



**STUDIO B.6.72 B/I  
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL  
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI  
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE  
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

**Definizione dei valori soglia della torbidità  
all'interno delle bocche di porto**

**Periodo di riferimento:  
da maggio ad agosto 2005**

**Area: Matrice acqua**

30 Settembre 2005

**Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca  
inerenti il Sistema Lagunare di Venezia**

Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia

Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

**Responsabile d'Area**

**Approvazione**

Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

## 1. Criteri generali

In linea di principio i valori di soglia dovrebbero tener conto dei diversi effetti negativi determinati dalla torbidità sulle specifiche comunità vegetali ed animali che vivono nella zona di interesse. Gli effetti si manifestano:

- nella colonna d'acqua;
- nella sedimentazione sul fondo.

Nel primo caso, la riduzione delle caratteristiche trasmissive della colonna d'acqua corrisponde ad una riduzione della profondità della zona fotica e quindi ad una diminuzione dell'attività fotosintetica (plancton e bentos) e della produzione primaria, che può avere effetti nella catena trofica fino ai pesci; letteratura consolidata di origine statunitense consiglia che non venga ridotta di più del 10% la profondità del punto di compensazione per l'attività fotosintetica rispetto al valore normale stagionale (EPA Quality criteria for water, 1986).

Per quanto concerne i danni prodotti sugli organismi presenti sul fondo (soprattutto uova e larve, di pesci, molluschi e crostacei), essi sono dovuti all'eccessivo tasso netto di deposizione dei sedimenti (mm/ora). Il tasso netto di deposizione, a parità di granulometria e di capacità di risollevarlo da parte delle correnti e delle onde (peraltro trascurabile in presenza di concentrazione elevate), è comunque strettamente legato alla torbidità. Anche la torbidità come tale, quando molto elevata e persistente, può avere effetti negativi sulla fauna ittica e su alcune delicate specie vegetali pur emergenti dal fondo. In caso di sedimenti di natura organica, inoltre, si può manifestare un fenomeno di rimozione dell'ossigeno disciolto dalle acque sovrastanti (EPA Quality criteria for water, 1986).

Gli effetti generali e a lungo termine di un rilevante incremento della torbidità alle bocche di porto possono quindi essere quelli di una modifica della biodiversità delle zone interessate e, a causa della particolare posizione delle stesse, dell'intera laguna.

Informazioni ricavate in laboratorio sugli effetti biologici dei sedimenti in sospensione su diversi organismi estuarini sono disponibili in letteratura (vedi ad esempio Wilber e Clarke, 2001). Tali informazioni, peraltro, sono fornite esclusivamente in termini di torbidità e senza dettagliati riferimenti alla granulometria e ai meccanismi di risospensione. I risultati degli esperimenti sono espresse in termini di percentuale di mortalità in funzione di due parametri: concentrazione (mg/l) e persistenza (giorni). Nella maggior parte dei casi, i primi effetti (10% di mortalità) per le specie ittiche di tipo estuarino, si manifestano per valori di torbidità superiori al centinaio di mg/l e per persistenze superiori a 1 giorno. Per i salmonidi ed altre specie pregiate di acqua dolce i valori tollerabili tendono ad essere alquanto inferiori.

Poiché le zone ad alta torbidità nelle bocche sono comunque limitate nello spazio e facilmente evitabili dai pesci, sono più interessanti i dati relativi alle larve e alla uova. Per questi organismi i valori di incipiente mortalità (25%) scendono talvolta a 20-30 mg/l anche per persistenze inferiori a 1-2 giorni.

Considerate le incertezze insite negli esperimenti citati, riguardanti i meccanismi di risospensione, le granulometrie e le specie sottoposte a esperimenti, si è ritenuto conveniente fissare i valori di soglia in base ad altre considerazioni. Sono stati cioè considerati accettabili i valori di torbidità che, su base statistica, determinano una accettabile modificazione rispetto alla presente situazione indisturbata. Questo criterio (per certi versi analogo a quello che viene spesso utilizzato per la perturbazione termica allo scarico delle centrali o per il deflusso minimo vitale dei corsi d'acqua) mette implicitamente in conto le peculiarità della zona "impattata" (in questo caso le bocche di porto) sia in termini idrodinamici (onde e correnti), sia in termini sedimentologici (granulometria), sia in termini biologici (specie effettivamente presenti).

Per quanto riguarda la scelta della “accettabile modificazione” dello stato indisturbato, questa richiede prima di tutto un’accurata descrizione del sistema in termini statistici. Essa va inoltre definita, sia pure convenzionalmente, utilizzando tutte le informazioni disponibili, tenendo presente i vincoli fisici e la dinamica del sistema stesso. La scelta, infine deve essere condivisa dagli esperti ed essere suscettibile di aggiornamenti a misura che migliorano le conoscenze del sistema.

