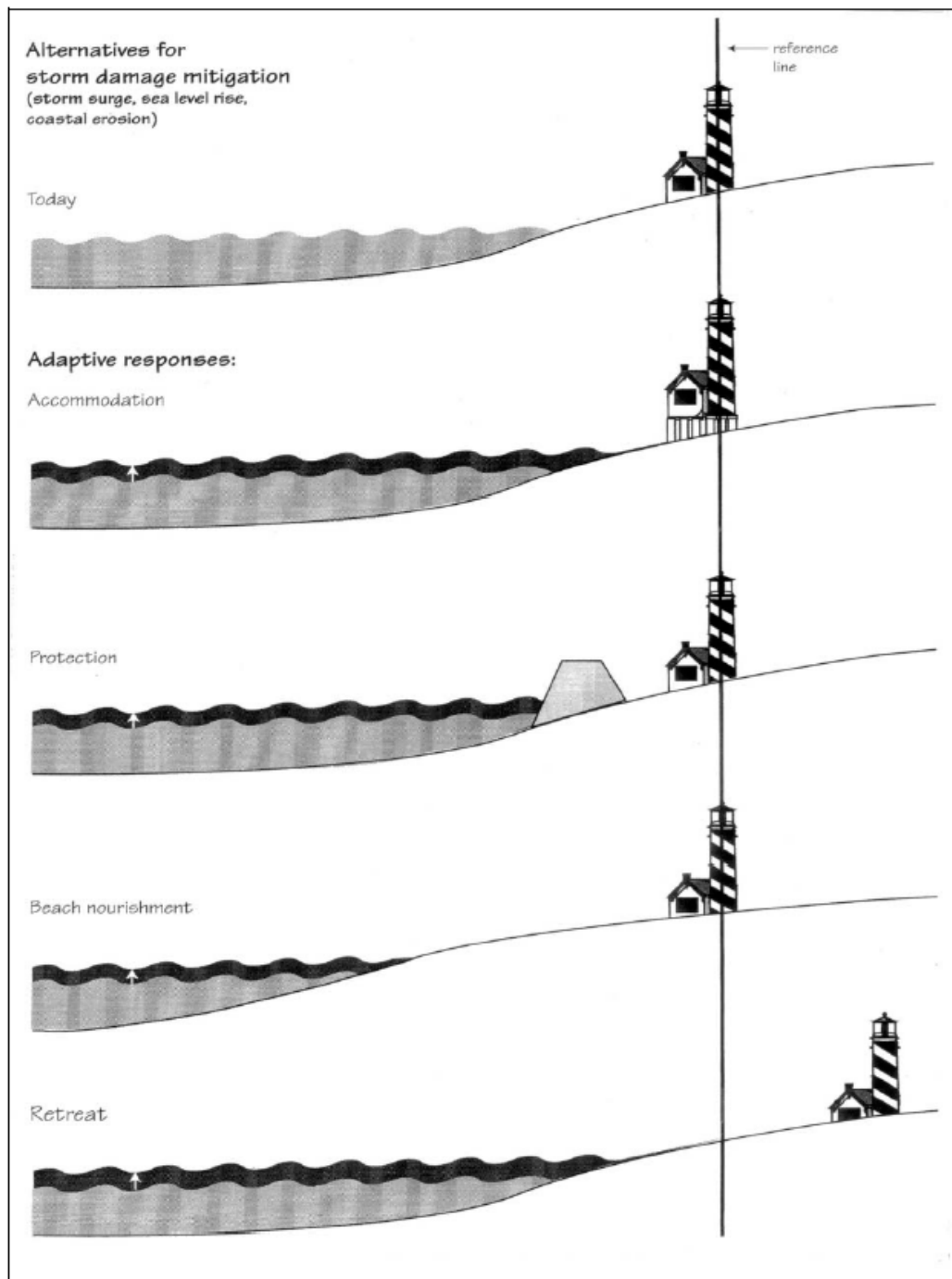




# CRITERI DI INTERVENTO E OPERE DI DIFESA DEI LITORALI





## Criteri di intervento su un litorale:

### Situazione attuale

### Accomodamento

Si accetta che i dinamismi naturali facciano il loro corso (nessun intervento)

### Protezione

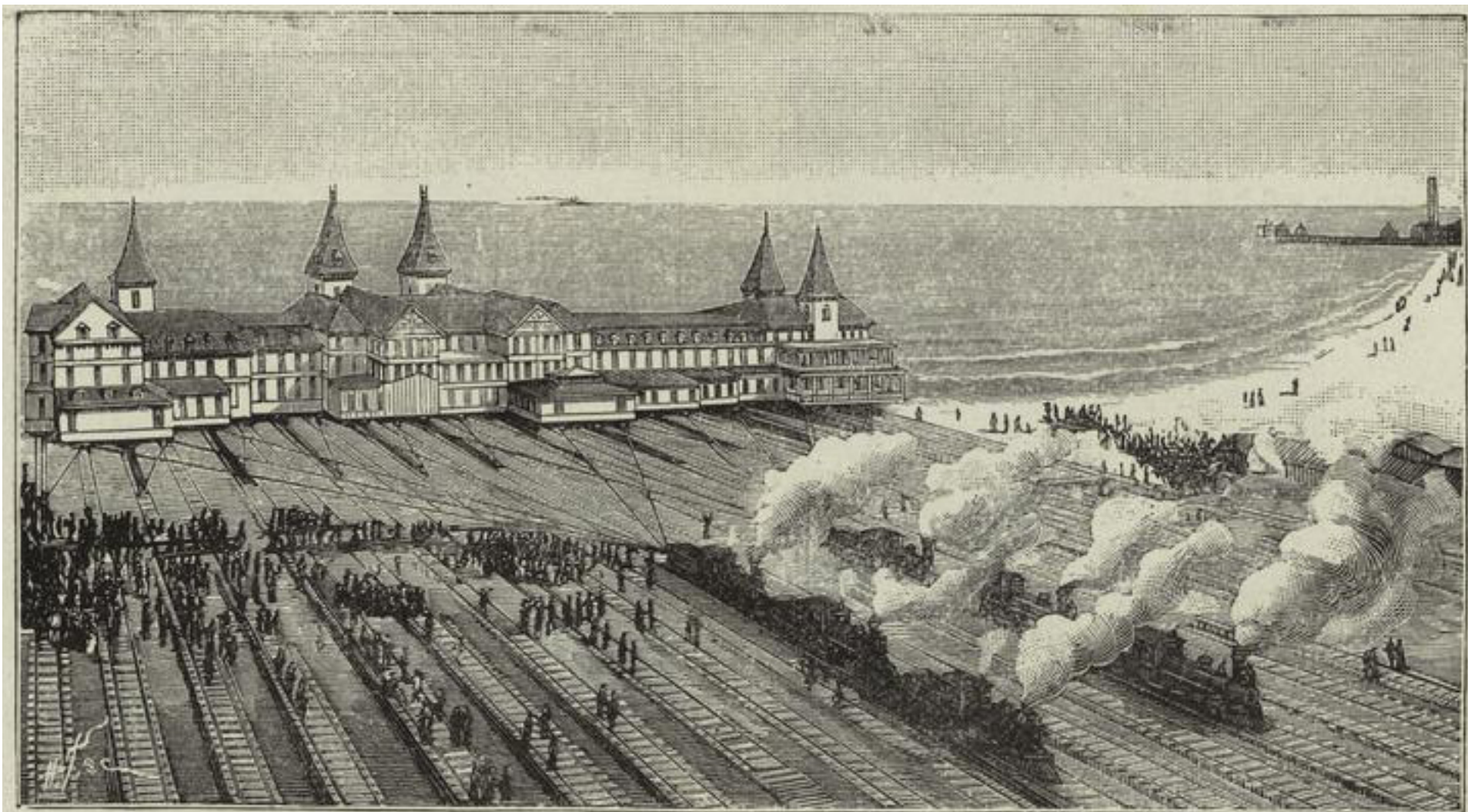
I beni del retrospiaggia vengono difesi da strutture artificiali (aderenti o distaccate)

### Ripascimento della spiaggia

La spiaggia viene ricreata o alimentata artificialmente

### Arretramento

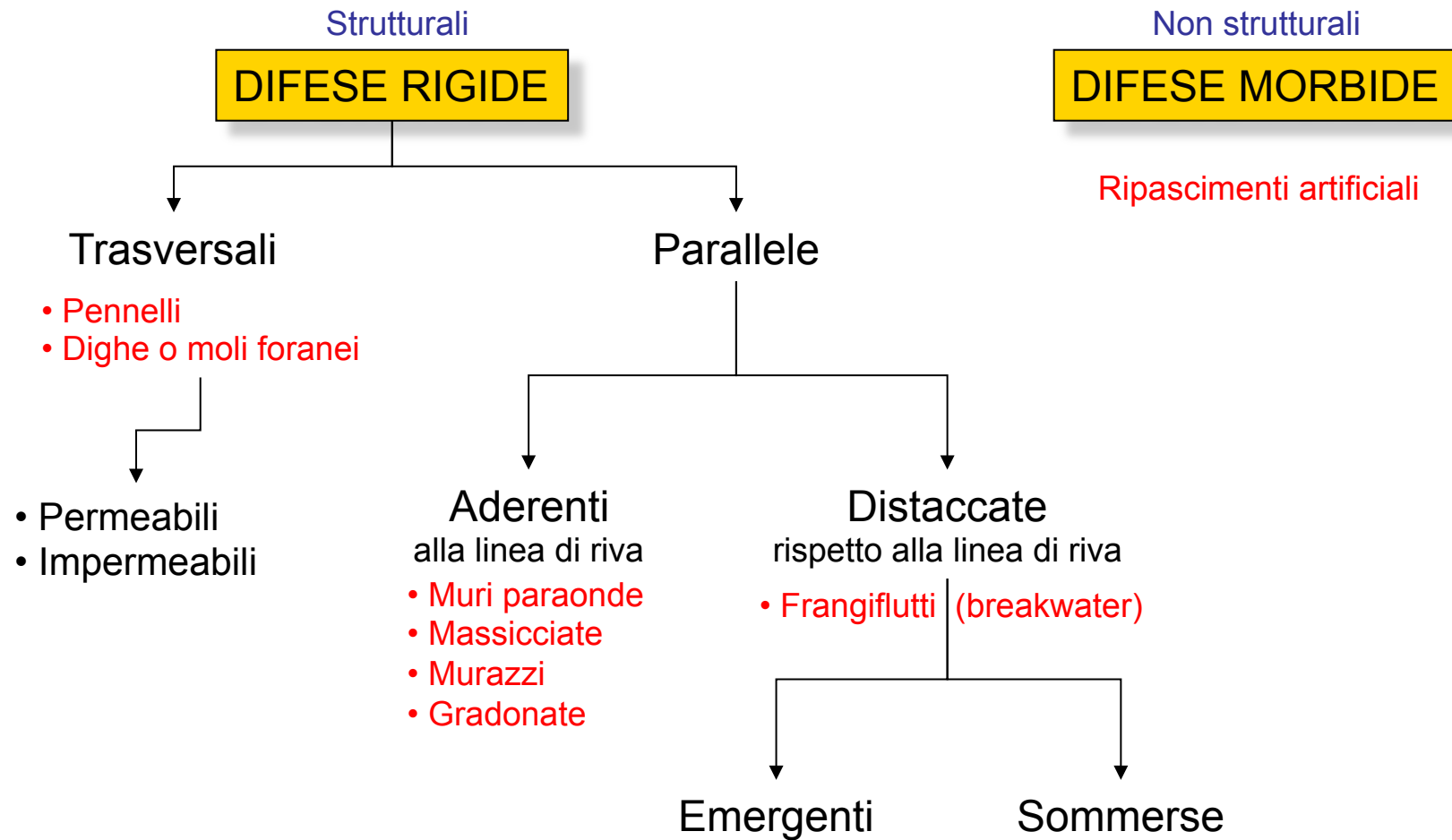
Il bene da difendere viene ricollocato in posizione più arretrata, ad una distanza di sicurezza

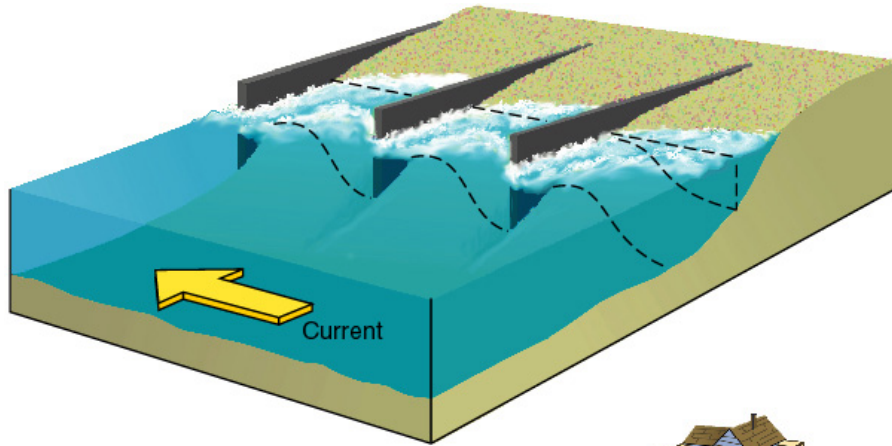


Il Brighton Hotel a Coney Island nello Stato di New York fu arretrato di oltre 150 m nel 1888. Furono usate 120 pedane di carri ferroviari e 6 locomotive per muovere tutta la struttura del peso di 6000 tonnellate.

L'impresa durò circa 3 mesi e nello spostamento non si ruppe neanche un vetro.

# Tipologie di interventi di difesa

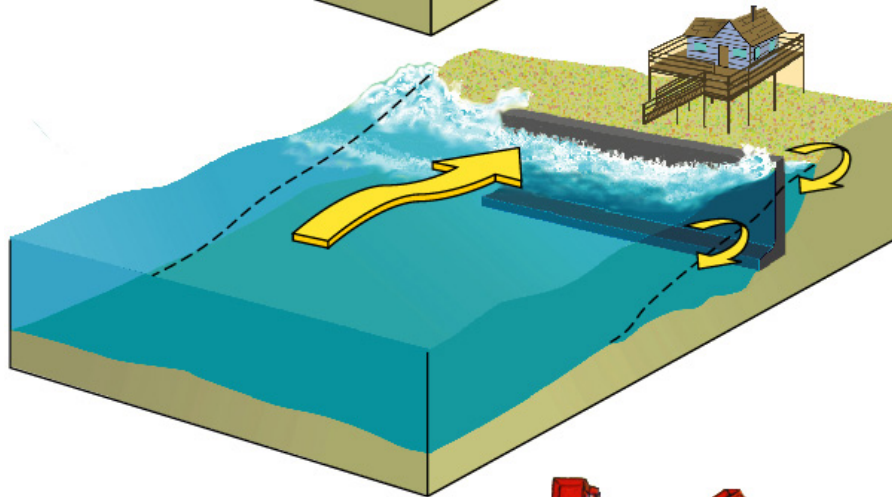




## pennello

### a Groin

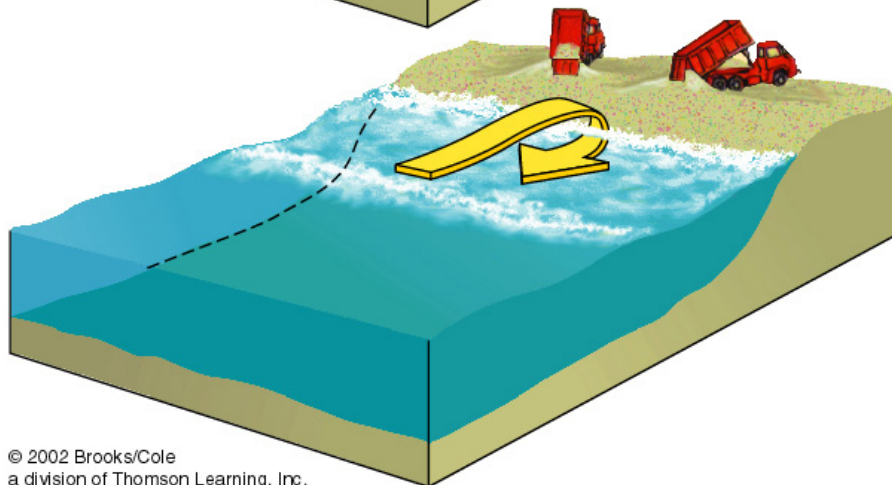
Groins are structures that extend from the beach into the water. They help counter erosion by dissipating wave energy and by trapping sand from the current. Groins accumulate sand on their updrift side, but erosion is worse on the downdrift side, which is deprived of sand.



## Muro paraonde

### b Seawall

Seawalls protect property temporarily, but they also increase beach erosion by deflecting wave energy onto the sand in front of and beside them. High waves can wash over seawalls and destroy both the seawalls and the protected property.



