

An aerial photograph of a vast lagoon system. The water is a deep blue, and the surrounding land is a mix of brown and green, indicating marshlands and mudflats. The lagoon is divided into many smaller sections by narrow channels and peninsulas. In the foreground, there's a small island with some trees and a stone wall or dike. The background shows a flat landscape with some buildings and trees under a clear sky.

# Lagune e ambienti umidi

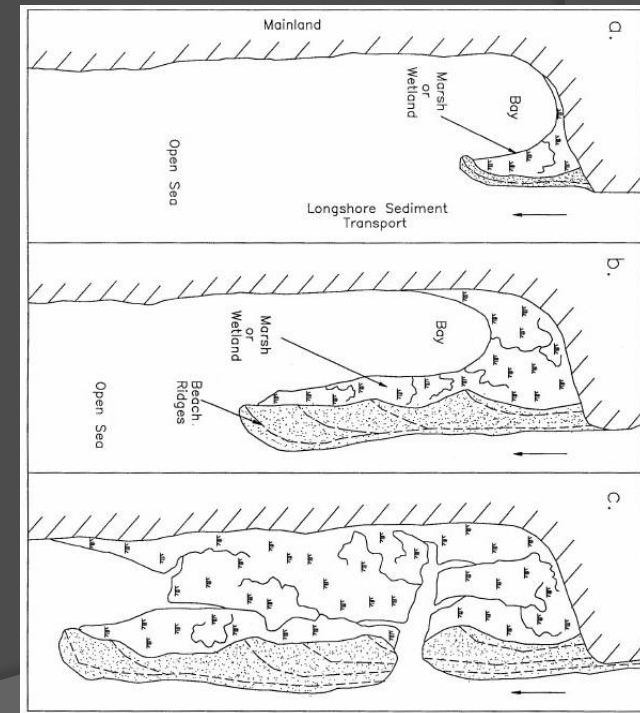
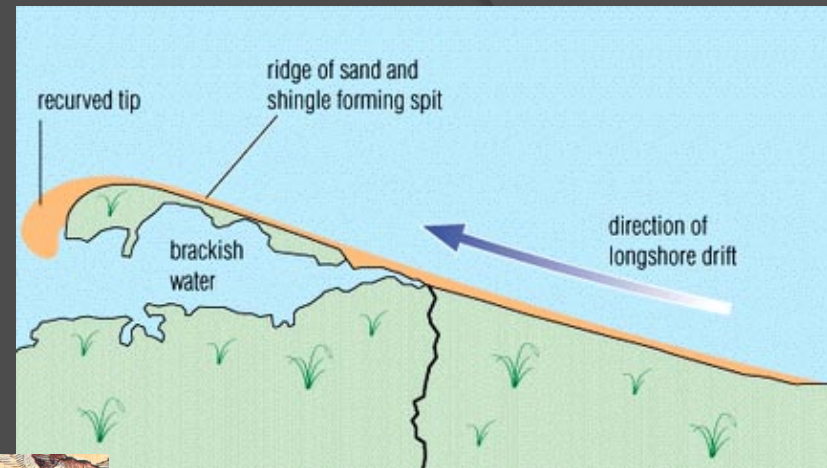
# Origine delle lagune

Fattori determinanti: (entroterra a bassissimo gradiente, trasgressione, apporti fluviali, marea)

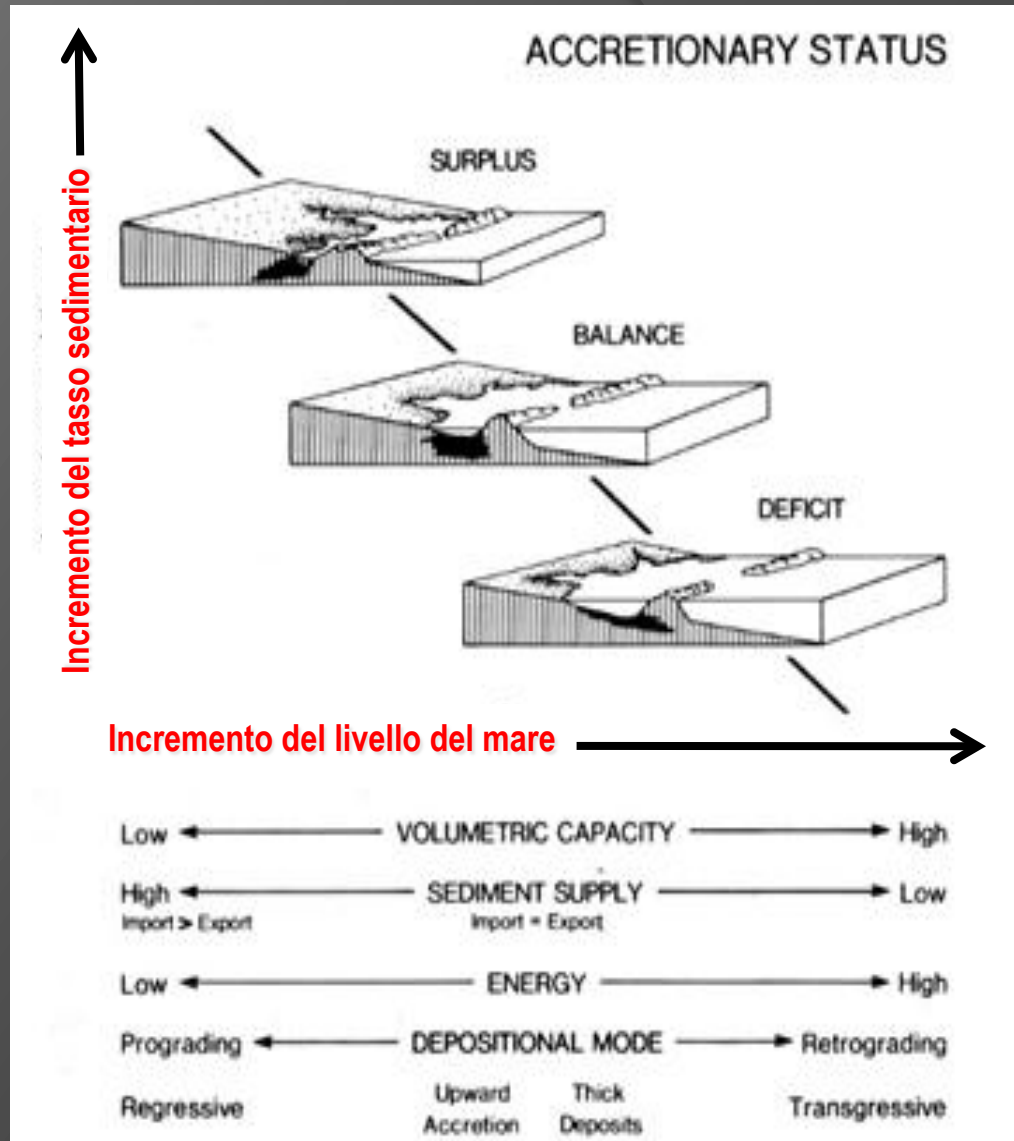
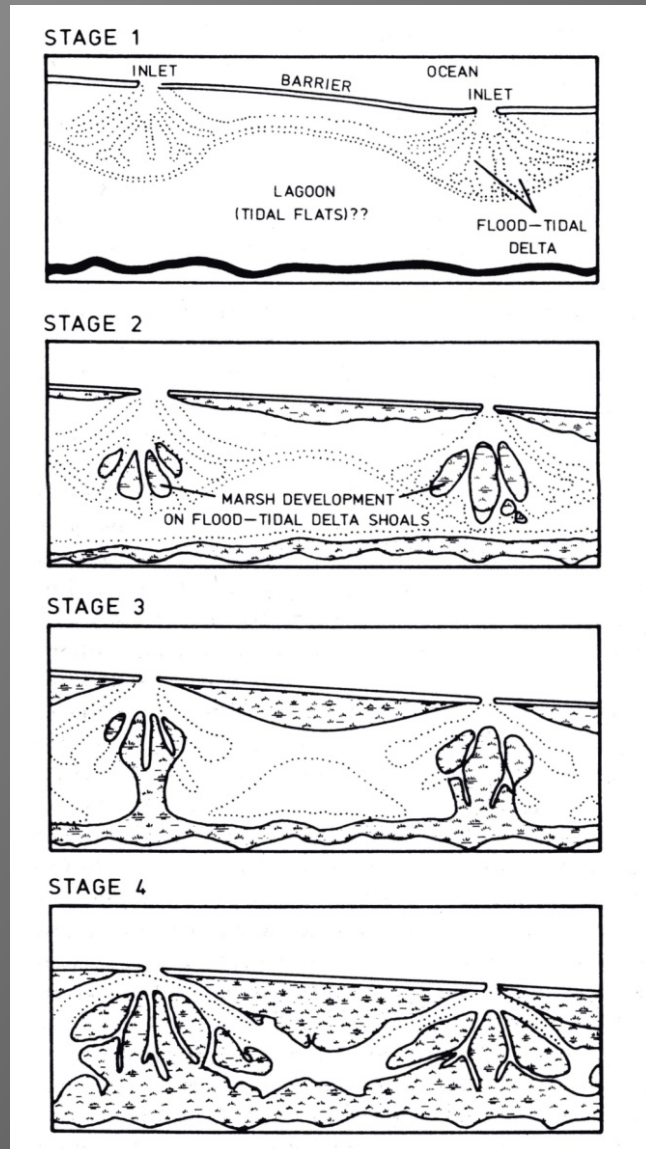


