

Matrici ambientali e inquinamento



1

ATMOSFERA: gli inquinanti, valori limite, danni per l'ambiente e l'uomo

1

INQUINAMENTO ATMOSFERICO

INDICE

[Struttura](#)

[Composizione](#)

[CO₂](#)

[Effetto serra](#)

[CO](#)

[Batteri metanogeni](#)

[Inquinamento](#)

[Ossidi di azoto](#)

[Ossidi di zolfo](#)

[Piogge acide](#)

[VOC e benzene](#)

[IPA](#)

[Metalli pesanti](#)

[Composti alogenati](#)

[Buco nell'ozono](#)

[Particolato](#)

[Ozono in troposfera](#)

[Smog](#)

[Danni alla salute](#)

[Photo credits](#)

Foto in copertina:

Pechino (2005).

A sinistra dopo la pioggia, a destra giornata con lo smog

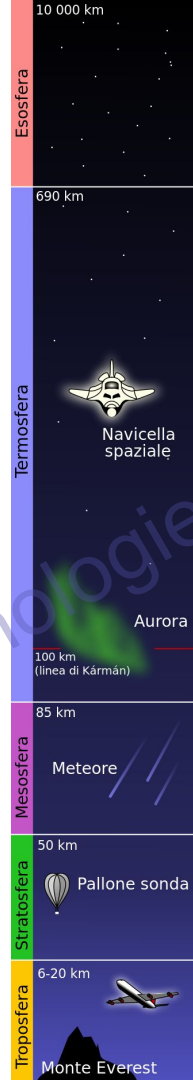
STRUTTURA

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: struttura

L'atmosfera terrestre è un involucro gassoso che circonda il nostro pianeta, non omogeneo, e quindi viene suddiviso in strati:

1. troposfera
2. stratosfera
3. mesosfera
4. termosfera
5. esosfera



Nella **troposfera** avvengono la maggior parte dei fenomeni meteorologici. Questo è lo strato dove si riscontrano gli inquinanti sia naturali che derivati dalla attività umana.

Si estende per circa 12 km ed è separata dalla successiva stratosfera tramite la tropopausa.

COMPOSIZIONE

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: composizione

Questa è la sua composizione media al suolo:

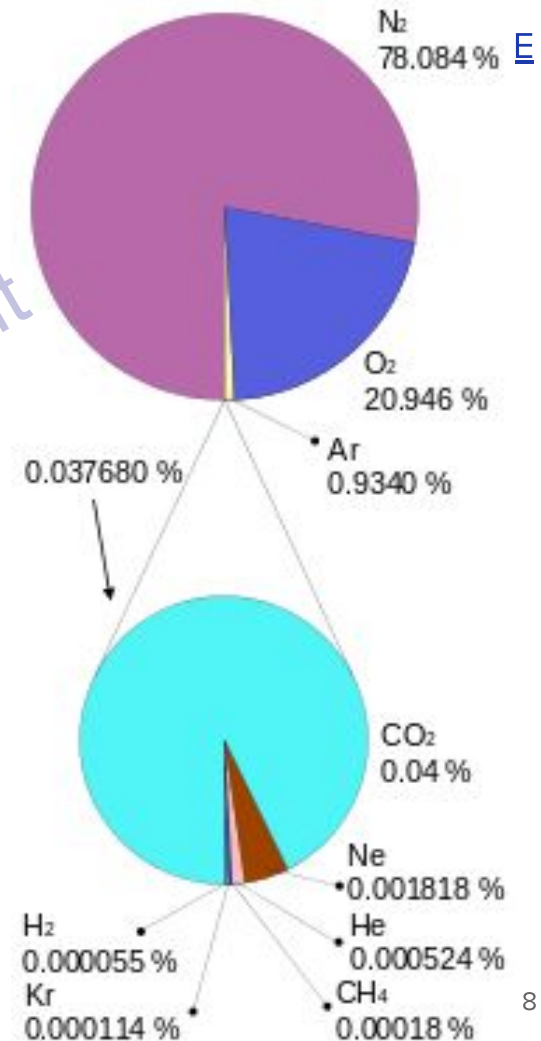
- Azoto (N₂): 78,08%
- Ossigeno (O₂): 20,95%
- Argon (Ar): 0,93%
- Vapore acqueo (H₂O): 0,33% in media (variabile da circa 0% a 5-6%)
- **Biossido di carbonio (CO₂): 0,0400%**
(400.16 ppm) (novembre 2015)
- Neon (Ne): 0,00181% (18 ppm)
- Elio (He): 0,0005% (5 ppm)
- Metano (CH₄): 0,0002% (2 ppm)
- Idrogeno (H₂): 0,00005% (0,5 ppm)
- Krypton (Kr): 0,000011% (0,12 ppm)
- Xenon (Xe): 0,000008% (0,08 ppm)
- Ozono (O₃): 0,000004% (0,0364 ppm)



Atmosfera: composizione

Il grafico a torta in alto descrive la composizione dell'atmosfera terrestre per volume.

Il grafico in basso rappresenta i gas in traccia che insieme costituiscono circa lo 0,038% dell'atmosfera.

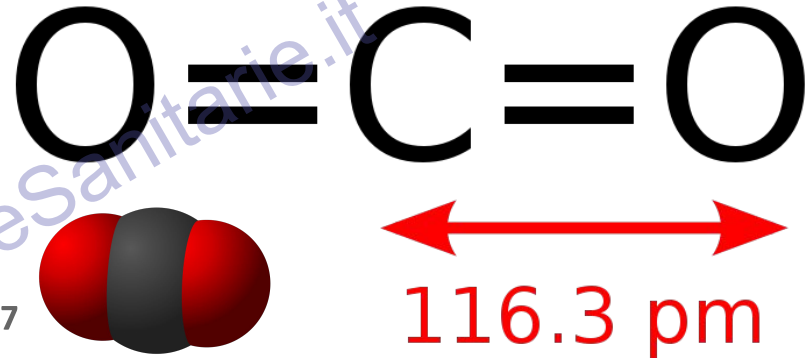


ANIDRIDE CARBONICA

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: anidride carbonica

Incominciamo ad analizzare la situazione della CO_2 (uno dei principali gas serra insieme a metano e ossido di azoto).

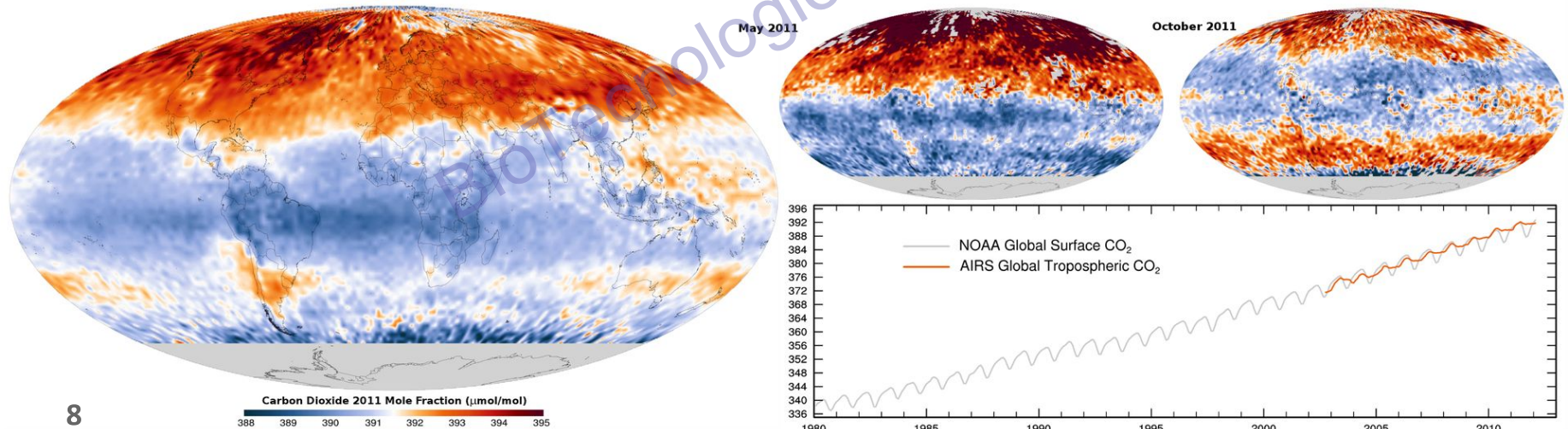


I gas serra sono aumentati del 36% negli ultimi 25 anni e del 43% rispetto all'era pre-industriale (dati Wmo = World meteorological organization).

Atmosfera: anidride carbonica

La CO₂ è stata costantemente sopra 400 ppm per un mese l'anno scorso (2015). Il livello consigliato dagli scienziati è 350 ppm.

Il 2015 potrebbe essere l'anno in cui la temperatura media del pianeta si attesterà su 1°C in più rispetto all'era pre-industriale. L'immagine sottostante mostra il livello di CO₂ nel 2010.



Atmosfera: anidride carbonica

Questa animazione della NASA è un modello climatico che permette di visionare il comportamento dei gas serra una volta emessi. In particolare della CO₂

<http://svs.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/details.cgi?aid=12056&linkId=18854271>

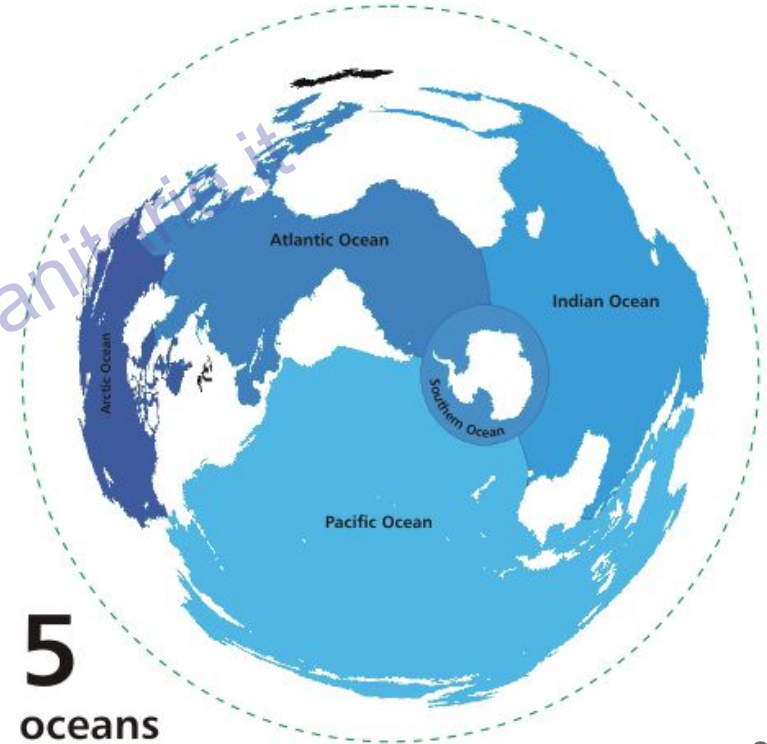
I puntini rossi (Africa) evidenziano gli incendi boschivi.

I blu (Europa occidentale, Asia orientale, coste USA) le emissioni delle grandi città.

I viola il movimento della CO₂ in atmosfera

Atmosfera: anidride carbonica

Un quarto della anidride carbonica è assorbito dagli oceani ma il gas staziona sugli oceani per centinaia di anni e l'aumento della sua concentrazione li sta rendendo sempre più acidi (acidificazione degli oceani).

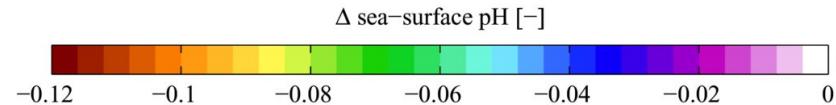
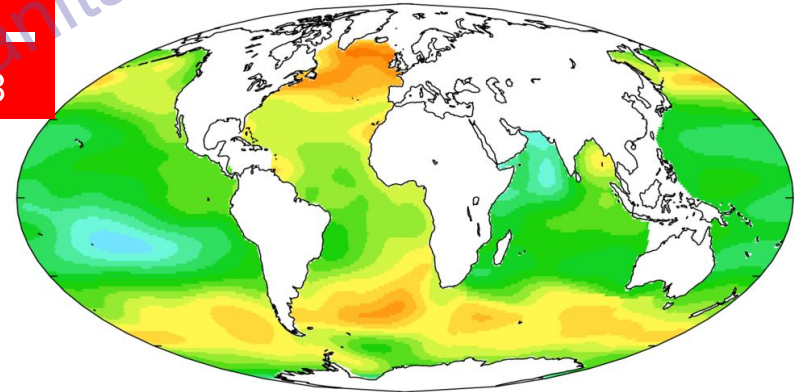


Atmosfera: anidride carbonica

Infatti la CO_2 viene trasformata in ioni carbonato e bicarbonato attraverso reazioni sulle rocce calcaree come questa:



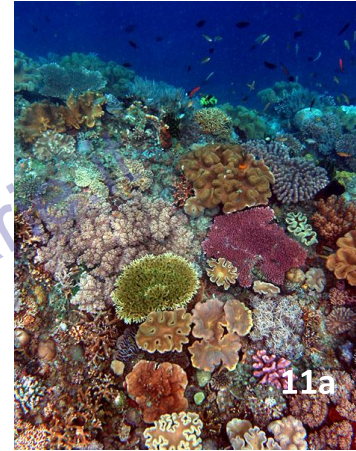
ione idrogenocarbonato



Atmosfera: anidride carbonica

La reazione è reversibile e nel tempo gli oceani hanno contribuito a mantenere in equilibrio la concentrazione di CO_2 formando anche una notevole quantità di rocce calcaree sui fondali marini.

L'attuale progressiva acidificazione degli oceani sembra essere la causa della morte della barriera corallina.



Barriera corallina in buono stato di salute.
Costa settentrionale di Timor

L'attuale sbiancamento dei coralli è uno dei segnali di sofferenza della barriera corallina causato in parte anche dall'aumento di temperatura delle acque.



