilibrio dell'effetto serra. Come conseguenza si potrebbe verificare un graduale aumento della temperatura media sulla Terra, che potrebbe completamente sconvolgere gli equilibri della biosfera.

### 8.1. Effetti sull'uomo

L'inquinamento atmosferico comporta spesso numerose conseguenze a carico della salute, soprattutto in situazioni in cui si verifichi l'innalzamento delle concentrazioni dei comuni contaminanti dell'aria (inquinamento acuto). In questi casi, l'aumentata esposizione a vari irritanti atmosferici provoca conseguenze negative per la salute umana, tra cui: la riduzione della funzionalità polmonare, l'aumento delle malattie respiratorie nei bambini, gli attacchi acuti di bronchite e l'aggravamento dei quadri di asma; il tutto comporta un forte incremento nel numero dei decessi fra le persone maggiormente sensibili a determinate sostanze inquinanti, come gli anziani o le persone affette da malattie respiratorie e cardiovascolari.

L'effetto dell'inquinamento a bassi livelli e per lungo tempo è più difficile da individuare. Si presume che provochi a breve termine disagio, irritazione, tossicità specifica, affezioni respiratorie acute e soprattutto fra gli anziani affetti da patologie croniche cardiovascolari o respiratorie.

Gli effetti a lungo termine causati da una esposizione ad inquinanti presenti a concentrazioni relativamente basse non sono ancora completamente chiari; in ogni caso si ritiene che fra i vari effetti vi sia la comparsa di malattie polmonari croniche (come la bronchite cronica, l'asma e l'enfisema), la formazione di varie neoplasie maligne (cancro polmonare, leucemie) ed un aumento della mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie.

### 8.2. Effetti sull'ambiente

Il declino del patrimonio animale, forestale ed agricolo, la degradazione degli ecosistemi, i danni provocati alle strutture metalliche, alle opere d'arte, alle pitture, ai fabbricati, ai materiali tessili ed in genere ai diversi materiali usati dall'uomo e per finire la riduzione della visibilità, sono tutti aspetti del complesso problema generato dall'inquinamento operato dall'uomo.

Il meccanismo di aggressione operato dagli inquinanti può essere estremamente rapido o prolungato nel tempo, in base al gran numero di fattori che possono essere implicati nel fenomeno. Gli inqui-

nanti possono agire a livello locale magari distruggendo un'area boschiva relativamente piccola, oppure possono agire a livello globale, interessando tutte le popolazioni della terra.

Lo smog fotochimica di solito interessa solo le aree a grande urbanizzazione, mentre l'azione delle piogge acide è di più vasta portata.

L'azione dell'effetto serra coinvolge tutte le nazioni, sia quelle industrializzate che quelle in via di sviluppo, mentre gli effetti di molti inquinanti industriali possono essere localizzati semplicemente a ridosso dell'area di produzione.



Figura 7 - Lamine di piombo di una batteria abbandonata in un parco fluviale

L'inquinamento rischia anche di distruggere il sottile strato atmosferico di ozono che protegge la superficie dai raggi ultravioletti. Se l'ozono dovesse scomparire dai nostri cieli, piante e animali non avrebbero modo di sopravvivere.

### 8.3 I Cambiamenti Climatici

Il clima del nostro pianeta è dinamico e si sta ancora modificando da quando la Terra si è formata. Le fluttuazioni periodiche nella temperatura e nelle modalità di precipitazione sono conseguenze naturali di questa variabilità.

Vi sono comunque delle evidenze scientifiche che fanno presupporre che i cambiamenti attuali del clima terrestre stiano eccedendo quelli che ci si potrebbe aspettare a seguito di cause naturali. L'aumento della concentrazione dei gas serra in atmosfera sta causando un corrispondente incremento della temperatura globale della Terra.

Le rilevazioni effettuate hanno dimostrato che i 10 anni più caldi si sono verificati negli ultimi 15 anni del XX° secolo; l'anno più caldo in assoluto è stato il 1998. Inoltre è previsto che la temperatura media globale superficiale possa aumentare di 0,6-2,5°C nei prossimi 15 anni e di 1,4-5,8°C nel secolo in corso, pur con significative variazioni regionali.

Al momento, l'incremento risulta maggiore per quanto riguarda le temperature minime che stanno aumentando ad una velocità che è doppia di quelle massime.

Il riscaldamento è maggiore nelle aree urbane sia a causa dei cambiamenti che si sono verificati nelle coperture dei terreni che per il consumo di energia che avviene nelle aree densamente sviluppate (fenomeno conosciuto come "isole di calore").

L'aumento delle temperature comporta degli inevitabili effetti a livello meteorologico. Con l'incremento della temperatura vi è un conse-

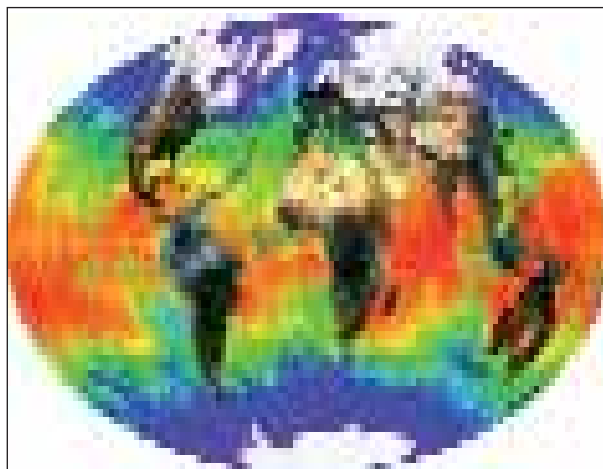


Figura 8 - Temperatura sulla superficie terrestre

---

guente aumento dell'evaporazione, per cui si ritiene che, a livello globale, l'inasprimento dell'effetto serra porterà ad una crescita delle precipitazioni e ad una maggiore frequenza delle tempeste di forte intensità.

I calcoli sui cambiamenti climatici in aree specifiche sono molto meno affidabili di quelli globali e, di conseguenza, non è chiara la variazione che avranno i climi regionali. Si ritiene, comunque, che per il maggior calore vi sarà una riduzione dell'umidità in varie regioni delle zone tropicali che andranno incontro a frequenti siccità.

Un'ipotesi interessante è stata formulata a proposito delle future condizioni climatiche dell'Europa. Alcuni ricercatori ritengono che lo scioglimento dei ghiacci artici provocato dal riscaldamento globale provocherà un potenziamento delle correnti oceaniche provenienti dall'Artico. Queste causeranno la deviazione della Corrente del Golfo del Messico che attualmente lambisce le coste dell'Europa Occidentale. Per capire l'effetto che ha questa corrente sul clima europeo basta fare questa considerazione: a Dicembre in Normandia (Francia) la temperatura si aggira attorno allo 0 centigrado; in Canada, alle stesse latitudini si raggiungono spesso i  $-30^{\circ}\text{C}$ . Il venir meno dell'effetto riscaldante della Corrente del Golfo potrebbe così paradossalmente condurre l'Europa verso una nuova glaciazione, in un periodo in cui la maggior parte della Terra va incontro ad un riscaldamento.

Si è scoperto anche che, mentre la maggior parte della terra si sta riscaldando, le regioni che sono sottoposte alla ricaduta delle emissioni di biossido di zolfo si stanno in genere raffreddando. Le nuvole di solfati atmosferici prodotti dalle emissioni industriali raffreddano l'atmosfera riflettendo la luce solare verso lo spazio ed attenuano l'effetto dell'incremento della concentrazione dei gas serra; comunque i solfati hanno una permanenza atmosferica molto bassa e la loro presenza varia, anche di molto, nelle diverse zone della Terra.

#### • *Effetto Serra e Cambiamenti Climatici: effetti sull'uomo*

L'aumento delle temperature a causa del riscaldamento globale provocato dall'incremento della concentrazione dei gas serra nell'atmosfera può comportare sia effetti diretti che indiretti per la salute dell'uomo. In particolare il clima più caldo comporterebbe una maggiore frequenza dei colpi di calore ed un aumento della diffusione dei problemi respiratori.

