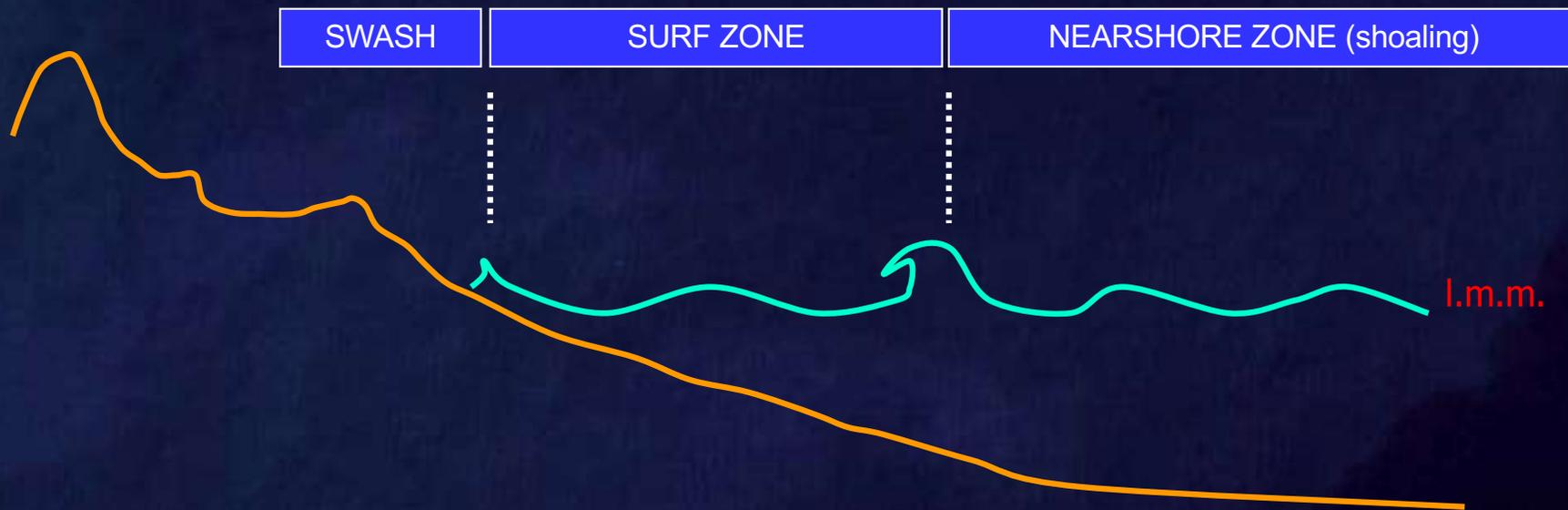


# MORFODINAMICA

Spiagge a dominio del moto ondoso





Quando l'effetto della marea può essere trascurato (es. in ambienti microtidali) le zone idrodinamiche della spiaggia possono essere assunte come stazionarie, con minime variazioni orizzontali e verticali.

# IL PROFILO DI SPIAGGIA

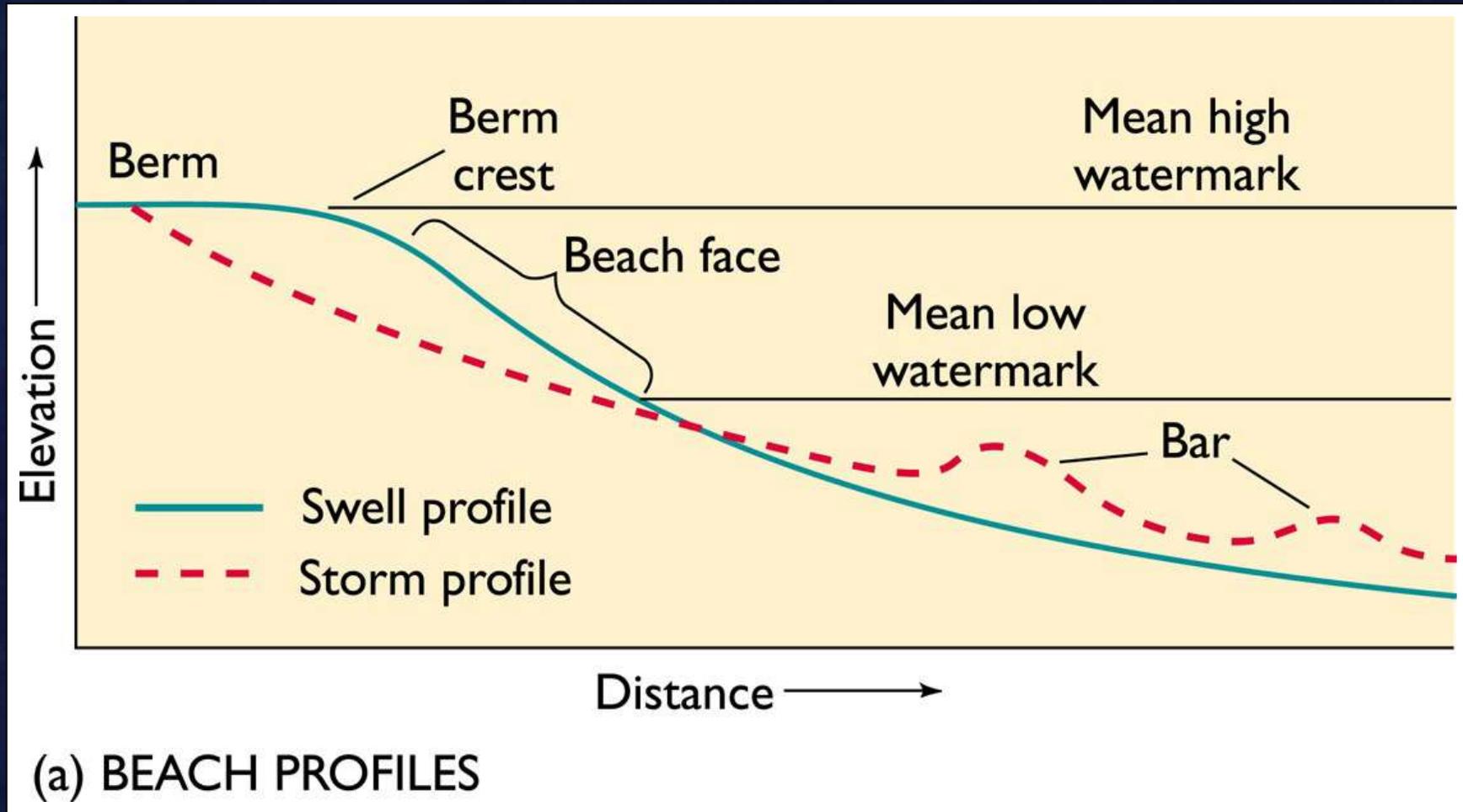
- Sabbia molto fine =  $1^\circ$
- Sabbia fine =  $\sim 3^\circ$
- Sabbia media =  $\sim 5^\circ$
- Sabbia grossa =  $\sim 7^\circ$
- Sabbia molto grossa =  $\sim 9^\circ$
- Granuli (2-4 mm) =  $\sim 11^\circ$
- Ciottoli 4-64 mm =  $\sim 15-17^\circ$
- Ciottoli 64-256 mm = fino a  $24^\circ$



Normalmente un profilo di spiaggia presenta una pendenza via via minore al diminuire della granulometria e, a parità di sedimento, all'aumentare dell'energia associata al moto ondoso.



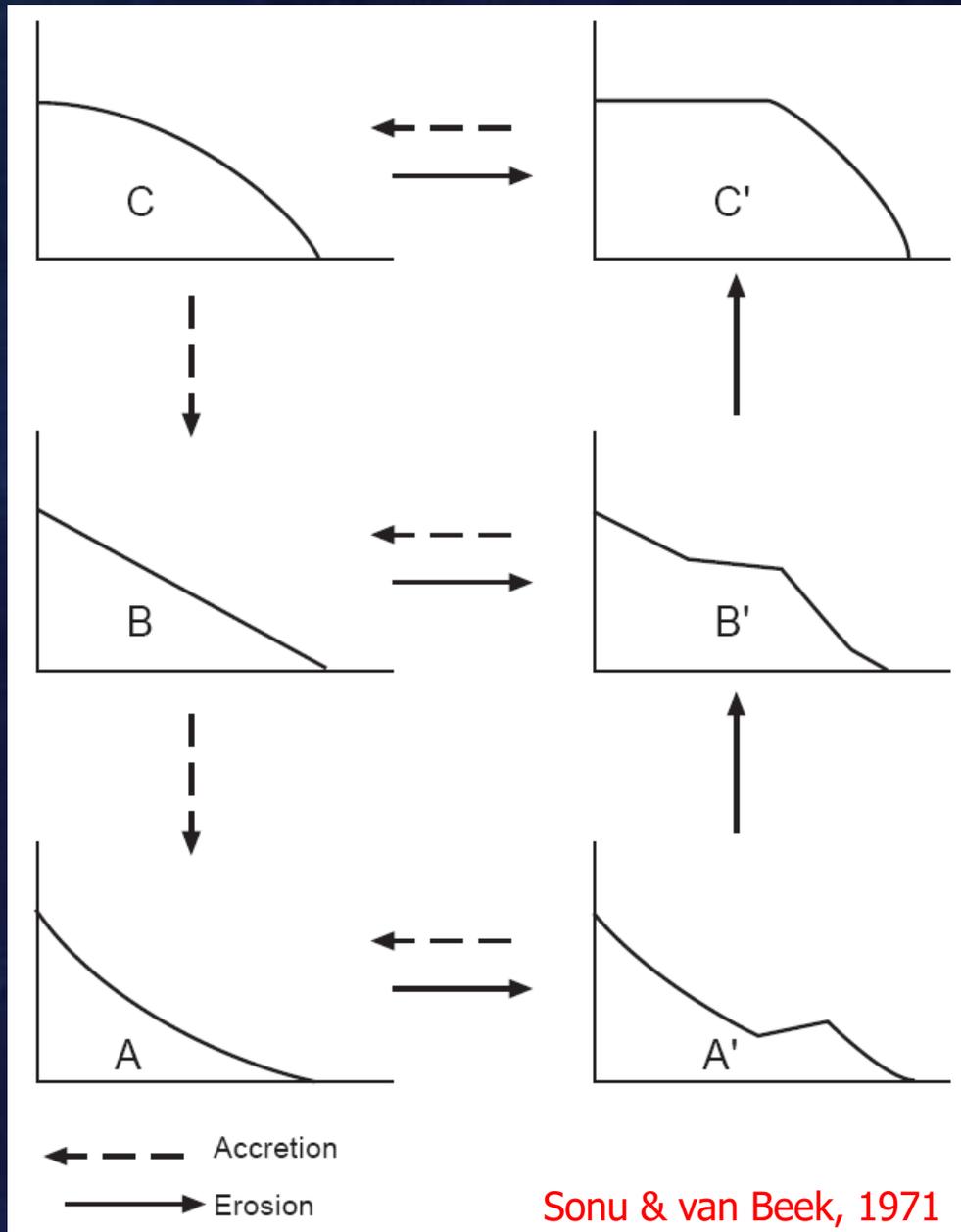
## VARIAZIONI TEMPORALI - stagionalità



condizioni di calma – profilo di swell “estivo” o **berm-type profile**

condizioni di tempesta – profilo di tempesta “invernale” o **bar-type profile**

# IL PATTERN STAGIONALE - sequenza cut and fill



- Limitata alla spiaggia emersa -

Le trasformazioni bidimensionali della spiaggia, secondo il normale ritmo delle stagioni, prevede un adattamento dei profili secondo una sequenza erosiva (CUT) invernale ed una deposizionale (FILL) estiva.