Atmosfera: anidride carbonica

L'incremento globale della concentrazione di CO₂ è dovuto principalmente a:

- ❖ uso di combustibili fossili
- ❖ agricoltura industrializzata
- ❖ allevamento
- ❖ deforestazione

Ma cosa succede a chi respira un'aria con una concentrazione di CO₂ molto alta?

Atmosfera: anidride carbonica

Alcuni dei sintomi legati all'aumento del volume percentuale della CO₂ in atmosfera.

N.B. 1% = 10.000 ppm
Siamo a valori decisamente molto più alti rispetto a quelli riscontrati attualmente in atmosfera.

Main symptoms of Carbon dioxide toxicity

Volume % in air	
1%	- 1%
3%	- 3%
5%	- 5%
8%	- 8%

Visual

- Dimmed sight

Auditory

- Reduced hearing

Respiratory

- Shortness of breath

Muscular

- Tremor

Central

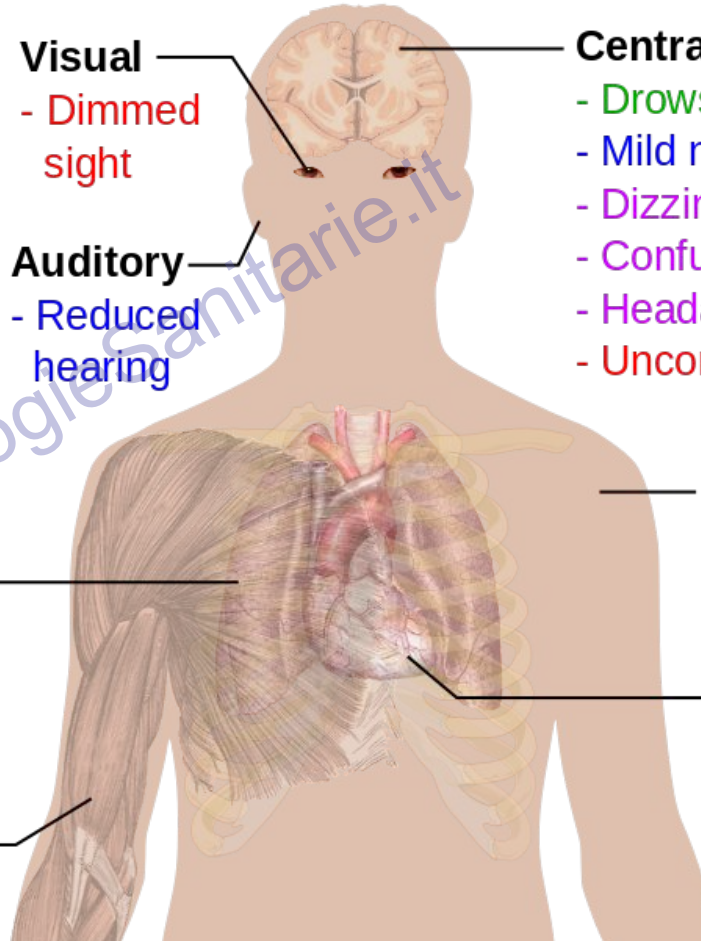
- Drowsiness
- Mild narcosis
- Dizziness
- Confusion
- Headache
- Unconsciousness

Skin

- Sweating

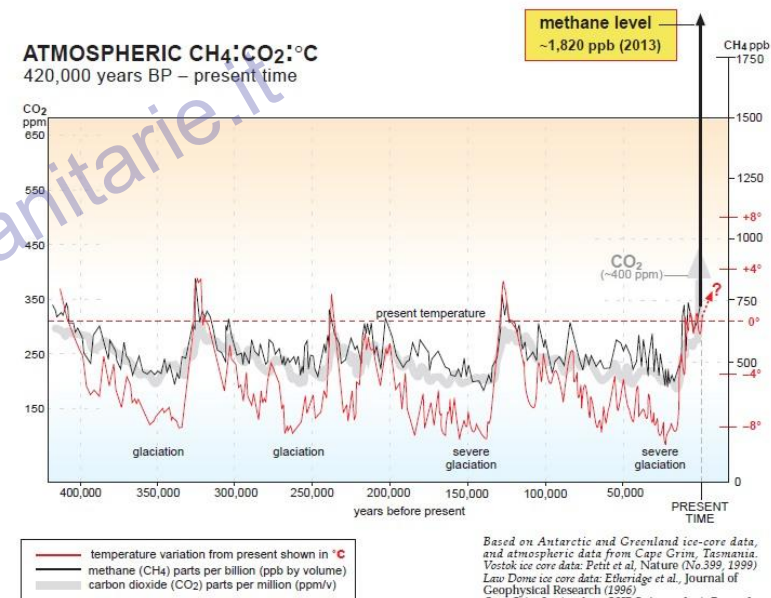
Heart

- Increase heart rate and blood pressure



Atmosfera: anidride carbonica

L'aumento della CO_2 è associato al progressivo aumento della temperatura (**riscaldamento globale**) e l'aumento della temperatura porta ad una maggiore produzione di vapore acqueo atmosferico che a sua volta fa aumentare il calore. Ma c'è correlazione anche con il metano.



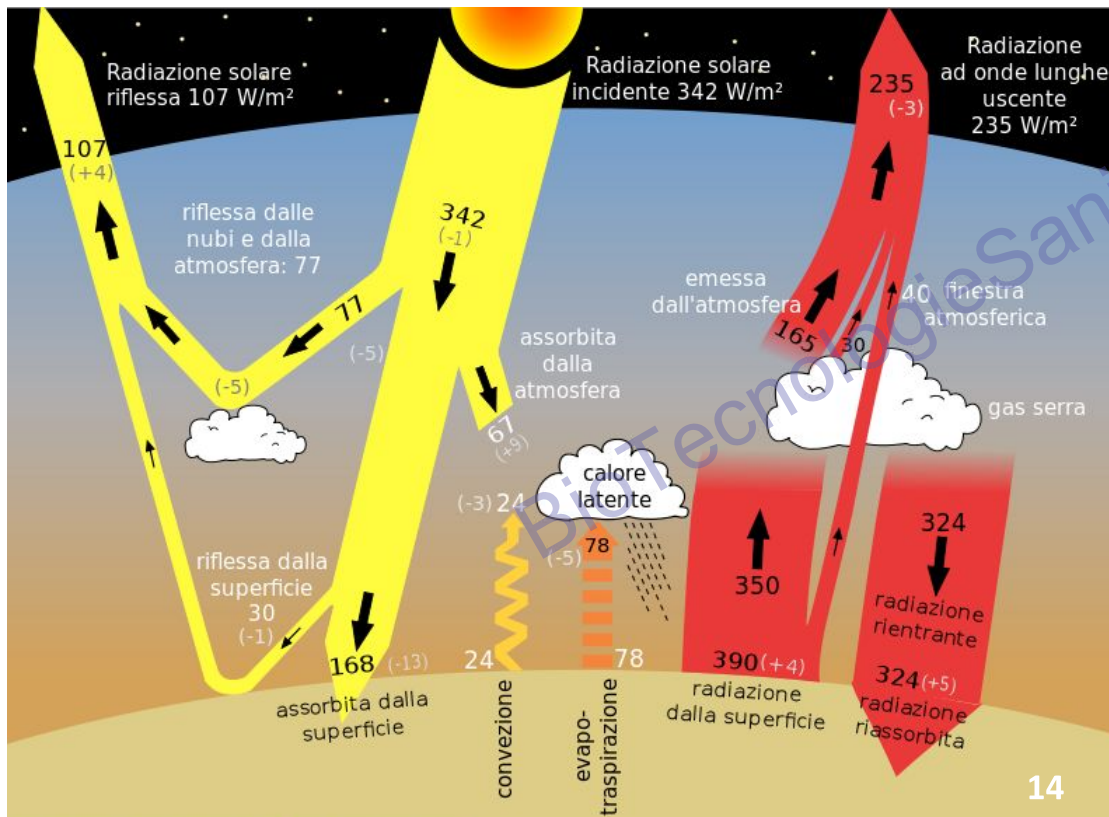
Variazioni di anidride carbonica (linea grigia) associata a metano (linea nera) e a temperatura (linea rossa) negli ultimi 420.000 anni

EFFETTO SERRA

BioTecnologie Sanitarie.it

Atmosfera: effetto serra

È arrivato il momento di spiegare l'effetto serra.



L'effetto serra è un fenomeno da sempre presente sul nostro pianeta e che ha consentito lo sviluppo della vita creando una cappa di calore compatibile con le sue esigenze.

Atmosfera: effetto serra

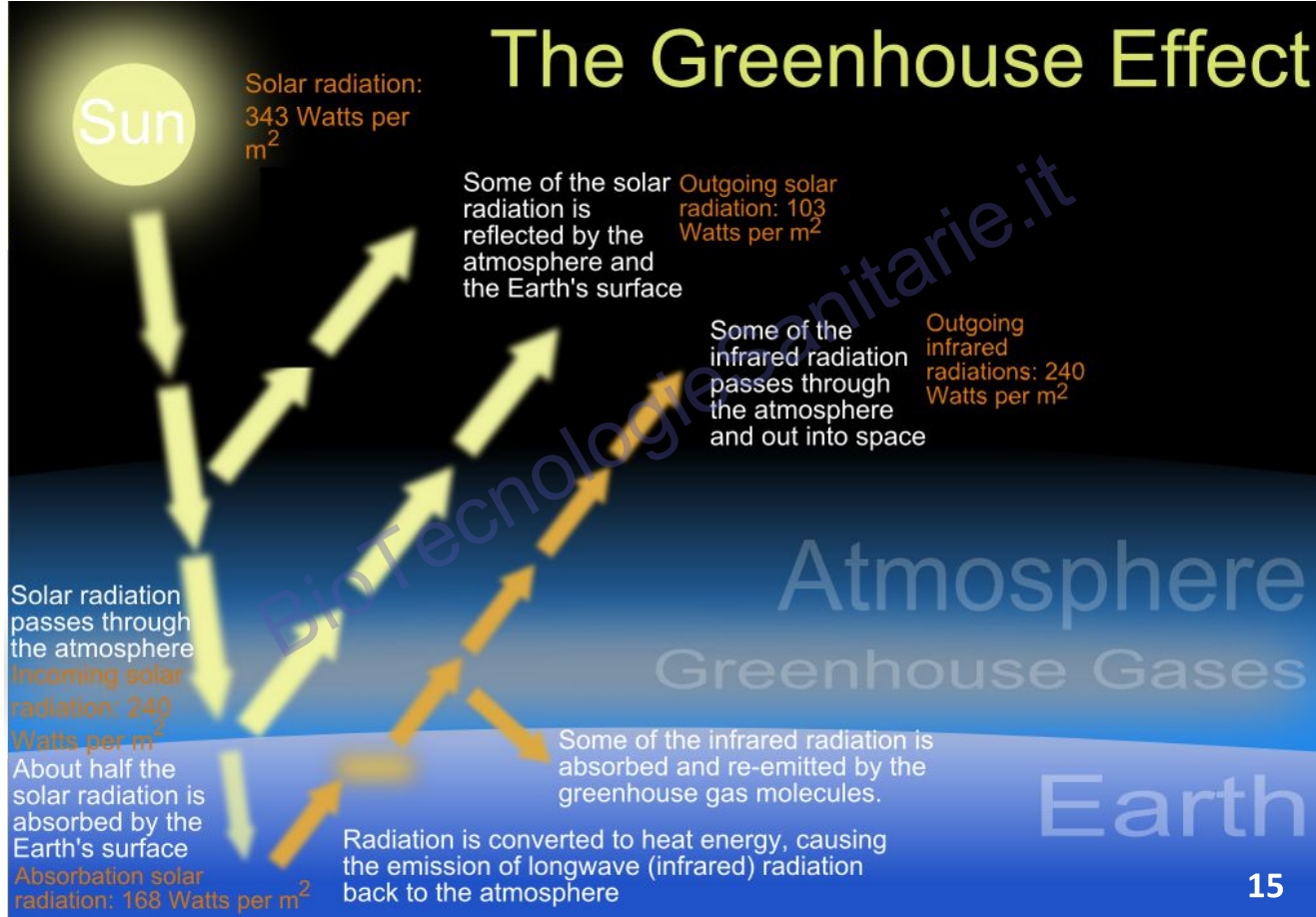
In altre parole il nostro pianeta ha saputo trattenere almeno in parte l'energia proveniente dal sole.

I raggi solari a corto raggio riescono a raggiungere in buona percentuale la superficie terrestre da cui sono assorbiti o riflessi.

Quelli assorbiti vengono dissipati verso lo spazio sotto forma di raggi infrarossi. Ma in buona parte essi vengono trattenuti dai gas serra e inviati nuovamente verso il basso.

La diapositiva successiva mostra la ricostruzione dell'effetto serra in lingua inglese e ben evidenzia che cosa succede ai raggi solari in arrivo sulla Terra.

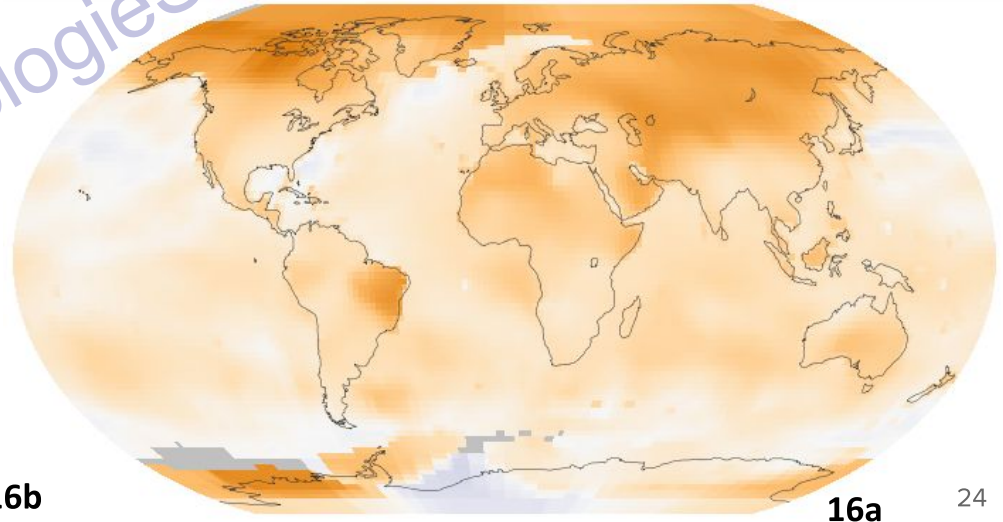
Atmosfera: effetto serra



Atmosfera: effetto serra

La temperatura in superficie si è così stabilizzata (in media 15°C) o almeno fino a quando non abbiamo cominciato a fare i conti con l'impatto antropico e la crescita della CO₂

Nell'immagine di lato viene evidenziato il trend di aumento delle temperature nel nostro pianeta nel periodo tra il 1950 e il 2012.



