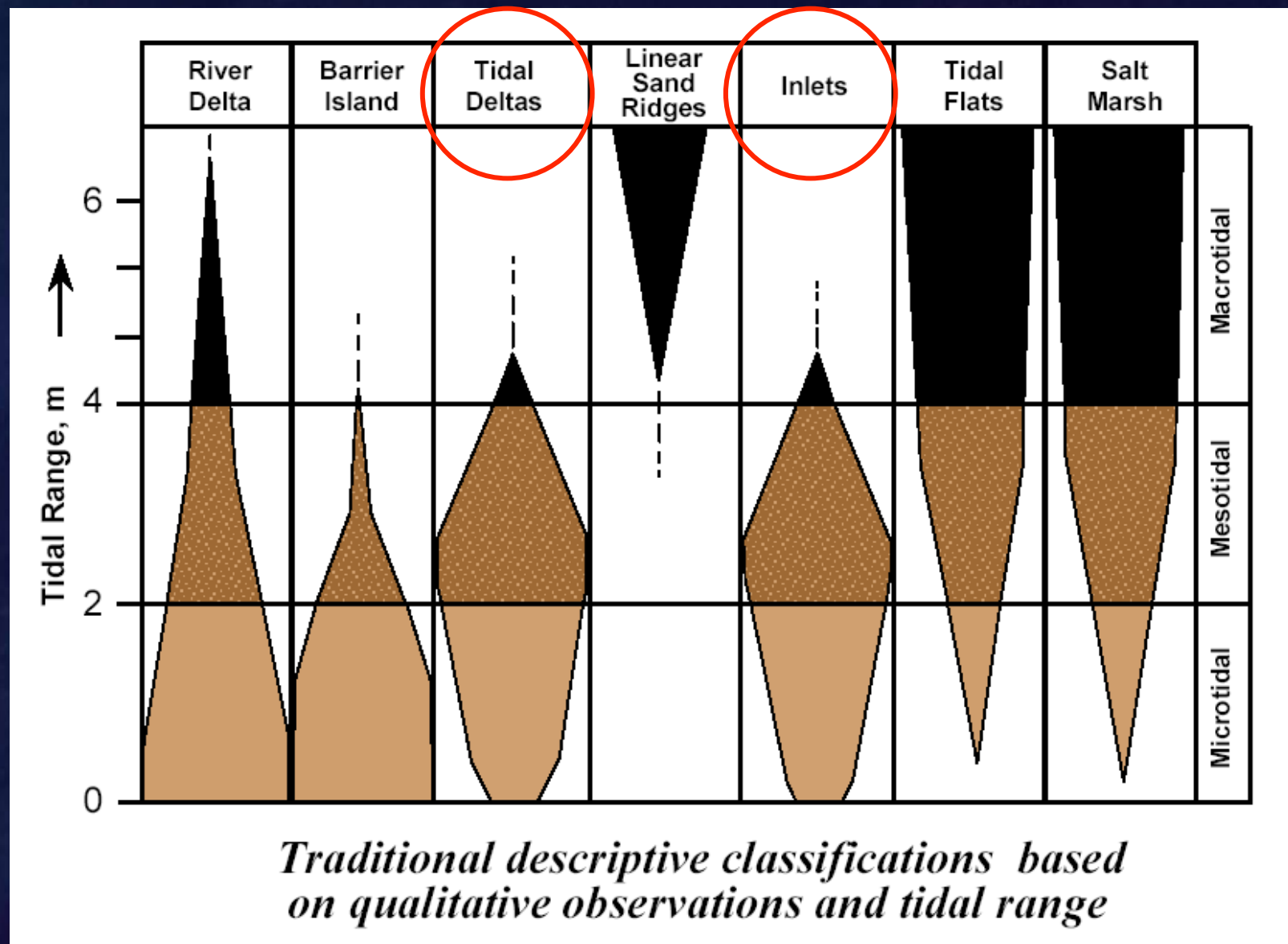


# LE BOCCHE TIDALI

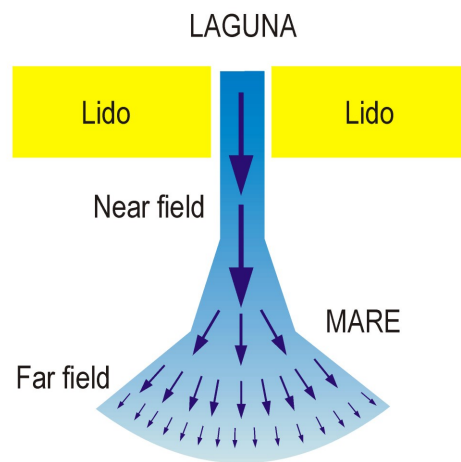




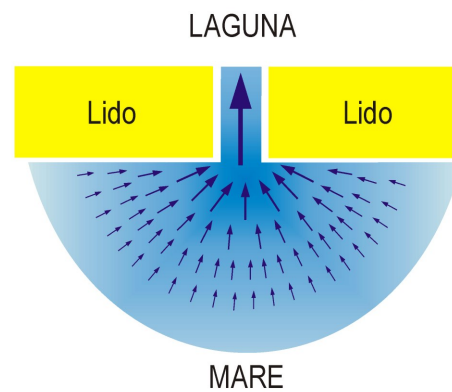


# Caratteristiche idrodinamiche

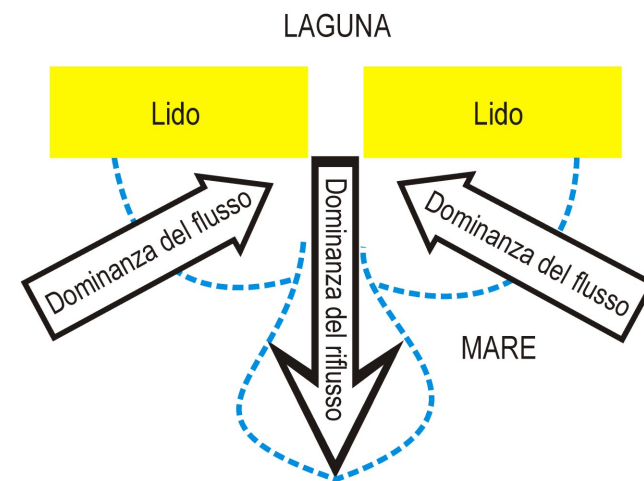
**A. Schema idrodinamico  
(marea calante)**



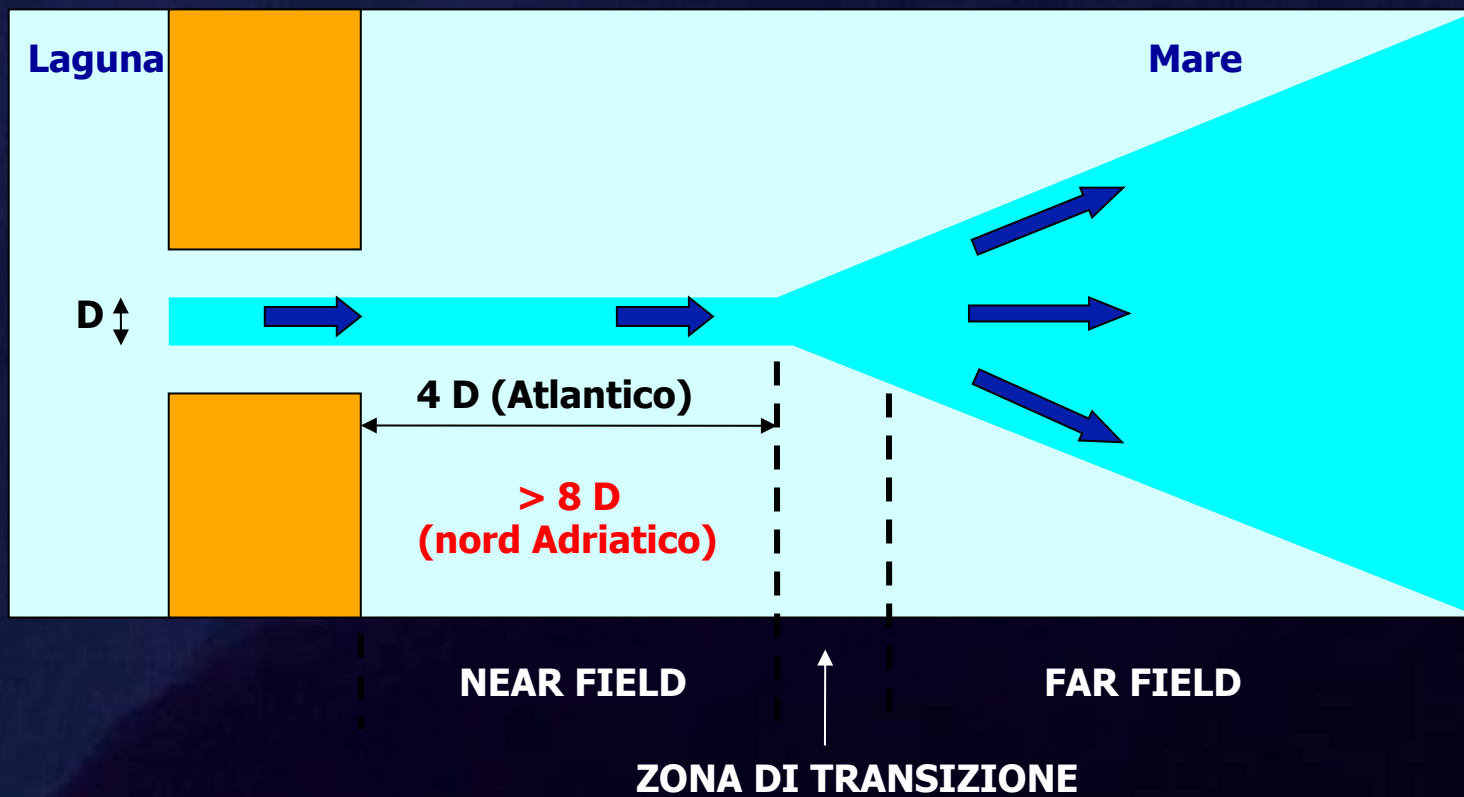
**B. Schema idrodinamico  
(marea montante)**



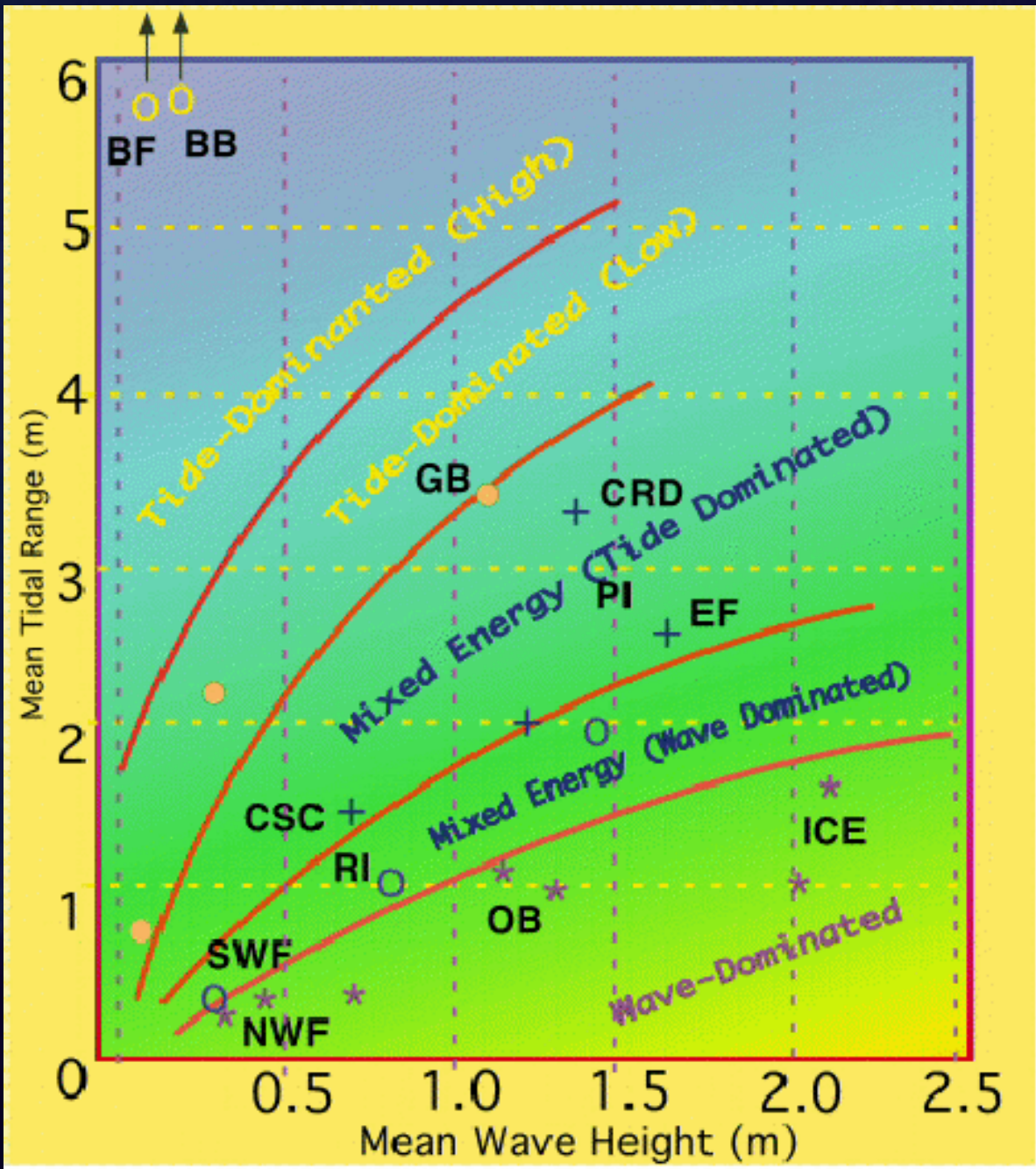
**C. Schema idrodinamico composito  
(flusso-riflusso)**

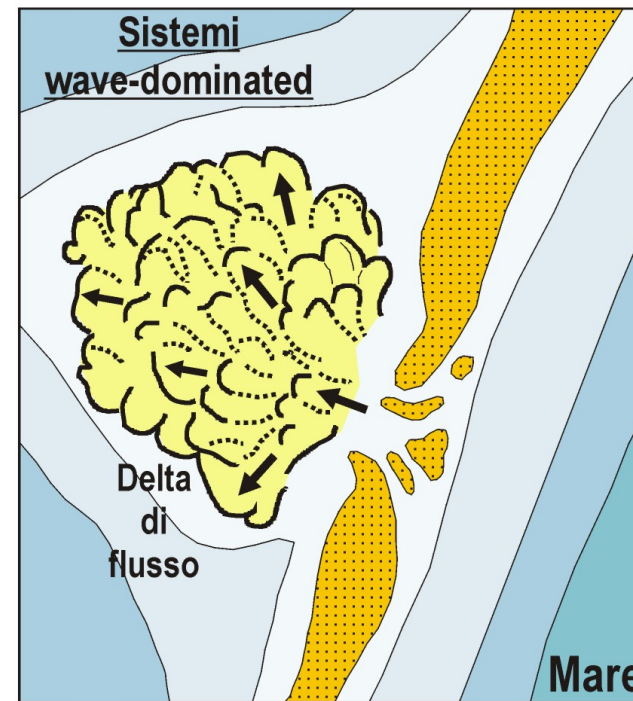
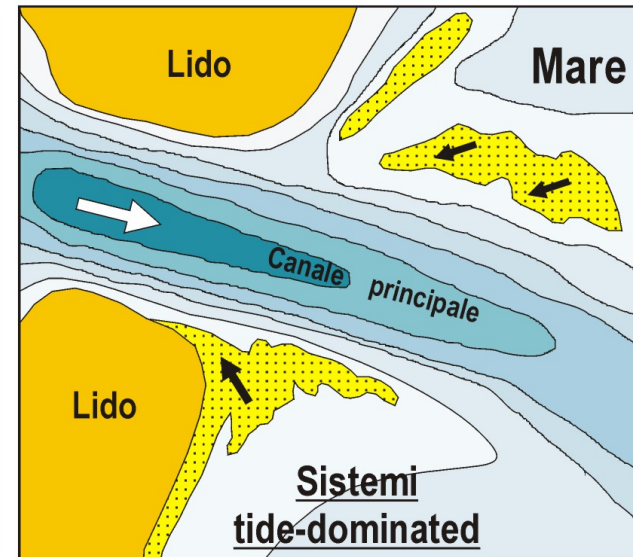
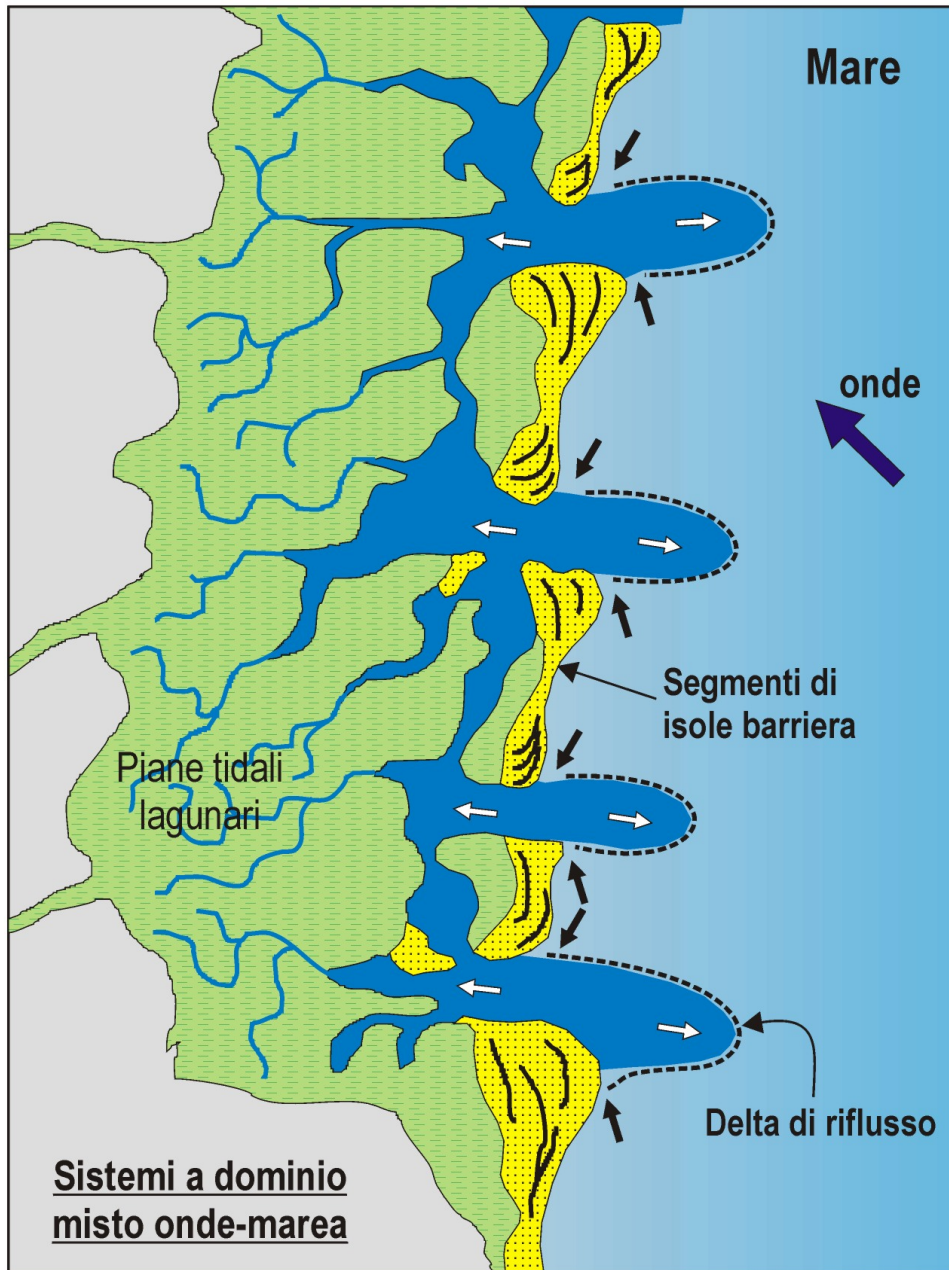


