

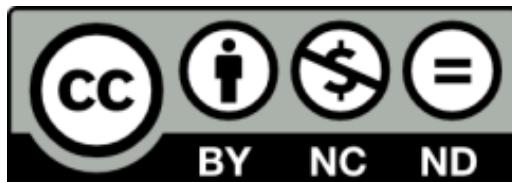


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Παράκτια μορφοδυναμική

*Αντώνης Βελεγράκης
Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας*



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑ 10
Παράκτια μορφοδυναμική**

Α.Φ. Βελεγράκης

10 Παράκτια μορφοδυναμική

10.1 Η τρισδιάστατη μορφολογία και δυναμική της παράλιας

10.2 Η γενική άποψη της παράλιας

10.2.1 Η ακτή σε θέση ισορροπίας

10.2.2 Η θεωρία του λογαριθμικού σπιδάλ

10.3 Οι ρυθμικές γεωμορφές της παραλίας

10.3.1 Οι παραλιακές προεκτάσεις (beach cusps)

10.3.2 Οι κόλποι των rip-currents

10.3.3 Οι ημισεληνοειδείς (crescentic) και συγκολλημένοι (welded) ύφαλοι

10.4 Η μορφοδυναμική ταξινόμηση των παραλίων

10.1 Η τρισδιάστατη δυναμική της παραλίας

Στο Κεφάλαιο 8 αναφέρθηκε η μεταβλητότητα του παραλιακού προφίλ, δηλ η μεταβλητότητα της κλίσης της παραλίας, ιδιαίτερα λόγω των εποχικών αλλαγών στην προσπίπτουσα κυματική ενέργεια. Αυτή η δυναμική ήταν δισδιάστατη (two-dimensional, 2-D).

Οι παραλίες όμως είναι τρισδιάστατα συστήματα (three-dimensional, 3-D), τα οποία χαρακτηρίζονται από μεταβλητότητα και στις τρεις διαστάσεις.

Σπάνια μια παραλία και τα μορφολογικά στοιχεία της (δηλ. οι χερσαίοι ύφαλοι (berms), οι υποθαλάσσιοι ύφαλοι (bars) και κοιλάδες (troughs)) έχουν γραμμική ανάπτυξη· αντίθετα, τόσο το γενικό σχήμα της παραλίας όσο και τα επιμέρους μορφολογικά στοιχεία χαρακτηρίζονται από μικρότερη ή μεγαλύτερη μη-γραμμικότητα.

Π.χ. η παραλία μπορεί να έχει καμπυλωτό σχήμα ή να χαρακτηρίζεται από ρυθμικότητα ενώ οι υποθαλάσσιοι ύφαλοι μπορεί να σχηματίζονται πλάγια προς την παραλία ή να έχουν ημισελήνοειδές (crescentic) σχήμα,

Η ακτή σε θέση ισορροπίας

Θεωρητικά για κάθε παραλία θα πρέπει να υπάρχει μια μορφολογία με παράκτια καμπυλότητα (σε κάτοψη) και προφίλ διαμορφωμένα με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε τα προσπίπτοντα κύματα να έχουν ακριβώς την ενέργεια που χρειάζεται για να μεταφέρουν τα ιζήματα που παρέχονται στην παραλία.

Αυτή η μορφολογία καλείτε η «ακτή ισορροπίας» (equilibrium shoreline) και συνήθως μελετάται με την βοήθεια μοντέλων προσομοίωσης

Η θεωρία του λογαριθμικού σπιδάλ

Η πλέον απλή μορφολογικά παραλία ισορροπίας είναι μια «παραλία τσέπης» (rocket beach) δηλ. μια παραλία που περιλαμβάνεται μεταξύ δυο φυσικών (η τεχνητών) ακρωτηρίων σκληρών σχηματισμών και στην οποία δεν υπάρχει σημαντική «καθαρή» μεταφορά ιζηματων (long-term net sediment transport) μέσα ή έξω από αυτή από γειτονικές παραλίες.

Η παραλία αυτή τελικά θα αποκτήσει ένα προσανατολισμό (ο οποίος θα προκύψει σαν αποτέλεσμα της παράκτιας ιζηματομεταφοράς) κατά το οποίο οι κορυφές των συνήθων προσπιπτόντων κυμάτων θα είναι προσανατολισμένες παράλληλα προς την παραλία (λόγω διάθλασης).

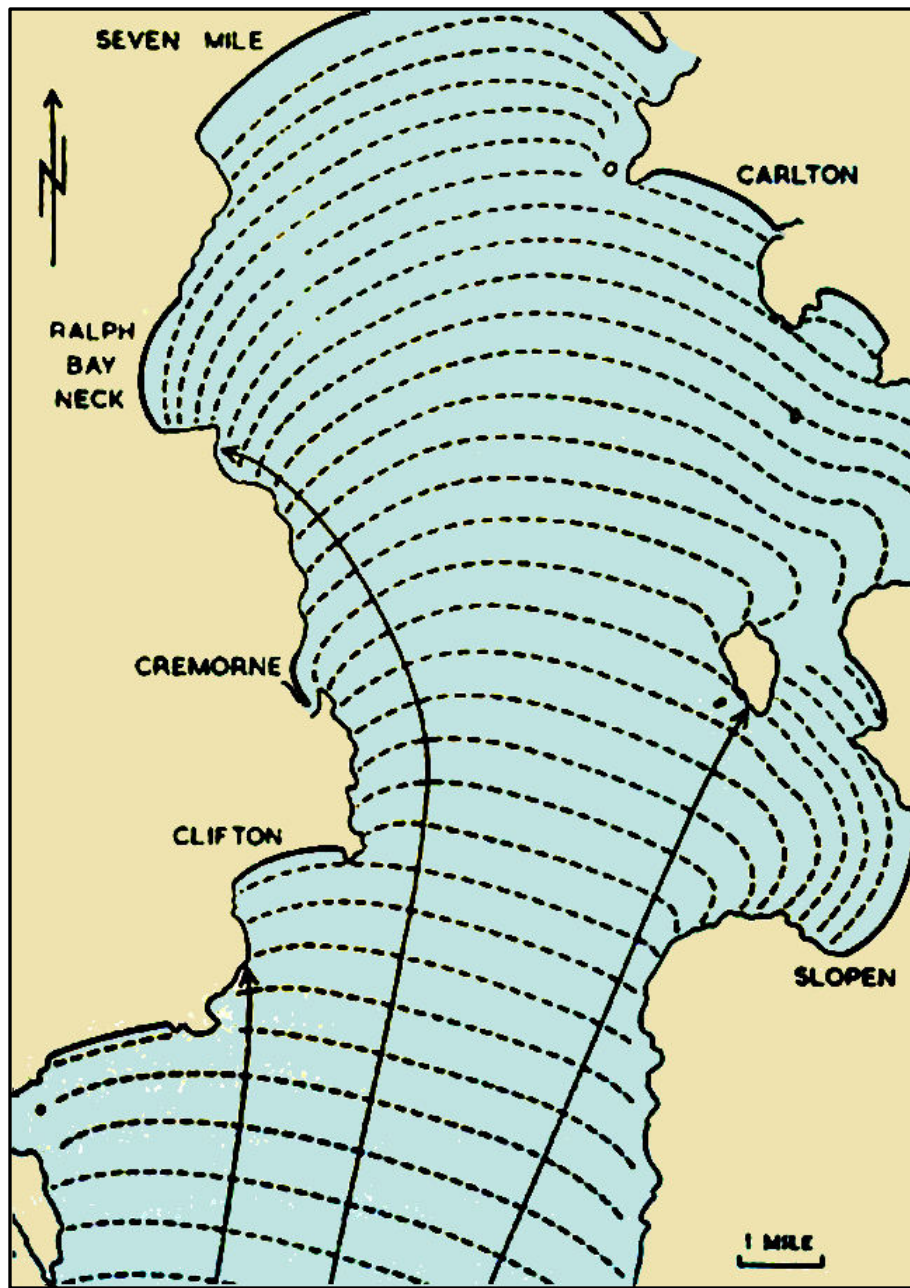
Το σχήμα (σε κάτοψη) της ακτογραμμής μιας τέτοιας παράλιας έχει μελετηθεί τα τελευταία 80 έτη. Βρέθηκε ότι το σχήμα (κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες) μπορεί να προσεγγισθεί από ένα λογαριθμικό σπιδάλ (logarithmic spiral).



