



# Ακτομηχανική και λιμενικά έργα

Διάλεξη 19<sup>η</sup>. Κλιματική αλλαγή και διάβρωση ακτών

Θεοφάνης Καραμπάς  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



# 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.

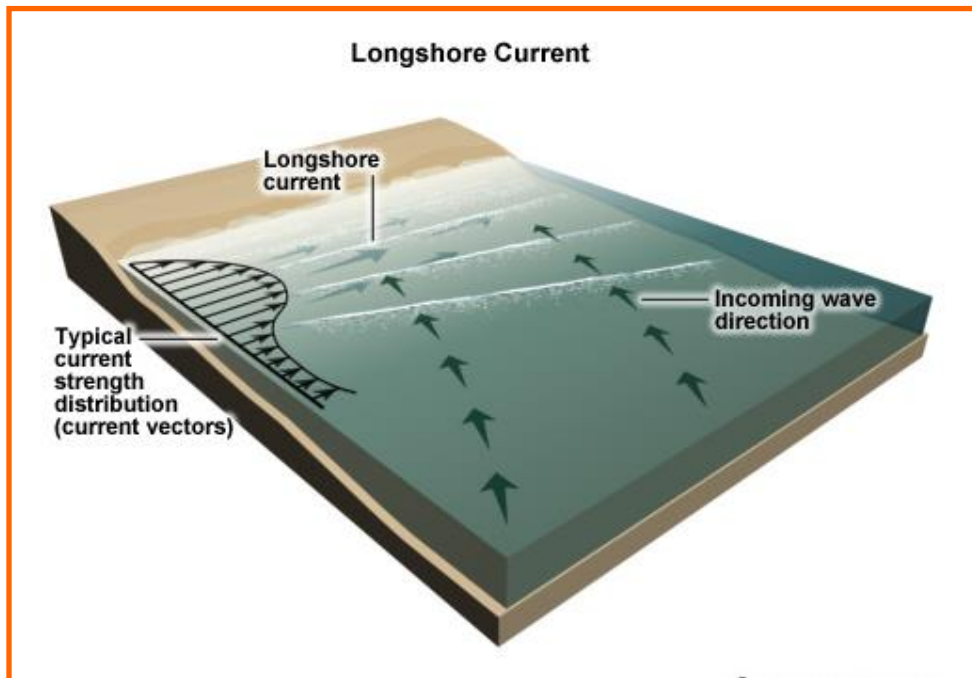


# ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ & ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΚΤΩΝ

- Αύξηση της θαλάσσιας στάθμης
- Αλλαγές στην συχνότητα/μέγεθος των δυνατών κυματισμών (θυελλών)
- Λιθοποίηση των παραλιακών ιζημάτων
- Κατασκευή φραγμάτων - Οικιστική δόμηση
- Οι ποτάμιες/παραλιακές αμμοληψίες
- Άστοχα παράκτια έργα



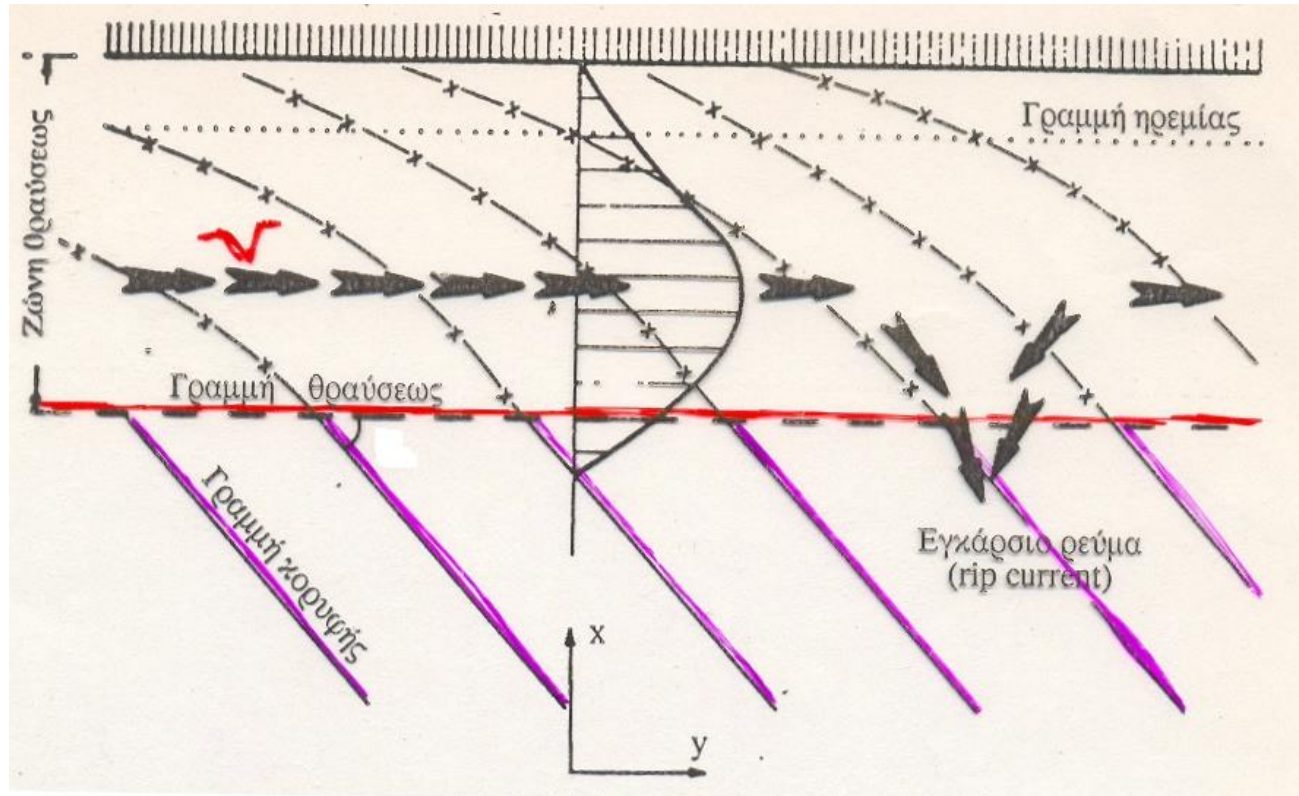
Παράκτιο ρεύμα παράλληλο στην ακτή (longshore current) μέσα στη ζώνη θραύσης από λοξά θραυόμενους κυματισμούς. Η εγκάρσια προς την ακτή ορμή του κυματισμού απορροφάται από την θραύση ενώ η περίσσεια ορμής παράλληλα προς την ακτή διαμορφώνει το παράκτιο ρεύμα.



<http://stream1.cma.gov.cn/pub/comet/Coastal Weather/sww/comet/marine/SWW/print.htm>

## Ρεύμα παράλληλο στην ακτή (longshore current)

# Παράλληλα στην ακτογραμμή ρεύματα



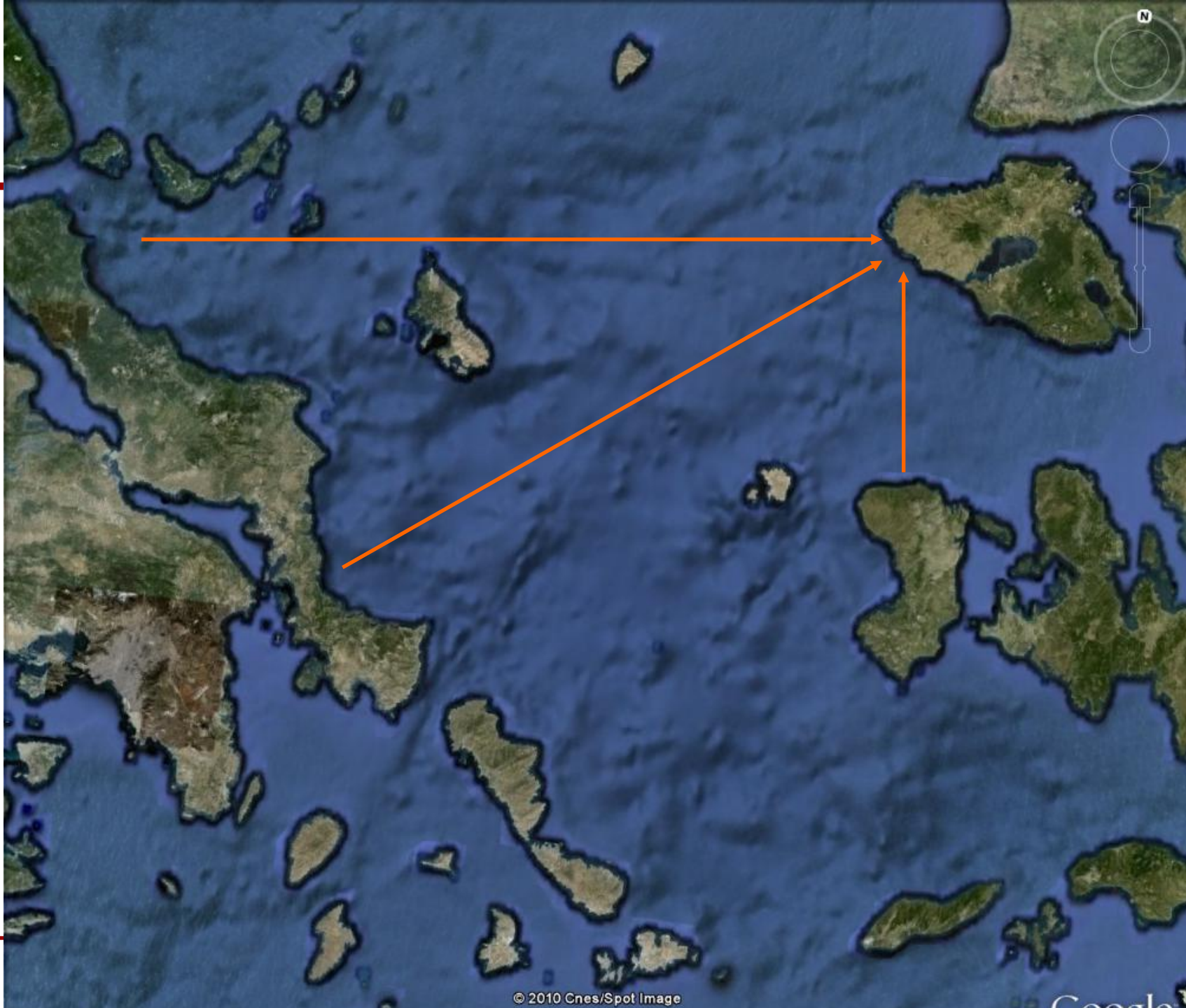
$$V = \frac{5\pi \tan(\beta^*)}{16 C_f} \gamma_b \sqrt{gd_b} \sin a_b \cos a_b$$



# ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ/ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Η διατάραξη της ισορροπίας ετών μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες παραλιακές διαβρώσεις







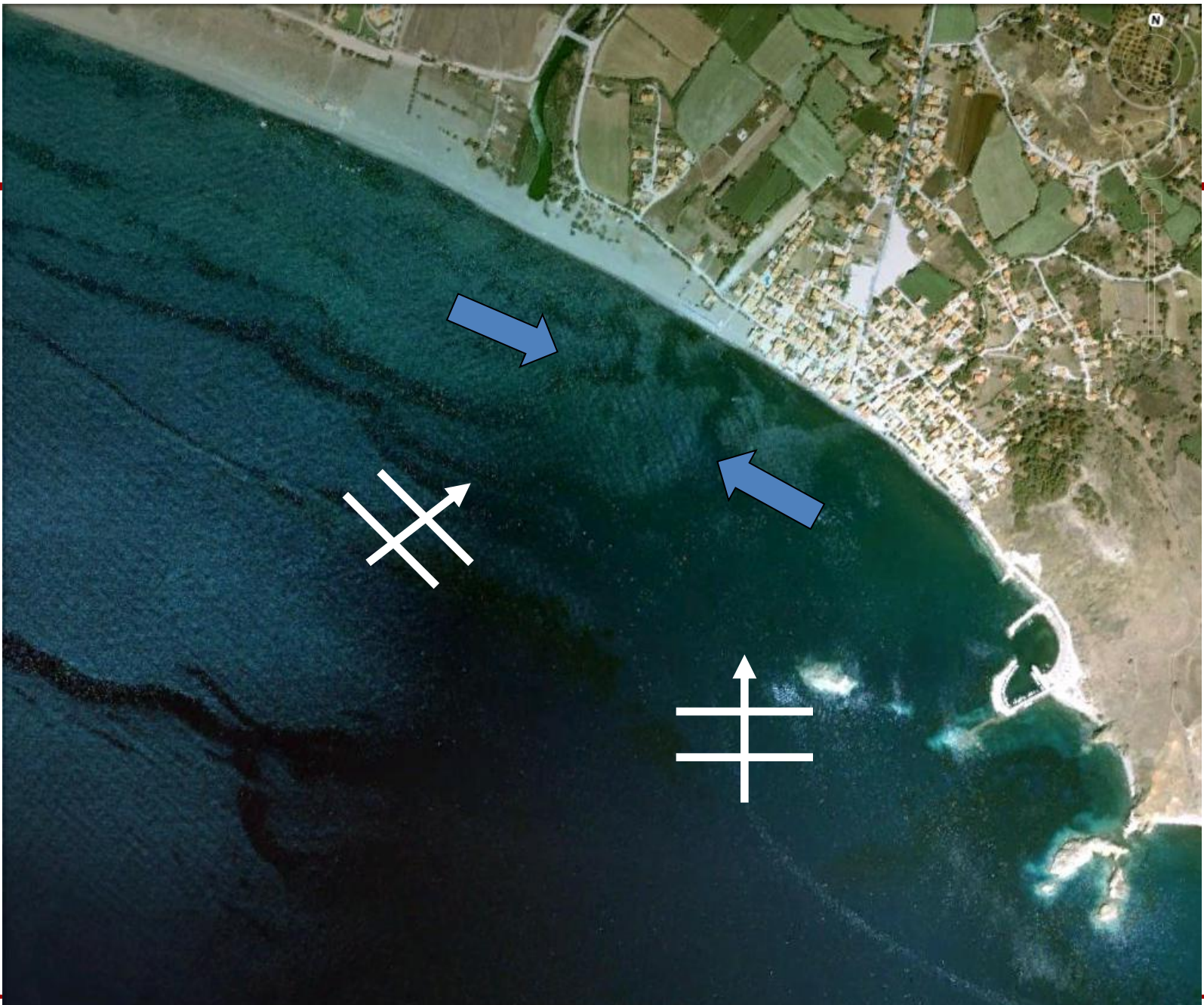


Image © 2010 European Space Imaging  
Image © 2010 TerraMetrics

©2010 Google

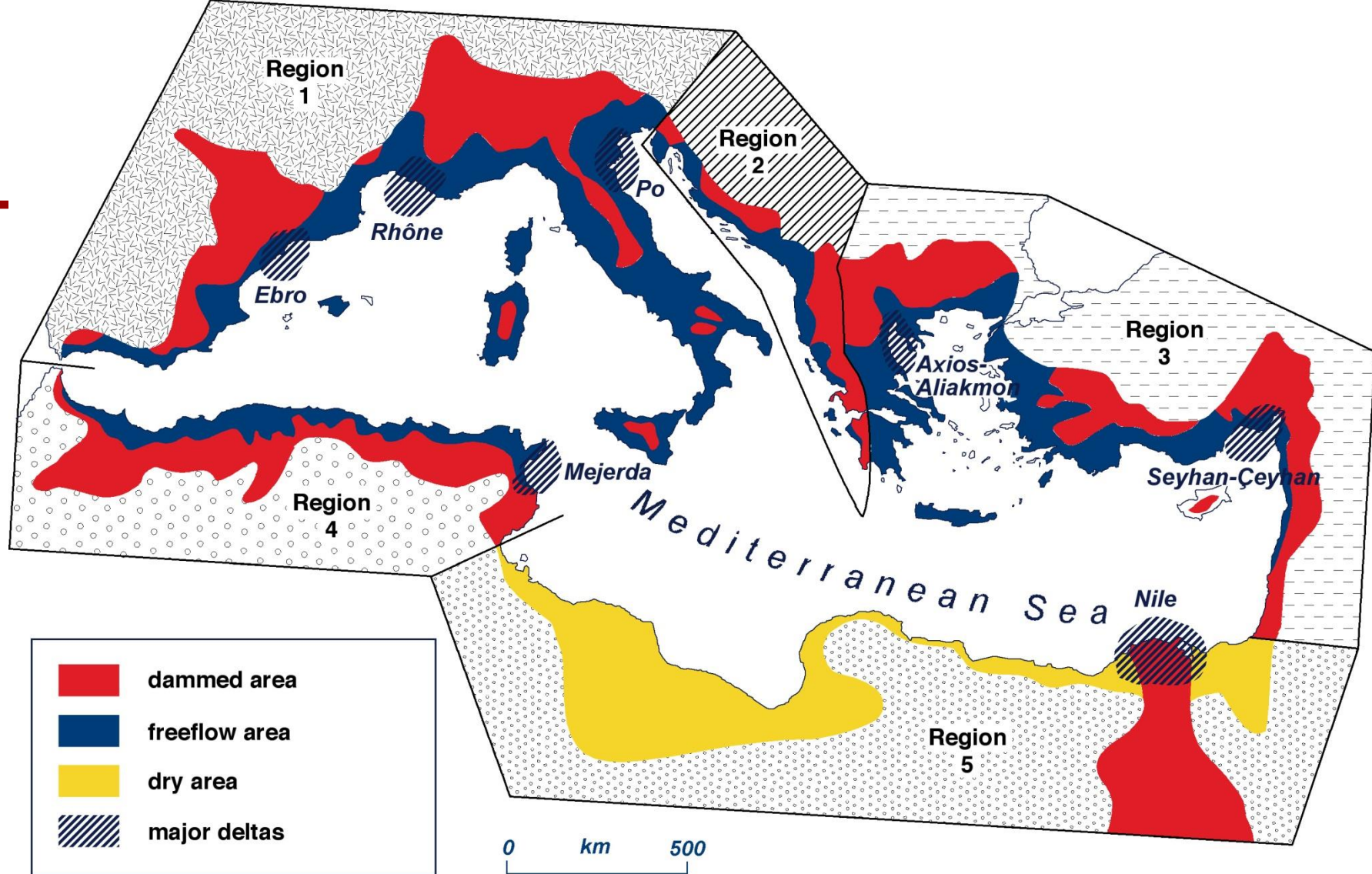


# ΦΡΑΓΜΑΤΑ - ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΔΟΜΗΣΗ

Τα φράγματα κατακρατούν εκτός από νερό και ιζήματα που έτσι δεν φθάνουν στις κατάντη παραλίες.

