



Ακτομηχανική και λιμενικά έργα

Διάλεξη 9^η. Ανάκλαση και αναρρίχηση στις ακτές

Θεοφάνης Καραμπάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Ανάκλαση

- Η **διαμόρφωση των ακτών** με την μορφή **κεκλιμένων πρανών** ή **κατακόρυφων μετώπων** (φυσικών ή τεχνητών) έχει ως αποτέλεσμα την **ανάκλαση** ενός ποσοστού της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας (εάν η ενέργεια δεν απορροφηθεί πλήρως με θραύση ή άλλους μηχανισμούς απορρόφησης ενέργειας)

Πίνακας Συσχέτισης ξ με Ποσοστό Ανάκλασης

ξ	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
Ποσοστό ανάκλασης	10^{-3}	10^{-2}	0.1	0.4	0.8	1.0

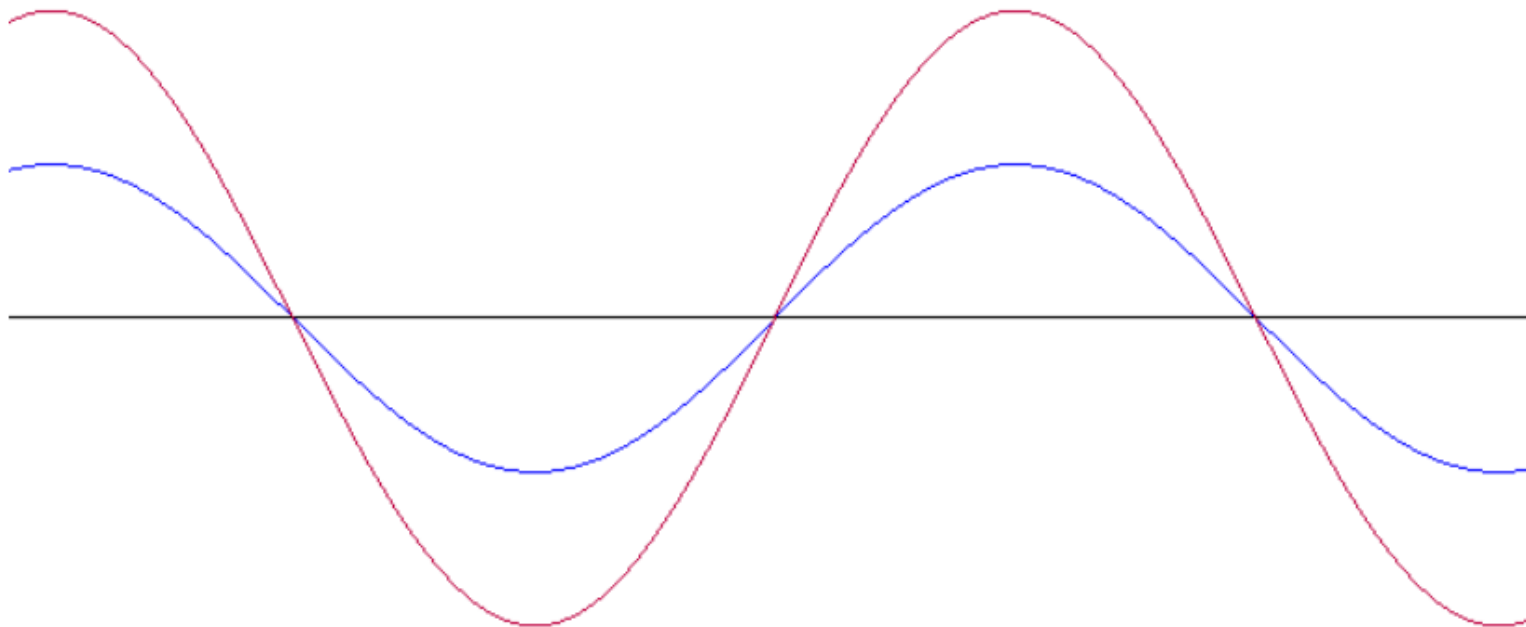
Στην περίπτωση της **πλήρους ανάκλασης** κυματισμού που προσπίπτει σε κατακόρυφο μέτωπο \Rightarrow ποσοστό ανάκλασης = 1 \Rightarrow η ελεύθερη επιφάνεια διαμορφώνεται σε **στάσιμο κύμα** που περιγράφεται από την **επαλληλία δύο κυματισμών αντίθετης φοράς**.

$$\eta = \eta_i + \eta_r = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H}{2} \cos(-kx - \sigma t) \Rightarrow$$

$$\eta = H \cdot \cos(kx) \cdot \cos(\sigma t)$$

η_i : Διακύμανση Ελεύθερης Επιφάνειας (Ε.Ε.) λόγω H_i
 η_r : Διακύμανση Ε.Ε. λόγω H_r
 η : Συνολική διακύμανση Ε.Ε.