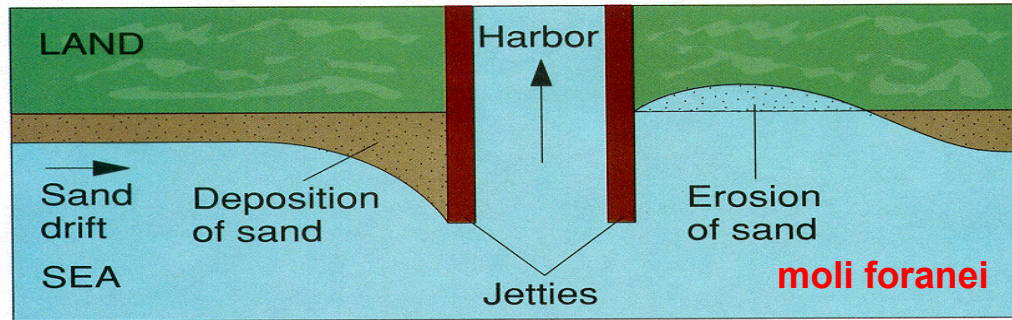
## Ripascimento

### c Importing sand

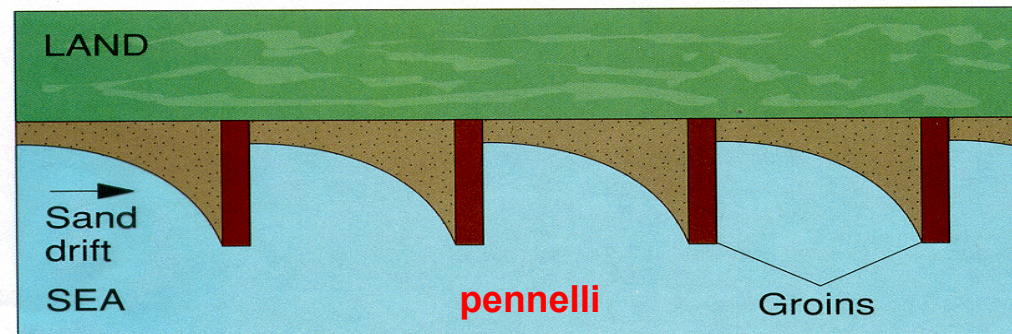
Importing sand to a beach is considered the best response to erosion. The new sand is often dredged from offshore and can cost tens of millions of dollars. Because it is often finer than beach sand, dredged sand erodes more quickly.

## DIFESE RIGIDE trasversali

Intercettano il carico solido longshore, intrappolando il sedimento sul lato sopraflutto; i moli foranei fungono da strutture che fissano la posizione di una apertura lungo il litorale ai fini della navigazione; i pennelli, viceversa, sono vere e proprie difese del litorale.



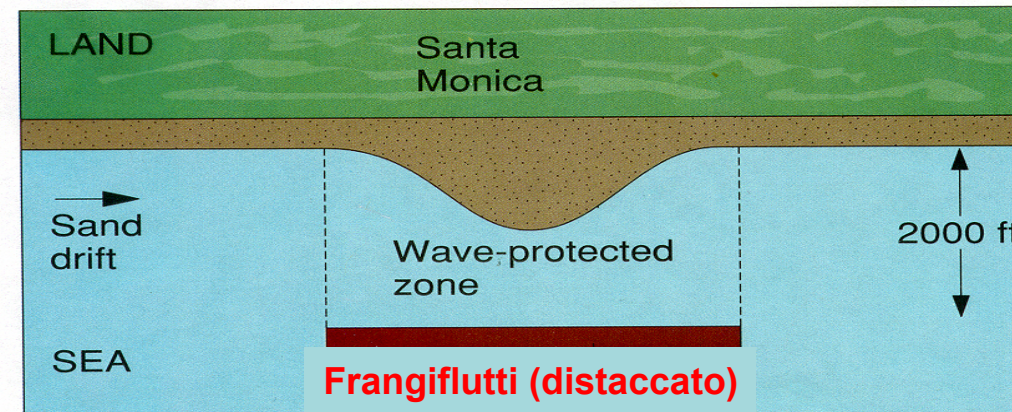
A



B

## DIFESE RIGIDE parallele

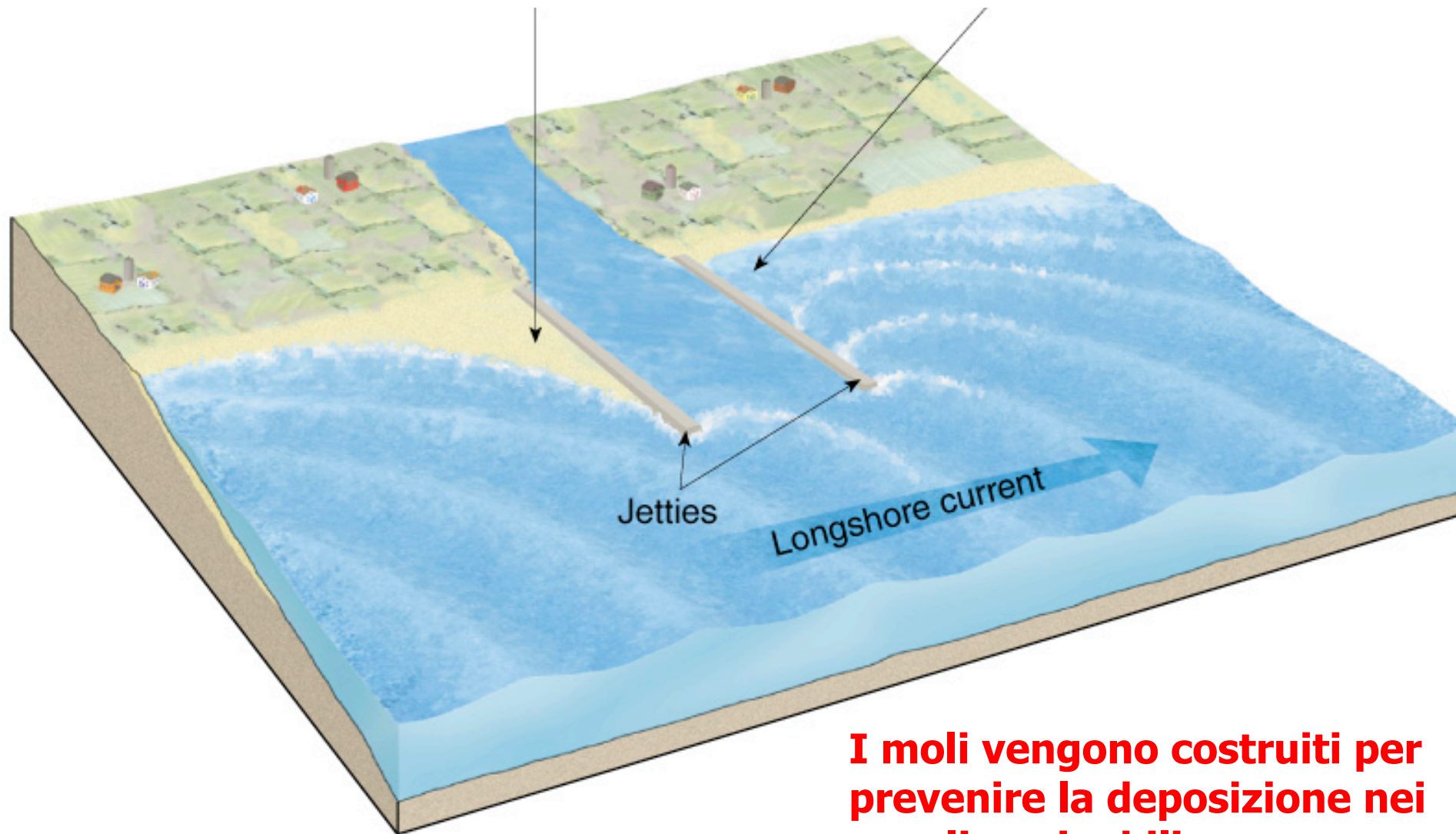
Sono strutture di dissipazione del moto ondoso. Se collocate in aderenza difendono un manufatto in modo radicale, anche a discapito della formazione o ripristino della spiaggia; in posizione distaccata favoriscono la formazione di salienze e tomboli lungo la linea di riva.



C

I moli foranei interrompono il movimento di sabbia causando deposizione sul lato sopraflutto

Nel lato sottoflutto ai moli normalmente avviene erosione per depauperamento di sabbia intercettata dalla struttura opposta



**I moli vengono costruiti per prevenire la deposizione nei canali navigabili**

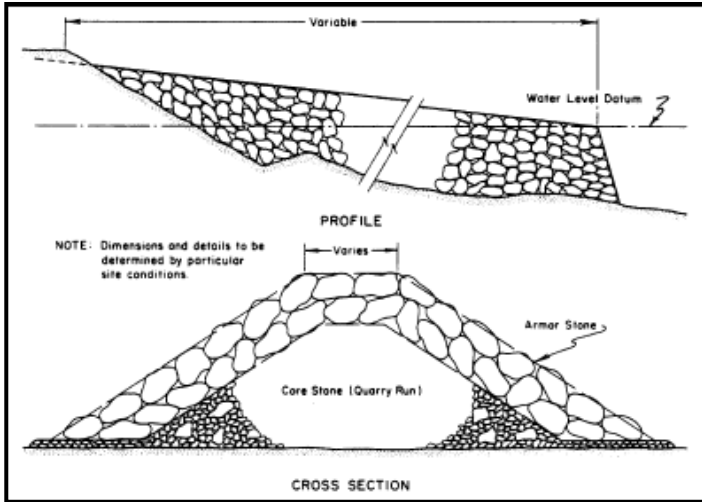


Moli foranei (foce Livenza)

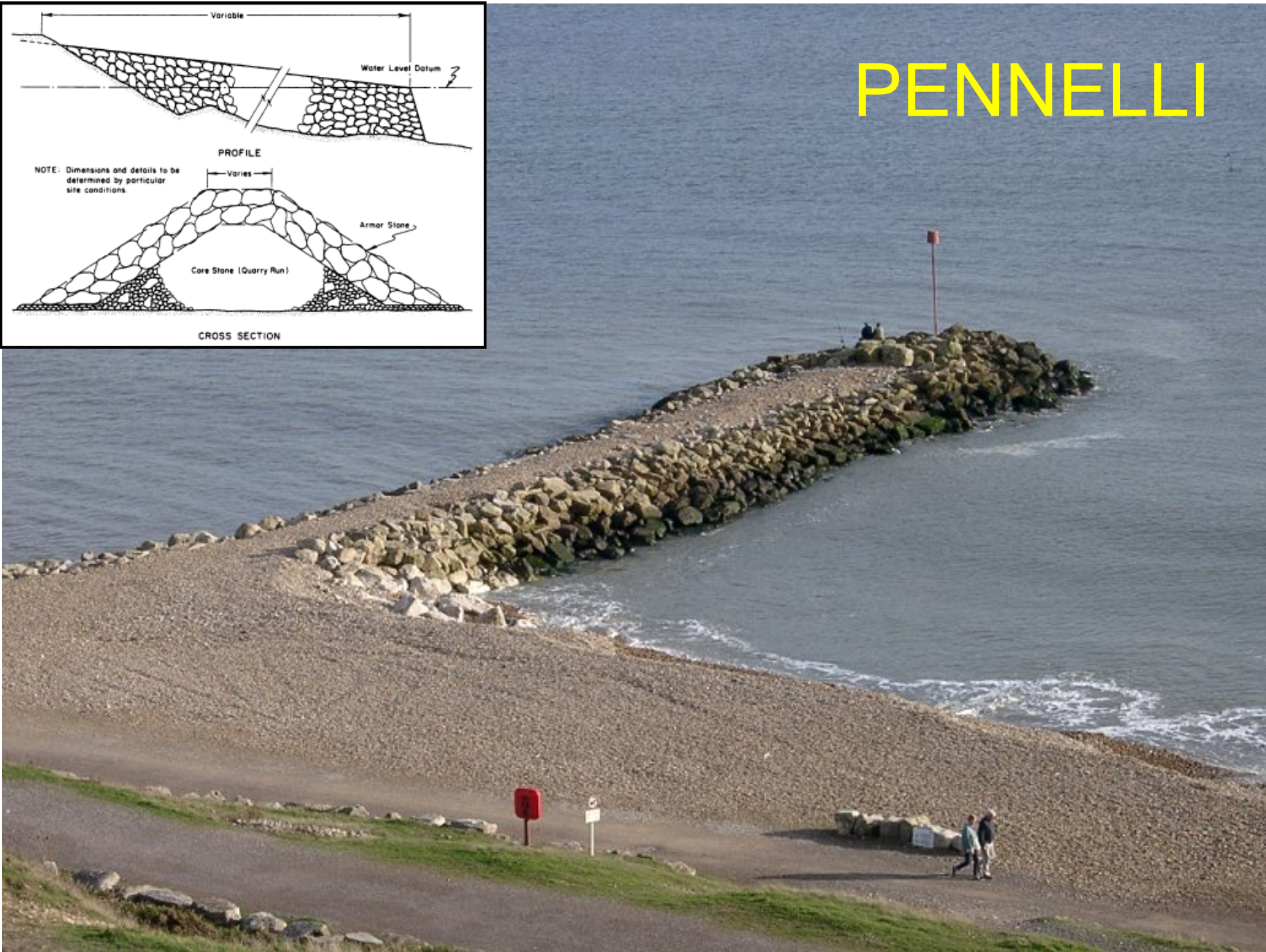


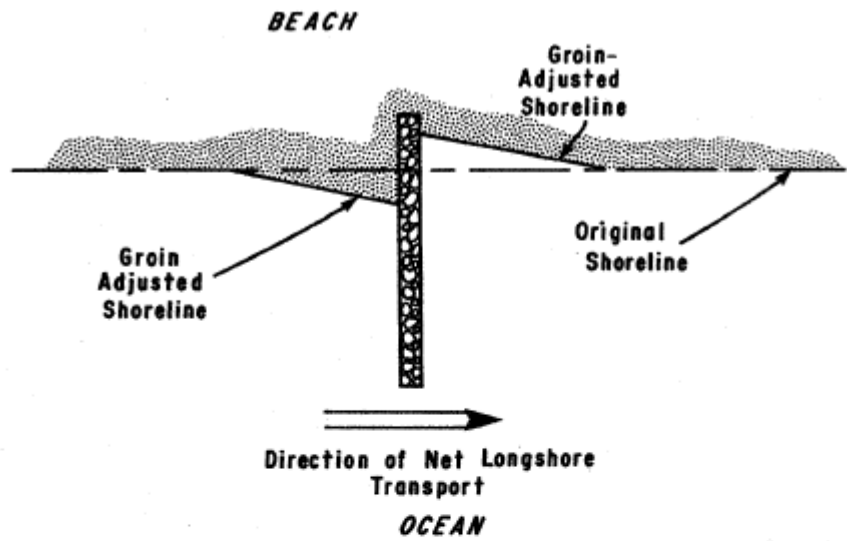
# Frangiflutti e moli foranei a difesa di una Marina (California)