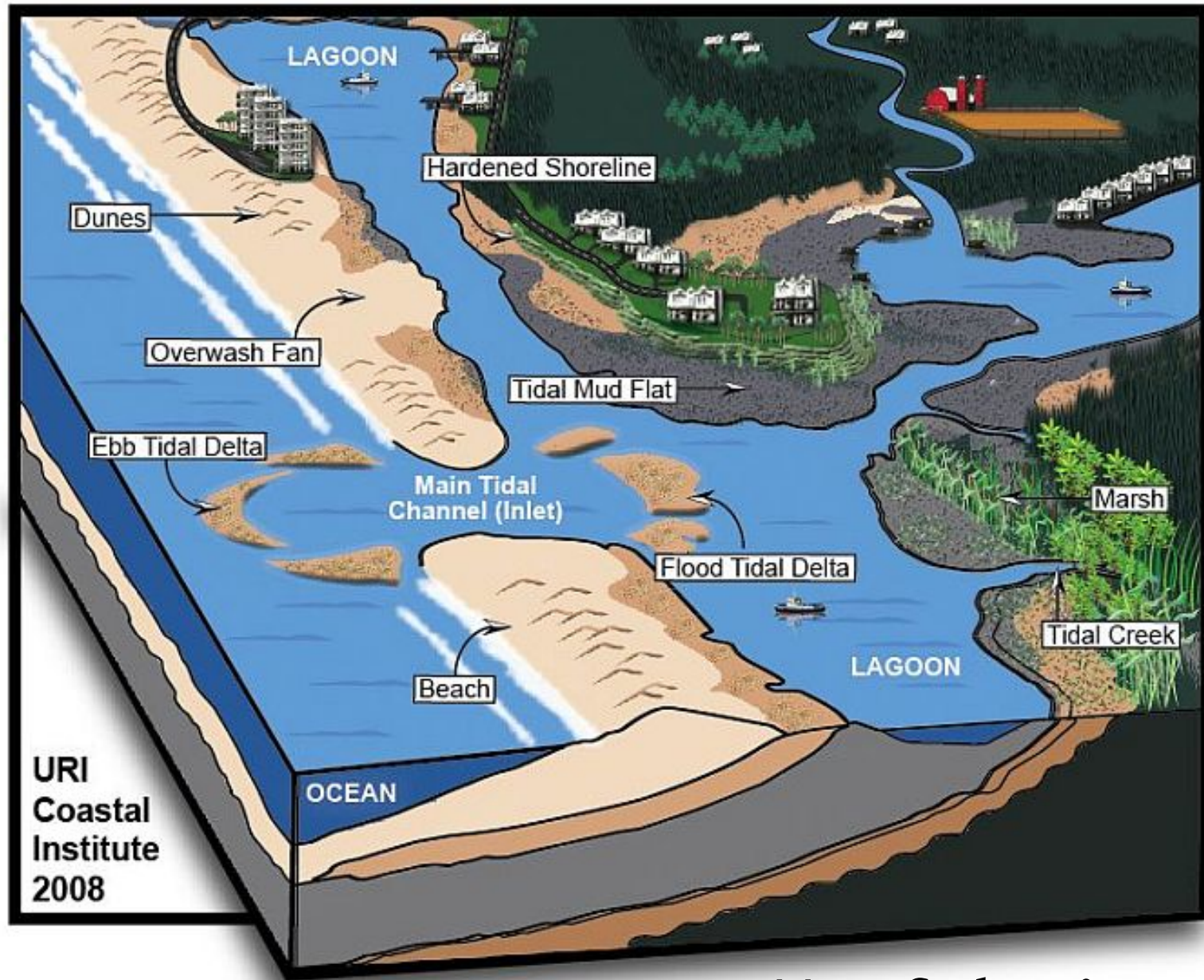
# Origine

La progradazione di uno spit e le isole barriera



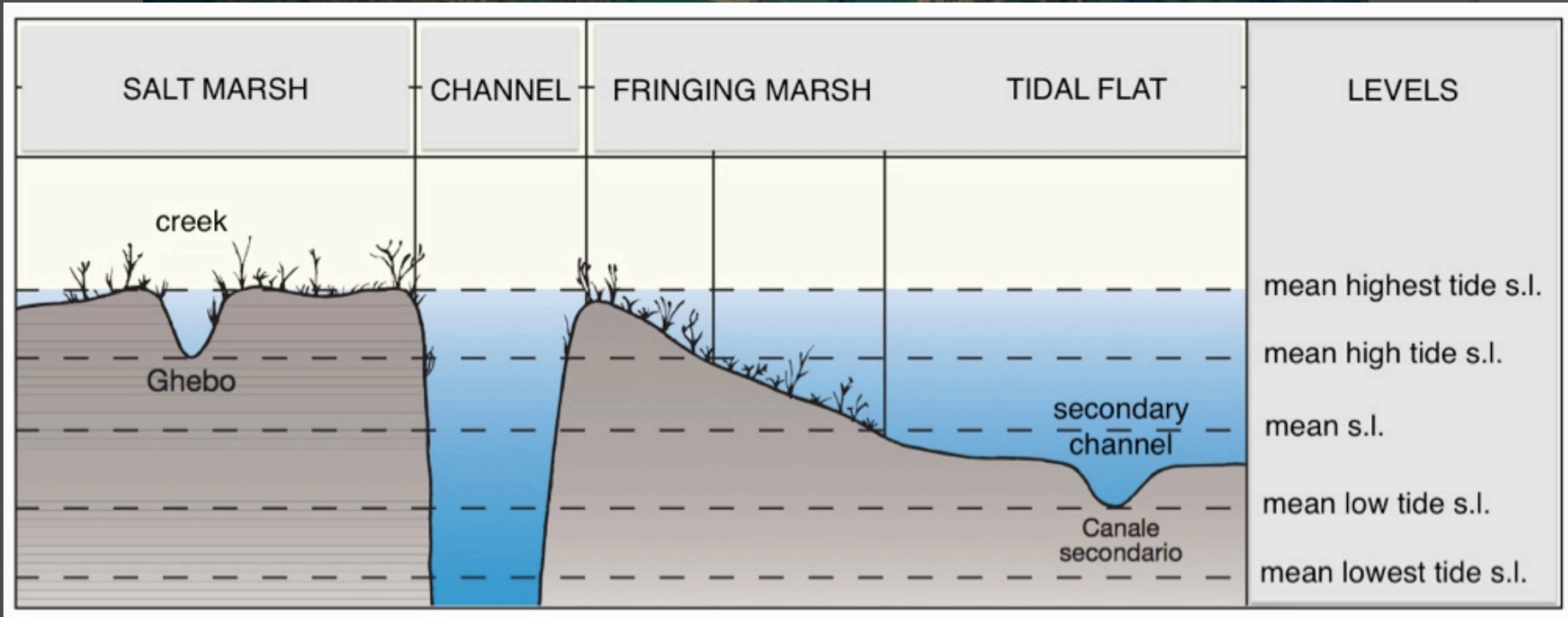
# Il bilancio tra le forzanti





# Morfologie

# Morfologie



# Morfologie lagunari

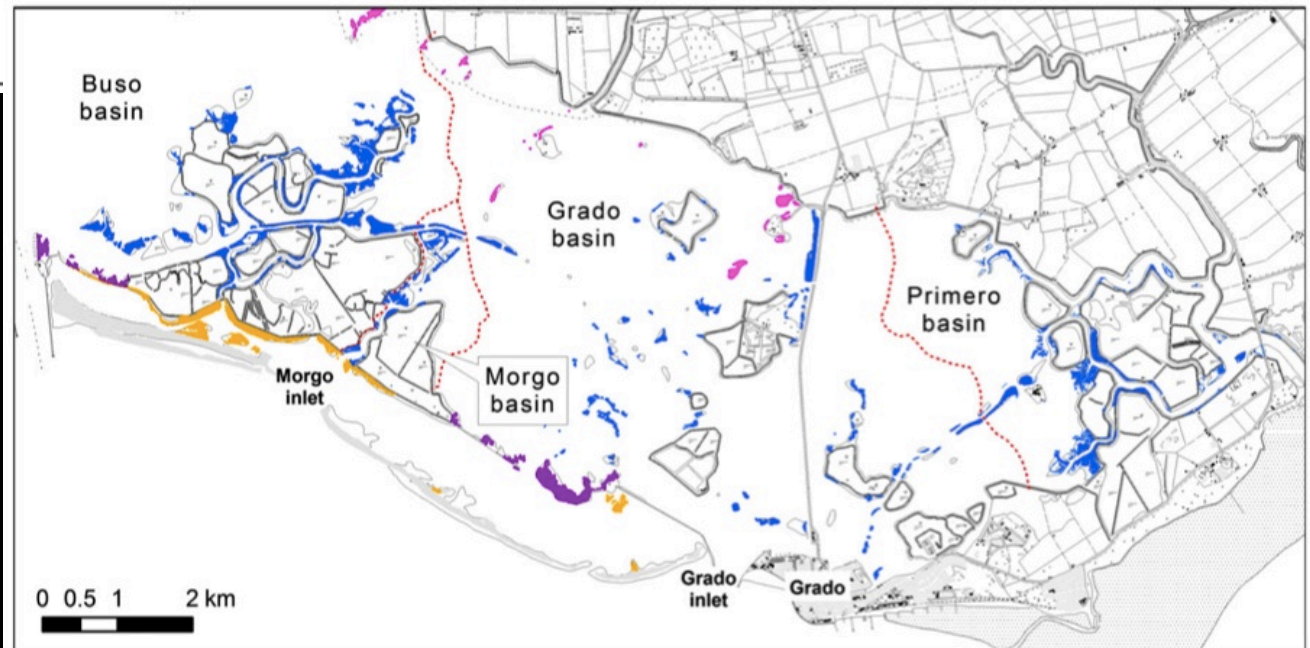
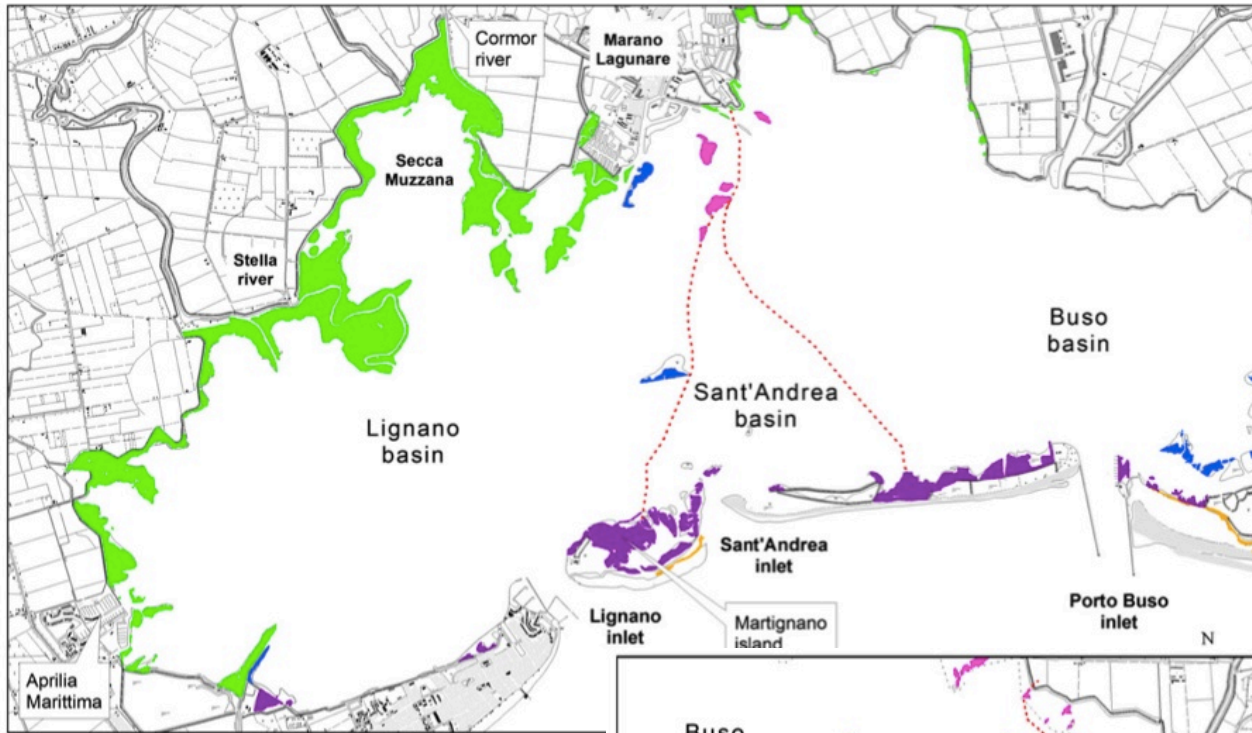


# Barene e ghebi *(Saltmarsh and creeks)*





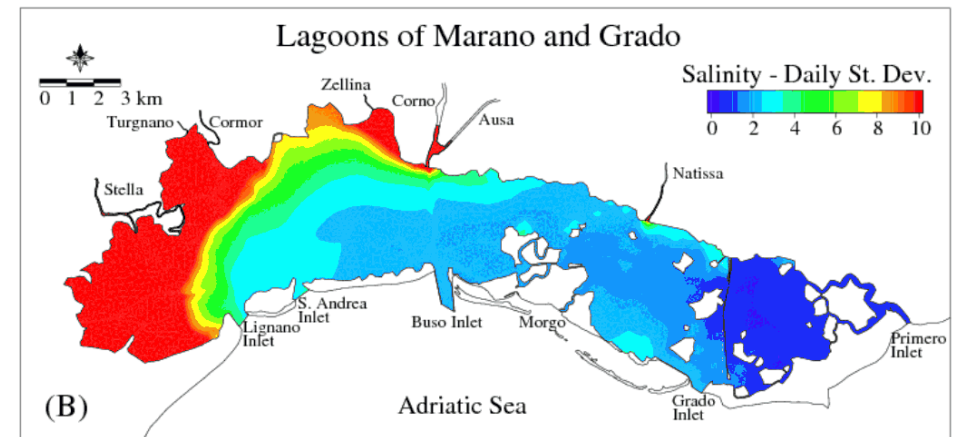
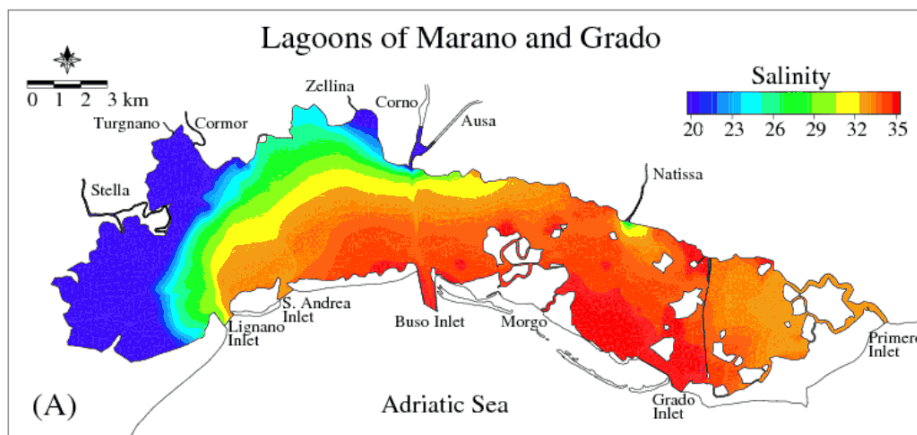
# Tipi di barene



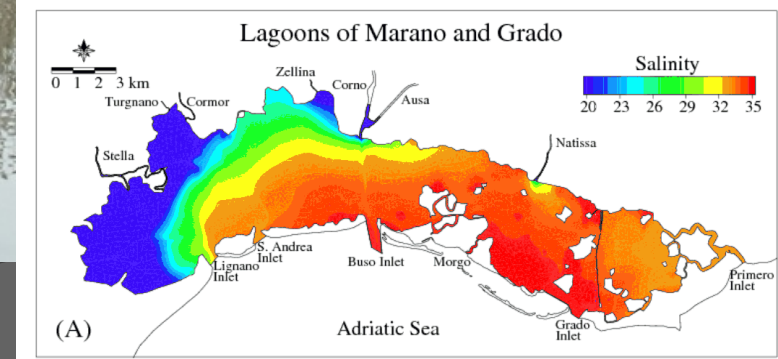
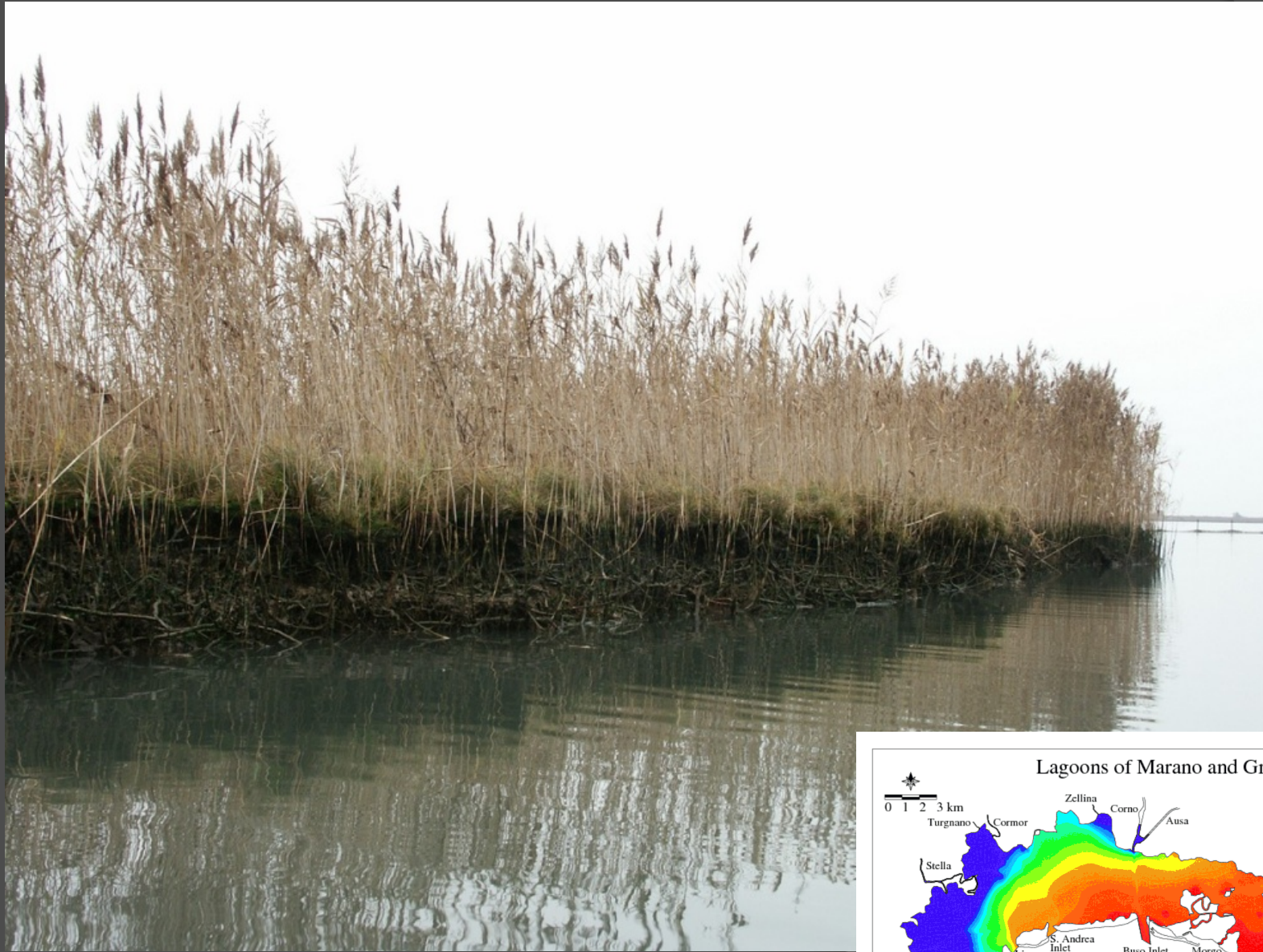
Saltmarsh morphological types:

fringing channel fringing backbarrier paralagoonal isolated Watershed

# L'ambito estuarino: il gradiente di salinità



# Barene di margine lagunare



# Barene di margine di canale



# LE TRASFORMAZIONI AMBIENTALI

**Adattamento alle forzanti trasgressive  
(innalzamento relativo del livello del mare)**



**a) Traslazione dei banchi  
(ROLLOVER)**

**b) Perdita di ambienti  
intertidali (barene e  
velme)**

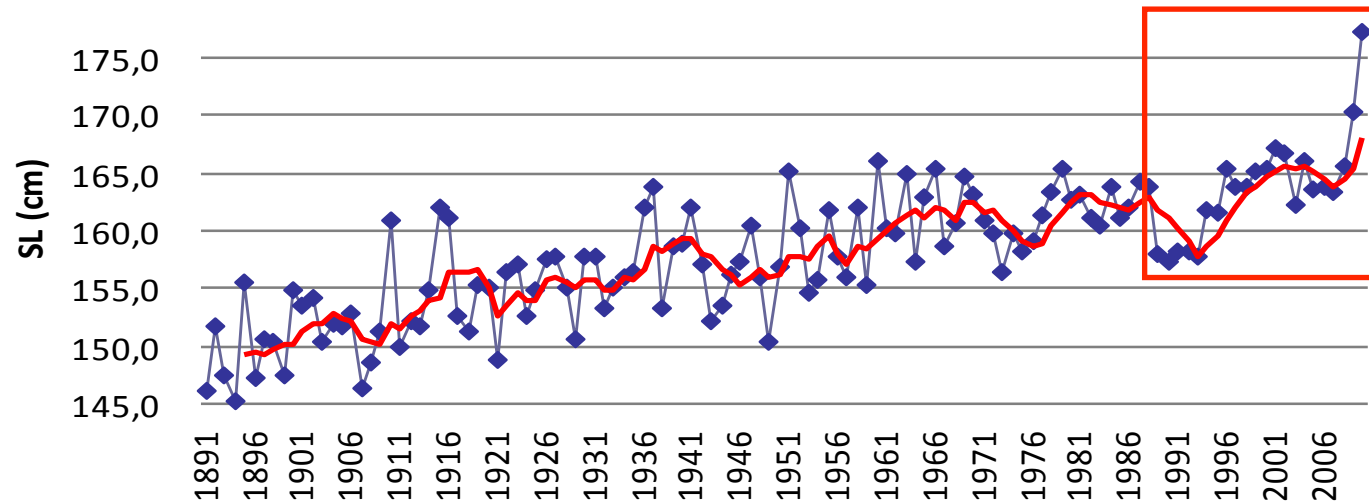
## FORZANTI INTERNE AL SISTEMA

- Subsidenza regionale: valore medio 0.5-0.6 mm/anno (Antonioli et al., 2009)
- Subsidenza locale: 3,93 mm/anno (1980-1989); 5 mm/anno (1980-2004) (cedimenti capisaldi argini Protezione Civile FVG)

## FORZANTI ESTERNE AL SISTEMA

- Innalzamento del livello del mare: media +5 cm (1954-2007) a Trieste

### Trieste SL time series



Trend recente  
1990-2010  
= 5,37 mm/y

# LE ISOLE BARRIERA della LAGUNA DI GRADO

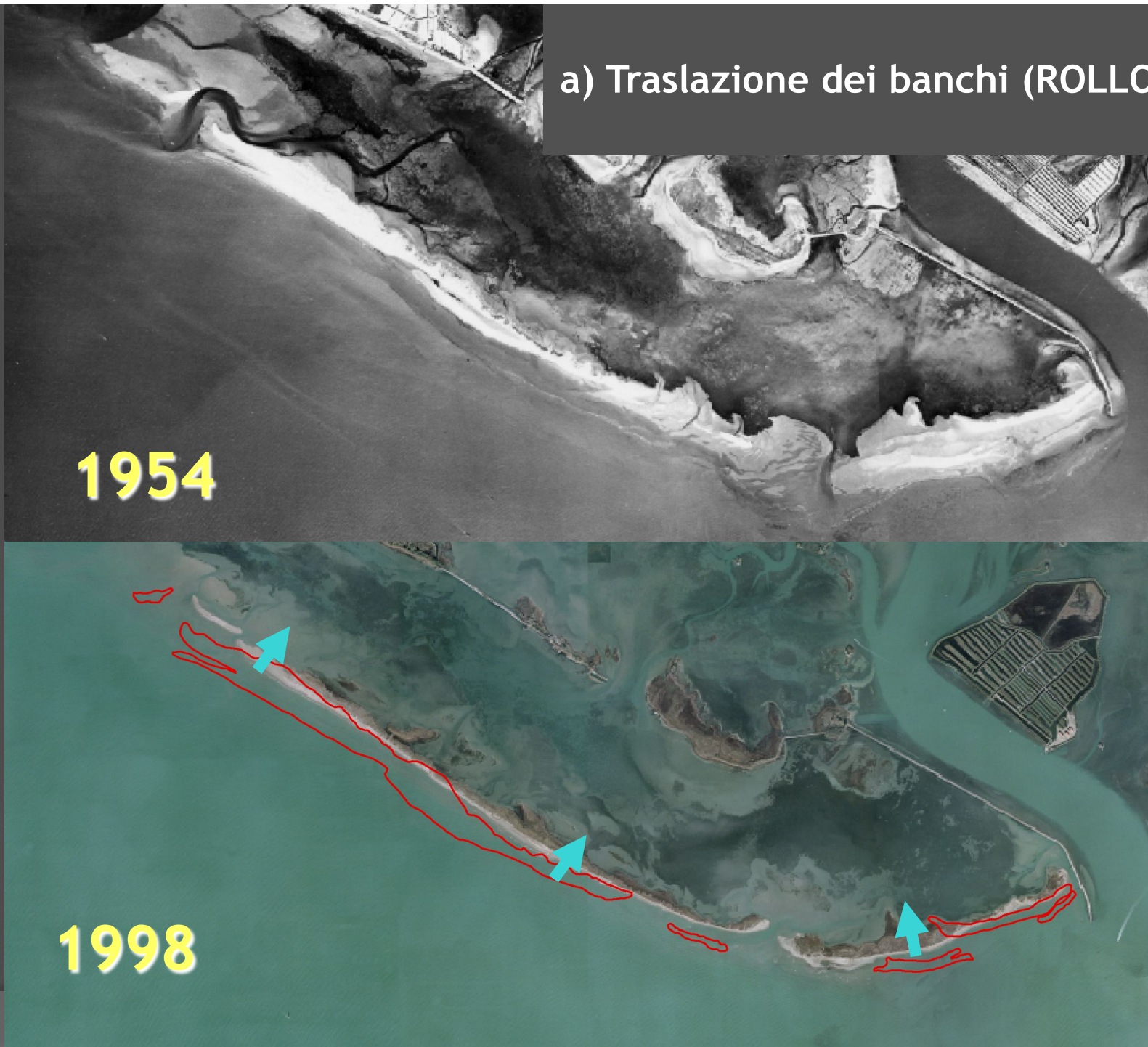
banchi di Anfora, Orio, Tratauri



a) Traslazione dei banchi (ROLLOVER)

