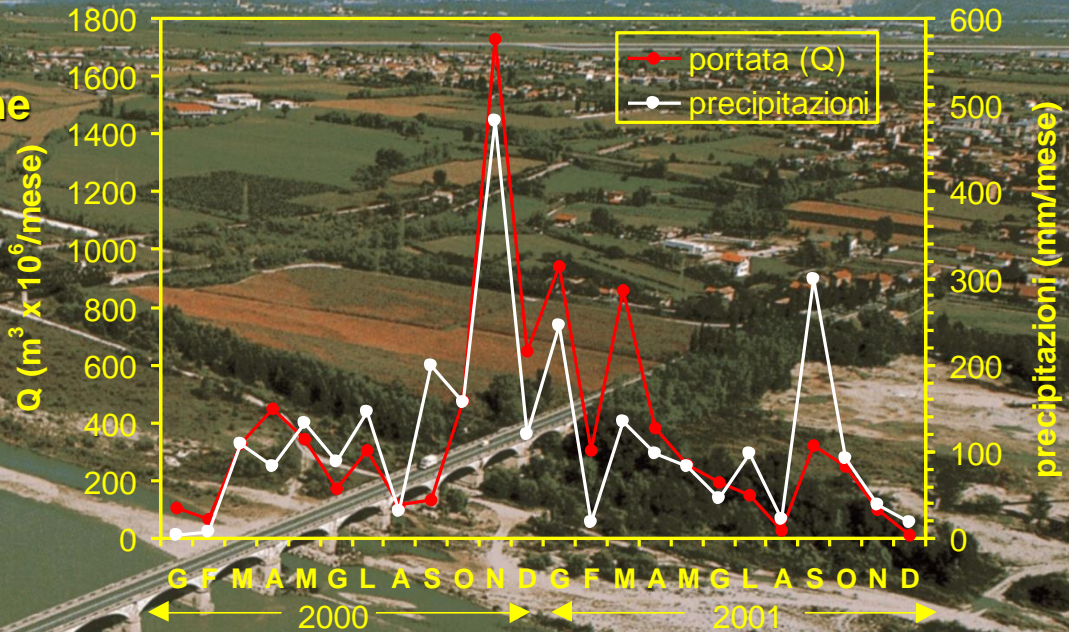


# Bacino idrografico del F.Isonzo

**Estensione: 3300 km<sup>2</sup> (2235 in Slovenia)**  
**Affluenti: Idrijca, Vipacco, Torre-Natisone**  
**Apporti di acque di risorgiva**



**Q media/anno = 196 m<sup>3</sup>/s**  
**Q max/anno = 2500 m<sup>3</sup>/s**  
**Q solida media/anno = ~ 150 g/ m<sup>3</sup>**  
**(max 1000 g/ m<sup>3</sup>)**

Covelli S., Piani R., Kotnik J., Horvat M., Faganeli J., Brambati A., 2006. Behaviour of Hg species in a microtidal deltaic system: The Isonzo River mouth (northern Adriatic Sea). Science of the Total Environment, 368 (1), 210-223



*Isonzo a Pieris (20 km dalla foce)*

# La foce del F.Isonzo: gli obiettivi



- Caratterizzare il mescolamento tra masse d'acqua dolce e salata nel tratto terminale del F.Isonzo in regime normale o di magra e loro effetti sulla distribuzione e composizione del particolato sospeso.
- Definire la relativa abbondanza delle specie di Hg, in forma disciolta e particolata, nel tratto terminale dell'asta fluviale
- Comprendere il ruolo dei fattori fisici e biogeochimici nella distribuzione delle specie di Hg all'interno della "zona estuarina" della foce in differenti condizioni stagionali.



# L'area di studio

Riserva naturale  
"Isola della Cona"

Canale Quarantia

Monfalcone

stazione ⑥

stazione ⑦

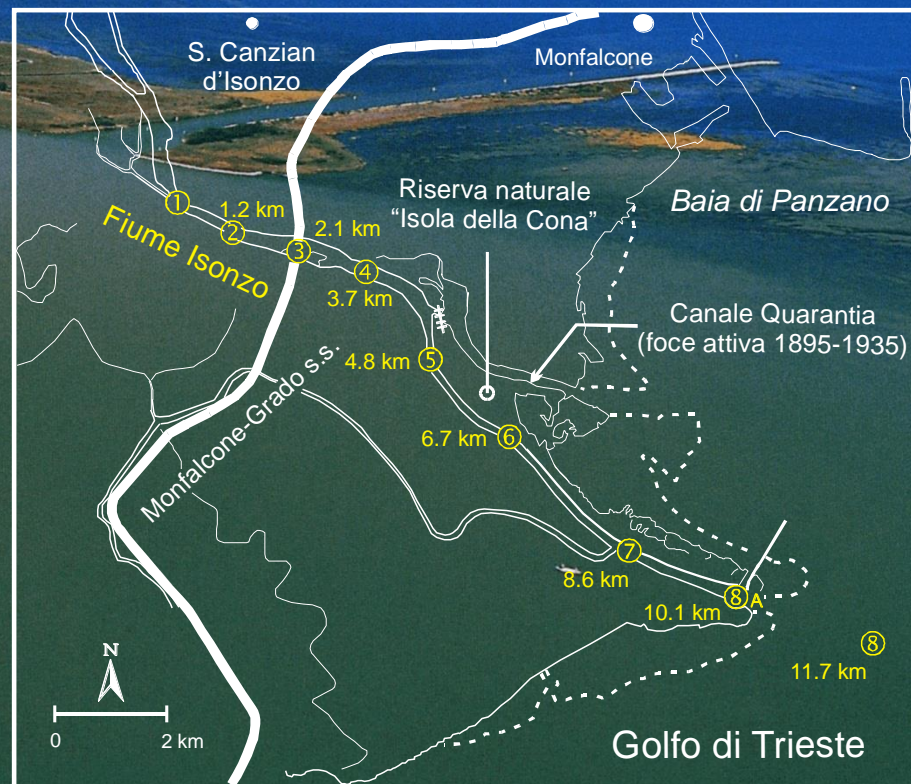
F. Isonzo

stazione ⑧A



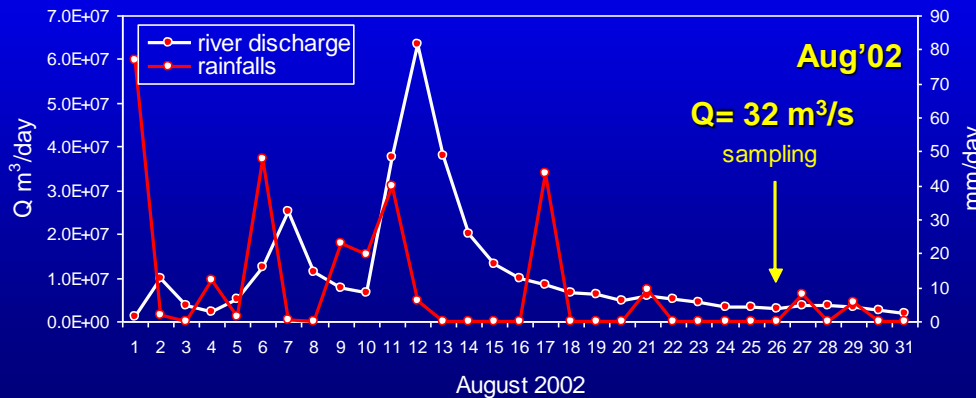
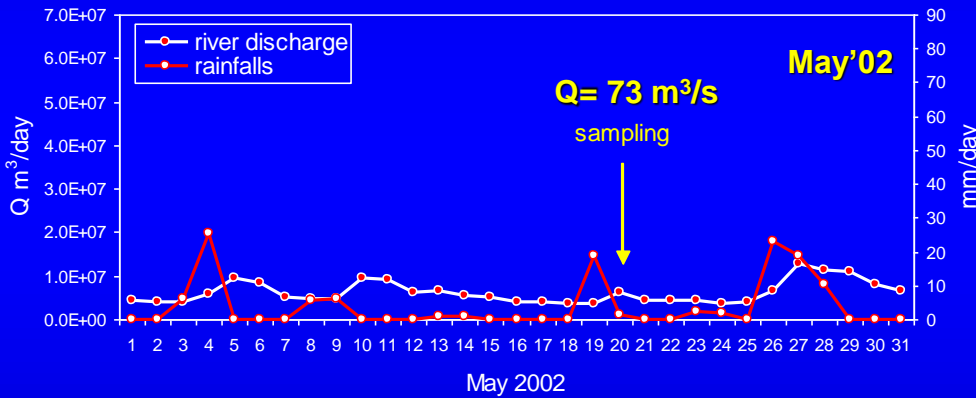
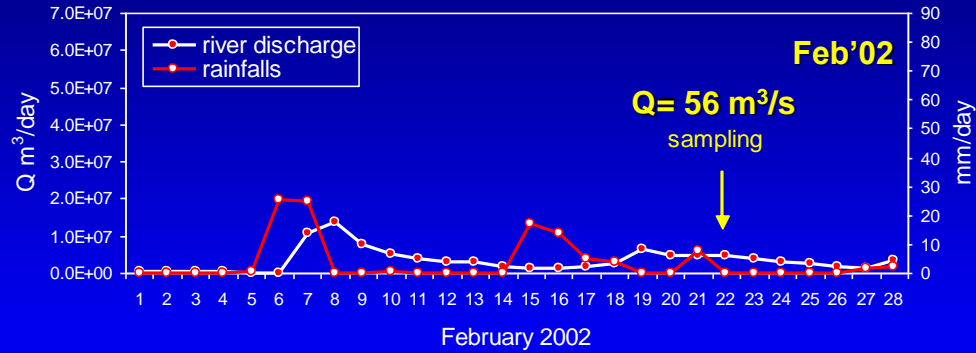
Profondità alveo tratto terminale = 0-11 m

Escursione di marea media = 0.5-1.0 m





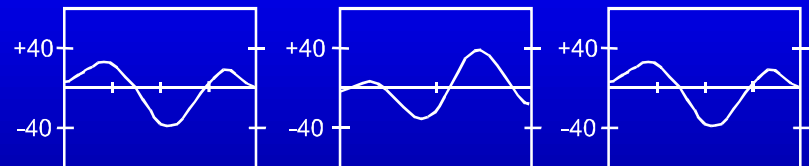
# Portata giornaliera del F. Isonzo a Pieris (20 km dalla foce) Precipitazioni giornaliere a Gradisca (30 km dalla foce)



**Febbraio**

**Maggio**

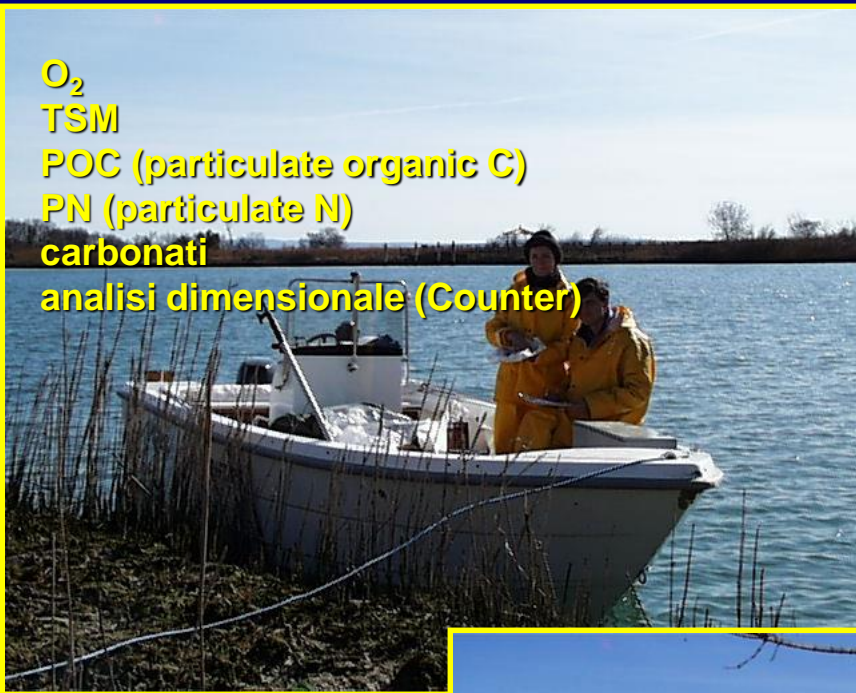
**Agosto**



**escursione di marea (quadratura)**



$O_2$   
TSM  
POC (particulate organic C)  
PN (particulate N)  
carbonati  
analisi dimensionale (Counter)



campioni d'acqua  
(superficie, mixing, fondo)



