



REGIONE TOSCANA
Consiglio Regionale



I BIOINDICATORI DELLA QUALITA' AMBIENTALE

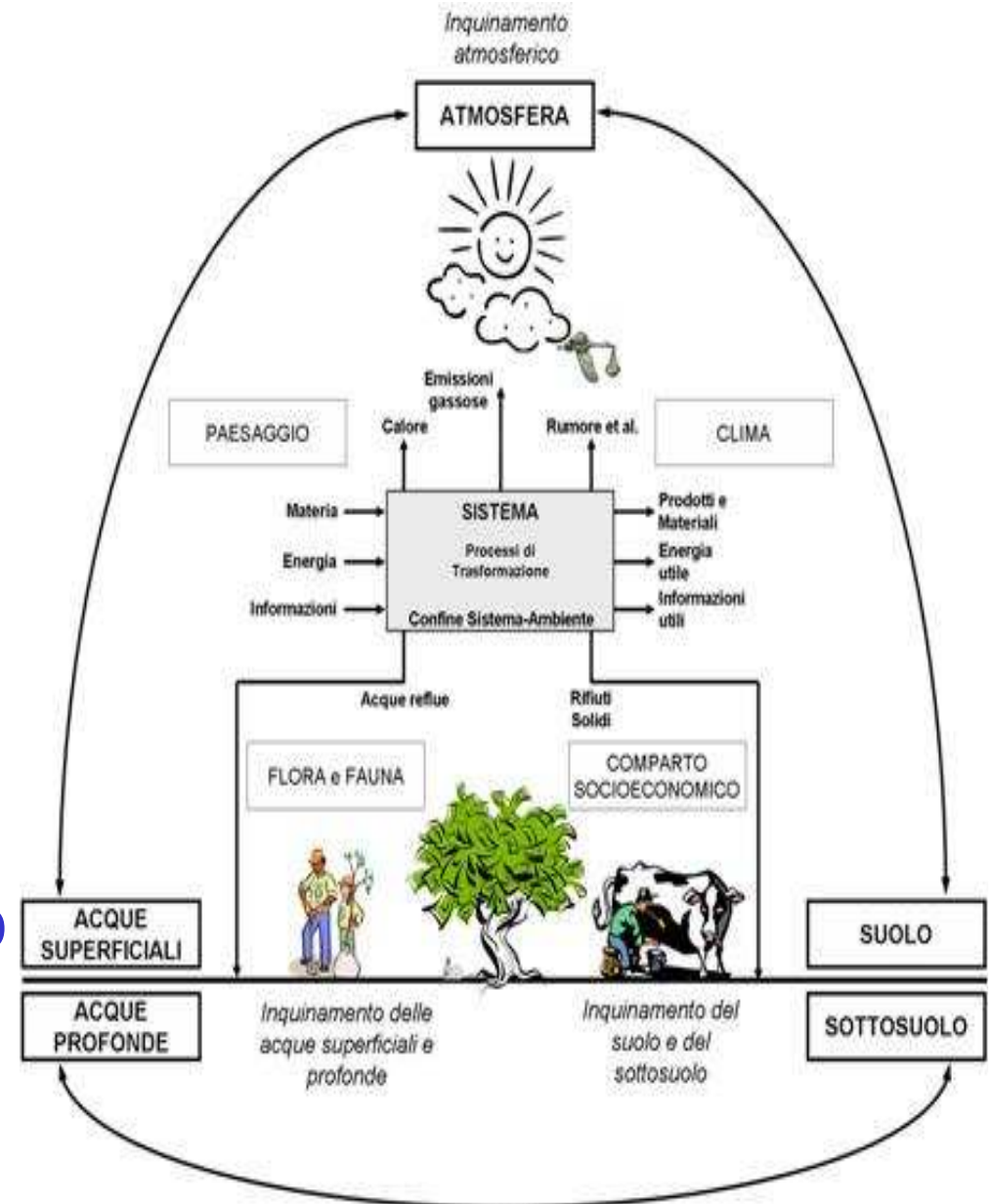


Prof. ROBERTO BARGAGLI
Dipartimento di Scienze
Ambientali
UNIVERSITA' DI SIENA
Via P.A. Mattioli, 4; 53100 SIENA



LA QUALITA' AMBIENTALE

- piuttosto difficile da definire:
- insieme delle proprietà e caratteristiche di un ambiente naturale o antropizzato?
- E' una misura delle condizioni e dei servizi dell'ambiente rispetto alle necessità dell'uomo e degli organismi?





Dal 1969 negli USA il CEQ (Council for Environmental Quality) è una divisione dell'Ufficio Esecutivo del Presidente (National Environmental Policy Act ; NEPA)



Approccio Antropocentrico:

Qualità ambientale significa capacità di soddisfare esigenze materiali e morali, sociali ed economiche (sicurezza, benessere, qualità dei servizi e prodotti,ecc.)

Il CNEL (Comitato Nazionale Economia e Lavoro) assume come indicatori di qualità ambientale:

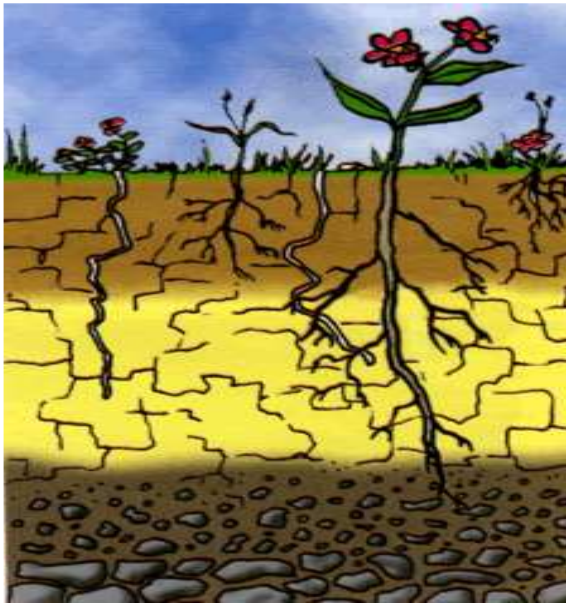
- - Territorio (cementificazione, aree protette, boschi, coltivi)
- - Qualità acqua ed aria (inquinamenti, potabilità, balneabilità ecc.)
- - Produzione di energia (uso combustibili fossili, effetto serra, ecc.)
- - Rifiuti solidi urbani (RSU, quantità, raccolta differenziata, ecc.)

Negli ultimi anni una visione più ampia del concetto di qualità:
approccio di tipo olistico (integrato: filiera delle attività socio-economiche e produttive, ambiente interessato ecc.)



*Enhancing Environmental Awareness for the
Businesses, Communities and Citizens of Illinois*

- Certificazione di qualità ambientale (Norme ISO 14000)
- Certificazione di prodotto (regolamento CE ECOLABEL)
- Certificazione di Sistemi di Gestione Ambientale (SGA)
- Agricoltura organica o biologica, filiera corta, DOP, ecc.



Fin dall'antichità il concetto di qualità è stato
applicato al suolo:

**un suolo di qualità è quello
che produce buoni raccolti**

I successi e gli insuccessi della **RIVOLUZIONE VERDE** dimostrano che questa visione è riduttiva, la produzione di alimenti è solo una delle funzioni (servizi) del suolo.

Secondo la Soil Science Society of America, un suolo di qualità deve essere in grado di:

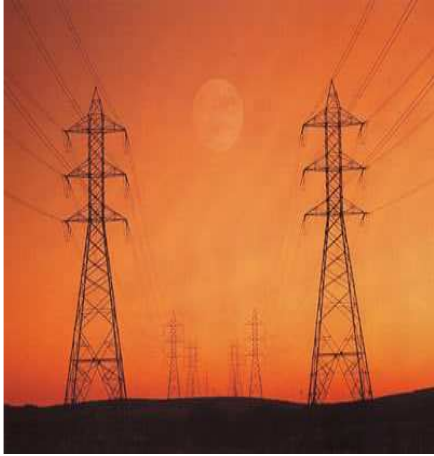
- Funzionare (biodiversità, materia organica, aggregati. ecc.)
- Mantenere/migliorare la qualità dell'acqua e dell'aria
- Sostenere produttività vegetale ed animale, salute dei consumatori, integrità del territorio, ecc.
- **Lo sfruttamento della risorsa deve essere sostenibile**

LA CRISI GLOBALE E LO SVILUPPO SOSTENIBILE

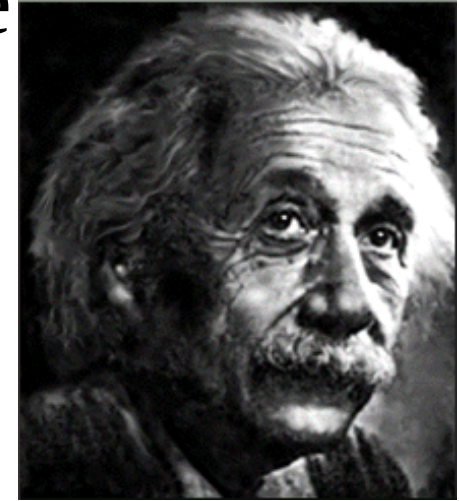
La crescita della popolazione, della produzione ed abitudini di consumo insostenibili stanno mettendo in crisi la capacità del pianeta di sostenere la vita



Occorre acquisire attitudini e comportamenti tali da garantire la sostenibilità dei bisogni di oggi senza pregiudicare quelli delle generazioni future



Vari approcci per valutare
se l'uso delle risorse
naturali è sostenibile



Spazio ambientale
Impronta Ecologica
Dematerializzazione

MIPS (Intensità di Materiale per Unità di Servizio)

LA NATURA SUGGERISCE I COMPORTAMENTI

“La natura non fa nulla di inutile...Se un modo di fare le cose è migliore di un altro, si può essere sicuri che è il modo naturale”
(Aristotele)

“La natura, prima di essere comandata deve essere obbedita” (Francis Bacon)

“Guardare in fondo alla natura significa capire meglio tutte le cose”
(Albert Einstein)

EDUCAZIONE PER LA SOSTENIBILITA'

EDUCARE NON SIGNIFICA INSEGNARE

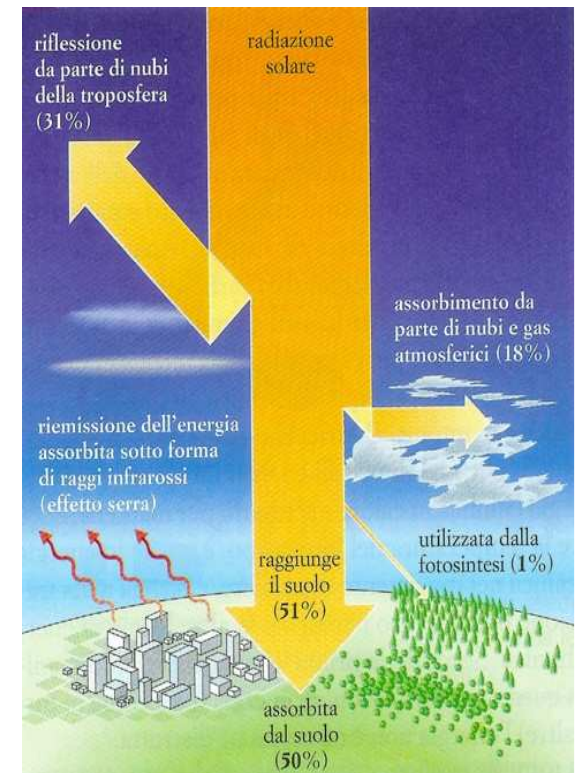
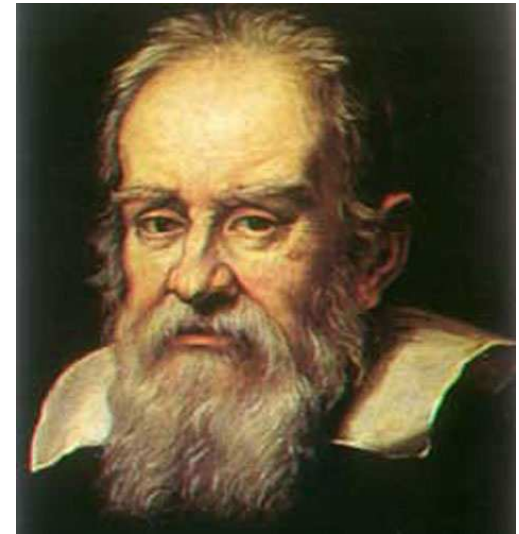
Galileo Galilei per esempio, diceva:

“non si può insegnare alcuna cosa alla gente: possiamo solamente aiutarla a scoprirla dentro di se”

e **Kahlil Gibran** scrive:

“... e un maestro domandò: parlati dell'insegnamento. Ed egli disse: nessuno può insegnarvi nulla, se non ciò che in dormiveglia giace nell'alba della vostra conoscenza... Se il maestro è saggio non vi invita ad entrare nella casa della sua scienza, ma vi conduce alla soglia della vostra mente...”

quindi occorre mettere in grado le persone di scoprire, riconoscere e valorizzare ciò che hanno dentro. Solo con la conoscenza e la consapevolezza si acquisiscono nuove attitudini e comportamenti tali da garantire la sostenibilità.