Σήμερα θεωρούνται ένας από τους σοβαρότερους παράγοντες παραλιακής διάβρωσης.





Τα περίπου 3500 μέτρια και μεγάλα φράγματα της Μεσογείου (το 84% των οποίων έχει κατασκευασθεί τα τελευταία 50 έτη) έχουν στερήσει το περίπου 65% των παροχών ιζημάτων από τις ακτές (από  $1012 \times 10^6$  σε  $355 \times 10^6$  τόνους το χρόνο (Poulos et al., 2002).



Νησιωτική Περιοχή	Ακτογραμμή (Μήκος (km))	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Ακτογραμμή υπό διάβρωση (Μήκος (km))	Έκταση απειλούμενων παράκτιων οικοσυστημάτων (km <sup>2</sup> )
Νήσοι. Β. Αιγαίου	1311	3854	231 (17.6%)	349
Νήσοι. Ν. Αιγαίου	3423	5329	503 (14.7%)	929
Νήσοι Ιονίου	1056	2304	260 (24.6%)	356
Κρήτη	1148	8365	756 (65.8%)	355
Σύνολο	6938	19852	1750 (25.2%)	1989

## Διάβρωση Ελληνικών νησιωτικών ακτών (Eurosion 2004)



# Άστοχα παράκτια έργα

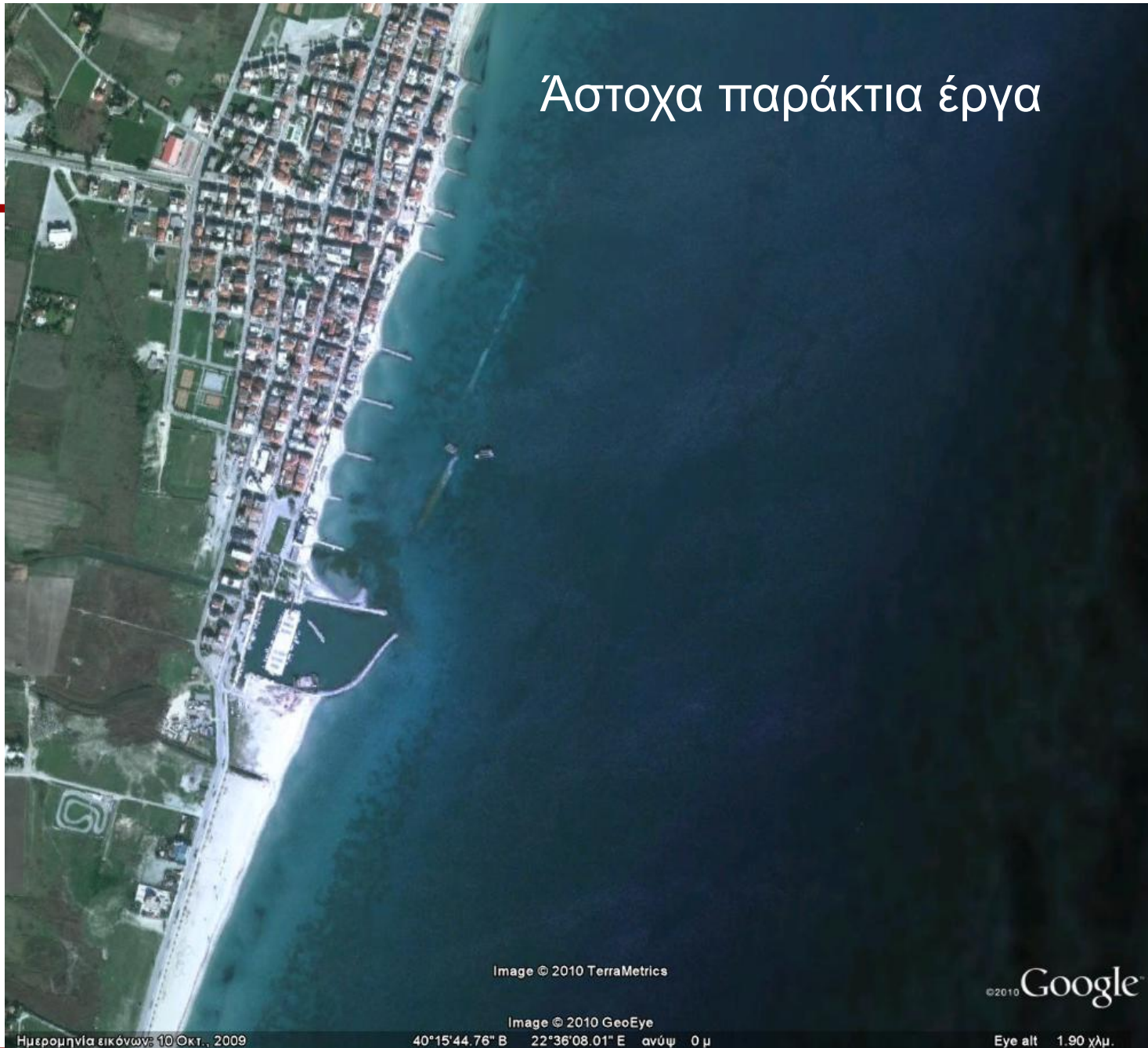


Image © 2010 TerraMetrics

Image © 2010 GeoEye

Ημερομηνία εικόνων: 10 Οκτ., 2009

40°15'44.76" Β 22°36'08.01" Ε ανύψ 0 μ

©2010 Google™

Eye alt 1.90 χλμ.



# ΔΡΑΣΕΙΣ

## ➤ Υποχώρηση

Μείωση του πλάτους των ακτών  
Εγκατάλειψη της παράκτιας ζώνης

## ➤ Συμβιβασμός

Μη εγκατάλειψη της παράκτιας ζώνης -  
Κίνδυνος πλημμύρων

## Προστασία

Κυματοθραύστες - πρόβολοι προστασίας ακτών  
Ήπιες μορφές προστασίας

Τεχνητή ανάπλαση

Βυθισμένοι κυματοθραύστες - πρόβολοι

Αποστράγγιση



# ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Επεμβάσεις στις μορφοδυναμικές διεργασίες με σκοπό την μείωση της διαβρωτικής τάσης των κυματισμών και των κυματογενών ρευμάτων

- Κατασκευή παράκτιων τεχνικών έργων προστασίας
- Χρήση μεθόδων: τεχνητή ανάπλαση ακτής (beach nourishment).

«Σκληρές» και «Ήπιες» μέθοδοι





# ‘ΣΚΛΗΡΕΣ’ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Μεγάλες κατασκευές από σκυρόδεμα ή ογκολίθους παρόμοιες με αυτές των λιμενικών έργων

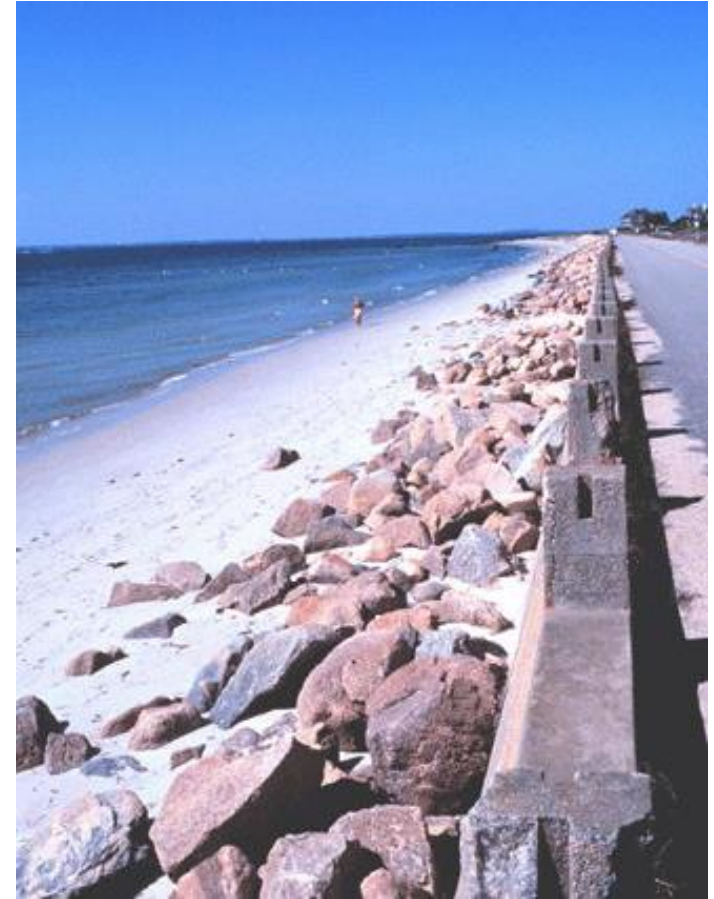
- A. Παράκτιοι τοίχοι και διευθετήσεις πρανών
- B. Κατασκευή προβόλων
- Γ. Κατασκευή συστήματος παραλλήλων κυματοθραυστών