Hg e Metil Hg particolato (PHg e  
PMeHg) e disciolto (DHg e DMeHg)

Hg reattivo (RHg)

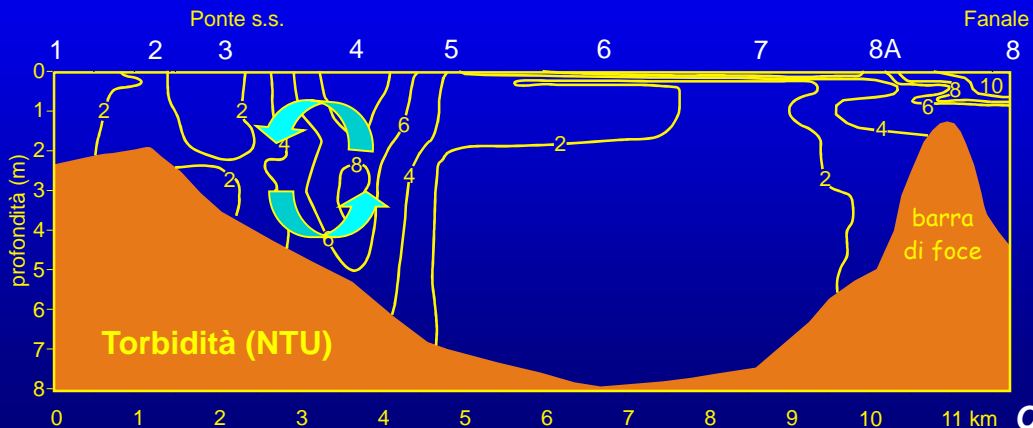
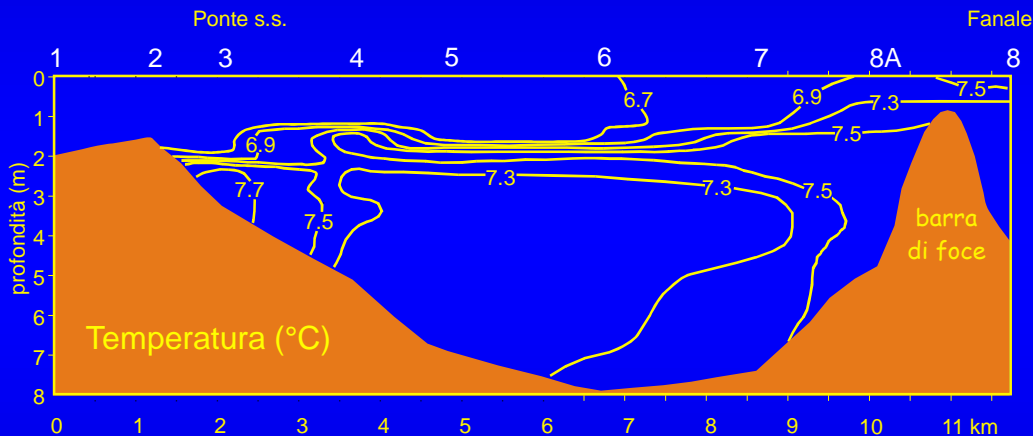
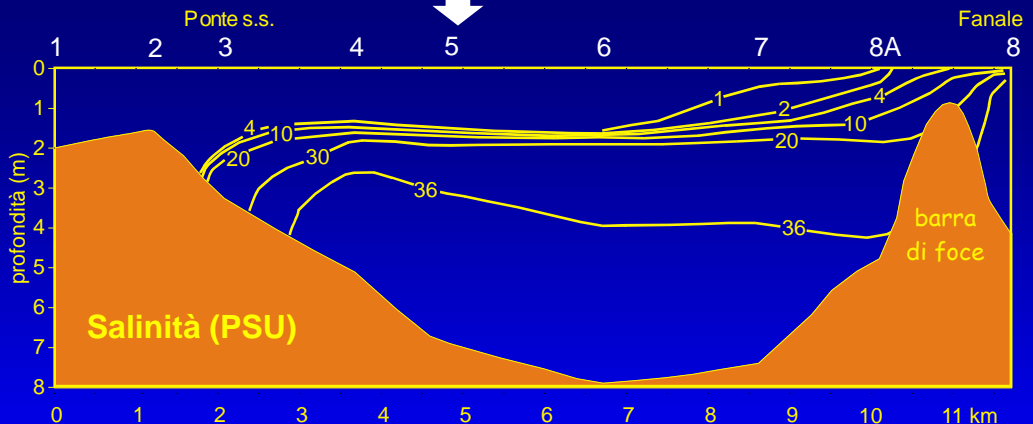


profili CTD  
T, S, torbidità

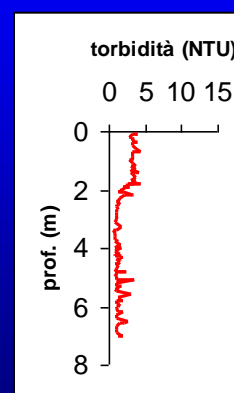
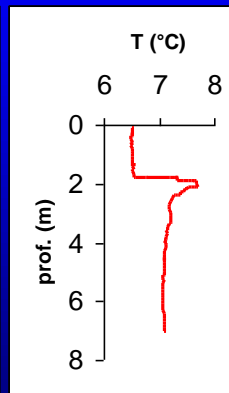
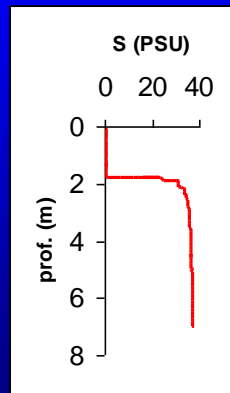




# Febbraio 2002 F. Isonzo in regime normale



## Stazione 5

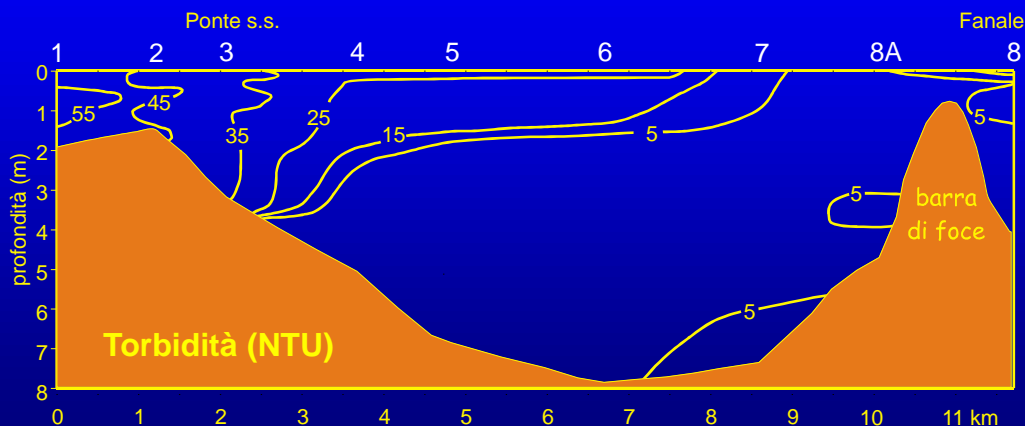
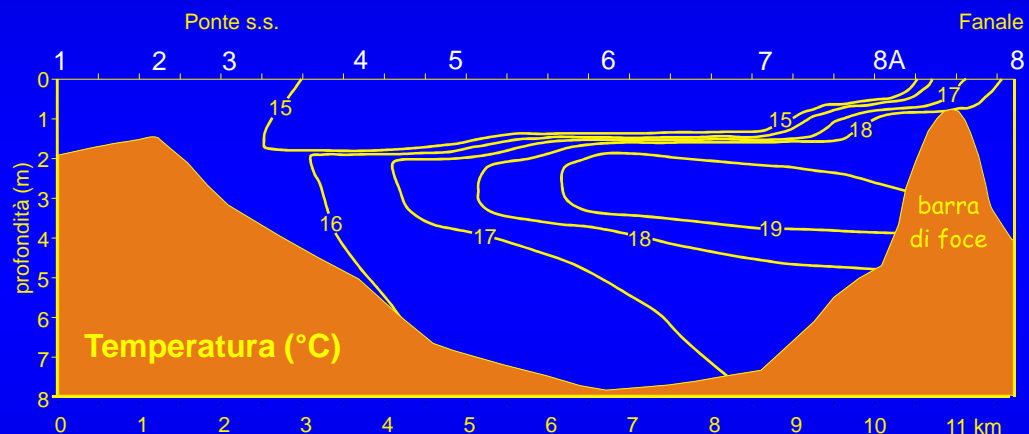
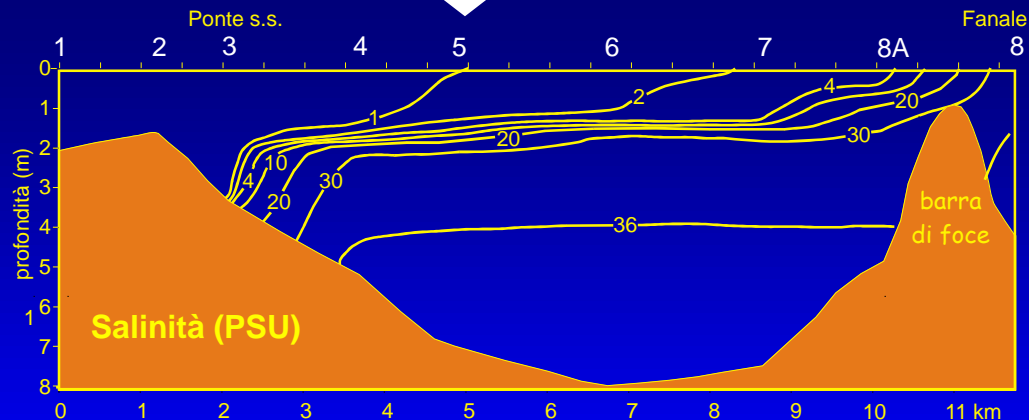
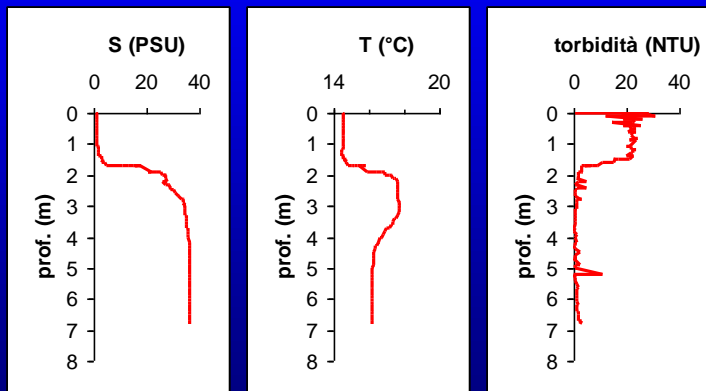




