CHIMICA AMBIENTALE

CdL triennale in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura
e
Chimica

Pierluigi Barbieri

SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12

Chimica

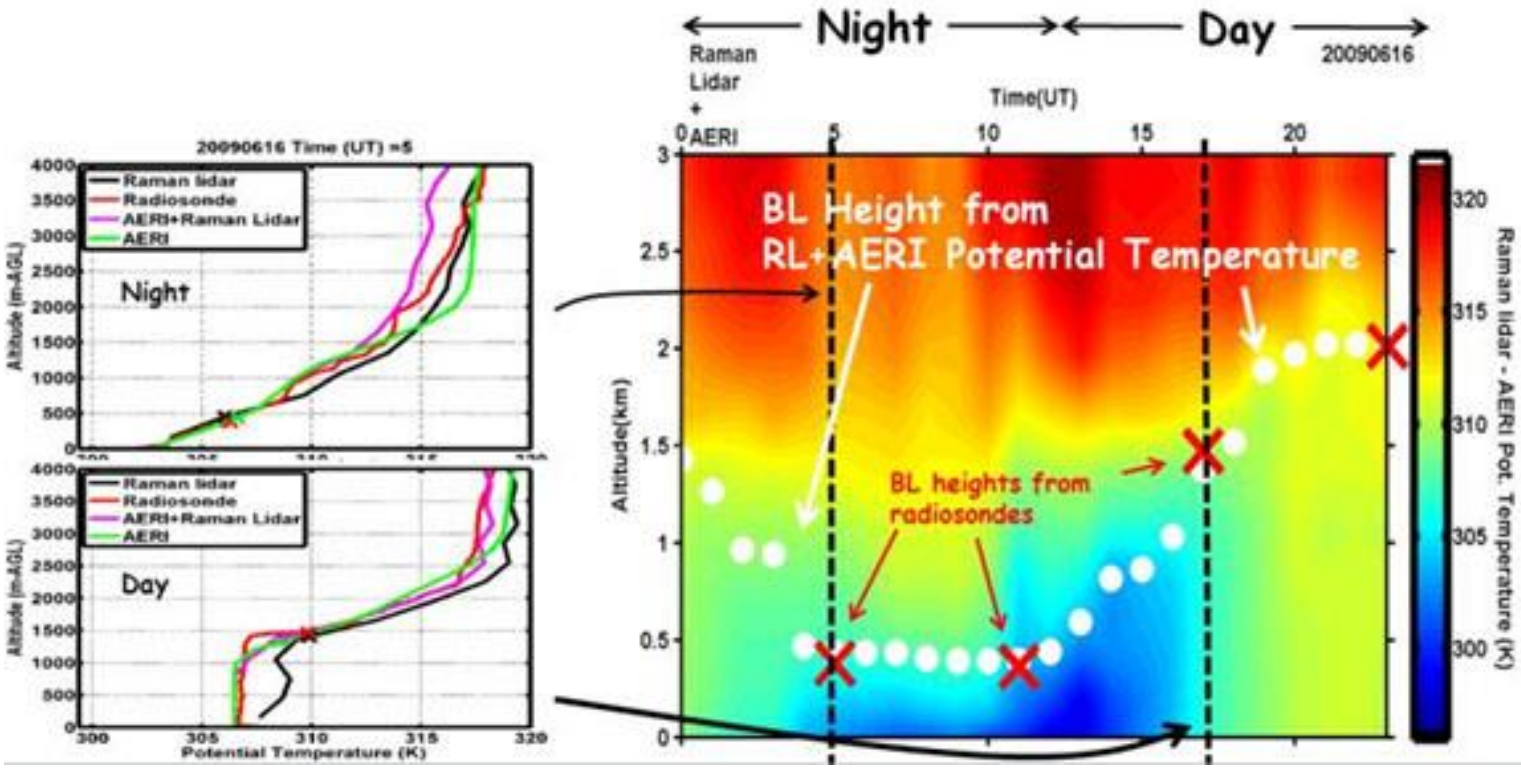
della Troposfera

Modificato dal Corso di Chimica Ambientale del prof. Ivano Vassura UniBo

Diffusione degli inquinanti in Bassa Troposfera

Planetary boundary layer (Strato limite planetario) si estende entro i primi 100-3000 metri dell'atmosfera e descrive quella parte di atmosfera che viene direttamente influenzata dalla presenza della superficie terrestre e risponde ai cambiamenti indotti dalla superficie terrestre in breve tempo (circa un'ora o meno). L'interazione fra atmosfera e superficie può avvenire attraverso diversi meccanismi: attrito meccanico, evaporazione e traspirazione, trasferimento di calore, emissione di sostanze inquinanti e variazioni della circolazione atmosferica dovuta alla conformazione del terreno.

Sullo sfondo è ben visibile la cappa di smog fotochimico dal caratteristico colore dovuto alla presenza del biossido di azoto. La foto è stata scattata a Seattle (USA).



