

Prof. Giorgio Sartor

# Gli inquinanti

Copyright © 2001-2017 by Giorgio Sartor.  
All rights reserved.

Versione 3.9 - Mar-17

## Gli inquinanti

- Naturali (antibiotici , metalli).
- Naturali ma con eccessiva concentrazione causata da attività umane (ossidi di zolfo, ossidi di azoto, metalli ...).
- Xenobiotici antropogenici (composti organici di sintesi, sottoprodotti di lavorazioni industriali, pesticidi, composti radioattivi, ecc.).

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 2 -

# Contaminati inorganici

- Metalli
- Non metalli
- Organometalli
- Altri

# Tavola periodica

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha													
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

• Metalli alcalini

• Metalli alcalino-terrosi

• Metalli di transizione

• Altri metalli

• Lantanidi

• Alogeni

• Non metalli

• Gas nobili

• Attinidi

# Metalli

- I metalli sono buoni conduttori di elettricità e calore e sono presenti in natura come cationi.
- Possono essere richiesti dagli organismi o avere attività tossica a secondo della concentrazione.
- Spesso i metalli ad attività tossica sono definiti "metalli pesanti", definizione comune per sostanze con peso specifico  $>5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Termine non molto utile in pratica, l'alluminio è tossico e non è un metallo pesante.

# Metalli nella tavola periodica

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha														
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- **Metalli tossici**

- Metalli alcalini e alcalino-terrosi
- Altri metalli

- Anfoteri

- Gas nobili
- Altri elementi

## Classificazione dei metalli da un punto di vista biologico

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha														
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- Classe A

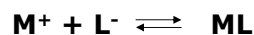
- Classe B

- Tra la classe A e B

- Classe B o al confine a secondo del numero di ossidazione

## Classificazione dei metalli

- Basata sul legame con ligandi come indicato dalla costante di legame:



$$K_{ML} = [ML] / [M^+] [L^-]$$

- I metalli di **classe A** hanno la seguente affinità per i ligandi:



- e la seguente affinità per per i donatori di elettroni ("cercatori di ossigeno"):



- I gruppi funzionali con cui si associano sono generalmente: carbossile, carbonile, alcoli e fosfati;
- Per esempio: calcio, magnesio, sodio, potassio, stronzio, manganese.

## Classificazione dei metalli

- I metalli di **classe B** hanno una sequenza opposta di donatori di elettroni, sono "cercatori di zolfo o azoto".
- Si legano con gruppi funzionali come il gruppo sulfidrico ( $-SH$ ), disolfuro ( $-S-S-$ ), tioestere ( $-S-R$ ), and amino ( $-NH_2$ ).
- Per esempio Cd, Cu, Hg, Ag.
- I metalli con proprietà intermedie sono, per esempio: Zn, Pb, Fe, Cr, Co, Ni, As\*, V.
- Nella tossicità di un metallo va anche considerato il numero di ossidazione.

## Tossicità dei metalli

- I metalli non sono biodegradabili.
- La loro tossicità è dovuta a:
  - legame con molecole nell'organismo che ne alterino le funzione,
  - interferenza con acquisizione di metalli essenziali,
  - rimpiazzare i metalli essenziali nelle proteine in modo da alterarne le funzioni.
- Il rischio associato ai metalli è dovuto alla loro tossicità ed alla loro capacità di entrare nell'organismo.

# Tossicità dei metalli e specie

- I metalli più tossici sono:

Alghes Hg > Cu > Cd > Fe > Cr

Piante Hg > Pb > Cu > Cd > Cr

Policheti Hg > Cu > Zn > Pb > Cd

Mammiferi Ag > Hg > Tl > Cd > Cu

# Anfoteri nella tavola periodica

H																	He	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Ha														
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

- Elementi anfoteri

- As(III) agisce come un metallo,  $\text{AsO}_4^{3-}$  compete con  $\text{PO}_4^{3-}$
- I non metalli e i metalli ad essi vicini (Pb, Hg) possono formare legami covalenti con composti organici alcuni dei quali sono tossici e possono bioaccumularsi.

## Composti organometallici

- I composti organometallici sono spesso più tossici dei metalli dai quali derivano
- Composti organometallici importanti da un punto di vista ambientale sono:
  - tributil-stagno, usato come antivegetativo per gli scafi in ambiente marino,
  - tetra-alchil piombo, usato per aumentare il numero di ottano nelle benzine,
  - metil-mercurio, si genera in sedimenti e ambienti paludosi a causa della decomposizione di materia organica in presenza di mercurio.

## Altri inquinanti inorganici

- **fosfato** ( $\text{PO}_4^{3-}$ ); causa principale dell'eutrofizzazione,
- **ammoniaca/ammonio** ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ); contribuiscono all'eutrofizzazione e sono tossici,
- **nitriti** ( $\text{NO}_2^-$ ) e **nitriti** ( $\text{NO}_3^-$ ); contribuiscono all'eutrofizzazione e sono tossici ad alta concentrazione nell'acqua potabile,
- **cloro** ( $\text{Cl}_2$ ); altamente tossico e reattivo, usato estensivamente dall'industria per il trattamento delle acque,
- **acido solfidrico** ( $\text{H}_2\text{S}$ ); paludi e materiale in decomposizione. Veleno per la fosforilazione ossidativa, complessa il Fe(II),
- **cianuro** ( $\text{CN}^-$ ); prodotto in grande quantità dall'industria mineraria. Veleno per la fosforilazione ossidativa,
- **arseniato e arsenito**, naturalmente abbondanti in alcune aree, molto tossici,
- **gas di effetto serra** ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )  $\Rightarrow$  riscaldamento globale,
- $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3 \Rightarrow$  **piogge acide** e **smog**.