16b

16a

Atmosfera: CO₂ ed effetto serra

L'aumento dell'anidride carbonica provoca un aumento anomalo dell'effetto serra. Ma come facciamo a sapere che la vera responsabile è la CO₂ ?

Perché i due principali gas atmosferici N₂ e O₂ non assorbono le radiazioni infrarosse.

E poi basti pensare alla grande differenza di temperatura che si registra sui deserti caldi tra dì e notte nonostante la forte insolazione durante il dì. La risposta sta nella mancanza di vapore acqueo.

Atmosfera: CO₂ ed effetto serra

L'altra domanda è: qual è il problema provocato dall'effetto serra anomalo degli ultimi decenni in fatto di salute dell'uomo e della Terra?

I cambiamenti climatici conseguenti provocano ripercussioni sulla biodiversità, la comparsa di specie animali e vegetali alloctone, problemi economici e sociali legati a variazioni delle attività economiche, migrazioni e quindi ... conseguenti sviluppi di malattie al di fuori dei loro confini naturali. Senza contare lo scioglimento delle calotte di ghiacci, l'innalzamento del livello dei mari, eventi naturali sconvolgenti con alta frequenza ...

MONOSSIDO DI CARBONIO

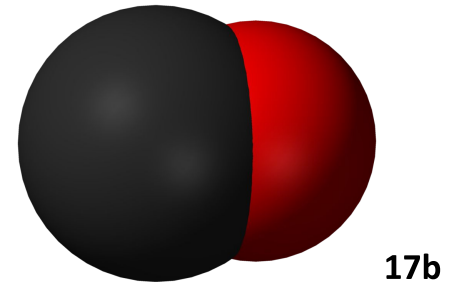
BioTechnologieSanitarie.it

Atmosfera: CO

Un altro gas presente naturalmente in atmosfera a base di carbonio è il monossido di carbonio (**CO**). Esso deriva dall'ossidazione di metano ed altri idrocarburi presenti in atmosfera per emissioni da oceani, paludi, incendi boschivi, tempeste elettriche, acqua piovana.



Modelli
molecolari di CO



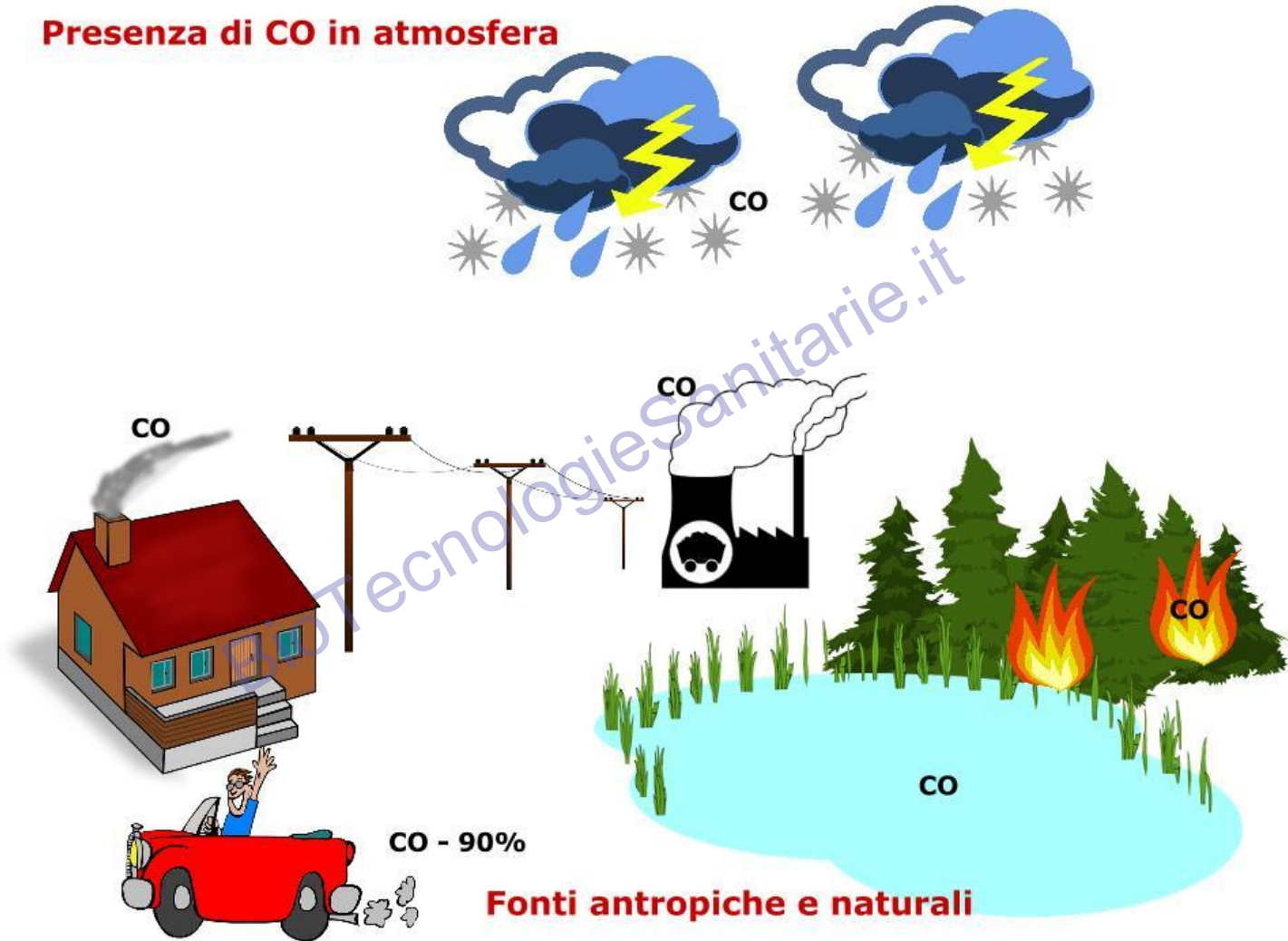
Per attività dell'uomo deriva dai **fumi di scarico delle automobili** (90%) e in misura minore dalle **centrali termoelettriche** e dagli **impianti di riscaldamento**.

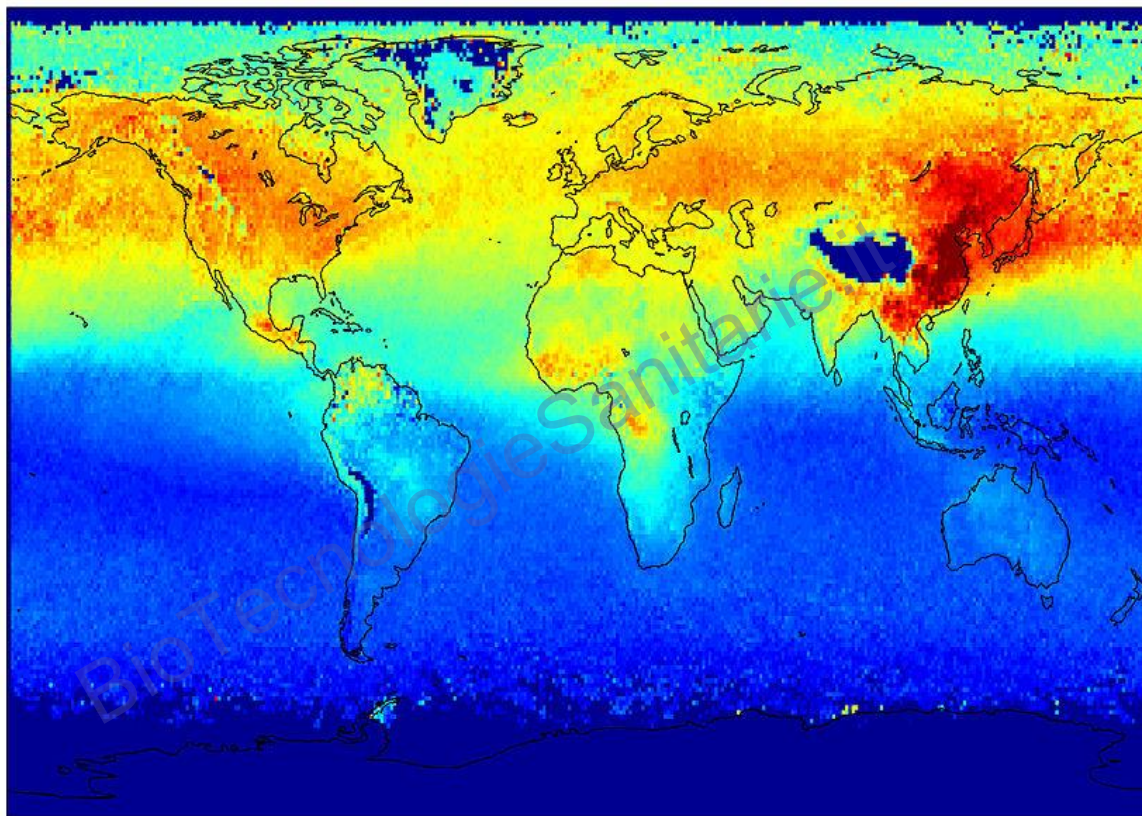
Risulta particolarmente temibile quando si forma in spazi piccoli e chiusi per combustione incompleta .

La diapositive successive riassumono rispettivamente le fonti naturali ed antropiche (diapositiva 30) e la concentrazione in primavera nell'emisfero nord, misurata tramite strumentazioni satellitari della NASA tra il 2000 e il 2004 (diapositiva 31)

Presenza di CO in atmosfera

Atmosfera: CO



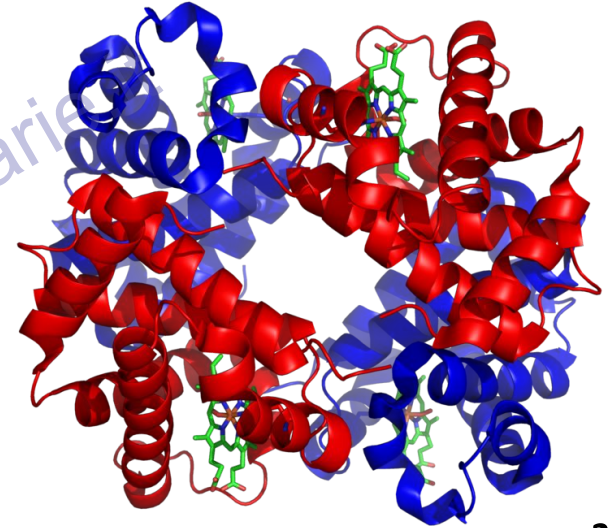


CO mixing ratio (ppbv) @ 850 hPa



Atmosfera: CO

Il gas, inodore e incolore, ha un'alta affinità (230 volte di più dell'ossigeno) per l'emoglobina. Infatti l'emoglobina è un tetramero con quattro siti di legame per l'ossigeno. Il legame del monossido di carbonio in uno di questi siti aumenta l'affinità per l'ossigeno dei rimanenti tre siti



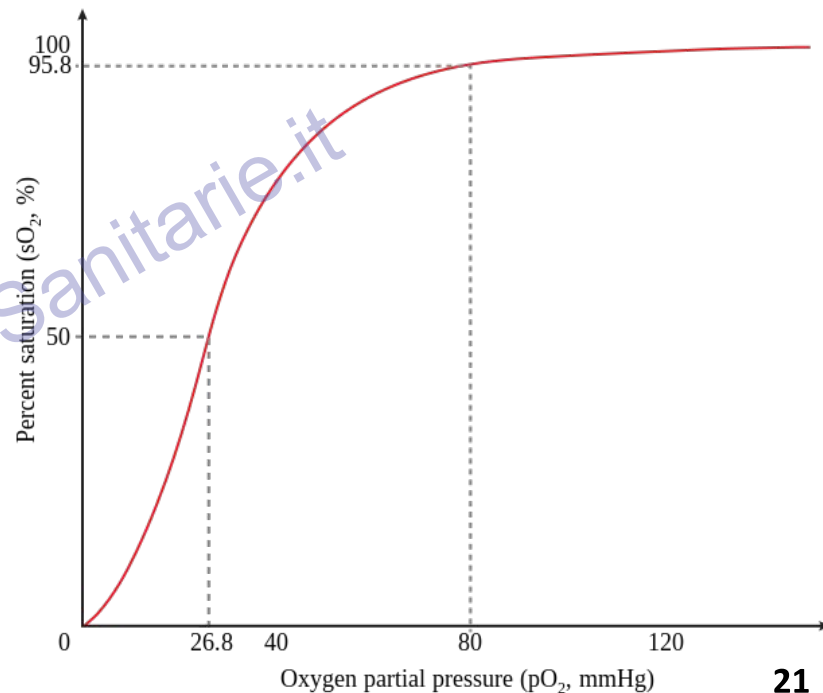
20

Molecola dell'emoglobina, formata da quattro subunità ciascuna delle quali può legare un atomo di ossigeno

Atmosfera: CO

Tutto ciò fa sì che la molecola di emoglobina trattenga l'ossigeno che non viene trasferito ai tessuti.

Quindi il monossido di carbonio sposta la curva di saturazione e dissociazione dell'emoglobina verso sinistra.



