

# Harbour Siltation

con cenni sulle tecniche per la riduzione  
dell'interramento dei porti

**Siltation:** interrimento dei bacini portuali causata dall'accumulo (predominante) di materiali fini (silt).

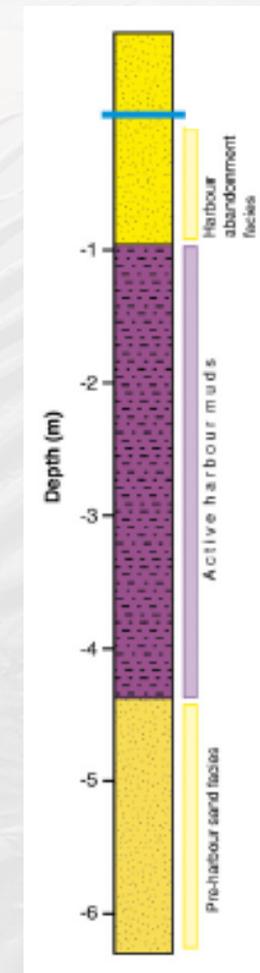
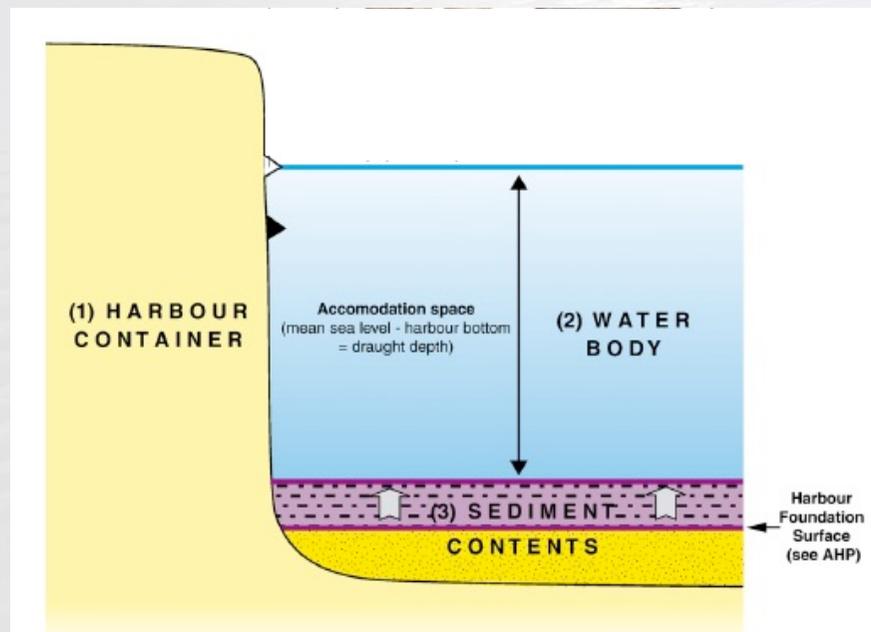


Il problema esiste da quando l'uomo ha iniziato a costruire bacini portuali (epoca storica), sviluppando la necessità di sfruttare delle zone costiere in condizioni instabili.

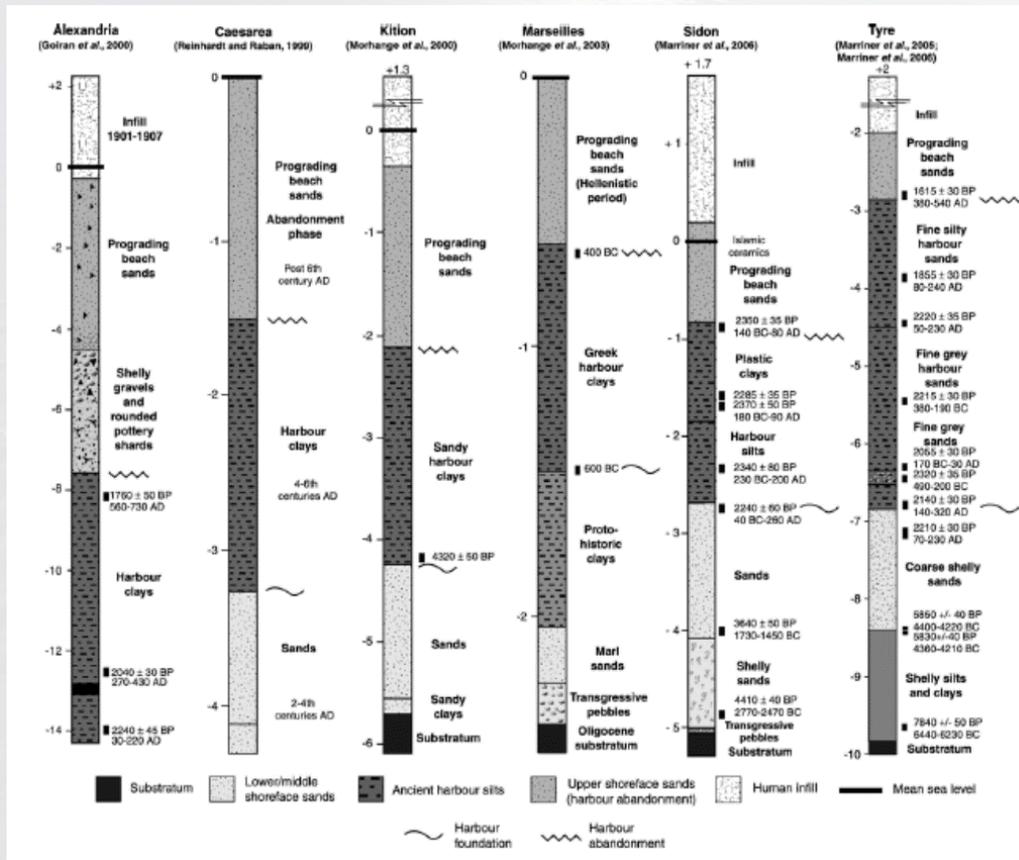
Bacini portuali: depocentro, zona di massima sedimentazione rispetto a un intorno.

- Profondità maggiore delle zone circostanti
- Idrodinamicità ridotta

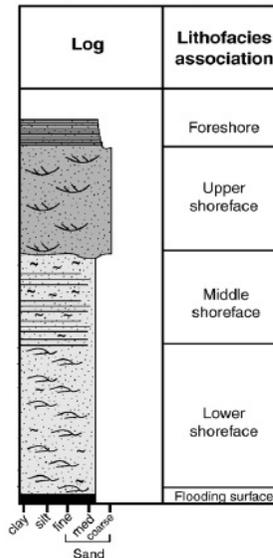
Per le loro caratteristiche di alto tasso di sedimentazione e, in alcuni casi, di condizioni anossiche, sono stati studiati in quanto archivi molto dettagliati per la geoarcheologia.



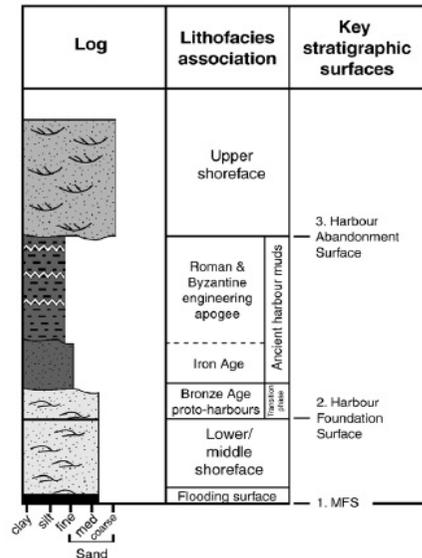
Alcuni studiosi hanno analizzato le sequenze deposizionali di molti antichi porti mediterranei. Essi individuano nello strato di materiale fine (anomalo rispetto a una naturale sequenza di trasgressione) la testimonianza dell'attività del porto, depositatosi per effetto della siltation conseguente alla modifica antropica del bacino (Marrhiner, Morhange, 2006).