## SCHEMA DELL'AREA DI BOCCA E DELLE DIVERSE ZONE DEL FLUSSO



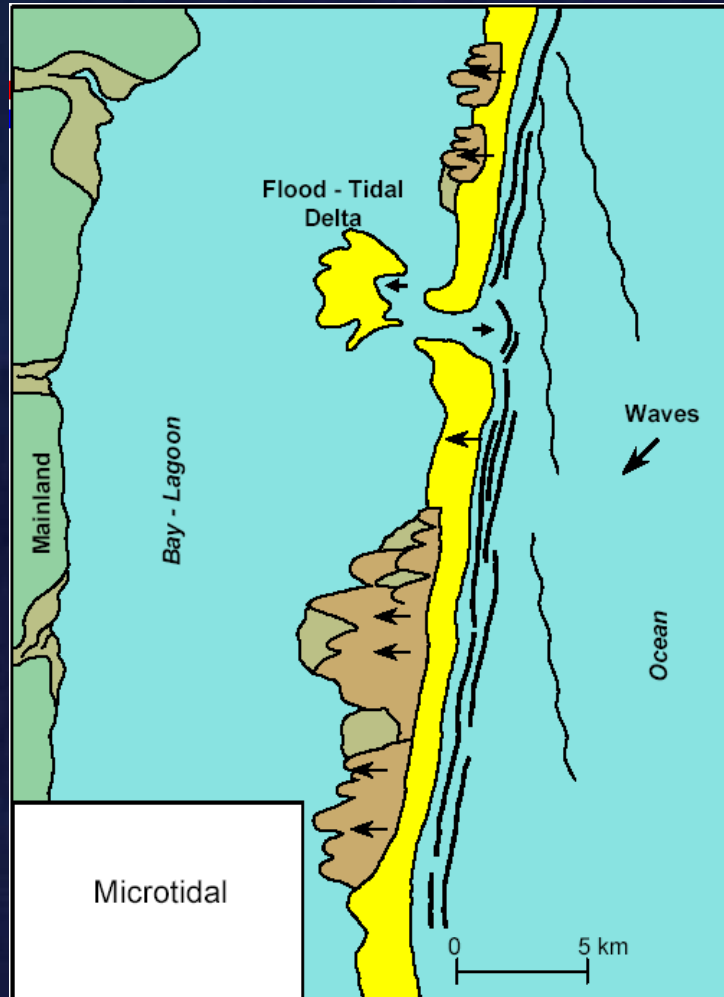








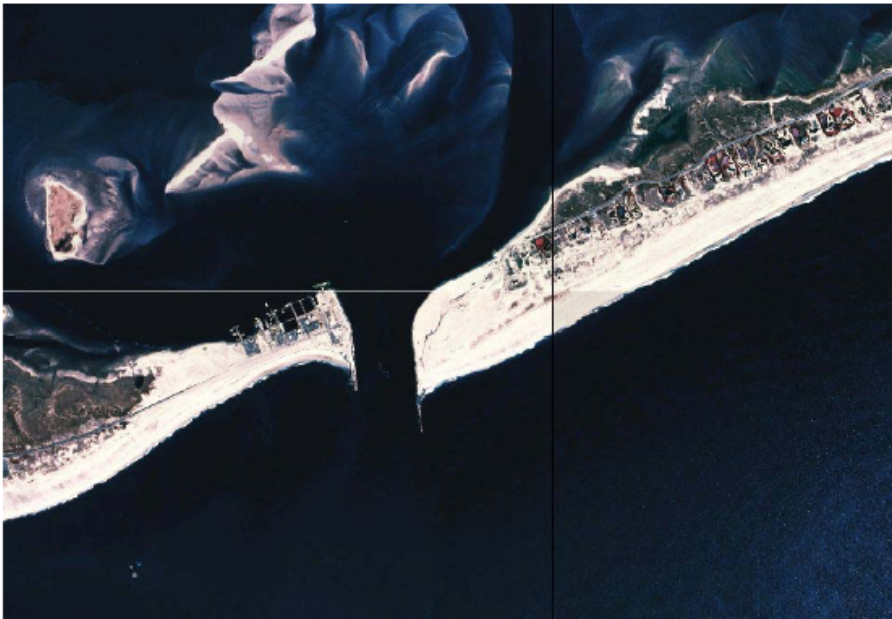
## DOMINIO MICROTIDALE



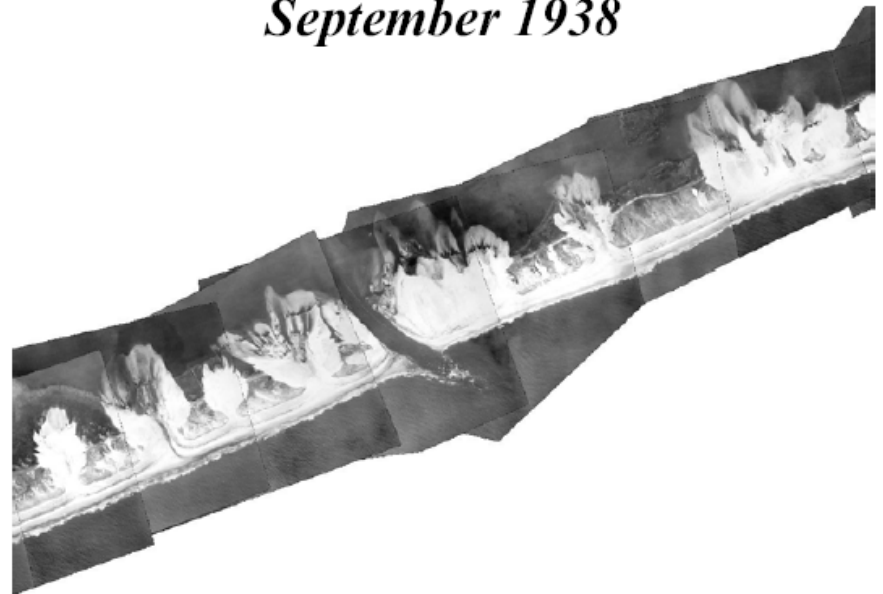
### Caratteristiche morfologiche

- lidi lineari e stretti
- sistemi "aperti" baia-laguna
- piane tidali e barene irregolari
- frequenti washover durante le mareggiate
- formazione di breccie durante le mareggiate
- migrazione delle bocche non stabilizzate
- accumuli flood intertidali
- accumuli ebb sommersi
- accumuli lineari generati dalla bocca

*Shinnecock Inlet,  
September 2000*

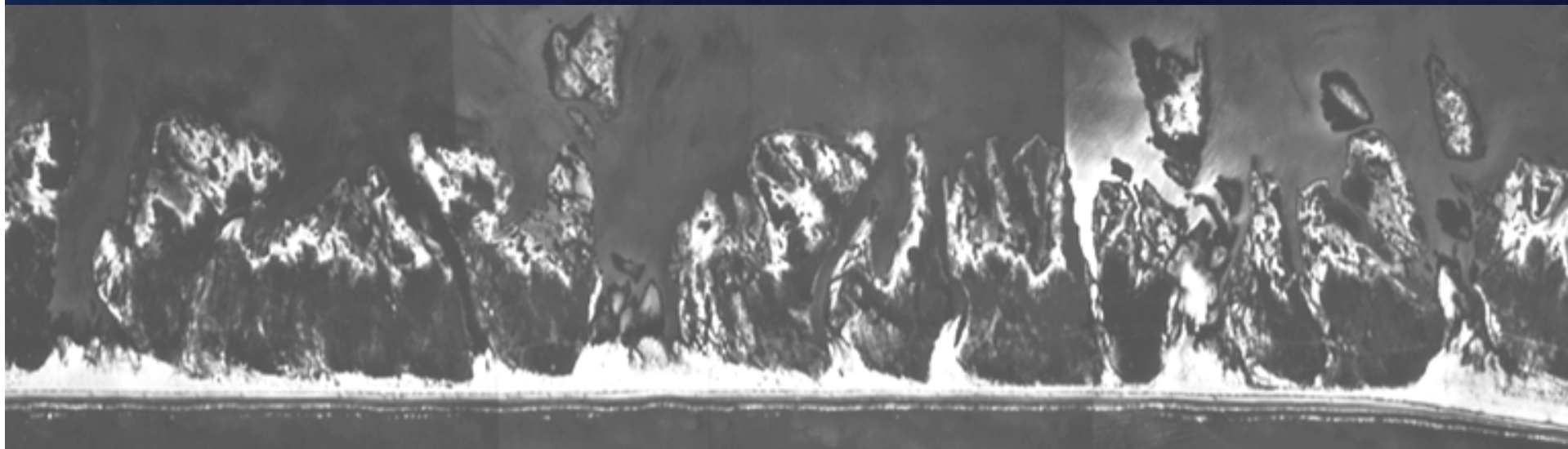


*Shineecock Inlet,  
September 1938*

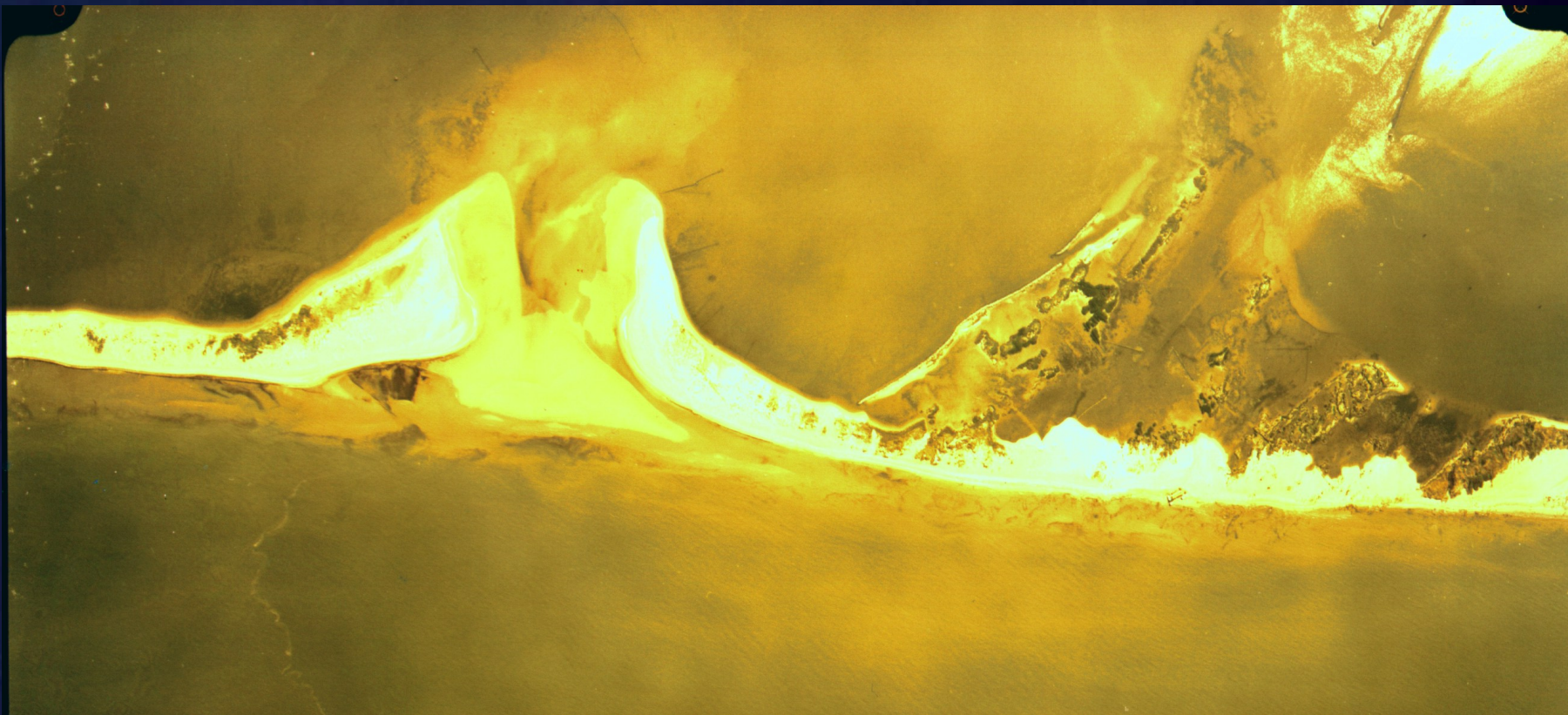




Esempio di formazione di brecce e washover dopo un uragano  
Matagorda Island, Texas

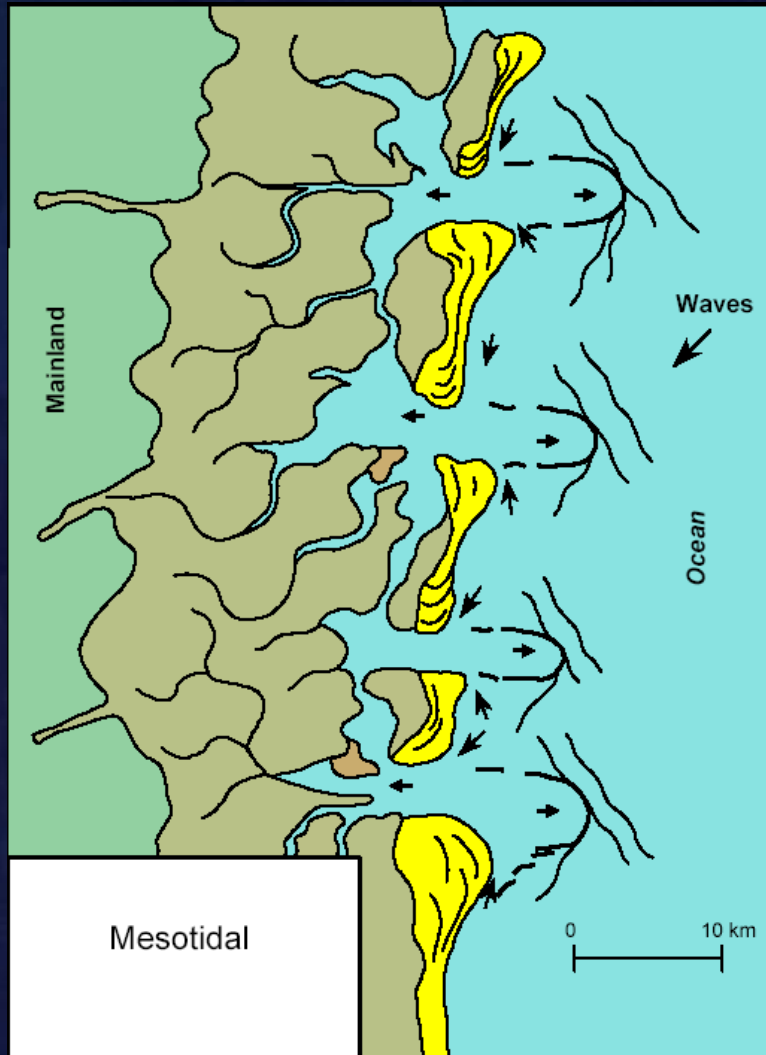


Breccia in occlusione e washover multipli  
Delta del Po





## DOMINIO MESOTIDALE

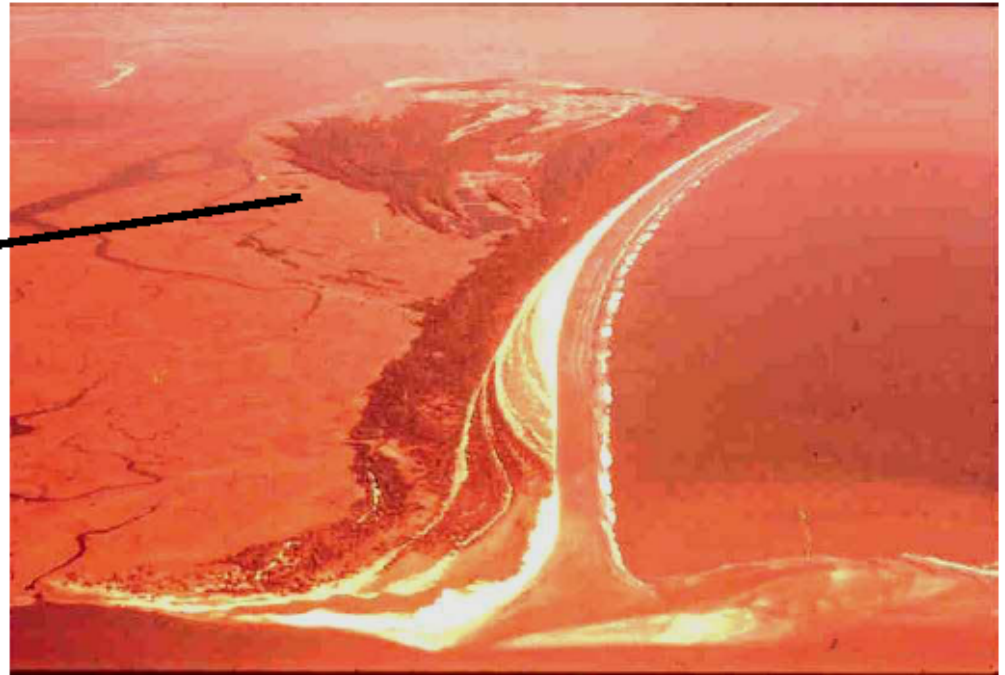


### Caratteristiche morfologiche

- ampie barriere a beach ridge
- piane tidali e barene ben sviluppate
- bocche profonde e fisse
- progradazione verso mare delle barriere
- bassifondi da sorgenti interne
- ampi volumi di ebb delta
- minimi volumi di flood delta
- by-pass sedimentario all'esterno del delta



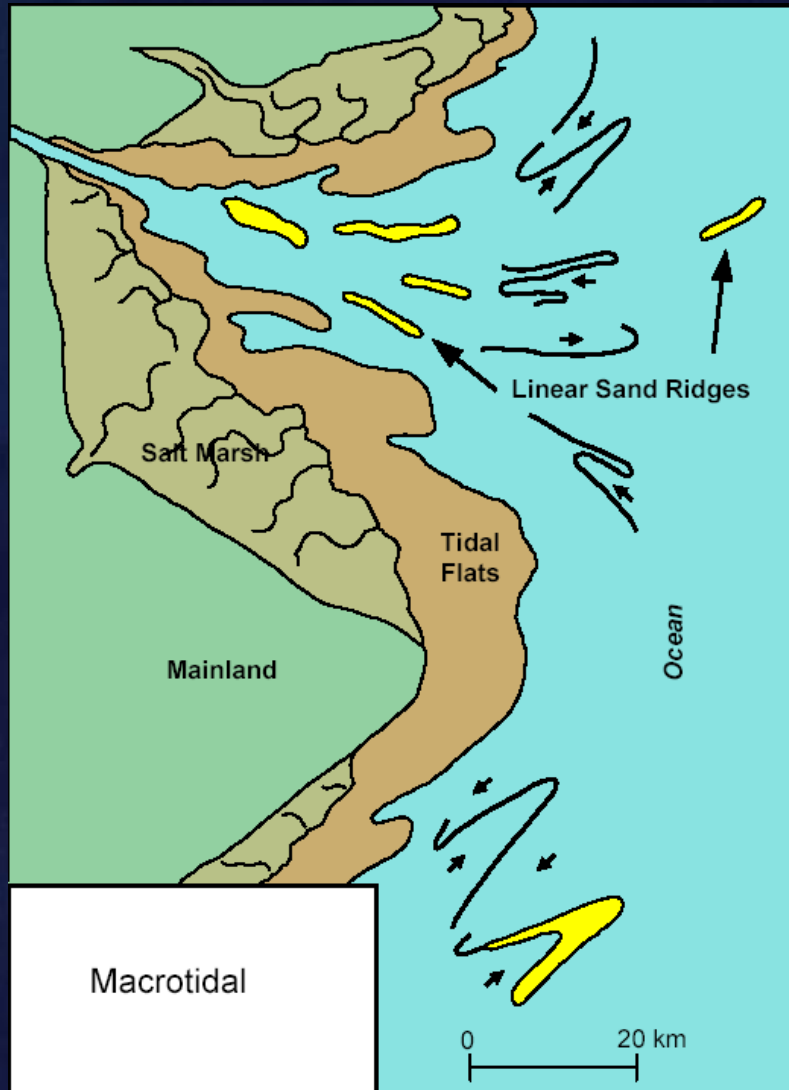
*Beach ridge barrier islands, tidal inlets, and salt marshes of the Georgia coast*



