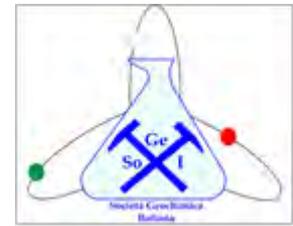




Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



## GIORNATE DI STUDIO

**"La valutazione del rischio geochimico: nuovi strumenti  
per una gestione sostenibile del territorio."**

**29-30 marzo 2012**

**ENEA - Via Giulio Romano, 41 – Roma**

***"Mercurio nell'area costiera del Friuli Venezia Giulia:  
conoscenze attuali, problematiche ambientali  
e possibili accorgimenti"***

**Stefano Covelli**

**Dipartimento di Matematica & Geoscienze  
Università degli Studi di Trieste**



# SORGENTI DI MERCURIO NELL' AMBIENTE

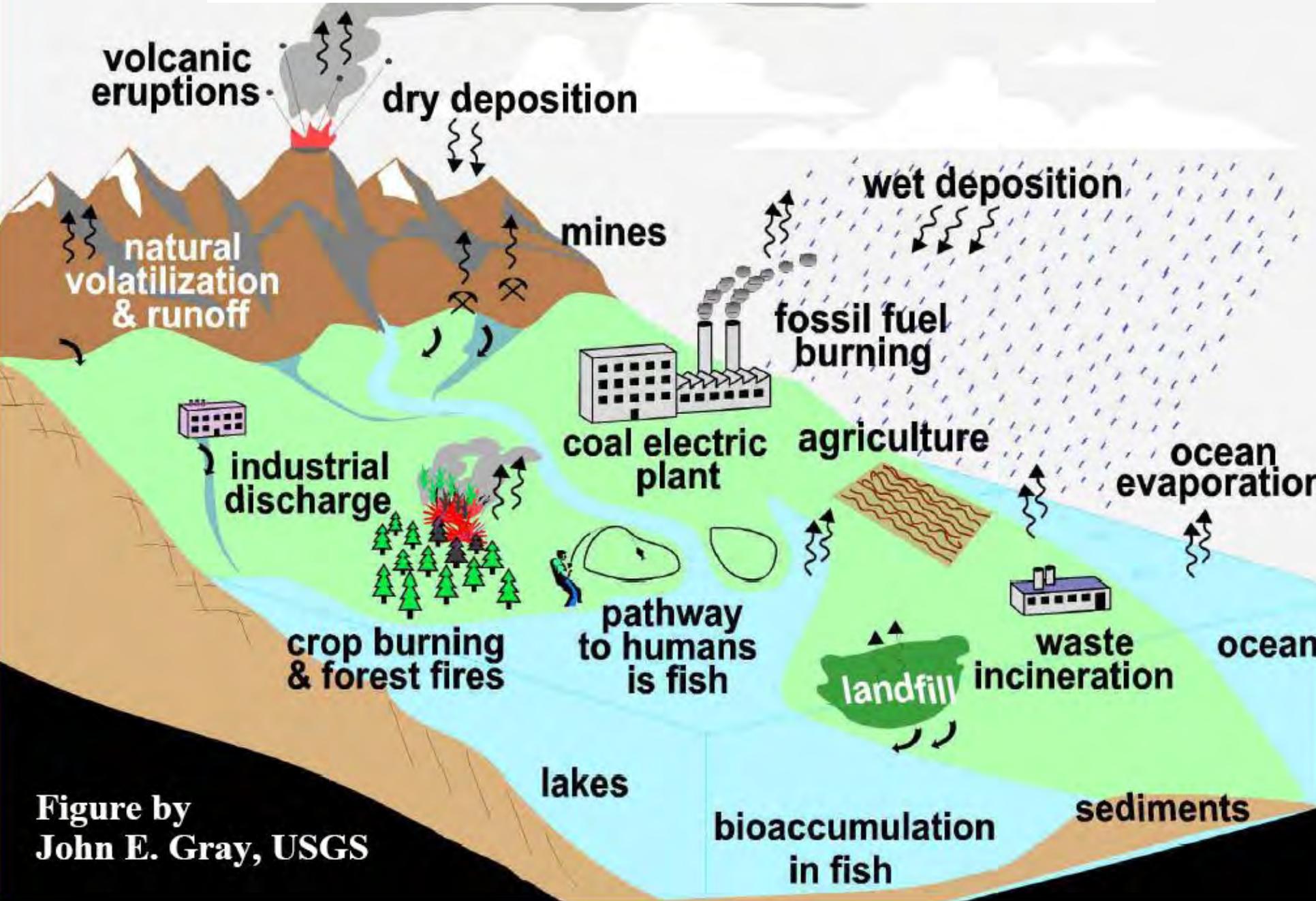
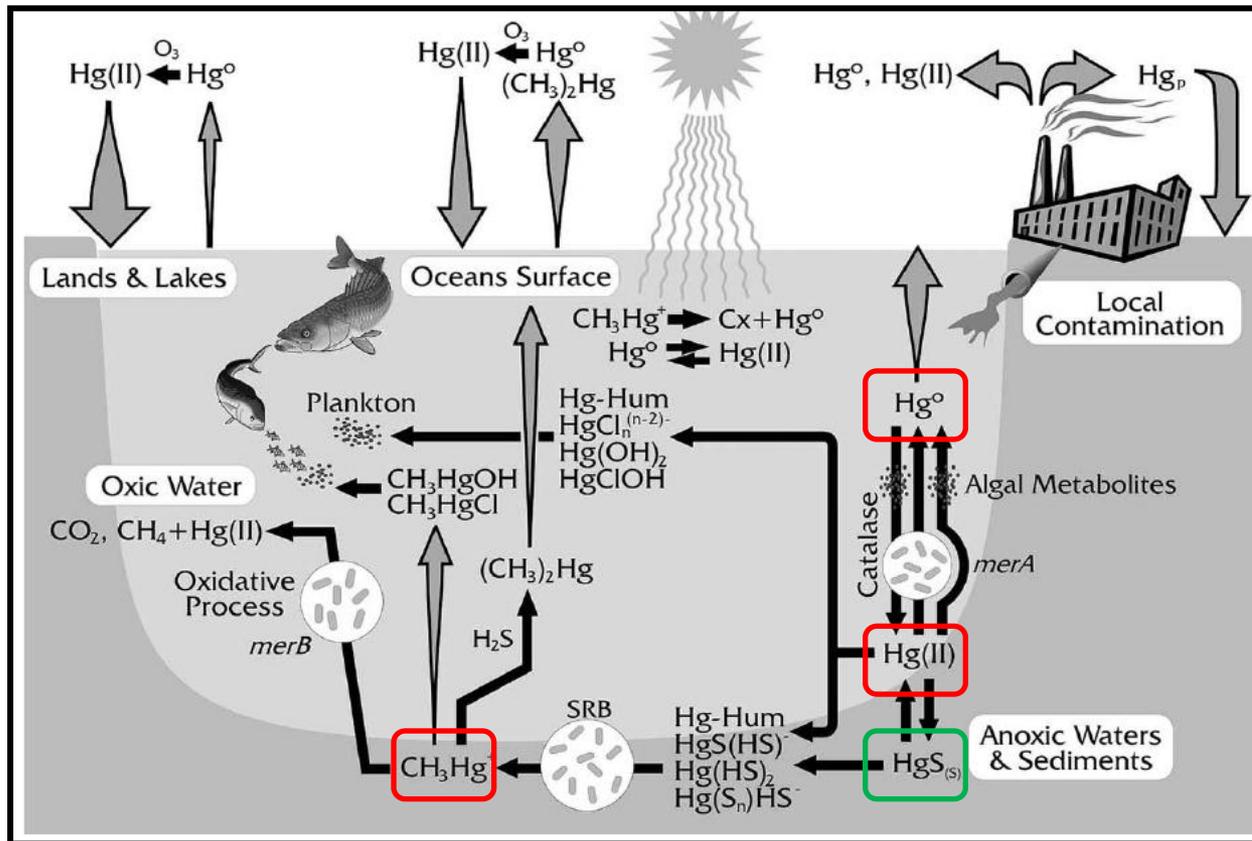


Figure by  
John E. Gray, USGS

# Aspetti tossicologici del mercurio (Hg)

- Hg<sup>0</sup>**
- Mercurio elementare (termometri, amalgama, batterie,..)
  - Forma gassosa principale altamente insolubile (combustibili fossili, attività mineraria, ...)
  - **Trasporto ad ampia scala**
  - Perdurante esposizione ai vapori provoca una risposta neurotossica (“mercurialismo”): polmoni→sangue→cervello
  - Si accumula nei reni
- Hg<sup>2+</sup>**
- Mercurio ionico (sali disinfettanti, antibatterici, antiparassitari)
  - Fase liquida, solubile
  - **Deposizione in prossimità della sorgente**, biodisponibile
  - Nuoce alla pelle e alla mucosa (reni e fegato), neuropatia
- CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>**
- **Monometilmercurio (fungicida del grano)**
  - **Si accumula nei tessuti biologici (assorbimento via intestino e placenta), affinità con gruppi SH- delle proteine**
  - Neurotossina – è la forma più tossica del Hg, responsabile di ritardo nello sviluppo psico-motorio nei bambini, di danni all’udito ed alla vista.

# CICLO BIOGEOCHIMICO DEL MERCURIO

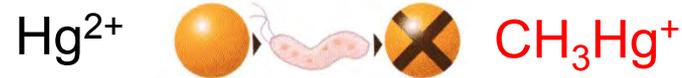


Schema tratto da Barkay et al. (2003)

- Le principali forme di Hg presenti in ambiente acquatico sono  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg(II)}$  e le forme metilate.
- In ambienti anossici, lo zolfo si trova speciato in diverse forme e presenta una buona affinità per il Hg.
- In natura, l' $\text{HgS}$  è presente in due forme solide: il cinabro (rosso) e il metacinabro (nero). Entrambi risultano scarsamente solubili.

# La Metilazione

E' un meccanismo per arginare il potenziale tossico del Hg da parte dei batteri (solfato-riduttori, Fe-riduttori, metanogeni)



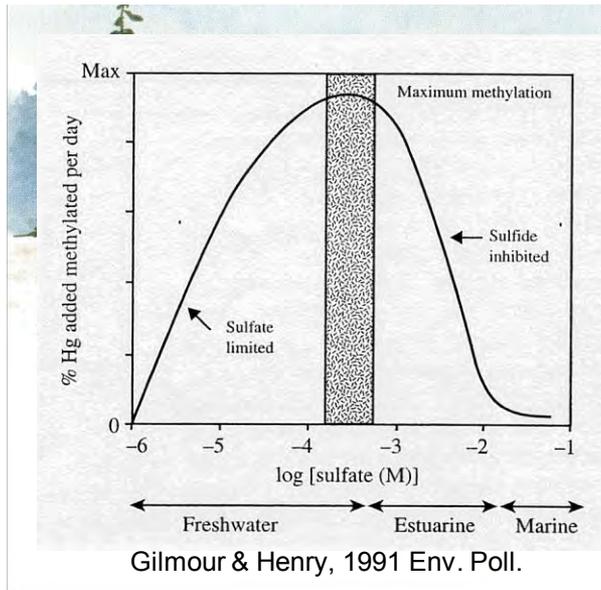
*Desulfovibrio desulfuricans*

Acque ricche di  $\text{O}_2$  → riduzione ( $\text{Hg}^{2+} \rightarrow \text{Hg}^0$ )

fotochimica (UV)

microbica (batteri Hg-resistenti)

Acque povere di  $\text{O}_2$  → metilazione

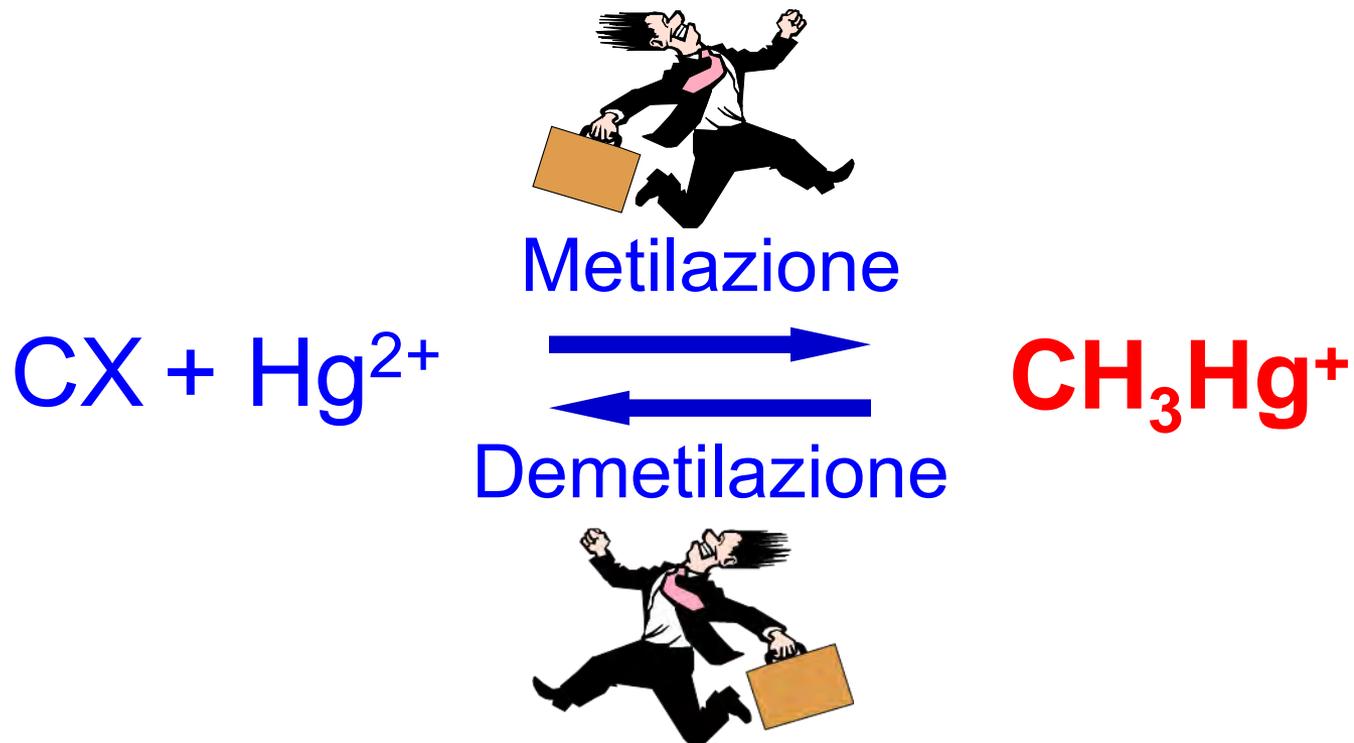


Condizioni anaerobiche + sostanza organica

Solfati abbondanti →  $\text{H}_2\text{S}$  →  $\text{HgS}$

Solfati limitati →  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$

# Metilazione e Demetilazione sono in competizione

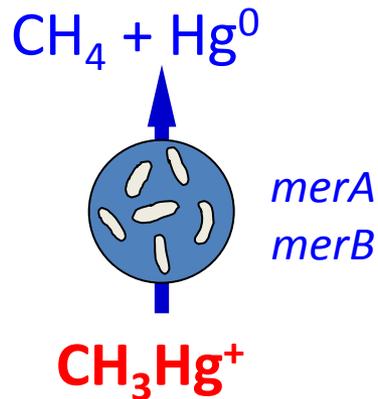


L'accumulo di MeHg si verifica quando la metilazione è maggiore della demetilazione.