21

**Curva di saturazione e dissociazione dell'emoglobina.
La CO sposta la curva verso sinistra.**

Atmosfera: CO

Il monossido di carbonio rimane in atmosfera in media 4 mesi fino ad un massimo di 6 e viene rimosso attraverso reazioni fotochimiche in troposfera.

Nell'emisfero a nord dell'equatore è presente ad una concentrazione media di 0,06 e 0,4 ppm mentre nelle città italiane raggiunge **1 - 4 ppm** (media annuale).

Non sono rare punte di 30 - 40 ppm nei centri cittadini e di 150 - 200 ppm in zone con barriere architettoniche tipo sottopassi dove l'aria non circola liberamente. Letale a 500 mg/m³

Bisogna tenere conto anche di un altro dato antropico: **il fumo di sigaretta.**

Il contenuto di CO può arrivare a 700 - 800 ppm nel fumo di sigaretta.

Quindi quando si evidenziano gli effetti della CO sulla salute umana bisogna tenere conto anche di questo. In un fumatore il monossido di carbonio può impegnare l'emoglobina nella carbossiemoglobina fino al 7% contro lo 0,5% di un non fumatore che vive in un luogo con aria non inquinata.

Effetti sulla salute umana.

L'inalazione in grande quantità provoca mal di testa, fatica, problemi respiratori.

Quanto più è alta la percentuale di carbossiemoglobina, tanto più alto può essere il danno a livello cardiovascolare e sul sistema nervoso.

OSSIDI DI CARBONIO E BATTERI METANOGENI

Atmosfera: CO, CO₂ e batteri metanogeni [INDICE](#)

N.B. Il CO è un nutriente per gli **Archaea metanogeni**, batteri anaerobi obbligati che sono il gruppo più numeroso degli archeobatteri.

Sono molto diffusi nei sedimenti di acque dolci e marine, nelle paludi, negli acquitrini e nelle sorgenti termali. Sono inoltre presenti anche nel ruminante e nell'intestino degli erbivori.

Vengono attualmente molto usati nei **digestori anaerobi** per la produzione di metano (biogas - fonte energetica pulita).

Tra i generi ricordiamo: **Methanobacterium**, **Methanococcus**, **Methanosarcinus**

Atmosfera: CO, CO₂ e batteri metanogeni [INDICE](#)

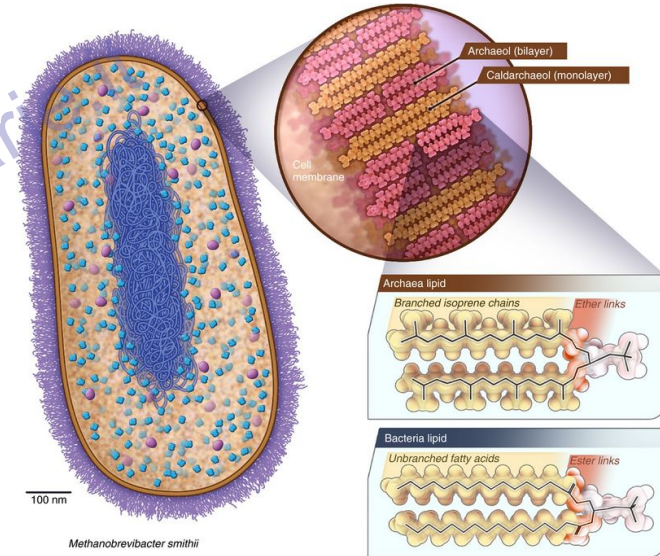
Due esempi di metanogeni.

Methanobacterium palustre scoperto nel 1989 in Germania e studiato attualmente per la produzione di metano. Usa due vie metaboliche.

La più semplice



in cui l'anidride carbonica ossida l'idrogeno per formare metano e acqua. L'idrogeno è il donatore di elettroni e l'anidride carbonica l'accettore.



22

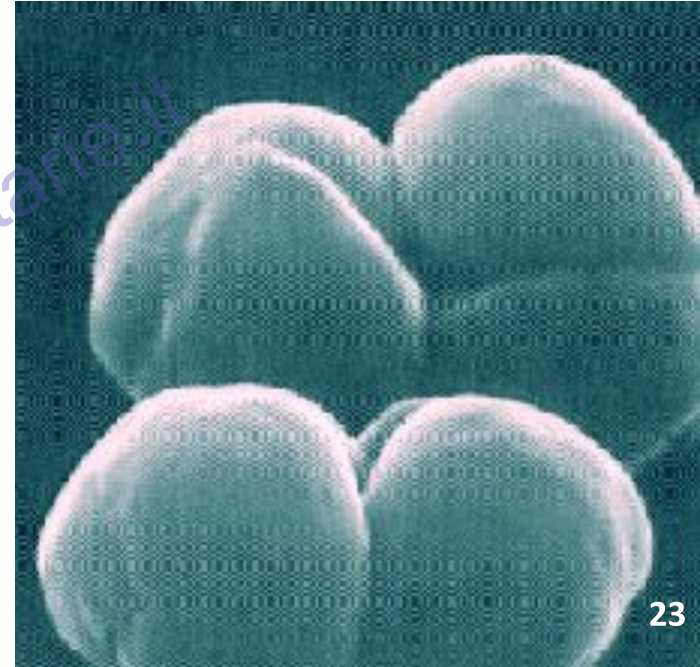
Ricostruzione della parete cellulare di **Methanobrevibacter smithii** con caratteristiche diverse dagli Eubatteri perché mancano di peptidoglicano

39

Altro esempio di metanogeno con prospettive brillanti per i suoi utilizzi in campo biotecnologico è la

Methanosarcina barkeri fusaro,
rinvenuta nel lago di Fusaro vicino a Napoli.

Molto presente anch'essa nel ruminale di molti animali erbivori.



Methanosarcina barkeri fusaro

INQUINAMENTO

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: inquinamento

Ritorniamo ora all'elenco dei composti presenti nell'atmosfera. Se la nostra atmosfera fosse così e con livelli di anidride carbonica nella norma saremmo in una situazione idilliaca.

Ma oltre a questi ci sono tutta una serie di agenti fisici, chimici e biologici indici di inquinamento che si riconducono a:

- **fattori naturali;** derivanti da eruzioni vulcaniche, incendi, processi biologici
- **fattori antropici;** derivanti da traffico, riscaldamento pubblico e privato, industrie, attività artigianali, veicoli off-road, agricoltura

Atmosfera: inquinamento

Gli inquinanti si possono classificare in base alla composizione chimica (zolfo, azoto, carbonio, alogeni), per la loro fase (solidi, liquidi, gassosi) o ancora rispetto al loro grado di reattività in atmosfera (primari, emessi direttamente dall'uomo, e secondari se derivati da reazioni tra componenti diverse).



Inquinamento atmosferico sulla Pianura Padana

OSSIDI DI AZOTO

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: ossidi di azoto

Cominciamo con i composti a base di **azoto**.

In atmosfera sono presenti numerosi composti a base di azoto ma quelli più importanti per l'inquinamento sono gli ossidi.

Il più abbondante è l'ossido di diazoto (N_2O) che però non è considerato inquinante in quanto inerte alle temperature normali.

Di tutti gli altri ossidi i più importanti per l'inquinamento sono:

- il monossido di azoto **NO**
- il biossido di azoto **NO₂**

Atmosfera: ossidi di azoto

Il monossido di azoto **NO** si forma per reazione tra l'azoto gassoso e l'ossigeno atmosferico in processi ad elevata temperatura per la produzione di calore, vapore, energia elettrica, energia meccanica (autotrazione ...), incenerimento ...

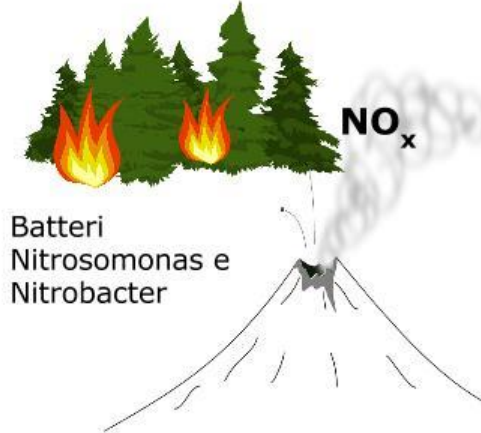
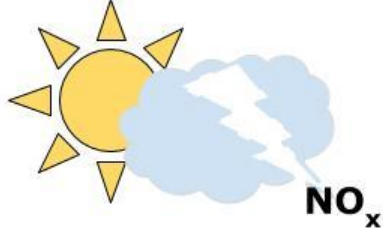


Il monossido interagisce ulteriormente con l'ossigeno atmosferico



Il biossido di azoto che si forma è pari al 5% del totale. La miscela dei due è indicata come **NO_x**

Origine ossidi di azoto in atmosfera: fattori naturali ed antropici



Atmosfera: ossidi di azoto

Atmosfera: ossidi di azoto

Il maggiore responsabile della produzione di tale miscela è considerato il **traffico veicolare** (50%), soprattutto i motori diesel.

Industrialmente sono chiamate in causa le aziende produttrici di acido nitrico, fertilizzanti a base di acido nitrico. Una volta formati gli ossidi di azoto sono presenti solo per 3 o 4 giorni e poi ricadono al suolo sotto forma di piogge acide o particolato.

Atmosfera: ossidi di azoto

C'è da tenere presente che una certa aliquota di ossidi di azoto sono presenti naturalmente per effetto di incendi, fulmini, eruzioni vulcaniche ed attività metaboliche dei batteri *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*.

Atmosfera: ossidi di azoto

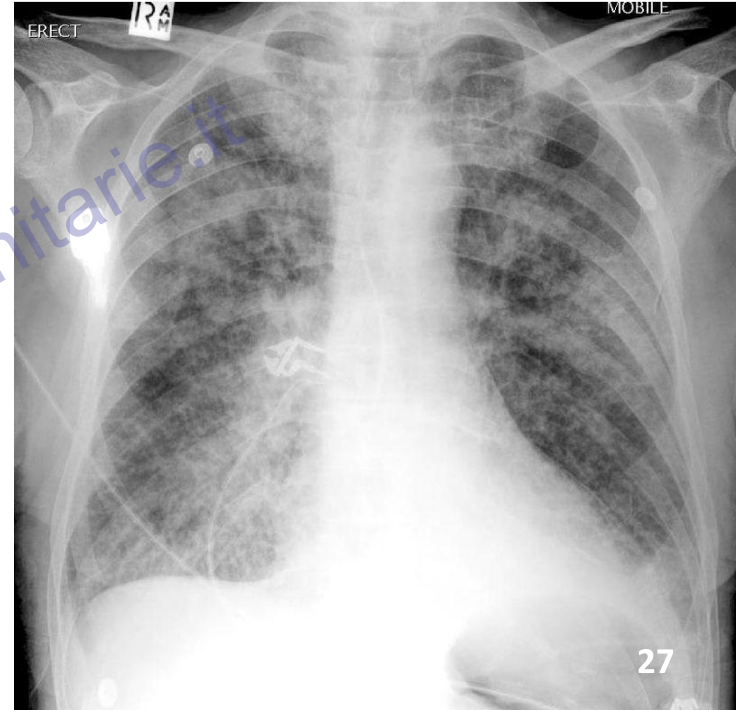
Effetti sull'**ambiente**: l'esposizione di 1 ppm di NO_2 sulle foglie per 24 ore porta a necrosi. Valori di 10 ppm a trasformazioni irreversibili della fotosintesi clorofilliana. Da ricordare anche la corrosione dei metalli, lo scolorimento dei tessuti e il contributo nella formazione di smog.



Smog a New York (1978)

Atmosfera: ossidi di azoto

Effetti sull'**uomo**: la NO_2 è 4 volte più tossica. Quando è presente a tassi di $4,4 \text{ mg/m}^3$ provoca irritazione delle mucose di naso e occhi e in qualche caso edema polmonare. Per questo motivo l'OMS raccomanda un limite per la media annua pari a **$40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$**



Radiografia toracica che evidenzia edema polmonare (aumento dei liquidi nel parenchima polmonare)

Atmosfera: ossidi di azoto

Si stanno però studiando anche gli effetti tossici a valori decisamente più bassi ma prolungati nelle case (**inquinamento indoor**). Per esempio le conseguenze della respirazione in presenza di fornelli del gas accesi, caldaie di riscaldamento ...

In tutti i casi l'effetto irritante (vie aeree comprese) potrebbe essere dovuto all'ossidazione di proteine e lipidi con conseguenze sulla struttura della membrana cellulare. Questo potrebbe compromettere la funzionalità di altri organi e portare anche a patologie ischemiche a livello del miocardio.

OSSIDI DI ZOLFO

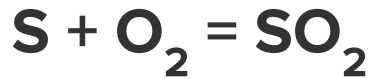
BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: ossidi di zolfo

Gli ossidi di zolfo possono avere origine naturale o antropica.

Origine naturale: eruzioni vulcaniche

Origine antropica: impianti di riscaldamento non funzionanti a metano e combustibili liquidi e solidi per le centrali termoelettriche.



BioTecnologieSanitarie.it

Origine ossidi di zolfo in atmosfera: fattori naturali ed antropici

Atmosfera: ossidi di zolfo



Effetti sulla salute dell'uomo.

L'**SO₂** è molto solubile in acqua e quindi viene facilmente assorbito nel naso e nelle alte vie respiratorie.

Questo significa che non raggiunge se non in piccole quantità le parti profonde del polmone a meno che non venga veicolato dal particolato.

Può provocare irritazioni agli occhi, infiammazioni alle vie respiratorie, aggravare asma e bronchiti croniche, facilitare infezioni alle vie respiratorie.