Le temperature eccessivamente calde aumentano i rischi fisici per le persone con problemi cardiaci. Questi soggetti sono più vulnerabili perché in condizioni termiche più elevate il sistema cardiovascolare deve lavorare in modo maggiore per mantenere la temperatura corporea stabile.

Inoltre la concentrazione dell'ozono a livello del suolo viene favorita dalle temperature elevate. Le statistiche sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri dimostrano chiaramente che la frequenza delle morti aumenta nei giorni particolarmente caldi, in modo particolare fra le persone molto anziane e fra i malati di asma.

In ogni luogo della Terra, la presenza e la diffusione delle malattie sono fortemente influenzate dal clima locale. Infatti molte malattie infettive potenzialmente mortali sono diffuse soltanto nelle aree più calde del pianeta.

Malattie come la malaria, la febbre gialla e l'encefalite potrebbero aumentare la loro diffusione se le zanzare e gli altri insetti che le diffondono trovassero delle condizioni climatiche più favorevoli alla loro diffusione.

Le temperature più elevate possono anche favorire l'aumento dell'inquinamento biologico delle acque, favorendo la proliferazione dei vari organismi infestanti. Molti ricercatori ritengono anche che



---

l'inasprirsi dell'effetto serra comporterebbe un aumento del fenomeno dell'eutrofizzazione delle acque, con tutti i danni biologici, economici e sanitari che questo comporterebbe.

Tutti questi problemi sarebbero di difficile soluzione anche per i Paesi che dispongono di un patrimonio economico ed industriale enorme. Gran parte degli impatti del cambiamento climatico potrebbero comunque essere risolti mediante la predisposizione ed il mantenimento di adeguati programmi a difesa dell'ambiente e della salute pubblica.

#### • *Effetto Serra e Cambiamenti Climatici: Effetti sull'ambiente*

L'incremento della temperatura della Terra può provocare una serie di effetti ambientali di notevoli proporzioni. L'aumento del calore e quindi dell'evaporazione dai grandi bacini idrici comporta un aumento corrispondente della quantità d'acqua in atmosfera e quindi un aumento delle precipitazioni. Alcuni ricercatori ritengono che queste siano cresciute di circa l'uno per cento su tutti i continenti nell'ultimo secolo. Le aree poste ad altitudini più elevate dimostrano incrementi più consistenti, al contrario le precipitazioni sono diminuite in molte aree tropicali. In ogni caso si nota una maggiore intensità delle piogge e dei fenomeni meteorologici più violenti (come le tempeste e gli uragani) con un conseguente aumento delle inondazioni e delle erosioni a carico del terreno.

Il riscaldamento globale comporta anche una diminuzione complessiva delle superfici glaciali. Le grandi masse di ghiaccio della Groenlandia e dei ghiacciai continentali stanno arretrando notevolmente e, ultimamente, anche i ghiacci dell'Antartide hanno iniziato a diminuire.

L'aumento del volume oceanico a causa della temperatura più alta e lo scioglimento dei ghiacci provocano anche l'innalzamento del livello medio del mare. Negli ultimi cento anni è cresciuto approssimativamente di 15-20 cm.

Inoltre, in molte zone tropicali già si assiste ad una riduzione dell'umidità del suolo che comporta una diminuzione nella resa agricola; molte aree, anche in Europa, sono a rischio di desertificazione. Nel caso in cui le concentrazioni dei gas serra aumentassero, lo scenario che si può ipotizzare è impressionante: i deserti potrebbero espandersi in terre ora semi-aride; le foreste, i polmoni della terra, diminuirebbero ulteriormente nella loro estensione; intere popolazioni, ora in regime di sussistenza, non avrebbero più risorse idriche a disposizione; città costiere e numerose isole scomparirebbero nel mare.

### **8.4 Il buco dell'ozono**

Recentemente sono state sollevate preoccupazioni sul rischio della possibile parziale distruzione dello strato di ozono stratosferico che ci protegge assorbendo le radiazioni ultraviolette ed impedendo a queste di arrivare a quote più basse. Sono state effettuate delle misure eseguite con sonde spaziali che hanno rilevato una effettiva diminuzione di concentrazione in una zona di atmosfera sopra l'Antartide.

Nella stratosfera l'ozono costituisce uno scudo protettivo contro gran parte delle radiazioni ultraviolette (raggi UV) provenienti dal sole impedendo loro di raggiungere la superficie terrestre. L'importanza dello strato di ozono deriva dal fatto che i raggi UV sono tanto energetici da scomporre importanti molecole come il DNA e, se non sufficientemente filtrati, possono far aumentare l'incidenza di tumori della pelle, delle cataratte e delle deficienze immunitarie, provocando inoltre danni alle comunità vegetali forestali di interesse agronomico e agli ecosistemi acquatici.

---

Lo strato di ozono nella zona al di sopra dell'Antartide è diminuito di circa il 40% negli ultimi decenni: si è in sostanza formato un "buco" nello strato di ozono presente nella stratosfera. Tenendo presente i gravi effetti conseguenti alla penetrazione dei raggi UV, si è cercato di scoprire le cause dell'assottigliamento, che si sviluppa ogni primavera australe, all'interno del vortice in corrispondenza del Polo Sud. Purtroppo ancora una volta la causa è stata identificata nel fenomeno dell'inquinamento. Tra i maggiori responsabili dell'erosione dello strato di ozono sembrano esserci i clorofluorocarburi (CFC) commercialmente noti come "Freons".

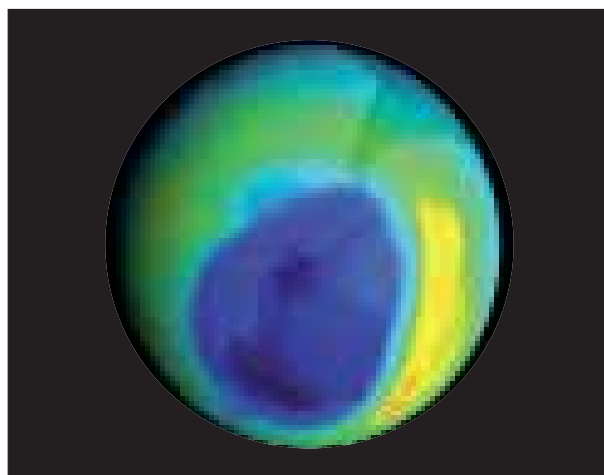


Figura 9 - Il buco dell'ozono sull'Antartide nel 2000

Negli anni '20 sono stati inventati questi gas che da allora sono stati prodotti e utilizzati in grandi quantità come refrigeranti per impianti frigoriferi e condizionatori d'aria, propellenti per bombolette di aerosol e come agenti schiumogeni. Una grande quantità di questi è prodotta dai voli degli aerei supersonici; in particolare questo genere di emissione è rilevante perché il rilascio avviene direttamente a quote stratosferiche.

In passato i clorofluorocarburi erano considerati sostanze ideali per impieghi industriali perché economici, stabili ed inerti e pertanto non tossici; ma è proprio la loro mancanza di reattività a renderli potenzialmente pericolosi per l'ozono stratosferico.

I gas inerti non si degradano con facilità nella troposfera (la fascia più bassa dell'atmosfera) e di conseguenza raggiungono la stratosfera posta a maggiore altezza. In questa regione per azione dei raggi UV le molecole vengono scisse in forme più reattive che sono in grado di interagire con l'ozono e determinare la sua distruzione.

Per risolvere questo problema si è progressivamente vietato l'uso dei CFC per evitare l'ulteriore loro immissione in atmosfera (a tal scopo i rappresentanti delle nazioni industrializzate si sono riuniti a Montreal nel 1987); ciò non porta a risolvere del tutto il problema considerando che tali gas persistono nell'atmosfera per decenni (essi hanno un tempo di permanenza che varia, a seconda dell'altezza, da 1 a 300 anni).