A. Coastal Progradational Parasequence



B. Ancient Harbour Parasequence



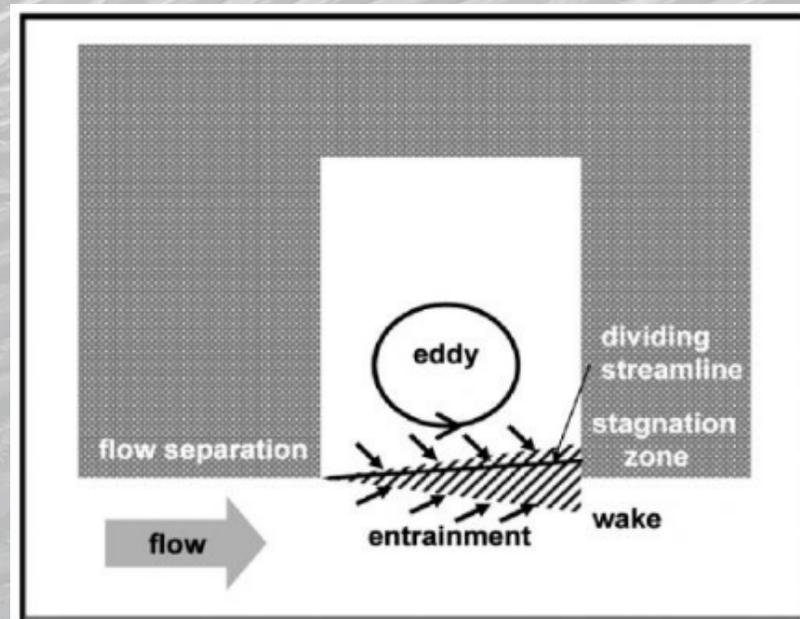
- Lower/middle shoreface sands
- Ancient harbour muds
- Prograding upper shoreface/foreshore (harbour abandonment)
- Harbour dredging (anthropogenic retrogradation)

# Siltation (Processi)

1. Turbolenza per mescolamento orizzontale (Horizontal mixing)
2. Correnti di marea
3. Correnti di densità
4. Transito di imbarcazioni

## 1. Horizontal mixing

Fenomeno di turbolenza del flusso all'interno dei bacini con creazione di vortici (eddies). Si verifica nei bacini collocati in contesti fluviali o marini in presenza di correnti litorali, ovunque agiscano correnti prevalentemente in una direzione.

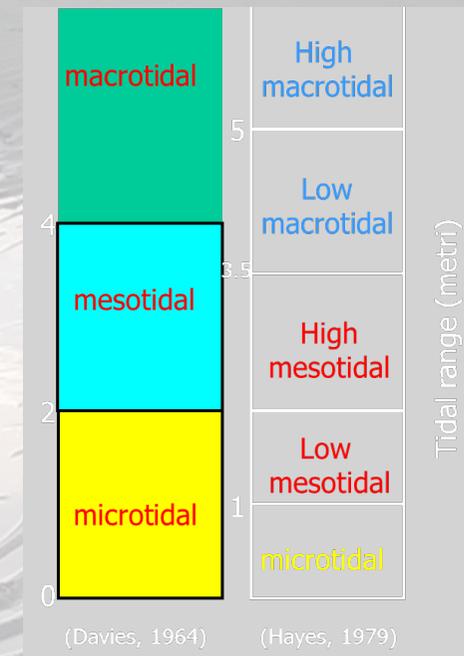


La separazione del flusso all'angolo sopra corrente produce turbolenza all'interno del bacino con conseguente perdita di velocità e quindi favorisce la sedimentazione.

# Siltation (Processi)

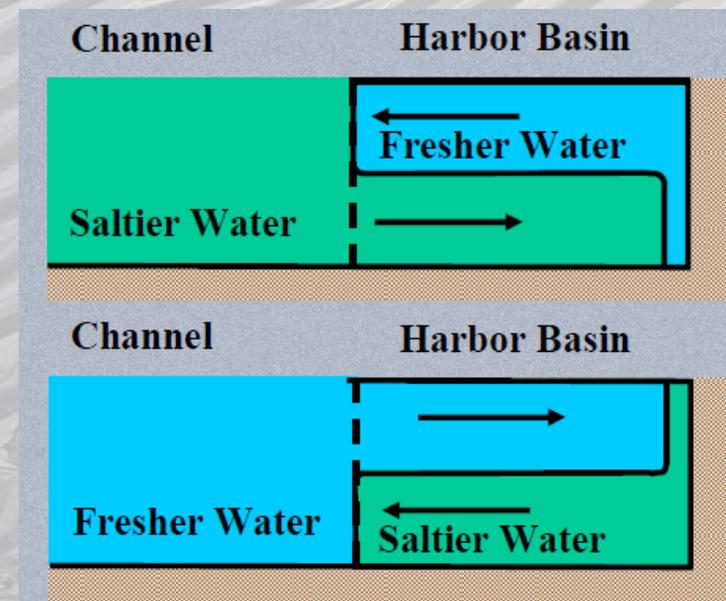
## 2. Correnti di marea

Correnti alternate in versi opposti lungo una direzione. La loro intensità dipende dal regime tidale, dal volume e dell'apertura del bacino.

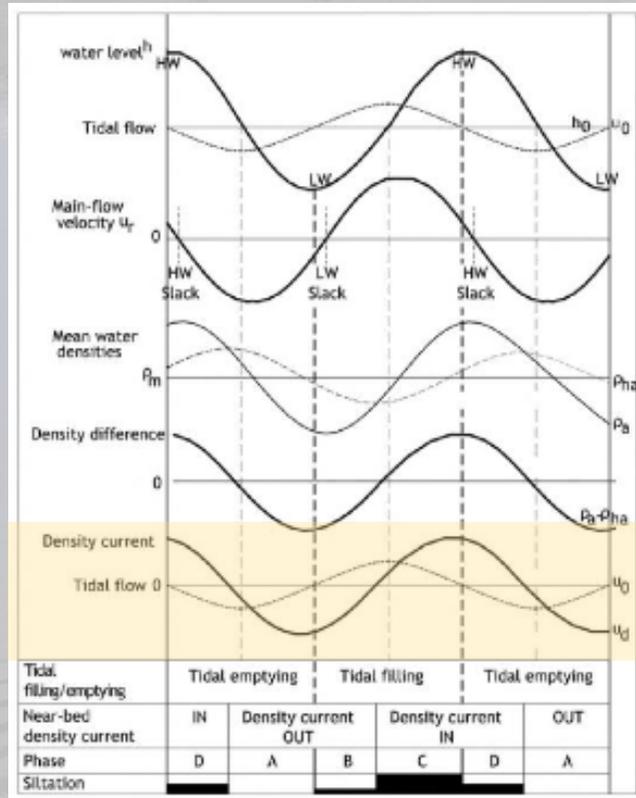


## 3. Correnti di densità

Correnti che interessano in maniera differente le diverse porzioni della colonna d'acqua, dovute alla presenza di un gradiente verticale di salinità, temperatura, concentrazione di sedimento in sospensione.



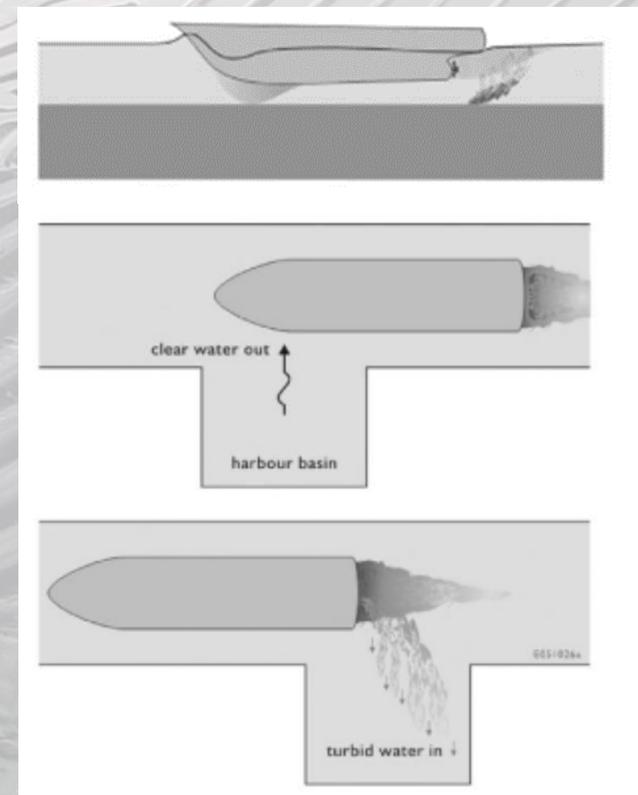
# Siltation (Processi)



**Gradiente di salinità:** presupponendo che il bacino sia collocato sulla foce di un fiume, l'ingresso alternato di acque dolci (marea calante) e salate (marea montante) genera correnti in entrata e uscita sfasate rispetto al ciclo mareale.