At left, profiles of potential temperature derived from Raman lidar, AERI, radiosonde, and merged Raman lidar + AERI are shown at 5 UT (top) and 17 UT (bottom) on June 16, 2009; PBL heights are indicated by the crosses. The right panel shows potential temperature (in color) derived from merged Raman lidar and AERI measurements for the same day. White dots denote PBL heights derived from Raman lidar + AERI potential temperature profiles; red crosses denote PBL heights determined from potential temperature profiles measured by radiosondes.

https://asr.science.energy.gov/news/data-announcements/post/4728

Quantitative interpretation of air radon progeny fluctuations in terms of stability conditions in the atmospheric boundary layer

Roberto Salzano • Antonello Pasini • Giampietro Casasanta • Marco Cacciani • Cinzia Perrino

"Substances emitted into the atmospheric boundary layer (ABL) are gradually dispersed and eventually become completely mixed within this layer, given sufficient time and if there are no significant sinks (Seibert et al. 2000). The usual definition of the ABL involves considering the ABL to be the turbulent domain of the atmosphere adjacent to the ground. In this case, the ABL coincides with the mixing layer, i.e., a term commonly used in air pollution meteorology. The height of the mixing layer, the so-called "mixing height", determines the available volume for the dispersion of pollutants, and this height is involved in many predictive and diagnostic methods and/or models used to assess pollutant concentrations. Furthermore, this variable is a critical parameter in atmospheric flow models ….
Traditionally, "**profile-based" methods** have been used to estimate the mixing height; these include direct measurement techniques obtained from remote sensing systems (**radar, sodar or lidar) and sensors deployed on platforms (radiosondes, tethered balloons** or masts) or aircraft. Furthermore, dynamical models provide fields relevant to the ABL, but the reliability of their performance needs to be better assessed; see, ….
The scientific community considers the use of **^{222}Rn (radon) to be a comparatively simple and economical approach for** defining the stability conditions of the lower troposphere (…) and **for estimating the mixing height** "

http://www.editorialmanager.com/boun/download.aspx?id=146603&guid=6d923972-a522-41de-ba68-29082cae4aff&scheme=1

PBL Mixing Monitor

CAMPIONATORE / RILEVATORE RADIOATTIVITÀ NATURALE

Scheda tecnica

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

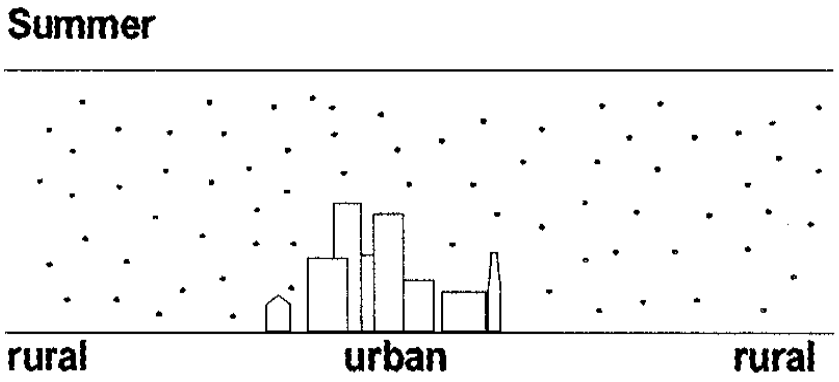
La conoscenza delle proprietà di diluizione dei bassi strati dell'atmosfera è uno strumento essenziale per comprendere l'accumulo degli inquinanti e, in generale, l'evoluzione temporale di tutti i processi di inquinamento atmosferico. Le informazioni sul potenziale di diluizione dello strato limite planetario (Planetary Boundary Layer) si ottengono tramite il monitoraggio di un composto chimicamente stabile (Radon) con un flusso emissivo che può essere considerato costante sulla scala spazio temporale d'interesse.

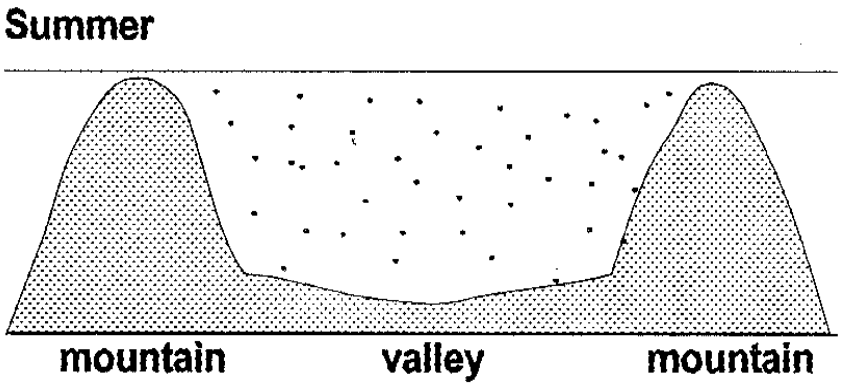
Il gas Radon è prodotto nel suolo dal decadimento radioattivo del 222Rn e dell'isotopo 220Rn (Thoron) ed è rilasciato in atmosfera dove si disperde prevalentemente per diffusione turbolenta. La concentrazione di Radon in atmosfera quindi dipende principalmente dal fattore di diluizione verticale e i prodotti del Radon possono essere considerati come traccianti naturali delle proprietà di rimescolamento dei bassi strati del PBL.

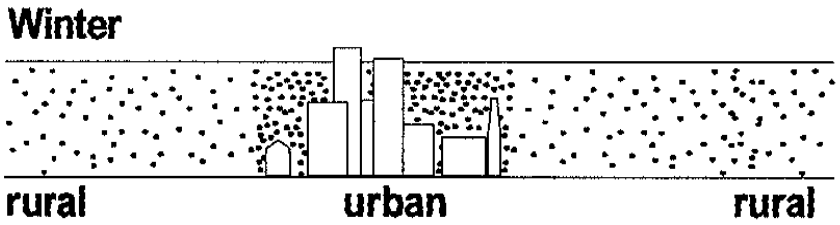
La radioattività naturale si mantiene su valori costantemente bassi in caso di rimescolamento convettivo o avvezione e aumenta quando la stabilità atmosferica consente l'accumulo del Radon nei bassi strati del PBL.