Gli studi in atto sono focalizzati sia a trovare eventuali soluzioni e a stabilire quanto il buco dell'ozono possa avere implicazioni su scala planetaria o se rimarrà legato alla stratosfera sopra la regione antartica dove vigono condizioni meteorologiche uniche.

---

## 9. GLI EFFETTI DELL'INQUINAMENTO

- *Il Protocollo di Kyoto*
- *L'associazione dell'Asia pacifica per lo sviluppo e il clima puliti*

### *Il Protocollo di Kyoto*

Il Protocollo di Kyoto, entrato in vigore il 16 febbraio 2005, è lo strumento attuativo della “*Convenzione Quadro sul Cambiamento climatico delle Nazioni Unite*”, firmata nel giugno 1992 a Rio de Janeiro nell'ambito della conferenza Mondiale sull'Ambiente e lo Sviluppo a cui hanno partecipato i rappresentanti dei governi dei Paesi di tutto il mondo e delle Organizzazioni non Governative (ONG).

Il Protocollo impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'est europeo) a ridurre complessivamente del 5,2% nel periodo 2008–2012 le principali emissioni antropogeniche dei gas capaci di alterare il naturale effetto serra (questi Stati sono attualmente responsabili di oltre il 70% delle emissioni).

I sei gas serra presi in considerazione sono: l'anidride carbonica, il metano, il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>). Il vapore d'acqua non è stato considerato in quanto le emissioni di origine antropogenica sono estremamente piccole se paragonate a quelle enormi di origine naturale.

### **Percentuale di riduzione di gas serra entro il 2012 rispetto ai livelli del 1990**

Mondo	5,2%
Unione Europea	8%
Russia	0%
Stati Uniti	7%
Giappone	6%
Italia	6,5%
Paesi in via di sviluppo	nessuna limitazione

Per i Paesi in via di sviluppo il Protocollo di Kyoto non prevede alcun obiettivo di riduzione. In queste regioni la crescita delle emissioni di anidride carbonica e degli altri gas serra sta avvenendo ad un ritmo che è circa triplo (+25% nel periodo 1990-1995) di quello dei Paesi sviluppati (+8% nello stesso periodo).

La stima delle future emissioni diventa così estremamente difficile perché dipende dai vari trend demografici, economici, tecnologici e dagli sviluppi politici ed istituzionali di tutti i paesi del pianeta. In ogni caso, senza delle misure più restrittive volte alla limitazione delle emissioni, la concentrazione atmosferica dei gas serra continuerà ad aumentare provocando dei danni climatici sempre più gravi.

### *L'associazione dell'Asia pacifica su sviluppo e clima puliti*

L'associazione dell'Asia pacifica su sviluppo e clima puliti è un accordo internazionale firmato a Vientiane (Laos) il 29 luglio 2005 nel corso di una riunione dell'associazione delle nazioni del sud-est asiatico (Asean).

I partecipanti, gli Stati Uniti, l'Australia, la Cina, il Giappone, l'India e la Corea del Sud, vogliono mettere a punto una strategia alternativa per affrontare il cambiamento climatico, che consista in

---

un'operazione tecnologica per rendere i combustibili fossili più puliti introducendo carbone pulito ed energia nucleare. Inoltre promuove l'applicazione e l'introduzione dei dispersori del carbonio per ridurre le emissioni di anidride carbonica e a differenza di Kyoto, non si focalizza sulla riduzione delle emissioni entro un certo anno.

È da sottolineare come i due maggiori Paesi produttori di emissioni (USA e Australia) che non avevano aderito al Protocollo di Kyoto, sono riusciti a coinvolgere nell'accordo, focalizzato principalmente sullo sviluppo di tecnologie, quei Paesi in via di sviluppo (Cina e India) per i quali Kyoto non ha previsto nessun obiettivo di riduzione delle emissioni.

Questa nuova strategia Americana è in conformità con le osservazioni sul protocollo di Kyoto, cioè che il riscaldamento globale dovrebbe essere combattuto tramite un sforzo volontario piuttosto che tramite le riduzioni obbligatorie delle emissioni.

Il governo degli Stati Uniti dichiara che investire in tecnologie pulite non soltanto soddisfa la riduzione nazionale delle emissioni, ma riduce anche la povertà e promuove lo sviluppo economico.

Quindi, questo nuovo accordo internazionale, potrebbe rilevarsi complementare al Protocollo di Kyoto considerando che siamo in una fase in cui ogni passo nella direzione dello sviluppo sostenibile ha una valenza positiva.

---

## 10. COMPORTAMENTI PER CONTRIBUIRE ALLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS SERRA

Ogni individuo è in parte responsabile dell'aumento dell'effetto serra: ogni azione che comporti il consumo di energia derivante da combustibili fossili contribuisce all'alterazione del clima.

Mettere in pratica alcuni accorgimenti (ottimizzare l'impiego di energia, gli spostamenti, e i consumi) nella vita quotidiana può contribuire a ridurre le nostre emissioni di gas serra, peraltro risparmiando denaro e migliorando la qualità dell'ambiente.

### *In casa*

- Curare l'isolamento termico, specie del sottotetto.
- Installare serramenti con vetri doppi e a tenuta d'aria (il 30% del calore di casa esce dagli spifferi).
- Produrre acqua calda con i pannelli solari.
- Mantenere la temperatura interna non oltre i 20° C: ogni grado in più corrisponde a un aumento del 7% dei consumi.
- Utilizzare le lampadine fluorescenti a risparmio energetico invece di quelle a incandescenza. Ogni kWh di origine termoelettrica richiede circa 200 g di petrolio.
- Scegliere elettrodomestici a basso consumo (classe A) e utilizzarli sempre a pieno carico.
- Ridurre l'utilizzo di acqua: acquedotti e depuratori consumano energia per funzionare.
- Rendere energeticamente efficiente la casa non è un sacrificio e migliora la qualità di vita.

### *Nei trasporti*

L'attuale sistema di mobilità, basato sulla gomma e sul trasporto individuale di persone e merci, è responsabile di circa il 23% delle emissioni nazionali di gas serra.

Per ridurre i consumi energetici e l'impatto inquinante del settore trasporti si può intervenire in varie modalità:

- Aumentando l'efficienza dei veicoli;
- Sviluppando i trasporti intermodali in cui i vari sistemi di trasporto si integrano l'uno con l'altro;
- Incentivando il trasporto pubblico, rendendo la rete dei trasporti pubblici competitiva rispetto all'utilizzo del mezzo privato;
- Promovendo l'uso multiplo delle auto con il pagamento di una quota proporzionale al tempo d'uso e ai chilometri percorsi (taxi collettivi, car sharing, car pooling).

### *Al supermercato*

- Scegliere oggetti e alimenti prodotti a breve distanza: ogni trasporto comporta emissioni.
- Guardare le etichette di provenienza: è assurdo far viaggiare i prodotti per migliaia di chilometri.
- Acquistare ciò che realmente serve e non ciò che viene proposto/imposto dalla pubblicità.
- Preferire beni durevoli a quelli "usa e getta".
- Combattere i rifiuti all'origine: meno imballaggi, meno confezioni inutili e ingombranti.
- Riciclare carta, vetro, plastica, metalli.

### *L'industria*

Dai processi industriali deriva il 19% delle emissioni di Anidride Carbonica. L'industria nel suo complesso ha già ridotto in maniera significativa le emissioni, sia di origine energetica che di

---

processo. Tuttavia c'è ancora molto spazio per una riduzione dei consumi di energia:

- Modificare o sostituire gli impianti più energivori, ad esempio con la cogenerazione e con il recupero di calore.
- Riciclare i rifiuti.