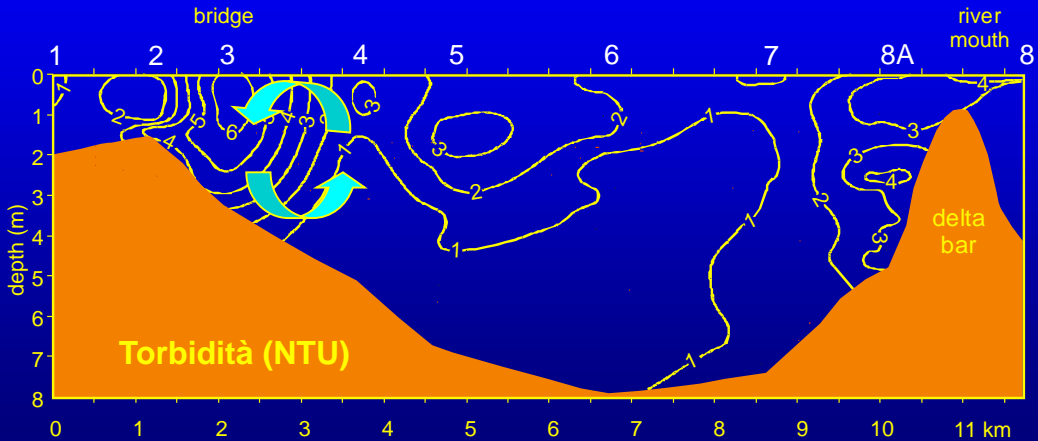
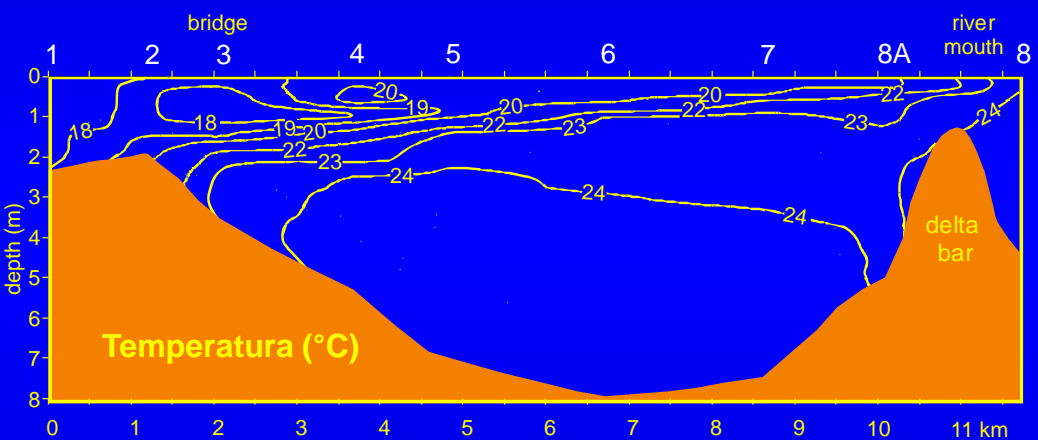
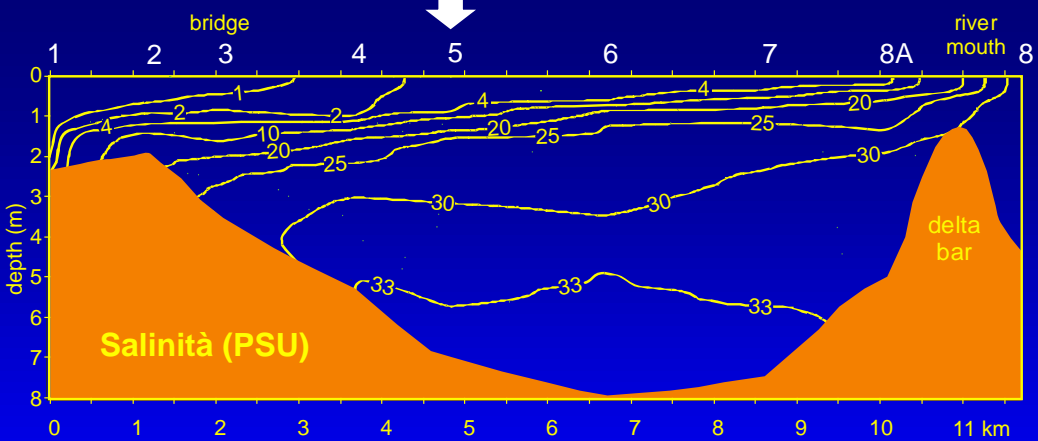


# Maggio 2002 F. Isonzo in regime di piena moderata

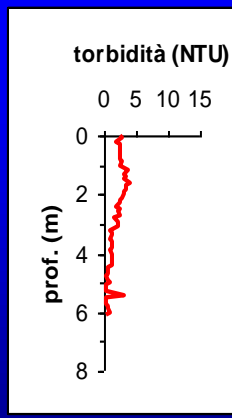
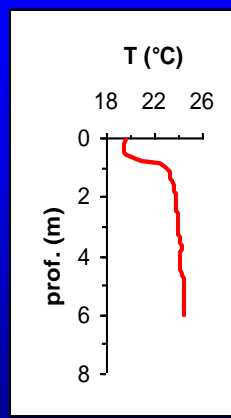
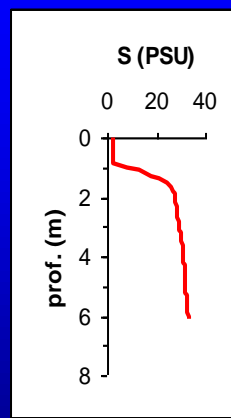
## Stazione 5







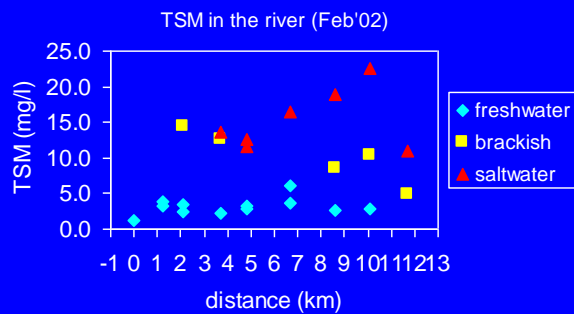
# Agosto 2002 F. Isonzo in regime di magra





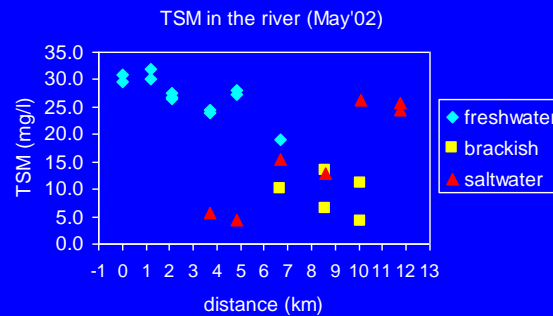
## Febbraio 2002 in regime normale Q= 56 m<sup>3</sup>/s

	avg (mg/l)
freshwater	3.2 ± 1.2
brackish	10.20 ± 3.7
saltwater	15.2 ± 4.2



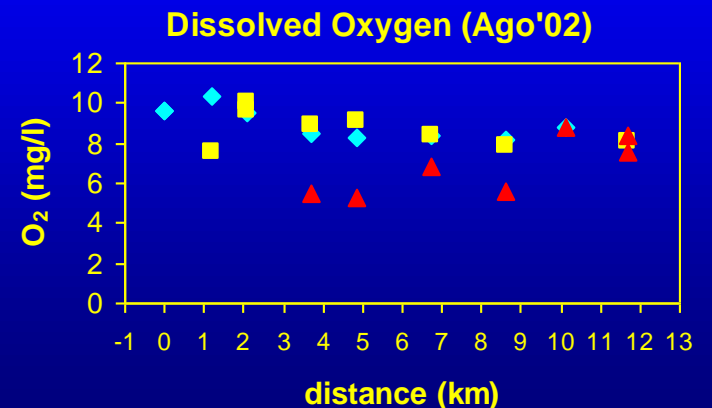
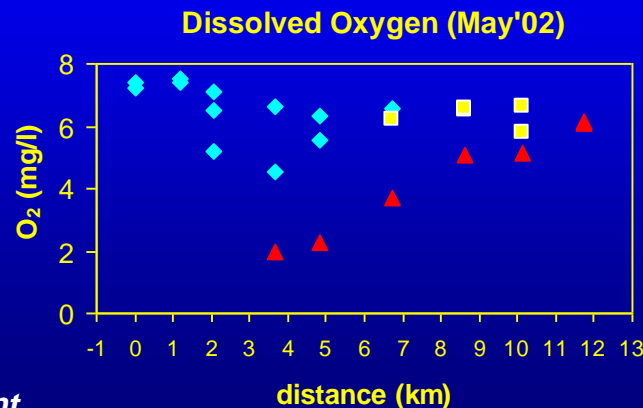
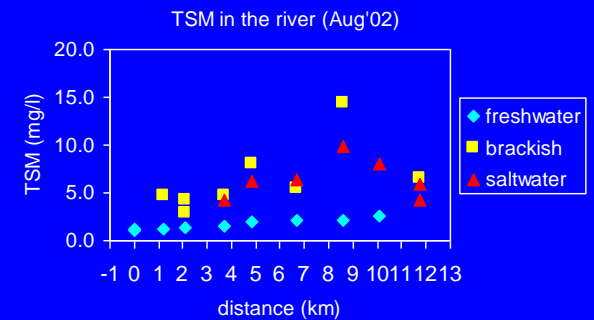
## Maggio 2002 piena moderata Q= 73 m<sup>3</sup>/s