# Κατασκευή παράκτιου τοίχου και διευθετήσεις πρανών

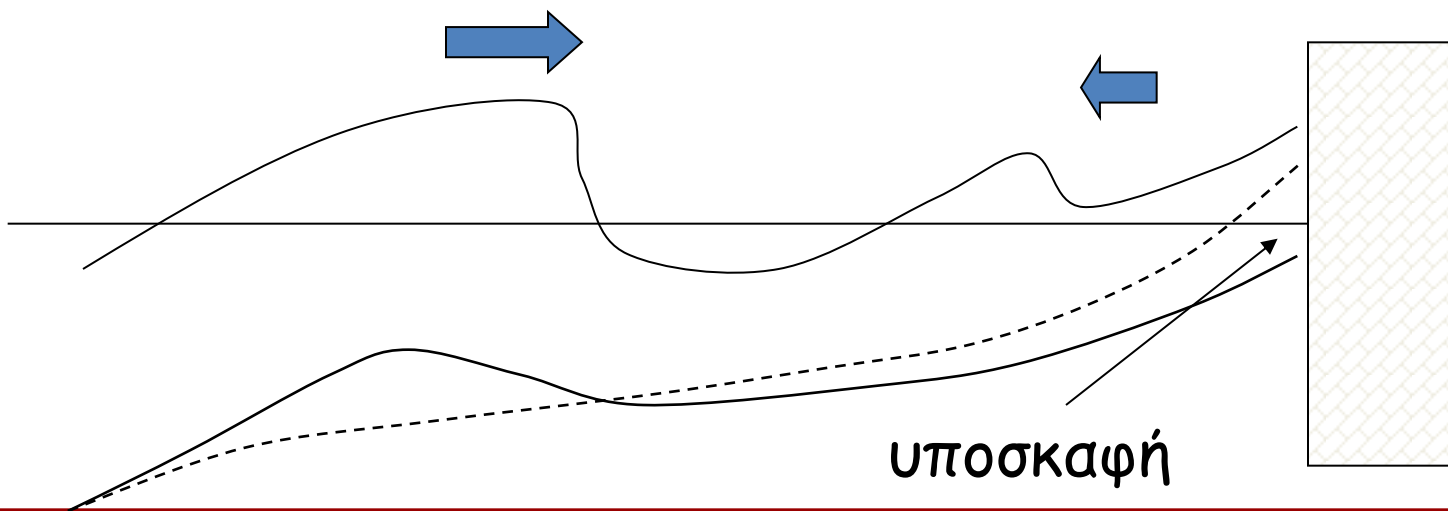
Εμποδίζουν τη διάβρωση  
της ακτής

Η παράκτια ζώνη  
θωρακίζεται και  
προστατεύονται και άλλα  
τεχνικά έργα, όπως π.χ.  
οδοποιίας, κατοικίες κλπ.



<http://simmonscoastal.com/>





# Κατασκευή προβόλων με στέψη πάνω από τη Μέση Στάθμη Θάλασσας

Σταθεροποιούν την ακτή ανάμεσα στους προβόλους  
εμποδίζοντας τη στερεομεταφορά κατά μήκος της ακτής



<https://tosseanstalten.files.wordpress.com/2012/06/thyborc3b8n.jpg>



Σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών ανάμεσα στους προβόλους, λόγω της μη ικανοποιητικής ανανέωσής τους.

Παραλία Κατερίνης:  
Σημαντικά προβλήματα ποιότητας νερού, λόγω της διακοπής της παράκτιας κυκλοφορίας και της απομόνωσης ευτροφικών μαζών.  
Έντονη δυσοσμία, θολότητα, ευτροφισμός κλπ.



<http://www.hotelolympion.gr/images/paralia1.jpg>



# Κατασκευή συστήματος παραλλήλων κυματοθραυστών

Δημιουργία προστατευόμενης περιοχής στη  
'σκιά' των έργων

Αρνητικές  
περιβαλλοντικές  
επιπτώσεις:

- Οπτική όχληση
- Παρεμπόδιση της  
ελεύθερης  
κυκλοφορίας των  
νερών προκαλεί



[https://c1.staticflickr.com/3/2476/5781390289\\_fcdbe4f613\\_n.jpg](https://c1.staticflickr.com/3/2476/5781390289_fcdbe4f613_n.jpg)





[http://img.directbooking.ro/getimage.ashx?f=Statiuni&file=Statiune\\_16c96716-2505-4f09-8842-671c2d7fd4bd\\_Platamonas1.jpg](http://img.directbooking.ro/getimage.ashx?f=Statiuni&file=Statiune_16c96716-2505-4f09-8842-671c2d7fd4bd_Platamonas1.jpg)



# ΗΠΙΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ

Περιορισμός των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων: διάβρωση των γειτονικών ακτών, ποιότητα νερού, αισθητική, ..



Ανάγκη για αναζήτηση ηπιότερων μορφών έργων προστασίας ακτών (από άποψη λειτουργίας και κατασκευής)





# ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΑΚΤΩΝ

Η ακτή τροφοδοτείται με άμμο που λαμβάνεται από άλλες ακτές όπου υπάρχει περίσσεια υλικού αλλά και από τα ανοιχτά.

Το υλικό τοποθετείται έτσι ώστε να επεκτείνεται η ακτή προς τη θάλασσα.



[http://1.bp.blogspot.com/-3jlyhm3wqA8/UYrzxWPmjml/AAAAAAAAACkY/6earf\\_lc-h8/s400/beach+nourishment before+%2526+after.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-3jlyhm3wqA8/UYrzxWPmjml/AAAAAAAAACkY/6earf_lc-h8/s400/beach+nourishment+before+%2526+after.jpg)





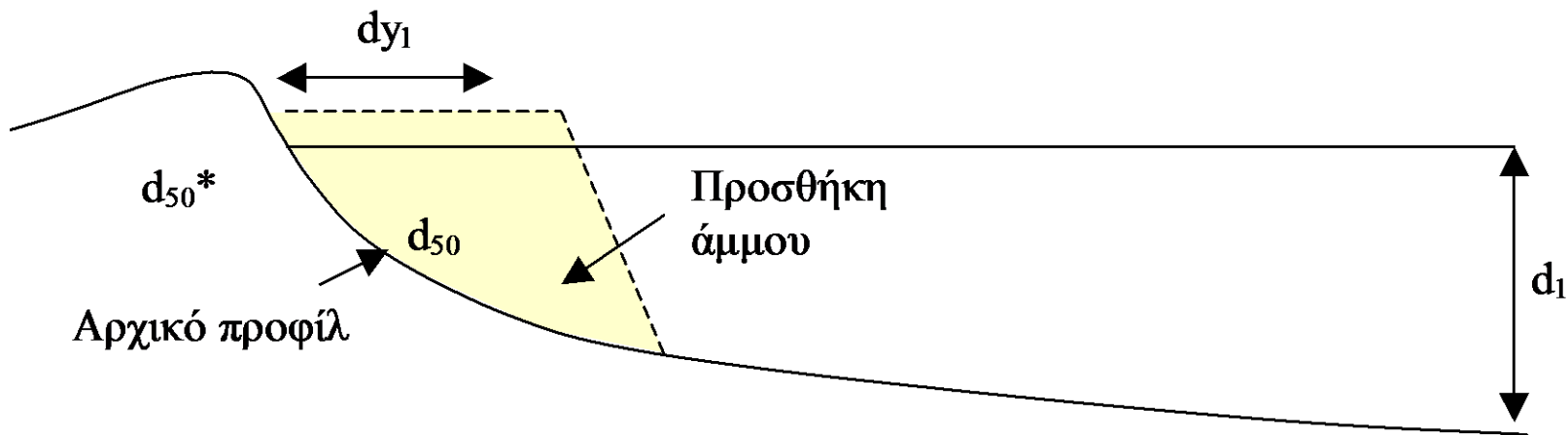
# Ακτή Malagueta (Ισπανία)