Tuttavia il clima di moto ondoso non necessariamente è legato alla marcata stagionalità (estate-inverno) che si osserva soprattutto lungo le coste occidentali dell' emisfero nord.

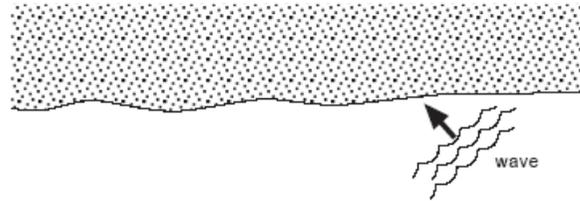
# LE MODIFICAZIONI tridimensionali

I primi modelli di sequenza deposizionale 3D hanno riguardato l'analisi delle trasformazioni delle forme ritmiche di una spiaggia.

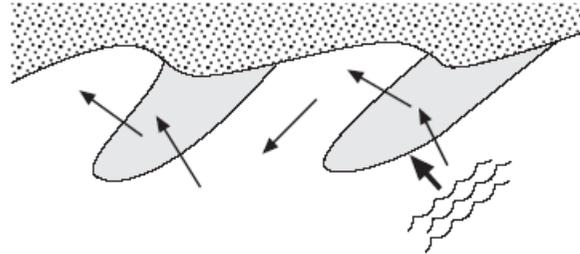
Il modello deposizionale prevede il progressivo rinsaldamento di barre ritmiche, dapprima ortogonali e successivamente parallele alla linea di costa.

Il ciclo erosivo si sviluppa secondo la sequenza opposta.

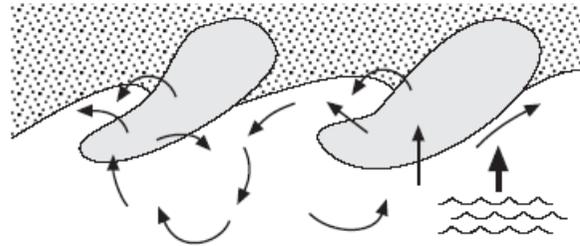
EROSION



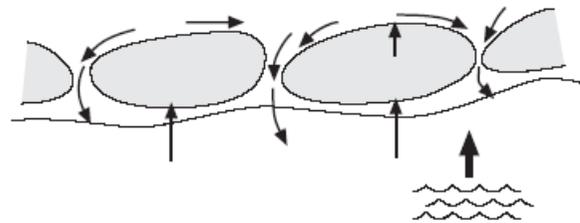
INITIAL SAND WAVE



INITIAL RHYTHMIC BAR ATTACHES

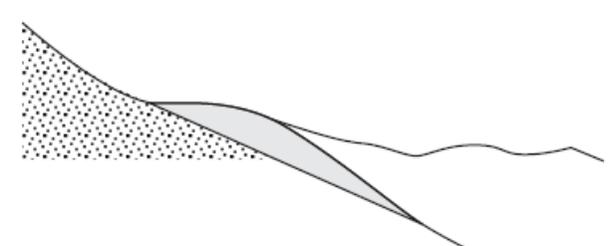
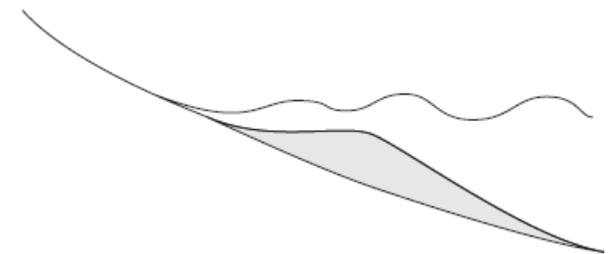
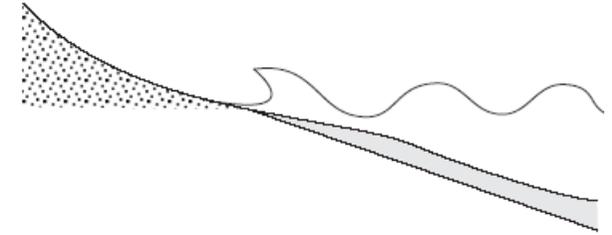


WELDS TO SHORE



Arrows indicate water movement

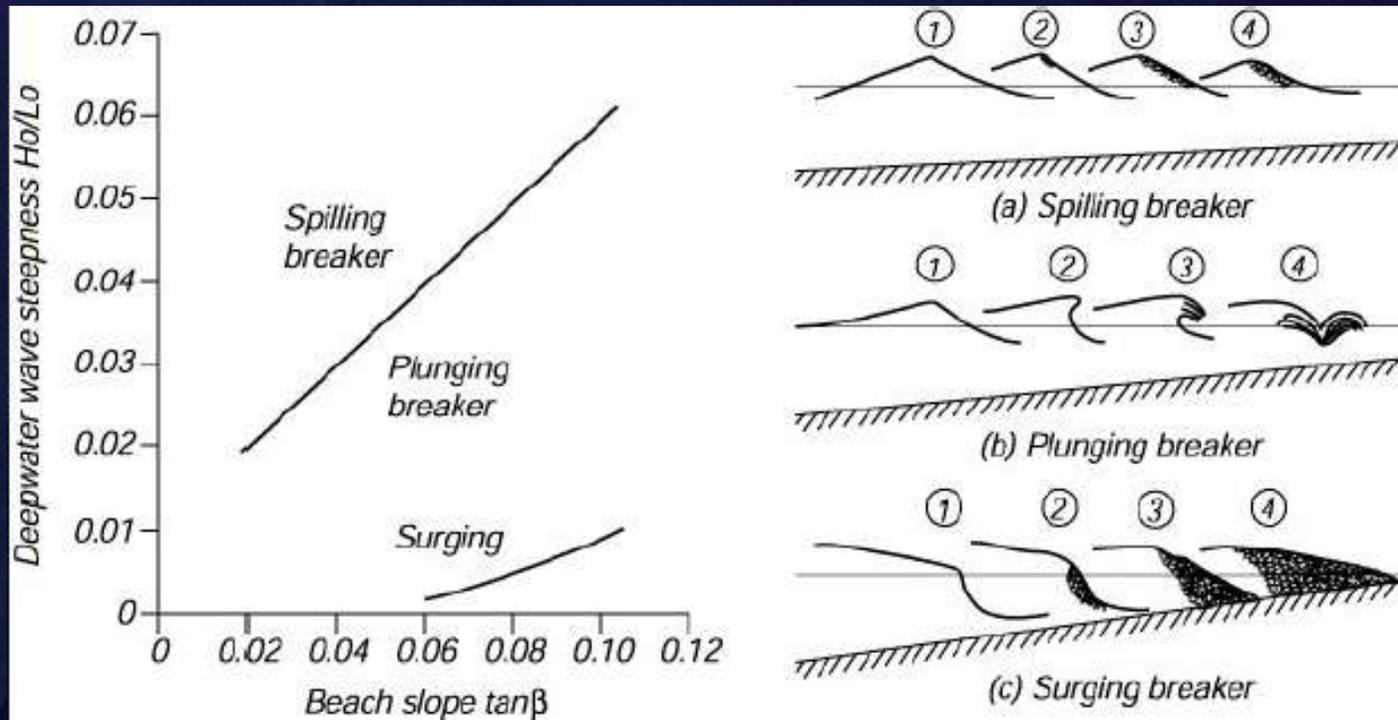
Sonu, 1973



I cicli evolutivi di un profilo sono quindi strettamente legati alle caratteristiche intrinseche della spiaggia (pendenza/granulometria) a cui si associa l'incidenza del moto ondoso, regolato principalmente dal fattore di ripidità:

$H_0/L_0 < 0.02$  (onde basse o di lungo periodo, tipiche di **condizioni di calma**)

$H_0/L_0 > 0.02$  (onde alte o di corto periodo, tipiche di **condizioni di tempesta**)



La ripidità dell'onda in rapporto alla pendenza della spiaggia (ovvero la granulometria) definisce, come noto, anche le caratteristiche del frangente e la tipologia "dissipativa" o "riflettente" del profilo.

Quando parliamo di “MORFODINAMICA” di una spiaggia, intendiamo associare i vari tipi di forme a caratteristiche idro-dinamiche legate al tipo d’ onda, ed in ultima analisi al tipo di frangente nell’ area di surf.

