



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Διατομή παραλίας/εγκάρσια
ιζηματομεταφορά

*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 8
Διατομή παραλίας/εγκάρσια ιζηματομεταφορά

Α.Φ. Βελεγράκης

8 Διατομή παραλίας/εγκάρσια ιζηματομεταφορά

8.1 Η αποτύπωση της μορφολογίας της παραλίας

8.2 Γενική μορφολογία της παραλίας

8.2.1 Το βάθος κλεισίματος (closure depth)

8.2.2 Το σχήμα του παραλιακού προφίλ

8.3 Τα μορφολογικά στοιχεία της παραλίας

8.3.1 Το παραλιακό ύβωμα (berm)

8.3.2 Τα υποθαλάσσια υβώματα (longshore bars)

8.3.3 Οι υποθαλάσσιες κοιλάδες (troughs)

8.4 Η παραλιακή μεταβλητότητα

8.4.1 Τα αποτελέσματα των θυελλωδών κυμάτων

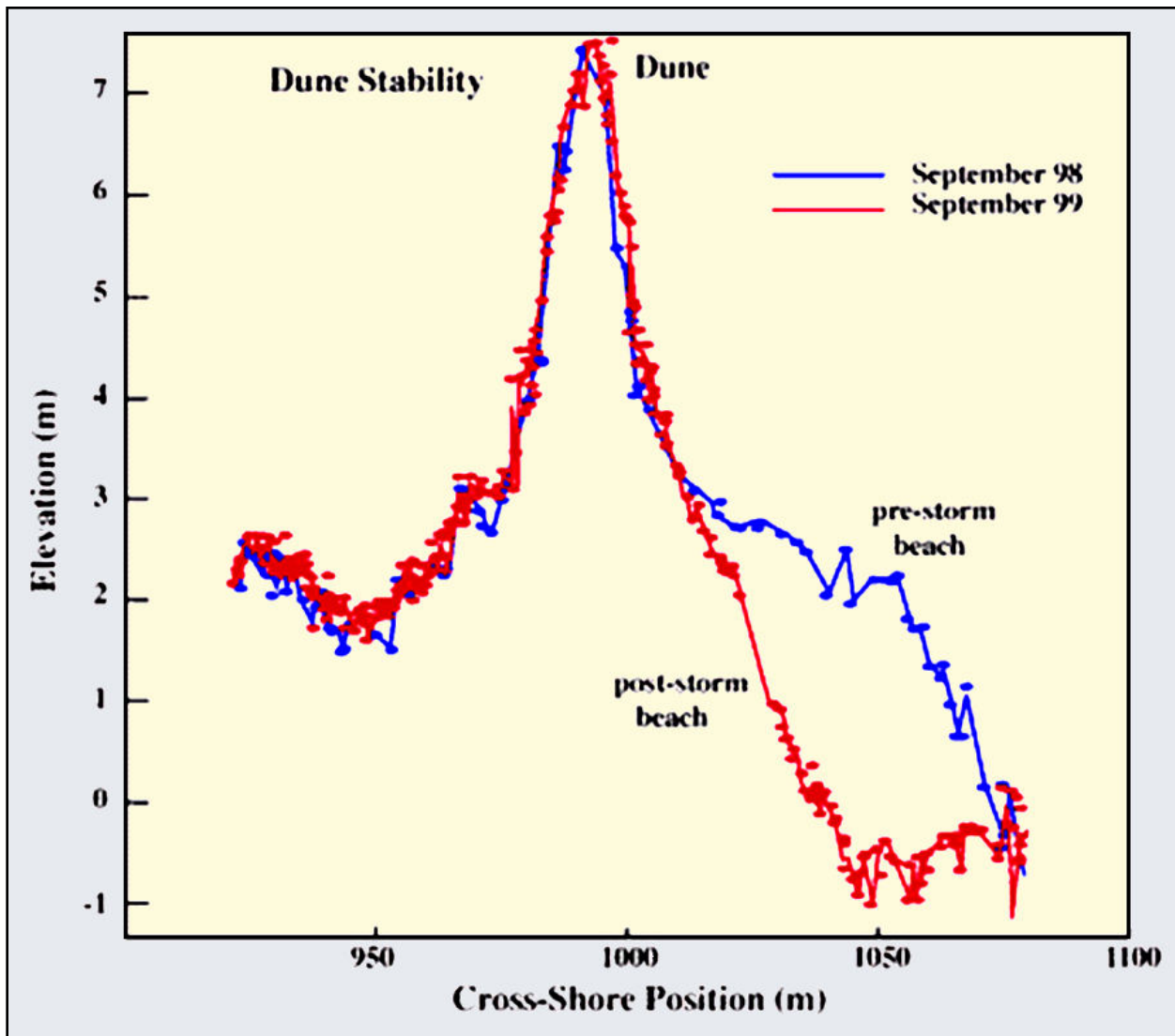
8.4.2.Μεταφορά ιζημάτων κάθετα στην παραλία



Σχήμα 8.1 Nags Head, N. Carolina, USA. Η θύελλα του Halloween (Οκτώβριος/Νοέμβριος) 1991. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 8.2 (α) Ακτή πριν (August, 1996) και (β) μετά την θύελλα Bertha (September, 1996). N. Carolina, USA. (After USGS, 2003). (γ και δ) Αντίδραση παράλιας σε θυελλώδη κύματα. Οι παράλιες αντιδρούν με οπισθοχώρηση και με επιπεδοποίηση (flattening) του προφίλ η/και δημιουργία υποθαλάσσιων ύφαλων (offshore bars). Και στις δυο περιπτώσεις υπάρχει ελάττωση της κυματικής ενέργειας. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



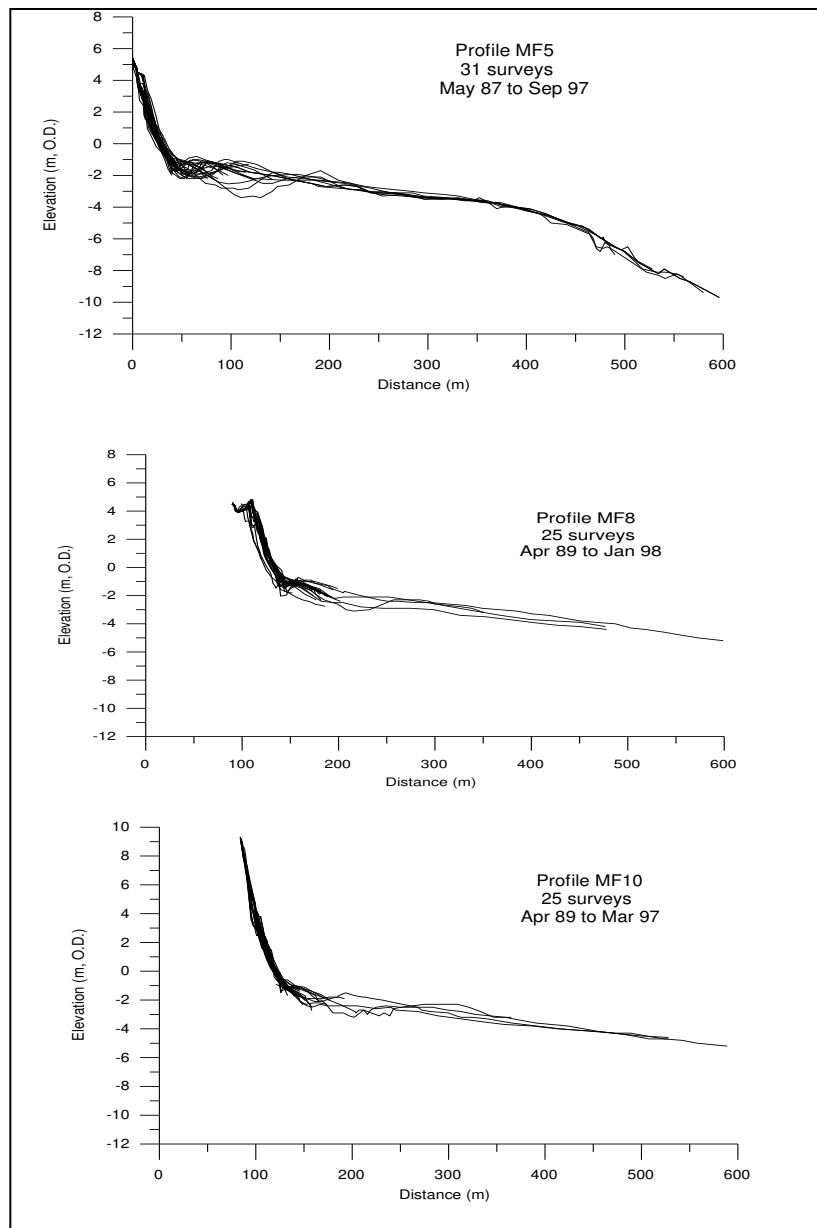
Σχήμα 8.3 N. Carolina, U.S.A. Οπισθοχώρηση παραλιακής θίνας μετά από θύελλα. After USGS, 2003

8.1 Η αποτύπωση της μορφολογίας της παραλίας

Με κλασικές τοπογραφικές μεθόδους δηλ. με χωροβάτη και σταδία (για το χερσαία και άβαθη σημεία) και με βαθυμετρικά όργανα για το υποθαλάσσιο μέρος της παραλίας.

Με ειδικά κατασκευασμένα οχήματα (sleds) (π.χ. Birkemeier nad Mason, 1978, *Journal of Surveying Engineering*, 110, 1-7, Dally et al., 1994, *Marine Technology Society Journal*, 28,3-10)

Με τηλεπισκόπηση (remote sensing) όπως χρήση φωτογραφιών με πολύ μικρή ταχύτητα διαφράγματος (long time exposure) η βίντεο. Αυτή η τεχνική βασίζεται στην φωτογράφιση / αποτύπωση της θέσης των θραυόμενων κυμάτων η οποία συμβαίνει σε συγκεκριμένο βάθος (θυμηθείτε ότι $h_b = 1.2 H_b$) (Lippman and Holman, 1989, *JGR*, 94, 995-1011, Vousdoukas et al., 2013).