*Dewees, Capers and Price Islands,  
South Carolina*

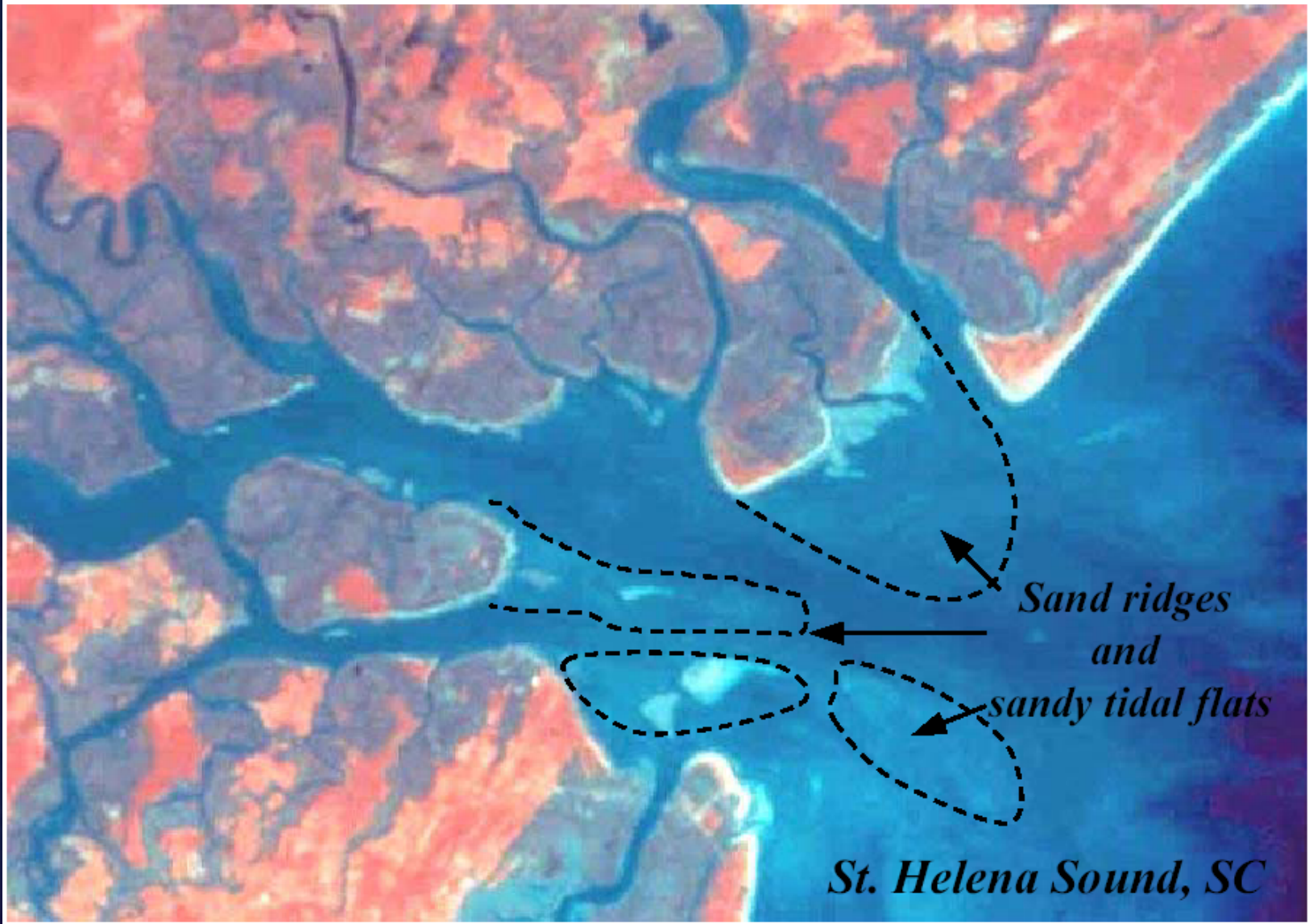


## DOMINIO MACROTIDALE



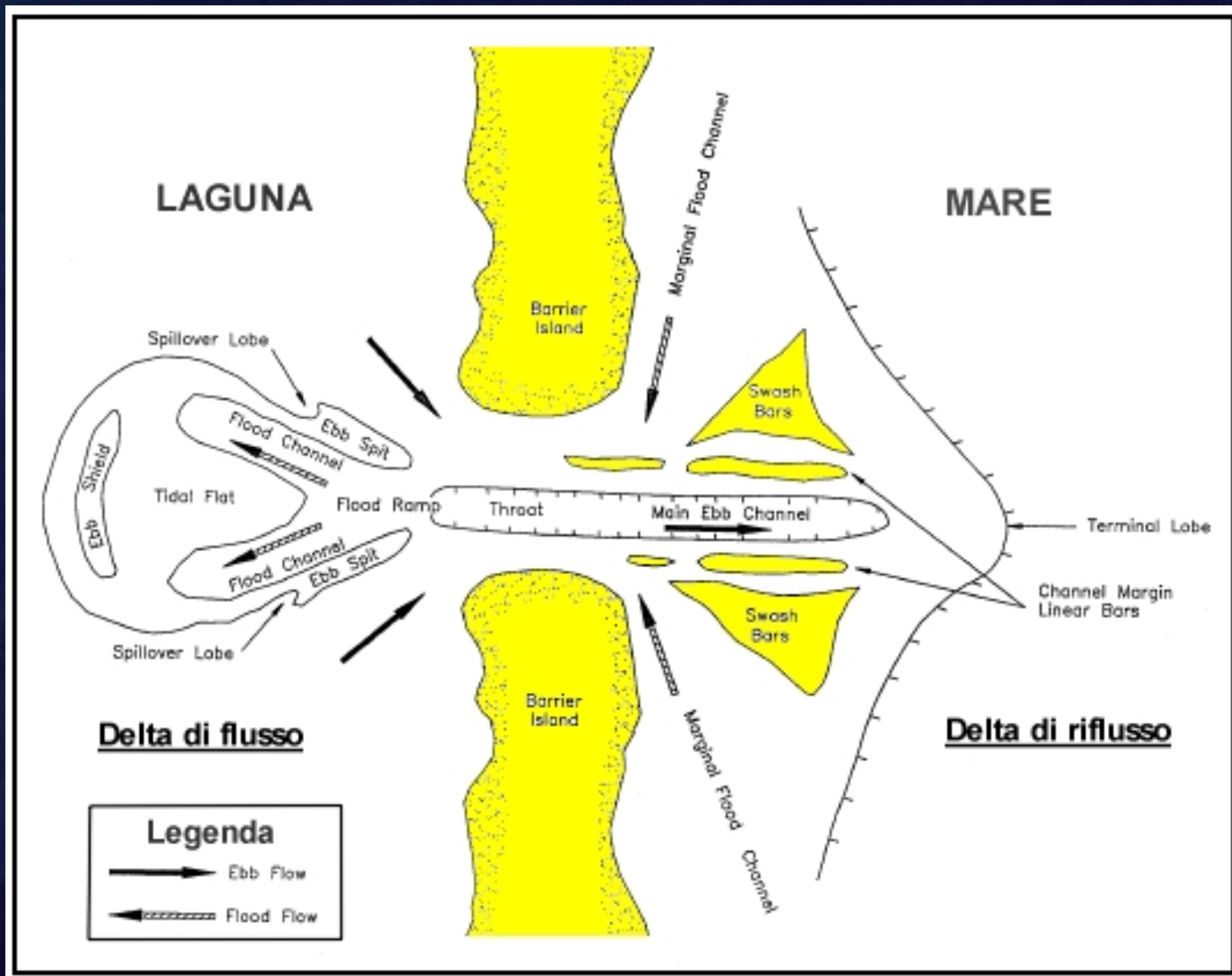
### Caratteristiche morfologiche

- baie ad ampia rientranza
- piane tidali e marsh ben sviluppate
- aperture in corrispondenza di delta fluviali a dominio mareale
- sviluppo di sand ridges lineari
- scarsa formazione di barriere



*Sand ridges  
and  
sandy tidal flats*

*St. Helena Sound, SC*



# IL DELTA DI FLUSSO (FLOOD TIDAL DELTA)

*Shinnecock Flood Shoal*



*Spillover Lobe*

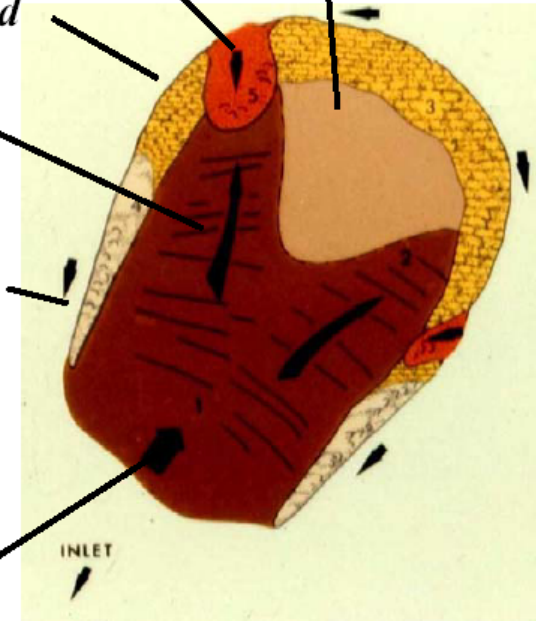
*Tidal Flat*

*Ebb Shield*

*Flood Channel*

*Ebb Spit*

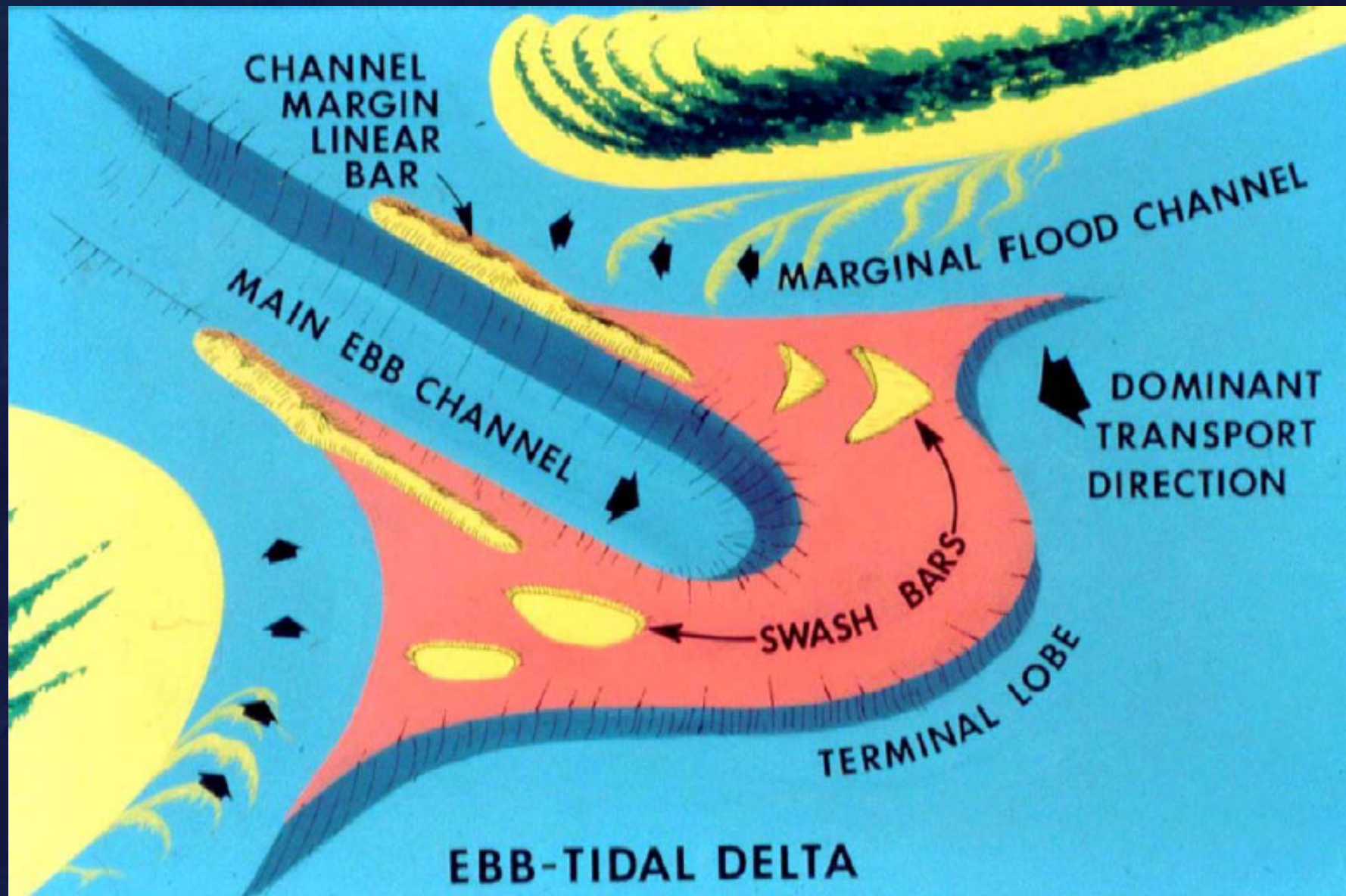
*Flood Ramp*



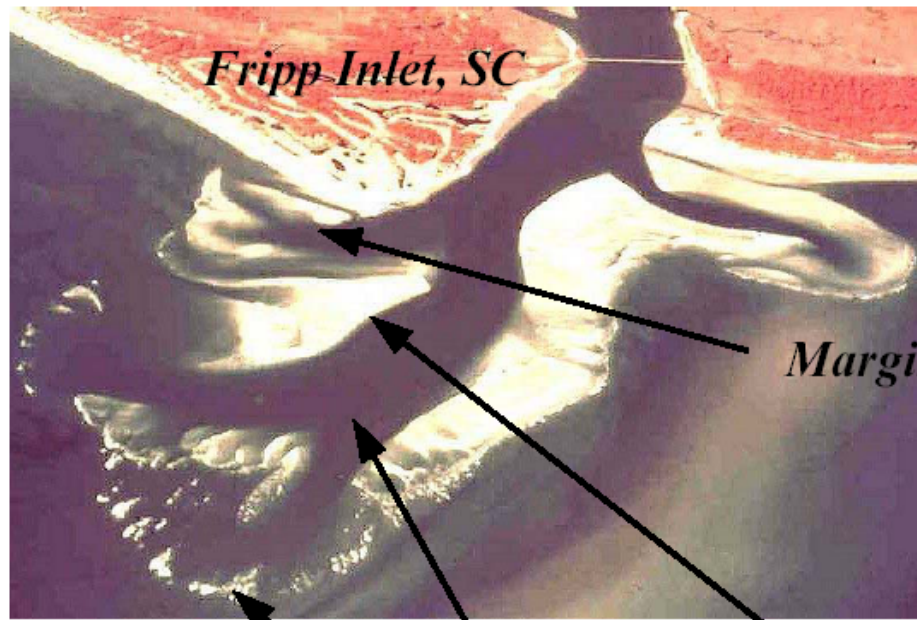
*Idealized Flood Shoal*



## IL DELTA DI RIFLUSSO (EBB TIDAL DELTA)



Modello di un delta di riflusso (HAYES,1980)



*Marginal Flood Channel*

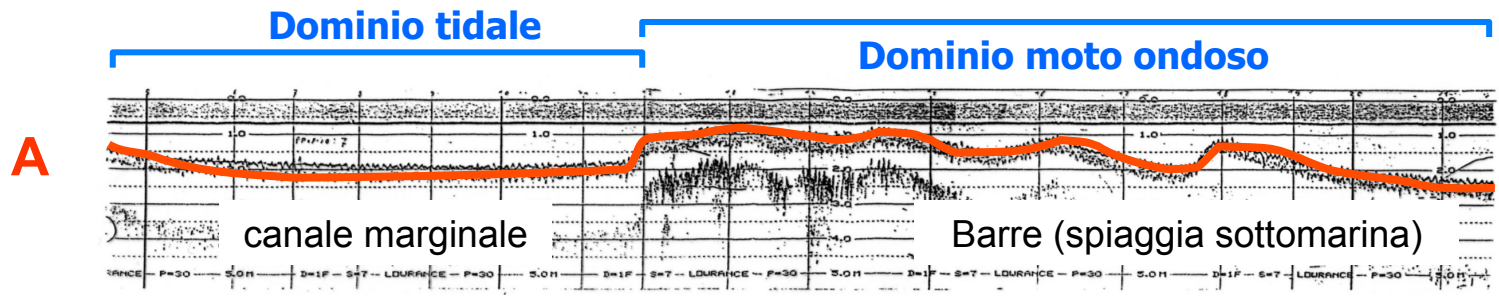
*Swash Bars*

*Main Ebb Channel*

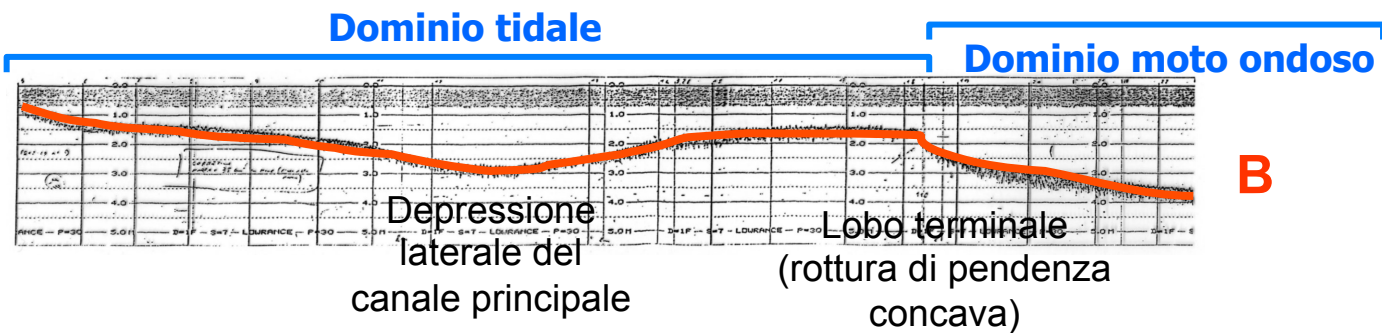
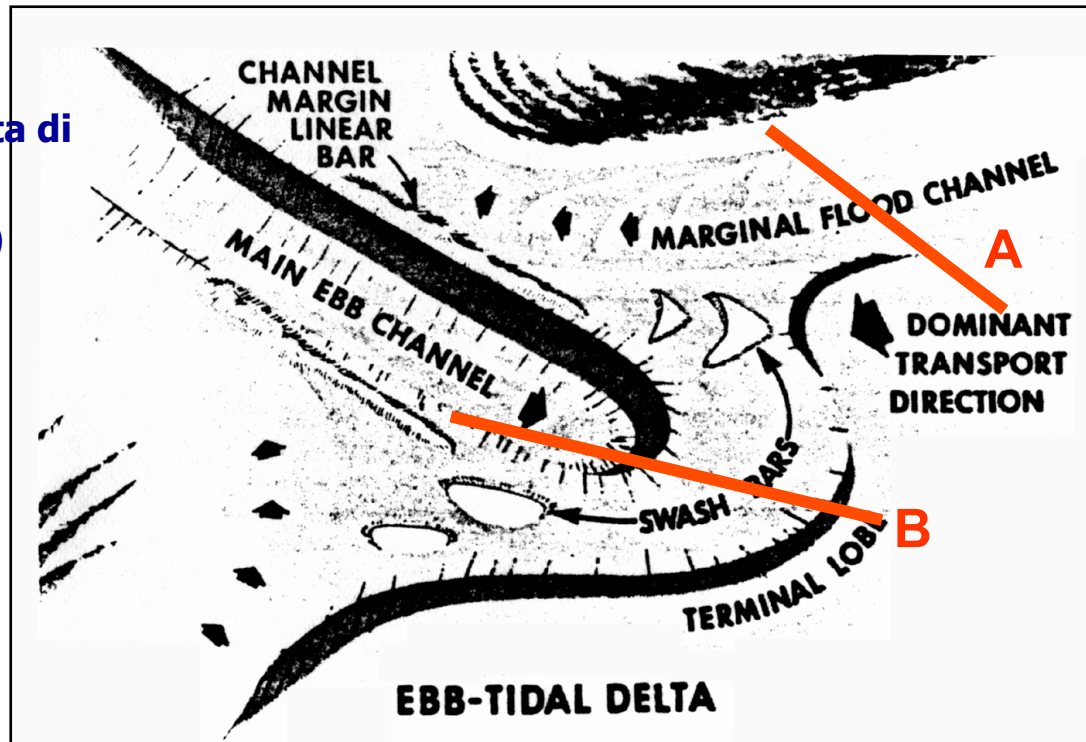
*Terminal Lobe*

*Channel Margin Linear Bar*





**Modello di un delta di riflusso (HAYES,1980)**

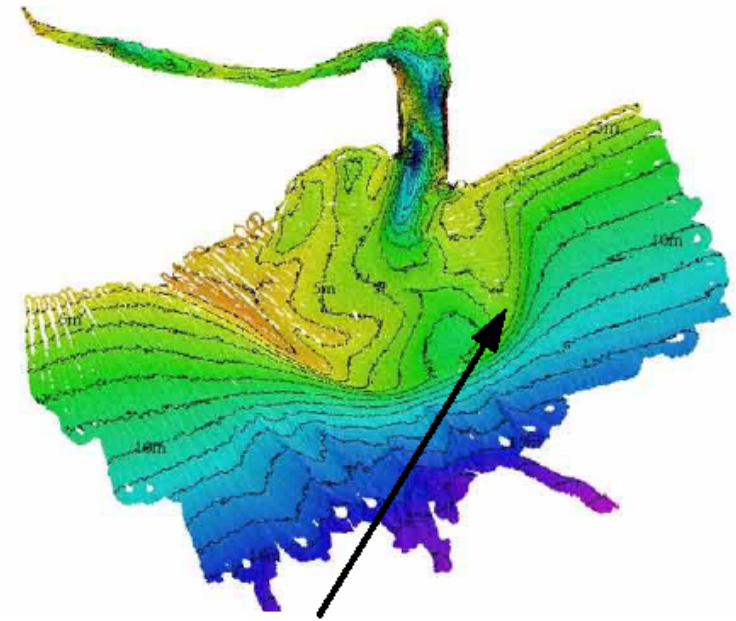




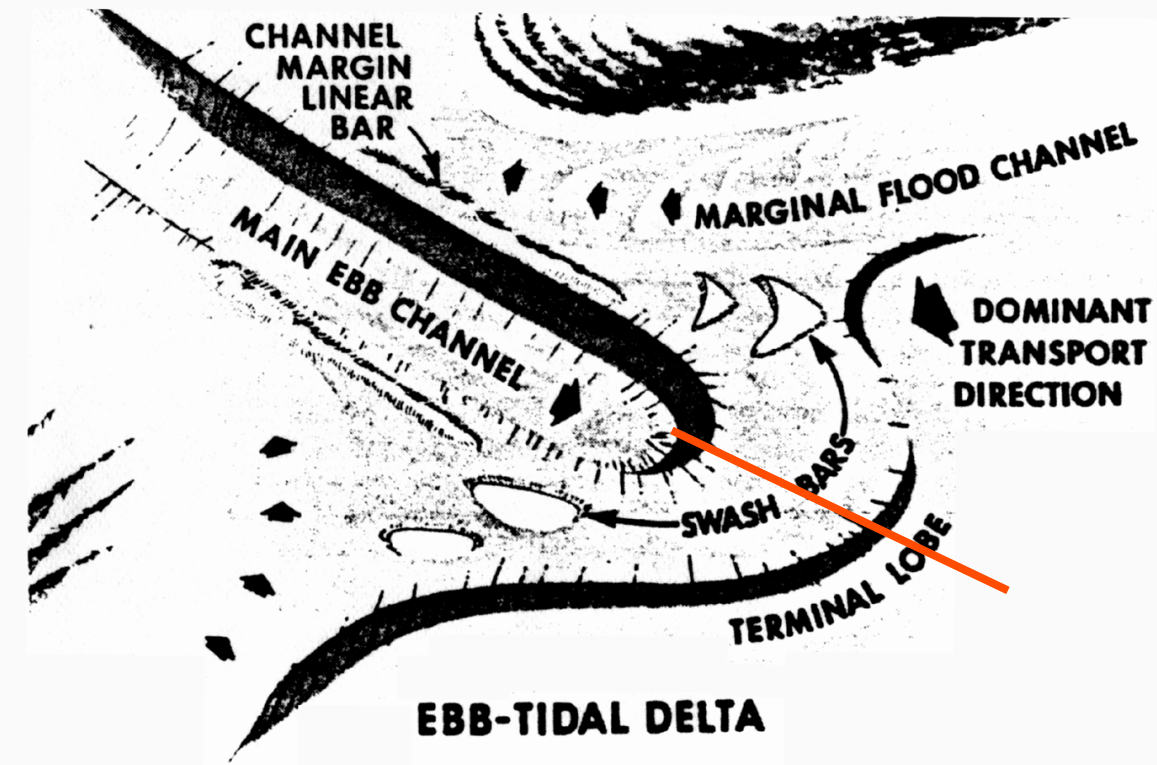




## IL DELTA DI RIFLUSSO

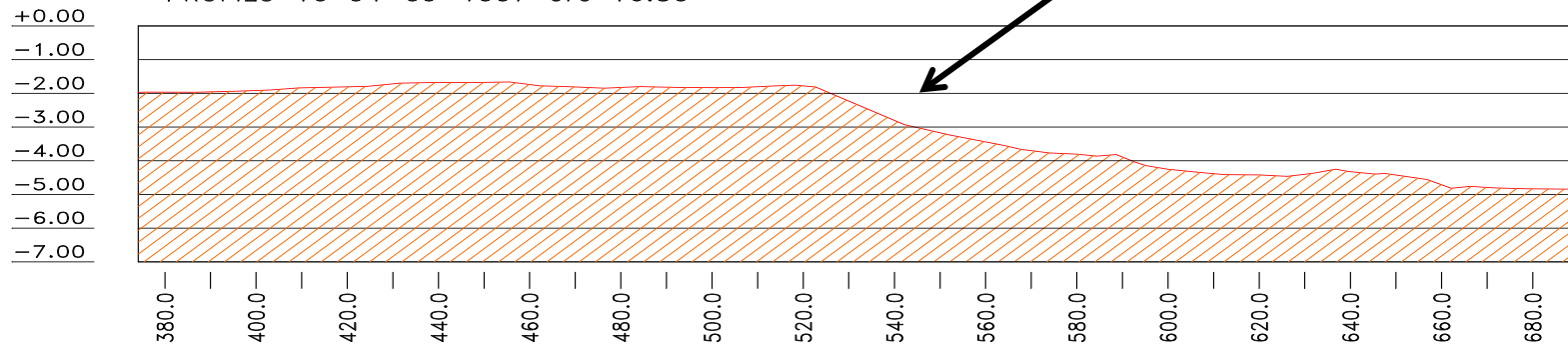


*Ebb shoal*  
*Shinnecock Inlet*



Rottura di pendenza concava in corrispondenza del lobo terminale

PROFILO 10 04-09-1997 ore 16:50

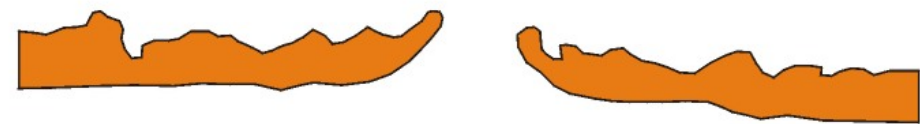




Diversi tipi di configurazione di bocche tidali sulla base dello sfasamento tra i lidi adiacenti