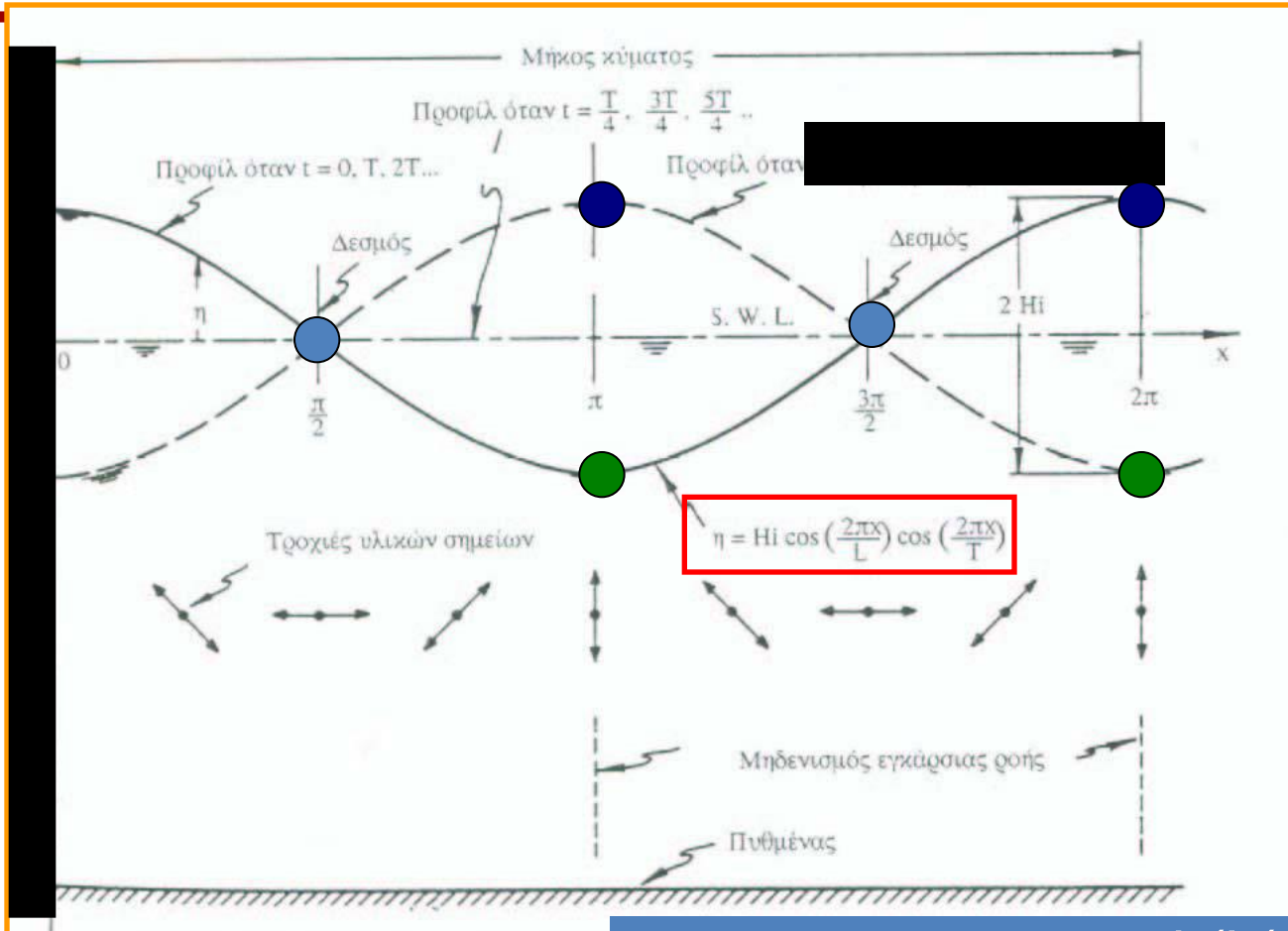


Πλήρης ανάκλαση κυματισμών



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές

Μορφή στάσιμου κύματος



Θέσεις δεσμών

$$\cos(kx)=0$$

$$\Rightarrow kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots$$

Θέσεις κορυφών/κοιλιών

$$\cos(kx)=\pm 1$$

$$\Rightarrow kx = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots$$

Κατανομή πίεσης σε στάσιμο κύμα

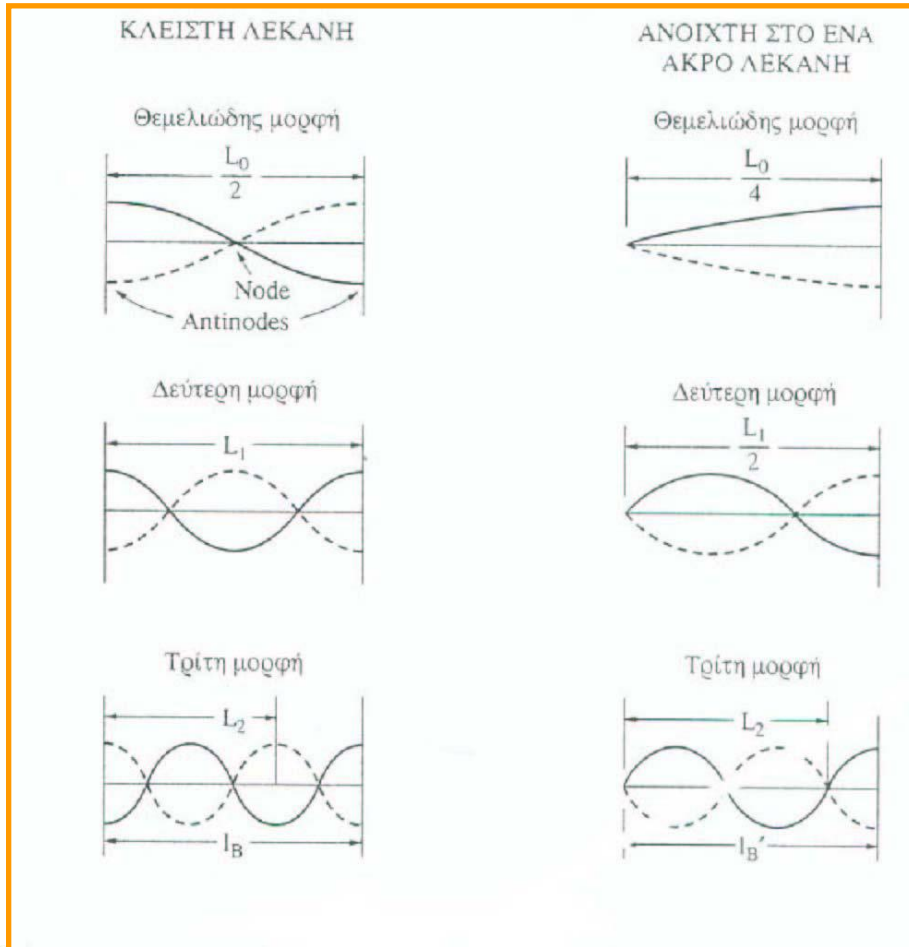
$$p = -\rho g z + \rho g H \cdot \frac{\cosh(k(d+z))}{\cosh(kd)} \cos(kx) \cdot \cos(\sigma t)$$



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Ανάκλαση

Διέγερση και Συντονισμός Φυσικών και Τεχνητών (λιμενολεκάνες) Λεκανών (συνέχεια...)