Σχήμα 8.4 Αποτυπώσεις παραλίας στην Ν. Αγγλία



Σχήμα 8.5 U. S. Army Corps of Engineers Field Research Station, Duck, North Carolina, U.S.A. Μοντέρνες μέθοδοι μέτρησης ρευμάτων κυμάτων και βαθυμετρίας (Coast Research Amphibious Buggy (CRAB))ετοιμάζεται για να τραβήξει μια σχέδια με ρευματογράφους / κυματογράφους. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

8.2 Γενική μορφολογία της παραλίας

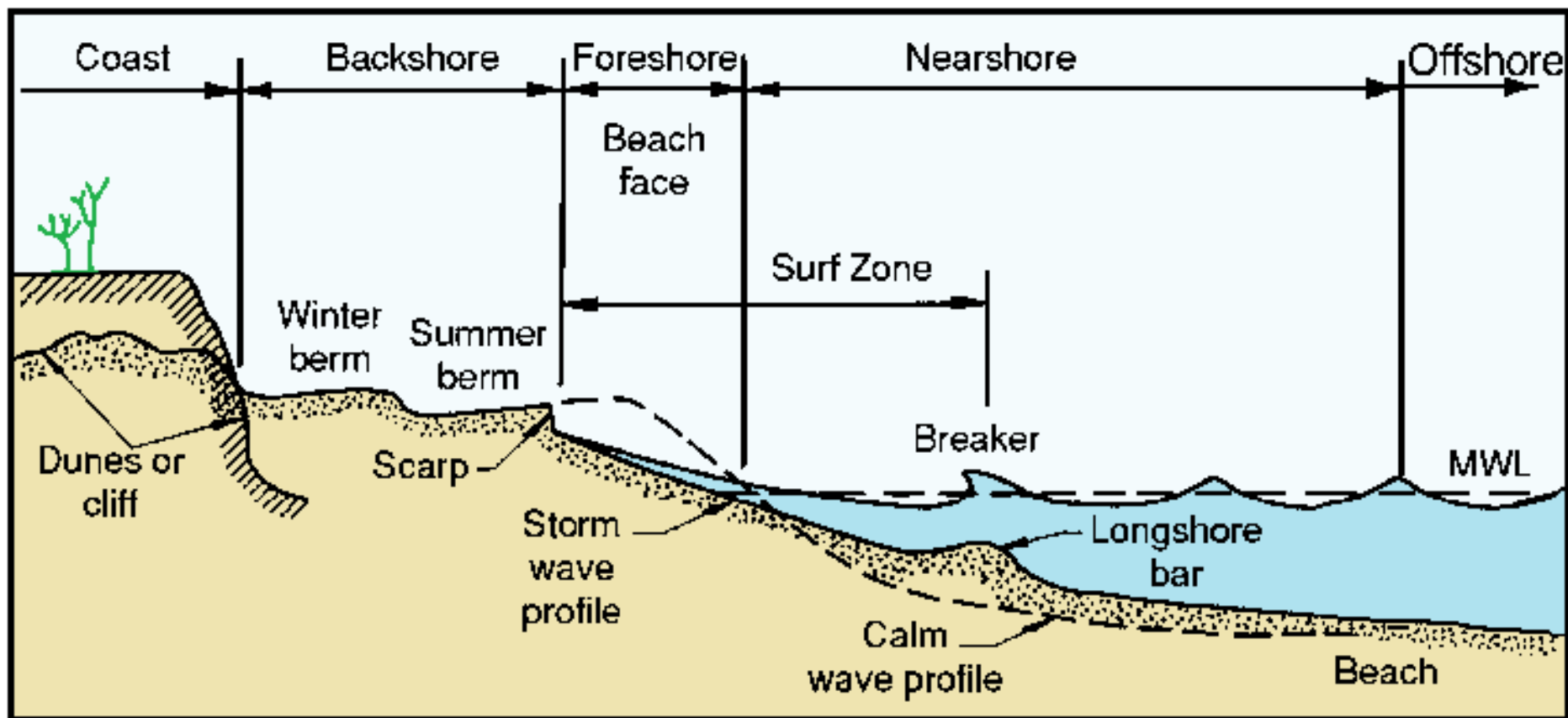
Υπάρχουν διαφορετικά μορφολογικά στοιχεία, όπως το χερσαίο ιζηματογενές ύβωμα (berm) με η χωρίς 'κρημό' (berm scarp), την χερσαία 'εσωτερική παράλια' (backshore), τον υποθαλάσσιο επιμήκη ιζηματογενή ύφαλο (longshore bar) και την υποθαλάσσια επιμήκη κοιλότητα ροής (longshore trough).

Η παραλιακή χαρακτηρίζεται από χωροχρονική μεταβλητότητα, δηλ. αλλάζει τόσο στην χωρική όσο και στην χρονική κλίμακα.

Οι μεγαλύτερες αλλαγές συμβαίνουν κοντά στην ακτογραμμή και μειώνονται προς την ανοικτή θάλασσα.

Οι αλλαγές αυτές ελέγχονται από την παράκτια υδροδυναμική (από τον χαρακτήρα και ένταση της κυματικής ενέργειας), αφού αυτή ελέγχει την

- ανατάραξη (disturbance),
- κίνηση (movement),
- επαναιώρηση (resuspension),
- μεταφορά (transport) και απόθεση (deposition) των παράκτιων ιζημάτων που κτίζουν τις παραλίες.



Σχήμα 8.6 Η παράκτια ζώνη: κυματικές ζώνες, παλιρροιακή επιρροή και παραλιακό προφίλ (Βασισμένο στους Firoozfar et al. 2014).

8.2.1. Το βάθος κλεισίματος (closure depth)

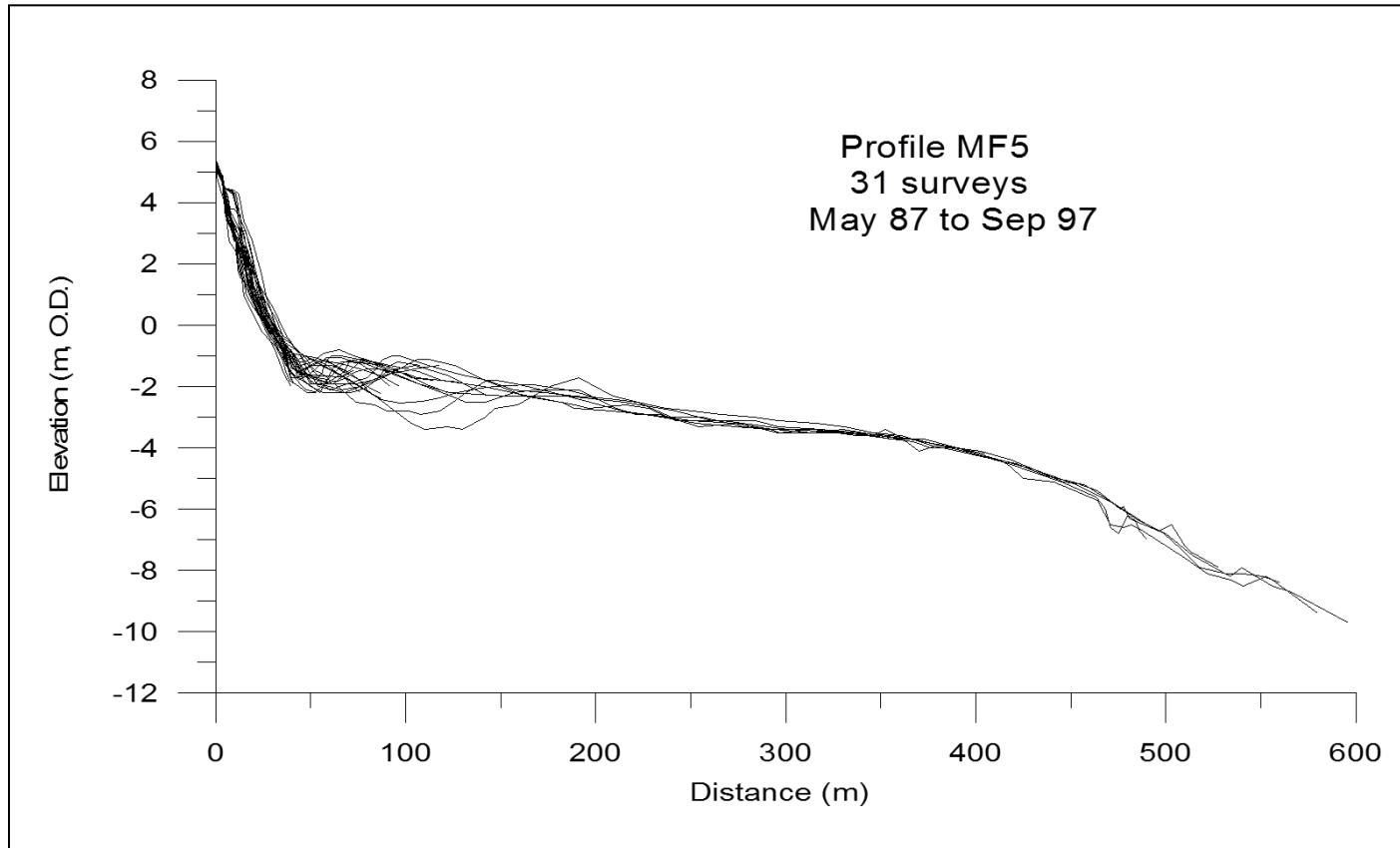
Ένα από τα πλέον βασικά χαρακτηριστικά της μεταβλητότητας των παραλίων που πρέπει να αξιολογηθούν είναι η μέγιστη απόσταση από την ακτογραμμή (δηλ. το μέγιστο βάθος) στην οποία παρατηρούνται μορφολογικές αλλαγές. Αυτή είναι η ίδια με το μέγιστο βάθος ανατάραξης / μεταφοράς ιζημάτων.

Το μέγιστο βάθος ανατάραξης ιζημάτων h_c (closure depth) βρέθηκε (Birkemeier, 1984 Proc. 19th Conf. Of Coastal Engineering, ASCE) να δίνεται από:

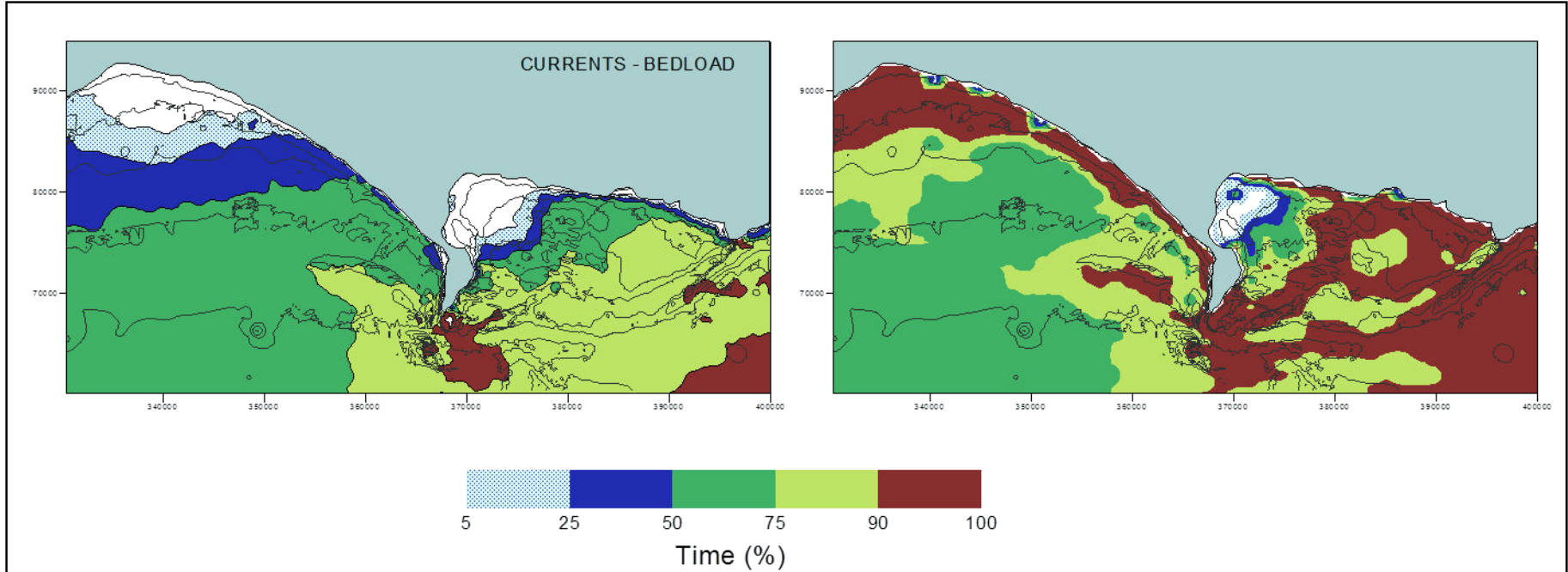
$$h_c = \alpha H_e - \beta(H_e^2/gT_e^2)$$

Όπου H_e και T_e είναι το ύψος και περίοδος των μεγαλύτερων θυελλωδών κυμάτων του έτους και οι συντελεστές α και β λαμβάνουν τιμές μεταξύ 1.75-2.28 και 58 και 68.5 αντίστοιχα.