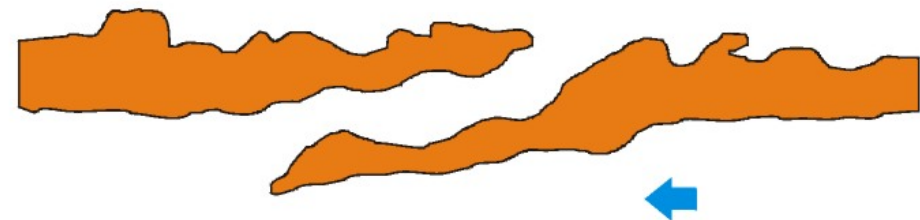
(da Lynch-Blosse & Kumar, 1976)

### TIPO DI OFFSET (sfasamento)

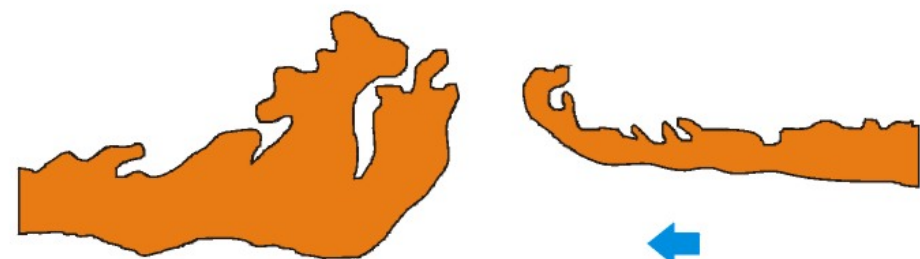


1. Rettilineo

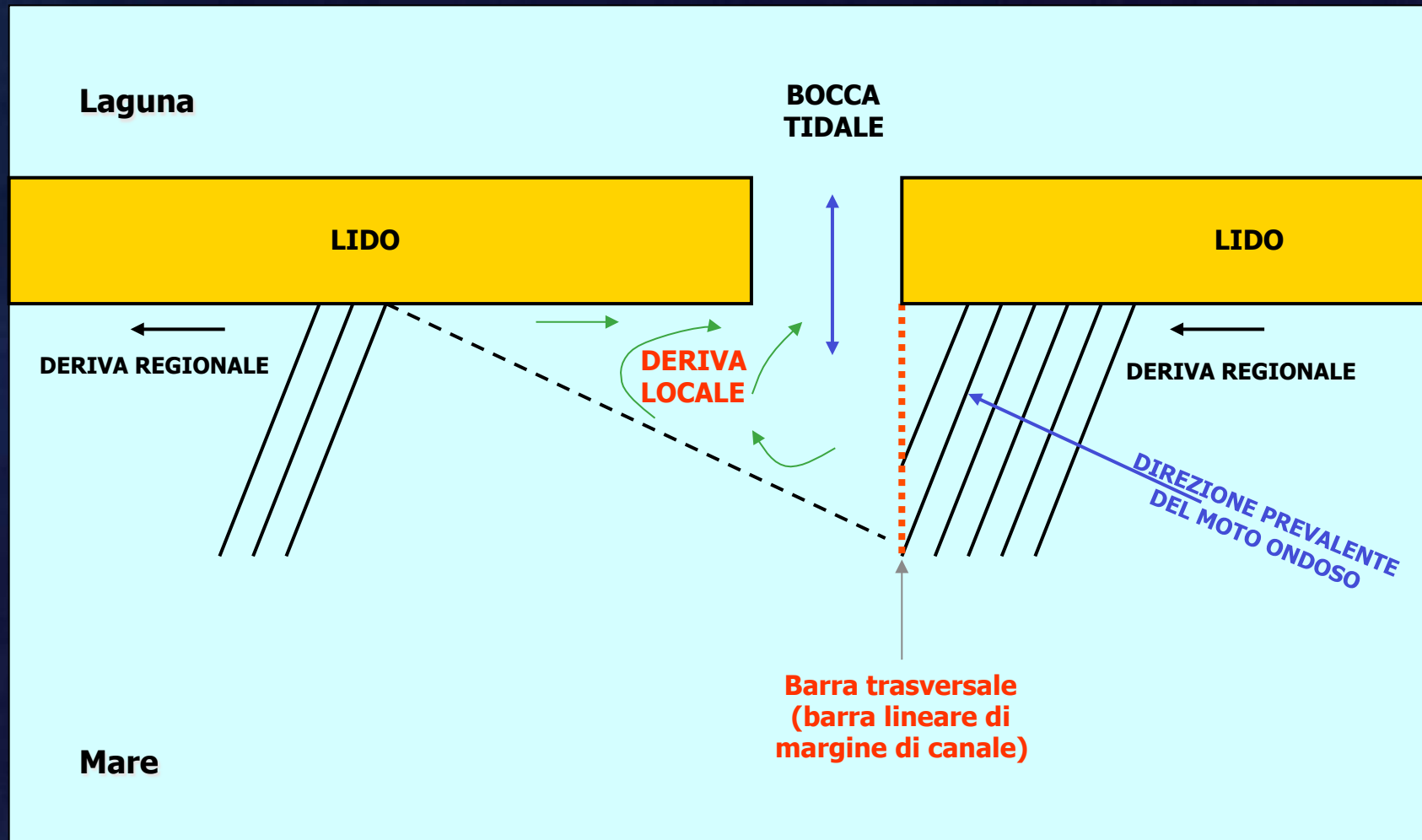
← Deriva litoranea



2. Up-drift



3. Down-drift

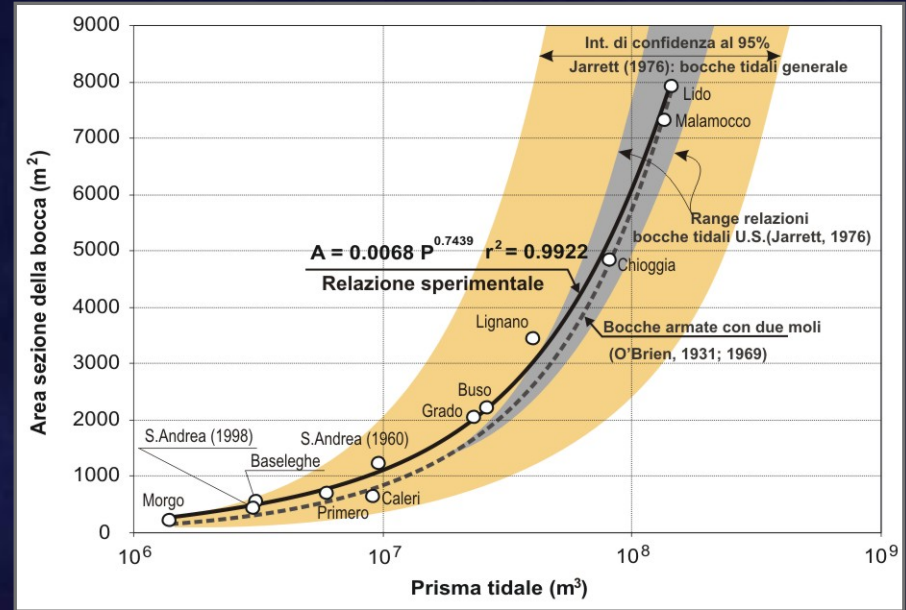


Creazione di una deriva locale inversa e  
 modello di crescita di un lido sfasato sottoflutto  
 (*DOWNDRIFT OFFSET*)

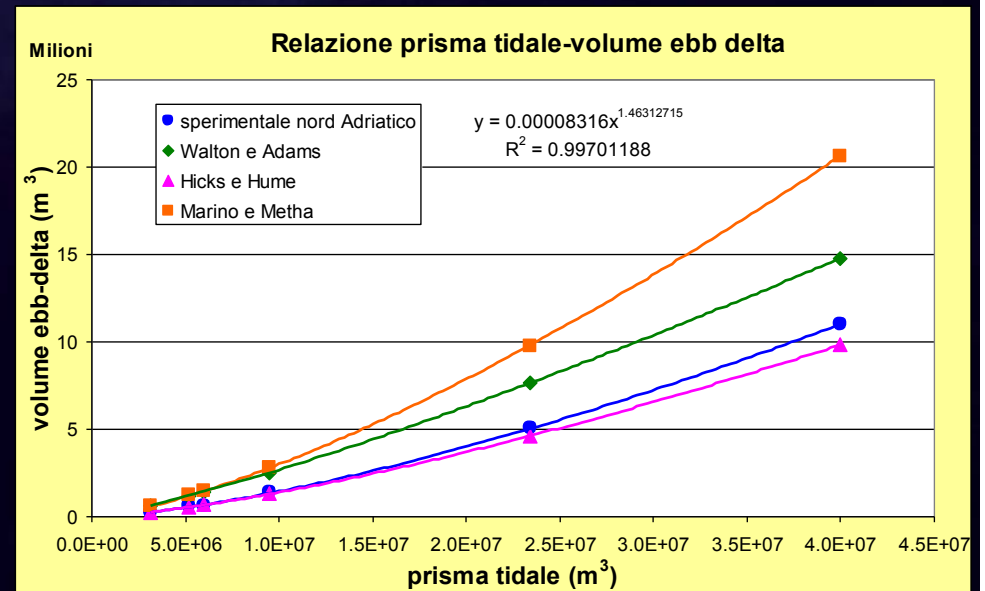




# BOCCHIE TIDALI NATURALI ED ARMATE



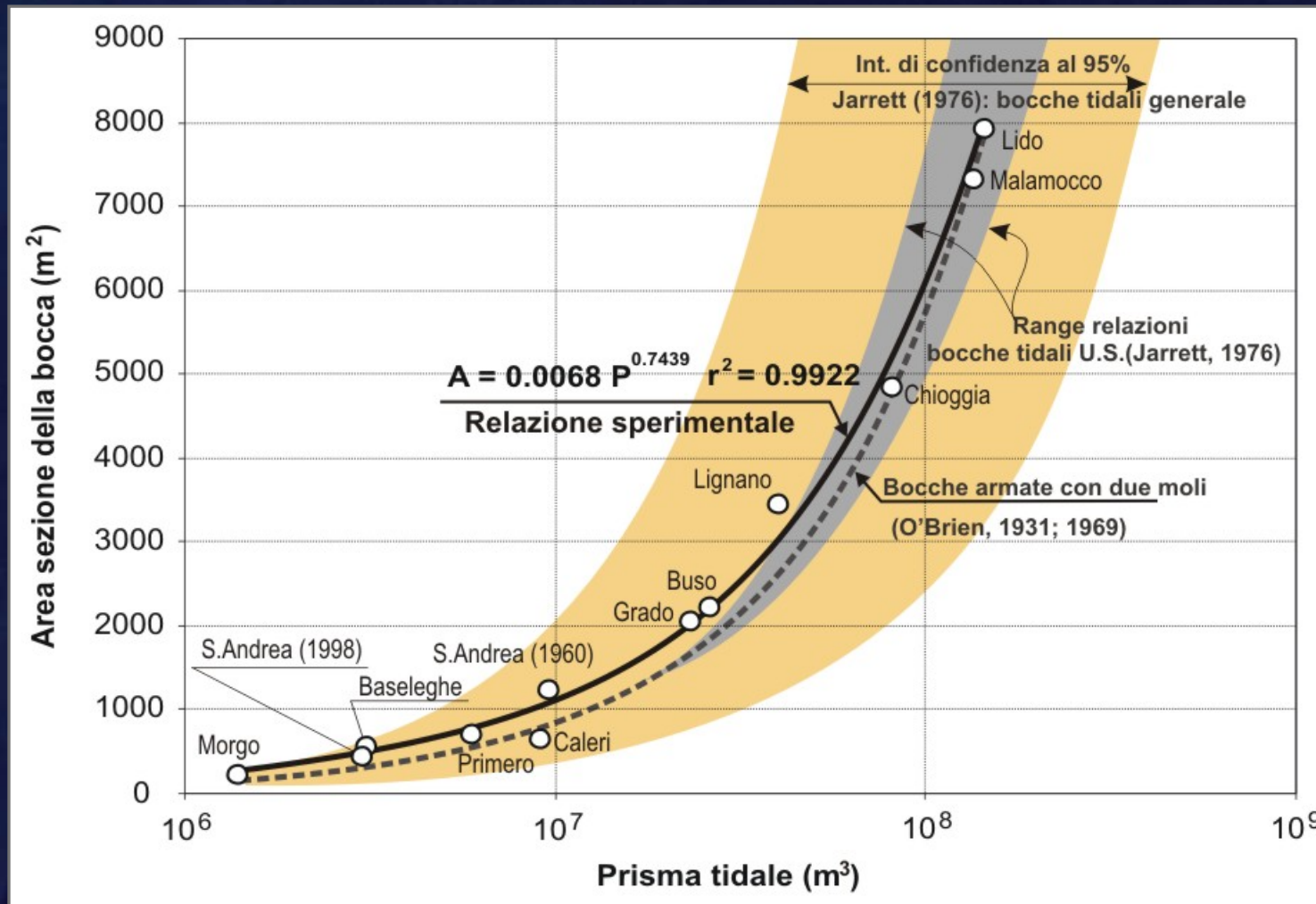
## Relazioni di letteratura e sperimentali



# Le condizioni di equilibrio

## Relazione tra prima di marea e sezione idraulica della bocca

$$A = c P^n \text{ (O'Brien, 1931)}$$



Erroneamente, vengono spesso usati criteri deterministici, in base alle formule note in letteratura. L'esempio più eclatante è dato dalla casistica delle bocche degli USA fornita da Jarrett (1976), in base alla quale la relazione P-A è fornita da:

$$A = 0.0009 P^{0.85} \text{ (Jarrett, 1976)}$$

La formula di Jarrett è molto simile e produce risultati praticamente identici rispetto all'indicazione fornita da O'Brien (1969), 38 anni dopo la formulazione generale della relazione P-A:

$$A = 0.00075 P^{0.86} \text{ (O'Brien, 1969)}$$

Il concetto "chiave" è che gran parte delle bocche tidali sono regolate da intescambi mareali con carattere semidiurno. In questo modo, flusso e riflusso intervengono regolarmente ogni 6 h e 13 min. (=22380 sec).

Se un prisma tidale è ad es. pari a  $2.238 \cdot 10^6$  mc ed un altro è 10 volte superiore è chiaro che a parità di tempo di invaso (o svaso) saranno necessarie due distinte aperture, affinché sia garantito il totale afflusso d'acqua all'interno del bacino lagunare con portata di 100 mc/s e 1000 mc/s rispettivamente.



La relazione P-A va quindi attentamente valutata caso per caso:

BOCCA	P (m <sup>3</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	Jarrett	GM	NA
Primero	6.00E+06	696	520	751	750
Grado	2.34E+07	2045	1652	2156	2063
Morgo	1.40E+06	215	151	243	254
Buso	2.63E+07	2216	1825	2360	2250
S.Andrea 1960	9.70E+06	1232	782	1090	1071
Lignano	4.00E+07	3438	2606	3267	3074
SA-1999	3.12E+06	559	298	452	461
Lido 1984	1.45E+08	7916	7788	8861	8012
Alberoni 1984	1.36E+08	7320	7375	8432	7639
Chioggia 1984	8.20E+07	4840	4797	5697	5243
Baseleghe	3.04E+06	435	292	444	452

Laguna di Grado e Marano

Laguna di Venezia

Laguna di Caorle

Dati sperimentali  
(Nord Adriatico)

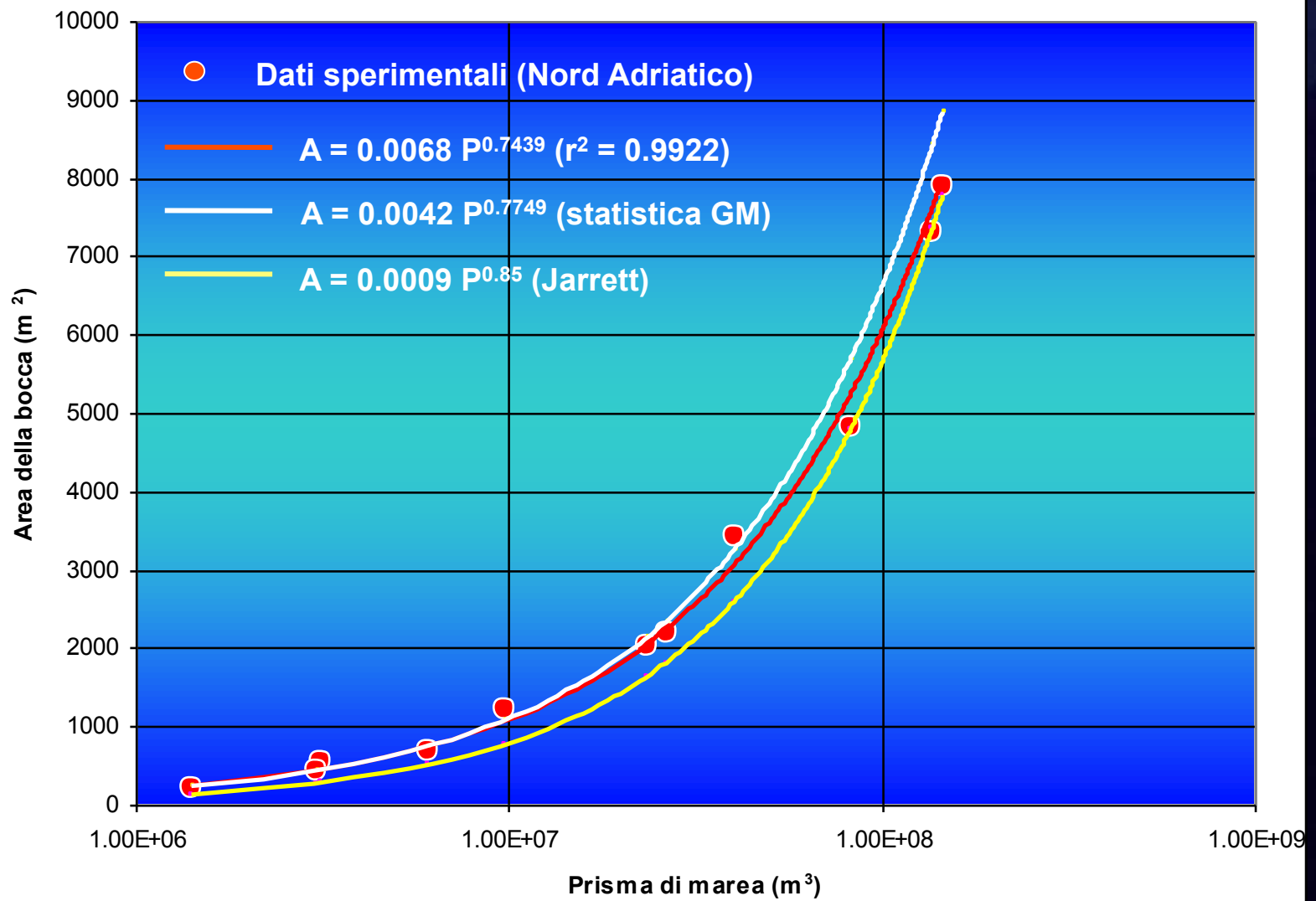
$$A = 0.0009 P^{0.85} \text{ (Jarrett)}$$