	avg (mg/l)
freshwater	27.2 ± 3.5
brackish	9.0 ± 3.7
saltwater	16.4 ± 9.3

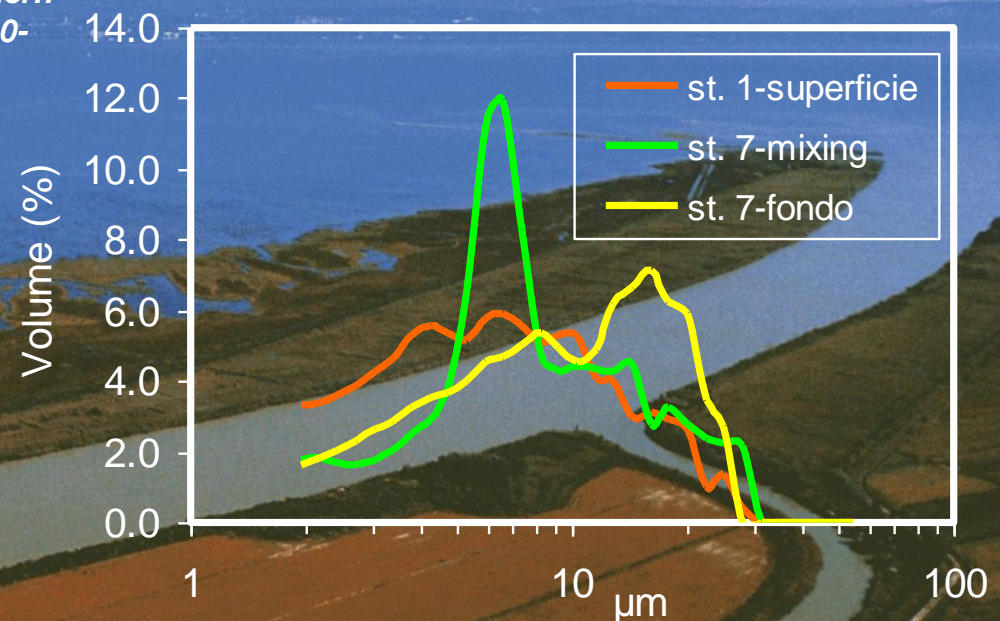


## Agosto 2002 in regime di magra Q = 32 m<sup>3</sup>/s

	avg (mg/l)
freshwater	1.7 ± 0.5
brackish	6.4 ± 3.6
saltwater	6.4 ± 2.0



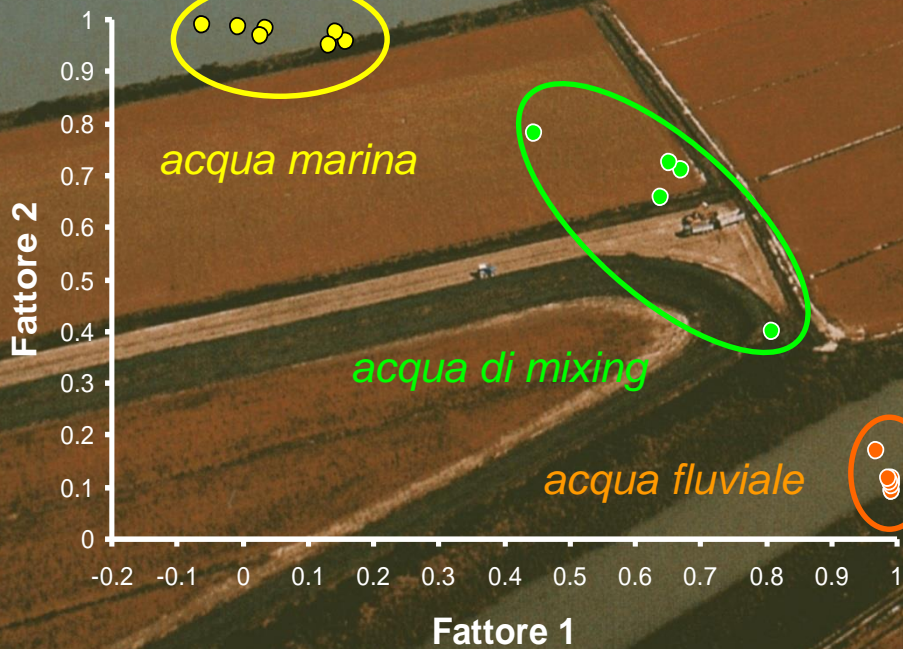
Covelli S., Piani R., Faganeli J., Brambati A. 2004.  
 Circulation and suspended matter distribution in a  
 microtidal deltaic system: the Isonzo river mouth (northern  
 Adriatic Sea). *Journal of Coastal Research*, S.I. n°41, 130-  
 140



**POC, PN e POC/PN bassi  
 TSM e T elevati**



*acqua marina*



*acqua di mixing*

*acqua fluviale*

**TSM e T bassi  
 POC, PN e POC/PN elevati**

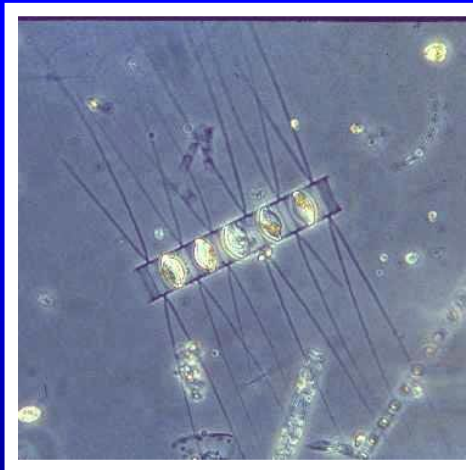
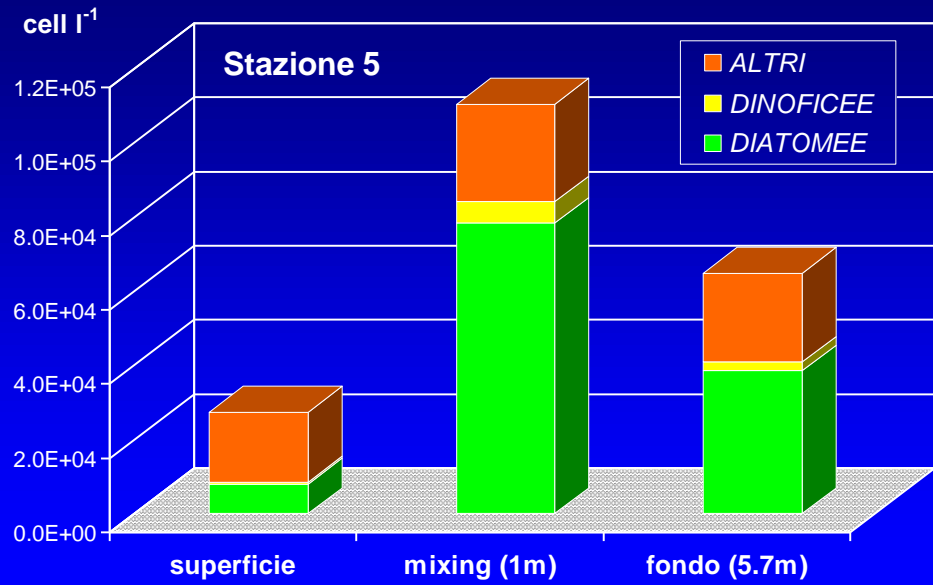


**Febbraio 2002  
 F. Isonzo  
 in regime normale**

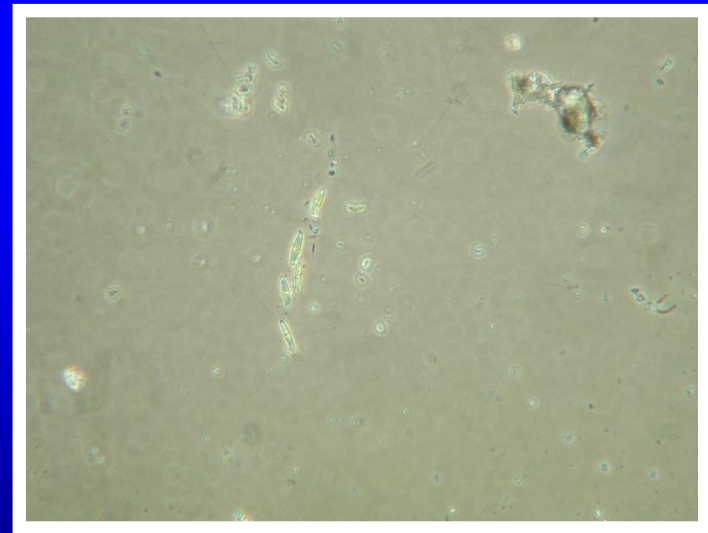




*Pseudo-nitzschia seriata*

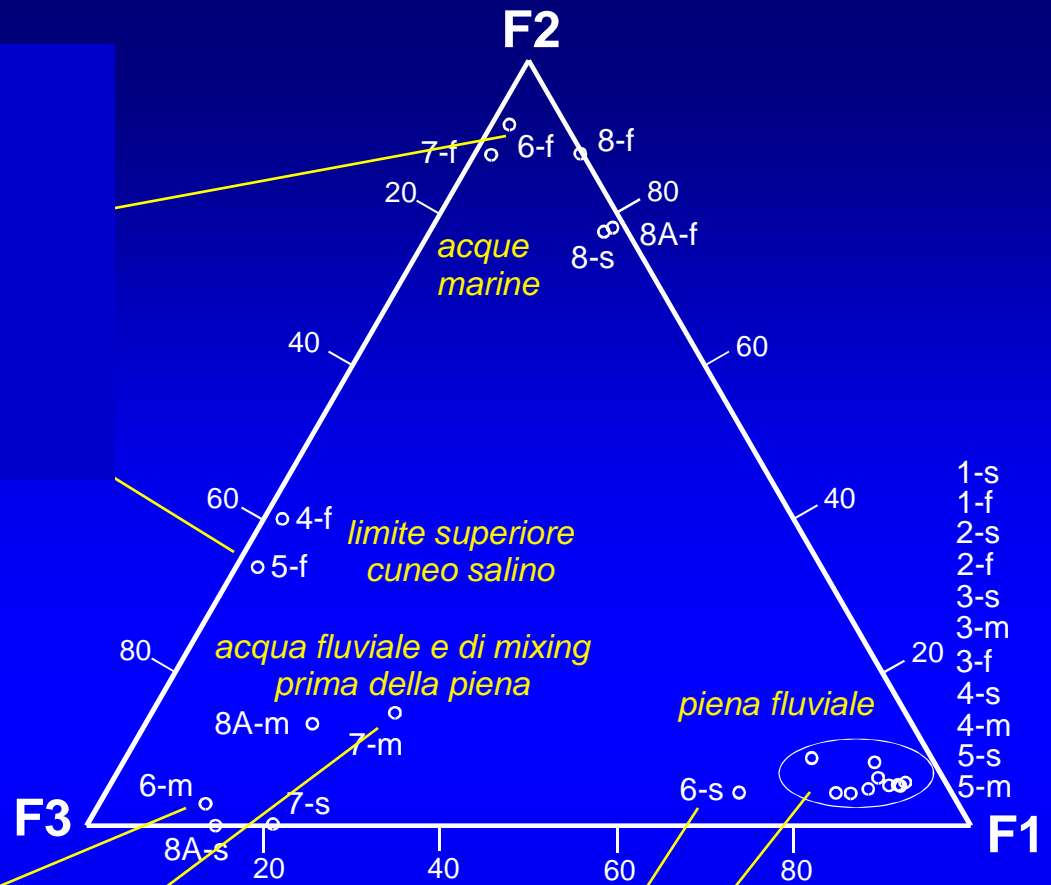


*Chaetoceros affinis*



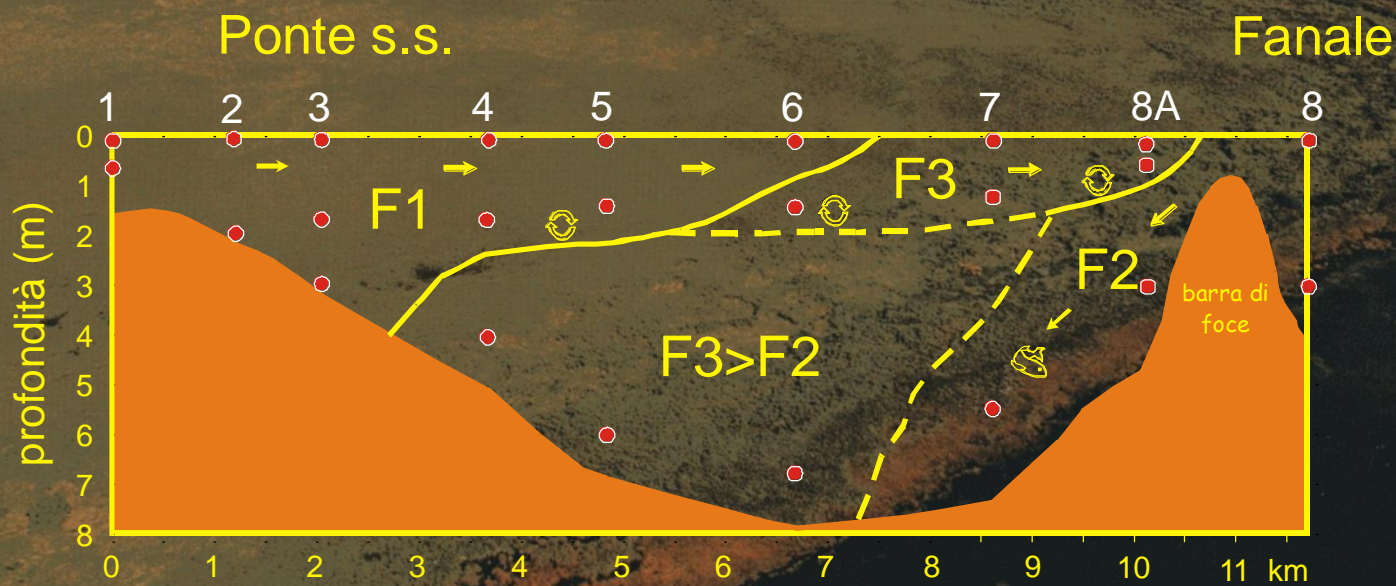
*Navicula*

**Maggio 2002**  
**F. Isonzo**  
**in regime di piena moderata**





# Rappresentazione della distribuzione delle massa d'acqua all'interno della foce fluviale sulla base dei "pesi fattoriali"





# La foce fluviale in regime normale

Riassumendo...