## 4. Transito di imbarcazioni

Le imbarcazioni mobilitano il sedimento con i movimenti delle eliche o semplicemente con lo spostamento d'acqua. Il richiamo d'acqua a prua dell'imbarcazione è compensato dal rilascio, a poppa, di altrettanta massa d'acqua che rientra nel bacino carica del sedimento. Il fenomeno aumenta con la velocità di transito.



# Soluzioni per ridurre la siltation

## Movimentazione dei sedimenti nel bacino

Dragaggi  
Impianti per la mobilitazione dei sedimenti  
(Propeller jets)



## Inibizione dei processi responsabili

Strutture :

- Intercettazione sedimenti
- Controllo del flusso all'interno del bacino, riduzione fenomeni di turbolenza



# Inibizione dei processi responsabili

## 1. Intercettazione dei sedimenti

Porto di Viareggio

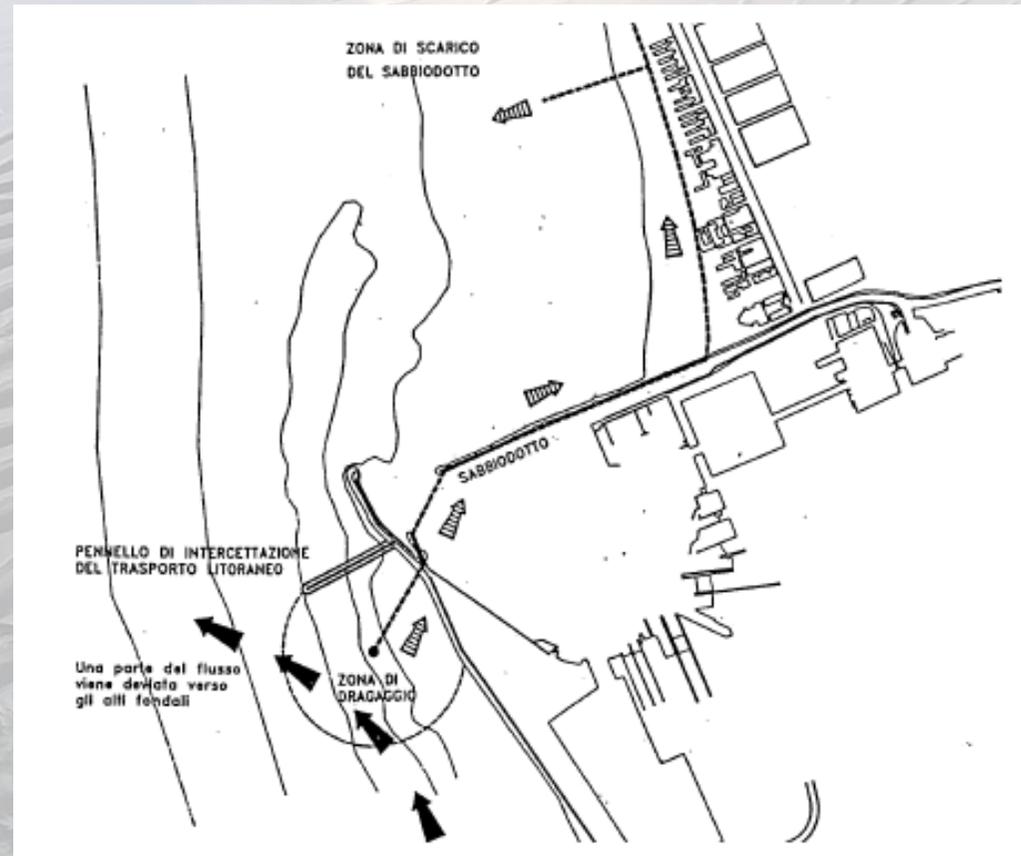
Contesto: mare aperto, presenza di correnti litorali.

Problema: accumulo di sedimento sabbioso davanti alla bocca del porto.

Soluzione a: intercettazione del sedimento e smaltimento continuo.

Struttura: Pennello ortogonale + sabbiodotto (sistema di by-pass)  
(Milano, 1984).

Svantaggi: costi e manutenzione.

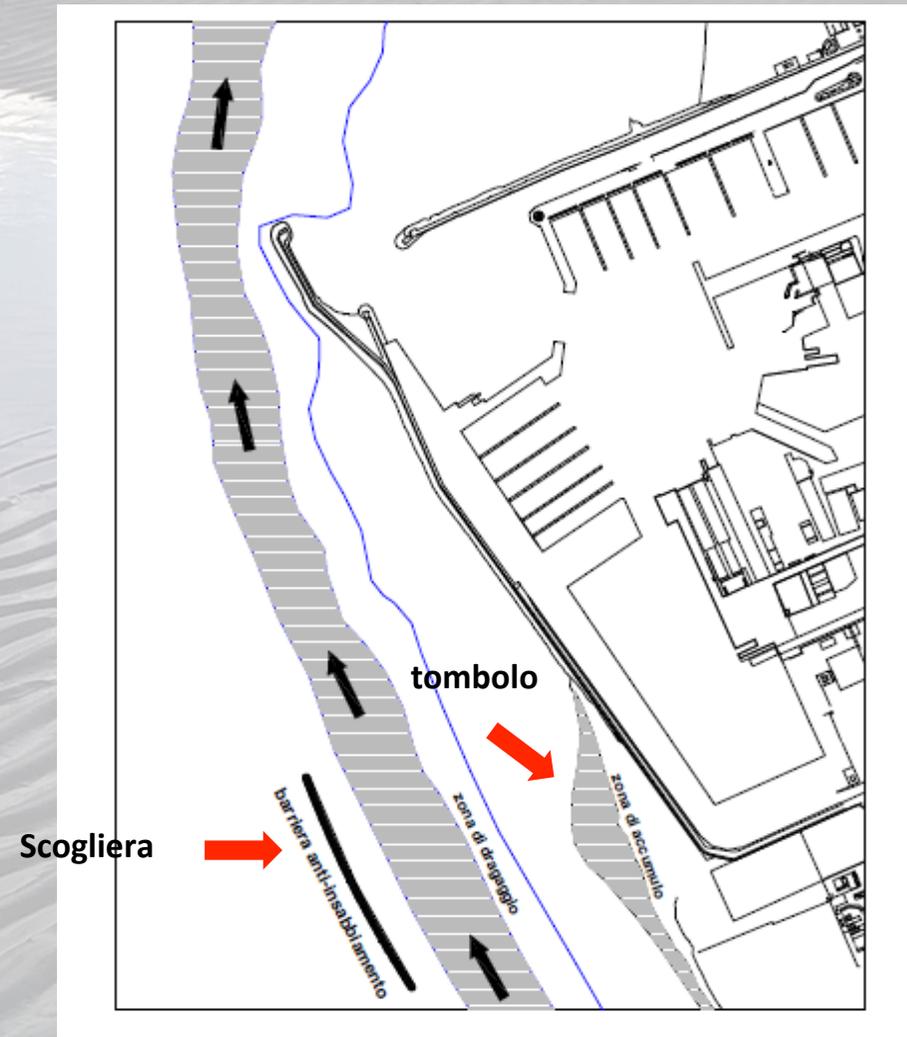


# Inibizione dei processi responsabili

Soluzione **b**: induzione dell' accumulo dei sedimenti a monte dell'imboccatura del porto e relativo smaltimento, continuo o periodico.

Sistema: scogliera parallela alla linea di costa per la creazione di un tombolo + sistema di by pass o dragaggi per il ridimensionamento dell'accumulo (Naldi, 2007).

Svantaggi: impatto ambientale e rischio per il traffico marino.