Δεν πρέπει να ξεχνάτε όμως ότι η παραπάνω σχέση αναφέρεται σε συγκεκριμένη παραλία (N. Carolina) αποτελούμενη από χαλαζιακή άμμο με συγκεκριμένη κοκκομετρία . Εάν η σύσταση είναι διαφορετική, τότε και η παραπάνω σχέση αλλάζει.



Σχήμα 8.7 Αλλαγές στην παράκτια ζώνη που δείχνουν ότι οι τοπογραφικές αλλαγές μειώνονται με την απόσταση από την ακτή.



Σχήμα 8.8 Δυνητική κινητικότητα ιζημάτων πυθμένα (άμμοι – 0.50 mm) σαν ποσοστό χρόνου σε παράκτια περιοχή της Ν. Αγγλίας. (After Bastos et al., 2003 ECSS). Η κίνηση αυτή οφείλεται στη αλληλεπίδραση κυμάτων και ρευμάτων στην εσωτερική υφαλοκρηπίδα και δεν πρέπει να συγχέεται με την κινητικότητα των ιζημάτων μεταξύ παραλίας και μέγιστου βάθους ανατάραξης των ιζημάτων το οποίο είναι υπεύθυνο για την αλλαγή της μορφολογίας της ακτής.

8.2.2. Το σχήμα του παραλιακού προφίλ

Προσπάθειες για μαθηματικές εκφράσεις (βλ. Dean, 1991, JCR 7, 53-84). Μια από τις πλέον χρησιμοποιημένες εκφράσεις είναι

$$h = Ax^e$$

Όπου h είναι το βάθος, x είναι η απόσταση από την ακτή, A είναι αδιάστατη παράμετρος η οποία ελέγχεται από το μέγεθος των παράλιων ιζημάτων και ο e παίρνει τιμές μεταξύ 0.2 και 1.2 (Komar, 1998), εξαρτάται από το είδος της παράλιας (π.χ. από την ανακλαστικότητα της) και η πλέον συνηθισμένη τιμή του είναι 2/3.

Ένα από τα προβλήματα της παραπάνω έκφρασης είναι ότι δίνει προφίλ άπειρης κλίσης, γιατί

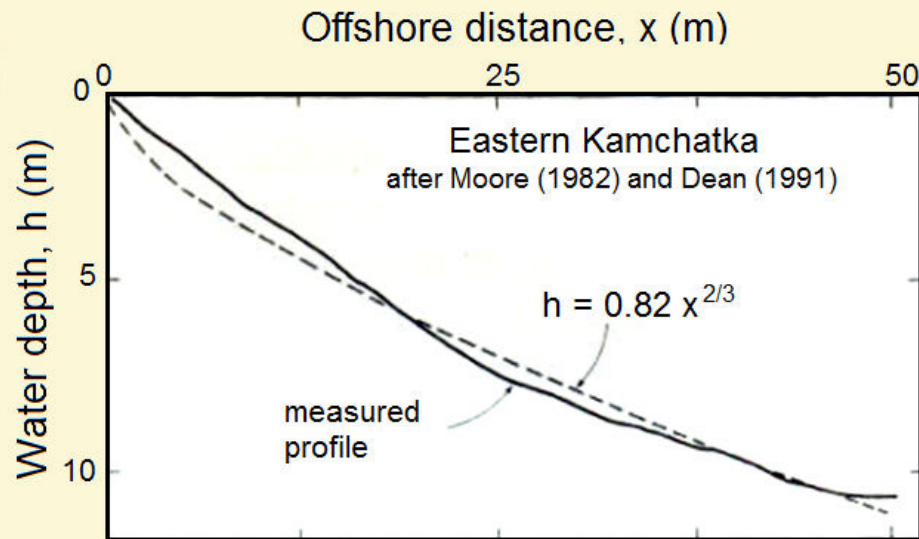
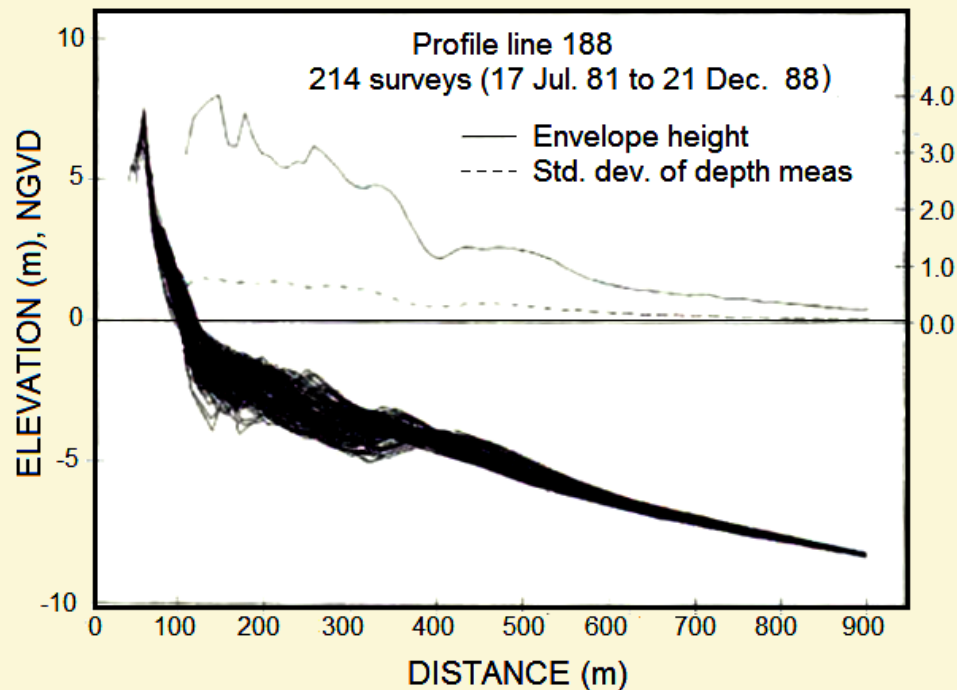
$$dh/dx = 2A/3x^{1/3}$$

Που γίνεται ∞ όταν x είναι 0.

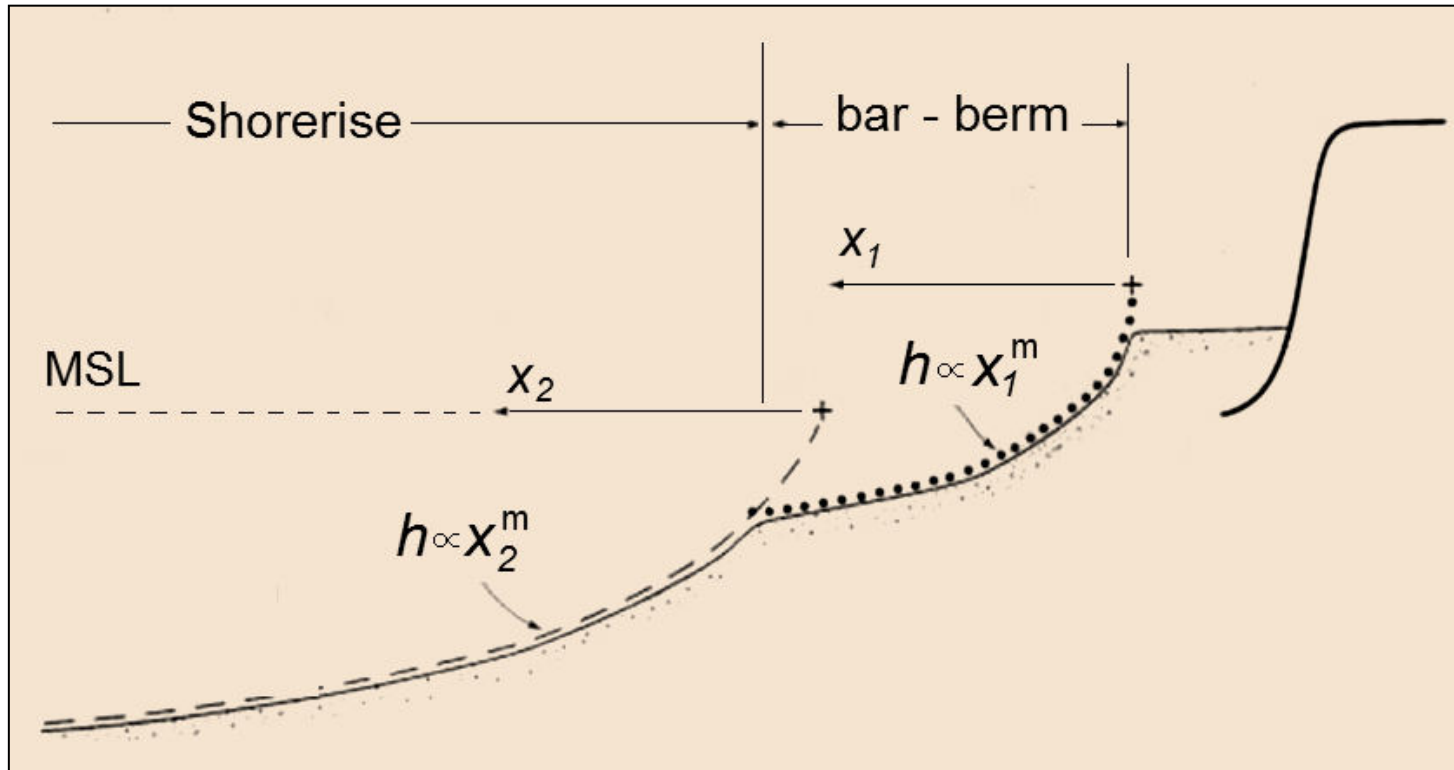
Έτσι έχουν προταθεί πολλές εναλλακτικές λύσεις όπως αυτή των Komar and McDougal, JCR, 10, 59-69)

$$h = S_0/k (1 - e^{-kx})$$

Όπου S_0 είναι η κλίση στην ακτογραμμή, k είναι ο best-fit συντελεστής που ελέγχεται από το μέγιστο βάθος ανατάραξης ιζημάτων h_c .



