

Ambiente,
salute,
sostenibilità

AmbientiAMOci

n.2

CambiAMO
l'ARIA

Qual è quella cosa che c'è ma...

...non si vede

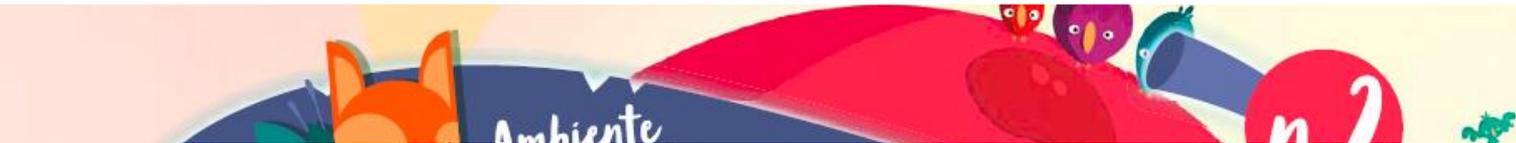
...non ha odore

...non ha colore

...non ha sapore

...però è importantissima perché la maggior parte degli esseri viventi non può farne a meno per vivere?





Video Ambientiamoci



L'aria

L'aria è un GAS e quindi può cambiare forma,
espandersi e occupare tutto lo spazio disponibile



L'aria è composta da:

✓ **AZOTO (78%)** importante per la crescita delle piante e degli animali.

✓ **OSSIGENO (21%)** che permette agli esseri viventi di respirare.

✓ **ARGON (0,9%)**

✓ **ANIDRIDE CARBONICA (0,03%)** molecola indispensabile per la fotosintesi clorofilliana.



...e tracce di:



Elio



Xenon



Metano



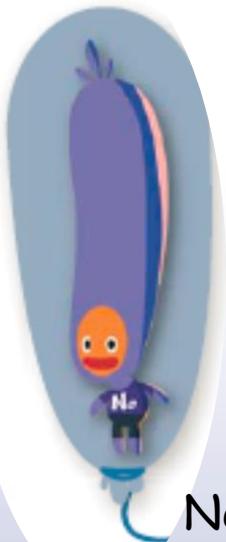
Protossido
di azoto



Idrogeno



Kripton

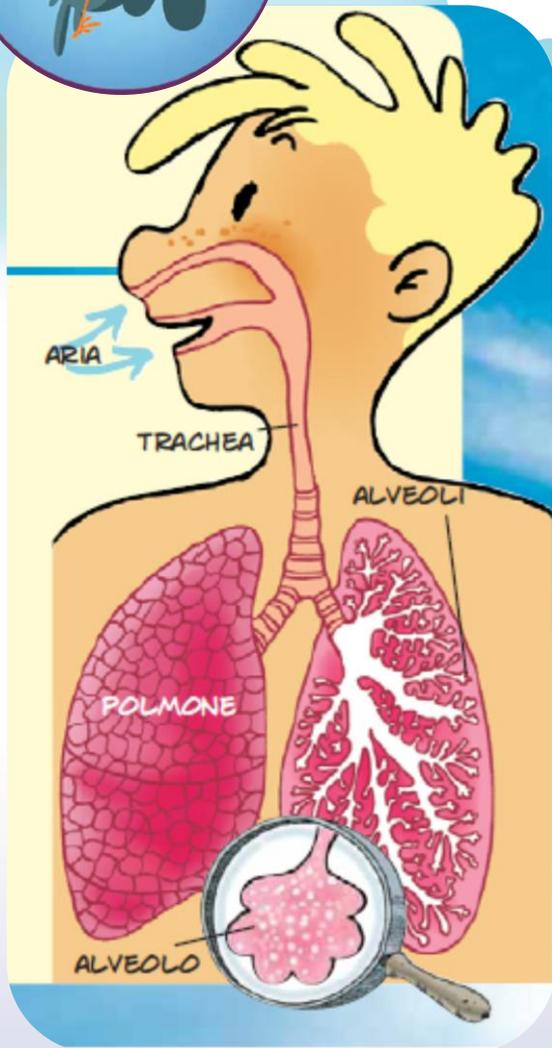
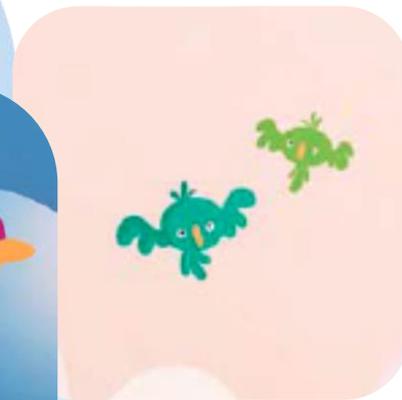


Neon

A che cosa serve l'aria?



VOLARE



RESPIRARE

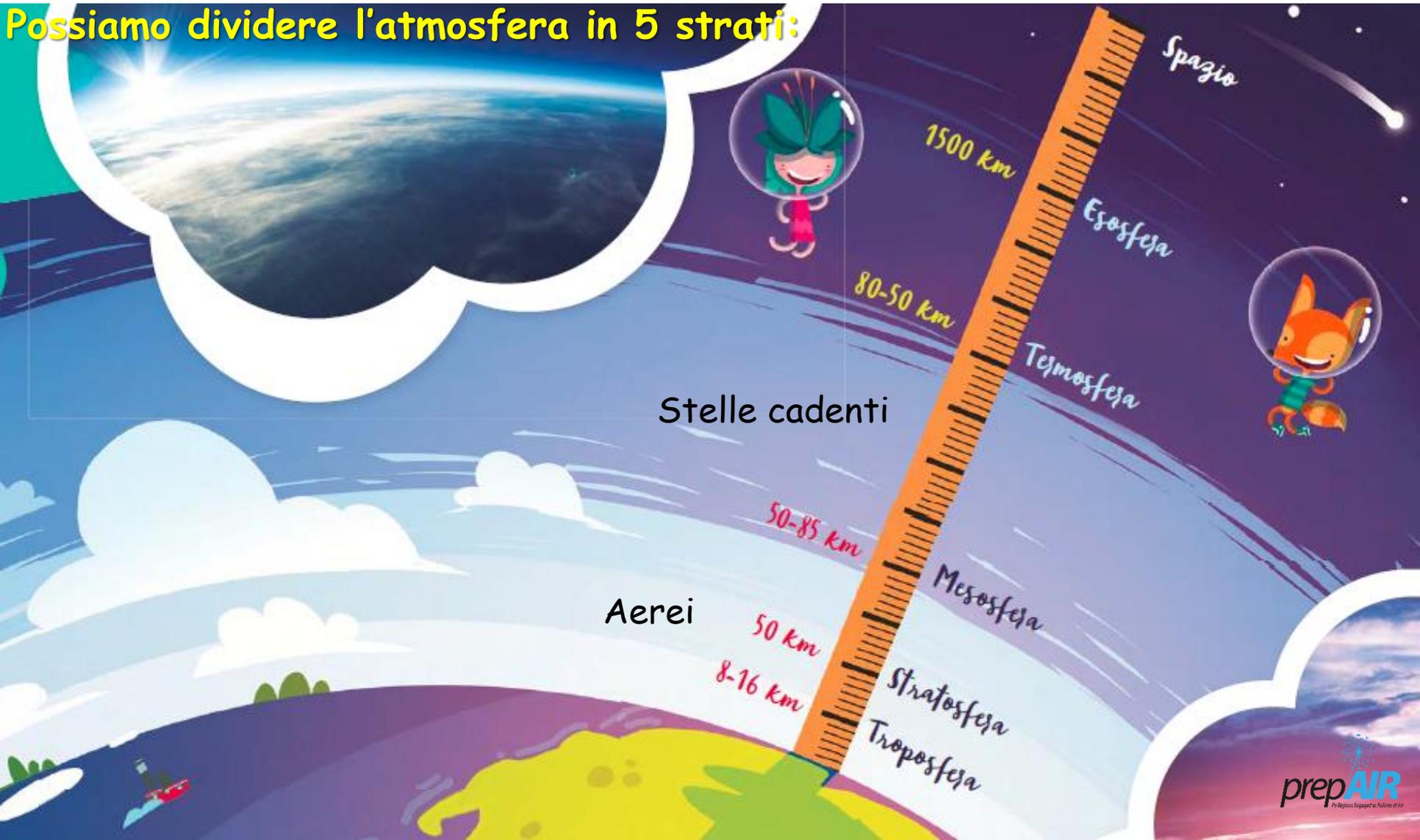


BRUCIARE, ILLUMINARE, SCALDARE

L'atmosfera

L'aria che circonda la Terra forma l'atmosfera.

Possiamo dividere l'atmosfera in 5 strati:



ESOSFERA è la parte
più esterna
dell'atmosfera.
**QUI COMINCIA LO
SPAZIO!**

**TERMOFERA o
IONOSFERA**
La temperatura
supera i 1000°C

MESOSFERA
La temperatura arriva
a -90°C
**QUI PASSANO LE
STELLA CADENTI!**

STRATOSFERA
**QUI SI TROVA
L'OZONO!**

TROPOSFERA si
concentra il
vapore acqueo.
**QUI SI
SVILUPPANO LE
PERTURBAZIONI
ATMOSFERICHE!**

1500 km

500 km

85 km

50 km

8-16 km

L'ozono

L'OZONO (O_3) è un gas composto da tre atomi di ossigeno.

Nella **stratosfera** forma una specie di filtro capace di trattenere gran parte dei raggi ultravioletti (UV), cioè quella parte della radiazione solare pericolosa per la vita sulla Terra.

Bombolette spray,
condizionatori,
frigoriferi...

L'utilizzo di alcune sostanze C-F-C (Cloro-Fluoro-Carburi) ha reso più sottile questo strato causando i cosiddetti «**BUCHI NELL'OZONO**».

Nella **troposfera** l'ozono è dannoso per la salute dell'uomo e delle piante.



L'EFFETTO SERRA



Ma che cos'è????

La superficie terrestre assorbe il calore del **Sole**

ritorna nello spazio



è trattenuto da alcuni gas presenti nell'atmosfera

Anidride carbonica

Vapore acqueo



-18°C → +15°C

L'utilizzo eccessivo di combustibili fossili aumenta le concentrazioni di CO_2 e di altri gas serra facendo innalzare la temperatura del nostro Pianeta.



Effetti devastanti in estese aree della Terra



L'aria è tutta uguale?

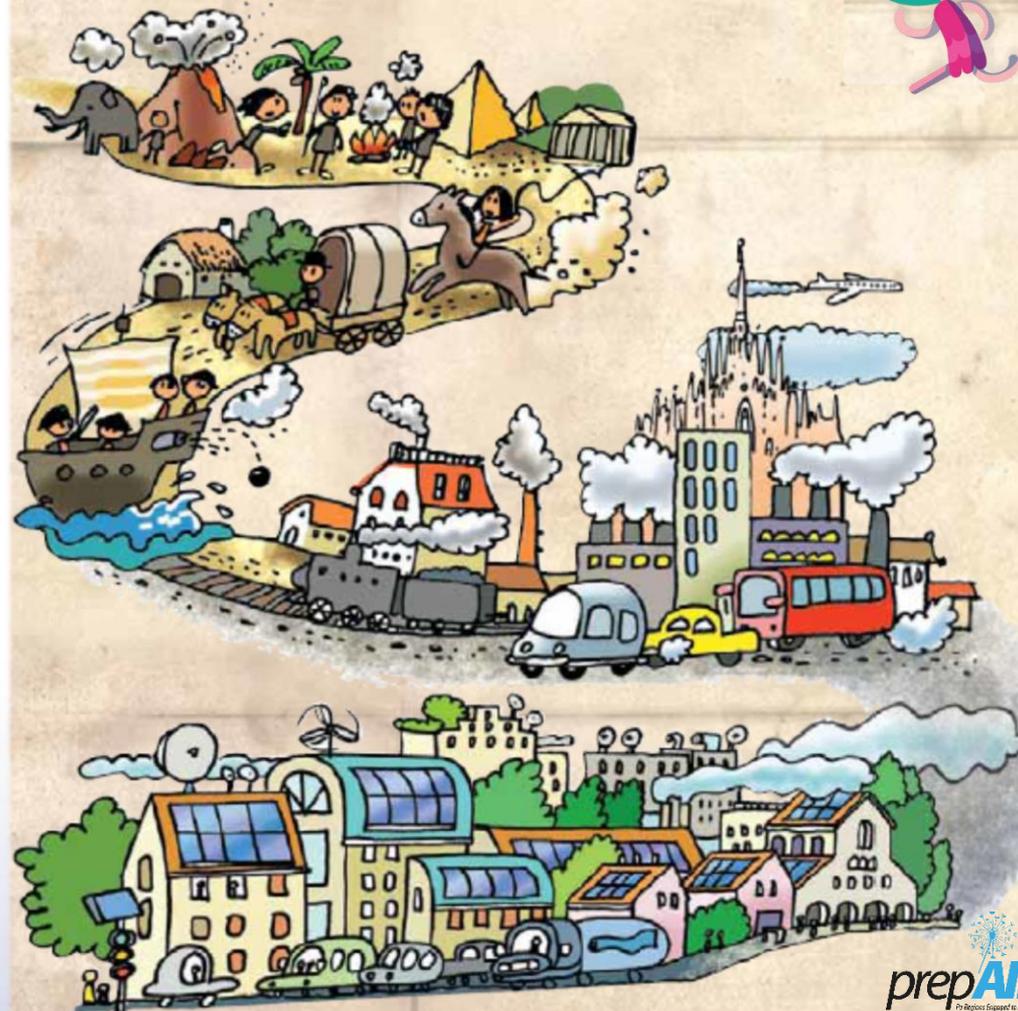
NO

la composizione dell'aria può variare negli elementi presenti in piccolissime quantità

Ci sono tante cause che portano al cambiamento della composizione dell'aria peggiorandone la qualità. Questo avviene soprattutto nelle città dove è concentrata la maggior parte delle fonti di inquinamento.



- ❑ L'aria di mare è ricca di iodio (che fa bene allo sviluppo del nostro corpo)
- ❑ L'aria di montagna sembra più leggera: più si sale più l'aria diventa rarefatta
- ❑ L'aria di città può contenere anche sostanze che non vanno tanto bene per gli esseri viventi



Impianti a fonti di energia rinnovabile (sole, vento..)

La Pianura Padana vista dall'alto



La qualità dell'aria della pianura padana dipende da:

1) Caratteristiche geo-morfologiche

La Pianura padana è chiusa su 3 lati dalle **MONTAGNE**.



L'aria tende a stagnare così gli inquinanti si disperdono difficilmente.



2) Caratteristiche meteorologiche

Nei mesi invernali è frequente il fenomeno dell'**INVERSIONE TERMICA**.



Specie di tappo impedisce il rimescolamento dell'aria.

3) Presenza di inquinanti



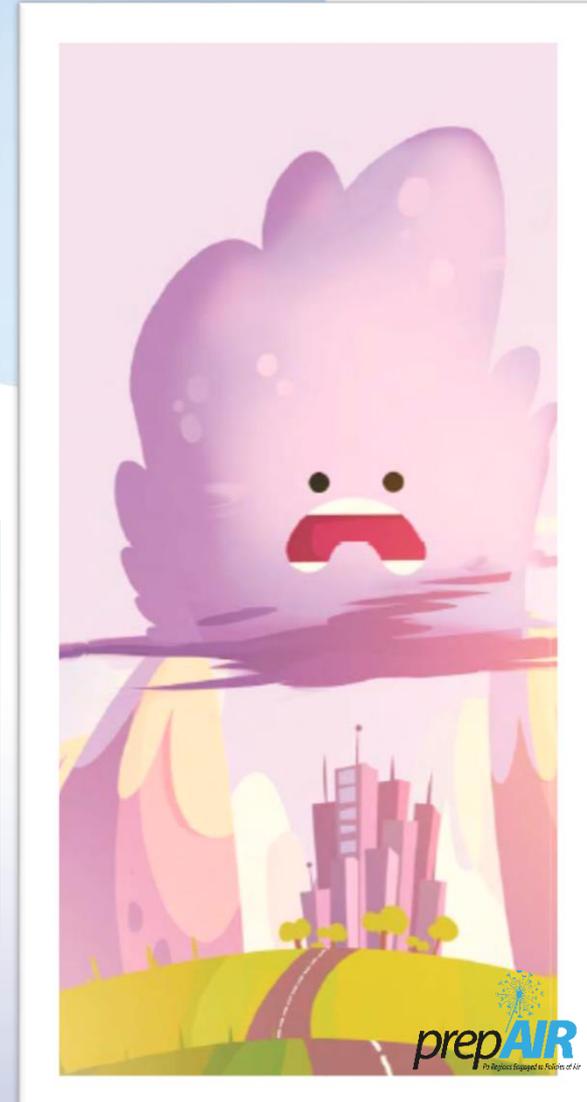
Che cos'è l'inquinamento atmosferico?

Quali sono?

Da dove vengono?

Ci sono **ALCUNE SOSTANZE** che possono «rovinare» l'aria, portando anche conseguenze sulla **SALUTE DELL'UOMO** e di **TUTTO L'AMBIENTE**.

Quando la quantità di queste sostanze nell'aria è molto alta si parla di **INQUINAMENTO ATMOSFERICO**.



Le principali sostanze inquinanti



24/03/2014
PM10: 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



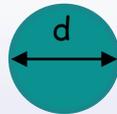
Milano

MEDESIMA INQUADRATURA

31/10/2014
PM10: 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



PM 10: particelle con diametro inferiore a 10 μm



$$1 \text{ g} = 1.000 \text{ mg} = 1.000.000 \mu\text{g}$$

$$1 \text{ m} = 1.000 \text{ mm} = 1.000.000 \mu\text{m}$$

NOME della SOSTANZA

COSA LA PRODUCE

Monossido di carbonio
«CO»

- Combustione di carbone e legna
- Traffico



Ozono
«O₃»

- Reazioni chimiche in atmosfera favorite dai raggi del sole

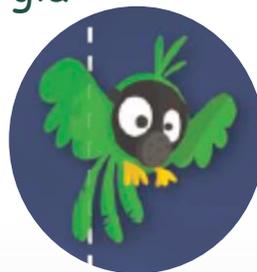
Biossido di zolfo
«SO₂»

- Combustione di carbone e petrolio
- Traffico diesel
- Riscaldamento
- Impianti produzione energia



Biossido di azoto
«NO₂»

- Traffico
- Riscaldamento
- Attività industriali



Utilizzo del metano



Sviluppo tecnologico
Riduzione del trasporto su gomma



Filtri antiparticolato
Impianti più efficienti e meno inquinanti

ORIGINE NATURALE

Erosione suolo, spray marino, eruzioni vulcaniche, incendi

ORIGINE ARTIFICIALE

Industrie, riscaldamento, combustione, traffico

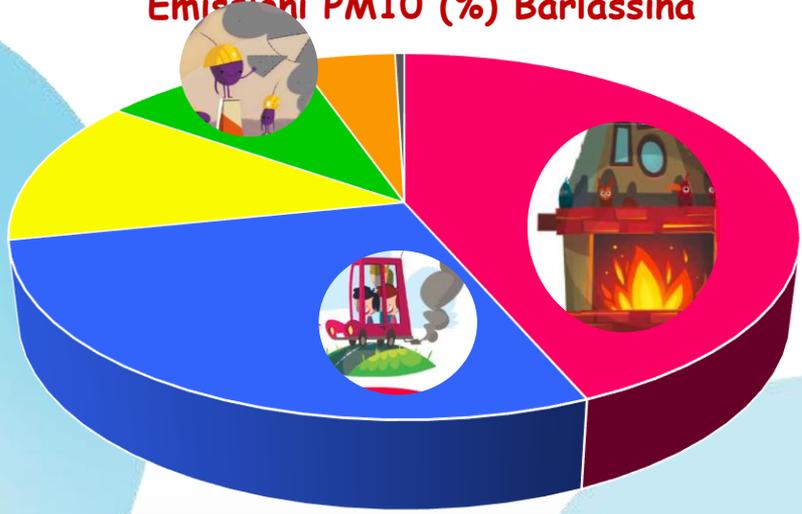
«PM₁₀»,
«PM_{2,5}»



Quali sono le sorgenti di inquinamento a ...Barlassina?