MODELLI DI SVILUPPO E SOSTENIBILITA'

Petrolio, carbone, metano, minerali non sono risorse rinnovabili, la loro disponibilità sta diminuendo, con conflitti sempre più acuti e crescenti impatti a scala globale su: Clima, Ambiente, Salute, Società ed Economia



L'affermarsi di nuovi modelli di sviluppo non può prescindere dalla diffusione di una nuova cultura, diversi stili di vita e modi di produrre

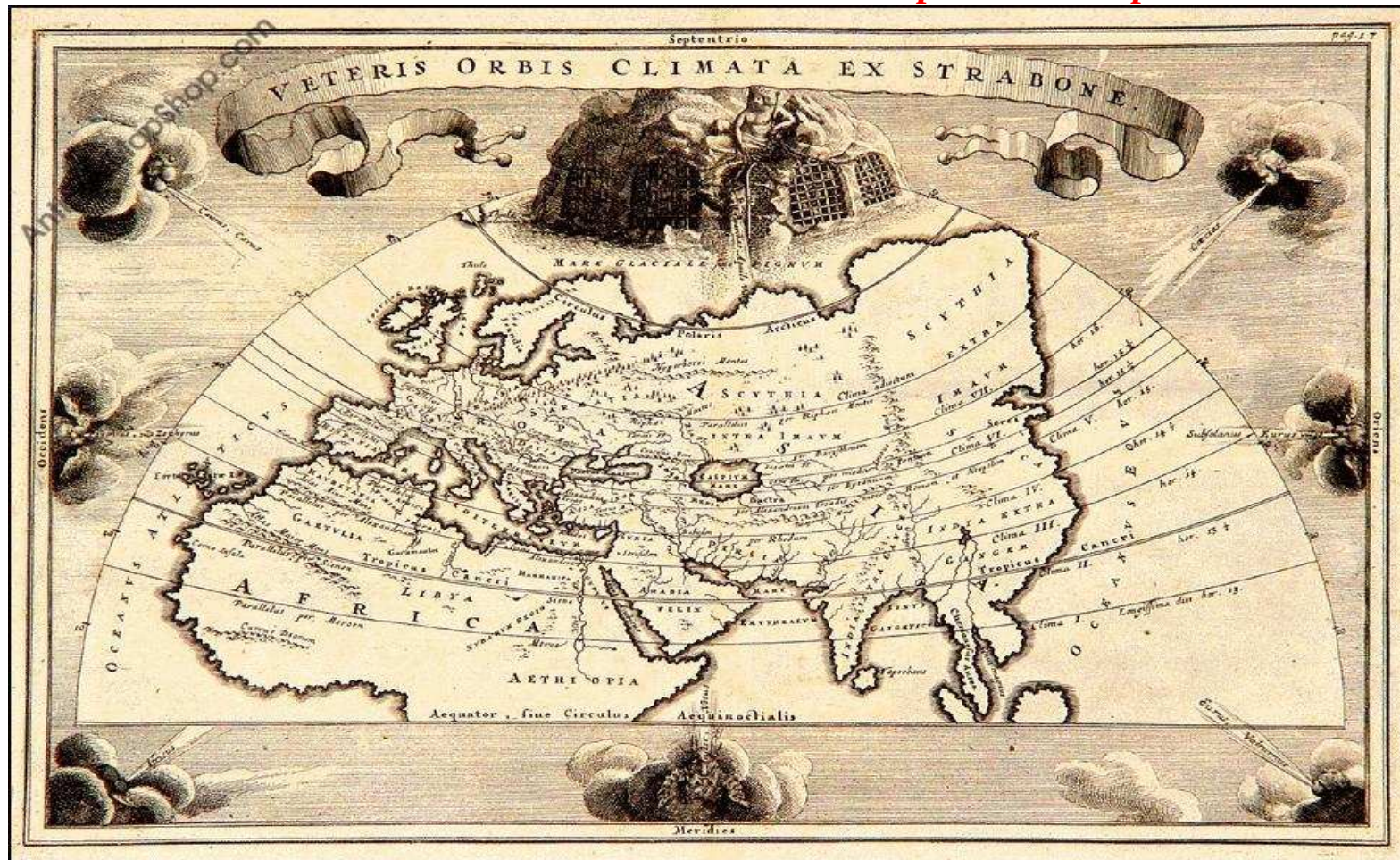


Il risparmio e l'efficienza energetica, la diffusione di energie rinnovabili, riciclo dei materiali, tutela del suolo, acqua e aria sono gli strumenti per:

- Ridurre l'inquinamento, la perdita di risorse e l'accelerazione dei cambiamenti climatici;
- Favorire la riduzione delle disparità socio-economiche e la soluzione dei conflitti

**L'INSOSTENIBILITA' AMBIENTALE DI MOLTE ATTIVITA' UMANE E' NOTA DA SECOLI, MA
POLITICA ED ECONOMIA MIRANO ALLA CRESCITA DEL PIL (*incentivi per la rottamazione in
nome della qualità dell'aria!*) , DIMENTICANDO LE LEZIONI DEL PASSATO**

**Es. Strabone (60 a.C.- 20 d.C.) suggeriva di costruire alti camini nei forni per la metallurgia
dell'argento, perchè i vapori emessi dalle pietre erano soffocanti e mortali. (*Il progressivo
innalzamento delle ciminiere nell'ultimo secolo ha prodotto le deposizioni acide***



Il degrado della qualità ambientale

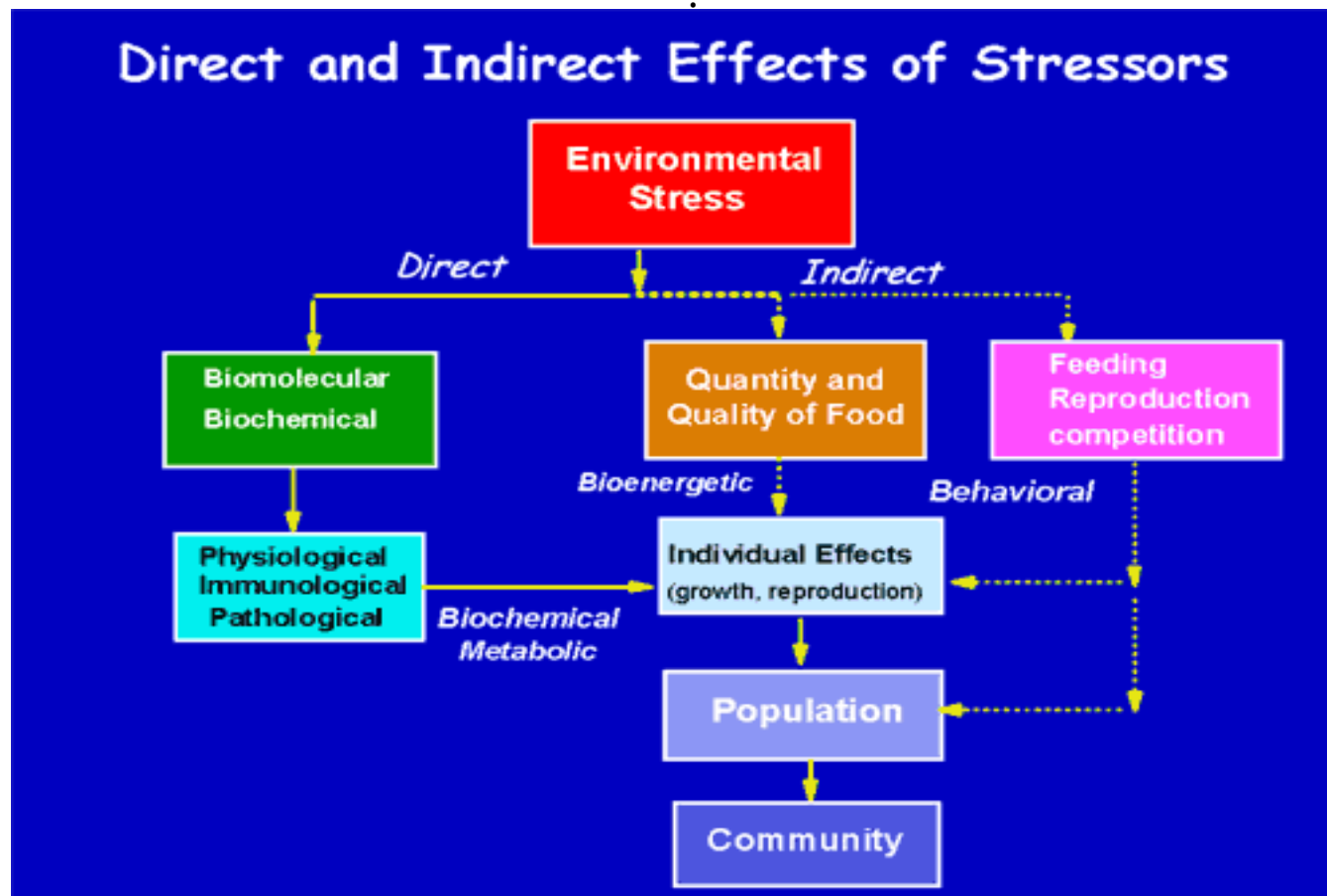
Le attività dell'uomo stanno modificando su scala globale la qualità dell'acqua, dell'aria e dei suoli con notevoli effetti sugli organismi, l'ambiente ed il clima



Le concentrazioni di molti contaminanti nell'aria e nell'acqua (spesso in parti per bilione ppb o parti per trilione ppt) sono difficilmente rilevabili e risultano estremamente variabili nello spazio e nel tempo.

GLI ORGANISMI COME SENSORI

Piante e animali rispondono a livello (biochimico, fisiologico, morfologico, di popolazione o di comunità) a variazioni di composizione dell'aria, dell'acqua e del suolo. Le specie più diffuse e che danno risposte specifiche e facilmente identificabili sono impiegate come **BIOINDICATORI**



BIOINDICATORI: con la presenza/assenza e le loro condizioni (morfologiche, ultrastrutturali, fisiologiche e biochimiche) rivelano l'esposizione presente o passata ad inquinanti (non sempre consentono di rilevare la relazione causa-effetto perché le loro risposte sono influenzate da molti fattori (interni ed esterni)).

- **INDICI BIOTICI:** sintetizzano diversi tipi di informazione mediante aggregazione (razionale o empirica) di uno o più indicatori ed esprimono il tutto in forma numerica (indici di biodiversità, presenza/assenza, ecc., spesso con scala di colori)

Un buon bioindicatore è sensibile agli inquinanti
(alterazione morfologica, funzionale, morte,) e
presenta le seguenti caratteristiche:

stazionario,
facilmente individuabile e reperibile in ogni
stagione, nell'area di studio,
ciclo vitale lungo,
fornisce specifiche risposte all'esposizione
(attuale, pregressa, momentanea, cronica, ecc.) agli
inquinanti
o ad altri fattori di stress



Il fatto che le piante riflettano le caratteristiche del suolo (disponibilità di acqua, nutrienti, acidità, presenza di minerali) è noto sin dall'antichità

In Cina la coltivazione del miglio iniziò 8.000 anni fa (riso 5.000 e frumento 3.500).

Con l'osservazione delle piante venivano individuati suoli coltivabili, la presenza di acqua o di minerali nel sottosuolo (**PROSPEZIONI GEOBOTANICHE**). Nel 1421 (dinastia Ming) fu pubblicato un libro dove si descrive l'uso delle piante per individuare depositi di metalli e le specie da impiegare per l'estrazione di metalli (**PHYTOMINING**) .





Antichi Greci come Aristotele, Teofrasto e Dioscoride e Romani (es. Plinio il Vecchio) classificarono le piante (commestibili, velenose, medicamentose) e ne descrissero l'ambiente, ma non l'impiego per le prospezioni geobotaniche, però la ricerca

dell'Allume fu con piante indicatrici

Sin dall'antichità il solfato di Al e K (allume) era prodotto in Asia minore da un minerale (alunite) ed era molto ricercato (concia pelli, tintura tessuti, emostatico, ecc.).

- Veneziani e genovesi facevano affari con produzione e commercio, ma nel 1400 le miniere passarono ai Turchi .
- Giovanni Da Castro notò nei Monti della Tolfa l'agrifoglio e altre piante presenti anche in Turchia e trovò l'alunite.
- Nel 1463 iniziò la produzione, il Papa impose il monopolio e la scomunica.
- Nel 1600 (Riforma Protestante) Challoner notò foglie e rami di quercia simili alla Tolfa e nello Yorkshire. Fine monopolio papale e divieto di importazione in UK.



Fig.16. - Fase di lavorazione dell'allume (G. Agricola. De re metallica lib. XII. Basileae MDI).

IL 1° DOCUMENTO SCRITTO IN OCCIDENTE SULL'USO DELLE PIANTE PER LE PROSPEZIONI GEOBOTANICHE

- Georg Bauer (detto Agricola, 1494-1555) nella sua opera “*De Re Metallica*” sosteneva che per individuare nuovi giacimenti di metalli era necessario rifiutare le pratiche “magiche” e leggere “**i segni della natura**”, perché dove sono presenti filoni di metalli vi crescono piante e funghi che sono assenti nelle aree circostanti



PIANTE INDICATRICI per le prospezioni geobotaniche

- Thalius nel 1588, descrisse *Minuartia verna*, specie indicatrice dei depositi di Pb e Zn nel Monte Harz (Germania);
- *Viscaria (Lychnis) alpina* (fiore del Cu) fu usata nei paesi scandinavi per individuare i giacimenti minerali e Viscaria è il nome di una miniera di Cu in Lapponia (Svezia).