# Contaminati organici

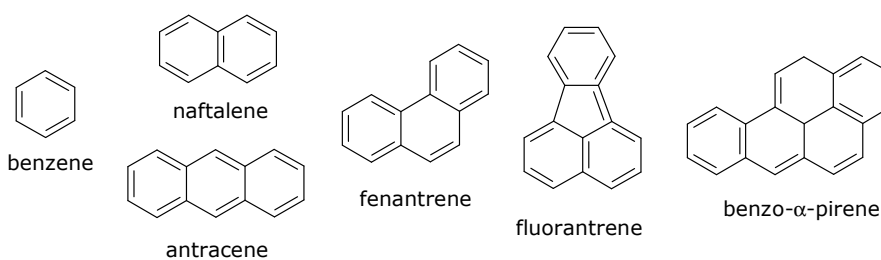
- In genere di sintesi o di origine antropogenica:
  - Policiclici aromatici (IPA)
  - Bifenili policlorurati (PCB)
  - Diossine e furani
  - Pesticidi
    - Organoclorurati (DDT)
    - Organofosfati
    - Triazine e derivati dell'urea
    - Glifosato
    - Paraquat
  - Altri

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 15 -

## Idrocarburi policiclici aromatici (IPA - PHA)



- Proprietà:
  - Bassa solubilità in acqua, lipofili.
  - Relativamente non reattivi (se non attivati)
  - Foto-attivabili

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 16 -



## Fotoattivazione dei IPA

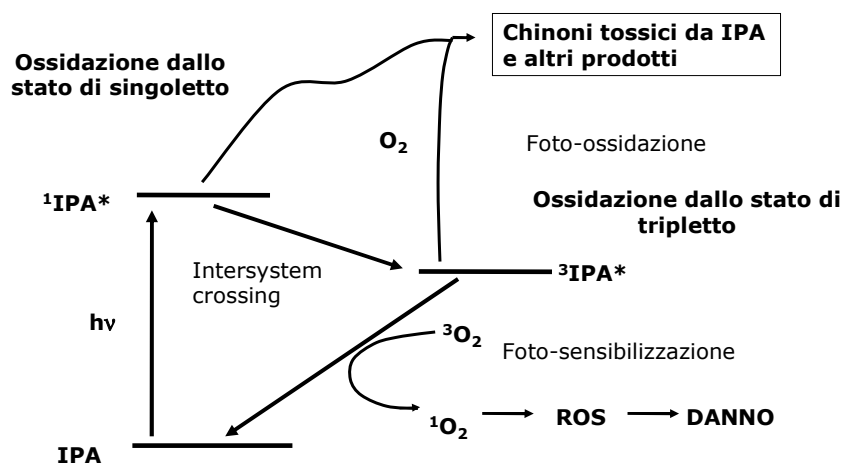
- Attivazione fotochimica (gli IPA assorbono radiazioni UV solari)
- Foto-sensibilizzazione - Esposizione simultanea dell'organismo ai IPA e agli UV
- Foto-modificazione - Preesposizione dei IPA agli UV → foto-ossidazione dei IPA (ossiIPA) → tossicità da ossiIPA (~ 10 µg/L)

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 17 -

## Foto-sensibilizzazione e foto-ossidazione

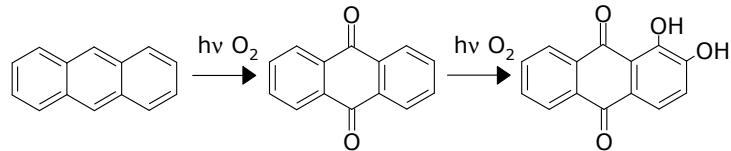
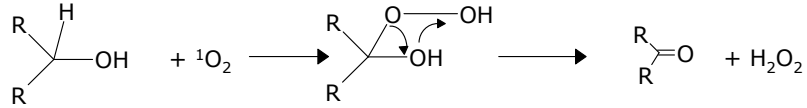


gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

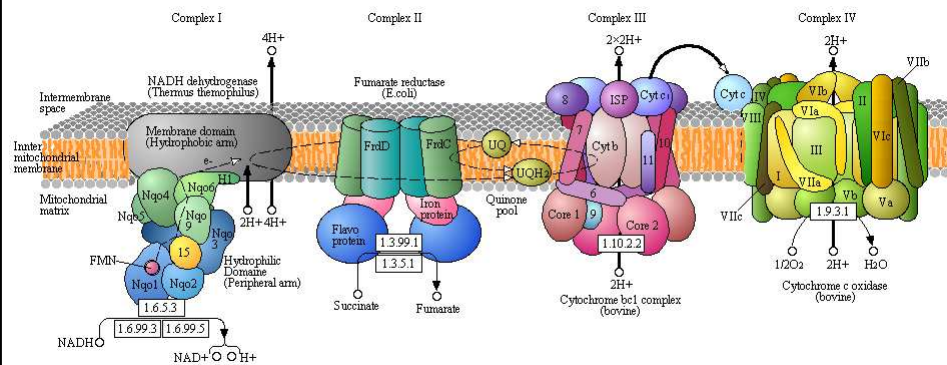
- 18 -

# Foto-ossidazione

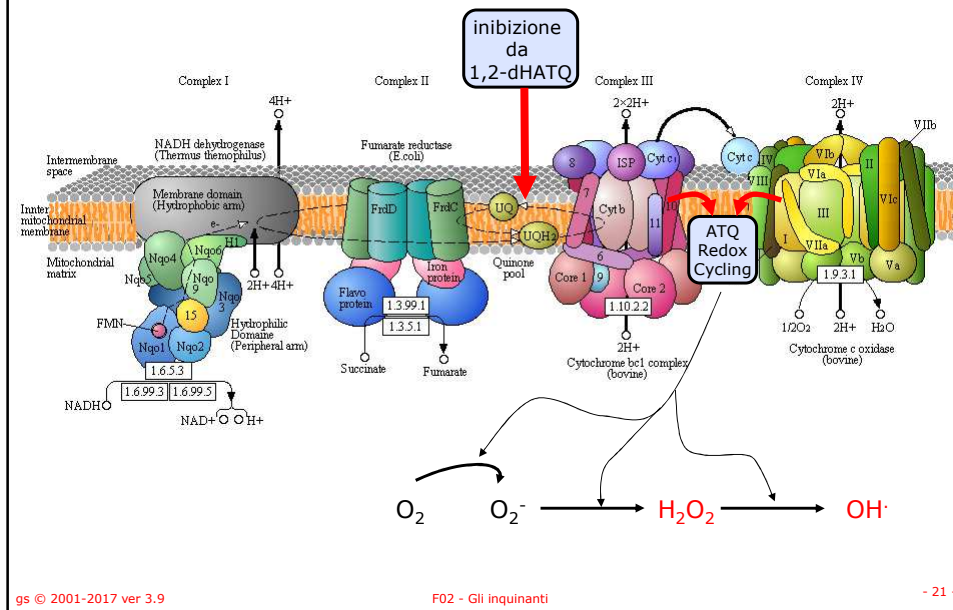


- L'antrachinone (ATQ) può partecipare ad un ciclo redox (redox-cycler).
- Il 1,2-diidrossiantrachinone (1,2-dH-ATQ) inibisce la respirazione e la fotosintesi.

# Effetto sulla catena respiratoria



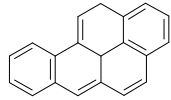
# Effetto sulla catena respiratoria



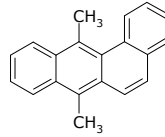
## Bioattivazione dei IPA

- Attivazione biochimica
  - Trasformazione enzimatica degli IPA (idrossilazione)
  - L'organismo può eliminare dei metaboliti più solubili (ossiIPA)
  - OssiIPA possono essere più reattivi (citotossici/genotossici)
- Distruttori endocrini
  - Alcuni ossiIPA possono mimare l'attività ormonale
  - I IPA possono indurre il citocromo P450 (P450IA1) (che degrada gli steroidi)

## Attivazione biochimica

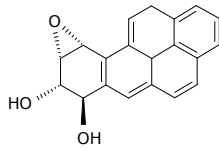


Benzo(α)pirene



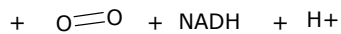
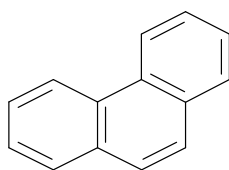
7,12-dimetil-benzantracene

- Alcuni IPA sono pro-carcinogenici, diventano carcinogenici dopo ossidazione (intercalanti).

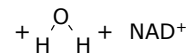
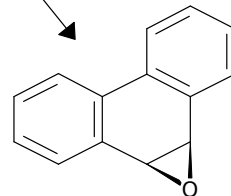


- Due attività enzimatiche: ossidazione, epossidazione.

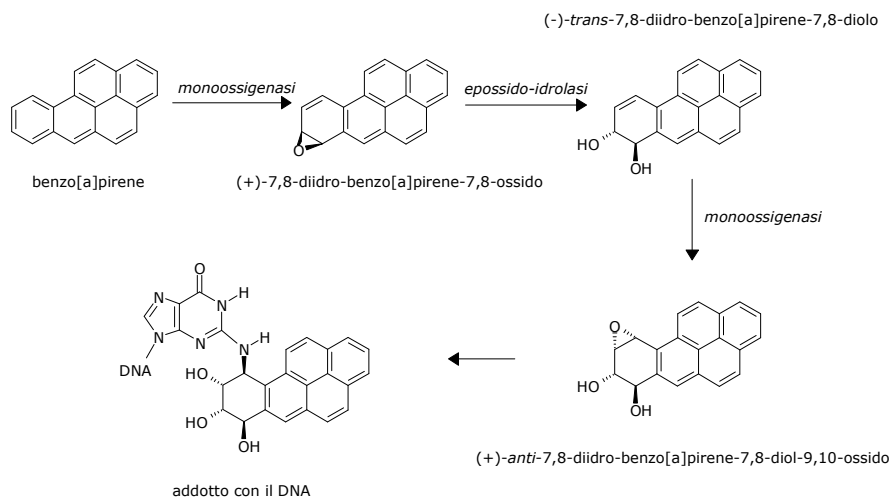
## Attivazione biochimica



*fenantrene 9,10-monossigenasi*  
EC 1.14.13.-



## Attivazione biochimica

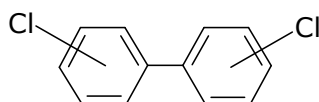


gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 25 -

## Policlorobifenili (PCB)



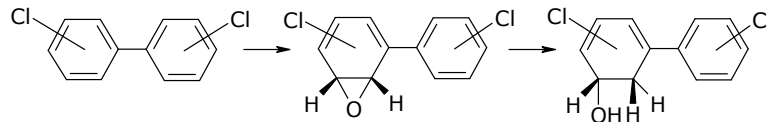
- Usato negli oli dei trasformatori
- Miscela di congeneri.
- Altamente lipofili.
- Persistenti nei sedimenti.
- Possono essere planari o eclissati a secondo della posizione degli atomi di cloro .
- Gli eclissati tendono ad essere più tossici.
- Assorbimento → sangue → metabolismo epatico → escrezione.

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 26 -

## Attivazione dei PCB



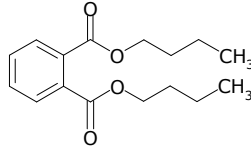
- L'idrossilazione procede attraverso la formazione di un epossido intermedio ad opera di citocromo P450
- Maggiore è il numero di atomi di cloro più difficile è il metabolismo, sono richiesti due atomi di carbonio adiacenti non legati ad atomi di cloro.
- Se non metabolizzati persistono nell'organismo a causa della alta lipofilia. Questo provoca bioaccumulazione.
- Distruttori endocrini.