→ *Particulate matter*

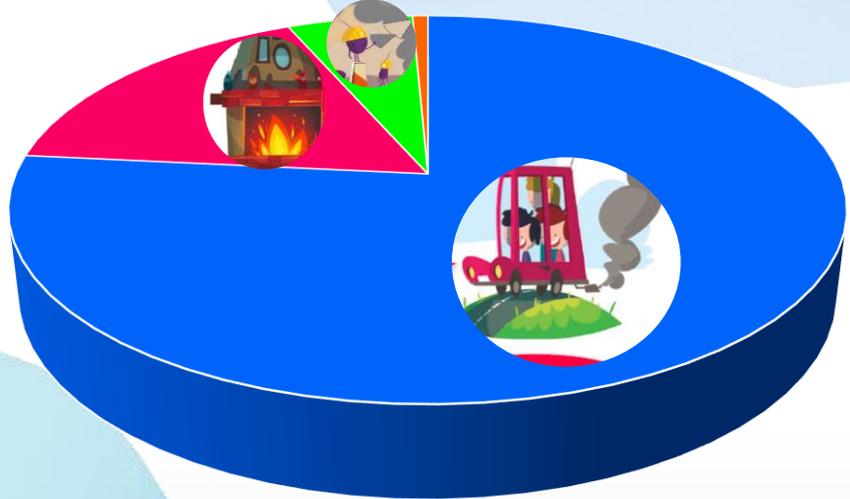
Emissioni PM10 (%) Barlassina



- Combustione non industriale
- Trasporto su strada
- Uso di solventi
- Combustione nell'industria
- Altro
- Processi produttivi

→ *Ossidi di azoto*

Emissioni NOx (%) Barlassina



- Trasporto su strada
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Altre sorgenti

INEMAR: INventario EMissioni ARia

Com'è l'aria che ci circonda?

PROVATE A FARE UN ESPERIMENTO ?



COSA TI SERVE:

LENZUOLO BIANCO



Com'è l'aria che ci circonda?

COSA DEVI FARE:

1

Attacca 10 pezzi di nastro adesivo di carta al lenzuolo

2

Esponi il lenzuolo all'esterno in luogo riparato

3

Stacca un pezzo di scotch ogni settimana per 10 settimane

1° SETTIMANA

2° SETTIMANA

3° SETTIMANA

4° SETTIMANA

5° SETTIMANA

6° SETTIMANA

7° SETTIMANA

8° SETTIMANA

9° SETTIMANA

10°

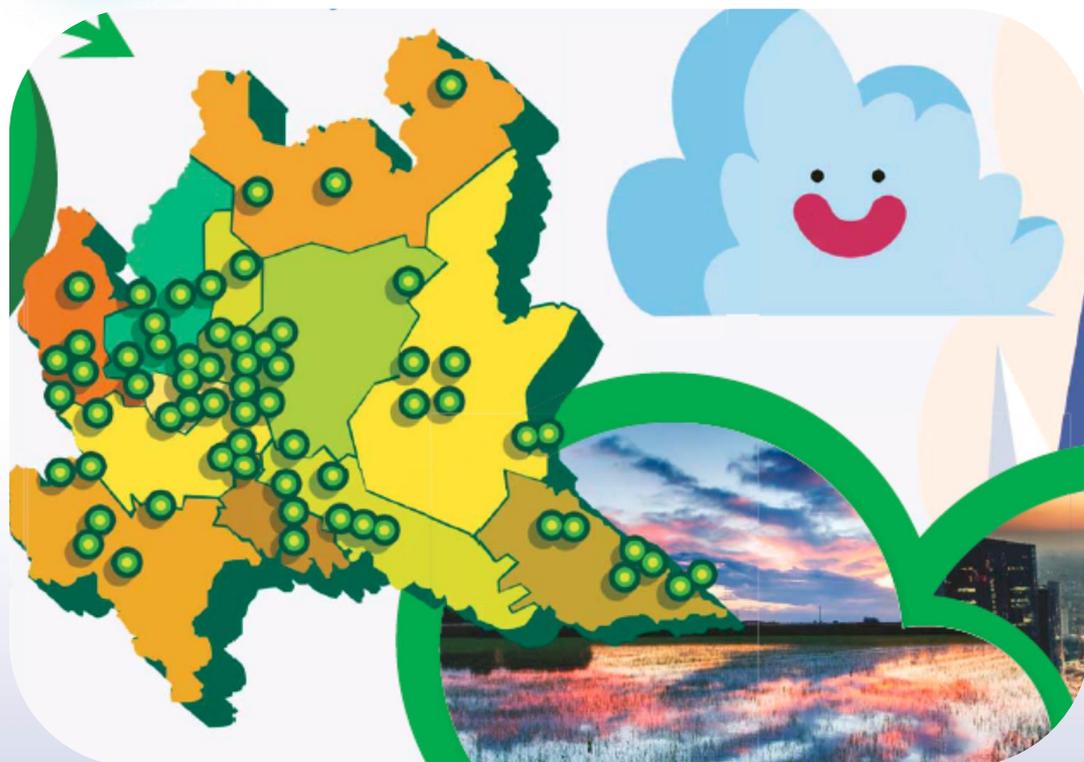
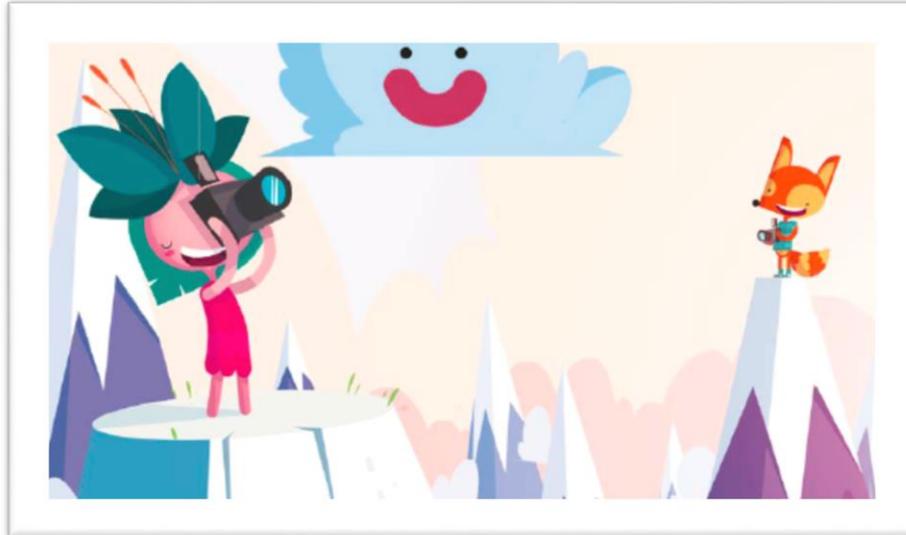
SETTIMANA



Guardate che cosa è successo dove avete tolto lo scotch!!!

Il monitoraggio

ARPA è in grado di fotografare lo stato di salute dell'aria e di farlo conoscere.



ARPA monitora la qualità dell'aria tramite una rete di stazioni fisse di rilevamento distribuite su tutto il territorio di Regione Lombardia

Il monitoraggio



La strumentazione utilizzata è molto complessa e costosa perché deve permettere di rilevare con precisione la presenza degli inquinanti anche a basse concentrazioni



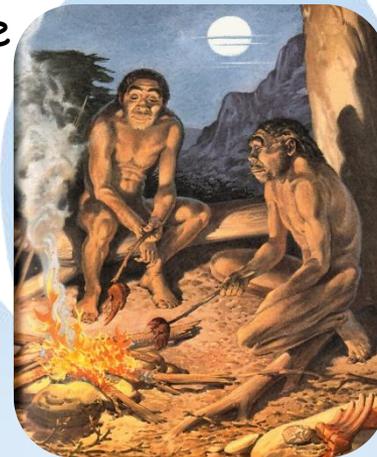
TUTTI possono conoscere la qualità dell'aria del proprio Comune!!!

Collegati al sito di **ARPA!**



Si stava meglio prima?

L'inquinamento dell'aria ad opera dell'uomo nasce dai fuochi accesi per la cottura del cibo e la protezione dal freddo.



1700-1800



Locomotive a carbone



Rivoluzione industriale



Nel 1257 la regina Eleonora di Inghilterra trasferì la corte nel nuovo castello di Nottingham dotato di riscaldamento (camino a carbone) in tutte le stanze. L'aria attorno al castello cambiò e molti cortigiani lamentarono difficoltà respiratorie. La regina chiuse il castello e con tutto il suo seguito ritornò a Londra



Eruzioni vulcaniche



Si stava meglio prima?

La situazione è migliorata:

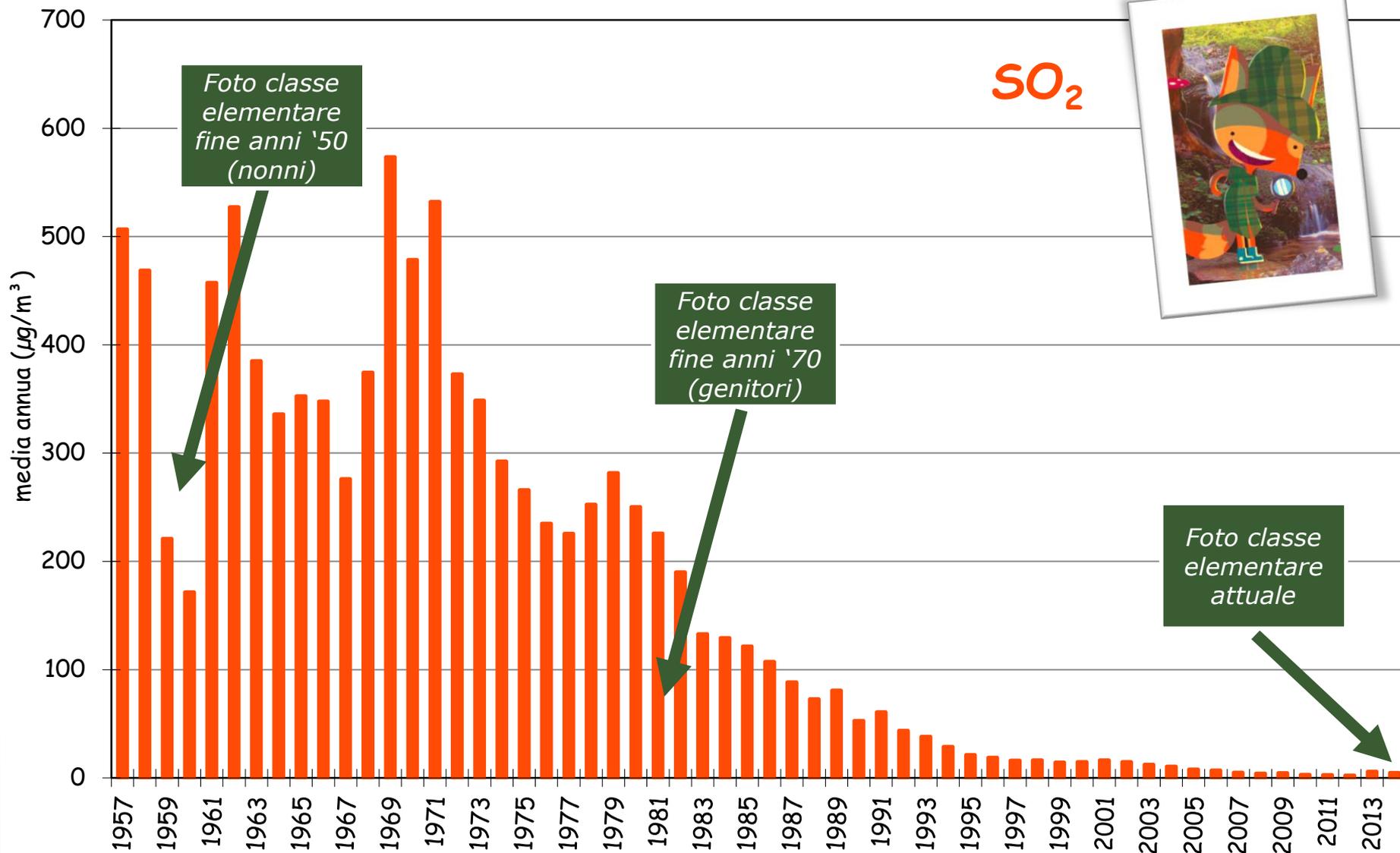


Le concentrazioni di **CO** e **SO₂** sono inferiori ai limiti di legge.

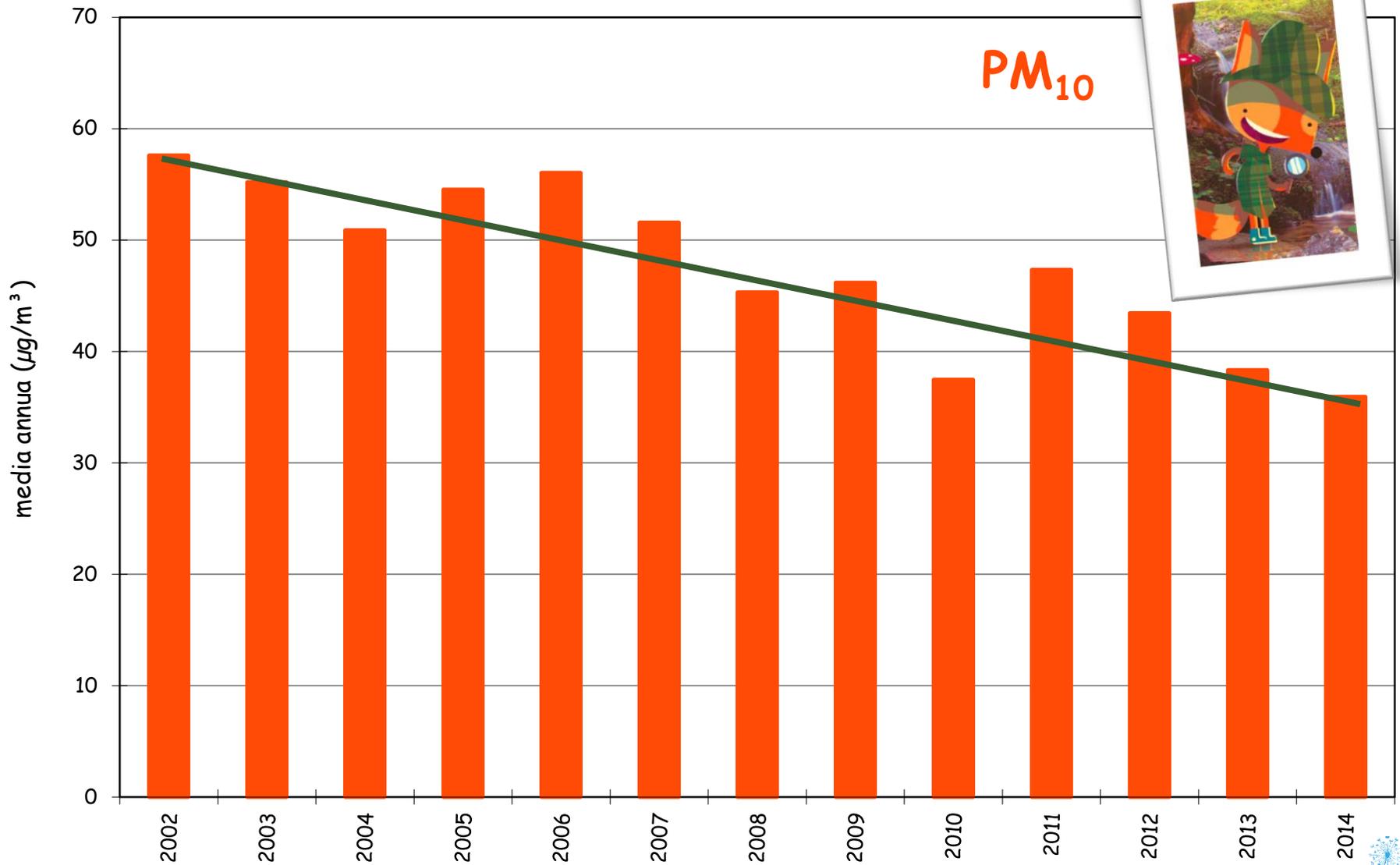
Le concentrazioni di alcuni inquinanti superano ancora i limiti.



Si stava meglio prima?



Si stava meglio prima?



Buone pratiche

Se devi usare l'auto...
programma gli
spostamenti e dai un
passaggio agli amici!



Ognuno di noi, anche solo con piccoli e semplici gesti quotidiani, può fare molto per migliorare la qualità dell'aria.

Vai a piedi o
in bicicletta!

Usa i mezzi pubblici!

Muoviti
meglio!





Accendimi solo se
fa proprio caldo!

Se devi comprare un
elettrodomestico
scegilo di classe A!



Spegni
l'interruttore!

Scegli le lampadine a
risparmio energetico
e spegnimi se non ti
servo!



L'energia elettrica viene prodotta da centrali che usano
combustibili fossili...
...è meglio non sprecarla!

Toglami
dall'interruttore se
non mi stai usando!

Non lasciarmi
in stand-by!



Leggi le etichette e consuma prodotti di stagione!



*Se usi la legna
per scaldarti,
usala bene!*

La legna è una preziosa fonte di **energia rinnovabile**, facilmente disponibile e a basso costo.

Se usata male però inquina!

...e allora come fare?

Pulisci la
stufa
dalla
cenere!

Non bruciare
nel camino
materiali
diversi dal
legno...
inquinano!!!

Utilizza
ciocchi di
piccole
dimensioni!

Usala nella
giusta
quantità !

Accendi il fuoco
dall'alto e non
usare la carta!

Se usi il
pellet...
assicurati
che sia di
buona
qualità!!!

Utilizza legna
vergine e ben
stagionata!

...e non
fredda...!