Ottimizzare i processi mediante un maggior ricorso al monitoraggio, al controllo, alla lavorazione in linea e a una maggiore diffusione di tecnologie avanzate, come le pompe di calore, i motori ad alto rendimento.

---

## 11. IL RUMORE

Il fenomeno del rumore è da diversi anni fonte di preoccupazione non solo da parte di tecnici e studiosi, ma anche del comune cittadino, in quanto lo si colloca, oramai con certezza, nel quadro delle turbative dell'equilibrio ecologico, pericoloso fattore di insalubrità ambientale, e quindi minaccia per la salute. Non tutte le emissioni sonore provocano danni all'ambiente, ma solo quelle aventi determinate caratteristiche (in relazione alla loro natura, tipologia, frequenza, intensità, durata, ecc.) che comportino il superamento della soglia del mero "disturbo".

È importante distinguere tra semplice "emissione sonora", che realizza comunque un'interruzione del silenzio, il "rumore", inteso come una perturbazione della quiete, ed infine il vero e proprio "inquinamento acustico o fonico", fenomeno ben più ampio e complesso che potrebbe definirsi come l'insieme dei rumori prodotti in un determinato contesto spazio-temporale, idoneo a porre in pericolo la salute di chi li percepisce ed a compromettere la qualità dell'ambiente.

In città l'inquinamento acustico è un fenomeno in crescita e, se numerose sono le fonti di rumore all'interno delle abitazioni (attività umane, TV, radio, elettrodomestici, impianti idraulici, ecc.), è però dall'esterno che arriva il disturbo maggiore (traffico automobilistico, ferroviario, aeroportuale, insediamenti industriali, o artigianali, ecc.).

Solo negli ultimi anni si è sviluppata la consapevolezza del pericolo che l'inquinamento acustico rappresenta per la salute umana. Il rumore infatti tende sempre più ad aumentare con l'aumento dell'attività umana e coinvolgerà anche le generazioni future con costi economico-sociali e culturali.

### 11.1 Cenni normativi

La valutazione della salute in esposizione a rumore è già presente da diversi anni in varie fonti normative. La Medicina del Lavoro per prima evidenzia la correlazione tra i livelli alti di sorgenti (da attività lavorative) che emettono energia acustica ad alti livelli di rumorosità e la presenza di disturbi all'udito. L'identificazione di corretti dispositivi di protezione acustica, (ad es. cuffie e otoprotettori), sono già previsti nella Legge 303/56 (norme generali per l'igiene del lavoro) e la Legge 547/55 (norme per la prevenzione degli infortuni).

Nel 1991, in seguito al recepimento di alcune normative comunitarie, viene emanato il DL n. 277 del 15 agosto 1991, che regola e identifica i ruoli e i compiti per la protezione e la sorveglianza delle lavorazioni con piombo, amianto (per il quale si prevede la sospensione delle lavorazioni), il rumore e le lavorazioni con agenti biologici. Per la prima volta questa normativa identifica quali siano i livelli di rumore accettabile nei luoghi di lavoro e oltre quali livelli il datore di lavoro ha l'obbligo di individuare dei percorsi di sorveglianza che includono la sorveglianza medica periodica e misure fonometriche di controllo.

Sempre nello stesso anno compare finalmente con il DPCM 10 marzo 1991 la legge quadro sull'inquinamento acustico che mette ordine nel delicato settore delle emissioni di rumore negli ambienti di vita. Nel 1995 viene emanata la Legge n. 447 che rimodula gli interventi previsti dalla precedente Legge del 1991 in funzione delle autonomie regionali e degli enti locali.

In quest'ultima normativa infatti sono identificati i compiti affidati agli enti locali per la sorveglianza e per l'identificazione delle zone acustiche nei centri urbani in relazione anche alle attività lavorative imponendo alle Regioni l'attivazione di Delibere locali per l'applicazione della norma in funzione della destinazione d'uso (commerciale, abitativa, industriale, agricola, ecc.).

Attualmente l'applicazione della normativa, è ancora carente: se infatti alcuni Comuni, Province o Regioni hanno provveduto con puntualità a rendere operativi i nuovi adempimenti; altri, invece, sono rimasti completamente inattivi di fronte agli adempimenti richiesti.

In tale contesto si inserisce oggi la *Direttiva europea 2002/49*, dedicata alla “determinazione e gestione del rumore ambientale”. La direttiva europea in oggetto non mira alla regolamentazione di tutti gli aspetti del rumore ambientale, ma unicamente a quegli aspetti che riguardano i grandi protagonisti del rumore ambientale in Europa, ossia i gestori delle principali infrastrutture dei trasporti (stradali, ferroviari, aeroportuali) e dei principali agglomerati urbani.

La direttiva intende fornire ai diversi Paesi Membri gli strumenti e i metodi necessari per:

- Determinare parametri omogenei atti a quantificare il rumore ambientale in Europa, mediante l'indicazione di nuovi descrittori acustici;
- Quantificare l'esposizione al rumore della popolazione europea, mediante mappature acustiche strategiche del territorio;
- Dare pubblica informazione di tale esposizione;
- Permettere una progressiva riduzione dell'esposizione a rumore, attraverso piani d'azione mirati.

## 11.2. Esposizione al rumore negli ambienti di lavoro e negli ambienti di vita

La differenza che esiste tra l'esposizione al rumore negli ambienti di lavoro da quello negli ambienti di vita è la seguente:

- negli “ambienti di lavoro” è da tempo consolidata la cultura della valutazione dei rischi prima della messa in opera delle attività industriali con tecniche di misura standardizzate e quindi la messa in opera delle misure atte al contenimento degli stessi rischi qualora si identifichino situazioni di rischio per la salute umana.
- negli “ambienti di vita” viceversa esiste pochissima consapevolezza dei pericoli per la salute ai quali il rumore può condurre.

Esposizione volontaria	Esposizione accidentale (non volontaria)
Uso volontario di riproduttori di suoni Frequentazione di discoteche o luoghi di ritrovo	Traffico veicolare Eventi Rumore notturno (sale bingo, musica estiva ecc.)

Negli “ambienti di vita”, inoltre, bisogna distinguere l'esposizione volontaria da quella involontaria.

- Per esposizione volontaria intendiamo quella derivante, ad esempio, da eventi liberamente scelti che producono rumore: la caccia, il ballo in discoteca, l'uso di motociclette, uso di impianti di amplificazione ad alto volume, l'uso di auricolari ad alto volume, ecc.
- Per esposizioni non volontarie dobbiamo invece pensare al rumore del traffico, cantieri stradali, edili, piccole aziende artigianali, rumori derivanti da attività ricreative soprattutto estive (manifestazioni di piazza musica, impianti di climatizzazione, ecc.).



---

### 11.3. La misura del rumore

La potenza sonora indica l'energia che si libera da una sorgente che emette onde sonore, le frequenze delle onde sonore si esprimono in Hertz. L'orecchio umano non presenta una sensibilità lineare alle varie frequenze. Per raggiungere la stessa sensazione sonora è necessaria un'energia minima per le frequenze da 1 000 a 4 000 Hz, maggiore per le altre.

L'orecchio ha limiti di udibilità variabili negli individui. Generalmente tale variabilità è compresa fra le frequenze da 20 e 20 000 Hertz.

Il nostro apparato uditivo è in grado di percepire una vasta gamma di valori di potenza sonora.

In una scala lineare si copre un campo di escursione che va da 1 a 1 012, per questo motivo è stata definita una unità di misura della potenza sonora detta Bell. Tale unità di misura, o meglio la sua decima parte, il decibel (dB) rappresenta l'intensità relativa del suono cioè una unità di misura priva di dimensione. Adattando le diverse intensità sonore alla capacità di risposta dell'orecchio umano è stata costruita una curva che mima la risposta uditiva dell'uomo: essa viene detta curva A e i decibel (dB) misurati dalle apparecchiature (fonometri) corrette secondo la curva A esprimono con esattezza quello che il nostro orecchio percepisce; vengono chiamati dBA e in tal modo è possibile valutare il rumore non come entità fisica ma come sensazione sonora.