## 2. Criteri particolari

Per le bocche di porto i criteri seguiti per individuare un’ “accettabile modificazione” dello stato attuale sono i seguenti:

- I. Si individua una zona il più possibile ristretta intorno alla draga, detta di “impatto totale”, all’interno della quale si ammette che gli effetti biologici possano essere rilevanti e comunque controllati.

Per minimizzare l’impatto complessivo, la zona di impatto totale deve avere una superficie relativamente poco estesa rispetto alla superficie totale della bocca. Per consentire il libero passaggio dei pesci, poi, questa zona deve essere sufficientemente più stretta della larghezza della bocca. La forma del pennacchio prodotto dalla draga varia in realtà con la velocità della corrente, risultando lungo e stretto con velocità alte. Si stabilisce quindi, come primo tentativo, un’area rettangolare di 50.000m<sup>2</sup> attorno alla zona di scavo, con lunghezza del lato trasversale alla direzione della corrente tra 75 e 150m. Si presume altresì che detti limiti valgono solo nel caso di una zona di impatto presente nella bocca.

- II. Ai limiti della zona ad impatto totale si ammette convenzionalmente come “tollerabile” il valore della concentrazione naturale che viene superato per una percentuale piccola ma non trascurabile (10% del tempo totale. Tale grandezza, denominata C\*PI (concentrazione puntuale istantanea), si riferisce al valore medio sulla verticale misurato in un qualsiasi momento del ciclo mareale. Il valore medio sulla verticale si ritiene infatti meglio confrontabile con i dati di laboratorio menzionati nel paragrafo precedente.

Il valore C\*PI, in linea di principio, dovrebbe essere diverso in ciascun punto delle bocche, in quanto la statistica locale della torbidità dipende dalla profondità, dalla granulometria e dall’intensità della corrente di marea e del moto ondoso (che determinano la risospensione). Anche la distanza dalla laguna e dal mare hanno un ruolo nel definire la statistica locale della torbidità, in quanto i bassifondi e i litorali rappresentano importanti sorgenti di sedimenti sollevati dalle onde, soprattutto in occasione di forte vento da scirocco e da bora, e trasportati dalle correnti di marea verso l’interno della bocca.

Nel caso ipotetico in cui fosse conosciuta la statistica della concentrazione in ciascun punto delle bocche, il valore superato per il 10% del tempo totale potrebbe essere calcolato localmente. Allo stato attuale delle conoscenze, tuttavia, l’unica serie cronologica della torbidità statisticamente significativa (quasi un anno) è disponibile in un’unica stazione della bocca di Lido. Per questa stazione il valore (medio sulla verticale) corrisponde al percentile 10%, cioè superata per il 10% del tempo, risulta pari a 16,7 mg/l. Se si vuole estendere questo valore limite ad un punto qualsiasi delle bocche bisogna moltiplicarlo per un coefficiente che metta in conto la variabilità spaziale che si presenta fra punto e punto delle bocche, rispetto alla posizione dell’unica stazione utilizzata per valutare la variabilità temporale.

Per valutare la variabilità spaziale della torbidità all’interno delle bocche, verrà utilizzata la serie di tutte le misure effettuate su un gran numero di campioni d’acqua prelevati, in diversi di punti delle tre bocche in varie condizioni di marea. C’è da osservare che quest’ultima serie esprime a un tempo sia la variabilità spaziale della torbidità, sia la sua variabilità temporale, limitatamente peraltro alle sole correnti di marea. La serie stessa infatti non contiene

importanti eventi di moto ondoso, durante i quali solitamente non si eseguono rilievi da imbarcazioni. La serie cronologica continua registrata nella stazione fissa, al contrario, contiene (oltre agli eventi di marea) anche gli eventi, intensi ma poco frequenti, di moto ondoso. Le grandezze statistiche delle due serie sono riportate nelle Tabelle in Appendice.

Per ottenere una serie cronologica che tenga conto della variabilità spaziale, sembra ragionevole moltiplicare i valori della serie cronologica per il rapporto fra le corrispondenti concentrazioni "ordinarie" delle due serie. Per esempio, per il rapporto  $R = 7,6/4,2 = 1,81$  fra le concentrazioni mediane (percentile 50%) delle due serie, escludendo in questo modo gli eventi di vento presenti nella serie continua. Il valore di questo rapporto può variare in funzione dell'adozione di criteri più restrittivi nella scelta dei dati di concentrazione misurati nei campioni prelevati al fine di migliorarne la rappresentatività.