1954

1998

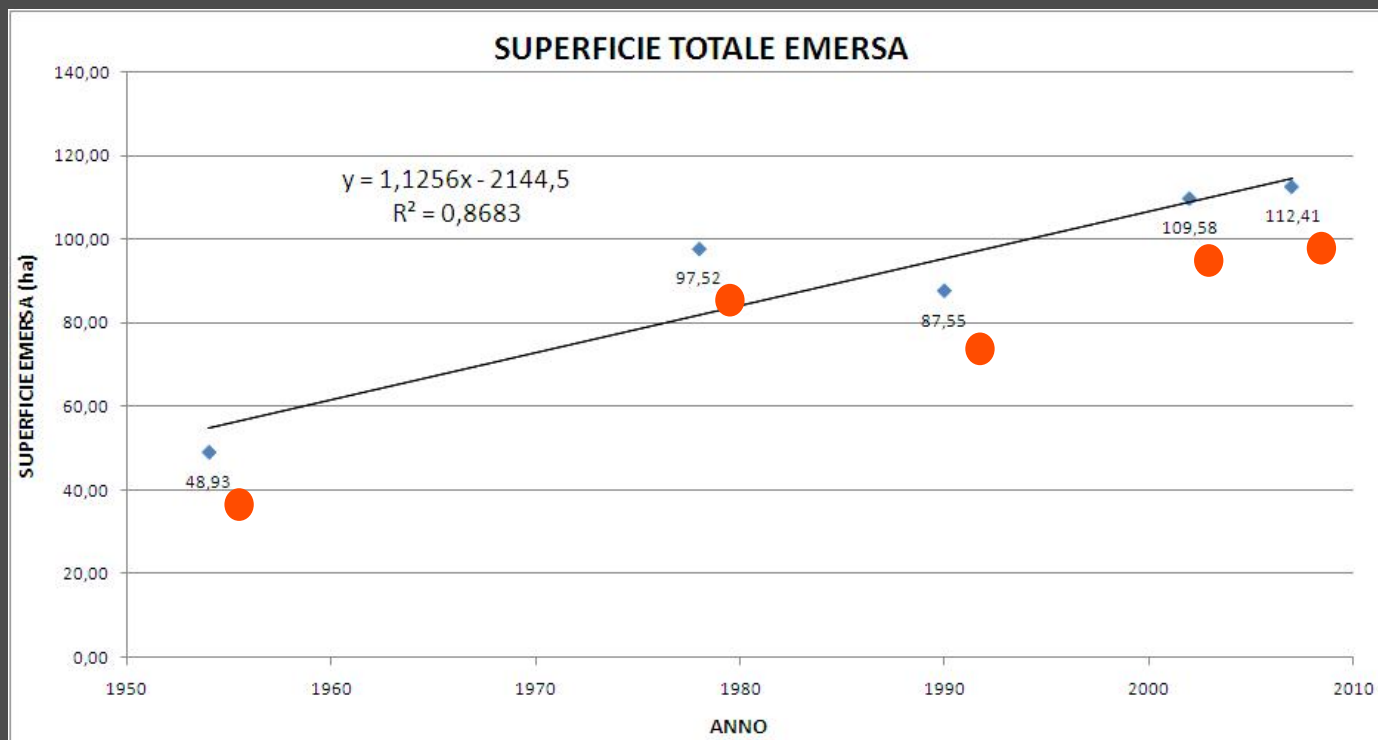




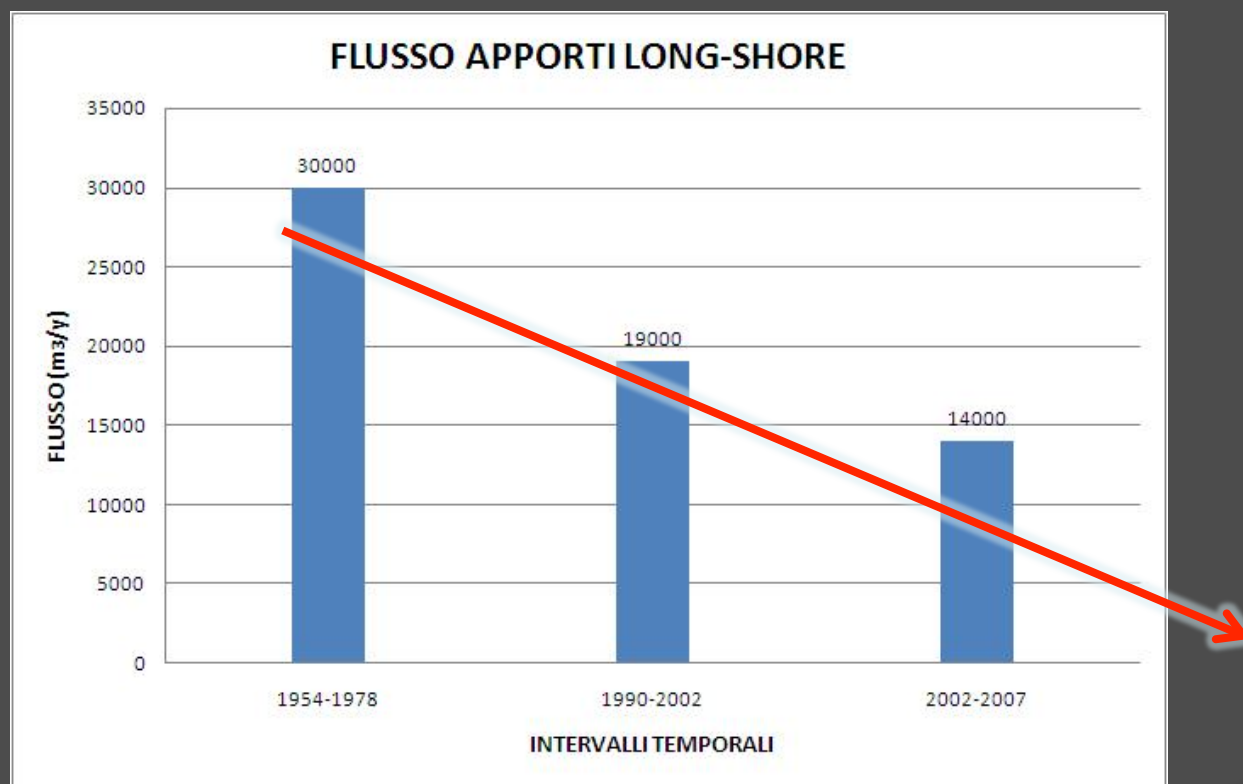
## DINAMICHE PREDOMINANTI:

- ✓ CORRENTE LONGSHORE - MICROCANNIBALIZZAZIONE
- ✓ WASHOVER
- ✓ INPUT ESTERNI

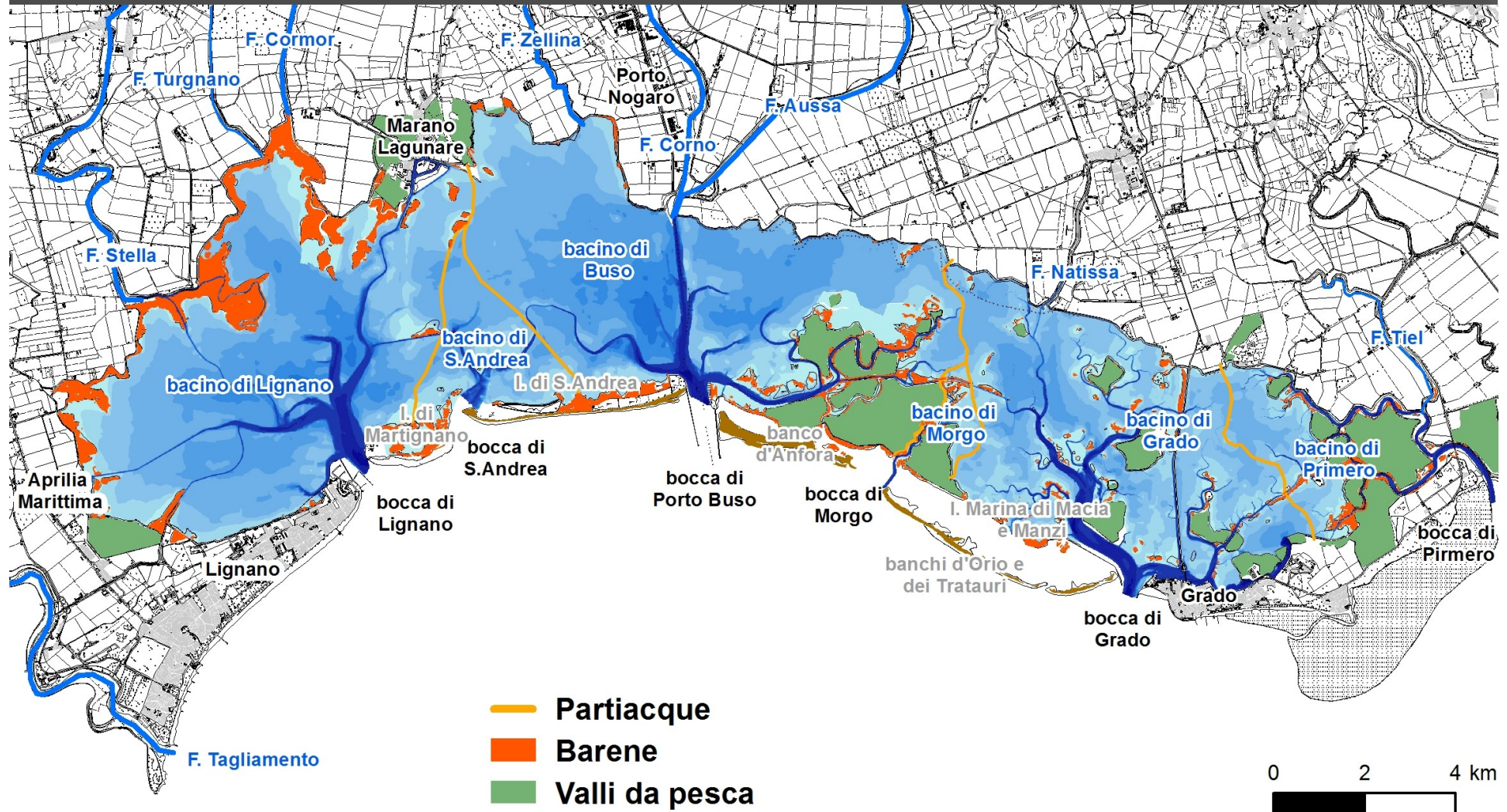
**Attualmente il sistema di isole barriera della Laguna di Grado si auto-sostiene in termini di bilancio sedimentario**



L'analisi ha evidenziato un decremento del flusso sedimentario nel tempo (dal 1954 al 2007), probabilmente a causa della diminuzione degli apporti per by-pass da est