Forme di spiaggia (pendenze, barre, etc..) possono essere associate all’ onda attraverso i cosiddetti → **PARAMETRI DI SURF SCALING**

E’ già noto, ad esempio, **il numero di Iribarren**, introdotto da Battjes (1974) per definire i tipi di frangente e le caratteristiche di dissipazione del moto ondoso lungo il profilo:

$$\xi_b = \frac{\text{tg} \beta}{\sqrt{\frac{H_b}{L_0}}}$$



> 2 condizioni **riflettenti** (frangente surging/collapsing)  
0.4 - 2.0 condizioni **intermedie** (frangente plunging)  
< 0.4 condizioni **dissipative** (frangente spilling)

Un altro parametro di surf scaling fu definito da Guza & Inman (1975):

$$\varepsilon = \frac{a_b \cdot \omega^2}{g \cdot \text{tg}^2 \beta}$$



< 2.5 condizioni **riflettenti** (frangente surging/collapsing)  
2.5 – 20 condizioni **intermedie** (frangente plunging)  
> 20 condizioni **dissipative** (frangente spilling)

$a_b$  = ampiezza dell’ onda in frangenza  
 $\omega$  =  $2\pi/T$  frequenza angolare onda

Infine, un modo semplificato per rappresentare un parametro di surf scaling, è dato dalla velocità di sedimentazione adimensionale (*dimensionless fall velocity*) proposto da Dean (1973) e ripreso da Wright & Short (1984):

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s \cdot T}$$

$H_b$  = altezza modale dell' onda in frangenza

$T$  = periodo associato all' onda

$w_s$  = velocità di sedimentazione

Secondo il **Modello Australiano** di **Wright & Short** (1984) a seconda del valore di  $\Omega$  possiamo definire 6 tipi principali di spiagge sabbiose (il modello tende a perdere validità per spiagge esclusivamente ghiaiose):

Tipo di spiaggia	Nomenclatura originale	$\Omega$
riflettente	Reflective beach	< 1.0
con terrazzo di bassa marea	Low tide terrace beach - LTT	~ 2.0
con barre trasversali e rip	Transverse bar and rip beach - TBR	~ 3.0
a barre ritmiche	Rhythmic bar and beach – RBB	~ 4.0
con barra e truogolo longshore	Longshore bar-trough beach - LBT	~ 5.0
dissipativa	Dissipative beach	> 6.0

# SPIAGGIA DISSIPATIVA

# SPIAGGIA INTERMEDIA

# SPIAGGIA RIFLETTENTE

LBT

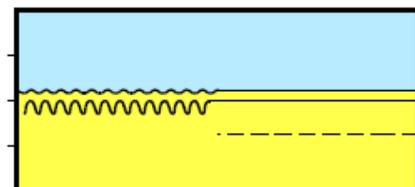
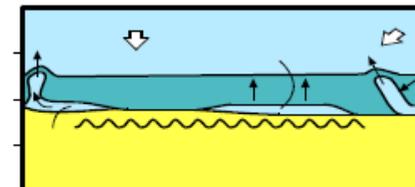
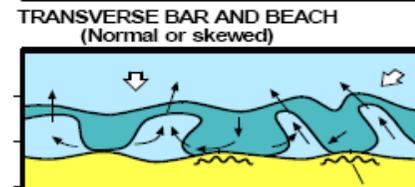
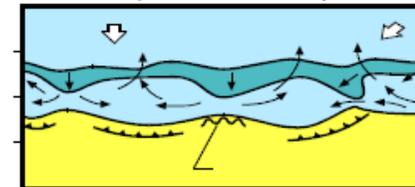
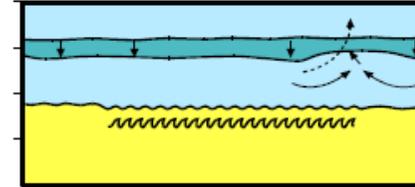
RBB

TBR

LTT



INTERMEDIATE  
LONGSHORE BAR-TROUGH

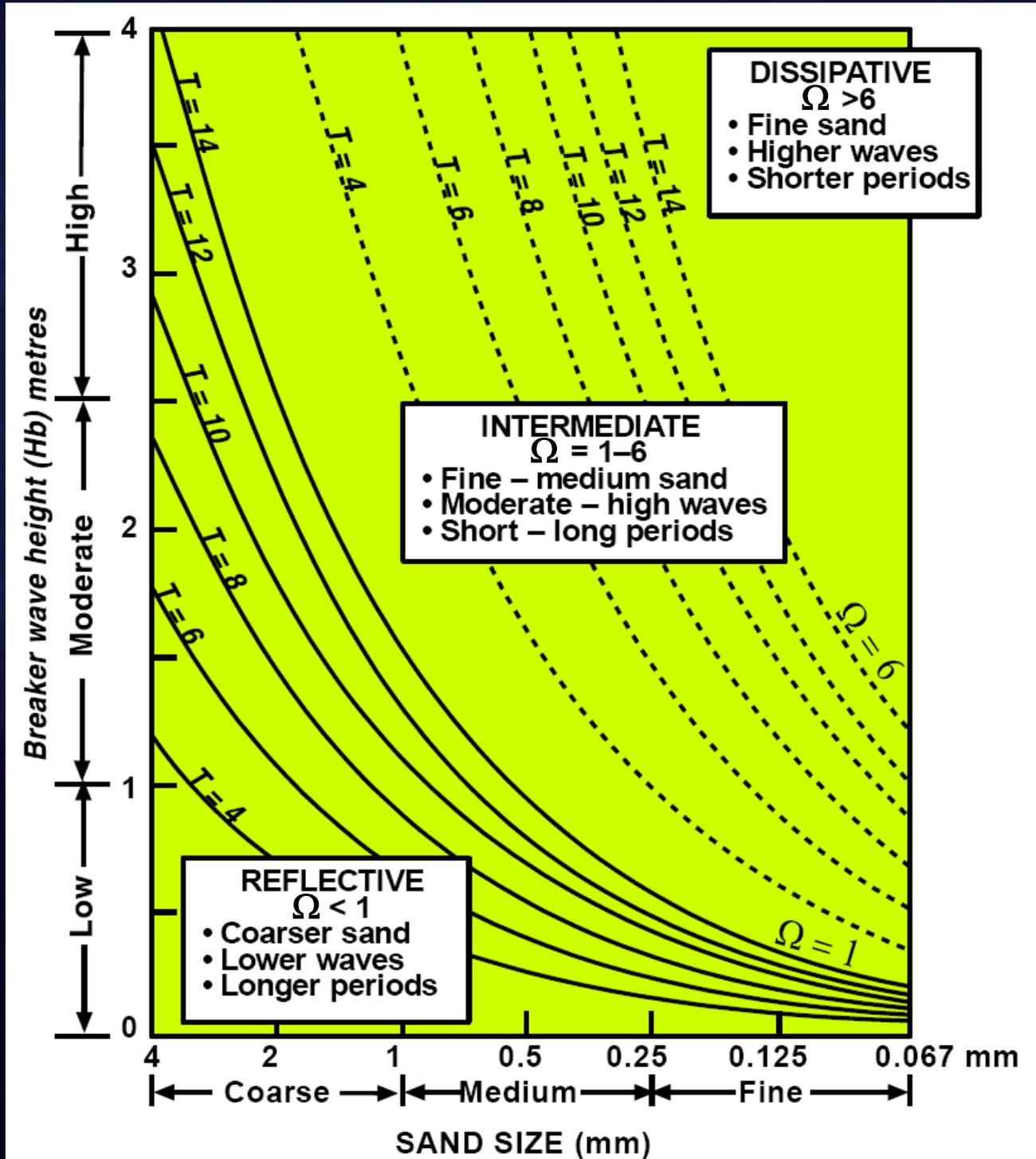


# SENSITIVITY PLOT

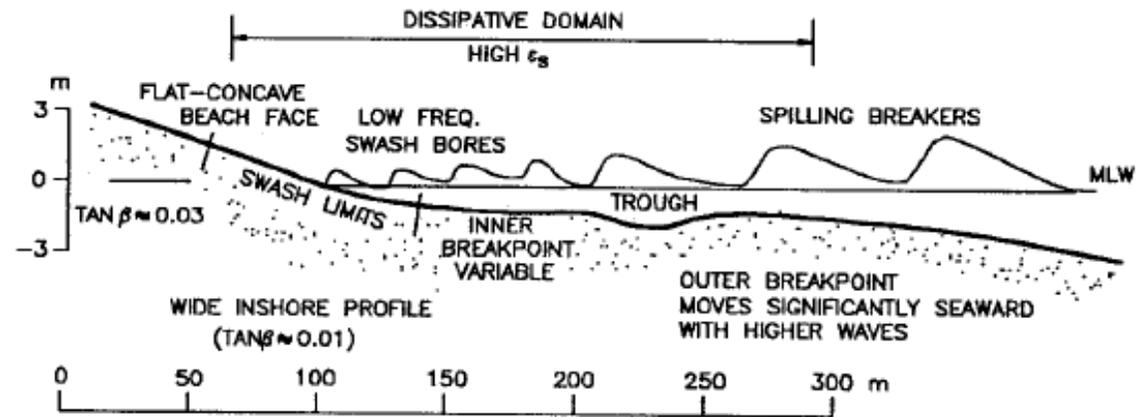
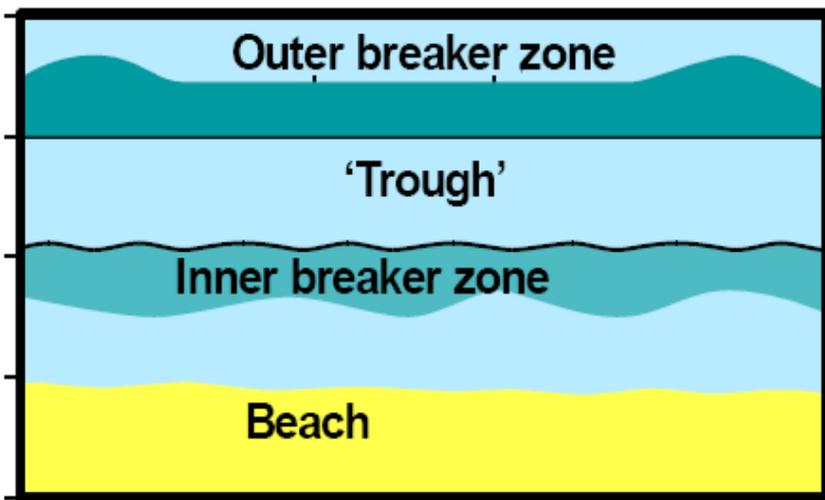
Variabilità di:

$H_b, T, w_s$

e corrispondenti  
tipologie di spiaggia



## SPIAGGIA DISSIPATIVA



<b>Ambiente</b>	Spiagge con sabbia fine (< 0.2 mm) ad elevata ondazione (> 2.5 m) a breve periodo. Possibili casi con $T > 10$ s (swell) con sabbie molto fini. Frequenti in mari confinati con onde di tempesta a breve periodo, come nei grandi laghi e nelle baie.
<b>Morfologia</b>	Ampia zona di swash a basso gradiente, con 2-3 barre per ambienti a dominio di swell e oltre 5 barre per ambienti a dominio di tempesta
<b>Dinamica</b>	Ampia fascia di frangenza di tipo spilling; dissipazione massima dell'onda entro una fascia di 300-500 m. Elevato set-up / set-down.
<b>Trasporto dei sedimenti</b>	Elevato, a causa del set-up e dell'ondazione; elevata energia di onde infragravitazionali che inducono la formazione di barre.
<b>Variazioni</b>	Morfologia relativamente stabile, con minime variazioni del profilo
<b>Modalità erosive</b>	Dune scarping

## **SPIAGGIA DISSIPATIVA**



Muriwai, Nuova Zelanda

**SPIAGGIA DISSIPATIVA**

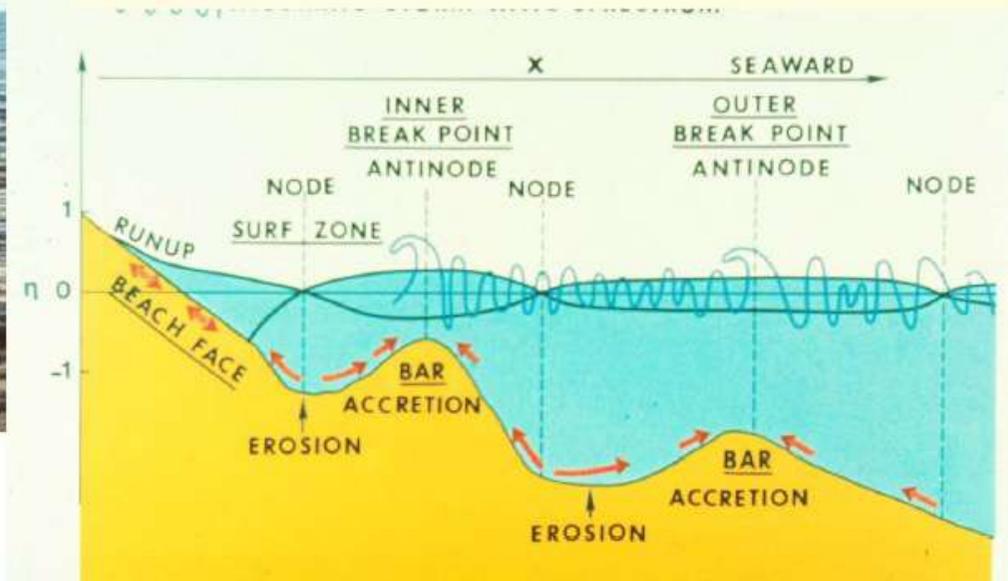
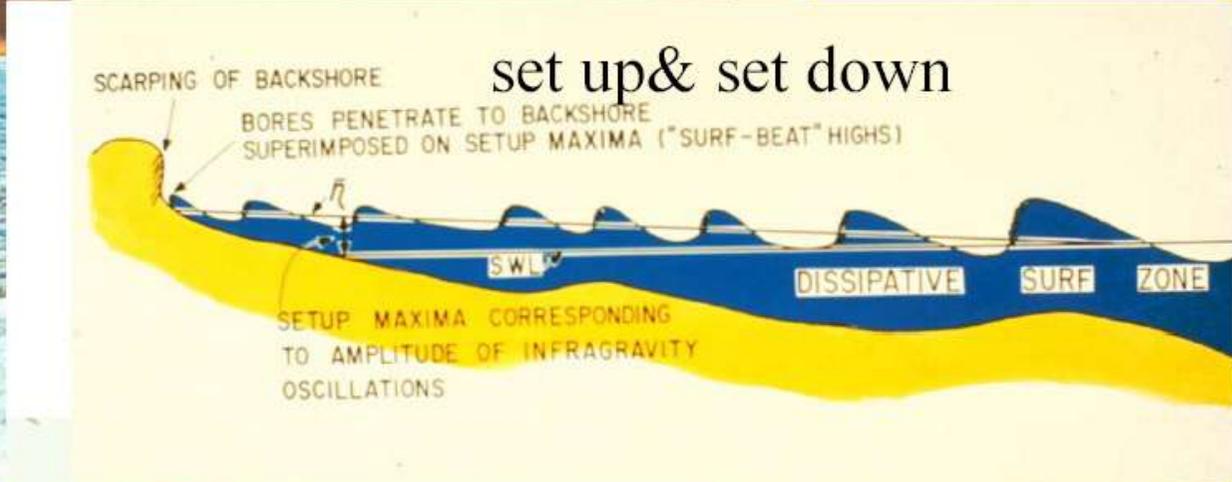
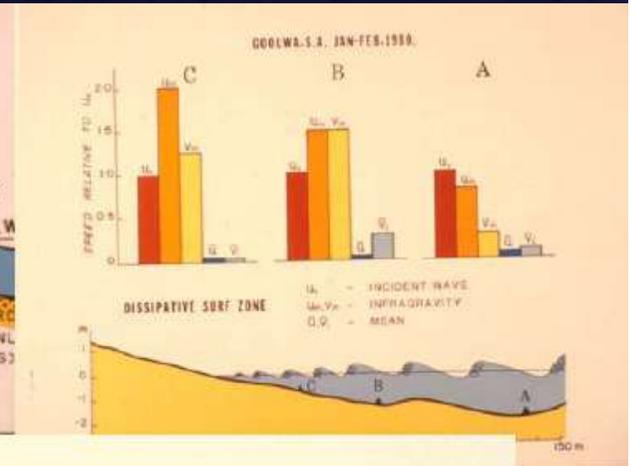
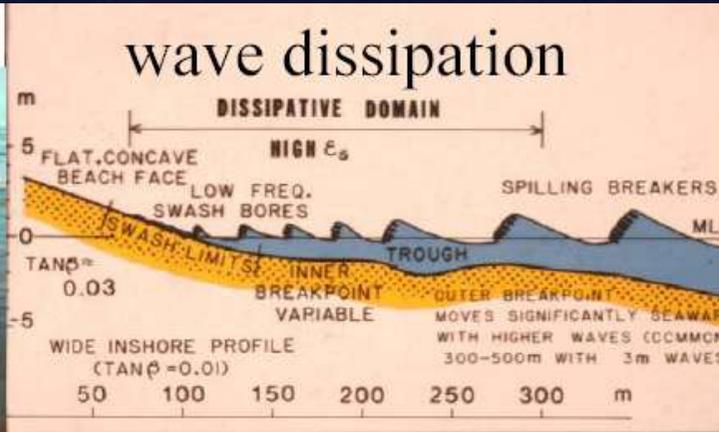
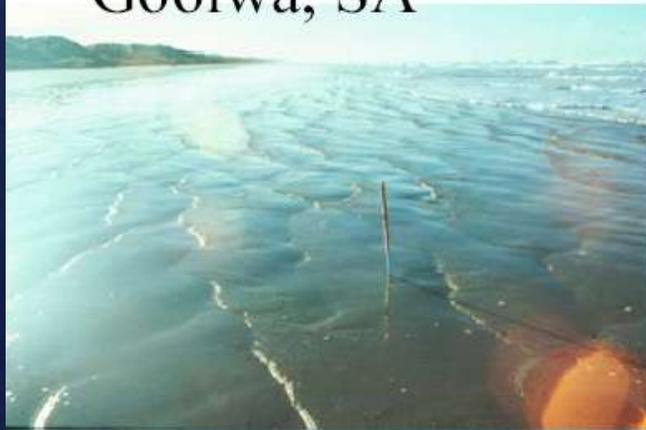


