

Διδακτορική διατριβή

«Η διάβρωση των ακτογραμμών της Ελλάδας. Αξιολόγηση - τρόποι αντιμετώπισης»

Επιμέλεια:

Επιβλέπων:

Συμβουλευτική επιτροπή:

Σπύρος Φωτείνης

Καθ. Κώστας Συνολάκης

Καθ. Νικόλαος Νικολαΐδης,

Δρ. Χρήστος Αναγνώστου

Καθ. Νικόλαος Καλλίθρακας-Κόντος,

Καθ. Νικόλαος Καλογεράκης

Καθ. Θεοχάρης Τσούτσος

Καθ. Έλεια Ψυλλάκη

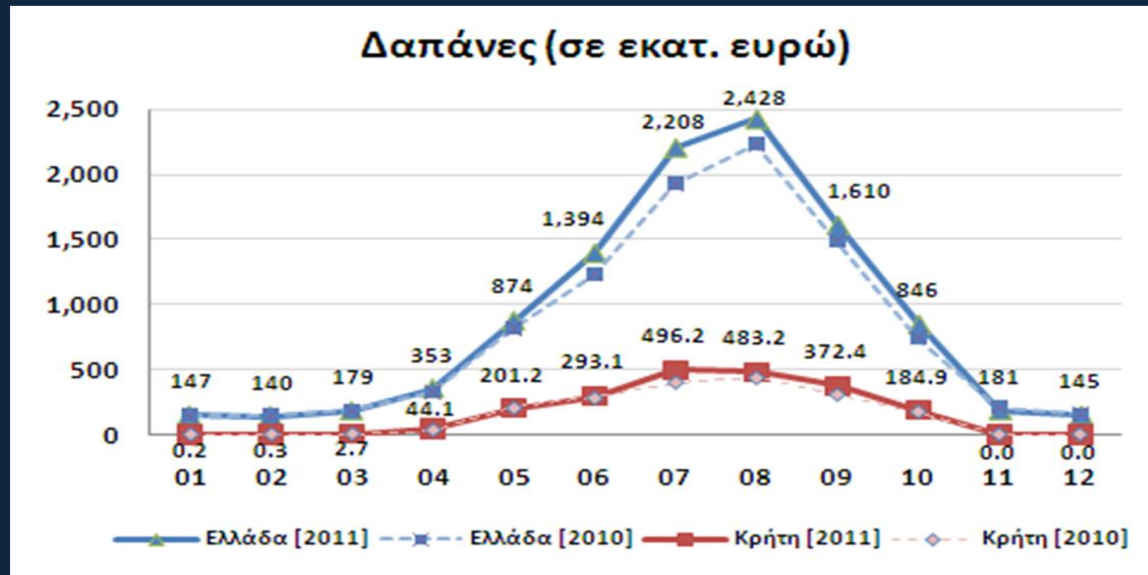
ΧΑΝΙΑ 2014



Προβληματισμός

- ✓ Η Ελλάδα έχει το μεγαλύτερο μήκος ακτών στην Μεσόγειο
- ✓ Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις
- ✓ Εκτεταμένη διάβρωση από την δεκαετία του 1950
- ✓ Περιβαλλοντικές επιπτώσεις (χλωρίδα, πανίδα)
- ✓ Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις (τουρισμός, υποβάθμιση παράκτιων ιδιοκτησιών)

Μηνιαία κατανομή της τουριστικών δαπανών στην Ελλάδα και στην Κρήτη για το διάστημα 2010-2011.



πηγή: Τράπεζας της Ελλάδος



Μεθοδολογία

- ✓ Συλλογή και χρήση ιστορικού υλικού (αεροφωτογραφίες, φωτογραφικό υλικό, χάρτες αιγιαλού/παραλίας κλπ) για αρχική αξιολόγηση της κατάστασης των Ελληνικών ακτογραμμών μέσω περιπτώσεων μελέτης (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Συλλογή και κριτική Ελληνικής νομοθεσίας – νομολογίας (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Εύρεση και αναλυτική περιγραφή των κυριότερων αιτιών διάβρωσης (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Δημιουργία οδηγού παρατήρησης παράκτιου περιβάλλοντος και οδηγού αξιολόγησης υγείας παράκτιων κυψελών παραλιών (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Εποχιακές μετρήσεις και τρισδιάστατες απεικονίσεις προφίλ επιλεγμένων παραλιών (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Αξιολόγηση μεθόδων και συλλογή πρωτογενών δεδομένων (κύματα και ρεύματα) από επιλεγμένες παραλίες (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Σύγκριση πρωτογενών κυματικών δεδομένων με αυτά που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην Ελλάδα (μέθοδος SMB) και με αυτά που υπολογίζουν τα κυματικά μοντέλα τρίτης γενιάς (WAM cycle 4).
- ✓ Αξιολόγηση της μεθόδου του 137Cs για υπολογισμό ρυθμού διάβρωσης/πρόσχωσης.
- ✓ Εφαρμογή υδροδυναμικού μοντέλου Mike 21 BW (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Μελέτη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε παράκτια ιζήματα (παραδοτέο Ηράκλειτος II).
- ✓ Πιλοτική εφαρμογή ευκαιριακής αναπλήρωσης παραλίας στην παραλία Πλατανιά. Χανιά (παραδοτέο Ηράκλειτος II).



Διάβρωση

- ✓ Σταδιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής
- ✓ μετρούμενη σε ικανοποιητικό χρονικό ορίζοντα

Παραλία Βραχάκια, Χανιά



1982 πλάτος 15 m

Λήψη: ???



2009 πλάτος 0 m

Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Μάιος 2009

Παραλία Πλατανιά, Χανιά



1983



1992



2000



2006



2007

Λήψη: Σ Λαγωνικάκης και ???