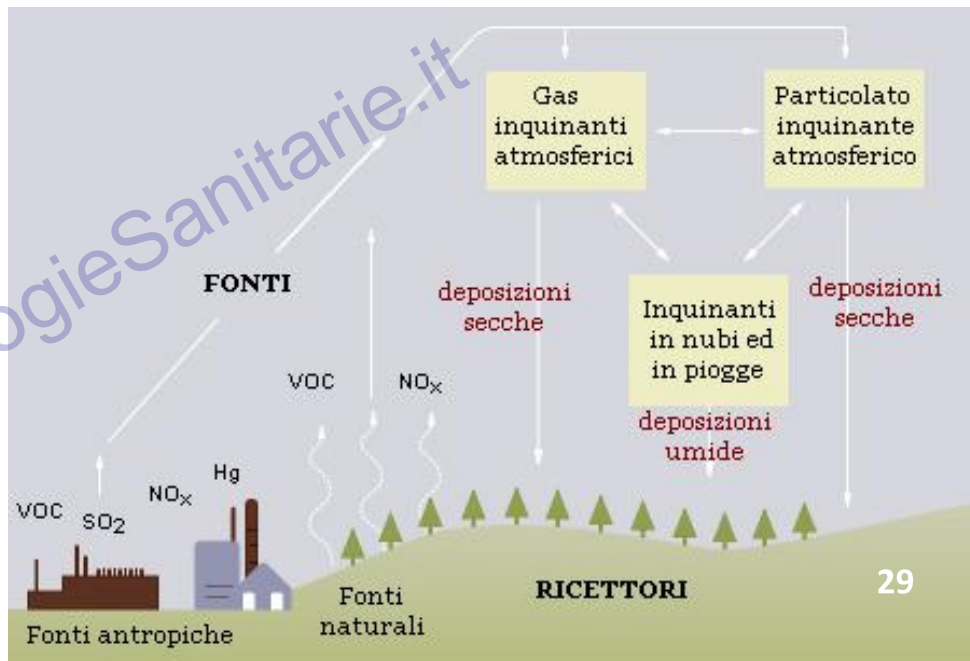
PIOGGE ACIDE

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: piogge acide

In atmosfera è molto più presente il diossido di zolfo perché la sua formazione è decisamente più lenta.

Gli ossidi di zolfo sono responsabili delle piogge acide insieme agli ossidi di azoto. Ma ci mette lo zampino anche l'anidride carbonica.



Atmosfera: piogge acide

In atmosfera abbiamo visto essere presenti diversi gas. Quando piove è ovvio che avvengono precise reazioni chimiche tra acqua e i vari gas. Prendiamo per esempio la reazione tra anidride carbonica e acqua.



L'acido carbonico in acqua può ionizzare formando una bassa concentrazione di ioni idrogeni e di bicarbonato



Questa reazione porta il pH della pioggia ad un valore compreso tra 5 e 7. Per cui l'acqua piovana non è mai neutra vista la presenza costante di CO_2 .

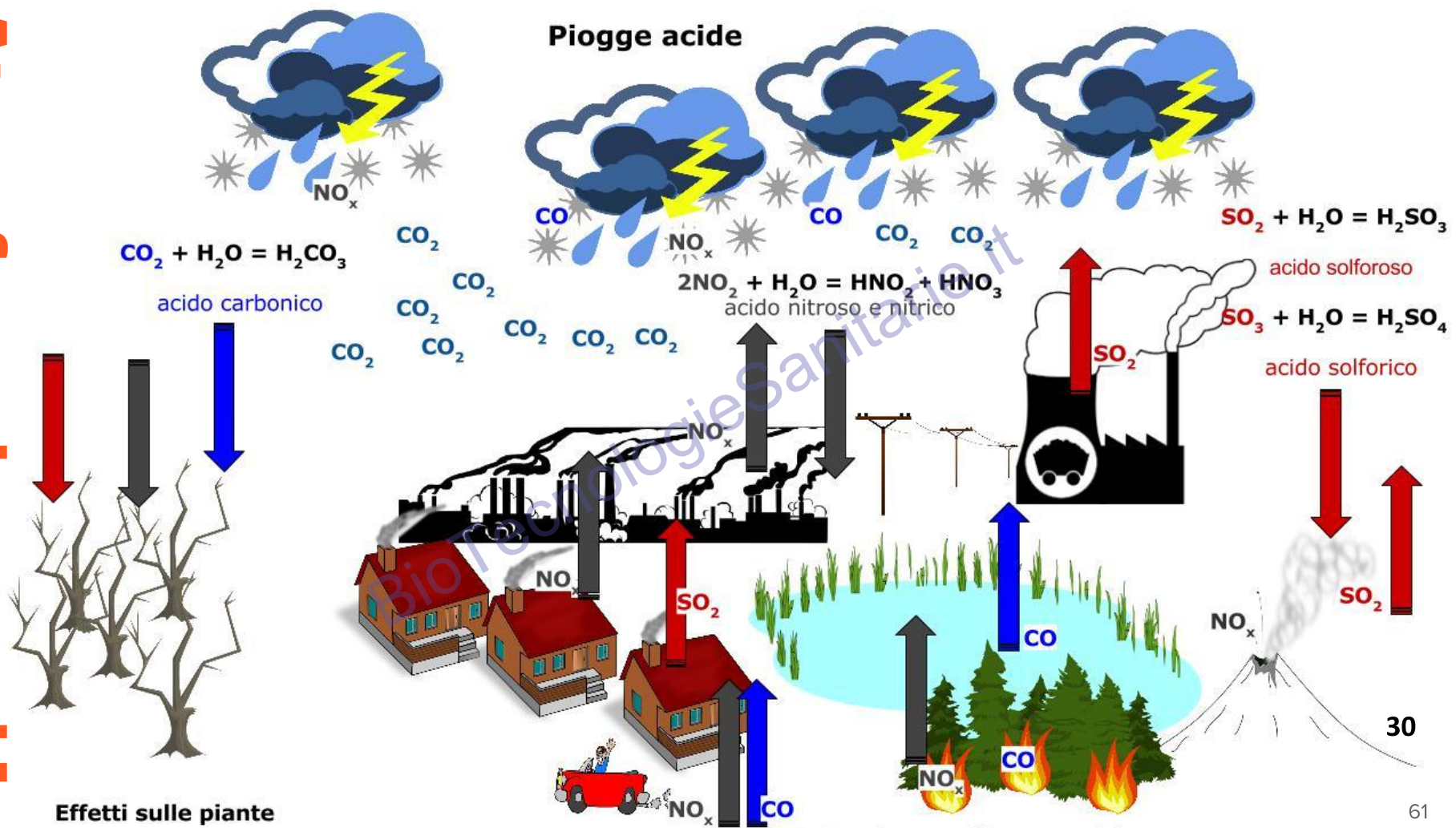
Atmosfera: piogge acide

Avvengono poi altre reazioni tra gli ossidi di azoto e l'acqua e tra gli ossidi di zolfo e l'acqua, ben documentate nell'immagine della slide successiva. La formazione di acido solforico e nitrico prima della deposizione rende l'acqua piovana ancora più acida del dovuto con valori di pH compresi tra 2 e 5.

Oltre alla deposizione umida bisogna fare i conti anche con la deposizione secca perché i gas inquinanti vengono intercettati dal particolato e precipitano al suolo per effetto della forza di gravità.

Atmosfera: piogge acide

Piogge acide



Effetti sulle piante

Fonti naturali e antropiche

Atmosfera: piogge acide

Gli effetti sulle piante sono lo ingiallimento delle foglie e la loro caduta precoce e il rallentamento della crescita.

Inoltre si assiste all'acidificazione del terreno che compromette la disponibilità dei nutrienti.

Questi effetti sulle foreste sono ben noti nel nord d'Europa.



Effetti delle piogge acide su una foresta

Atmosfera: le piogge acide

Altri effetti si notano sui monumenti. La caduta di acido solforico trasforma il carbonato di calcio (marmo) in solfato di calcio (gesso) che ha una resistenza molto minore. Ecco spiegato il motivo per cui tante statue in Italia sono state messe al riparo in luoghi chiusi e sostituite da copie.



VOC E BENZENE

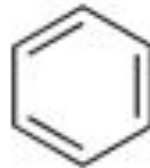
BioTechnologieSanitarie.it

Atmosfera: VOC e benzene

Con la sigla **VOC** si intendono i composti organici volatili, una vasta categoria di molecole tra cui idrocarburi, esteri, aldeidi e chetoni. Il **benzene** (C_6H_6) è sicuramente il più noto.

Provengono da vernici, solventi e prodotti per la pulizia. Si formano anche da carburanti volatili (benzina e gas naturale).

Struttura del benzene



Atmosfera: VOC e benzene

Il benzene viene da tempo impiegato come antidetonante nelle benzine, ma a causa della sua pericolosità per la salute e della facilità con cui contamina le falde freatiche, diversi Paesi (tra cui gli Stati Uniti e l'Unione europea) ne stanno scoraggiando l'uso limitandone le concentrazioni ammesse per legge.



34

Pericoloso per l'ambiente
Simbolo

IPA

BioTecnologieSanitarie.it

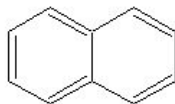
Atmosfera: IPA

Gli IPA sono gli idrocarburi policiclici aromatici.

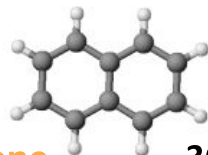
Derivano dalla combustione incompleta di carbone, legno e altri composti organici.

In presenza di luce solare possono formare composti ancora più tossici rispetto alla normalità.

Da ricordare il **naftalene**.



Naftalene



36



Tossico a lungo termine
Simbolo

35

METALLI PESANTI

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: metalli pesanti

Tra i vari metalli pesanti ricordiamo il **piombo** una volta usato nella sua forma tetraetile come antidetonante nella benzina super e poi molto usato nell'industria.

Grazie al divieto di usare la benzina super la sua concentrazione nelle aree urbane è scesa al di sotto di 0,1 microgrammi/m³. Mentre in prossimità delle fonderie si rilevano ancora concentrazioni di 10 microgrammi/m³.

Tossico a lungo termine



35



37

Irritante



34

Pericoloso per l'ambiente

Atmosfera: metalli pesanti

Ricordiamo che i metalli pesanti derivano dalle attività minerarie, fonderie, raffinerie e inceneritori di rifiuti. In atmosfera sono adsorbiti sul particolato.

Oltre al piombo, tra i metalli pesanti, ci sono il cadmio (Cd), il mercurio (Hg), il cromo (Cr)...

Questi possono accumularsi creando a lungo andare problemi ai reni, al sistema immunitario e al sistema nervoso (bioaccumulazione).

In alcuni casi sono cancerogeni.

COMPOSTI ALOGENATI

BioTechnologieSanitarie.it

Atmosfera: composti alogenati

Tra questi ricordiamo **HCl**, **HF**, **HBr**, i **CFC**

I CFC (clorofluorocarburi) - nome commerciale Freon - sono stati individuati come i principali responsabili della formazione del buco dell'ozono e dell'assottigliamento di ozono in stratosfera.

Sono stati utilizzati come gas refrigeranti negli impianti frigoriferi, nei climatizzatori e come propellente nelle bombolette spray fino a quando a partire dal protocollo di Montreal nel 1987 non si è deciso di vietarne l'uso con il tempo. In Europa sono vietati dal 2015.

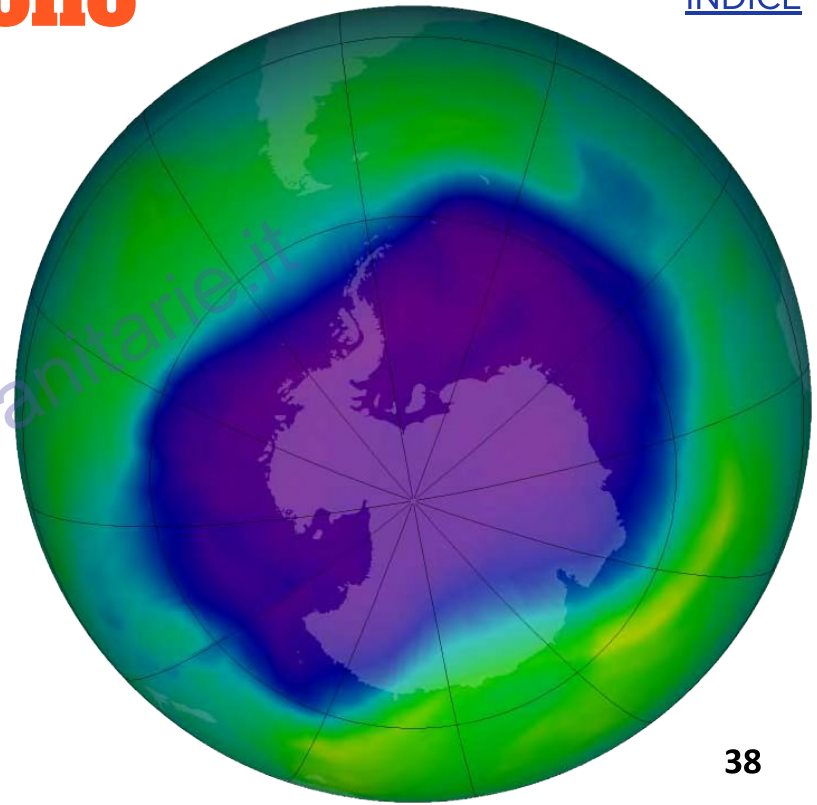
BUCO NELL'OZONO

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: buco nell'ozono

L'ozono in stratosfera è fondamentale per intercettare le radiazioni solari UV che sono dannose per la vita. In genere si forma a latitudini tropicali per poi accumularsi ai poli grazie alla circolazione globale.