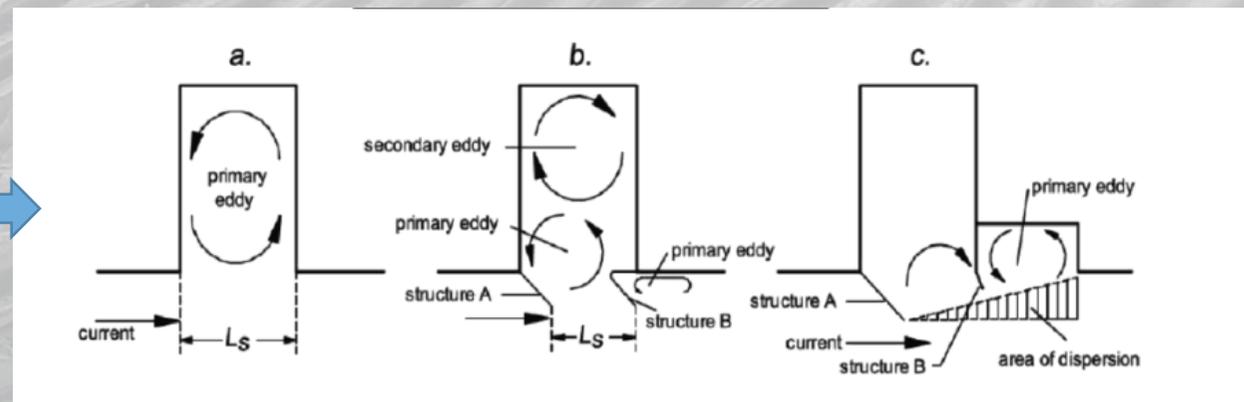
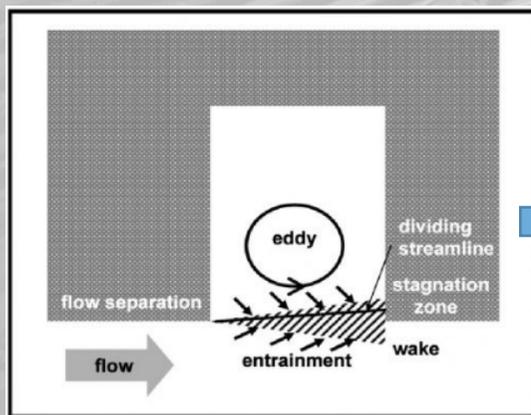
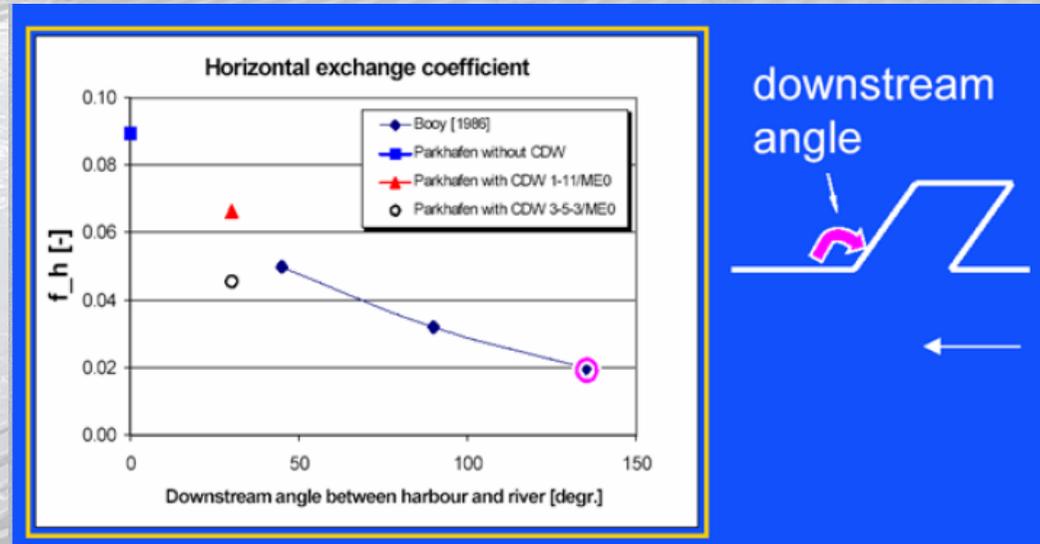


# Inibizione dei processi responsabili

## 2. Controllo del flusso nel bacino

Problema: formazione di turbolenze (eddies) nel bacino

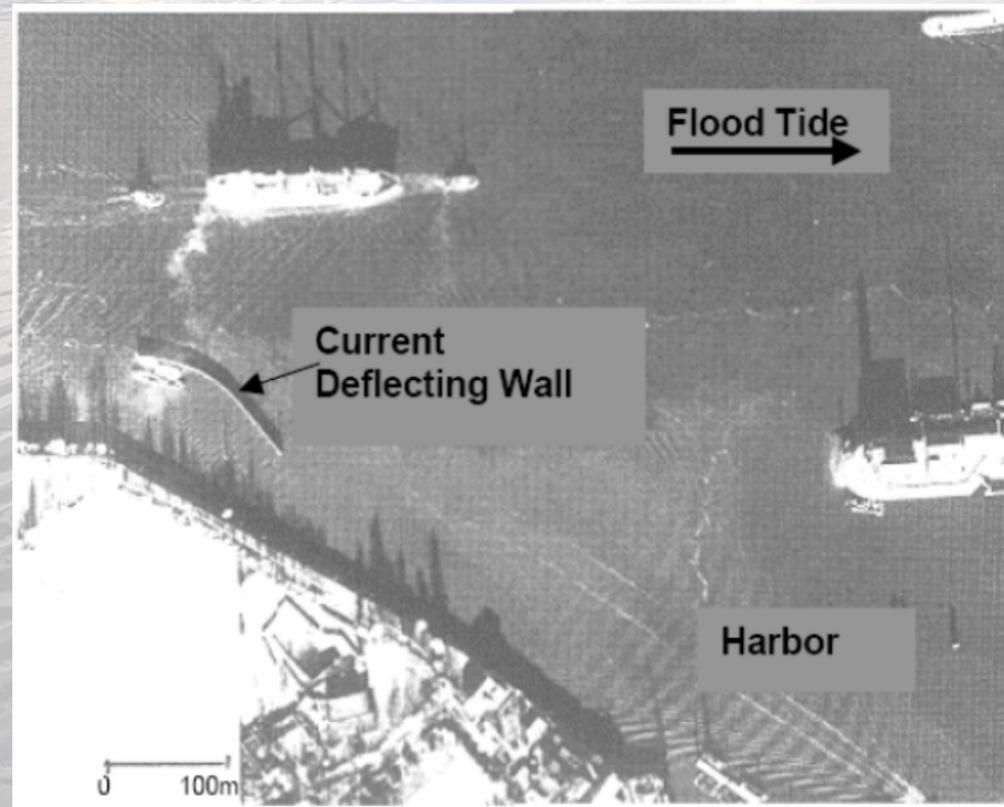
Soluzione **a**: modifica della geometria della bocca portuale



# Inibizione dei processi responsabili

Soluzione **b**: Utilizzo di strutture - Current Deflecting Wall (CDW)