Aracaju, NE Brasile

# High energy west coast swell environment - the Coorong, SA



# Goolwa, SA



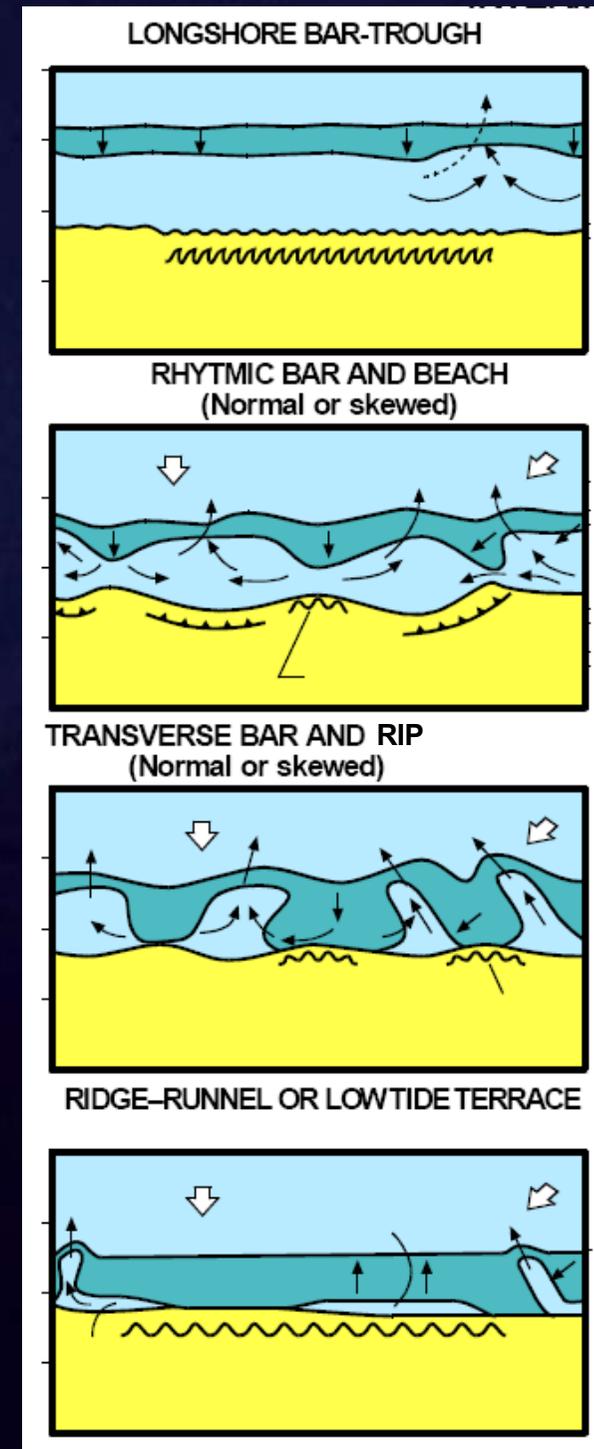
Standing waves, antinodes & bars

## SPIAGGE INTERMEDIE

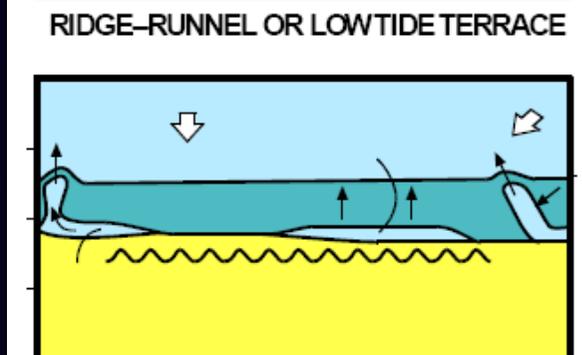
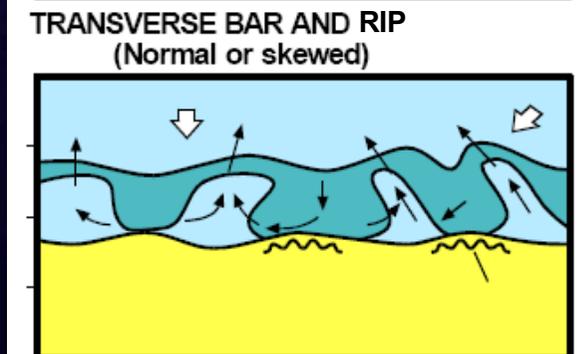
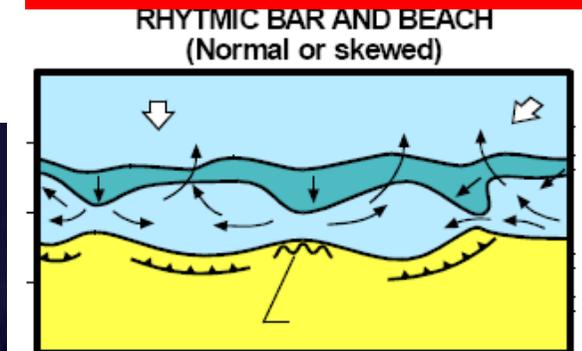
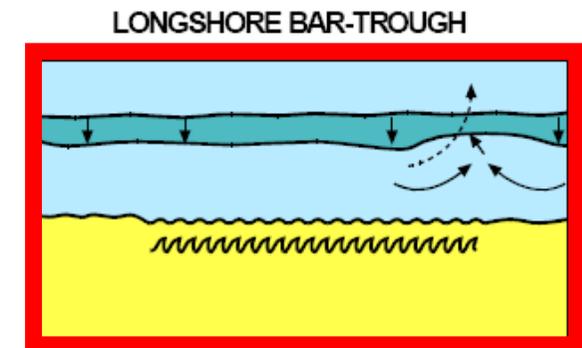
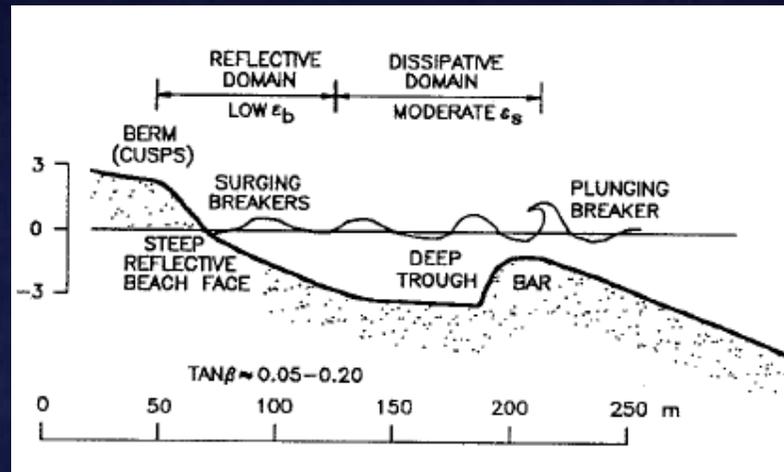
Spiagge con caratteristiche intermedie tra quelle dissipative ad alta energia e riflettenti a bassa energia.

La caratteristica fondamentale è la presenza di una *surf zone* costituita da barre e rip.

La variabilità di  $\Omega$  contempla un'ampia casistica di condizioni ambientali, con moto ondoso da moderato ad elevato (0.5-2.5 m), sabbia da fine a media, periodo in genere piuttosto lungo.



# SPIAGGE INTERMEDIE → LBT



<p><b>Morfologia</b></p>	<p>Barra longshore continua ubicata 100-150 m a mare; truogolo profondo 2-3 m ed ampio da 50 a 100 m. Linea di riva rettilinea. Raramente la barra può essere debolmente ritmica con rip current ogni 250-500 in ambiente di swell.</p>
<p><b>Dinamica</b></p>	<p>Frangenza di tipo spilling-plunging, ma la presenza del truogolo rende possibile la formazione di nuovi fronti d'onda che possono arrivare a riva senza frangere (surging) → cuspidi</p>



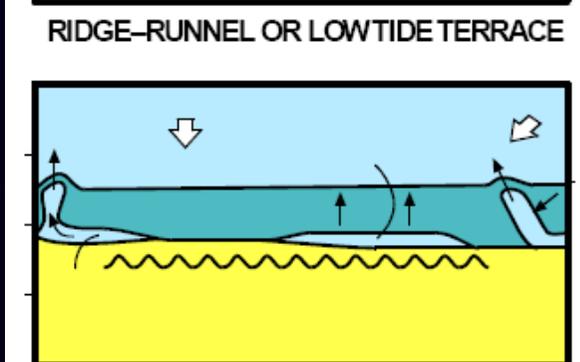
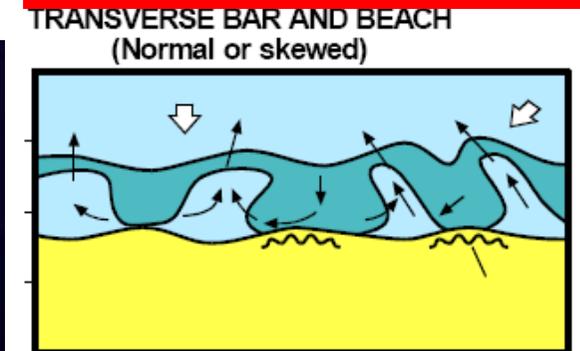
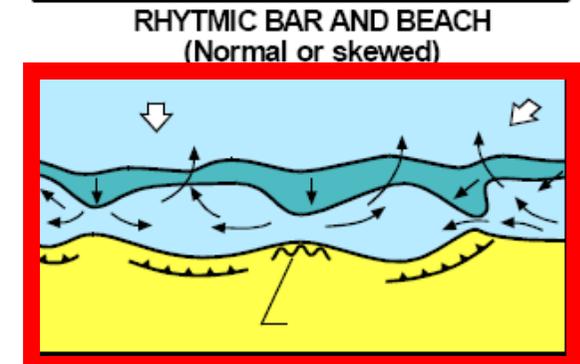
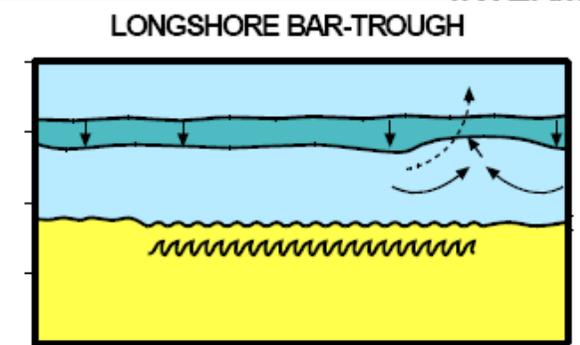
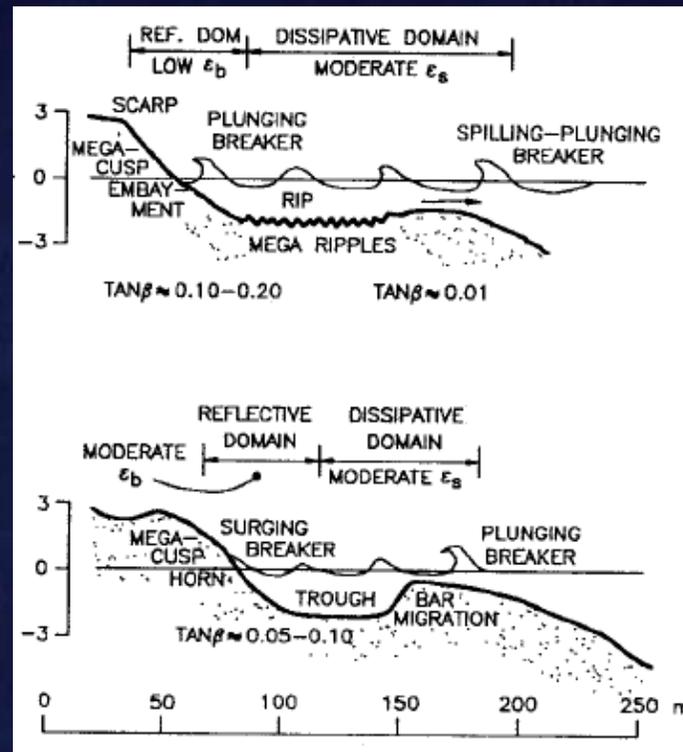
Longshore bar & trough