## Distruttori endocrini

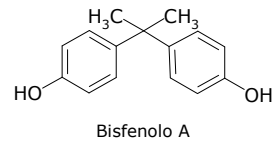
- Sono sostanze che:
- *"interferiscono con la sintesi, secrezione, trasporto, legame, azione e eliminazione di **ormoni** che sono responsabili dello sviluppo, comportamento, fertilità e mantenimento dell'omeostasi cellulare"*

# Materie plastiche

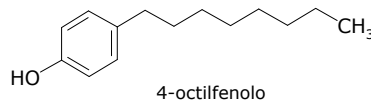
- Ftalati



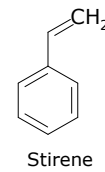
- Bisfenoli



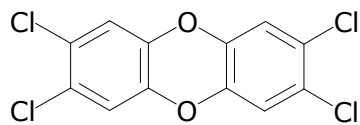
- Alchilfenoli



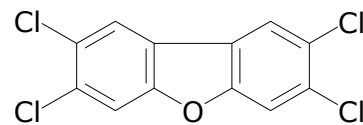
- Stireni



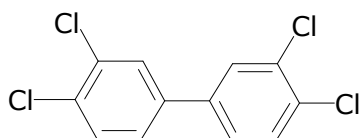
# Diossine e derivati



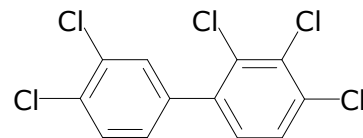
Tetraclorodibenzodiossina



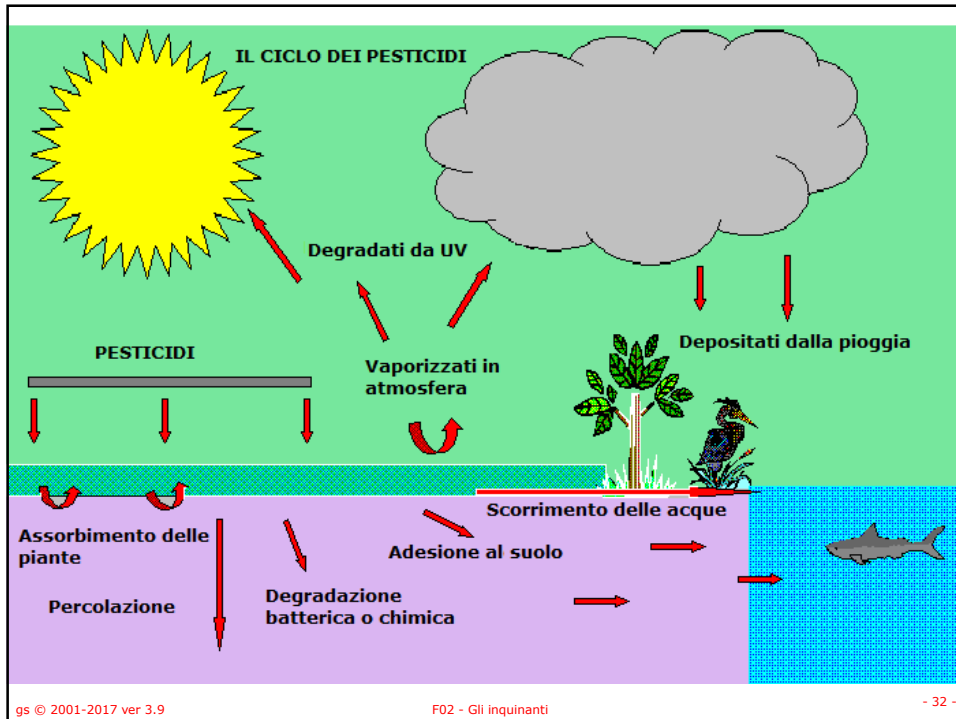
2,3,7,8-Tetraclorodibenzofurano



Tetraclorobifenile



Pentaclorobifenile

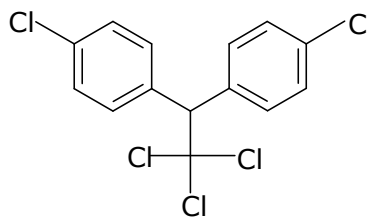




## Il pesticida perfetto

- Altamente tossico, ma solo per la specie da uccidere;
- persistente nell'ambiente solo per il tempo necessario ma svolgere la sua azione, poi scisso in composti non tossici;
- qualità fisiche opportune;
- poco costoso da produrre e privo di contaminazioni;
- **non ancora inventato.**

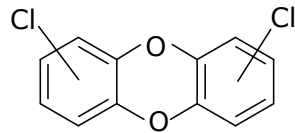
## Organoclorurati



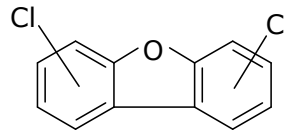
1,1,1-tricloro-2,2-bis-(4'-clorofenil)etano (DDT)

- Poco costosi, danno tossicità cronica e problemi di persistenza.
- Veleno del sistema nervoso: ritarda la chiusura dei canali del sodio.

## Diossine e furani



dibenzodiossina

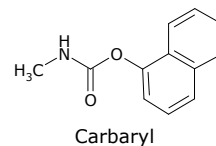


dibenzofurano

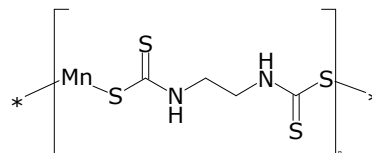
- Altamente lipofili – Assorbiti al 100%.
- Miscele, molti congeneri, il più pericoloso è 2,3,7,8-tetracloro-dibenzo-diossina (2,3,7,8-TCDD).
- Agente arancio – 2,4 D e 2,4,5 T con 15 – 20 mg/kg TCDD (Vietnam).
- I furani hanno proprietà tossiche simili alle diossine.