Σχήμα 10.1 Βραχώδης ακτή με μικρή (rocket) παραλία (Besmogui, Australia). (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.2 Cape Foulwind, New Zealand. Διάθλαση κυμάτων σε rocket beach. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.3 Παραλίες και διάθλαση κυμάτων (Βασισμένο στον Komar, 1998)

Η θεωρία του λογαριθμικού σπιδάλ (συν.)

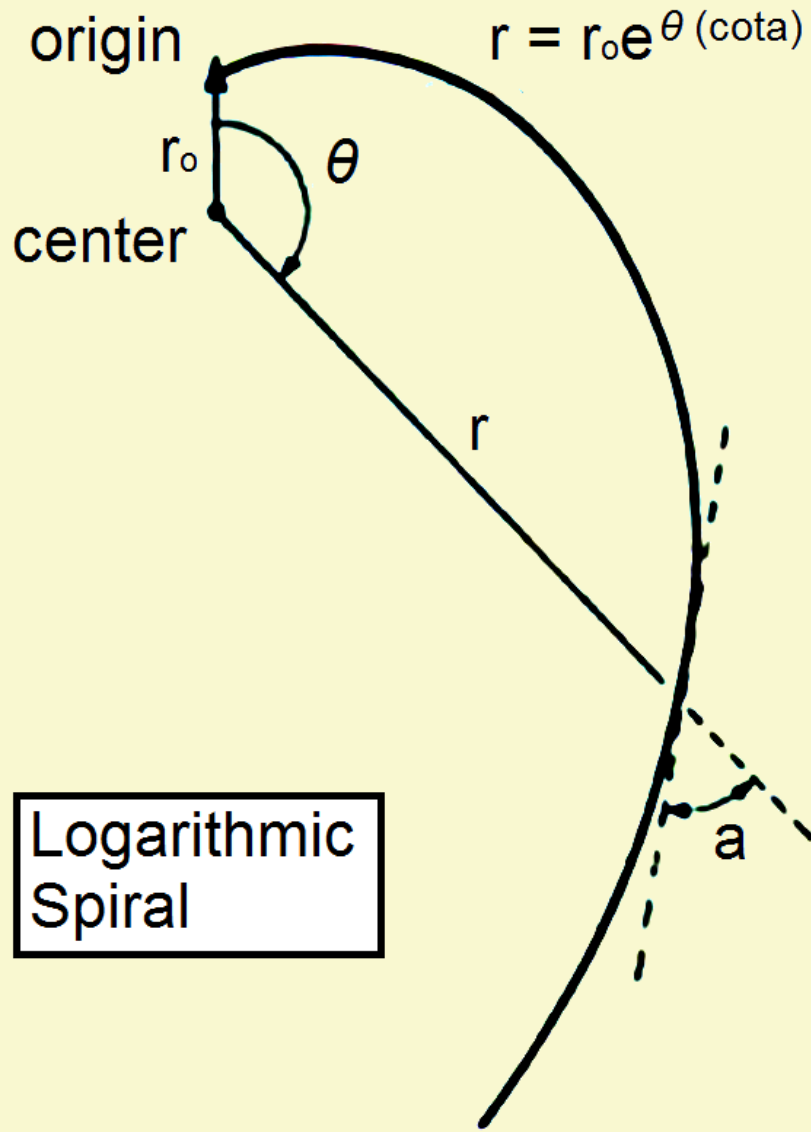
Η γενική μορφή του λογαριθμικού σπιδάλ δίνεται από

$$r = r_0 e^{(\cot \alpha) \theta}$$

Όπου r είναι η ακτίνα από το κέντρο του λογαριθμικού σπιδάλ σε κάποιο σημείο της καμπύλης, r_0 είναι η ακτίνα από το κέντρο στην αρχή της καμπύλης, θ είναι η μεταβλητή γωνία μεταξύ r και r_0 και α είναι η γωνία του σπιδάλ μεταξύ της r και της εφαπτόμενης της καμπύλης σε κάθε σημείο.

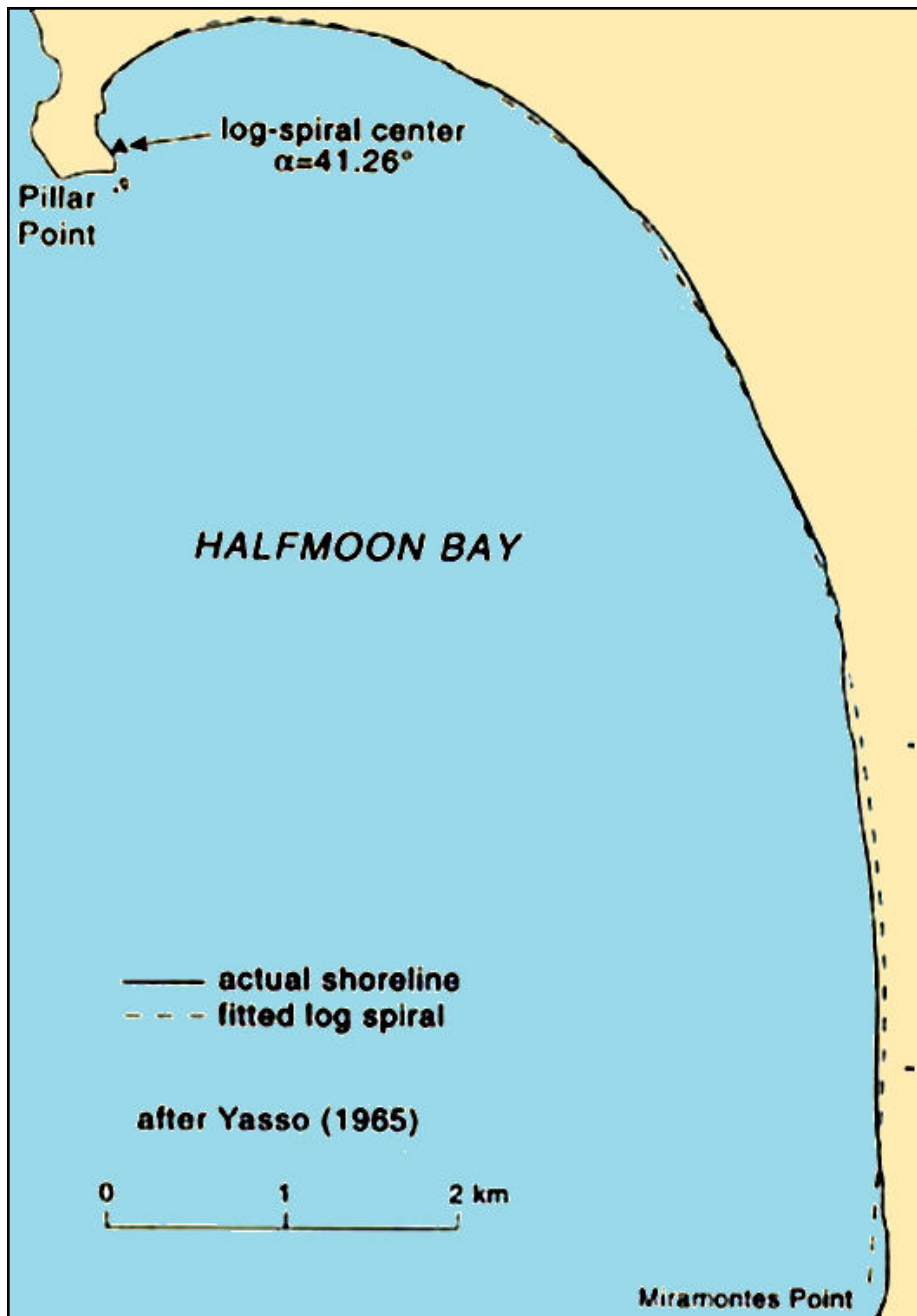
Η «θεωρία» αυτή έχει επιβεβαιωθεί σε διάφορες παραλίες και έχει χρησιμοποιηθεί ευρέα για να βρεθεί το σχήμα της παραλίας μετά την κατασκευή παρακτίων έργων και ιδιαίτερα κυματοθραυστών και παράκτιων τοίχων.