Le condizioni biogeochemiche stagionali controllano il rapporto tra metilazione e demetilazione e, quindi, l'accumulo netto.

# Demetilazione

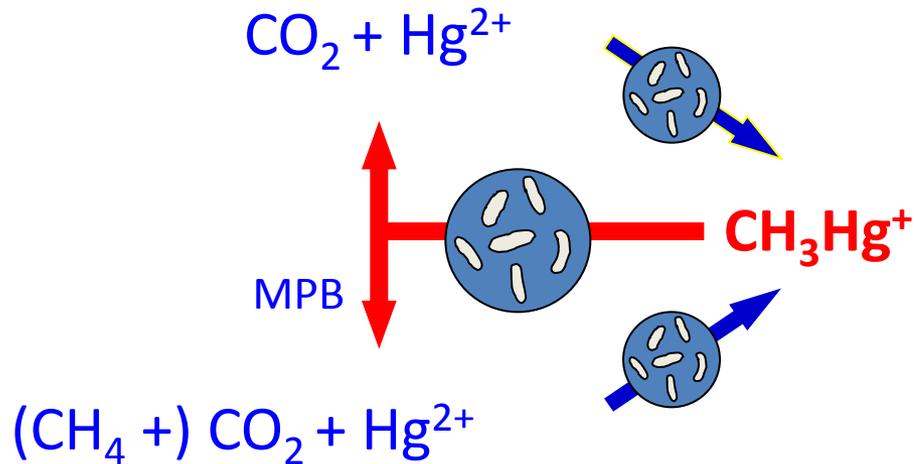
1. Demetilazione riduttiva: è catalizzata dall'attività genica codificante degli enzimi intracellulari, un sistema di detossificazione dell'elemento presente nei batteri Hg-resistenti. Il C del MeHg è rilasciato in forma di CH<sub>4</sub>.



Il Hg inorganico viene in seguito ridotto a Hg<sup>0</sup>, volatile, che può essere rilasciato dai sedimenti, e non è più disponibile per un'ulteriore metilazione ed accumulo.

# Demetilazione

2. Demetilazione ossidativa: il gruppo metile ( $\text{CH}_3$ ) viene ossidato ad anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e il Hg è presumibilmente rilasciato come Hg(II)



Questa reazione potenzialmente produce Hg inorganico che può venire nuovamente metilato contribuendo così ad un ulteriore accumulo.

La demetilazione ossidativa e la metilazione dominano in condizioni anaerobiche.

**Nord Adriatico: duplice fonte di contaminazione da Hg**

**1) storica:**

**Miniera di Idria**



**F. Isonzo  
(500 anni)**

**2) recente:**

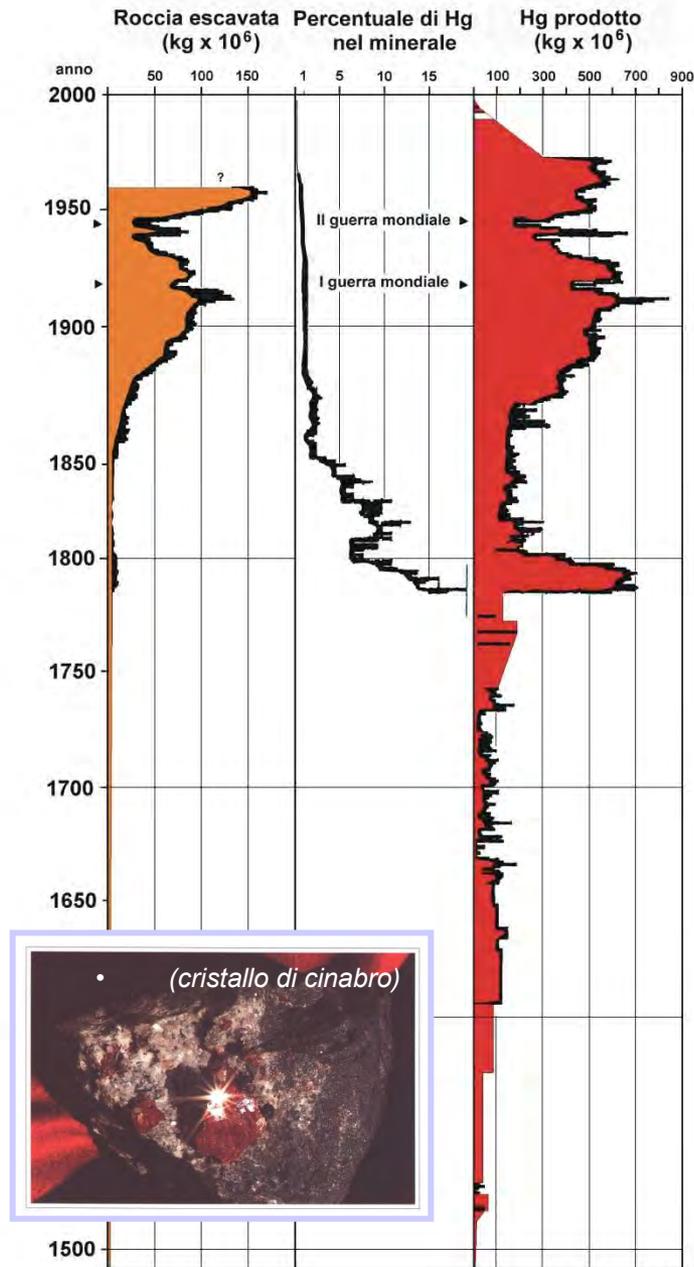
**Torviscosa  
impianto di  
soda-cloro (CAP)**



**F. Aussa  
(anni '30-'80)**



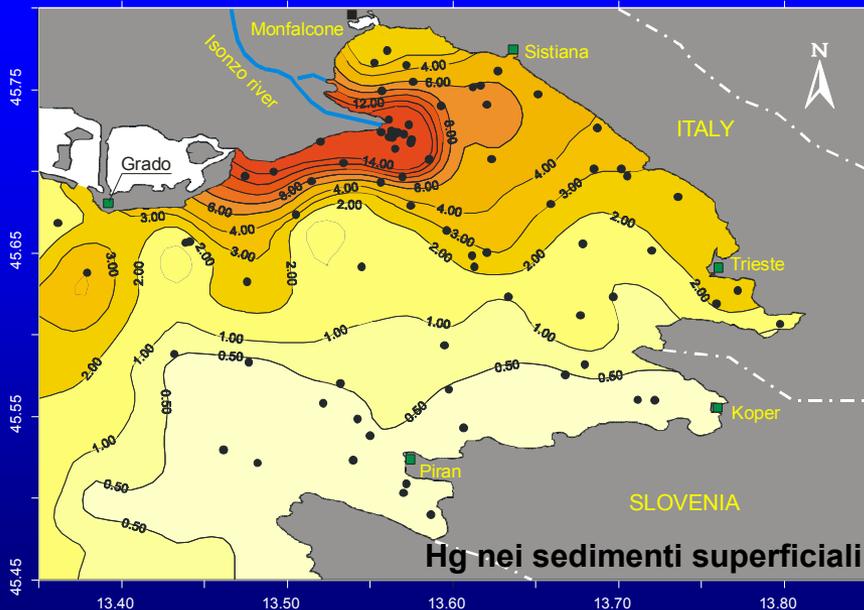
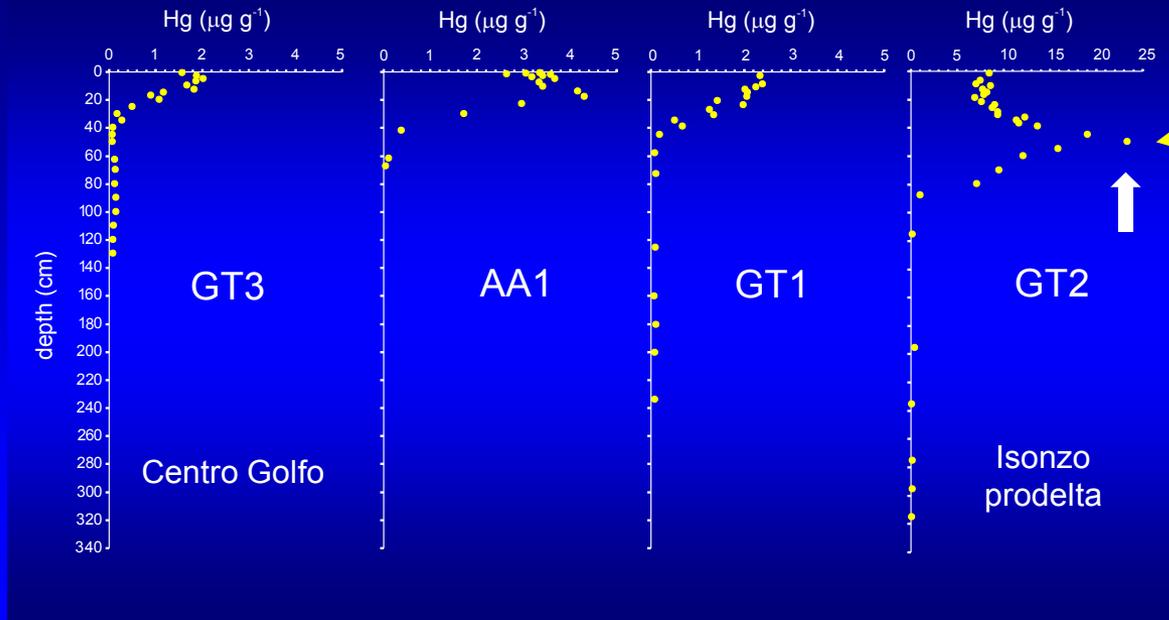
# L'attività mineraria a Idria



• (da Mlakar, 1974)

- Oltre 5 milioni di tonnellate: è il quantitativo di roccia mineralizzata estratta, principalmente sotto forma di cinabro, in 500 anni di attività nel distretto minerario di Idria (Slovenia).
- 105.000 tonnellate: è la quantità di Hg metallico prodotto durante i processi di arrostitimento del minerale.
- 73%: è la percentuale stimata di Hg estratto. La restante parte è stata rilasciata nell'ambiente circostante.

# Hg nei sedimenti del Golfo di Trieste



- Valore di fondo =  $0.13 \mu\text{g g}^{-1}$ .
- Aumento esponenziale della concentrazione di Hg nei sedimenti più recenti quale conseguenza dell'incremento dell'attività ad Idrija
- "Picco" Hg → massima produzione Hg (1913-14)
- Massimo spessore di sedimento contaminato nell'area di prodelta: 90 cm!

(Covelli et al., 2001 Appl. Geochem.; Covelli et al., 2006 Mar. Geol.)

# Laguna di Grado

L'apporto principale di Hg nel Golfo, nell'arco dell'anno, è legato all'elevato contributo di sedimento in sospensione durante gli eventi di piena! (4-7  $\mu\text{g g}^{-1}$  di Hg in bocca tidale)



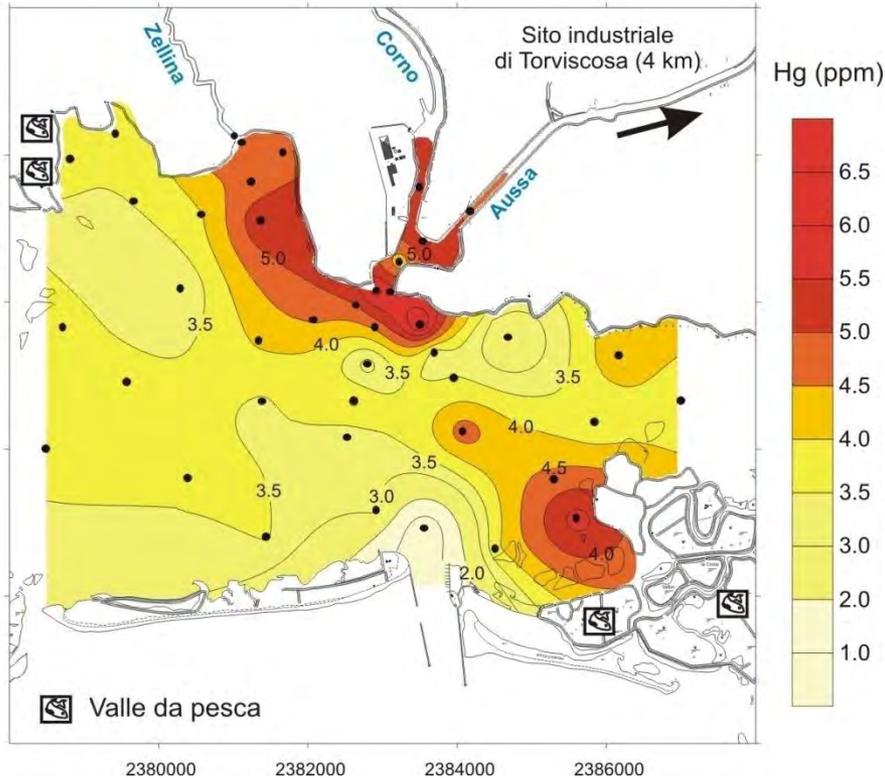
**flusso  
uscente**

**bocca lagunare  
di Primero**

**flusso entrante**



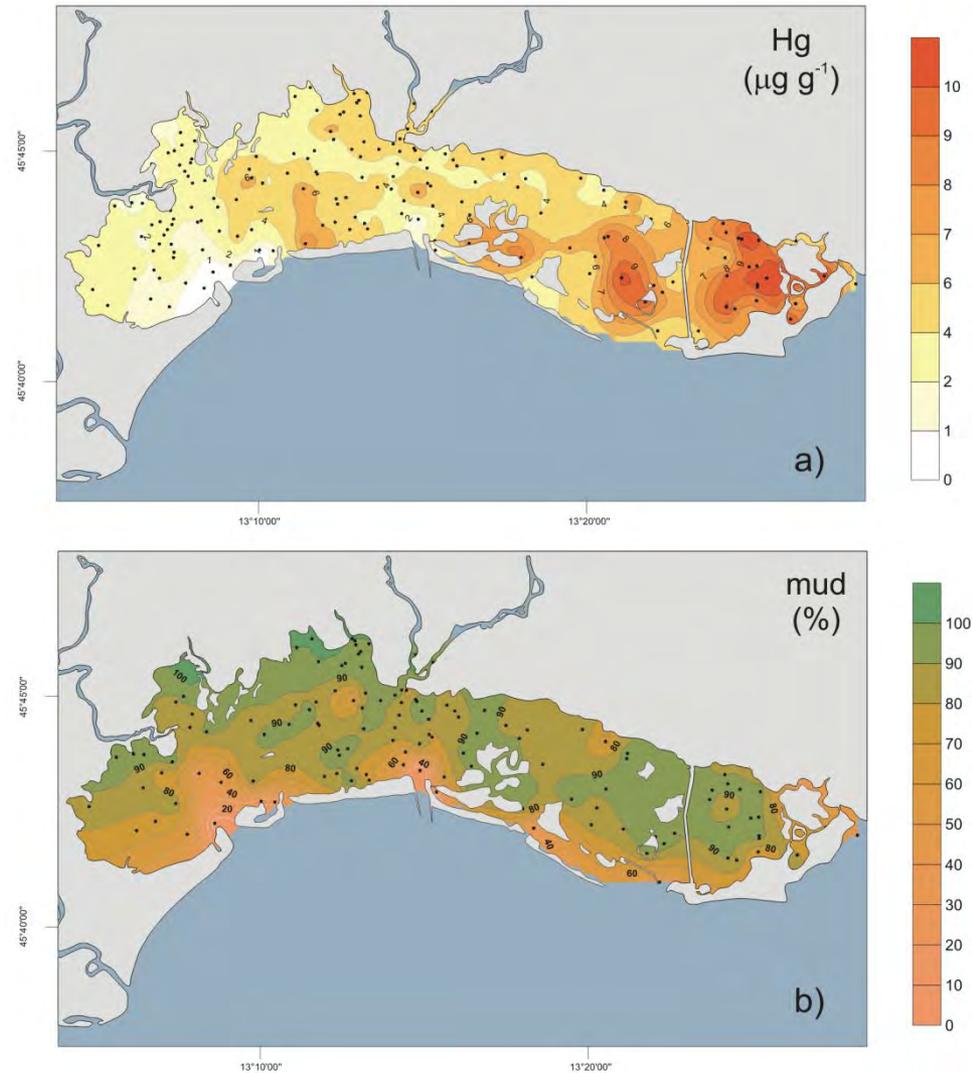
# Hg totale nei sedimenti superficiali della Laguna di Marano & Grado



