

L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Ovvero: COSA RESPIRIAMO?

Pasquale Scordino

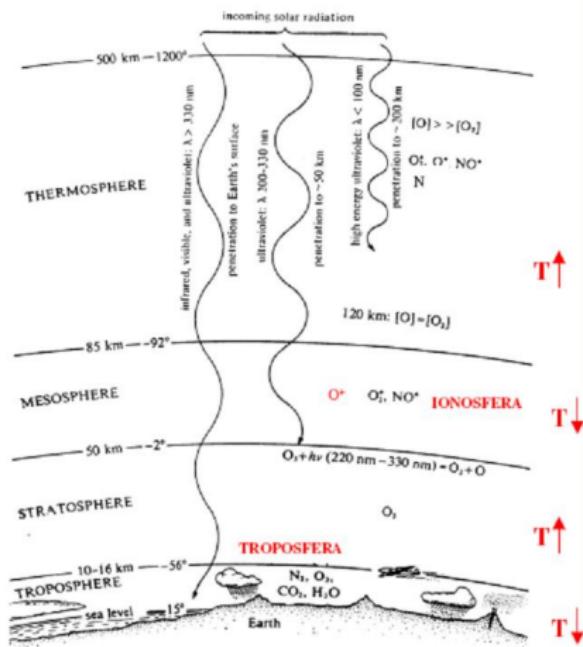
ARPA Piemonte - Dipartimento di Biella
<https://www.arpa.piemonte.it>

15 Marzo 2011



L'atmosfera terrestre 1

Le regioni atmosferiche

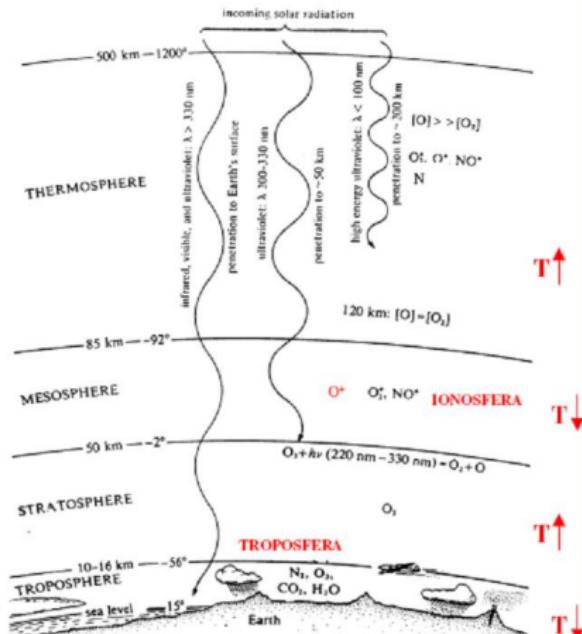


La troposfera, analizzando le masse d'aria in movimento, può essere suddivisa in:

- Strato limite planetario (PBL)
- Troposfera libera

L'atmosfera terrestre 1

Le regioni atmosferiche



La troposfera, analizzando le masse d'aria in movimento, può essere suddivisa in:

- Strato limite planetario (PBL)
- Troposfera libera

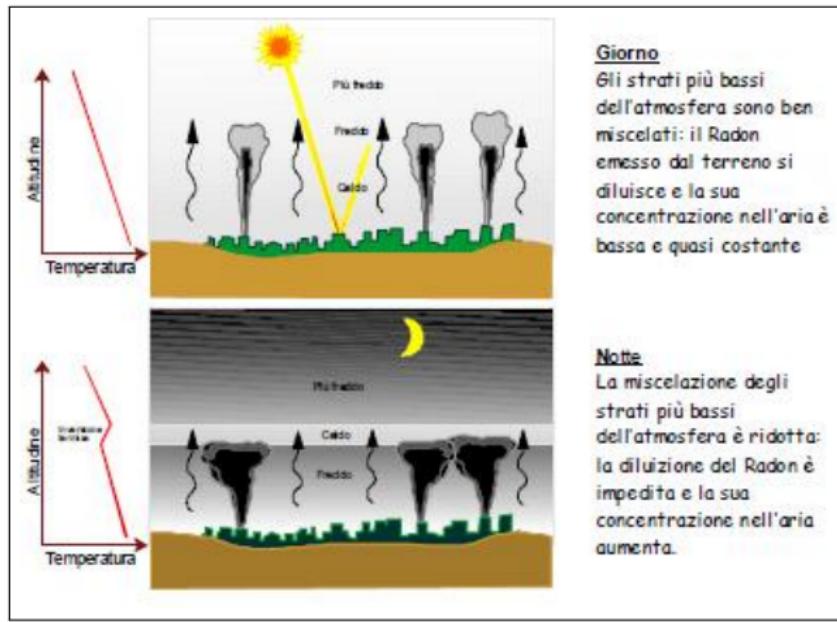
L'atmosfera terrestre 2

Foto dalla alta valle Po alle ore 17.50 del 5 Agosto 2005 - Inversione termica.



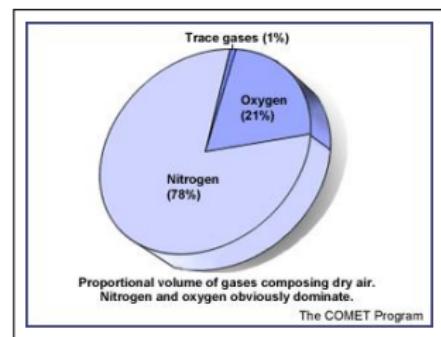
L'atmosfera terrestre 3

Rappresentazione del fenomeno dell'inversione termica.



La composizione chimica dell'atmosfera

Gas	Concentrazione media	Tempo di Residenza
N ₂	78.08%	10 ⁶ anni
O ₂	20.95%	5000 anni
Ar	0.934%	no ricambio
CO ₂	0.033%	15 anni
Ne	1.82×10 ⁻⁰³ %	no ricambio
He	5.24×10 ⁻⁰⁴ %	
Kr	1.14×10 ⁻⁰⁴ %	no ricambio
Xe	8.7×10 ⁻⁰⁶ %	no ricambio
H ₂	5.0×10 ⁻⁰⁵ %	10 anni
CH ₄	2.0×10 ⁻⁰⁴ %	7 anni
CO	1.0×10 ⁻⁰⁵ %	65 giorni
N ₂ O	5.0×10 ⁻⁰⁵ %	20 anni
O ₃	10 ⁻⁶ –10 ⁻⁵ %	100 giorni
NO/NO ₂	10 ⁻¹⁰ –10 ⁻⁶ %	1 giorno



La chimica della troposfera 1

La chimica dell'atmosfera è guidata da una specie chimica chiamata spazzino atmosferico: **Il radicale ossidrile**.

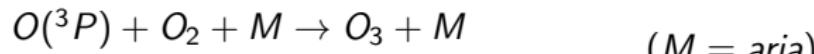
In bassa troposfera e in assenza di ossidi di azoto e composti organici, sia di origine naturale che antropica, avvengono le seguenti reazioni chimiche di fotolisi dell'ozono:



La chimica della troposfera 1

La chimica dell'atmosfera è guidata da una specie chimica chiamata spazzino atmosferico: **Il radicale ossidrile**.

In bassa troposfera e in assenza di ossidi di azoto e composti organici, sia di origine naturale che antropica, avvengono le seguenti reazioni chimiche di fotolisi dell'ozono:



La chimica della troposfera 2

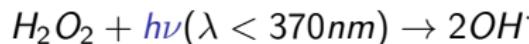
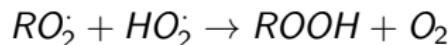
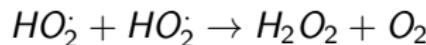
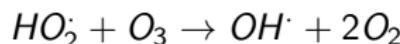
In atmosfera povera di NO_x ma con la presenza di VOC_s (Composti organici volatili) di origine naturale le reazioni chimiche che avvengono sono le seguenti:



I perossidi organici formatisi si depositano sulle superfici o si disciogliono nell'aereosol acquoso. L'acqua ossigenata, invece, fotolizza dando altri radicali ossidrili.

La chimica della troposfera 2

In atmosfera povera di NO_x ma con la presenza di VOC_s (Composti organici volatili) di origine naturale le reazioni chimiche che avvengono sono le seguenti:



I perossidi organici formatisi si depositano sulle superfici o si disciolgono nell'aerosol acquoso. L'acqua ossigenata, invece, fotolizza dando altri radicali ossidrili.

La chimica della stratosfera

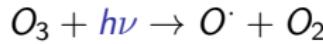
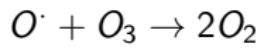
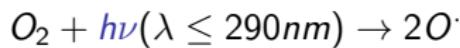
In Stratosfera l'ozono si forma attraverso il ciclo di Chapman:



Il ciclo di Chapman è stato disturbato da specie chimiche persistenti di origine antropica che arrivate in stratosfera sono state fotolizzate ed il loro prodotto ha perturbato il ciclo.

La chimica della stratosfera

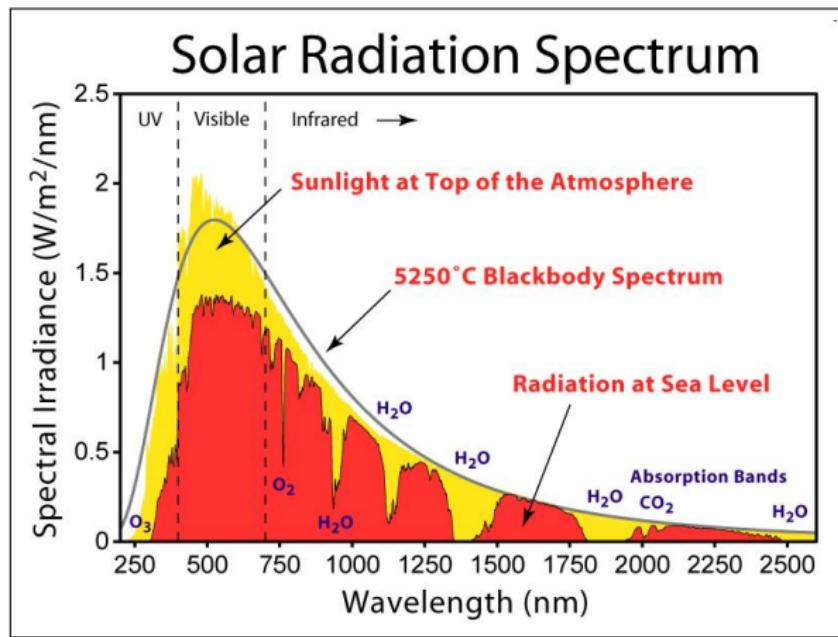
In Stratosfera l'ozono si forma attraverso il ciclo di Chapman:



Il ciclo di Chapman è stato disturbato da specie chimiche persistenti di origine antropica che arrivate in stratosfera sono state fotolizzate ed il loro prodotto ha perturbato il ciclo.

La chimica della stratosfera

Assorbimento spettrale dell'atmosfera.