- Il tratto terminale del F. Isonzo è: un sistema microtidale caratterizzato da TSM molto fine e circolazione estuarina stratificata condizionata dal “cuneo salino”.
- Presenza ed estensione del “cuneo salino” dipendono dalle condizioni idrologiche del fiume e dall’escursione di marea.
- Zona di mixing: ridotta (<50cm); condizioni favorevoli alla produttività del fitoplancton ma non alla sedimentazione delle particelle fluviali all’interno dell’alveo.



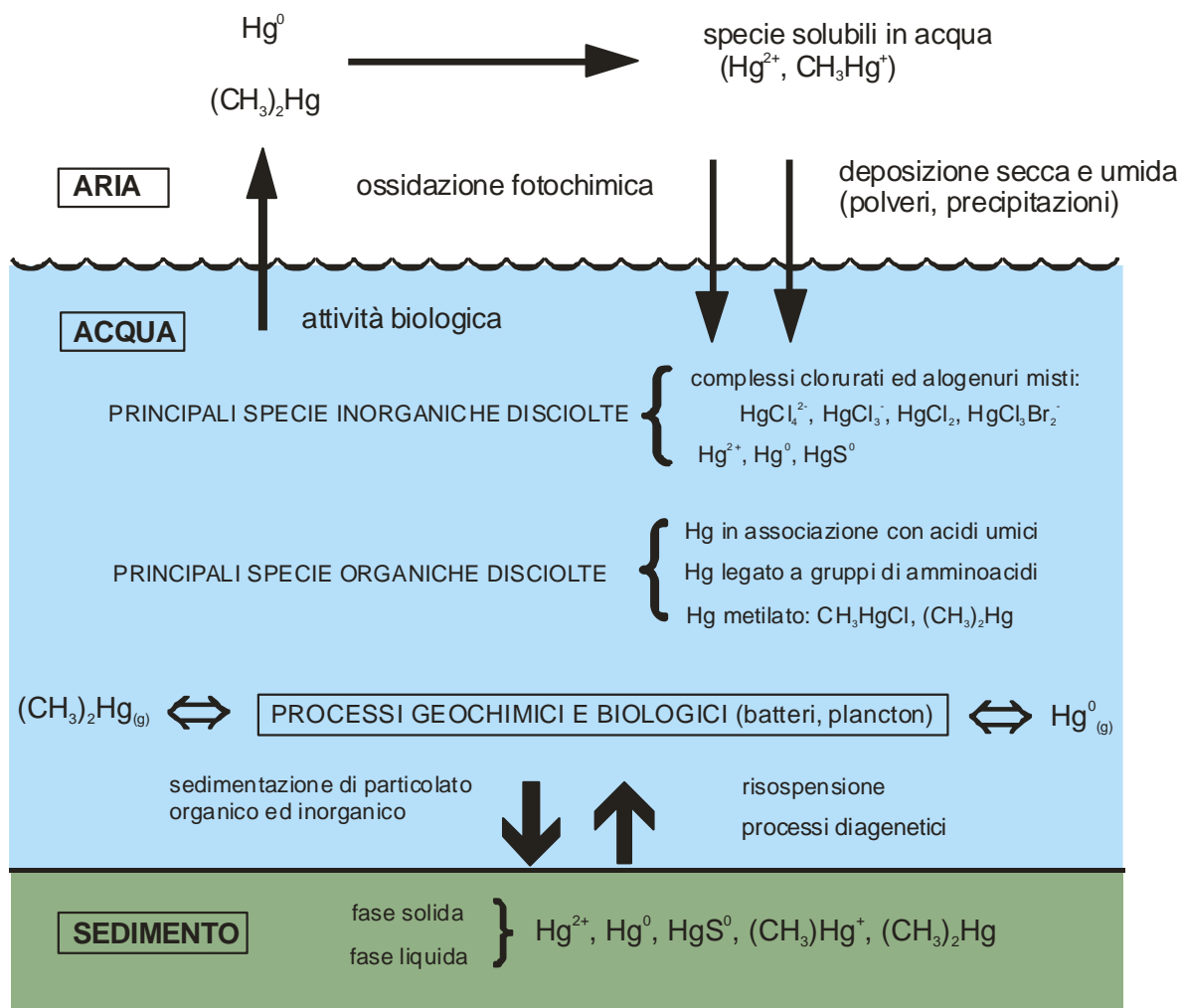


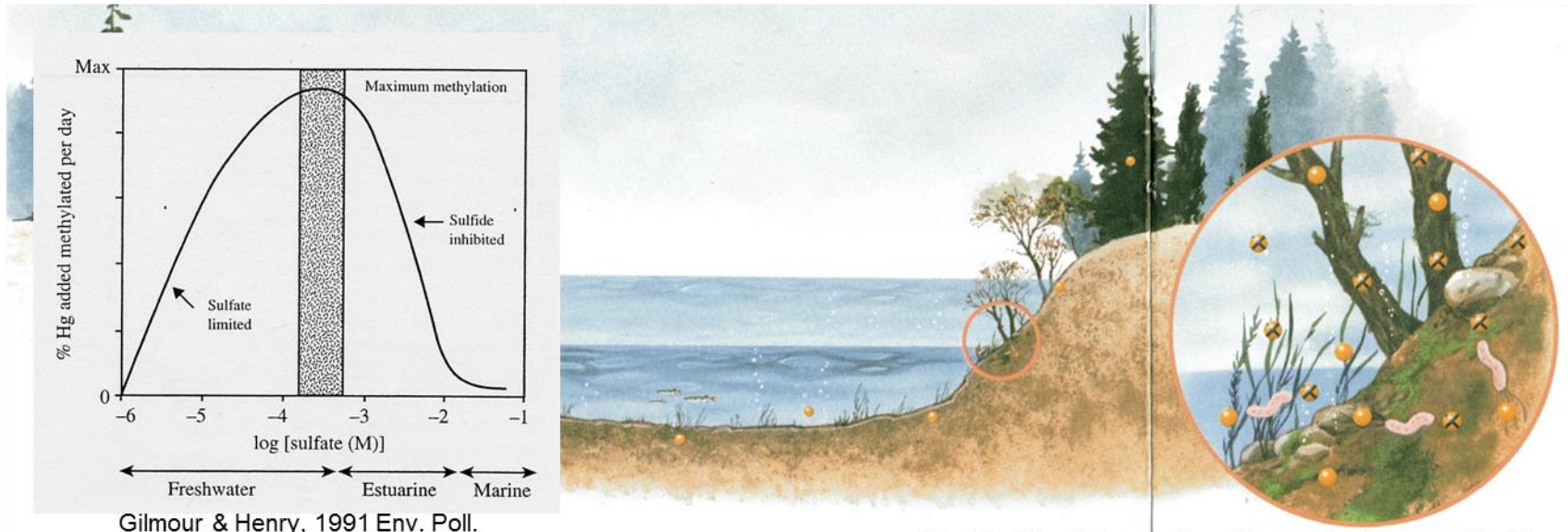
Fig. 1.2 - Ciclo biogeochimico del mercurio in ambiente marino (ridisegnato e modificato da FITZGERALD, 1989)

# La Metilazione

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



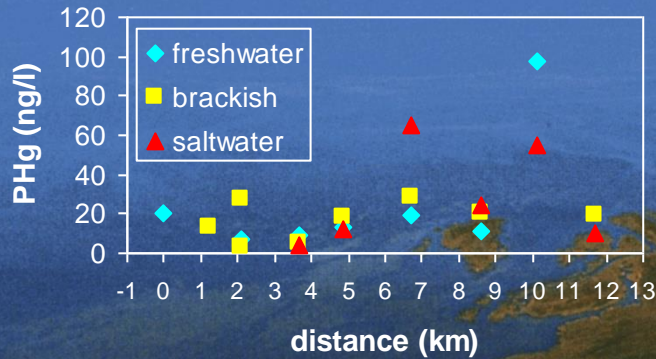
*Desulfovibrio desulfuricans*





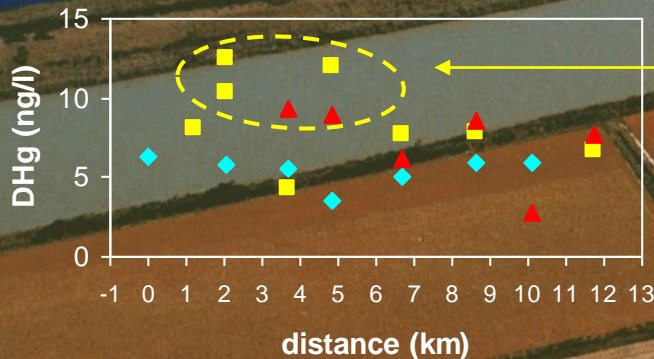
## Agosto 2002 regime di magra

Particulate Hg (Ago'02)



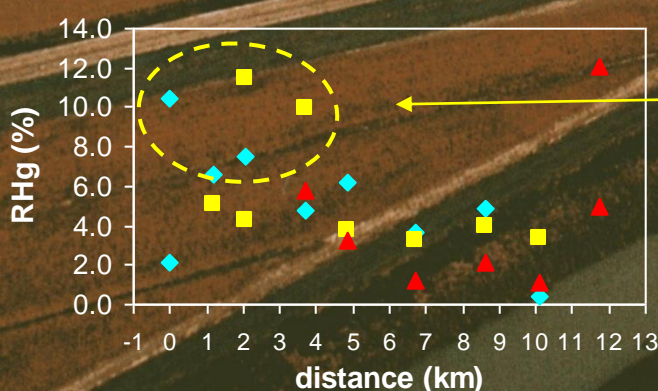
- PHg in concentrazioni basse nelle acque fluviali, più elevate nelle acque salate (risospensione alla foce).

Dissolved Hg (Ago'02)



- DHg più elevato nelle acque salate e salmastre all'apice del cuneo salino → parziale rilascio del Hg dal particellato in sospensione con possibile formazione di complessi clorati

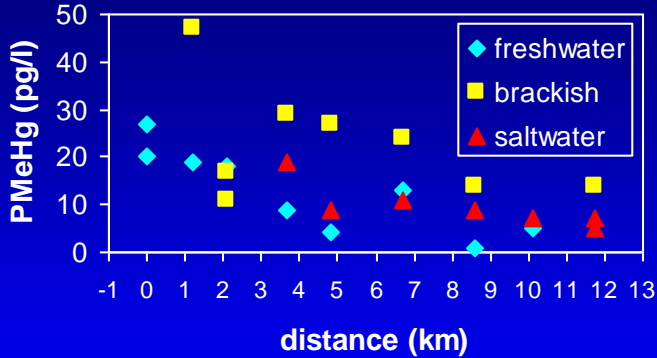
Reactive Hg as % of THg (Ago'02)



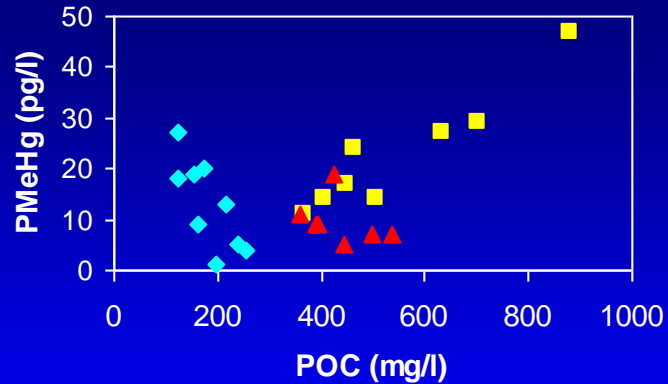
- RHg più elevato nel tratto più interno della foce caratterizzato da basse salinità → Hg labile disponibile che potrebbe essere coinvolto in diverse trasformazioni, inclusa la metilazione.