T_i : ιδιοπερίοδοι ταλάντωσης (ιδιοπερίοδοι λιμενοκάνης)



Ορθογωνική επιμήκης λεκάνη

Κλειστή λεκάνη

$$T_i = \frac{2L}{(i+1)\sqrt{gd}}, i = 0, 1, 2, \dots$$

Λεκάνη ανοιχτή στο ένα άκρο

$$T_i = \frac{4L}{(2i+1)\sqrt{gd}}, i = 0, 1, 2, \dots$$

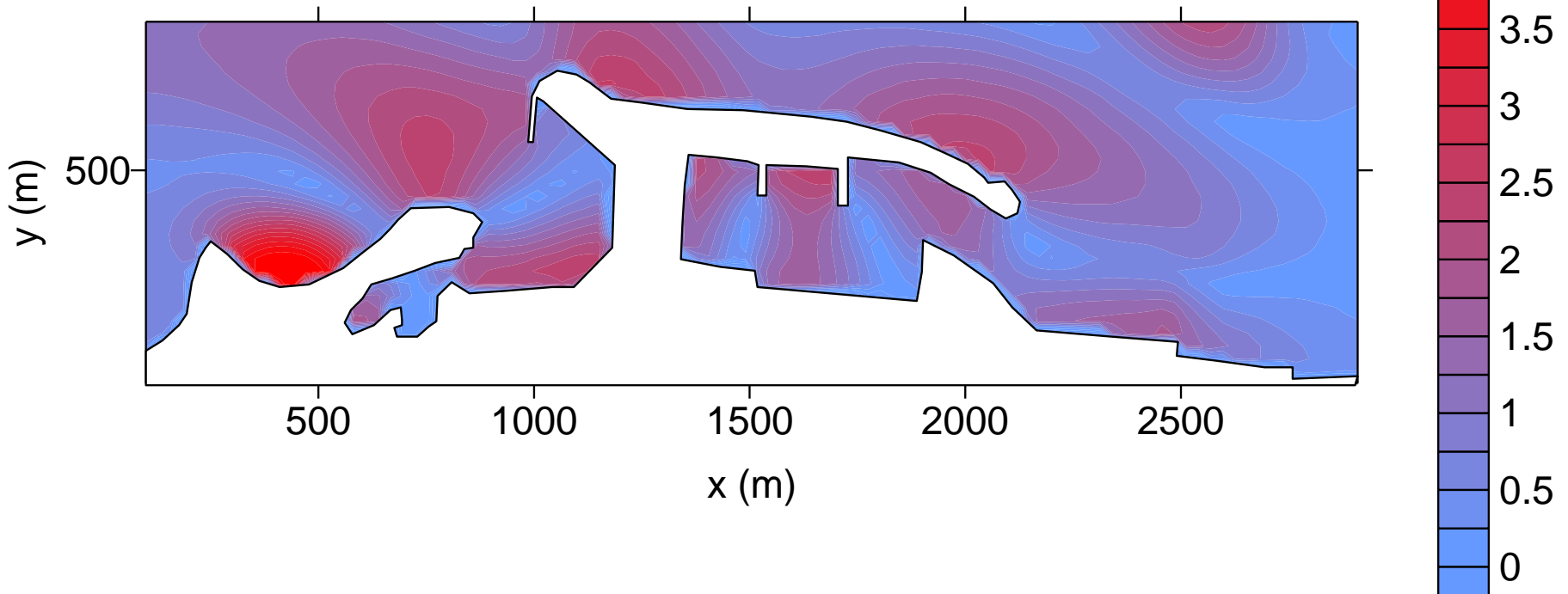
L : μήκος λεκάνης (χαρακτηριστική διάσταση λεκάνης)

Η συνεχής διέγερση λεκανών με καταναγκασμούς που έχουν περίοδο την ιδιοπερίοδο ταλάντωσης της λεκάνης \Rightarrow το σύστημα της λεκάνης οδηγείται σε συντονισμό