Σχήμα 8.9 Παραλιακά προφίλ και το μοντέλο των Bruun-Dean. Βασισμένο στον Komar, 1998



Σχήμα 8.10 Το μοντέλο των Bruun-Dean χρησιμοποιημένο σε δύο τμήματα της παραλίας. Βασισμένο στον Komar, 1998

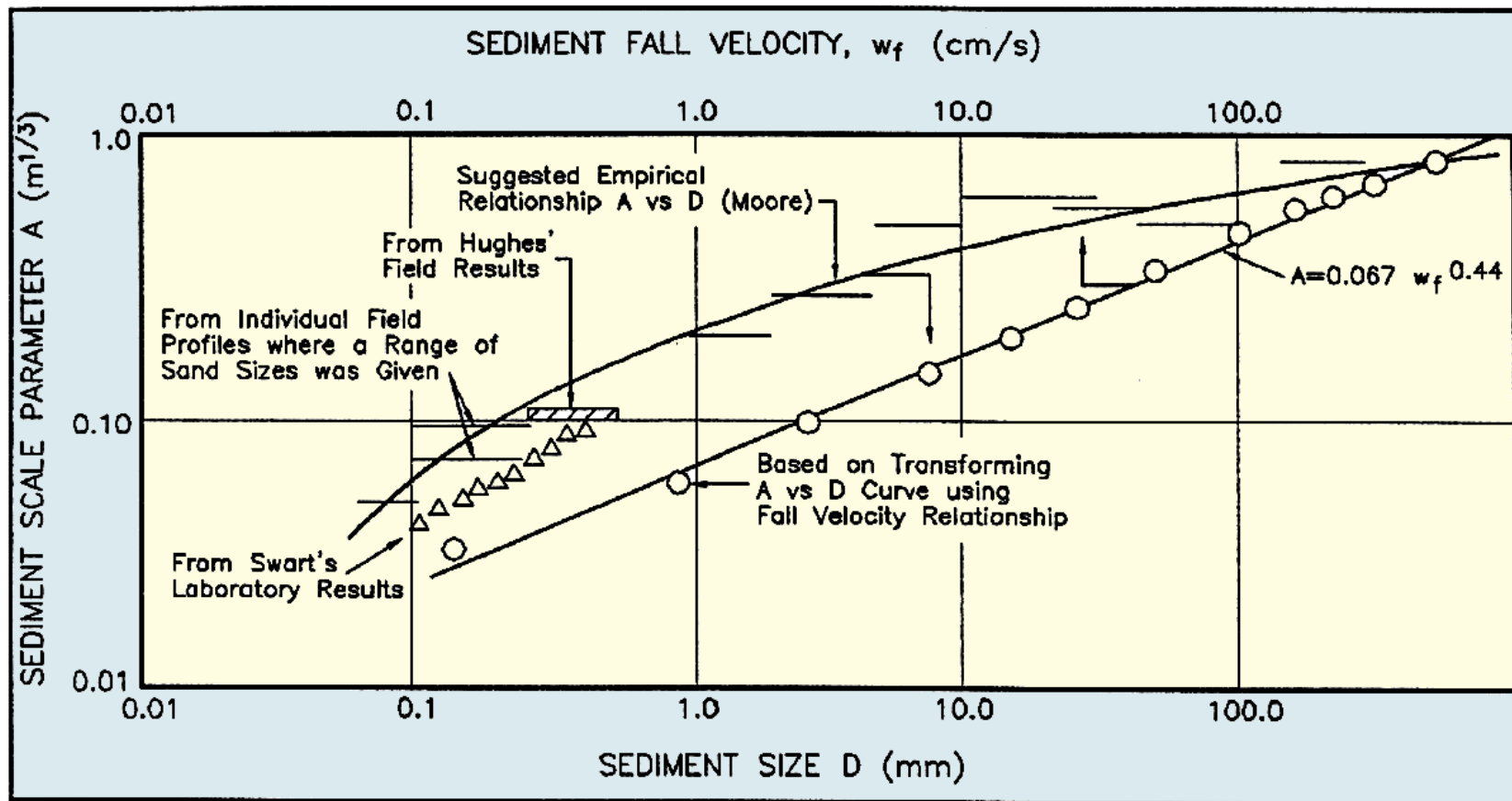
Το σχήμα του παραλιακού προφίλ (συν.)

Πρέπει να θυμάστε ότι αν και οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι το προφίλ της παραλίας πρέπει να προσεγγίζεται με εκθετική (exponential) έκφραση, η ακριβής μορφή αυτής της έκφρασης (αν υπάρχει) δεν είναι γνωστή.

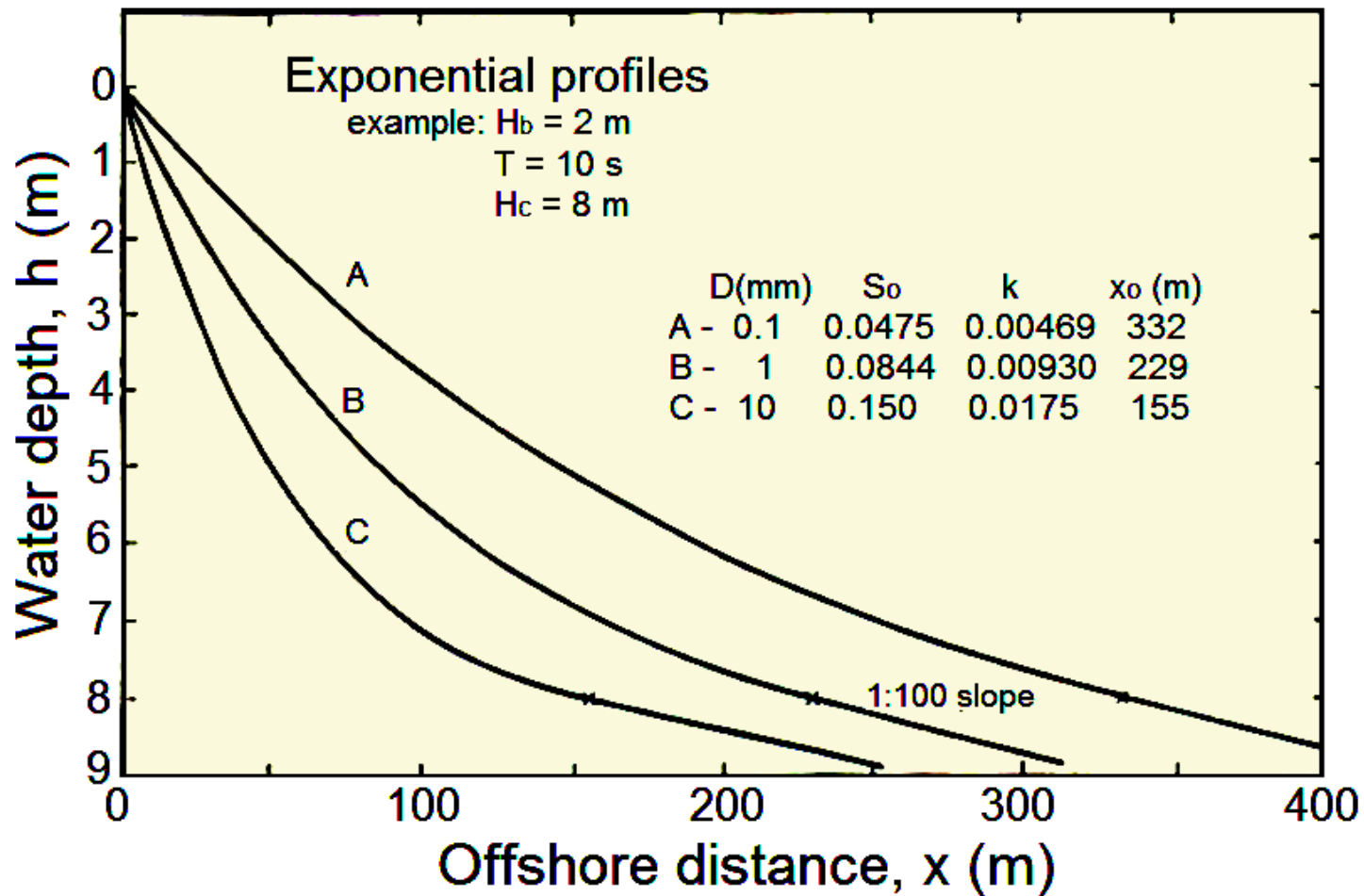
Πάντως φαίνεται ότι το παραλιακό προφίλ εξαρτάται από το μέγεθος των ιζηματων (D) και τις παραμέτρους των προσπιπτόντων κυμάτων (H and L), αφού αυτές ελέγχουν μεταξύ άλλων και την κλίση της παράλιας στην ακτογραμμή S_0 (Komar, 1998):