## b) Trasformazioni interne (barene)

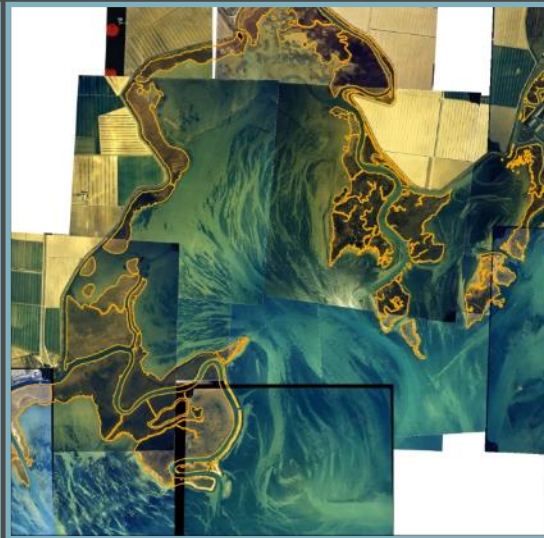


# ANALISI A MACROSCALA

- Vettorializzazione dei contorni delle barene dalle foto aeree 1954, 1990, 2006



1954

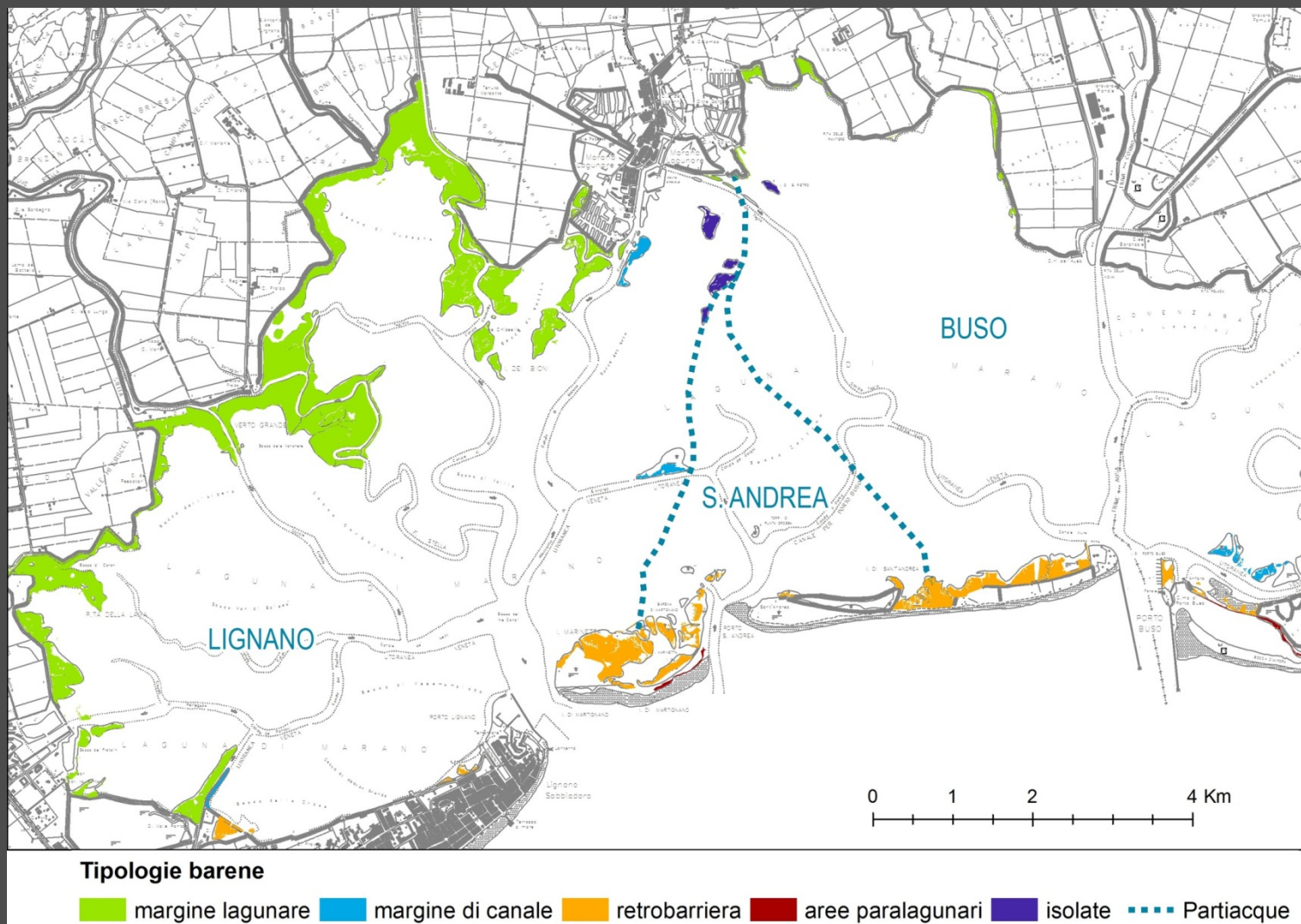


1990



2006

# 1) Classificazione delle barene in **tipi morfologici**



Stato di fatto:  
760 ettari  
nel 2006

### 3) Analisi evolutiva a differenti scale

SINGOLA BARENA



GRUPPI DI BARENE



BACINO



INTERA LAGUNA

1954



1990

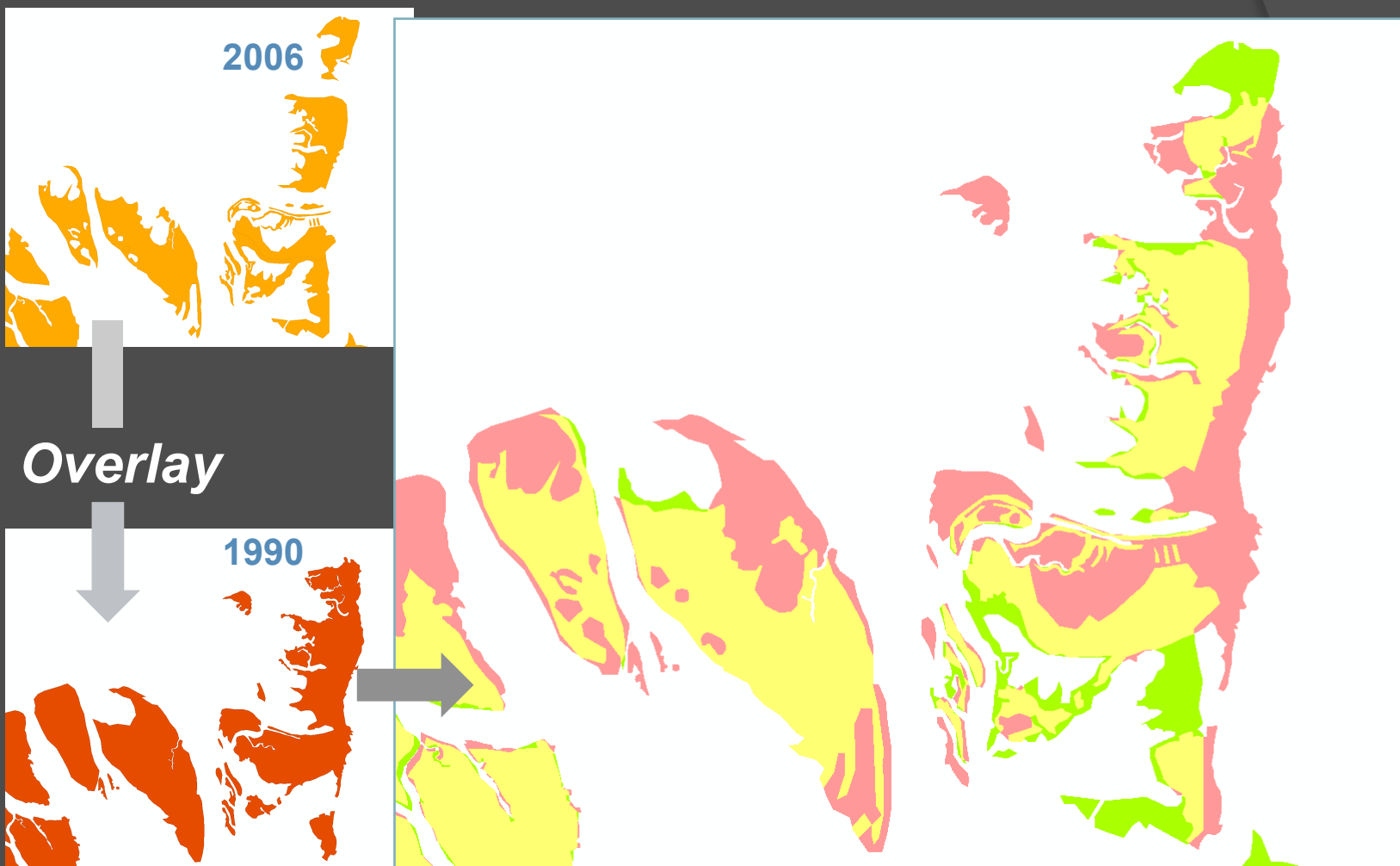


2006



# Evoluzione: analisi topologica multitemporale

## Evoluzione



## 4) Individuazione di tipologie Erosive / deposizionali

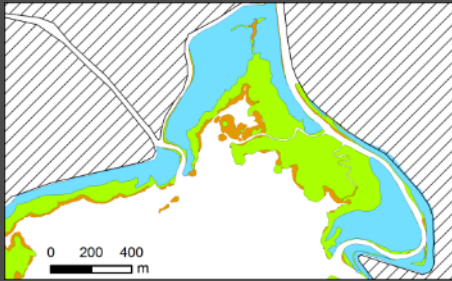
### PARAMETRI MORFOLOGICI E GEOGRAFICI



- modalità evolutiva (accrescimento arretramento)
- morfologia dei margini in pianta e in sezione
- posizione rispetto a elementi morfologici significativi naturali o antropici
- tipo di vegetazione



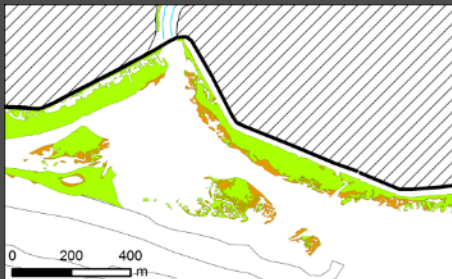
## ACCRESCIAMENTO



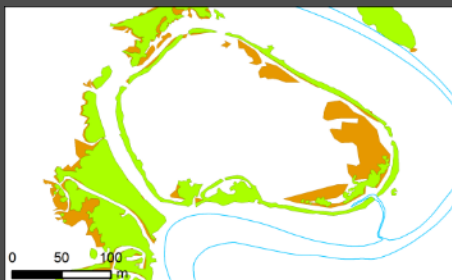
A1 input  
fluviale



A2 input  
lagunare



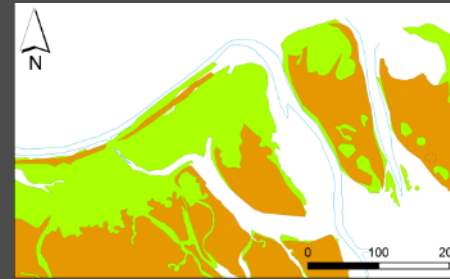
A3 aree  
paralagunari  
recenti



A4 ex valli da  
pesca

A5 riporto di sedimenti dragati

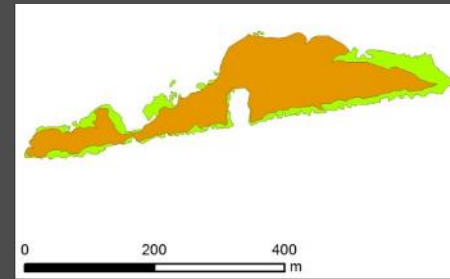
## EROSIONE



E1  
annegamento



E2 moto ondoso



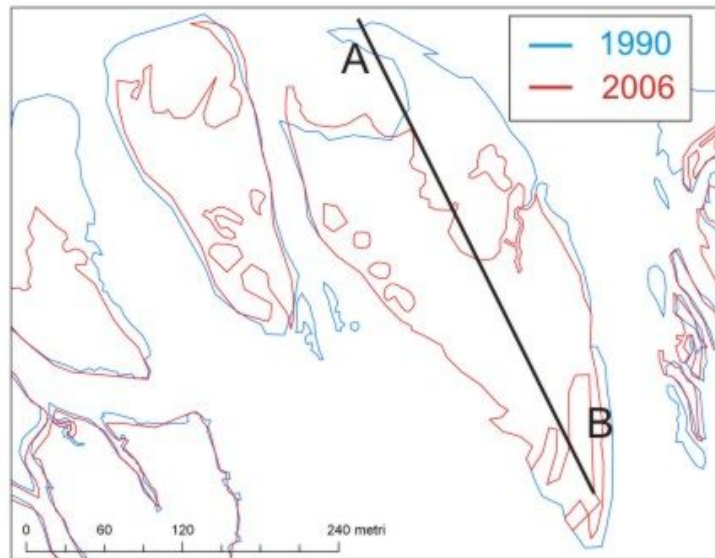
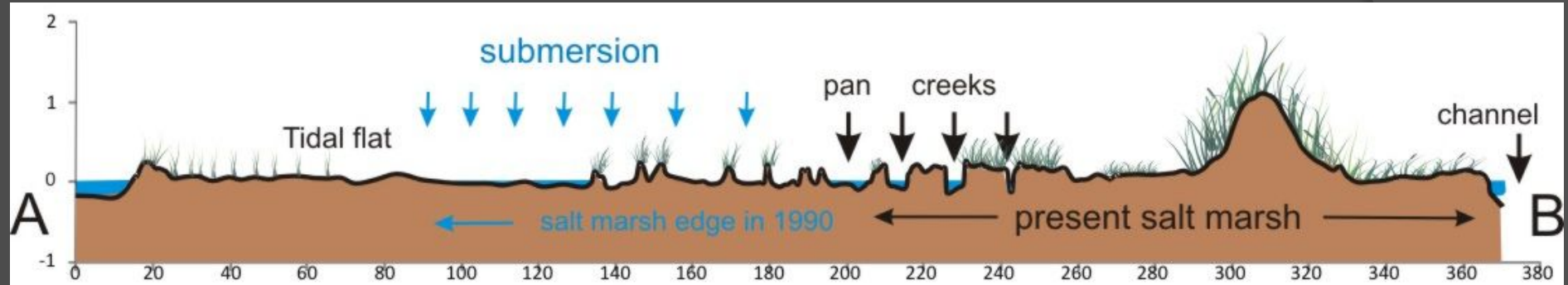
E3 moto ondoso  
da natanti