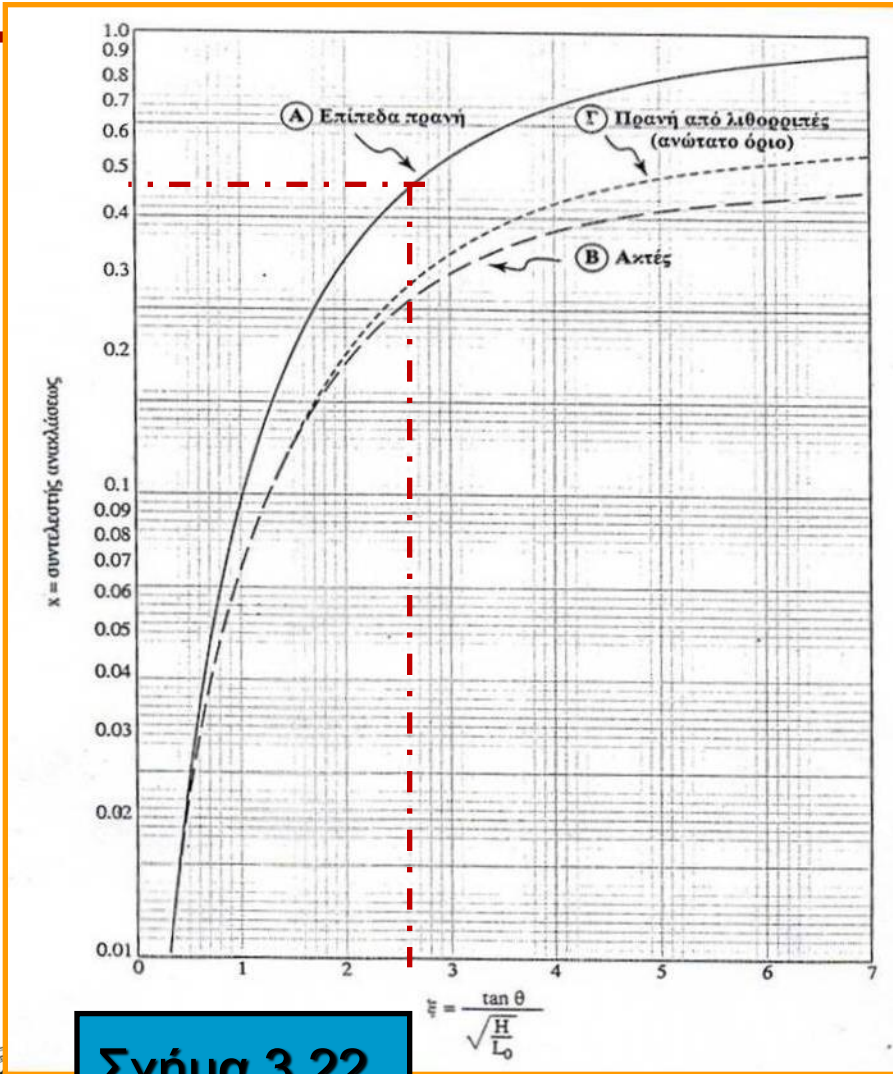
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΛΙΜΕΝΟΛΕΚΑΝΗΣ

Ισοϋψείς $H/H_{\text{προσπίττον}}$
Κατεύθυνση ΒΔ. Περίοδος $T=110$ sec



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Ανάκλαση

Μερική Ανάκλαση στις Ακτές



Σχήμα 3.22

$$x = \frac{H_r}{H_i}$$

Ποσοστό ανάκλασης

H_i : Προσπίπτον Κυματισμός
 H_r : Ανακλώμενος Κυματισμός

$$\xi = \frac{\tan \theta}{\sqrt{\frac{H}{L_0}}}$$

Για το διάγραμμα!!!!

H_i (ή H για ξ): Προσπίπτον κυματισμός είτε στον πόδα του πρηνούς κλίσης θ (ακτή μη ομοιόμορφης κλίσης) είτε στα βαθιά ($=H_0$) (ακτή ομοιόμορφης κλίσης)

Το πλάτος του συνολικού κυματισμού ισούται με ημι-άθροισμα προσπίπτοντος και ανακλώμενου ύψους κύματος



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Αναρρίχηση

- Το μέγιστο ύψος πάνω από τη ΜΣΗ στο οποίο αναρριχάται το νερό δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{R}{H_i} = \frac{k \tan \alpha}{\frac{8}{T} \sqrt{\left(\frac{H_i}{2g}\right)}}$$

(Εξ. 3.26)

H_i : Προσπίπτον κυματισμός είτε στον πόδα του πρανούς κλίσης θ (ακτή μη ομοιόμορφης κλίσης) είτε στα βαθιά ($=H_o$) (ακτή ομοιόμορφης κλίσης)

- Για αυξημένες τριβές:

$$\frac{R}{H_i} = \frac{k \tan \alpha}{\frac{8}{T} \sqrt{\left(\frac{H_i}{2g}\right)}} r_o$$