## Pesticidi e erbicidi

- **Carbammati**
- **Ditiocarbammati**
- Organoclorurati
- Piretroidi
- Triazine
- Fenossi erbicidi
- Altri
  - Parathion



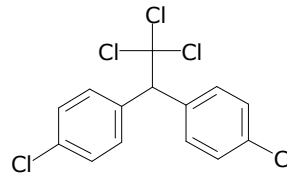
Carbaryl



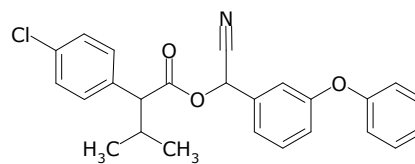
Maneb

## Pesticidi e erbicidi

- Carbammati
- Ditiocarbammati
- **Organoclorurati**
- **Piretroidi**
- Triazine
- Fenossi erbicidi
- Altri
  - Parathion



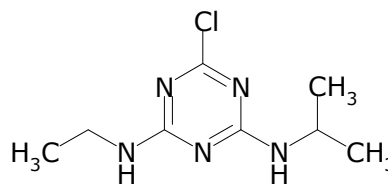
DDT



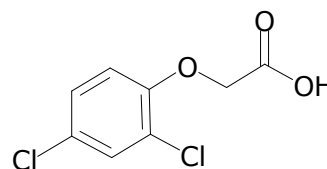
Fenvalerato

## Pesticidi e erbicidi

- Carbammati
- Ditiocarbammati
- Organoclorurati
- Piretroidi
- **Triazine**
- **Fenossi erbicidi**
- Altri
  - Parathion

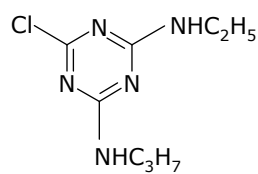


Atrazina

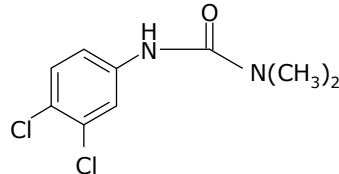


2,3-diclorofenossiacetato

# Triazine e derivati dell'urea



Atrazina

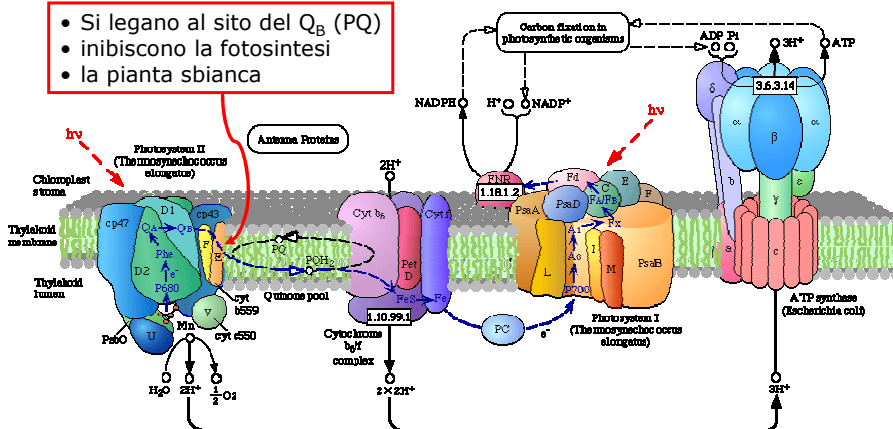


DCMU

- Inibitori del fotosistema II, competono al sito di legame del chinone

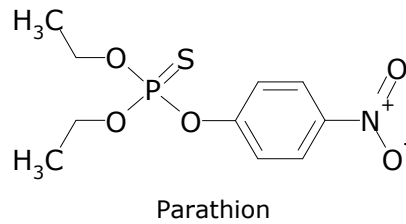
# Meccanismo delle triazine

- Si legano al sito del Q<sub>B</sub> (PQ)
- inibiscono la fotosintesi
- la pianta sbianca



## Pesticidi e erbicidi

- Carbammati
- Ditiocarbammati
- Organoclorurati
- Piretroidi
- Triazine
- Fenossi erbicidi
- Altri
  - **Parathion**

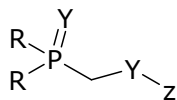


gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

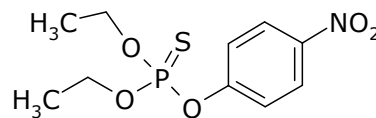
- 41 -

## Organofosfati



Struttura generale

- R = catena idrocarburica
- Z = gruppo organico
- Y = S o O



Parathion

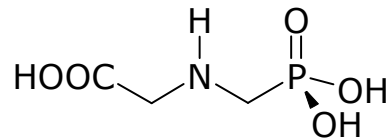
- Poco costosi e poco tossici verso le specie non bersaglio.
- Più solubili in acqua del DDT, più degradabili e meno persistenti.
- Veleno del SN: inibitore dell'acetilcolinesterasi.

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 42 -

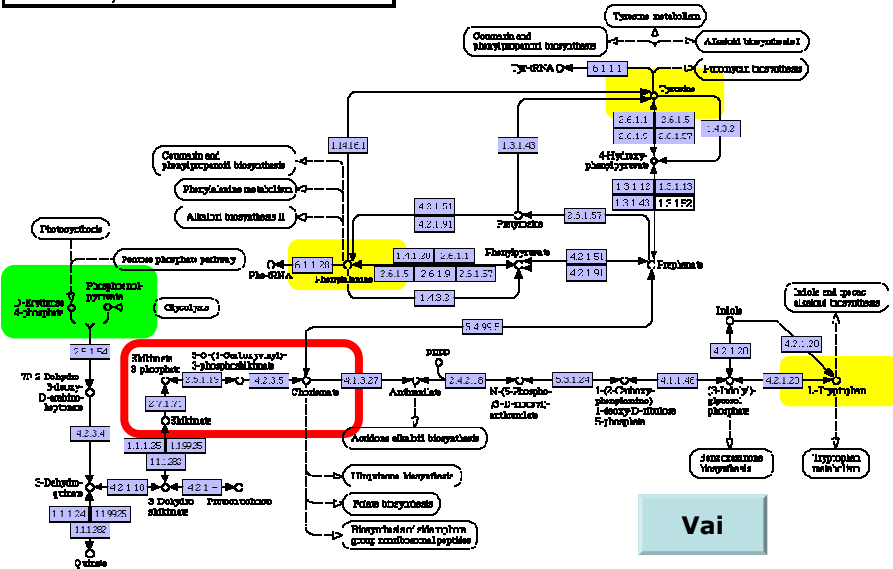
# Glifosato



- Inibisce la sintesi degli aminoacidi aromatici (via dello shikimato) attraverso l'inibizione del 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintetasi.