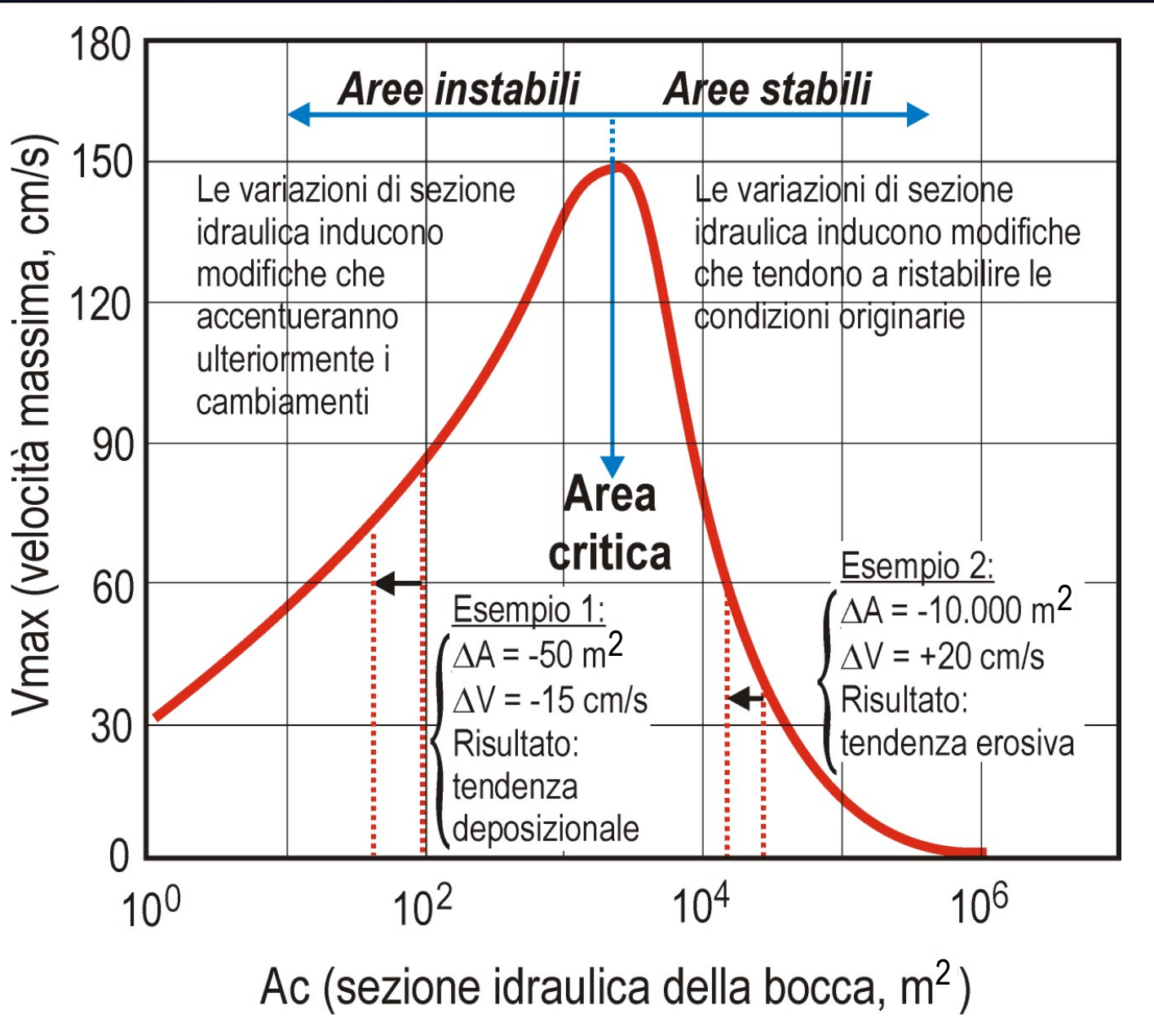
$$A = 0.0068 P^{0.7439}$$

Nord Adriatico

$$A = 0.0042 P^{0.7749}$$

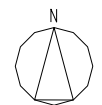
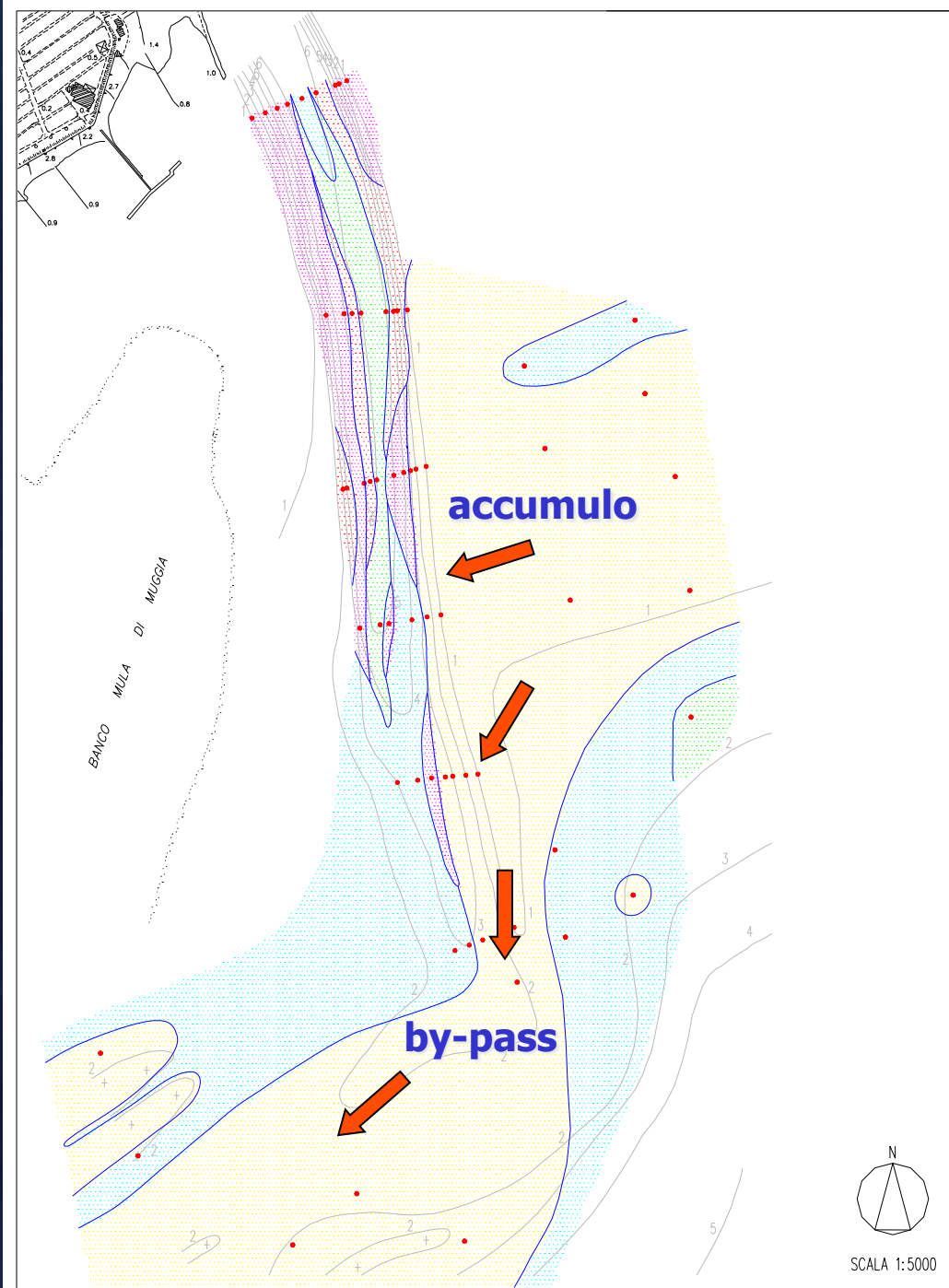
Lagune di Grado e Marano)





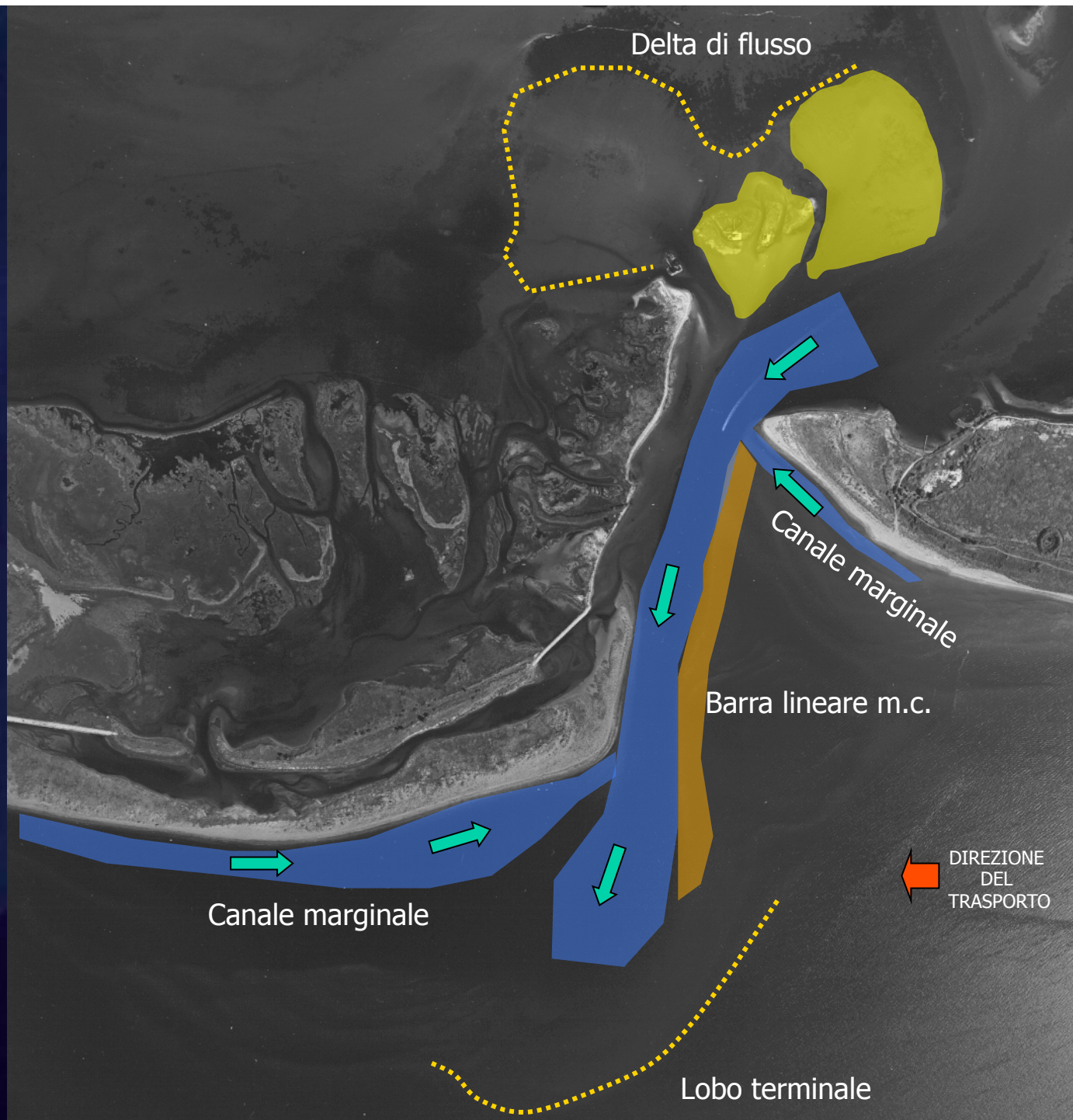






SCALA 1:5000





Delta di flusso

Canale marginale

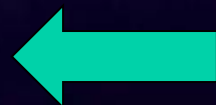
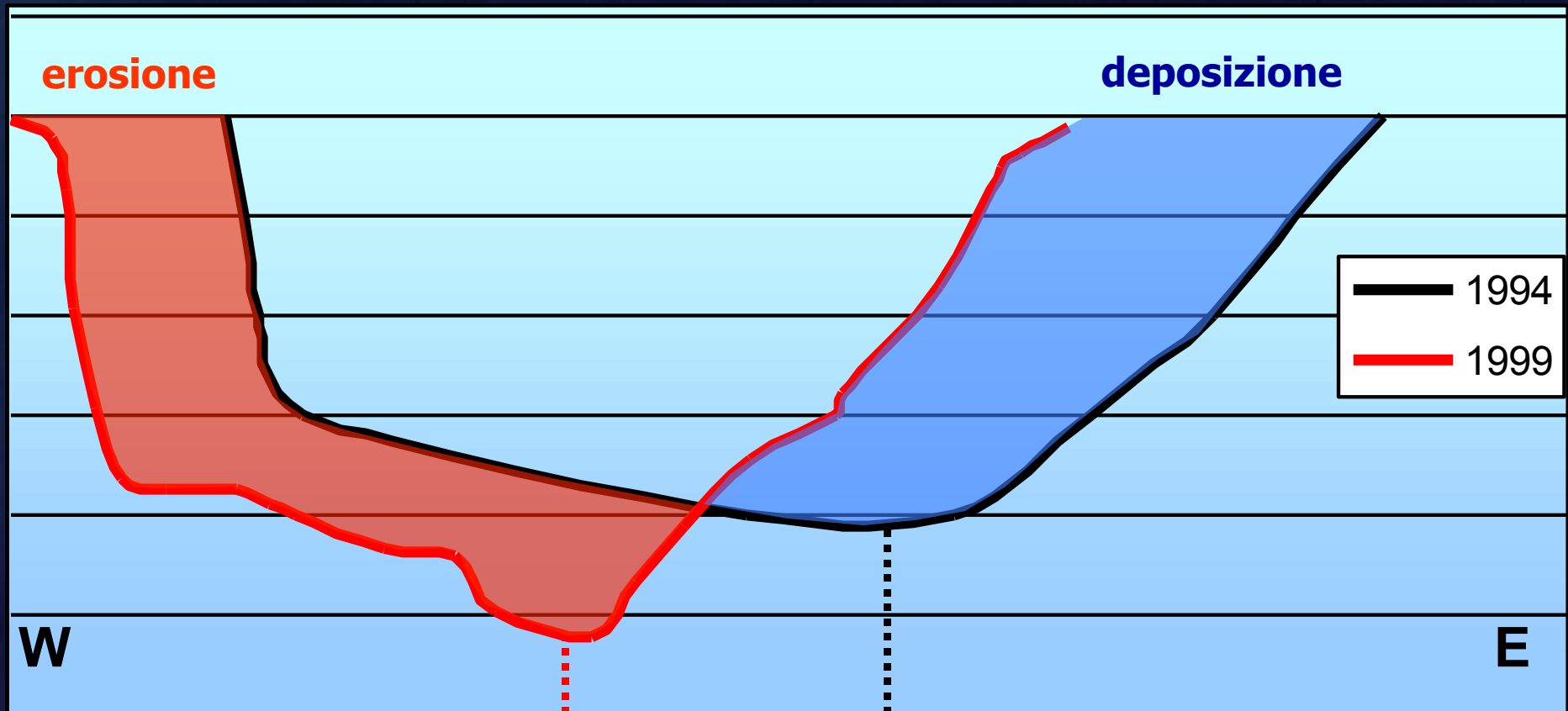
Barra lineare m.c.

Canale marginale

DIREZIONE  
DEL  
TRASPORTO

Lobo terminale





MIGRAZIONE DELL'ASSE

### BILANCIO SEDIMENTARIO 1994-1999

Accumulo netto di sedimenti all'interno del canale = 20.000 m<sup>3</sup>



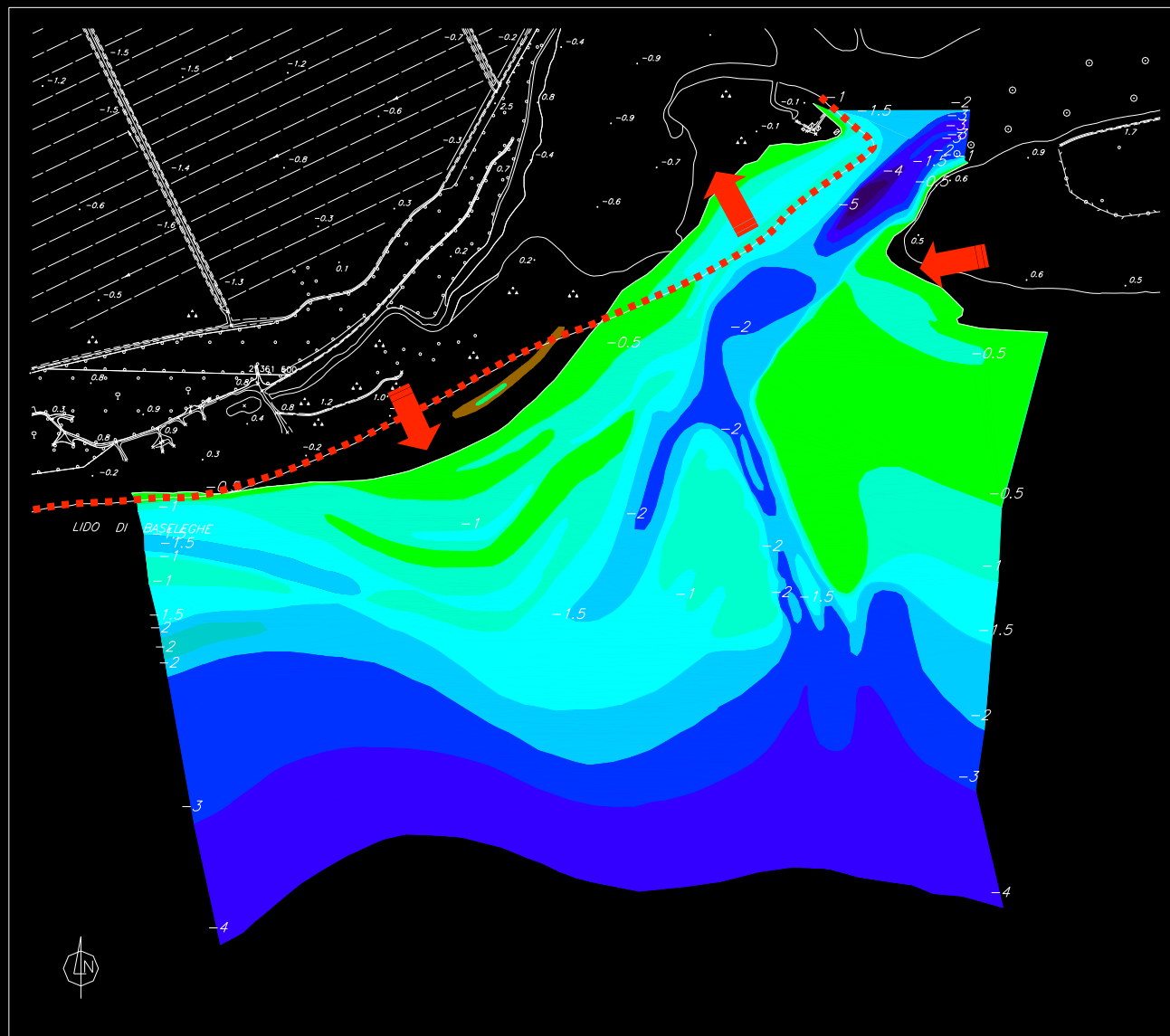













**BASELEGHE 2012**




# CARTA BATIMETRICA della BOCCA TIDALE di BASELEGHE




LEGENDA (profondità in metri)

-4 profondità		-1.5,-2
	0.5,0	 -2,-3
	0,-0.5	 -3,-4
	-0.5,-1	 -4,-5
	-1,-1.5	 -5,-6

 linea di riva attuale

 linea di riva CTR-1983

 Tendenza della linea di riva

I rilievi batimetrici e topografici sono stati eseguiti a fine luglio '99. Tutte le quote sono riferite al livello medio mare di Trieste. Le posizioni sono invece riferite a due caposaldi ubicati sulla spiaggia di Valle Vecchia, rilevati mediante sistema DGPS.