$$S_0 = 0.25 (D/H_{\infty})^{0.25} (H_{\infty}/L_{\infty})^{-0.15}$$

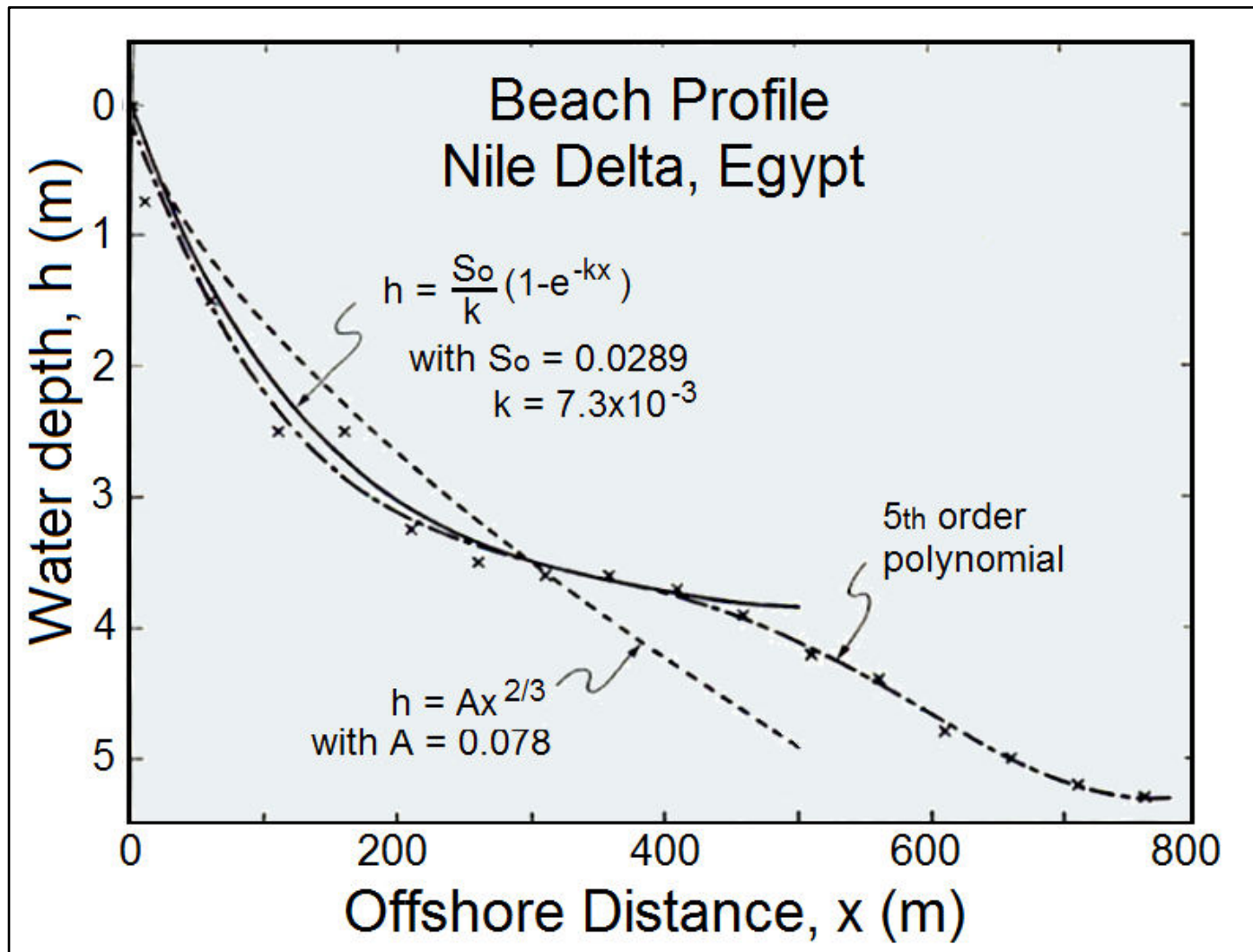
όπου D είναι το μέγεθος των ιζηματων και H_{∞} και L_{∞} είναι το ύψος και μήκος των προσπιπτόντων κυμάτων στην ανοικτή θάλασσα (δηλαδή σε βάθος $> L/2$).



Σχήμα 8.11 Σχέση της παραμέτρου κλίμακας A της διατομής ισορροπίας με το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος D (mm) και της ταχύτητας καθίζησης w (cm/s).



Σχήμα 8.12 Παραδείγματα εκθετικών παραλιακών προφίλς με διάφορα ιζήματα. Βασισμένο στον Komar, 1998



Σχήμα 8.13 Σύγκριση προφίλς του μοντέλου των Bruun-Dean, του μοντέλου Komar και πραγματικών δεδομένων. Βασισμένο στον Komar, 1998



Σχήμα 8.14 Παραλία με χαλίκια στο ανώτερο και άμμο στο κατώτερο μέρος. Προσέξτε την διαφορετική κλίση στις περιοχές με διαφορετικά υλικά.



Σχήμα 8.15 Αμμώδης παραλία με σχετικά μεγάλη κλίση, μπροστά από αμμοθίνες. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

Type of Beach Material	Grain Size (mm)	Average Slope of Beach
Very fine sand	0.0625-0.125	1°
Fine sand	0.125-0.25	3°
Medium sand	0.25-0.50	5°
Coarse sand	0.50-1.0	7°
Very coarse sand	1-2	9°
Granules	2-4	11°
Pebbles	4-64	17°
Cobbles	64-256	24°

Σχήμα 8.16 Η σχέση μεταξύ κλίσης παραλίας και κοκκομετρικής σύστασης των παραλιακών ιζημάτων. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

8.3 Τα μορφολογικά στοιχεία της παραλίας

- Το παραλιακό ύβωμα (berm)
- Τα υποθαλάσσια υβώματα (longshore bars)
- Οι υποθαλάσσιες κοιλάδες (longshore troughs)

8.3.1. Το παραλιακό ύβωμα (berm)

Το παραλιακό ύβωμα είναι η σχεδόν οριζόντιο τμήμα της χερσαίας παραλίας, το οποίο σχηματίζεται κάτω από ήπιες κυματικές συνθήκες.

Το ύβωμα σχηματίζεται καλύτερα σε παραλίες αποτελούμενες από πιο χονδρόκοκκα ιζήματα όπως χαλίκια και χονδρόκοκκο άμμο (Bagnold, 1940 Journal of the Institution of Civil Engineers, 15, 27-52) και το υψος του B_h εξαρτάται από το ύψος που φθάνει το κύμα στην παραλία

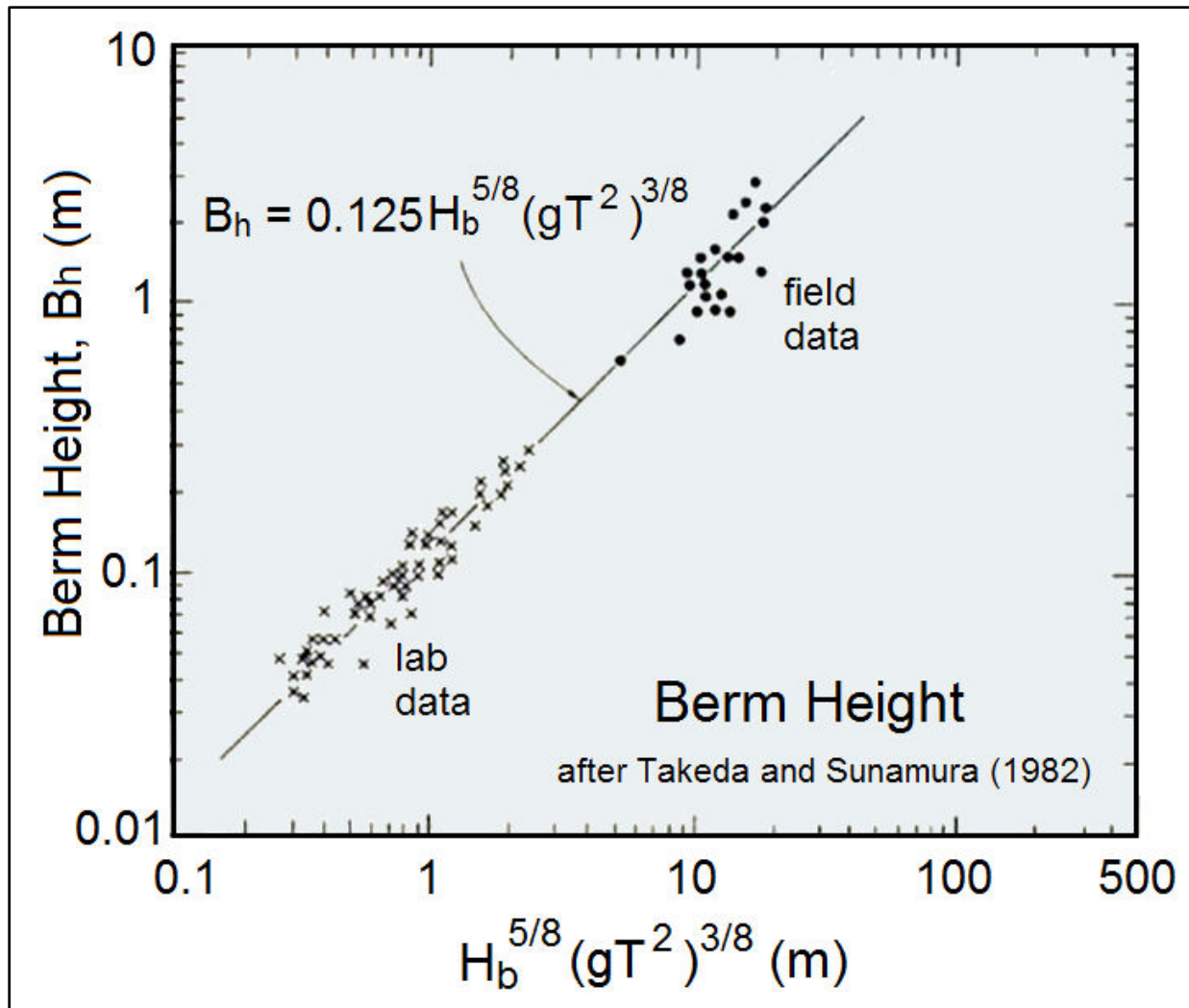
Βρέθηκε (Sunamura, 1989, Applications in Coastal Modelling, Lakhani and Trenhail (Eds), Elsevier, Amsterdam, 159-213) ότι το ύψος του υβώματος B_h δίνεται από:

$$B_h = 0.125 (H_b)^{5/8} (gT^2)^{3/8}$$

Όπου H_b είναι το ύψος του λύματος στην θραύση, και T η κυματική περίοδος



Σχήμα 8.17 Κρημνός ιζηματογενούς αμμώδους υβώματος (Berm scarp) στην S. California στην αρχή του φθινοπώρου. Ο κρημνός είναι ένδειξη διάβρωσης του υβώματος που σχηματίσθηκε την άνοιξη και το καλοκαίρι από τα μικρά κύματα. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 8.18 Σχέση του ύψους ιζηματογενούς αμμώδους υβώματος (Berm) με κυματικές παραμέτρους. Βασισμένο στον Komar, 1998.

8.3.2. Τα υποθαλάσσια υβώματα (longshore bars)

Κάτω από ισχυρά κύματα, το χερσαίο ύβωμα (berm) καταστρέφεται και το ίζημα μεταφέρεται προς την θάλασσα όπου και σχηματίζει υποθαλάσσια υβώματα (longshore bars) και κοιλάδες (troughs)

Η μεταβολή του προφίλ είναι το αποτέλεσμα της «προσπάθειας» της παραλίας να ανασχηματισθεί έτσι ώστε να απορροφήσει μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας

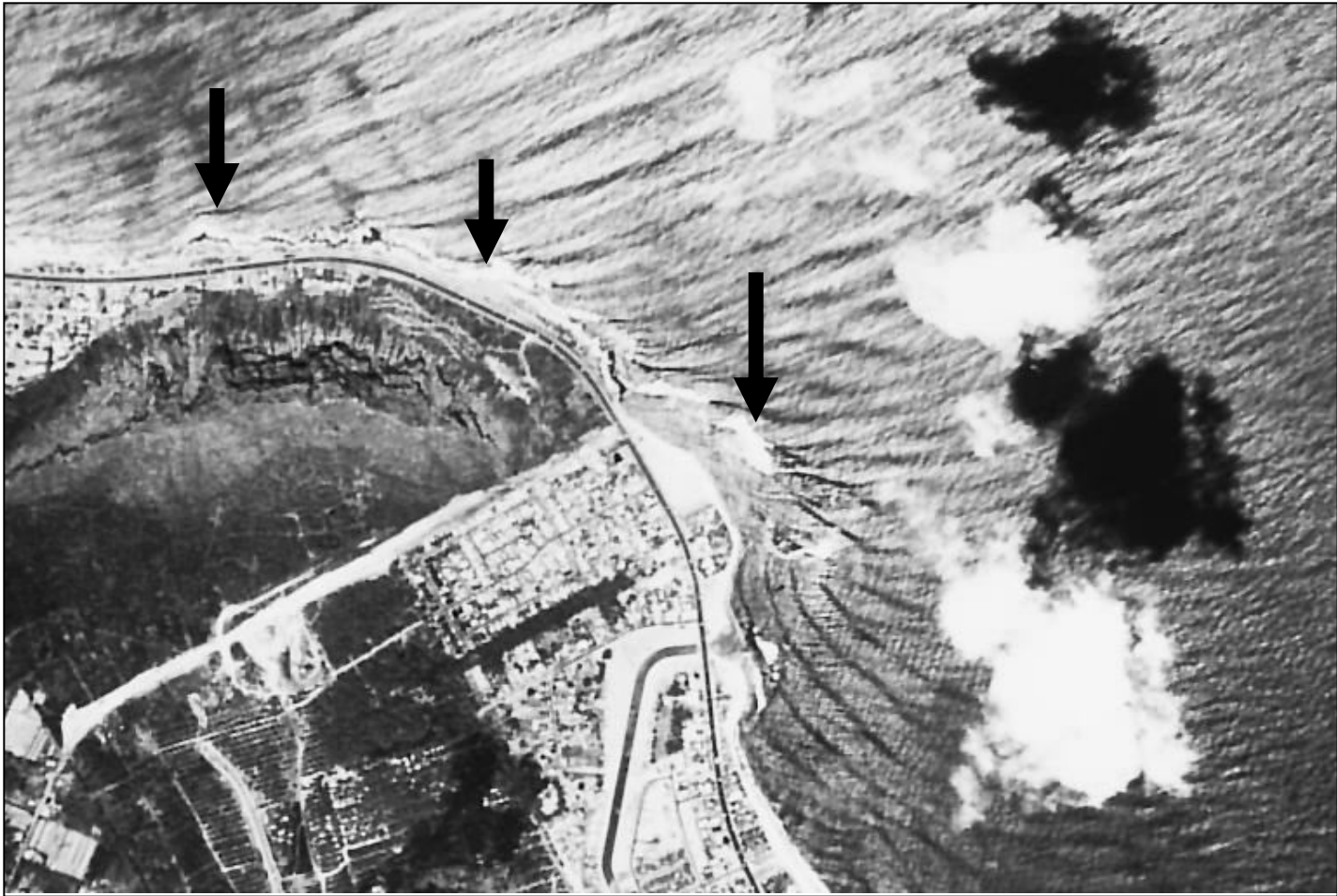
Γενικά, η θέση, μέγεθος και βάθος των υποθαλάσσιων υβωμάτων (longshore bars) εξαρτάται από το είδος, ύψος και θέση των θραυόμενων κυμάτων ενώ ο όγκος τους στην θέση ισορροπίας V_{eq} (Larson, Kraus and Sunamura, 1988, Proc. 21st Conf. Coastal Engineering, ASCE, 1295-1309) δίνεται (προσεγγιστικά) από:

$$V_{eq} = 0.028 L_{\infty}^2 (H_{\infty} / W_s T)^{1.32} (H_{\infty} / L_{\infty})^{1.05}$$

Όπου H_{∞} και L_{∞} είναι το ύψος και μήκος κύματος στην ανοικτή θάλασσα, T είναι η περίοδος και W_s είναι η ταχύτητα καθίζησης των ιζημάτων του ύφαλου.



Σχήμα 8.19 Σειρές κυμάτων (wave trains) κοντά σε παραλία του Sydney (Australia). Προσέξτε την τοπική θραύση πάνω στα υποθαλάσσια υβώματα και τα πολλά rip currents. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).



Σχήμα 8.20 Maili Point, Oahu, Hawaii, USA. Διάθλαση κυμάτων. Προσέξτε την παρουσία των υποθαλάσσιων υβωμάτων κοντά στην ακτή. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

8.3.3. Οι υποθαλάσσιες κοιλάδες (troughs)

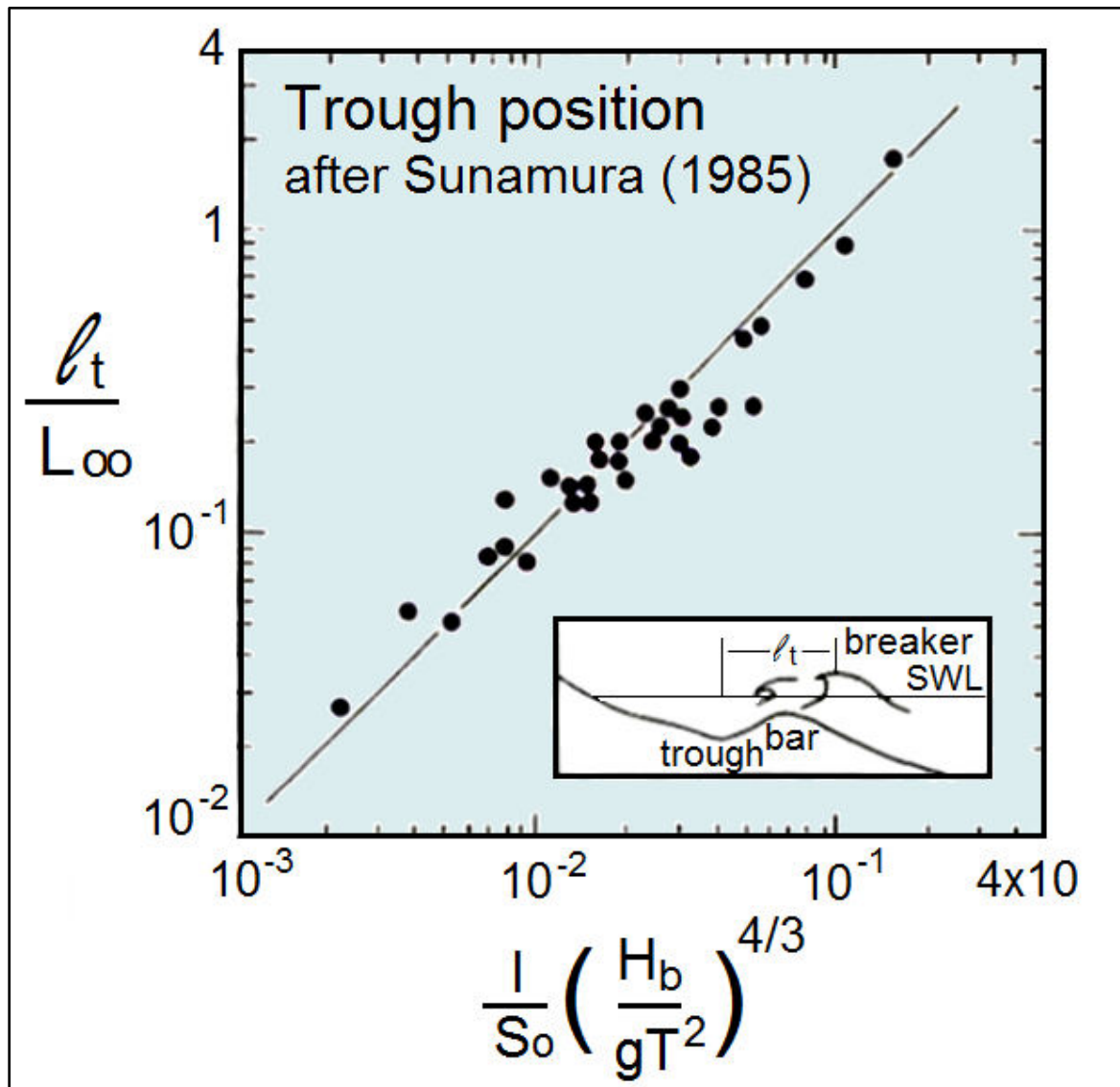
Σχηματίζονται από την τυρβώδη ροή των θραυόμενων κυμάτων και τα κυματογενή ρεύματα (ρεύματα παράλληλα στην ακτή και ρεύματα επιστροφής (undertow)). Έτσι, η θέση της κοιλάδας σχετίζεται με το σημείο θραύσης των κυμάτων. Βρέθηκε (Sunamura, 1989) ότι η απόσταση του βαθύτερου μέρους της κοιλάδας από το σημείο θραύσης l_t δίνεται από:

$$l_t = L_{\infty} (10/S) (H_b/gT^2)^{4/3}$$

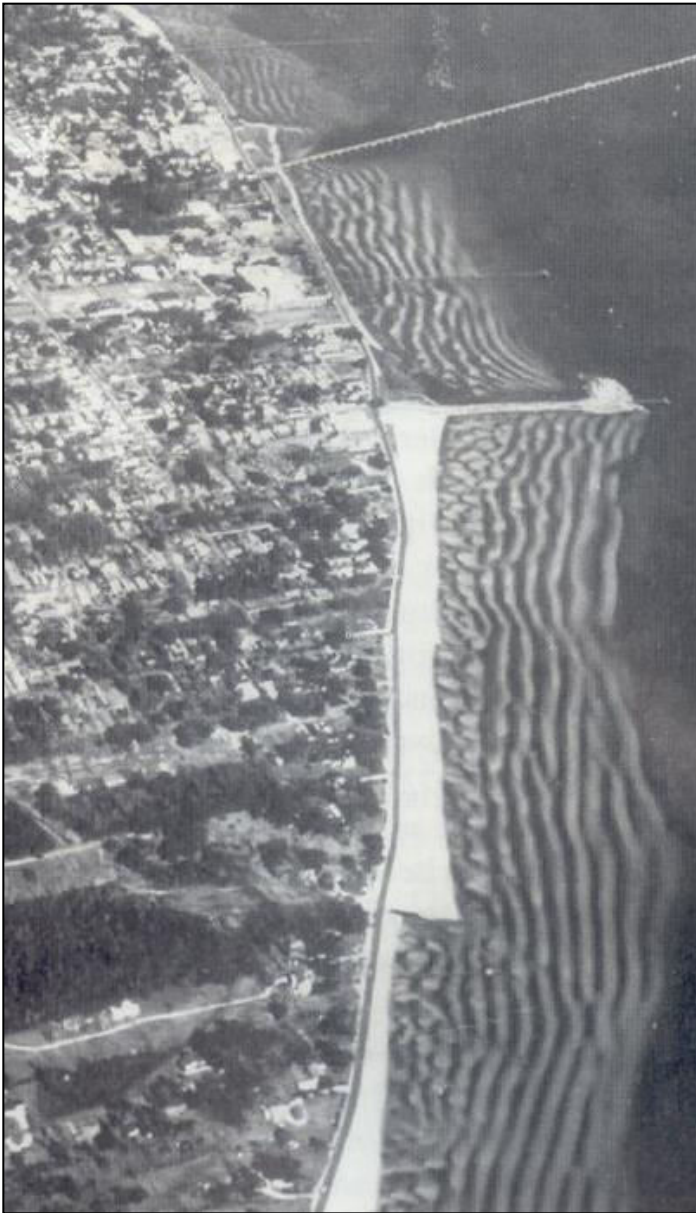
Όπου L_{∞} είναι το μήκος κύματος στην ανοικτή θάλασσα, H_b είναι το ύψος του θραυόμενου κύματος, T είναι η περίοδος και S είναι η μέση κλίση της παραλίας. Υπάρχει επίσης σχέση μεταξύ της απόστασης της κορυφής του υβώματος l_c και της απόστασης του βαθύτερου σημείου της κοιλάδας l_t (Sunamura, 1989):