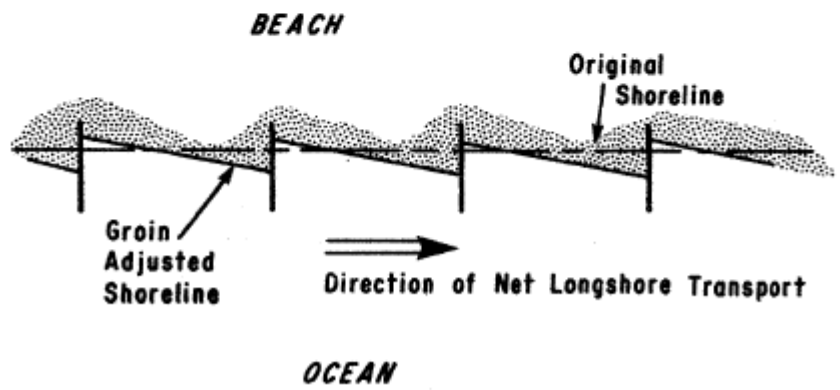


# PENNELLI





a. Single groin

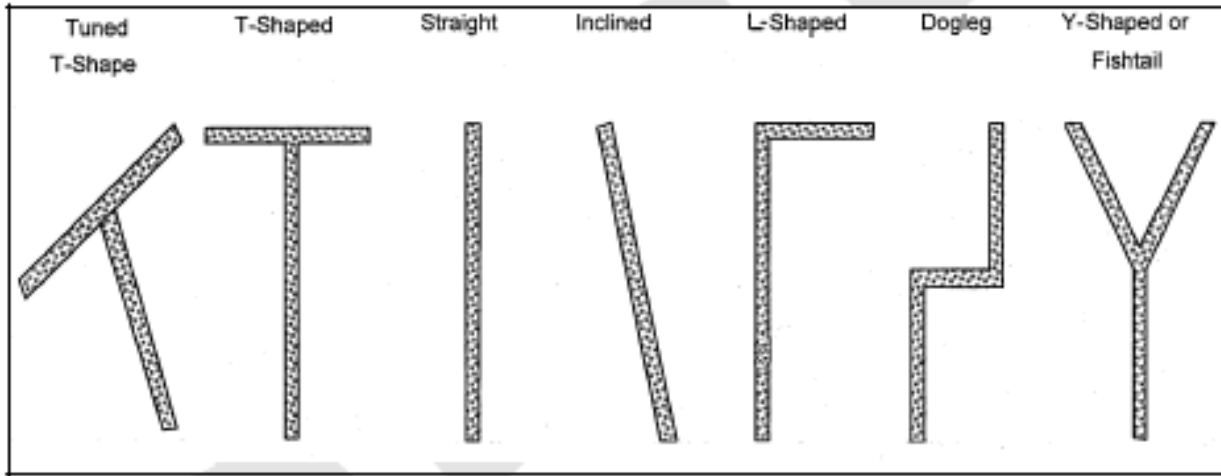


b. Groin field

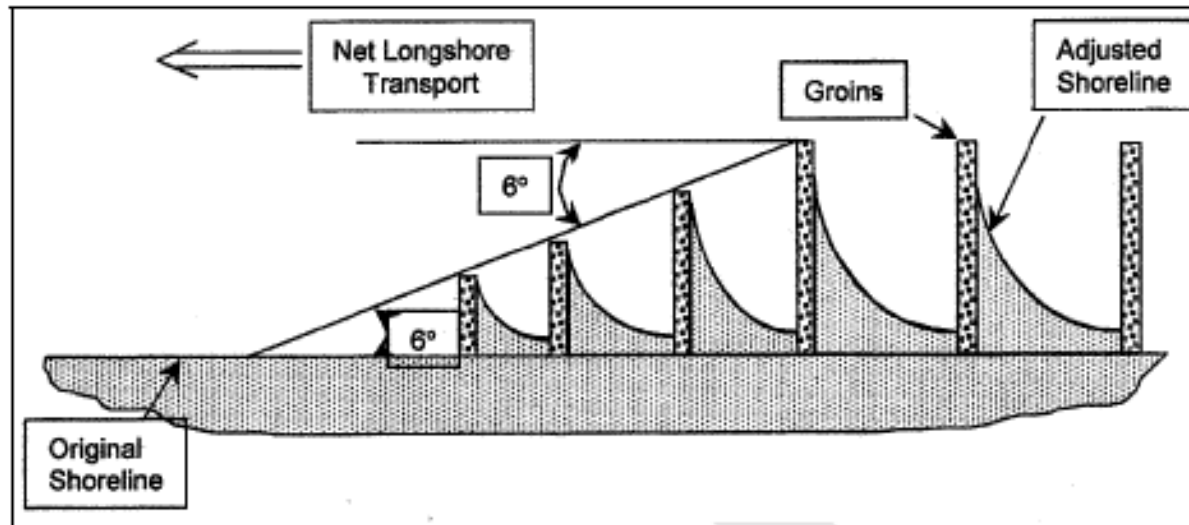








Varie forme

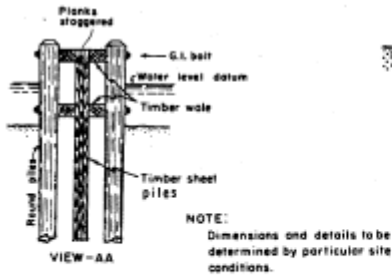
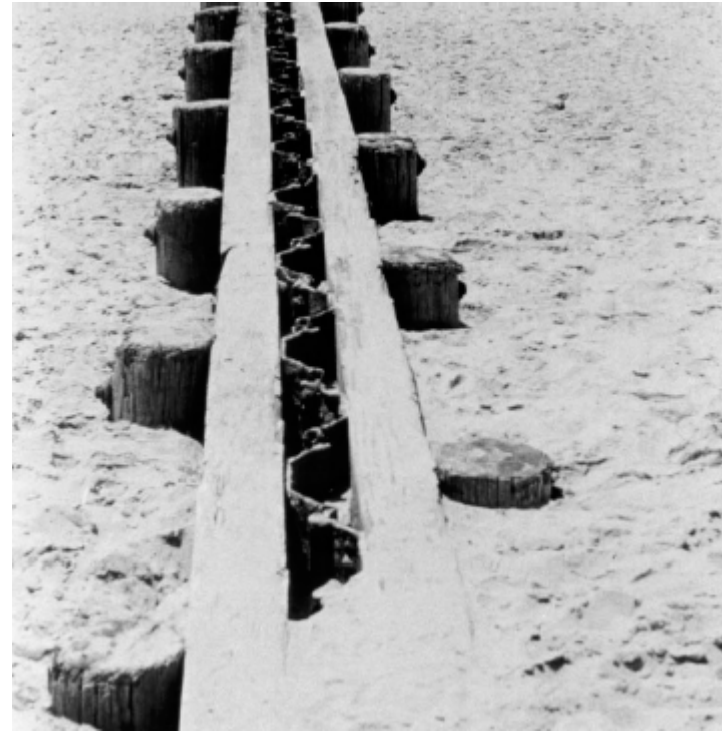


Criteri di dimensionamento longshore

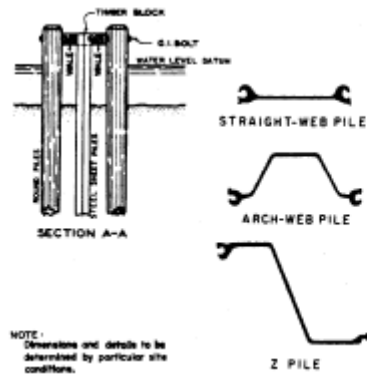
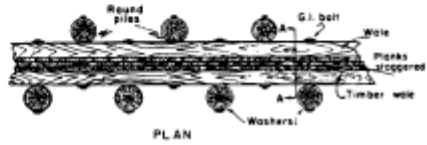
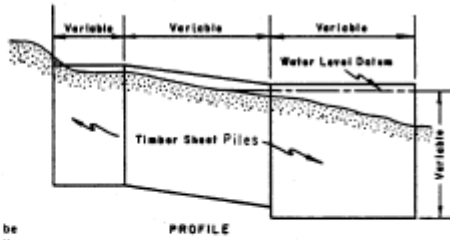
**Sistema di difesa a “*headland-control*”  
- Pennelli obliqui con testata parallela -  
(Calabria Ionica)**



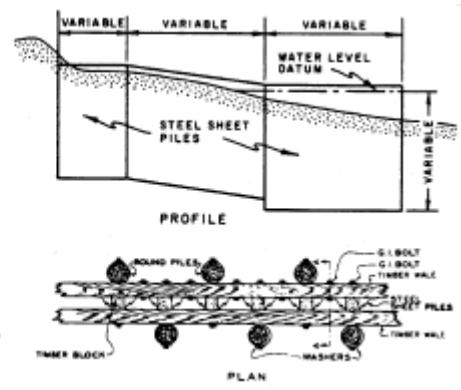
# PENNELLI: TIPOLOGIE COSTRUTTIVE 1



NOTE:  
Dimensions and details to be determined by particular site conditions.

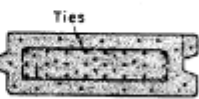
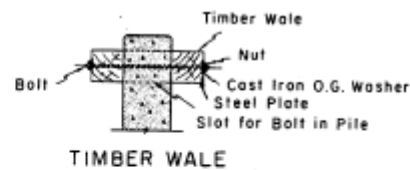
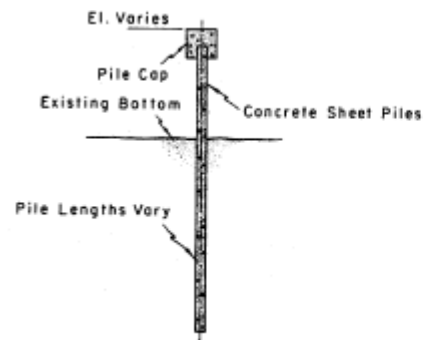


NOTE:  
Dimensions and details to be determined by particular site conditions.

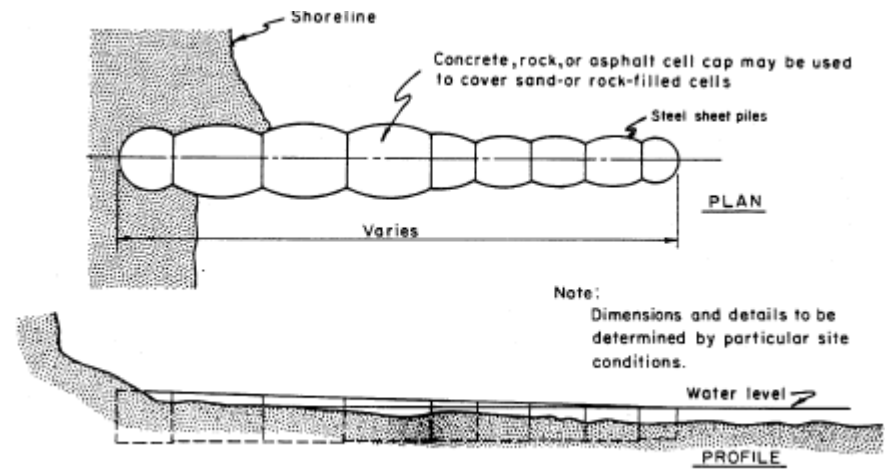




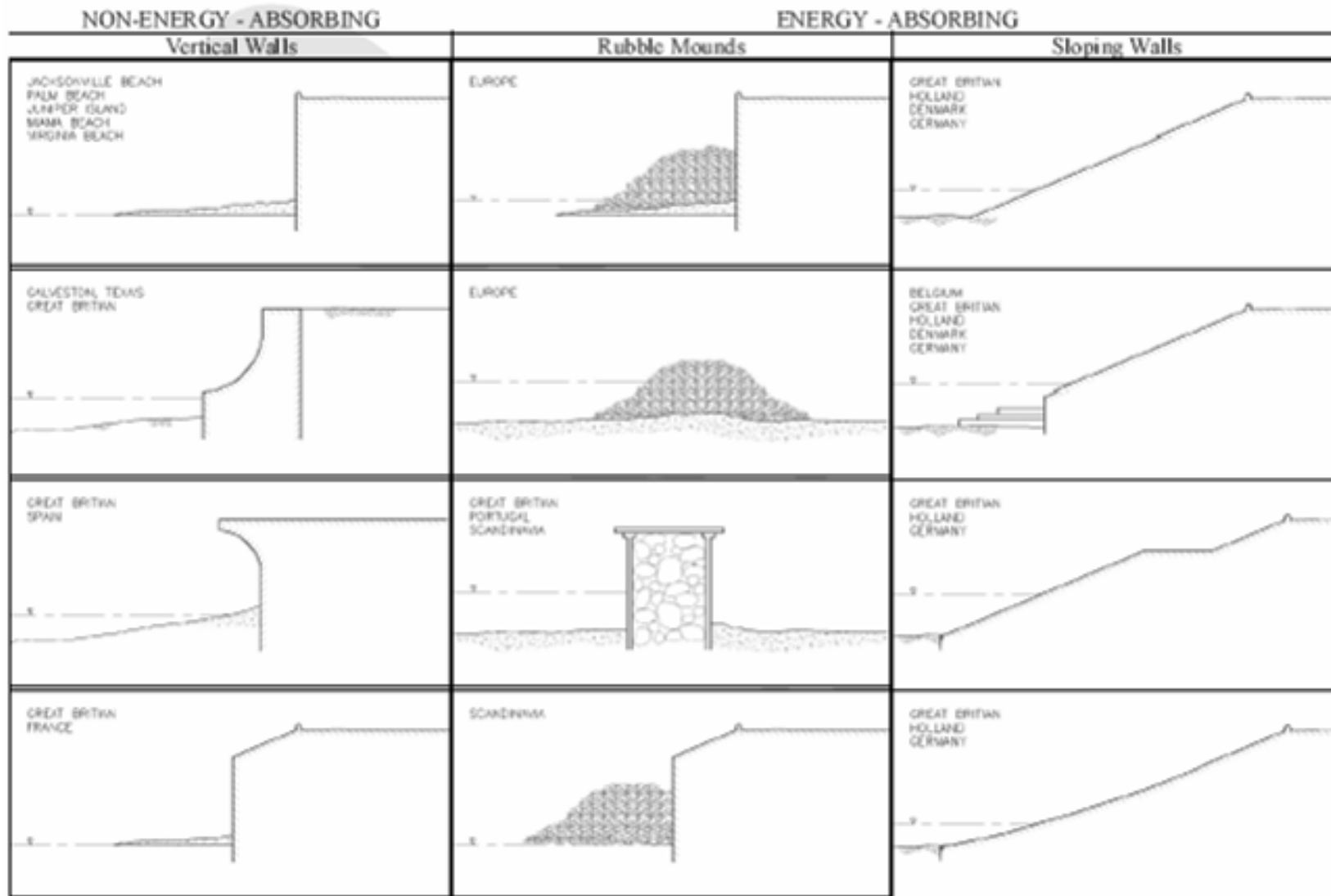
# PENNELLI: TIPOLOGIE COSTRUTTIVE 2



Dimensions Vary According to Differential Loading  
**CONCRETE PILE SECTION**



## Muri paraonde e argini – SEAWALLS & DIKES



Lo scopo primario è quello di impedire la sommersione dell' entroterra a causa delle onde di tempesta. Gli elementi funzionali sono costituiti da una cresta elevata che minimizzi il sovrizzo d' onda e il setup. Il **muro paraonde (seawall)** è costituito da una struttura massiva in cemento, mentre l' **argine (dike)** è una struttura in terra.





## Seawall + rip rap



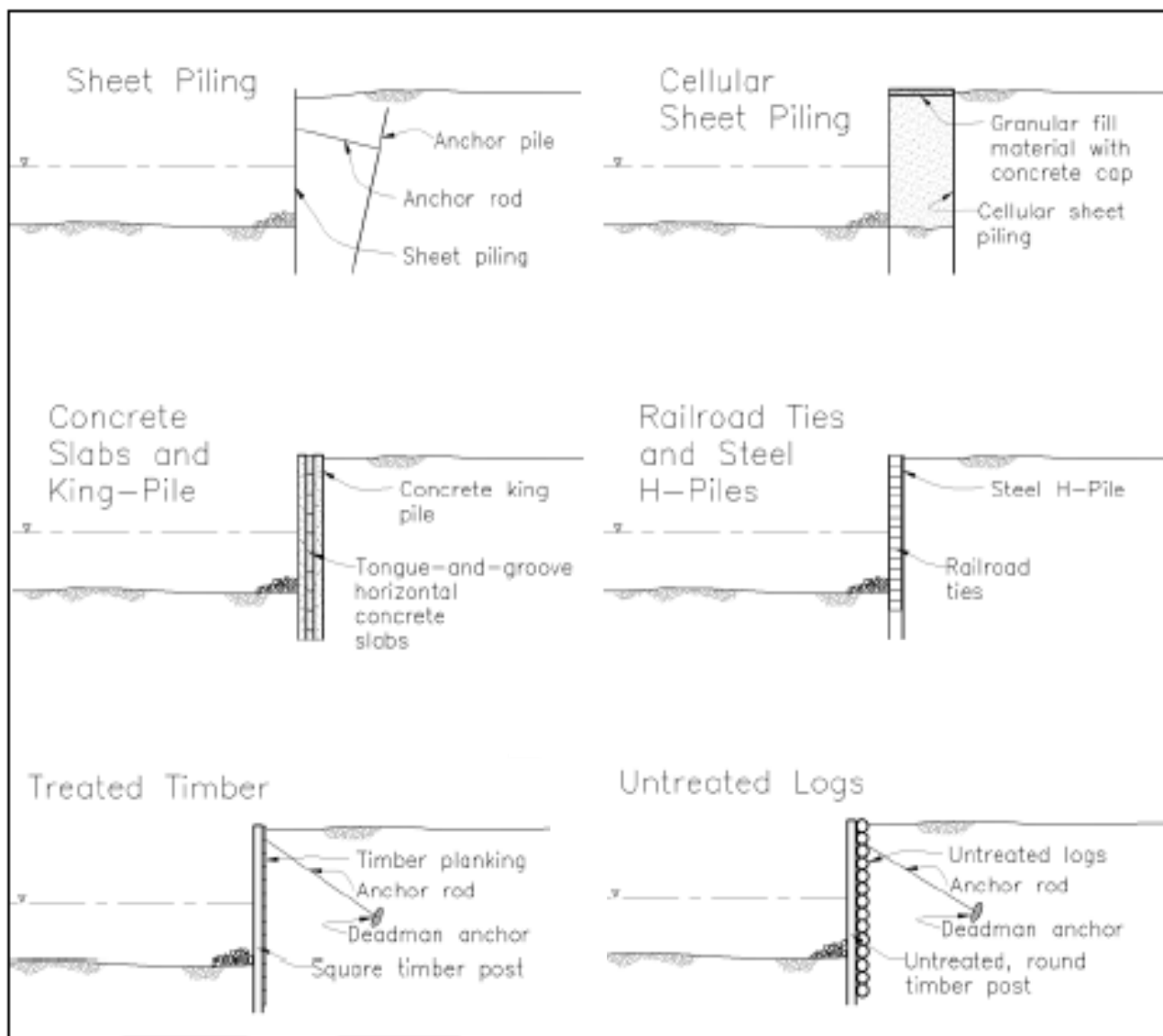
## Seawall + pennelli





**Muro paraonde (palancola cementizia) Laguna del Morto (ERACLEA)**

## Strutture di ritenzione – BULKHEADS



Lo scopo primario è quello di contenere i processi di scivolamento del materiale difeso (ad es. arginature in pali lungo le barene).

Conseguentemente non costituisce un elemento di difesa diretto contro il moto ondoso, ma “trattiene” il materiale che deve fungere da barriera protettiva.

Molto importante è consentire il drenaggio delle acque di percolazione e di quelle di infiltrazione.