**Cuspidi sulla battigia di una spiaggia intermedia**

# SPIAGGE INTERMEDIE → RBB



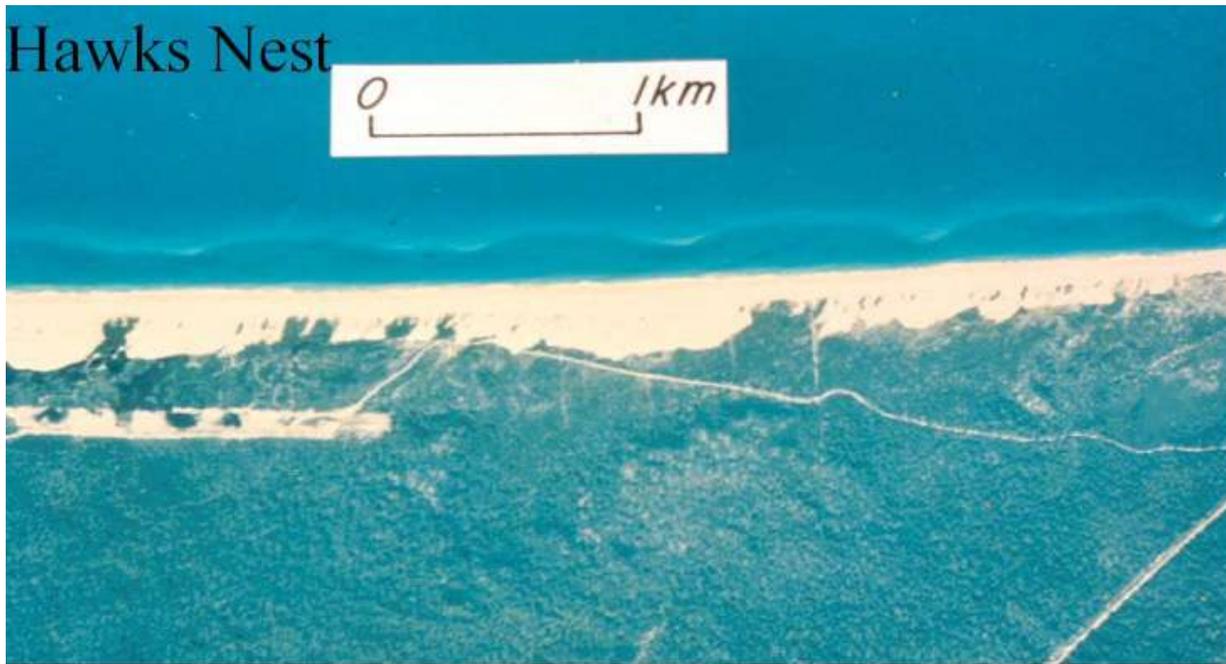
## Morfologia, Dinamica

Barra longshore ritmica (festonata) con corrispondente ritmicità (in fase) della linea di riva. Presenza di celle alternate di rip (concavità) e di barre crescentiche (convessità).

La spaziatura dei rip/barre ritmiche è di 150-500 m per le swell coast e di 50-150 m per le sea coast.

Le ondulazioni della linea di riva sono dette **corni a megacuspidi** (alle spalle della barra) e **baie** (alle spalle dei rip).

Hawks Nest



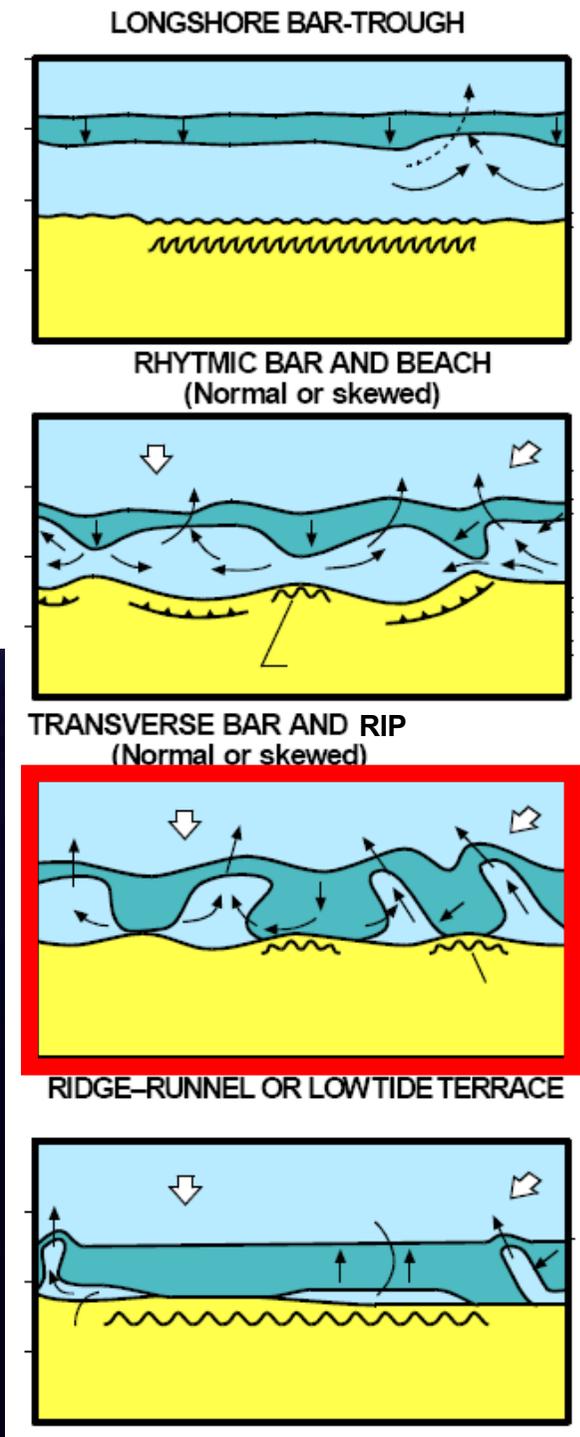
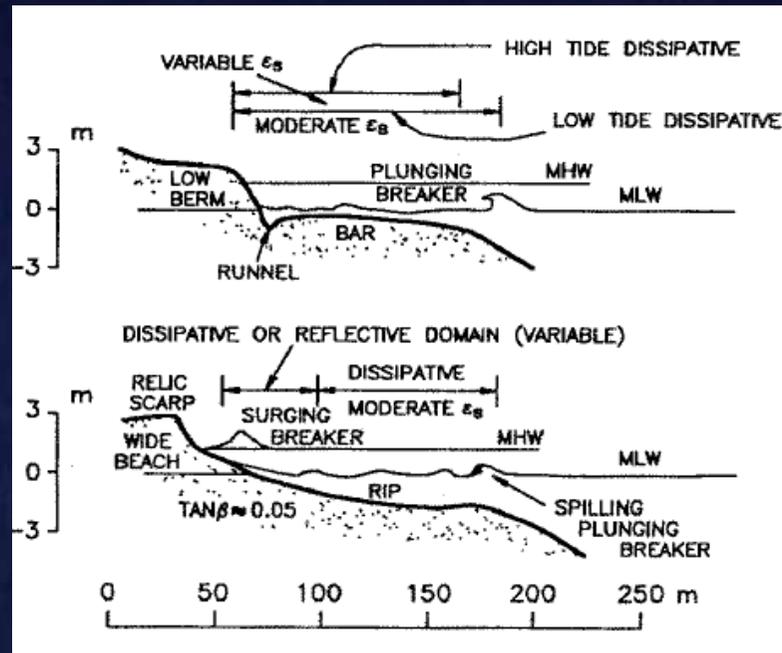
Holland



Florida

Rhythmic bar & beach

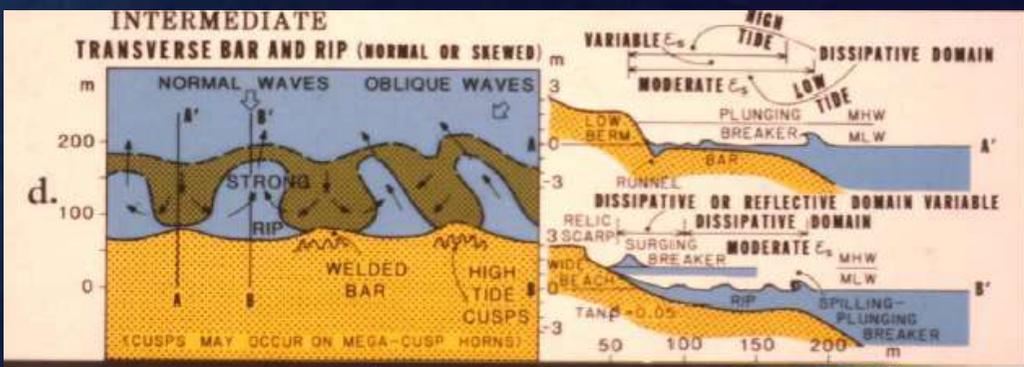
# SPIAGGE INTERMEDIE → TBR



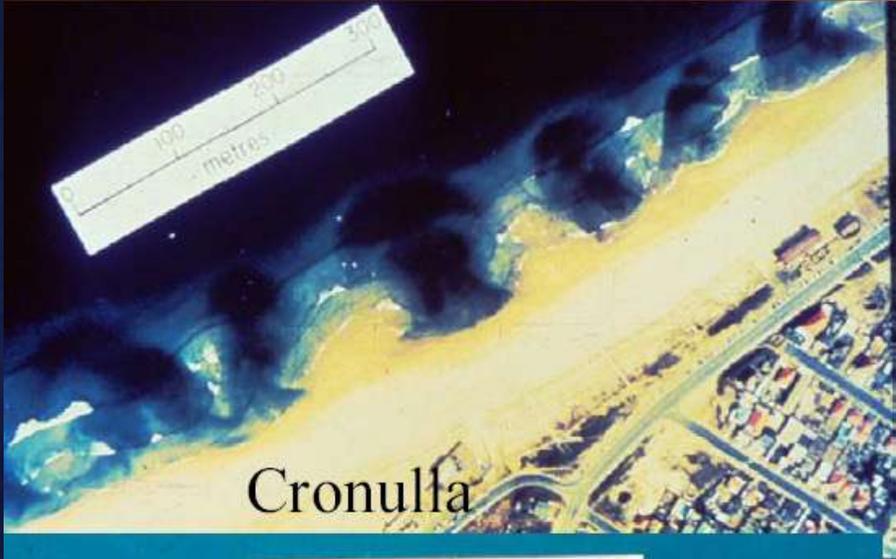
## Morfologia, Dinamica

Barre trasversali o perpendicolari alla linea di riva. Simile a RBB ma con le barre attaccate alla costa, che segregano i rip. Barre e rip sono usualmente spazati 150-250 m.