Minuartia verna



Viscaria (Lychnis) alpina

■ *Alyssum bertolonii* è una delle specie tipiche dei serpentini (es. Mt. Ferrato). Altre specie indicatrici nei suoli seleniferi e con solfuri misti



Alyssum bertolonii

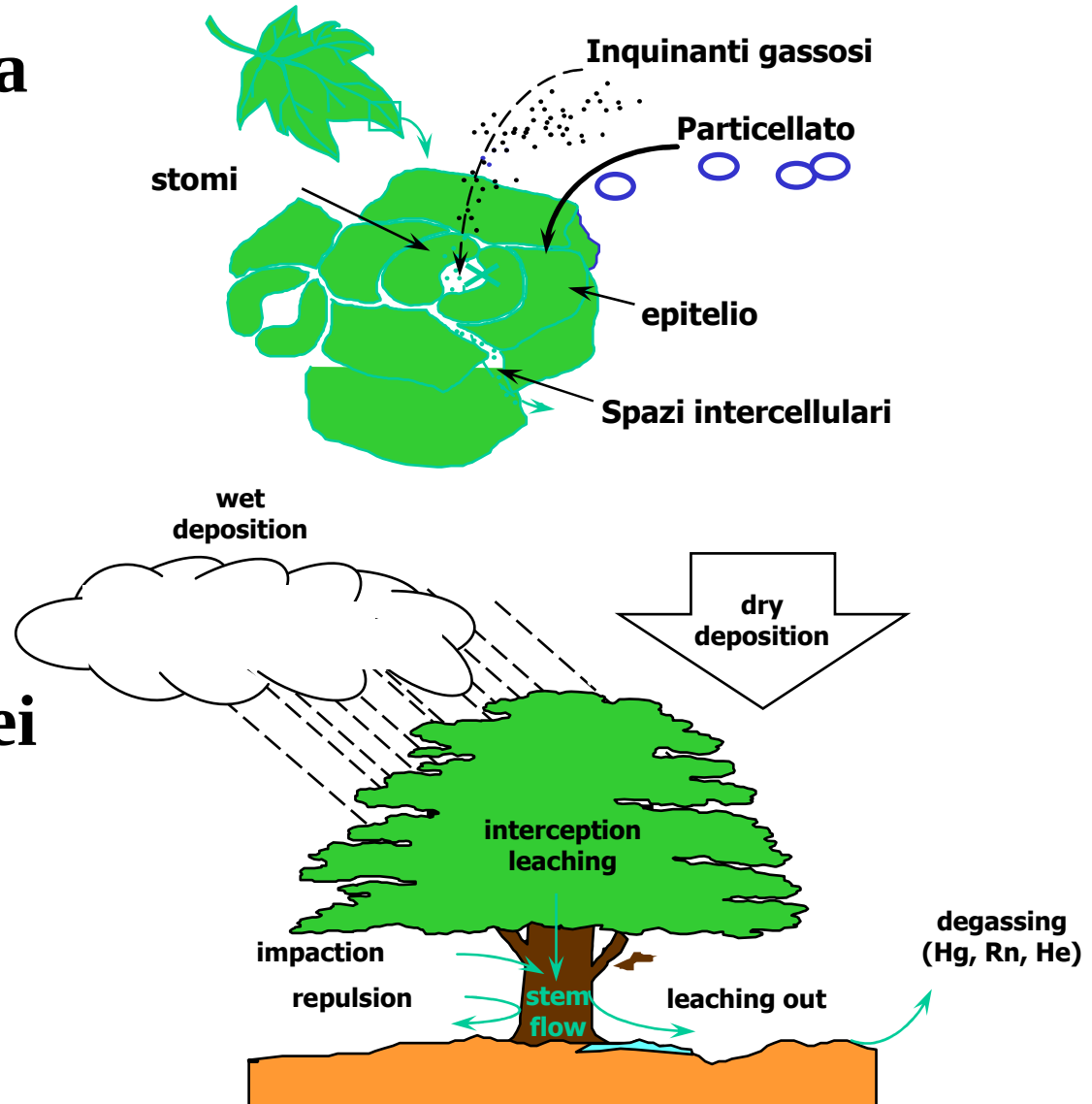
Viola calaminaria ed alcune specie di *Thlaspi* sono tipici indicatori di substrati ricchi di Zn



Viola calaminaria

LE PIANTE COME BIOSENSORI dell'inquinamento atmosferico

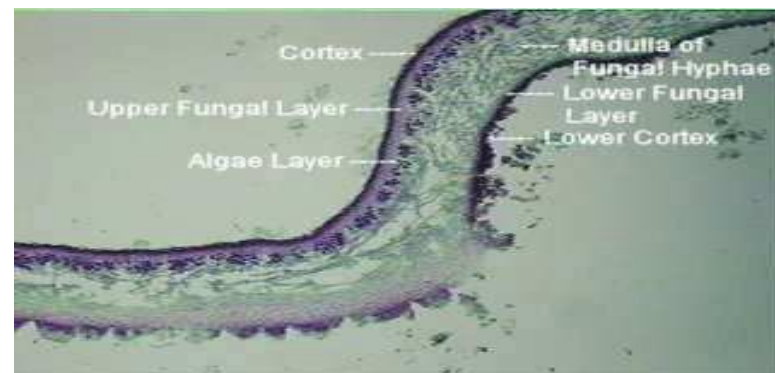
- Oltre a riflettere la natura del suolo, i vegetali costituiscono i principali “intercettatori” dei contaminanti atmosferici persistenti.



I LICHENI E LA QUALITA' DELL'ARIA



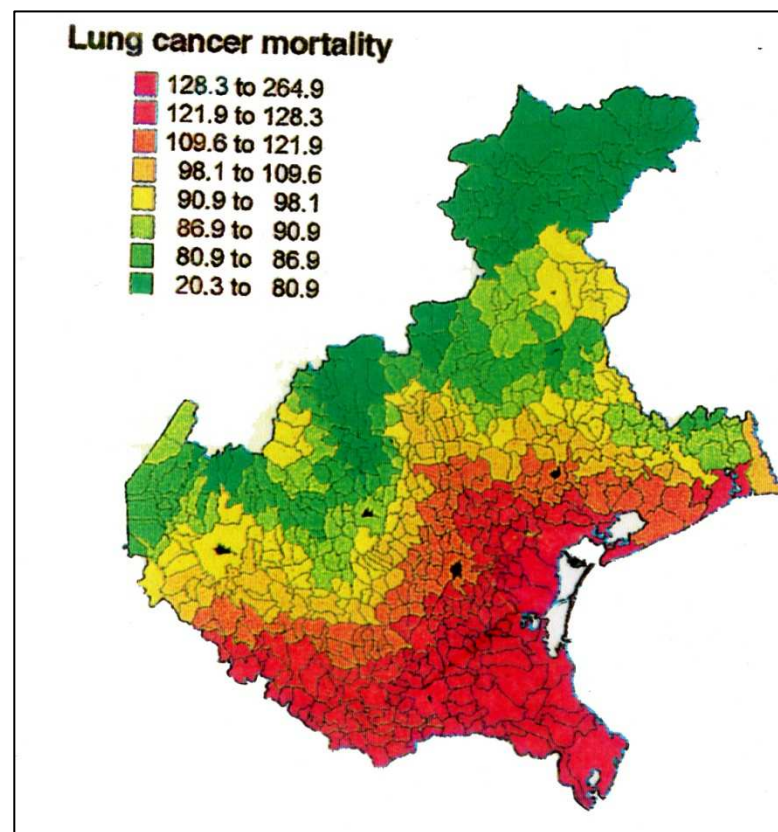
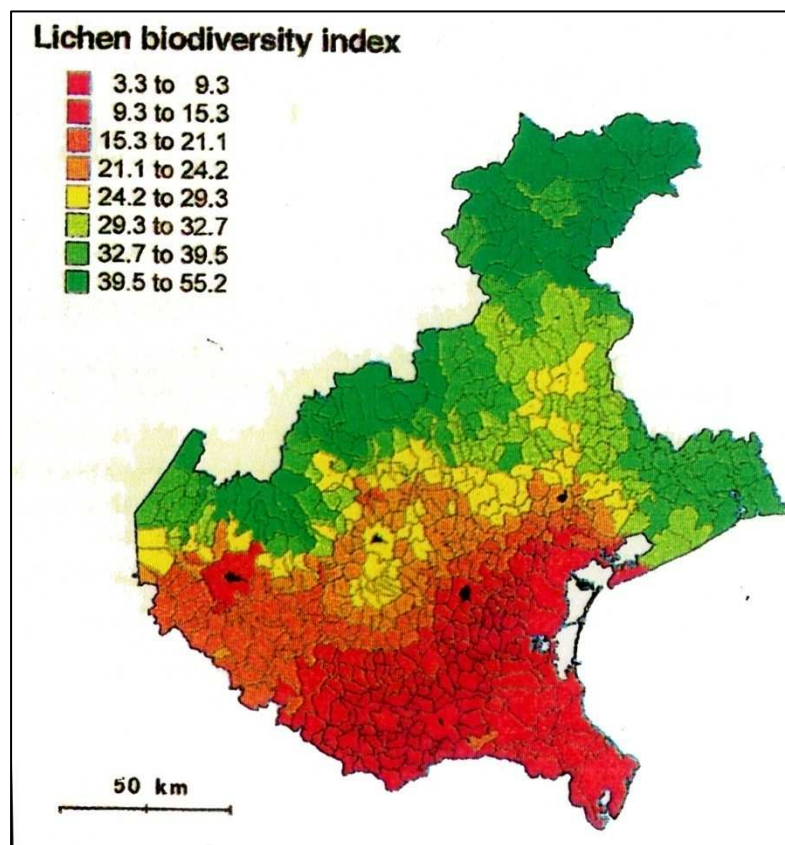
I LICHENI ed i MUSCHI (Crittogame) non hanno cere protettive o radici e si nutrono delle deposizioni atmosferiche. Sono ampiamente distribuiti nel territorio e sin dalla Rivoluzione Industriale è nota la sensibilità di alcune specie ai principali inquinanti atmosferici fitotossici (es. SO_2 , NO_x , O_3 , ecc.)



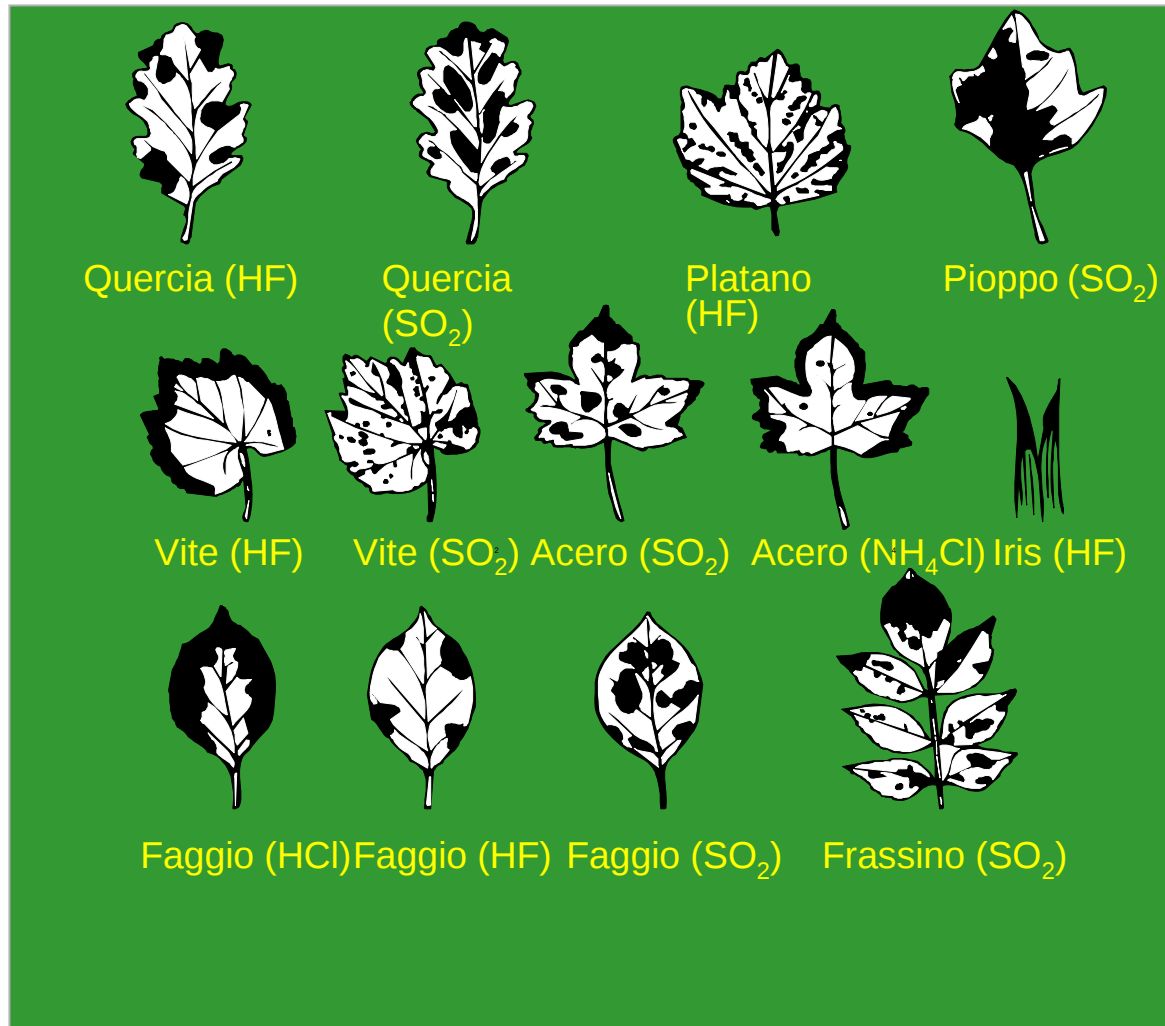
La sensibilità dei licheni ai contaminanti
dipende dalla superficie di scambio con l'aria:
fruticosi > fogliosi > crostosi



Regione Veneto: Mappa della qualità dell'aria (biodiversità lichenica) e mappa dell'incidenza di tumori del polmone



Inquinanti atmosferici gassosi fitotossici e sintomi fogliari



Esistono degli
atlanti sugli effetti
degli inquinanti
nei vegetali
superiori;
l'approccio è
ancora di attualità
nei paesi in via di
sviluppo

*In Europa ed USA sono state introdotte norme per ridurre SO_2 e Pb, ma l' O_3 ed il particolato fine costituiscono una grave minaccia per la salute. *Nicotiana tabacum* (Bel W3) è un affidabile biondicatore dell'inquinamento da O_3*



Dalle prospezioni geobotaniche a quelle Biogeochimiche dai Biondicatori ai Bioaccumulatori