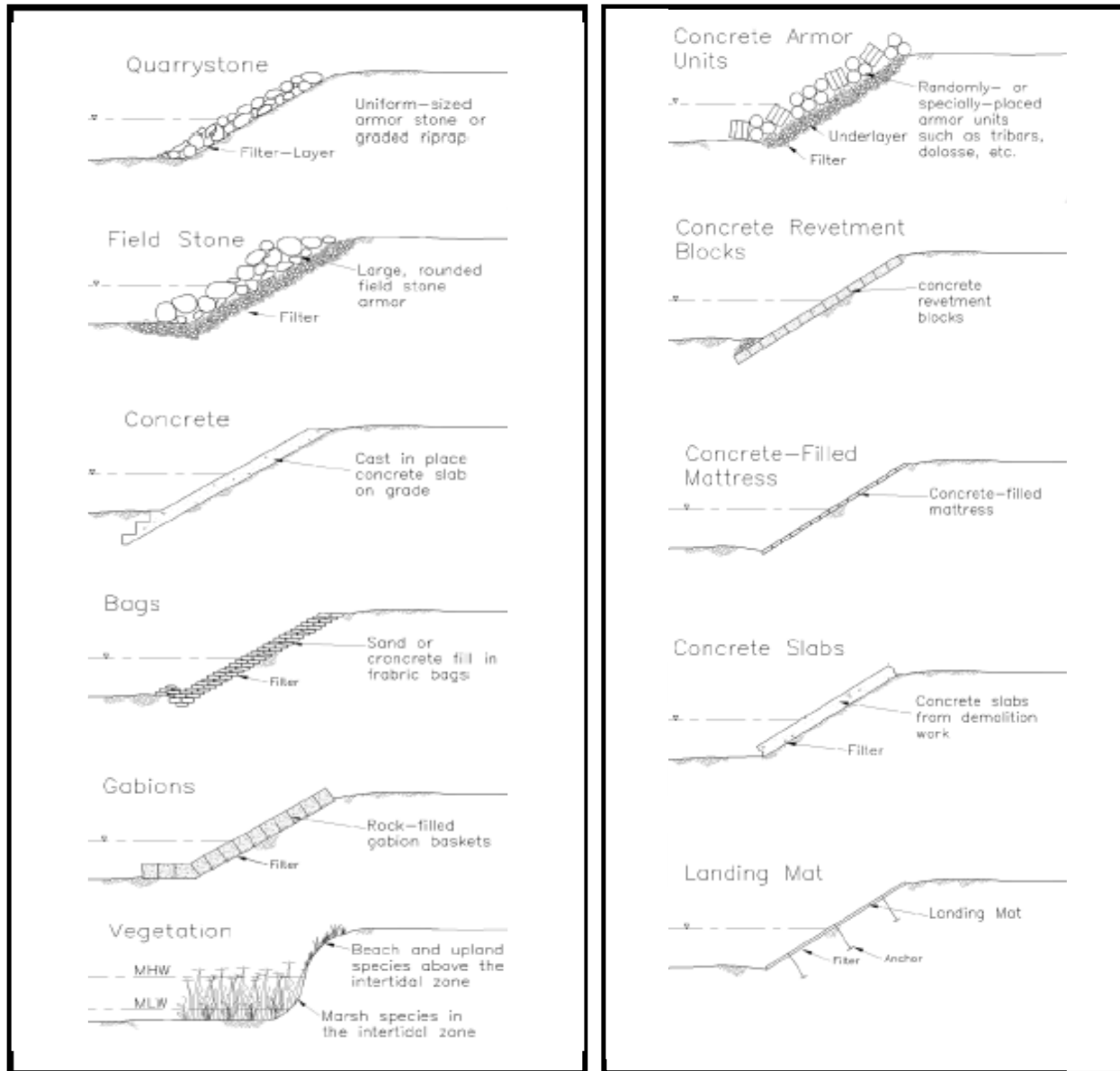






Effetto di  
sovraescavazione al  
piede di un  
bulkhead, a seguito  
di un evento di  
mareggiata

Massicciate, gradonate, murazzi (**Revetment**; se in sola pietra: **rip-rap**)



Strutture in aderenza, generalmente inclinate in modo da simulare la naturale pendenza del profilo di spiaggia e da dissipare l'energia dell'onda lungo il piano inclinato.

Possono essere realizzate in vario modo, mediante l'impiego di massi profilati o sciolti, strutture gradonate in cemento armato, gabbioni o sacchi.

**Gradonata in Valle Altanea (Caorle)**  
Sullo sfondo pennelli permeabili ed impermeabili



## Gradonata in UK (Essex)



## Murazzo composito (promontorio Caorle)



## Revetment composito





**Gabbionate (revetment)**



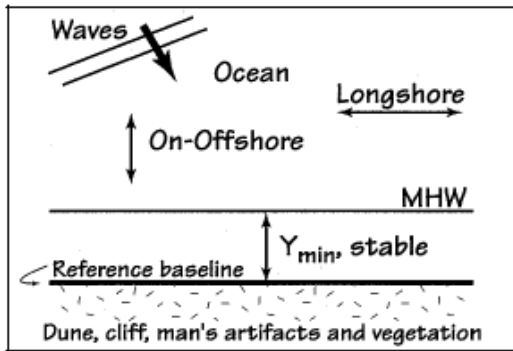
**Revetment in cemento modulare**



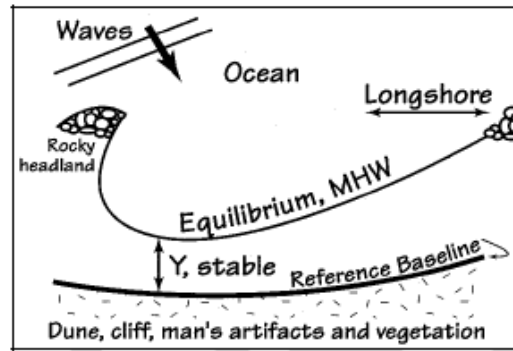
**RIP RAP**



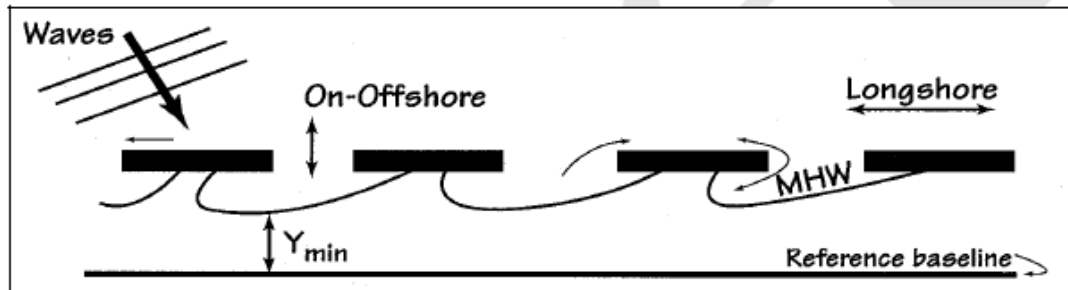




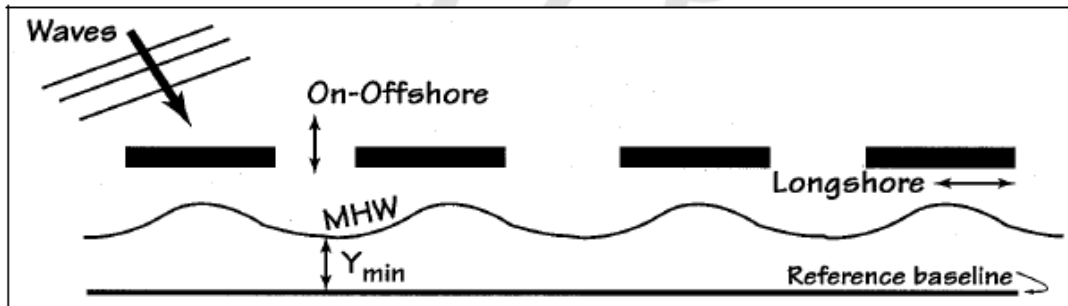
a. Sandy beach



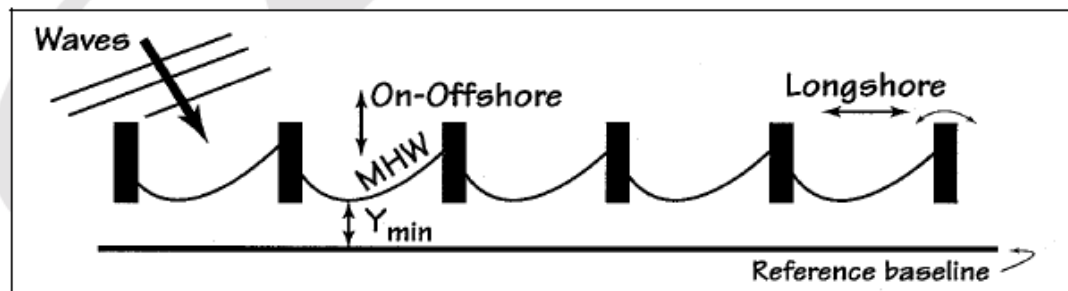
b. Rocky headland



c. Headland breakwaters



d. Nearshore breakwaters



e. Groins

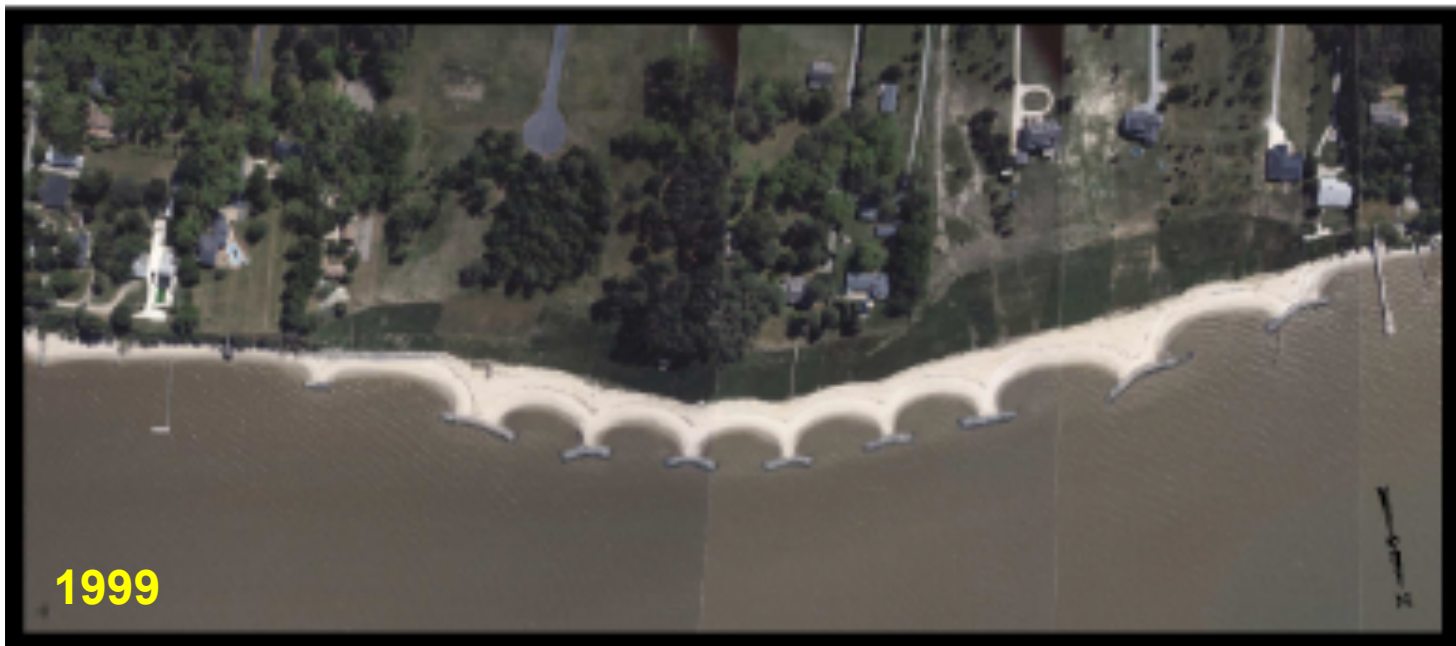
## Difese parallele distaccate:

Con formazione di tomboli



Con formazione di salienti











a. Stone sill with marsh planting on Chester River, Kent County, MD



b. Stone sill connecting breakwaters with sand fill and marsh implantation on Choptank River, Talbot County, MD



c. Breakwater and sill project after 5 years

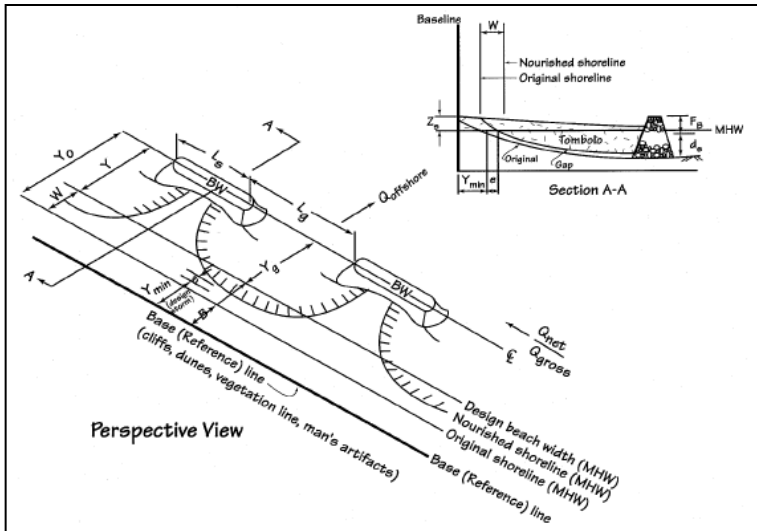




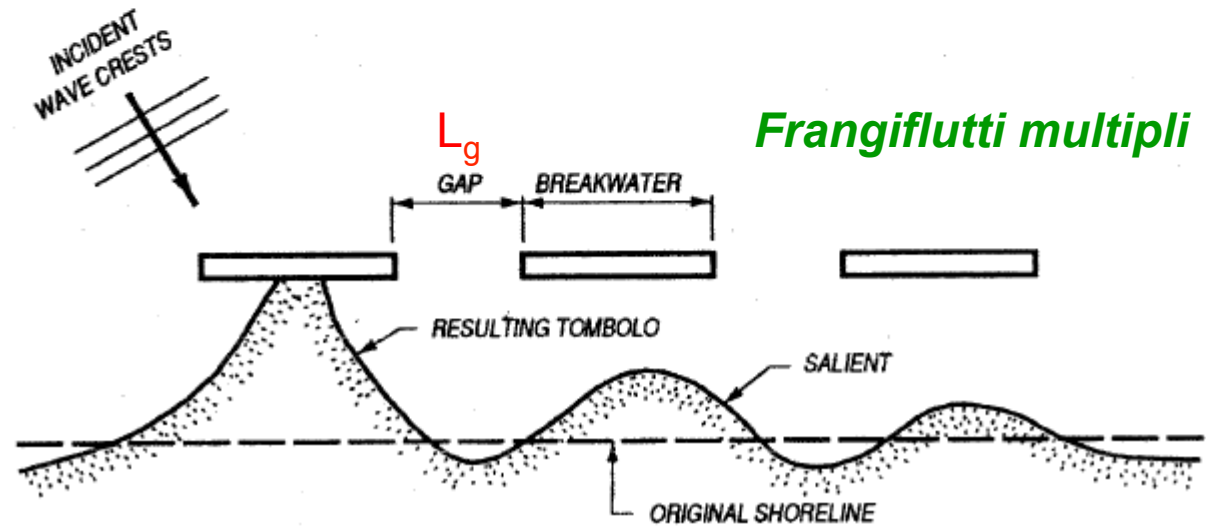
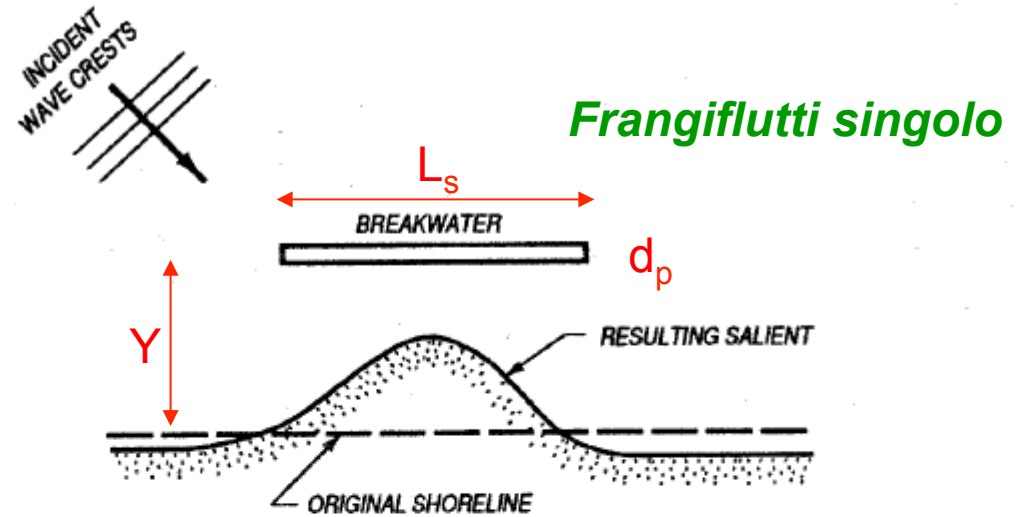
I tomboli alle spalle dei frangiflutti  
costruiti nell' area del Faro del Tagliamento