Si è visto che gli alogeni **Cloro e Bromo catalizzano reazioni ozono-distruttive.**



38

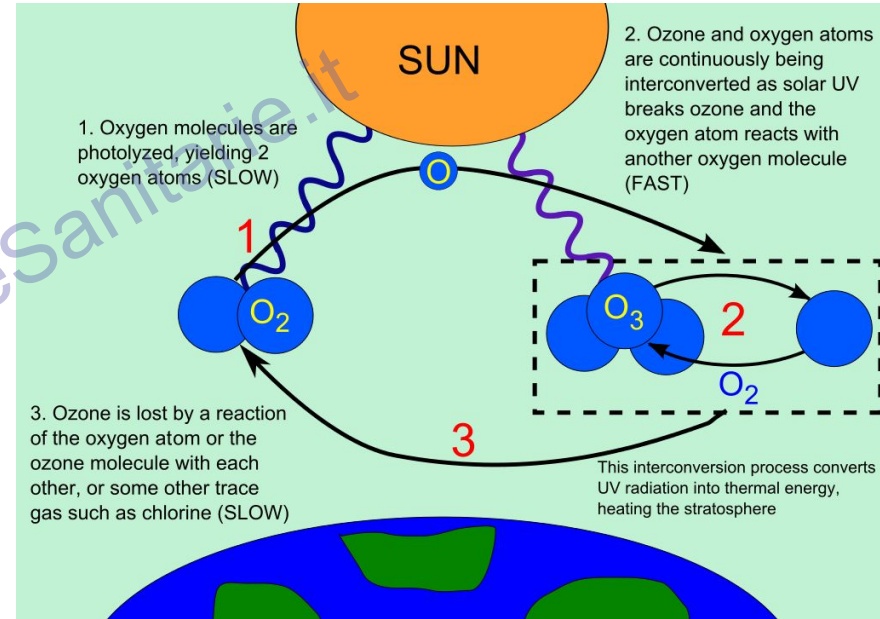
Il più grande buco dell'ozono mai registrato sull'Antartide (settembre 2006)

Fonte: NASA

Atmosfera: buco nell'ozono

L'ozono è sottoposto ad un ciclo continuo come dimostra lo schema della figura accanto. I passaggi possono essere lenti o veloci.

In questo ciclo possono inserirsi gli alogeni **Cloro** e **Bromo** che catalizzano reazioni ozono-distruttive.



Il ciclo dell'ozono

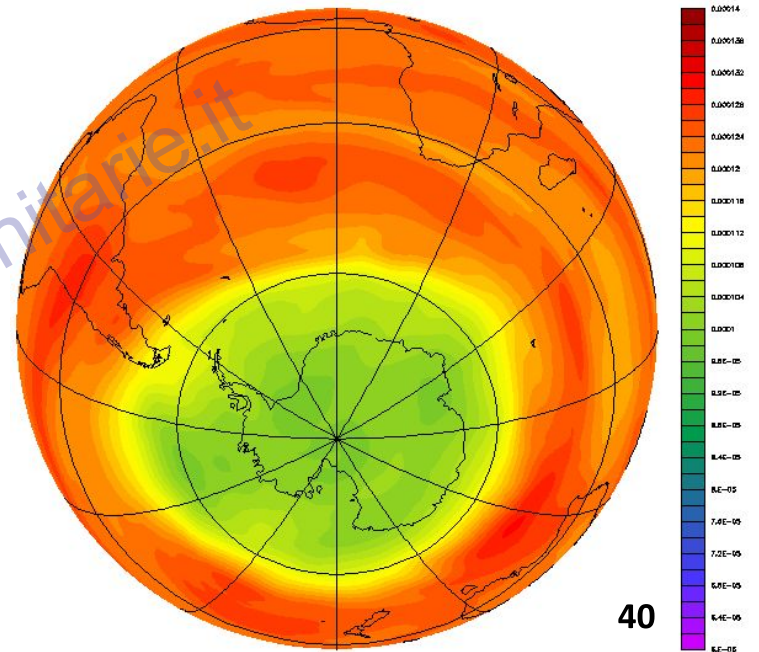
Atmosfera: buco nell'ozono

Vediamo cosa succede con il cloro.

In seguito a particolari condizioni climatiche di origine per lo più antropica, si trasforma nelle forme attive: **Cl (cloro atomico)** e **ClO (monossido di cloro)**

Un atomo di cloro è in grado di catalizzare la distruzione di decine di migliaia di molecole di ozono.

TIME : 11-SEP-1957 00:00 DATA SET: e4oper.an.ml.19570911.1.T_O3
NetCDF file created by the GRIB2CDF program



Ricostruzione dell'evoluzione del buco dell'ozono dal 1957 al 2001. Più il colore è freddo (virante al blu), meno ozono è in stratosfera e più le radiazioni solari ultraviolette dannose possono attraversarla

Atmosfera: buco nell'ozono

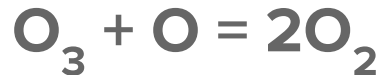
Un atomo di cloro reagisce con una molecola di ozono sottraendo un atomo di ossigeno.



N.B. L'ossigeno è fotodissociato per azione dei raggi solari a **O**.
Quindi il monossido di cloro può reagire con l'ossigeno atomico



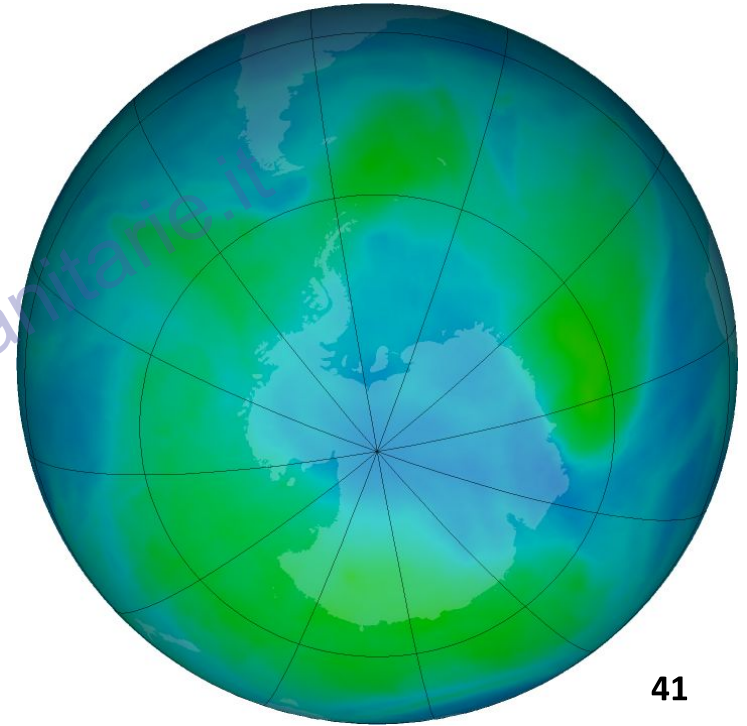
Globalmente, quindi



Atmosfera: buco nell'ozono

In realtà il buco non è permanente.

Si verifica nella stagione primaverile sui poli (soprattutto Antartide) per poi ridursi significativamente alla fine della stagione stessa. Tutto dipende dalla notevolmente bassa temperatura durante l'inverno al polo sud.



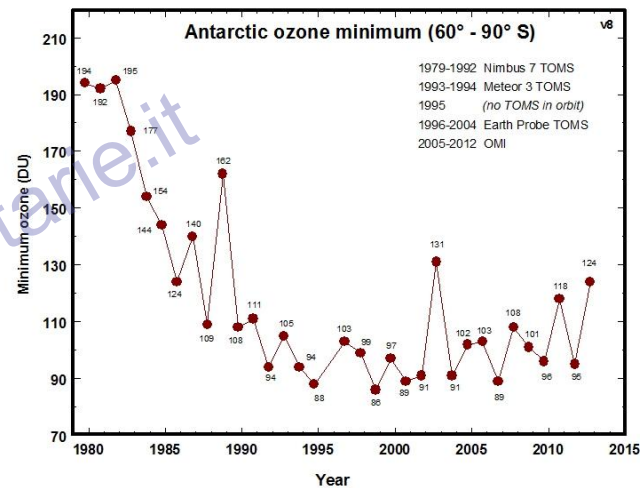
41

**Il buco dell'ozono sopra l'Antartide
(20 febbraio 2016)**

I colori blu e viola indicano la fascia più sottile

Atmosfera: buco nell'ozono

Da quando però sono state prese le decisioni di cui abbiamo già parlato la situazione sembra essere molto migliorata. L'ozono in stratosfera è assolutamente salutare per la vita ma se presente nei bassi strati della troposfera esercita tutta la sua azione ossidante creando numerosi problemi. Lo vedremo dopo aver esaminato il particolato.



42

Valori misurati di ozono atmosferico
misurati dal satellite TOMS

PARTICOLATO

BioTechnologieSanitarie.it

Atmosfera: particolato

Il particolato o **PTS (Polveri Totali Sospese)** è l'insieme di particelle solide o liquide, di diversa composizione e dimensione, disperse in atmosfera e di origine primaria o secondaria. In base alle loro dimensioni si classificano in:

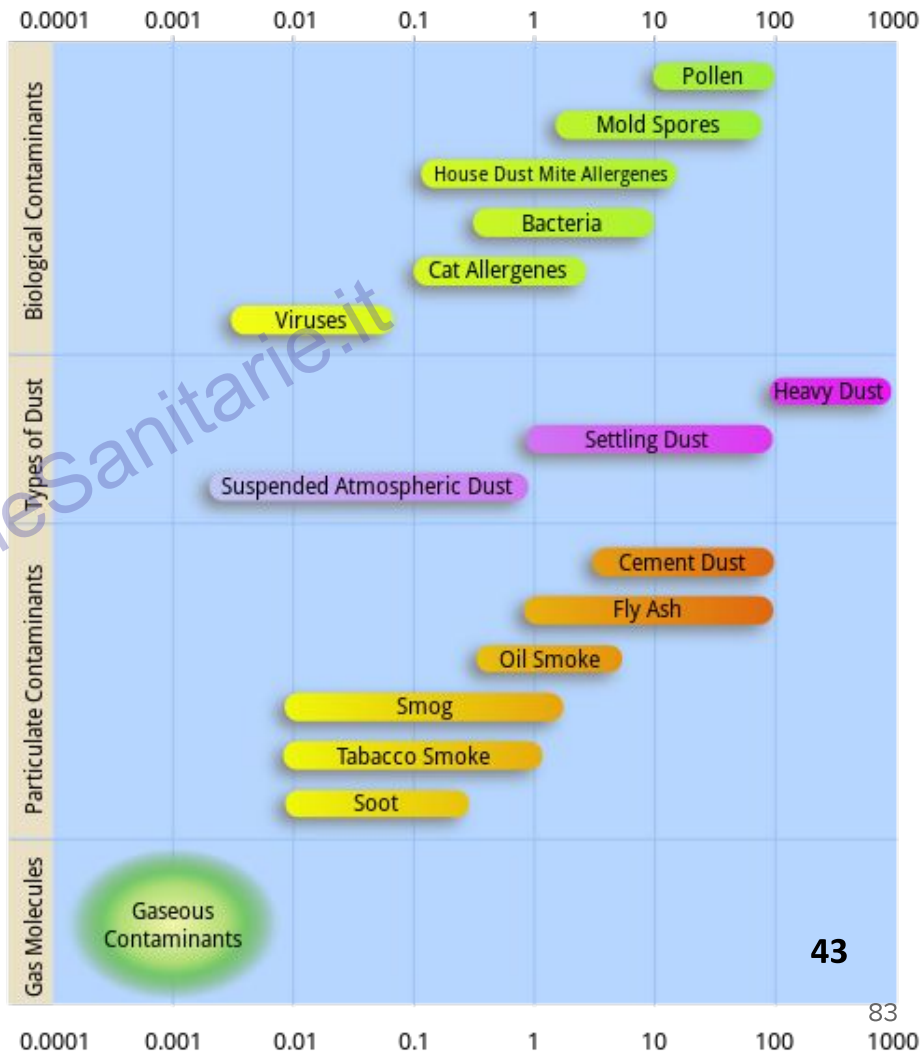
PM10 diametro inferiore a 10 μm

PM2,5 diametro inferiore a 2,5 μm (polveri sottili)

PM0,1 diametro inferiore a 0,1 μm (polveri ultrasottili)

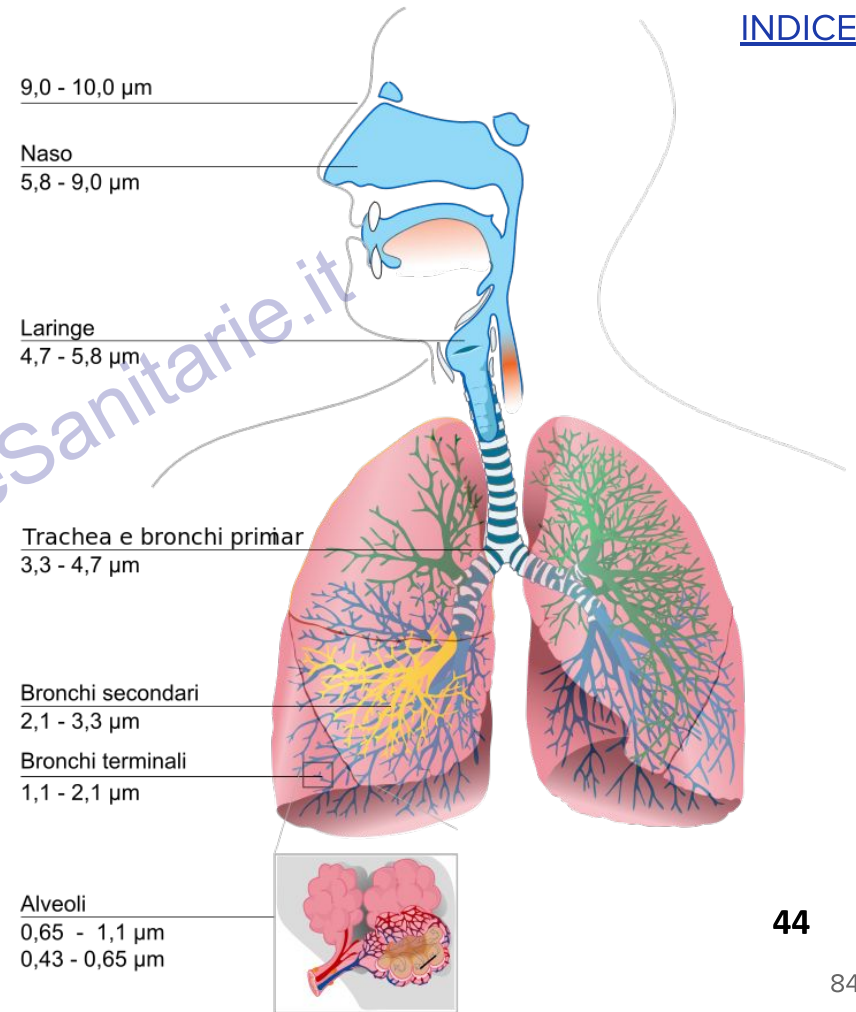
Atmosfera: particolato

Di lato.
Distribuzione per tipo e dimensioni di particolato in atmosfera.
Le misure sono in micrometri.