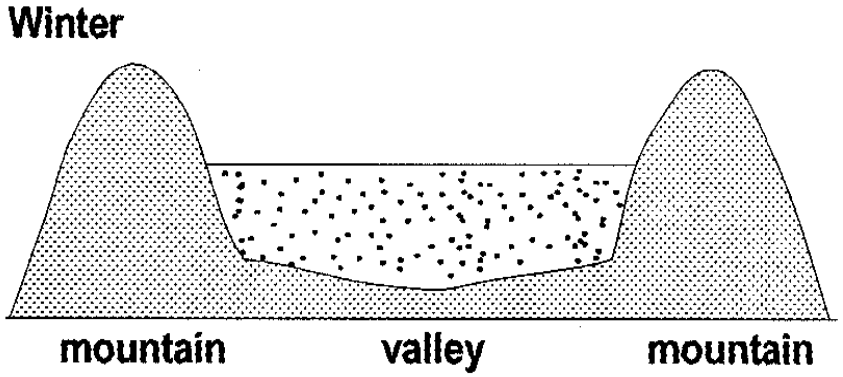
Il **PBL mixing Monitor** rappresenta un sistema automatico sequenziale capace di stimare il grado di rimescolamento dei bassi strati del PBL.

Rimescolamento verticale e concentrazione degli inquinanti









I fenomeni di rimescolamento atmosferico o di stabilità atmosferica influiscono sino ad un fattore 4 in particolare sulla concentrazione delle polveri

Processi chimici in atmosfera

Composti organici ed inorganici

Materiale particellato ⟷ Molecole allo stato gassoso

Processi di condensazione

Reazioni chimiche (fotochimiche)

Adsorbimento

Ossidazione-riduzione

Rimozione attraverso precipitazioni secche e umide

Gas inorganici in atmosfera

L'aria che respiriamo può essere contaminata da sostanze inquinanti provenienti da industrie, veicoli, centrali elettriche e molte altre fonti.

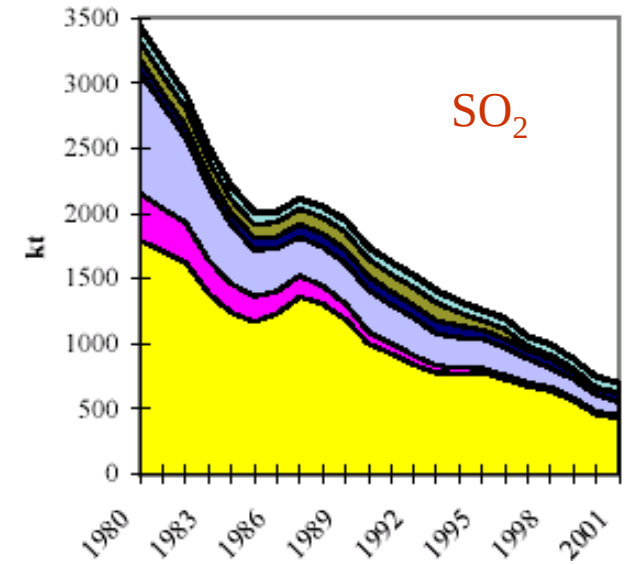
Questi inquinanti rappresentano un grosso problema per gli effetti dannosi che possono avere nei confronti della salute o dell'ambiente in cui viviamo. Il loro impatto dipende da vari fattori, come ad esempio la *quantità di inquinante* dell'aria al quale si è esposti, *la durata dell'esposizione e la pericolosità dell'inquinante* stesso.

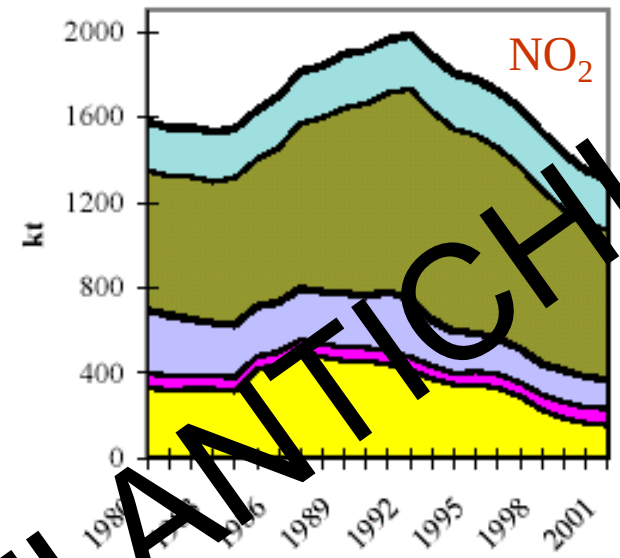
Gli effetti sulla salute possono essere di piccola entità e reversibili (come un'irritazione agli occhi) oppure debilitanti (come un aggravamento dell'asma) o anche fatali (come il cancro).

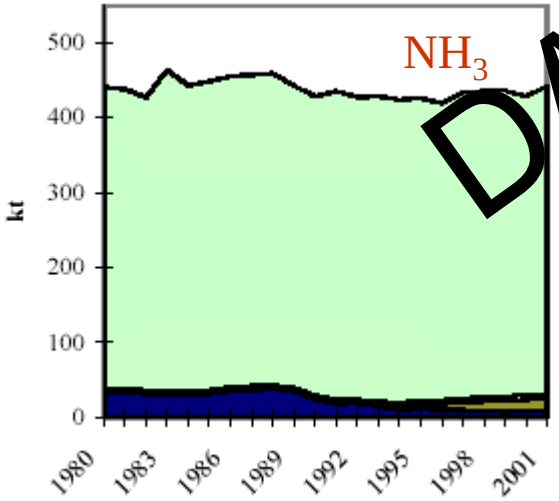
CO, SO_2, NO, NO_2 sono quelli presenti in maggiore quantità

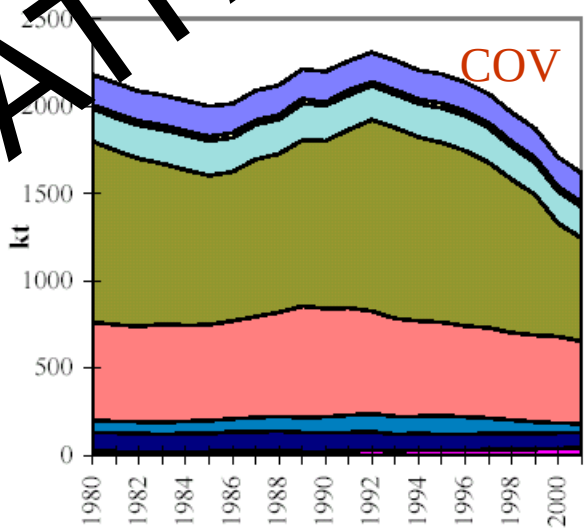
Altri gas inorganici: NH_3, N_2O, N_2O_5, H_2S, (Cl_2, HCl, HF).