**CDW**: parete curva (curved training wall) posizionata sopra corrente all'entrata del porto.

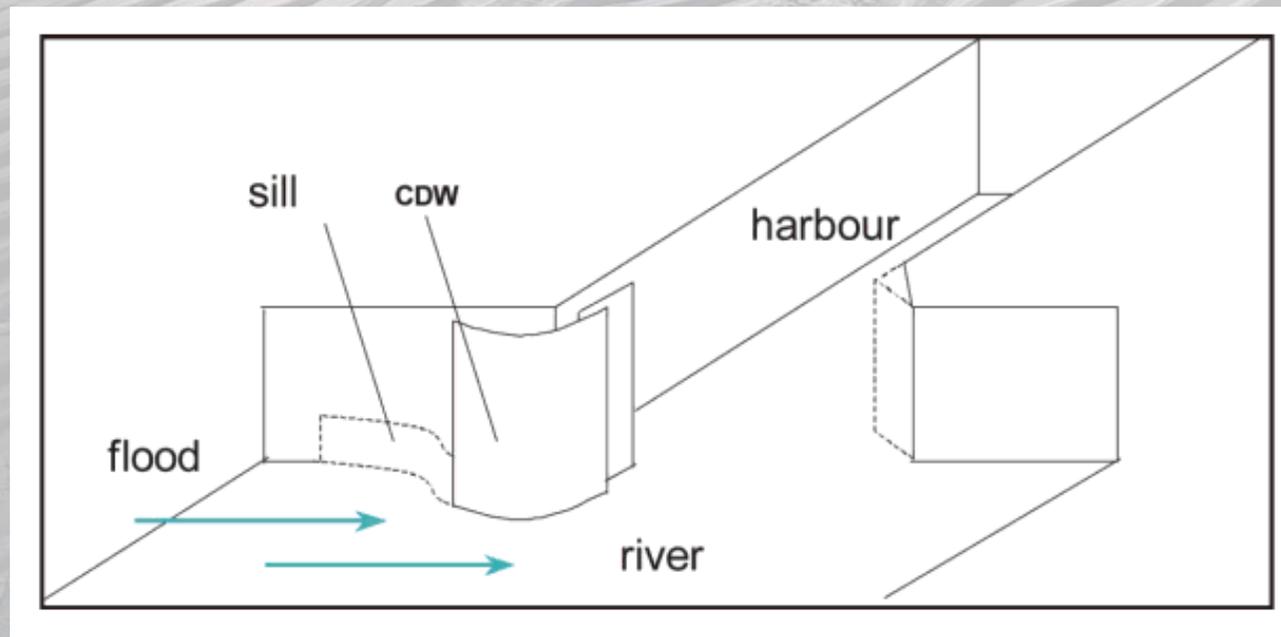
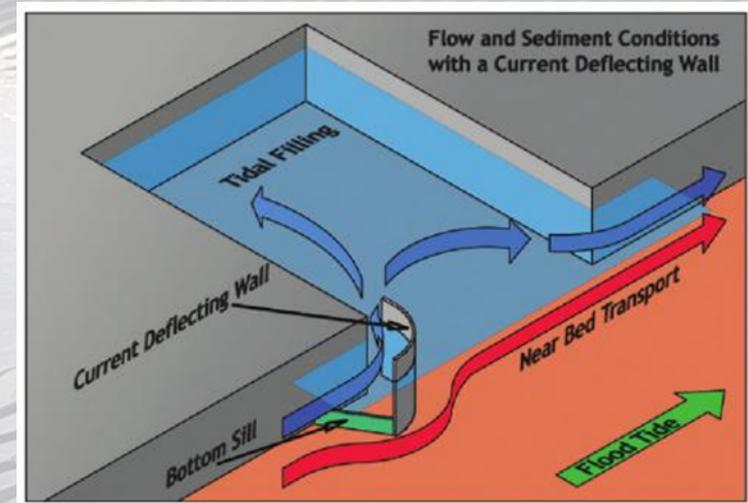


Riduce la Siltation per mezzo di due processi principali: guida il flusso in entrata nel bacino eliminando le turbolenze (eddies); riduce l'entrata di sedimenti per mezzo di una soglia sul fondo.

# Inibizione dei processi responsabili

Il CDW è composto da tre elementi principali:

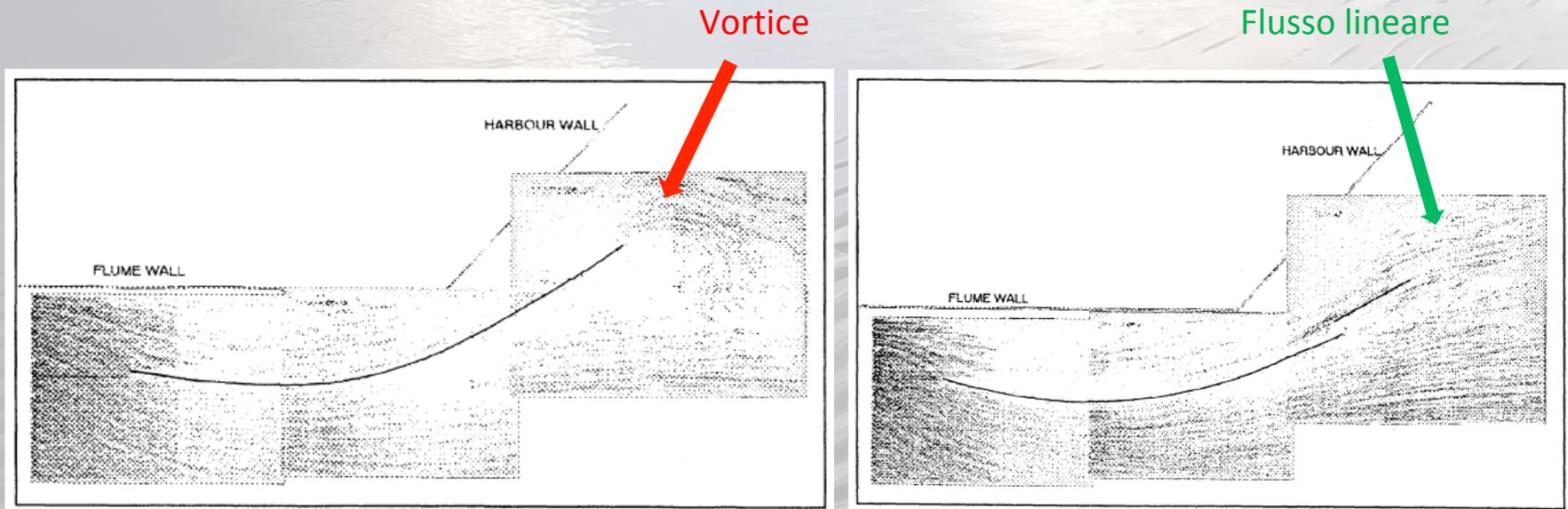
1. Parete curvilinea (curved training wall)
2. Canale
3. Soglia di fondo (bottom sill)



# Inibizione dei processi responsabili

## Curved training wall

L'esperimento condotto all'istituto Delft Hydraulics ha studiato la miglior configurazione della parete in funzione della risposta del flusso.



Il Particle Image Velocimetry (PIV) mostra che una parete composta da due elementi distinti provoca una maggior aderenza del flusso lungo la parete e una maggiore riduzione degli eddies. Inoltre, la curvatura ottimale aumenta la tolleranza al posizionamento della struttura fino a valori di 10 cm di errore (Crowder, 1999).

# Inibizione dei processi responsabili

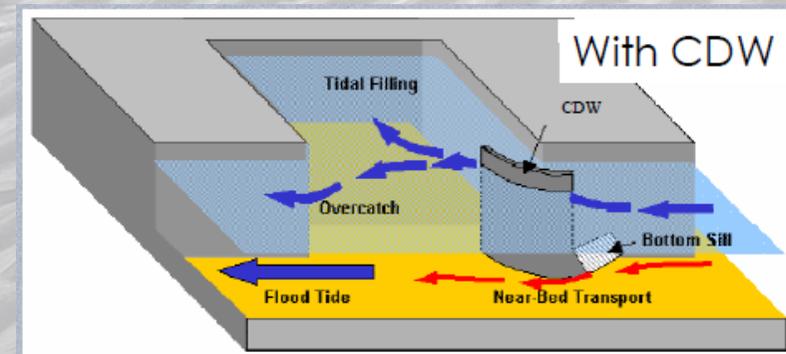
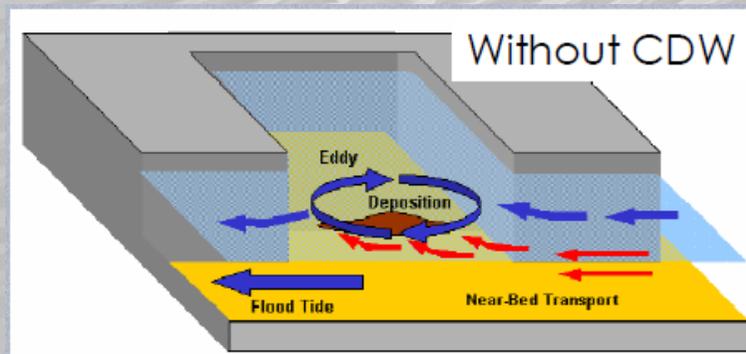
## Il canale

Il canale tra la parete e la linea di costa convoglia il flusso di marea al suo interno, diminuendo lo scambio delle masse d'acqua attraverso la bocca portuale.

## La soglia di fondo

La soglia è collocata perpendicolarmente all'entrata del canale e si eleva per pochi centimetri dal fondo. Ha lo scopo di deviare il trasporto dei sedimenti di fondo senza alterare il flusso di corrente.