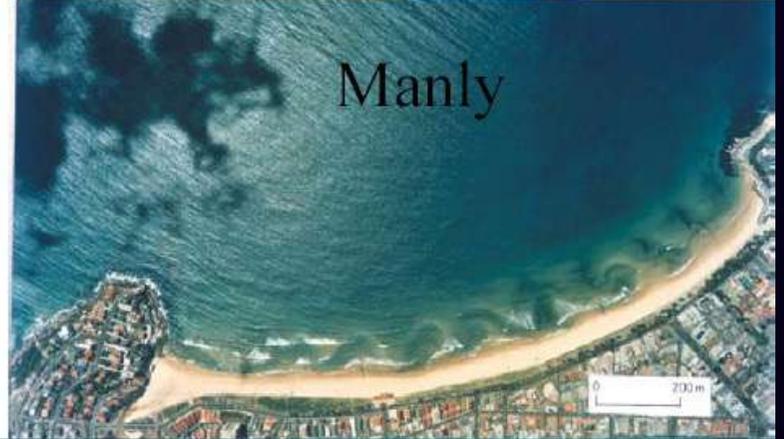
La linea di riva segue l'ndamento ritmico con **corni a megacuspidi** (alle spalle della barra) e **baie zappate** (alle spalle dei rip).



Florida

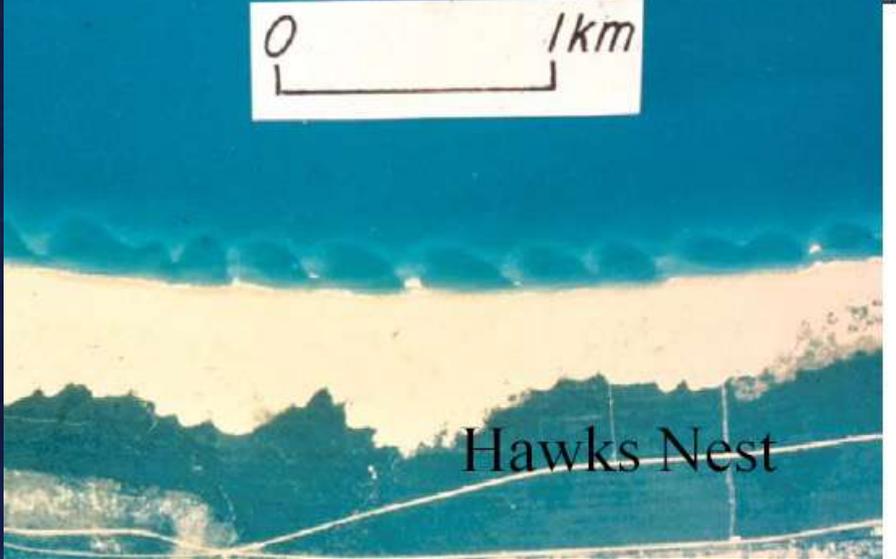


Cronulla

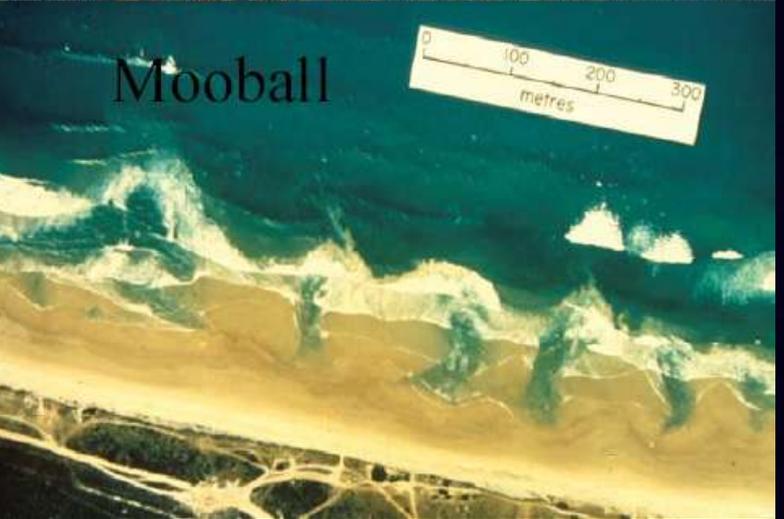


Manly

TBR



Hawks Nest



Mooball



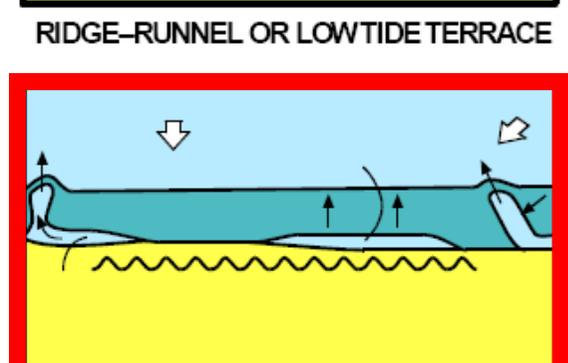
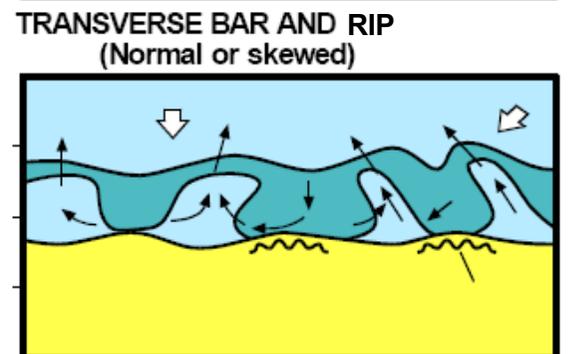
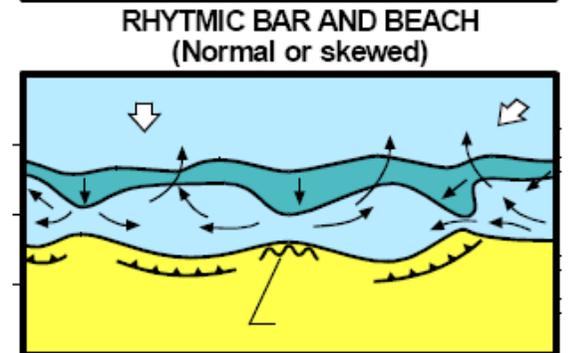
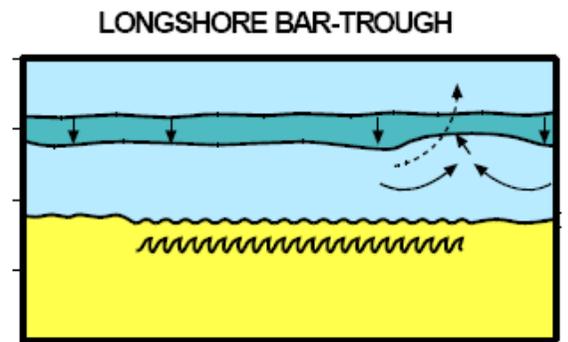
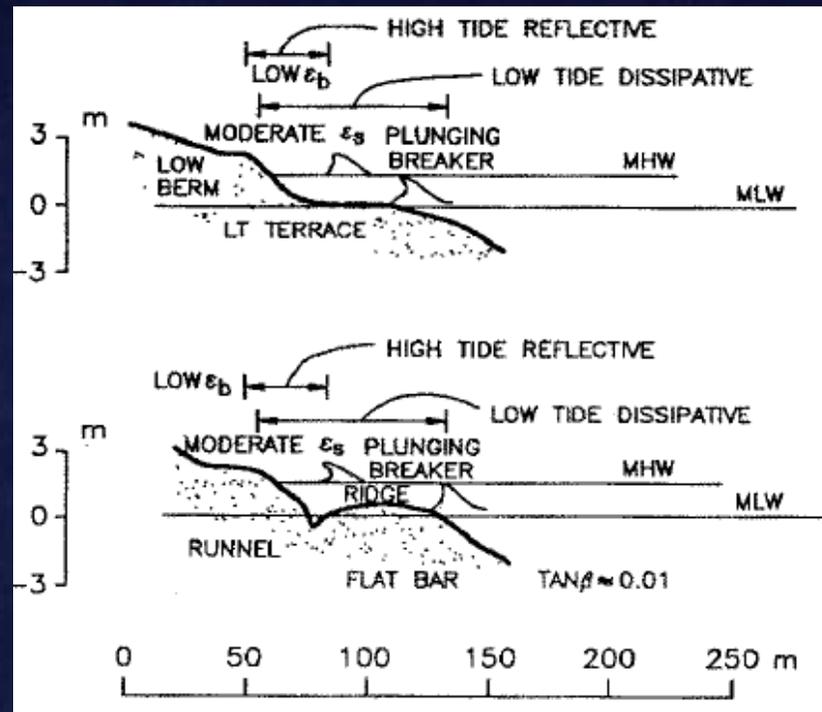
Transverse bar & rip

rip embayment erosion



**TBR**  
In contesto erosivo

# SPIAGGE INTERMEDIE → LTT



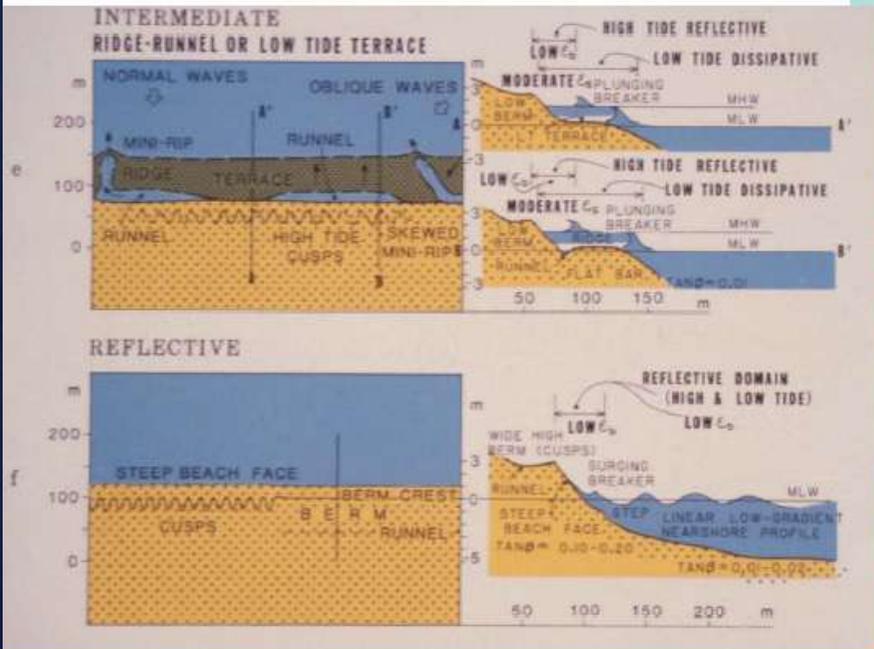
## Morfologia, Dinamica

Spiaggia emersa che si raccorda con un terrazzo di bassa marea a forma piatta o a creste ed avvallamenti (*ridge and runnel*), in qualche caso con numerosi *mini-rips* spaziate diverse decine di m.