## Hg nei sedimenti del Bacino di Buso

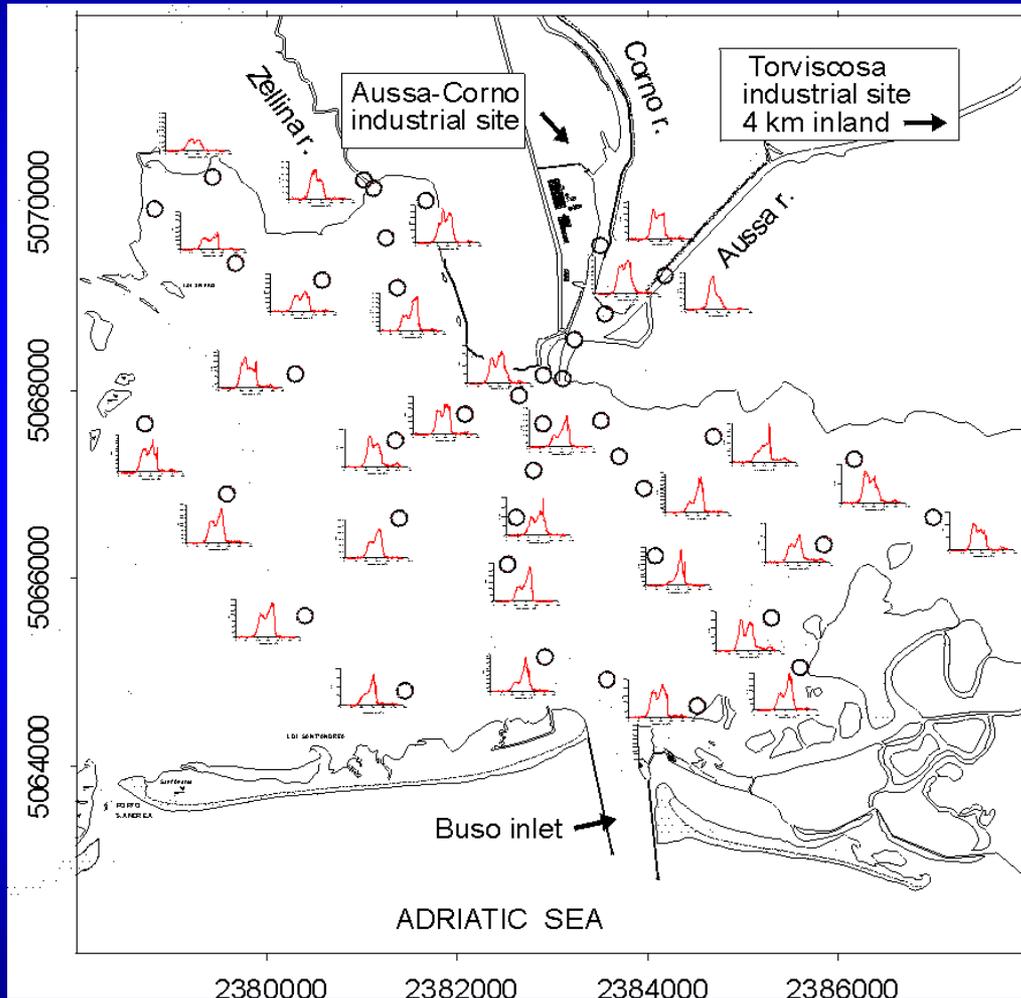
$0.13-6.58 \mu\text{g g}^{-1}$

(Piani et al., 2005 Appl. Geochem.)

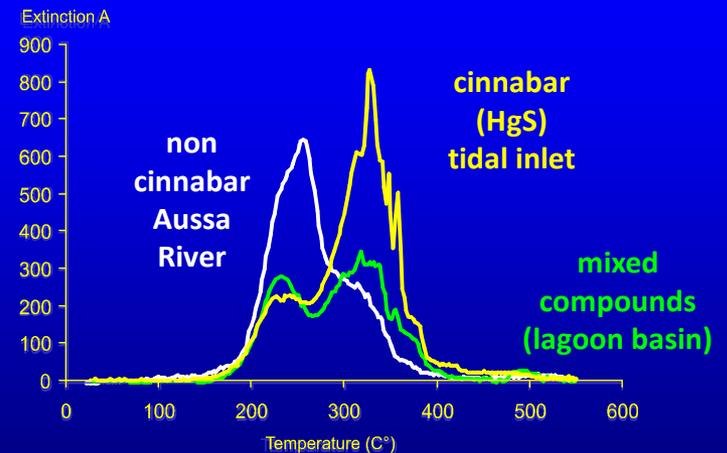
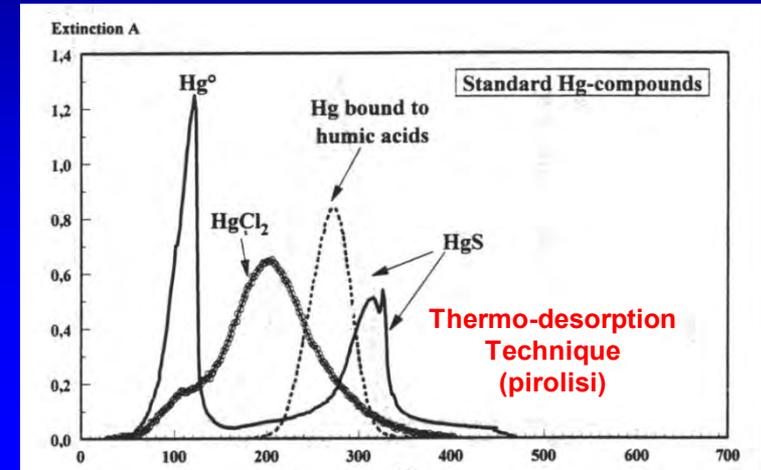


(Acquavita et al., 2012 Est. Coast. Shelf Sci.)

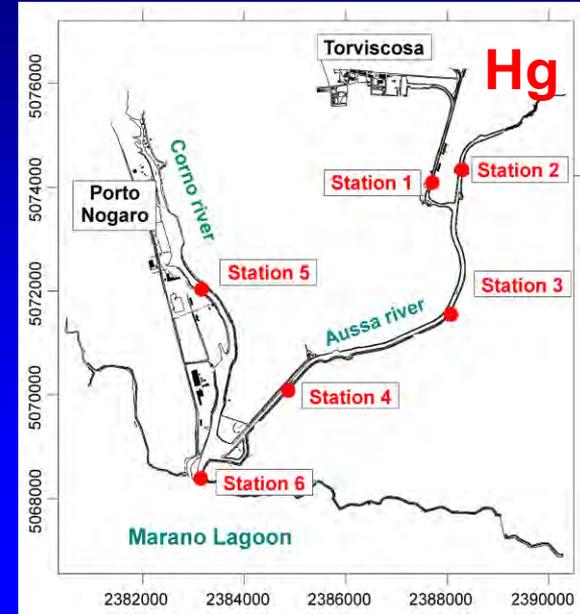
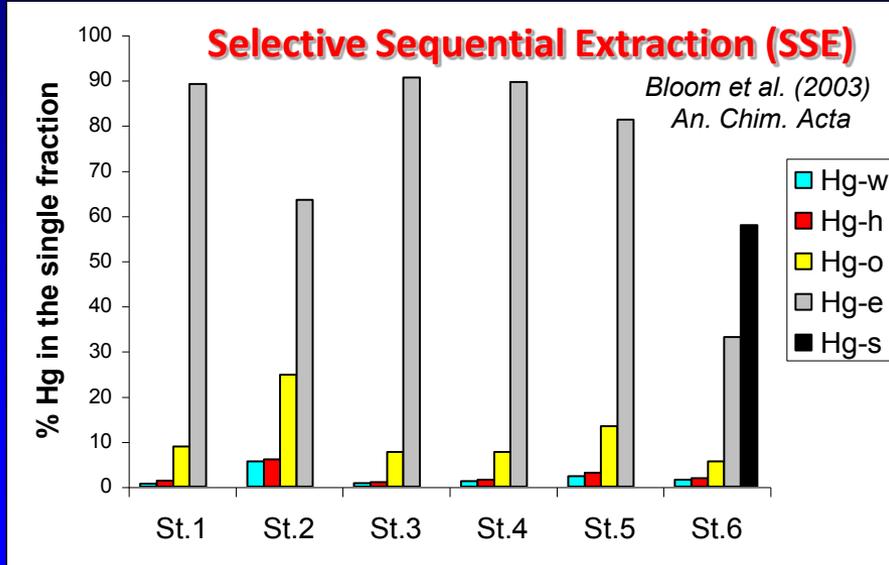
# E' possibile discriminare le due fonti di contaminazione nei sedimenti lagunari sulla base dei principali composti mercuriferi?



(Piani et al., 2005 Appl. Geochem.)



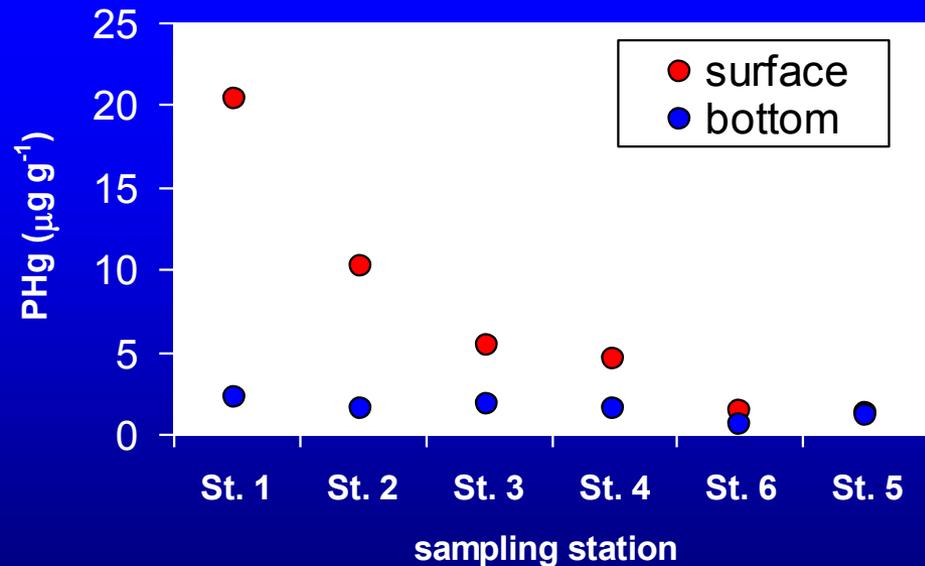
# ...un ulteriore a approfondimento sulla speciazione!



Nei sedimenti fluviali interessati dai reflui dell'impianto soda-cloro, la forma elementare del Hg (Hg-e) è quella più abbondante, eccetto alla foce (Stazione 6).

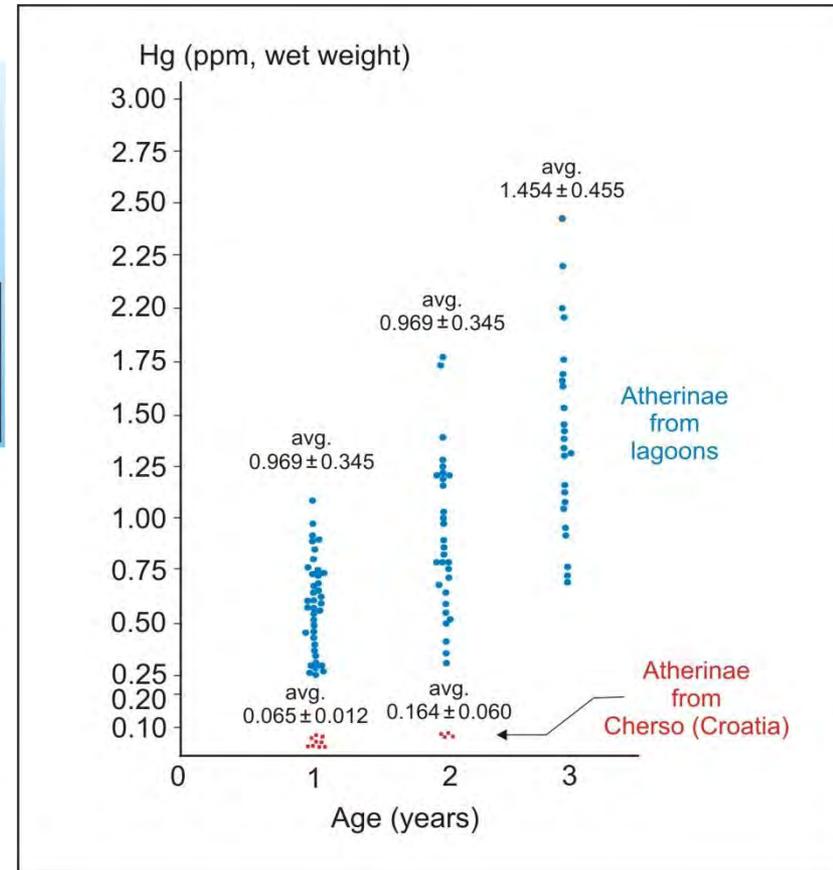
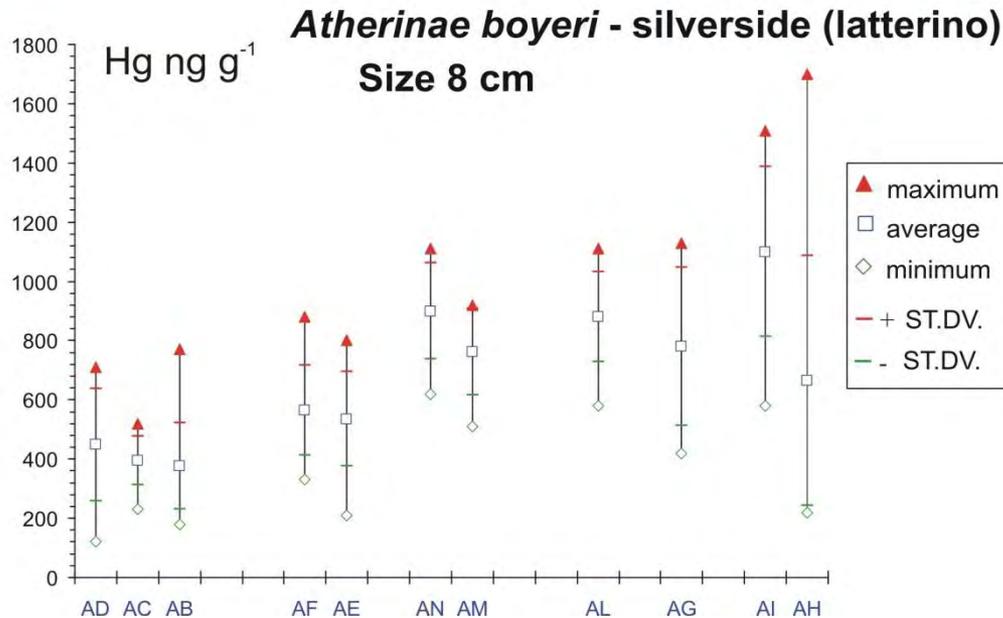
Mediamente (85 % circa), il Hg non è facilmente disponibile (Hg-e + Hg-s). La frazione disponibile (Hg-w + Hg-h) e quella potenzialmente metilabile (Hg-o) ammontano al 4 % e 11%, rispettivamente.