L'emissione di un suono è in genere variabile in maniera istantanea, ma diventa difficile fare delle misure istantanee per valutare la fluttuazione dell'energia sonora. A tal fine è stata adottata un'altra unità di misura il Leq (livello equivalente). Esso rappresenta il livello in dB, solitamente dBA, di un rumore che si ipotizza o si rende costante in un intervallo di tempo.

Il Leq è quindi l'entità del rischio cui può essere esposto un lavoratore o un cittadino. L'esposizione effettiva invece è in funzione del tempo di permanenza della persona ai vari rumori presenti nell'ambiente. Infatti per i lavoratori esiste un parametro ben definito, il Lep, che ci indica i dBA corretti per la quantità di tempo dell'esposizione lavorativa.

### 11.4. Gli effetti del rumore sull'uomo

I più frequenti organi bersaglio interessati in condizioni di stress acustico che non raggiungano livelli di pressione sonora tali da interessare direttamente l'organo dell'udito, sono:

- Apparato cardiocircolatorio (ipertensione, ischemia miocardica)
- Apparato digerente (ipercloridria gastrica, azione spastica sulla muscolatura liscia)
- Apparato endocrino (aumento della quota di ormoni di tipo corticosteroideo)
- Apparato neuropsichico (quadri neuropsichici a sfondo ansioso con somatizzazioni, insonnia)
- Affaticamento, diminuzione della vigilanza e della risposta psicomotoria

Tali organi bersaglio sono anche detti "effetti extrauditivi" e devono comunque essere tenuti in osservazione ai fini della tutela della salute delle persone esposte.

Per quanto concerne il livello di rumore da attività lavorative, occorre tener presente che se il rumore viene emesso dai macchinari presenti in ufficio deve essere considerato al momento della sistemazione del posto di lavoro al fine di non perturbare l'attenzione e la comunicazione verbale; un notevole aumento della rumorosità in ufficio è determinato dalla presenza di stampanti, fotocopiatrici, apparecchiature di telecomunicazione ed eventuali altre macchine.

---

La somma delle fonti interne e esterne (traffico stradale, ferroviari, aereo, ecc.) di rumore può infatti determinare situazioni di disagio, fino a portare a un vero e proprio stress auditivo.

Oltre al rischio auditivo, situazioni di eccessivo rumore generano un'azione negativa anche sulle capacità di concentrazione e quindi sul modo corretto di percepire e di rapportarsi con eventuali situazioni di pericolo.

Per quanto riguarda il rumore proveniente da fonti interne agli spazi lavorativi, tipici picchi di rumore sono raggiunti dalle seguenti attività mostrate nella seguente tabella:

#### **Misura del rumore in attività umane**

Voce sussurrata	20 dBA
Ventola di raffreddamento computer	30 dBA
Stampante laser	30 dBA
Conversazione telefonica	40 dBA
Fotocopiatrice	50 dBA
Voce parlata	50 dBA
Macchina da scrivere elettrica	60 dBA
Tono di voce alta	60 dBA
Macchina da scrivere meccanica	70 dBA
Suoneria del telefono	75 dBA

Nell'effettuare le misure atte a controllare l'entità dell'impatto sonoro sulla salute delle persone esposte in quel determinato ambiente è necessario rifarsi sempre a condizioni di misura standardizzate in numerose norme internazionali allo scopo di poter confrontare i dati tra di loro.

Uno dei punti di riferimento più autorevoli in tale ambito è costituito dalla raccomandazione ISO (International Organization for Standardization) n. 1999, da cui risulta che 85 dBA è il valore massimo ammissibile per evitare danni uditivi in generale; volendo considerare anche i disturbi extrauditivi provocati dal rumore, si devono prendere altri valori di riferimento in funzione dell'impegno mentale richiesto dalla funzione svolta.

Si ritiene che il livello ideale di rumorosità in un ufficio, per la prevenzione dei danni extrauditivi da rumore, non debba essere superiore a 60-65 dBA, con un rumore di fondo non superiore ai 55 dBA.

Negli ambienti dove si effettuano conversazioni telefoniche (si pensi, ad esempio, ai Call Center oggi così diffusi) il valore limite per esposizione di 8 ore al giorno può essere di 65 dBA, negli uffici in generale di 60 dBA e negli ambienti dove viene richiesto un grande impegno mentale non dovrebbe superare i 50 dBA.

#### **Condizioni di misura standard**

---

Finestre chiuse

---

Almeno trenta minuti di misura

---

Segnalazione dello stato delle apparecchiature

---

Presenza di numero di persone

---

Identificazione della classe del fonometro

---

---

## QUESTIONARIO DI AUTOVALUTAZIONE AREA TEMATICA: “ARIA”

- 1) *Quali sono i componenti principali dell'aria?*
  - a. ozono, ammoniaca, idrogeno
  - b. elio, argo, ossigeno
  - c. azoto, ossigeno, anidride carbonica
  
- 2) *Che cosa sono gli inquinanti primari?*
  - a. Inquinanti che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche
  - b. Inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente
  - c. Inquinanti prodotti dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari
  
- 3) *Che cosa è il benzene?*
  - a. È un gas tossico di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno
  - b. È un gas che si origina in seguito al decadimento radioattivo dell'uranio e il radio
  - c. È un gas incolore, irritante, non infiammabile derivante dalle eruzioni vulcaniche
  - d. È un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale, costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno
  
- 4) *La prolungata esposizione agli inquinanti atmosferici può provocare le seguenti conseguenze negative sulla salute umana: Riduzione della funzionalità polmonare; aumento delle malattie respiratorie; attacchi di bronchite*
  - a. Vero
  - b. Falso
  
- 5) *Come si origina lo smog fotochimico?*
  - a. Dall'azione di ossidi di azoto, ossido di carbonio, ozono ed altri composti organici volatili sotto l'azione della radiazione solare
  - b. Dall'azione di benzene, radon, ozono
  - c. Dall'azione di ossidi di zolfo, particolato, monossido di carbonio
  
- 6) *Quanto può variare la vita media dei gas serra?*
  - a. Da 1 a 10 anni
  - b. Da 20 a 50 anni
  - c. Da alcuni anni a migliaia di anni
  
- 7) *Quale è l'obiettivo del Protocollo di Kyoto?*
  - a. Ridurre del 5,2% nel periodo 2008-2012 le emissioni dei principali gas serra nei Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'est europeo)
  - b. Ridurre del 5,2% nel periodo 2008-2012 le emissioni dei principali gas serra nei Paesi in via di Sviluppo
  - c. Ridurre del 12% nel periodo 2008-2012 le emissioni dei principali gas serra nei Paesi in via di Sviluppo, nei Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'est europeo)

- 
- 8) *Il riscaldamento globale della Terra produce vari effetti negativi sull'ambiente, tra cui: la diminuzione delle superfici glaciali, l'innalzamento del livello medio dei mari, i rischi di desertificazione.*
- a. Sì
  - b. No
- 9) *Cosa sono i Freons?*
- a. Le principali fonti antropogeniche di inquinamento dell'aria
  - b. Clorofluorocarburi (CFC) , tra i maggiori responsabili dell'erosione dello strato di ozono
  - c. Alcuni idrocarburi aromatici, tra i principali inquinanti dell'aria
- 10) *Che cosa è il decibel (dB)?*
- a. È l'unità di misura della frequenza delle onde sonore
  - b. È la quinta parte dell'unità di misura della potenza sonora (Bell)
  - c. È la decima parte del Bell e rappresenta l'intensità relativa del suono