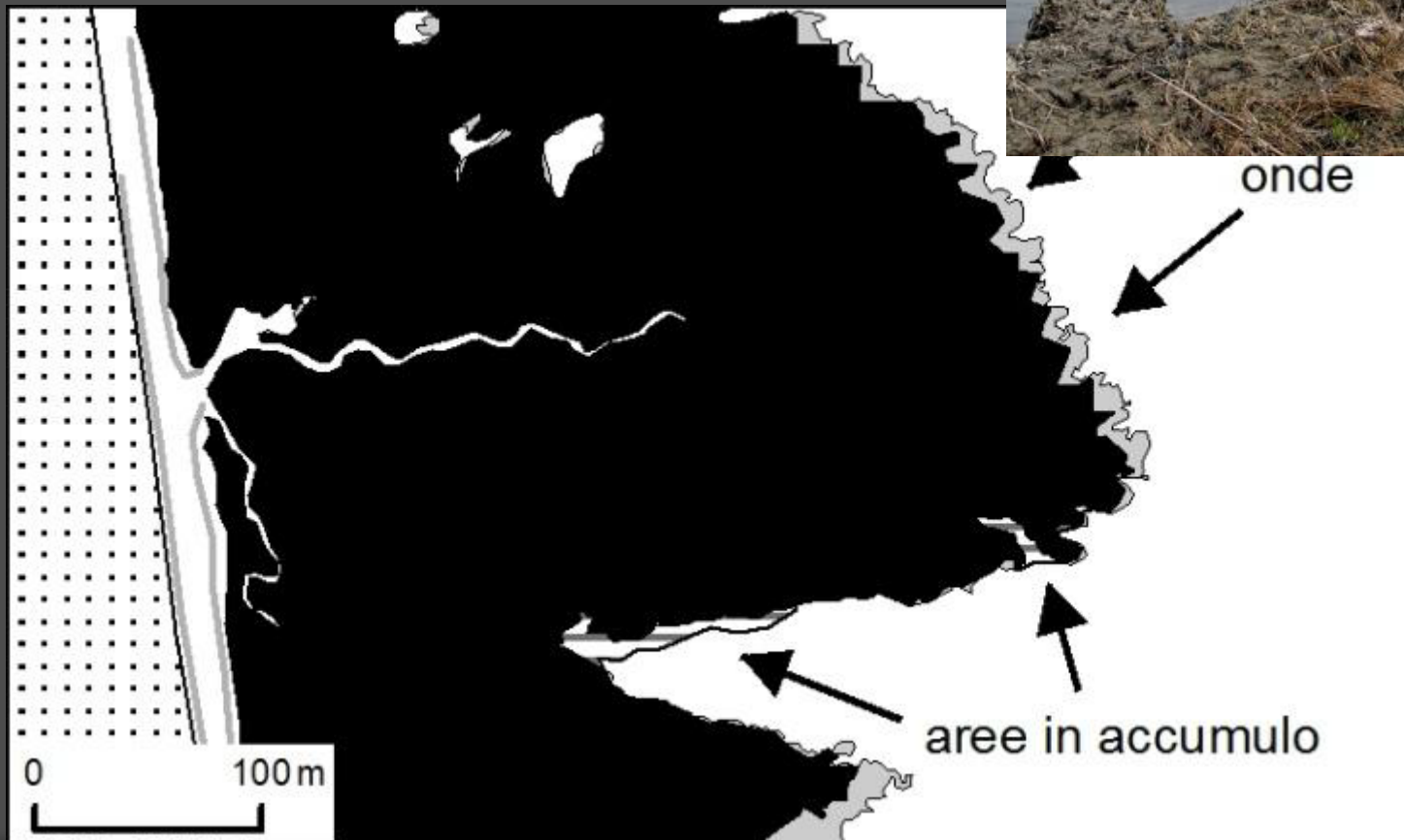
E4 dinamica  
costiera

E5 interventi antropici diretti

# E1 ANNEGAMENTO



# E2 MOTO ONDOSO



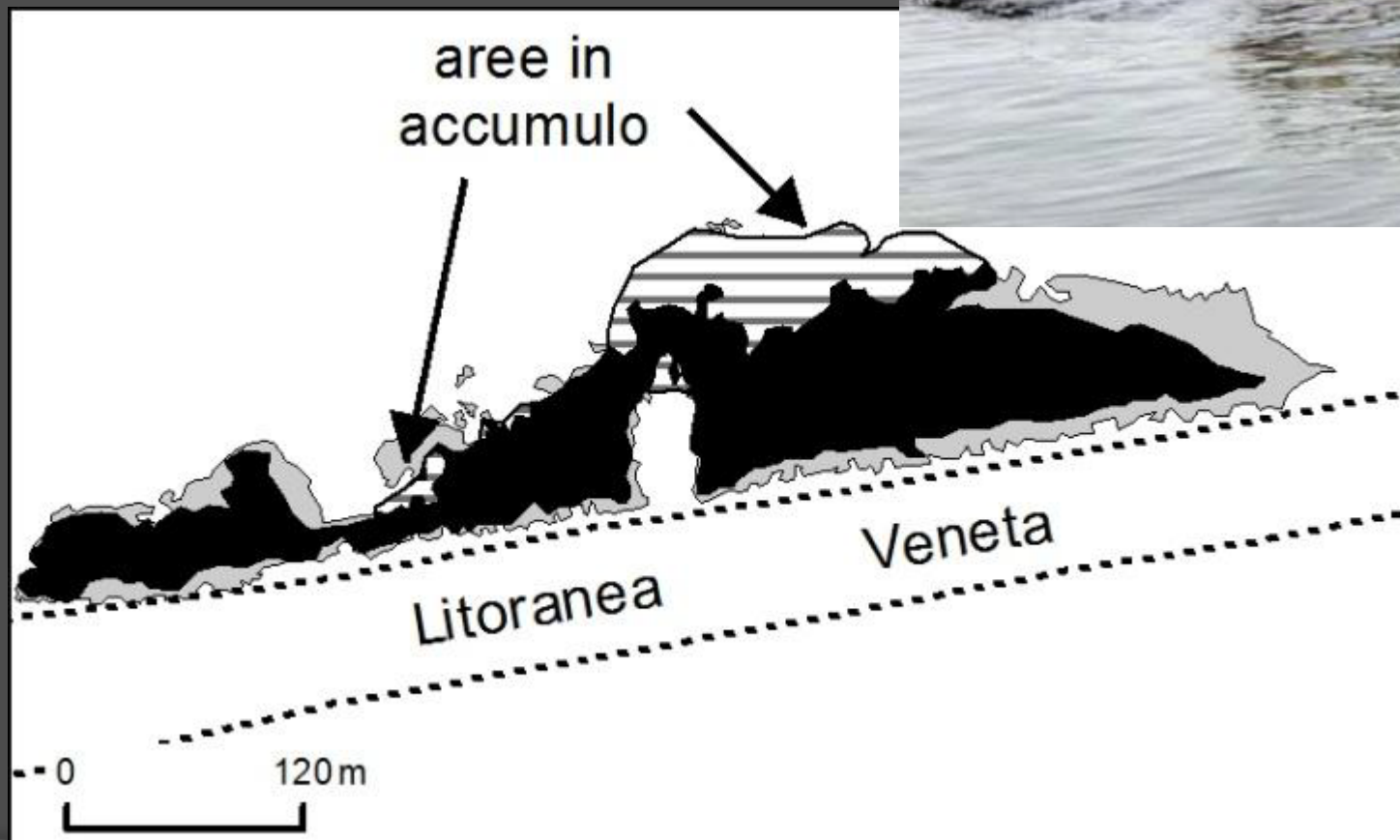
Superficie  
barene

2006

1990



# E3 MOTO ONDOSO DA NATANTI

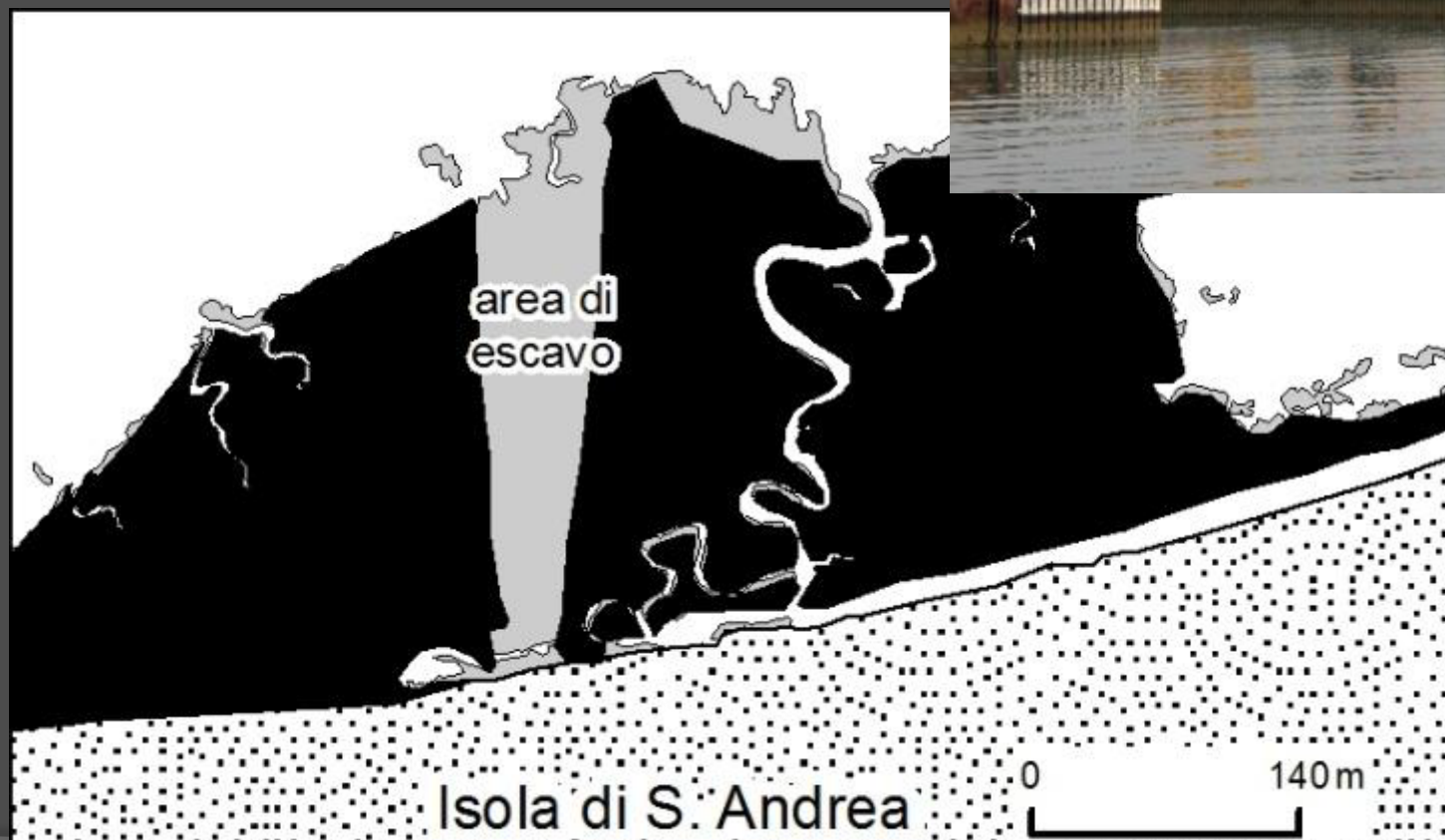


Superficie  
barene

2006

1990

# E5 INTERVENTI ANTROPICI

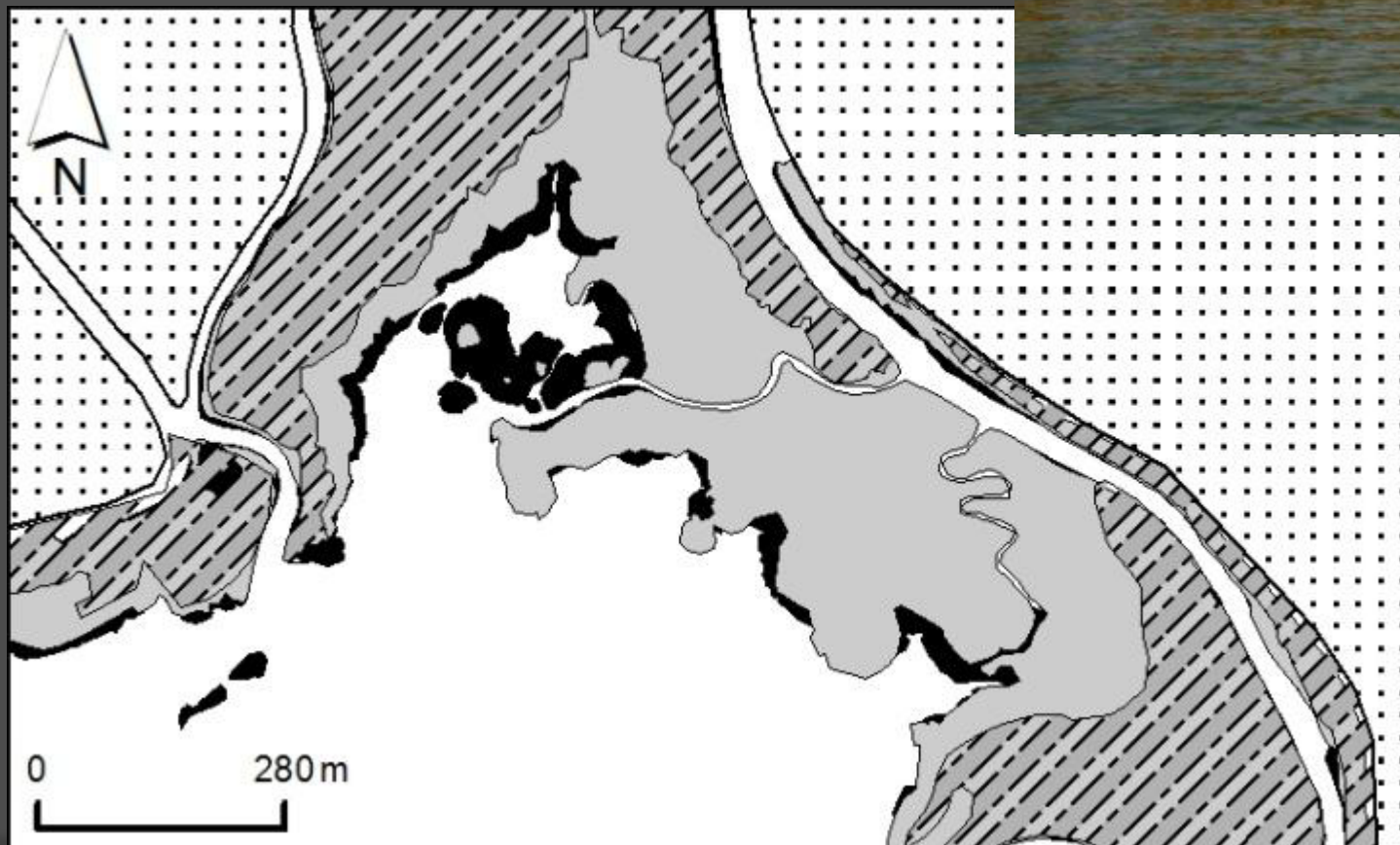


Superficie  
barene

■ 2006

■ 1990

# A1 APPORTO FLUVIALE



Superficie  
barene

2006

1990

1954

# A2 APPORTO TIDALE



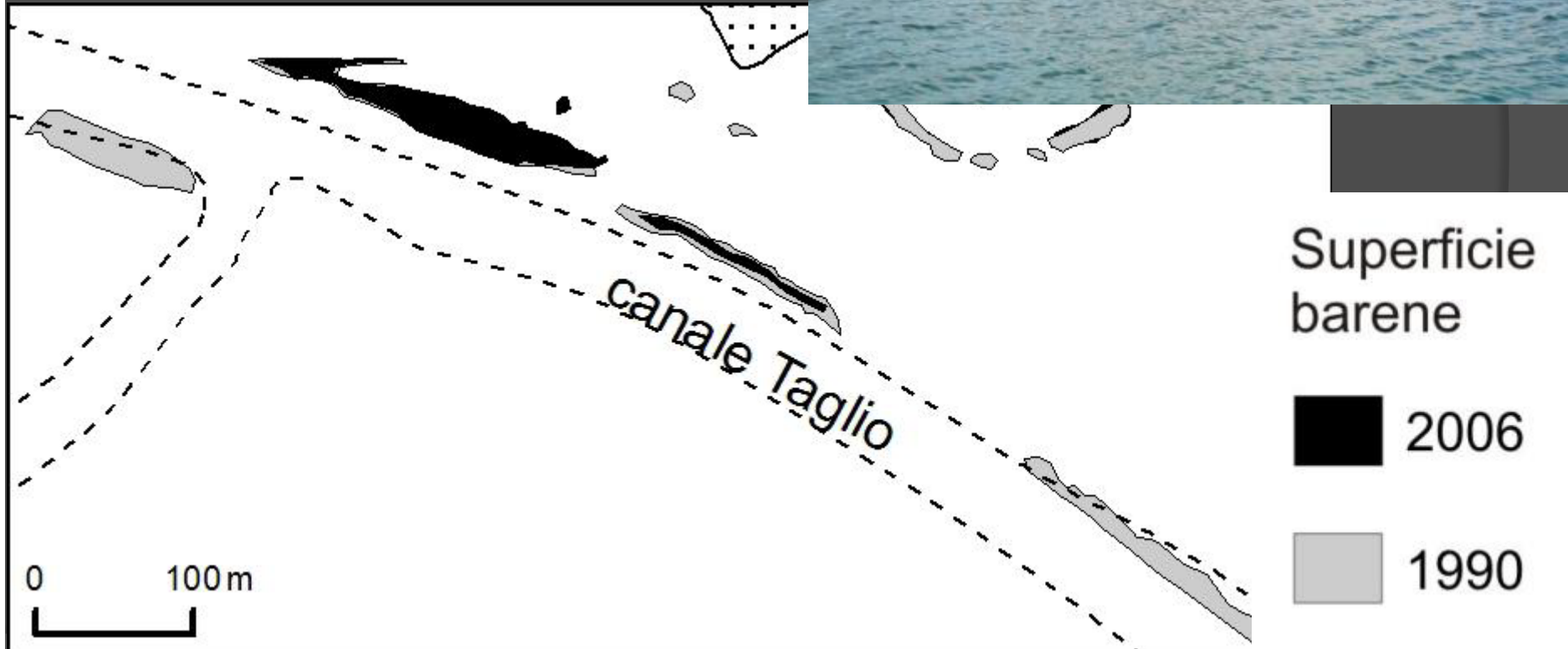
Superficie  
barene

2006

1990

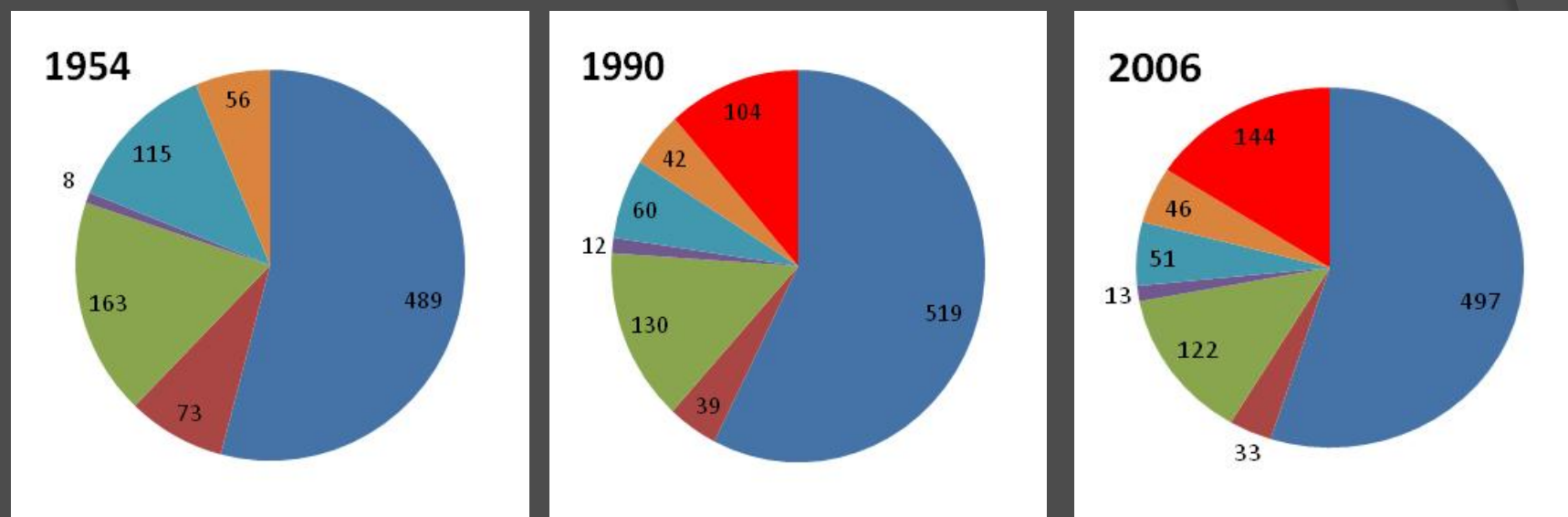


# A5 RIPORTO DI SEDIMENTI



# Analisi a macroscala: risultati

## Evoluzione delle barene



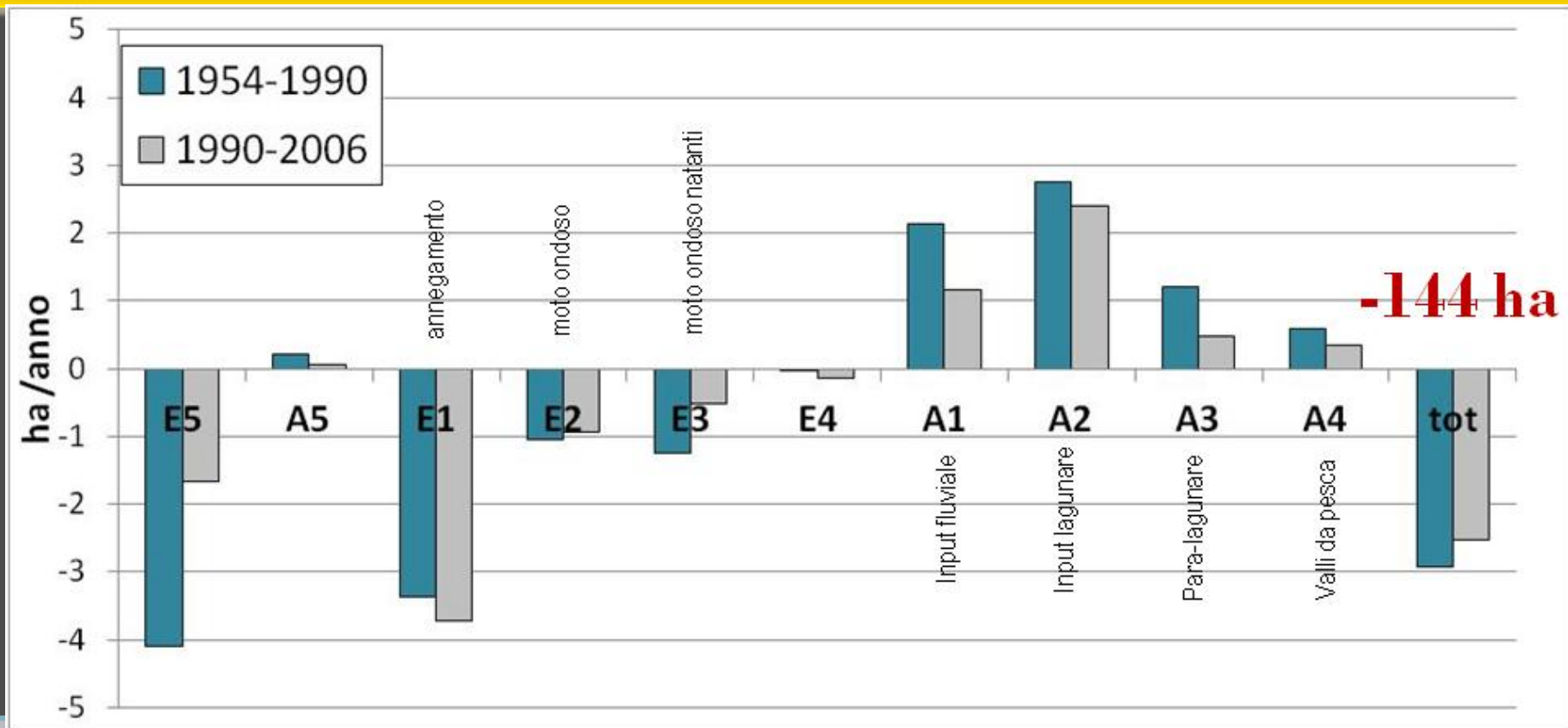
■ Lignano ■ S. Andrea ■ Buso ■ Morgo ■ Grado ■ Primero ■ aree scomparse