Il valore C\*PI (concentrazione media sulla verticale) che non deve essere superato, in alcun punto e in alcun momento, fuori della "zona di impatto totale" risulta perciò:

$$C*PI = (7,6/4,2) \cdot 16,7 = 30 \text{ mg/l}$$

Alternativamente al C\*PI potrebbe essere definito un valore di soglia "vicino al fondo" ( $C*PIF > C*PI$ ) elaborando con la stessa procedura i dati misurati a 2 m dal fondo invece dei dati di concentrazione media sulla verticale.

**III.** A parte la massima concentrazione ammissibile (C\*PI o C\*PIF), un altro aspetto da tener presente è la massima permanenza ammissibile di questo valore in condizioni perturbate. Anche per questo aspetto, si farà riferimento alle permanenze di valori relativamente elevati di concentrazione in condizioni naturali. Per valori di concentrazione attorno a 30 mg/l (quali quelli che corrispondono al C\*PI) si osserva che i valori naturali di permanenza, registrati nella stazione fissa di Lido, vanno da un evento massimo di 7 ore consecutive (corrispondenti a circa il 19% della durata complessiva di quella concentrazione) fino a numerosi eventi di circa 3 ore (corrispondenti nel loro insieme a circa il 50% della durata complessiva di quella concentrazione). Sembra pertanto ragionevole che, anche in presenza di dragaggio, si possano accettare valori di 30 mg/l con permanenze consecutive di 3 ore.

### 3. Conclusioni

Nel paragrafo precedente si sono individuati i valori accettabili per le dimensioni della "zona di impatto totale", per la "concentrazione puntuale istantanea" subito fuori di detta zona e per la persistenza ininterrotta di questa concentrazione. La definizione di questi valori è stata fatta in base a scelte di tipo convenzionale. Ciò non di meno, i valori così definiti trovano riscontro nei dati di laboratorio reperibili in letteratura.

I valori di soglia qui proposti, comunque, potranno essere modificati in base a nuovi elementi conoscitivi che potranno essere acquisiti in futuro e si dovranno stabilire dei metodi speditivi per il controllo.

#### **4. Riferimenti bibliografici**

D.H. Wilber and D.G. Clarke, Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries, North American Journal of Fishery Management, 21: 855-875, 2001.

Quality criteria for water (1986), EPA 440/5-86-001. Solids (suspended, settleable) and turbidity.

### Appendice

| <b>Determinazioni sperimentali 2002-2005</b> |                 |
|--|-----------------|
| <b>Numero totale determinazioni</b>          | 612             |
| <b>Max</b>                                   | <b>Min</b>      |
| 51.6   | 1.9             |
| <b>Media</b>                                 | <b>Dev. Std</b> |
| 9.1  | 6.2             |
| <b>Percentile</b>                            | <b>Valore</b>   |
| 10°  | 3.7             |
| 30°  | 5.7             |
| 50°  | 7.6             |
| 70°  | 10.1            |
| 90°  | 15.9            |
| 95°  | 20.6            |
| 99°  | 32.0            |

Tabella 1. Parametri statistici significativi dell'insieme dei dati di concentrazione del particolato solido in sospensione (mg/l) misurati nell'ambito dei diversi studi effettuati a partire dal 2002 alle bocche di porto di Lido e Chioggia. La serie di valori considerati include le campagne effettuate nell'ambito del presente studio.

| <b>Serie temporale SENTINEL-Lido Giugno 2004 - Febbraio 2005</b> |                 |
|--|-----------------|
| <b>Numero totale dettrminazioni indirette</b>                    | 6044            |
| <b>Max</b>   | <b>Min</b>      |
| 122.5  | 1.0             |
| <b>Media</b>   | <b>Dev. Std</b> |
| 7.1  | 8.3             |
| <b>Percentile</b>  | <b>Valore</b>   |
| 10°  | 1.8             |
| 30°  | 2.9             |
| 50°  | 4.2             |
| 70°  | 6.9             |
| 90°  | 16.7            |
| 95°  | 23.1            |
| 99°  | 37.8            |

Tabella 2. Parametri statistici significativi della serie temporale oraria dei dati di concentrazione del particolato sospeso (mg/l) ottenuti dal correntometro acustico posizionato sul fondo della bocca di porto di Lido. Il periodo di riferimento, Giugno 2004 - Febbraio 2005, copre l'intera serie di campagne di monitoraggio sinora effettuate nell'ambito del presente studio.