## Parametrizzazione delle strutture distaccate



- $L_s$  = lunghezza del frangiflutti
- $Y$  = distanza tra linea di riva e frangiflutti
- $d_p$  = profondità di ubicazione del frangiflutti
- $L_g$  = spaziatura tra più frangiflutti



**Table V-3-6**  
**Conditions for Shoreline Response Behind Nearshore Breakwaters (from Chasten et al. 1993)**

Conditions for the Formation of Tombolos		
Condition	Comments	Reference
$L/Y > 2.0$		<i>Shore Protection Manual (1984)</i>
$L/Y > 2.0$	Double tombolo	Gourlay (1981)
$L/Y > 0.67$ to 1.0	Tombolo (shallow water)	Gourlay (1981)
$L/Y > 2.5$	Periodic tombolo	Ahrens and Cox (1990)
$L/Y > 1.5$ to 2.0	Tombolo	Dally and Pope (1986)
$L/Y > 1.5$	Tombolo (multiple breakwaters)	Dally and Pope (1986)
$L/Y > 1.0$	Tombolo (single breakwaters)	Suh and Dalrymple (1987)
$L/Y > 2 b/L_s$	Tombolo (multiple breakwaters)	Suh and Dalrymple (1987)
Conditions for the Formation of Salients		
$L/Y < 1.0$	No tombolo	<i>Shore Protection Manual (1984)</i>
$L/Y < 0.4$ to 0.5	Salient	Gourlay (1984)
$L/Y = 0.5$ to 0.67	Salient	Dally and Pope (1986)
$L/Y < 1.0$	No tombolo (single breakwater)	Suh and Dalrymple (1987)
$L/Y < 2 b/L_s$	No tombolo (multiple breakwater)	Suh and Dalrymple (1987)
$L/Y < 1.5$	Well-developed salient	Ahrens and Cox (1990)
$L/Y < 0.8$ to 1.5	Subdued salient	Ahrens and Cox (1990)
Conditions for Minimal Shoreline Response		
$L/Y \leq 0.17$ to 0.33	No response	Inman and Frautschy (1966)
$L/Y \leq 0.27$	No sinuosity	Ahrens and Cox (1990)
$L/Y \leq 0.5$	No deposition	Nir (1982)
$L/Y \leq 0.125$	Uniform protection	Dally and Pope (1986)
$L/Y \leq 0.17$	Minimal impact	Noble (1978)

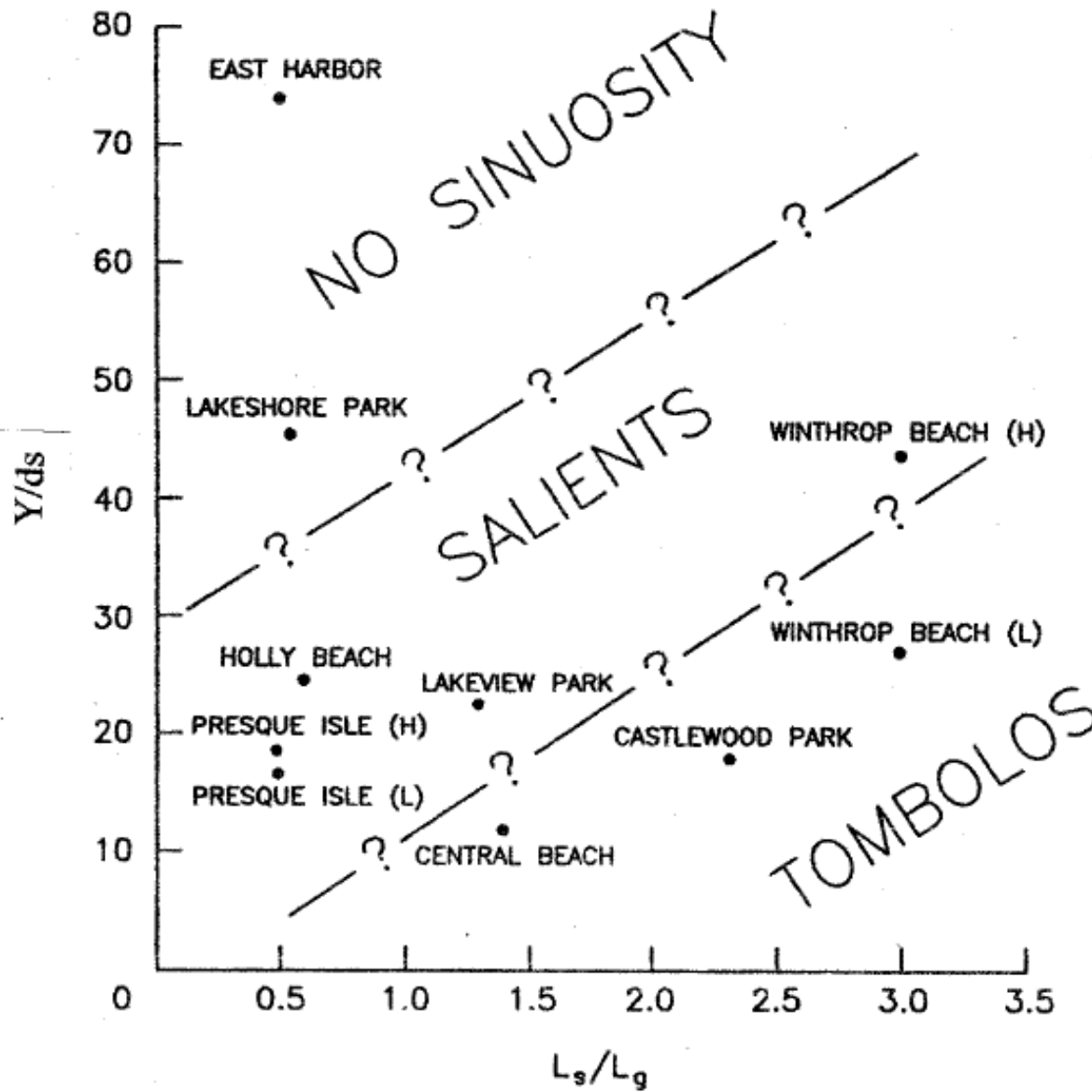
In base al rapporto  $L_s/Y$  esiste un' ampia letteratura che statisticamente stabilisce la formazione di tomboli, salienti o minime trasformazioni della linea di riva.

In linea di principio:

Tomboli:  $L_s/Y > 1.5 - 2.0$

Salienti:  $L_s/Y$  tra 0.2 e 1.5

Nessuna sinuosità con  $L_s/Y < 0.2$



## Formazione di tomboli e salienti nei casi di breakwater multipli

In questo caso la statistica è basata sui rapporti  $L_s/L_g$  e  $Y/d_s$ .

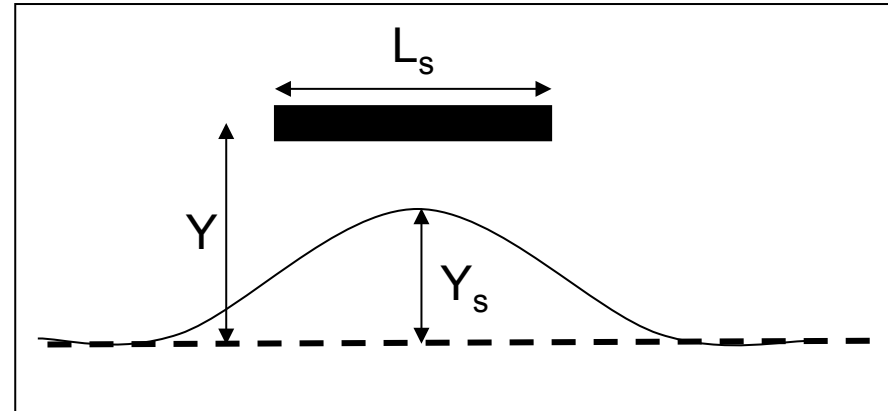
In linea di principio a parità di rapporto geometrico  $L_s/L_g$ , maggiore è la distanza del breakwater dalla linea di riva, minore è la possibilità di formazione di salienti e tomboli.

## Alcune utili relazioni di letteratura:

Calcolo dello spessore del saliente,  $Y_s$

$$\frac{Y_s}{Y} = 1 - 0.678 \left( \frac{Y}{L_s} \right)^{0.215}$$

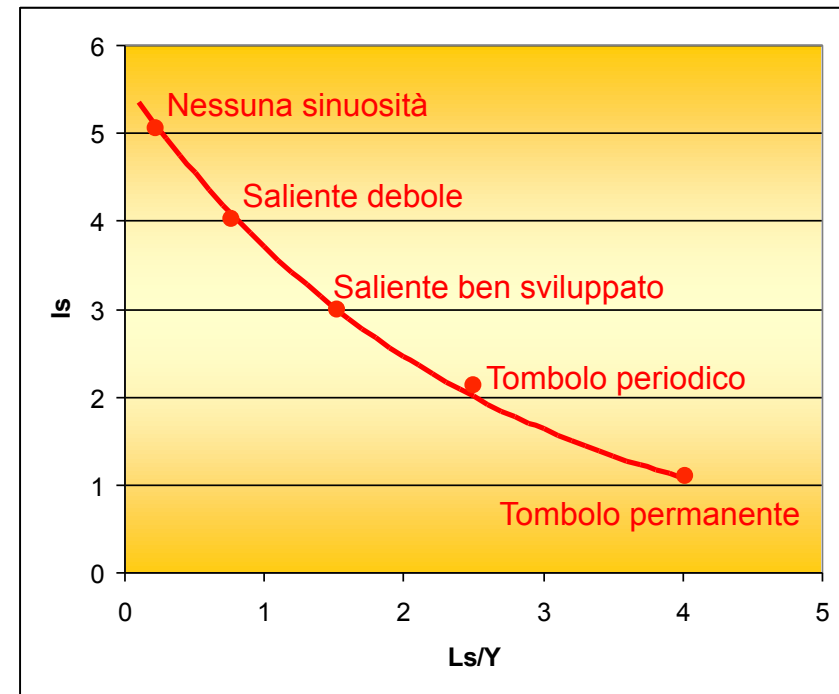
Hsu & Silvester, 1990 (per breakwater singolo)



$$I_s = e^{1.72 - 0.41 \left( \frac{L_s}{Y} \right)}$$

Indice di Ahrens & Cox (1990)

- $I_s = 1$  formazione permanente di tomboli
- $I_s = 2$  formazione periodica di tomboli
- $I_s = 3$  Saliente ben sviluppato
- $I_s = 4$  Saliente debole
- $I_s = 5$  Nessuna sinuosità





Esempio di intervento  
con strutture  
composite (pennelli a  
“L”, pennelli a “T”,  
breakwater e isolotti  
in roccia)  
(SPAGNA)

# Spiagge nuove o rialimentate: I RIPASCIMENTI







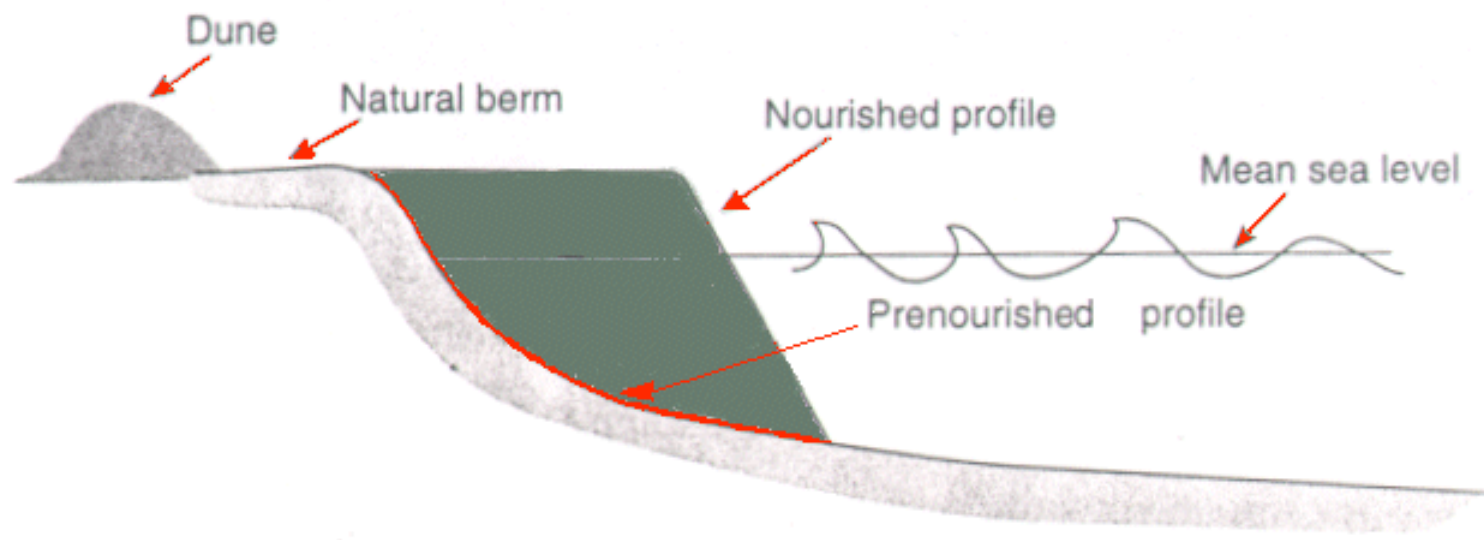
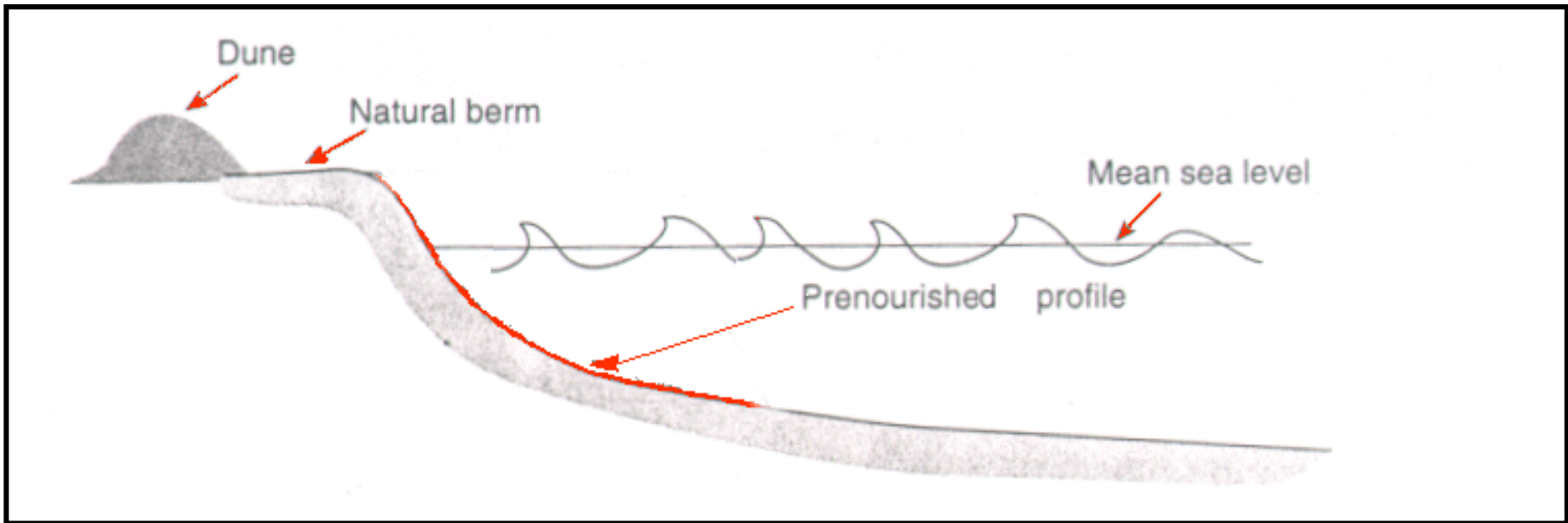


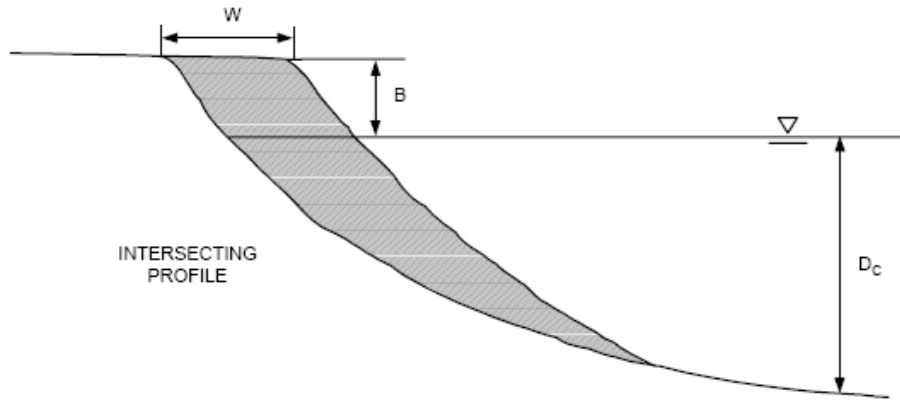
Miami Beach (USA)