L'effetto combinato degli ultimi due elementi fa sì che nel bacino circolino acque relativamente povere di sedimento.



Riduzione eddies



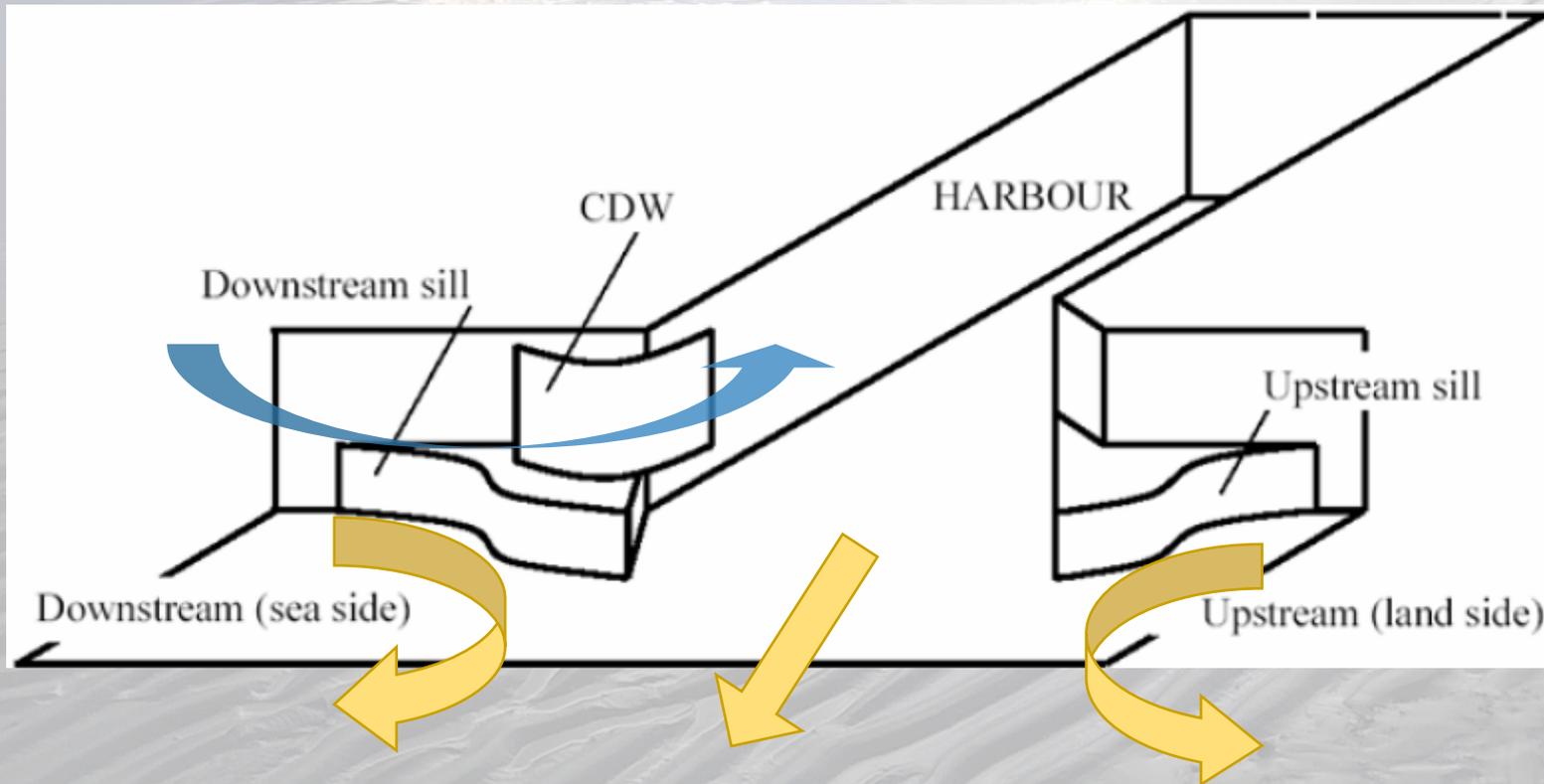
Deviazione  
sedimenti



Riduzione  
Siltation

## Inibizione dei processi responsabili

CDW modificato: aggiunge un sistema per contrastare le correnti di densità (Hofland et al., 2001)



Il flusso elicoidale creato sul fondo dalle due soglie durante il flusso in entrata contrasta le correnti di densità.

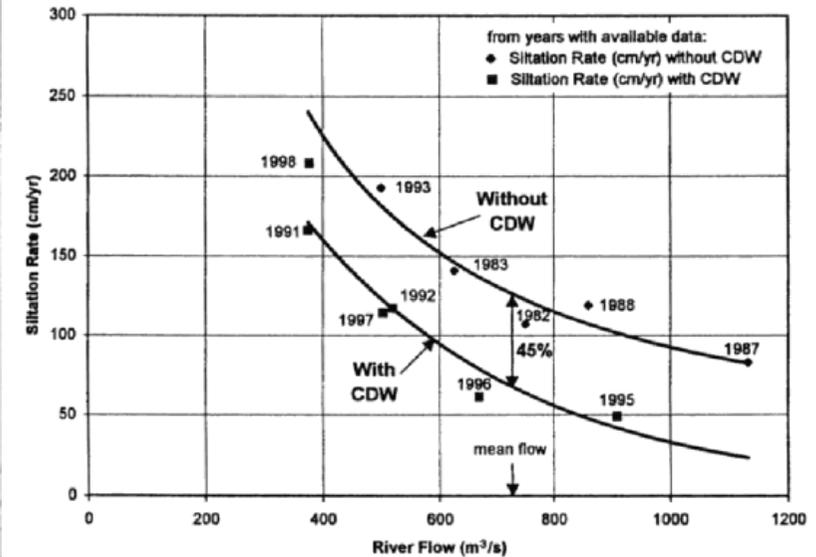
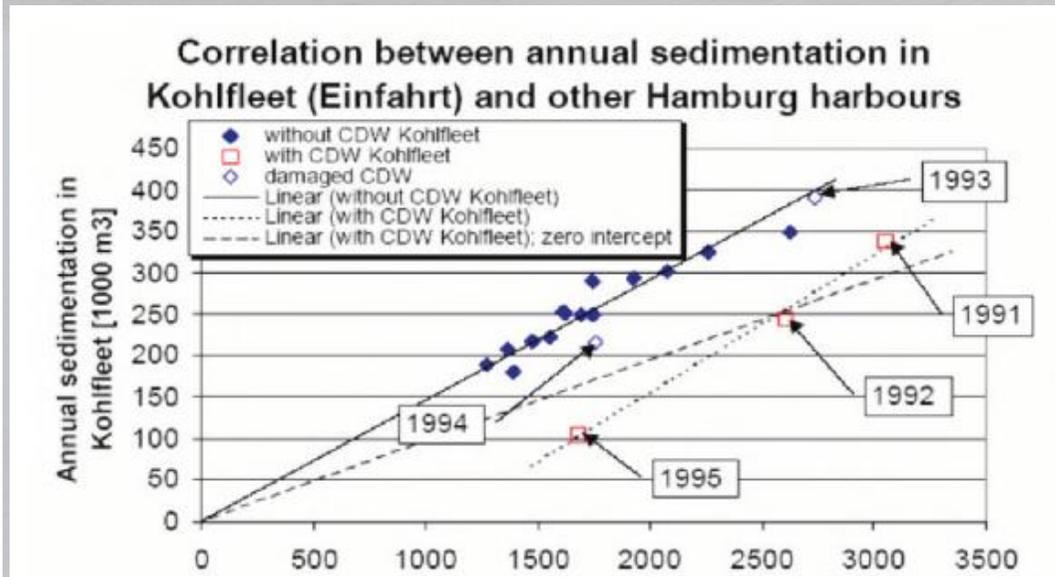
## Hamburg Harbour



Contesto: fluviale - regime mesotidale  
(escursione mareale: 3-4 m).



## Hamburg Harbour



Sedimentazione annua prima e dopo la costruzione del CDW.