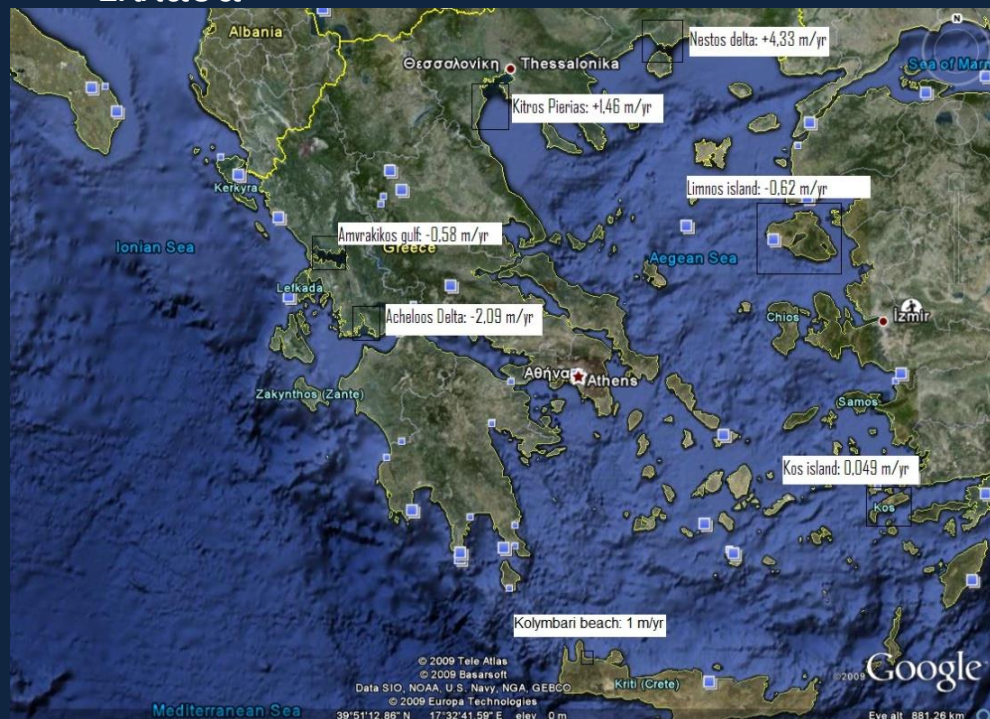


2008

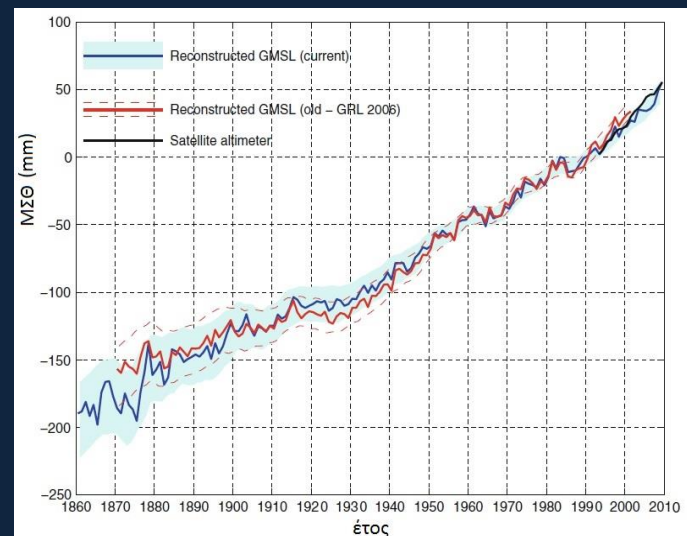


Διάβρωση ως φυσικό φαινόμενο

- Επηρεάζει την γεωμορφοδυναμική των ακτών
- Δεν αποτελεί φυσική καταστροφή
- Δυνατή η πρόληψη και αντιμετώπιση
- Επίδραση της αύξησης της μέσης στάθμης της θάλασσας (ΜΣΘ)
- Ήπια αύξηση της ΜΣΘ ($0+1$ mm/έτος) στην Ελλάδα



Πηγή: Foteinis et al., 2010



Πηγή: Church & White, 2011

«... I have seen the hungry ocean gain
Advantage on the kingdom of the shore. . . .
....I have seen such interchange of state....»

Shakespeare Sonnet 64

-written during 1590s-

«...Έχω δει τον πεινασμένο ωκεανό να κερδίζει
πλεονέκτημα εις θάρους του βασιλείου της ακτής...
...Έχω δει τέτοια εναλλαγή καταστάσεων...»