FLA
Fondazione Lombardia
per l'Ambiente

ARPA LOMBARDIA
Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

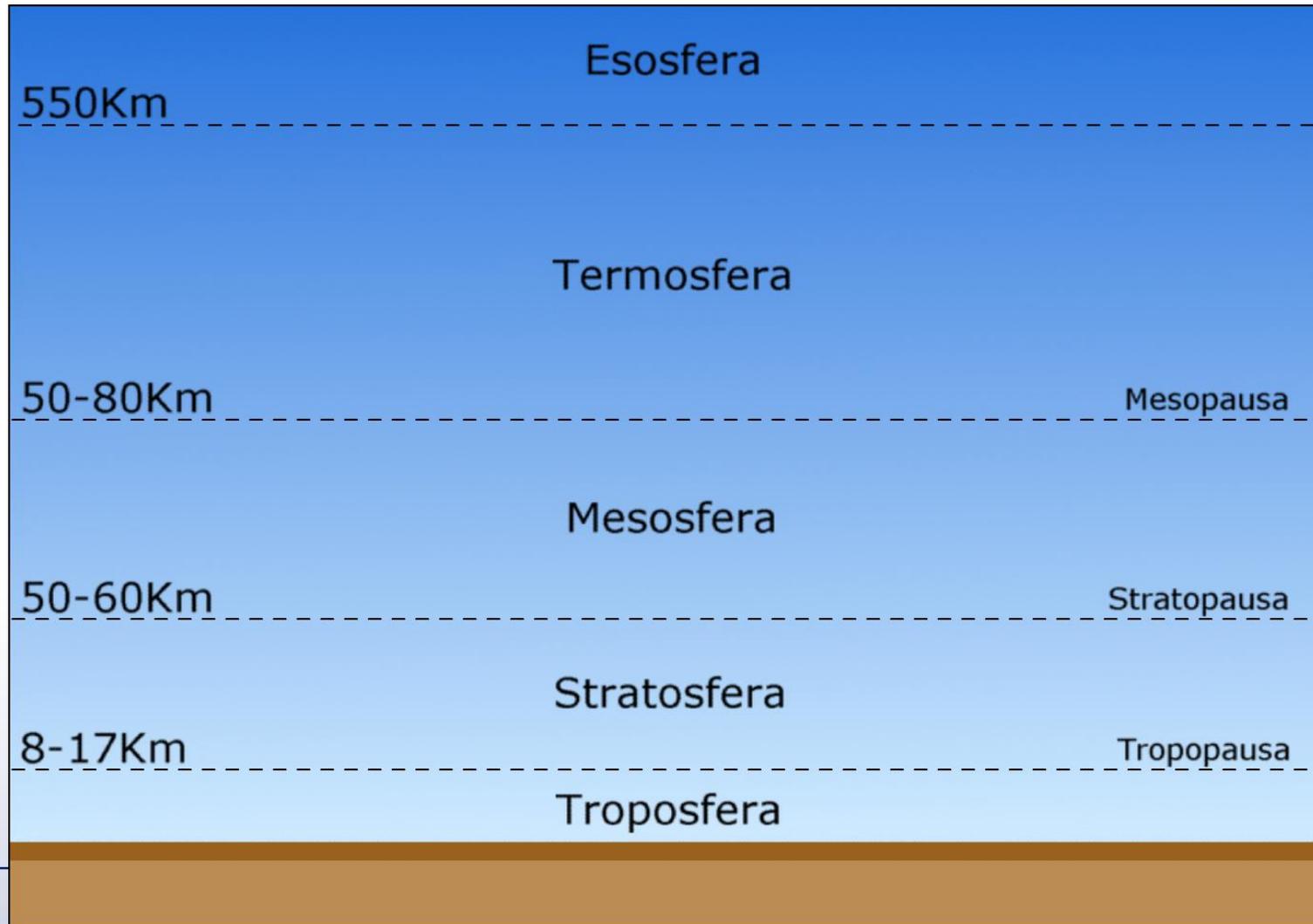
 Regione
Lombardia

www.progettoambientiamoci.it

SCUOLA SECONDARIA I GRADO

La composizione dell'atmosfera

L'atmosfera è un guscio gassoso che si estende per oltre 1000 km di altezza al di sopra della superficie terrestre. Viene schematicamente divisa in cinque zone, dalla **Troposfera** alla **Esosfera** che sfuma nello spazio interplanetario.



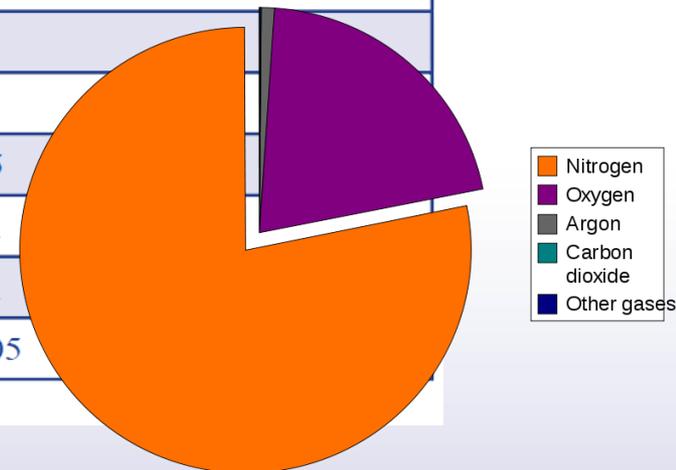


- ❑ 50 – 2500 m di altezza dal suolo. Dipende dalle condizioni meteo e dall'orografia
- ❑ Risente direttamente dell'influenza della superficie terrestre e dalle attività antropiche
- ❑ Vi si osserva la maggior parte della turbolenza
- ❑ Vi avvengono la maggior parte dei fenomeni legati alla dispersione degli inquinanti

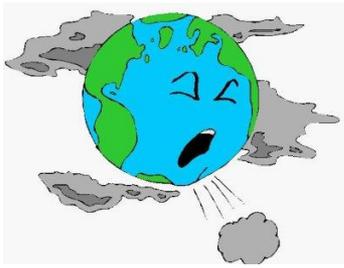
L'aria è composta da due gas principali:
AZOTO (78% in volume) e **OSSIGENO** (21% in volume).
A questi due elementi principali si aggiungono numerose specie chimiche, presenti in quantità inferiori o in tracce.

I PRINCIPALI COMPONENTI DELL'ATMOSFERA SECCA* A LIVELLO DEL MARE

| Gas | Simbolo | Percentuale in volume |
|--------------------|-----------------|-----------------------|
| Azoto | N ₂ | 78,084 |
| Ossigeno | O ₂ | 20,95 |
| Argon | Ar | 0,93 |
| Anidride carbonica | CO ₂ | 0,03 |
| Neon | Ne | 0,002 |
| Elio | He | 0,0005 |
| Metano | CH ₄ | 0,0001 |
| Kripto | Kr | 0,0001 |
| Idrogeno | H ₂ | 0,00005 |



*Si parla di aria secca se l'umidità relativa è al di sotto del 35/40%



Che cos'è l'inquinamento atmosferico?

La presenza dell'uomo con le sue molteplici attività e la rapida industrializzazione hanno determinato una **immissione in atmosfera** di una rilevante quantità di **sostanze chimiche**, alcune già presenti in atmosfera ma in quantità decisamente inferiori, altre del tutto assenti e potenzialmente nocive all'uomo, alla flora ed alla fauna.



L'**inquinamento atmosferico** è il fenomeno di alterazione della normale composizione chimica dell'aria dovuto a:



**SORGENTI
NATURALI**

**SORGENTI
ANTROPICHE**

Sorgenti naturali

ERUZIONI VULCANICHE



EROSIONE SUOLO



INCENDI BOSCHIVI



Sorgenti antropiche

IMPIANTI INDUSTRIALI



TRAFFICO VEICOLARE



RISCALDAMENTO DOMESTICO



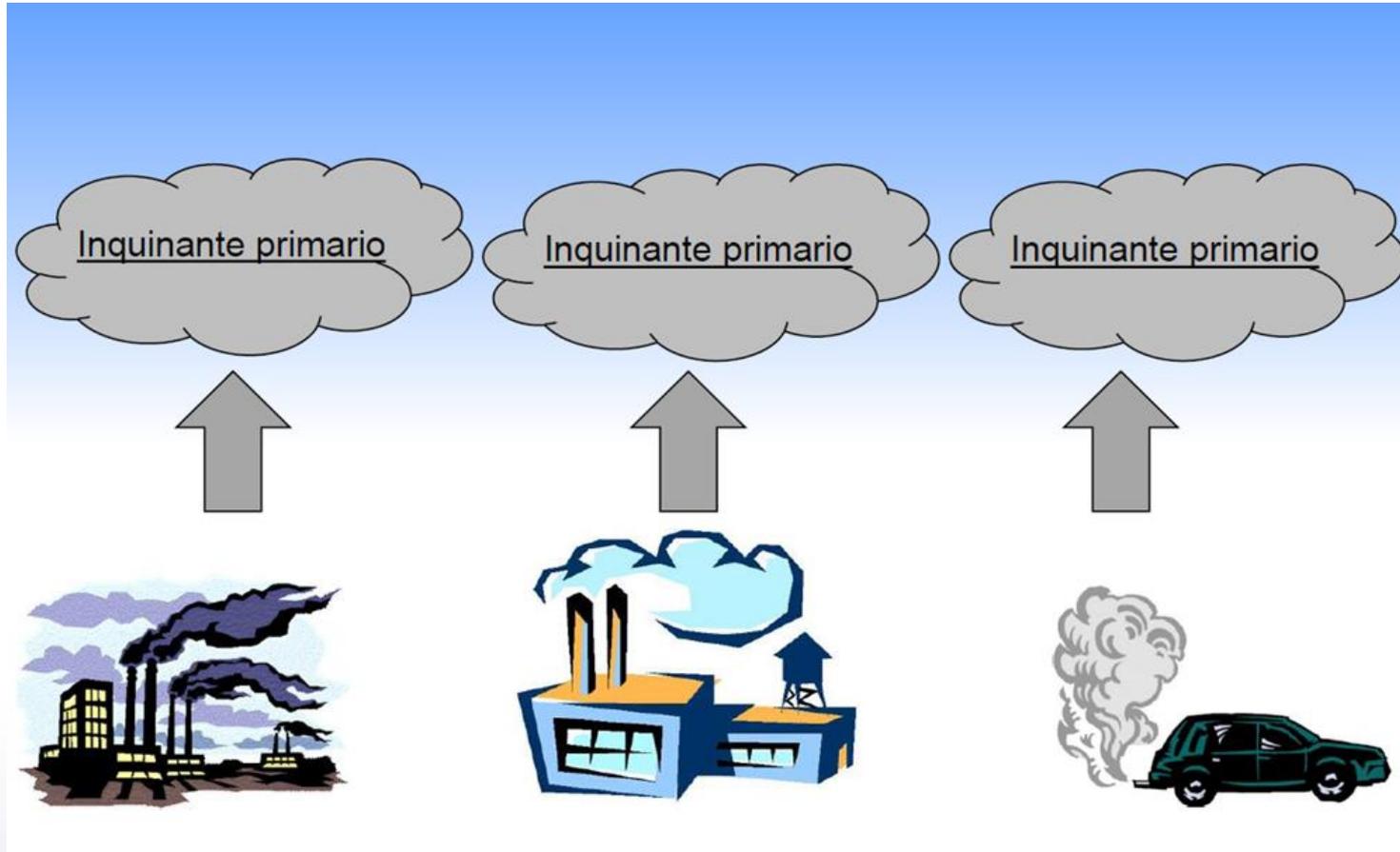
USO SOLVENTI



AGRICOLTURA-ALLEVAMENTO



Inquinanti primari antropici



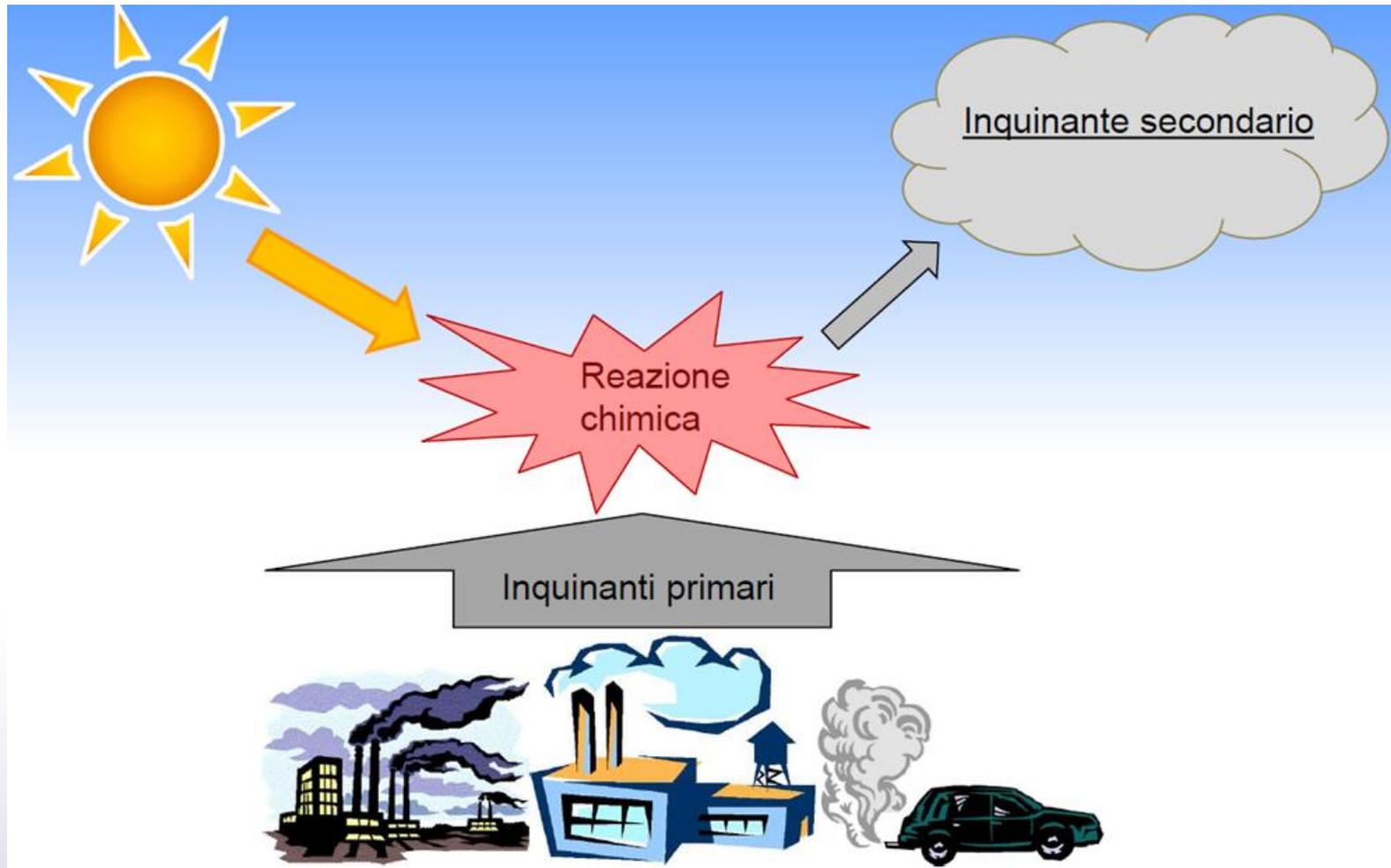
AGRICOLTURA-ALLEVAMENTO

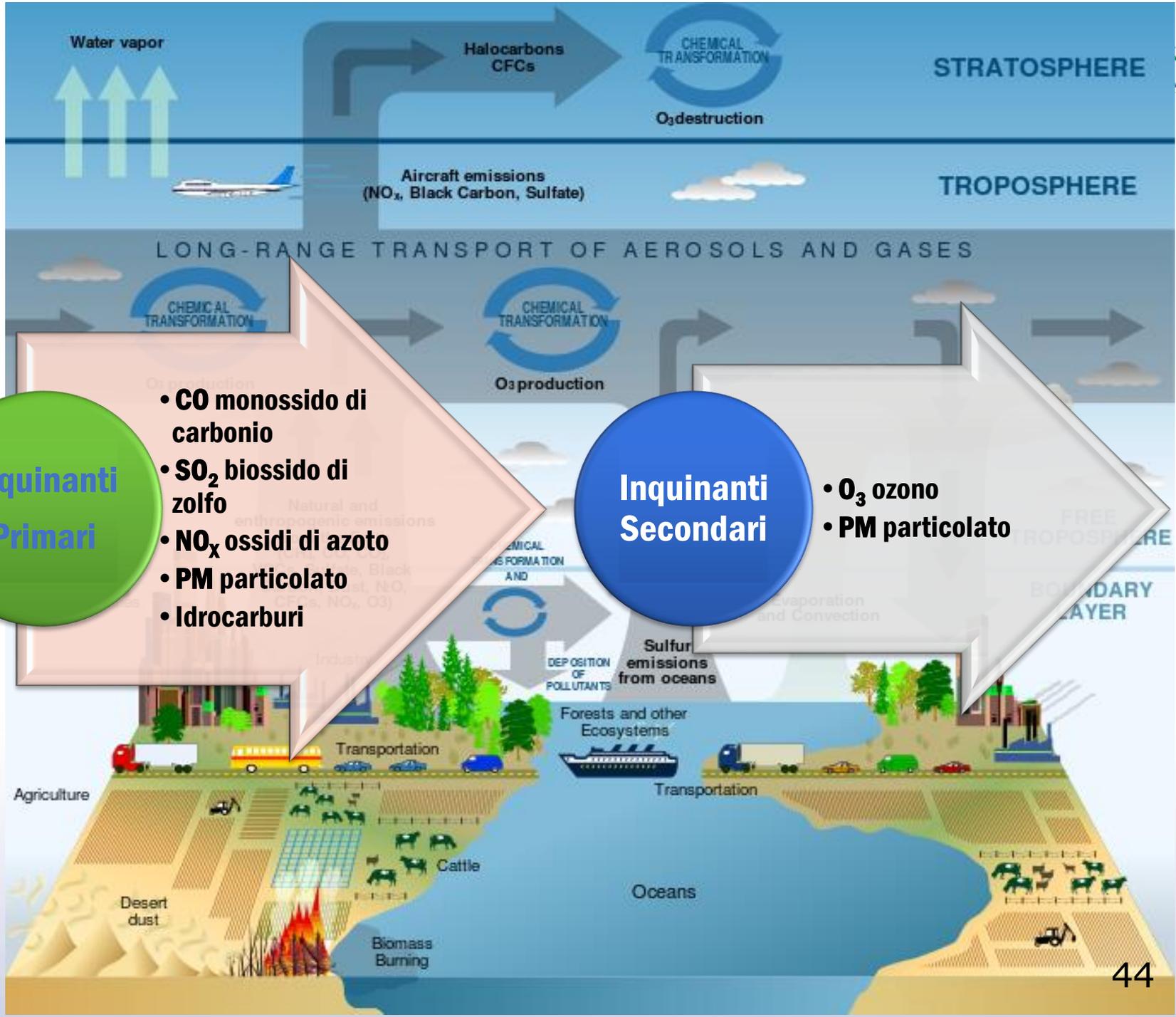


RISCALDAMENTO DOMESTICO



Inquinanti secondari





Inquinanti Primari

- CO monossido di carbonio
- SO₂ biossido di zolfo
- NO_x ossidi di azoto
- PM particolato
- Idrocarburi

Inquinanti Secondari

- O₃ ozono
- PM particolato

Cos'è l'inquinamento atmosferico?

Si definisce **inquinamento atmosferico** una modificazione della normale composizione dell'atmosfera che comporti effetti negativi sull'uomo, sulle cose e sull'ambiente.

Unità di misura:

Concentrazione

$$C = \frac{M}{V}$$

Massa (g)
quantità di sostanza

Volume (m³)
spazio a disposizione

$$\frac{[\mu g]}{[m^3]}$$

+ ESPERIMENTO
CON
CAMPIONATORI

SECONDARIA II
GRADO:
ESPERIMENTO
CON OPC

$$1 \mu g = 0,000001 g$$

Quali inquinanti vengono misurati?