Emissioni nazionali per macrosettore (Kt)

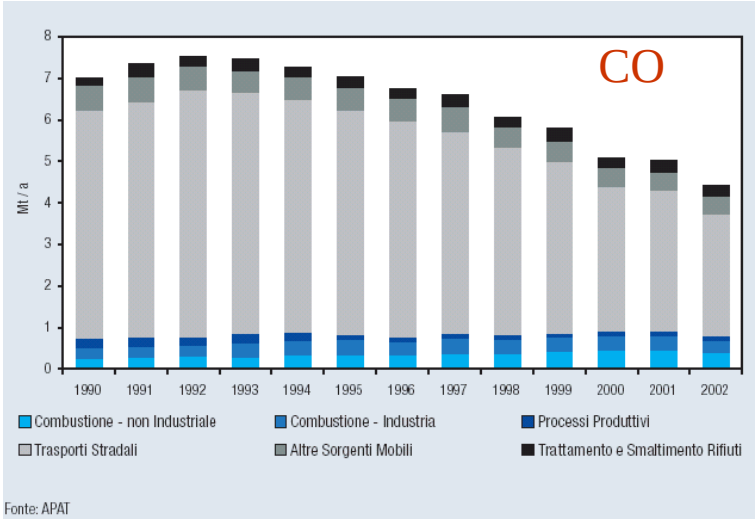








- Trattamento e Smaltimento Rifiuti
- Altre Sorgenti Mobili
- Trasporti Stradali
- Processi Produttivi
- Combustione - Industria
- Combustione - Non industriale
- Combustione -Energia e industria di trasformazione
- Altre Sorgenti di Emissioni ed Assorbimenti
- Agricoltura
- Trattamento e Smaltimento Rifiuti
- Trasporti Stradali
- Processi Produttivi



DATI ANTICHI

Fonte APAT 2004

Emissioni

- http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni

(codifica SNAP: Selected Nomenclature for sources of Air Pollution)

Relazione qualità dell’aria FVG

- http://http://www.arpa.fvg.it/cms/hp/primopiano/Relazione_QA_FVG_2017.html
- http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/tecnico_scientifiche_docs/Relazione_QA_2017_FVG.pdf

$$E = AD \times EF$$

Emissioni dell'inquinante X dalla sorgente considerata

Dati di attività della sorgente

Fattore Emissivo (quantità di inquinante emessa per unità di attività)

Inventari di fattori emissivi

- http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016

  Es.: http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-b-fugitives/1-b-1-b-fugitive

- www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch12/bgdocs/b12s02_may08.pdf

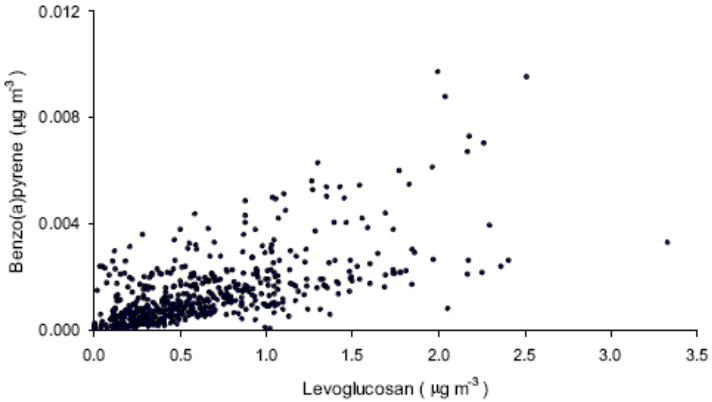
COMBUSTIONE DI LEGNA E QUALITÀ DELL'ARIA

La difficile convivenza di economia ed ecologia

https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2015_1/ES1_2015_servizio_combustione_legna.pdf

	Site	PM_{wb} (%)	OC_{wb} (%)	EC_{wb} (%)
2004–2005	Sondrio	16.0 (2.9)	39.1 (3.9)	16.1 (1.2)
	Cantù	11.1 (2.2)	28.6 (4.6)	26.6 (4.0)
	Milano	6.0 (1.4)	21.2 (5.5)	14.9 (5.5)
	Lodi	n.a.	n.a.	n.a.
	Mantova	5.9 (0.7)	22.2 (1.9)	18.0 (4.7)
	Bosco Fontana	4.6 (0.6)	19.4 (4.7)	27.3 (4.5)
2005–2006	Sondrio	23.1 (5.1)	47.4 (4.4)	30.6 (7.6)
	Cantù	n.a.	n.a.	n.a.
	Milano	16.5 (8.2)	35.8 (10.4)	19.8 (7.4)
	Lodi	15.5 (4.5)	46.4 (7.5)	35.6 (14.4)
	Mantova	n.a.	n.a.	n.a.
	Bosco Fontana	n.a.	n.a.	n.a.
2006–2007	Sondrio	23.1 (3.8)	46.6 (6.8)	38.2 (12.2)
	Cantù	23.7 (8.5)	49.8 (8.5)	28.6 (7.5)
	Milano	8.0 (5.2)	24.3 (6.3)	15.2 (5.2)
	Lodi	n.a.	n.a.	n.a.
	Mantova	12.1 (1.0)	44.5 (6.8)	28.1 (7.4)
	Bosco Fontana	n.a.	n.a.	n.a.