Πρέπει όμως να θυμάστε ότι δεν έχει καλά «θεμέλια» στην θεωρία (και τις παράκτιες διεργασίες). Έτσι πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή.

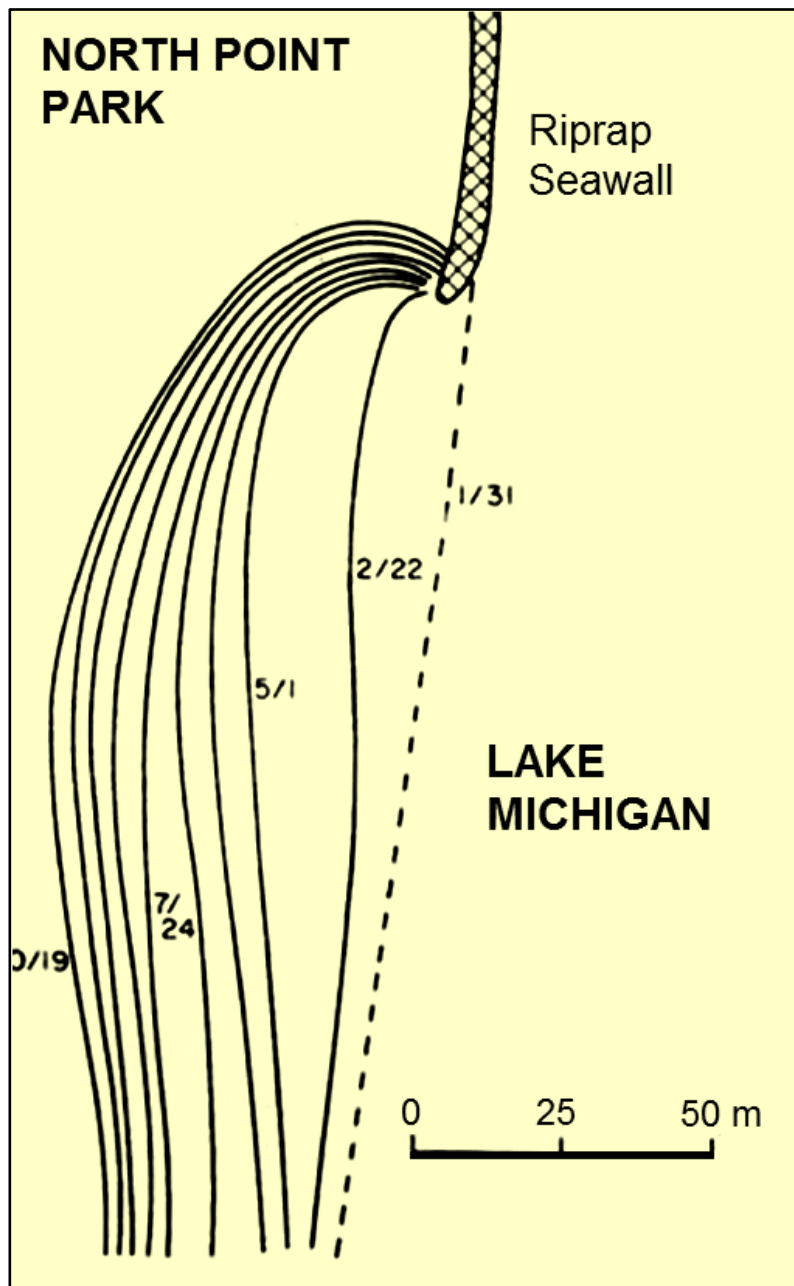


Logarithmic
Spiral

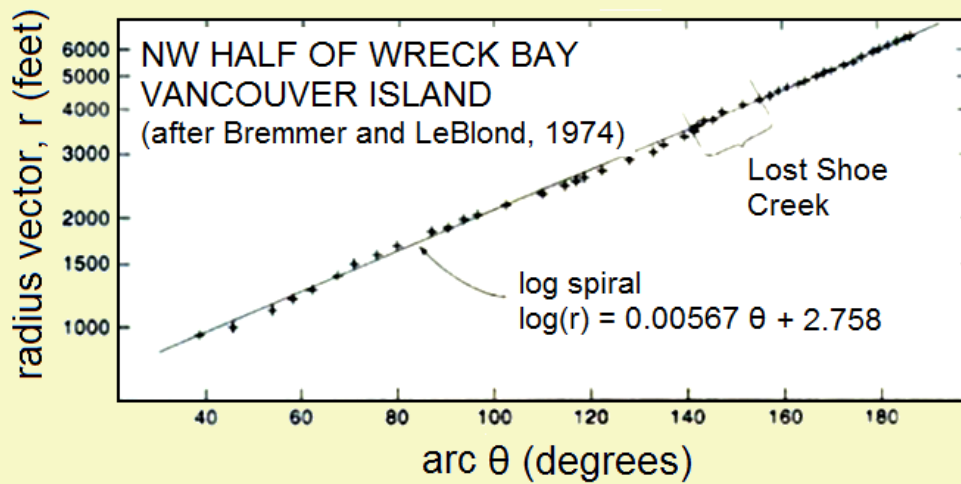
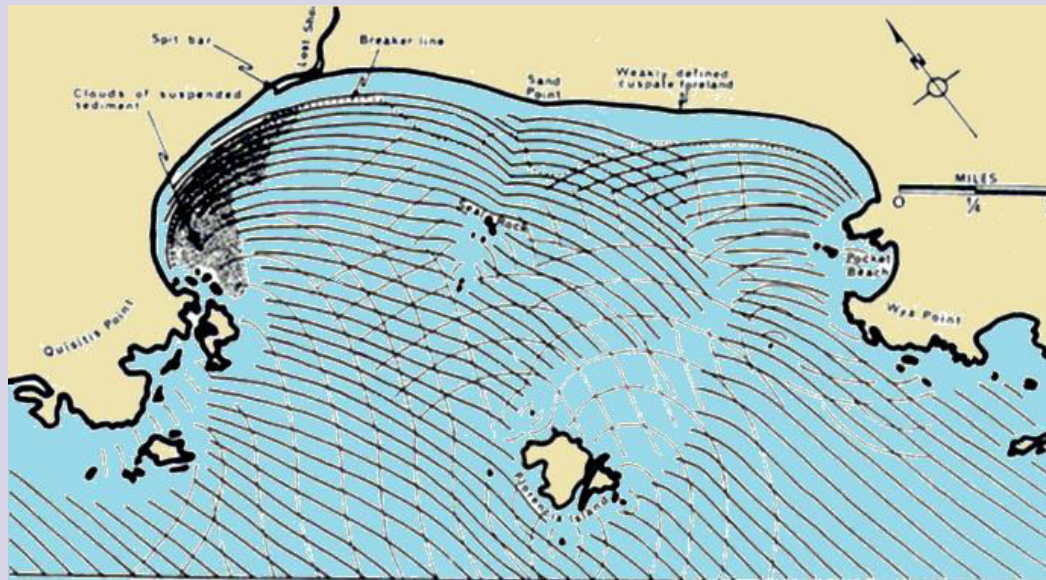
Σχήμα 10.4 Το λογαριθμικό σπιδάλ
(Βασισμένο στον Komar, 1998)