Όγκος άμμου 1.700.000 m<sup>3</sup>  
μήκος ακτής 2500 m  
πλάτος παραλίας 60m



[http://4.bp.blogspot.com/\\_4sF4C3Y0hU/THvEO8bfpAI/AAAAAA  
AAA8o/F2pRy-lvPb4/s1600/festivalaereodemalaga.bmp](http://4.bp.blogspot.com/_4sF4C3Y0hU/THvEO8bfpAI/AAAAAA<br/>AAA8o/F2pRy-lvPb4/s1600/festivalaereodemalaga.bmp)

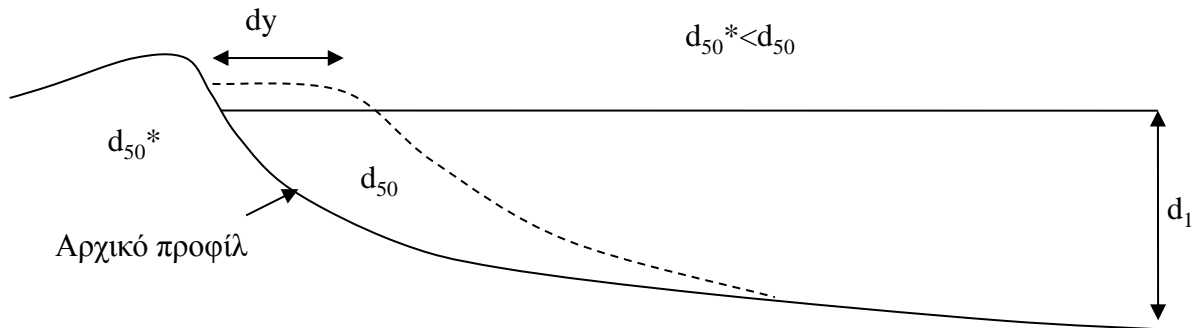
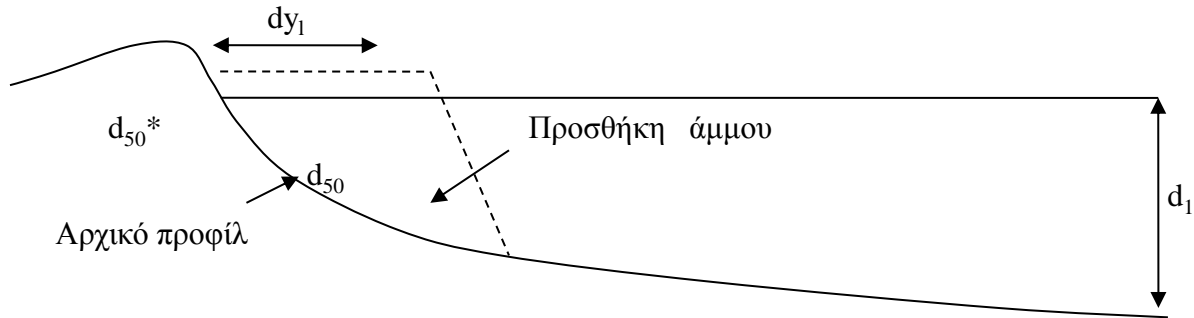




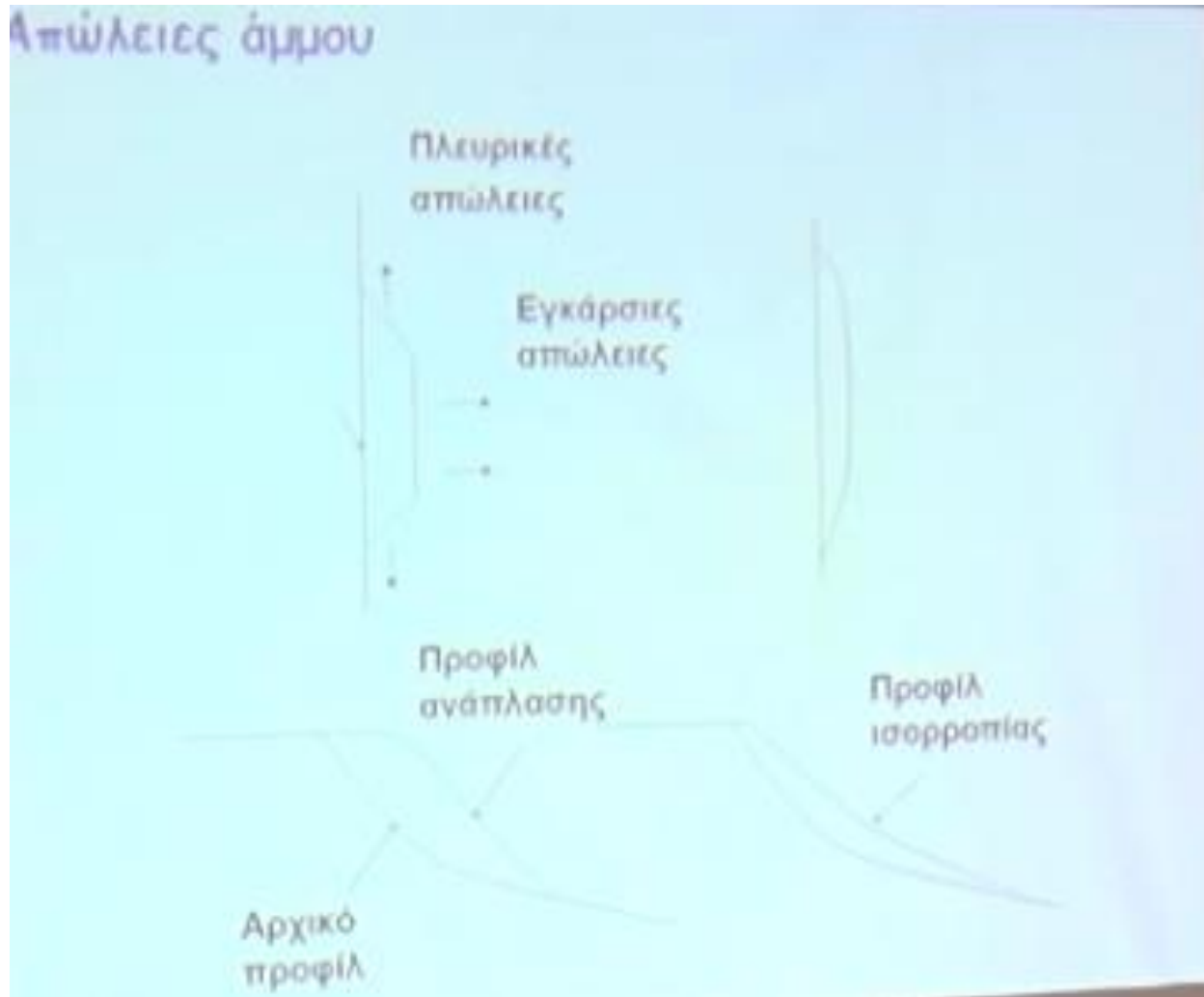
# ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΤΠΛΑΣΗ



# Εγκάρσιες και πλευρικές απώλειες άμμου



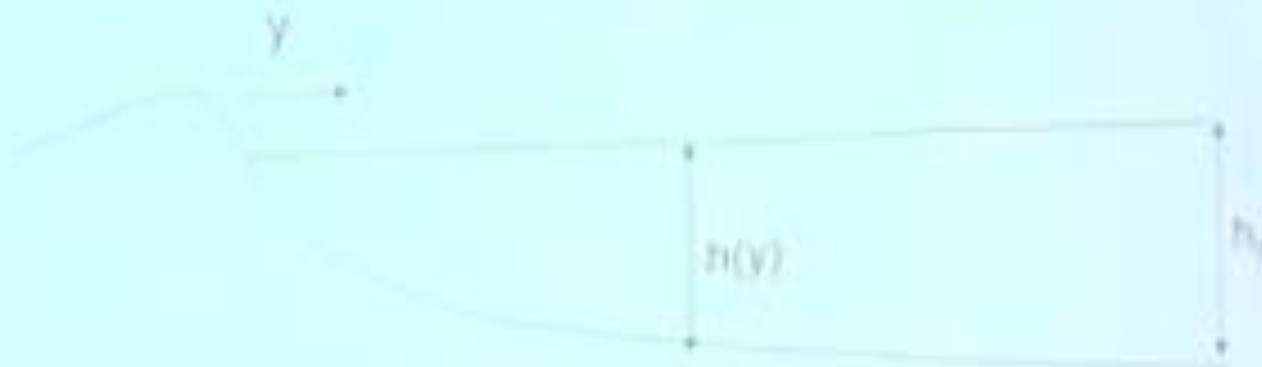
# ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΑΜΜΟΥ- μου λειπει η διαφάνεια