## Meccanismo d'azione del glifosato

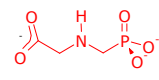
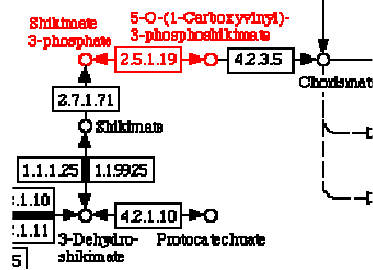
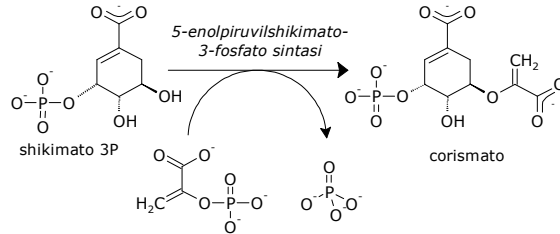
PHENYLALANINE, TYROSINE AND TRYPTOPHAN BIOSYNTHESIS



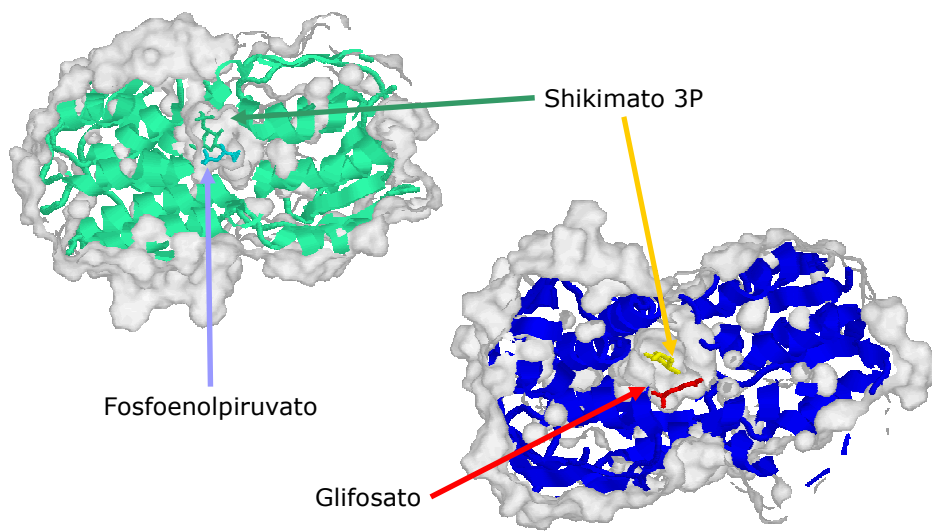
Vai

<http://www.genome.jp/kegg/pathway/map/map00400.html>

# Meccanismo d'azione del glifosato



# Meccanismo d'azione del glifosato



## Agroalimentare motore del made in Italy, frenato dalla burocrazia: la ricerca del Cna a Parma

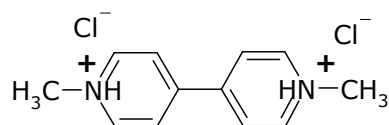


Il ministro Martina al Teatro Regio di Parma

Convegno "L'eccellenza della produzione agroalimentare tra tradizione e innovazione" al Teatro Regio, a cui era presente anche il ministro delle Politiche agricole Maurizio Martina che è intervenuto sul caso glifosato: "L'Italia lavorerà un suo piano di riduzione sistematica"

Il ministro a margine è intervenuto sul caso del **glifosato**, l'erbicida dichiarato cancerogeno dall'Oms ma ritenuto non dannoso dall'Efsa, l'autorità alimentare con sede a Parma. Pochi giorni fa il parlamento europeo ha deluso gli ambientalisti **decidendo di non proibirlo**. "L'Italia - ha dichiarato sul caso Martina - lavorerà un suo piano di riduzione sistematica, confermando il nostro modello agricolo tra i più sostenibili in Europa".

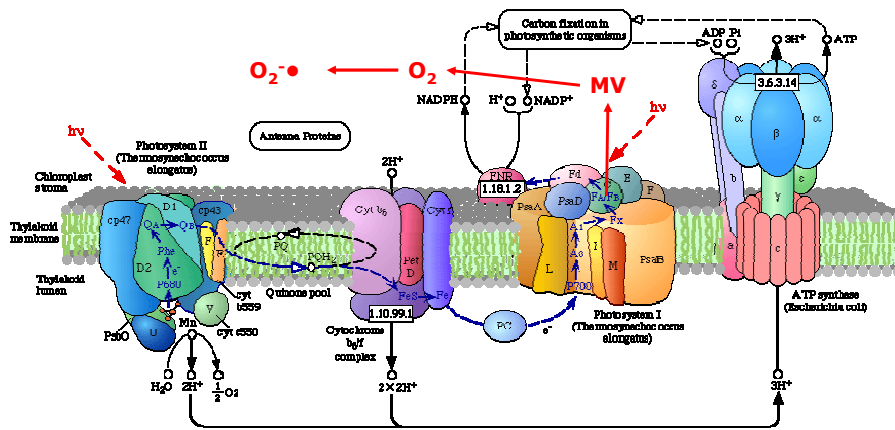
## Metil-viologeno (Paraquat)



- Generatore di radicali liberi.
- Accetta elettroni dal fotosistema I e li passa all'O<sub>2</sub> formando anione superossido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>).
- Anche nei mitocondri.
- Usato per distruggere le piantagioni di marijuana in Messico negli anni '70.
- Tossicità orale nei mammiferi - LD50 (ratto) ~100 mg/kg.