# Agosto 2002 regime di magra

Particulate MeHg (Ago'02)

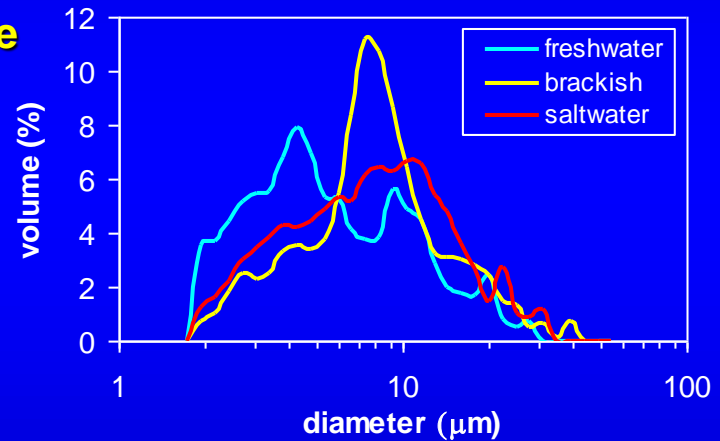


Particulate MeHg vs POC (Ago'02)

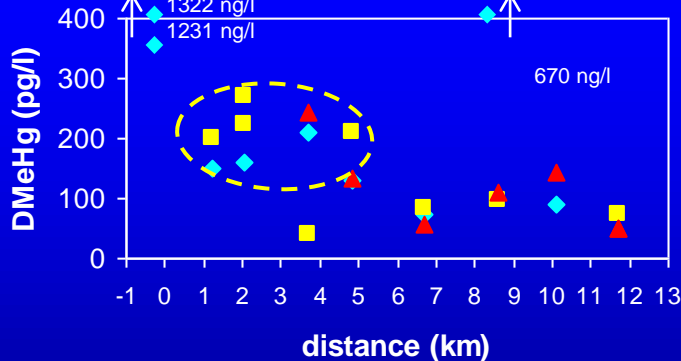


• **PMeHg** **decrece** **verso** **la** **foce**, **evidenziando** **i** **tenori** **più** **elevati** **nelle** **acque** **salmastre** **dove** **si** **correla** **bene** **con** **il** **POC**

sampling station 5 (Aug'02)  
grain-size distribution



Dissolved MeHg (Ago'02)



**Metil-Hg** **prodotto** **in** **situ** **dai** **batteri** **accumulato** **dalla** **comunità** **fitoplanctonica?**

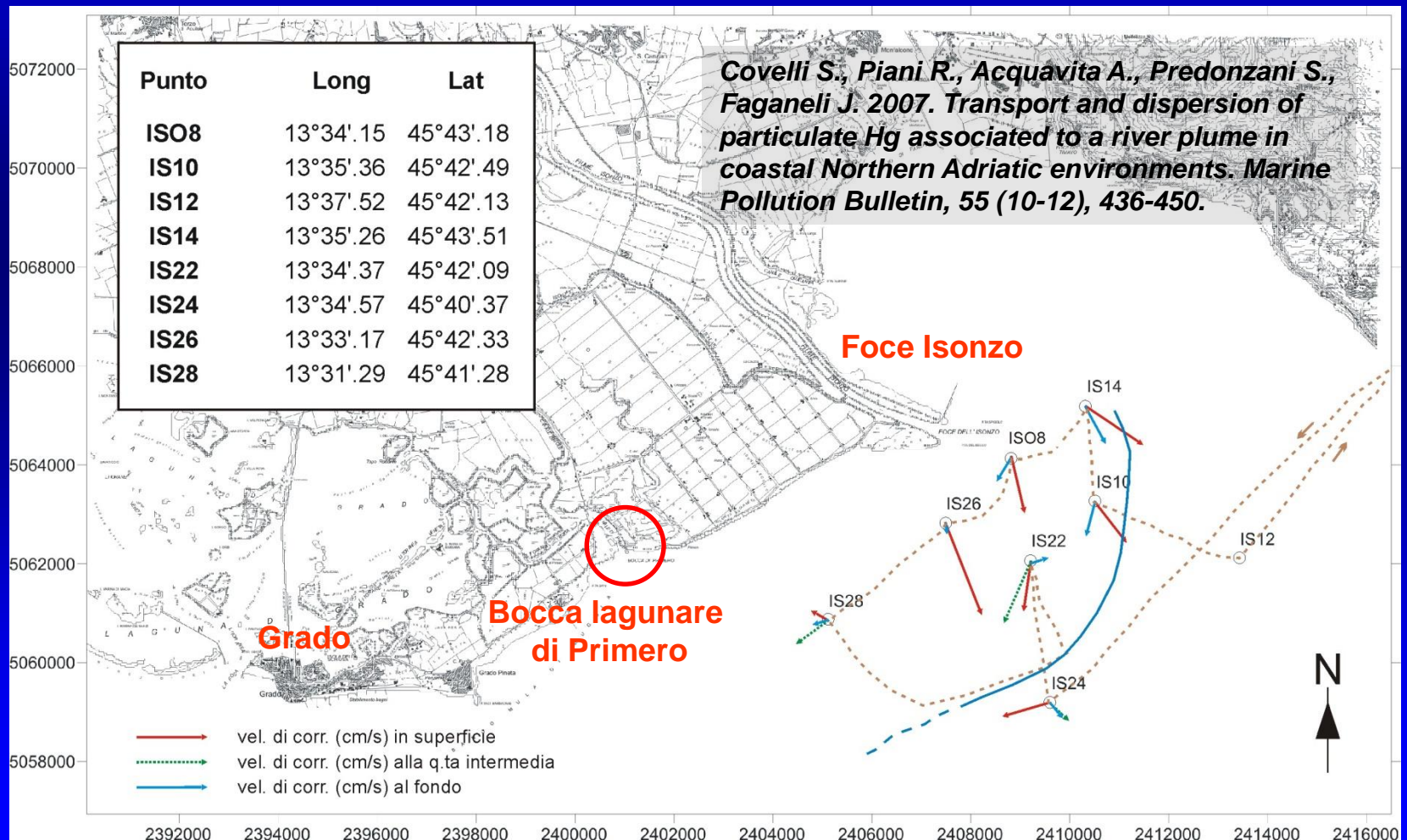
• **DMeHg** **è** **elevato** **nelle** **acque** **dolci** **e** **salmastre** **del** **tratto** **superiore** → **probabile** **metilazione** **e** **successiva** **diluizione** **e/o** **demetilazione** **verso** **mare**



# La “plume” del F.Isonzo: gli obiettivi



- Studiare la dinamica di dispersione e di accumulo del Hg nel Golfo di Trieste e nelle aree limitrofe e stimare gli attuali apporti del metallo nel bacino lagunare in relazione ai flussi tidali.

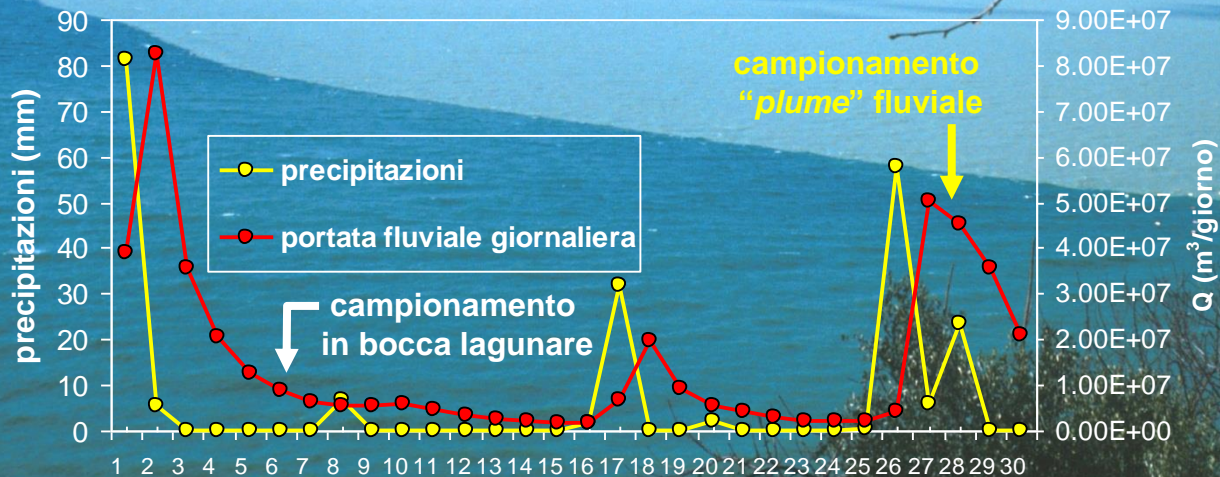




# Espansione del pennacchio fluviale (*plume*) del fiume Isonzo nel Golfo di Trieste

L'apporto principale di Hg nel golfo, nell'arco dell'anno, è legato all'elevato contributo di particolato in sospensione durante gli eventi di piena

**Foce Isonzo**



Novembre 2003

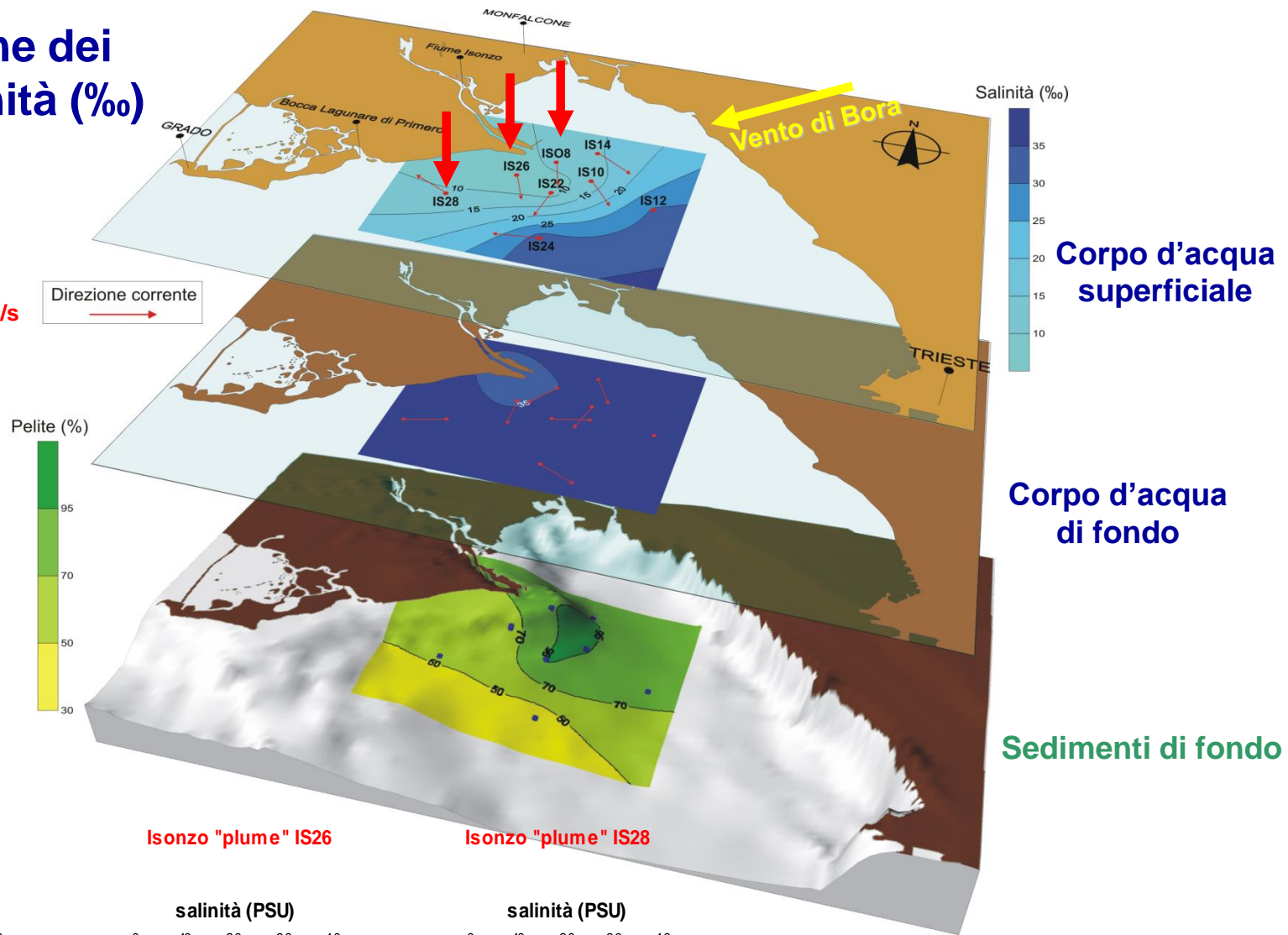
Covelli et al. (2007) Marine Pollution Bulletin