Piazzalunga et al. (Atmospheric Environment 45 (2011) 6642 – 6649)



C.A. Belis et al. (Atmospheric Environment 45 (2011) 7266 – 7275)

Ossidanti in atmosfera

Molti composti chimici sono emessi in atmosfera, ma processi di rimozione chimica prevengono accumuli eccessivi di queste sostanze. Le specie gassose come gli aerosol possono essere rimossi dall'atmosfera attraverso deposizioni secche o umide. Per le sostanze organiche è più facile la rimozione se sono ossidate in sostanze più solubili e meno volatili.

I tre più importanti specie ossidanti in atmosfera sono:

Il radicale idrossile	$\bullet OH$
Il radicale nitrato	$\bullet NO_3$
L'ozono	O_3

Il radicale Idroperossido può in alcuni casi essere un'altra specie ossidante importante ($\bullet O_2H$)

Tra queste specie la più importante è il radicale idrossile $\bullet$ OH

Radicale ·OH nell'atmosfera

Il radicale ossidrile è estremamente reattivo ed è in grado di ossidare la maggior parte dei composti chimici presenti in troposfera.

Il radicale idrossile è conosciuto come detergente dell'atmosfera.

A parte I principali gas atmosferici, O_2, N_2, CO_2, Ar, e H_2O, solo poche molecole in troposfera non reagiscono con il radicale OH:

Clorofluorocarburi (CFC's), Protossido d'azoto(N_2O) e anidride carbonica (CO_2).
Il tasso di reazione del metano è il più piccolo di tutti gli idrocarburi (100 -1000 volte più lento degli altri idrocarburi). Questo spiega il perchè la concentrazione di metano in atmosfera può raggiungere 1.7 ppm, che è un valore molto elevato se comparato a quello di altri idrocarburi che generalmente non superano il ppb.

Reattività relative degli idrocarburi e del CO con il radicale OH•

Classe di reattività	*Tempo di mezza vita (approx.) in atmosfera*	*Composti in ordine crescente di reattività*
I	> 10 d	metano
II	24 h – 10 d	CO, acetilene, etano
III	2.4-24 h	benzene, propano, *n*-butano, isopentano, metiletilchetone, 2-metilpentano, toluene, *n*-propilbenzene, isopropilbenzene, etilene, *n*-esano, 3-metilpentano, etilbenzene
IV	15 min – 2.4 h	*p*-xilene, *p*-etiltoluene, *o*-etiltoluene, *o*-xil., metilisobutilchetone, *m*-etiltotoluene, *m*-xil., 1,2,3-trimetilbenzene, propilene, *cis*-2-butene, □-pinene, 1,3-butadiene
V	< 15 min	2-metil-2-butene, 2,4-dimetil-2-butene, *d*-limonene

Radicale ·OH nell'atmosfera

Radicale idrossilico, HO·, è il più importante intermedio di reazione dei processi chimici in atmosfera. Si forma attraverso diversi meccanismi.

In stratosfera: $H_2O + O_3 + h\nu \rightarrow 2HO\bullet + O_2$

In troposfera tale fotolisi avviene grazie ad una banda molto stretta di lunghezze d'onda centrata a 300nm (finestra di luce che riesce ad attraversare la stratosfera) che eccita l'ozono (troposferico)

Nella troposfera relativamente non inquinata per fotolisi dell'ozono:

$O_3 + h\nu\ (\lambda<315\ nm) \rightarrow O\bullet + O_2$ $\quad$ $O\bullet + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$

$O\bullet + H_2O \rightarrow 2HO\bullet$

Più del 97% dell'ossigeno atomico reagisce per fornmare nuovo ozono. Meno del 3% porta alla formazione del radicale OH.

Radicale ·OH nell'atmosfera

Altre sorgenti di radicale OH sono es.:

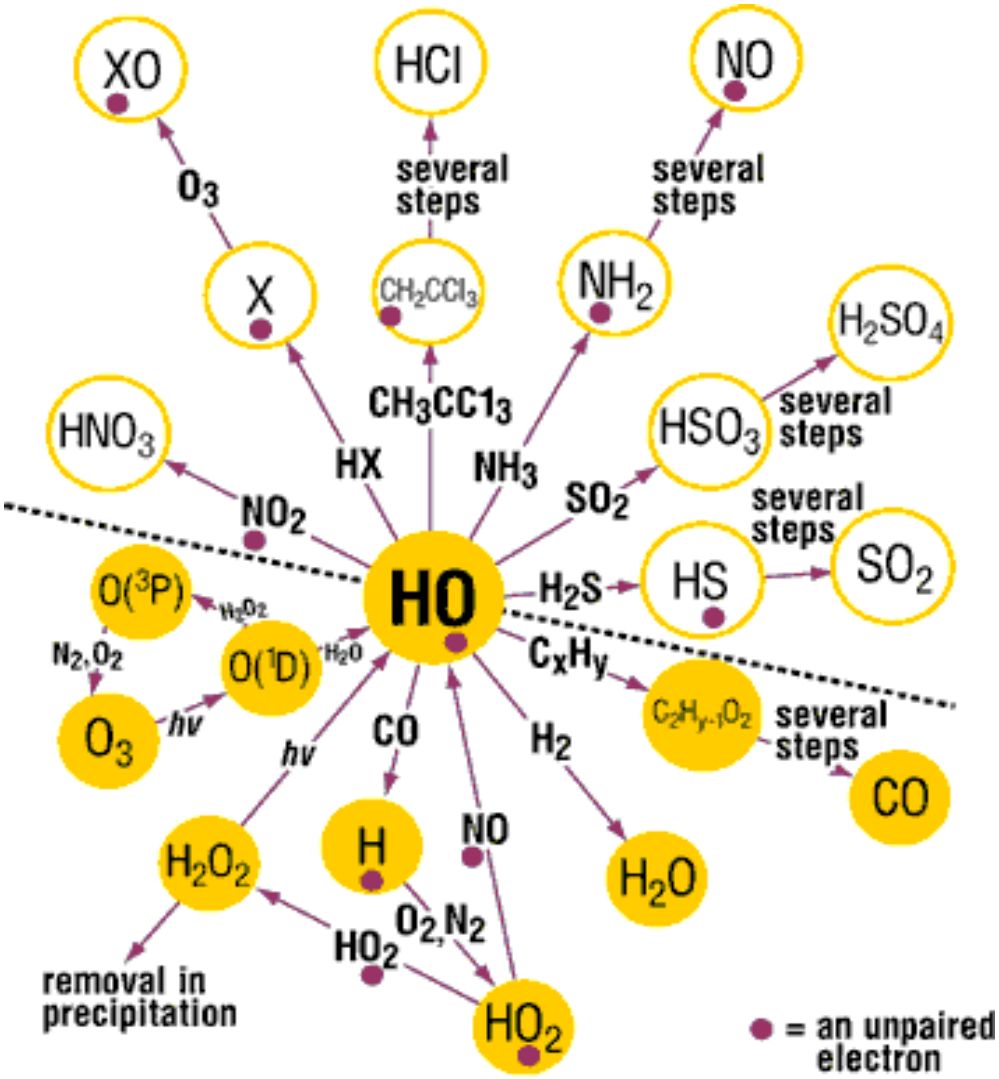
$$HONO + h\nu\ (\lambda<315\ nm) \rightarrow HO\bullet + NO$$

$$H_2O_2 + h\nu\ (\lambda<315\ nm) \rightarrow 2\ HO\bullet$$

A causa della sua elevata reattività il suo tempo di vita media è meno di un secondo. Ne risulta che la concentrazione in troposfera di HO è molto bassa: $1x10^5$ a $2x10^7$ molecole cm^{-3}. A livello del mare corrisponde ad un mixing ratio of 0.01 - 1 ppt.

La concentrazione di OH dipende davari fattori. Poiché la sua esistenza è legata all'attività solare la sua concentrazione mostra un ciclo giornaliero. Inoltre la reazione dell'O3 per la formazione del radicale necessita la presenza d'acqua. Quest'ultima diminuisce con l'altezza. Quindi ad alte altitudini fredde e secche, la concentrazione di OH tende a diminuire.
Vi sono infine anche alcuni fattori locali che possono influenzare la concentrazione di OH, come ad esempio sorgenti di composti organici come le grandi foreste.

Reazioni del radicale OH· con altre specie chimiche nella troposfera

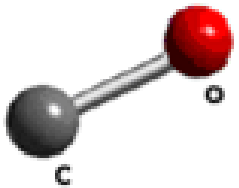


Processi coinvolti nel controllo della concentrazione dei reagenti e prodotti associati alle reazioni con HO·

Riserve di specie atmosferiche

Processi largamente coinvolti nel controllo della concentrazione di HO· Nella troposfera

Monossido di Carbonio CO

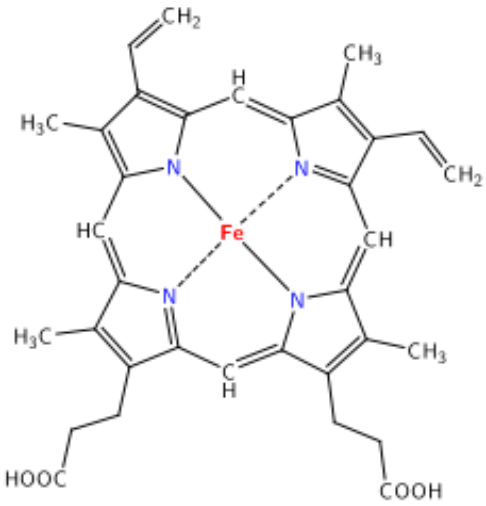


Un primo inquinante da considerare con attenzione è l'ossido di carbonio per le sue caratteristiche di tossicità.

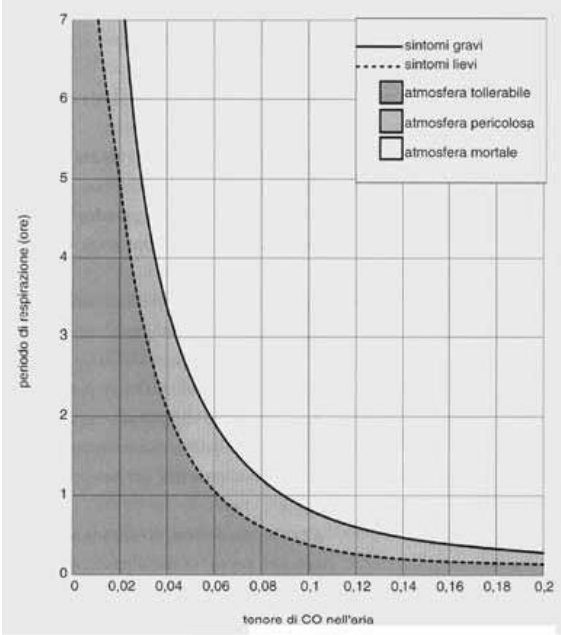
L'ossido di carbonio (CO) o monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo sono particolarmente pericolosi. La sua pericolosità è dovuta alla formazione con l'emoglobina del sangue di un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina, che impedisce l'ossigenazione dei tessuti.