- il biossido di zolfo (**SO₂**)
- il monossido di carbonio (**CO**)
- gli ossidi di azoto (**NO e NO₂**)
- l'ozono (**O₃**)
- il particolato atmosferico (**PM10 e PM2.5**)

DECRETO LEGISLATIVO 13 agosto 2010, n. 155

Biossido di zolfo (SO₂)

È un composto gassoso incolore, di odore pungente.

La principale sorgente antropica per questo inquinante deriva dalla combustione di combustibili fossili, nei quali lo zolfo è contenuto come impurità.

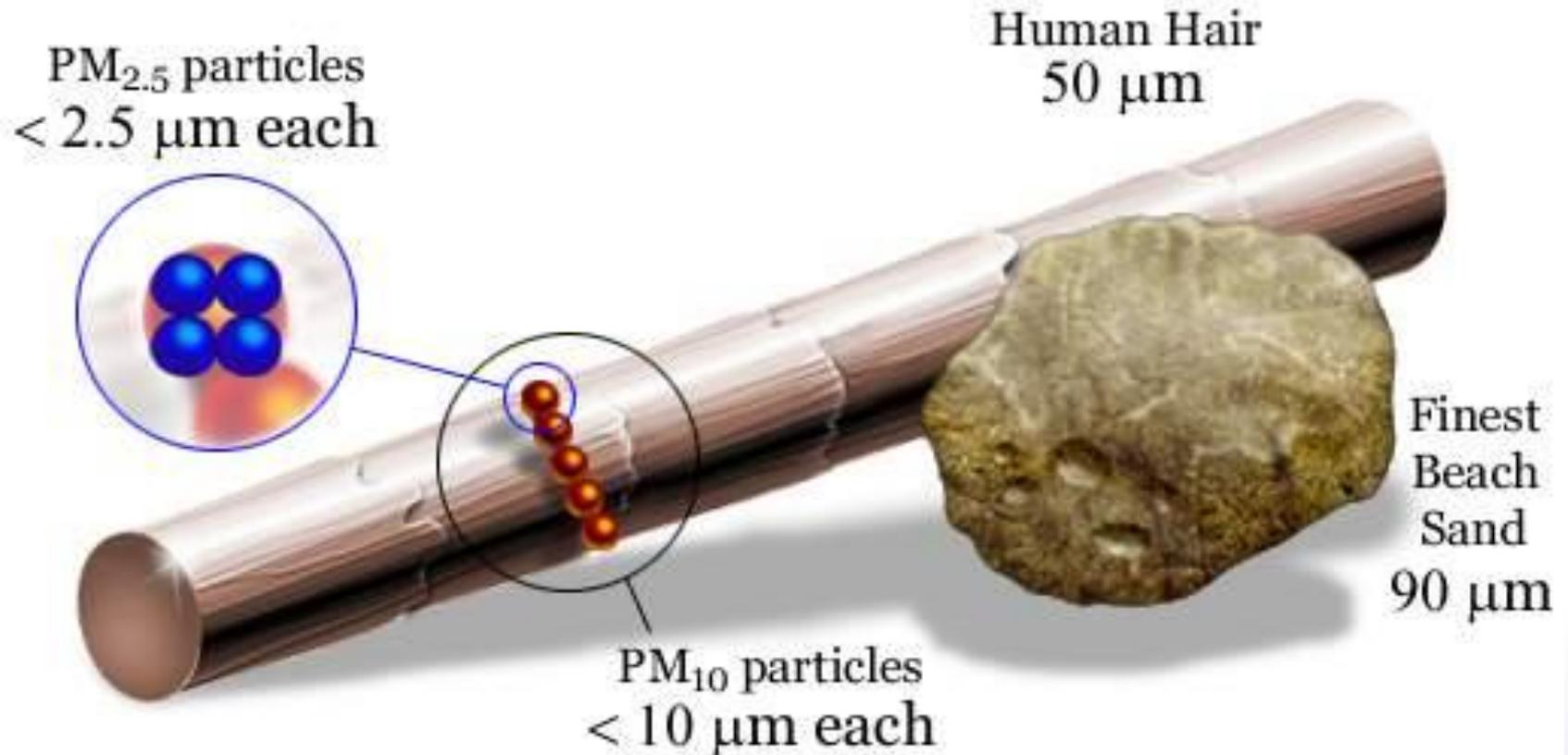
L'effetto tossico dell'SO₂ sull'uomo, ad alte concentrazioni, consiste nell'irritazione delle prime vie respiratorie e degli occhi.

Valore limite = 125 µg/m³ su 24h

Particolato – Definizioni

Con la terminologia *aerosol atmosferico* si intende l'insieme delle particelle la cui dimensione può variare da qualche millesimo a qualche centinaia di micron (μm). L'insieme complessivo delle particelle sospese in atmosfera prende il nome di PTS. Particelle con diametro inferiore ai $10 \mu\text{m}$ costituiscono la porzione denominata **PM10**, corrispondente alla frazione ***inalabile***, quella cioè in grado di penetrare nelle prime vie respiratorie (naso, faringe, laringe). Analogamente è definito il **PM2,5** che corrisponde alla frazione ***respirabile***, quella cioè in grado di giungere nelle vie aeree più profonde (trachea, bronchi, alveoli polmonari).

Valore limite PM10 = $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su 24h



Particolato – Sorgenti

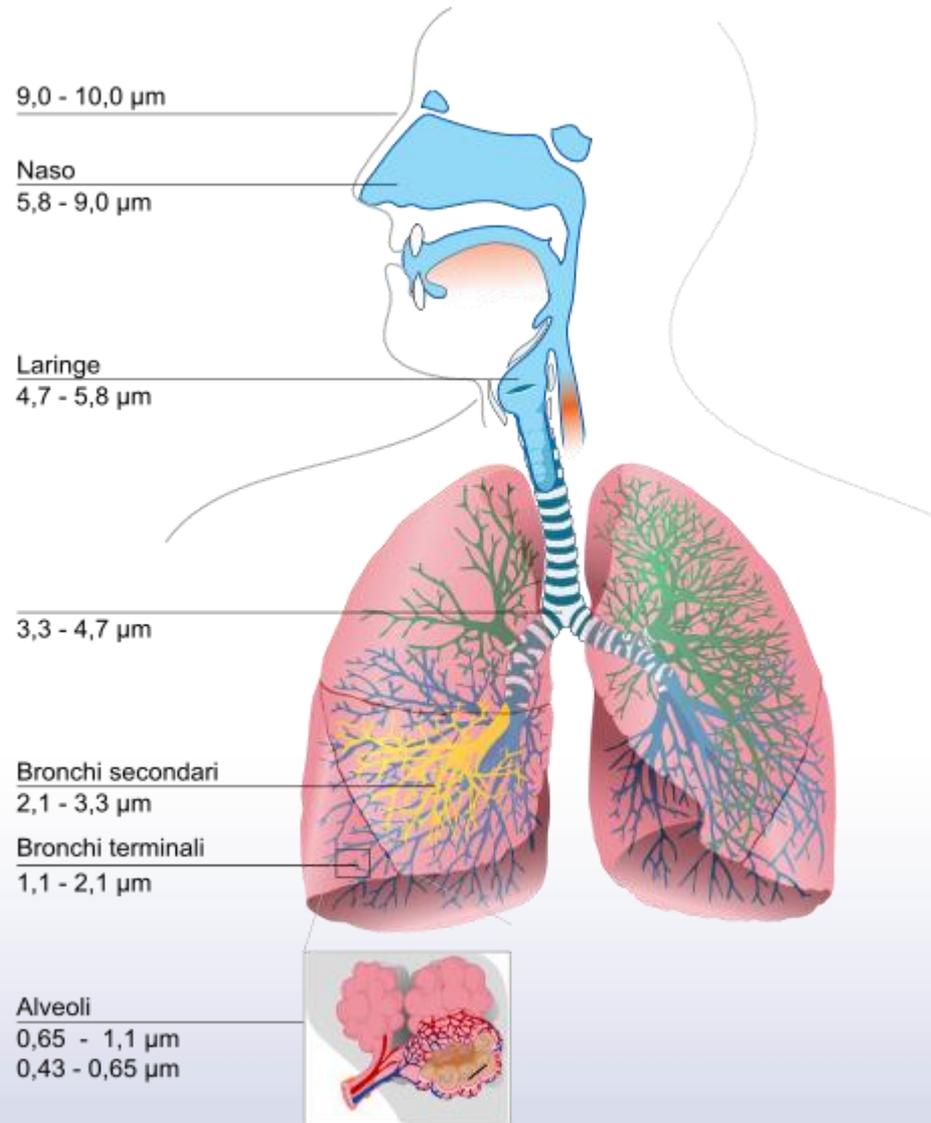
Il particolato atmosferico ha origine sia per emissione diretta (particelle primarie), che per reazione in atmosfera di composti chimici (particelle secondarie).

Le principali sorgenti naturali sono gli incendi boschivi, l'erosione del suolo da parte del vento, le eruzioni vulcaniche, lo spray marino.

Le principali sorgenti antropiche sono riconducibili a processi di combustione: emissioni da traffico veicolare (compresi usura dei pneumatici e dei freni, erosione del manto stradale), utilizzo di combustibili (carbone, oli, legno, rifiuti, rifiuti agricoli), emissioni industriali (cementifici, fonderie, miniere).

Particolato – Danni

Gli effetti sanitari del PM10 possono essere sia a breve termine che a lungo termine. Le polveri penetrano nelle vie respiratorie giungendo, quando il loro diametro lo permette, direttamente agli alveoli polmonari. Le particelle di dimensioni maggiori provocano effetti di irritazione e infiammazione del tratto superiore delle vie aeree, quelle invece di dimensioni minori (inferiori a 5-6 micron) possono provocare e aggravare malattie respiratorie. Anche recenti studi epidemiologici hanno confermato l'esistenza di una correlazione tra presenza di polveri fini e patologie dell'apparato respiratorio e cardiovascolare.



Ozono (O₃)

È un composto gassoso incolore, di odore pungente.

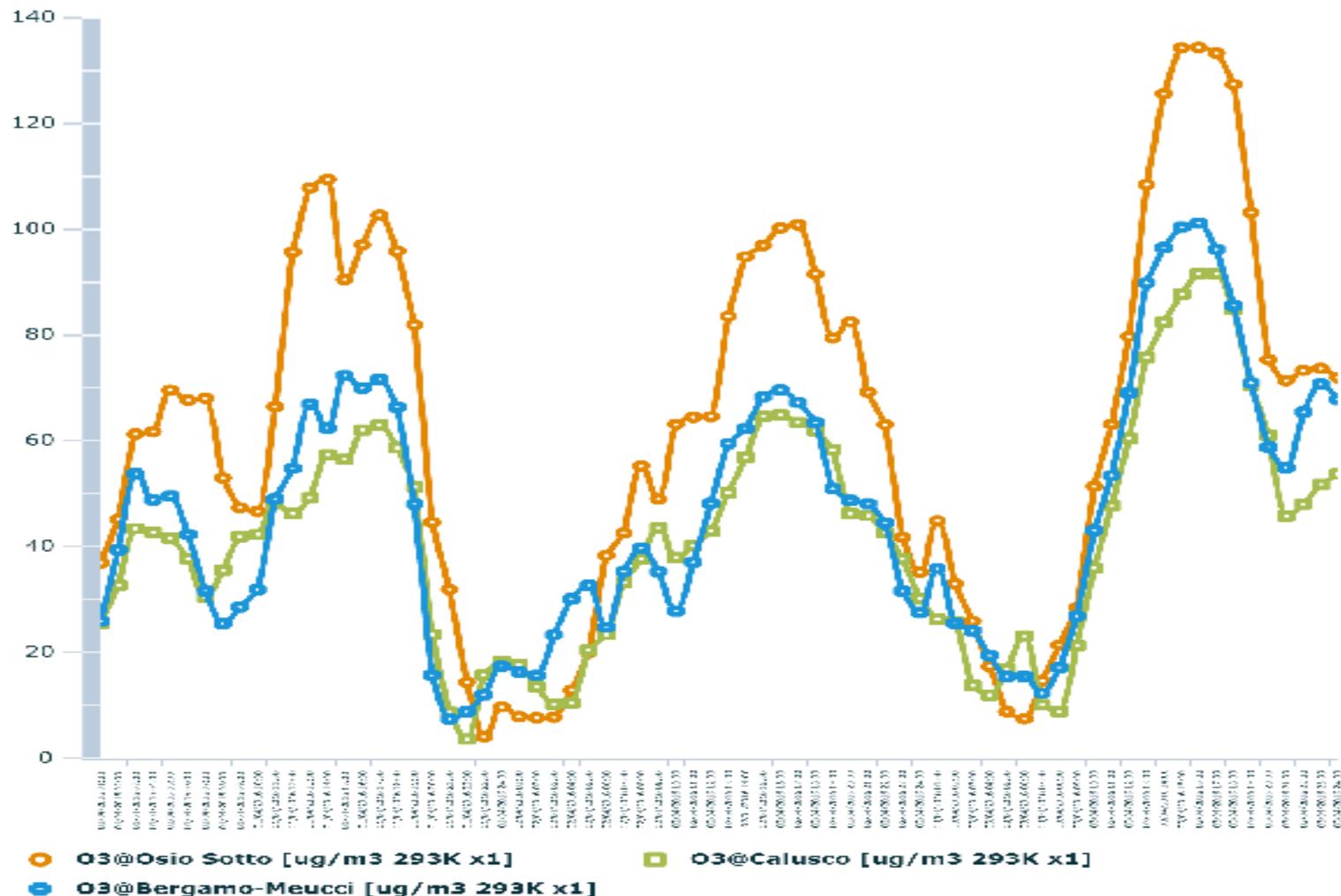
È un inquinante secondario, in quanto non ha sorgenti dirette di emissione. La sua formazione avviene da reazioni fotochimiche in particolari condizioni emissive e meteorologiche (intense emissioni di COV e NO_x, forte irraggiamento, scarsa circolazione). Generalmente ha origine in contesti fortemente antropizzati, ma importante è il fenomeno di trasporto e accumulo anche a grandi distanze.

L'effetto tossico dell'O₃ sull'uomo consiste nell'irritazione al naso e alla gola e, ad alte concentrazioni, secchezza delle fauci e affaticamento.

Grafico Dati Orari

Data inizio: 01/04/2016 Data fine: 03/04/2016

Tipo valori: Assoluti

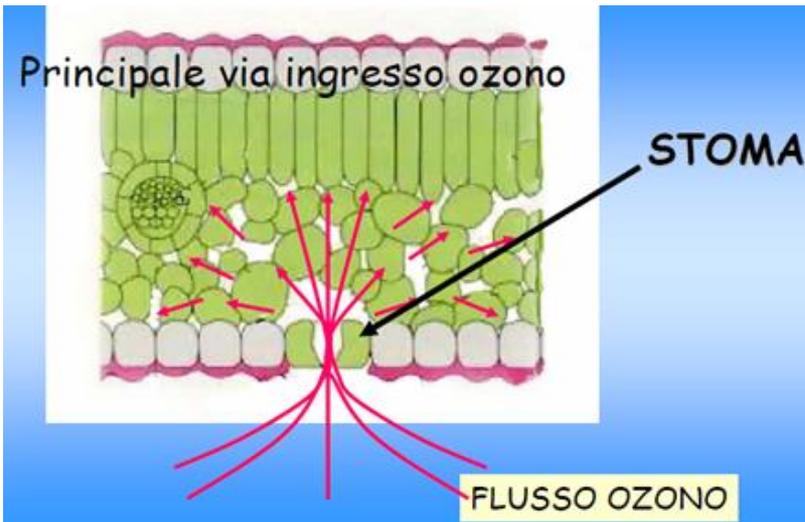


Quali sono gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla vegetazione?

Ozono

Diminuzione fotosintesi clorofilliana

Clorosi e necrosi fogliare



Monossido di carbonio (CO)

È un composto gassoso inodore, incolore, insapore.

La sorgente più importante è costituita dai mezzi di trasporto, soprattutto dai veicoli a benzina. Altre sorgenti sono legate alle combustioni, industriali e non.

L'effetto tossico del CO sull'uomo consiste nella riduzione della capacità del sangue di trasportare ossigeno dai polmoni alle cellule del corpo.

Valore limite = 10 mg/m³ massimo della media mobile su 8h

Ossidi di azoto (NO_x)

Monossido di azoto (NO) e biossido di azoto (NO_2)

Composti gassosi prodotti dalla reazione di due gas presenti in atmosfera, azoto e ossigeno.

La sorgente più importante è costituita dai mezzi di trasporto, soprattutto dai motori diesel. Importante è l'emissione legata a combustioni in impianti fissi, specialmente impianti termoelettrici.

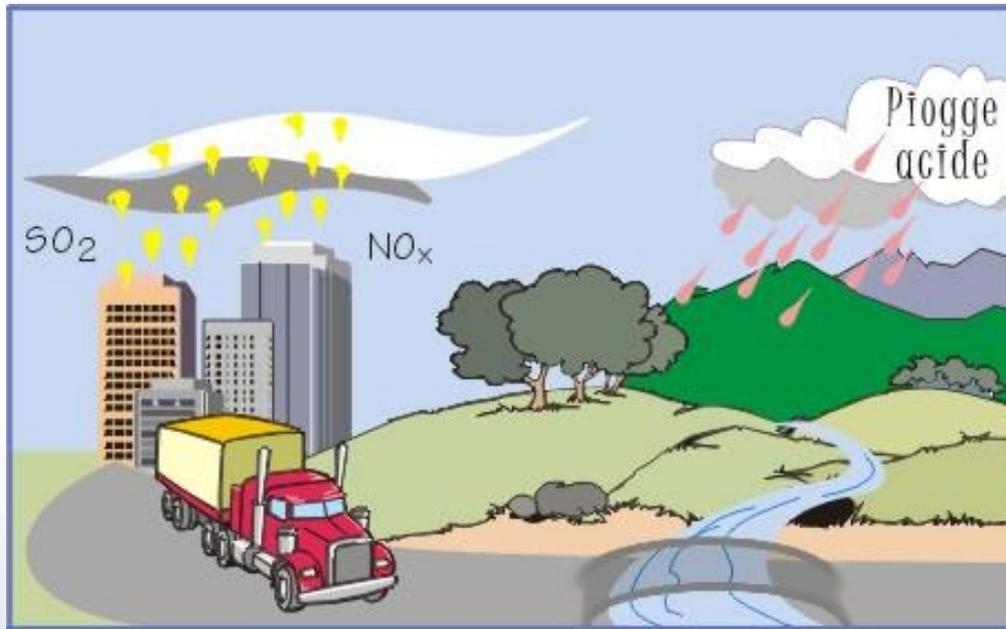
L'effetto tossico dell' NO_2 sull'uomo consiste nell'irritazione delle mucose degli occhi e del naso ad alte concentrazioni. Gli ossidi pericolosi anche per il loro coinvolgimento nella formazione di ossidanti fotochimici.

Valore limite = $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ su un ora

Quali sono gli effetti su vegetazione e manufatti?