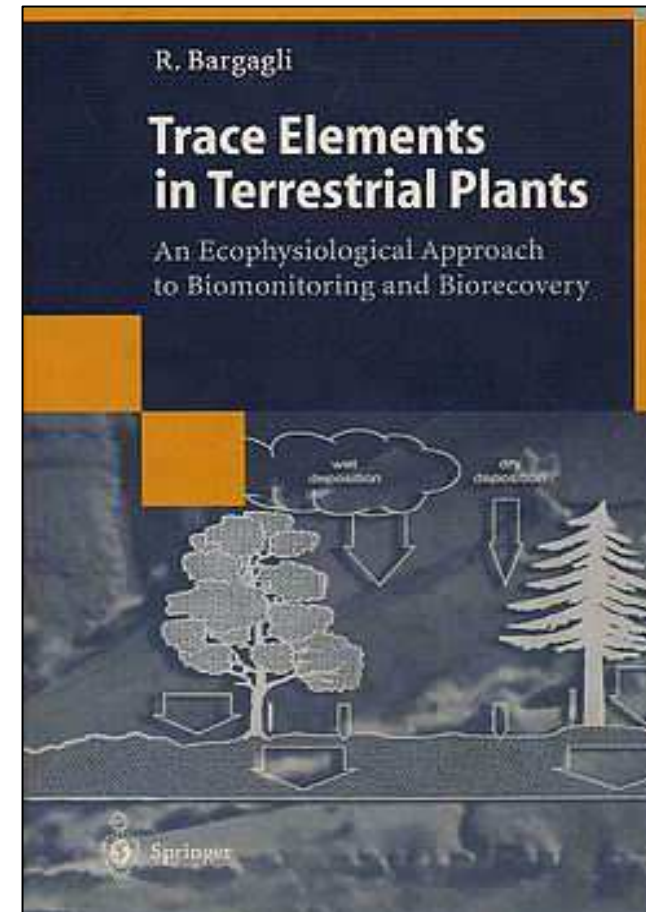
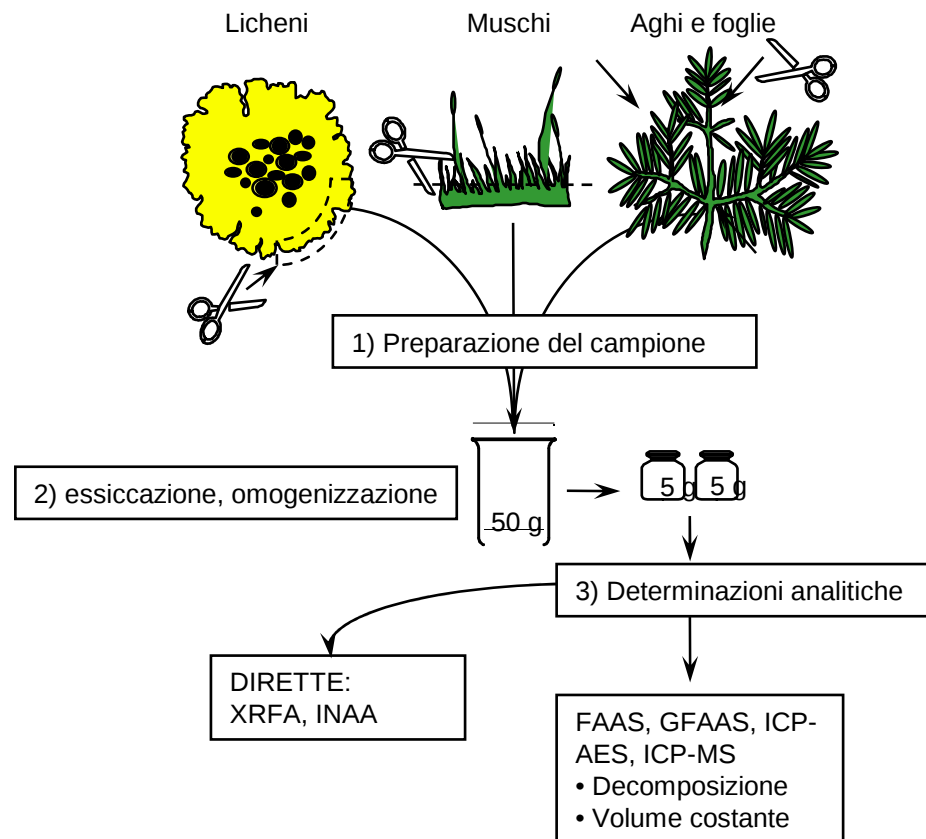
- Per secoli l'uomo aveva immesso nell'ambiente metalli e gas-serra, nel secolo scorso cominciò a produrre radionuclidi e migliaia di molecole di sintesi (XENOBIOTICHE) come DDT, PCBs, IPA, CFCs, ecc. Molti di questi composti sono persistenti, lipoaffini, possono assumere circolazione globale, dando luogo a processi di BIOMAGNIFICAZIONE anche nelle catene trofiche delle regioni polari
- L'introduzione di strumenti come spettrofotometro e gascromatografo consentiva la determinazione delle concentrazioni degli inquinanti persistenti nelle matrici ambientali



BIOACCUMULATORI: sebbene alcuni organismi possano fungere sia da bioindicatori (es. gas fitotossici) che da bioaccumulatori di inquinanti persistenti in forma particellata (es. metalli), un buon bioaccumulatore (**passivo**) deve essere: stazionario, lungo ciclo vitale, facilmente identificabile, biomassa adeguata per le analisi, sempre reperibile e diversamente da un bioindicatore, deve:

- Tollerare la presenza di inquinanti ambientali ed accumulare quelli persistenti in funzione del tempo di esposizione (età) e delle concentrazioni mediamente presenti in aria, acqua o suolo.
- Fornire dati quantitativi (non qualitativi) di adeguata accuratezza e precisione
- Offrire opportunità di biomonitoraggio **attivo**, **allestimento di reti di monitoraggio di lungo termine e su larga scala** (comprese le regioni più remote), **valutazione e confronto** (rispetto ad altre aree o biomonitors, sull'efficacia di eventuali interventi di bonifica e recupero, ecc.)

Analisi delle piante: prospezioni biogeochimiche e/o biomonitoraggi degli inquinanti atmosferici



Con poca spesa e in tempi brevi: mappe di aree mineralizzate, di inquinamento atmosferico, verifica modelli di trasporto e deposizione, corretta localizzazione centraline, ecc..

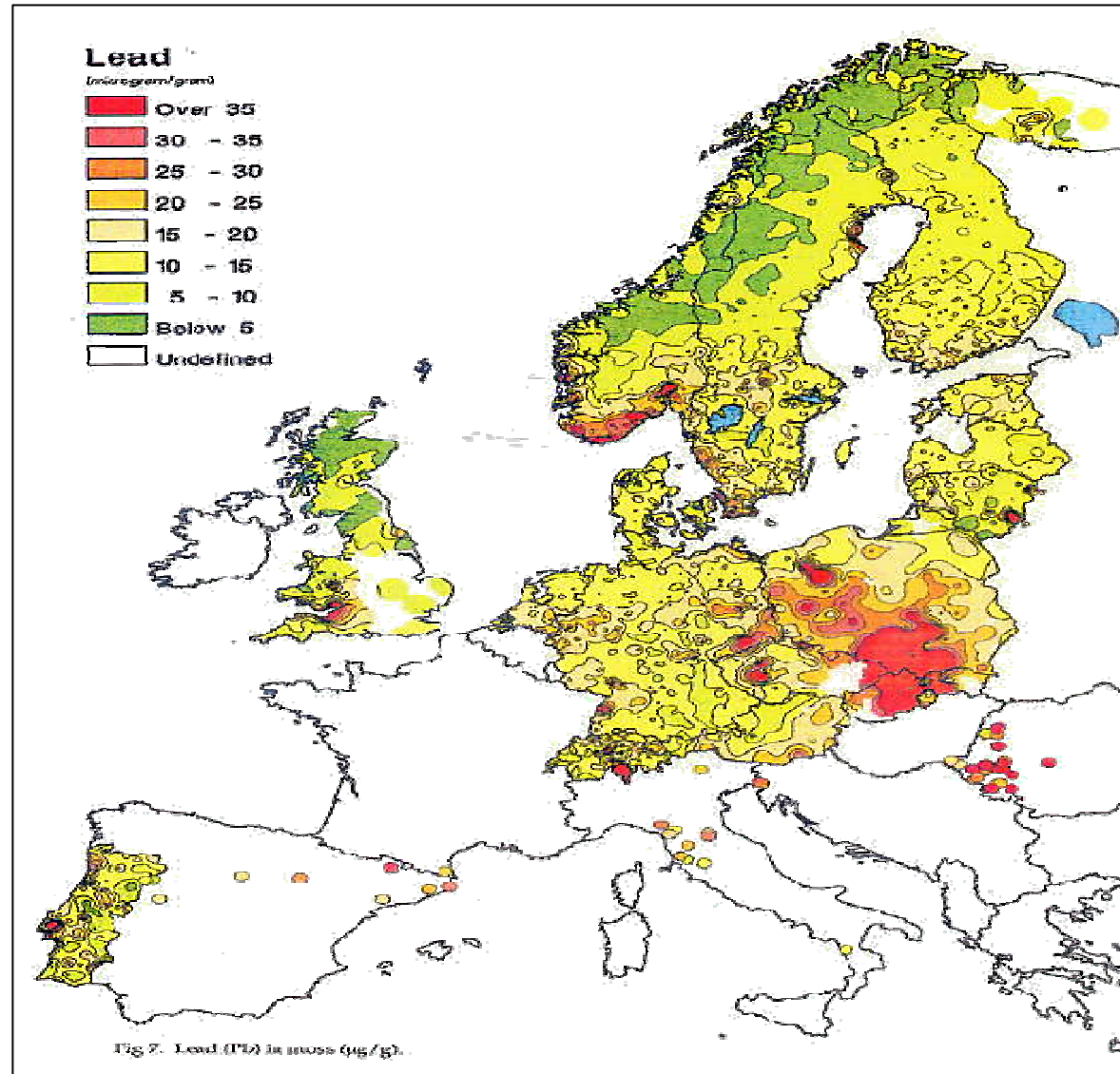
IL RUOLO DEI BIOACCUMULATORI DEI CONTAMINANTI PERSISTENTI

Se usati correttamente i biomonitoraggi attivi (moss bags) o passivi mediante muschi, licheni e piante superiori consentono in breve tempo e con poca spesa di:



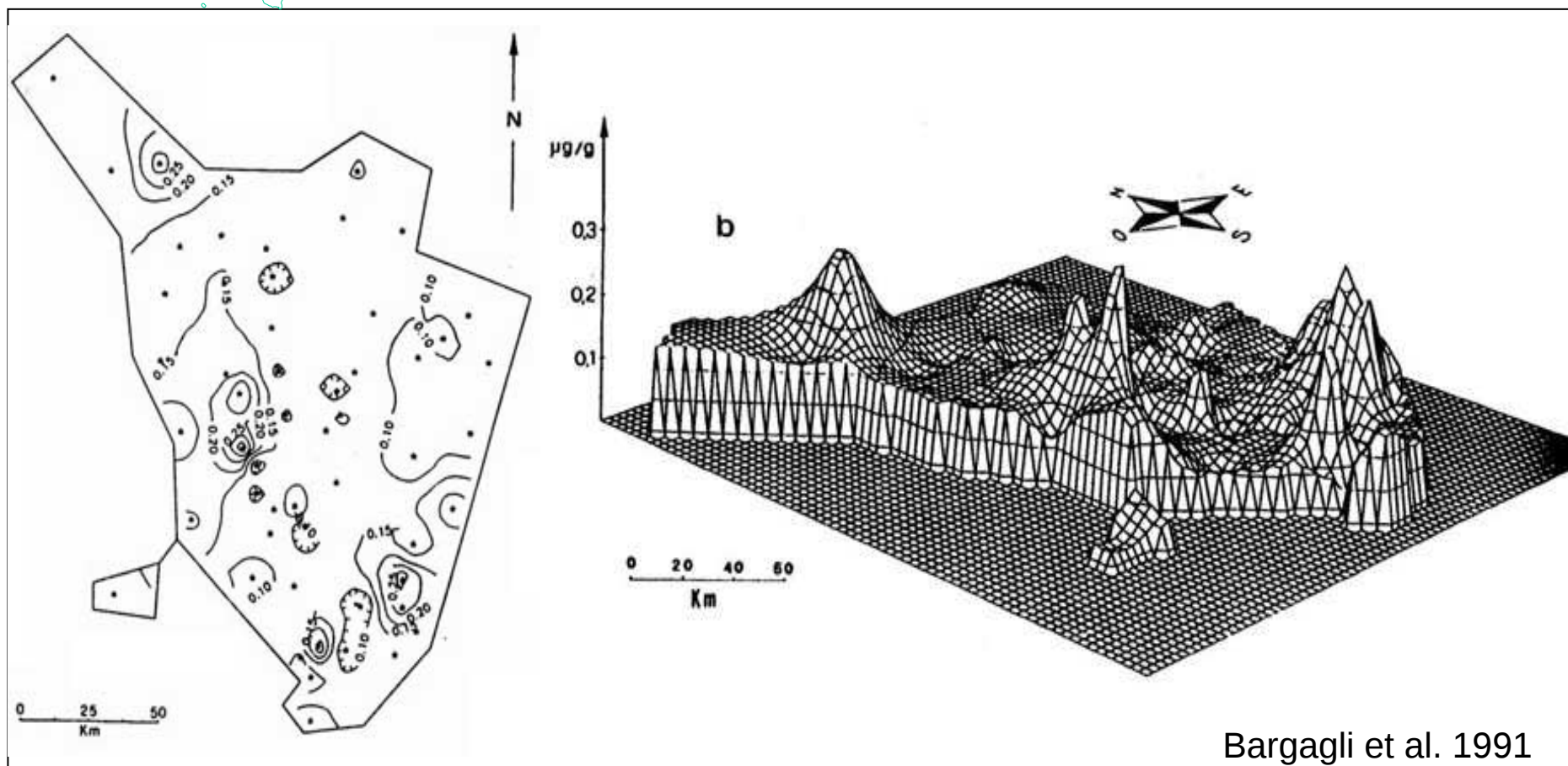
- Tracciare mappe (anche su larga scala) delle deposizioni di elementi in tracce, IPA, PCBs e degli altri contaminanti persistenti (non misurati nelle stazioni automatiche di monitoraggio);
- Molti di questi contaminanti sono associati al $PM_{2,5}$ e PM_1 e costituiscono uno dei principali fattori di rischio (in Europa ogni anno circa 100.000 morti e perdita di 725.000 anni di vita; OMS, 2004)
- Mediante le analisi delle carote di sfagni (ombrotrofici) è possibile ricostruire le variazioni temporali nella composizione delle deposizioni atmosferiche.