Atmosfera: particolato

Sia lo IARC che l'OMS hanno inserito il particolato tra i **cancerogeni di gruppo 1**. Il particolato è il più temibile gruppo di inquinanti grazie alla capacità di penetrare in profondità nei polmoni e in altri organi con la circolazione sanguigna. Provoca danni permanenti al DNA, attacchi cardiaci e morte prematura.



Atmosfera: particolato

Uno studio del 2013 condotto in Europa su più di 300.000 persone ha evidenziato che non c'è un livello di sicurezza. Per ogni incremento di $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM10 si assiste ad un aumento del 22% di prendere il cancro al polmone. Quando si studia il particolato 2,5 la quota di aumento del tumore al polmone è pari al 36% in più.



Stazione di rilevamento dell'inquinamento dell'aria (Emden - Germania)

Atmosfera: particolato

Ovviamente tra i danni alla salute non c'è da considerare solo il cancro. Sommando tutte le conseguenze, peraltro già elencate (danni permanenti al DNA, infarto del miocardio ...), l'OMS ha stimato in **6 milioni l'anno nel mondo** (settembre 2016) i morti per le polveri sottili. **1 ogni 9 morti.** Quali i limiti per legge da rispettare? Vediamolo nella prossima diapositiva.

Atmosfera: particolato

Per le **PM10** la UE prescrive una media giornaliera di **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** e uno sfioramento di non oltre **35** volte l'anno.

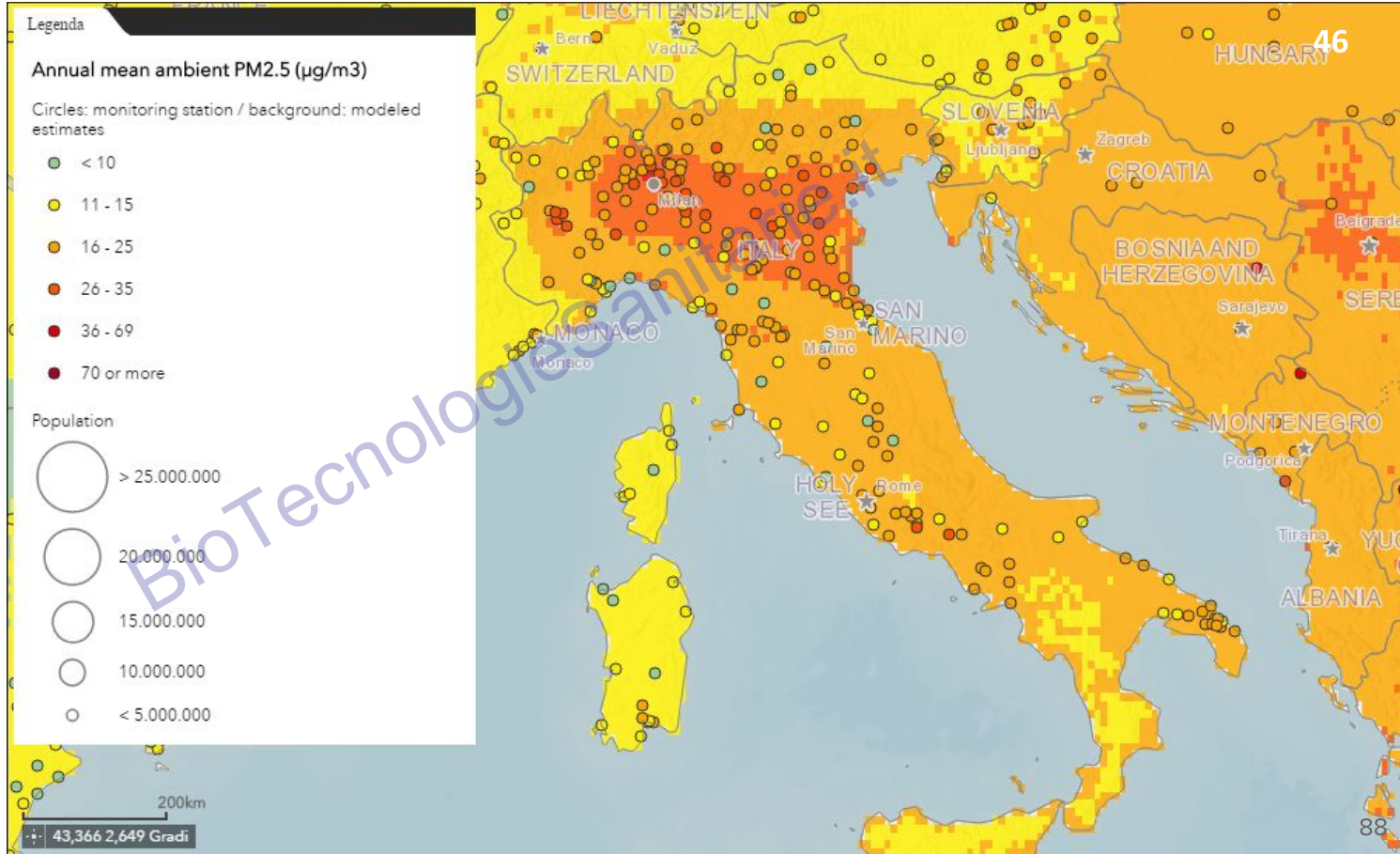
Per le **PM2,5** per la UE il limite invalicabile al 2015 dovrebbe fermarsi a **25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** mentre l'OMS raccomanda quote decisamente inferiori: **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

E in Italia e nel mondo come siamo messi? rispettiamo questi limiti? cliccate sul link per visualizzare la mappa del pianeta e andare sui luoghi di vostro interesse

<http://maps.who.int/airpollution/> (Fonte OMS - 2016)

Atmosfera: particolato

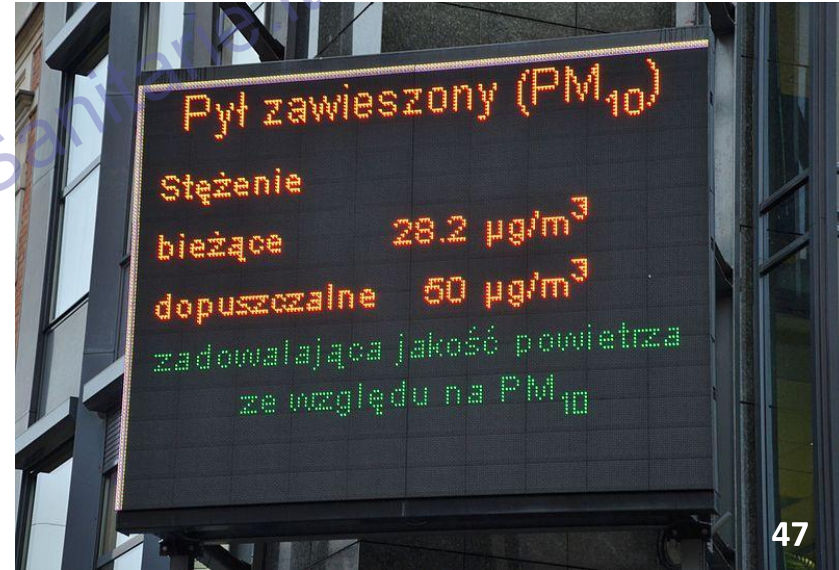
Immagine estratta dalla mappa presentata dall'OMS a settembre 2016 che mette in evidenza le concentrazioni di PM_{2,5} nelle varie aree geografiche del mondo. Particolare dell'Italia. Sul link raggiungibile dalla diapositiva precedente è possibile visionare, zoomando, le aree di interesse.



Atmosfera: particolato

Quali sono le fonti di particolato?

- **sorgenti naturali:** erosione dei suoli, incendi, eruzioni vulcaniche, pollini, spray marino
- **sorgenti antropiche:** processi di combustione, traffico, erosione del manto stradale, usura dei pneumatici e impianti frenanti dei veicoli a motore



Display con informazioni della qualità dell'aria in Polonia

Atmosfera: particolato

Oltre al particolato primario c'è da considerare anche il particolato secondario.

Gli ossidi di azoto (NO_x), il biossido di zolfo (SO_2) e l'ammoniaca (NH_3) possono reagire con i VOC (composti organici volatili) producendo nitrati, solfati e sali di ammonio.

Inoltre il particolato agisce da veicolo per sostanze ad elevata tossicità, quali ad esempio gli idrocarburi policiclici aromatici ed alcuni elementi in tracce (As, Cd, Ni, Pb)

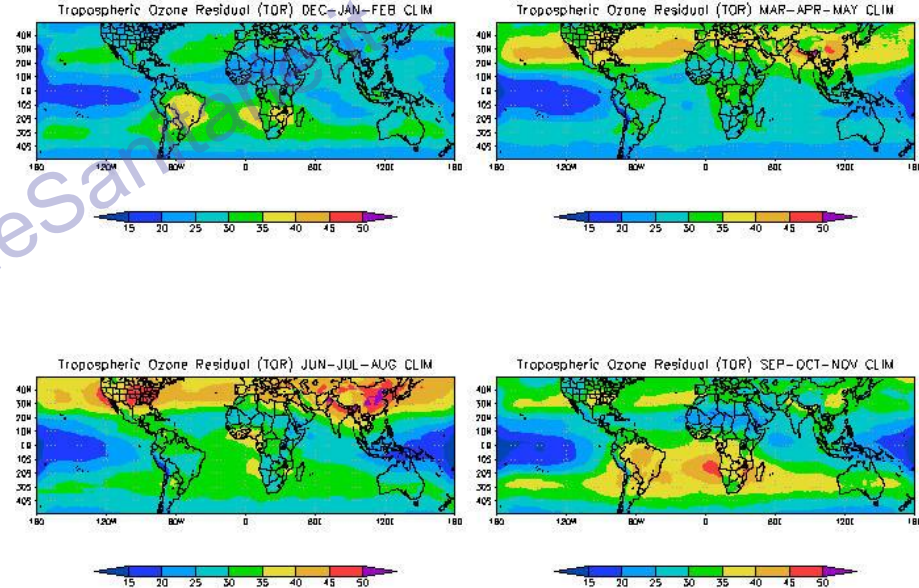
OZONO IN TROPOSFERA

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: ozono in troposfera

Altro problema: la presenza di ozono nei bassi strati della troposfera.

L'ozono è una molecola instabile formata da tre atomi di ossigeno. La sua produzione a bassa quota deriva dall'interazione tra i VOC e gli ossidi di azoto in presenza di alte temperature e forte insolazione. Si tratta quindi di un tipico inquinante dei mesi caldi.



Ozono troposferico misurato dal 1979 al 2000.
 Notare i picchi nei mesi estivi in USA e CINA

Atmosfera: ozono in troposfera

La sua presenza è particolarmente pericolosa per le piante perchè inibisce la fotosintesi clorofilliana e il trasporto di nutrienti.

Per l'uomo risulta particolarmente irritante per gli occhi e le vie respiratorie. Molto dannoso quindi nei pazienti asmatici.

Da notare i danni che provoca concretamente anche su altri oggetti tra cui i monumenti.



Alterazioni nella colorazione della foglia dovuta all'azione dell'ozono



Effetti dell'ozono su tubi di gomma

SMOG

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: lo smog

In molti centri urbani può succedere che il microparticolato di origine naturale e antropico, quando c'è nebbia, si unisce alle goccioline di acqua. Si forma così una cappa nota come smog che può essere di due tipologie diverse:

- 1. smog di zolfo**
- 2. smog fotochimico**



Smog a New Delhi

Atmosfera: lo smog di zolfo

Viene caratterizzato da un'alta concentrazione di prodotti a base di zolfo che derivano dalla combustione di combustibili fossili (per lo più carbone). Solitamente è associato a fumo o nebbia. Tale combustione produce anidride solforosa, altri gas e fuliggine. L'anidride solforosa è convertita in acido solforico che condensa sulle particelle.



Harbin. Cina. Dicembre 2012. Smog di zolfo

Atmosfera: lo smog fotochimico



53

Smog fotochimico in California - Golden Gate Bridge
La colorazione marrone è dovuta alla presenza di ossidi di azoto in atmosfera

Atmosfera: lo smog fotochimico

Lo smog fotochimico non è legato a nebbie o fumi ma è tipico delle aree urbane con intenso traffico.

Infatti si ha quando c'è un'alta concentrazione di ossidi di azoto, di VOC, insolazione diretta, alte temperature, assenza di vento ... tutte concause della formazione di ozono.

**VOC + NO + O₂ = miscela di O₃,
HNO₃ e composti organici**



Smog fotochimico a Mexico City
Dicembre 2010

DANNI ALLA SALUTE

BioTecnologieSanitarie.it

Atmosfera: danni alla salute

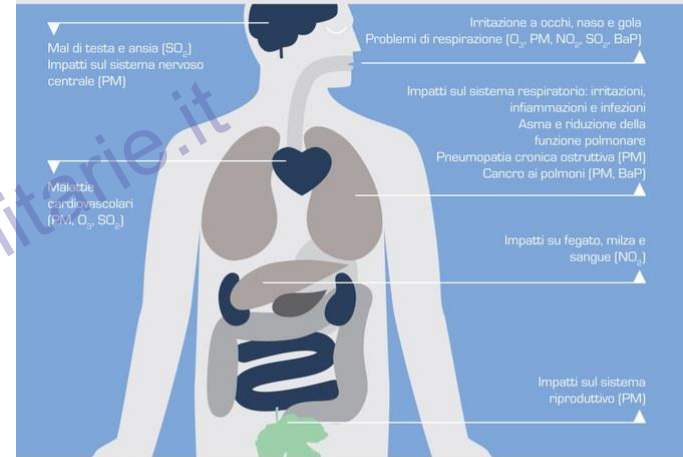
Riassumendo, molteplici sono i danni alla salute dall'esposizione all'aria inquinata.