Piogge acide

ricaduta dall'atmosfera sul suolo
di particelle acide
che si originano principalmente a
partire da SO_2 e NO_x



Azione delle piogge acide su di una foresta dell'Europa Settentrionale e su un monumento

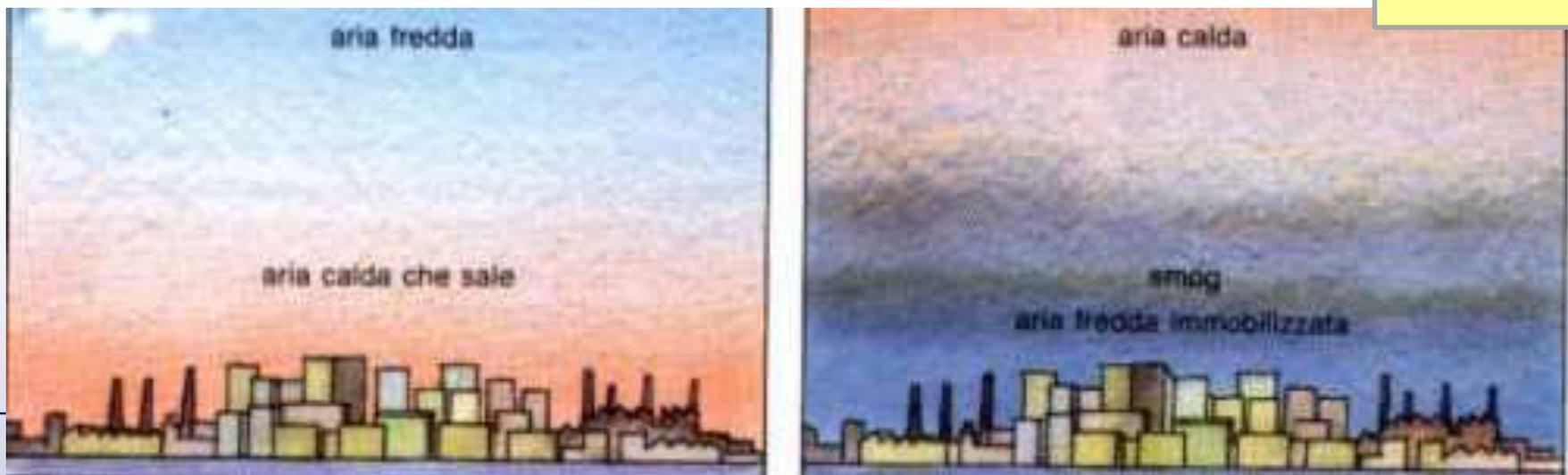


Strati d'aria in cui la temperatura, anziché diminuire, aumenta con l'altezza.

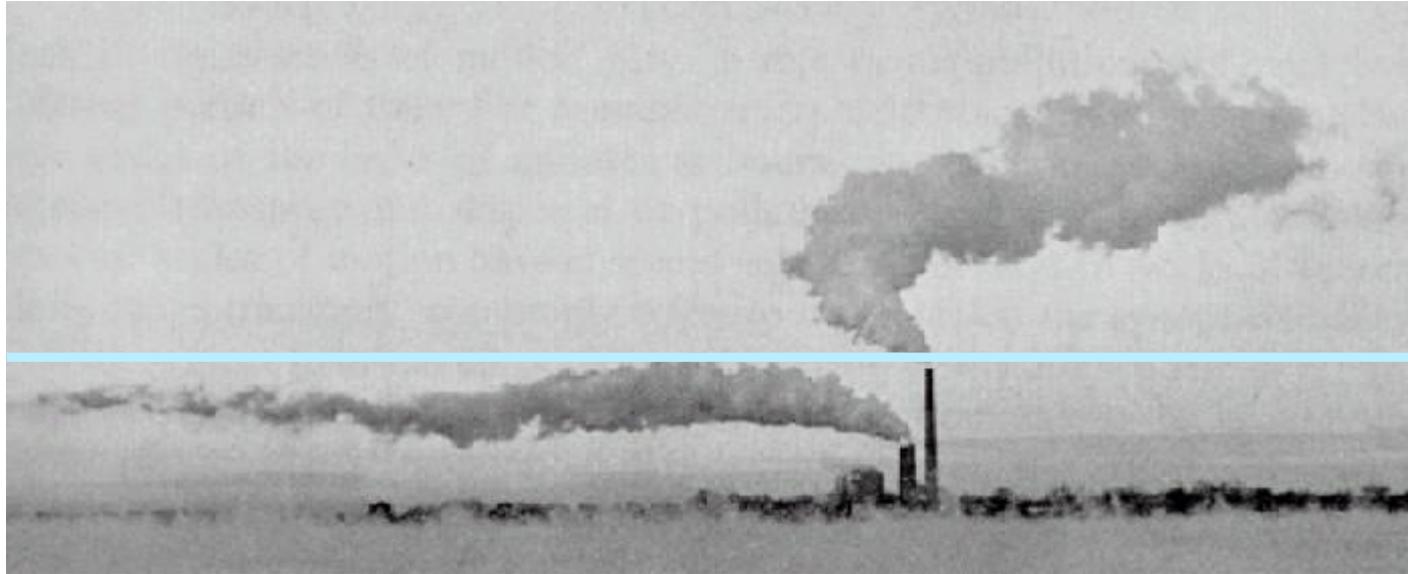
- ❑ Una coltre di nubi può ritrasmettere verso il basso il calore che era in procinto di lasciare la terra.
- ❑ In una notte limpida e serena, il calore sarà invece facilitato a lasciare il nostro pianeta.
- ❑ Ampie zone di pianura si raffreddano molto nelle notti di questo tipo e, raffreddandosi, raffreddano (per conduzione) anche gli strati d'aria più bassi, quelli che "vi appoggiano sopra".
- ❑ Può quindi accadere che l'aria, al suolo, sia addirittura più fredda dell'aria a 30-50 m di quota. Per una certa altezza l'aria è più calda man mano che si sale.
- ❑ Durante un'inversione termica è quindi impossibile il moto della particella d'aria verso l'alto, poiché sollevandosi, incontrerebbe aria addirittura più calda, che la farebbe ricadere.

- ❑ In tali condizioni si manifesta spesso una netta banda di foschia giallastra al di sopra del suolo.
- ❑ Se l'inversione termica al suolo si mantiene per più giorni le concentrazioni di gas tossici aumentano notevolmente.
- ❑ La dispersione degli inquinanti può avvenire con il riscaldamento dei bassi strati durante la giornata.

PRIMARIA :
ESPERIMENTO
CON ACQUA
COLORATA



Planetary Boundary Layer (Strato di rimescolamento)



**BOUNDARY
LAYER**

È la porzione di troposfera a diretto contatto con il suolo, influenzata dalla presenza della superficie terrestre e dalle attività antropiche in genere.

L'altezza dello strato rimescolato dipende dalle condizioni meteo e dalle caratteristiche orografiche del suolo e può variare tra i 50 m e i 2.5 km. Questo strato costituisce una barriera difficilmente penetrabile dagli inquinanti immessi in atmosfera.



Nelle zone e negli agglomerati la valutazione della qualità dell'aria deve essere condotta in modo integrato, con:

1. **Stazioni di monitoraggio fisse**
2. **Campagne con i laboratori mobili**
3. **Modelli matematici di dispersione**
4. **Stime obiettive come quelle fornite dall'inventario delle emissioni INEMAR**

INEMAR (**IN**ventario **EM**issioni **AR**ia), è un database progettato per realizzare l'inventario delle emissioni in atmosfera, ovvero stimare le emissioni a livello comunale dei diversi inquinanti, per ogni attività e tipo di combustibile.

Classificazione delle stazioni

Tipo di zona

URBANA: sito inserito in aree edificate in continuo o almeno in modo predominante

SUBURBANA: sito inserito in aree largamente edificate in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate

RURALE: sito inserito in tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane

Classificazione delle stazioni

Rispetto alle fonti di emissioni dominanti

TRAFFICO: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico medio alta.

INDUSTRIA: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.

FONDO: stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

SCUOLA SECONDARIA II GRADO

Cenosfera: particella carboniosa che si può formare durante una combustione di combustibili ricchi di zolfo



Autore: Vorne Gianelle

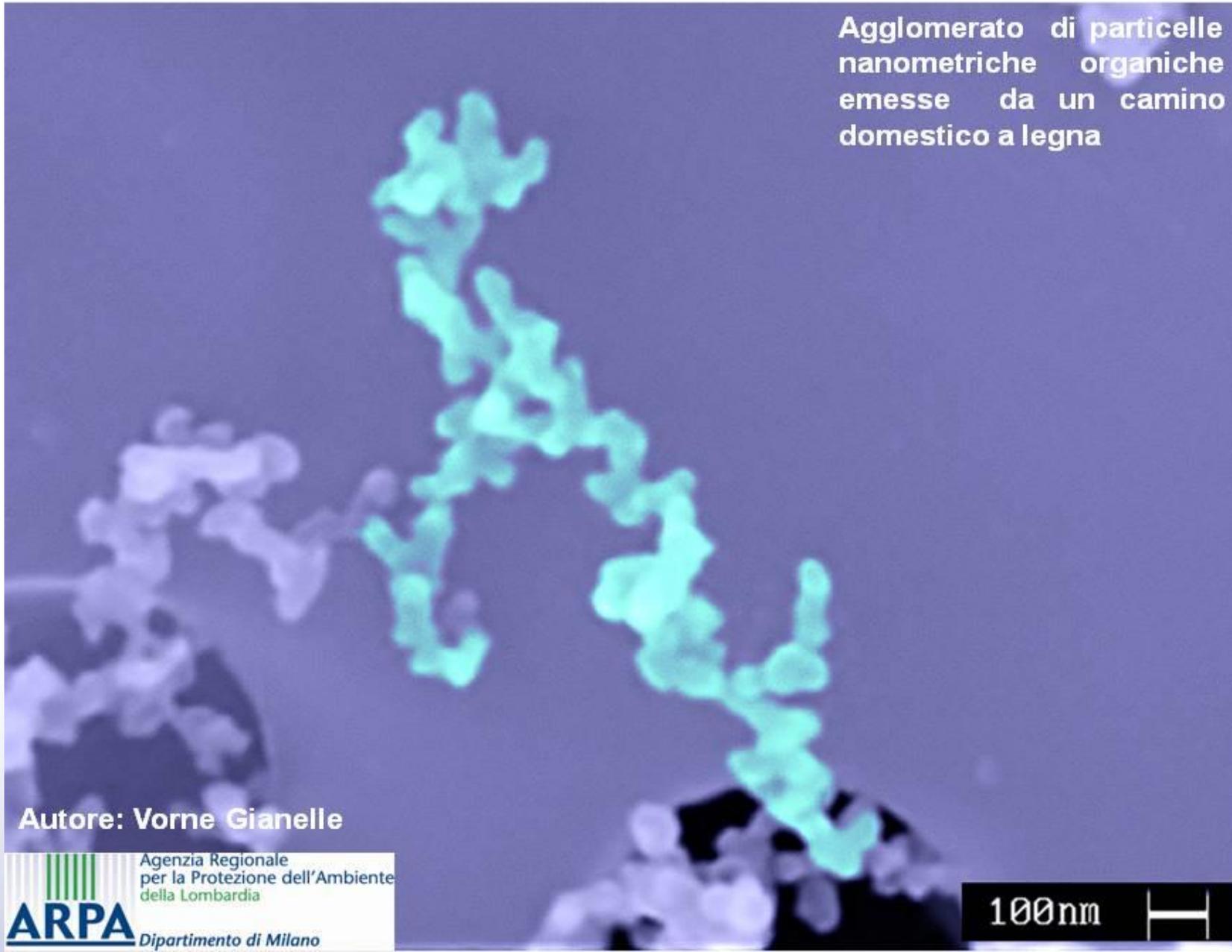
Agglomerato di particelle nanometriche organiche emesse da un veicolo con motore diesel



Autore: Vorne Gianelle



Agglomerato di particelle
nanometriche organiche
emesse da un camino
domestico a legna



Autore: Vorne Gianelle



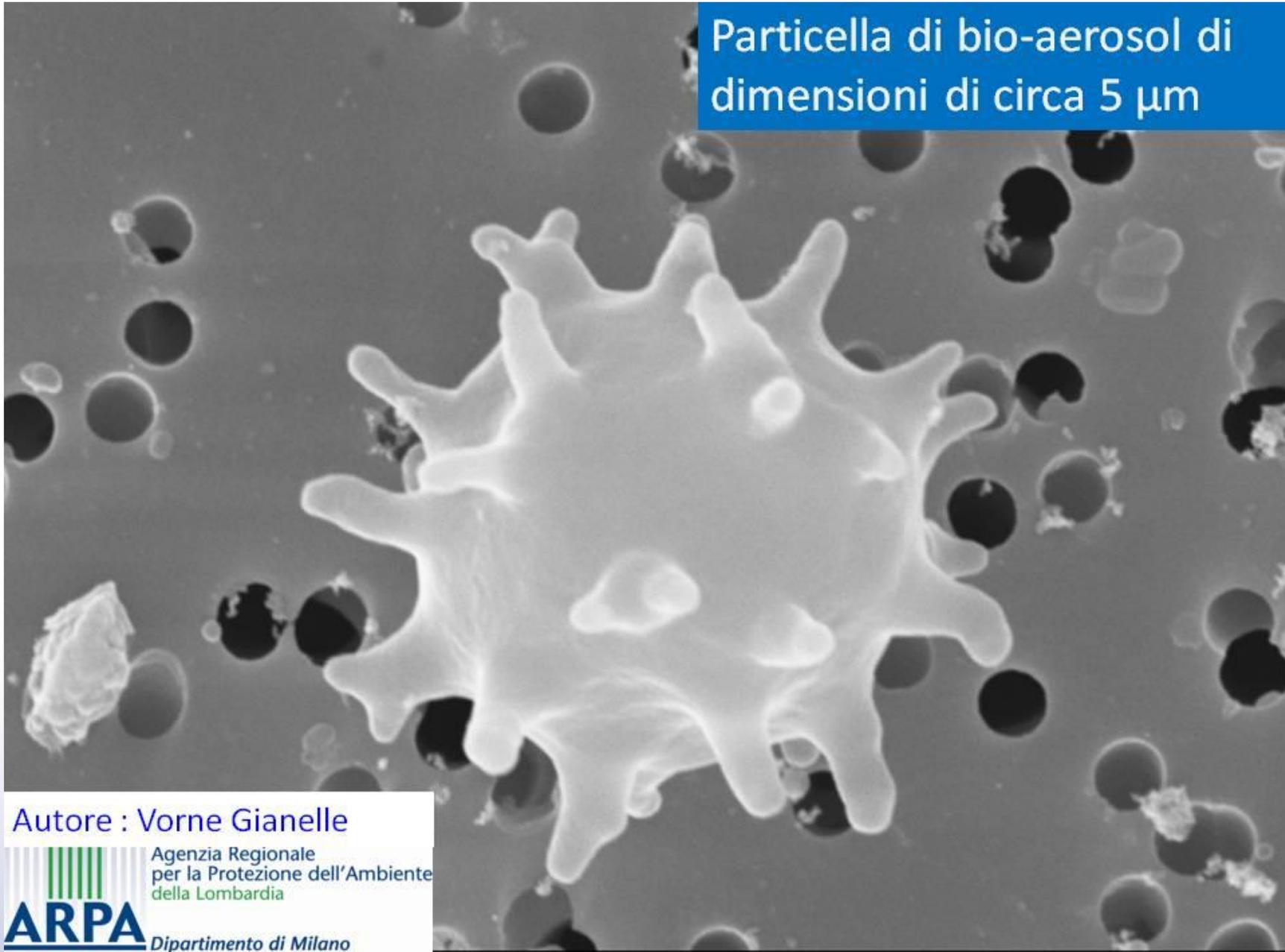
Particelle minerali prodotte
per azioni meccaniche e
risospese nell'aria