**Risposte al questionario:** 1) C; 2) B; 3) D; 4) A; 5) A; 6) C; 7) A; 8) A; 9) B; 10) C;

---

## RIFERIMENTI NORMATIVI

### ARIA

- UNFCCC, Convenzione Quadro dell'ONU sui cambiamenti climatici del 1992
- Protocollo Kyoto approvato alla 3<sup>a</sup> Conferenza delle Parti della UNFCCC del 1997
- "Associazione dell'Asia pacifica su sviluppo e clima puliti" accordo firmato nel corso di una riunione dell'associazione delle nazioni del sud-est asiatico (Asean), luglio 2005

### *Normativa Europea*

- Direttiva 2005/55/CE del 28 settembre 2005 su provvedimenti contro l'emissione di inquinanti gassosi e del particolato emessi dai motori dei veicoli
- Direttiva 2005/21/CE del 7 marzo 2005 relativa all'inquinamento prodotto da motori diesel
- Direttiva 2005/166/CE del 10 febbraio 2005 relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il protocollo di Kyoto
- Direttiva 2004/101/CE del 27 ottobre 2004 relativa allo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra
- Direttiva 2004/42/CE del 21 aprile 2004 relativa alla limitazione delle emissioni di composti organici volatili da pitture e vernici
- Direttiva 2004/26/CE del 21 aprile 2004 sui provvedimenti contro le emissioni inquinanti dei motori
- Direttiva 2003/76/CE del 11 agosto 2003 modifica alla direttiva 70/220/CEE sulle emissioni dei veicoli a motore
- Direttiva 2003/27/CE del 3 aprile 2003 sull'adeguamento al progresso tecnico per quanto riguarda il controllo delle emissioni dei gas di scarico dei veicoli a motore
- Direttiva 2002/3/CE del 9 marzo 2002 relativa all'ozono nell'aria
- Direttiva 2002/51/CE del 19 luglio 2002 sulla riduzione del livello delle emissioni inquinanti dei veicoli a motore a due o a tre ruote
- Direttiva 2001/81/CE del 23 ottobre 2001 relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici
- Direttiva 2001/80/CE del 23 ottobre 2001 concernente la limitazione delle emissioni nell'atmosfera degli inquinanti dei grandi impianti di combustione
- Direttiva 2001/27/CE del 10 aprile 2001 sull'adeguamento al progresso tecnico della direttiva 88/77/CEE sul ravvicinamento delle legislazioni sull'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dai motori dei veicoli
- Direttiva 2000/76/CE del 4 dicembre 2000 sull'incenerimento dei rifiuti
- Direttiva 2000/69/CE del 13 dicembre 2000 concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria
- Direttiva 1999/30/CE del 22/04/1999 relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo.
- Direttiva 96/62/CE del 27 settembre 1996 in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente
- Direttiva 96/61/CEE del 24 settembre 1996 relativa alla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento

- 
- Direttiva 94/63/CE del 20 dicembre 1994 relativa al controllo delle emissioni di composti organici volatili (COV) derivanti dal deposito della benzina e dalla sua distribuzione dai terminali alle stazioni di servizio
  - Direttiva 93/76/CEE del 13 settembre 1993 relativa alla limitazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> tramite il miglioramento dell'efficienza energetica
  - Direttiva 89/429/CEE del 21 giugno 1989 concernente la riduzione dell'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti esistenti di incenerimento dei rifiuti urbani
  - Direttiva 85/203/CEE del 7 marzo 1985 recante norme di qualità atmosferica per il biossido di azoto
  - Direttiva 84/360/CEE del 28 giugno 1984 concernente la lotta contro l'inquinamento atmosferico provocato dagli impianti industriali.

### *Normativa Nazionale*

- Dlgs. 11 maggio 2005, n. 133 "Attuazione della direttiva comunitaria 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti"
- Dlgs. 18 febbraio 2005, n.59 "Attuazione integrale della Direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento"
- L. 30 dicembre 2004, n.316 "Conversione in Legge, con modifiche, del DL 273 del 12-11-04 sulle quote di emissione dei gas serra"
- L. 12 novembre 2004, n.273 "Attuazione della direttiva 2003/87/CE in materia di scambio di quote di emissione dei gas ad effetto serra; testo coordinato con la Legge 316 del 30-12-04"
- L. 30 giugno 2004, n.185 "Ratifica ed esecuzione dell'Emendamento al Protocollo di Montreal sulle sostanze che impoveriscono lo strato di ozono, adottato durante la XI Conferenza delle Parti a Pechino il 3 dicembre 1999"
- Dlgs. 21 maggio 2004, n.183 e allegati "Attuazione della Direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria"
- Dlgs. 21 maggio 2004, n. 171 "Limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici"
- Decreto 20 febbraio 2003 "Recepimento Direttiva 2002/51/Ce - Riduzione del livello delle emissioni inquinanti dei veicoli a motore a due o a tre ruote"
- Decreto 5 novembre 2002 e allegato "Misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore"
- Decreto del Ministero dell'Ambiente 1 ottobre 2002, n. 261 "Direttive tecniche per la valutazione della qualità dell'aria ambiente - elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del Dlgs 351/1999"
- Decreto 20 settembre 2002 "Valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente - organismi incaricati (rif. D. lgs. 351/199)"
- L. 1 giugno 2002, n. 120 "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto"
- Decreto 2 aprile 2002, n. 60 "Sostanze inquinanti dell'aria - valori limite di qualità dell'aria ambiente"
- DPR 26 ottobre 2001, n. 416 e allegato "Rif. Legge 449/1997 - regolamento recante norme per l'applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa e di ossidi di azoto"
- D.M. 4 giugno 2001 "Programmi per la riduzione di gas serra"
- D.M. Trasporti 1 giugno 2001 "Emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti da macchine mobili non stradali"

- 
- D.M. 25 agosto 2000 “Metodi di campionamento, analisi e valutazione inquinanti - (rif. DPR 203/1988)”
  - D.M. Min.Trasporti 13 aprile 2000 “Emissioni dei veicoli a motore”
  - Decreto 16 marzo 2000 “Emissioni di biossido di carbonio”
  - Dlgs. 25 febbraio 2000, n.66 “Protezione sul lavoro contro l’esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni”
  - Decreto 21 dicembre 1999 “Attuazione della direttiva 98/69/CE sulle misure da adottare contro l’inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore”
  - Dlgs 4 agosto 1999, n. 351 “Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente“
  - Deliberazione n.137/98 del 19 novembre 1998 “Linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra”
  - L. 18 giugno 1998, n. 207 “Ratifica ed esecuzione del Protocollo alla Convenzione sull’inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza, del 1979, relativo ad un’ulteriore riduzione delle emissioni di zolfo, con annessi, fatto ad Oslo il 14 giugno 1994”
  - D.M. 19 novembre 1997 n. 503 “Regolamento recante norme per l’attuazione delle direttive 89/369/CEE e 89/429/CEE concernenti la prevenzione dell’inquinamento atmosferico provocato dagli impianti di incenerimento dei rifiuti urbani e la disciplina delle emissioni e delle condizioni di combustione degli impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di rifiuti speciali non pericolosi, nonché di taluni rifiuti sanitari”
  - L. 4 novembre 1997, n. 413 “Misure urgenti per la prevenzione dell’inquinamento atmosferico da benzene”
  - L. 16 giugno 1997, n. 179 “Modifiche alla Legge 549 del 1993, misure a tutela dell’ozono stratosferico”
  - D.M. 5 febbraio 1996 “Prescrizioni per la verifica delle emissioni dei gas di scarico degli autoveicoli”
  - D.M. 21 dicembre 1995 “Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni dagli impianti industriali”
  - L. 15 gennaio 1994 n. 65 “Ratifica ed esecuzione della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici fatta a New York il 9 maggio 1992“
  - D.M. 6 maggio 1992 “Definizione del sistema nazionale finalizzato al controllo ed assicurazione di qualità dei dati di inquinamento atmosferico ottenuti dalle reti di monitoraggio”.
  - L. 7 gennaio 1992 n. 39 “Ratifica ed esecuzione del protocollo alla convenzione sull’inquinamento atmosferico attraverso le frontiere a lunga distanza del 1979, relativo alla lotta contro le emissioni di ossidi di azoto o contro i loro flussi attraverso la frontiera, fatto a Sofia l’1 novembre 1988, con annesso tecnico e dichiarazione”
  - D.M. 12 luglio 1990 “Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione”
  - D.P.C.M. 21 luglio 1989 “Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ai sensi dell’art. 9 della L. 8 luglio 1986, n. 349, per l’attuazione e l’interpretazione del D.P.R. 24 maggio 1988 n. 203 recante norme in materia di qualità dell’aria relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto da impianti industriali“
  - D.M.8 maggio 1989 “Limitazione delle emissioni in atmosfera - grandi impianti di combustione”\_
  - L. 27 ottobre 1988 n. 488 “Ratifica ed esecuzione del protocollo alla convenzione del 1979 sul-

---

l'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza, relativo al finanziamento a lungo termine del Programma concertato di sorveglianza continua e di valutazione del trasporto a lunga distanza di sostanze inquinanti atmosferiche in Europa (EMEP), adottato a Ginevra il 28 settembre 1984”.