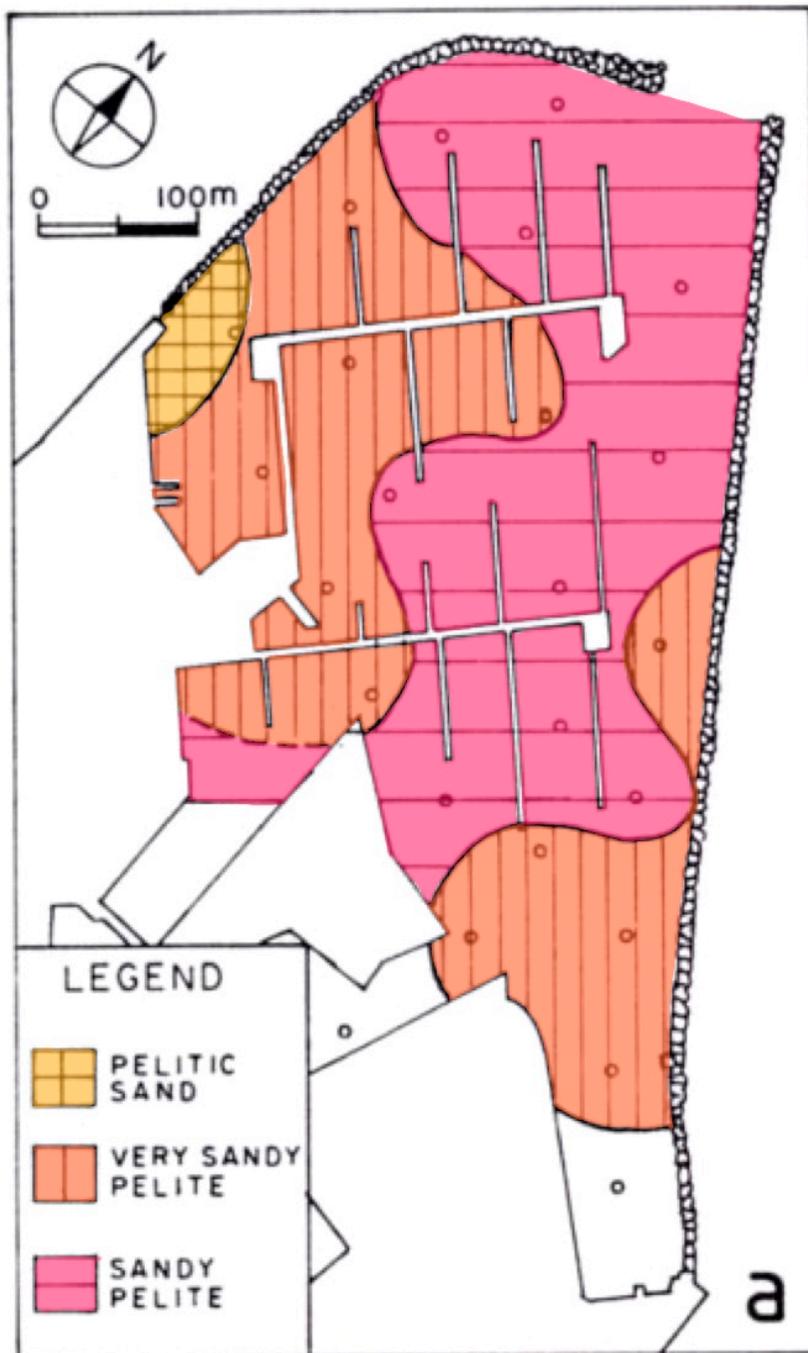
Siltation rate in funzione della portata.

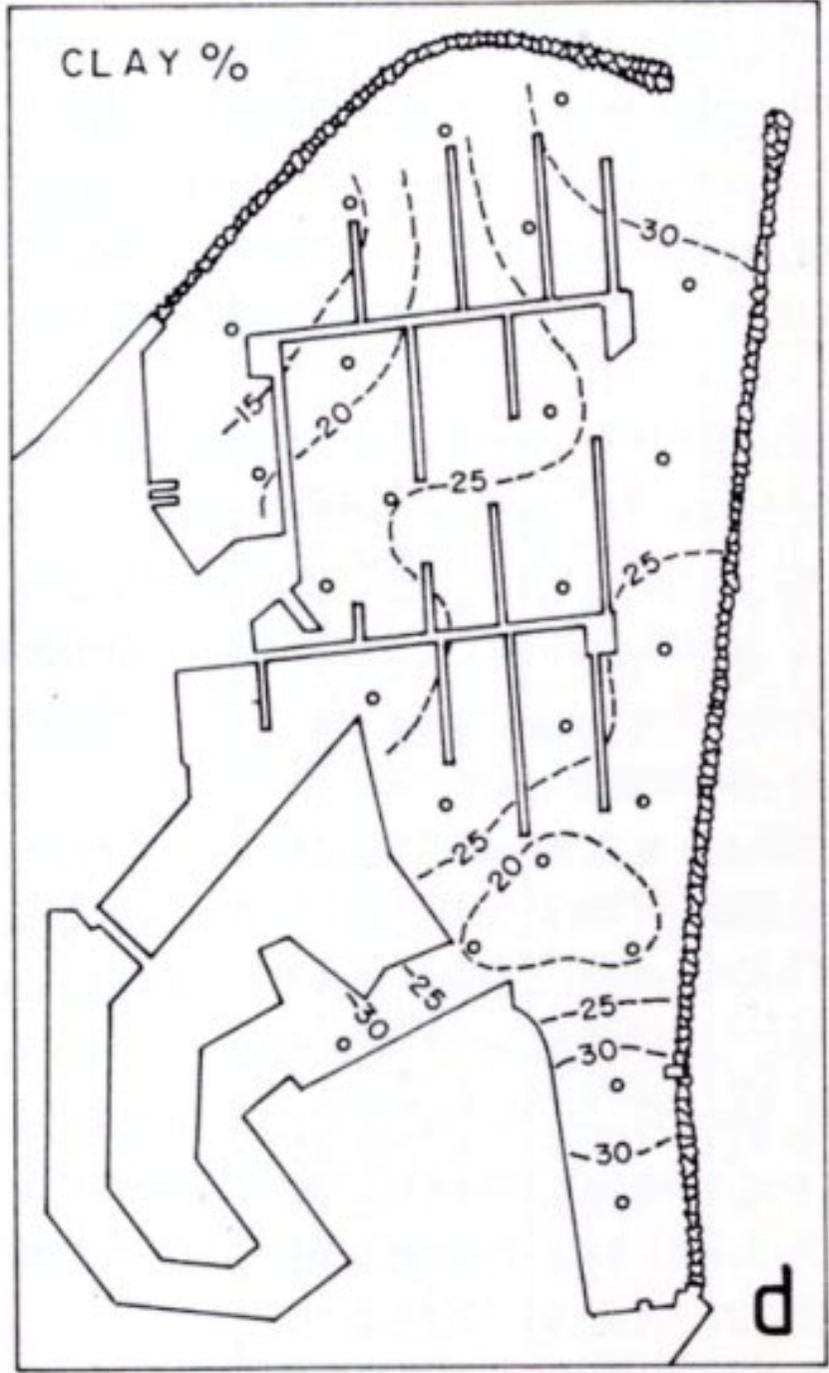
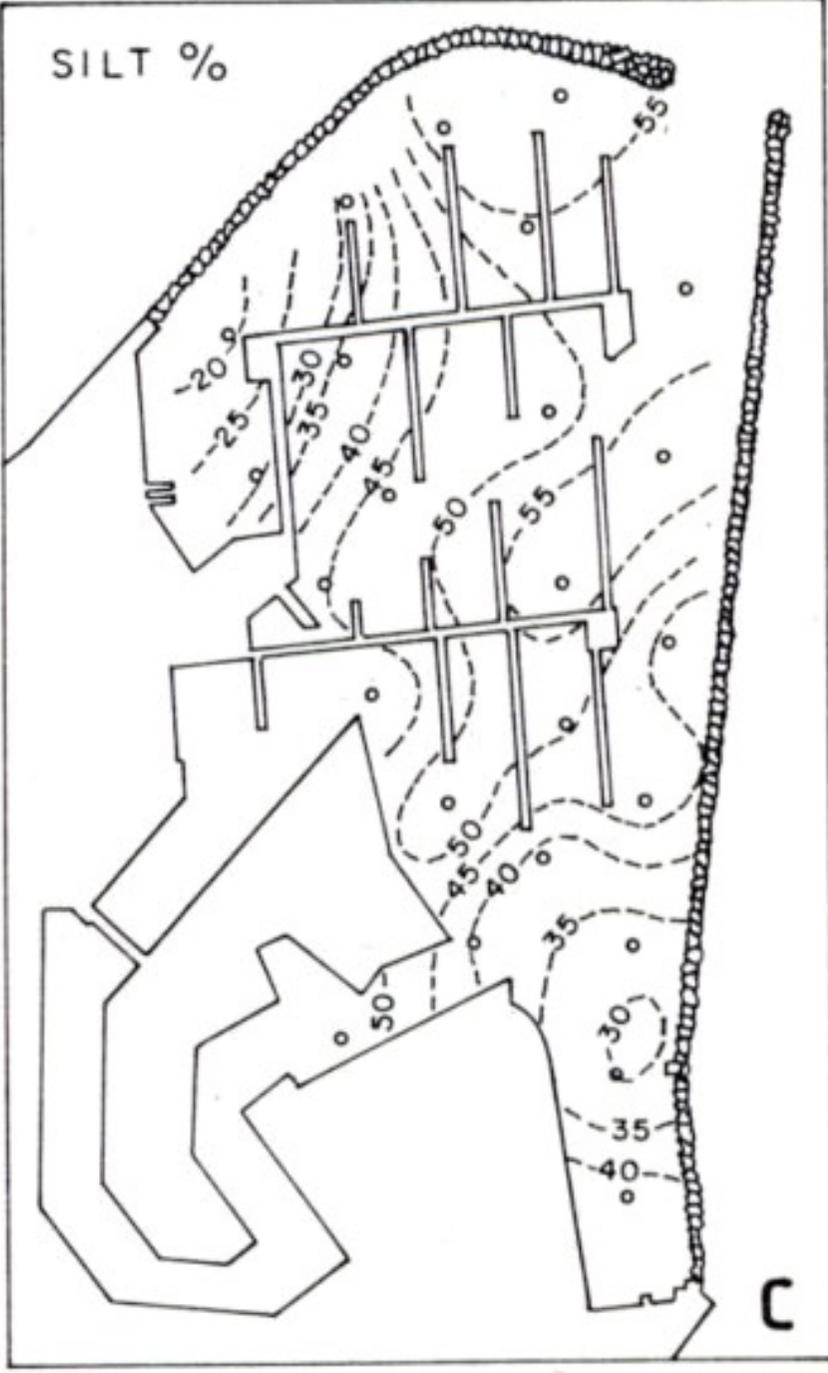
Il modello ipotizzato per il caso studiato prevedeva una riduzione della siltation del 50%. Sperimentalmente si è osservata una riduzione del 40 % (Kuijper et al., 2005).