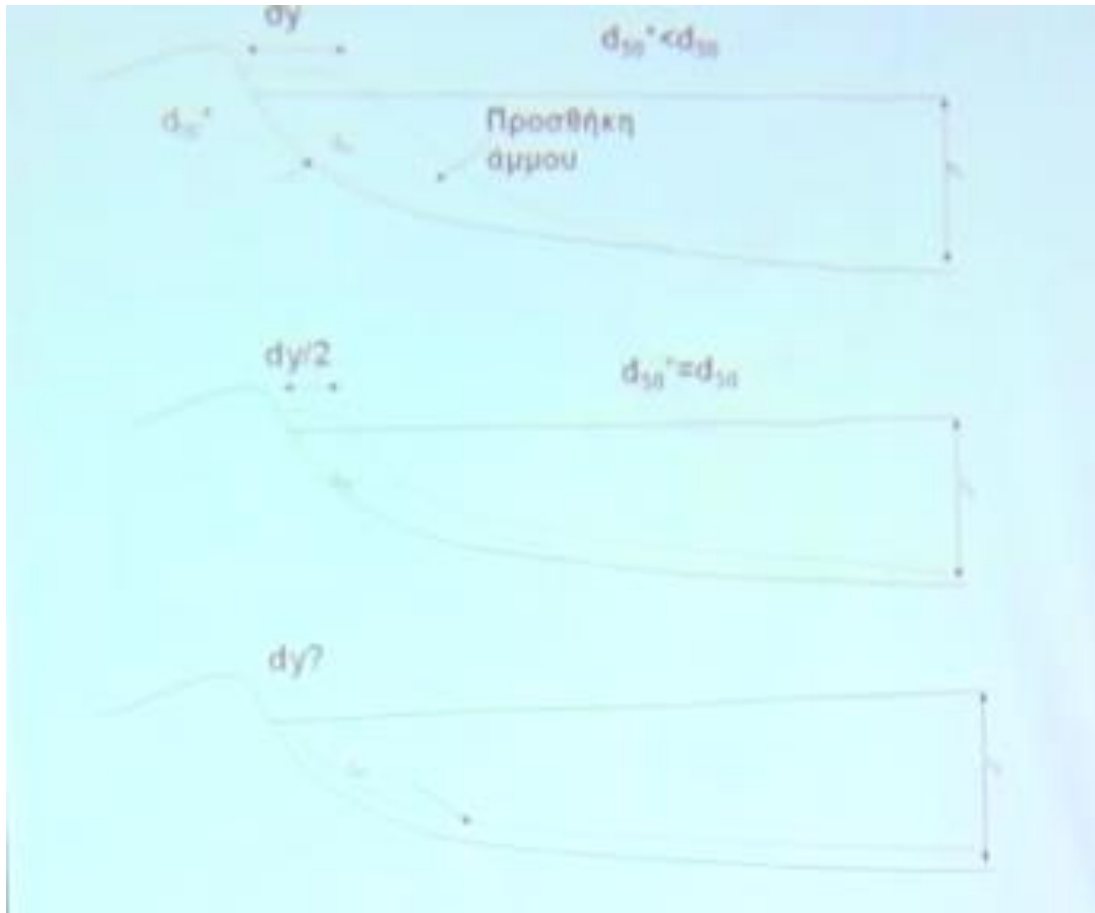


ΟΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ ΘΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΟΥΝ  
ΜΙΑ ΝΕΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΛΙΣΗ ΤΕΤΟΙΑ ΩΣΤΕ:

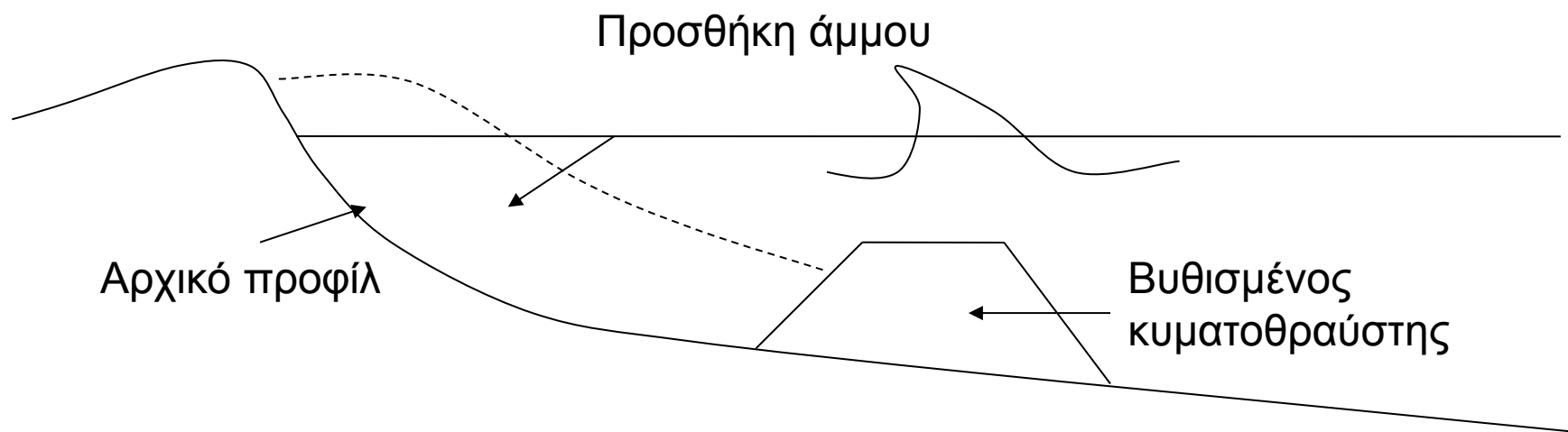
$$h(y) = A y^{2/3}$$

A: συνάρτηση του  $d_{50}$  και του λόγου  $H_0/L_0$





# Εγκλωβισμός άμμου με την κατασκευή βυθισμένου κυματοθραύστη (perched beach)





# ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

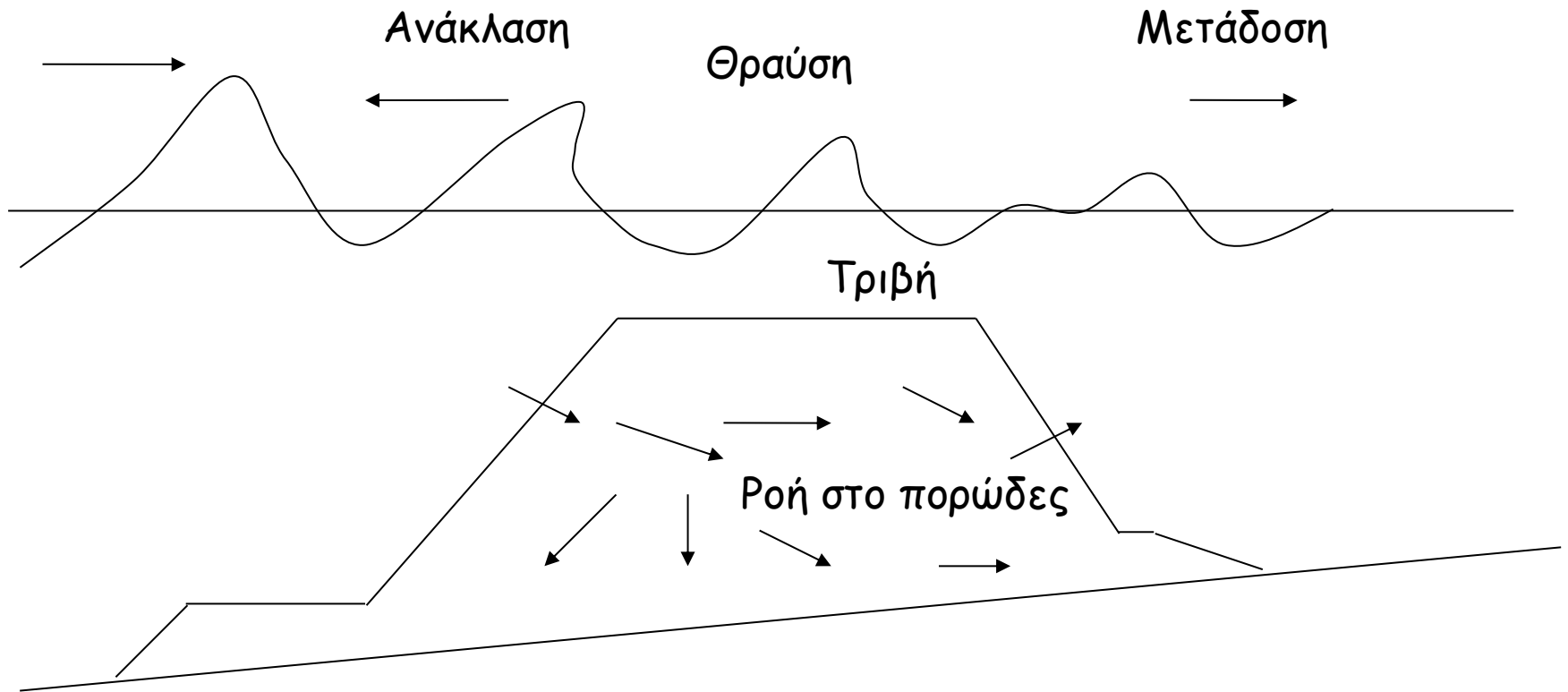


'Ηπια' μέθοδος:  
(τεχνικά έργα  
χωρίς οπτική  
όχληση -  
σχετικά  
ελεύθερη  
κυκλοφορία  
των νερών)