# Distribuzione dei valori di salinità (‰)

Velocità della corrente superficiale: 4.2-38.2 cm/s

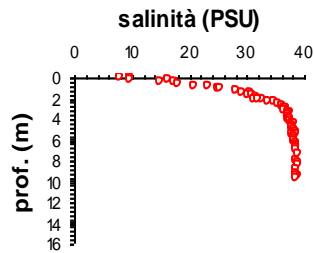
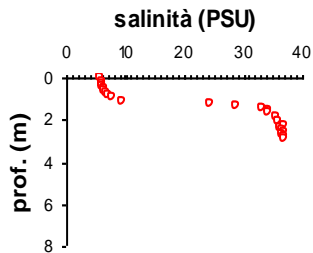
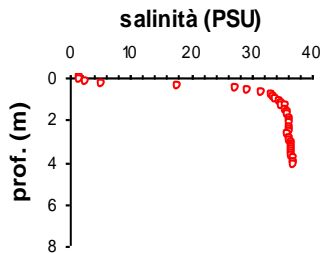
Direzione corrente



Isonzo "plume" ISO8

Isonzo "plume" IS26

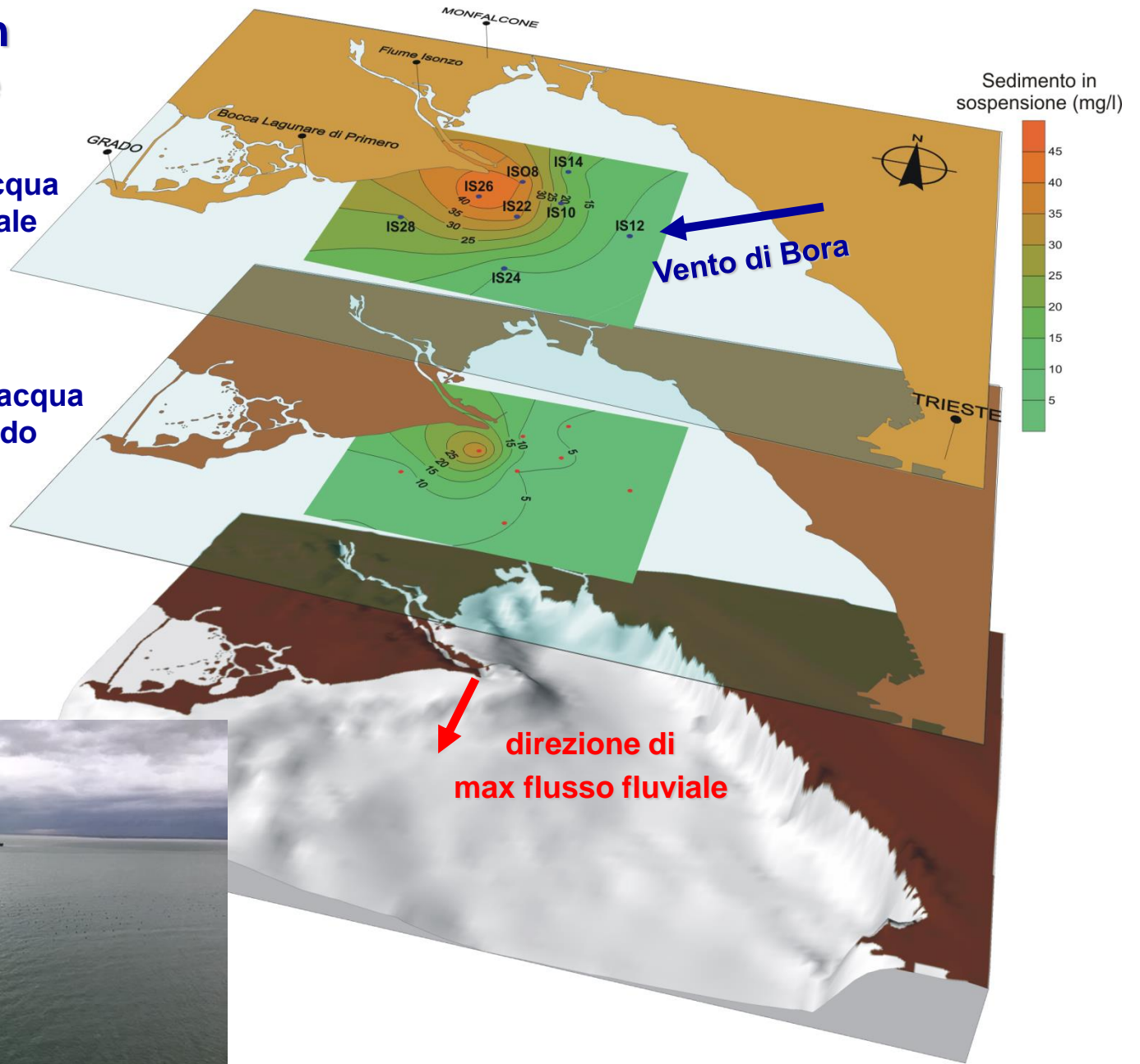
Isonzo "plume" IS28



# Particellato in sospensione

Corpo d'acqua superficiale

Corpo d'acqua di fondo

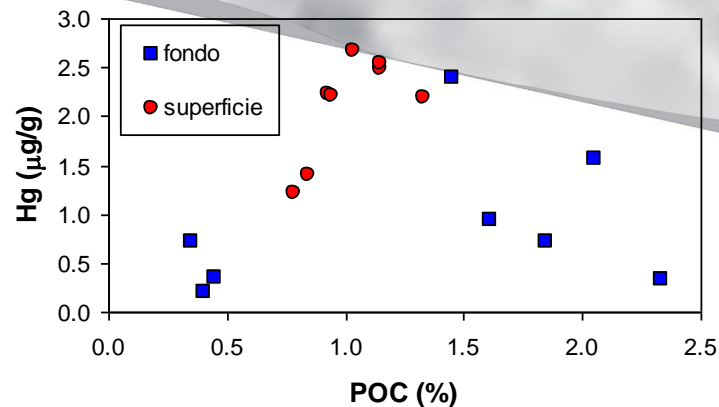
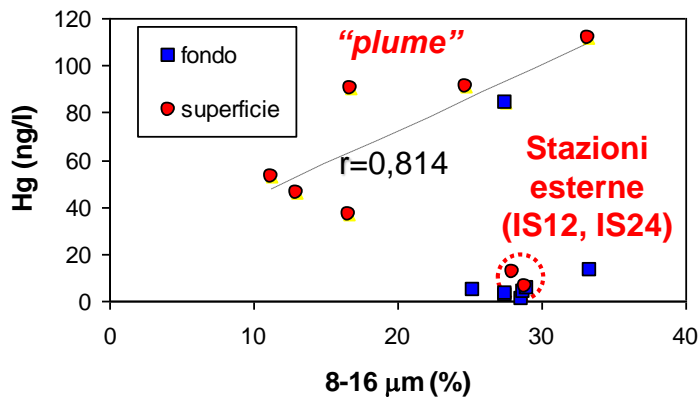
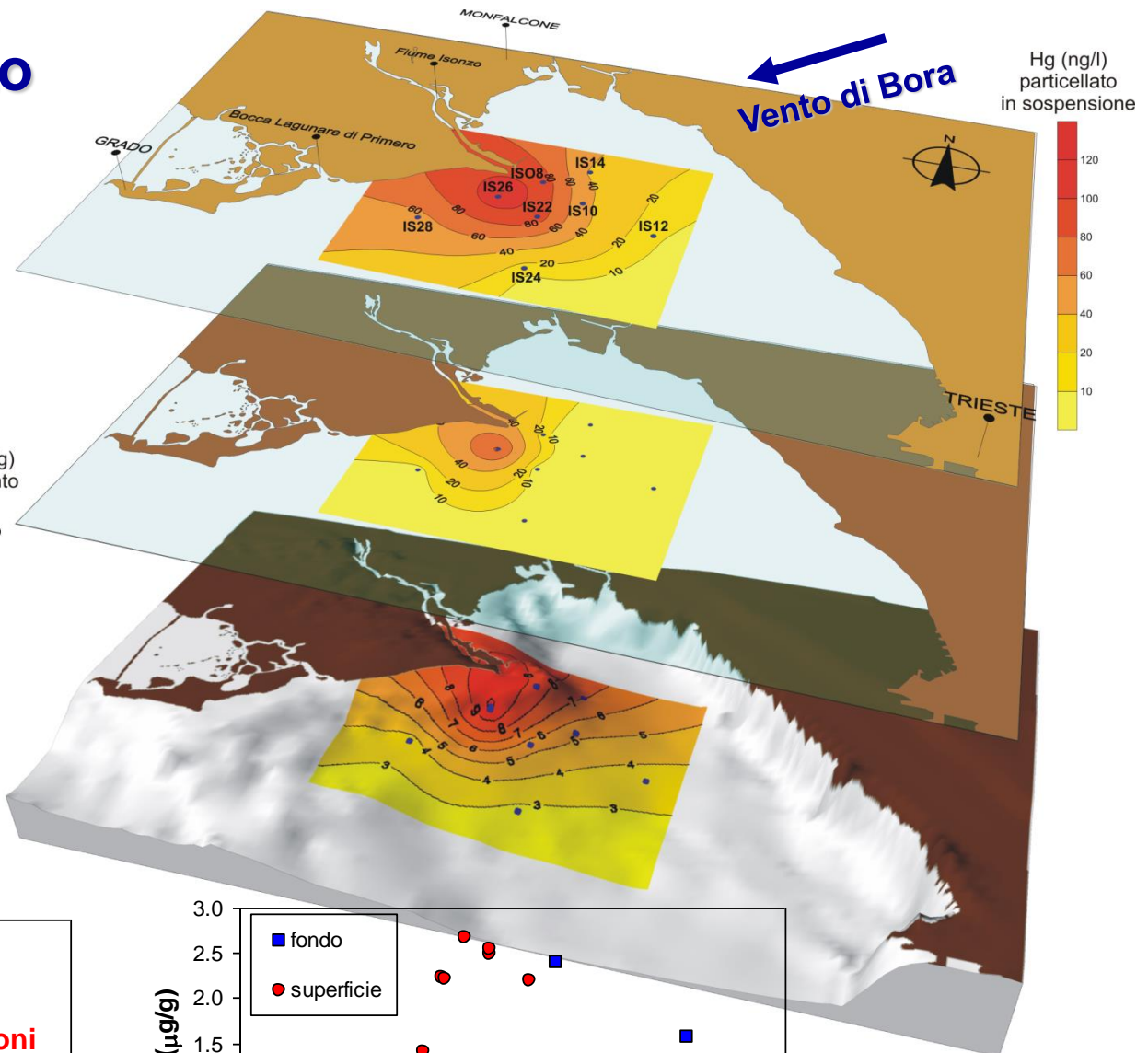


Limite esterno della plume



# Hg nel particolato in sospensione

- Le concentrazioni sono 10 volte superiori rispetto agli apporti fluviali in regime normale