- DPR 24 maggio 1988 n. 203 (parzialmente abrogato dal DL 351 del 4/08/1999) “Attuazione delle direttive CEE nn. 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della L. 16 aprile 1987 n. 183“
- DPR 203/1988 parzialmente abrogato dal DL 351 del 4-08-1999 “Emissioni in atmosfera”
- DM 10 marzo 1987, n. 105 “Limiti alle emissioni in atmosfera - impianti termoelettrici a vapore”
- DPCM 28 marzo 1983 “Limiti di concentrazione ed esposizione di alcuni inquinanti in ambiente esterno”

## RUMORE

### *Normativa Europea*

- Direttiva 2003/10/CE relativa alle prescrizioni minime di protezione dei lavoratori contro il rischio per l'udito
- Raccomandazione della Commissione del 6 agosto 2003 concernente le linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità (G.U.C.E. 22/08/2003, L 212/49)
- Direttiva n. 2002/30/CE relativa al contenimento del rumore negli aeroporti della Comunità - Testo vigente
- Direttiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/06/2002 relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale (G.U.C.E. 18/07/2002, L 189/12)
- Direttiva 2000/14/CE relativa alla emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto - Testo vigente

### *Normativa Nazionale*

- Dlgs 19 agosto 2005, n. 194 Attuazione della direttiva 2002/49/Ce relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale
- Dlgs 17 gennaio 2005, n. 13 Attuazione della direttiva 2002/30/Ce relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari
- Dpr 30 marzo 2004, n. 142 Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare
- Dlgs 4 settembre 2002, n. 262 Macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto - emissione acustica ambientale - attuazione della direttiva 2000/14/Ce
- Dpr 3 aprile 2001, n. 304 disciplina delle emissioni sonore di attività motoristiche
- DM Trasporti 31 maggio 2001 livello sonoro all'orecchio dei conducenti dei trattori agricoli o forestali a ruote
- Legge 23/03/2001, n. 93, “Disposizioni in campo ambientale” (G.U. 04/04/2001, serie g. n. 79)



- 
- DM 29 novembre 2000 criteri per la predisposizione dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore - Testo vigente
  - Legge 21 novembre 2000, n. 342 Misure in materia fiscale - Imposta regionale sulle emissioni sonore degli aeromobili – Stralcio
  - DM MinTrasporti 13 aprile 2000 dispositivi di scappamento delle autovetture
  - Dpr 9 novembre 1999, n. 476 divieto di voli notturni - modificazioni al Dpr 496/1997
  - DM 3 dicembre 1999 procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti
  - DM 20 maggio 1999 sistemi di monitoraggio aeroporti
  - Dpcm 16 aprile 1999, n. 215 requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi
  - Dpr 18 novembre 1998, n. 459 in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario
  - Dpcm 31 marzo 1998 Esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica - criteri generali
  - DM 16 marzo 1998 rilevamento e misurazione
  - DM 23 dicembre 1997 Livello sonoro all'orecchio dei conducenti dei trattori agricoli o forestali a ruote - Testo vigente
  - Dpr 11 dicembre 1997, n. 496 riduzione inquinamento acustico aeromobili civili - Testo vigente
  - Dpcm 5 dicembre 1997 requisiti acustici passivi edifici
  - Dpcm 14 novembre 1997 valori limite
  - DM 31 ottobre 1997 misura rumore aeroportuale
  - Dpcm 18 settembre 1997 requisiti sorgenti sonore in luoghi di intrattenimento danzante
  - Legge 26/10/1995 n. 447, "Legge quadro sull'inquinamento acustico" (G.U. 30/10/1995, serie g. n. 254, suppl. ordin. n.125) e ss. mm. (Legge n. 426 del 09/12/1998, Legge n. 448 del 23/12/1998, Legge n. 179 del 31/07/2002)
  - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 01/03/1991, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" (G.U. 08/03/1991, serie g. n. 57)

---

## DATI TECNICO-SCIENTIFICI DI RIFERIMENTO

Per l'approfondimento dei dati tecnico – scientifico dei temi trattati, si rimanda all'Annuario APAT dei dati ambientali (Sezione D – Condizioni ambientali) disponibile sul sito web dell'APAT all'URL:

[http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Annuario\\_dei\\_Dati\\_Ambientali/](http://www.apat.gov.it/site/it-IT/APAT/Pubblicazioni/Annuario_dei_Dati_Ambientali/)

L'inquinamento atmosferico rappresenta ogni modificazione della composizione dell'atmosfera per la presenza di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e costituire un pericolo diretto o indiretto per la salute dell'uomo, per gli ecosistemi e per i beni materiali.

Le sostanze inquinanti liberate nell'atmosfera sono in gran parte prodotte dall'attività umana (attività industriali, centrali termoelettriche, riscaldamento domestico, trasporti) e solo in misura minore sono di origine naturale (aerosol marini, esalazioni vulcaniche, decomposizione di materiale organico, incendi).

Sono riportati i dati relativi alle Emissioni, alla Qualità dell'aria e al Rumore.

- Gli indicatori relativi alle emissioni (schema 1), sono strumenti conoscitivi consolidati, confrontabili, affidabili, facilmente comprensibili e sono rilevanti per le principali problematiche atmosferiche. Essi consentono la valutazione del *trend* delle emissioni e i contributi di ogni singolo settore di attività. Gli indicatori si riferiscono alle emissioni nazionali, di cui sono presentate serie storiche disaggregate per settore e contributi regionali.
- I set di indicatori relativi alla qualità dell'aria (schema 2) è stato elaborato utilizzando le informazioni che l'APAT raccoglie annualmente facendo riferimento alla normativa europea sullo scambio di informazioni in materia di qualità dell'aria (decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE) e sull'ozono nell'aria ambiente (Direttiva 92/71/CE e DM 16/05/1996).
- Relativamente al rumore (schema 3), sono stati considerati indicatori che descrivono le cause primarie (*determinanti*) facendo riferimento al numero e alle capacità delle infrastrutture aeroportuali e portuali, al parco veicoli stradali ecc. *Indicatori di pressione*, rappresentativi di attività umane (traffico aeroportuale, traffico ferroviario, traffico stradale) che costituiscono una fonte di pressione ambientale; *indicatori di stato* (popolazione esposta al rumore, ecc.) che rappresentano la qualità attuale dell'ambiente; infine alcuni *indicatori di risposta* che descrivono le misure assunte dalle Pubbliche Amministrazioni.