r_o : Συντελεστής μείωσης

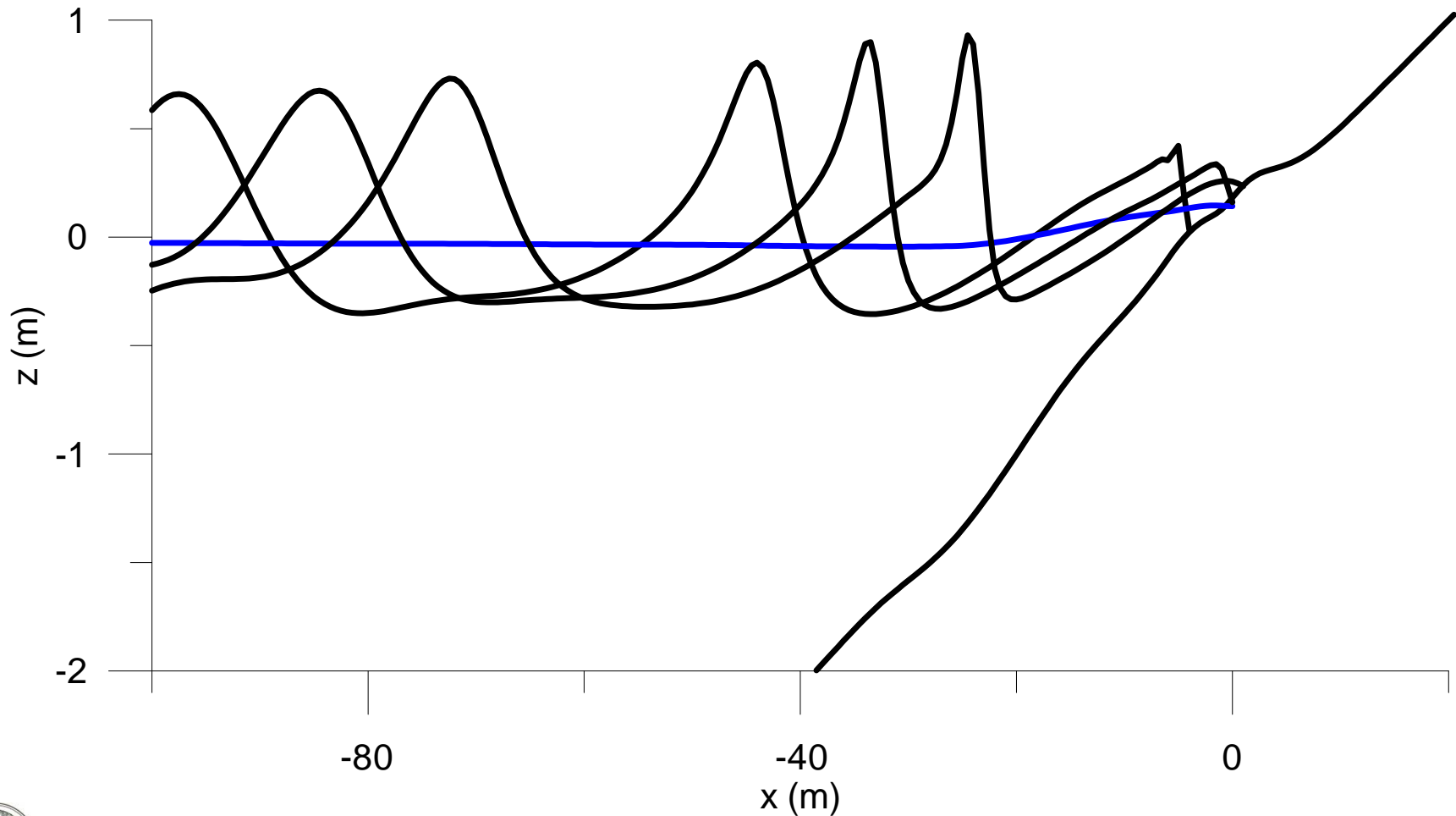
Για λείο πρανές και $k \sim 2.3$

Συντελεστές μείωσης (r_o) για πρανές με τριβές

υλικό	%
πλάκες μπετόν	90
πλάκες φυσικές	80-75
στρογγυλές πέτρες	60-68
λιθορριπή 2 στρώσεων	50-55



Αναρρίχηση κυματισμών - setup



Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Αναρρίχηση

- Το μέγιστο ύψος πάνω από τη ΜΣΗ στο οποίο αναρριχάται το νερό δίνεται από τη σχέση:

$$\frac{R}{H_i} = \frac{k \tan \alpha}{\frac{8}{T} \sqrt{\left(\frac{H_i}{2g}\right)}}$$

(Εξ. 3.26)

Για λείο πρανές και $k \sim 2.3$

H_i : Προσπίπτον κυματισμός είτε στον πόδα του πρανούς κλίσης θ (ακτή μη ομοιόμορφης κλίσης) είτε στα βαθιά ($=H_o$) (ακτή ομοιόμορφης κλίσης)

- Για αυξημένες τριβές:

$$\frac{R}{H_i} = \frac{k \tan \alpha}{\frac{8}{T} \sqrt{\left(\frac{H_i}{2g}\right)}} r_o$$

r_o : Συντελεστής μείωσης

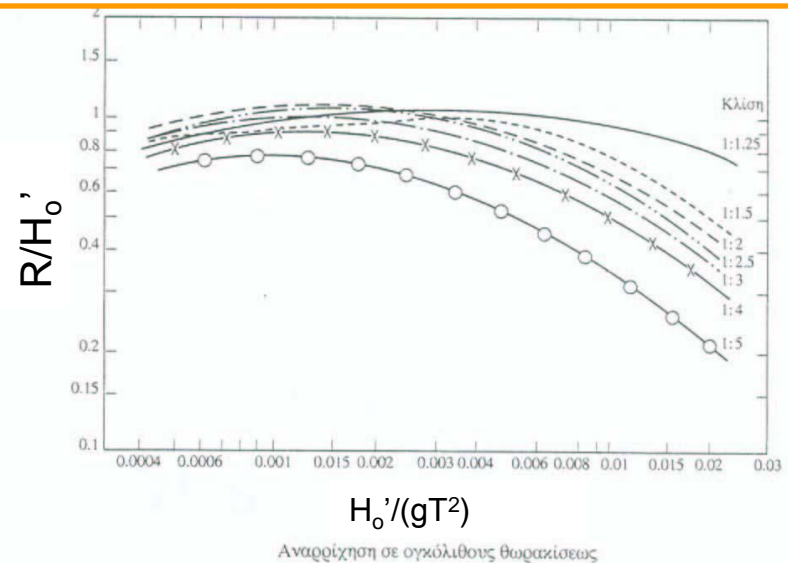
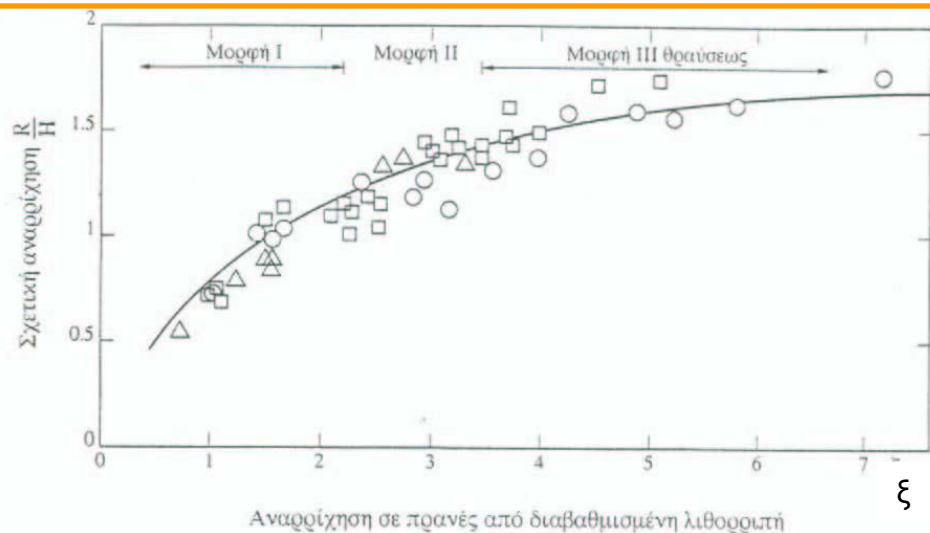
Συντελεστές μείωσης (r_o) για πρανές με τριβές