**BARRA LINEARE DI MARGINE CANALE (Baseleghe lato est)**

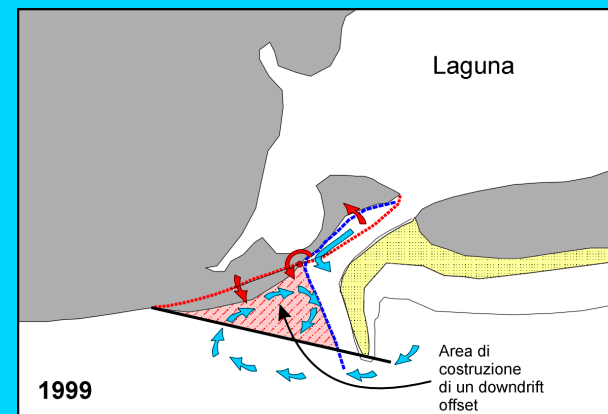
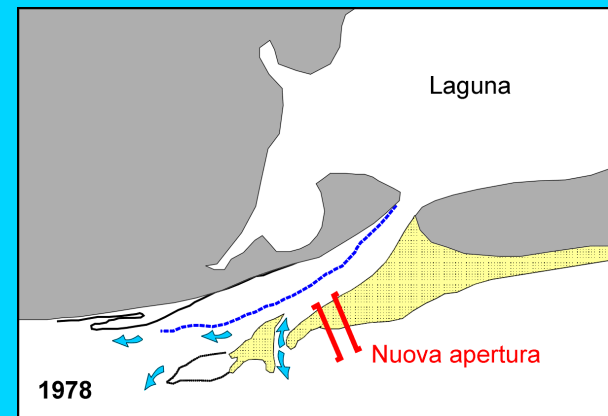
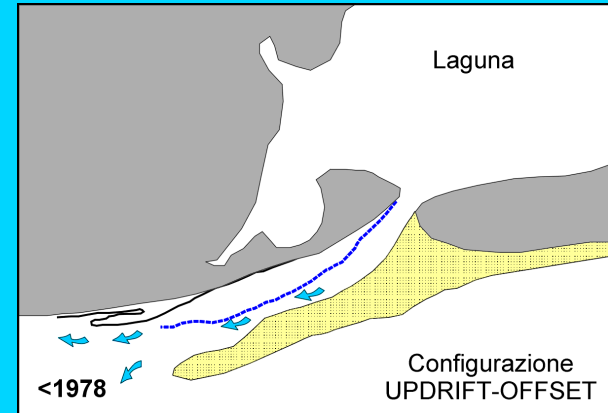




**Fenomeni erosivi sul lato sottoflutto (Baseleghe lato ovest)  
E' evidente lo smantellamento del breakwater difensivo**









# FRAMMENTAZIONE

# APERTURA

# CHIUSURA



Macia 1995 (Laguna di Grado)

**Washover multipli convergenti (frammentazione trasversale)**



bocca secondaria di Goro 1998 (Delta del Po)

**Allargamento della breccia (frammentazione laterale)**



Primero 1991 (Laguna di Grado)

**configurazione "straight" (rettilinea - simmetrica)**

## BRECCIA



Goro 1998 (Delta del Po)

**Apertura (breccia) breaching - washover**



Manzi 1978 (Laguna di Grado)

Ampliamento del flood-delta (Flood-dominated phase)

**Costruzione del delta di riflusso (forme trasversali di contrasto)**

- swash bar
- lobo terminale

- Aumento dell'estroflessione del canale di riflusso verso mare
- Formazione di forme di contrasto legate al trasporto longshore



Le Cree 1954 (Laguna di Grado)



Le Cree 1995 (Laguna di Grado)

**Costruzione del delta di riflusso (forme longitudinali)**

- barra lineare di margine canale
- canali marginali

**BOCCA TIDALE (ebb-dominated)**

Migrazione del canale ( $E_{long} > E_{tidale}$ )



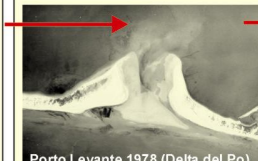
Le Cree 1998 (Laguna di Grado)

**configurazione "updrift offset" (sfasamento supraflutto)**

Deriva locale inversa ( $E_{long} \leq E_{tidale}$ )



Baseleghe 1978 (Laguna di Caorle)



Porto Levante 1978 (Delta del Po)



Goro 1998 (Delta del Po)



Goro 1998 (Delta del Po)

**Modalità di suturazione**

chiusura con distruzione del ventaglio di esondazione e conservazione delle uncinate laterali

Chiusura con conservazione della canalizzazione e del ventaglio di esondazione



Manzi 1995 (Laguna di Grado)



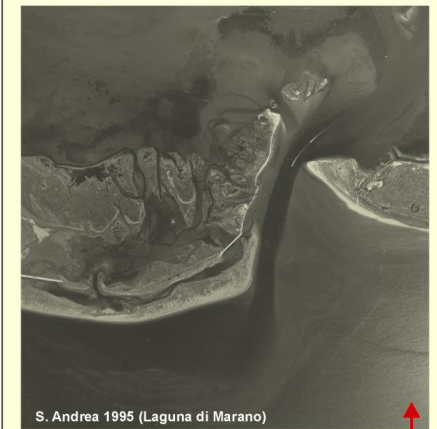
Manzi 1998 (Laguna di Grado)



Le Cree 1978 (Laguna di Grado)

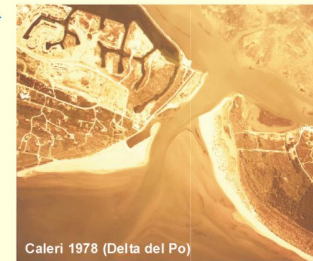
**Riattivazione flood-delta (washover)**

Le fasi di riattivazione non obliterano il delta di riflusso. Solo in questo caso è possibile identificare la sequenza degli eventi; viceversa, se la riattivazione avviene durante le fasi giovanili di sviluppo del varco, le forme di esondazione si sovrappongono alle precedenti.



S. Andrea 1995 (Laguna di Marano)

**configurazione "downdrift offset" (sfasamento sottoflutto)**



Caleri 1978 (Delta del Po)

**accrescimento sottoflutto "effetto downdrift"**



Baseleghe 1998 (Laguna di Caorle)

**ESEMPIO DI PROCEDURA GEOSTATISTICA  
PER LA VALUTAZIONE DEL POTENZIALE  
DI ACCUMULO DI DEPOSITI SABBIOSI  
NELLE BOCCHE TIDALI NORD ADRIATICHE**



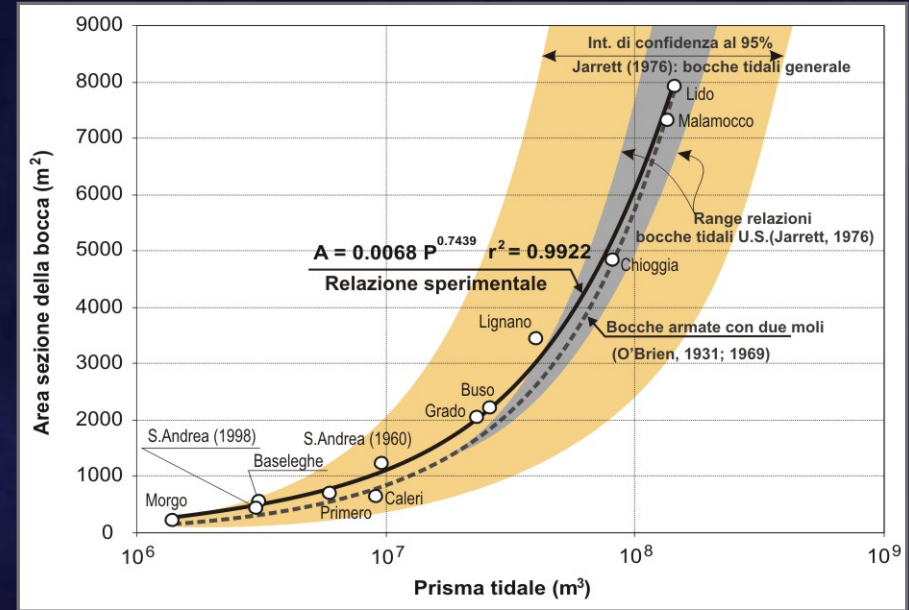
# AREA DI STUDIO



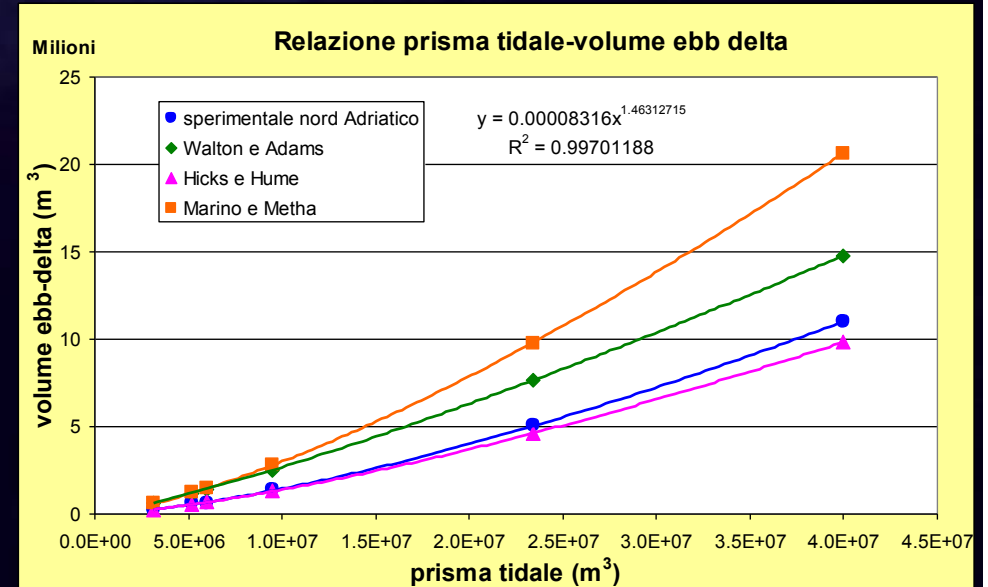
## **STRATEGIE DI GESTIONE:**

- **MANTENIMENTO PASSO NAVIGABILE**
- **UTILIZZO DEI DEPOSITI SABBIOSI**
  - Stima del volume di ebb delta
  - Granulometria
  - Geodatabase dei depositi sabbiosi utilizzabili ai fini del ripascimento

# BOCCHIE TIDALI NATURALI ED ARMATE



## Relazioni di letteratura e sperimentali





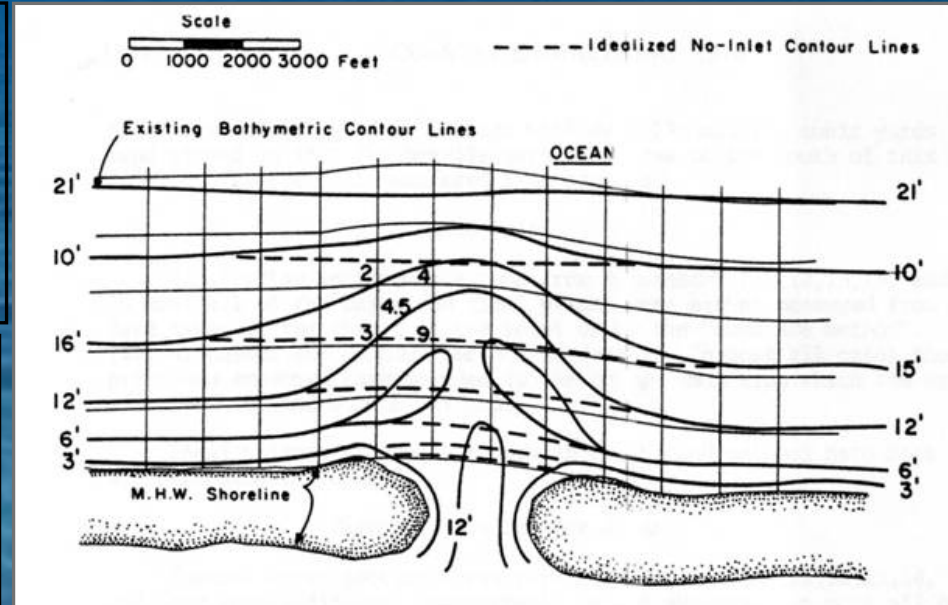
# Metodo di identificazione dell'ebb-delta

## ➤ **Metodo del residuale** (Residual Method, RM)

Il principio del Residual Method si basa sul calcolo della differenza tra l'assetto batimetrico reale e quello ideale – privo del delta – secondo la metodologia proposta da Walton & Adams, 1976

Identificazione del deposito di ebb-delta attraverso la differenza tra la mappa della morfologia reale (elaborata digitalmente in forma di TIN e GRID) e la morfologia virtuale, priva di apparato deltizio, ricavata applicando procedure di TSA

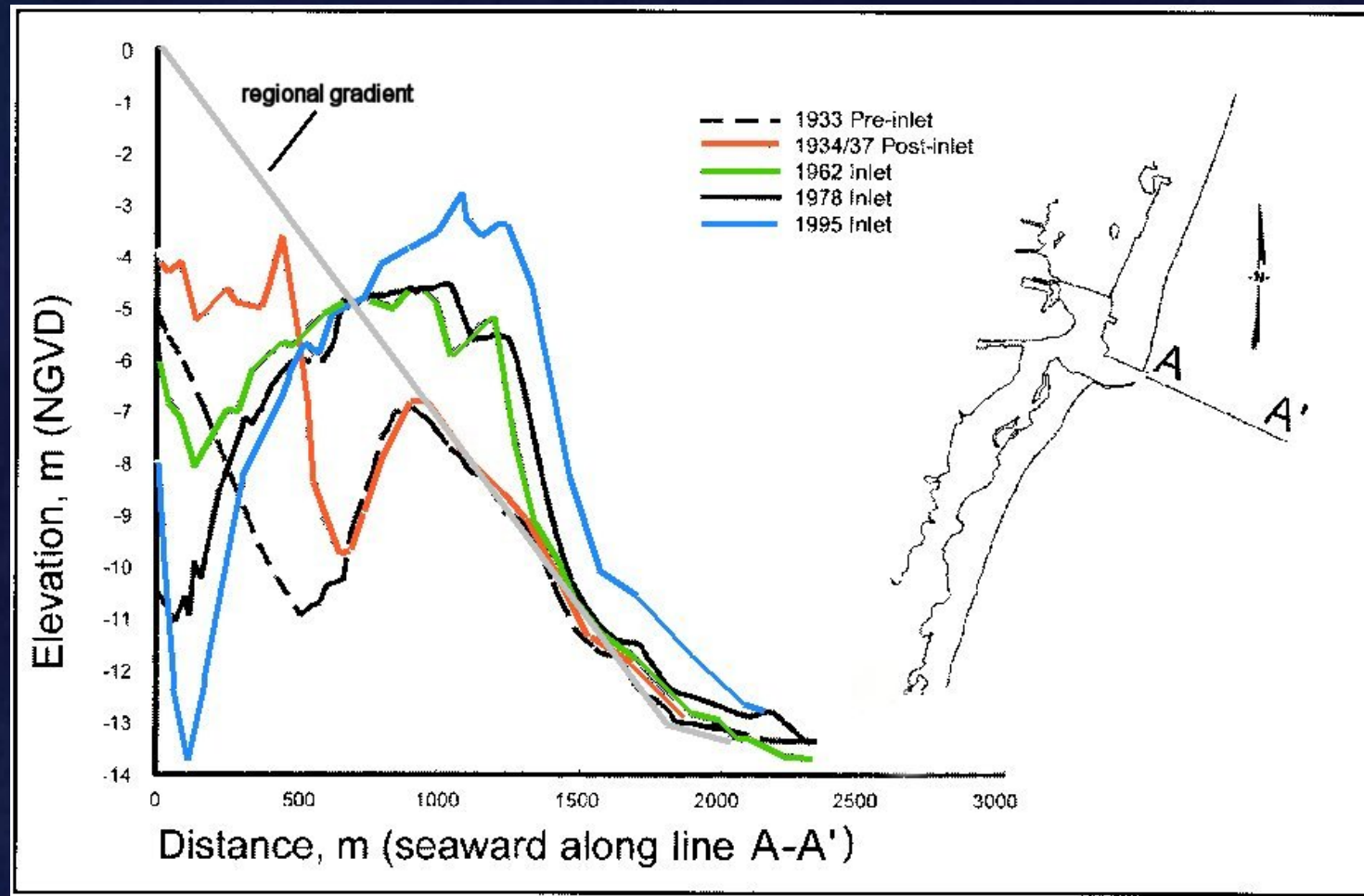
**Trend Surface Analysis**: costruzione di una superficie polinomiale di ordine ennesimo (tendenza regionale) che interpola il set originario  $x-y-z$



- **I fase**: Metodo manuale (W.A.)
- **II fase**:
  - 4 profili laterali
  - 2 profili laterali
  - Detrending totale – utilizzo di tutti i profili disponibili
- **III fase**: costruzione di una griglia regolare di punti, opportunamente dimensionata

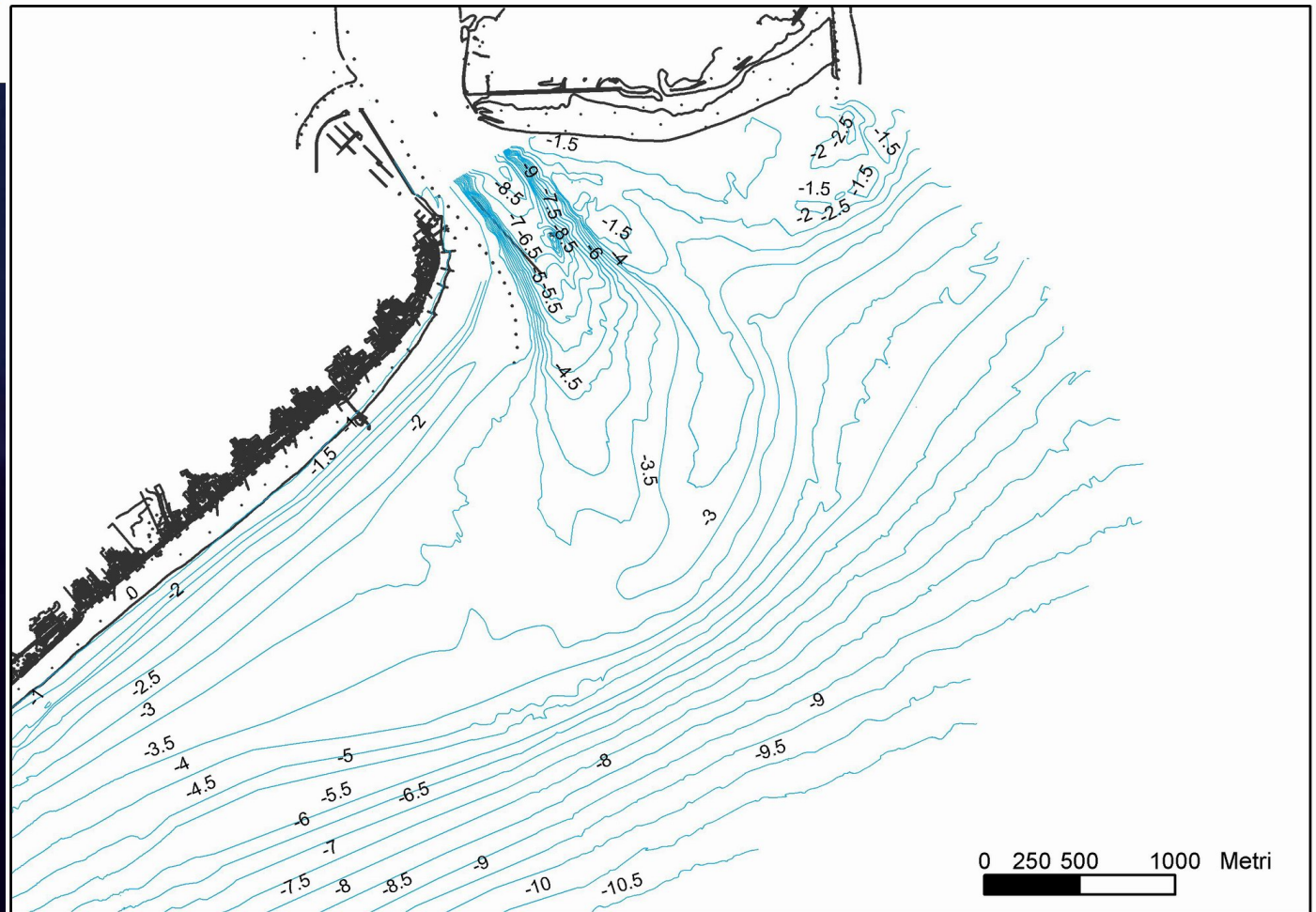


# Identificazione bidimensionale dell'ebb-delta



Esempio grafico della costruzione del gradiente regionale secondo Stauble (1988).

Esempio di rilievo batimetrico per la  
costruzione del modello morfologico del delta  
di riflusso: **BOCCA DI LIGNANO**



# Bocca tidale di Lignano: raster (GRID) della morfologia costiera in assenza dell'apparato tidale

1 – dati di partenza

Trend regionale virtuale:

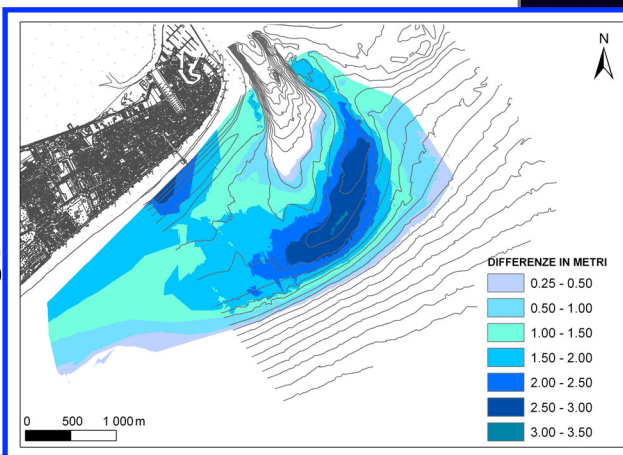
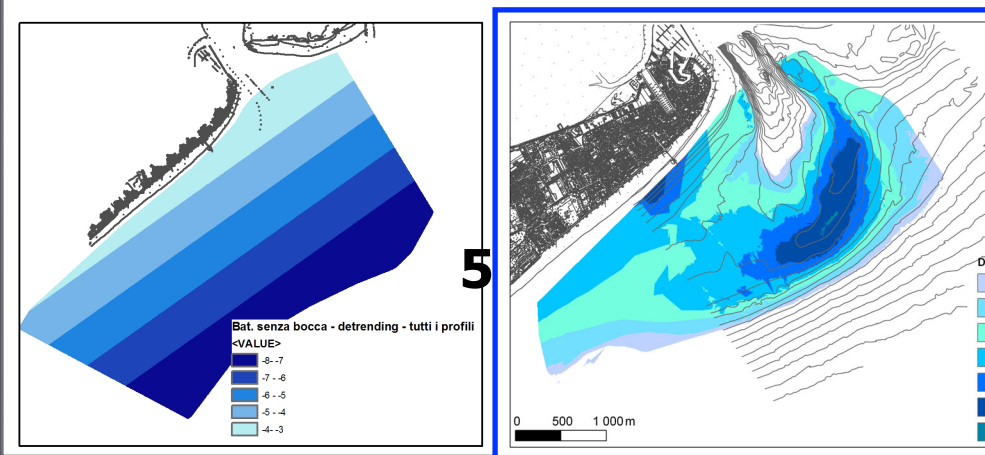
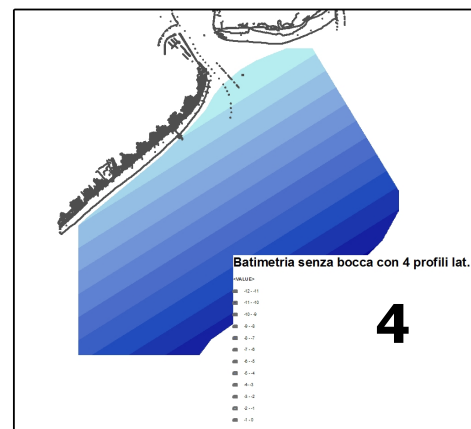
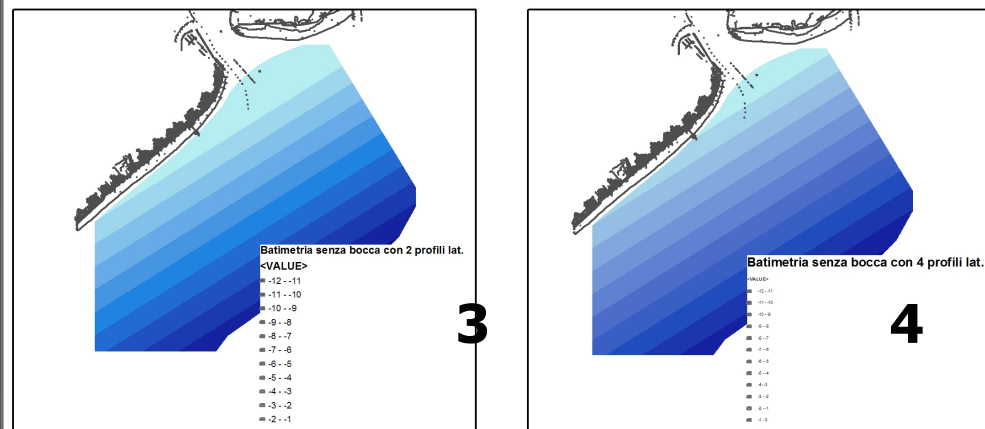
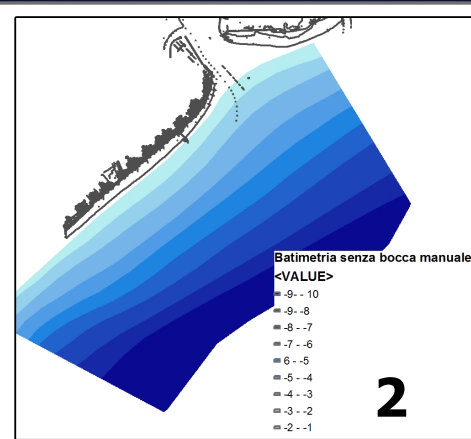
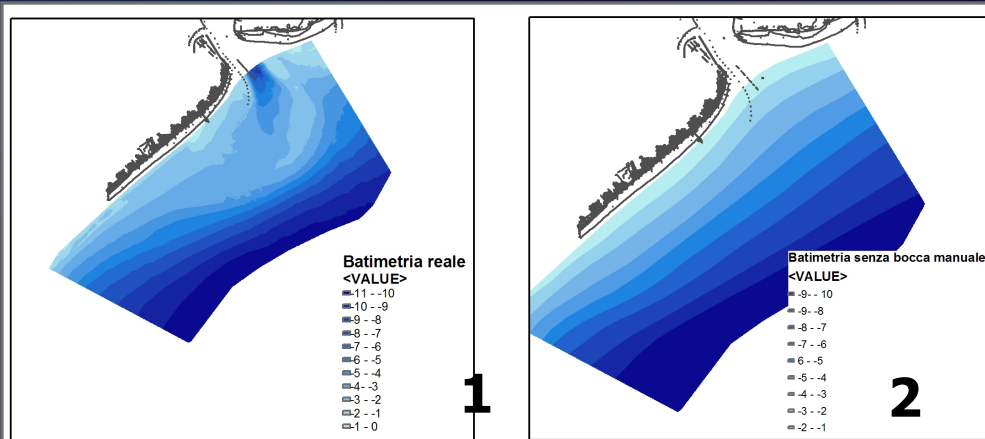
2 – elaborazione manuale