Autore: Vorne Gianelle

1 μ m

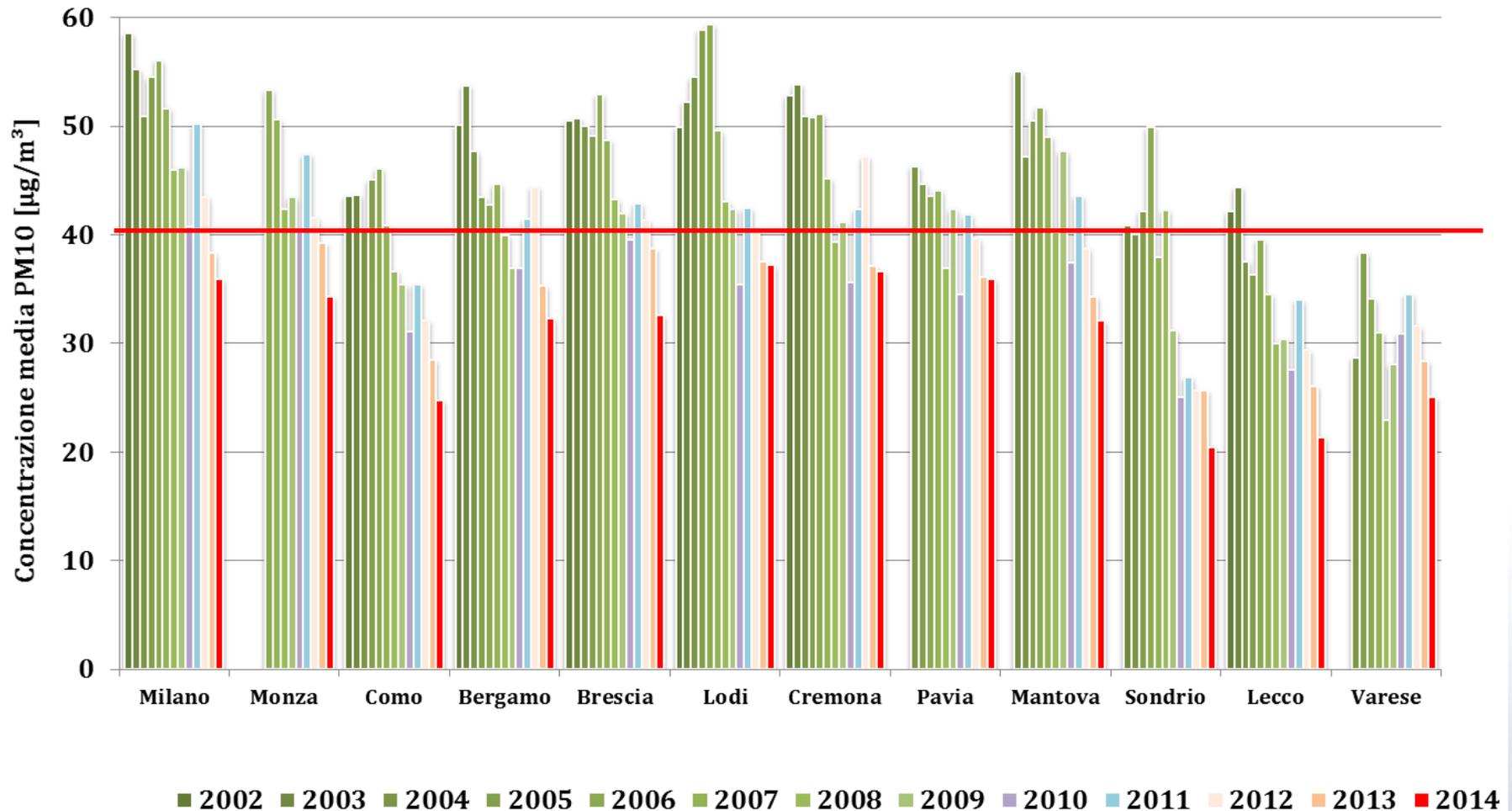


Particella di bio-aerosol di
dimensioni di circa 5 μm

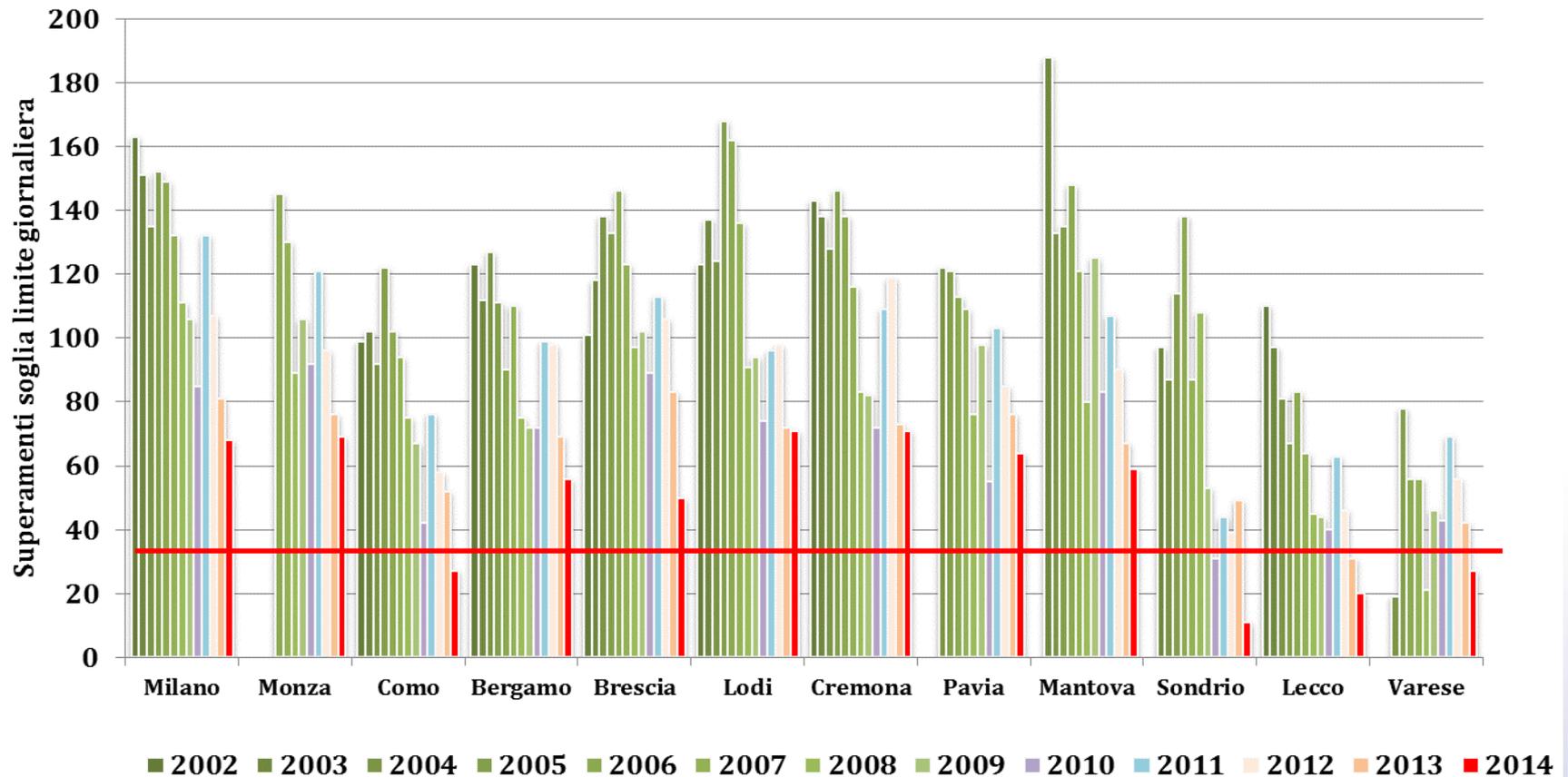


Autore : Vorne Gianelle

Concentrazioni medie annue di PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] in Lombardia trend 2002-2014



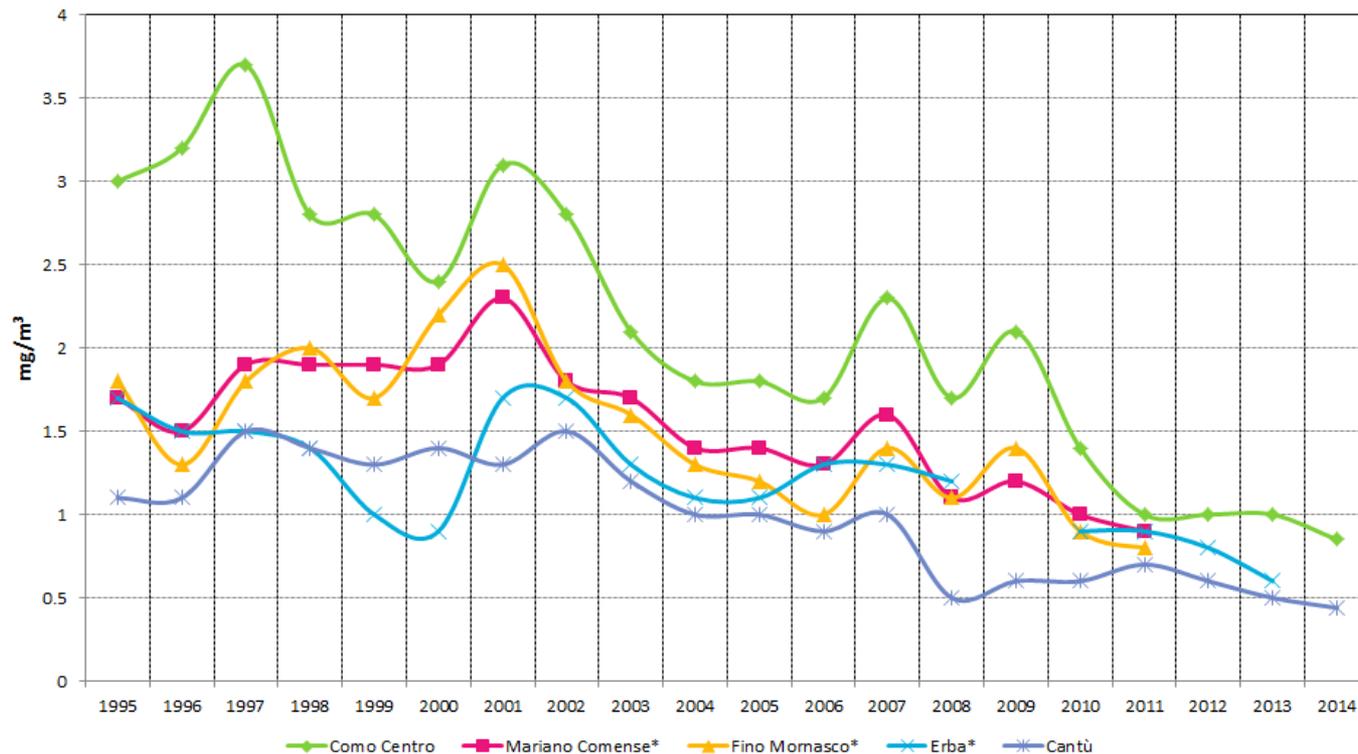
Superamenti annui del valore limite giornaliero ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM10 nei capoluoghi lombardi - trend 2002-2014



Monossido di carbonio (CO)

- ❑ **Caratteristiche:** composto gassoso inodore, incolore, insapore.
- ❑ **Sorgenti antropiche:** trasporto su strada (veicoli a benzina), combustioni industriali e non.
- ❑ **Effetti sanitari:** riduzione della capacità del sangue di trasportare ossigeno dai polmoni alle cellule del corpo.

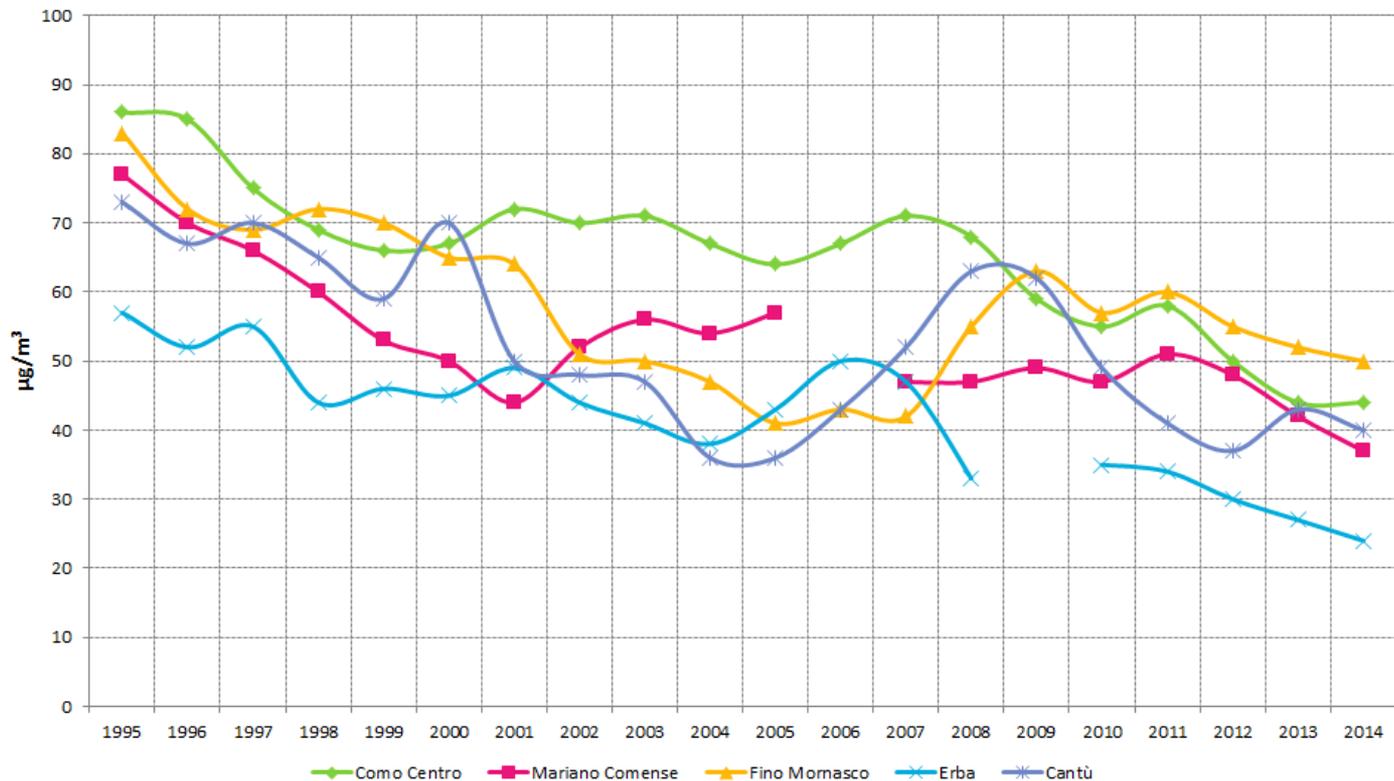
Trend delle concentrazioni medie annuali di CO in Provincia di Como



Ossidi di azoto (NO_x) - Monossido di azoto (NO) - Biossido di azoto (NO_2)

- **Caratteristiche:** composti gassosi prodotti dalla reazione di due gas presenti in atmosfera, azoto e ossigeno.
- **Sorgenti antropiche:** mezzi di trasporto (motori diesel), emissione legata a combustioni in impianti fissi, specialmente impianti termoelettrici.
- **Effetti sanitari NO_2 :** irritazione delle mucose degli occhi e del naso ad alte concentrazioni. Gli NO_x sono pericolosi anche per il loro coinvolgimento nella formazione di ossidanti fotochimici.

Trend delle concentrazioni medie annuali di NO₂ in Provincia di Como



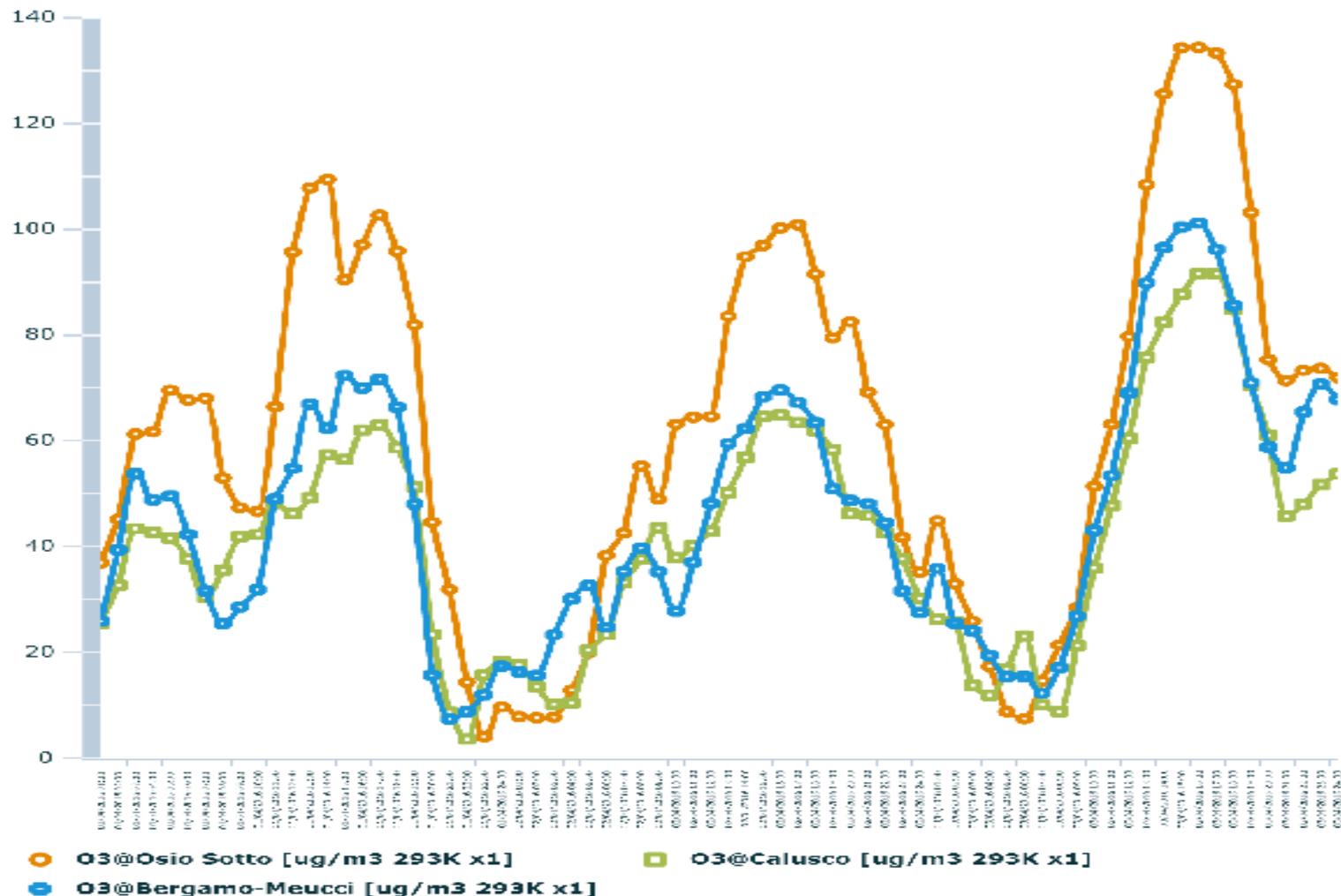
Ozono (O₃)

- **Caratteristiche:** composto gassoso incolore, di odore pungente.
- **Sorgenti antropiche:** inquinante secondario, quindi non ci sono sorgenti emissive rilevanti. Si forma da reazioni fotochimiche in particolari condizioni emissive e meteorologiche (intense emissioni di COV e NO_x, forte irraggiamento, scarsa circolazione). Generalmente ha origine in contesti fortemente antropizzati, ma importante è il fenomeno di trasporto e accumulo anche a grandi distanze.
- **Effetti sanitari:** irritazione al naso e alla gola e, ad alte concentrazioni, affaticamento.

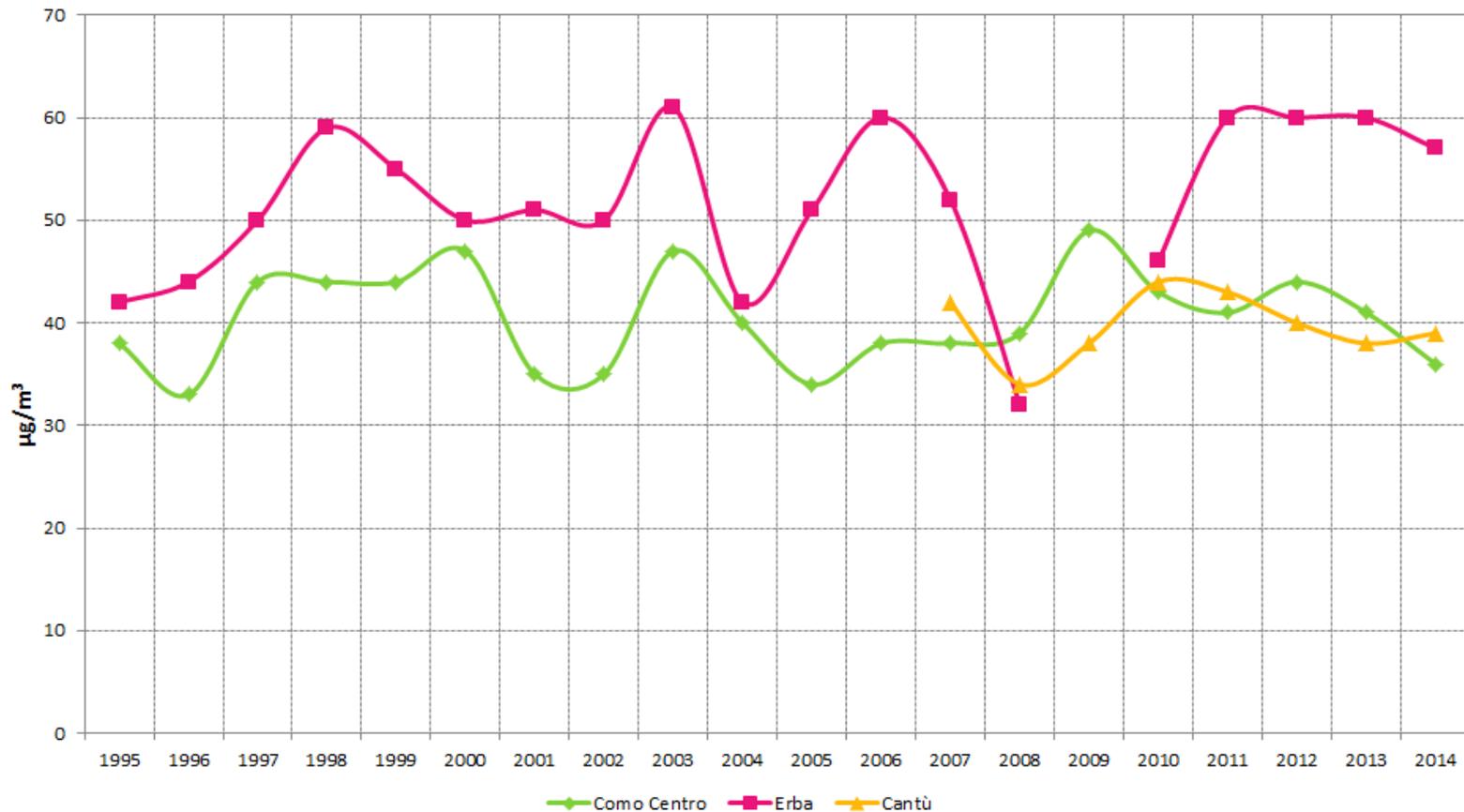
Grafico Dati Orari

Data inizio: 01/04/2016 Data fine: 03/04/2016

Tipo valori: Assoluti

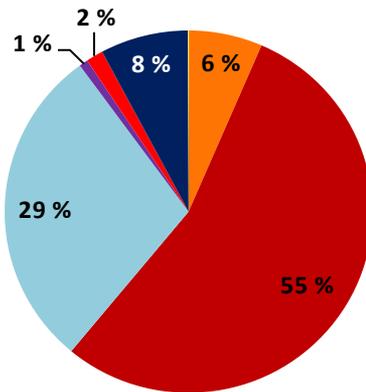


Trend delle concentrazioni medie annuali di O₃ in Provincia di Como

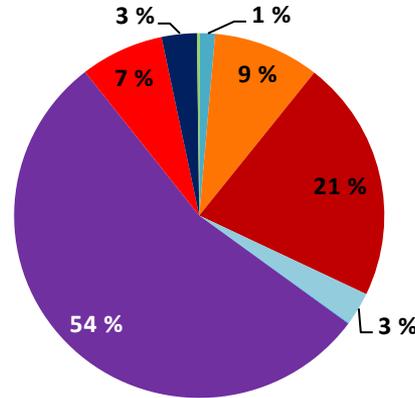


Cosa influenza le concentrazioni degli inquinanti? Analizziamo le emissioni in atmosfera:

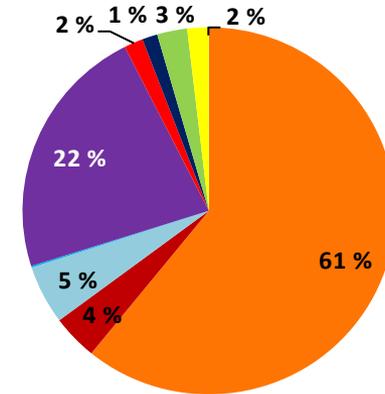
Biossido di zolfo (SO₂)



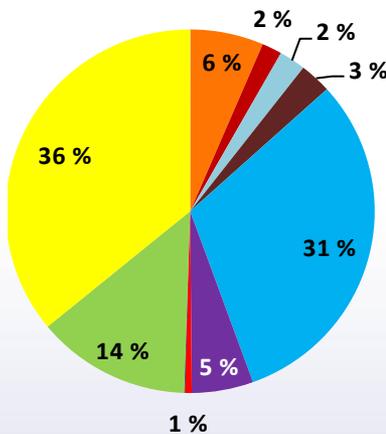
Ossidi di azoto (NO_x)



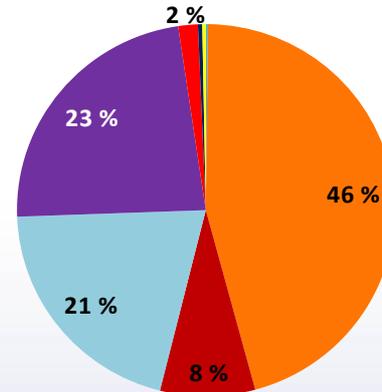
PM10



Composti organici volatili (COV)



Monossido di Carbonio (CO)



- Produzione energia e trasform. combustibili
- Combustione non industriale
- Combustione nell'industria
- Processi produttivi
- Estrazione e distribuzione combustibili
- Uso di solventi
- Trasporto su strada
- Altre sorgenti mobili e macchinari
- Trattamento e smaltimento rifiuti
- Agricoltura
- Altre sorgenti e assorbimenti

Gli inquinanti normati alle immissioni

Le motivazioni di una scelta

Rappresentativi della qualità dell'aria perché:

- Emessi/prodotti da una infinità di **sorgenti diffuse** nel territorio
- **Significativi** dal punto di vista sanitario
- Misurabili con continuità a **costi sostenibili** e con misure di qualità adeguata

Gli inquinanti normati alle immissioni

| Inquinante | | Tipologia |
|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Biossido di zolfo | SO ₂ | Primario |
| Monossido di carbonio | CO | Primario |
| Monossido e biossido di azoto | NO, NO ₂ , NO _x | Primario, secondario |
| Benzene (toluene, etilene, xileni) | BTEX | Primario |
| Ozono | O ₃ | Secondario |
| Frazioni del particolato aerodisperso | PM ₁₀ - PM _{2.5} | Primario, secondario |
| Benzo(a)pirene | B(a)P | Primario |

Obiettivi e limiti di legge per la protezione della salute umana

| Inquinante | Tipo di Limite | Limite |
|-----------------------|--------------------|--|
| SO₂ | Limite orario | 350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte all'anno |
| | Limite giornaliero | 125 µg/m ³ da non superare per più di 3 giorni all'anno |
| NO₂ | Limite orario | 200 µg/m ³ media oraria da non superare per più di 18 volte all'anno |
| | Limite annuale | 40 µg/m ³ media annua |
| CO | Limite giornaliero | 10 mg/m ³ come media mobile di 8 ore |
| O₃ | Valore obiettivo | 120 µg/m ³ come media mobile di 8 ore da non superarsi per più di 25 volte all'anno |
| PM10 | Limite giornaliero | 50 µg/m ³ da non superarsi per più di 35 giorni all'anno |
| | Limite annuale | 40 µg/m ³ media annua |
| PM2.5 | Limite annuale | 25 µg/m ³ media annua (dal 2015) |
| Benzene | Limite annuale | 5 µg/m ³ (su media annua) |
| B(a)P | Valore obiettivo | 1 ng/m ³ (su media annua) |
| As | Valore obiettivo | 6 ng/m ³ (su media annua) |
| Cd | Valore obiettivo | 5 ng/m ³ (su media annua) |
| Ni | Valore obiettivo | 20 ng/m ³ media annua |
| Pb | Limite annuale | 0.5 µg/m ³ |

Gli strumenti di misura – Principio di funzionamento analizzatori “gas”

- Si induce una reazione chimico-fisica che coinvolge l'inquinante
- La reazione dà luogo ad una emissione o variazione di radiazione luminosa (campo UV o IR)
- L'intensità di tale radiazione è convertita in un segnale elettrico (direttamente proporzionale all'intensità della radiazione stessa)
- Il segnale elettrico è convertito in un valore numerico (visualizzato a display) corrispondente alla concentrazione in atmosfera dell'inquinante monitorato

Per gli analizzatori di CO, SO2 e O3: Legge di Lambert - Beer

$$I = I_0 e^{-\alpha Lc}$$

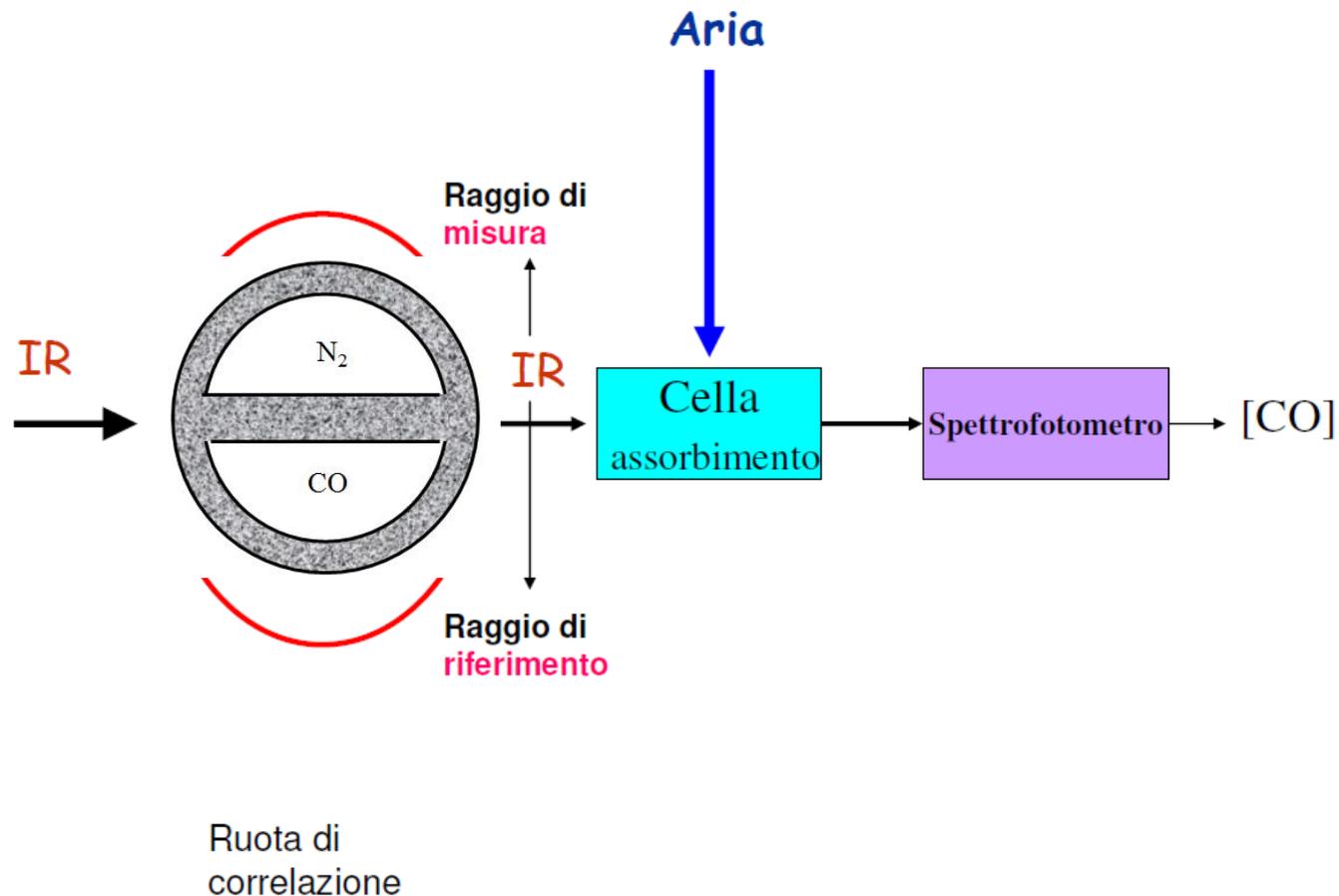
STRUMENTO
ESPLOSO
E/FUNZIONANTE

- dice quanta luce è assorbita da una specifica molecola ad una specifica lunghezza d'onda
- I_0 è l'intensità di luce senza assorbimento
- I è l'intensità di luce con assorbimento
- L è la distanza percorsa dal raggio di luce durante l'assorbimento
- c è la concentrazione del gas assorbente (espressa in parti per volume)
- α è il coefficiente di assorbimento alla specifica lunghezza d'onda d'interesse

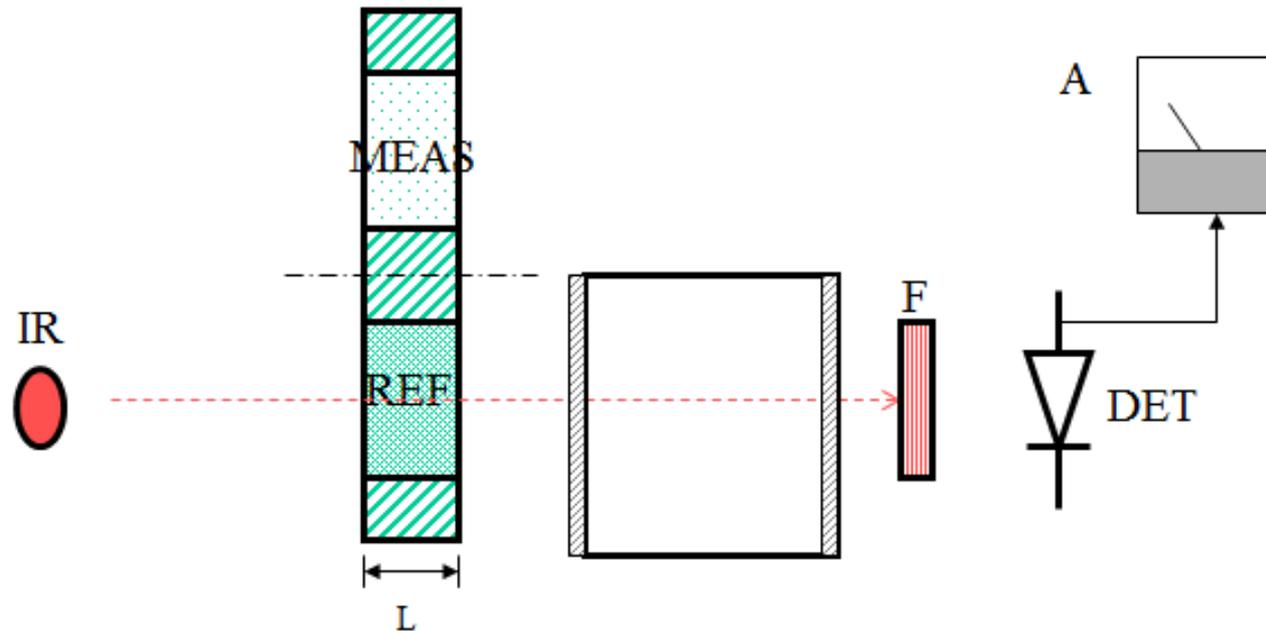
Analizzatore CO

Spettrofotometria di correlazione nell'infrarosso

- Assorbimento delle molecole di CO di radiazione IR intorno ai 4600 nm

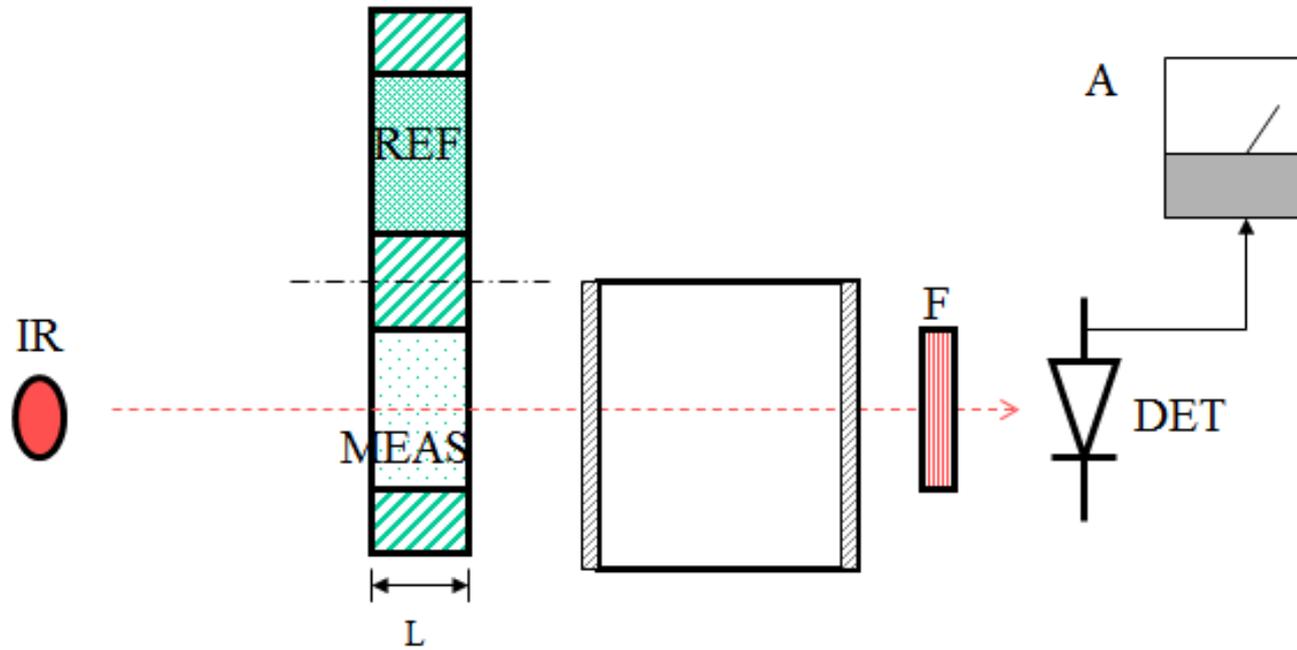


Analizzatore CO



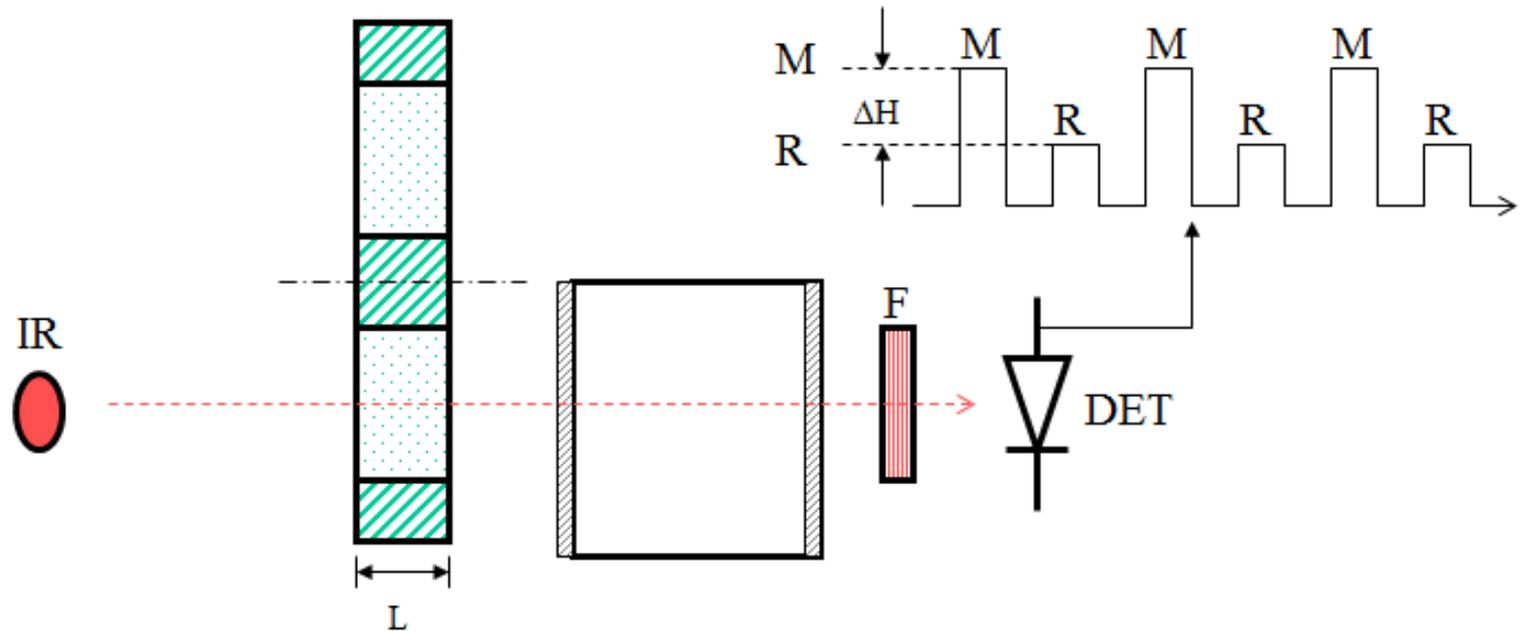
- Introduciamo in camera di misura un campione d'aria esente da CO ed altro interferente
- Quando la luce passa nel comparto di *Reference* della ruota è assorbita dal CO contenutovi ed il meter visualizza un valore basso