υλικό	%
πλάκες μπετόν	90
πλάκες φυσικές	80-75
στρογγυλές πέτρες	60-68
λιθορριπή 2 στρώσεων	50-55



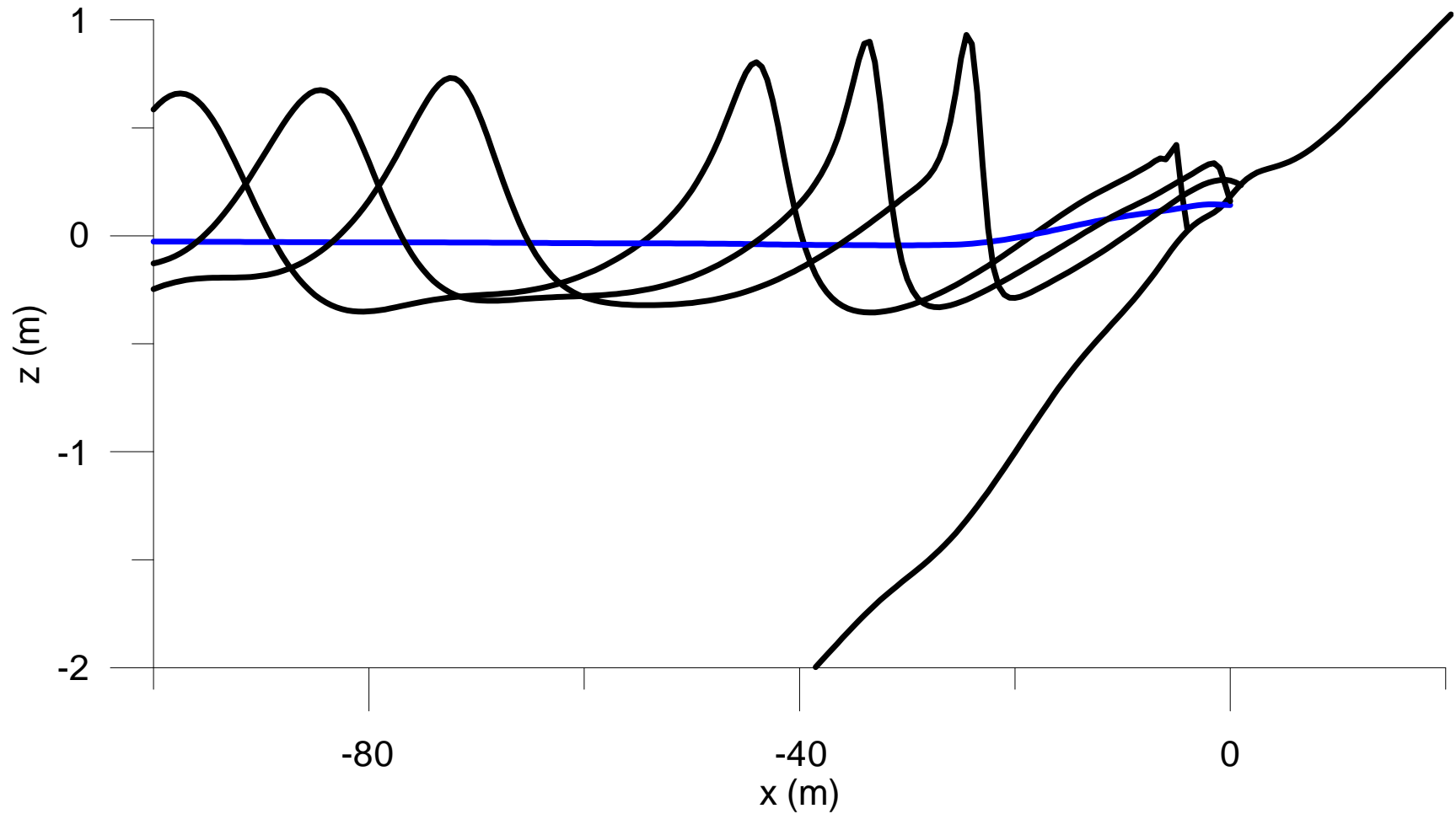
Ανάκλαση και Αναρρίχηση στις Ακτές: Αναρρίχηση

Πειραματική συσχέτιση της **αδιάστατης αναρρίχησης** με την **παράμετρο ξ** σε πρανές από λιθορριπή και σε πρανές από ογκολίθους θωράκισης που εμφανίζονται σε κυματοθραύστες περιέχεται στα διαγράμματα