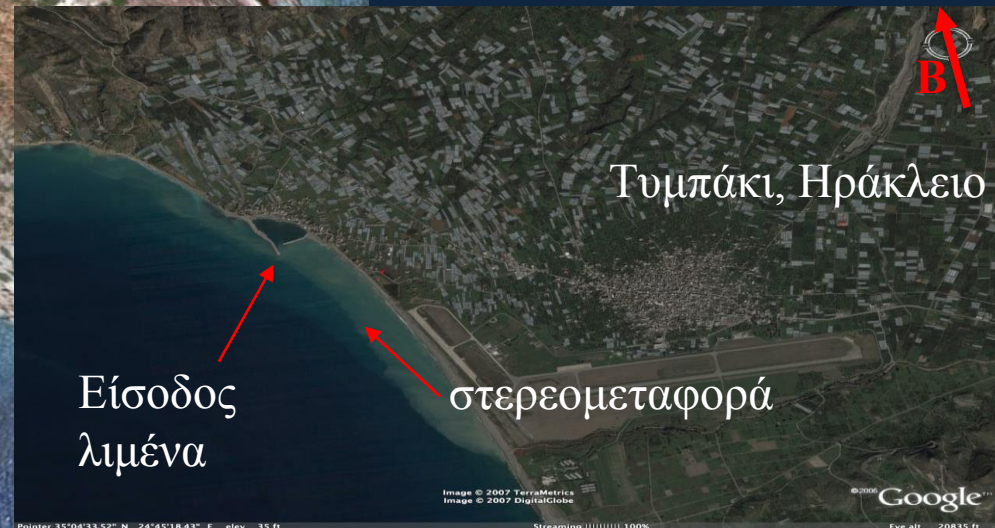
Σαίξπηρ, Σονάτα 64

-γράφτηκε τη δεκαετία του 1590-

Μηχανισμός λειτουργίας παράκτιων κυψελών/παραλιών

Παράκτια κυψέλη → Αντιδραστήρας συνεχούς ροής

- Εισροές
- Εκροές
- Φυσική λειτουργία



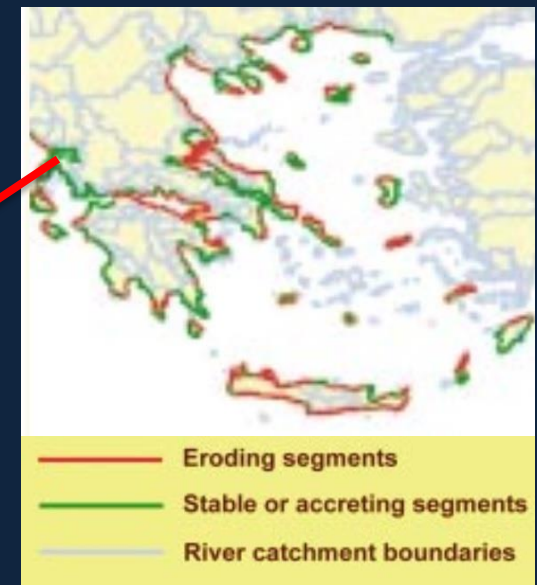
Η κατάσταση στην Ελλάδα

- ✓ Διάβρωση του 28,6% των ακτογραμμών
- ✓ 70% των ακτογραμμών της Ελλάδας είναι βραχώδεις → το σύνολο των προσχωσιγενών ακτών διαβρώνεται

Ψαθάκι, Πρέβεζα:
Παράδειγμα υποβάθμισης και κακής υγείας παράκτιας.



Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Ιούλιος 2009



Πηγή: Doody et al, 2004



Κύριοι λόγοι διάβρωσης στην Ελλάδα*

- Ανυπαρξία διαχείρισης και ΟΔΠΖ
- Ελλιπής γνώση – έλλειψη πρωτογενών δεδομένων
- Αποκλειστική υιοθέτηση βαρέων λύσεων
- Έντονη αστικοποίηση – αλλαγή χρήσεων γης
- Αμμοληψίες κατασκευή δρόμων και καταστροφή αμμοθινών

*Αναφορές: Synolakis et al., 2008; Synolakis et al., 2009; Foteinis et al., 2010; Foteinis and Synolakis, 2014

Παραλία Ταυρωνίτη, Χανιά



Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Νοέμβριος 2012

Παραλία Κουτσουρά, Άγιος Νικόλαος

1960 πλάτος παραλίας 50 m



Λήψη: ???

2010 πλάτος παραλίας 15 m



Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Ιούνιος 2010



Νομοθεσία παράκτιας ζώνης

Προστασία παράκτιας ζώνης/παραλιών → Συνταγματική επιταγή (άρθρο 24 και άρθρο 117 παρ. 3)

Νομοθεσία

- Ν. «Περί διακρίσεως κτημάτων» του 1837, υιοθέτηση βυζαντινού δικαίου, παράκτια χερσαία ζώνη «*in Usu Publico*». Αιγιαλός «βρέχεται από τας μεγίστας, πλην συνήθεις αναβάσεις των υδάτων αλλ' όχι και από τας εκτάκτους πλημμύρας»
- Α.Ν.1219/1938 απαγορεύεται η αμμοληψία από «παραλίες περιοχές τουριστικής σημασίας» αλλά τοπικές κατά νομούς επιτροπές «...καθορίζουντις θέσειςεξόρυξης και λήψης άμμου» μετά από «....καταβολής τιμήματος εκμετάλλευσης των χώρων αμμοληψίας».
- Α.Ν.2344/1940 "Περί αιγιαλού και παραλίας" ο αιγιαλός είναι «κτήμα κοινόχρηστον» και «προστατεύεται και διαχειρίζεται υπ` αυτού». Καθορισμός παλαιού αιγιαλού «εκ μαρτυρικών δε καταθέσεων... άλλων ενδείξεων». Παραλία «ξηρά μέχρι πλάτους 50 μέτρων, που αρχίζει από το προς ξηράν όριο του αιγιαλού»
- Νόμος 1650/1986 καθιστά μη νόμιμες τις αμμοληψίες, εκτός από επιτρεπόμενες θέσεις, λόγω υποβάθμιση περιβάλλοντος
- Ν. 2971/2001 "Αιγιαλός, παραλία και άλλες διατάξεις" και η τροποποίηση του με τον Ν. 4048/2012 δίνει μόνο γενικούς ορισμούς.
- Κ.Υ.Α. ΕΠΠ/ΓΕΝ/ΟΙΚ.12285/14 (ΦΕΚ-348 Β/14-2-14) : "Κατ' εξαίρεση για την χωροθέτηση χώρων αμμοχαλικοληψίας σε κοίτες ποταμών, χειμάρρων και υδατορρεμάτων οι οποίοι απαιτούνται για την κάλυψη των αναγκών σε δάνεια υλικά και μόνο για την κατασκευή έργων που έχουν χαρακτηρισθεί ως Εθνικής Σημασίας"
- Δημόσια Διαβούλευση για το σχέδιο νόμου «Οριοθέτηση, διαχείριση και προστασία αιγιαλού και παραλίας», ...επιτρέπεται η παραχώρηση της χρήσης αιγιαλού με σκοπό την οικονομική τους αξιοποίηση και την εκτέλεση έργων... Η πρόσβαση του κοινού στις παραχωρούμενες εκτάσεις δεν είναι δεδομένη αλλά παρέχεται κατόπιν στάθμισης συμφερόντων.

Δεν ακολουθεί το πνεύμα της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας (Ελλάδα → ελάχιστη απόσταση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων από τον αιγιαλό 50m, Ευρωπαϊκή νομοθεσία → ελάχιστη απόσταση τα 100m)



Νομολογία παράκτιας ζώνης

Κύρια πηγή: Ανώτερα δικαστήρια → Άρειος Πάγος και Συμβούλιο της Επικρατείας (ΣτΕ)