[http://elite.tut.edu.tw/~q01310016/gallery/?g2\\_itemId=629056&g2\\_imageViewsIndex=1](http://elite.tut.edu.tw/~q01310016/gallery/?g2_itemId=629056&g2_imageViewsIndex=1)



# Κυματισμός που προσπίπτει



# ΧΡΗΣΗ ΓΙΑ ΑΝΑΨΥΧΗ ΚΑΤΑΔΥΣΕΙΣ



<http://www.reefbeach.com/images/drbreakwater/grandominicusiberostartitled.jpg>



# ΧΡΗΣΗ ΓΙΑ ΑΝΑΨΥΧΗ: SURFING

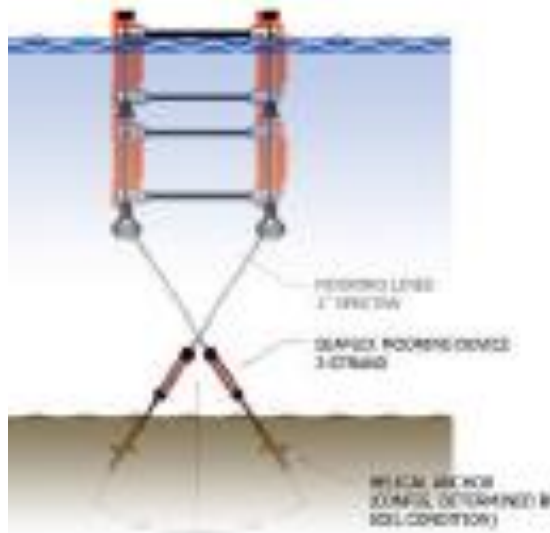
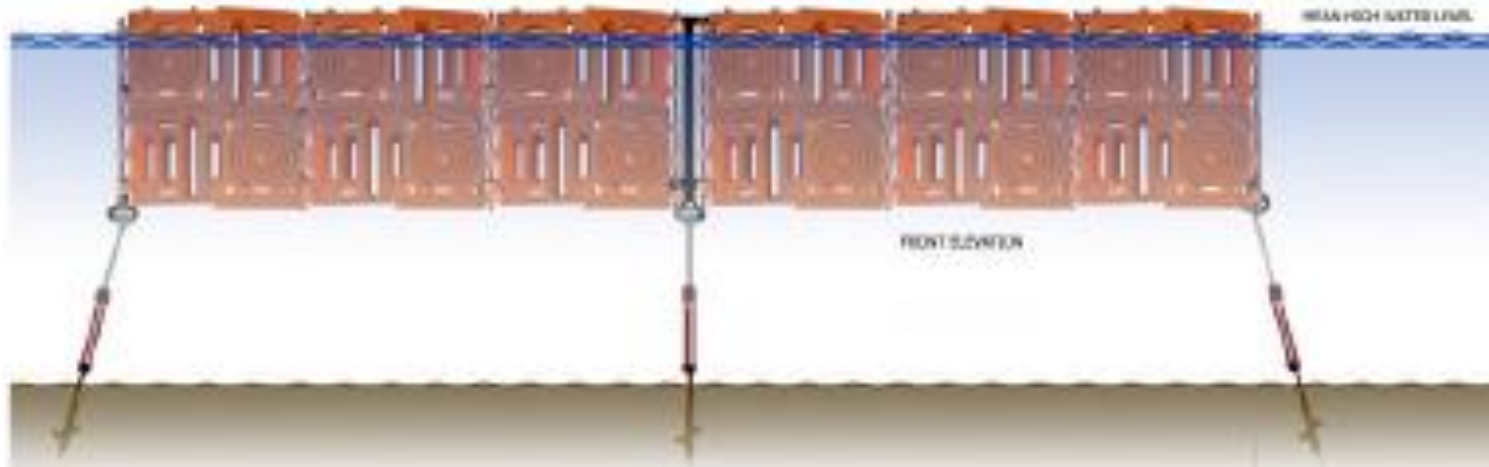
## ΑΚΤΗ GOLD COAST



<http://s32.photobucket.com/user/jgoubier/media/narrowneck.jpg.html>



# ΠΛΩΤΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ



Βιομηχανικά παραγόμενες  
κατασκευές

Εφαρμογή σε ημιπροστατευόμενες  
παράκτιες περιοχές



# Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος κατασκευής
- Ταχύτητα τοποθέτησης (η περιοχή να ταλαιπωρείται ελάχιστα από τις εργοταξιακές διαταράξεις και την οδική μεταφορά των δομικών υλικών)
- Ελάχιστες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις - δεν παρεμποδίζεται η κυκλοφορία και η ανανέωση των νερών.
- Δυνατότητα μετακίνησης ώστε να είναι πιο αποτελεσματική ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν

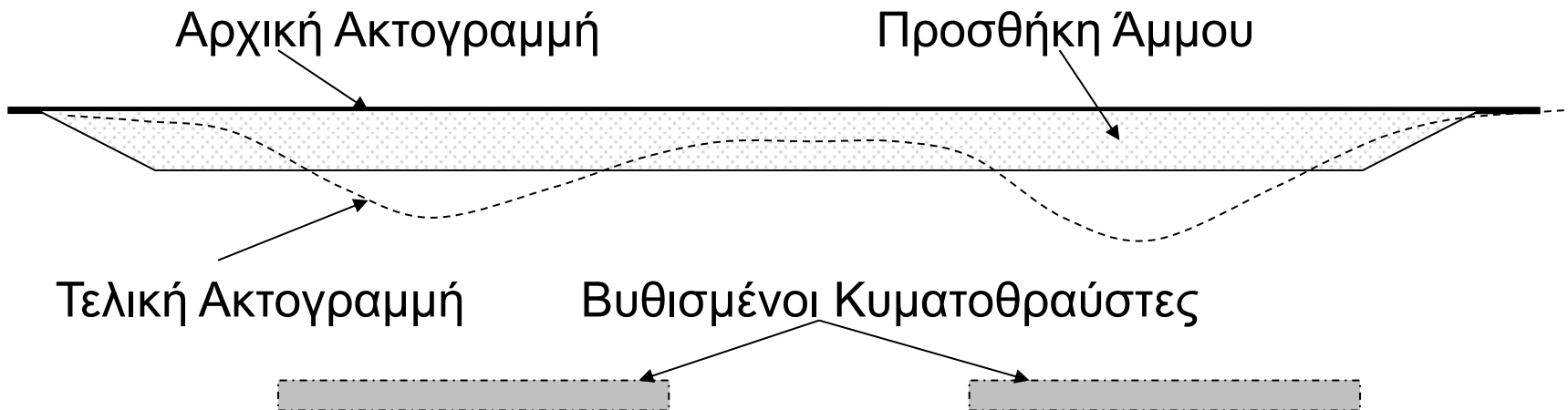


# ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΩΝ

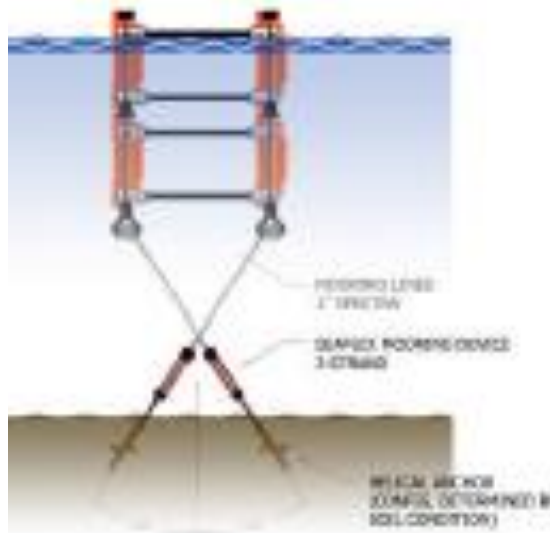
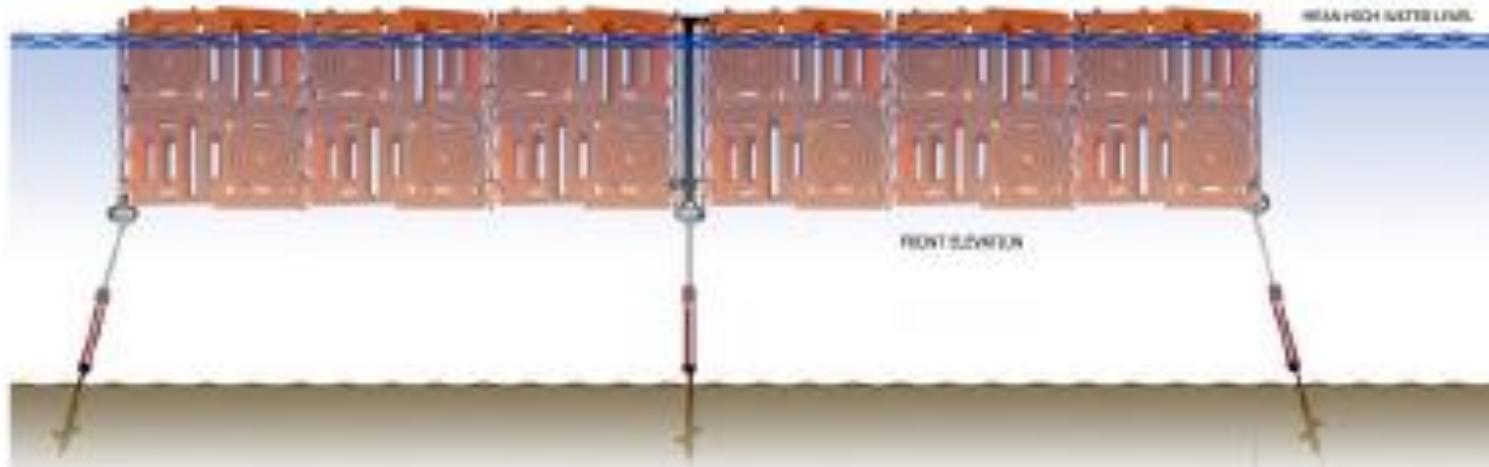
ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