904 ha

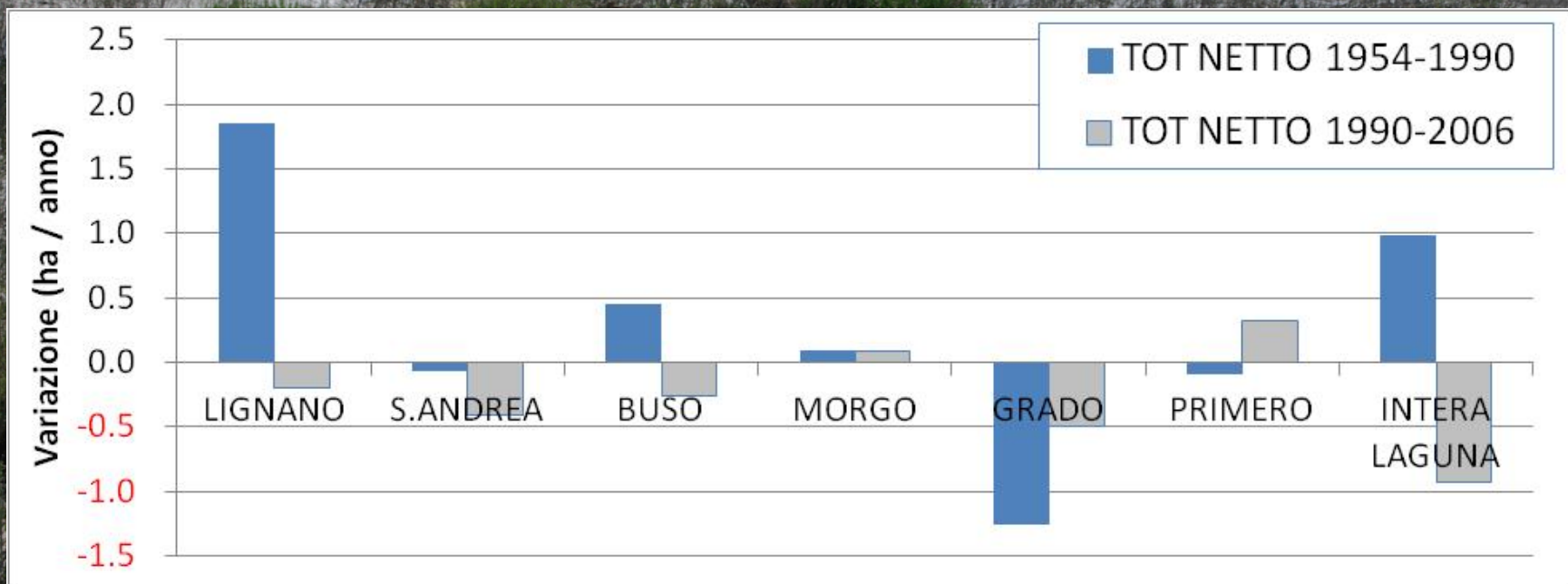
-16%

761 ha

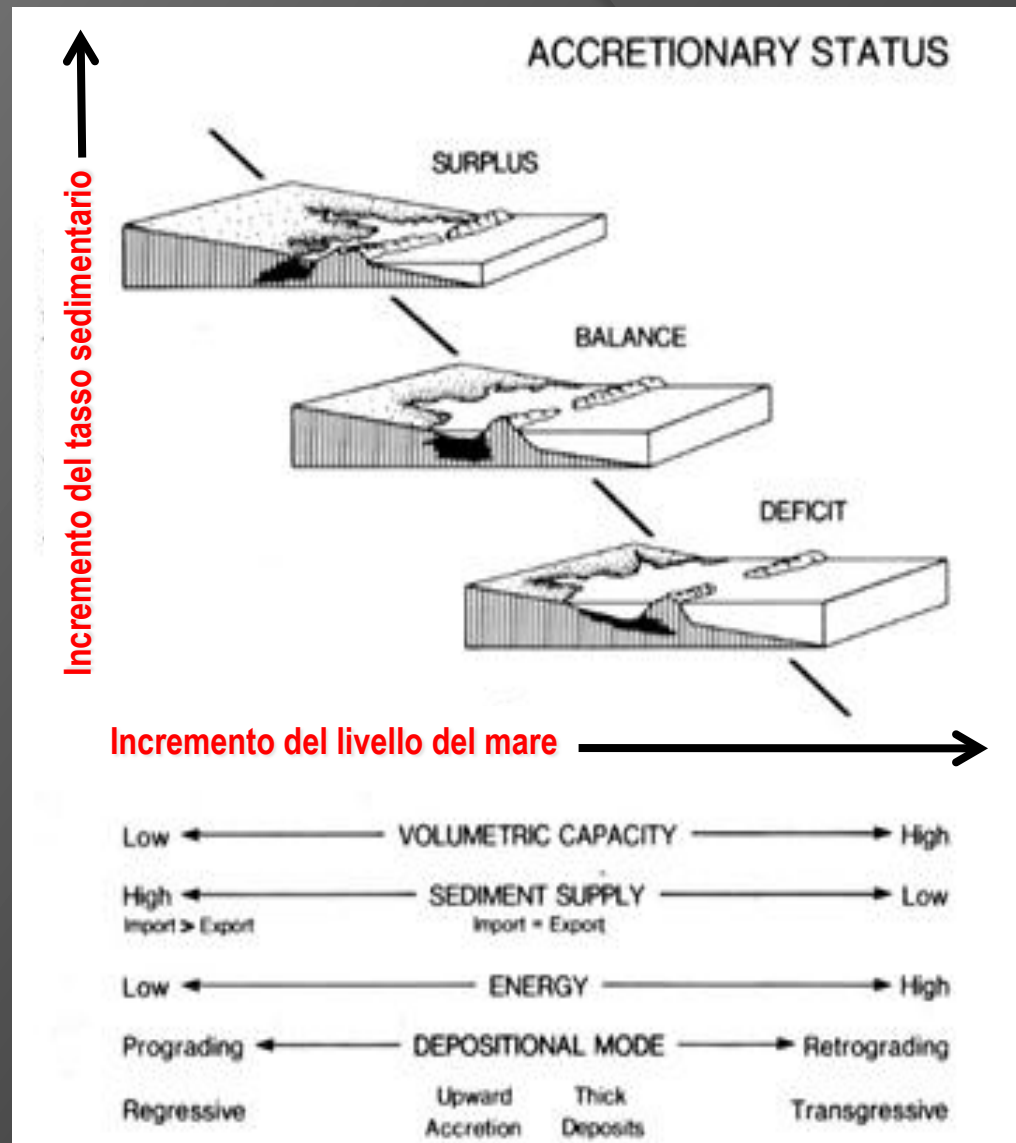
# Bilancio delle forzanti intera laguna



# Evoluzione “naturale”



# Il bilancio sedimentario



# Sommersione nella Laguna di Venezia (1927-2002)

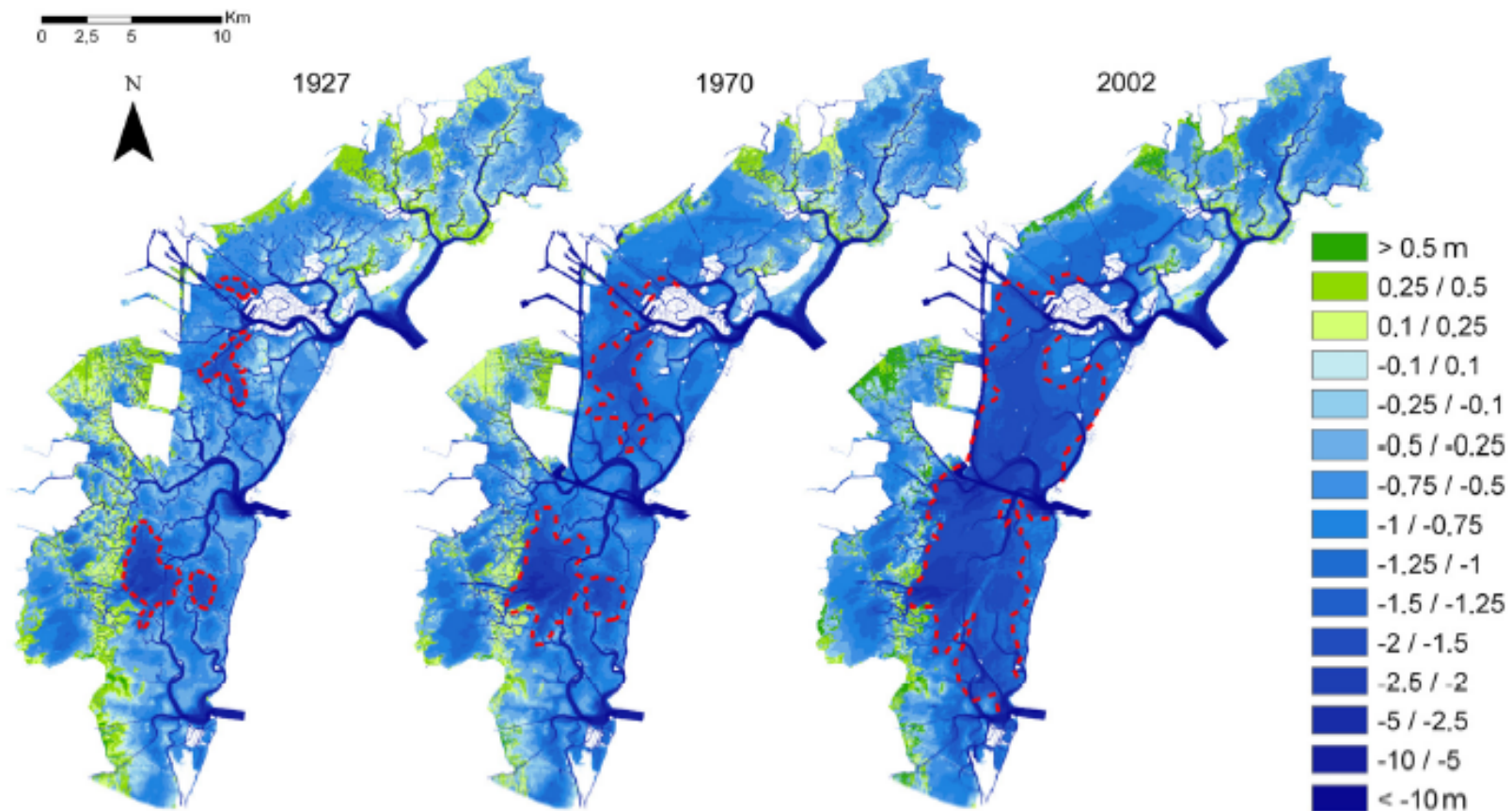
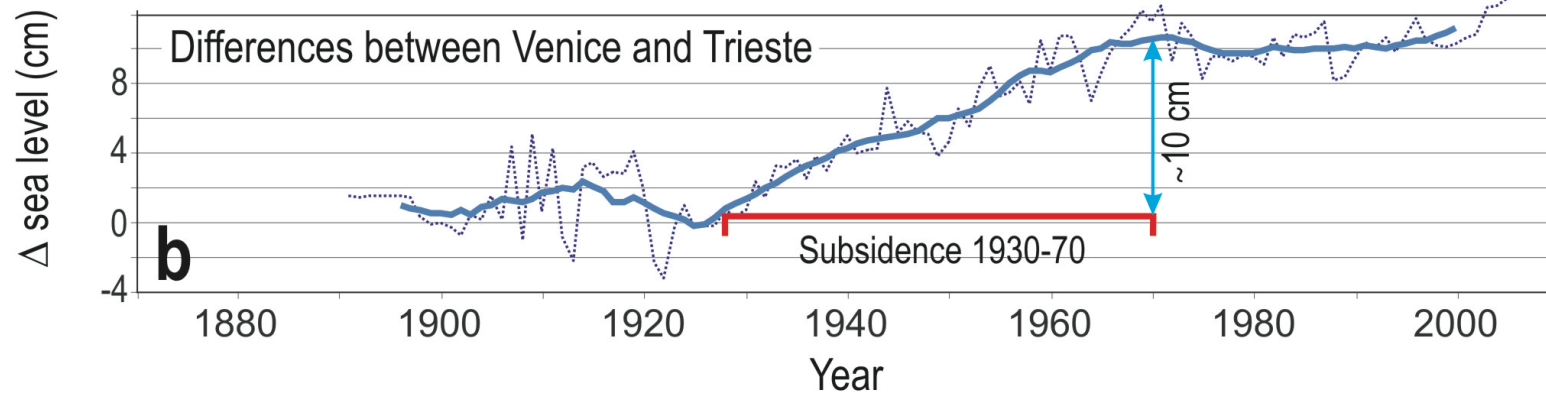
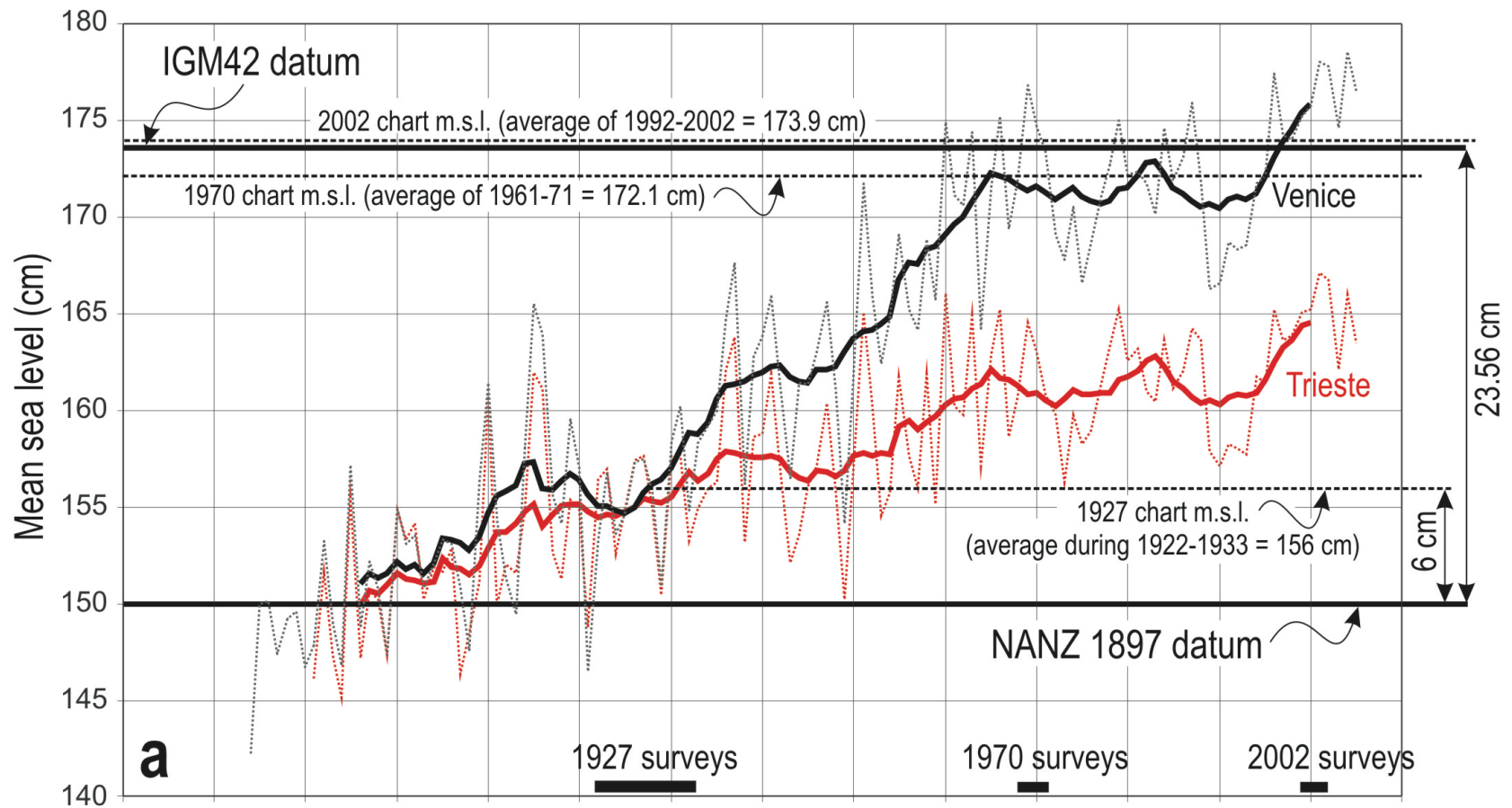
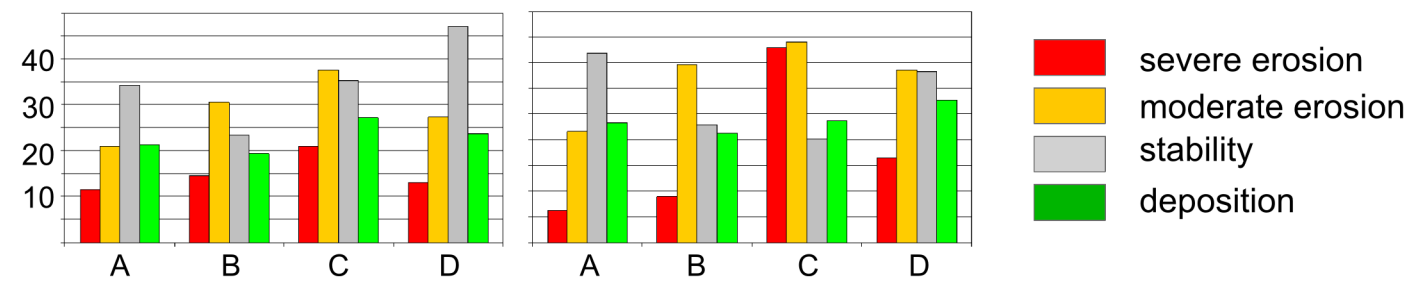
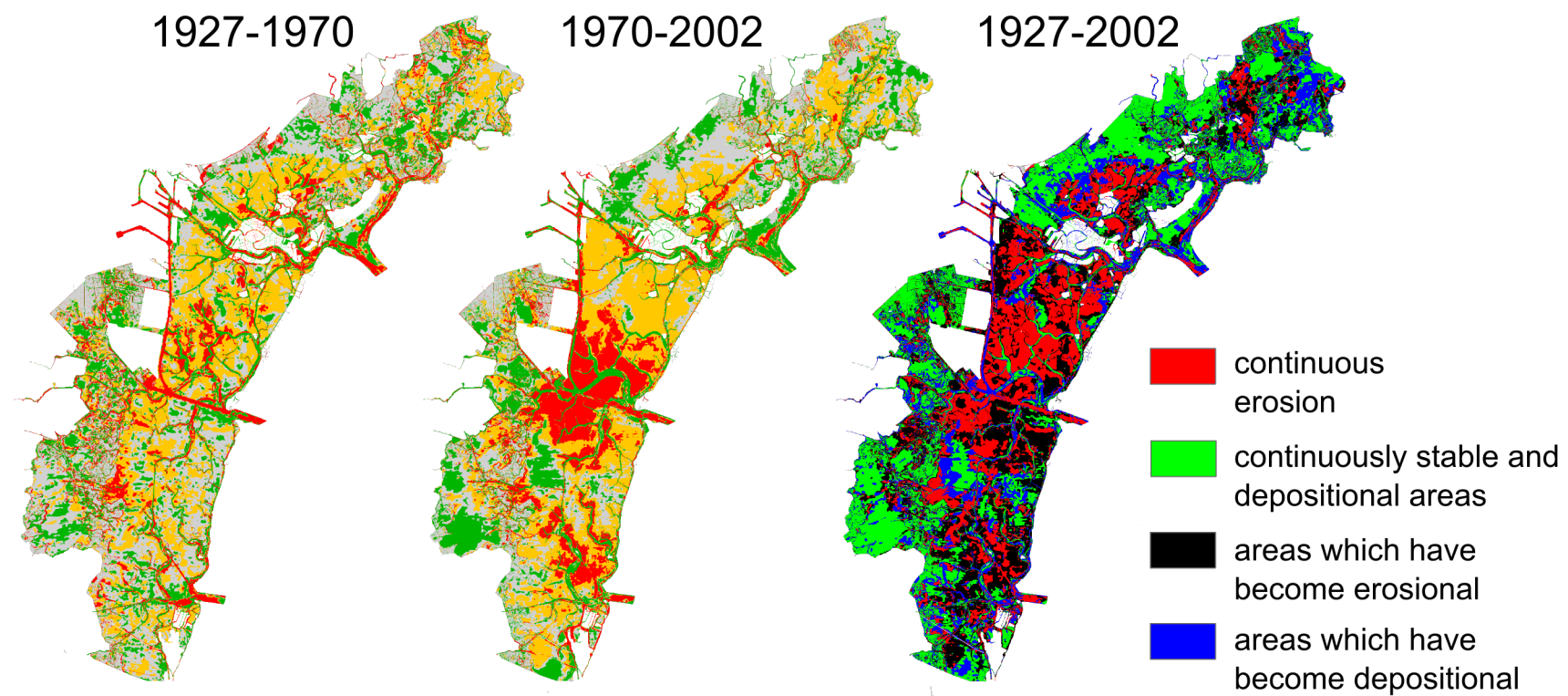