Analizzatore CO



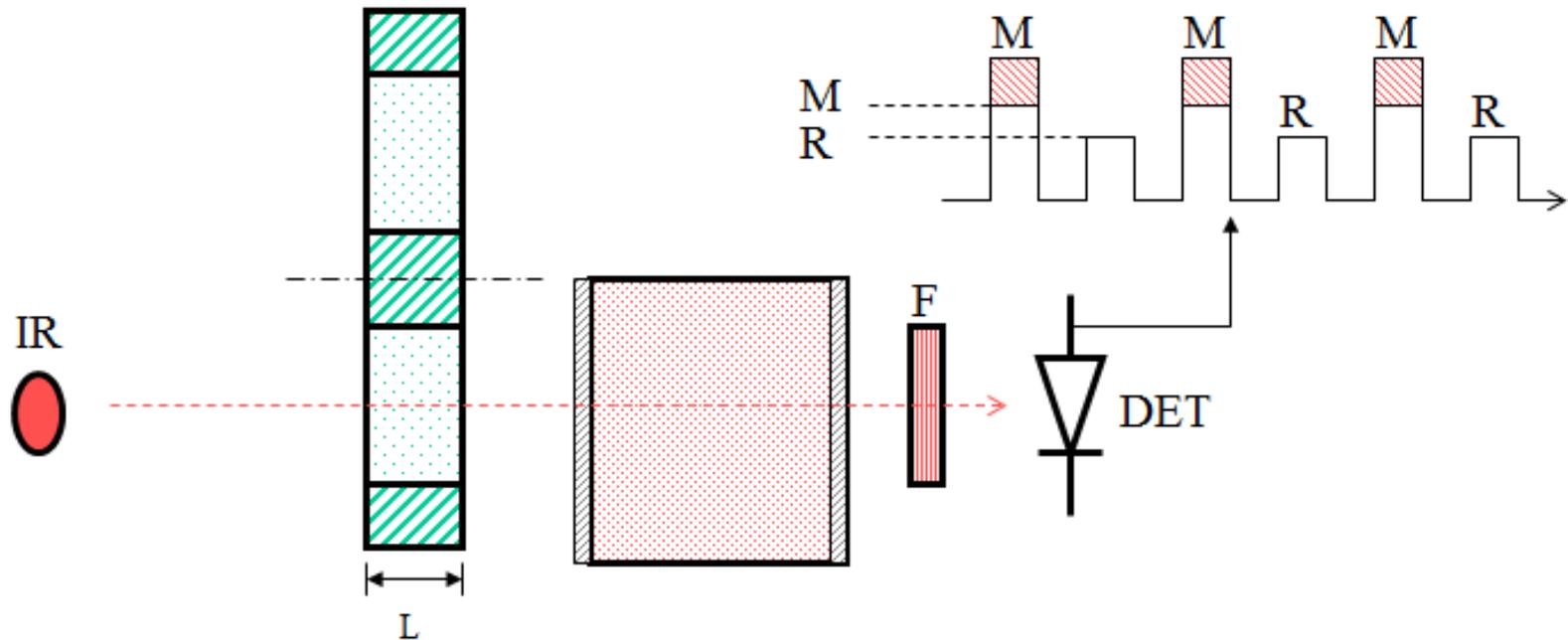
- Nel momento in cui la ruota gira, la luce passa attraverso il comparto di *Measure* (contenente N₂) e subisce un assorbimento minore. Il valore letto dal meter sarà più alto

Analizzatore CO



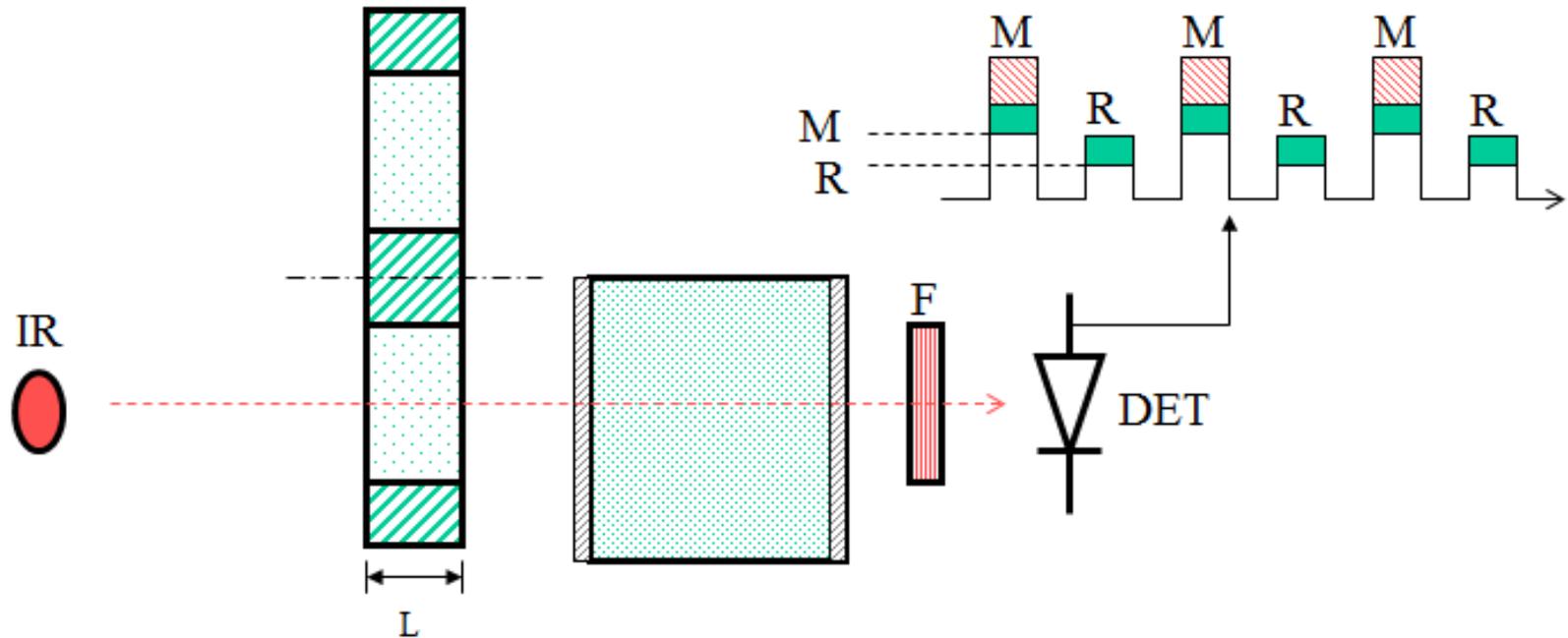
- La ruota di correlazione gira ad una velocità di circa 1800 RPM
- L'uscita del detector sarà una forma d'onda squadrata, con altezze di picco alternanti. I picchi alti corrispondono al comparto *Measure* della ruota (M) ed i picchi bassi al comparto *Reference* (R).
- Lo strumento misura la differenza fra le altezze dei picchi.

Analizzatore CO



- L'inserimento di CO nella camera causa un decremento nell'altezza dei picchi M
- L'altezza dei picchi R resta invariata, poiché il CO contenuto in questa porzione di ruota ha già assorbito la luce infrarossa, prima che questa passi attraverso la camera. Ora, la differenza fra le altezze dei picchi è diminuita.

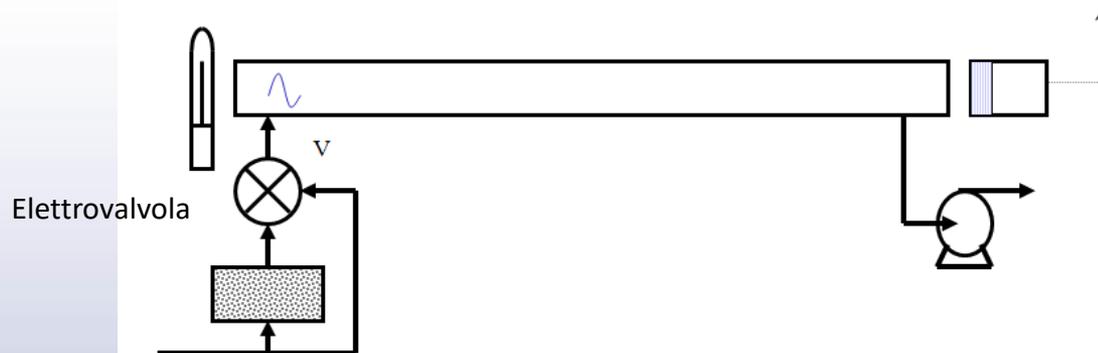
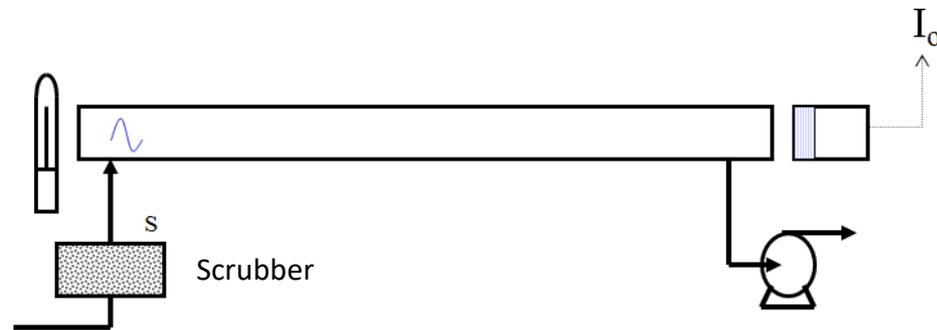
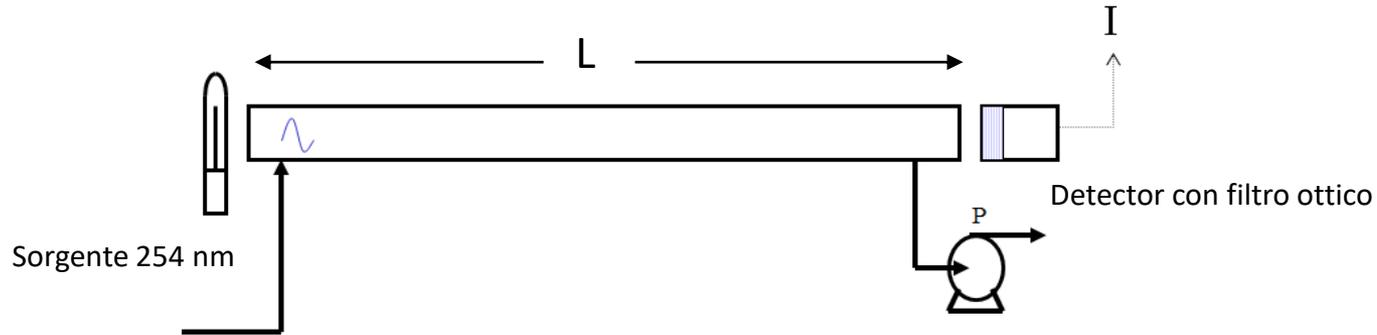
Analizzatore CO



- Inseriamo dei gas interferenti, come il vapore acqueo, nella camera insieme al CO
- Le altezze dei picchi R e M si riducono della stessa quantità. La differenza fra di loro resta, comunque, invariata.
- Possiamo affermare che, usando il metodo GFC, la differenza fra le altezze dei picchi R e M è dovuta soltanto al CO e non a degli interferenti.

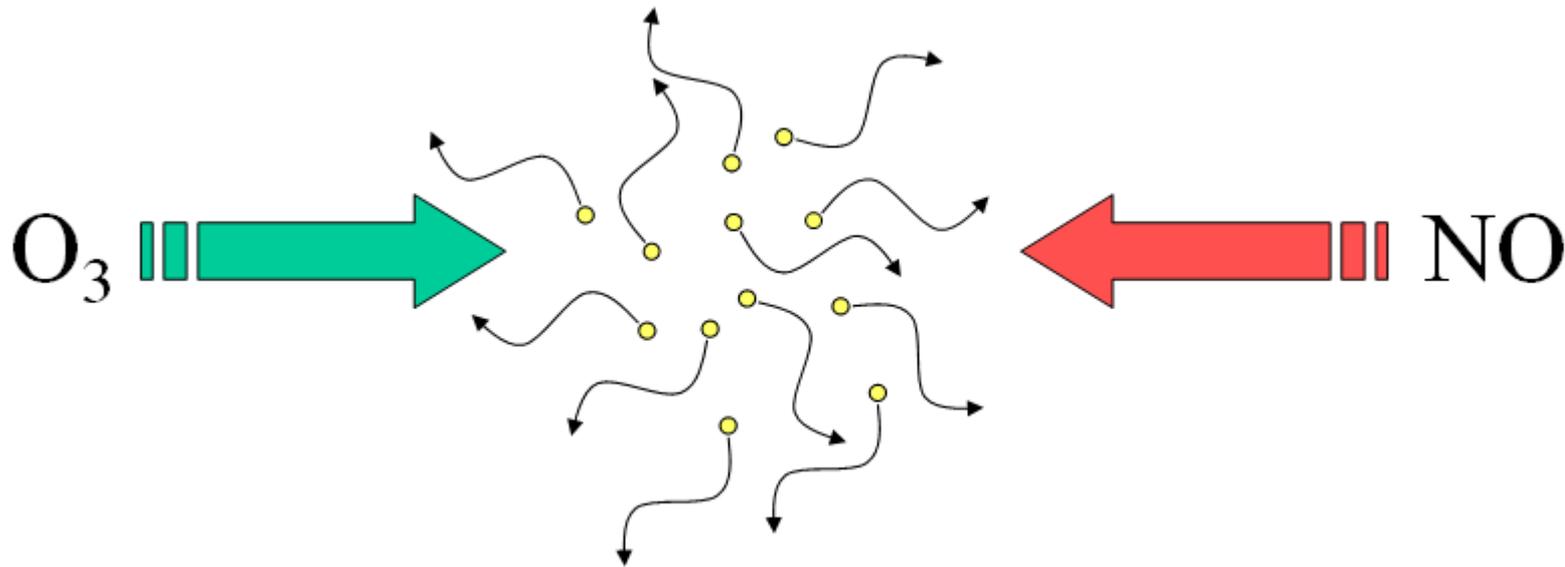
Analizzatore O3

Metodo ad assorbimento UV



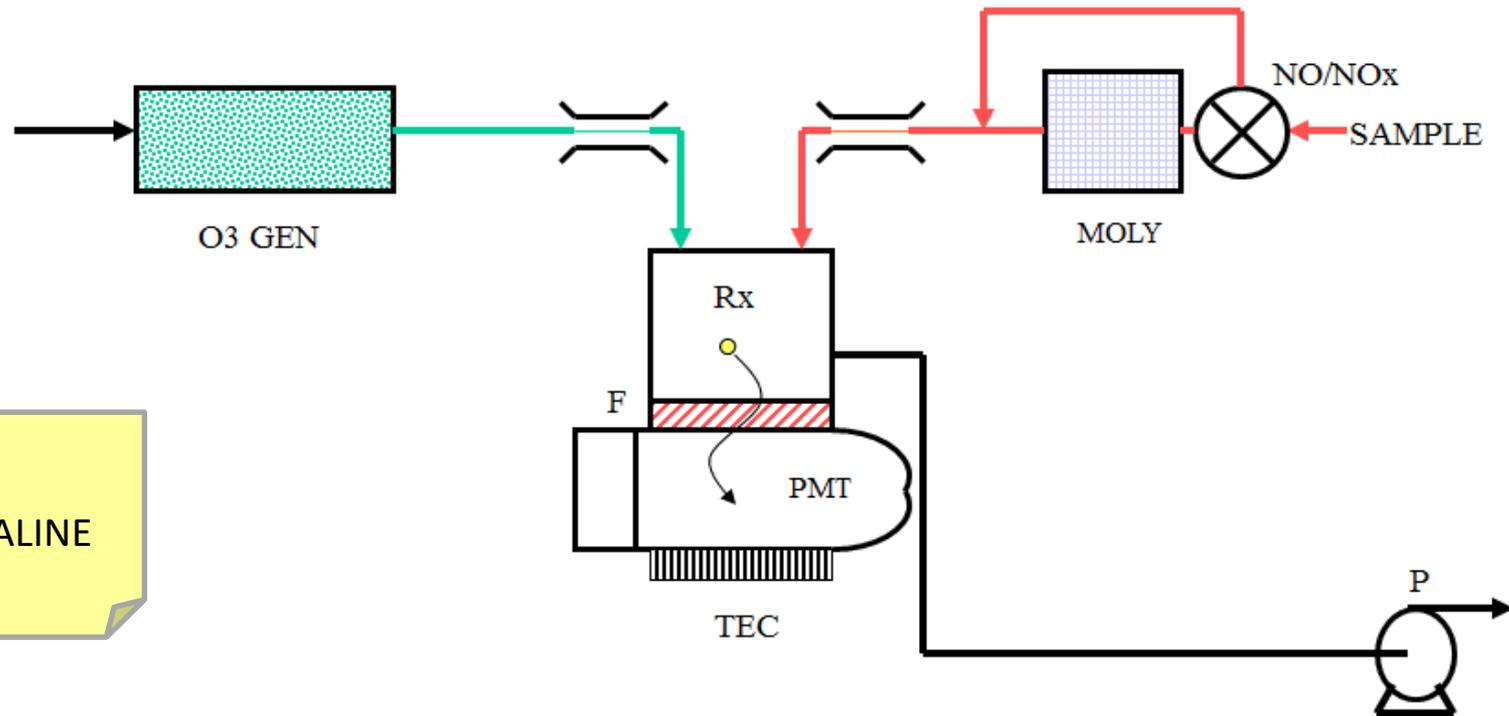
- conosciamo tutte le variabili nell'equazione di Beer-Lambert e possiamo calcolarci **C**, cioè, la concentrazione di ozono che stiamo campionando.

Analizzatore Nox Chemiluminescenza



- Eseguendo un mix tra ozono (O₃) e NO, la reazione chimica che ne scaturisce è chiamata "CHEMILUMINESCENZA"
- $O_3 + NO \rightarrow NO_2^* + O_2$
- $NO_2^* \rightarrow NO_2 + h\nu_{1100\text{ nm}}$

Analizzatore Nox



VISITA
CENTRALINE

- Se il campione introdotto in camera contiene NO, noi possiamo misurare il risultato della reazione chemiluminescente, con un detector molto sensibile chiamato tubo fotomoltiplicatore (PMT)
- Inseriamo un filtro ottico (F) davanti al PMT, in modo che esso vedrà, soltanto, i fotoni creati dalla chemiluminescenza
- Per poter misurare NO₂, passiamo il campione d'aria attraverso un convertitore al molibdeno (MOLY), riscaldato a 315°C. Quest'ultimo converte NO₂ in NO, che è quindi misurabile attraverso la chemiluminescenza. L'alternanza tra le misure NO e NO_x è data dall'utilizzo di una elettrovalvola (NO/NO_x).