# Meccanismo del Paraquat



gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 49 -

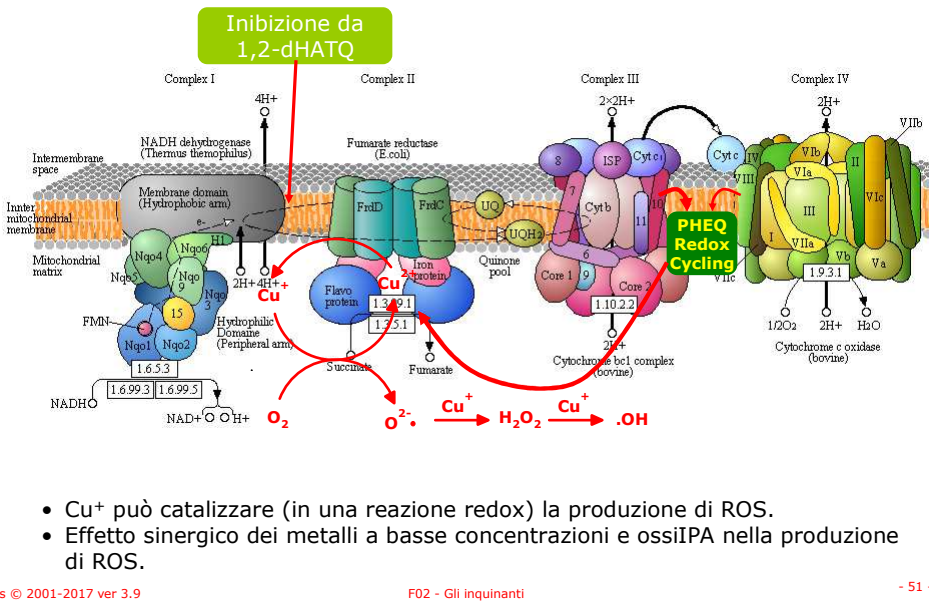
# Effetti additivi degli inquinanti

gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 50 -

## Formazione di radicali dell'ossigeno (ROS) mediate da metalli e IPA



- $Cu^+$  può catalizzare (in una reazione redox) la produzione di ROS.
- Effetto sinergico dei metalli a basse concentrazioni e ossiIPA nella produzione di ROS.

## Appendice

# Polveri sottili

Cortesia Prof. Laura Tositti,  
Università di Bologna, Ravenna 26.10.2006

## ATTUALITA' DEL PROBLEMA RAPPRESENTATO DALLE POLVERI ATMOSFERICHE

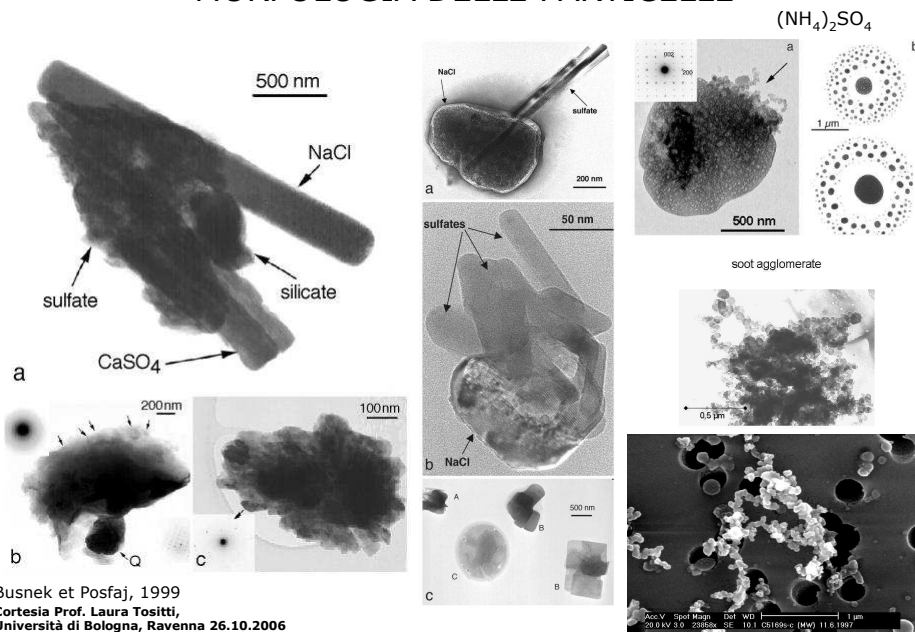
- **Effetti sulla salute - (World Health Organization, 2003):**
  - è **accertato** il danno prodotto dal PM atmosferico sulla salute umana
  - + 0.5 % decessi ogni aumento di PM10 pari a 10 mg·m<sup>-3</sup>
- **NON ESISTE UNA SOGLIA MINIMA DI SICUREZZA (radioattività)**
- **NON SONO NOTI I MECCANISMI DI AZIONE**
- **Danni a: Beni culturali – ecosistemi – vegetazione (selvatica/coltivata)**
- **Inquinamento transfrontaliero**
- **Ciclo nutritivo fitoplancton - Eutrofizzazione - Piogge acide**
- **Effetti climatici:** alcuni tipi di particelle "raffreddano", altri "riscaldano"

Cortesia Prof. Laura Tositti,  
Università di Bologna, Ravenna 26.10.2006  
gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

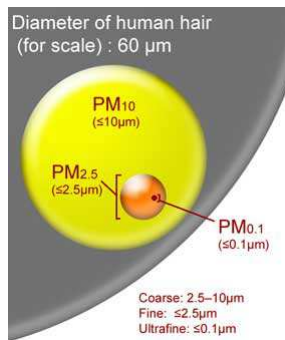
- 53 -

## MORFOLOGIA DELLE PARTICELLE



F02 - Gli inquinanti

CONVENZIONI METRICHE  
PER LE POLVERI  
ATMOSFERICHE



Cortesia Prof. Laura Tositti,  
Università di Bologna, Ravenna 26.10.2006  
gs © 2001-2017 ver 3.9

IL PM10 INCLUDE IL PM2.5, CHE INCLUDE IL PM1.....