Il particolato in sospensione fluviale trasporta ancora Hg in laguna!



# Bioaccumulo nella Laguna di Marano e Grado

## Hg contents in edible fish



(Brambati, 2001 RMZ Geomat. & Environ.)

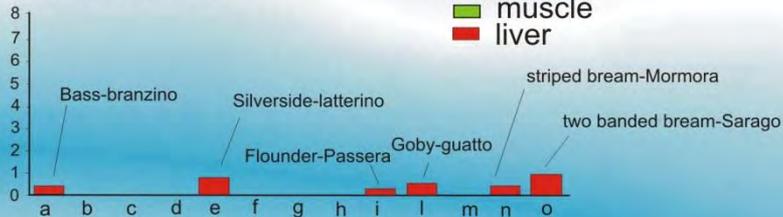


# Bioaccumulo nelle Valli da Pesca di Marano e Grado

Hg (ppm, wet weight)

Adriatic sea

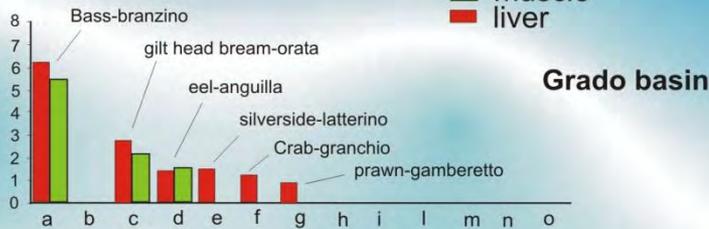
■ muscle  
■ liver



Hg (ppm, wet weight)

Francamela fish farm (MA12)

■ muscle  
■ liver

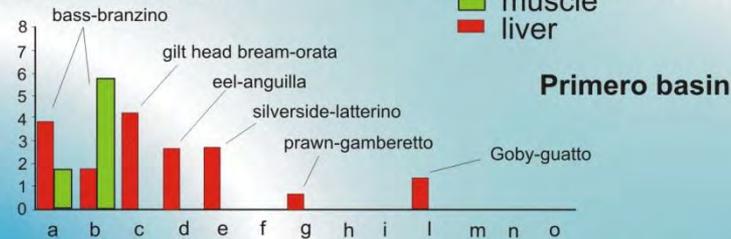


Grado basin

Hg (ppm, wet weight)

Artalina fish farm (VP1)

■ muscle  
■ liver



Primero basin

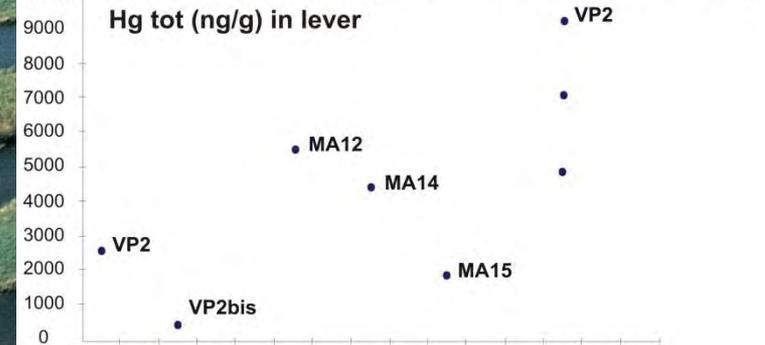
a, b=*Dicentrarchus l.*; c=*Sparus a.*; d=*Anguilla a.*; e=*Atherina b.*;  
f=*Carcinus m.*; g=*Palaemon*; h=*Mugil c.*; i=*Platichthys f.*;  
l=*Gobius*; m=*Solea v.*; n=*Lithognathus m.*; o=*Diplodus s.*

## Hg contents in edible fish

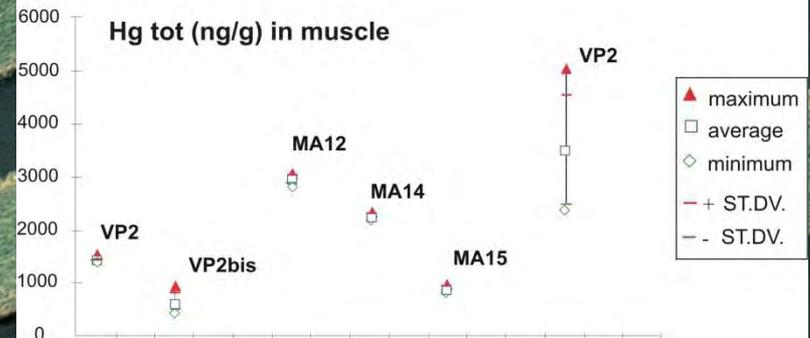


## Bass (*Dicentrarchus labrax*)

Hg tot (ng/g) in lever



Hg tot (ng/g) in muscle



# La Ricerca finalizzata: Il Progetto MIRACLE

“Mercury Interdisciplinary Research for Appropriate Clam farming in Lagoon Environment»”

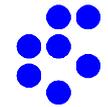
Durata: 20 mesi (Aprile '08-Dicembre '09)

Contribuente alla ricerca: Commissario Delegato per la Laguna di Marano e Grado

Con la collaborazione delle Cooperative Pescatori S.Vito, ALMAR e Grado!



*Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia*



**“Jožef Stefan”  
Institute**



# I SITI SPERIMENTALI



14 carotaggi

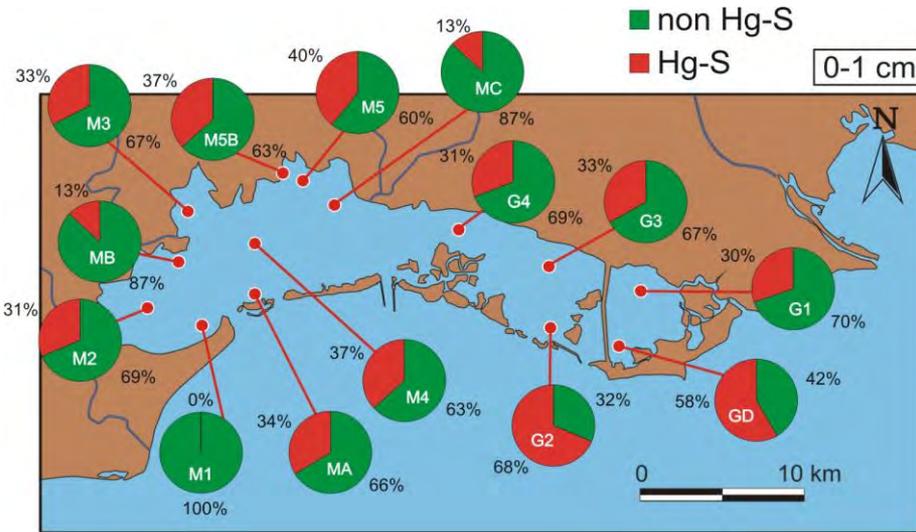
2 siti flussi sediment/acqua (camere bentiche)

4 siti di semina a *Tapes*

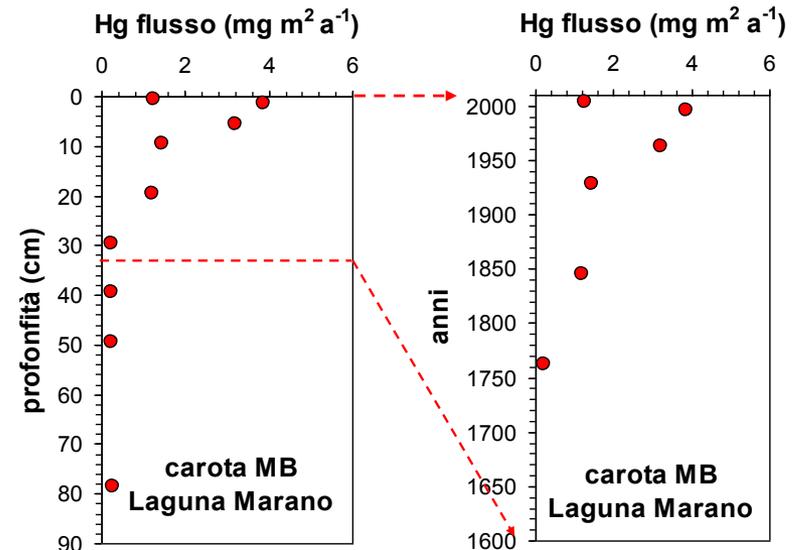
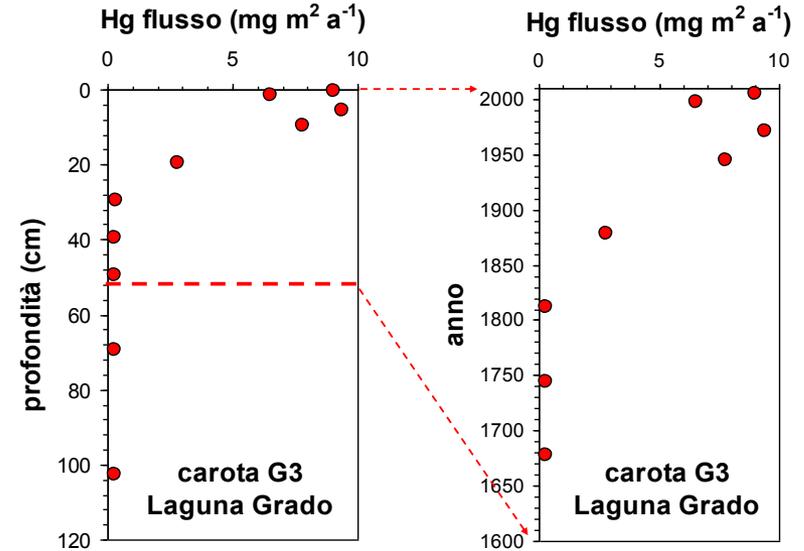
6 siti prelievo *Tapes* autoctone

# Risultati: i sedimenti

- Gradiente concentrazioni Hg est-ovest persistente!
- Il Hg è prevalentemente associato alle particelle più fini (silt/argilla) che ne rappresentano il principale veicolo di trasporto in sospensione.



- HgS (cinabro microcristallino) è presente in associazione alle particelle più grossolane (silt/sabbia).
- 30-40 cm lo spessore medio di sedimento contaminato da Hg



# Inventario cumulato e quantità di Hg nei sedimenti della Laguna

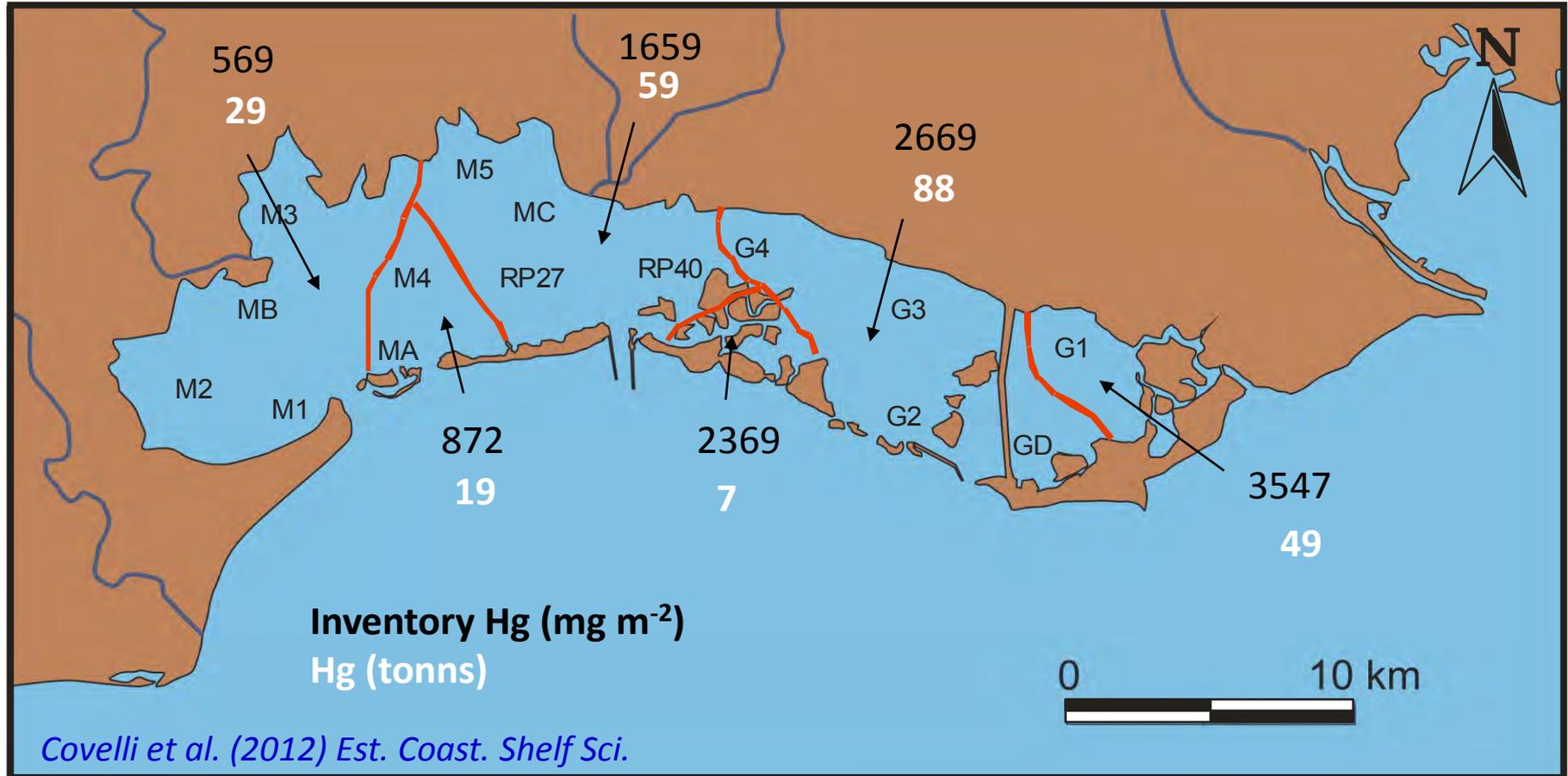
Stima preliminare per difetto: 250 tonnellate!