Metodi automatici:

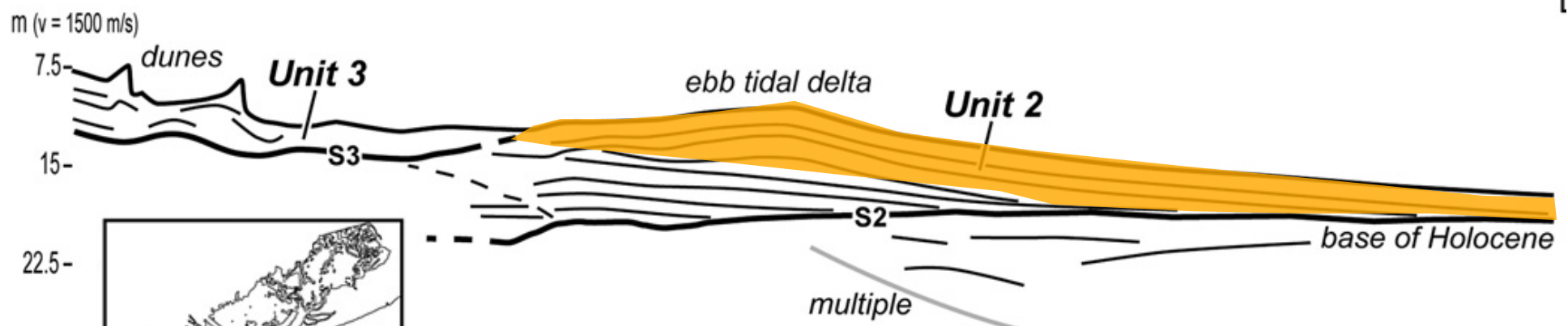
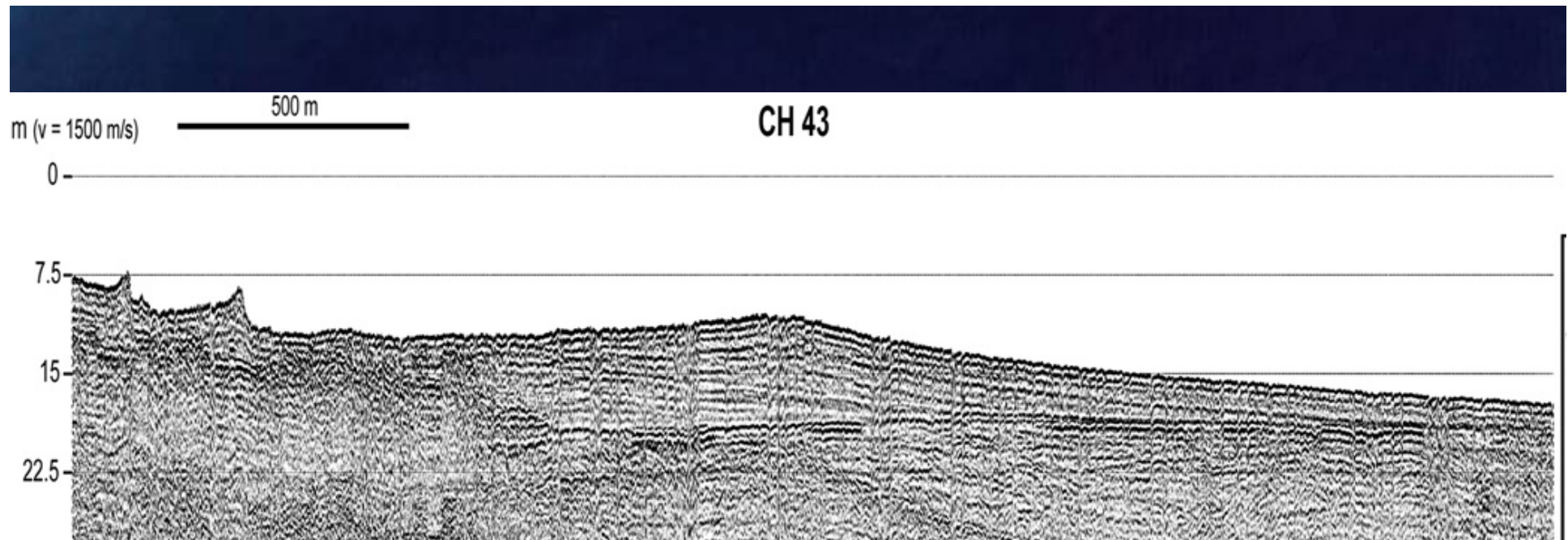
3 – 2 profili laterali

4 – 4 profili laterali

5 – utilizzo di tutti i profili disponibili



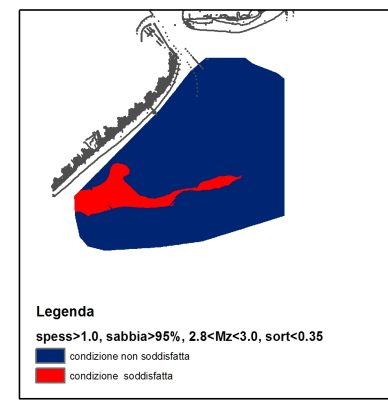
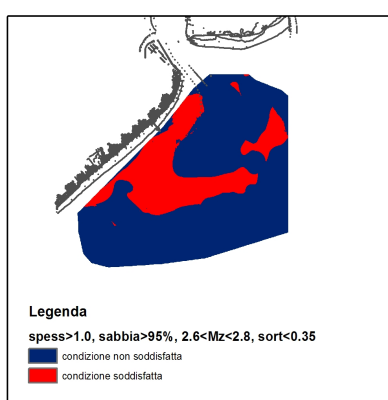
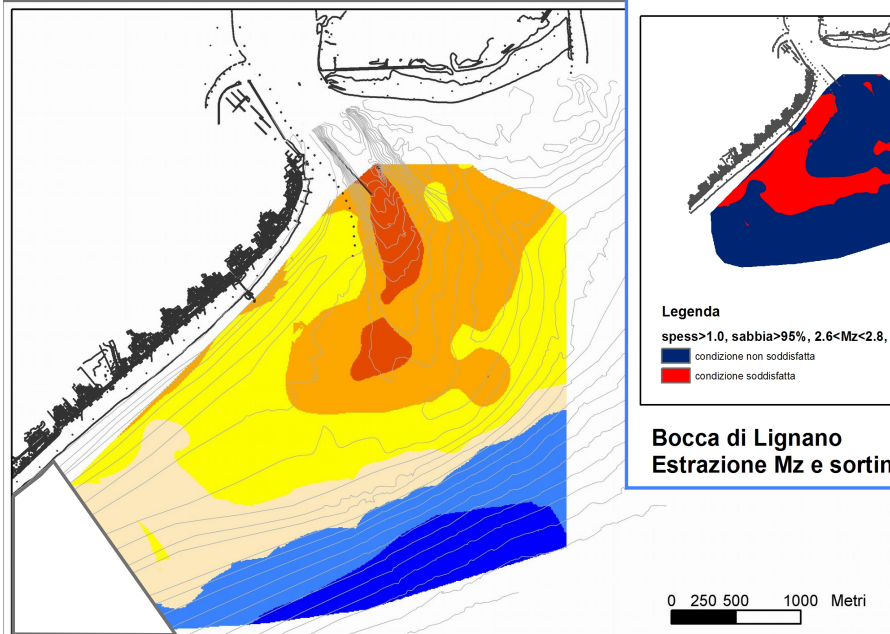
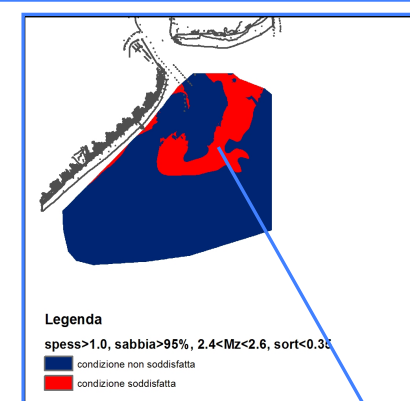
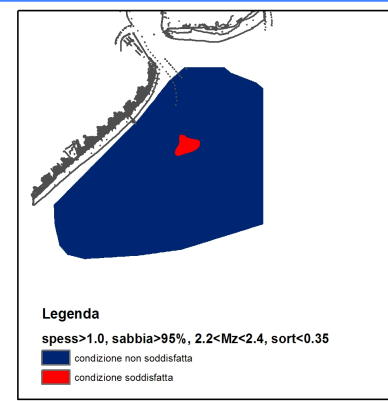
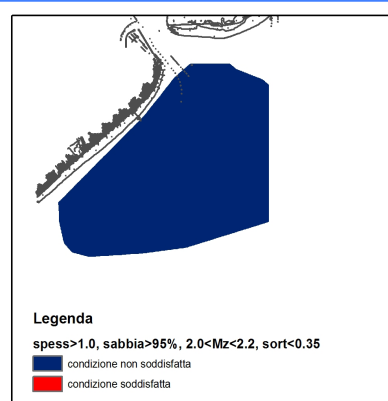
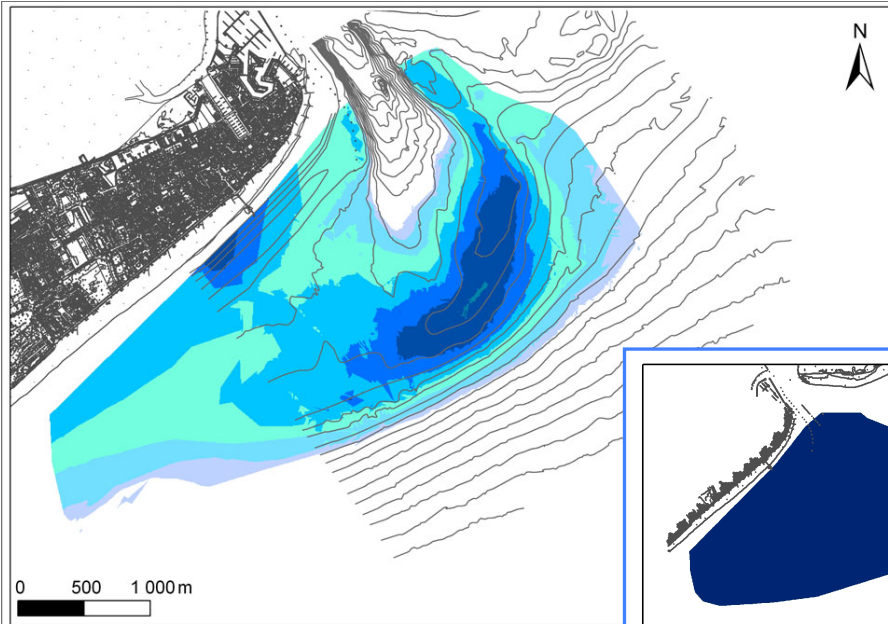




Esempio del corpo deposizionale di ebb-tidal delta di Chioggia (da Zecchin et al., 2008)

# SEDIMENTOLOGIA

## GIS – interrogazioni al database



**ca. 2.700.000 m<sup>3</sup>**

**Spessore > 1m**

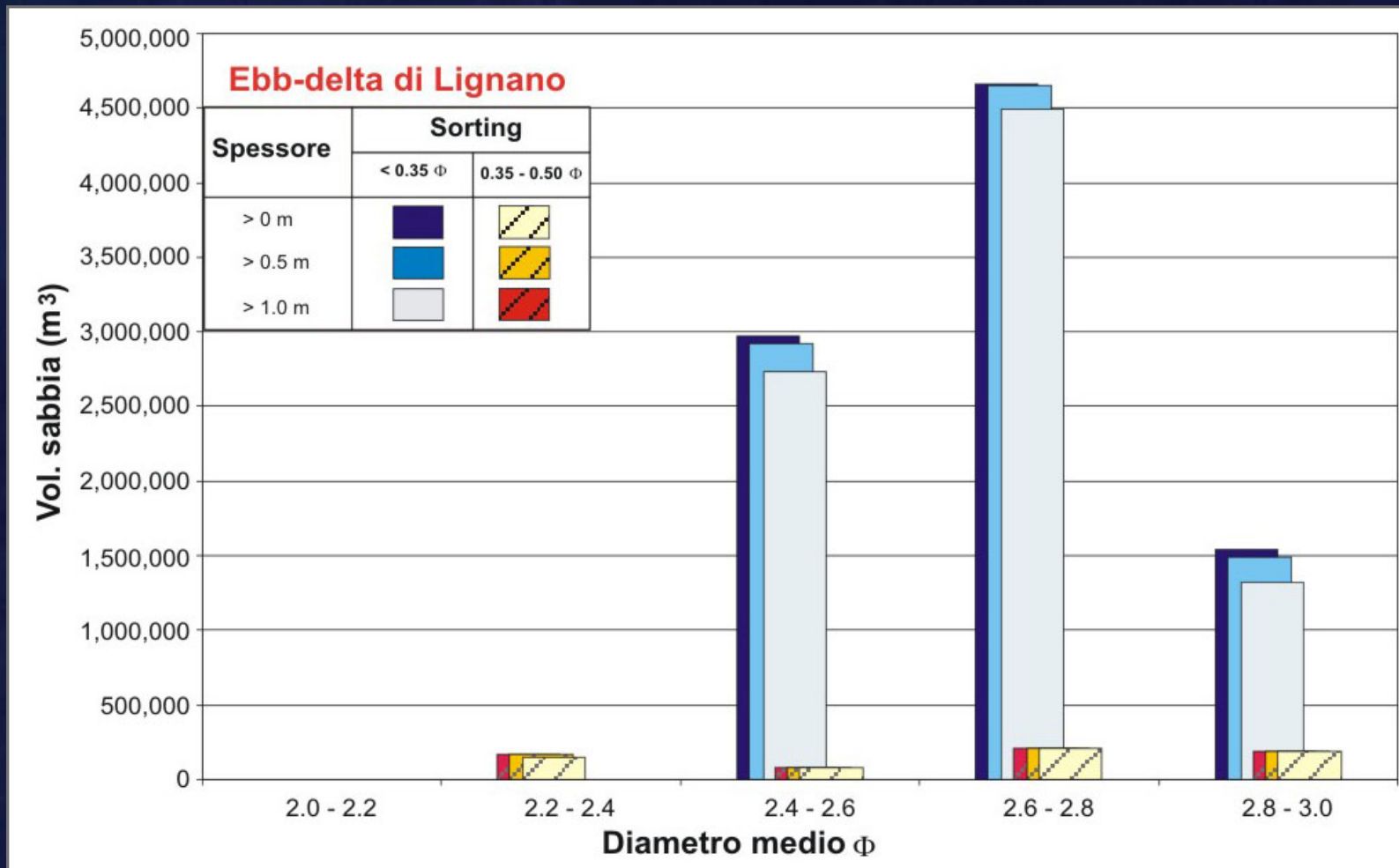
**Diametro medio:  
2.4 < Mz < 2.6  $\Phi$**

**Sorting < 0.35  $\Phi$**

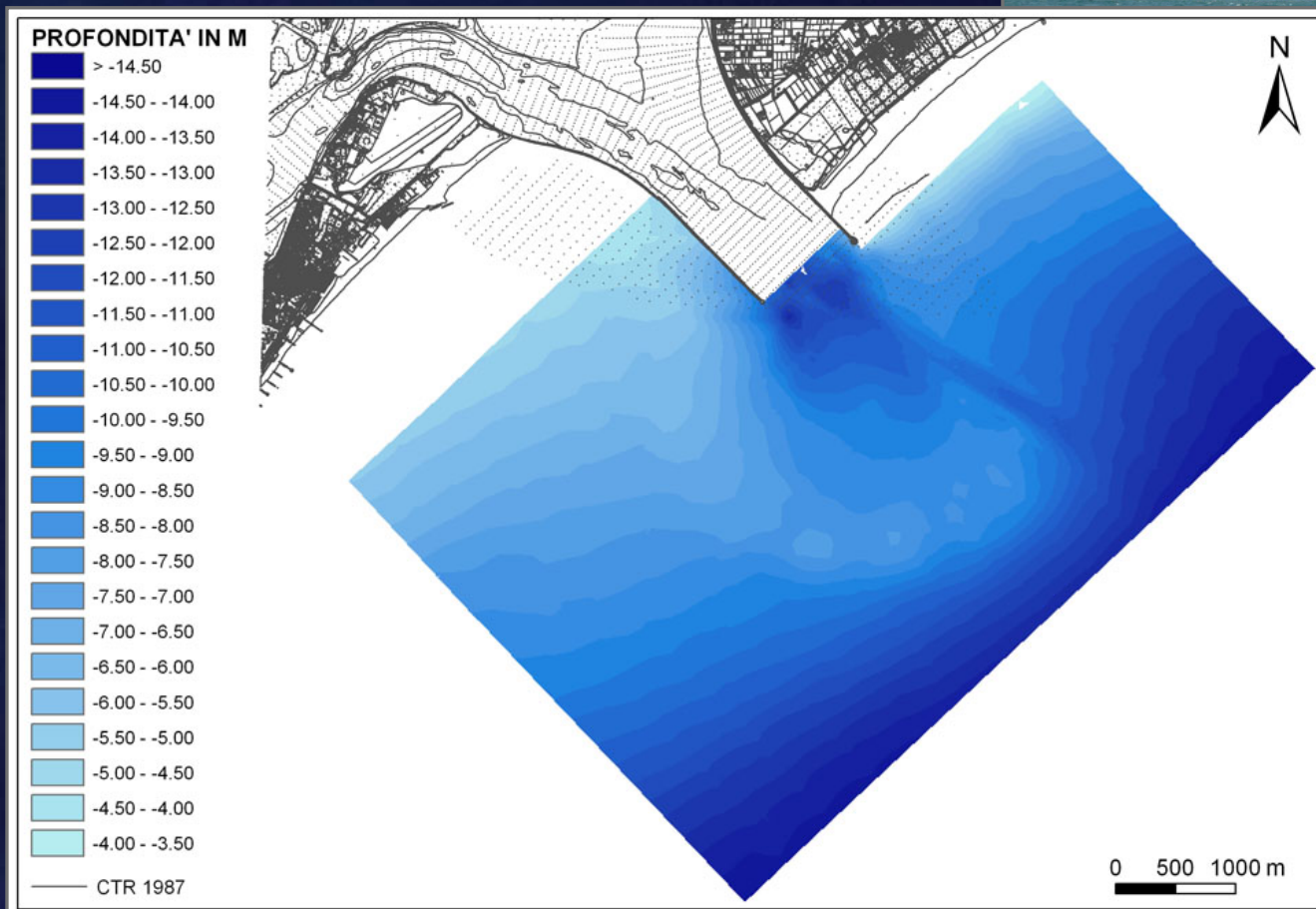
**Bocca di Lignano  
Estrazione Mz e sorting per sabbie > 95% e spessore > 1.0**