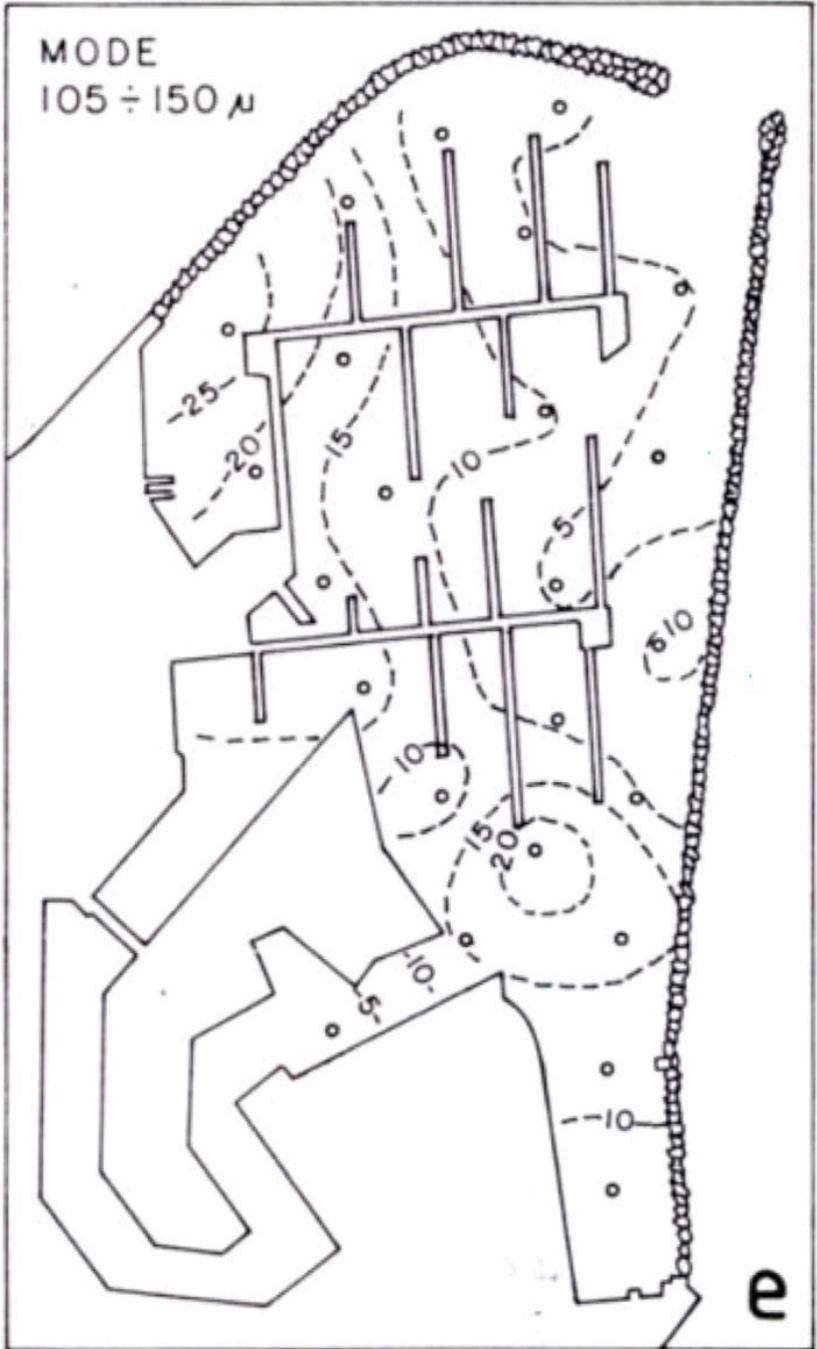
# Il Pattern Sedimentologico

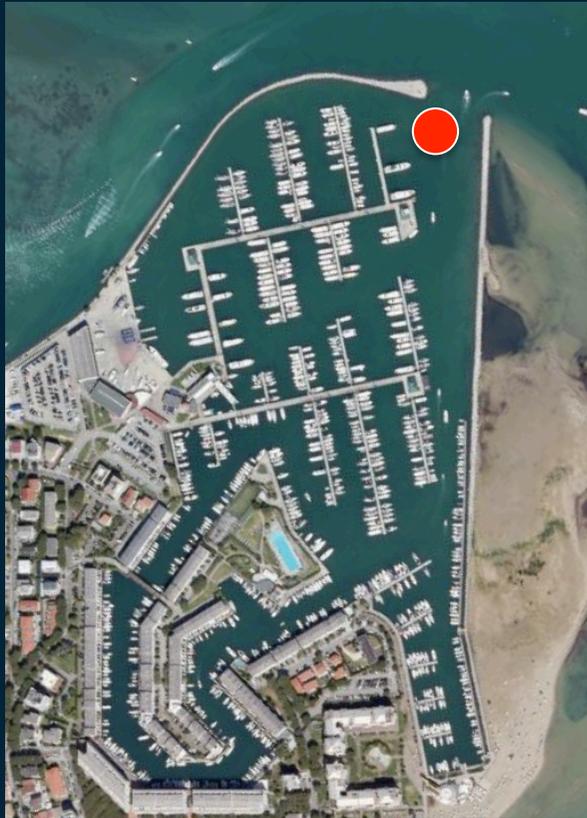


ESEMPIO DEL PORTO  
TURISTICO DI MARINA  
PUNTA FARO ( Lignano)









## Misure di concentrazione del materiale in sospensione



## BILANCIO DI MASSA IN UN SEMICICLO TIDALE

Campioni d'acqua raccolti durante la fase montante e calante, in un punto fisso in entrata alla darsena, a diverse quote.