Idrijca (affluente del F. Isonzo): 2029 t

Žibret & Gosar (2006) STOTEN

Isonzo: 10.000 t

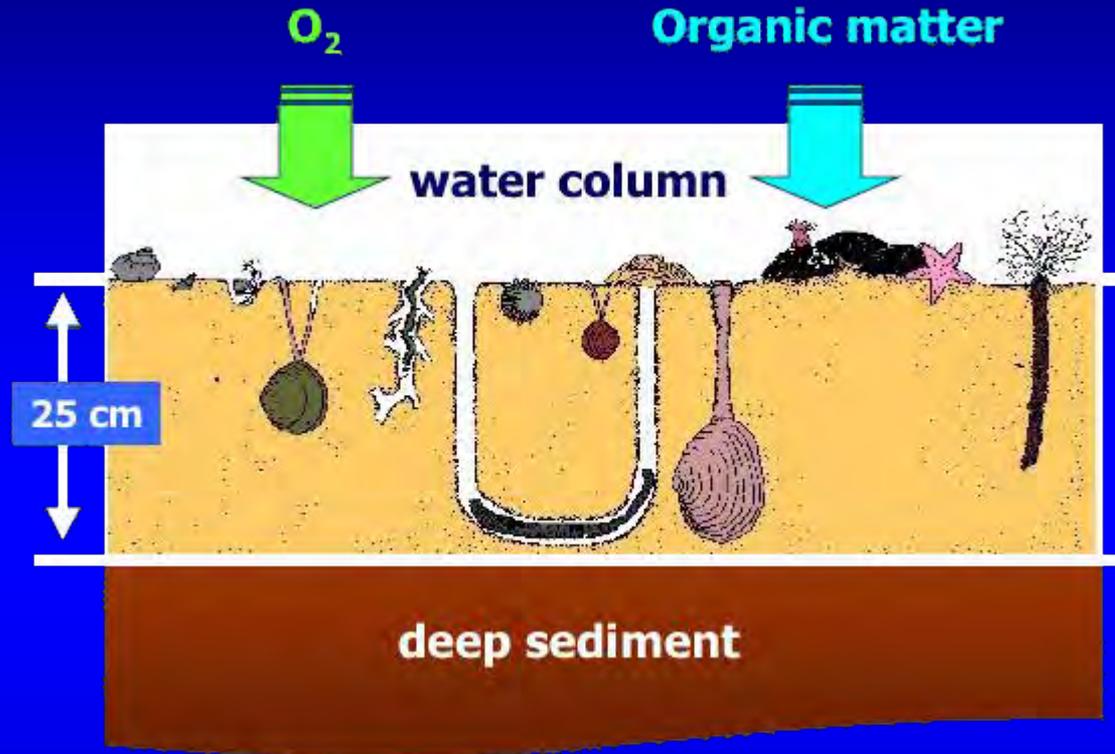
Žagar et al. (2006) STOTEN



Golfo di Trieste: 900 t

*Covelli et al. (2006) Mar. Geol.*

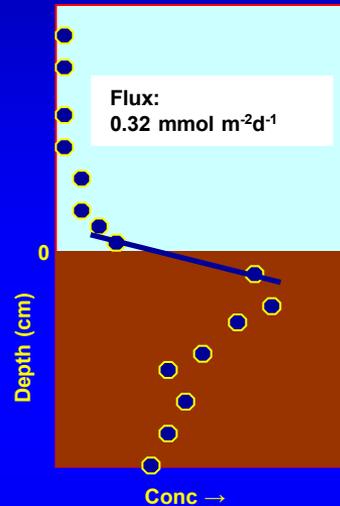
# Rimineralizzazione della materia organica all'interfaccia acqua-sedimento



- ✓ La degradazione della sostanza organica avviene attraverso reazioni di ossidazione, mediate dalla comunità batterica, che utilizzano gli agenti ossidanti disponibili ( $O_2$ ,  $NO_3$ ,  $MnO_2$ ,  $Fe_2O_3$  e  $SO_4$ ).
- ✓ Le reazioni di ossido-riduzione procedono sequenzialmente in relazione all'energia libera di ogni singola reazione redox.

# Rimineralizzazione della materia organica e flussi bentici

## 1. Flussi diffusivi



$$J = - \varphi D_s (dC/dz)$$

$$D_s = \varphi^2 D_i$$

ex.  $\varphi \geq 0.7$  (Ullman & Aller, 1982)

J = diffusive flux (g cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)

C = concentration (g l<sup>-1</sup>)

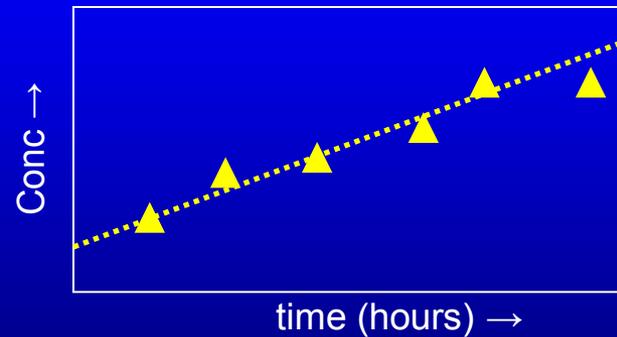
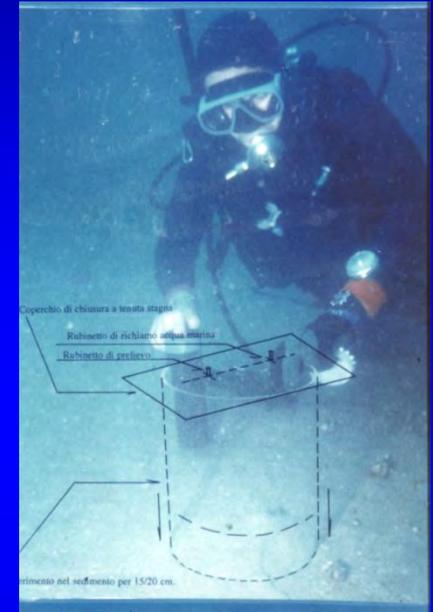
D<sub>i</sub> = molecular diffusive coefficient i (≈ 10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>),

z = max gradient of concentration

## 2. Camera bentica *in situ*



## 3. Camera bentica incubata



$$Hg = a(t) + b$$

$$F (Hg) = a (V/A)$$



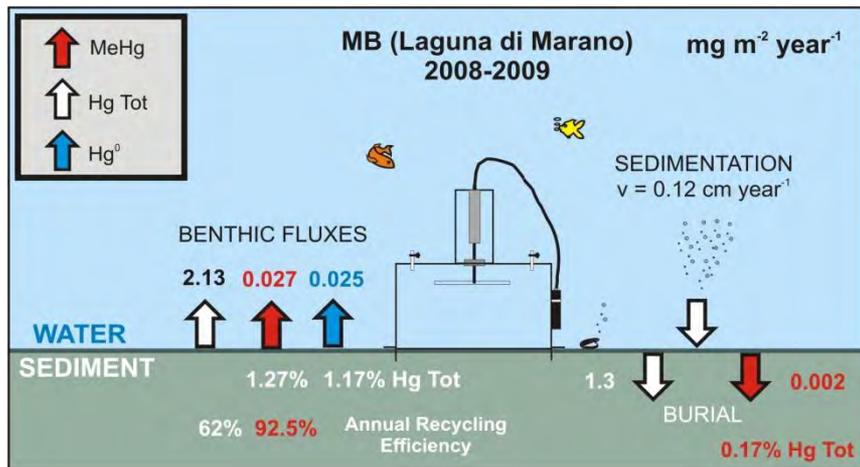
# Risultati: flussi bentici

Stima dei flussi giornalieri delle specie mercurifere all'interfaccia acqua-sedimento utilizzando 2 camere bentiche nei siti sperimentali (MB e MC).

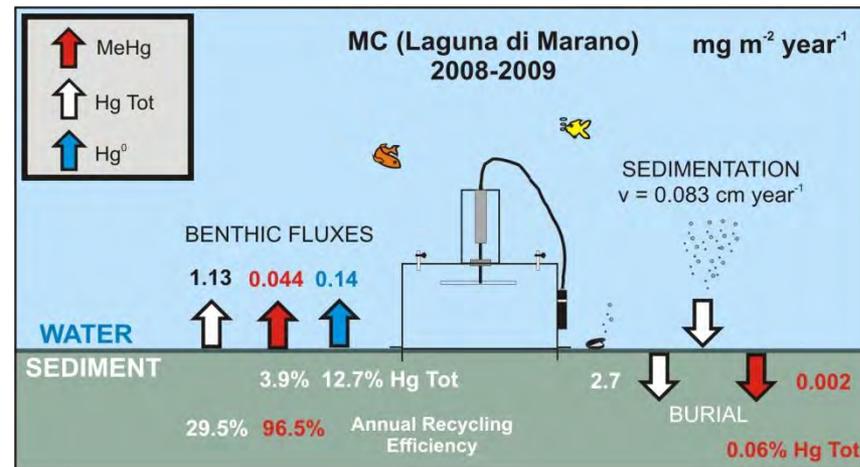


Autunno (Ottobre 2008)  
Inverno (Marzo 2009)  
Estate (Luglio 2009).

## Tentative annual budget for THg, MeHg and DGM (Hg<sup>0</sup>)



**MB**  $\text{Hg}_{\text{sed}} \approx 1.4 \mu\text{g g}^{-1}$



**MC**  $\text{Hg}_{\text{sed}} \approx 4.3 \mu\text{g g}^{-1}$

(Emili et al., Est. Coast. Shelf Sci. submitted)

1. Entrambi i siti sono molto “sensibili” nel riciclo del Hg all’interfaccia acqua-sedimento.
2. La riduzione del Hg appare importante nell’ambiente lagunare: i flussi di DGM sono simili o anche più elevati dei flussi di MeHg.
3. Il rilascio di MeHg, che rappresenta il pericolo maggiore per la catena trofica, è maggiormente presente nel sito MC (più vicino alla sorgente industriale).

# Potenziale di metilazione e demetilazione: l'approccio sperimentale

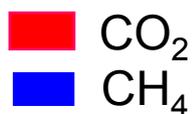
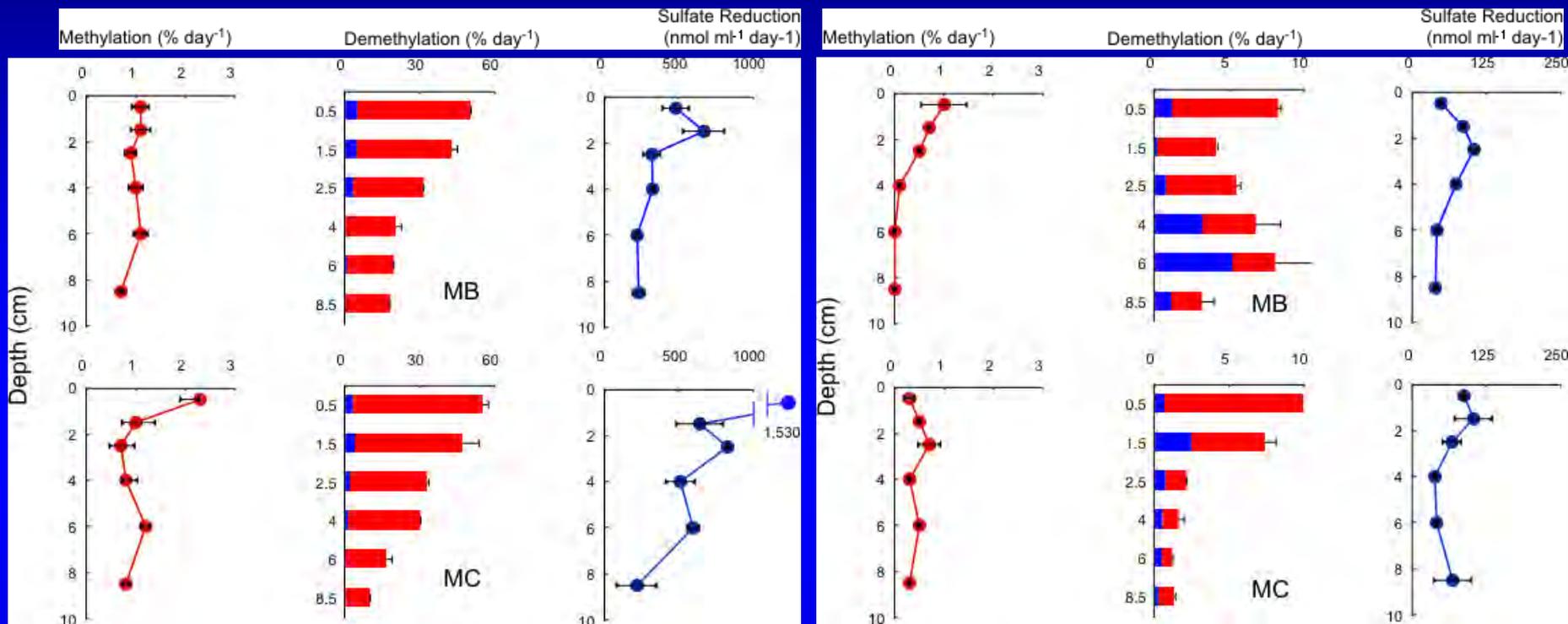
*(Hines et al., 2006 Appl. Geochem.)*

- Methylation potential –  $K_{\text{meth}}$  (% day<sup>-1</sup>)
  - <sup>203</sup>HgCl - toluene extraction and scintillation counting
- Demethylation potential –  $K_{\text{deg}}$  (% day<sup>-1</sup>)
  - <sup>14</sup>CH<sub>3</sub>HgCl – separation of gases (CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) via GC followed by gas proportional counting (stripping)
    - Reductive demethylation → <sup>14</sup>CH<sub>4</sub>; oxidative → <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>
- Sulfate reduction <sup>35</sup>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> - Cr-reduction assay
- Le K rappresentano solo la cinetica dei processi!
- I tassi reali di metilazione/demetilazione sono calcolati tenendo conto delle concentrazioni di Hg e MeHg disciolto nelle acque interstiziali

# Tassi di metilazione, demetilazione e solfato-riduzione in Laguna

ESTATE

INVERNO



(Hines et al., 2012 Est. Coast. Shelf Sci.)

- $K_{meth}$  e  $K_{deg}$  aumentano con la temperatura e decrescono con la profondità;
- La demetilazione per via ossidativa, con la produzione di  $Hg^{2+}$  and  $CO_2$ , è quella preponderante in Laguna, particolarmente in estate e nel settore ovest (Marano).
- I tassi di demetilazione sono tra i più elevati tra quelli riscontrati in studi simili

Dragaggi



Raccolta dei molluschi



**RISOSPENSIONE  
DEL  
SEDIMENTO**

Piense fluviali



Eventi estremi



Il trasferimento del materiale ai lati dei canali navigabili principali non è più permesso dalla normativa. L'unica opzione è il conferimento dei sedimenti nelle casse di colmata!