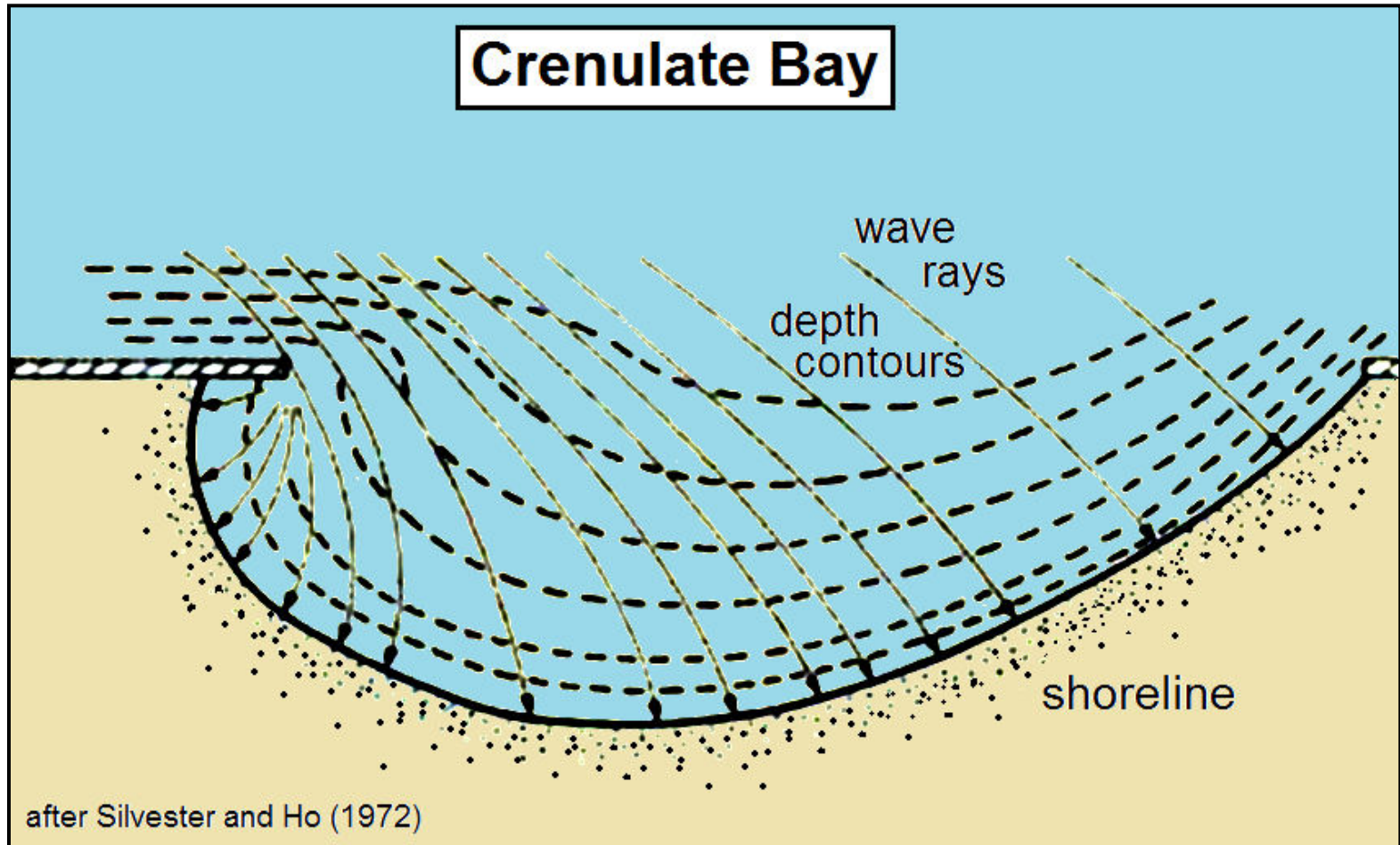
Σχήμα 10.5 Εφαρμογή του λογαριθμικού σπιδάλ (Βασισμένο στον Komar, 1998).



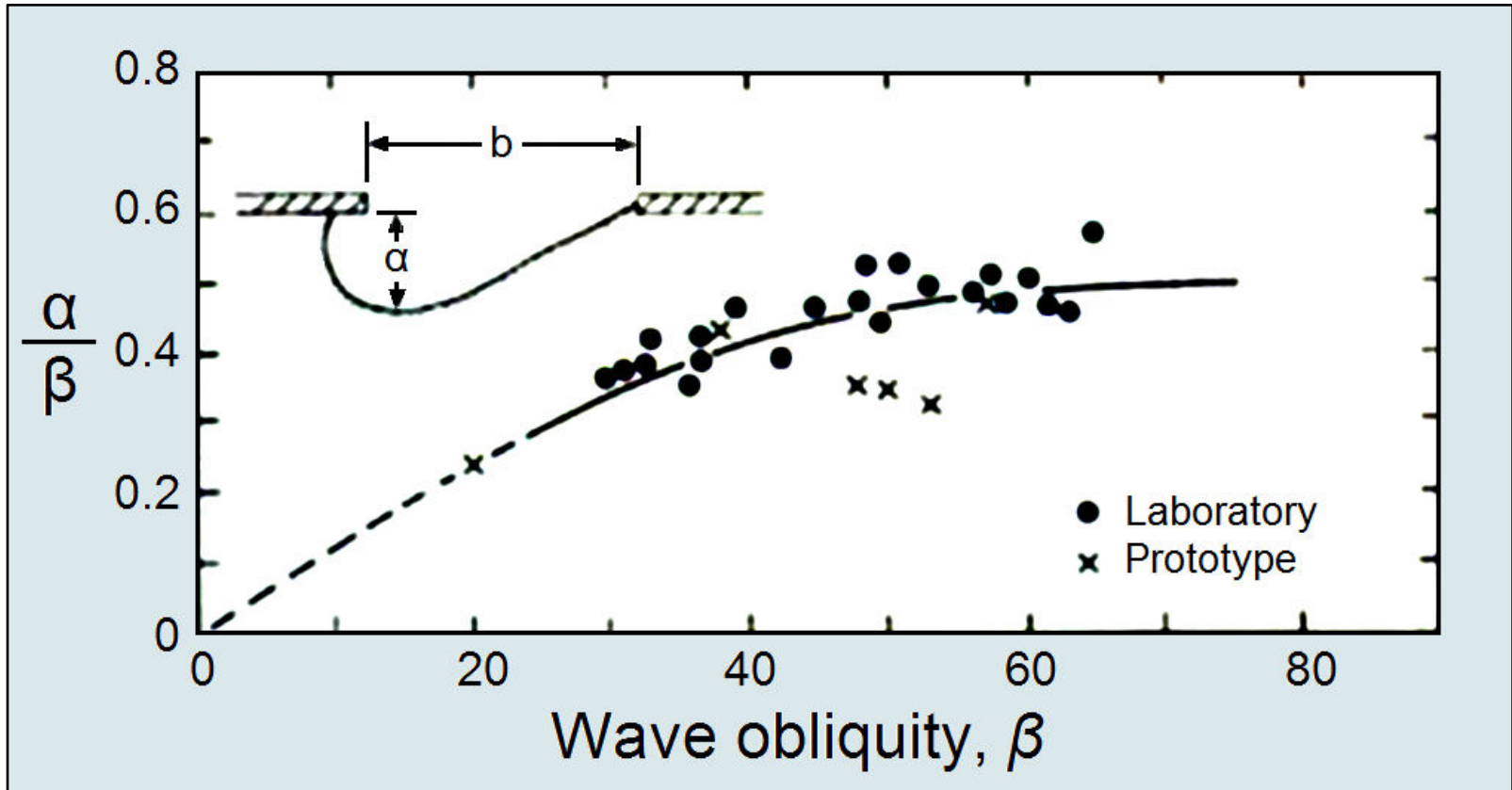
Σχήμα 10.6 Ανάπτυξη παραλίας που προσεγγίζει το λογαριθμικό σπирάλ (Βασισμένο στον Komar, 1998).