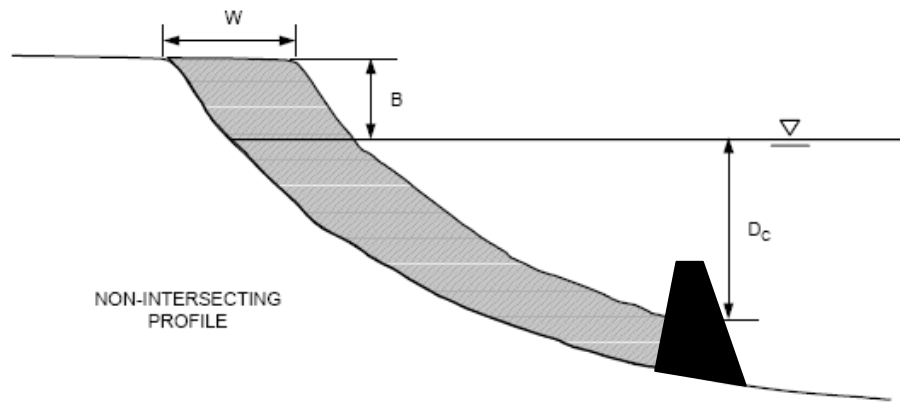
Sandro Gomes

Copacabana (Rio de Janeiro)

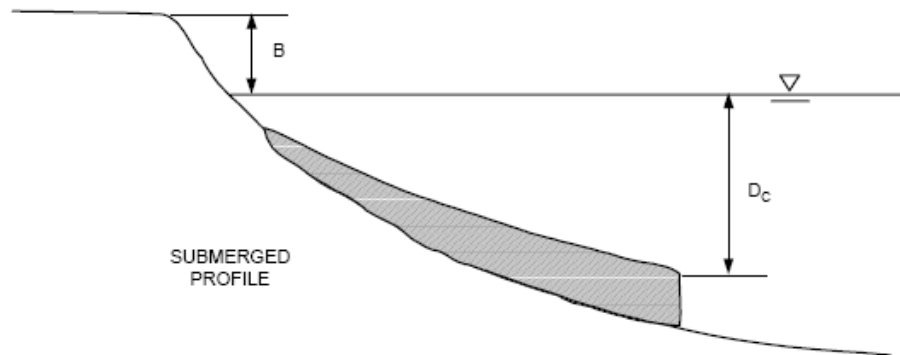




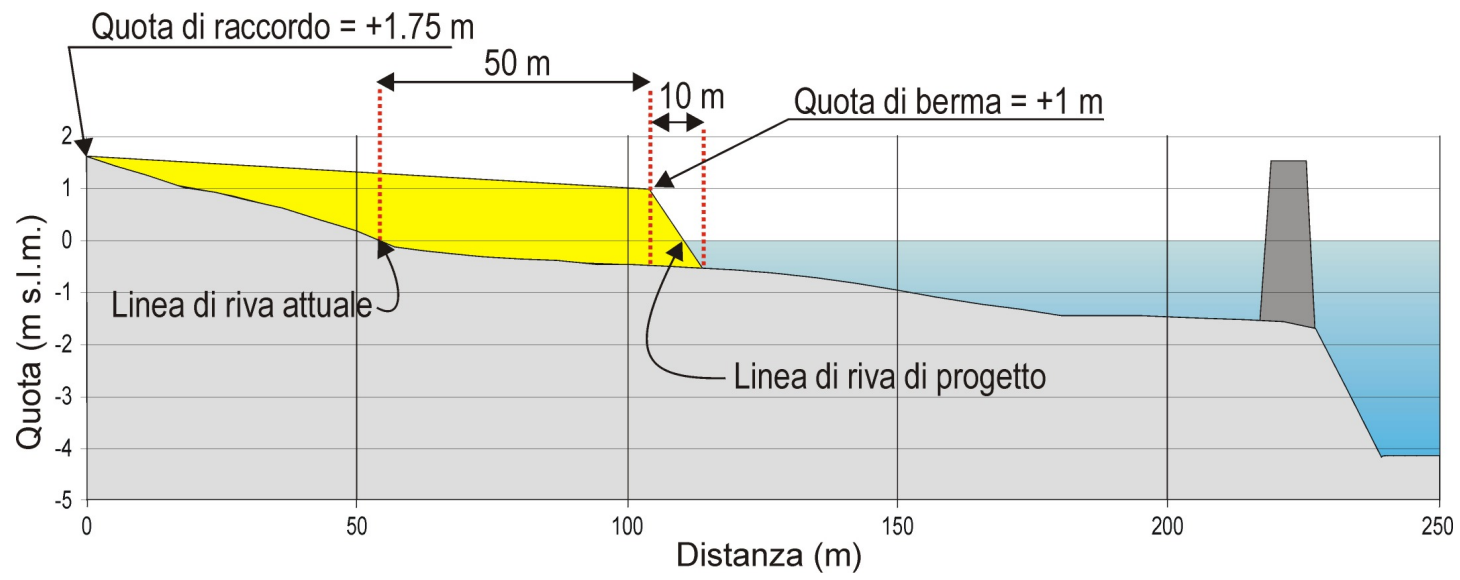
Ripascimento non protetto ad intersezione del profilo



Ripascimento protetto con traslazione del profilo



Ripascimento sommerso



# Beach nourishment, Miami



A.



B.

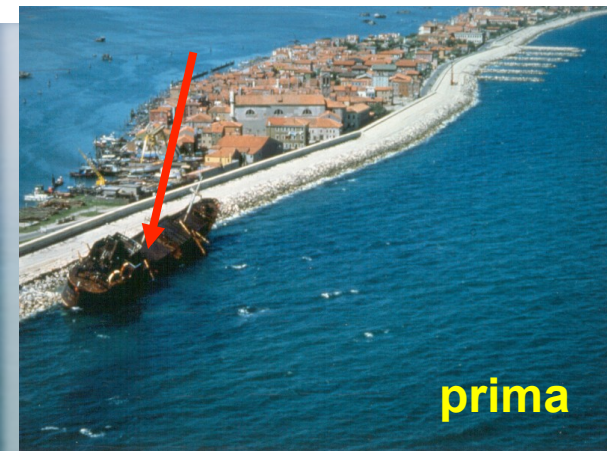


**PRIMA**

**DOPO**



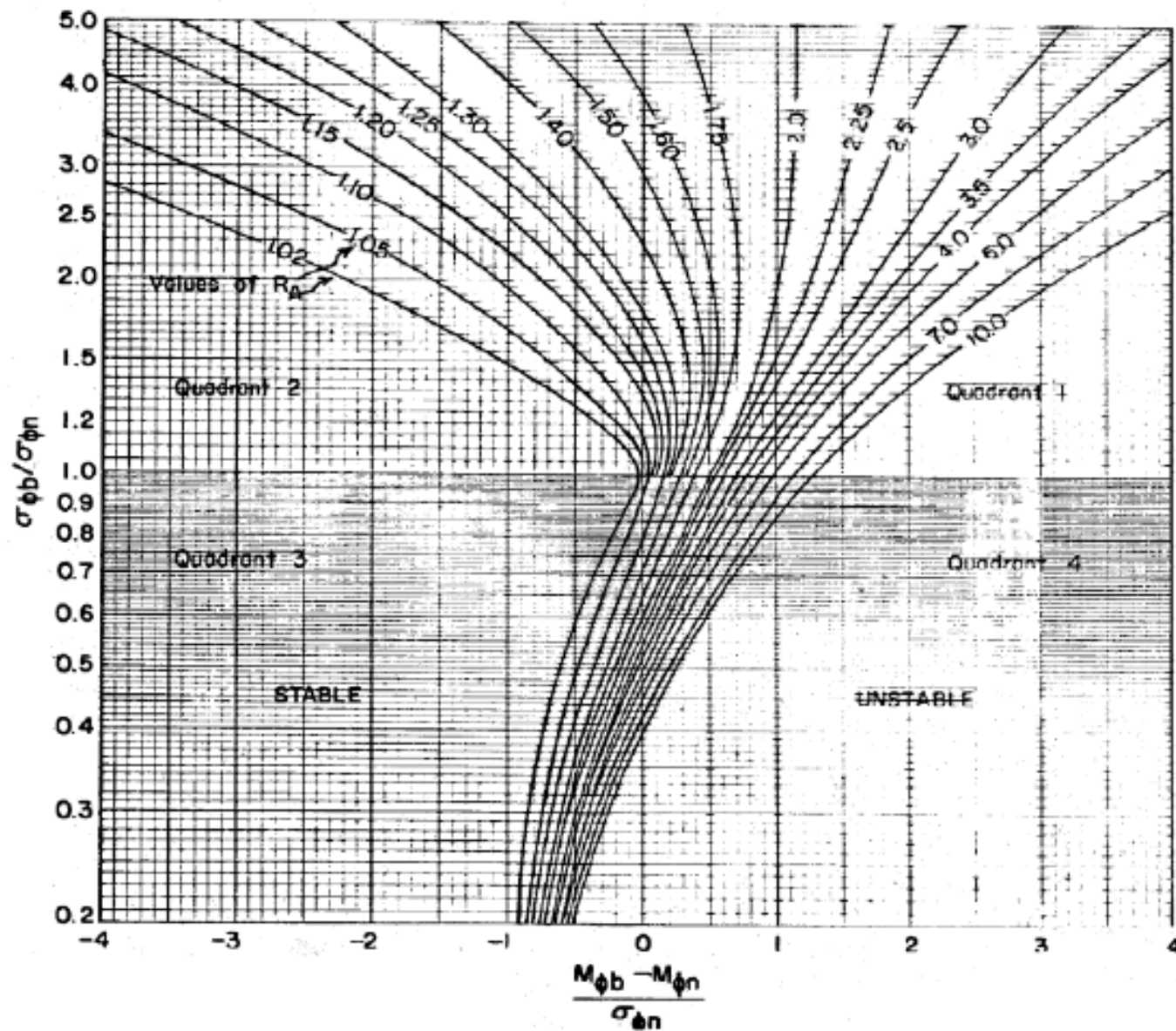
# Litorale di Pellestrina (VE)



Dopo: ripascimento protetto



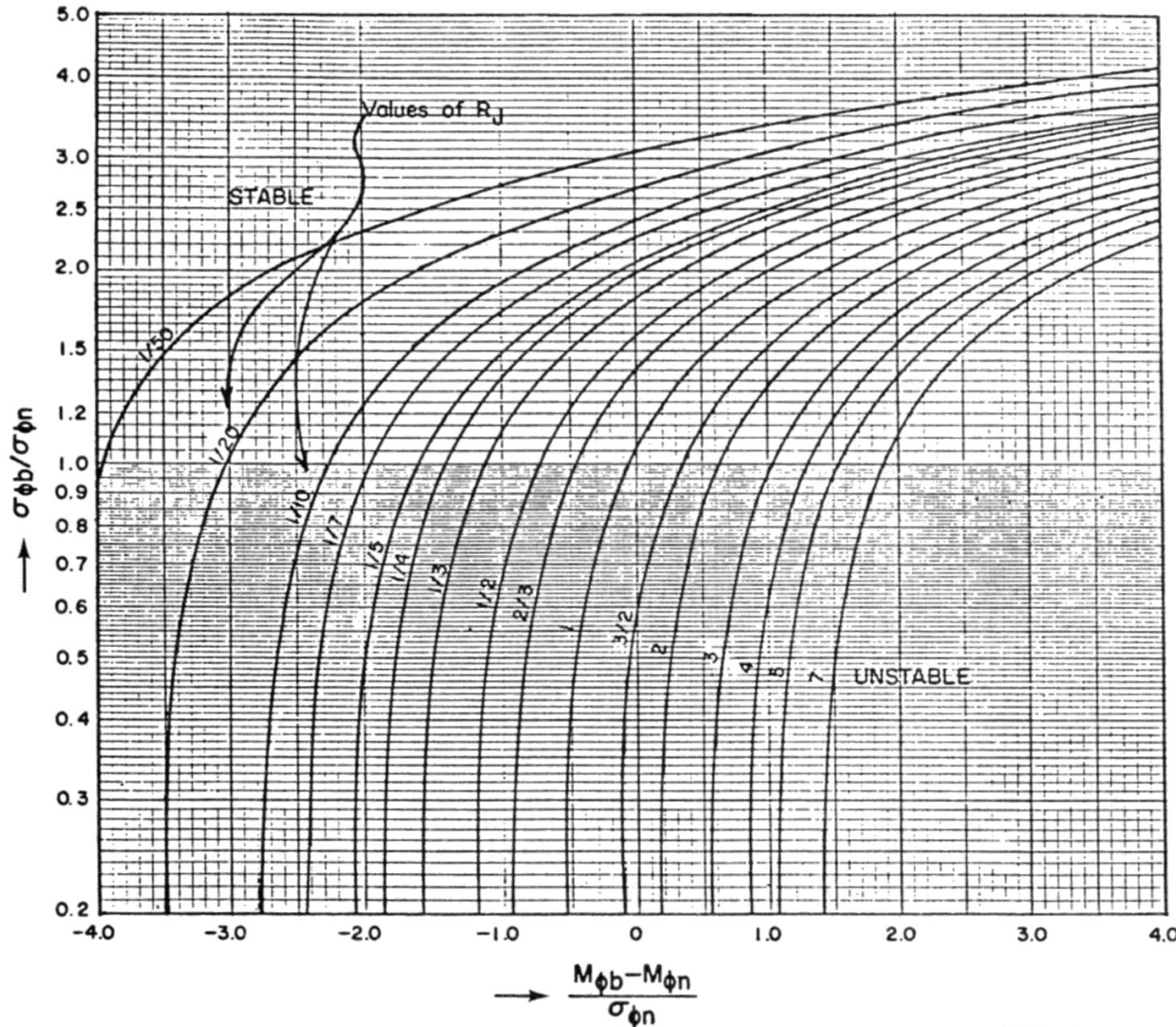




**Overfill o fill factor (Krumbein & James, 1965) =  $R_A$**

Determina la quantità di materiale da riportare per ottenere un valore unitario di riempimento stabile.

Si calcola graficamente sulla base dei dati granulometrici (diametro medio **M** e sorting  $\sigma$ ) del materiale nativo (pedice **n**) e di quello di cava (pedice **b**) attraverso un abaco.



## Renourishment factor (James, 1975) = $R_J$

Determina la frequenza di ricarica nei casi in cui il materiale di cava sia diverso da quello nativo.

Ad es.  $R_J = 1/10$   
Significa che la durata del ripascimento sarà 10 volte superiore a quella ottenuta dal rifluimento con materiale perfettamente compatibile con quello nativo.

$$R_J = e^{\left\{ \left( \frac{M_b - M_n}{\sigma_n} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{\sigma_b^2}{\sigma_n^2} - 1 \right) \right\}}$$