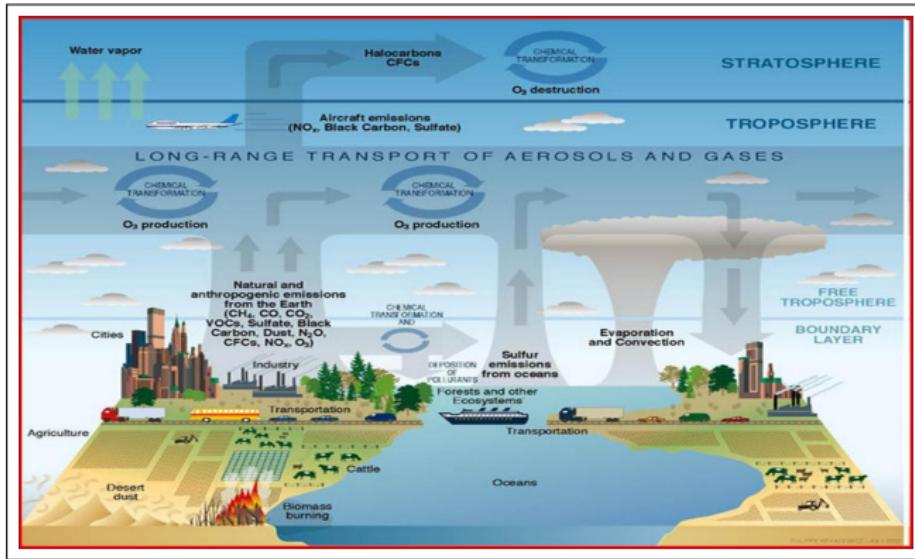


L'inquinamento atmosferico 1

Si definisce **inquinamento atmosferico** ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell'ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell'ambiente.

L'inquinamento atmosferico 2

L'introduzione di sostanze di origine antropica, ma anche naturale, oltre una certa soglia provoca lo squilibrio dei naturali cicli chimici.



L'inquinamento atmosferico 3

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

- Secondo la loro origine.
 - Naturale (incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni VOC_s dalla vegetazione ecc...).
 - Antropica (attività industriali, traffico veicolare, riscaldamento civile e industriale ecc...).
- Secondo la classe chimica di appartenenza.
 - Sostanze organiche volatili (questa classe è numerosa e può essere suddivisa ulteriormente...).
 - Metalli pesanti.
 - Ossidi inorganici.
- Secondo il loro comportamento/evoluzione in atmosfera.
 - Primari (emessi direttamente dalle sorgenti senza subire trasformazioni chimiche in atmosfera).
 - Secondari (originano da trasformazioni chimiche in atmosfera con la fondamentale partecipazione di precursori).

L'inquinamento atmosferico 3

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

- **Secondo la loro origine.**

- Naturale (incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni VOC_s dalla vegetazione ecc...).
- Antropica (attività industriali, traffico veicolare, riscaldamento civile e industriale ecc...).

- **Secondo la classe chimica di appartenenza.**

- Sostanze organiche volatili (questa classe è numerosa e può essere suddivisa ulteriormente...).
- Metalli pesanti.
- Ossidi inorganici.

- **Secondo il loro comportamento/evoluzione in atmosfera.**

- Primari (emessi direttamente dalle sorgenti senza subire trasformazioni chimiche in atmosfera).
- Secondari (originano da trasformazioni chimiche in atmosfera con la fondamentale partecipazione di precursori).

L'inquinamento atmosferico 3

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

- Secondo la loro origine.
 - Naturale (incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni VOC_s dalla vegetazione ecc...).
 - Antropica (attività industriali, traffico veicolare, riscaldamento civile e industriale ecc...).
- Secondo la classe chimica di appartenenza.
 - Sostanze organiche volatili (questa classe è numerosa e può essere suddivisa ulteriormente...).
 - Metalli pesanti.
 - Ossidi inorganici.
- Secondo il loro comportamento/evoluzione in atmosfera.
 - Primari (emessi direttamente dalle sorgenti senza subire trasformazioni chimiche in atmosfera).
 - Secondari (originano da trasformazioni chimiche in atmosfera con la fondamentale partecipazione di precursori).

L'inquinamento atmosferico 3

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

- Secondo la loro origine.
 - Naturale (incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni VOC_s dalla vegetazione ecc...).
 - Antropica (attività industriali, traffico veicolare, riscaldamento civile e industriale ecc...).
- Secondo la classe chimica di appartenenza.
 - Sostanze organiche volatili (questa classe è numerosa e può essere suddivisa ulteriormente...).
 - Metalli pesanti.
 - Ossidi inorganici.
- Secondo il loro comportamento/evoluzione in atmosfera.
 - Primari (emessi direttamente dalle sorgenti senza subire trasformazioni chimiche in atmosfera).
 - Secondari (originano da trasformazioni chimiche in atmosfera con la fondamentale partecipazione di precursori).

L'inquinamento atmosferico 3

Le sostanze inquinanti possono essere classificate in diversi modi:

- Secondo la loro origine.
 - Naturale (incendi boschivi, eruzioni vulcaniche, emissioni VOC_s dalla vegetazione ecc...).
 - Antropica (attività industriali, traffico veicolare, riscaldamento civile e industriale ecc...).
- Secondo la classe chimica di appartenenza.
 - Sostanze organiche volatili (questa classe è numerosa e può essere suddivisa ulteriormente...).
 - Metalli pesanti.
 - Ossidi inorganici.
- Secondo il loro comportamento/evoluzione in atmosfera.
 - Primari (emessi direttamente dalle sorgenti senza subire trasformazioni chimiche in atmosfera).
 - Secondari (originano da trasformazioni chimiche in atmosfera con la fondamentale partecipazione di precursori).

L'inquinamento atmosferico 4

Inquinamento tipico primaverile - estivo - 1

Nell'inquinamento tipico primaverile estivo la fa da padrone l'ozono troposferico:

- L'ozono è un inquinante di tipo secondario.
- Per la sua formazione necessita di precursori quali: VOC_s , NO_x e radiazione solare.
- E' un forte ossidante tossico per la salute e dannoso per i materiali plastici.

L'inquinamento atmosferico 4

Inquinamento tipico primaverile - estivo - 1

Nell'inquinamento tipico primaverile estivo la fa da padrone l'ozono troposferico:

- L'ozono è un inquinante di tipo secondario.
- Per la sua formazione necessita di precursori quali: VOC_s , NO_x e radiazione solare.
- E' un forte ossidante tossico per la salute e dannoso per i materiali plastici.

L'inquinamento atmosferico 4

Inquinamento tipico primaverile - estivo - 1

Nell'inquinamento tipico primaverile estivo la fa da padrone l'ozono troposferico:

- L'ozono è un inquinante di tipo secondario.
- Per la sua formazione necessita di precursori quali: VOC_s , NO_x e radiazione solare.
- E' un forte ossidante tossico per la salute e dannoso per i materiali plastici.

L'inquinamento atmosferico 4

Inquinamento tipico primaverile - estivo - 1

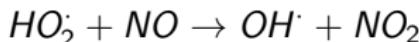
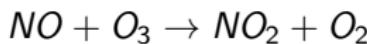
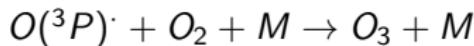
Nell'inquinamento tipico primaverile estivo la fa da padrone l'ozono troposferico:

- L'ozono è un inquinante di tipo secondario.
- Per la sua formazione necessita di precursori quali: VOC_s , NO_x e radiazione solare.
- E' un forte ossidante tossico per la salute e dannoso per i materiali plastici.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico primaverile - estivo - 2

La formazione fotochimica dell'ozono troposferico è influenzata pesantemente dalla presenza di NO_x e VOC_s . Le reazioni chimiche principali sono le seguenti:



La presenza di VOC_s rende il ciclo di fotolisi dell' NO_2 instabile con formazione netta di ozono.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 1

Nell'inquinamento tipico autunno - invernale i principali inquinanti incriminati sono gli aerosol atmosferici e il biossido di azoto (NO_2). Le caratteristiche principali degli aerosol sono le seguenti:

- Sono inquinanti sia di origine primaria che secondaria.
- Sono eterogenei nella loro composizione e forma/grandezza.
- La loro tossicità varia a seconda della composizione chimico-fisica.
- Sono classificabili/campionabili secondo il loro diametro aerodinamico.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 1

Nell'inquinamento tipico autunno - invernale i principali inquinanti incriminati sono gli aerosol atmosferici e il biossido di azoto (NO_2). Le caratteristiche principali degli aerosol sono le seguenti:

- Sono inquinanti sia di origine primaria che secondaria.
- Sono eterogenei nella loro composizione e forma/grandezza.
- La loro tossicità varia a seconda della composizione chimico-fisica.
- Sono classificabili/campionabili secondo il loro diametro aerodinamico.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 1

Nell'inquinamento tipico autunno - invernale i principali inquinanti incriminati sono gli aerosol atmosferici e il biossido di azoto (NO_2). Le caratteristiche principali degli aerosol sono le seguenti:

- Sono inquinanti sia di origine primaria che secondaria.
- Sono eterogenei nella loro composizione e forma/grandezza.
- La loro tossicità varia a seconda della composizione chimico-fisica.
- Sono classificabili/campionabili secondo il loro diametro aerodinamico.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 1

Nell'inquinamento tipico autunno - invernale i principali inquinanti incriminati sono gli aerosol atmosferici e il biossido di azoto (NO_2). Le caratteristiche principali degli aerosol sono le seguenti:

- Sono inquinanti sia di origine primaria che secondaria.
- Sono eterogenei nella loro composizione e forma/grandezza.
- La loro tossicità varia a seconda della composizione chimico-fisica.
- Sono classificabili/campionabili secondo il loro diametro aerodinamico.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 1

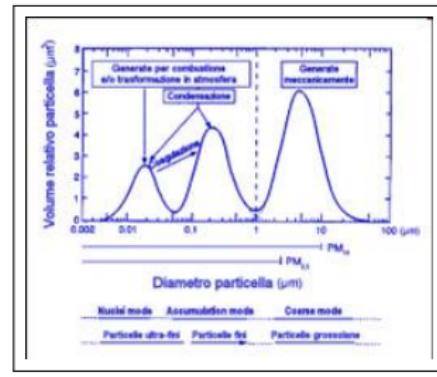
Nell'inquinamento tipico autunno - invernale i principali inquinanti incriminati sono gli aerosol atmosferici e il biossido di azoto (NO_2). Le caratteristiche principali degli aerosol sono le seguenti:

- Sono inquinanti sia di origine primaria che secondaria.
- Sono eterogenei nella loro composizione e forma/grandezza.
- La loro tossicità varia a seconda della composizione chimico-fisica.
- Sono classificabili/campionabili secondo il loro diametro aerodinamico.