Biomonitoraggio delle deposizioni di Pb in Europa mediante i muschi





Biomonitoraggio del Hg in Toscana con il muschio *Hypnum cupressiforme*



Bargagli et al. 1991

BIOMONITORING OF THE ATMOSPHERIC DEPOSITION OF
METALS AND SULPHUR COMPOUNDS USING MOSS
ANALYSIS IN THE CZECH REPUBLIC.
RESULTS OF THE INTERNATIONAL BIOMONITORING
PROGRAMME 1995



RESEARCH INSTITUTE OF ORNAMENTAL GARDENING
PRŮHONICE



Umweltbundesamt



BIOMONITORING DER
SCHWERMETALLDEPOSITIONEN
MITTELS MOOSEN IN ÖSTERREICH

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

NORD
Environment

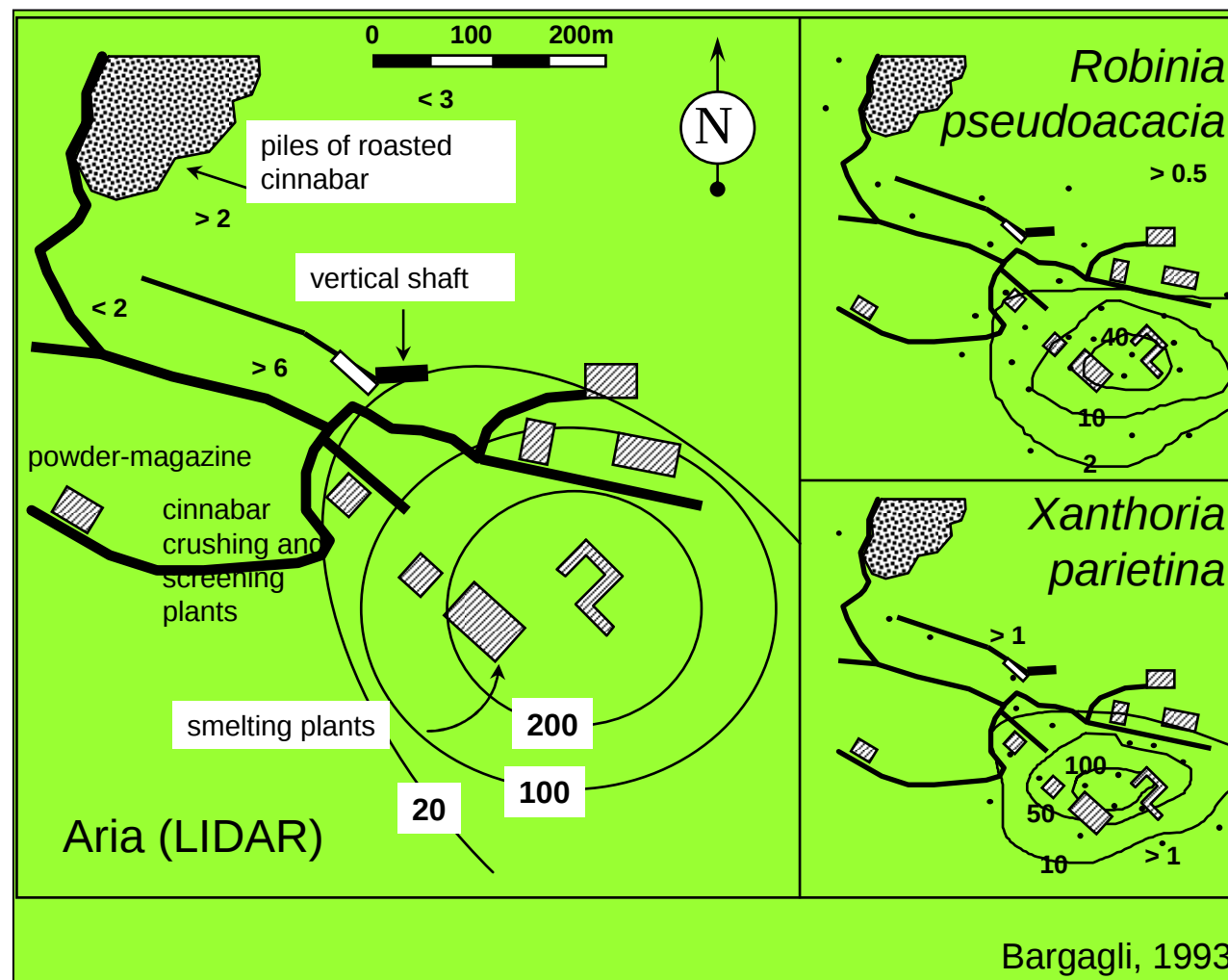
Atmospheric Heavy Metal
Deposition in Northern
Europe 1995



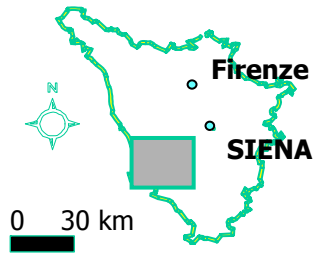
Biomonitoraggio del Hg nell'area mineraria di Abbadia S. Salvatore



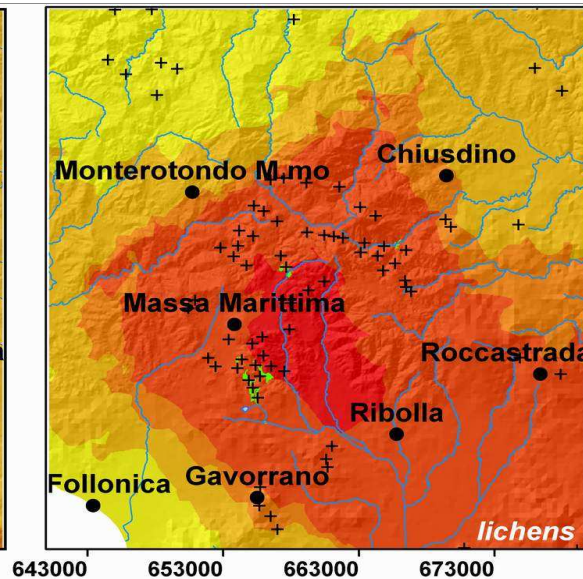
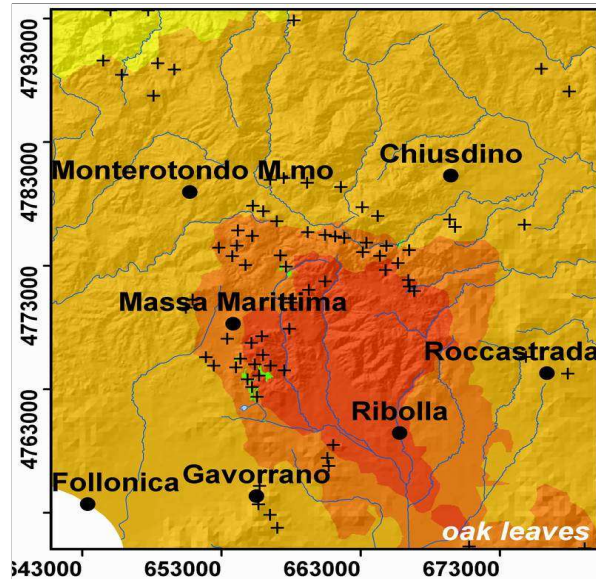
La distribuzione del Hg nel lichene *Xanthoria parietina* e nelle foglie di *Robinia pseudoacacia* riflettono le concentrazioni medie rilevate (per molti mesi) in aria, mediante trappole d'oro e LIDAR



Aree minerarie e metallurgiche abbandonate: distribuzione dello Zn nelle Colline Metallifere



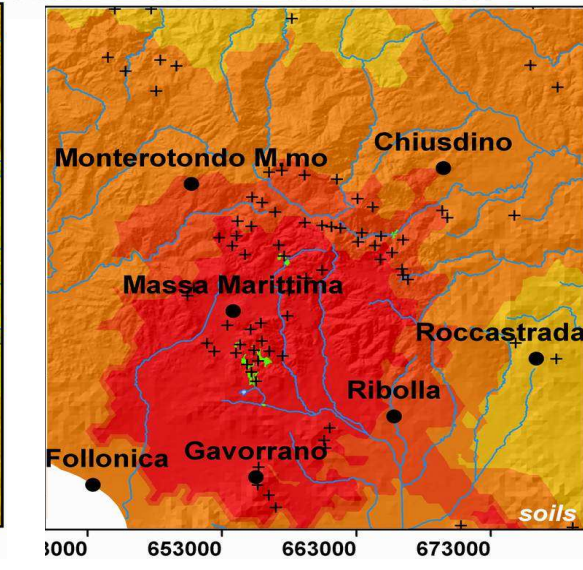
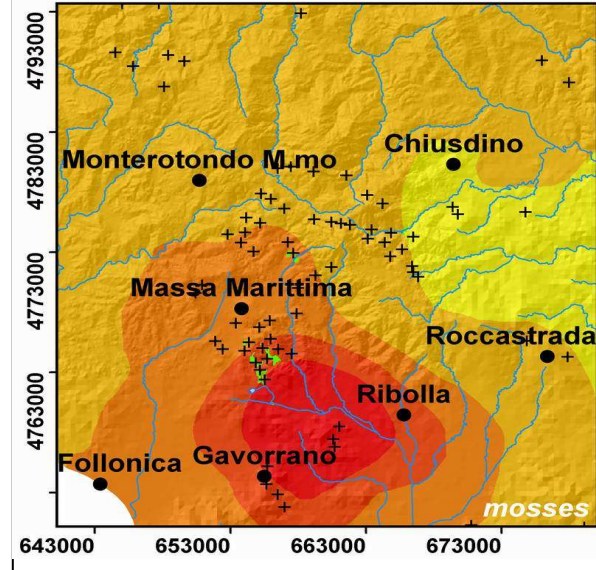
Quercus pubescens



Parmelia caperata



Hypnum cupressiforme



Suolo
superficiale

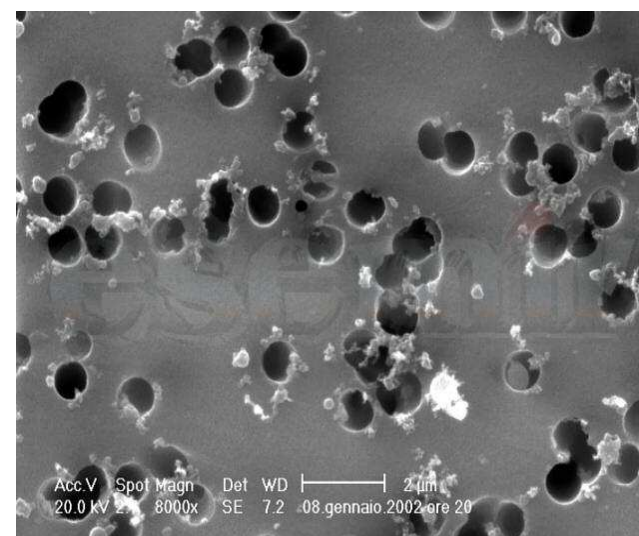
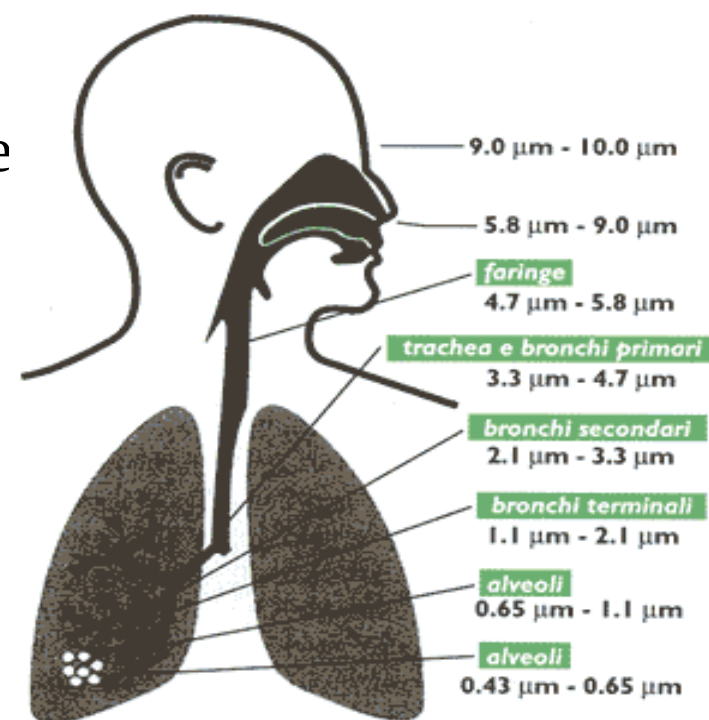
I SISTEMI AUTOMATICI DI MONITORAGGIO DELL'ACQUA E DELL'ARIA NON CONSENTONO DI PREVEDERE I POSSIBILI EFFETTI PER LA SALUTE E L'AMBIENTE



- *Forniscono dati solo sui pochi contaminanti, mentre noi siamo cronicamente esposti ai possibili effetti sinergici o additivi di molte sostanze (vedi PM_{10} , $PM_{2,5}$)*
- *I dati sono di tipo puntiforme (cioè hanno scarso significato spaziale)*
- *Non consentono indagini retrospettive*
- *Hanno elevati costi di acquisto e di gestione*