$$l_c = 0.18 H_b (l_t / H_b)^{3/2}$$

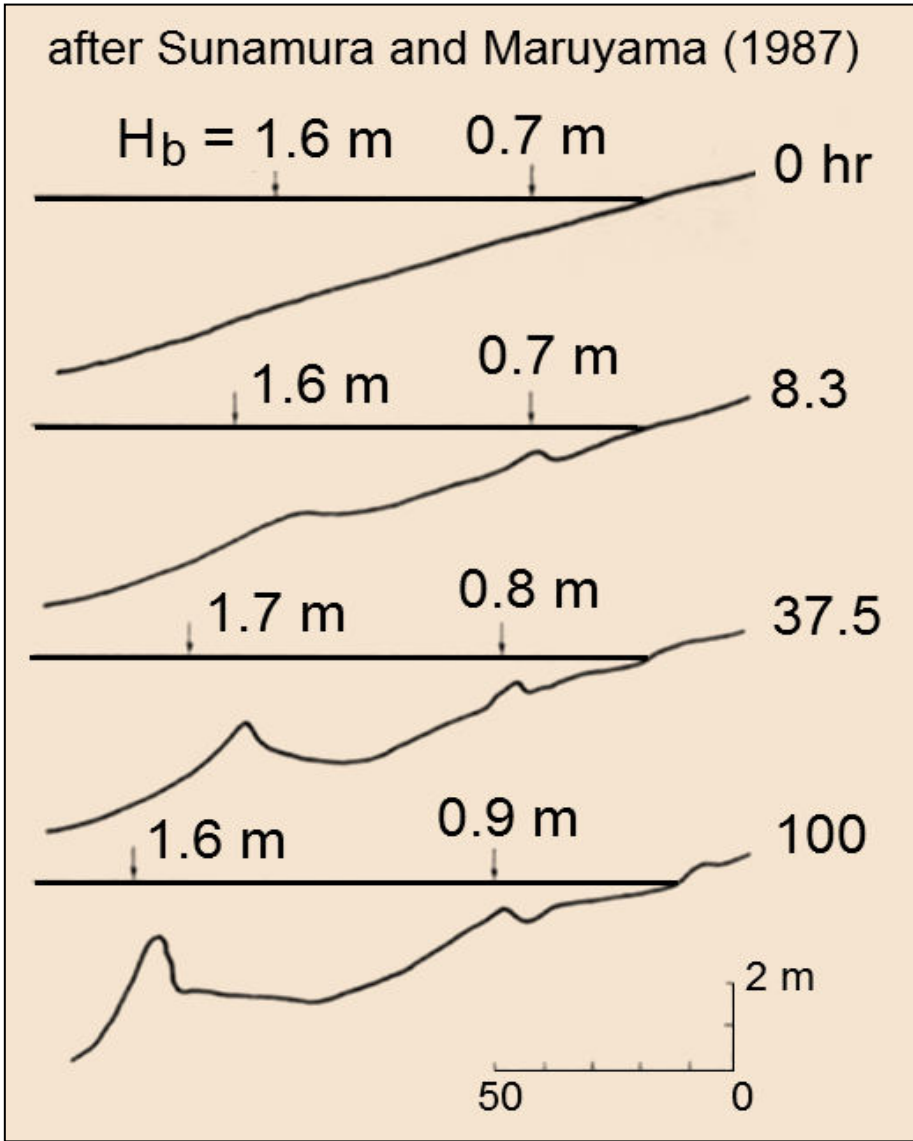
Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι συχνά σχηματίζονται πολλαπλά υβώματα-κοιλάδες (multiple bar systems). Ο αριθμός τους εξαρτάται από την κλίση (περισσότερα ζεύγη σε ηπιότερες κλίσεις ενώ η αιτία σχηματισμού τους σχετίζεται με την παρουσία πολλαπλών θραύσεων κυμάτων, λόγω προσέγγισης κυμάτων διαφορετικού ύψους (Komar, 1998).



Σχήμα 8.21 Σχέση της απόστασης μεταξύ του σημείου θραύσης με το βαθύτερο σημείο της υποθαλάσσια κοιλότητας και κυματικών παραμέτρων. Βασισμένο στον Komar, 1998.



Σχήμα 8.22 Πολλαπλά υποθαλάσσια
υβώματα στον Κόλπο του Μεξικού.
Βασισμένο στον Komar, 1998



Σχήμα 8.23 Πειραματική δημιουργία πολλαπλών υποθαλάσσιων υβωμάτων.

8.4 Η παραλιακή μεταβλητότητα

Η παραλία είναι ένα πολύ δυναμικό σύστημα το οποίο αλλάζει σε διάφορες χρονικές κλίμακες.

Οι κύριες (συστηματικές) αλλαγές οφείλονται στην μεταβλητότητα της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας, η οποία επίσης ακολουθεί χρονικούς κύκλους (ημερήσιες (daily), εποχικές (seasonal) , διετήσιες (interannual) η και ξαφνικές (random)).

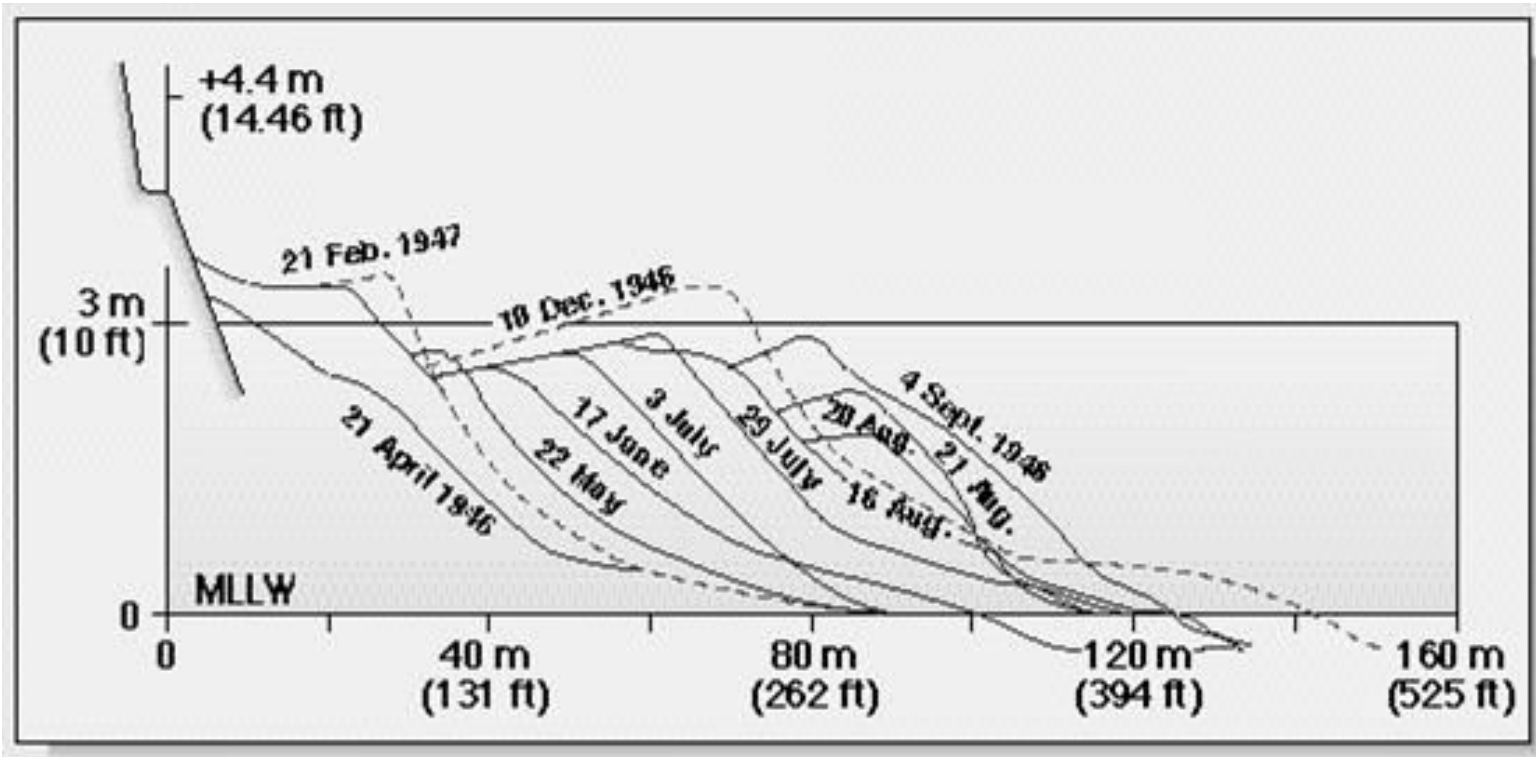
Οι αλλαγές στην παράλια μορφολογία μπορεί να είναι πολύ σημαντικές. Τα πλέον συνήθη τελικά μέρη (end members) αυτών των αλλαγών είναι:

Χειμώνας (υψηλή $E=1/8\rho gH^2$)

Διάβρωση berm, απόθεση στο υποθαλάσσιο τμήμα και δημιουργία ύφαλων (bars) και κοιλάδων (troughs)

Καλοκαίρι (χαμηλή $E=1/8\rho gH^2$)

Δημιουργία berm, διάβρωση στο υποθαλάσσιο τμήμα και καταστροφή των υφάλων (bars) και κοιλάδων (troughs)



Σχήμα 8.24 Εποχιακές αλλαγές στο προφίλ της παραλίας Carmel, California Το ύψωμα (berm) προωθείται 60 m το καλοκαίρι (όταν τα κύματα είναι μικρά) και εξαφανίζεται τον χειμώνα. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

8.4.1 Τα αποτελέσματα των θυελλωδών κυμάτων

Οι μεγαλύτερες παραλιακές αλλαγές οφείλονται στα θυελλώδη κύματα (storm waves), που σε 1-2 ημέρες (αλλά και ώρες) μπορούν να αλλάξουν τελείως τη μορφολογία μιας παραλίας.

Ποσοτικά, η αλλαγή εξαρτάται όχι μόνον από την κυματική ενέργεια αλλά και από τα ιζήματα (μέγεθος, σχήμα, πυκνότητα), με τις αλλαγές να είναι μεγαλύτερες σε παραλίες με περισσότερο χονδρόκοκκα ιζήματα (γιατί;)

Οι αλλαγές συμβαίνουν κάθετα (εγκάρσια) στην παραλία, λόγω εγκάρσιας μεταφοράς ιζημάτων. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, μπορεί όμως να υπάρχει και σημαντική μεταφορά παράλληλα προς την ακτή.