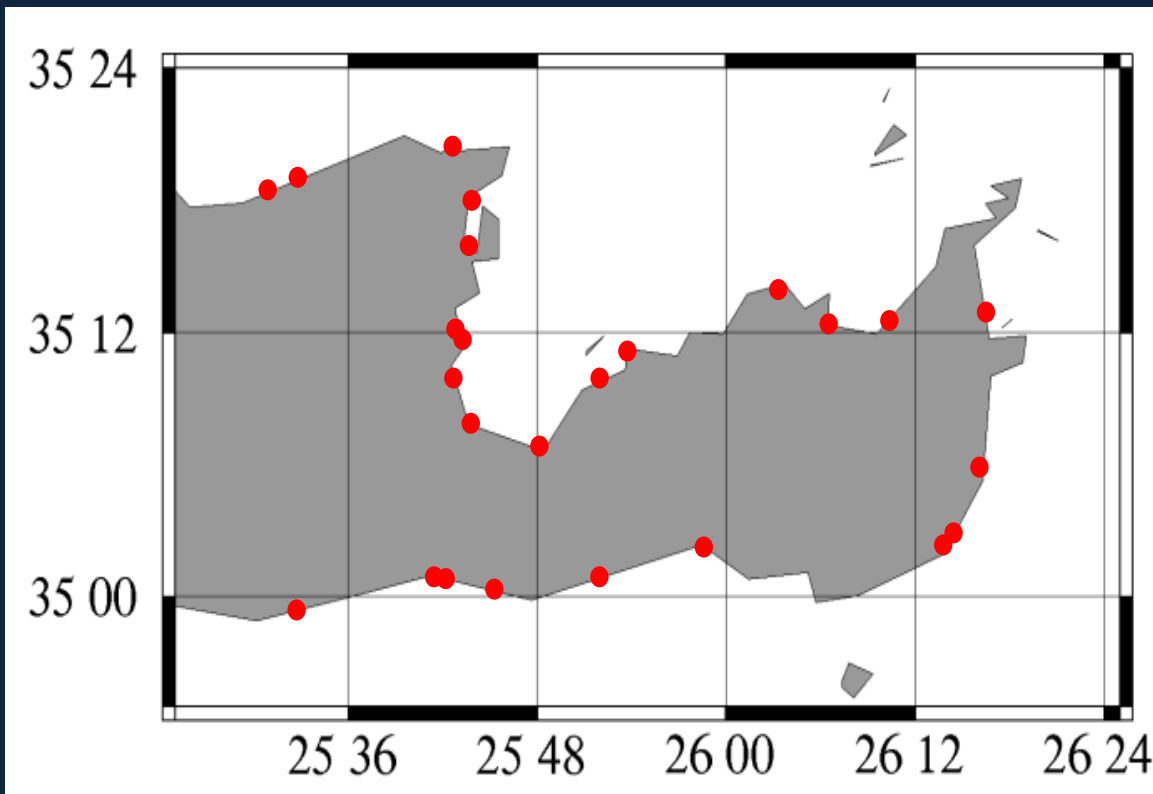
- ΣτΕ → προτεραιότητα άρθρο 24 έναντι άλλων συνταγματικών διατάξεων
- Η νομολογία που αφορά την παράκτια ζώνη και τις παραλίες **δεν είναι εκτεταμένη** (Παράρτημα ΙΙΙ), καθώς η υπάρχουσα νομοθεσία είναι ελλιπής
- Η νομολογία **σχετίζεται κυρίως με λιμένες και ιδιοκτησιακά ζητήματα στον αιγιαλό**
- Έλλειψη νομοθεσίας → δικαστική εξουσία αναλαμβάνει το ρόλο του νομοθέτη, παράδειγμα η απόφαση ΣτΕ 3346/99 που απαγορεύει την ίδρυση αγκυροβολίων σε κολυμβητικές ακτές



Περίπτωση μελέτης: Ν. Λασιθίου

Ο νομός φιλοξενεί από παραλίες «τσέπης» έως παραλίες μεγάλου μήκους και
από παραλίες με χοντρόκοκκο υλικό έως παραλίες με λεπτόκοκκο υλικό

Οι 25 περιοχές μελέτης για φαινόμενα διάβρωσης



Πηγή: Foteinis and Synolakis, 2014b



Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμών

- 88 αεροφωτογραφίες της γεωγραφικής υπηρεσίας στρατού (ΓΥΣ)
- 42 δορυφορικές εικόνες Google
- 5 έρευνες πεδίου (2009-2012), συλλογή δεδομένων με την μέθοδο του ορίζοντα και το διαφορικό RTK GPS
- Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό πρόγραμμα AutoCAD (εναλλακτικά ArcGIS)
- Σχεδιασμός ακτογραμμής, εύρεση κοινών σημείων, διόρθωση κλίμακας