L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 2

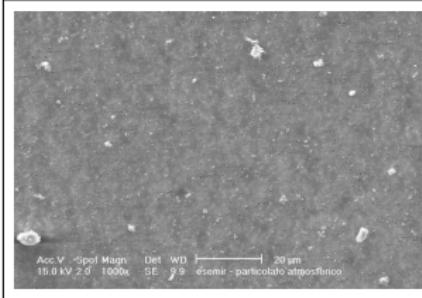
Il Particolato Atmosferico PM10 e PM2.5



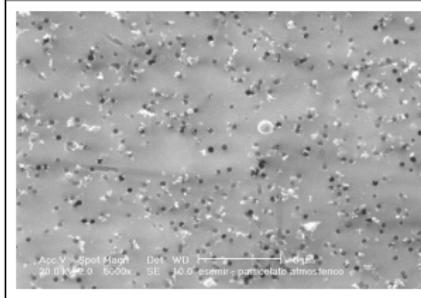
L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 3

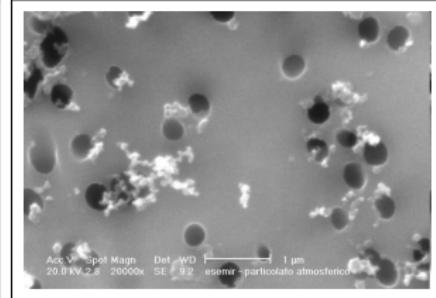
Il Particolato Atmosferico PM - Uno sguardo al microscopio:



PM10



PM2.5

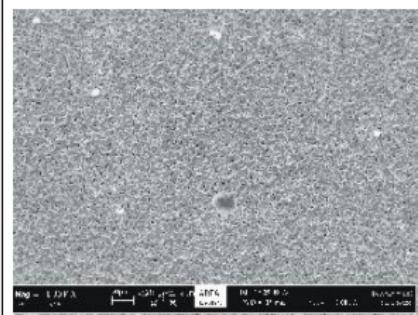


PM1

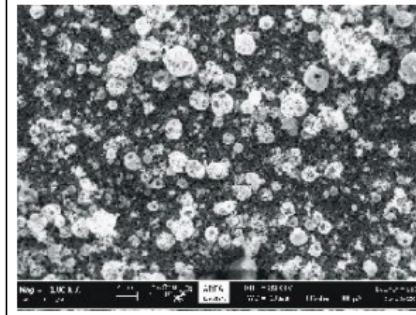
L'inquinamento atmosferico

Inquinamento tipico autunno - invernale - 4

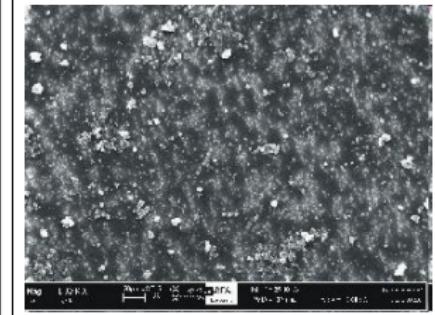
Il Particolato Atmosferico PM - Uno sguardo al microscopio rispetto alcune sorgenti:



metano



legna



gasolio

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico

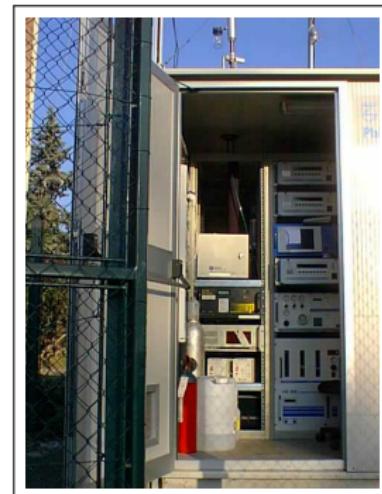
Il monitoraggio degli inquinanti presenti in atmosfera si effettua utilizzando dalle più classiche alle più moderne tecniche di chimica analitica.

ARPA Piemonte gestisce, dal punto di vista tecnico scientifico, numerose stazioni di rilevamento degli inquinanti che contengono al loro interno gli strumenti atti alla quantificazione di ogni inquinante.



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 2

Il Dipartimento Arpa di Biella dispone di 5 stazioni fisse e 1 laboratorio mobile per un totale di circa 25 parametri chimici monitorati e 260000 dati l'anno prodotti.



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 3

I principali inquinanti chimici monitorati sono i seguenti:

- Monossido di carbonio (*CO*).
- Ossidi di azoto (*NO* - *NO₂*).
- Biossido di zolfo (*SO₂*).
- Ozono (*O₃*).
- Materiale particolato *PM10* e *PM2.5*.
 - Metalli pesanti (*As, Cd, Ni, Pb*).
 - Idrocarburi policiclici aromatici (*Benzo[a]pirene*).
- Idrocarburi aromatici (*BTX*).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 3

I principali inquinanti chimici monitorati sono i seguenti:

- Monossido di carbonio (*CO*).
- Ossidi di azoto (*NO* - *NO₂*).
- Biossido di zolfo (*SO₂*).
- Ozono (*O₃*).
- Materiale particolato *PM10* e *PM2.5*.
 - Metalli pesanti (*As, Cd, Ni, Pb*).
 - Idrocarburi policiclici aromatici (*Benzo[a]pirene*).
- Idrocarburi aromatici (*BTX*).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 3

I principali inquinanti chimici monitorati sono i seguenti:

- Monossido di carbonio (*CO*).
- Ossidi di azoto (*NO* - *NO₂*).
- Biossido di zolfo (*SO₂*).
- Ozono (*O₃*).
- Materiale particolato *PM10* e *PM2.5*.
 - Metalli pesanti (*As, Cd, Ni, Pb*).
 - Idrocarburi policiclici aromatici (*Benzo[a]pirene*).
- Idrocarburi aromatici (*BTX*).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 4

Monossido di carbonio - CO

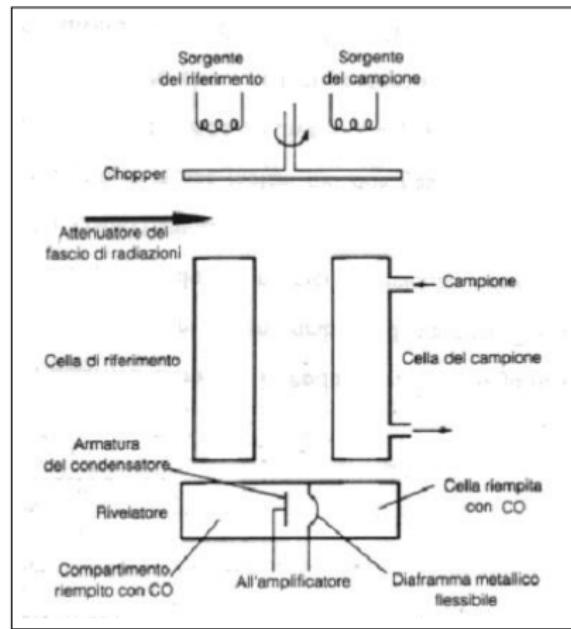
Gas tossico che si forma durante la combustione incompleta dei combustibili usati negli autoveicoli e in generale in qualsiasi processo combustivo in difetto di ossigeno.

Il valore limite è di $10\text{mg}/\text{m}^3$ come media massima giornaliera su 8 ore calcolata ogni ora sulla base delle otto ore precedenti.

Il suo monitoraggio viene effettuato utilizzando la tecnica di assorbimento IR non dispersivo. Una sorgente di radiazione IR policromatica viene fatta passare attraverso il campione e una cella di riferimento contenente un gas che non assorbe nell'IR. Un rivelatore a valle misura la differenza di riscaldamento che producono.

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 5

Schema strumentale per il monitoraggio del monossido di carbonio - CO



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 6

Biossido di zolfo - SO₂

Si forma per combustione di materiali contenenti zolfo, quali i combustibili fossili come il carbone, nafta e gasolio. Nell'aria si combina facilmente con l'acqua atmosferica dando inizialmente acido solforoso e successivamente, per ossidazione lenta, acido solforico (uno dei responsabili delle piogge acide).

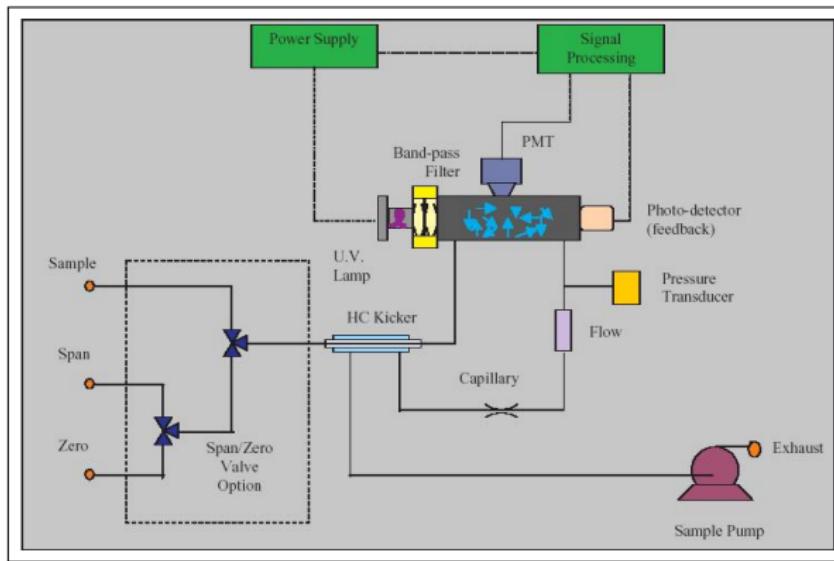
I valori limite dell' SO₂ sono diversi:

- 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore limite orario da non superare più di 18 volte l'anno.
- 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come valore limite giornaliero da non superare più di 3 volte l'anno.
- 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ soglia di allarme - media oraria per tre ore consecutive.

Il suo monitoraggio viene effettuato utilizzando la tecnica fluorimetrica, sfruttando la caratteristica dell' SO₂ di emettere, se irradiata con una radiazione monocromatica opportuna, una radiazione a lunghezza d'onda diversa da quella di incidenza.

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 7

Schema strumentale per il monitoraggio del Biossido di zolfo - SO₂



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 8

Idrocarburi aromatici - BTX

Gli Idrocarburi aromatici sono una classe chimica di composti caratterizzati dalla presenza di un anello benzenico.

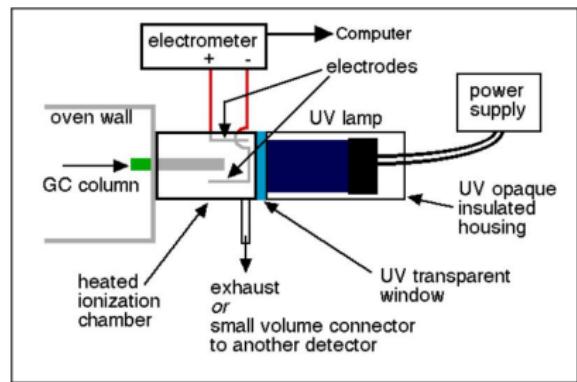
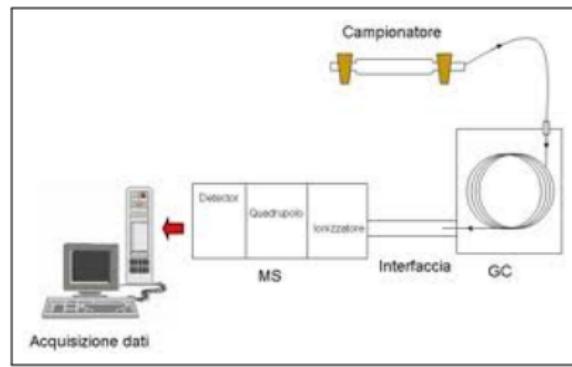
La loro concentrazione in atmosfera è direttamente correlabile al traffico veicolare: infatti il benzene è un componente importante delle benzine.