Σχήμα 10.7 Ανάπτυξη παραλιών και λογαριθμικό σπιδάλ (Βασισμένο στον Komar, 1998).



Σχήμα 10.8 Ανάπτυξη παραλίας που προσεγγίζει το λογαριθμικό σπινάλ (Βασισμένο στον Komar, 1998).



Σχήμα 10.9 Πειραματική ανάπτυξη παραλίας και λογαριθμικό σπирάλ (Βασισμένο στον Komar, 1998).

Παραλιακές 'προεκτάσεις'-beach cusps

Ένα από τα πλέον συνηθισμένα και ενδιαφέροντα ρυθμικά μορφολογικά στοιχεία μιας παράλιας είναι οι παραλιακές προεκτάσεις-beach cusps-, οι οποίες σχηματίζονται σε όλων των ειδών τα παραλιακά ιζήματα.

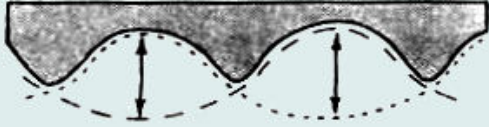
Αυτές χαρακτηρίζονται από εντυπωσιακή ρυθμικότητα, ιδιαίτερα όσο αφορά την απόσταση (spacing) μεταξύ των γειτονικών στοιχείων.

Πολλές μελέτες έχουν γίνει για την προέλευση τους και πολλές (και συγκρουόμενες) θεωρίες έχουν αναπτυχθεί.

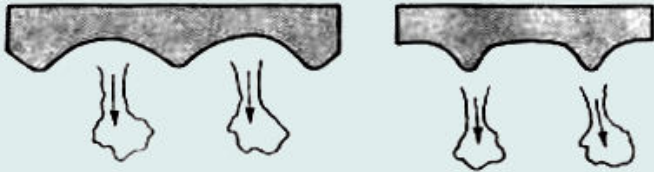
Η πλέον σύγχρονη και καλά τεκμηριωμένη από αυτές συνδέει την παρουσία τους με την παρουσία των ακραίων κυμάτων (edge waves), τα οποία είναι παγιδευμένα κύματα της ακτογραμμής (trapped waves)

Τα κύματα αυτά δημιουργούνται και παγιδεύονται από τη κυματική ανάκλαση και διάθλαση. Η κίνηση αυτών των κυμάτων είναι παράλληλα στην ακτή και το εύρος τους μειώνεται ταχύτατα με την απόσταση από την ακτή

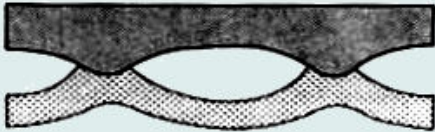
Reflective beach cusps



Rip current embayment - cusp system



Crescentic bar - cusp system



Transverse and oblique bars



Σχήμα 10.10 Ρυθμικά παραλιακά στοιχεία.

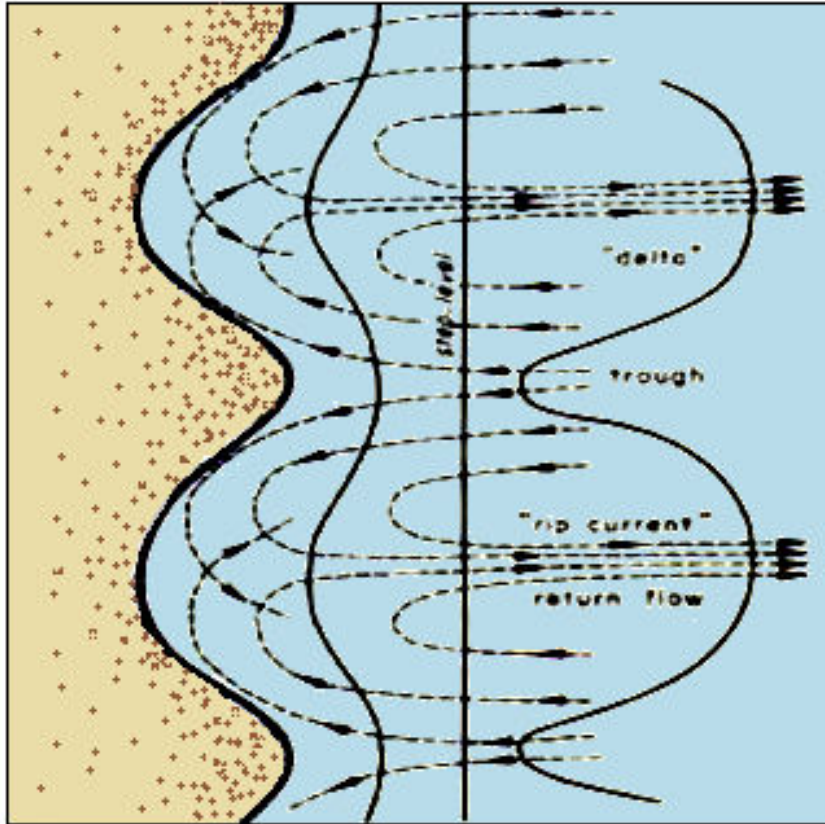


Σχήμα 10.11 Beach cusps.
Βασισμένο στον Komar (1998)

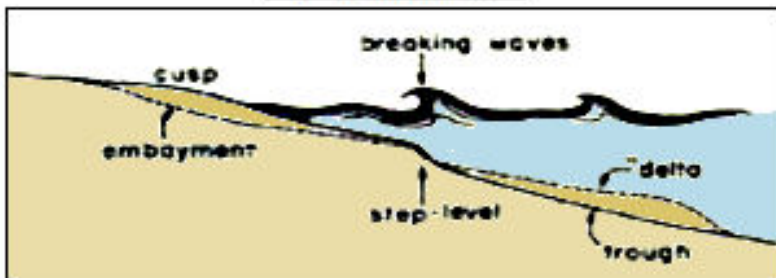


Σχήμα 10.12 Beach-cusps σε χαλικώδη παραλία. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