Παραλία ΕΟΤ, Άγιος Νικόλαος, 1978 έως 2012



Παχιά Άμμου, Ιεράπετρα 1960 έως 2010



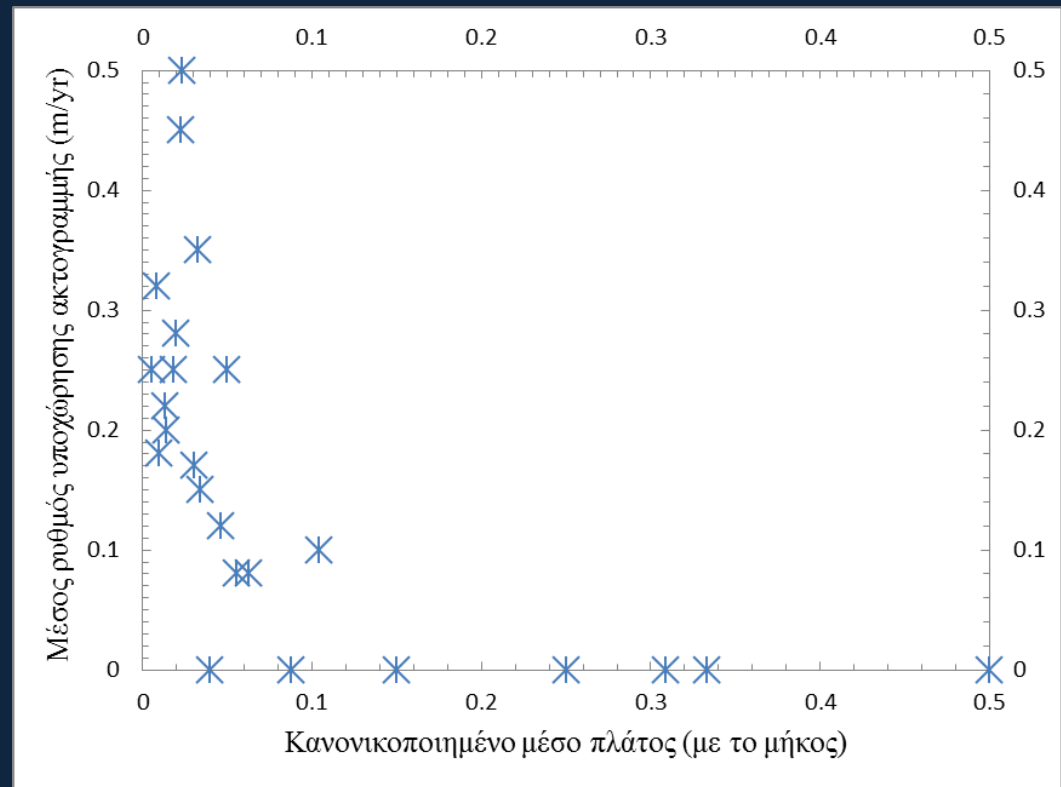
Πηγή: Foteinis and Synolakis, 2014b



Διαχρονική εξέλιξη ακτογραμμών

Υπολογισμός μέσου ρυθμού υποχώρησης για τις 25 περιοχές μελέτης

Τοποθεσία	Μέση υποχώρηση ακτογραμμής (m/έτος)	περίοδος
Κιτροπλατεία	0	1975-2012
Παραλία ΕΟΤ	0.25	1972-2012
Βαθύ	0	1995-2012
Ελούντα	0	1966-2012
Πλάκα	0.08	1966 - 2012
Σκινιάς	0	1992-2012
Καλό Χωριό	0.22	1966-2012
Μίλατος	0.35	1995-2012
Σίσι	0.23	1967-2012
Ιεράπετρα	0.45	1978-2012
Γρα Λυγιά	0.28	1960-2012
Στόμιο	0.5	1987-2012
Μύρτος	0.45	1989-2012
Φέρμα	0.15	1996-2012
Παχεία Άμμος	0.25	1995-2012
Θόλος	0.08	1994 - 2012
Μακρύς Γιαλός-Κουτσουράς	0.2	1966-2012
Κάτω Ζάκρος	0.17	1966-2012
Κουρεμένος	0.18	1995-2012
Ξερόκαμπος	0	1995-2012
Άματος	0	2002-2012
Μόχλος	0.12	2002-2012
Αγία Φωτιά	0.25	1992-2012
Σητία	0.32	1966-2012
Παναγία Φανερωμένη	0	1995-2010



Κανονικοποιημένος μέσο πλάτος, προς το μήκος κάθε περιοχής μελέτης ως τον αντίστοιχο μέσο ρυθμό υποχώρησης.

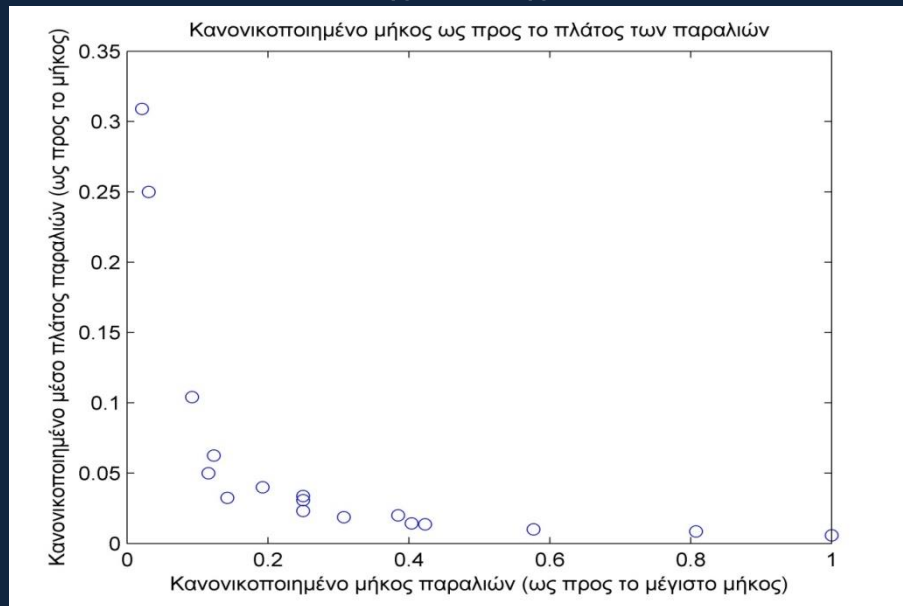
Πηγή: Foteinis and Synolakis, 2014b



Αρνητικές ανθρώπινες επεμβάσεις => εστίαση σε παραλίες μεγάλου μήκους

Στατιστικά οι παραλίες μικρού μήκους (παραλίες τσέπης) έχουν παραμείνει σταθερές ενώ οι **μεγαλύτερες παραλίες σε μήκος έχουν χάσει περίπου το 30 % του μέσου πλάτους τους.**

μονώνυμο της μορφής $y=ax^c$



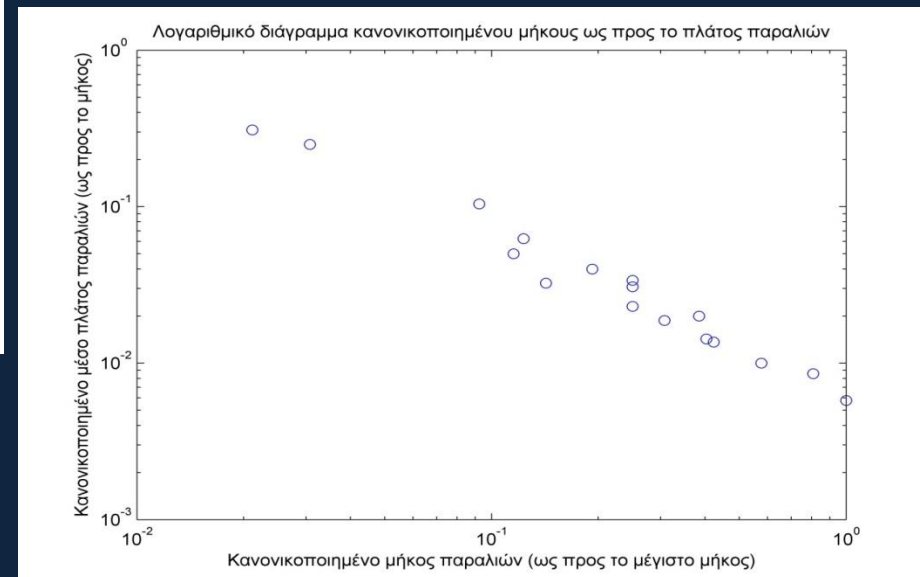
στατιστικά η σχέση που ισχύει είναι:

$$y=23.47x^{-0.05}$$

ιστορικά ίσχυε:

$$y=18.276x^{0.02}$$

συντελεστής παλινδρόμησης $R^2 = 0.9725$



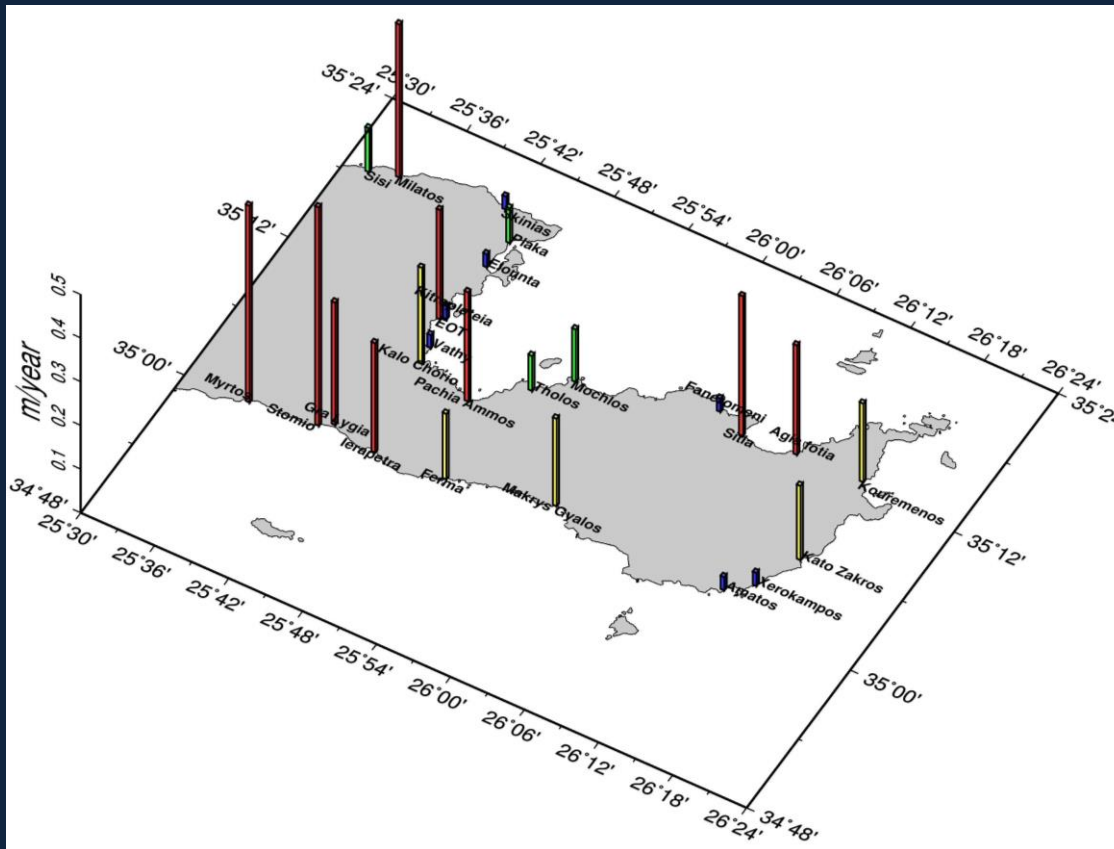
Πηγή: Foteinis and Synoloakis, 2014b



Χάρτης επικινδυνότητας σε διάβρωση

Τέσσερις κατηγορίες ρυθμών με βάση το μέσο πλάτος:

1. **Υψηλή** (>0.25 m/έτος),
2. **Μέση** (0.15 έως 0.25 m/έτος),
3. **Χαμηλή** (0.05-0.15 m/έτος) και
4. **Σταθερές** ακτογραμμές (~ 0 m/έτος)



Πηγή: Foteinis and Synolakis, 2014b

- 40% → υψηλά προβλήματα διάβρωσης (> 0.25 m/έτος),
- 20% → μέτρια προβλήματα διάβρωσης (0.15 έως 0.25 m/έτος),
- 12% → χαμηλό ρυθμό υποχώρησης (0.05-0.15 m/έτος) και
- 28% → παραμένουν σταθερά (~ 0 m/έτος).



Δείκτες αξιολόγησης παράκτιων κυψελών/παραλιών*

- ✓ Για τον εντοπισμό, καταγραφή, αξιολόγηση και ανάδειξη των προβλημάτων που αντιμετωπίζει η παράκτια ζώνη δημιουργήθηκαν οι δείκτες υγείας παραλίας /παράκτιας κυψέλης (Παράρτημα Ι)
- ✓ Μέχρι στιγμής δεν υπάρχουν δείκτες βιωσιμότητας της παράκτιας ζώνης
- ✓ Μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μηχανικούς, τοπικές, εθνικές αλλά και ξένες υπηρεσίες, από φορείς ή φυσικά πρόσωπα αλλά και από τον οποιοδήποτε που έχει άμεση ή έμμεση σχέση με την παράκτια ζώνη
- ✓ Κεντρική και τοπική εποπτεία και βιώσιμη ανάπτυξη της παράκτιας ζώνης

Βαθμολογία	Κατάσταση παραλίας
1-3	Κακή
4-6	Μέτρια
7-10	Καλή έως τέλεια

*Πηγή: Φωτεινής et al, 2012



Παράκτιες κυψέλες/υποκυψέλες, Καλό Χωριό, Αγίου Νικολάου



Δείκτες αξιολόγησης παράκτιων κυψελών*

I. Διαχείριση

Δείκτης	Βαθμολογία
Εθνικός, περιφερειακός και τοπικός σχεδιασμός	3
Σποραδικά και χωρίς μέριμνα έργα/παρεμβάσεις	2
ΟΛΠΖ και ιζήματος	3
Χωροταξικός σχεδιασμός	2