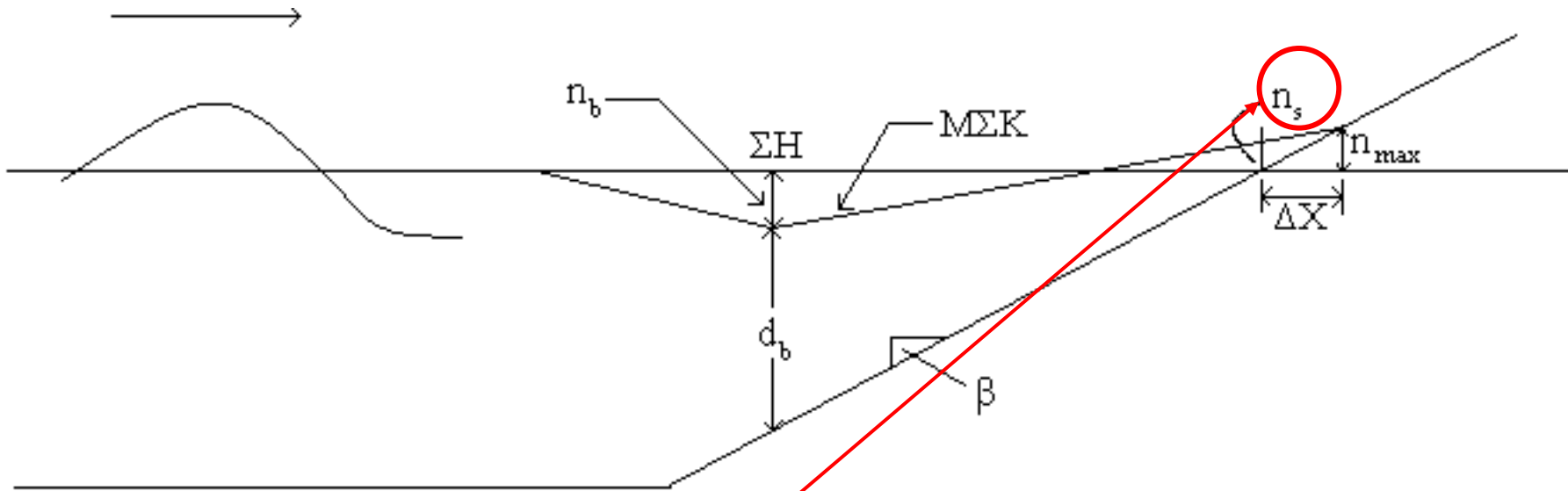


Σχήμα 3.23

Αναρρίχηση κυματισμών - setup



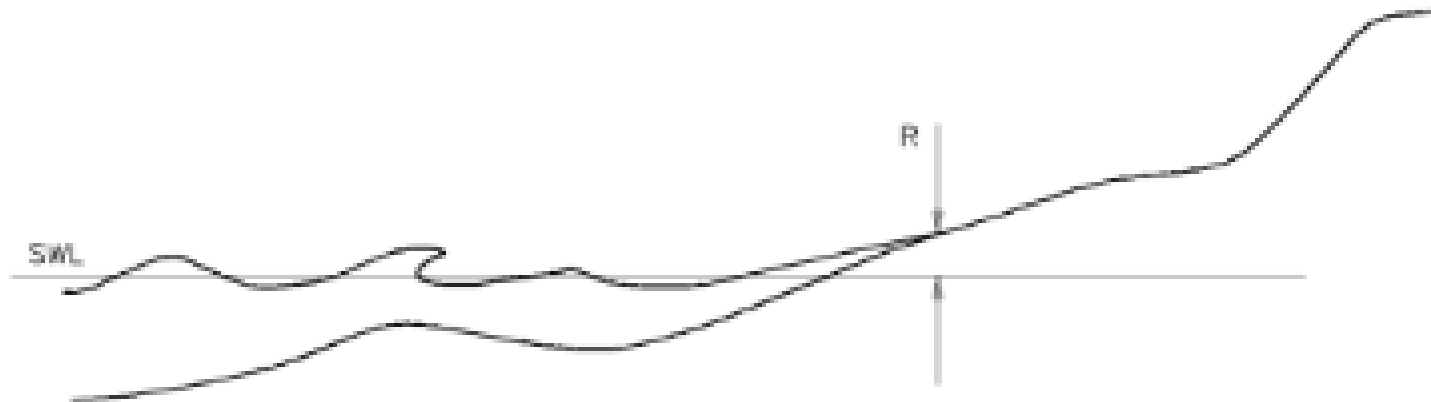
Κυματογενής ανύψωση στάθμης



Με την παραδοχή ότι η στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας, μεταβάλλεται γραμμικά από την γραμμή θραύσης έως την ακτή, η υπερύψωση (setup) στην ακτογραμμή είναι:

$$\eta_s = \eta_b + \left[\frac{1}{1 + \frac{8}{3\gamma_b^2}} \right] d_b$$

Αναρρίχηση των κυματισμών



(1) Για θραυόμενους μονοχρωματικούς κυματισμούς:

$$R = H_o \xi$$

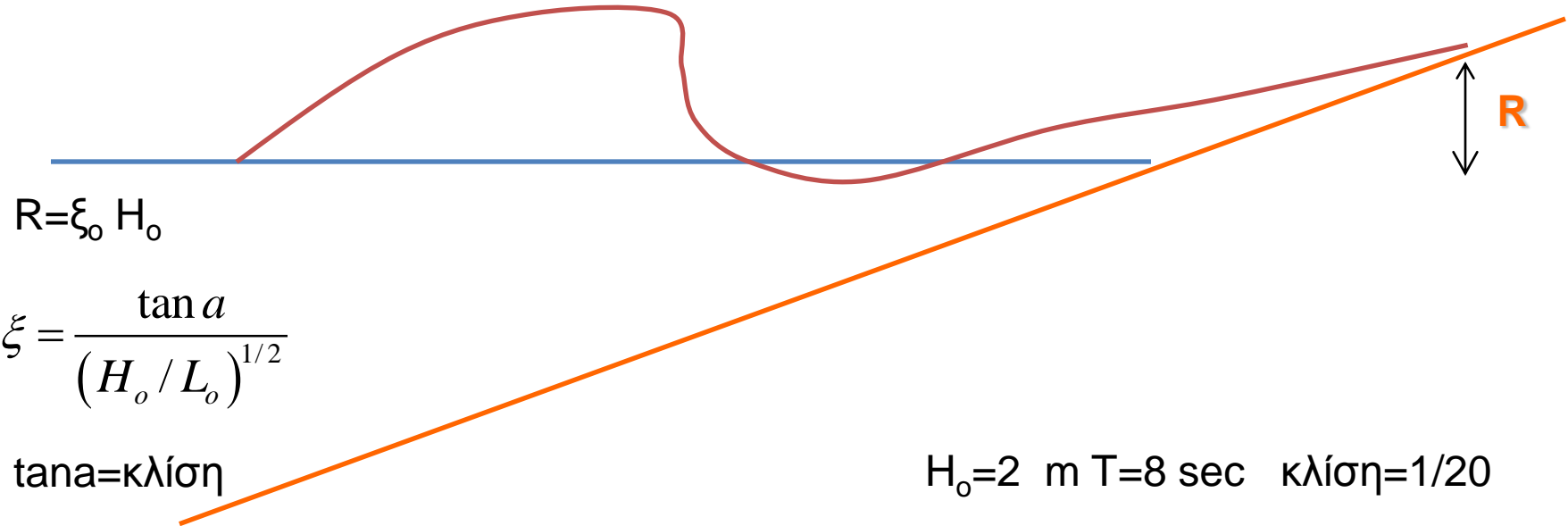
(2) Για μη θραυόμενους μονοχρωματικούς κυματισμούς :