**pseudo-barena**  
(sedimento dragato)

*Santuario di Barbana*

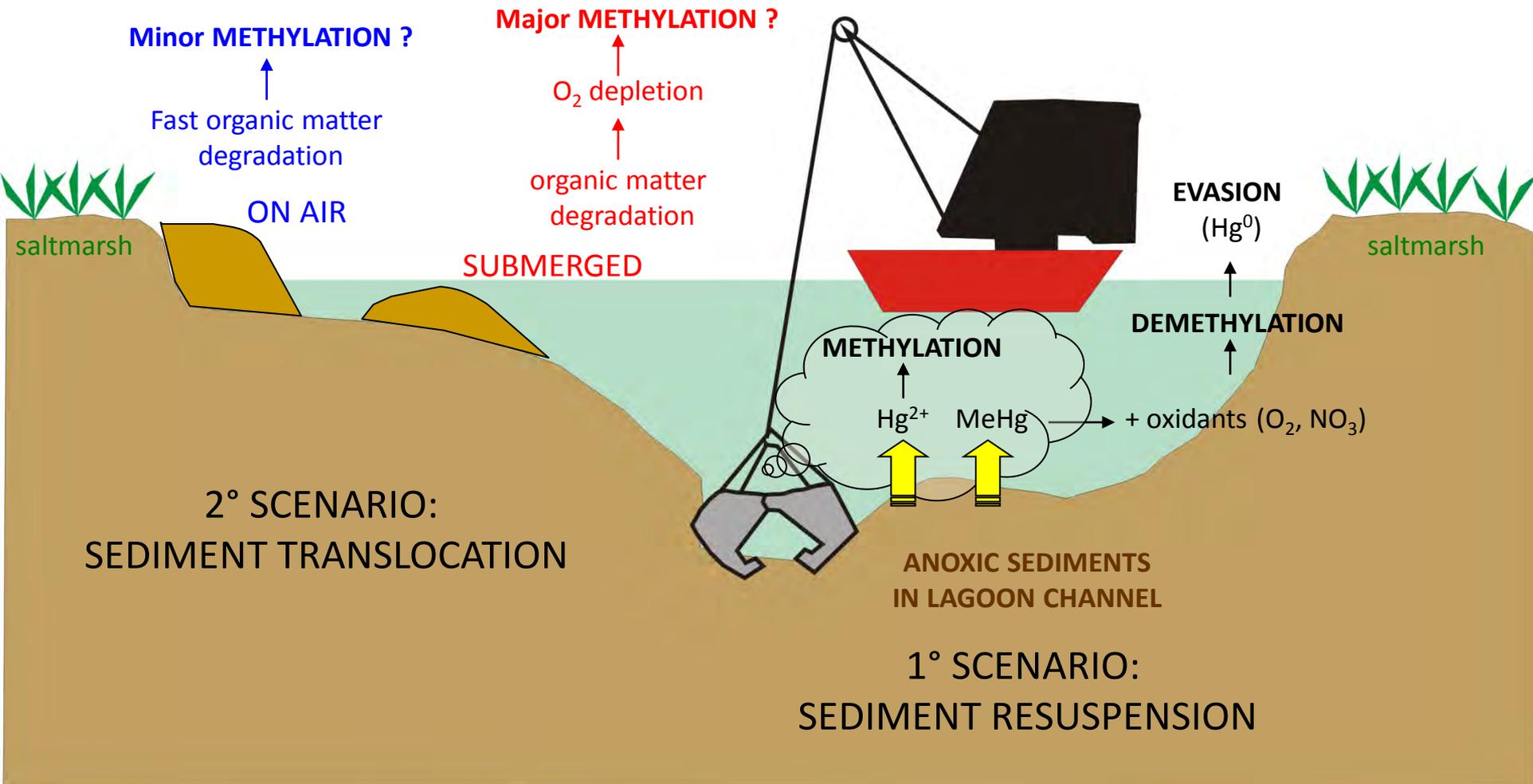


velma

canale di marea

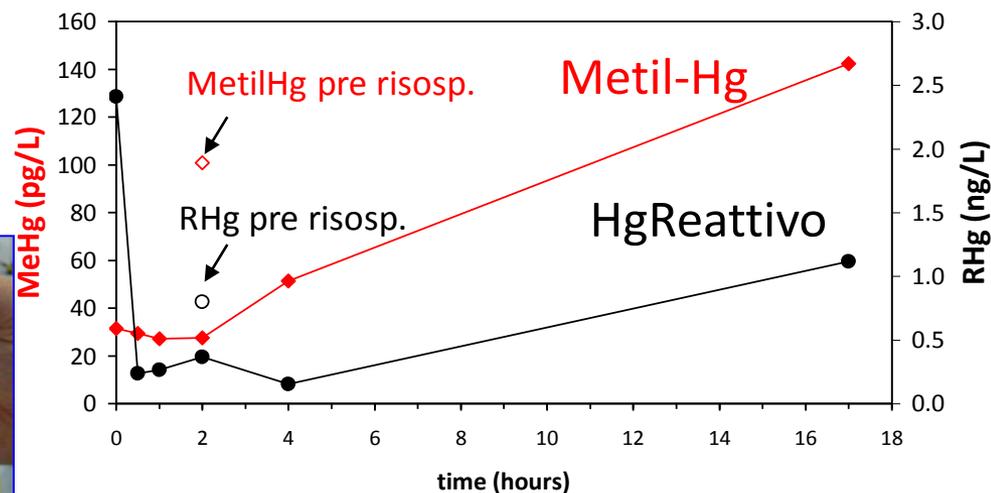
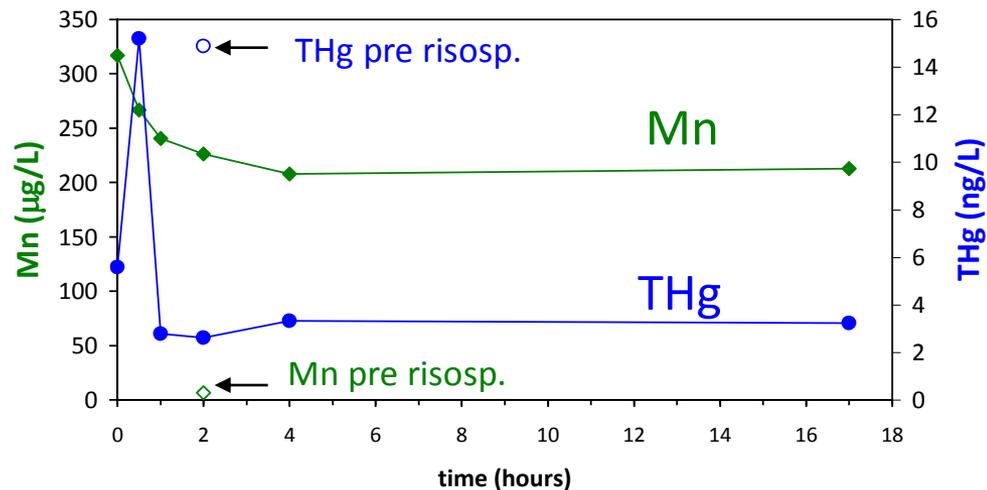


Il DRAGAGGIO determina significativi cambiamenti nelle condizioni redox:  
l'attività batterica potrebbe influenzare la rimobilizzazione del Hg e viceversa!



# I risultati: la risospensione rimobilizza il Hg in fase disciolta?

Canale Grado-Barbana



(Acquavita et al., 2012 Est. Coastal. Shelf Sci.)

# Effetti dell'anossia sulla rimobilizzazione del Hg in Laguna di Grado e Golfo di Trieste



Parametro	BAR	AA1	CZ
Profondità	1.5 m	22 m	24 m
Salinità	32.5 PSU	37.6 PSU	37,7 PSU
Temperatura	20°C	16°C	20°C
Granulometria	80% pelite	92% pelite	84% pelite
Hg <sub>tot</sub> (sedimento)	9.5 µg g <sup>-1</sup>	2.7 µg g <sup>-1</sup>	0.8 µg g <sup>-1</sup>
MeHg (sedimento)	17 ng g <sup>-1</sup>	1 ng g <sup>-1</sup> (7)	0.4 ng g <sup>-1</sup> (7)

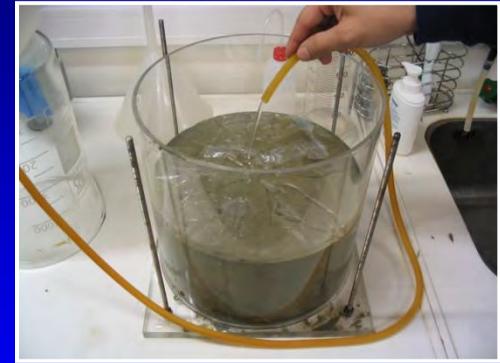
# Effetti dell'anossia sulla rimobilizzazione del Hg



a)



b)



c)



d)



e)



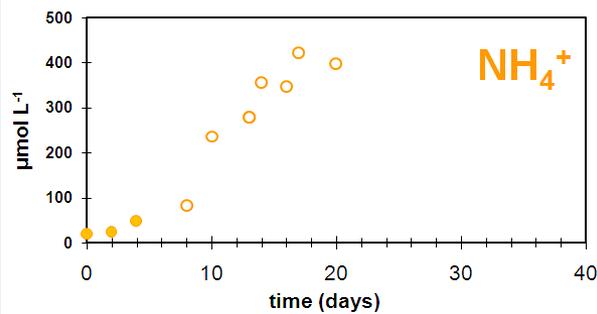
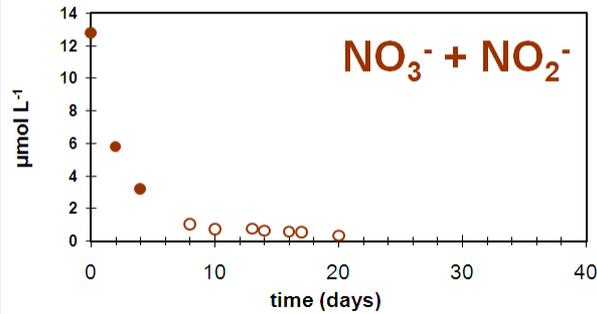
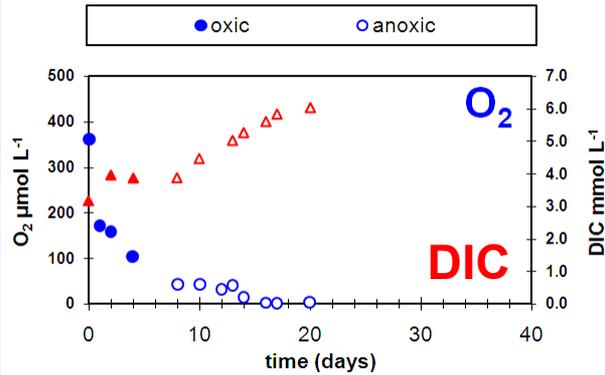
f)

## Sequenza delle operazioni effettuate durante l'allestimento della camera bentina:

- a) La camera bentina e le carote, immediatamente dopo il prelievo e prima dell'arrivo in laboratorio.
- b) Particolare dello svuotamento della camera bentina.
- c) Ripristino del volume d'acqua di partenza.
- d) I rubinetti ed il motore elettrico presenti sul coperchio, necessari, rispettivamente, per i successivi campionamenti e per l'omogeneizzazione dell'acqua al momento del prelievo.
- e) La camera bentina allestita, posta nella cella termostata (il sacco nero serve a tenerla al buio).
- f) Prelievo del campione d'acqua mediante siringa.

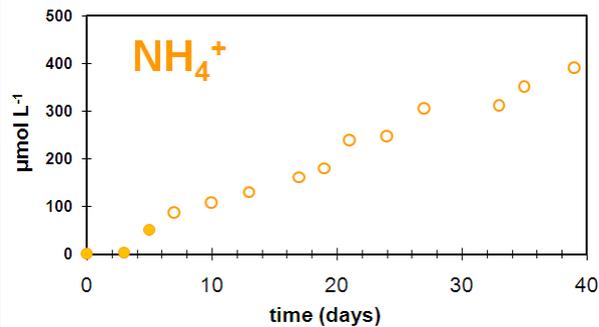
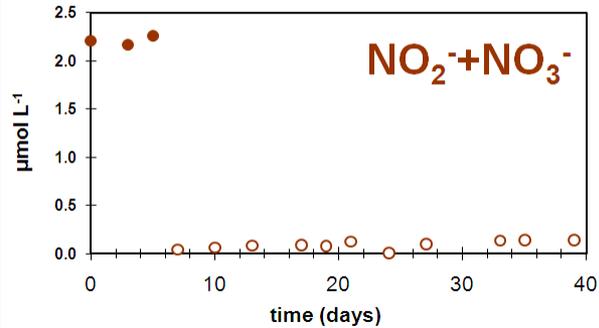
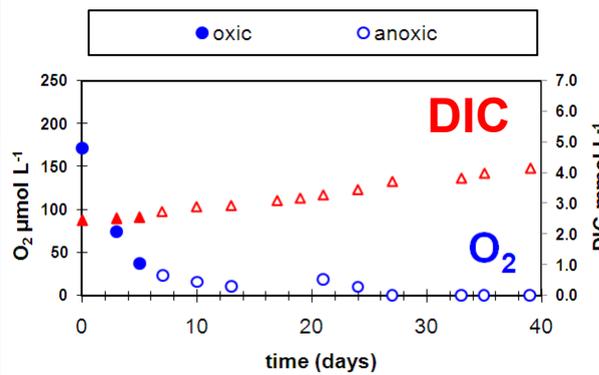
# Laguna di Grado – BAR

prof. 1.5 m



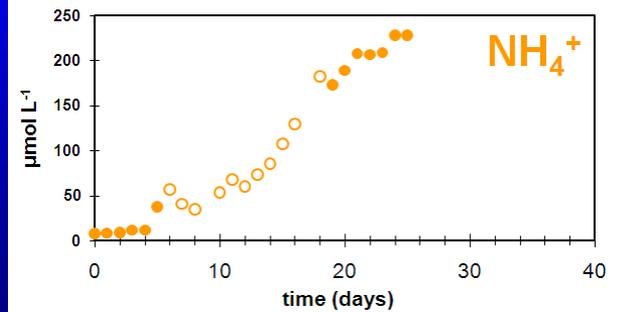
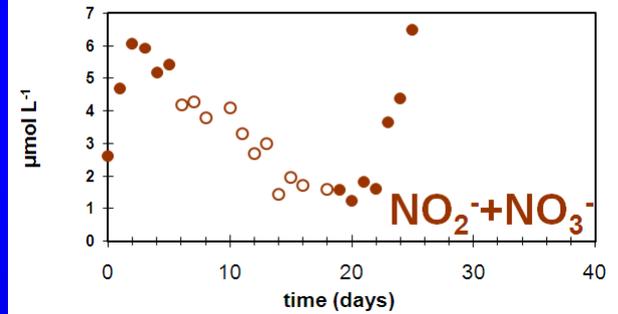
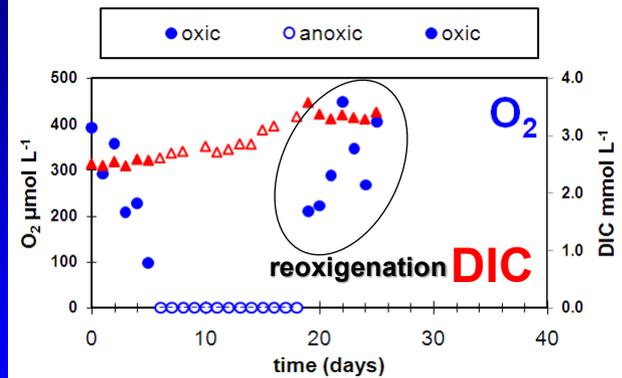
# Golfo di Trieste – AA1

prof. 22 m



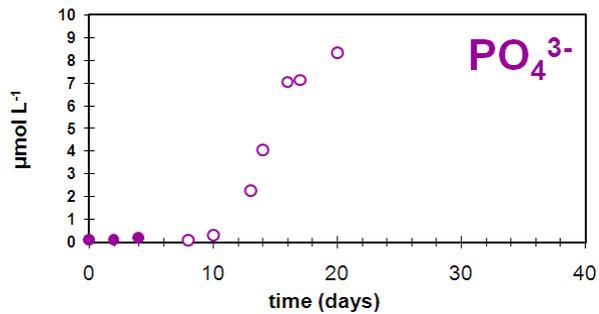
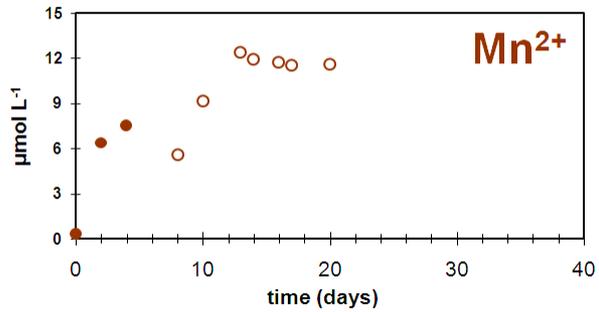
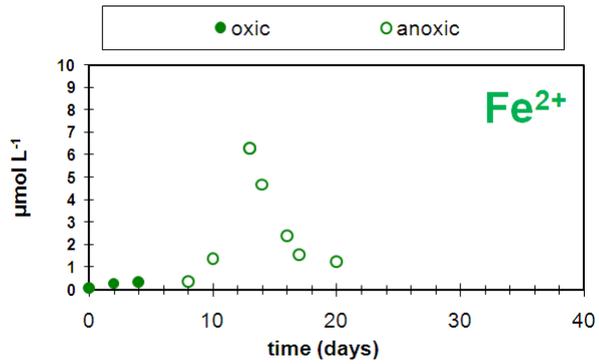
# Golfo di Trieste – CZ