Plan View



Profile



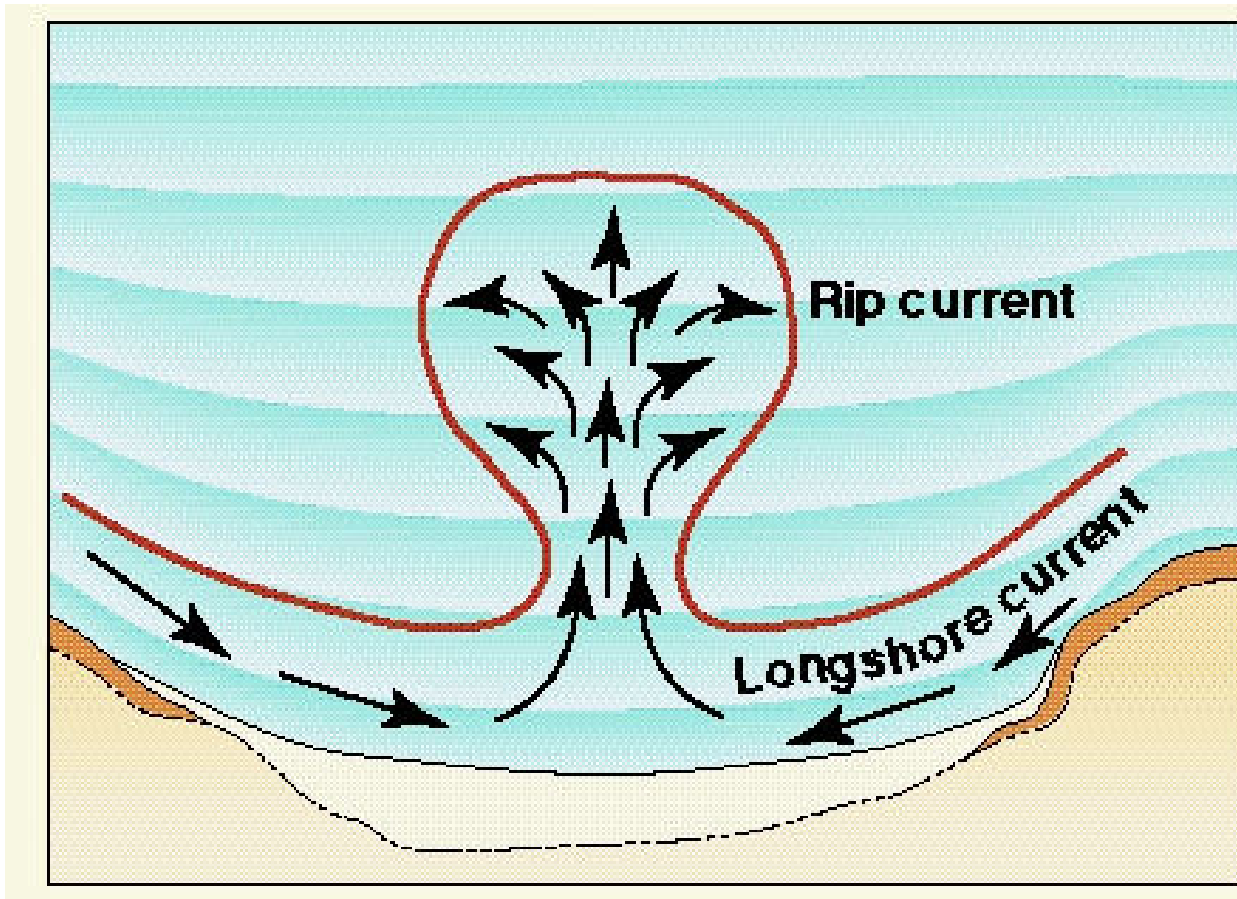
Σχήμα 10.13 Ροές σε beach cusps
(Βασισμένο στον Komar, 1998).

Οι 'κόλποι' των rip-currents

Ένα άλλο ρυθμικό μορφολογικό των παραλίων είναι κολπίσκοι που η δημιουργία τους συνδέεται με τη παρουσία κυτταρικής κυκλοφορίας και rip-currents

Οι κολπίσκοι αυτοί συνήθως βρίσκονται μπροστά από τα σημεία που τα ρεύματα μεταφέρουν ιζήματα προς την ανοικτή θάλασσα.

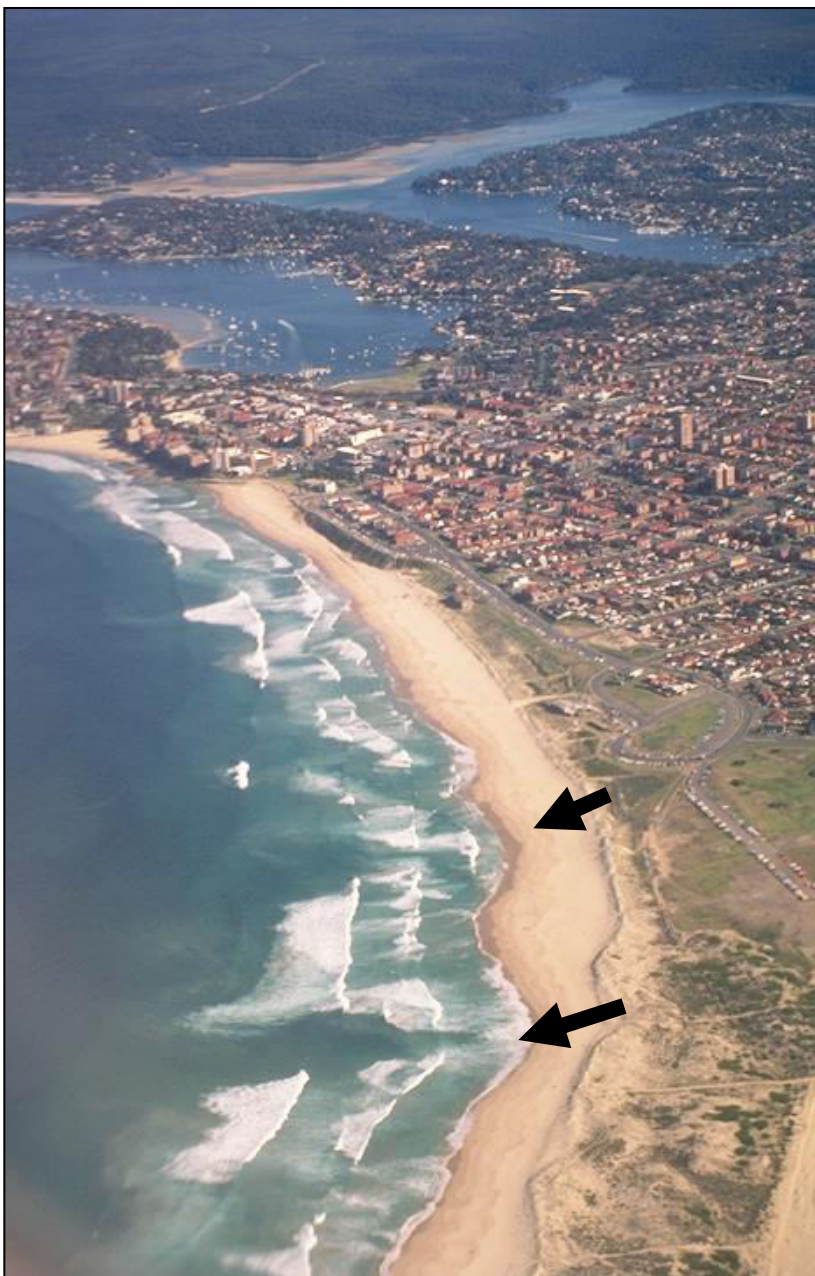
Εκεί που τα τροφοδοτούντα ρεύματα παράλληλα προς την ακτή (feeder longshore currents) διαχωρίζονται (δηλ στην ζώνη της πολύ μικρής ταχύτητας των ρευμάτων και την ζώνη μηδενικής ιζηματομεταφοράς) σχηματίζονται προεκτάσεις-ακρωτήρια (cusps)



Σχήμα 10.14 Σχηματισμός rip current και σχετικού κολλίσκου.
(Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.15 Κόλπος Μύρτου, Κεφαλονιά. Rip current σε κόλπο.