Il valore limite è di $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media annuale.

Il suo monitoraggio viene effettuato utilizzando la tecnica gascromatografica con rivelatore PID a fotoionizzazione.

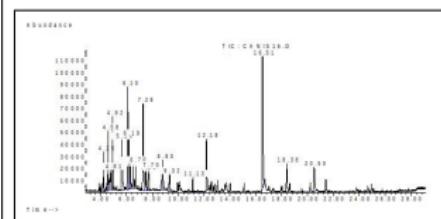
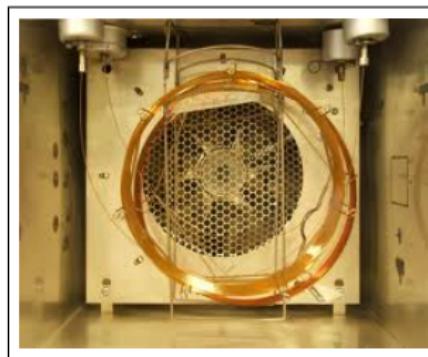
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 9

Schema strumentale per il monitoraggio degli idrocarburi aromatici - BTX



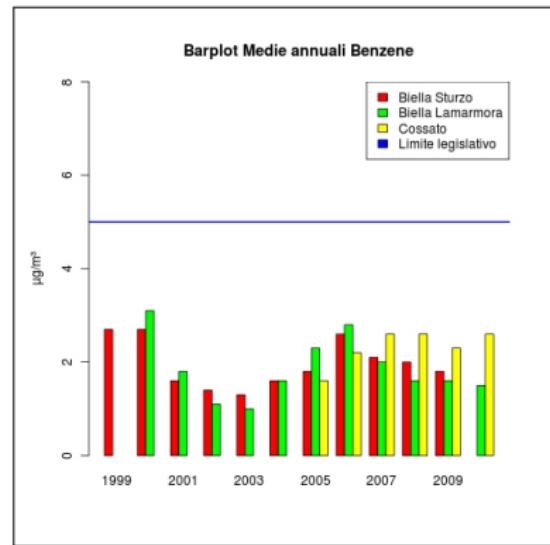
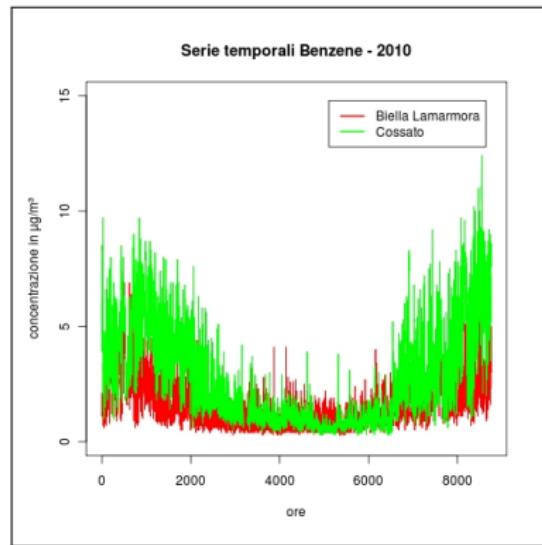
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 10

Strumenti e colonna per il monitoraggio degli idrocarburi aromatici - BTX



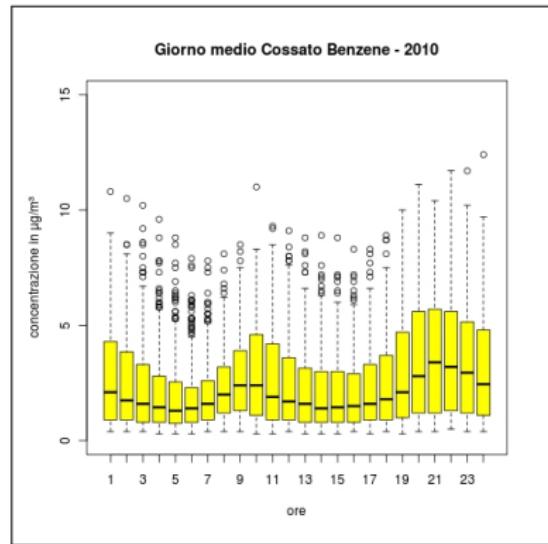
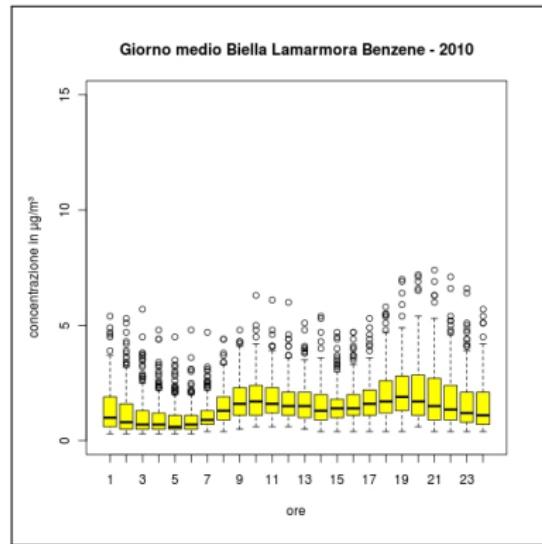
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 11

Alcuni dati sugli idrocarburi aromatici - BTX



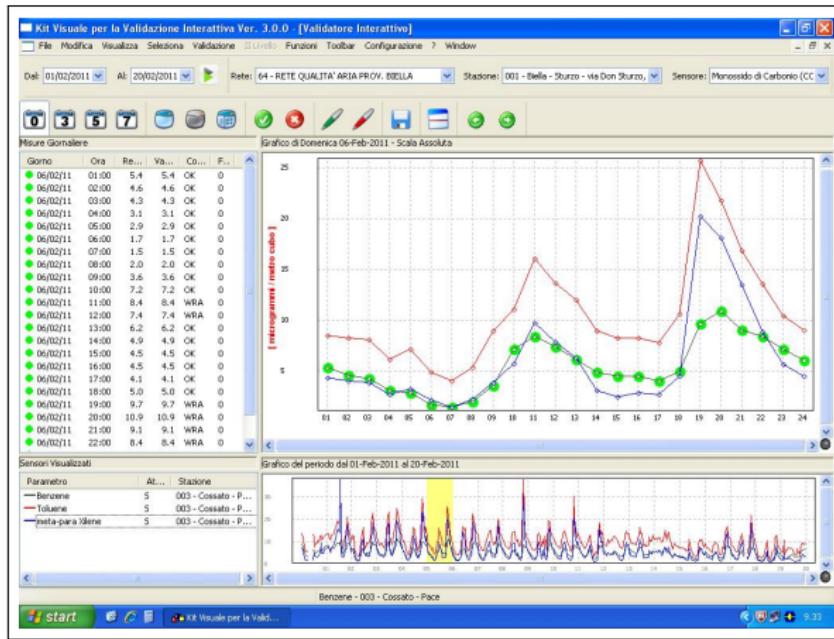
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 12

Alcuni dati sugli idrocarburi aromatici - BTX



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 13

Alcuni dati sugli idrocarburi aromatici - BTX



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 14

Ozono - O_3

L'ozono è un gas pungente che non ha sorgenti dirette significative, ma si produce all'interno di un ciclo di reazioni fotochimiche.

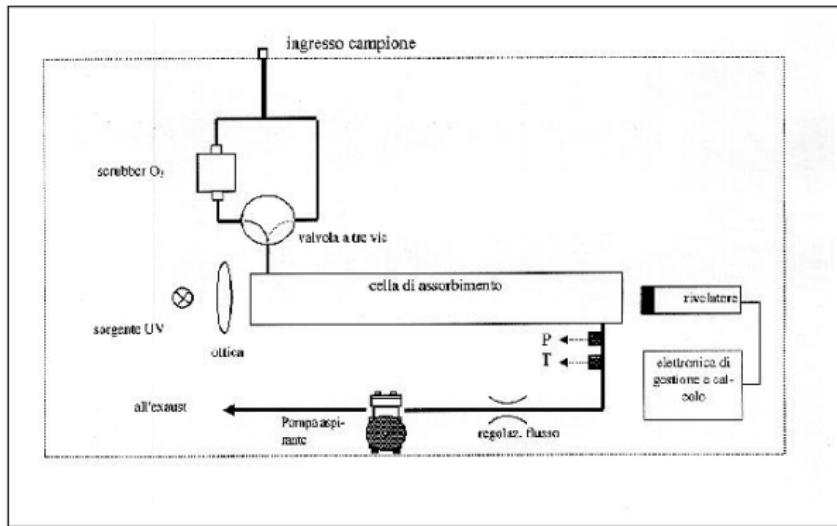
I valori limite sono i seguenti:

- $120\mu g/m^3$ come valore bersaglio da non superare più di 25 volte l'anno (max media mobile su 8 ore).
- $180\mu g/m^3$ come soglia di informazione (media oraria).
- $240\mu g/m^3$ come soglia di allarme per tre ore consecutive (media oraria).

Il suo monitoraggio viene effettuato utilizzando la tecnica spettrofotometrica.

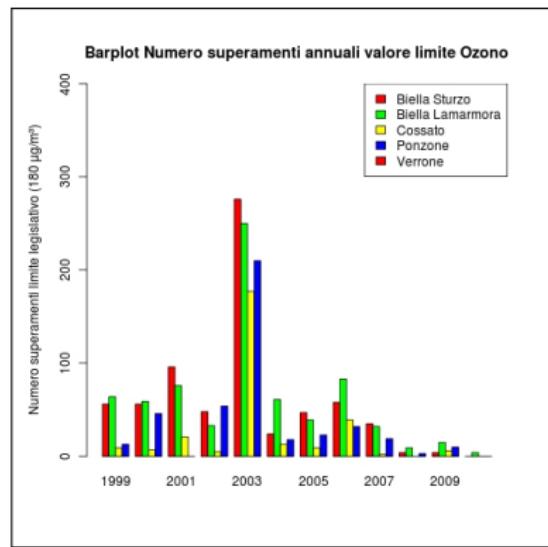
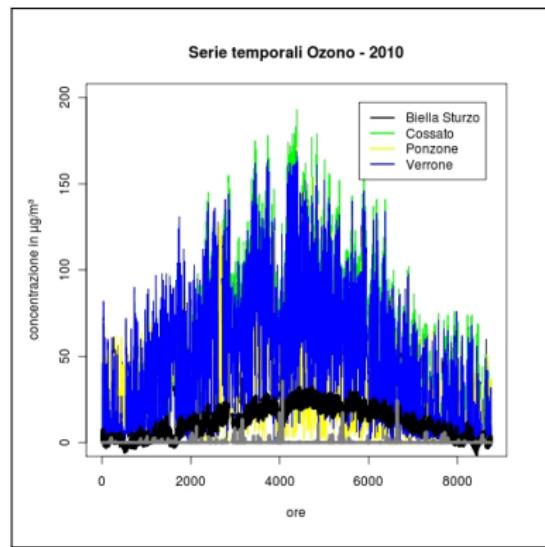
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 15