ΚΑΙ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ



# ΠΛΩΤΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ



Βιομηχανικά παραγόμενες  
κατασκευές

Εφαρμογή σε ημιπροστατευόμενες  
παράκτιες περιοχές



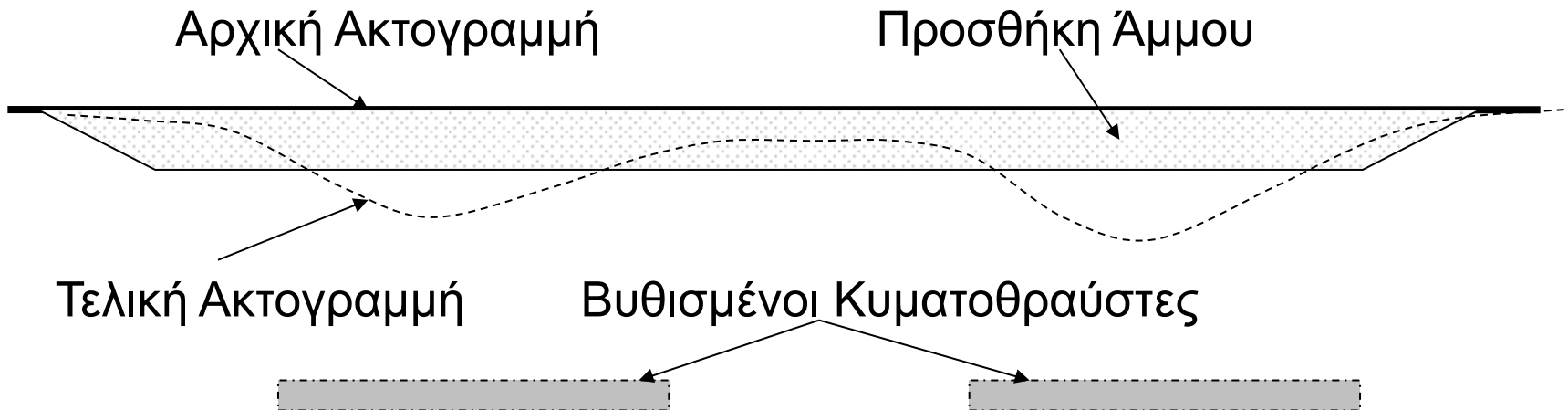


# ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΜΕΘΟΔΩΝ

ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

ΚΑΙ

ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ





<http://technewz.co/a01d398/pellestrina.html/page/25/>



[http://digilander.libero.it/max\\_alt/Venezia/isole/Pellestrina\\_mob.jpg](http://digilander.libero.it/max_alt/Venezia/isole/Pellestrina_mob.jpg)

Τεχνητή ανάπλαση  
ακτής και έργα  
προστασίας της  
(ημιβυθισμένοι  
κυματοθραύστες και  
πρόβολοι) στην Ιταλία



<http://www.delos.unibo.it/main.html>

Ακτομηχανική και λιμενικά έργα

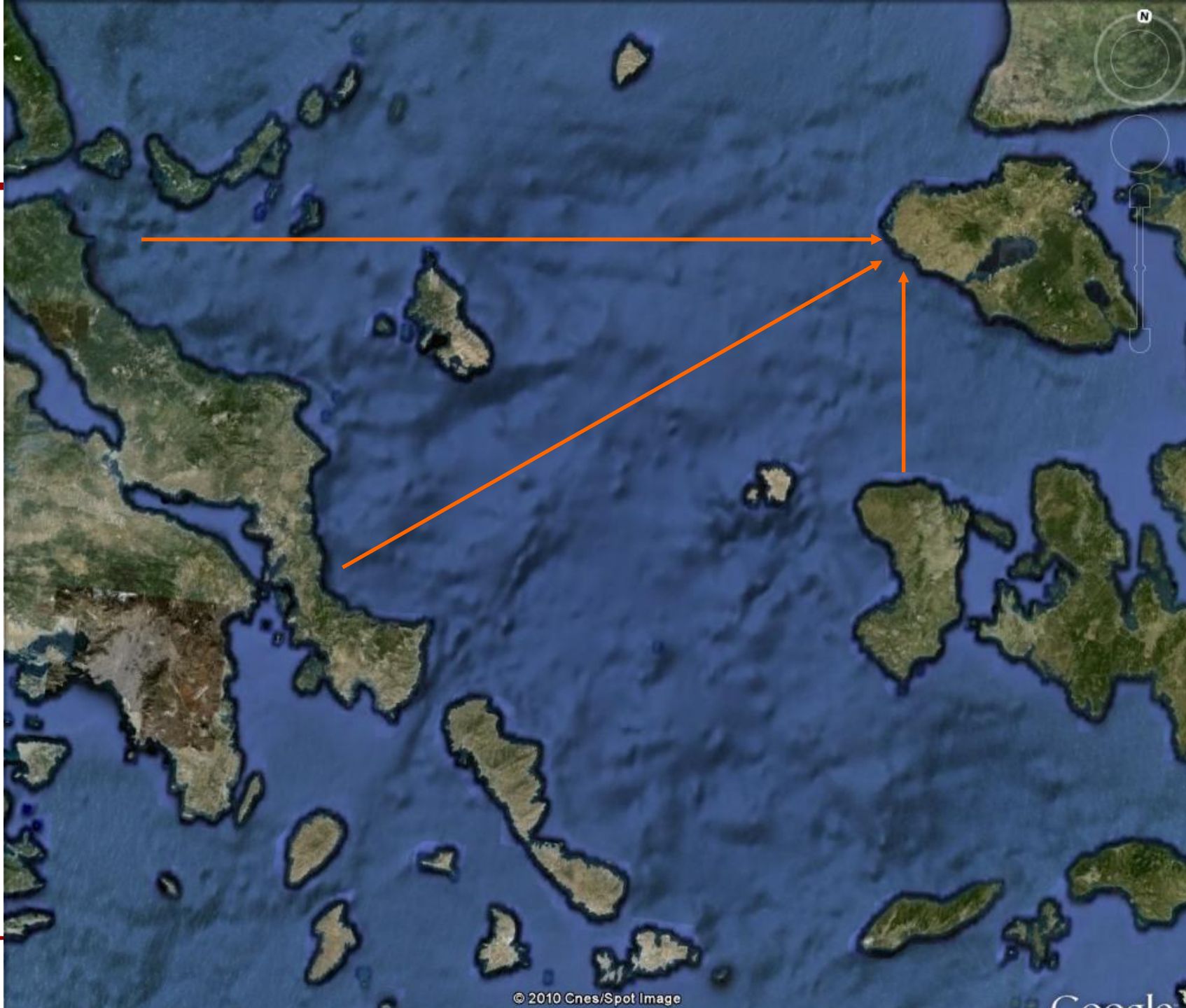
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών





Ερεσσός, Λέσβος 27-2-2004. Η παραλία, το ποτάμι και το φράγμα που συγκρατεί τα ποτάμια ιζήματα στα ανάντη. Το φράγμα κατακρατεί το 52-55% των ιζημάτων





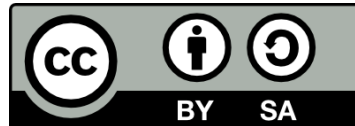
# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Καραμπάς Θεοφάνης.  
«Ακτομηχανική και λιμενικά έργα. Κλιματική αλλαγή και διάβρωση ακτών».  
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.

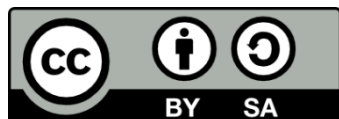
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# 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



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.