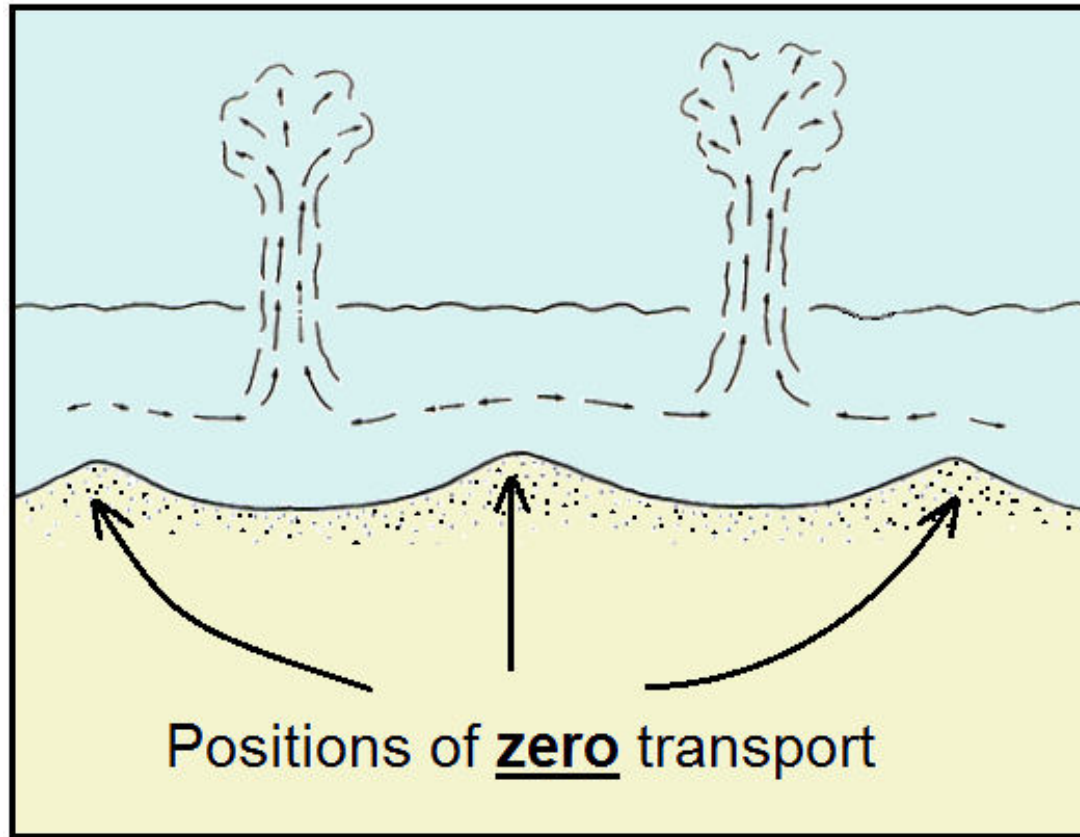
Σχήμα 10.16 Κολπίσκοι από rip currents σε παραλία του Sydney (Australia). Προσέξτε την τοπική θραύση και τις πολλές ζώνες των rip currents. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.17 Αεροφωτογραφία των Outer Banks, N. Carolina, USA. Προσέξτε τους κολλίσκους από rip currents. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.18 Moolyook Beach, New South Wales, Australia.
Κολπίσκοι από rip currents. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 10.19 Ροές σε κολπίσκους από rip currents (Βασισμένο στον Komar, 1998).

Ημισεληνοειδείς (crescentic) και συγκολλημένοι (welded) ύφαλοι

Οι υποθαλάσσιοι ύφαλοι με ημισεληνοειδή σχήματα είναι συνηθισμένοι στις παραλίες ιδιαίτερα στις μακρές γραμμικές παραλίες.

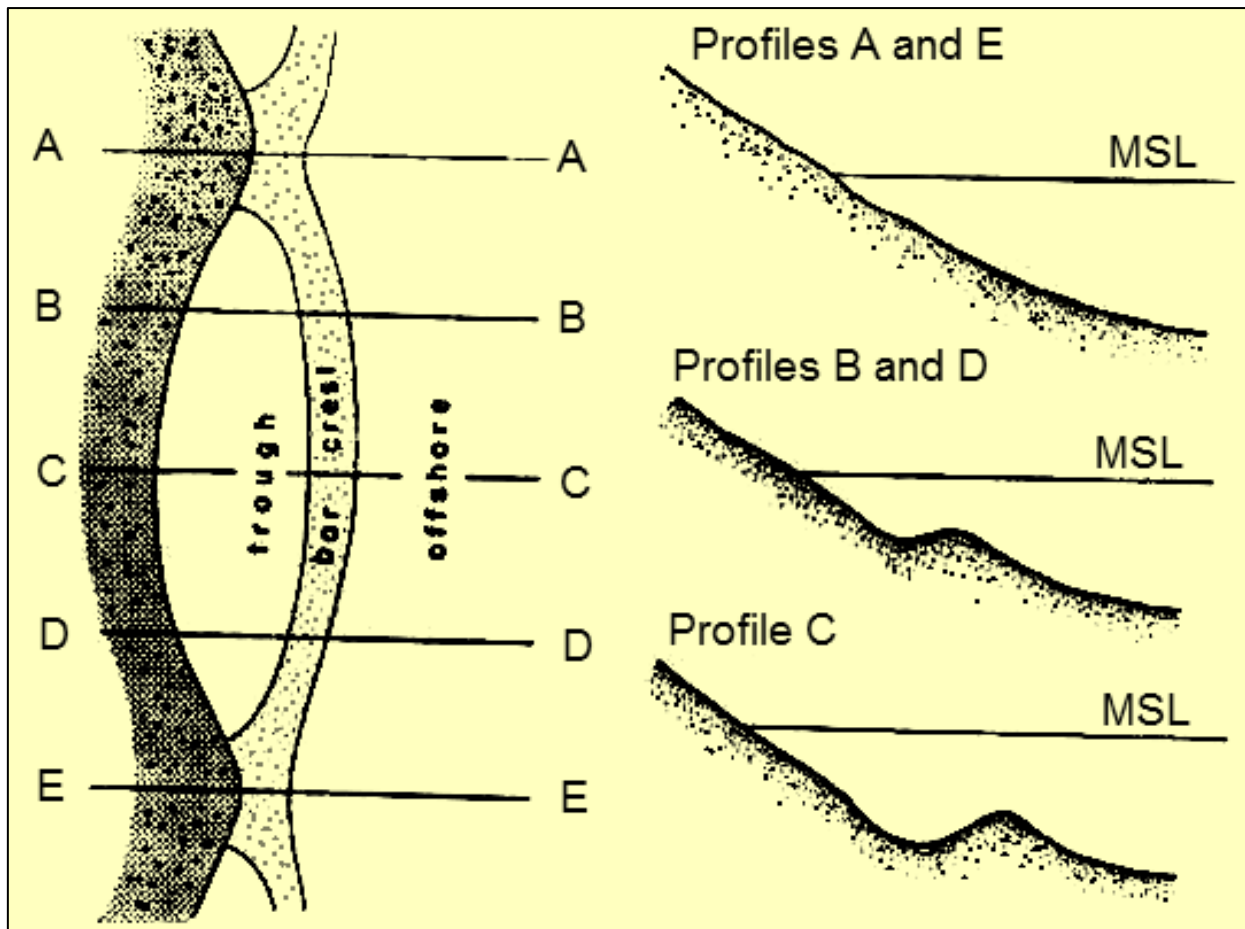
Οι ύφαλοι αυτοί είναι γενικά συμμετρικοί αλλά αν η κατεύθυνση των προσπιπτόντων κυμάτων είναι πλάγια μπορεί να γίνουν ασυμμετρικοί.

Η δημιουργία αυτών των γεωμορφών σχετίζεται επίσης με την παρουσία υποβαρυτικών κινήσεων στην παράκτια ζώνη και ιδιαίτερα στην παρουσία ακραίων κυμάτων (Komar, 1998).

Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχουν υποθαλάσσιοι ύφαλοι που είναι συγκολλημένοι στην παραλία. Η παρουσία αυτών των γεωμορφών σχετίζεται με τον μετασχηματισμό από πλάγια προσπίπτοντα κύματα ημισεληνοειδών μορφών που έχουν διαμορφωθεί (μερικά διαβρωθεί) από την παρουσία rip currents



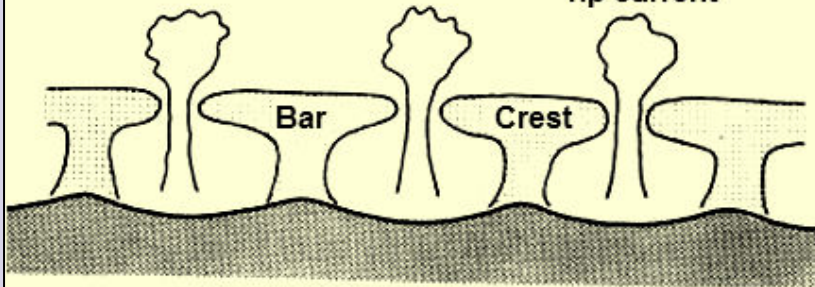
Σχήμα 10.20 Παραλία με ημι-σεληνοειδείς υφάλους (crescentic bars), που διακρίνονται από τον τρόπο που θραύονται τα κύματα. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



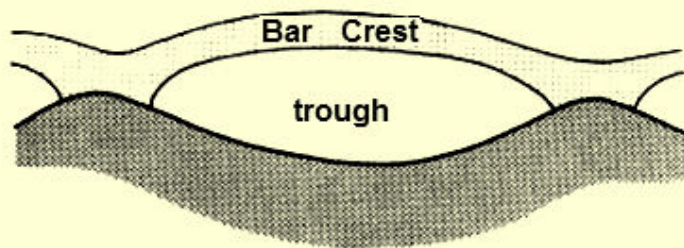
Σχήμα 10.21 Μορφολογία ημισεληνοειδών υφάλων (Βασισμένο στον Komar, 1998).

RYTHMIC TOPOGRAPHY ON INNER BAR

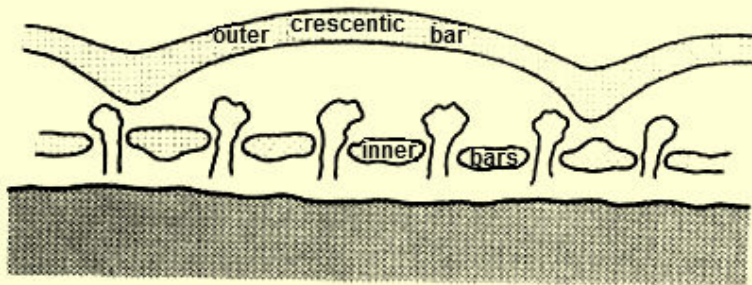
rip current



CRESCENTIC BARS



COMBINATION



Σχήμα 10.22 Είδη ρυθμικών υφάλων
(Βασισμένο στον Komar, 1998).



Σχήμα 10.23 Ρυθμικοί πλάγιοι
συγκολλημένοι ύφαλοι.
(Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

10.4 Μορφοδυναμική ταξινόμηση των παραλίων

Όπως έχει αναφερθεί πριν, η μορφολογία των παραλίων ελέγχεται από την προσπίπτουσα κυματική ενέργεια, η οποία επίσης ελέγχεται από την μορφολογία του πυθμένα ανοικτά από την παραλία.

Έτσι οι παραλίες μπορούν να ταξινομηθούν βασικά σε

- (α) απορροφητικές (dissipative),
- (β) ανακλαστικές (reflective) και
- (γ) ενδιάμεσες (intermediate).

Έχει ήδη αναφερθεί ότι το είδος των κυμάτων εξαρτάται από το είδος της παραλίας.

Οι Wright and Short (1983, Handbook of Coastal Processes and Erosion, P.D. Komar (Ed.), 35-64) πρότειναν ένα σύστημα μορφοδυναμικής ταξινόμησης, το οποίο είναι αρκετά επιτυχημένο και όπου η μορφολογία της παραλίας εξαρτάται από την παράμετρο ϵ

Μορφοδυναμική ταξινόμηση των παραλιών

Ο συντελεστής ε δίνεται από

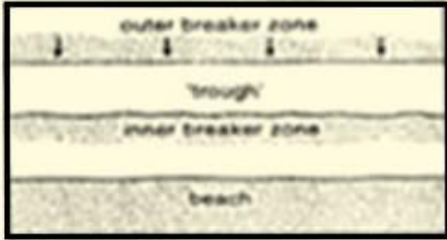
$$\varepsilon = (H_b \sigma^2) / (2gS^2)$$

όπου H_b είναι το ύψος των θραυόμενων κυμάτων, η γωνιακή συχνότητα σ ($\sigma = 2\pi/T$), και S η κλίση της παραλίας.

Στην περίπτωση όπου ε είναι μεταξύ 30 και 100 ($30 < \varepsilon < 100$), τότε η παραλία είναι απορροφητική ενώ εάν $\varepsilon < 1$ η παραλία είναι ανακλαστική.

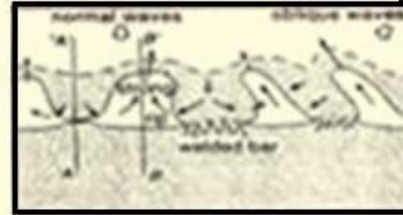
Όταν ε παίρνει ενδιάμεσες τιμές τότε η παραλία είναι ενδιάμεσου τύπου.

Dissipative



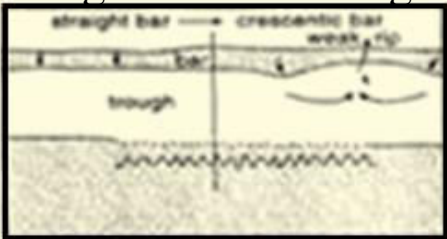
Intermediate

Transverse bar and rip (normal or skewed)

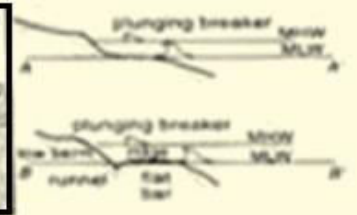
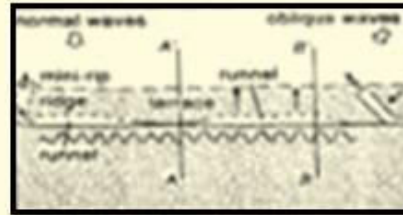


Intermediate

Longshore bar -trough

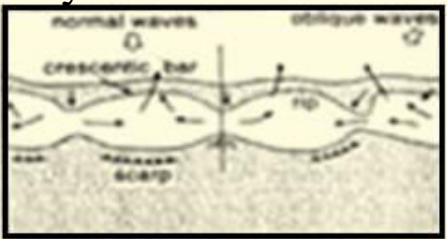


Intermediate

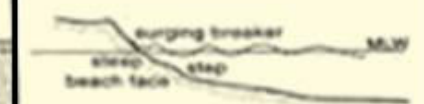
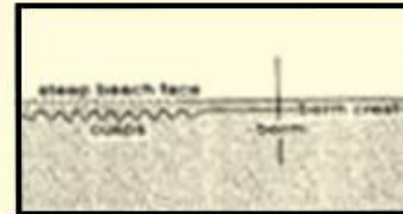


Intermediate

Rhythmic bar and beach (normal or skewed)



Reflective



Σχήμα 10.24 Η μορφοδυναμική ταξινόμηση από τους Wright and Short (1983).
Βασισμένο στους Wright and Short (1983)