$$R = H_o (2\pi)^{1/2} \left(\frac{\pi}{2\theta} \right)^{1/4}$$



Αναρρίχηση κυματισμού R ΒΡΑΧΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Κυματισμός



$$R = \xi_0 H_0$$

$$\xi = \frac{\tan a}{(H_0 / L_0)^{1/2}}$$

$\tan a = \text{κλίση}$

$$H_0 = 2 \text{ m } T = 8 \text{ sec } \text{κλίση} = 1/20$$

$$L_0 = 9.81 T^2 / (2\pi) = 100 \text{ m } \rightarrow$$

$$\xi_0 = \tan a / (H_0 / L_0)^{1/2} = 0.35 \rightarrow$$

$$R = 0.35 \cdot 2 = 0.7 \text{ m}$$

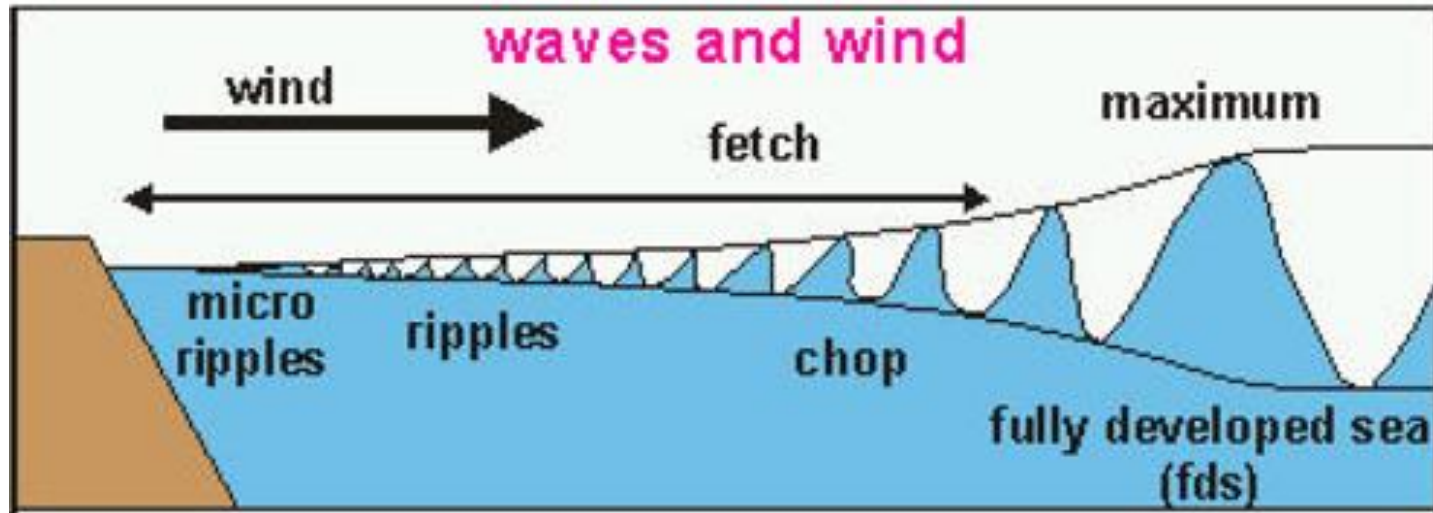


ΑΝΕΜΟΓΕΝΕΙΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ

- **ΓΕΝΕΣΗ ΑΝΕΜΟΓΕΝΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ:** Μεταφορά ενέργειας από τα κινούμενα κατώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα στις επιφανειακές θαλάσσιες μάζες.
- η ενέργεια αρχικά περνά από την ατμόσφαιρα στην θάλασσα με την διάτμηση και στη συνέχεια με την αναδιαμόρφωση του πεδίου των πιέσεων πάνω από τις κορυφές και τις κοιλιές του κύματος.



ΑΝΕΜΟΓΕΝΕΙΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ



Θεωρία Phillips (1957) και Miles (1960): Η κυματογένεση ξεκινά με γραμμική αύξηση του κύματος, λόγω συντονισμού με τις τυρβώδεις διαταραχές πίεσης και τριβής στην επιφάνεια και συνεχίζει με εκθετικό ρυθμό.



ΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Τα στοιχεία του κυματισμού H και T είναι συναρτήσεις των:

t_D = διάρκεια πνοής του ανέμου

U = ταχύτητα του ανέμου

F = μήκος ανάπτυξης των κυματισμών

Συσχέτιση ταχύτητας ανέμου
στα 10 m πάνω από την
επιφάνεια της θάλασσας με τον
άνεμο σε ύψος z πάνω από την
επιφάνεια της θάλασσας

$$U_{10} = U(z) \left(\frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}}$$

Τομέας κυματογένεσης: Κυκλικός τομέας $\pm 45^\circ$
εκατέρωθεν της κατεύθυνσης πνοής του ανέμου



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Καραμπάς Θεοφάνης.
«Ακτομηχανική και λιμενικά έργα. Ανάκλαση και αναρρίχηση στις ακτές».
Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS425/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

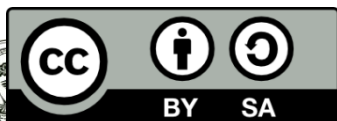
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Μαυρίδου Σοφία>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2013-2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