**Esempi di ripascimenti artificiali con pennelli di contenimento**



**Cavallino (VE)**



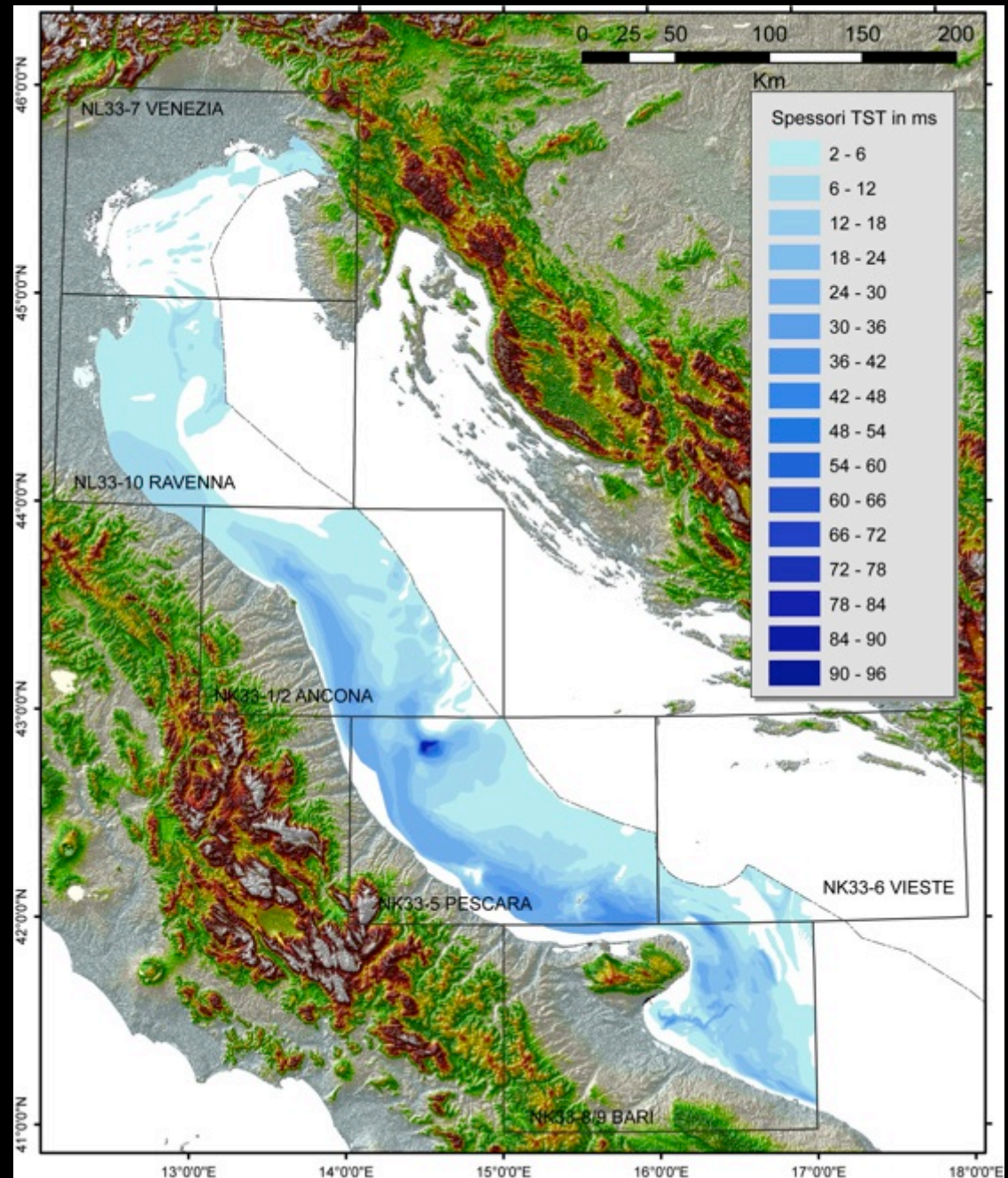
**Isola Verde (VE)**

## Dove si trova la sabbia per ricostruire le spiagge?

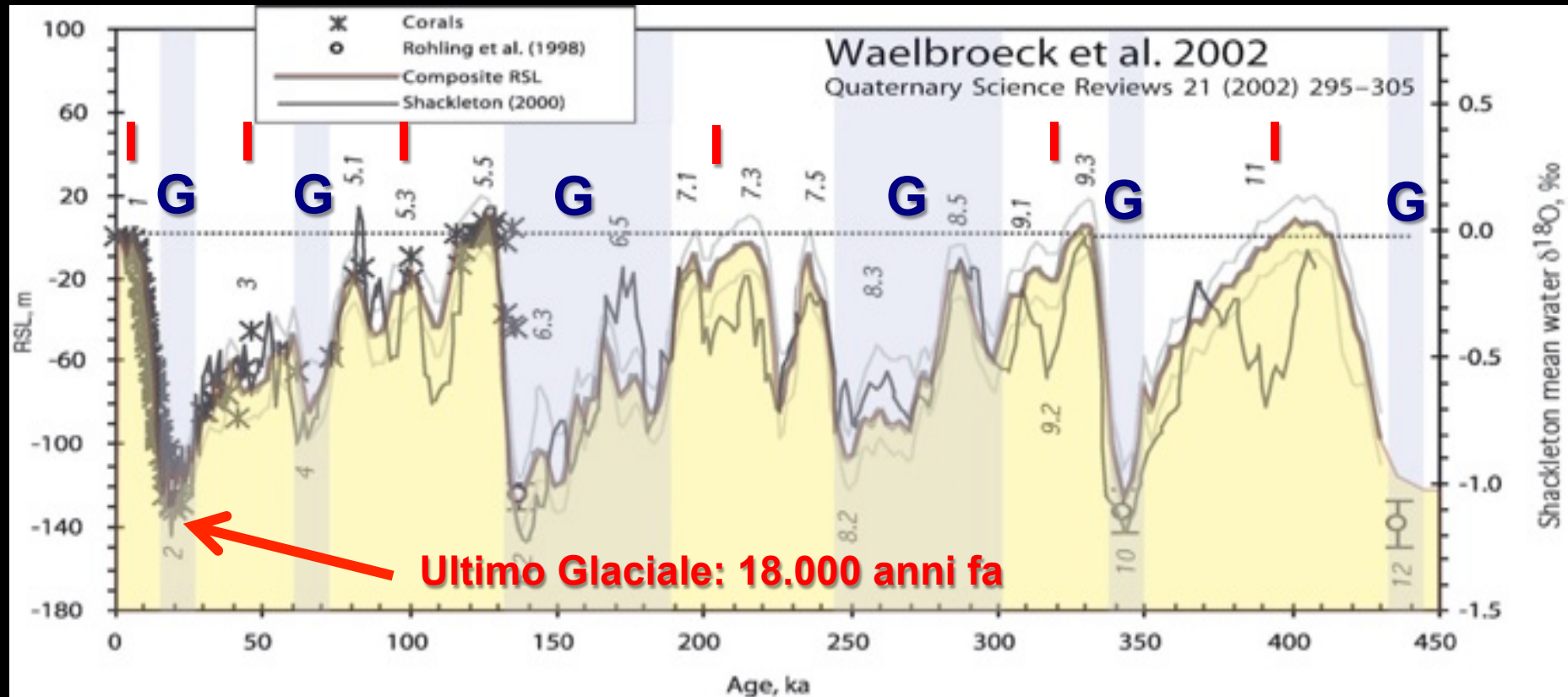
Nei depositi cosiddetti trasgressivi, formati nell'intervallo compreso tra ca.18.000 e 5.000 anni fa.

L'unità comprende:

- ✓ Depositi di spiaggia formati durante le varie fasi della risalita eustatica
- ✓ depositi francamente marini (prodelta) particolarmente sviluppati in prossimità della costa appenninica

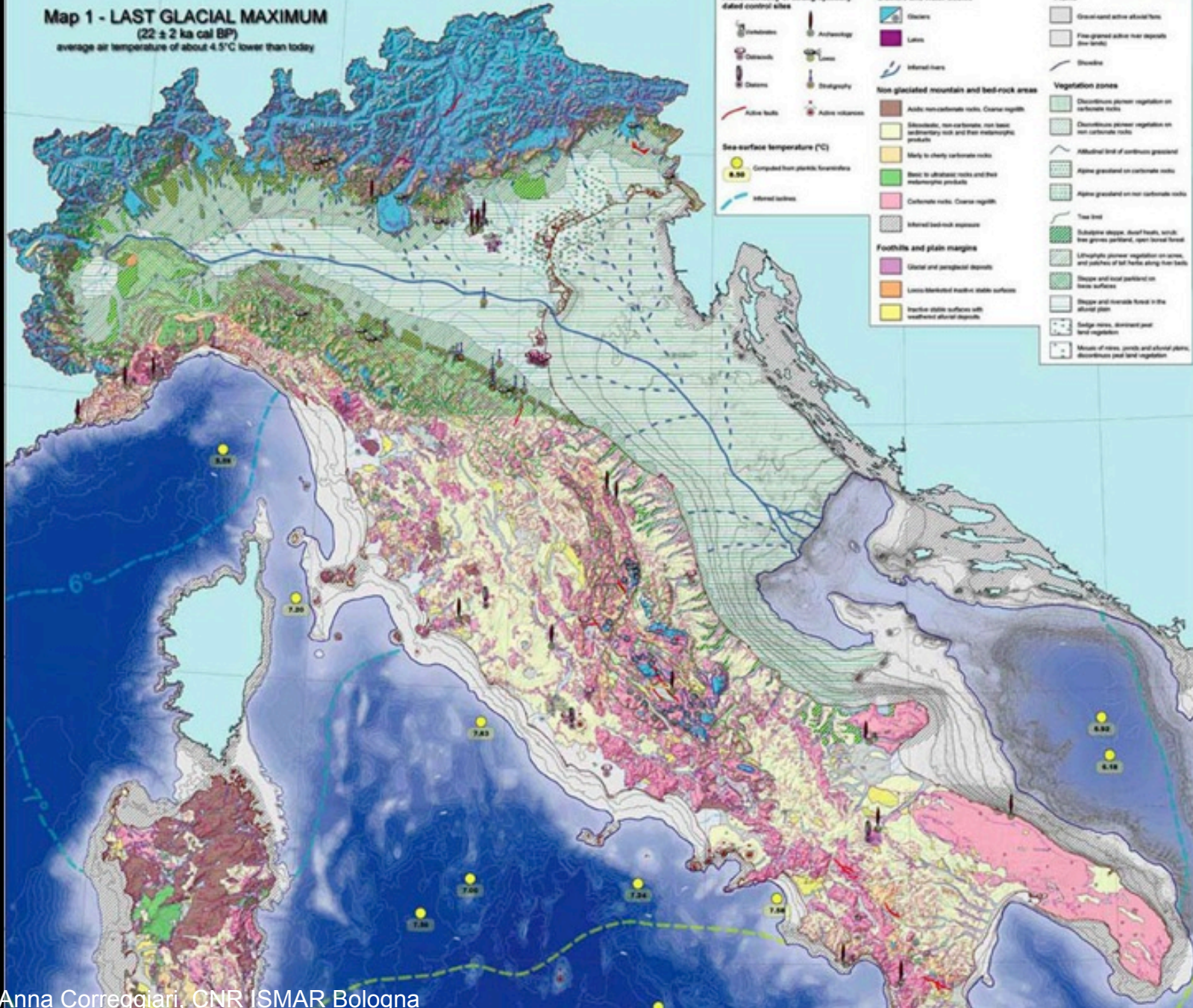


# LE OSCILLAZIONI DEL LIVELLO MARINO



**G = GLACIALE**    **I = INTERGLACIALE**

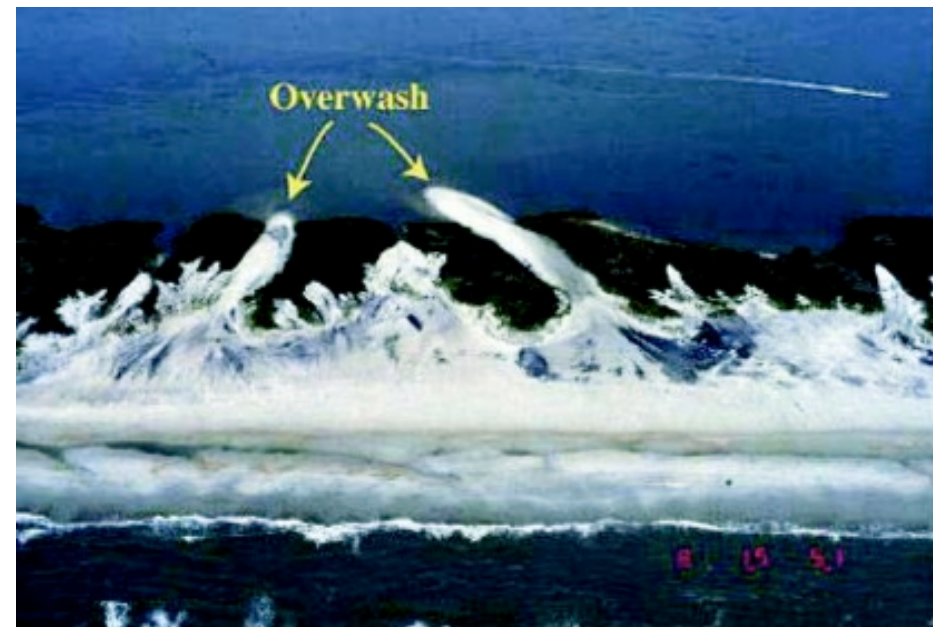
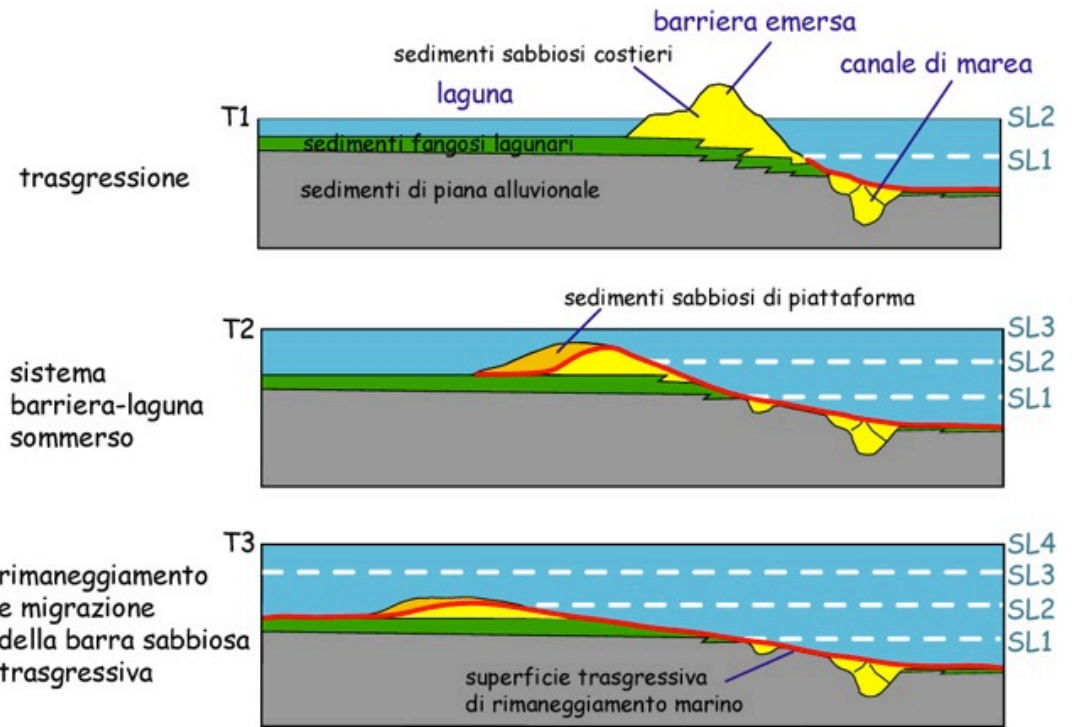
Map 1 - LAST GLACIAL MAXIMUM  
(22 ± 2 ka cal BP)  
average air temperature of about 4.5°C lower than today



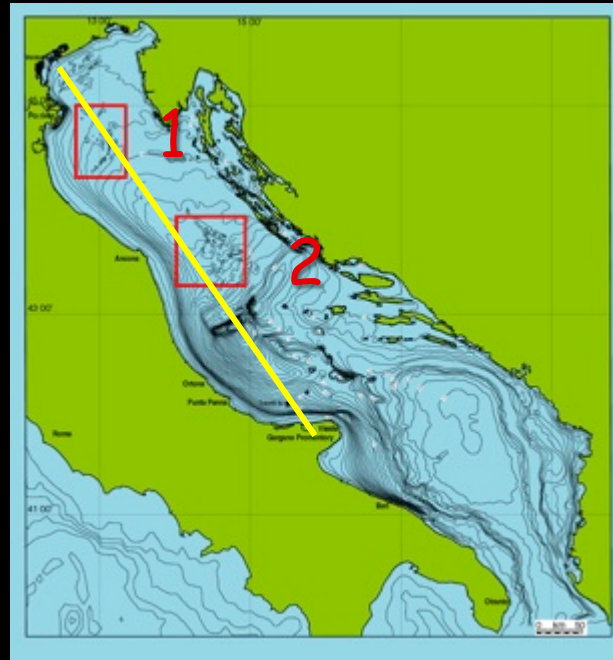
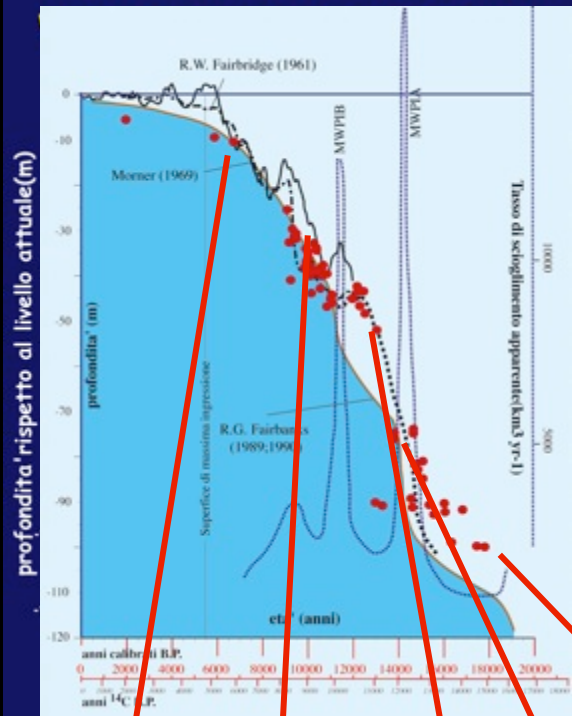
**L'innalzamento rapido del livello del mare e la bassa pendenza della piattaforma favoriscono la preservazione della parte basale degli antichi depositi costieri.**