Schema strumentale per il monitoraggio dell'Ozono - O_3



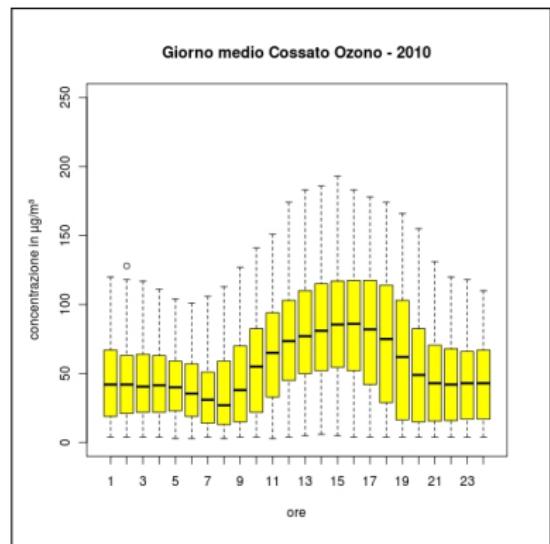
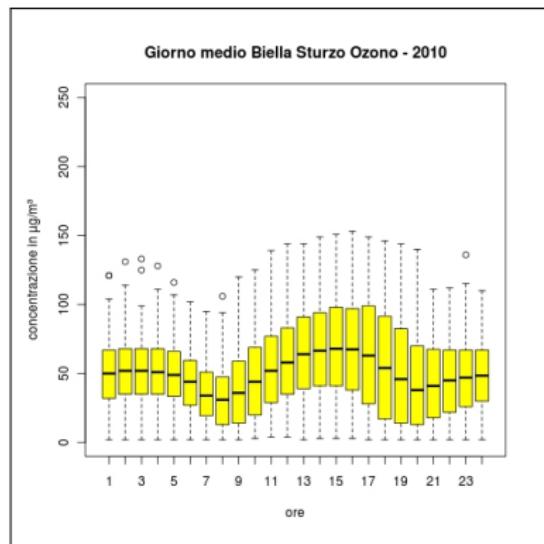
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 16

Alcuni dati sull'Ozono - O_3



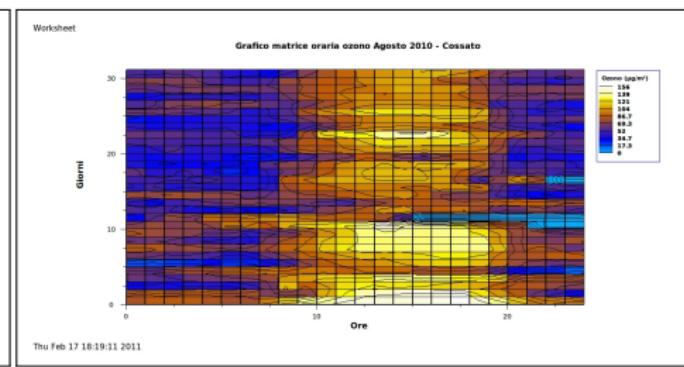
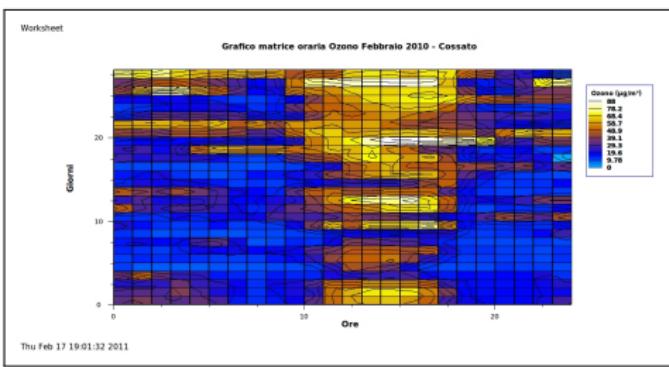
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 17

Alcuni dati sull'Ozono - O_3



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 18

Alcuni dati sull'Ozono - O_3



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 19

Biossidi di azoto - NO_x

Gli NO_x comprendono principalmente gli NO e gli NO_2 sono composti che si formano nei processi di combustione ad alta temperatura e sono i principali attori nella formazione del particolato e dello smog fotochimico.

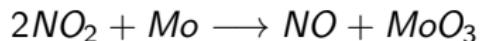
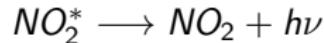
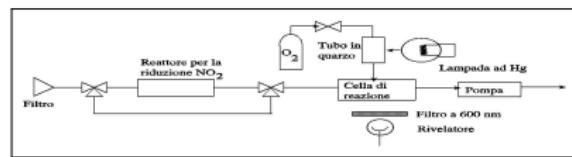
I valori limite sono:

- $200\mu g/m^3$ come valore limite orario da non superare più di 18 volte l'anno.
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- $400\mu g/m^3$ soglia di allarme - media oraria per tre ore consecutive.

Il loro monitoraggio viene effettuato utilizzando la tecnica per chemiluminescenza.

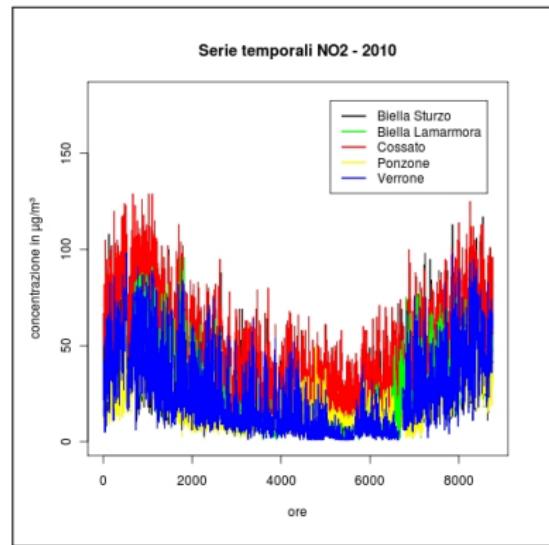
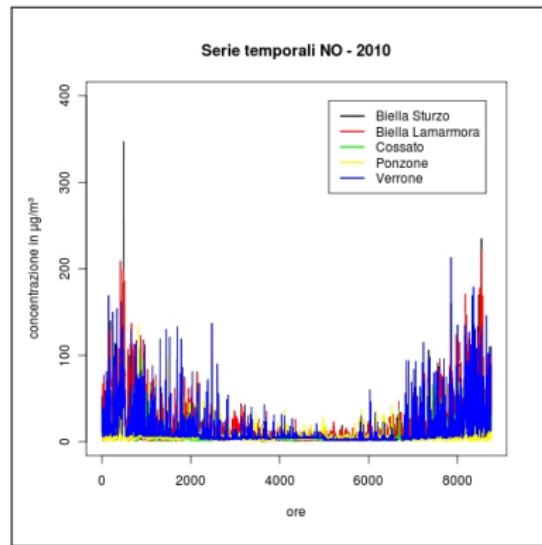
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 20

Schema strumentale per il monitoraggio degli ossidi di azoto - NO_x



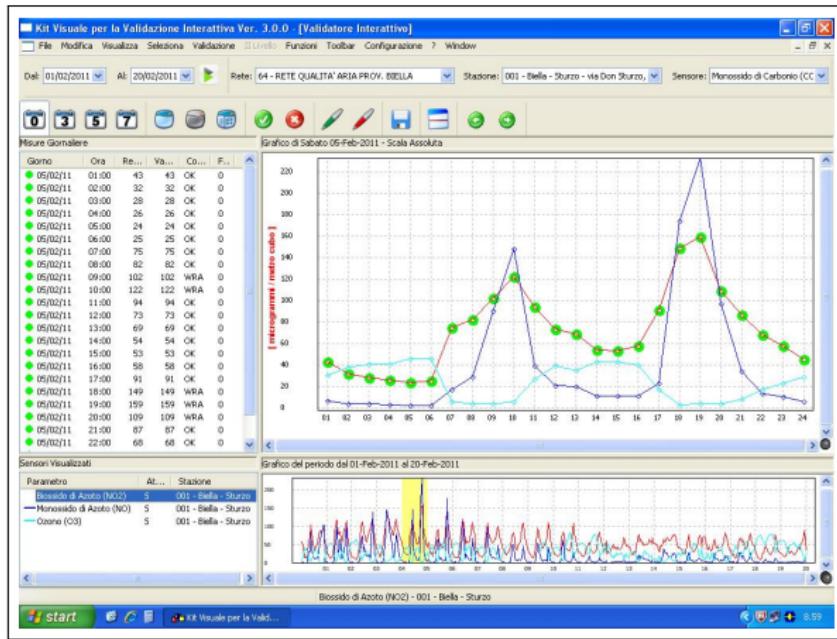
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 21

Alcuni dati sugli ossidi di azoto - NO_x



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 22

Alcuni dati sugli ossidi di azoto - NO_x



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 23

Particolato atmosferico - PM

Il particolato atmosferico è una sospensione complessa di particelle solide, liquide o miste in equilibrio con la fase gassosa. Le sorgenti sono sia primarie che secondarie e le principali sono il traffico veicolare , gli impianti di riscaldamento sia civili che industriali. Il particolato con diametro aerodinamico inferiore a $10\mu m$ è di particolare interesse tossicologico.

I valori limite per il PM10 sono:

- $50\mu g/m^3$ come valore limite giornaliero (media giornaliera).
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- 35 numero massimo di superamenti del limite giornaliero in un anno.

Il suo monitoraggio viene effettuato in diversi modi:

- Tecniche in continuo.
 - TEOM - microbilancia a smorzamento di oscillazione.
 - Attenuazione raggi β .
 - Scattering radiazione elettromagnetica.
- Tecnica gravimetrica (metodo ufficiale).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 23

Particolato atmosferico - PM

Il particolato atmosferico è una sospensione complessa di particelle solide, liquide o miste in equilibrio con la fase gassosa. Le sorgenti sono sia primarie che secondarie e le principali sono il traffico veicolare , gli impianti di riscaldamento sia civili che industriali. Il particolato con diametro aerodinamico inferiore a $10\mu m$ è di particolare interesse tossicologico.

I valori limite per il PM10 sono:

- $50\mu g/m^3$ come valore limite giornaliero (media giornaliera).
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- 35 numero massimo di superamenti del limite giornaliero in un anno.

Il suo monitoraggio viene effettuato in diversi modi:

- Tecniche in continuo.
 - TEOM - microbilancia a smorzamento di oscillazione.
 - Attenuazione raggi β .
 - Scattering radiazione elettromagnetica.
- Tecnica gravimetrica (metodo ufficiale).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 23

Particolato atmosferico - PM

Il particolato atmosferico è una sospensione complessa di particelle solide, liquide o miste in equilibrio con la fase gassosa. Le sorgenti sono sia primarie che secondarie e le principali sono il traffico veicolare , gli impianti di riscaldamento sia civili che industriali. Il particolato con diametro aerodinamico inferiore a $10\mu m$ è di particolare interesse tossicologico.

I valori limite per il PM10 sono:

- $50\mu g/m^3$ come valore limite giornaliero (media giornaliera).
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- 35 numero massimo di superamenti del limite giornaliero in un anno.