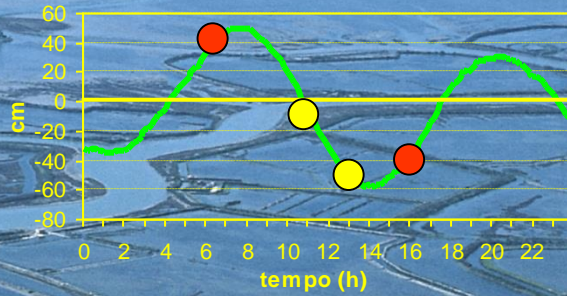


Covelli et al. (2007)  
Marine Pollution  
Bulletin

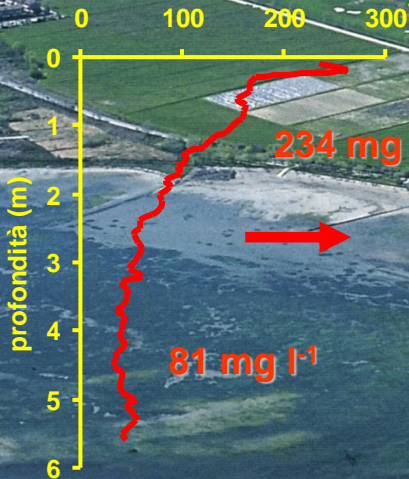


# Laguna di Grado

escursione di marea (6/11/2003)



torbidità (NTU)



torbidità (NTU)

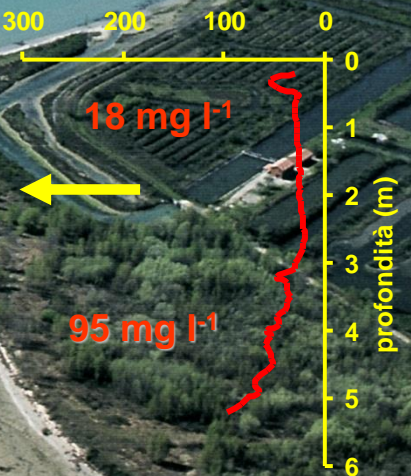


**flusso uscente**

torbidità (NTU)



torbidità (NTU)



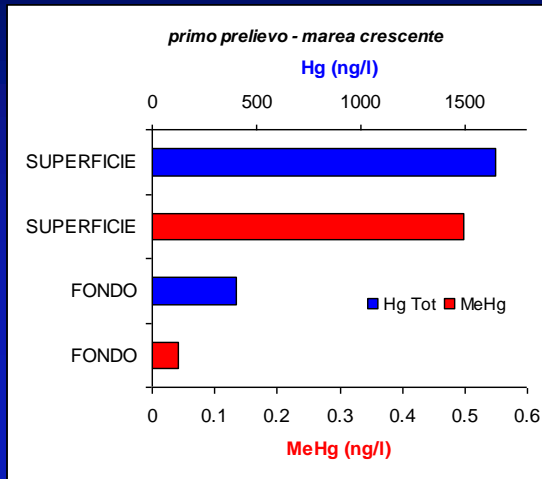
**flusso entrante**

**bocca lagunare di Primero**



# Hg e metil-Hg particellato nei flussi tidali

1° campionamento  
Marea crescente



- Elevate concentrazioni di Hg particellato in superficie ( $\approx 1650$  ng/l) durante il flusso crescente.

- Il metil-Hg particellato è presente in concentrazioni ( $< 0.5$  ng/l) ed in percentuali molto basse sul Hg totale ( $< 0.03\%$ ).

- Il metil-Hg nei sedimenti lagunari è probabilmente il prodotto della biometilazione *in situ* e non sarebbe trasportato dal particellato in sospensione attraverso i flussi tidali.

# Bilancio stimato per un semiciclo di marea (12 h)

$$Q(T_n) = A \times v$$

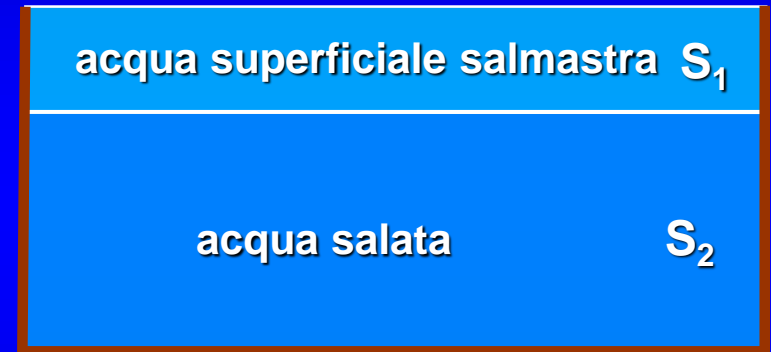
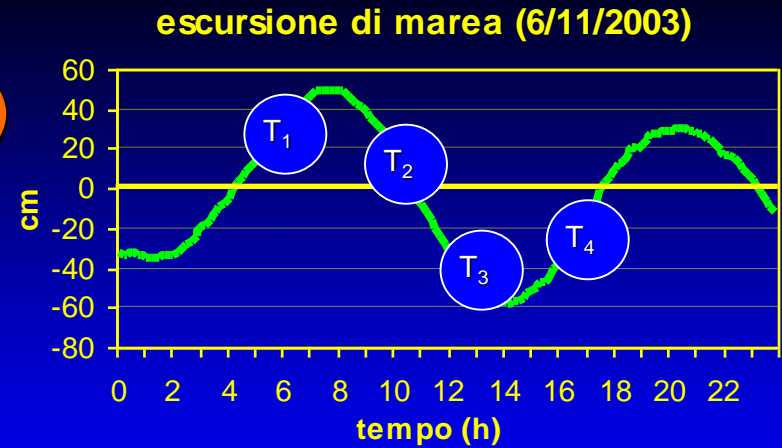
dove  $A$  = sezione strato d'acqua ( $S_1, S_2$ )

$v$  = velocità corrente ( $S_1, S_2$ )

$S_1$  &  $S_2$  spessore  $\neq$  per ogni  $T_n$   
dipendente dal profilo CTD

$T_1, T_4$  = marea crescente

$T_2, T_3$  = marea calante



sezione bocca lagunare (696 m<sup>2</sup>)

$$\text{PHg strato d'acqua (kg/s)} = \text{PHg (ng/l)} \times Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times 10^{-9}$$

$$\text{PHg (kg)} = (\text{PHg (T}_1\text{)} + \text{PHg (T}_4\text{)}) / 2 - (\text{PHg (T}_2\text{)} + \text{PHg (T}_3\text{)}) / 2$$

**marea crescente**

**marea calante**



**1.4 kg di Hg particellato "intrappolato" in laguna  
≈ 49% di Hg entrante con il flusso crescente**



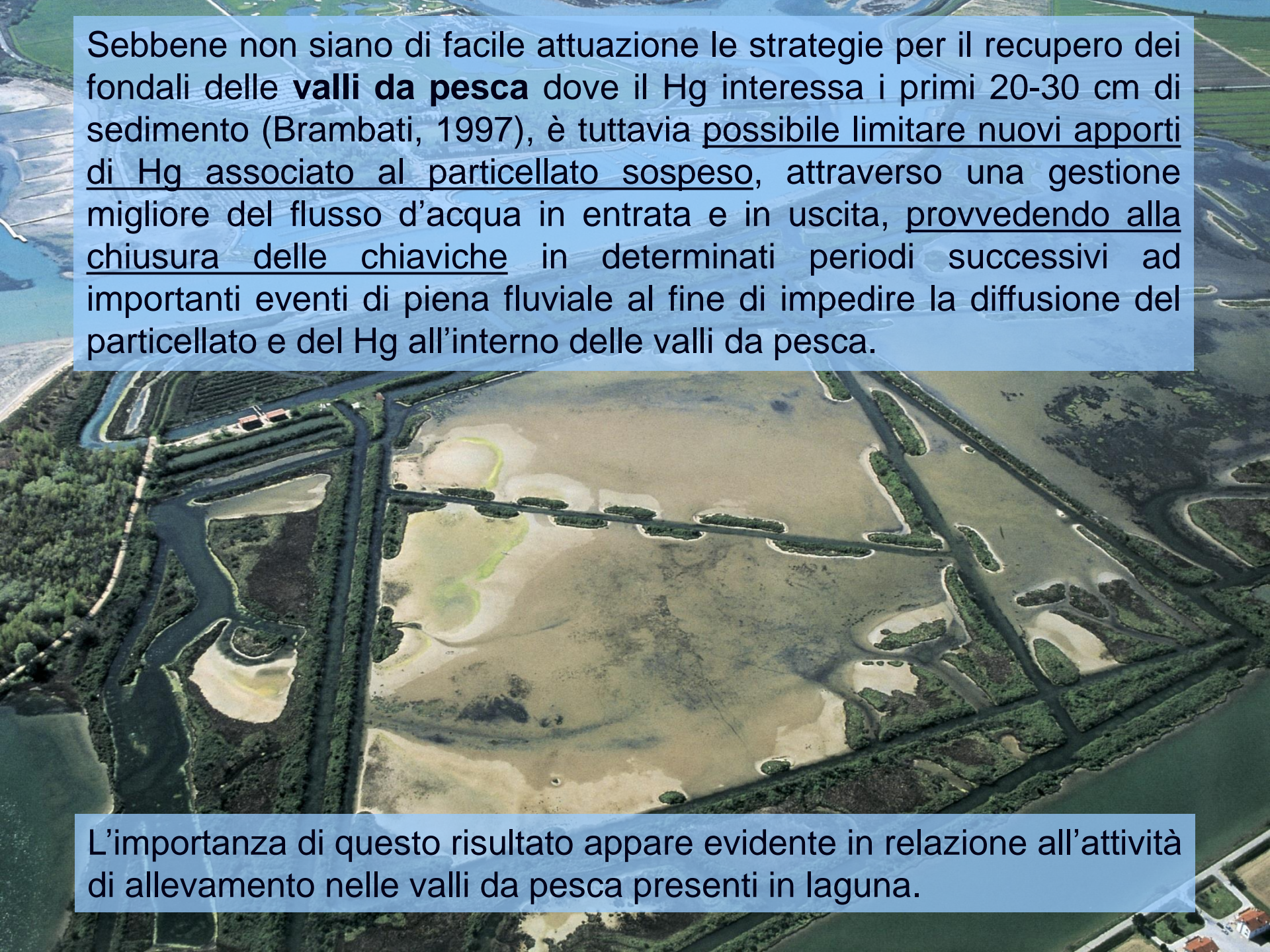
# Riassumendo....

1. L'apporto principale di Hg nel golfo, nell'arco dell'anno, avviene grazie all'ingente contributo di particolato in sospensione durante gli eventi di piena.
2. Il metallo ben si correla alla frazione siltosa fine (8-16  $\mu\text{m}$ ) nel corpo d'acqua superficiale, mentre modesta appare la relazione con il C organico. Tale osservazione trova giustificazione nella prevalente origine detritica del metallo in questo contesto.
3. I flussi tidali veicolano il Hg particolato nella laguna di Grado: la quantità di Hg (1,4 kg) che si depositerebbe in laguna in un semiciclo di marea corrisponde a ca. 50 % del Hg particolato entrato con il flusso crescente.
4. Le basse concentrazioni di metil-Hg particolato, anche in rapporto agli elevati tenori di Hg totale, confermerebbero l'ipotesi che la forma organica del metallo presente nei sedimenti lagunari sia prevalentemente prodotta *in situ* piuttosto che di provenienza isontina.



Sebbene non siano di facile attuazione le strategie per il recupero dei fondali delle **valli da pesca** dove il Hg interessa i primi 20-30 cm di sedimento (Brambati, 1997), è tuttavia possibile limitare nuovi apporti di Hg associato al particolato sospeso, attraverso una gestione migliore del flusso d'acqua in entrata e in uscita, provvedendo alla chiusura delle chiaviche in determinati periodi successivi ad importanti eventi di piena fluviale al fine di impedire la diffusione del particolato e del Hg all'interno delle valli da pesca.

L'importanza di questo risultato appare evidente in relazione all'attività di allevamento nelle valli da pesca presenti in laguna.





LEGENDA	
Moda particellato	→ direzione corrente superficiale
8.25 $\mu\text{m}$ : superficie	→ direzione corrente alla q.ta intermedia
5.29 $\mu\text{m}$ : fondo	→ direzione corrente al fondo