*Schema 1 - Emissioni*

<b>Nome Indicatore</b>	<b>Finalità</b>
Emissioni di gas serra (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFC <sub>s</sub> , PFC <sub>s</sub> , SF <sub>6</sub> ) trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare il raggiungimento degli obiettivi fissati
Produzione di sostanze lesive per l'ozono stratosferico (CFC <sub>s</sub> , CCl <sub>4</sub> , HCFC <sub>s</sub> )	Valutare la produzione di sostanze lesive dell'ozono stratosferico per verificare il conseguimento degli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Montreal e successivi emendamenti
Emissioni di sostanze acidificanti (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> ): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare il raggiungimento degli obiettivi fissati
Emissioni di precursori di ozono troposferico (NO <sub>x</sub> e COVNM): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare il raggiungimento degli obiettivi fissati
Emissioni di particolato (PM <sub>10</sub> ): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni
Emissioni di monossido di carbonio (CO): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare gli andamenti a fronte di azioni adottate per la riduzione delle emissioni principalmente da traffico e da impianti termici
Emissioni di benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni
Emissioni di composti organici persistenti (IPA, diossine e furani): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni
Emissioni di metalli pesanti (Cd, Hg, Pb, As, Cr, Cu, Ni, Se, Zn): trend e disaggregazione settoriale	Stimare le emissioni nazionali e valutare i contributi settoriali per verificare l'efficacia delle politiche di riduzione delle emissioni
Inventari locali (regionali e/o provinciali) di emissione in atmosfera (presenza di inventari e distribuzione territoriale)	Verificare presso gli enti locali (regioni e/o province) la disponibilità degli inventari locali di emissioni in atmosfera (inventari compilati o in fase di compilazione)

<i>Schema 2 – Qualità dell'aria</i>	
<b>Nome Indicatore</b>	<b>Finalità</b>
Qualità dell'aria ambiente: stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria	Fornire un quadro conoscitivo della realtà del Paese sulle stazioni di monitoraggio che trasmettono dati della qualità dell'aria ai sensi della normativa europea
Qualità dell'aria ambiente: particolato PM <sub>10</sub>	Valutare la distribuzione annuale delle concentrazioni di particolato PM10 in atmosfera tramite i parametri statistici elaborati ai sensi della decisione europea sullo scambio di informazioni
Qualità dell'aria ambiente: ozono troposferico (O <sub>3</sub> )	Valutare il numero dei giorni di superamento dei livelli di attenzione, di protezione della salute umana e di protezione della vegetazione, dell'ozono troposferico, ai sensi della normativa europea e nazionale
Qualità dell'aria ambiente: biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	Valutare la distribuzione annuale delle concentrazioni di biossido di azoto in atmosfera tramite i parametri statistici elaborati ai sensi della decisione europea sullo scambio di informazioni
Qualità dell'aria ambiente: benzene (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Valutare la distribuzione annuale delle concentrazioni di benzene in atmosfera tramite i parametri statistici elaborati ai sensi della decisione europea sullo scambio di informazioni
Qualità dell'aria ambiente: biossido di zolfo (SO <sub>2</sub> )	Valutare la distribuzione annuale delle concentrazioni di biossido di zolfo in atmosfera tramite i parametri statistici elaborati ai sensi della decisione europea sullo scambio di informazioni

#### Legenda dei principali composti chimici

CO<sub>2</sub> – Biossido di carbonio  
 CH<sub>4</sub> – Metano  
 N<sub>2</sub>O – Protossido di azoto  
 HFCS – Idrofluorocarburi  
 PFCS – Perfluorocarburi  
 SF<sub>6</sub> – Esafluoruro di zolfo  
 CFCS – Clorofluorocarburi

CCl<sub>4</sub> – Tetracloruro di carbonio  
 HCFCS – Idroclorofluorocarburi  
 NH<sub>3</sub> – Ammoniaca  
 COVNM – Composti organici volatili  
 PM<sub>10</sub> – Materiale particolato  
 CO – Monossido di carbonio

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> – Benzene  
 O<sub>3</sub> – Ozono  
 NO – Ossido di azoto  
 NO<sub>2</sub> – Biossido di azoto  
 SO<sub>2</sub> – Biossido di zolfo

*Schema 3 – Rumore*

<b>Nome Indicatore</b>	<b>Finalità</b>
Numero e capacità delle infrastrutture aeroportuali	Valutare il numero e la consistenza delle infrastrutture aeroportuali
Numero e capacità delle infrastrutture portuali	Valutare il numero e la consistenza delle infrastrutture portuali
Traffico aeroportuale	Valutare l'entità del traffico aeroportuale, in quanto una delle principali sorgenti di inquinamento acustico
Traffico ferroviario	Valutare l'entità del traffico ferroviario, in quanto una delle principali sorgenti di inquinamento acustico
Traffico stradale	Valutare l'entità del traffico stradale, in quanto una delle principali sorgenti di inquinamento acustico
Popolazione esposta al rumore	Valutare la percentuale di popolazione esposta a livelli superiori a soglie prefissate
Sorgenti controllate e percentuale di queste per cui si è riscontrato almeno un superamento dei limiti	Valutare in termini qualitativi e quantitativi l'inquinamento acustico
Stato di attuazione dei piani di classificazione acustica comunale	Valutare lo stato di attuazione della normativa nazionale sul rumore con riferimento all'attività delle amministrazioni comunali in materia di prevenzione e protezione dal rumore ambientale
Stato di attuazione delle relazioni sullo stato acustico comunale	Valutare lo stato di attuazione della normativa nazionale sul rumore con riferimento all'attività delle amministrazioni in materia di predisposizione della documentazione sullo stato acustico comunale
Stato di approvazione dei piani comunali di risanamento acustico	Valutare la risposta normativa delle regioni alla problematica riguardante l'inquinamento acustico, con riferimento all'attuazione della Legge Quadro 447/95

### **Il modello DPSIR**

L'annuario dei dati ambientali APAT si basa sul modello DPSIR che mette in evidenza l'interazione tra le attività umane e le conseguenze sull'ambiente. Gli argomenti sono classificati in:

- **DETERMINANTI (D)**: si riferiscono prevalentemente ai settori produttivi (trasporti, industria, turismo, ecc.) che a seconda delle strategie adottate determinano influssi positivi o negativi sull'ambiente;
- **PRESSIONI, STATI e IMPATTI (P-S-I)**: sono elementi del modello fortemente connessi tra loro. I primi due indicano rispettivamente le pressioni generate dagli interventi realizzati e lo stato dell'ambiente che ne deriva. Gli impatti definiscono la scala delle priorità di risposta della società;
- **RISPOSTE (R)**: misurano l'efficacia degli interventi correttivi adottati rispetto alle pressioni esercitate, per migliorare lo stato dell'ambiente.

---

## BIBLIOGRAFIA E SITI WEB

APAT – Schede Tematiche di Educazione Ambientale, 2005  
ENEA – Coll. “Sviluppo sostenibile” – Opuscolo n. 18 *Noi per lo sviluppo sostenibile*, 2001  
ENEA – Coll. “Sviluppo sostenibile” – Opuscolo n. 23 *Idrogeno, energia del futuro*, 2003  
ENEA – Coll. “Sviluppo sostenibile” – Opuscolo n. 21 *Clima e cambiamenti climatici*, 2004  
Il Sole - 24 ore del lunedì, “*Regole Ue contro il rumore*”, 26 settembre 2005  
APAT - Ideambiente – “Kyoto scaccia Kyoto”, Anno 2, n. 17, novembre 2005  
ASAPS – il Centauro, Anno 11, n. 93, febbraio 2005

Siti web:

[www.enea.it](http://www.enea.it)  
[www.enel.it](http://www.enel.it)  
[www.enescuola.net](http://www.enescuola.net)  
[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)  
[www.linguaggioglobale.com](http://www.linguaggioglobale.com)  
[www.euroacustici.org](http://www.euroacustici.org)  
[www.nonsoloaria.com](http://www.nonsoloaria.com)  
[www.europa.eu.int](http://www.europa.eu.int)  
[www.reteambiente.it](http://www.reteambiente.it)  
[www.flanet.org](http://www.flanet.org)  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)