Il suo monitoraggio viene effettuato in diversi modi:

- Tecniche in continuo.
 - TEOM - microbilancia a smorzamento di oscillazione.
 - Attenuazione raggi β .
 - Scattering radiazione elettromagnetica.
- Tecnica gravimetrica (metodo ufficiale).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 23

Particolato atmosferico - PM

Il particolato atmosferico è una sospensione complessa di particelle solide, liquide o miste in equilibrio con la fase gassosa. Le sorgenti sono sia primarie che secondarie e le principali sono il traffico veicolare , gli impianti di riscaldamento sia civili che industriali. Il particolato con diametro aerodinamico inferiore a $10\mu m$ è di particolare interesse tossicologico.

I valori limite per il PM10 sono:

- $50\mu g/m^3$ come valore limite giornaliero (media giornaliera).
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- 35 numero massimo di superamenti del limite giornaliero in un anno.

Il suo monitoraggio viene effettuato in diversi modi:

- Tecniche in continuo.
 - TEOM - microbilancia a smorzamento di oscillazione.
 - Attenuazione raggi β .
 - Scattering radiazione elettromagnetica.
- Tecnica gravimetrica (metodo ufficiale).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 23

Particolato atmosferico - PM

Il particolato atmosferico è una sospensione complessa di particelle solide, liquide o miste in equilibrio con la fase gassosa. Le sorgenti sono sia primarie che secondarie e le principali sono il traffico veicolare , gli impianti di riscaldamento sia civili che industriali. Il particolato con diametro aerodinamico inferiore a $10\mu m$ è di particolare interesse tossicologico.

I valori limite per il PM10 sono:

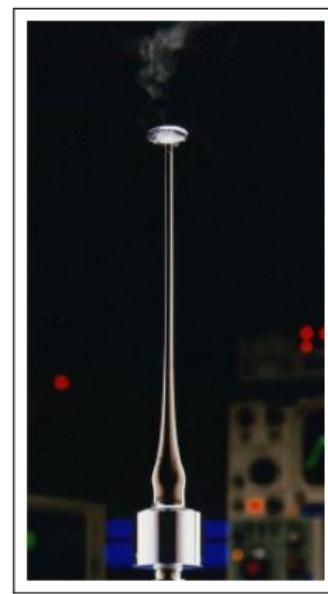
- $50\mu g/m^3$ come valore limite giornaliero (media giornaliera).
- $40\mu g/m^3$ come valore limite annuale.
- 35 numero massimo di superamenti del limite giornaliero in un anno.

Il suo monitoraggio viene effettuato in diversi modi:

- Tecniche in continuo.
 - TEOM - microbilancia a smorzamento di oscillazione.
 - Attenuazione raggi β .
 - Scattering radiazione elettromagnetica.
- Tecnica gravimetrica (metodo ufficiale).

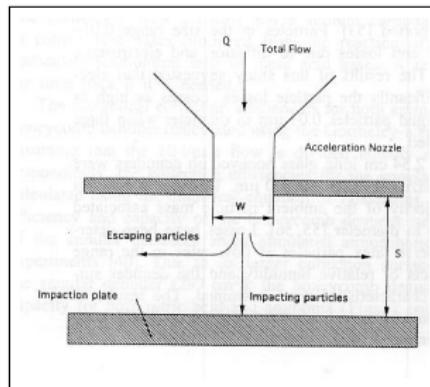
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 24

Strumenti per il monitoraggio in continuo del particolato atmosferico - PM



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 25

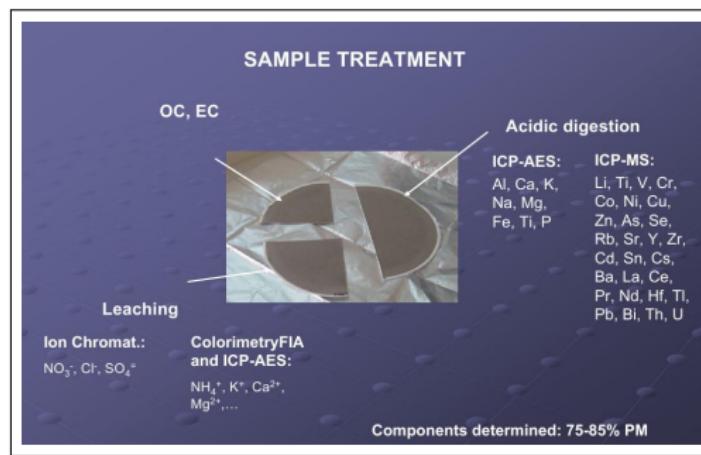
Strumenti per il monitoraggio gravimetrico del particolato atmosferico - PM



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 26

La speciazione del particolato atmosferico - PM

Successivamente al campionamento e alla determinazione gravimetrica del PM, i campioni vengono trattati e analizzati per determinare il loro contenuto in metalli, IPA e diversi altri componenti chimici.



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 27

La speciazione del particolato atmosferico - PM

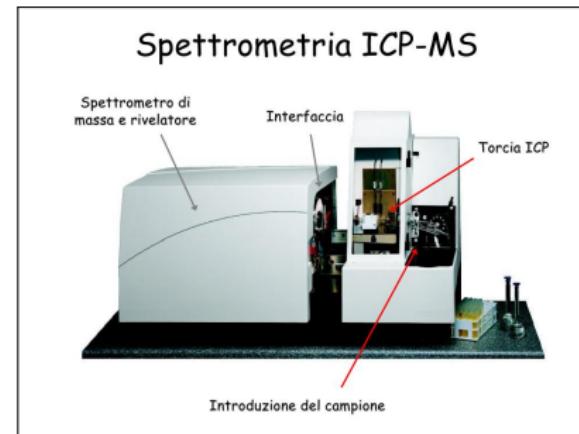
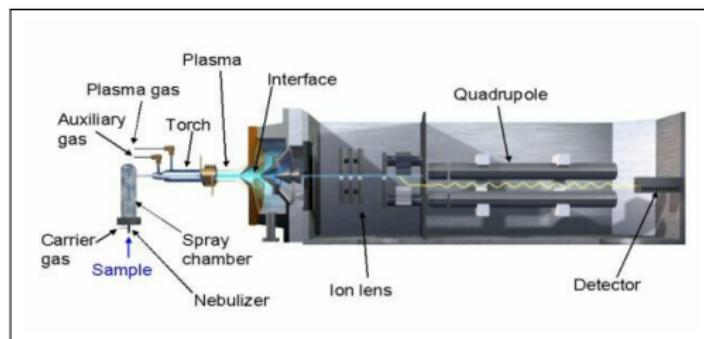
La speciazione chimica del particolato atmosferico si effettua con diverse tecniche di chimica analitica previo adeguato trattamento del campione:

- Metalli pesanti (ICP/MS, ICP/AES).
- Idrocarburi policiclici aromatici (GC/MS, HPLC).
- Anioni e cationi (Cl⁻)
- Sostanze organiche (CG/MS, HPLC).

Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 28

La speciazione del particolato atmosferico PM - Determinazione dei metalli

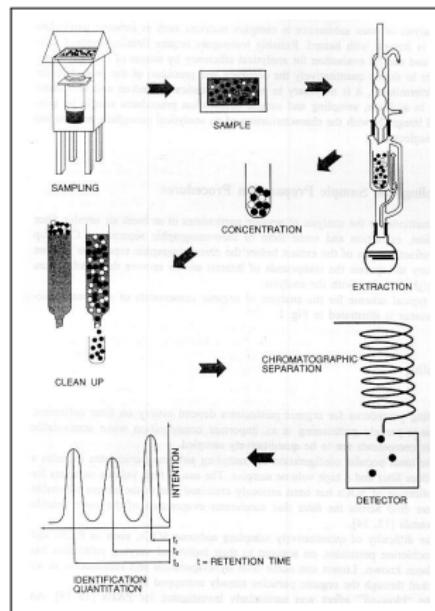
Spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente - ICP/MS



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 29

La speciazione del particolato atmosferico PM - Determinazione delle Sostanze organiche

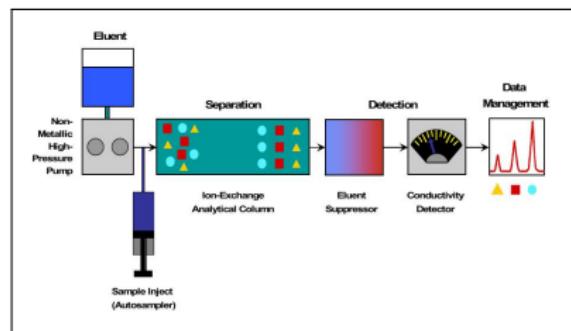
Gascromatografia accoppiata alla spettrometria di massa - GC/MS



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 30

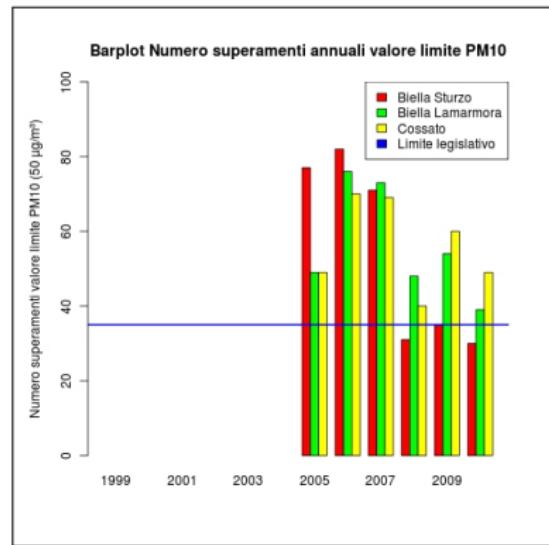
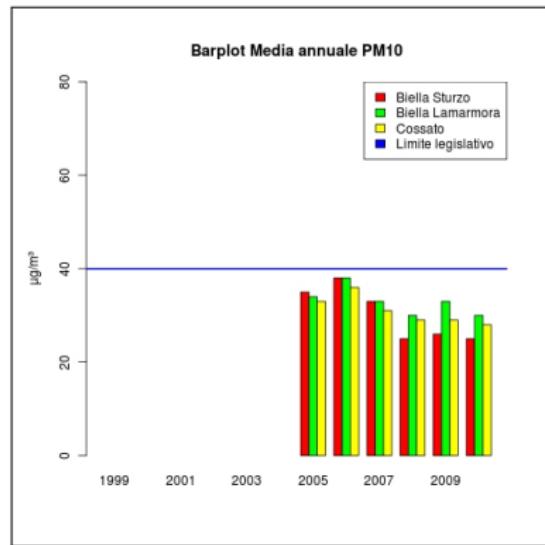
La speciazione del particolato atmosferico *PM* - Determinazione dei cationi e anioni