II. Στερεομεταφορά

Δείκτης	Βαθμολογία
Παραμπόδιση φυσικής διάβρωσης λεκανών απορροής και χειμαρικότητας λόγω αστικοποίησης	5
Φράγματα	9
Εκτροπή εκροής ρεμάτων/ποταμών	8
Αμμοληψίες από κοίτες υδάτινων οδών και παραλίες	6
Παραμπόδιση παράκτιας στερεομεταφοράς	3

III. Μόλυνση/ρύπανση

Δείκτης	Βαθμολογία
Απορροές σε υδάτινες οδούς και τη θάλασσα	6
Γεωργικές εκμεταλλεύσεις	9
Συντήρησης σκαφών στην παράκτια ζώνη	4
Πλήθος σκαφών/πλοίων ανά μέτρο ακτής	9
Ιχθυοκαλλιέργειες	10
Ρυθμός ανανέωσης υδάτων (κλειστοί κόλποι)	10

IV. Οικοσύστημα και βιοποικιλότητα

Δείκτης	Βαθμολογία
Βιοποικιλότητα	8
Λιβάδια ποσειδωνίας	6
Είδη υπό εξαφάνιση	10
Εντατική αλιεία (τράτες, δυναμίτιδα κ.α.)	3
Ευτροφισμός	9

V. Τύπος ακτογραμμών

Δείκτης	Βαθμολογία
Προσχωσιγενής ακτές υπό ενεργή διάβρωση	3
Οχύρωσης ακτογραμμής	5
Πρόβλεψη για παθητική διάβρωση	2
Ποσοστό παράκτιων κατασκευών ανά m ² ακτής	6
Βαριές κατασκευές	4

VI. Παράκτιες υποδομές

Δείκτης	Βαθμολογία
Φυσικό κάλος παράκτιας ζώνης	6
Αρχιτεκτονική	3
Πλήθος επισκεπτών ανά m ² αμμώδους ακτής	4
Προσβασιμότητα (οδικό δίκτυο, δημόσιες συγκοινωνίες)	7
Υποδομές και χωροθέτηση τους	4
Ύπαρξη κέντρου υγείας/νοσοκομείου	7

*Πηγή: Φωτεινής et al, 2012



Δείκτες αξιολόγησης παραλιών*

I. Τοπίο

Δείκτης	Βαθμολογία
Υγεία αμμοθινών χλωρίδας και πανίδας	3
Ομοιομορφία, κλίση και προφίλ ισοδυναμίας	4
Χρώμα και διαύγεια υδάτων	9
Φυσικό τοπίο	4
Ενιαία αρχιτεκτονική	3
Παρέμβαση (κυματοθραύστες, λιμάνια κλπ)	5

II. Ποιότητα υδάτων/ιζήματος

Δείκτης	Βαθμολογία
Μπλε σημαία	10
Αλιευτικό καταφύγιο, μαρίνα ή λιμένας	7
Γεωργικές εκμετάλλευσες	9
Μυρωδιά και ανοξικές συνθήκες	9
Απορρίμματα/πλήθος σκαφών	9

V. Παράκτια οικολογία

Δείκτης	Βαθμολογία
Υγεία οικοσυστήματος	7
Προστασία οικοσυστήματος	4
φυσικού κάλος/είδος υπό εξαφάνιση	6
Διαχείριση	4

IV. Διάβρωση

Δείκτης	Βαθμολογία
Χώρος για παθητική διάβρωση	2
Αντίδραση στην διάβρωση	4
Ήπιες μέθοδοι ή βαριές κατασκευές	6
Ωριμότητα τοπικής κοινωνίας	3
Ωριμότητα αρμόδιων φορέων	6

V. Παράκτιες υποδομές/Προσβασιμότητα

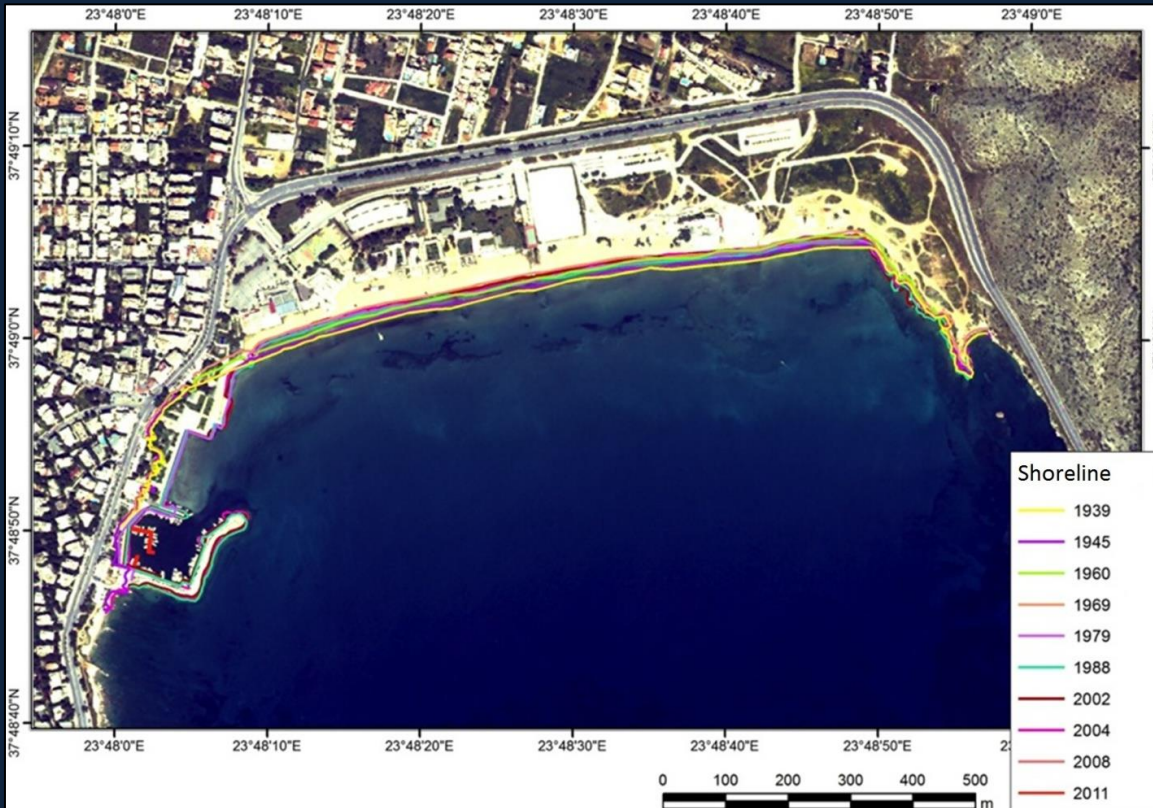
Δείκτης	Βαθμολογία
Υποδομές (αποδυτήρια, πόσιμο νερό κλπ)	0
Χωροθέτηση παράκτιων υποδομών	8
Απόσταση (m) ανά σημείο πρόσβασης	8
Μέριμνα για ΑΜΕΑ	0
Απόσταση (m) ανά χώρο στάθμευσης	6
Ποσοστό (%) παράκτιων ιδιοκτησιών	3