prof. 24 m



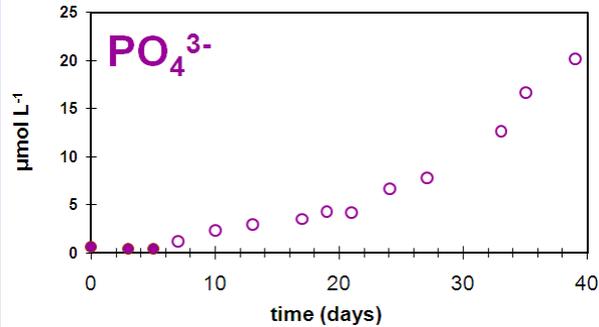
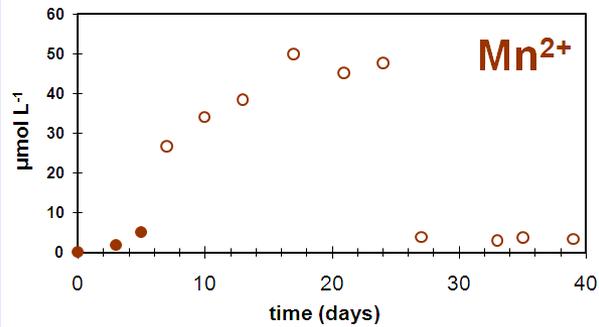
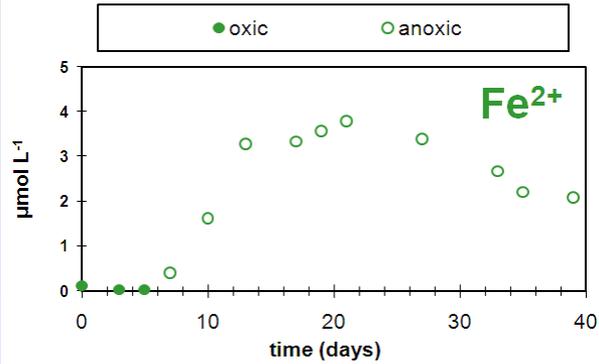
# Laguna di Grado – BAR

prof. 1.5 m



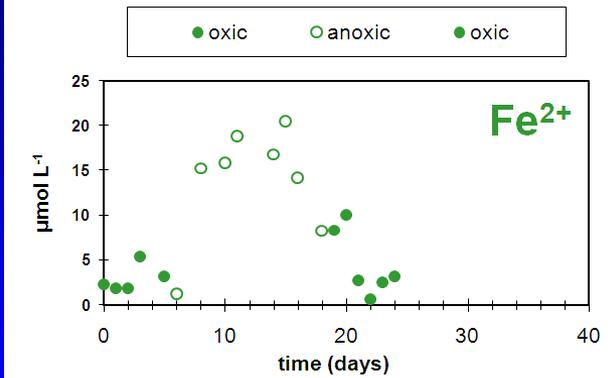
# Golfo di Trieste – AA1

prof. 22 m

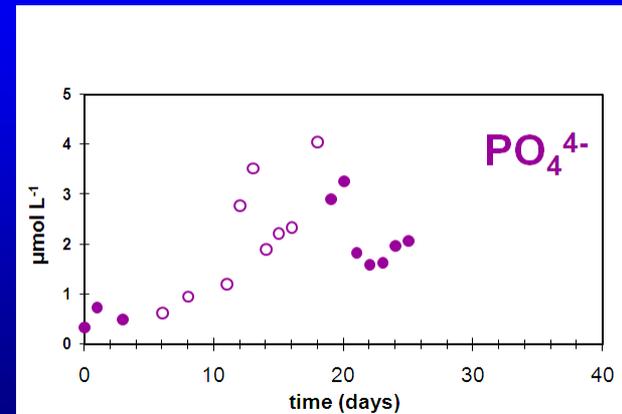


# Golfo di Trieste – CZ

prof. 24 m

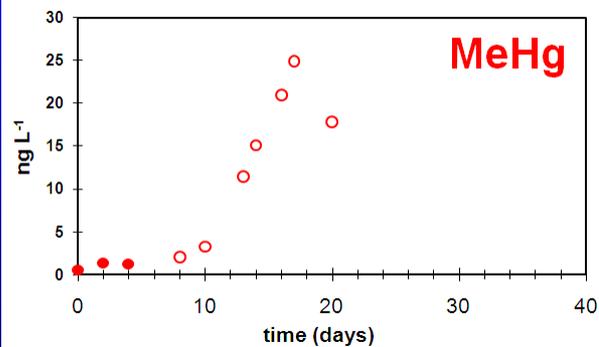
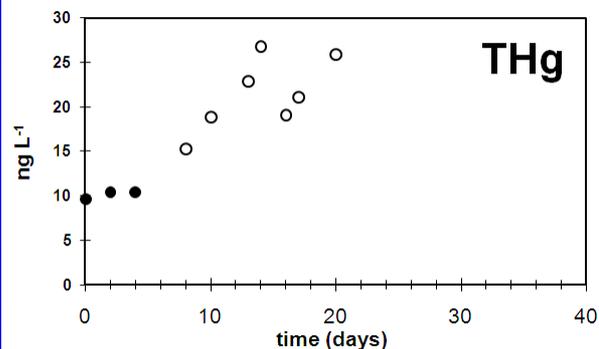
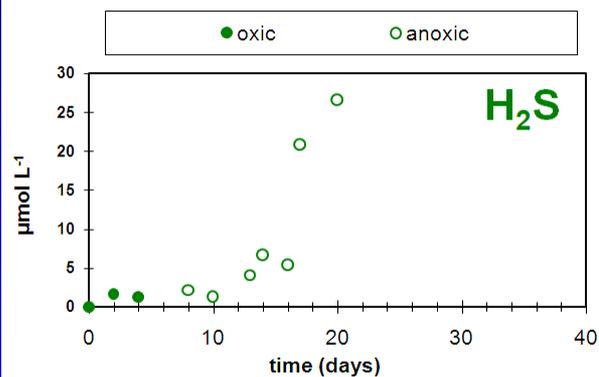


n.d.



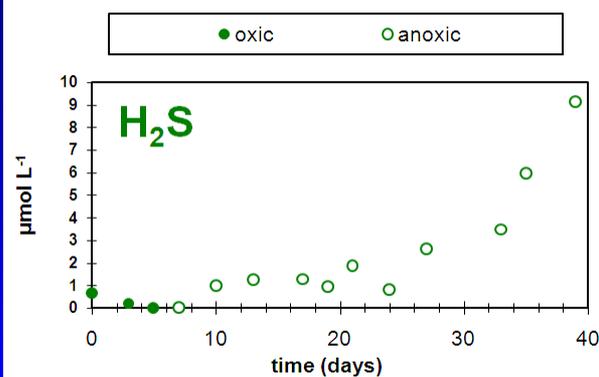
# Laguna di Grado – BAR

Hg = 9.5  $\mu\text{g/g}$ ; MeHg = 17 ng/g

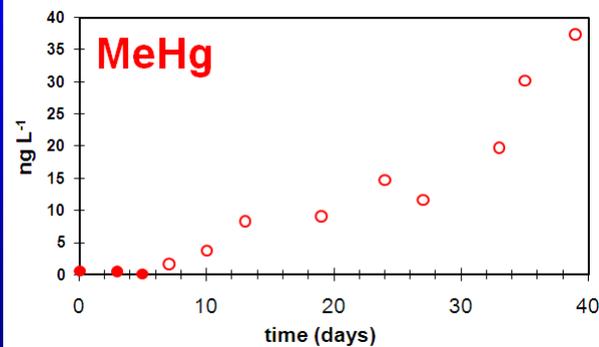


# Golfo di Trieste – AA1

Hg = 2.7  $\mu\text{g/g}$ ; MeHg = 1 ng/g

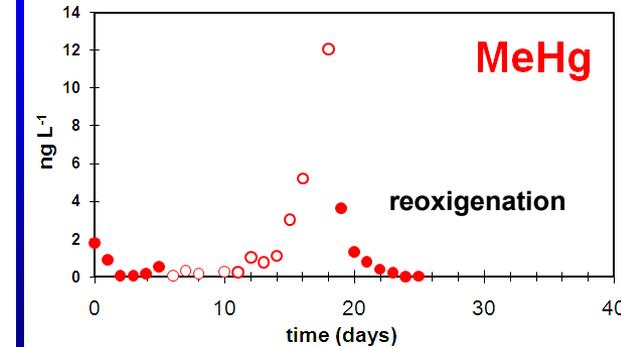
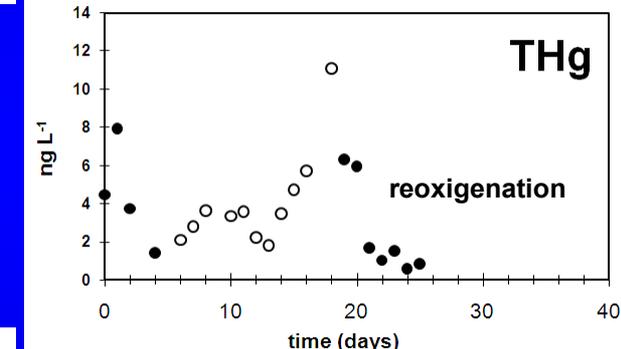
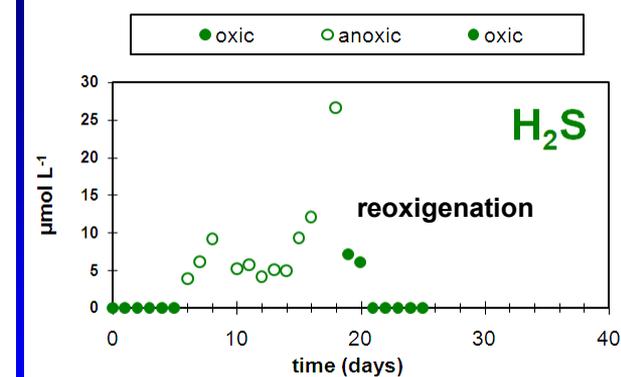


n.d.



# Golfo di Trieste – CZ

Hg = 0.8  $\mu\text{g/g}$ ; MeHg = 0.4 ng/g



# Semina di *Tapes philippinarum* (18.0±1.6 mm) provenienti dall'impianto di allevamento di Marano Lagunare in 4 siti prescelti (40.000 individui, 200/m<sup>2</sup>) e misura del bioaccumulo di Hg e MeHg



Foce F. Aussa-Corno – sito MC

Foce F. Stella – sito MB

**16 mesi di campionamento**

**Analisi (ogni 45 gg)**

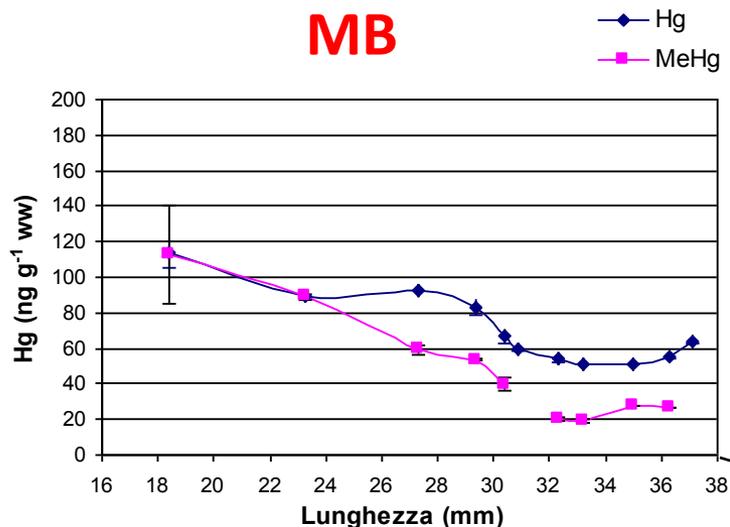
- biometria (n=30)
- Hg
- Metil-Hg



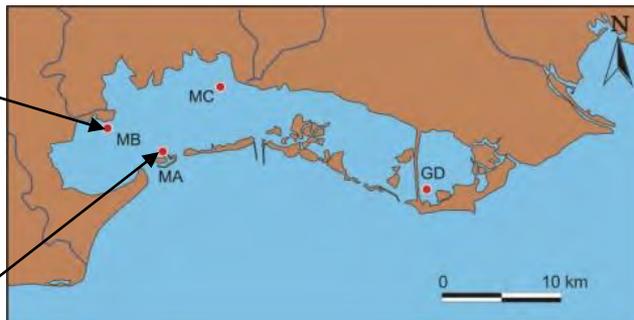
*(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)*

# I risultati: semina di *Tapes philippinarum* e verifica del bioaccumulo di Hg in Laguna di Marano

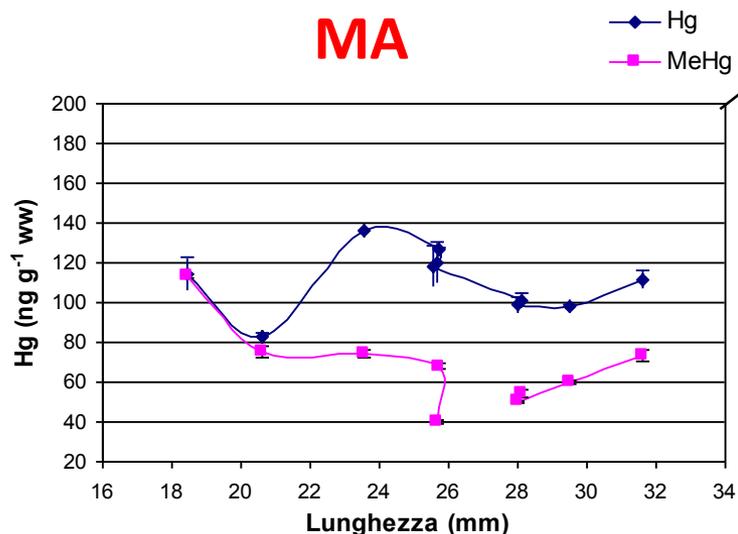
**MB**



- Contenuto di Hg nelle *Tapes* sempre inferiore a 500 ng g<sup>-1</sup> p.f., limite per la commercializzazione.
- Con la crescita delle *Tapes*, le concentrazioni di Hg e Metil-Hg diminuiscono fino a raggiungere valori inferiori al seme di partenza!



**MA**



Diluizione del Hg nelle *Tapes*?

Oppure...presenza di batteri Hg-resistenti abili nel “detossificare” all’interno dei tessuti molli, in particolare nei sifoni delle *Tapes*?