La morfologia complessiva è priva di ritmicità.

È favorita da basse altezze d'onda ( $< 1\text{m}$ ) che in alta marea possono arrivare a riva senza frangere (comportamento simile alle spiagge riflettenti)

# Low tide terrace

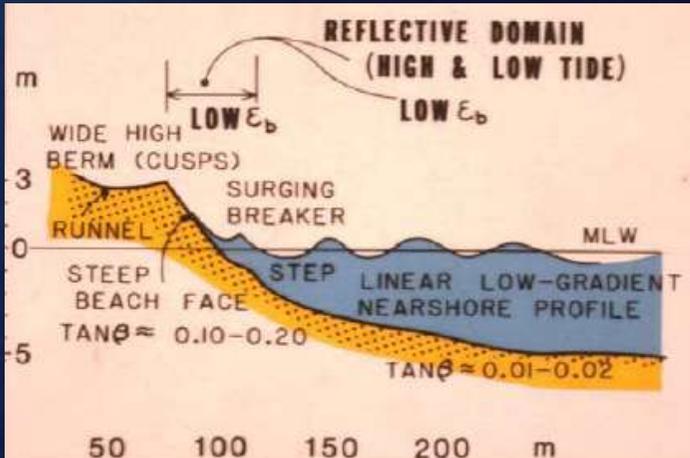


Collaroy



Crowdy Head

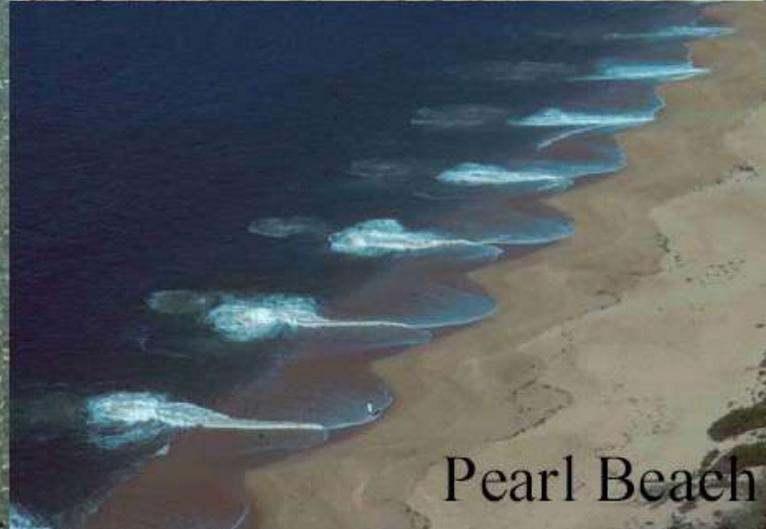
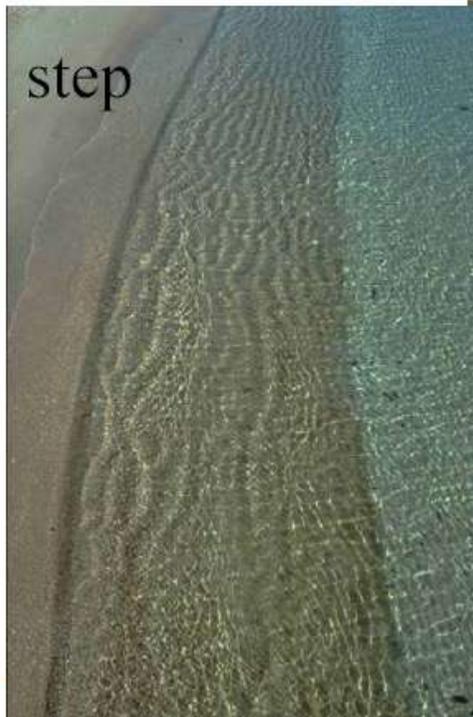
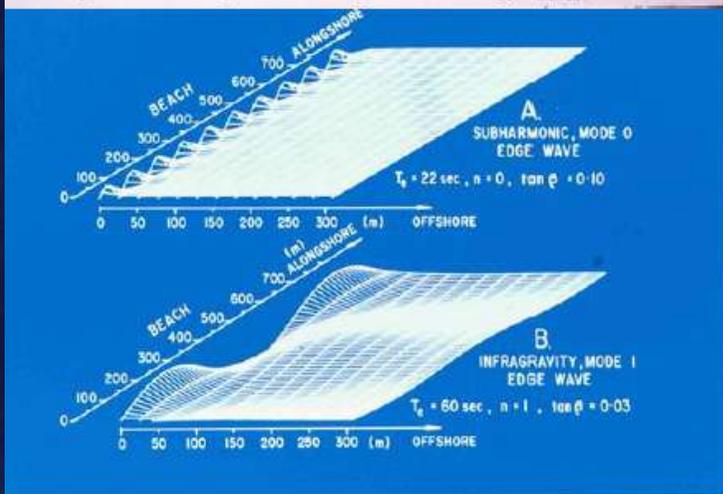
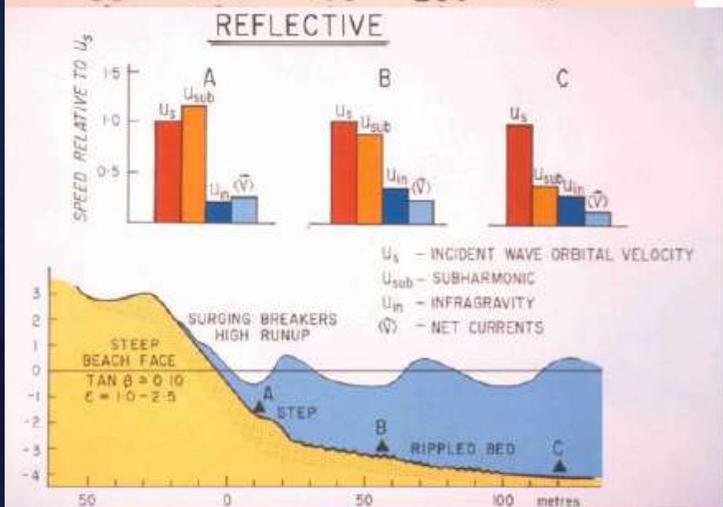




# SPIAGGE RIFLETTENTI

$$\Omega < 1$$

$$H_b < 1 \text{ m}$$







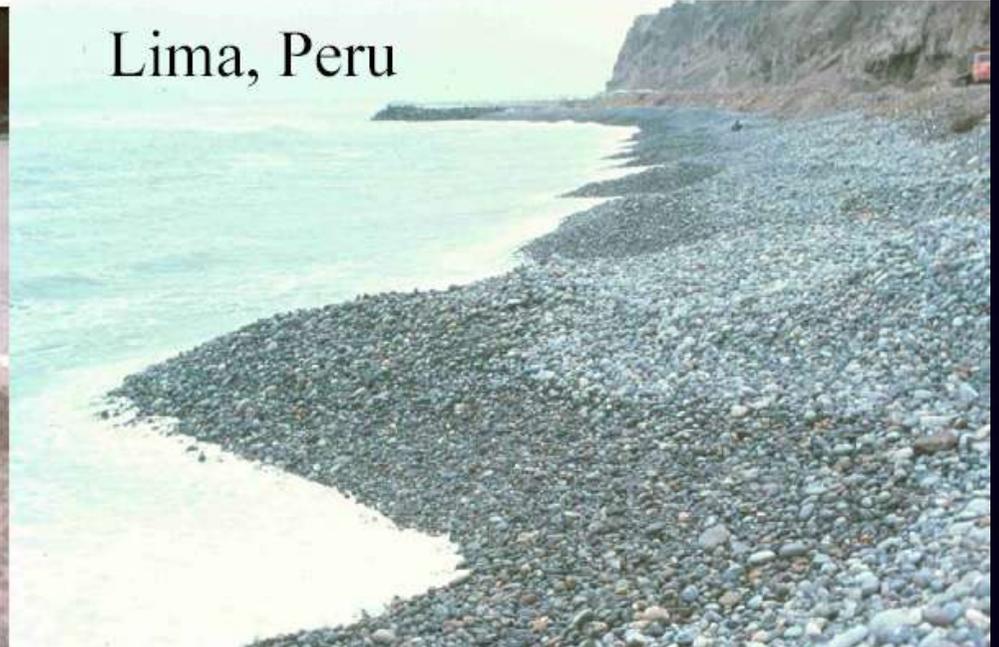
Napier, NZ



Reflective - higher energy gravel (cobble/shingle) beaches



Lima, Peru



# **ALCUNI ESEMPI ITALIANI**

**BALISICATA: esempio di forme ritmiche a varia spaziatura**



© Compagnia Generale Ripresearee S.p.A.



**Marina di Campo  
(Isola d' Elba)  
Sistema variabile  
RBB - TBR**

© Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A.

**Costa siciliana SW: sistema LBT**



© Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A.

## Sardegna occidentale: sistema RBB





**Costa siciliana Nord: sistema TBR**

© Compagnia Generale Ripreseeree S.p.A.



**Lignano Sabbiadoro:  
sistema dissipativo**