A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali.



Gruppo eme



CO

Le principali emissioni naturali sono dovute agli incendi delle foreste, alle eruzioni dei vulcani, alle emissioni da oceani e paludi e all'ossidazione del metano ad opera del OH• e degli idrocarburi in genere emessi naturalmente in atmosfera (es la degradazione della clorofilla nei mesi autunnali libera ~ 20% del carico annuale di CO).

La fonte principale di emissione da parte dell'uomo è costituita dall'utilizzo dei combustibili fossili per i motori a scoppio degli autoveicoli e per le attività industriali (soprattutto impianti siderurgici e raffinerie di petrolio).

Nei motori a scoppio, l'utilizzo di miscela povera o di marmitte catalitiche limita le emissioni ($CO \rightarrow CO_2$)

Ossidazione del CO

In termini quantitativi il 40 % del •OH troposferico reagisce con il CO

•OH + CO → CO2 + H•
H• + O_2 + M → HOO• + M
HOO• + NO → NO_2 + •OH

CO + NO + O_2 → CO_2 + NO_2

Se NO ha basse concentrazioni si può formare acqua ossigenata.

2 HOO• → H_2O_2 + O2

HOO• +O_3 → •OH + 2 O_2

Composti dello zolfo

Sono soprattutto d'origine antropica per ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione delle sostanze che contengono questo elemento (combustione di petrolio e carbone) ed in minor misura naturale: spray marino, decadimento biologico di materiale organico, eruzioni vulcaniche (H_2S).

Acido solfidrico (H_2S)

E' rapidamente ossidato ad SO_2

$$H_2S + HO\bullet \rightarrow HS\bullet + H_2O$$
$$HS\bullet + O2 \rightarrow HO\bullet + SO$$
$$SO + O_2 \rightarrow SO_2 + O$$

$$H_2S + 3/2\ O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$$

Ossidi di zolfo (SO_2 , SO_3)

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO_2) e l'anidride solforica (SO_3); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x.

SO_2 - è un gas incolore, irritante molto solubile in acqua e dall'odore pungente.

SO_3 – è prodotto soprattutto dall'ossidazione dell'anidride solforosa. Reagisce con l'acqua, sia liquida che allo stato di vapore, originando rapidamente l'acido solforico. Responsabile in gran parte del fenomeno delle piogge acide.

Dato che la reazione di ossidazione che conduce alla formazione dell'anidride solforica è molto lenta, e data la reattività di questo composto con l'acqua, in genere la concentrazione dell'anidride solforica varia fra l'1 e il 5% della concentrazione del biossido di zolfo (che viene considerato l'inquinante di riferimento).

Le reazioni che coinvolgono gli ossidi di zolfo sono influenzati da T, umidità, intensità della luce, trasporto atmosferico e caratteristiche della superficie della particelle.

Reazioni del biossido di zolfo in atmosfera

Principale reazione di ossidazione di SO_2 in fase gassosa:

$$HO\bullet + SO_2 \rightarrow HOSO_2\bullet$$ (reattivo, convertibile in solfato o SO3)

Eccetto in atmosfere relativamente secche, SO_2 è probabilmente ossidato all'interno di goccioline d'acqua, seguendo un percorso complesso: trasporto in fase acquosa di SO_2 e dell'ossidante, idrolisi ed ionizzazione di SO_2 e ossidazione da parte di un agente quale H_2O_2, $OH\bullet$, O_3.

$$\{O\}(aq) + SO_2(aq) \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$$

In assenza di specie catalitiche, la reazione con $O_2(aq)$ non è significativa:

$$\frac{1}{2}O_2(aq) + SO_2(aq) + H_2O \rightarrow H_2SO_4(aq)$$

H2O2 è un'importante agente ossidante:

$$SO_2(aq) + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4(aq)$$

Con ozono reagisce velocemente lo <u>ione solfito</u> (più lentamente HSO_3^- e SO_2):

$$SO_3^{2-} + O_3(aq) \rightarrow SO_4^{2-}(aq) + O_2$$

L'ossidazione di SO_2 nelle goccioline è più rapida in presenza di NH_3

Alcuni ioni disciolti (Fe^{3+} , Mn^{2+}) possono catalizzare l'ossidazione di SO_2

Composti dell'AZOTO

Pur essendo presenti in atmosfera diverse specie di Azoto per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO_x che sta ad indicare la somma pesata del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO_2).

Ossidi di azoto in atmosfera

N_2O, NO, NO_2

Protossido di azoto

N_2O (anestetico, usato nelle bombolette) ~ 0.3 ppm in atm. non inquinata

Reagisce prevalentemente nella stratosfera:

reazione fotochimica:

$N_2O + h\nu \rightarrow N_2 + O$

con ossigeno atomico:

$N_2O + O \rightarrow N_2 + O_2$

$N_2O + O \rightarrow 2NO$

Incide sulla riduzione dello strato di ozono.

NO e NO_2

L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore. E' prodotto soprattutto nel corso dei processi di combustione ad alta temperatura assieme al biossido di azoto (che costituisce meno del 5% degli NO_x totali emessi). Viene poi ossidato in atmosfera.