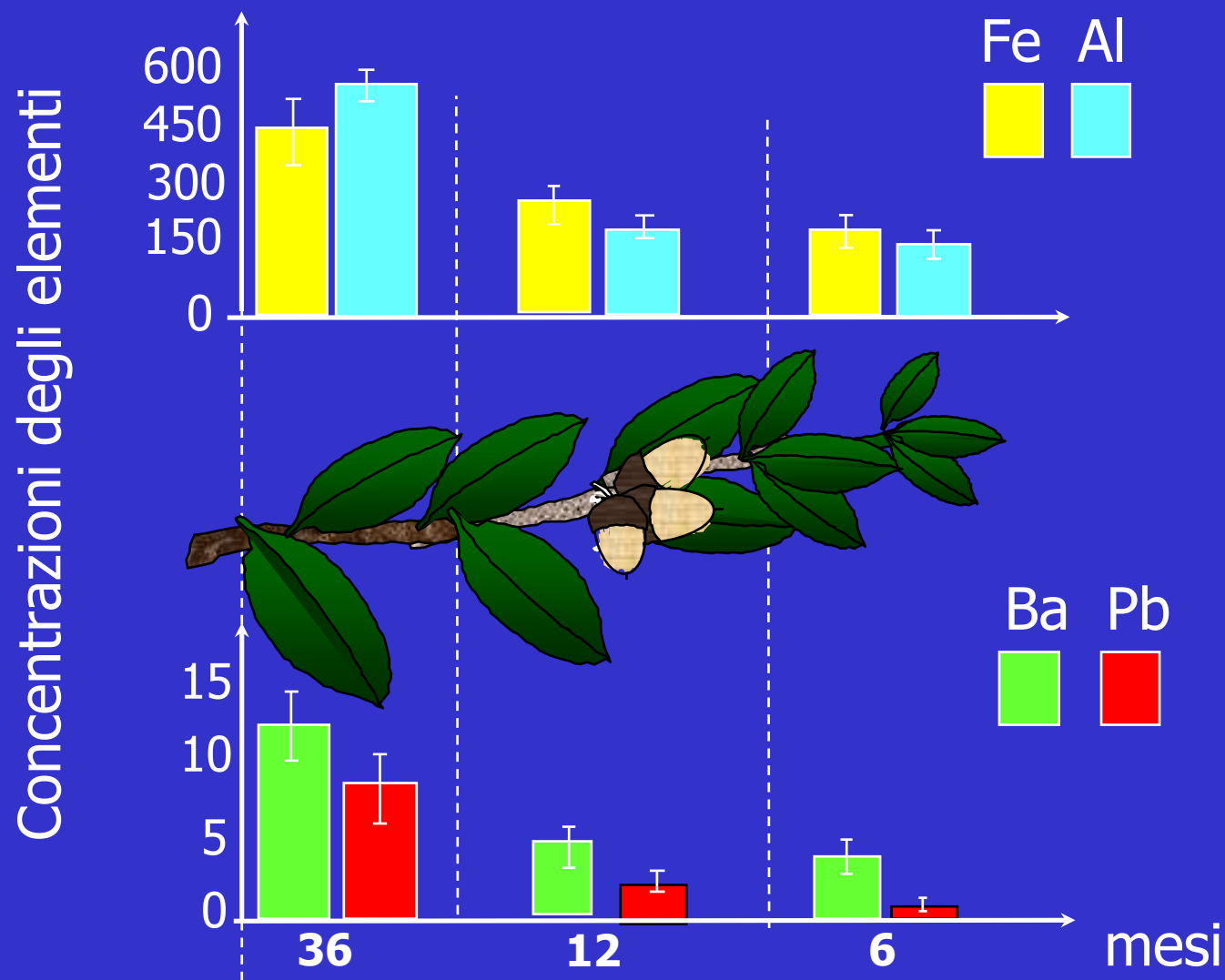
Inquinamento atmosferico e salute

- Secondo l'OMS i principali fattori di rischio sono: il particolato ultrafine e l'O₃ e per questi inquinanti non si evidenziano valori di “non effetto”
- Le reti automatiche di monitoraggio non rilevano la composizione del PM_{2,5} o del PM₁; prodotti soprattutto dalle combustioni.(USA: la riduzione di 10 µg m⁻³ fa aumentare l'attesa di vita della popolazione di 7,5 mesi; Pope et al, 2009)
- I contaminanti adsorbiti al PM < 1µm raggiungono le vie respiratorie più profonde ed il circolo sanguigno.

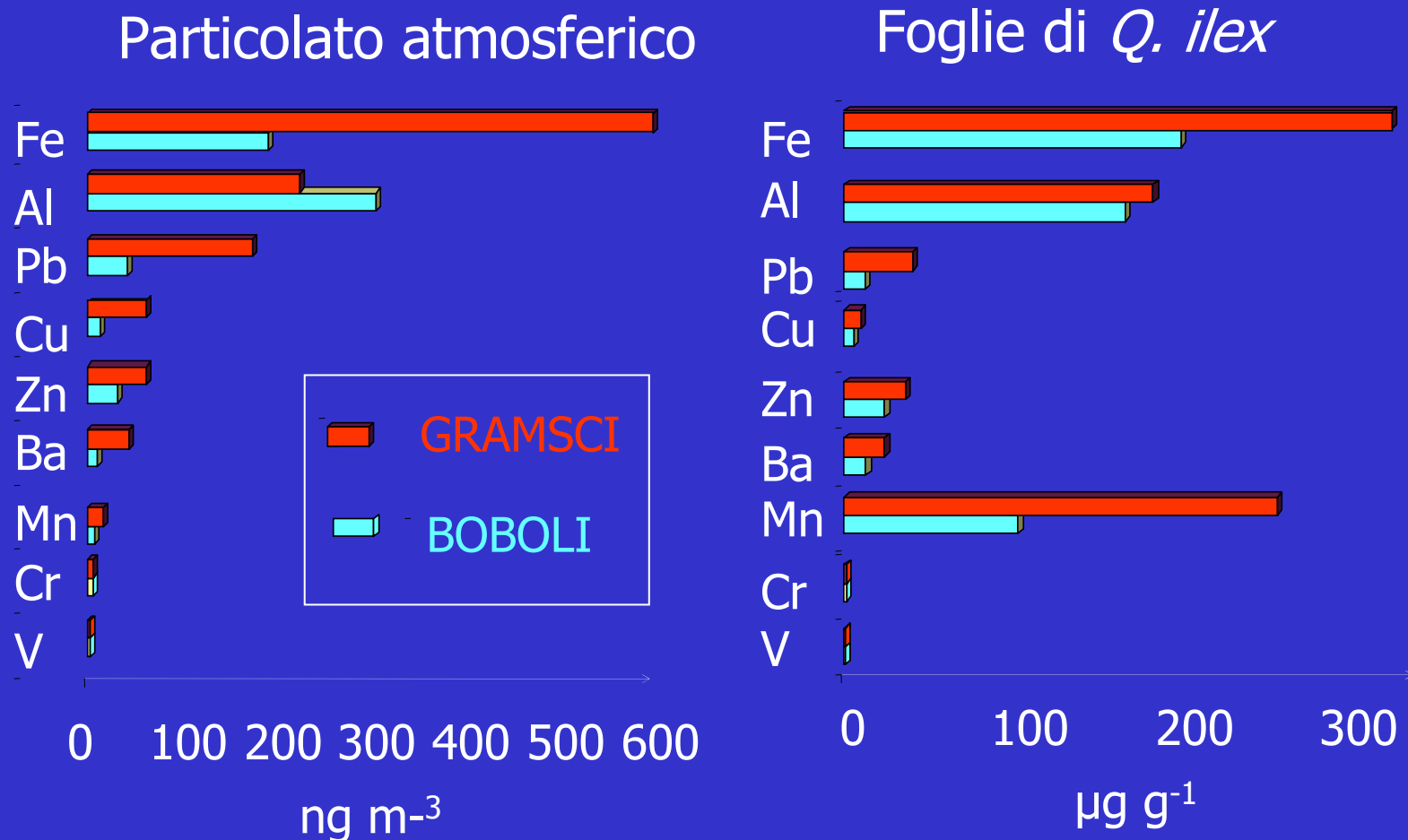


Le piante e l'inquinamento in ambiente urbano

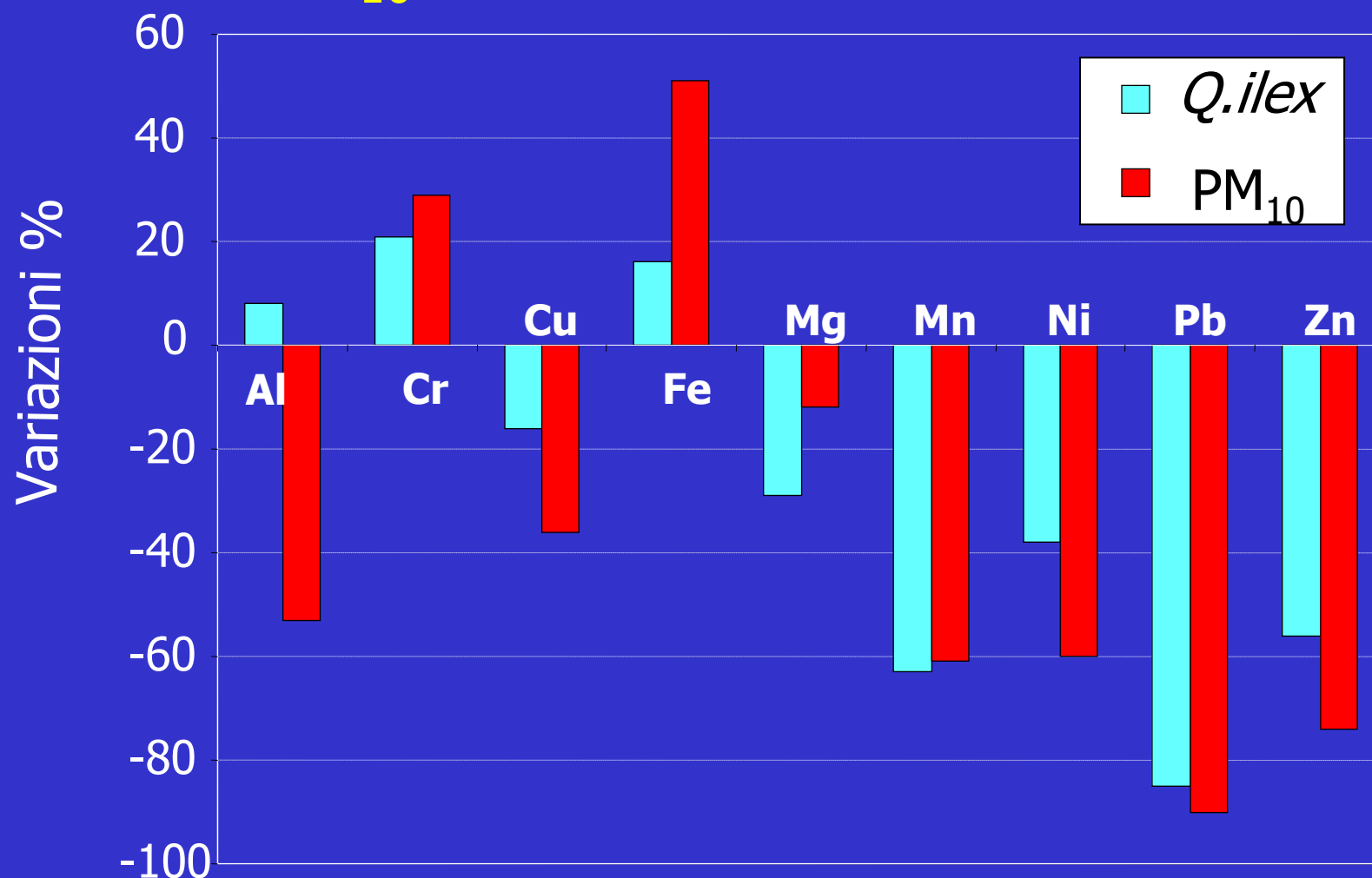
Accumulo dei metalli nelle foglie di leccio in funzione della loro età



Elementi in tracce nel particolato fine PM10 di Firenze e nelle foglie di *Q. ilex*



Variazioni dal 1997-2001 % delle concentrazioni di elementi nelle foglie e nel PM₁₀ di Firenze (Viale Gramsci)