Cromatografia ionica - CI



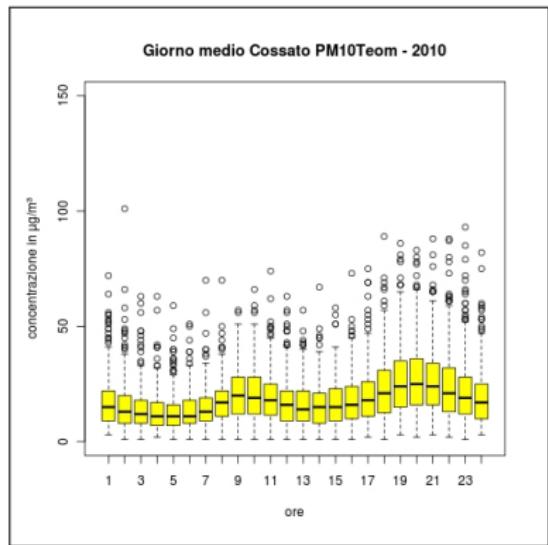
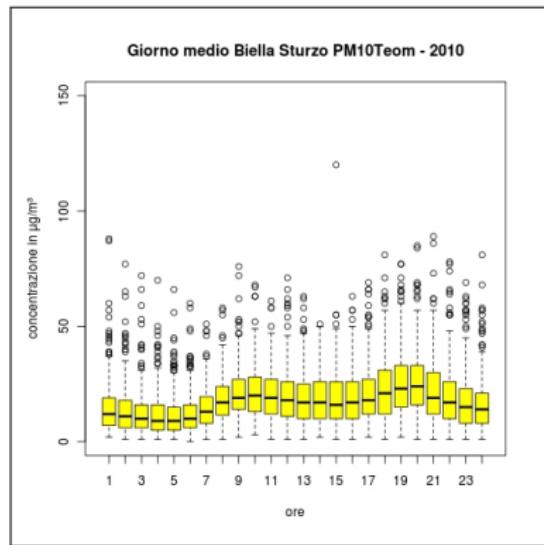
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 31

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



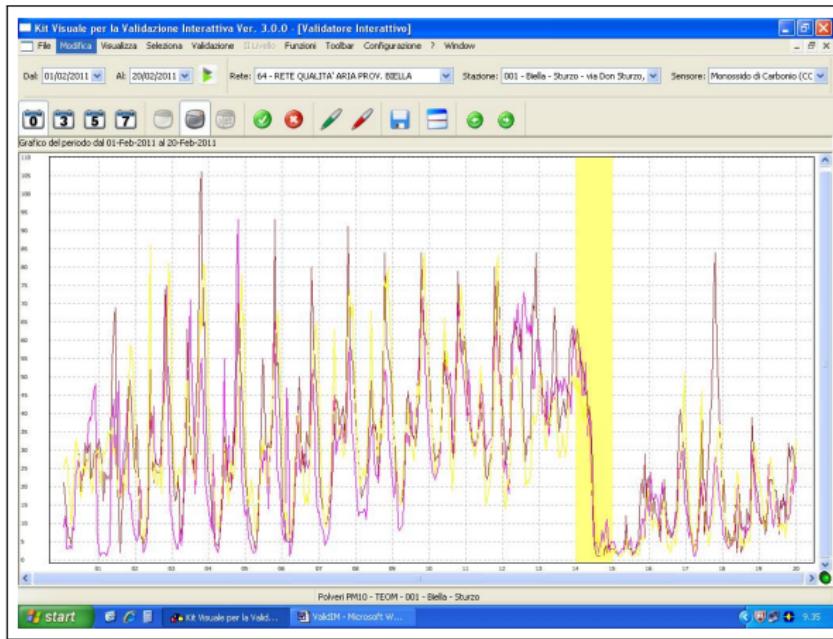
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 32

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



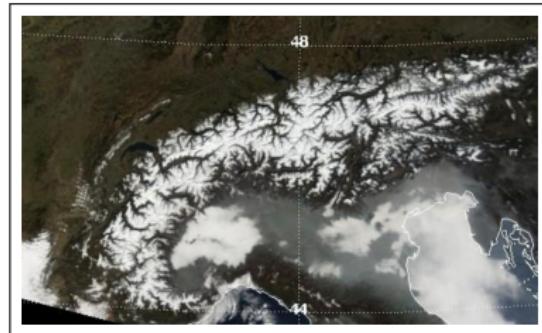
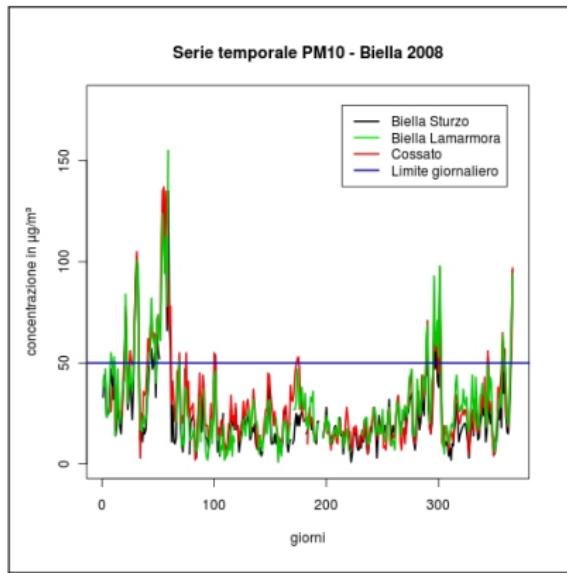
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 33

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



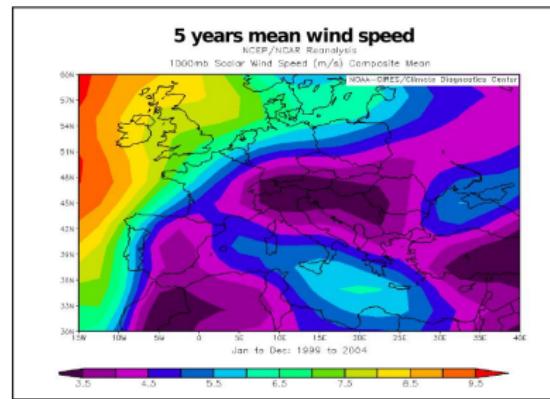
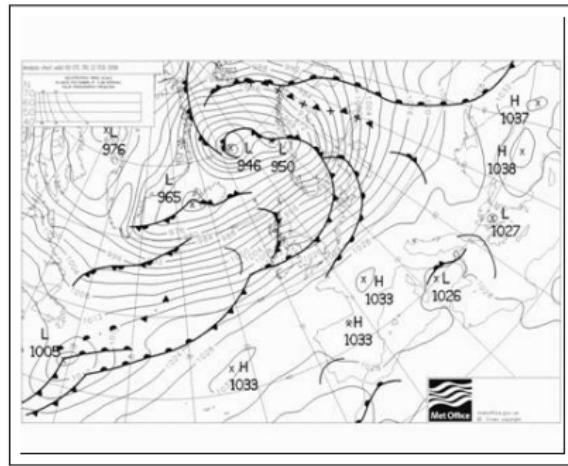
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 34

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



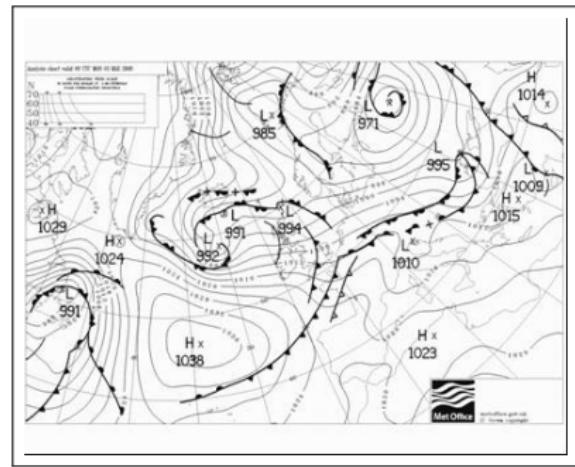
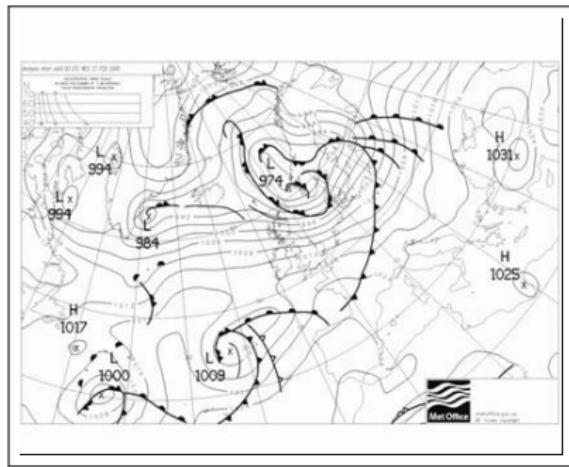
Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 35

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



Monitoraggio dell'inquinamento atmosferico - 36

Alcuni dati sul particolato atmosferico - PM



Effetti dell'inquinamento sulla salute umana

Il monitoraggio degli inquinanti atmosferici ha come fine principale la salvaguardia della salute umana. Alla fine dell'ottocento la sensibilità verso l'inquinamento atmosferico ha iniziato ad aumentare significativamente a seguito di vari episodi eclatanti di morte causata da aria insalubre:

- 1873/1963 - Londra
 - 1873 - 500 persone morte.
 - 1880 - 1000 persone morte.
 - 1892 - 1000 persone morte.
 - 1948 al 1962 ci furono diversi episodi ma il più disastroso fù nel dicembre del 1952 (4000 mila morti in 5 giorni) (SO_2).
- 1984 - Disastro di Bhopal più di 2000 morti e 300000 feriti (CH_3CN).
- 1948 - Città di Donora USA 20 morti in 14 ore (F , S , CO , metalli pesanti).
- 1930 - Valle di Meuse diverse migliaia di casi di attacchi polmonari acuti e 60 morti (SO_2).
- 1950 - Messico/Poza Rica 320 persone ospedalizzate e 22 morti in 3 ore (H_2S).

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana

Il monitoraggio degli inquinanti atmosferici ha come fine principale la salvaguardia della salute umana. Alla fine dell'ottocento la sensibilità verso l'inquinamento atmosferico ha iniziato ad aumentare significativamente a seguito di vari episodi eclatanti di morte causata da aria insalubre:

- 1873/1963 - Londra
 - 1873 - 500 persone morte.
 - 1880 - 1000 persone morte.
 - 1892 - 1000 persone morte.
 - 1948 al 1962 ci furono diversi episodi ma il più disastroso fu nel dicembre del 1952 (4000 mila morti in 5 giorni) (SO_2).
- 1984 - Disastro di Bhopal più di 2000 morti e 300000 feriti (CH_3CN).
- 1948 - Città di Donora USA 20 morti in 14 ore (F , S , CO , metalli pesanti).
- 1930 - Valle di Meuse diverse migliaia di casi di attacchi polmonari acuti e 60 morti (SO_2).
- 1950 - Messico/Poza Rica 320 persone ospedalizzate e 22 morti in 3 ore (H_2S).