Soprattutto alcune categorie sono particolarmente a rischio per l'insorgenza di malattie croniche o tumorali.

Chi pratica sport (ciclisti amatoriali, chi pratica jogging ...) nei circuiti cittadini o lungo le strade trafficate.

Impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute

Gli inquinanti atmosferici possono avere un serio impatto sulla salute umana. I bambini e gli anziani sono particolarmente vulnerabili.



Il particolato (PM) è costituito da particelle sospese nell'aria. Il sale marino, il nerofumo, polvere e particelle condensate derivanti da determinate sostanze chimiche, possono essere classificati come PM inquinante.

L'ozono troposferico (O_3) si forma da reazioni chimiche (innescate dalla luce solare), che coinvolgono sostanze inquinanti emesse nell'aria, incluse quelle derivanti da trasporti, dall'estrazione di gas naturali, discariche e sostanze chimiche per uso domestico.

Il benz[a]pirene (BaP) ha origine dalla combustione incompleta di carburanti. Le fonti principali comprendono l'incendio di legno e rifiuti, la produzione di acciaio e carbone e i motori dei veicoli.

Il diossido di azoto (NO_2) è formato principalmente da processi di combustione, come quelli che si verificano nei motori delle auto e nelle centrali elettriche.

Il diossido di zolfo (SO_2) viene emesso quando i solfuri contenuti nei combustibili vengono bruciati per il riscaldamento, la generazione di energia e il trasporto. Anche i vulcani emettono SO_2 nell'atmosfera.

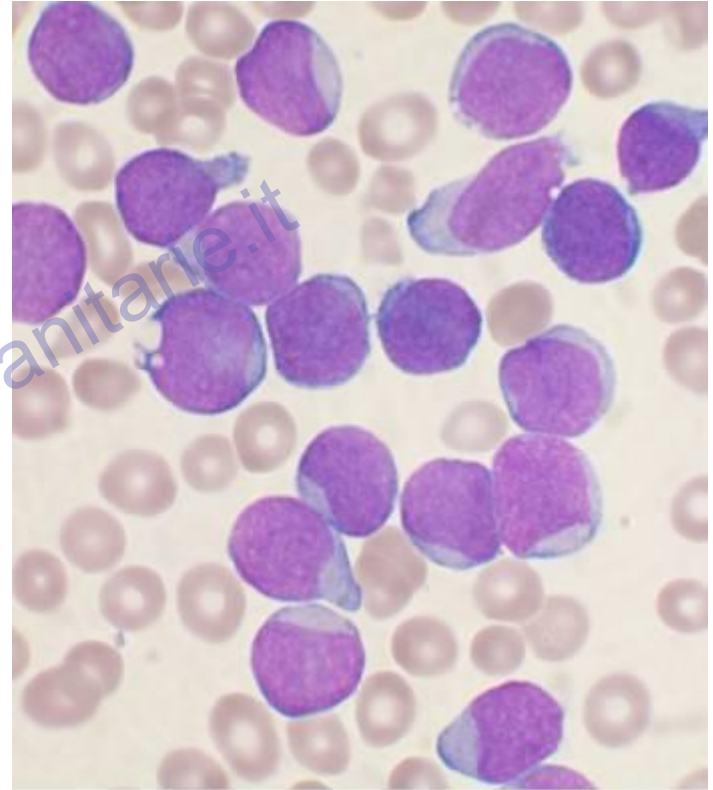
Il 97% degli europei sono esposti a concentrazioni di O_3 superiori alle raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità.

EUR 220-300 è quanto è costato l'inquinamento atmosferico derivante dalle 10.000 più grandi strutture inquinanti in Europa a ciascun cittadino dell'UE nel 2009.

Il 63% degli europei afferma di aver ridotto l'utilizzo dell'auto negli ultimi 2 anni al fine di migliorare la qualità dell'aria.

Atmosfera: danni alla salute

I tassisti lo sarebbero per quanto riguarda i tumori polmonari. Altri studi epidemiologici evidenziano una correlazione tra il traffico e la leucemia infantile. In questo caso sotto accusa sarebbe il benzene.

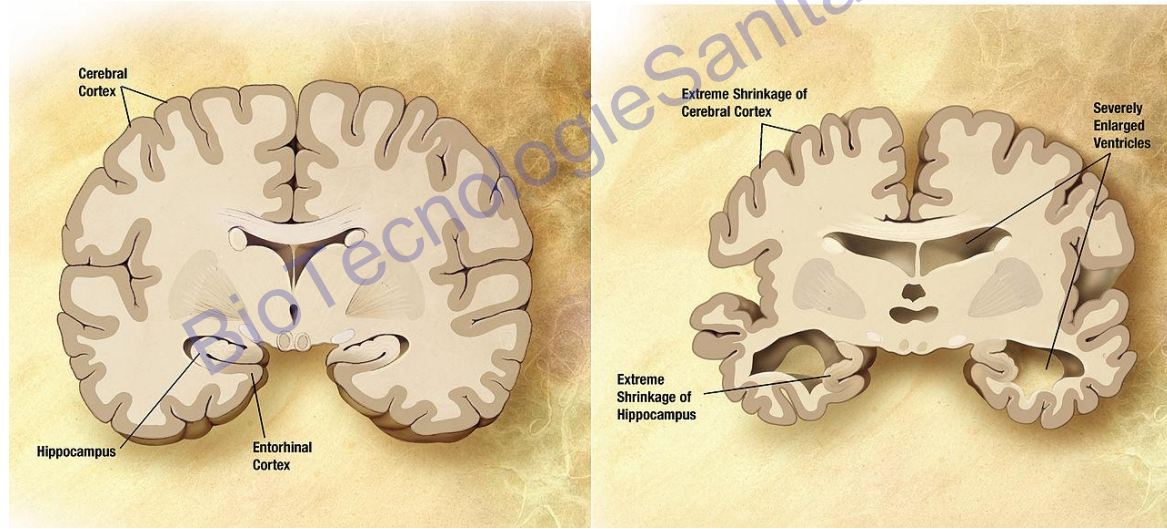


56

Leucemia linfoblastica acuta

Atmosfera: danni alla salute

Ci sono studi in corso che stanno mettendo in correlazione particelle di cadmio e nichel sospese in atmosfera con l'insorgenza di Parkinson e Alzheimer.



57

Confronto tra cervello sano e malato di Alzheimer

Atmosfera: danni alla salute

Gli ultimi dati.

Lo smog ogni anno uccide 6 milioni di persone.

Lo sostiene la ricerca dell'OMS pubblicata a settembre 2016.

A febbraio dello stesso anno un report stilato dal *Global burden of disease project*, il progetto dell'Organizzazione mondiale della Sanità che studia i fattori all'origine delle malattie, parlava di 5,5 milioni

Mentre gli europei affermano che l'esposizione allo smog accorcia mediamente la vita di ciascuno di noi di 8,6 mesi.

PHOTO CREDITS

- 1 By Bobak - Own work, CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2190112>
- 2 Di NOAA & User:Mysid - Vectorized by Mysid on a NOAA picture (<http://www.srh.noaa.gov/srh/jetstream/atmos/layers.htm>) with the Kármán line added by Latitude0116., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4528801>
- 3 Di Atmosfeer.png: L'utente che ha caricato in origine il file è stato OO-C74 di Wikipedia in olandesederivative work: Picoterawatt (talk) - Atmosfeer.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7146228>
- 4 By Mysid - Vectorized version of w:Image:Atmosphere gas proportions.gif (originally by Brockert). I SVG'd it a) to make it more international (chemical symbols) b) to make it (hopefully) clearer when rendered as a thumbnail and c) to make it easier to modify., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=823817>
- 5 By Cmglee - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23450463>
- 6 Di Alessio Damato - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2800058>
- 7 Di Jacek FH - Opera propria based on Image:Carbon-dioxide-3D-vdW.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2875238>
- 8 Di Giorgiognp2 - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9408115>
- 9 Di User:Quizimodo - Own work based on Image:Oceans.png and animated design inspired by Image:Continental models.gif., Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1907199>
- 10 Di Plumbago - English Wikipedia, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1882326>

PHOTO CREDITS

11a Di Nick Hobgood - Opera propria, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4743238>

11b By Acropora at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30432059>

12 By Mikael Häggström. When using this image in external works, it may be cited as follows:Häggström, Mikael. "Medical gallery of Mikael Häggström 2014". Wikiversity Journal of Medicine 1 (2). DOI:10.15347/wjm/2014.008. ISSN 20018762. - See above. All used images are in public domain., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6063038>

13 By Reg Morrison, CC BY 2.5 au, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34937508>

14 Di jeksson fiver - traduzione da [1], dati ricavati da http://eosps0.gsfc.nasa.gov/eos_observ/pdf/Nov-Dec06.pdf , pag.38, Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=1773479>

15 By ZooFari - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5776439>

16a By NASA/GSFC/Earth Observatory, NASA/GISS - 16 January 2015: NASA GISS: NASA GISS: NASA, NOAA Find 2014 Warmest Year in Modern Record, in: Research News. NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, NY, USA. Accessed 20 February 2015., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39067655>

16b By NASA/GSFC/Earth Observatory, NASA/GISS (also see en:NOAA) - SVG version of picture File:Key to world map showing surface temperature trends between 1950 and 2014.png. 16 January 2015: NASA, NOAA Find 2014 Warmest Year in Modern Record, in: Research News. NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, NY, USA. Accessed 20 February 2015., Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=46178066>

17a By It Is Me Here - Self-made; derived from Image:Carbon-monoxide-2D-dimensions.png., CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3734814>

PHOTO CREDITS

17b Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=858389>

18 Immagine di proprietà dello studio associato R&D

19 By Cathy Clerbaux, NCAR Atmospheric Chemistry Division. - <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Terra/terra3.php>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22964066>

20 By Zephyris at the English language Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2300973>

21 By Hazmat2 - This file was derived from: Hb saturation curve.png, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31543446>

22 By K. Gottlieb, V. Wachter, J. Sliman and M. Pimentel - Review article: inhibition of methanogenic archaea by statins as a targeted management strategy for constipation and related disorders - DOI: 10.1111/apt.13469, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45172438>

23 By DOE - http://genome.jgi.doe.gov/finished_microbes/metba/metba.home.html, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3917140>

24 NASA, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1163415>

25 Immagine di proprietà dello studio associato R&D

26 Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=428146>

27 By Frank Gaillard - <http://images.radiopaedia.org/images/4195/5e7cfb6d90bbcf70e73493819e691a.jpg>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14698169>

PHOTO CREDITS

28 Immagine di proprietà dello studio associato R&D

29 Di Origins_of_acid_rain.svg: *Origins.gif: upload originale di NHSavage su en.wikipediarielaborata da: Zazou (talk)rielaborata da: Kandar (talk)rielaborata da: nonlscritto (talk) - Origins.gif, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=3352076>

30 Immagine di proprietà dello studio associato R&D

31 Di bdk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1331377>

32 Di Nino Barbieri - Opera propria, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1609477>

33 Di Cacycle da en.wikipedia.org, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=112805>

34 Di sconosciuto - EPS file pollu.eps from UNECE web site converted with ImageMagick convert and with potrace, edited in inkscape, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4984008>

35 Di sconosciuto - EPS file silhouete.eps from UNECE web site converted with ImageMagick convert and with potrace, edited in inkscape, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4984101>

36 Pubblico dominio, <https://it.wikipedia.org/w/index.php?curid=91285>

37 Di sconosciuto - EPS file exclam.eps from UNECE web site converted with ImageMagick convert and with potrace, edited in inkscape, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4984068>

38 Di NASA - http://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/ozone_record.html, Pubblico dominio,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2644633>

39 By Ozone_cycle.jpg: created by NASAderivative work: Smartse (talk) - Ozone_cycle.jpg, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9096489>

PHOTO CREDITS

- 40 Par I, RedAndr, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2247568>
- 41 http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/Scripts/big_image.php?date=2016-02-10&hem=S&source=IOMI_PAURA_V8F_MGEOS5FP§ion=HOME
- 42 Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=769840>
- 43 GFDL, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=48987967>
- 44 Di edit byXander89 - this image on it.wiki and Image:Respiratory_system_complete_numbered.svg by LadyofHats, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4350725>
- 45 By User:Dschwen - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=210734>
- 46 Immagine catturata da <http://maps.who.int/airpollution/>
- 47 By Adrian Grycuk - Own work, CC BY-SA 3.0 pl, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=38135459>
- 48 Public Domain, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=5220677>
- 49 By Pat Temple, U.S. Forest Service - <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/OzoneWx/>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4968281>
- 50 Public Domain, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=17004509>
- 51 By wili hybridOriginal uploader was Lokantha at en.wikipedia.Later version(s) were uploaded by Nikkul, Thisglad at en.wikipedia. - <http://www.flickr.com/photos/wili/295189351/> Transferred from en.wikipedia, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9403582>

PHOTO CREDITS

- 52 By Fredrik Rubensson - "dragon TV tower" on flickr, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29161310>
- 53 By Aaron Logan - <http://www.lightmatter.net/gallery/Travel/ggb>, CC BY 1.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=13561>
- 54 By Creator:Fidel Gonzalez - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12603276>
- 55 <http://www.eea.europa.eu/it/segnali/segnali-2013/articoli/I2019aria-che-respiro>
- 56 Di L'utente che ha caricato in origine il file è stato VashiDonsk di Wikipedia in inglese - Trasferito da en.wikipedia su Commons., CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2128622>
- 57 Di derivative work: Garrondo (talk)SEVERESLICE_HIGH.JPG: ADEAR: "Alzheimer's Disease Education and Referral Center, a service of the National Institute on Aging."PRECLINICALSLICE_HIGH.JPG: ADEAR: "Alzheimer's Disease Education and Referral Center, a service of the National Institute on Aging." - SEVERESLICE_HIGH.JPGPRECLINICALSLICE_HIGH.JPG, Pubblico dominio, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4471173>

SITOGRAFIA

- 1 <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/air-pollution-estimates/en/>