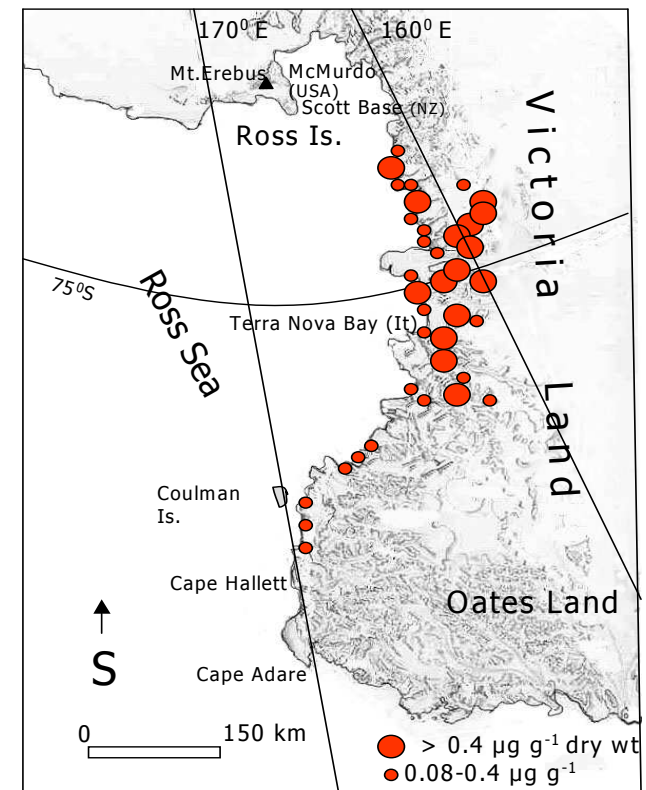
Le crittogame antartiche



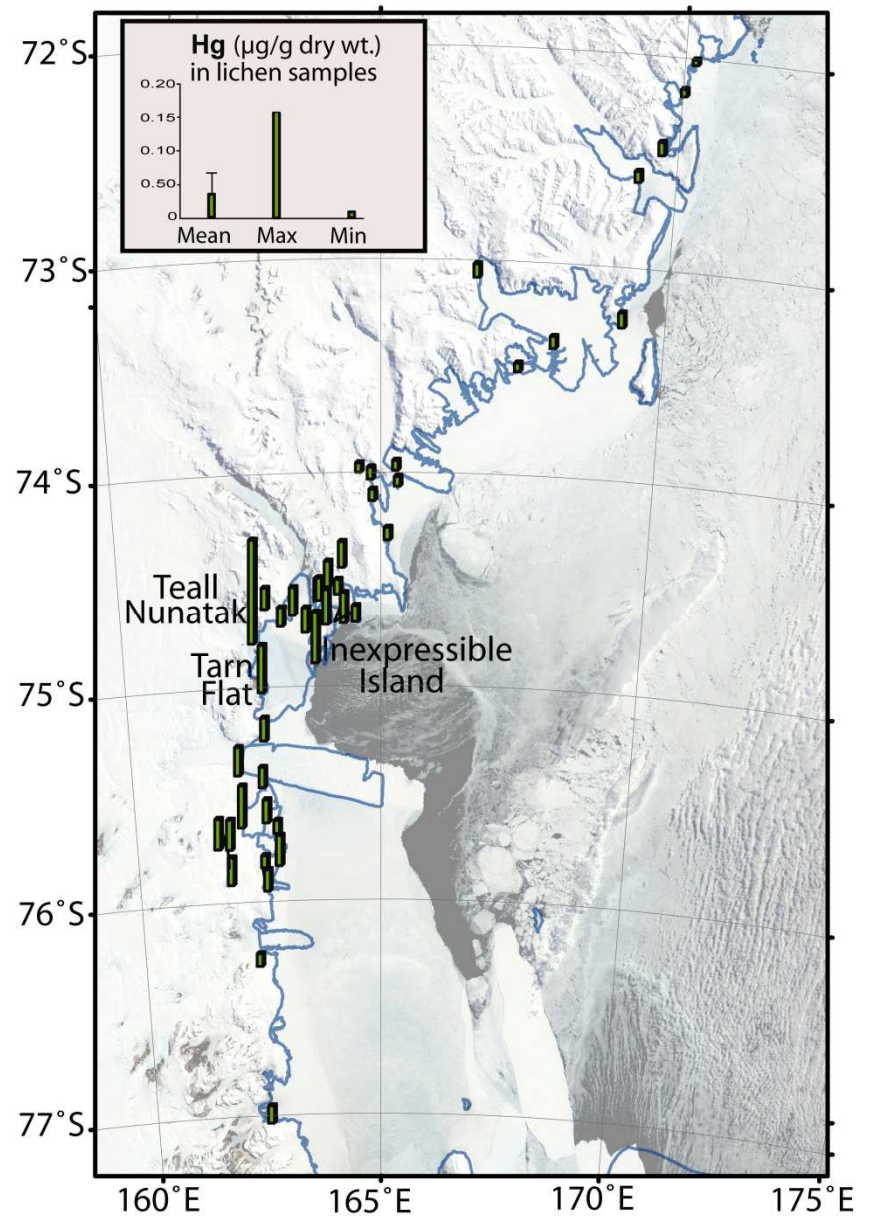
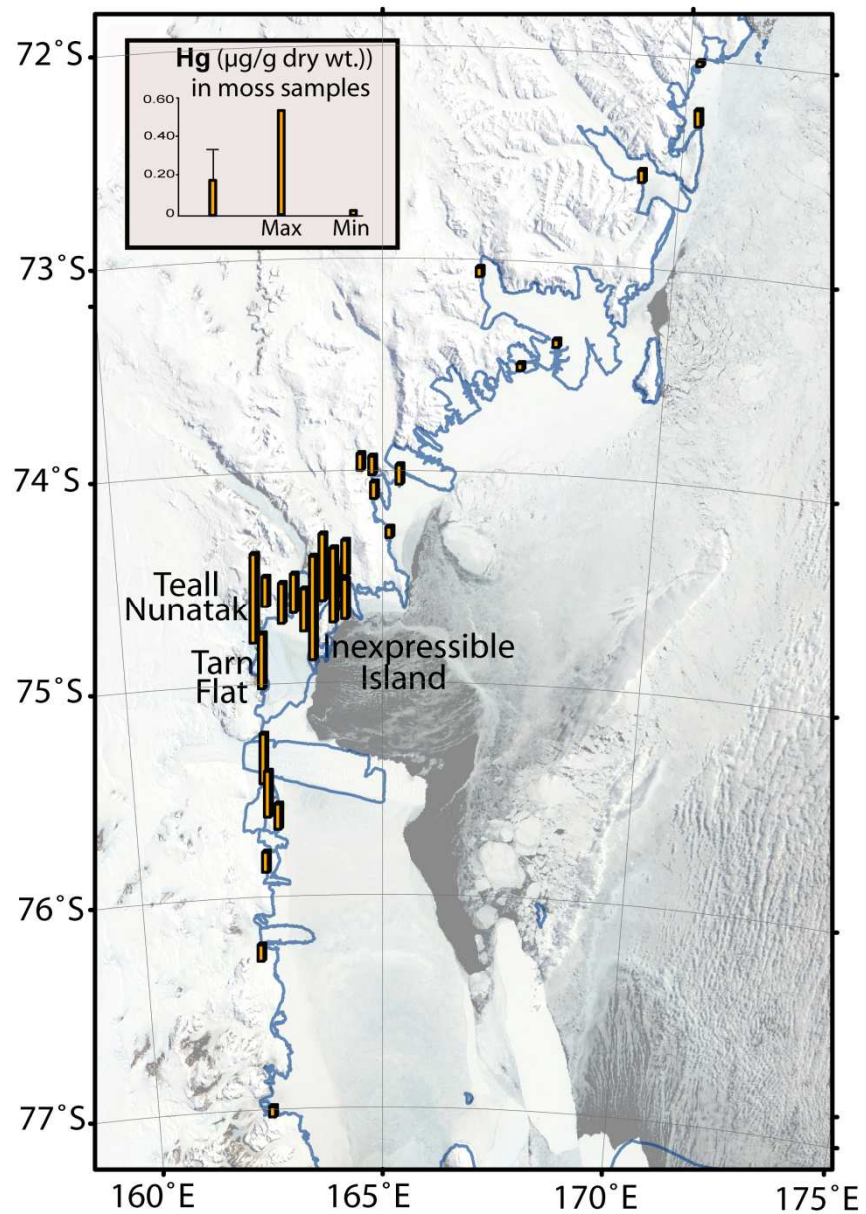
Il biomonitoraggio in Antartide

I licheni del genere *Umbilicaria* nella Terra Vittoria hanno concentrazioni di Hg uguali o superiori a quelle nei licheni dello stesso genere raccolti in Europa

Nella zona ci sono due vulcani attivi, ma a 20 anni dalla scoperta, le cause sembrano essere la presenza di una “polynya” ed il ruolo delle regioni polari come “cold traps” del Hg, PCBs, DDTs, ecc.



Bargagli et al. 1993



Piante come biosensori: futuri sviluppi

L'inquinamento atmosferico sta cambiando rapidamente (es. marmitte catalitiche e Pt, Pd, O₃, benzene, IPA, PM₁₀, PM_{2,5}). Seppur costose, le attuali procedure per il controllo dell'inquinamento atmosferico non garantiscono contro possibili effetti sulla salute.



**È NECESSARIO CHE ANCHE PER IL CONTROLLO DELLA QUALITA'
DELL'ARIA LE NORME PREVEDANO L'USO DI BIONDICATORI E
BIOACCUMULATORI**

Alla ricerca di nuovi bioindicatori della qualità dell'aria negli ambienti urbani

E' necessario individuare nuovi bioindicatori (possibilmente, tra gli organismi che vivono in città ed inalano/ingeriscono il particolato).

- Risultati promettenti (biomarkers e bioaccumulo metalli ed IPA) in chioccioline esposte (4 settimane) in ambienti urbani .

- Ricerche in corso su reti trofiche di ambiente urbano (oligocheti, molluschi, artropodi, lucertole, uccelli).



Piante transgeniche come biosensori ambientali

- Per rilevare gli effetti cronici dell'esposizione alle radiazioni in Giappone sono state studiate le aberrazioni cromosomiche in *Allium cepa*, *Tradescantia* o in *Vicia*.
- Recentemente la tossicità genetica dei radionuclidi, dei metalli e UV-B viene rilevata piante transgeniche (es. *Arabidopsis thaliana*)
- Lo sviluppo di nuovi biosensori ambientali sta interessando i settori più disparati. Negli Stati Uniti per esempio, si sta sperimentando la produzione di piante geneticamente modificate sensibili all'esplosivo TNT per la rilevazione di mine inesplose (circa 26 mila morti ogni anno).

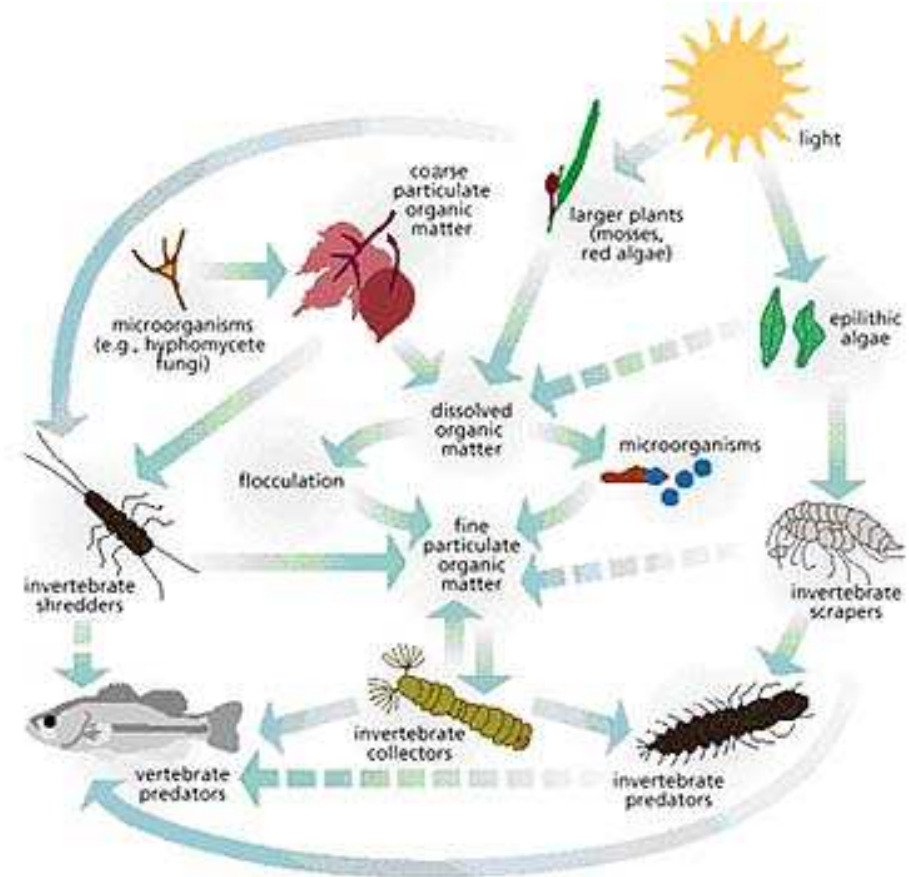
Arabidopsis thaliana

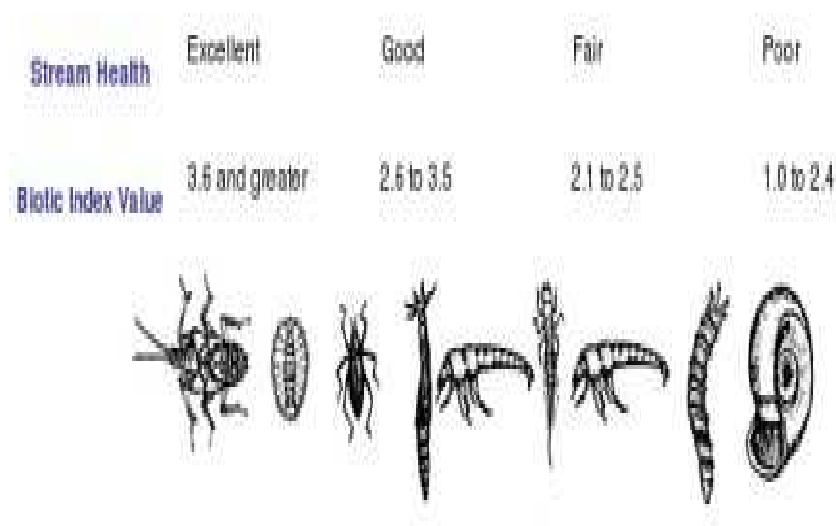
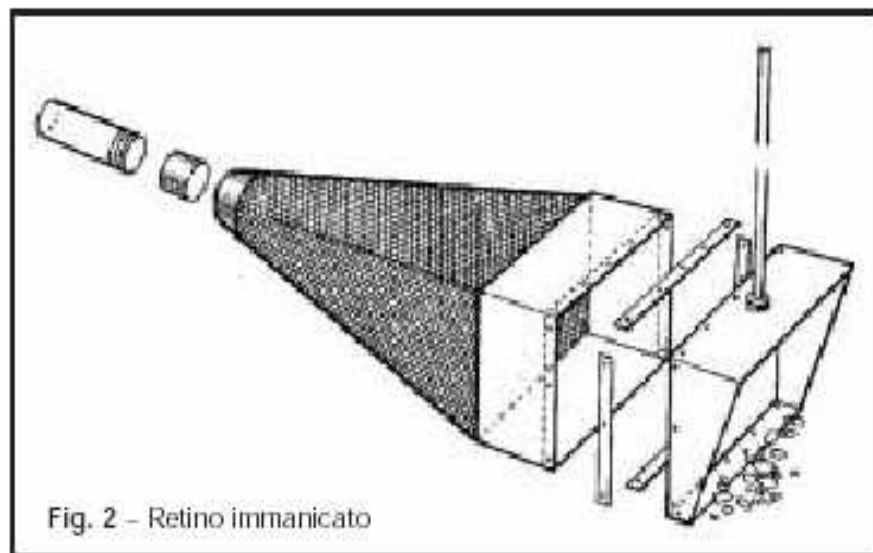


L'USO DI BIOINDICATORI PER VALUTARE LA QUALITA' DELL'ACQUA E' PREVISTO DALLA NORMATIVE

VIGENTI

Ad esempio, per valutare la qualità dei corsi d'acqua si usano come bioindicatori i macroinvertebrati bentonici (indice IBE) che, come i licheni, hanno sensibilità specie-specifica agli inquinanti





CLASSI DI QUALITÀ	VALORI I.B..	GIUDIZIO	COLORE DI RIFERIMENTO
Classe I	> 10	Non inquinato	Azzurro
Classe II	9 - 8	Leggermente inquinato	Verde
Classe III	7 - 6	Inquinato	Giallo
Classe IV	5 - 4	Molto inquinato	Arancione
Classe V	3 - 1	Fortemente inquinato	Rosso

Criteria di conversione dei valori di I.B.E. in classi di qualità.