(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)

## Raccolta delle vongole (popolazioni naturali) in 6 siti prescelti durante 2 campagne (invernale ed estiva).

*(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)*

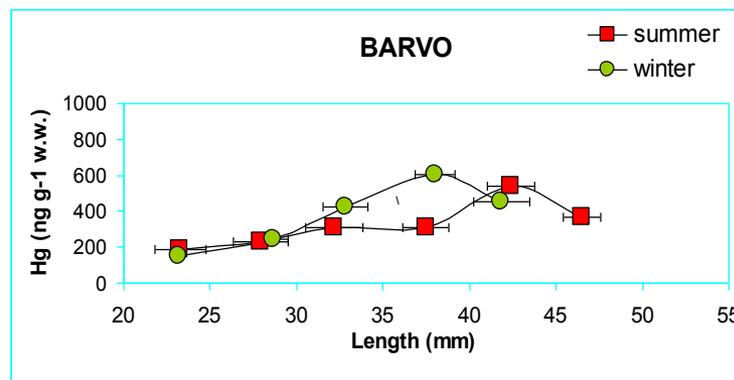
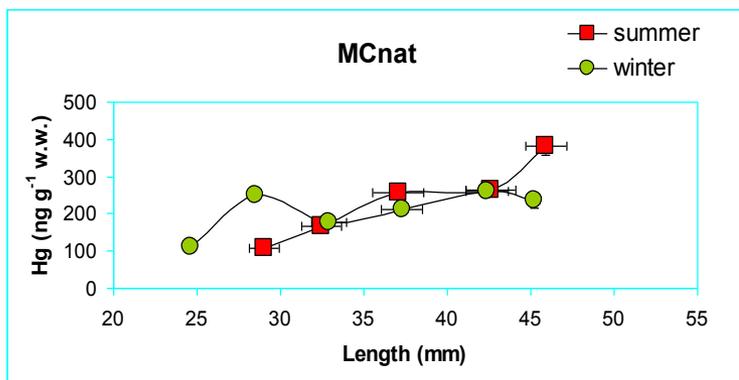
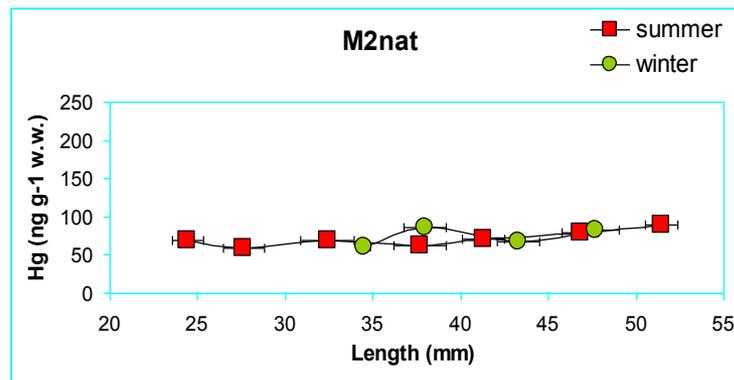
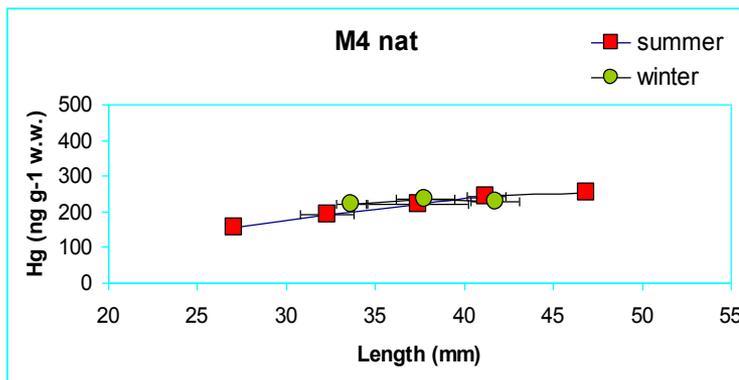
### Campionamenti

Luglio '08

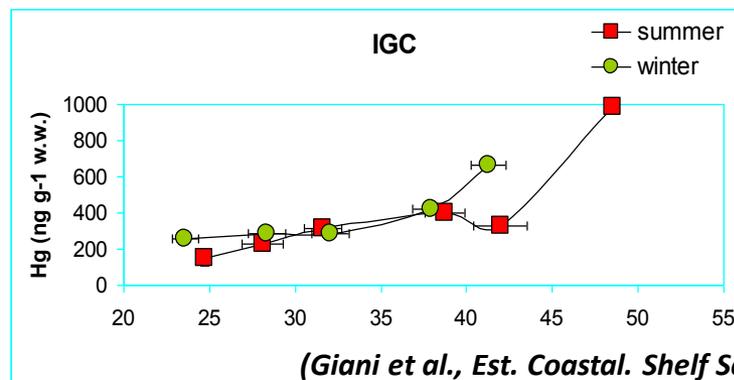
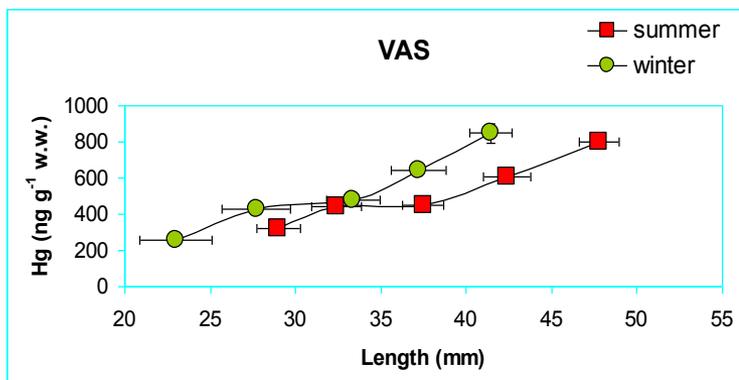
Marzo '09



# Il contenuto di Hg incrementa con la taglia del bivalve, superando i 500 ng g<sup>-1</sup> (p.f.) per classi di taglia > 35 mm nel settore orientale della Laguna.



← GRADO



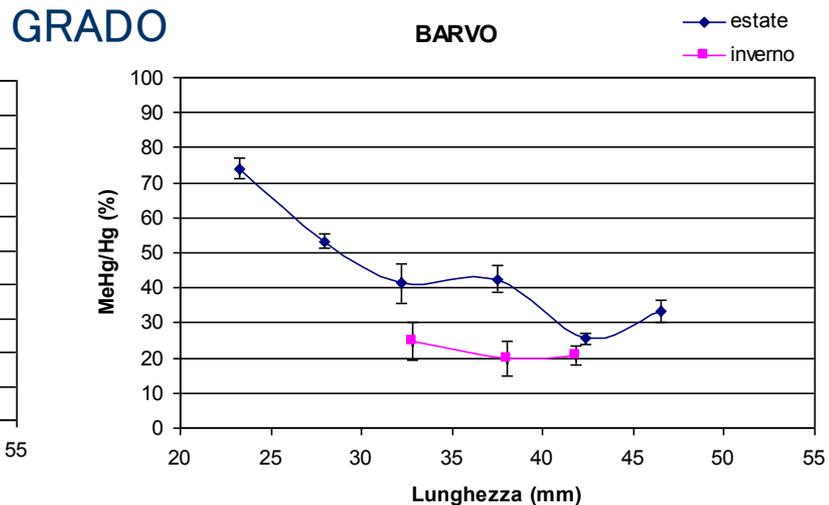
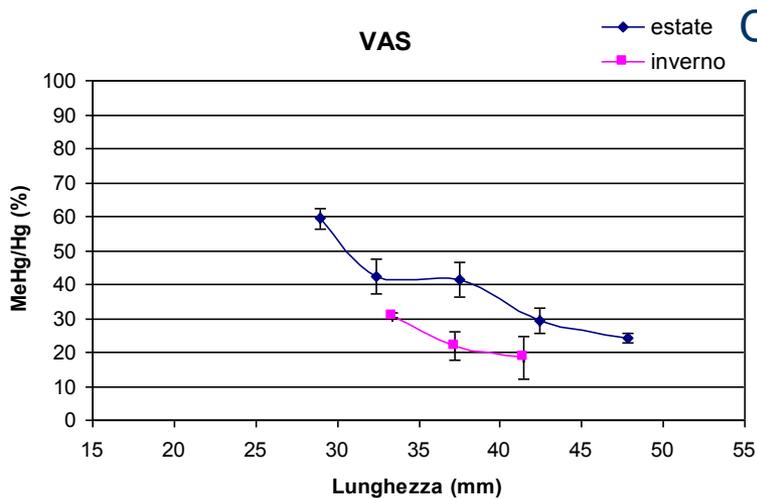
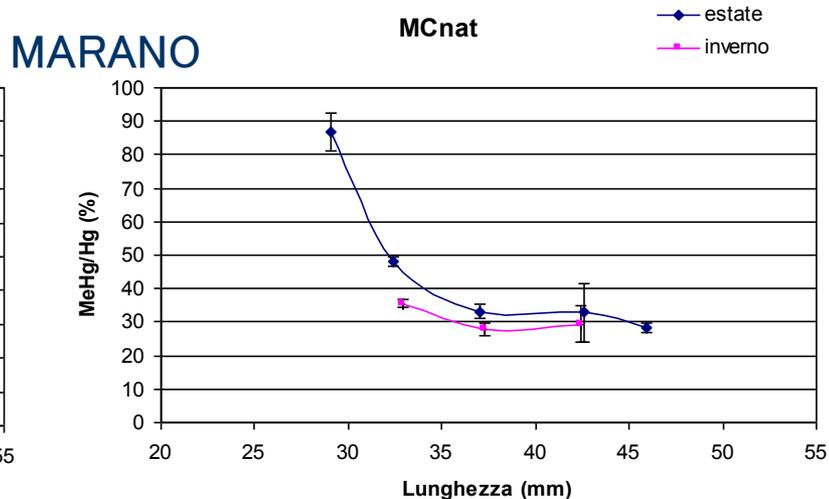
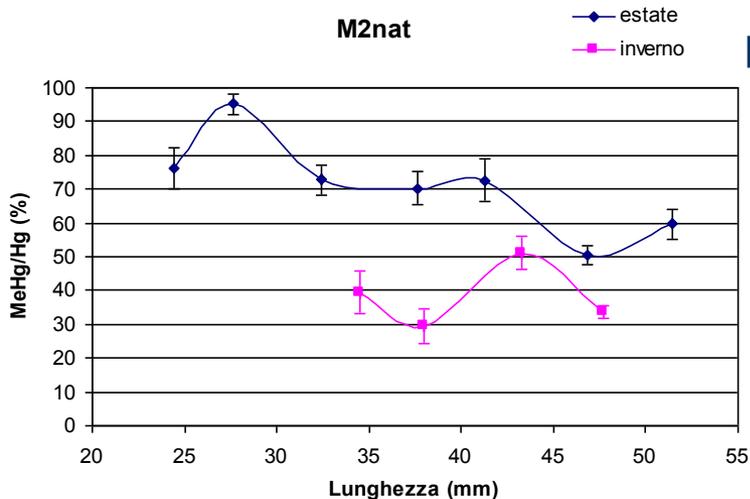
← GRADO

(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)

→ GRADO



# Contenuto relativo (%) di metilmercurio (MeHg) rispetto al mercurio totale nei tessuti molli nei popolamenti naturali prelevati in estate ed inverno



(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)



# Concentrazioni di Hg e MeHg nelle vongole delle lagune del Nord Adriatico

Specie	Regione	Hg	MeHg	Note	Rif. bibliografico
		(ng/g p.u.)	(ng/g p.u.)		
<i>T. philippinarum</i>	Laguna di Marano	250 - 300	-	Taglia 30 – 35 mm	Sfriso et al. (2008)
<i>T. philippinarum</i>	Laguna di Grado e Marano	100-360	-	seminate e naturali	Brambati (1996)
		680	148	Taglia 30 – 35 mm Valore medio*	Presente lavoro (Vongole naturali e seminate)
<i>T. philippinarum</i>	Laguna di Grado	1125	157	Valore massimo*	
		215	91	Taglia 30 – 35 mm Valore medio*	Presente lavoro (Vongole naturali e seminate)
<i>T. philippinarum</i>	Laguna di Marano	350	108	Valore massimo*	
<i>T. philippinarum</i>	Laguna di Venezia	30 - 70	-	Taglia 30 – 35 mm	Sfriso et al. (2008)
<i>T. philippinarum</i>	Sacca di Goro	152-268	-	valori riferiti al peso secco	Locatelli et al. (2001)
<i>T. philippinarum</i>	Laguna Pialassa Baiona, Ravenna	110	95	Taglia non riportata	Trombini et al. (2003)

(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)



# Livello tollerabile di ingestione settimanale provvisorio (PTWI)

FAO/WHO Expert Committee On Food Additives

- Hg: 5  $\mu\text{g kg}^{-1}$  peso corporeo/settimana
- MeHg: 1.6  $\mu\text{g kg}^{-1}$  peso corporeo/settimana

Consumo giornaliero di vongole:

- 1) Best case Scenario: 11 g
- 2) Worst Case Scenario: 30 g\*

\* da Boscolo et al., 2007; Ferrara & Funari, 1999

*(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)*



*Valori del contenuto di mercurio totale (Hg) e metilmercurio (MeHg) assunti tramite alimentazione dalla popolazione differenziata per gruppi di consumo giornaliero.*

Data	Stazione	BCS (Best Case Scenario) gruppo con consumo giornaliero di 11 g				WCS (Worst Case Scenario) gruppo con consumo giornaliero di 30 g			
		Hg medio (ug/day)	Hg max (ug/day)	MeHg medio (ug/day)	MeHg max (ug/day)	Hg medio (ug/day)	Hg max (ug/day)	MeHg medio (ug/day)	MeHg max (ug/day)
29/07/2008	IGC	4	10			11	28		
	VAS	6	9	2	2	17	26	6	6
	MC Nat	2	4	1	1	6	10	3	3
	M2 Nat	1	1	1	1	2	3	2	2
	M4 Nat	2	3			5	7		
09/03/2009	IGC	5	7			13	19		
	VAS	7	12	2	2	20	34	4	5
	MC Nat	2	3	1	1	7	8	2	2
	M2 Nat	1	1			2	2	1	1
	M4 Nat	2	2			6	6		
	BARVO	5	8	1	1	14	22	3	4
21/07/2009	BARVO	3	6	1	2	9	15	4	4

Il livello tollerabile di ingestione giornaliero per un adulto di 70 kg é di 50 ug/giorno per il mercurio totale (THg) e di 16 ug/giorno per il metil mercurio (MeHg).

*(Giani et al., Est. Coastal. Shelf Sci. submitted)*



## Considerazioni finali e suggerimenti

- La distribuzione areale e la quantità di Hg nei sedimenti sono tali che non è pensabile percorrere una strategia di bonifica classica su ampia scala ma piuttosto è da considerare un orientamento verso una gestione mirata alla mitigazione di potenziali rischi.
- Eventuale decorticamento dei fondali è possibile ma in aree limitate; rimangono i problemi legati alla gestione del materiale (casse di colmata, impianto trattamento fanghi sono soluzioni costose!).
- In generale, andrebbe verificata la mobilità del Hg dal sedimento per un eventuale “recupero” dei materiali in ambito lagunare (ne beneficerebbe anche il bilancio sedimentario della laguna!).
- Controllo dei flussi di marea entranti nelle Valli da pesca in condizioni di rilevante “torbidità” dell’acqua (es. piene isontine, condizioni meteo).
- Evitare situazioni di ipossia/anossia anche per brevi periodi: la metilazione è particolarmente favorita in ambiente lagunare.