# VOLUME DEL DEPOSITO SABBIOSO IN FUNZIONE DEL DIAMETRO MEDIO E DEL SORTING



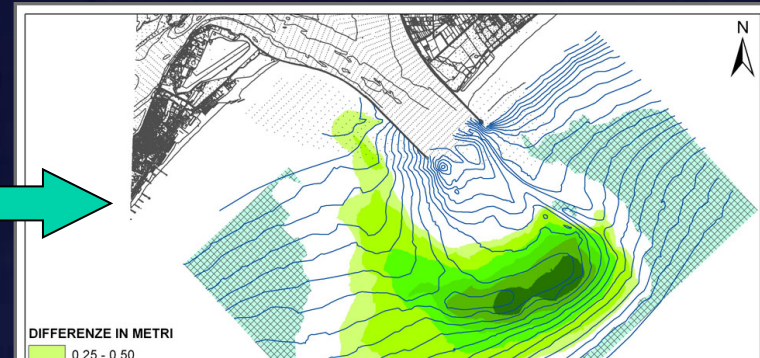
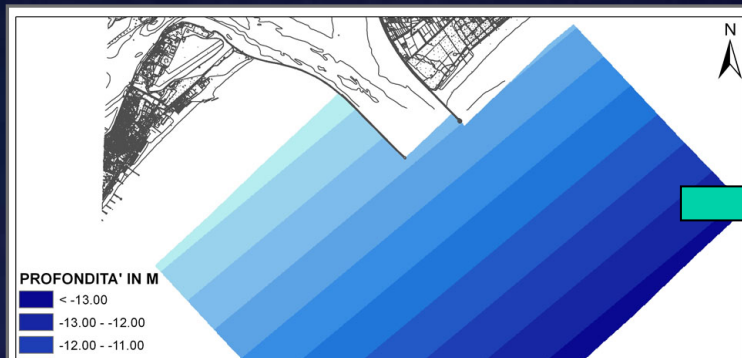
# BOCCE CON MOLI FORTEMENTE AGGETTANTI: BOCCA DI PORTO DI LIDO



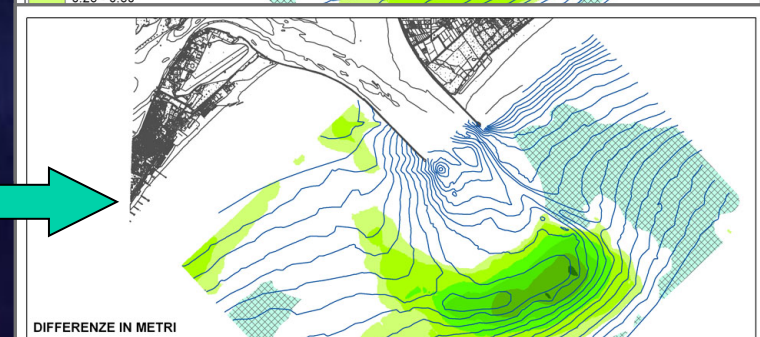
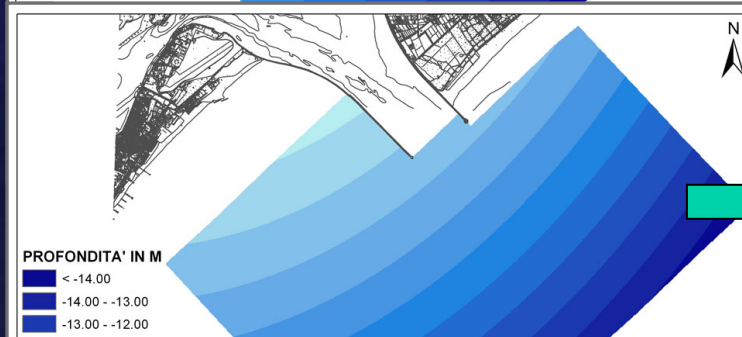


# TEST GEOSTATISTICI E CALCOLO DELL'ANOMALIA VOLUMETRICA

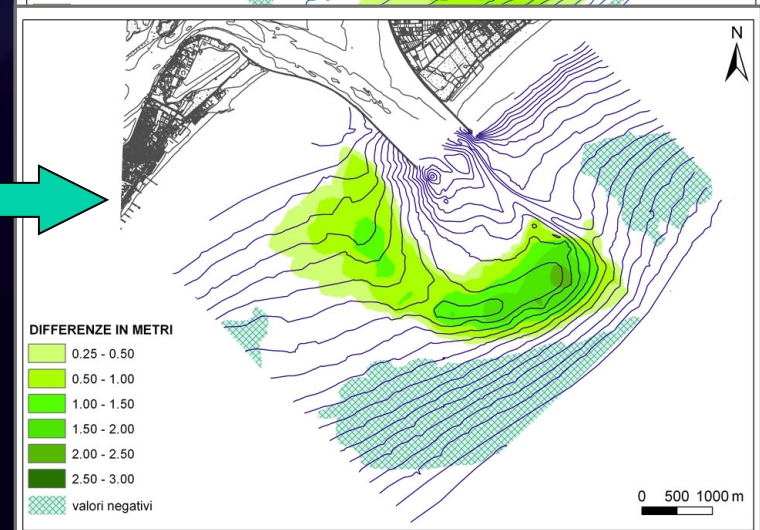
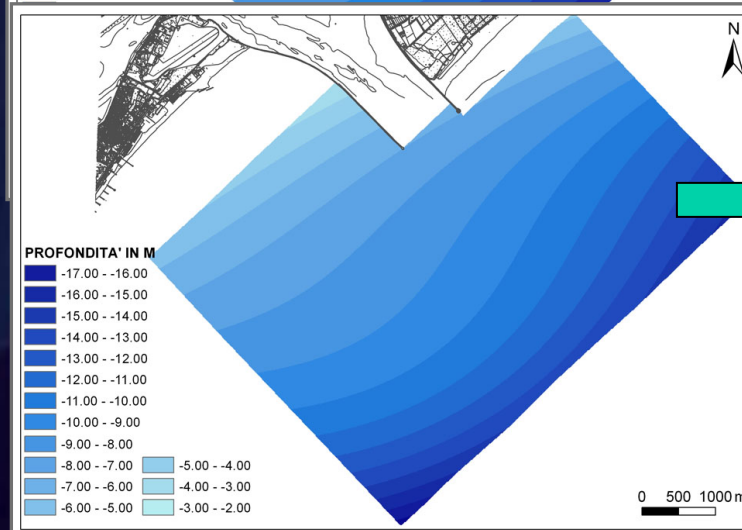
1° ordine



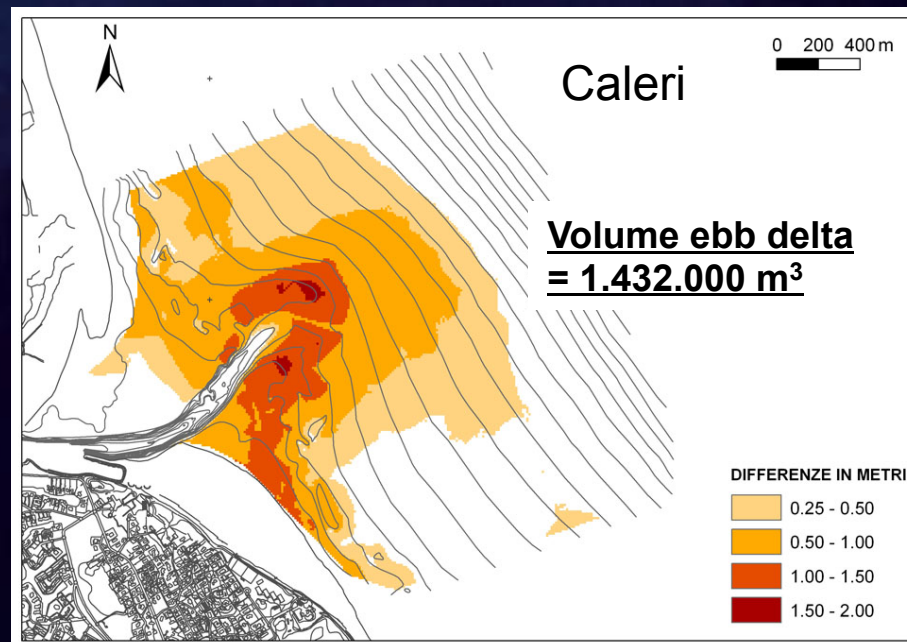
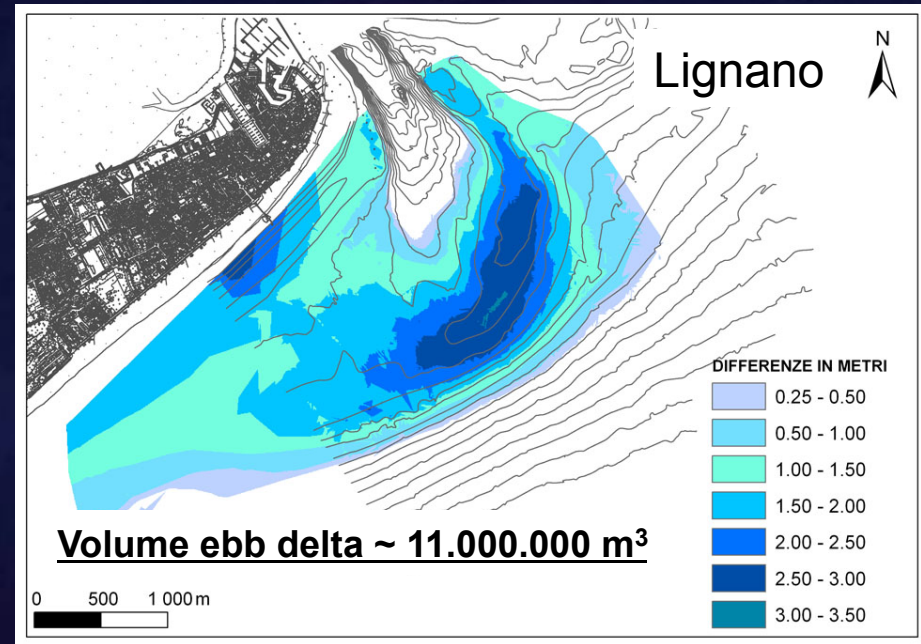
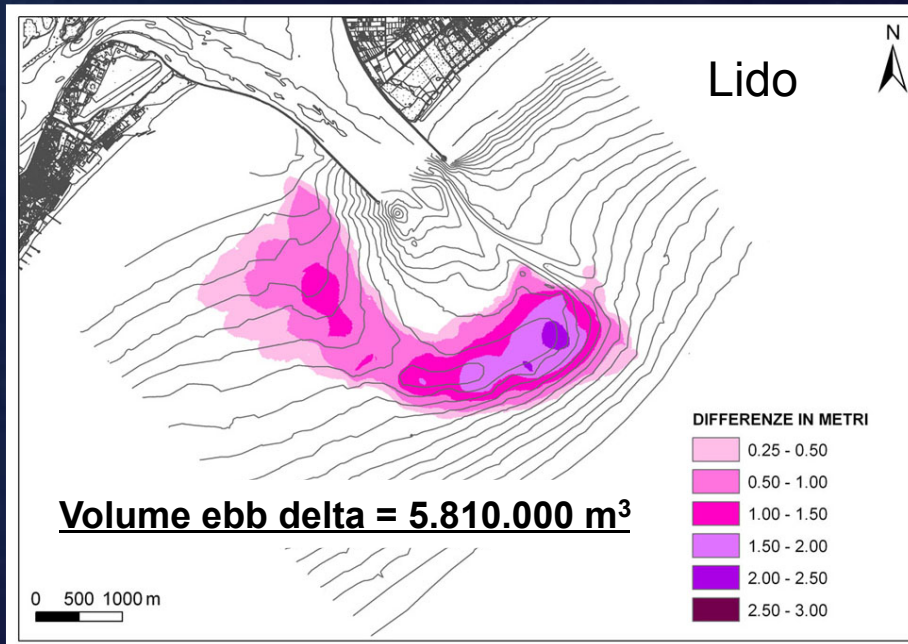
2° ordine



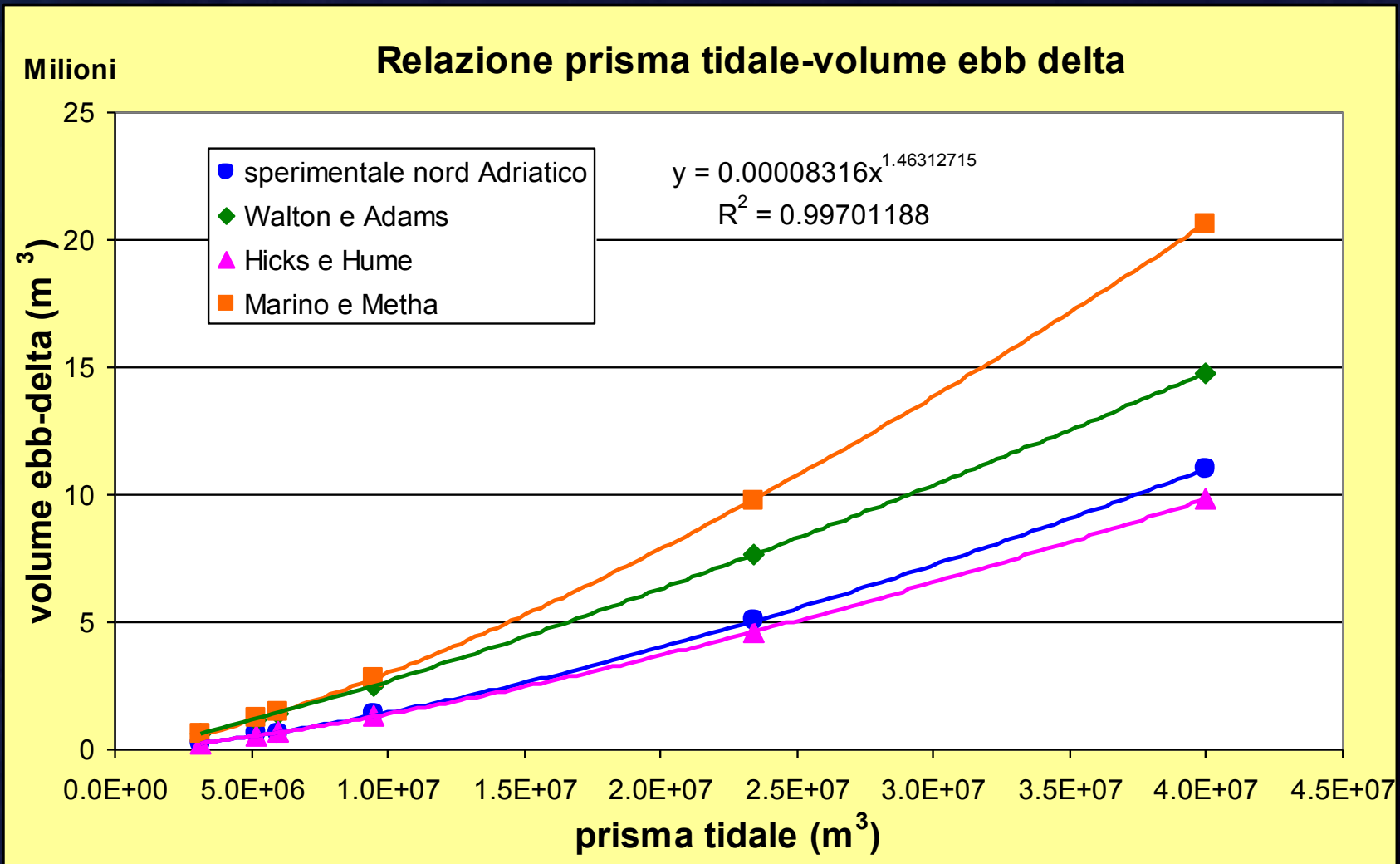
3° ordine

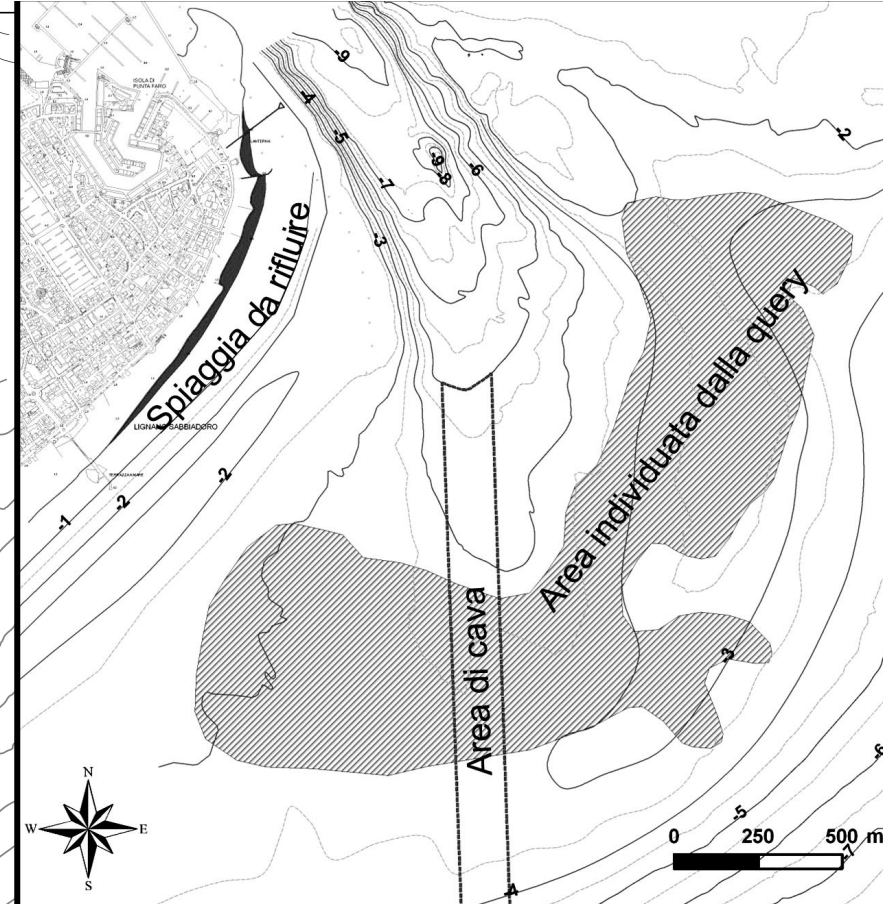
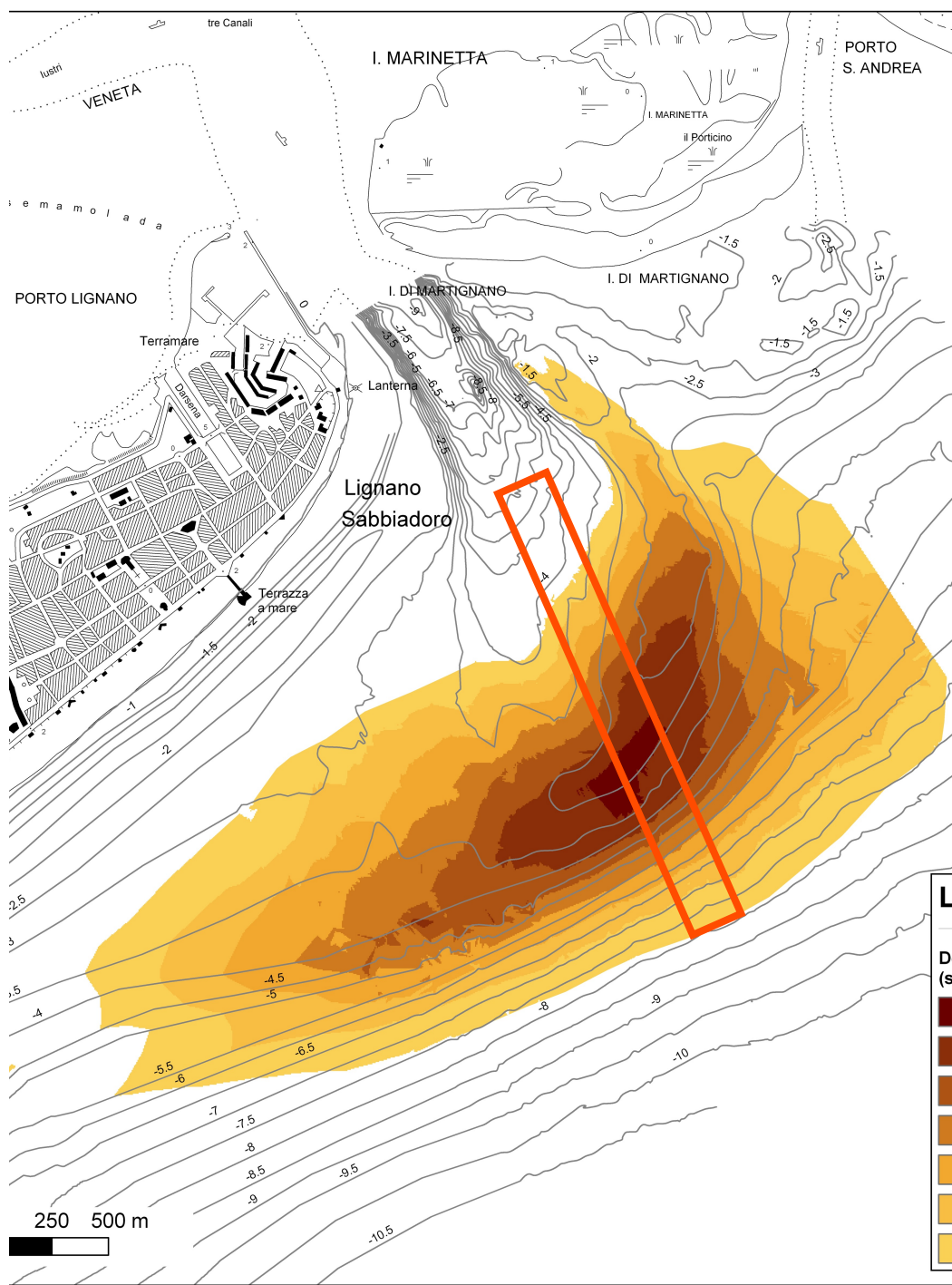


# RISULTATI DEL CALCOLO VOLUMETRICO









**Legenda**

Batimetria

Deposito potenziale (spessore in m)

	da 3.5 a 4.0
	da 3.0 a 3.5
	da 2.5 a 3.0
	da 2.0 a 2.5
	da 1.5 a 2.0
	da 1.0 a 1.5
	da 0.5 a 1.0

**Piano di escavazione per un ripascimento di ca. 100.000 mc**