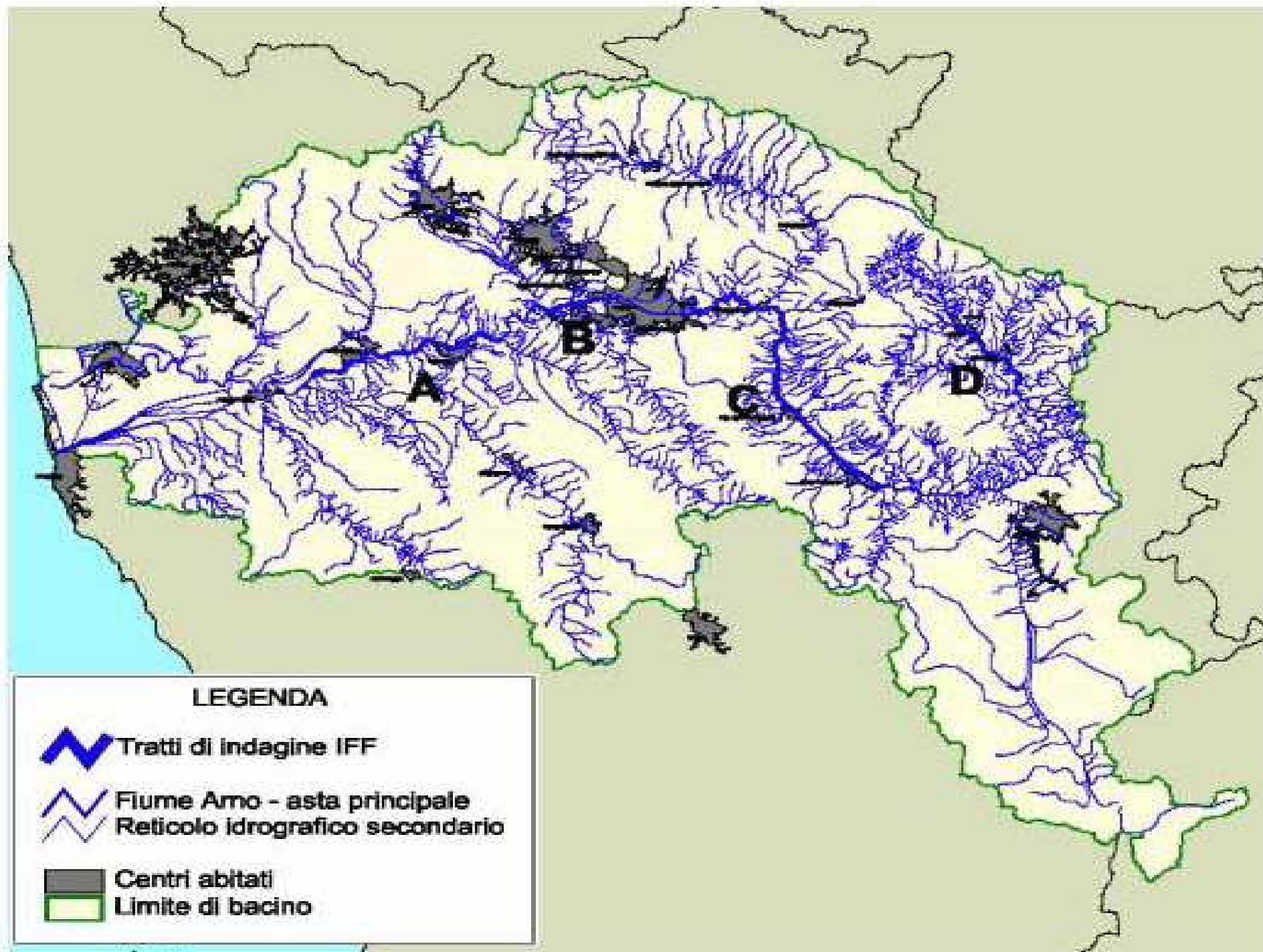
FIUME ARNO

Stazioni	1986		1996	2003	2004
Molin di Bucchio	I			I	I
Terrossola	I		II	III	III
Castelluccio	I			III	III
Acquaborra	II	III	II	III	III
Figline	III		III	IV	
Rosano	II		II	III	III
Camaioni	V		V	IV	IV
Marcignana			V		
Fucecchio	IV		V	IV	V
Calcinaia	IV	V	V	IV	III

Studio della funzionalità fluviale tramite IFF



8) Erosione		
a) Poco evidente e non rilevante	20	20
b) Solamente nelle curve e/o nelle strettoie	15	15
c) Frequente con scavo delle rive e delle radici	5	5
d) Molto evidente con rive scavate e franate o presenza di interventi artificiali	1	1
9) Sezione trasversale		
a) Naturale	15	
b) Naturale con lievi interventi artificiali	10	
c) Artificiale con qualche elemento naturale	5	
d) Artificiale	1	
10) Fondo dell'alveo		
a) Diversificato e stabile	25	
b) A tratti mobile	15	
c) Facilmente mobile	5	
d) Artificiale o cementato		1
11) Raschi, pozze o meandri		
a) Ben distinti, ricorrenti	25	
b) Presenti a distanze diverse e con successione irregolare	20	
c) Lunghe pozze che separano corti raschi o viceversa, pochi meandri	5	
d) Meandri, raschi e pozze assenti, percorso raddrizzato	1	
12) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso turbolento		
a) Periphyton rilevabile solo al tatto e scarsa copertura di macrofite	15	
b) Periphyton scarsamente sviluppato e copertura macrofita limitata	10	
c) Periphyton discreto o scarsamente sviluppato con elevata copertura di macrofite	5	
d) Periphyton spesso o discreto con elevata copertura di macrofite	1	
12bis) Componente vegetale in alveo bagnato in acque a flusso laminare		
a) Periphyton poco sviluppato e scarsa copertura di macrofite tolleranti	15	
b) Periphyton discreto con scarsa copertura di macrofite tolleranti o scarsamente sviluppato con limitata copertura di macrofite tolleranti	10	
c) Periphyton discreto o poco sviluppato con significativa copertura di macrofite tolleranti	5	
d) Periphyton spesso e/o elevata copertura di macrofite tolleranti	1	
13) Detrito		
a) Frammenti vegetali riconoscibili e fibrosi	15	
b) Frammenti vegetali fibrosi e polposi	10	
c) Frammenti polposi	5	
d) Detrito anaerobico	1	
14) Comunità macrobentonica		
a) Ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale	20	
b) Sufficientemente diversificata ma con struttura alterata rispetto a quanto atteso	10	
c) Poco equilibrata e diversificata con prevalenza di taxa tolleranti all'inquinamento	5	
d) Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa tutti piuttosto tolleranti all'inquinamento	1	
Punteggio totale		202
Livello di funzionalità		Buono



**Modalità di rappresentazione dell'indice diatamico
EPI-D che si basa sulla comunità di diatomee
organismi vegetali microscopici**

Valori EPI-D	Classe	Qualità	Colore
20> EPI-D <15	I	Elevata	Blu
15> EPI-D <12	II	Buona	Verde
12> EPI-D <9	III	Mediocre	Giallo
9> EPI-D <6	IV	Cattiva	Arancio
6> EPI-D <1	V	pessima	Rosso





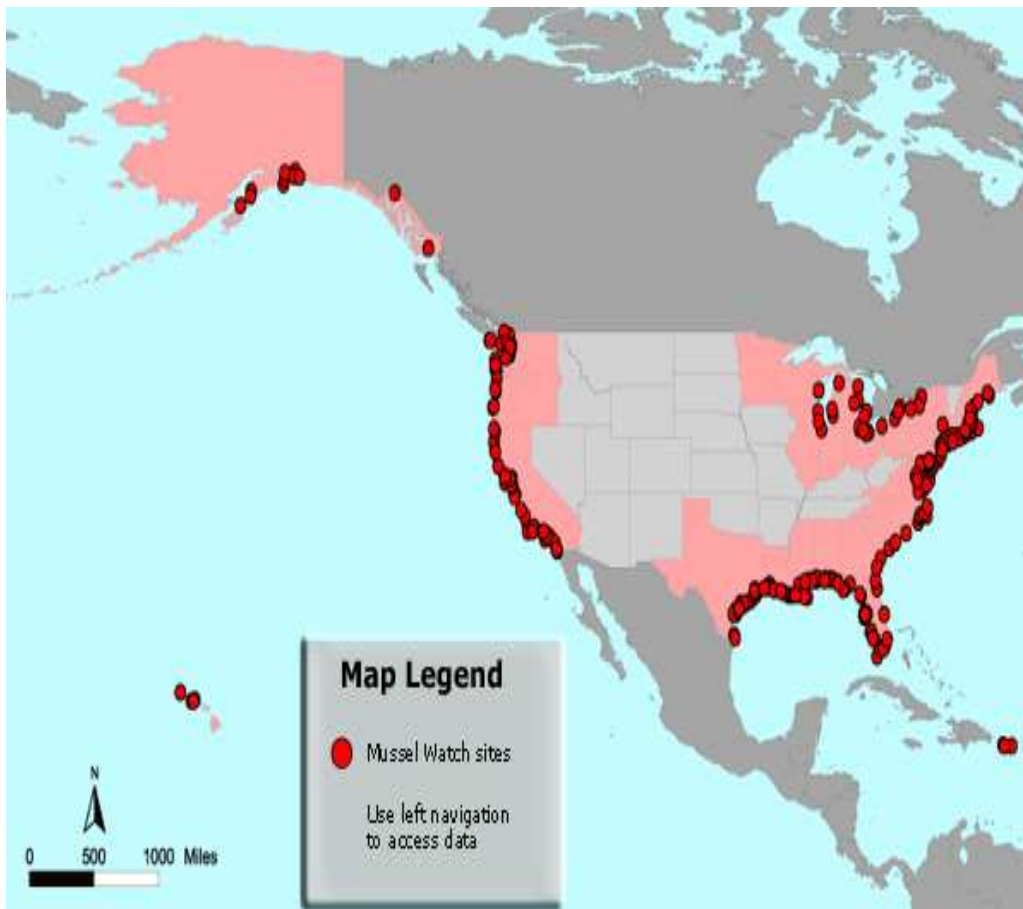
Nelle coste marine rocciose
Indice CARLIT basato sulla
biodiversità della macroalghe



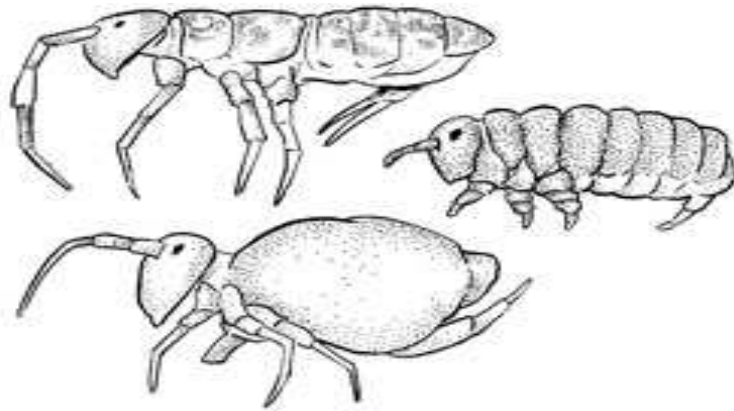
La qualità delle **acque marine costiere** può essere valutata dallo stato delle praterie a *Posidonia*



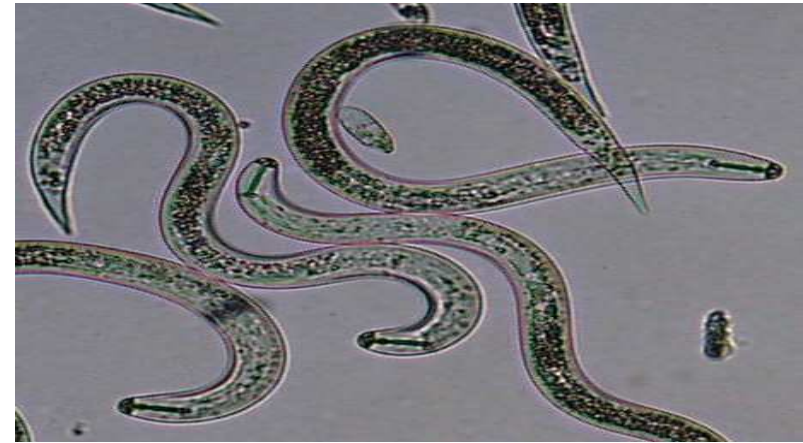
Biomonitoraggio degli ecosistemi marini costieri: MUSSEL WATCH (il mitilo come bioaccumulatore su scala globale)



La qualità del suolo



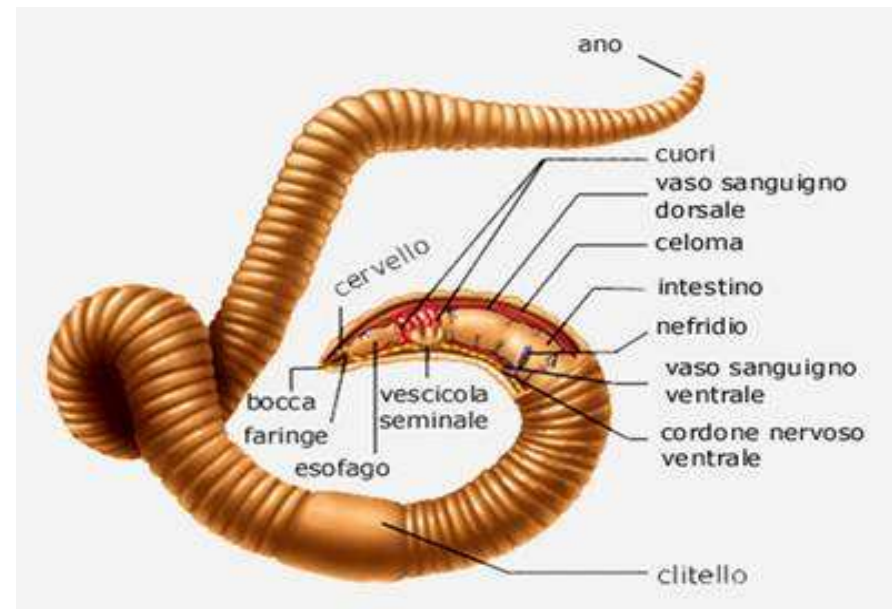
collemboli



nematodi



acari



lombrichi