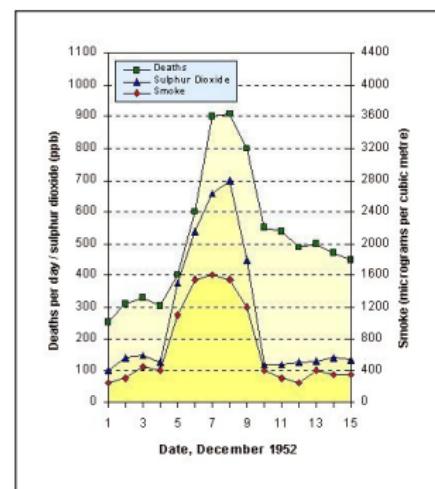
Effetti dell'inquinamento sulla salute umana

Il monitoraggio degli inquinanti atmosferici ha come fine principale la salvaguardia della salute umana. Alla fine dell'ottocento la sensibilità verso l'inquinamento atmosferico ha iniziato ad aumentare significativamente a seguito di vari episodi eclatanti di morte causata da aria insalubre:

- 1873/1963 - Londra
 - 1873 - 500 persone morte.
 - 1880 - 1000 persone morte.
 - 1892 - 1000 persone morte.
 - 1948 al 1962 ci furono diversi episodi ma il più disastroso fù nel dicembre del 1952 (4000 mila morti in 5 giorni) (SO_2).
- 1984 - Disastro di Bhopal più di 2000 morti e 300000 feriti (CH_3CN).
- 1948 - Città di Donora USA 20 morti in 14 ore (F , S , CO , metalli pesanti).
- 1930 - Valle di Meuse diverse migliaia di casi di attacchi polmonari acuti e 60 morti (SO_2).
- 1950 - Messico/Poza Rica 320 persone ospedalizzate e 22 morti in 3 ore (H_2S).

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 2

Londra - Dicembre 1952



Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 3

Cenni di tossicologia degli inquinanti

● Monossido di carbonio - CO

- Il CO si lega all'emoglobina, con una affinità 200 volte superiore all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina che impedisce il traspoto di ossigeno ai vari distretti corporei.

● Biossido di zolfo - SO_2

- L' SO_2 è un gas molto irritante; causa, anche a basse concentrazioni, irritazione alle vie respiratorie. Esposizioni croniche comportano faringiti e affaticamento/disturbi all'apparato respiratorio.

● Benzene

- Il benzene è una sostanza classificata cancerogena per l'uomo.

● Biossido di azoto NO_2 .

- L' NO_2 è un gas tossico e irritante per le mucose ed è responsabile di patologie a carico del sistema respiratorio.

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 3

Cenni di tossicologia degli inquinanti

- Monossido di carbonio - CO
 - Il CO si lega all'emoglobina, con una affinità 200 volte superiore all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina che impedisce il traspoto di ossigeno ai vari distretti corporei.
- Biossido di zolfo - SO_2
 - L' SO_2 è un gas molto irritante; causa, anche a basse concentrazioni, irritazione alle vie respiratorie. Esposizioni croniche comportano faringiti e affaticamento/disturbi all'apparato respiratorio.
- Benzene
 - Il benzene è una sostanza classificata cancerogena per l'uomo.
- Biossido di azoto NO_2 .
 - L' NO_2 è un gas tossico e irritante per le mucose ed è responsabile di patologie a carico del sistema respiratorio.

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 3

Cenni di tossicologia degli inquinanti

- Monossido di carbonio - CO
 - Il CO si lega all'emoglobina, con una affinità 200 volte superiore all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina che impedisce il traspoto di ossigeno ai vari distretti corporei.
- Biossido di zolfo - SO_2
 - L' SO_2 è un gas molto irritante; causa, anche a basse concentrazioni, irritazione alle vie respiratorie. Esposizioni croniche comportano faringiti e affaticamento/disturbi all'apparato respiratorio.
- Benzene
 - Il benzene è una sostanza classificata cancerogena per l'uomo.
- Biossido di azoto NO_2 .
 - L' NO_2 è un gas tossico e irritante per le mucose ed è responsabile di patologie a carico del sistema respiratorio.

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 3

Cenni di tossicologia degli inquinanti

- Monossido di carbonio - CO
 - Il CO si lega all'emoglobina, con una affinità 200 volte superiore all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina che impedisce il traspoto di ossigeno ai vari distretti corporei.
- Biossido di zolfo - SO_2
 - L' SO_2 è un gas molto irritante; causa, anche a basse concentrazioni, irritazione alle vie respiratorie. Esposizioni croniche comportano faringiti e affaticamento/disturbi all'apparato respiratorio.
- Benzene
 - Il benzene è una sostanza classificata cancerogena per l'uomo.
- Biossido di azoto NO_2 .
 - L' NO_2 è un gas tossico e irritante per le mucose ed è responsabile di patologie a carico del sistema respiratorio.

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 3

Cenni di tossicologia degli inquinanti

- Monossido di carbonio - CO
 - Il CO si lega all'emoglobina, con una affinità 200 volte superiore all'ossigeno, formando la carbossiemoglobina che impedisce il traspoto di ossigeno ai vari distretti corporei.
- Biossido di zolfo - SO_2
 - L' SO_2 è un gas molto irritante; causa, anche a basse concentrazioni, irritazione alle vie respiratorie. Esposizioni croniche comportano faringiti e affaticamento/disturbi all'apparato respiratorio.
- Benzene
 - Il benzene è una sostanza classificata cancerogena per l'uomo.
- Biossido di azoto NO_2 .
 - L' NO_2 è un gas tossico e irritante per le mucose ed è responsabile di patologie a carico del sistema respiratorio.

Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 4

Cenni di tossicologia dell'ozono

Corus sanguinea (Galliate). Lesioni ozono-like (immagini: macroscopica, stereomicroscopica, microscopia ottica)



Foto: Arpa Piemonte

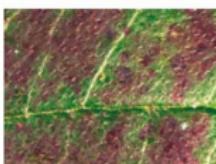


Foto: Ipla Torino

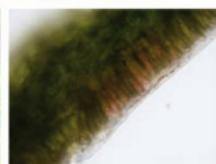
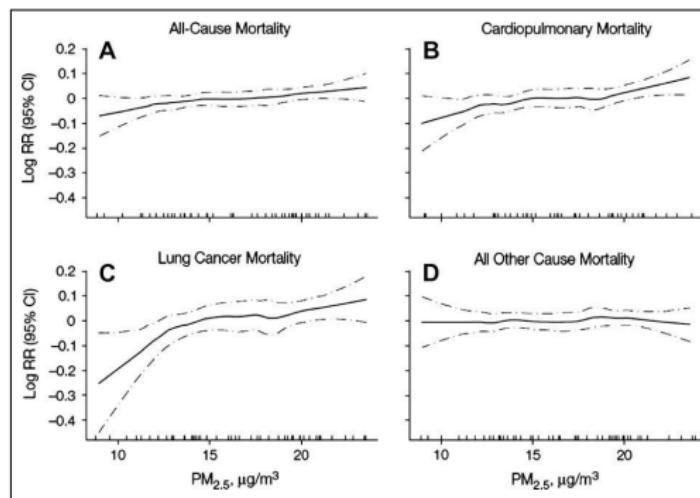


Foto Ipla Torino

Concentrazioni relativamente basse di ozono provocano effetti quali irritazione alla gola, alle vie respiratorie e bruciore agli occhi; concentrazioni più elevate alterano le funzioni respiratorie.

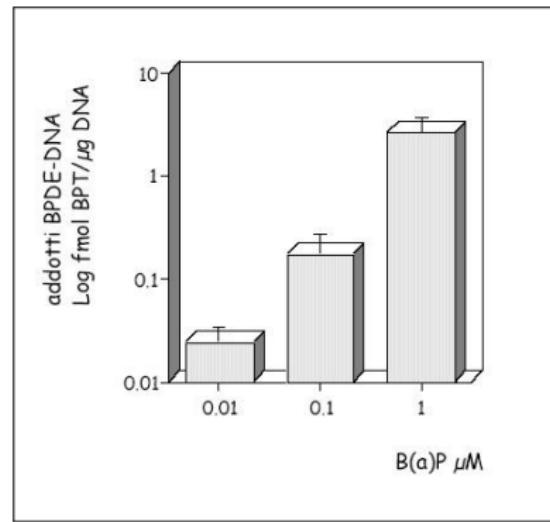
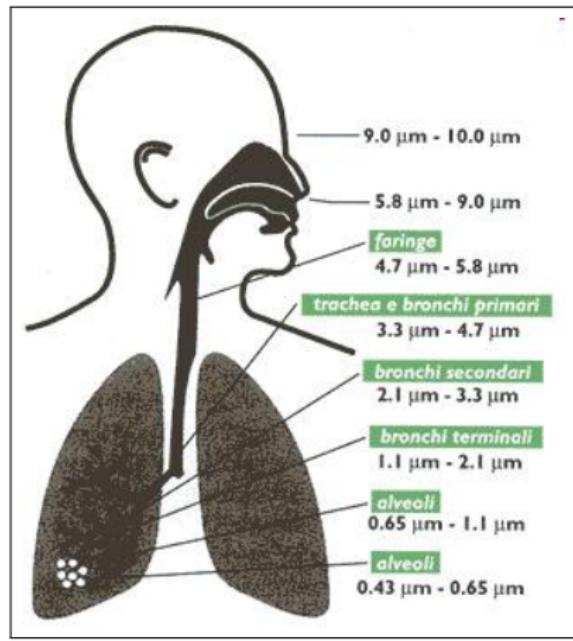
Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 5

Cenni di tossicologia del particolato atmosferico



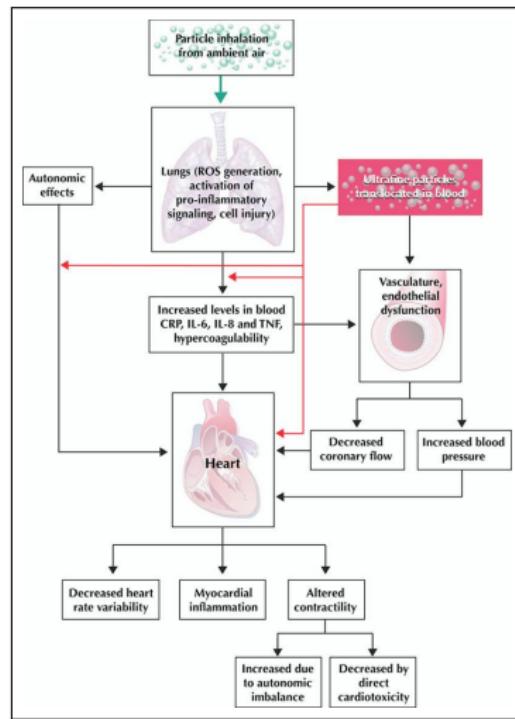
Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 6

Cenni di tossicologia del particolato atmosferico



Effetti dell'inquinamento sulla salute umana - 7

Cenni di tossicologia del particolato atmosferico



Conclusioni

L'atmosfera è un sistema complesso e come tutti i sistemi complessi è molto delicata. È nostro compito preservarla per noi e per i nostri figli.

Non dimentichiamoci che i nostri comportamenti sono artefici del nostro destino e del destino della terra.



Bibliografia

- Roger Atkinson - Atmospheric chemistry of VOC_s and NO_x - Atmospheric Environment 34 (2000) 2063-2101
- H.R. Anderson - Air pollution and mortality: A history - Atmospheric Environment 43 (2009) 142-152
- Z. Boris - Air pollution and Cardiovascular Injury - Journal of American College of Cardiology 52-9 (2008)
- Pitts - Chemistry of the upper and lower atmosphere - Academic Press 2000
- Casarett Doll's - Tossicologia
- D.lgs 13 agosto 2010 n. 155

Fine



Grazie per l'attenzione!!!