Οι ακτές μπορεί να «αναρρώσουν» από την διάβρωση, αλλά η διαδικασία είναι αργή και εξαρτάται από τοπικούς παράγοντες. Οι Morton et al., 1994 (JCR, 10,884-908) βρήκαν ότι η «ανάρρωση» γίνεται σε 4 κύρια στάδια: (1) γρήγορη αναδημιουργία του πρόσθιου μέρους της ακτής (2) αργή απόθεση στο οπίσθιο μέρος της ακτής (3) αναδημιουργία αμμοθινών και (4) αποίκηση με φυτά των θινών

Τα αποτελέσματα των θυελλωδών κυμάτων (συν.)

Μια από τις πλέον σημαντικές παραμέτρους είναι οι συνθήκες κάτω από τις οποίες η παραλία αλλάζει από χειμερινό τύπο (bar and trough) σε θερινό τύπο (berm).

Πολλές σχέσεις έχουν προταθεί, αλλά το ερευνητικά αυτο θέμα παραμένει ανοικτό.

Μια αρκετά ικανοποιητική σχέση είναι αυτή του Dalrymple (1992, Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Eng., ASCE, 118, 193-200), που δίνει την κριτική τιμή της αλλαγής από χειμερινό τύπο (bar and trough) σε θερινό τύπο (berm) ως:

$$(gH_{\infty}^2/Ws^3T) = 2\pi/0.0007 \approx 9 \times 10^3$$

όπου H_{∞} είναι το ύψος κύματος στα ανοικτά ($h > L/2$), Ws είναι η ταχύτητα καθίζησης ιζημάτων και T η περίοδος. Δηλαδή όταν

$$(gH_{\infty}^2/Ws^3T) < 9000 \text{ τότε προφίλ θερινού τύπου}$$

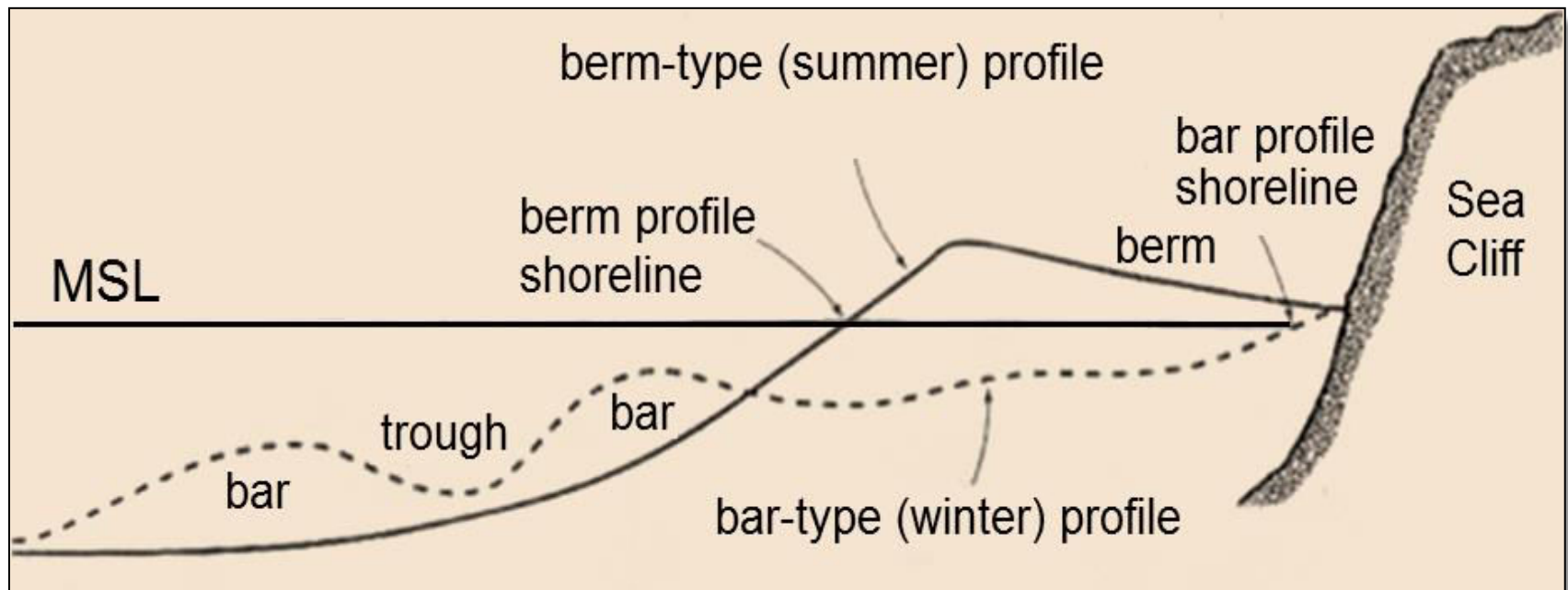
$$(gH_{\infty}^2/Ws^3T) > 9000 \text{ τότε προφίλ χειμερινού τύπου}$$

8.4.2.Εγκάρσια μεταφορά ιζημάτων

Οι μεγάλες εγκάρσιες αλλαγές της παραλίας είναι (συνήθως) αποτέλεσμα εγκάρσιας (κάθετης) ιζηματομεταφοράς.

Όταν το προφίλ της παραλίας αλλάζει από το θερινό προς το χειμερινό προφίλ, τότε ίζημα μεταφέρεται από το χερσαίο τμήμα προς το θαλάσσιο.

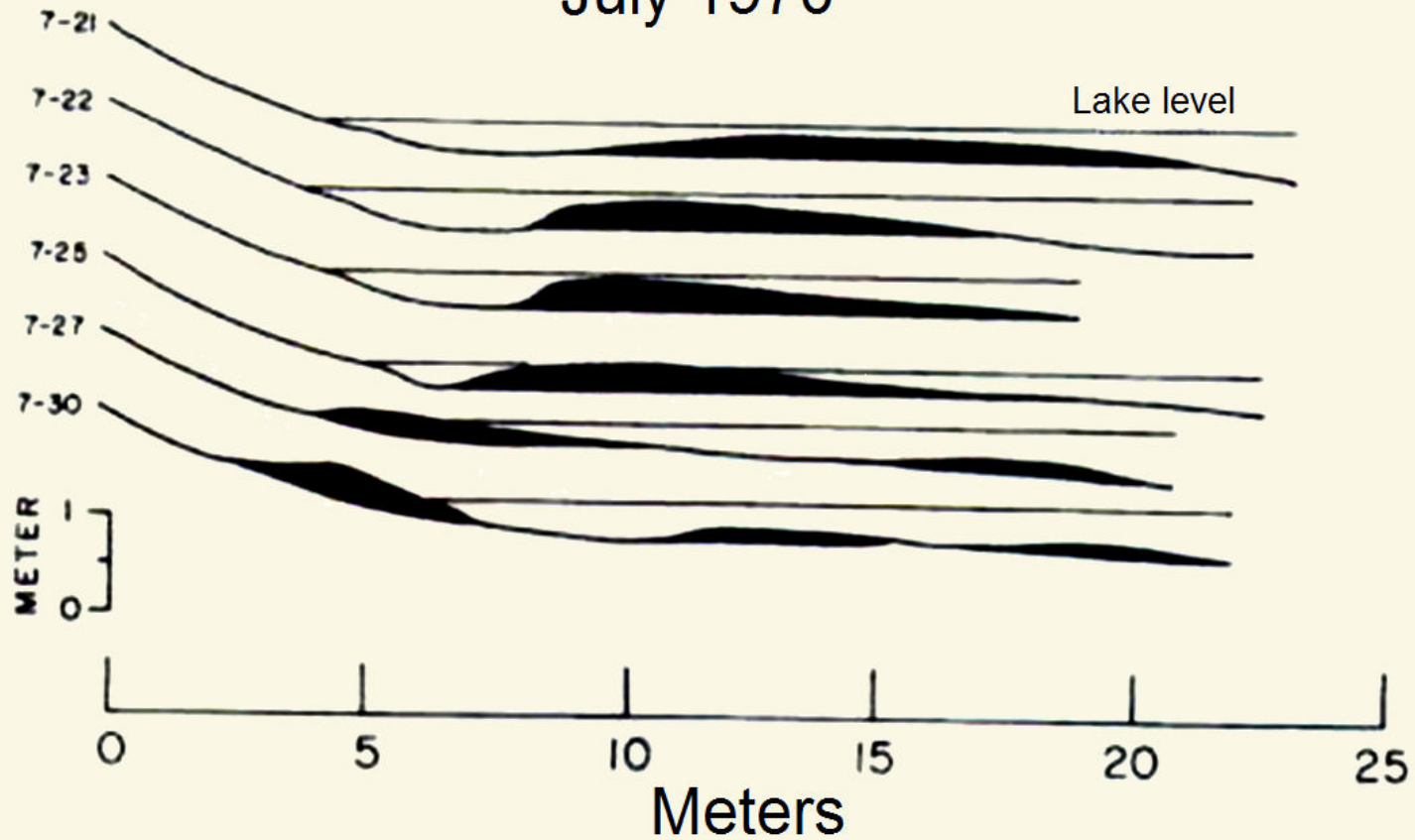
Υπάρχει (θεωρητικά) ένα σημείο (nodal point) όπου αν και η μεταφορά q του ιζήματος είναι μέγιστη (είτε προς την χέρσο είτε προς την θάλασσα), δεν υπάρχει μεταβολή της μορφολογίας (βάθους) δηλ. δεν υπάρχει ούτε απόθεση ούτε διάβρωση.



Σχήμα 8.25 Εποχιακές αλλαγές στο προφίλ της παραλίας. Βασισμένο στον Komar, 1998

Bar migration

LAKE MICHIGAN
July 1970



Σχήμα 8.26 Αλλαγές στο προφίλ της παραλίας. (Τροποποιημένο από SEPM, 1996).

Μοντέλα πρόγνωσης

Για την πρόγνωση των μεταβολών / μεταφοράς ιζημάτων κάθετα προς την παραλία έχουν δημιουργηθεί διάφορα μοντέλα, το πλέον διαδεδομένο από τα οποία είναι το SBEACH (US Army Corps of Engineers, Larson et al., 1988), το οποίο βασίζεται για τον καθορισμό της ιζηματομεταφοράς στις διάφορες παράκτιες ζώνες (δηλ. πριν, κατά και μετά το σημείο θραύσης των κυμάτων) σε εκφράσεις του τύπου:

$$q = q_b e^{-\lambda x}$$

όπου λ είναι ο συντελεστής απόσβεσης (decay coefficient) και εξαρτάται από το ύψος του θραυόμενου κύματος και το μέγεθος των ιζημάτων.

Φυσικά υπάρχουν και πιο σύνθετα μοντέλα τα οποία βασίζονται σε προχωρημένη ανάλυση των παρακτίων διεργασιών, όπως κυματική μετατροπή, θραύση και παρακμή, set-up/set-down και undertow, αποτελέσματα της διείσδυσης του νερού στα παράκτια ιζήματα (percolation effects) κλπ. (βλ. και σημειώσεις) (βλ. και Κεφ. 10 των Σημειώσεων)