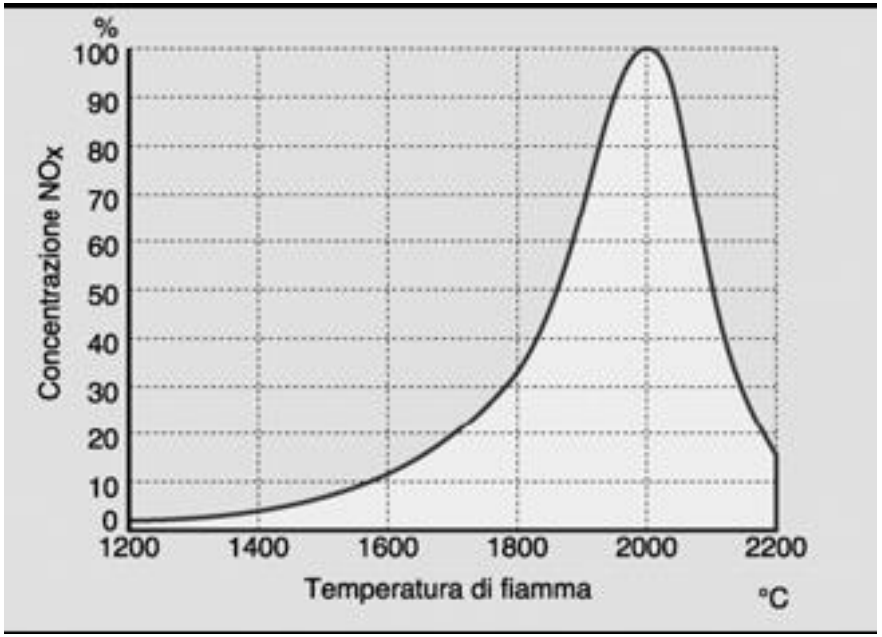
Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso, dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un energico ossidante, molto reattivo e quindi altamente corrosivo.
Esiste nelle due forme N_2O_4 (forma dimera) e NO_2 che si forma per dissociazione delle molecole dimere. Il colore rossastro dei fumi è dato dalla presenza della forma NO_2 (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.

Sorgenti naturali: essenzialmente decomposizioni organiche anaerobiche che riducono i nitrati a nitriti; i nitriti in ambiente acido formano acido nitroso che, essendo instabile, libera ossidi di azoto. Da segnalare anche l'azione dei fulmini, gli incendi e le emissioni vulcaniche.

Sorgente Antropica: la principale fonte antropogenica di ossido di azoto è data dalle combustioni ad alta temperatura, come quelle che avvengono nei motori degli autoveicoli: l'elevata temperatura che si origina durante lo scoppio provoca la reazione fra l'azoto dell'aria e l'ossigeno formando monossido di azoto.
La quantità prodotta è tanto più elevata quanto maggiore è la temperatura di combustione e quanto più veloce è il successivo raffreddamento dei gas prodotti, che impedisce la decomposizione in azoto ed ossigeno.

NO e NO_2

Gli ossidi di azoto possono generarsi attraverso tre distinti meccanismi:



- produzione di «prompt» NO, si forma nelle primissime fasi della combustione, cioè le stesse fasi in cui si ha un'alta formazione di idrocarburi incombusti (HC) e di monossido di carbonio (CO), ma trovandosi ad interagire con queste altre specie molto reattive, vengono poi ridotti; i composti radicalici che si formano dalla dissociazione dell'idrocarburo combustibile, la cui concentrazione risulta particolarmente ricca sul fronte di fiamma, attaccano l'azoto atmosferico dell'aria con l'ossigeno;
- . produzione "termica" da azoto atmosferico, che si sviluppa in zone dove si supera la soglia di 1600°C raggiungendo condizioni energetiche sufficienti ad attivare la reazione dell'azoto molecolare
- produzione da azoto del combustibile, processo che si realizza solo nel caso il combustibile impiegato contenga azoto;

Reazioni in atmosfera di NO_x

In atmosfera gli ossidi di azoto sono coinvolti in diversi cicli fotochimici. Il monossido può essere convertito da ossidanti (quali perossidi) in NO_2. Entrambi gli **ossidi possono essere convertiti negli acidi corrispondenti**.

• *Acido nitroso* (HNO_2) si forma durante la notte secondo la reazione

$$NO + NO_2 + H_2O \rightleftarrows 2\,HONO$$

e fotolizza alla luce costituendo una fonte di radicali HO•:

$$HONO + h\nu \rightarrow HO^{\bullet} + NO$$

oppure si forma in fase acquosa per idrolisi di NO_2

$$2\,NO_2 + H_2O \rightarrow HONO + HNO_3$$

L'acido Nitroso decompone rapidamente in soluzione

$$2\,HNO_2 \rightarrow NO_2 + NO + H_2O$$

Oppure

$$4\,HNO_2 \rightarrow 2\,HNO_3 + N_2O + H_2O$$

• *Acido nitrico* (HNO_3): il biossido di azoto ne é il principale precursore

a) $NO_2 + O_3 \rightarrow NO_3 + O_2$

$NO_2 + NO_3 \rightarrow N_2O_5$

$N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2\,HNO_3$

nelle ore diurne l'efficienza di tale processo è ridotta dalle reazioni :

$NO_3 + NO \rightarrow 2\,NO_2$

$NO_3 + h\nu \rightarrow NO + O_2$ (opp. $NO_2 + O$)

b) $HO^{\bullet} + NO_2 \rightarrow HNO_3$

c) $2\,NO_2 + H_2O \rightarrow HONO + HNO_3$

(in fase acquosa)

HNO_3 per l'elevata tensione di vapore può essere presente in fase gassosa; **può poi condensare a nitrato particellare**. Data la sua notevole solubilità è più facilmente incorporato in fase acquosa.

Ammoniaca (NH3):

È emessa da microrganismi, decadimento di rifiuti animali, trattamento di liquami, lavorazione di carbone ed ammoniaca, perdite da sistemi di refrigerazione.

É la sola base solubile in acqua presente a livelli significativi in atmosfera e, con gli ioni Ca^{2+} e Mg^{2+}, contribuisce alla **neutralizzazione degli acidi** che vi si trovano, formando però sali molto corrosivi:

$$NH_3 + HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3$$

$$NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow NH_4HSO_4$$