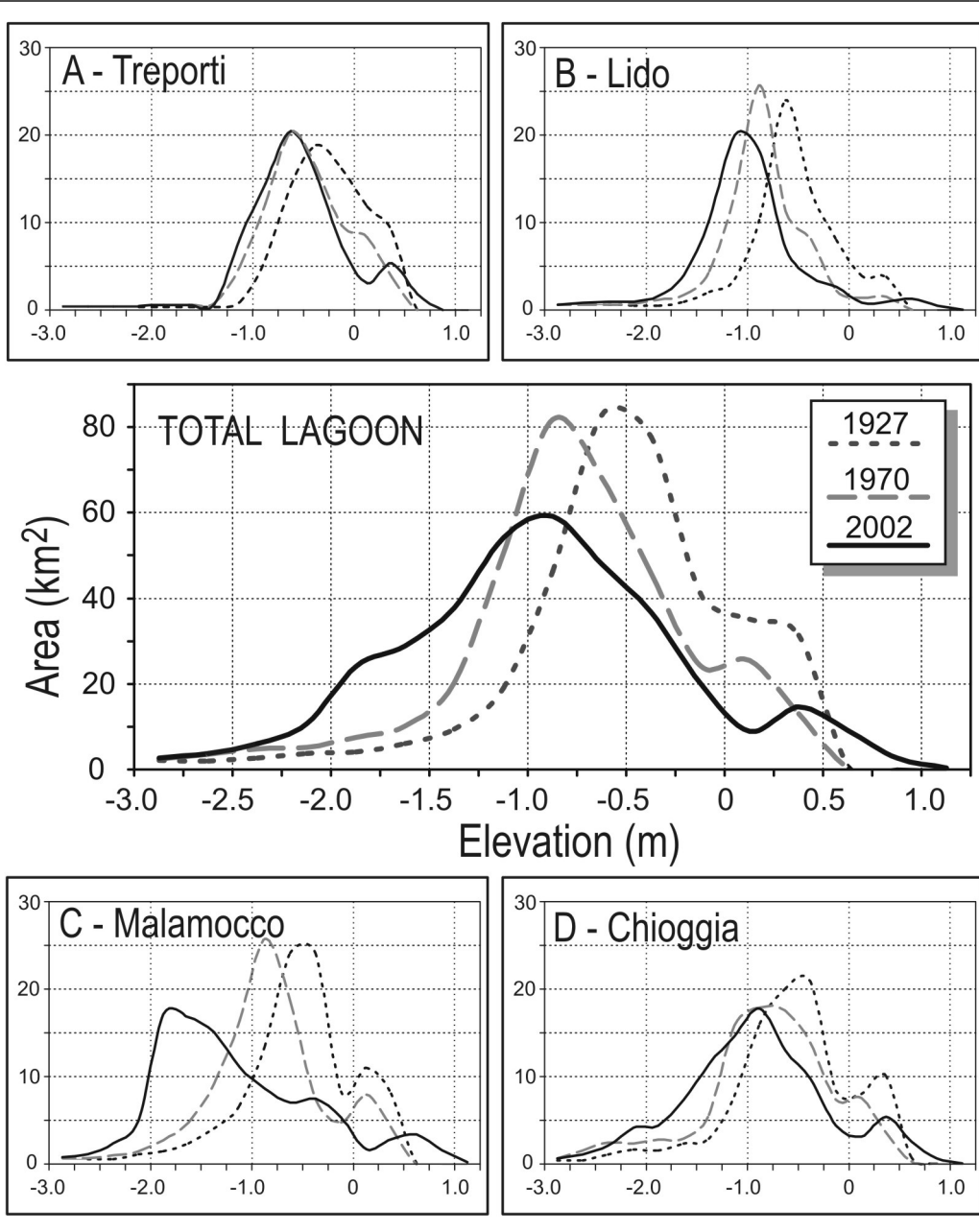
Fig. 3. Colour-shaded bathymetric maps of Lagoon of Venice (from left to right: 1927, 1970; 2002). Dotted red line indicates migration of  $-1.2\text{m}$  contour line, showing an overall increase in depth (progressively darker blue colour). Emergent areas are indicated in green. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)



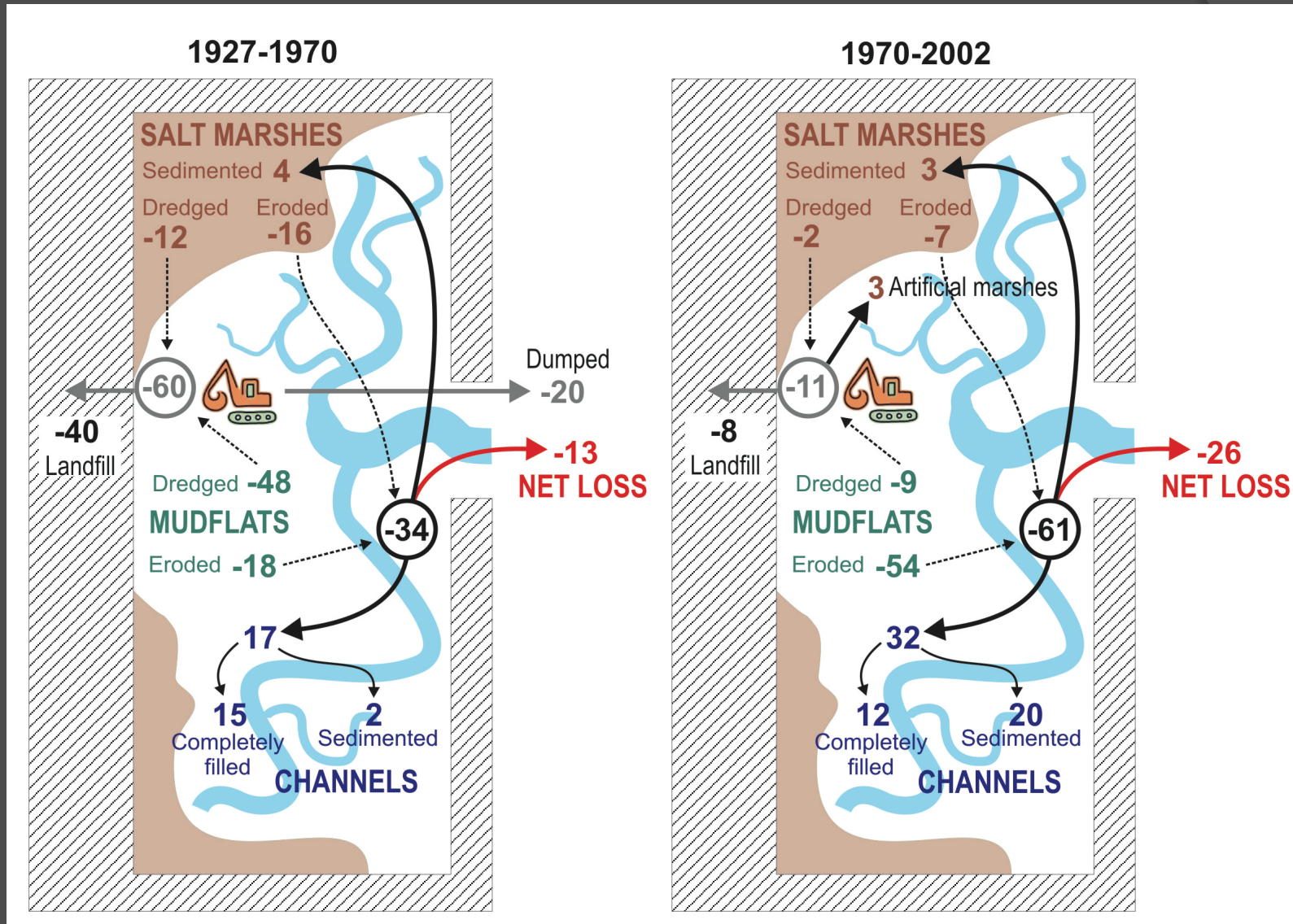




# Laguna di Venezia



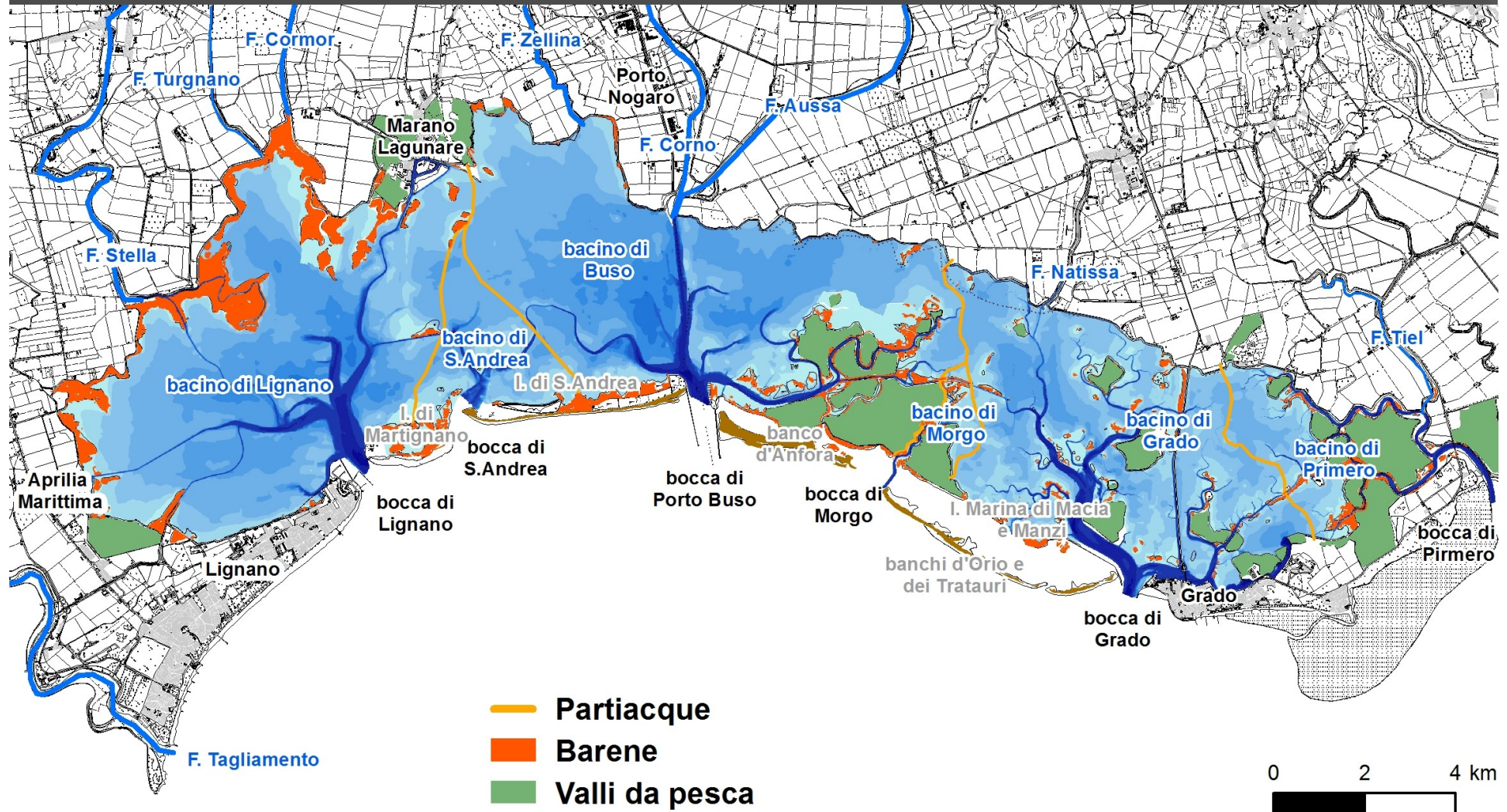
# Laguna di Venezia



**-300.000 mc/anno**

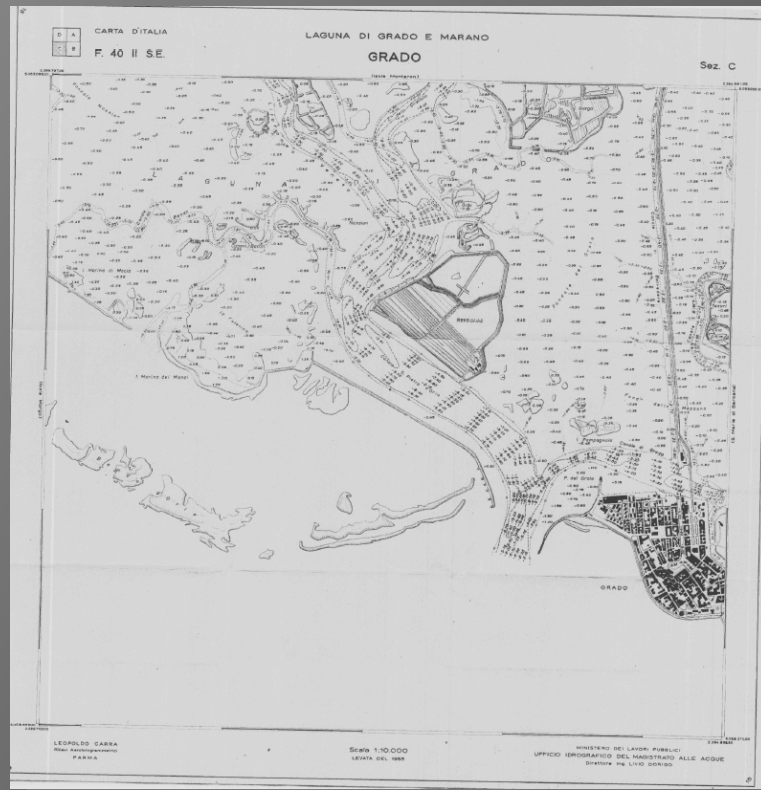
**-800.000 mc/anno**

# Laguna di Marano e Grado

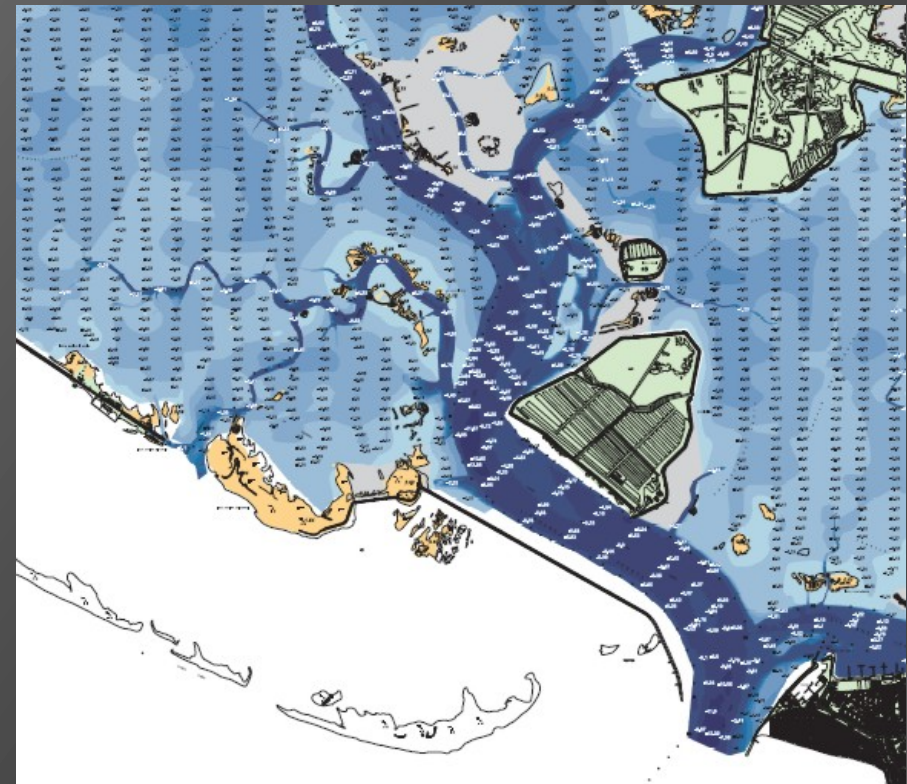


# Dinamiche di bacino e bilanci di massa

Carta Idrografica del Magistrato alle Acque di Venezia (1966)