PM<sub>x</sub> è UN LIMITE SUPERIORE - CONVENZIONALE



PM10      PM2.5      PM1      PM0.1

**PM10:** riferimento metrico europeo ed italiano attualmente in vigore (gli USA lo avevano adottato a metà degli anni 80)

**PM2.5:** riferimento metrico USEPA\*\* in vigore dal 1997. Come suggerito dalla WHO dovrà essere recepito anche in Europa (proposta di STD PM2.5 europeo settembre 2005)

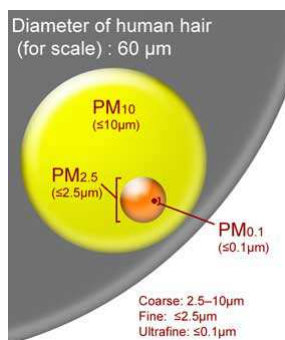
**PM1:** in corso di standardizzazione negli USA

**PM0.1:** particelle ultrafini, la nuova frontiera

F02 - Gli inquinanti

- 55 -

CONVENZIONI METRICHE  
PER LE POLVERI  
ATMOSFERICHE



Cortesia Prof. Laura Tositti,  
Università di Bologna, Ravenna 26.10.2006  
gs © 2001-2017 ver 3.9

IL PM10 INCLUDE IL PM2.5, CHE INCLUDE IL PM1.....

PM<sub>x</sub> è UN LIMITE SUPERIORE - CONVENZIONALE



PM10      PM2.5      PM1      PM0.1

**PM10:** riferimento metrico europeo ed italiano attualmente in vigore (gli USA lo avevano adottato a metà degli anni 80)

**PM2.5:** riferimento metrico USEPA\*\* in vigore dal 1997. Come suggerito dalla WHO dovrà essere recepito anche in Europa (proposta di STD PM2.5 europeo settembre 2005)

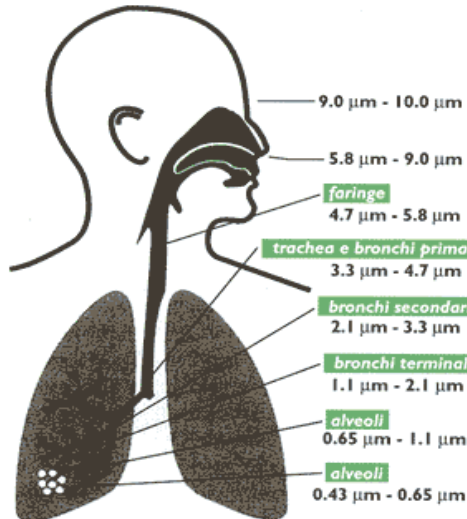
**PM1:** in corso di standardizzazione negli USA

**PM0.1:** particelle ultrafini, la nuova frontiera

F02 - Gli inquinanti

- 56 -

## EFFETTI SULLA SALUTE



- Interazione tra particelle e superficie cellulare (*deposizione composti tossici o reattivi: IPA e loro nitro-derivati e prodotti di ossidazione come i chinoni, METALLI*)
- Inducono meccanismi infiammatori
- Accedono al FLUSSO SANGUIGNO attraverso gli alveoli e ne alterano le proprietà aggreganti
- Accedono al TESSUTO EPITELIALE e agli interstizi (accesso al sistema linfatico)
- Interazione con il SISTEMA NERVOSO CENTRALE attraverso il nervo olfattivo

Cortesia Prof. Laura Tositti,  
Università di Bologna, Ravenna 26.10.2006  
gs © 2001-2017 ver 3.9

F02 - Gli inquinanti

- 57 -

## Crediti e autorizzazioni all'utilizzo

### Riferimenti

- Handbook of Ecotoxicology –  
–David J. Hoffman, Barnett A., Rattner G., Allen Burton, Jr., John Cairns, Jr. Eds. - LEWIS PUBLISHERS - 2003
- Environmental Toxicology - Biological and health effect of pollutants - II Edition  
–Ming-Ho Yu - CRC Press - 2005
- Environmental Stressors in Health and Disease  
–Jurgen Fuchs and Lester Packer Eds. - Marcel Dekker, Inc. - 2001

### WEB

Vie metaboliche:  
KEGG: <http://www.genome.ad.jp/kegg/>  
Degradazione degli xenobiotici: <http://www.genome.ad.jp/kegg/pathway/map/map01196.html>

Struttura delle proteine:  
Protein data bank (Brookhaven): <http://www.rcsb.org/pdb/>  
Hexpasy <http://us.expasy.org/>  
Expert Protein Analysis System: <http://us.expasy.org/sprot/>  
Prosites (protein families and domains): <http://www.expasy.org/prosite/>  
Enzyme (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>  
Scop (famiglie strutturali): <http://scop.berkeley.edu/>

Enzimi:  
Nomenclatura - IUBMB: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/>  
Proprietà - Brenda: <http://www.brenda.uni-koeln.de/>  
Expasy (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>  
Database di biocatalisi e biodegradazione: <http://umbdb.ahc.umn.edu/>  
Citocromo P450: <http://www.icgeb.org/~p450srv/>  
Metalloioneine: <http://www.unizh.ch/~mtpage/MT.html>  
Tossicità degli xenobiotici: Agency for Toxic Substances and Disease Registry <http://www.atsdr.cdc.gov>

Questo ed altro materiale può essere reperito a partire da: <http://www.qsartor.org/pro>

- Il materiale di questa presentazione è di libero uso per didattica e ricerca e può essere usato senza limitazione, purché venga riconosciuto l'autore usando questa frase:

**Materiale ottenuto dal Prof. Giorgio Sartor**  
Università di Bologna

Giorgio Sartor  
Ufficiale: [giorgio.sartor@unibo.it](mailto:giorgio.sartor@unibo.it)  
Personale: [giorgio.sartor@gmail.com](mailto:giorgio.sartor@gmail.com)

Aggiornato il 17/03/2017 13:28:57