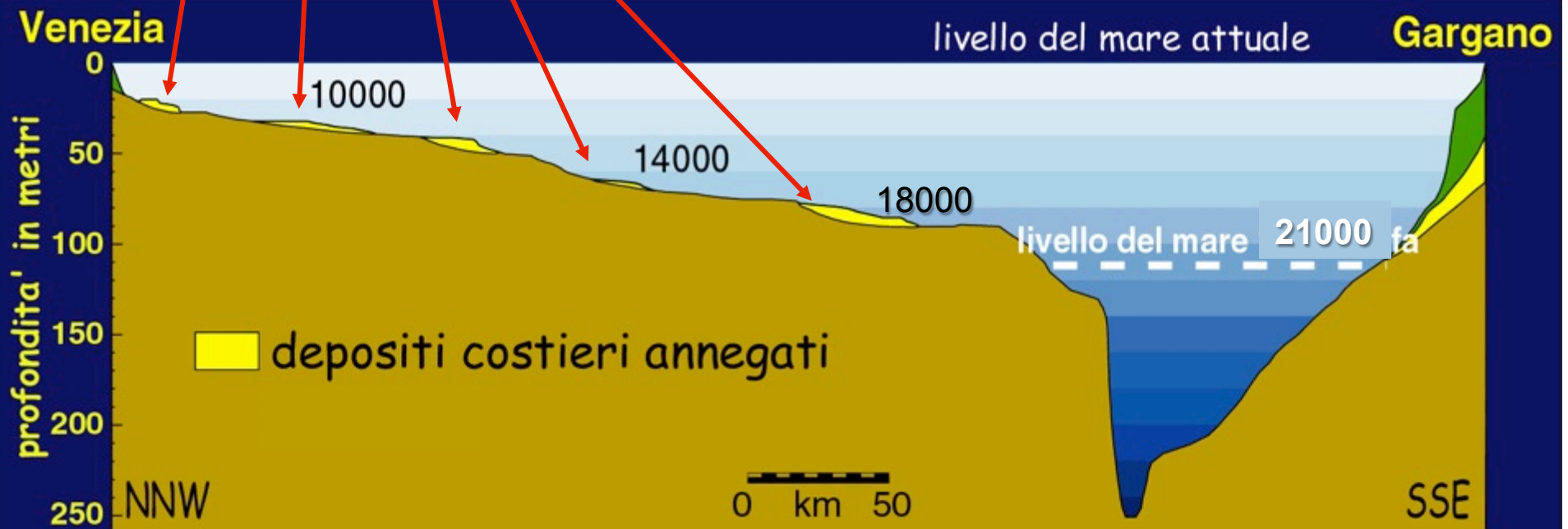
Credits: Anna Correggiari, CNR ISMAR Bologna

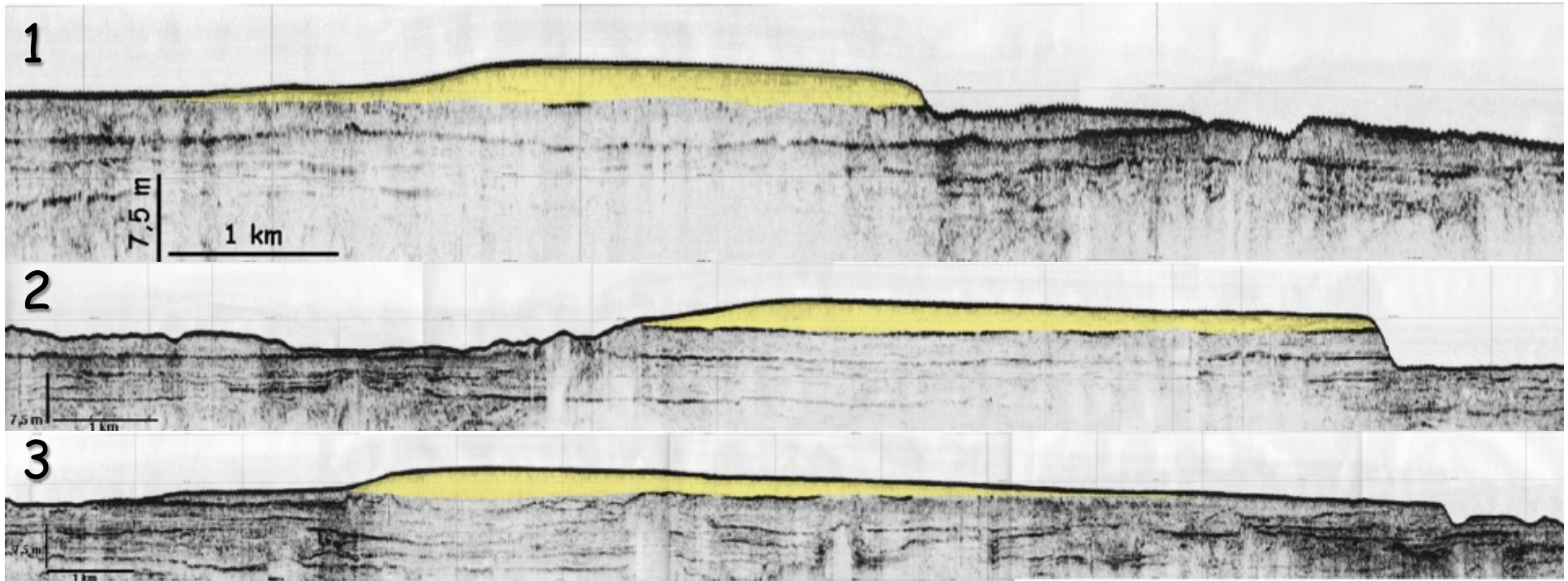




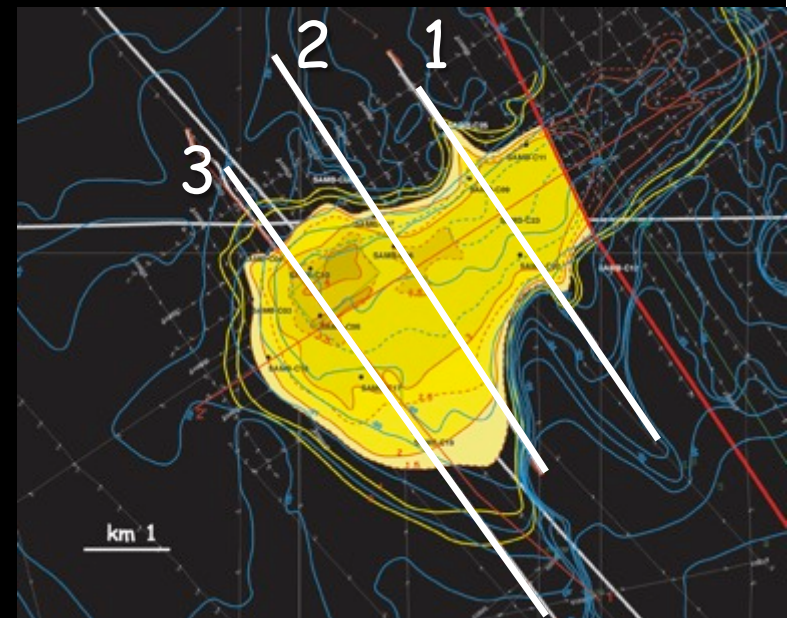


Ricostruzione della curva di risalita del livello del mare relativo post-glaciale

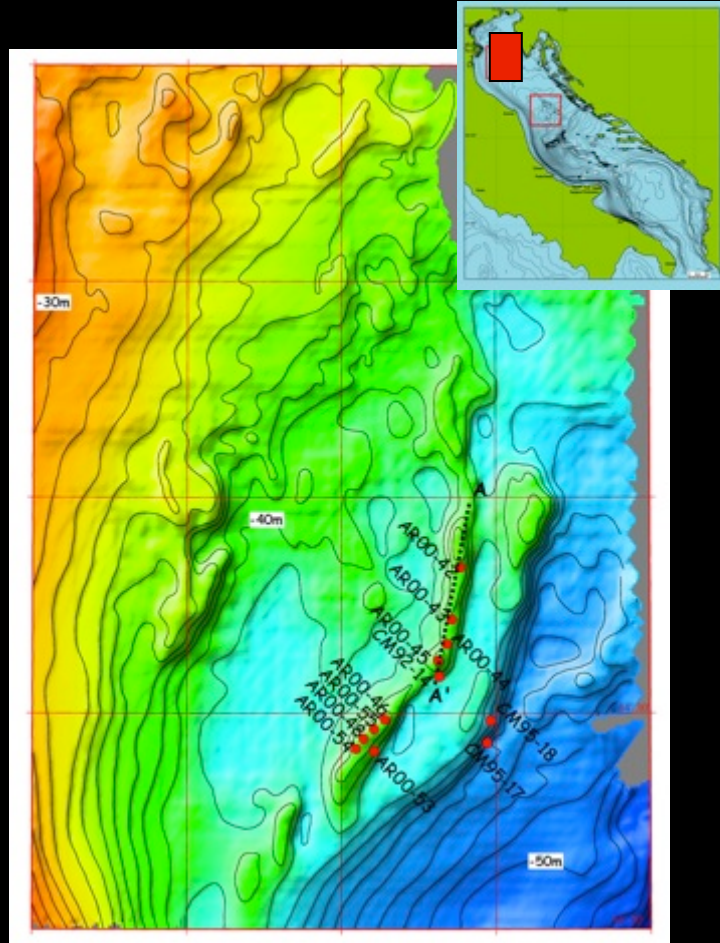




Esempio di depositi costieri datati 17000 anni fa a -90 m di profondità in Adriatico Centrale

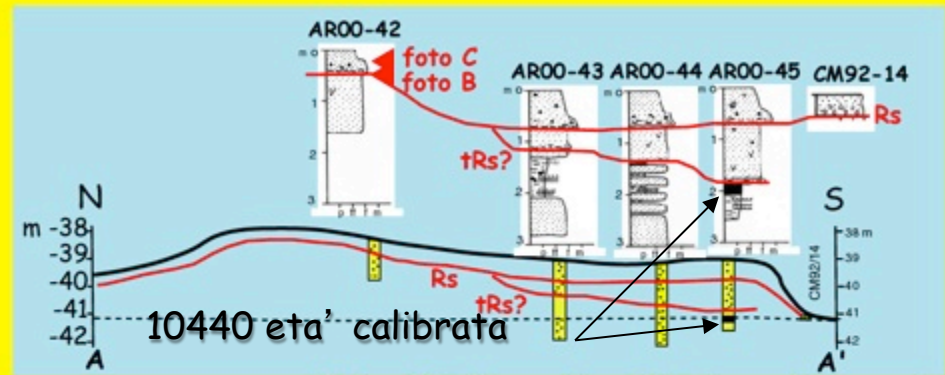


Credits: Anna Correggiari, CNR ISMAR Bologna



**Esempio di depositi costieri datati  
10500 anni fa a -41 m di profondità  
al largo dell' Emilia Romagna**

Credits: Anna Correggiari, CNR ISMAR Bologna



superficie di rimaneggiamento **foto C** faune di ambiente marino aperto  
**foto B** faune di ambiente salmastro

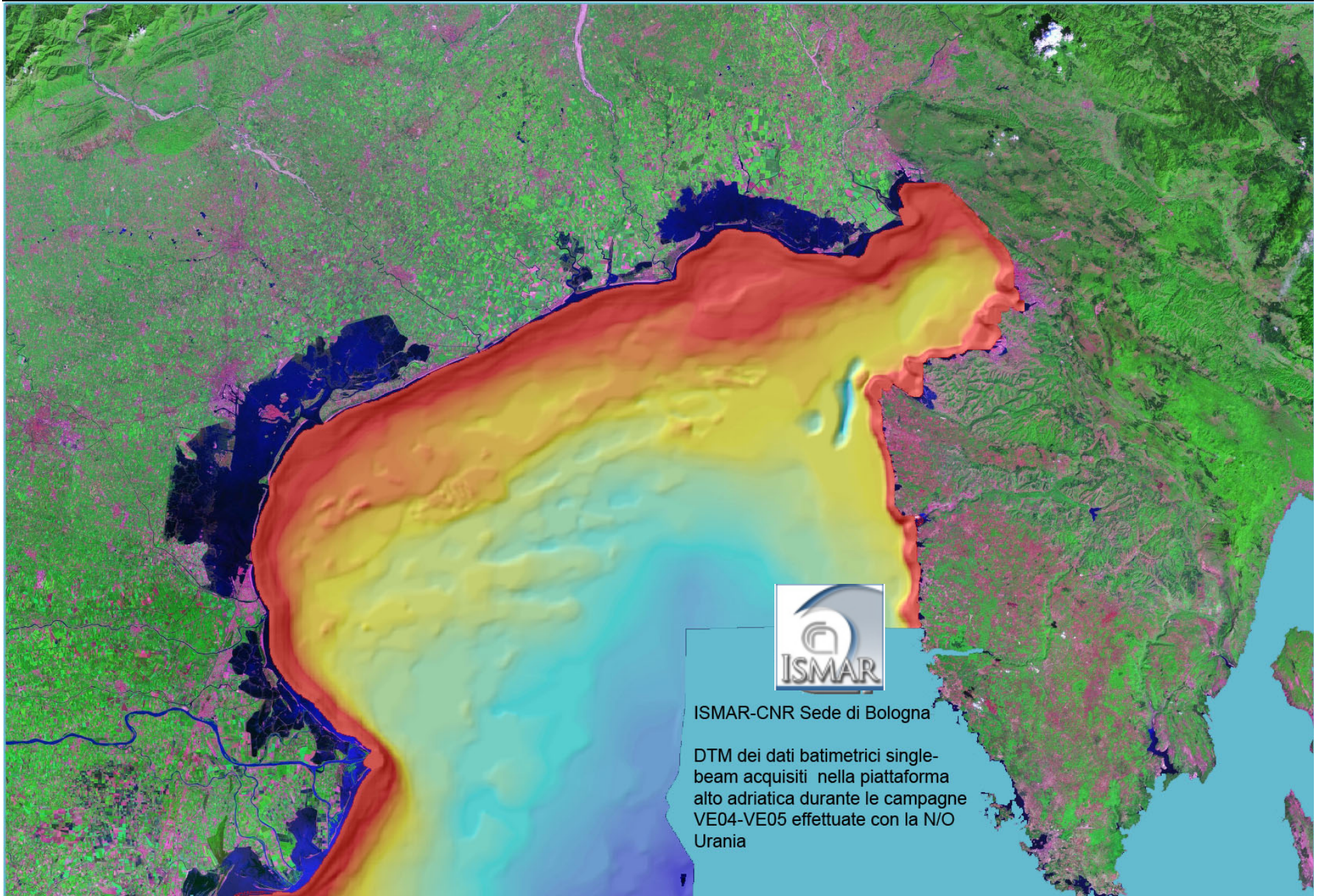


■ a. salmastro ■ a. marino acqua bassa ■ a. marino

*bi* = *Bittium reticulatum*  
*ce* = *Cerastoderma glaucum*  
*lo* = *Loripes lacteus*

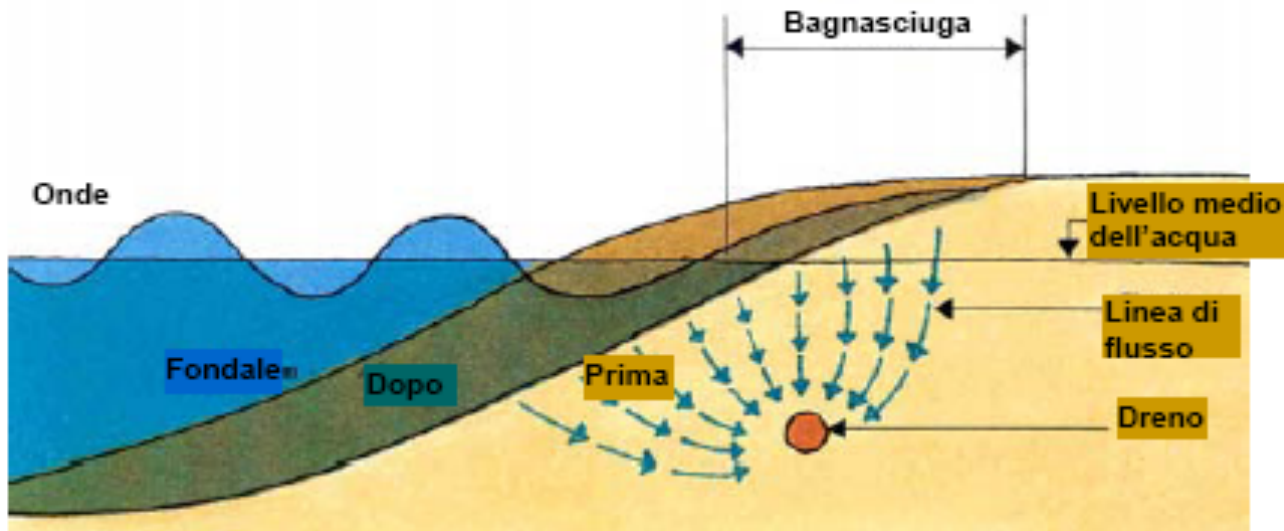
*ch* = *Chamelea gallina*  
*ma* = *Macrocallista chione*  
*gl* = *Glycymeris insubricus*  
*o* = others

*op* = *Chlamys opercularis*  
*o* = others



ISMAR-CNR Sede di Bologna

DTM dei dati batimetrici single-beam acquisiti nella piattaforma alto adriatica durante le campagne VE04-VE05 effettuate con la N/O Urania



**NUOVE  
METODOLOGIE:**

**Dewatering**



**Funziona sul principio della stabilizzazione della spiaggia mediante drenaggio forzato dell'acqua nello strato saturo dell'area intertidale. Aumenta in questo modo lo spessore dello strato asciutto che favorisce l'infiltrazione dello swash, innescando un processo di trasporto onshore (vd. spiagge controllate dalla marea)**