Carta batimetrica della Laguna di Marano e Grado (2011)



Metodologia  
(Sarretta et al.,  
2010)

Creazione dei due  
modelli  
tridimensionali  
(TIN)



Trasformazione  
in raster a maglia  
10m (grid)

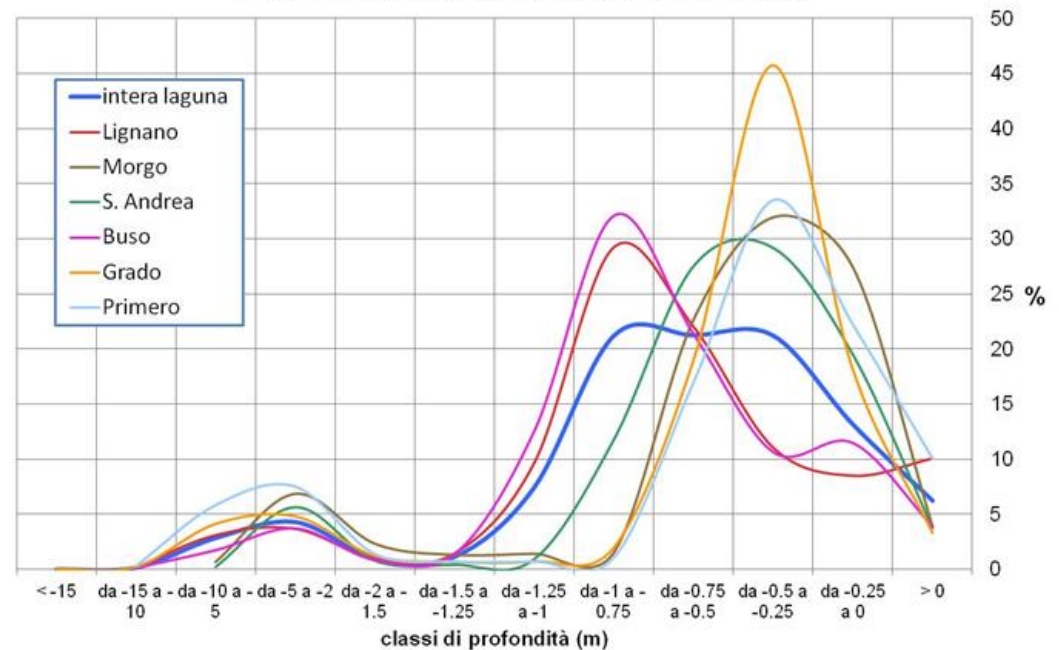


Confronto su  
intervalli di  
profondità

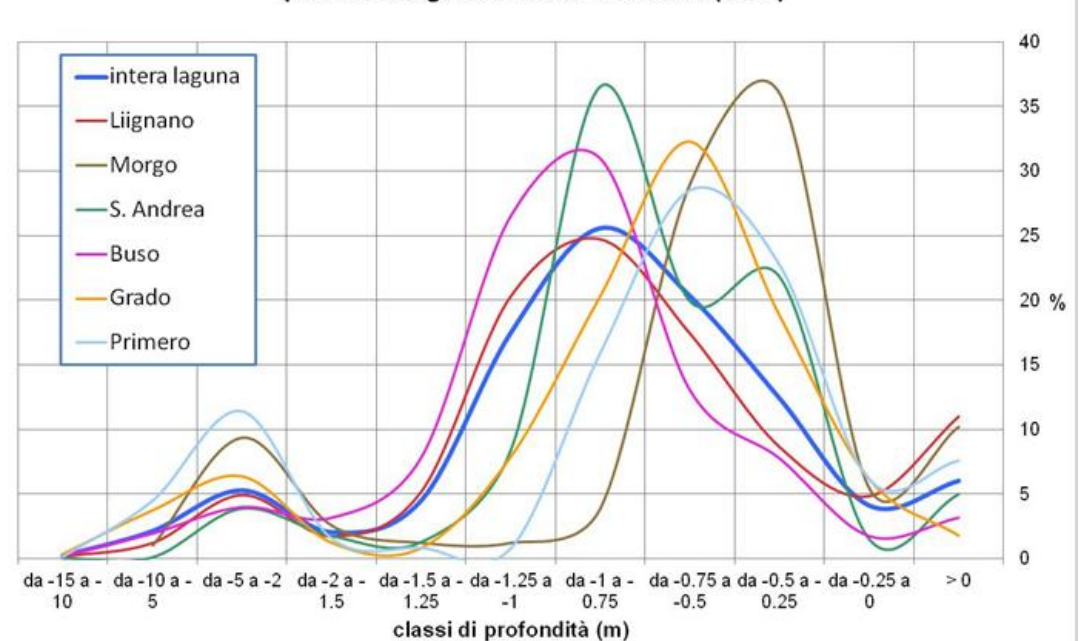
# Evoluzione ipsometrica

- Iniziale forte peculiarità morfologica dei bacini
- Aumento della profondità media, perdita di aree intertidali (velme), deficit sedimentario
- Perdita di caratterizzazione e peculiarità morfologica
- Interrimento dei canali, espansione delle aree subtidali (comprese tra -0,75 e -2,00 m)

Ipsometria laguna di Grado e Marano (Dorigo, 1966)

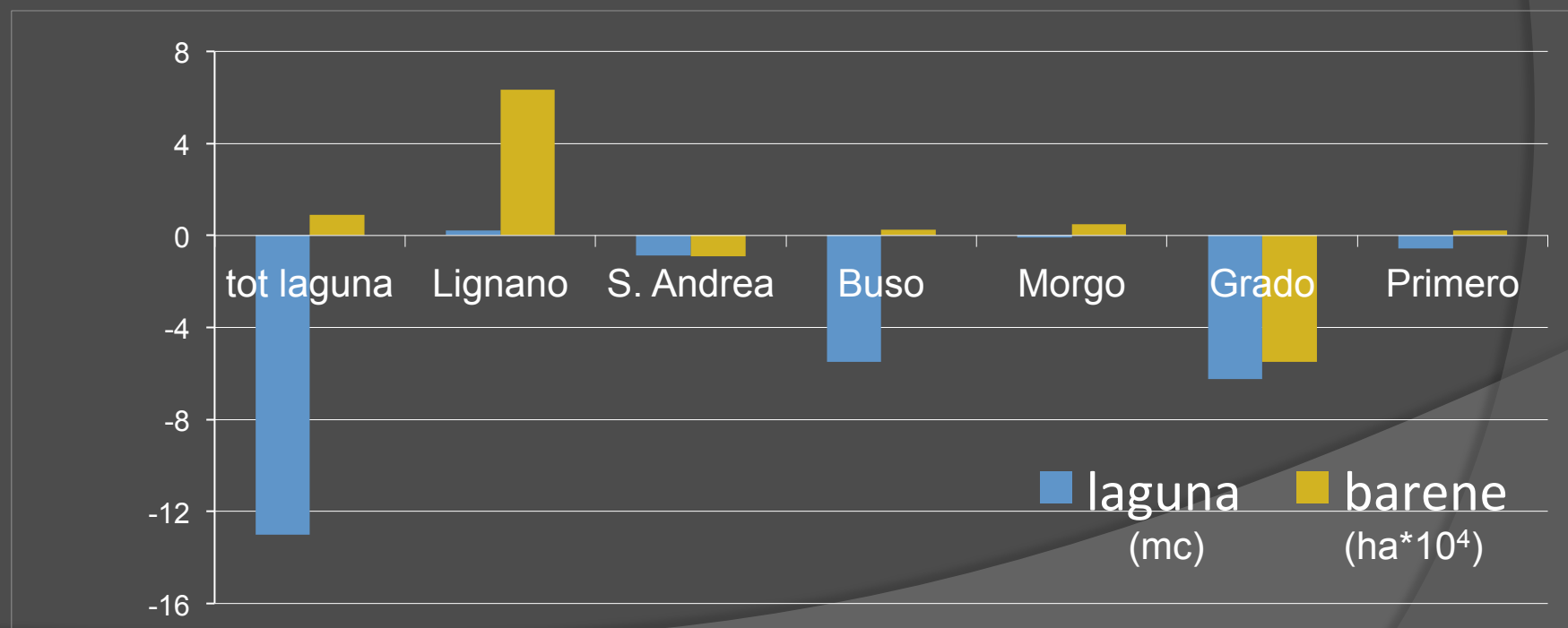


Ipsometria laguna di Grado e Marano (2011)



# Dinamiche di bacino e bilanci di massa

	Tot laguna	Lignano	S. Andrea	Buso	Morgo	Grado	Primero
Variazione barene 1954-2006 (ha)	9.1	63.4	-9	2.6	5.0	-54.9	2.1
Bilancio totale 1966- 2011 (m <sup>3</sup> /anno)	-325 000	-5 000	-17 000	-140 000	-1 700	-152 000	-10 000



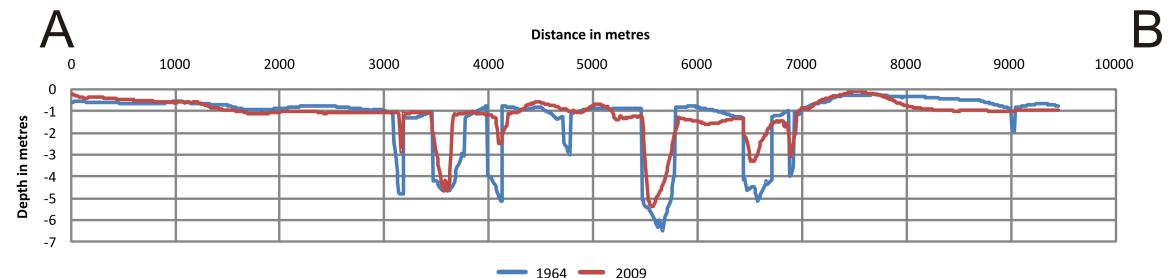
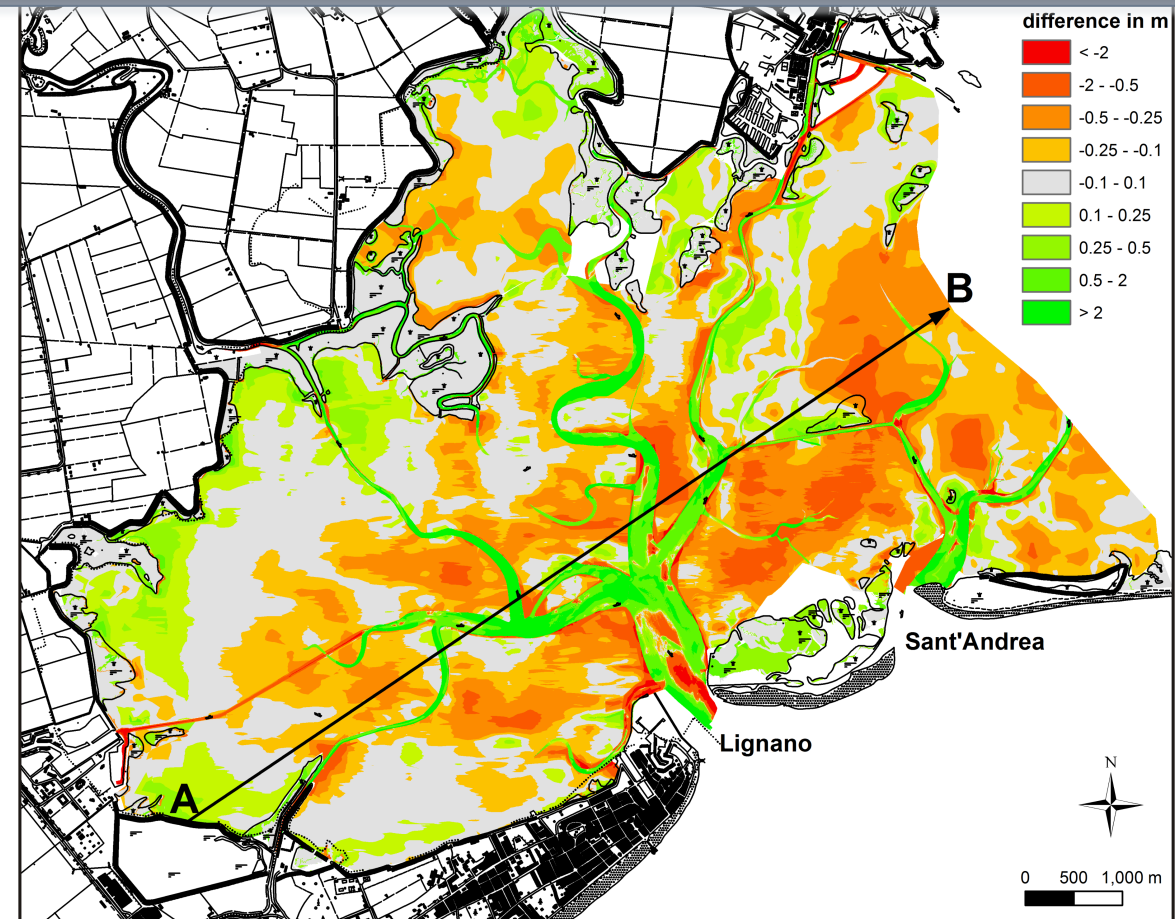
# L'asimmetria evolutiva

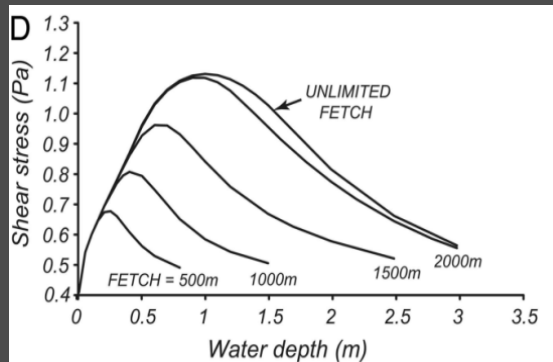
A parità di bilancio sedimentario, i processi di erosione delle piane e di accumulo nei canali, rendono la laguna asimmetrica, cioè sempre più sfasata tra i bordi interni e quelli esterni.

Al tempo stesso i canali perdono funzionalità e tendono a riempirsi, per raccordarsi alle piane, sempre più profonde.

DESTINO GEOLOGICO:

trasformazione in una baia (marinizzazione)

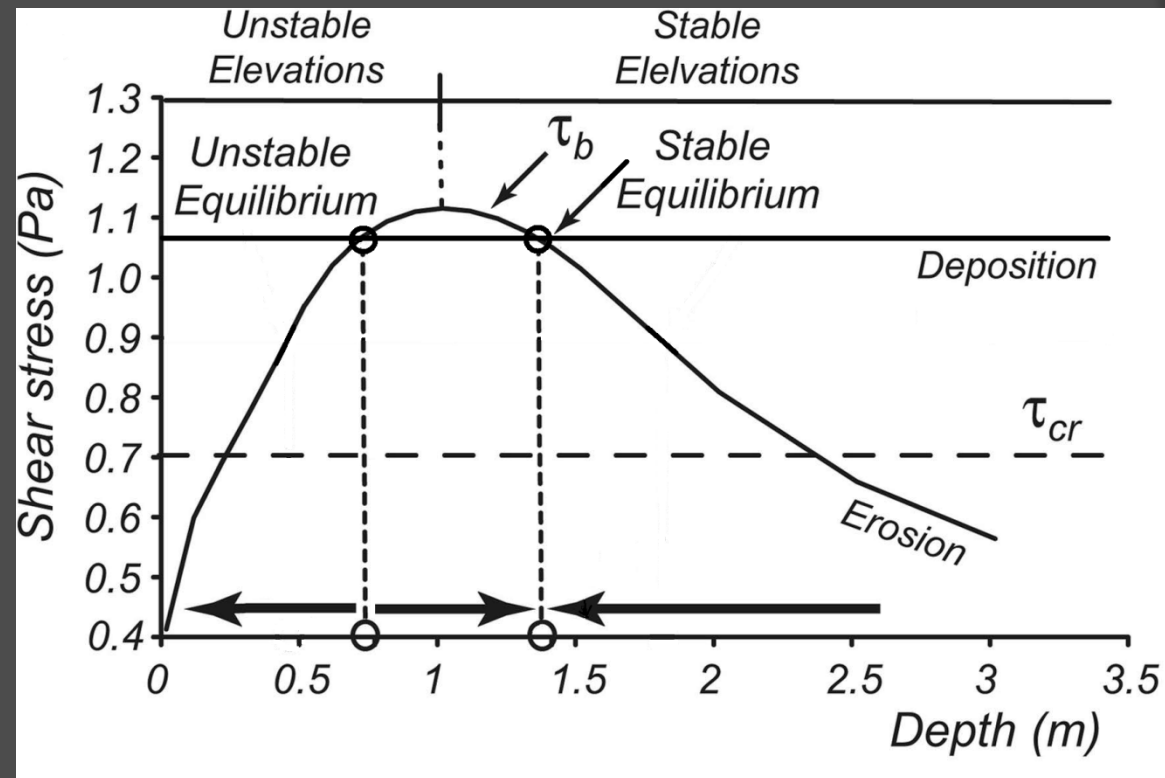




❖ Modello di Fagherazzi et al. (2006): sforzo di taglio delle onde da vento in funzione della profondità:

- Stabilità al di sotto della linea dello sforzo di taglio critico
- Per Venezia equilibrio instabile e stabile si hanno rispettivamente alle profondità di 0,5 e 1,7 m

- Per Lignano il range si restringe alle profondità corrispondenti alle aree intertidali e subtidali comprese tra -0.7 e -1.3 m





# Il controllo mareale