*Πηγή: Φωτείνης et al, 2012



Περίπτωση μελέτης: Η παραλία της Βάρκιζας

- 1939 – 1960: υποχώρηση 20 m στο ανατολικό τμήμα και 14 m στο δυτικό
1960 – 1969: υποχώρηση δυτικού τμήματος 13 m, κεντρικό και ανατολικό σταθερό
1969 – 1979: πρόσχωση 13 m στο κεντρικό, 8m στο ανατολικό, δυτικό τμήμα σταθερό
1979 – 2011: η ακτογραμμή παραμένει σχετικά σταθερή
2012: Επισκέψεις πεδίου → Εμφάνιση υποστρώματος παραλίας (Terra rossa) → Διάβρωση

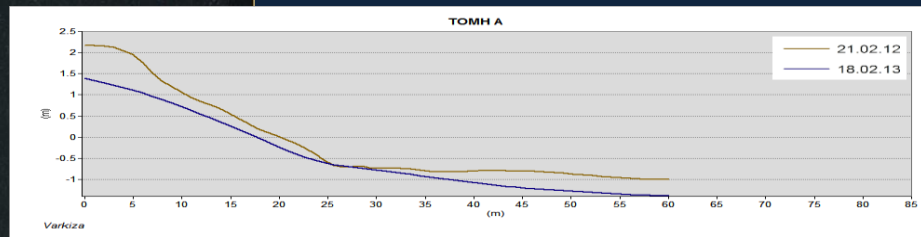
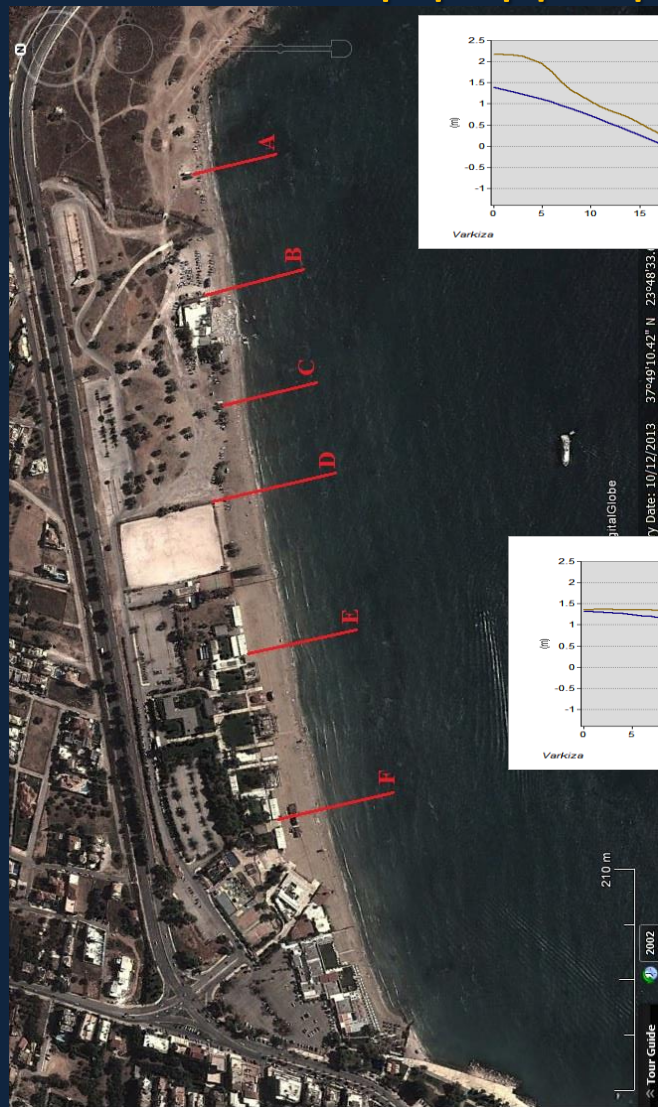


Αεροφωτογραφίες ΓΥΣ (1939, 1945, 1960, 1969, 1979 και 1988) και εικόνες Google (2002 και 2011)

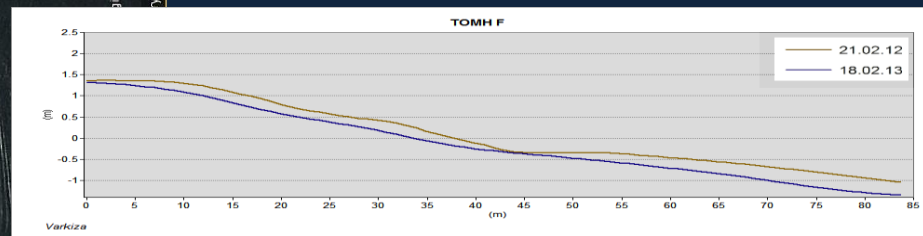
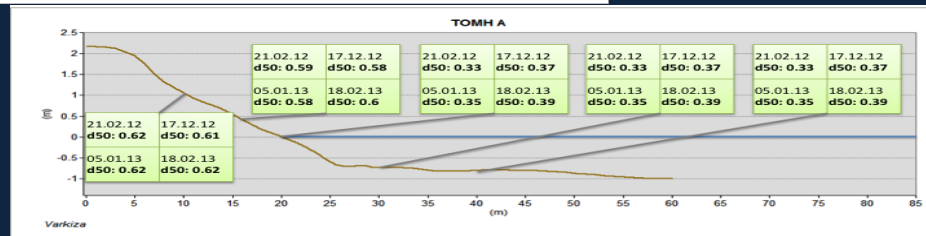
Επεξεργασία: ArcGIS®



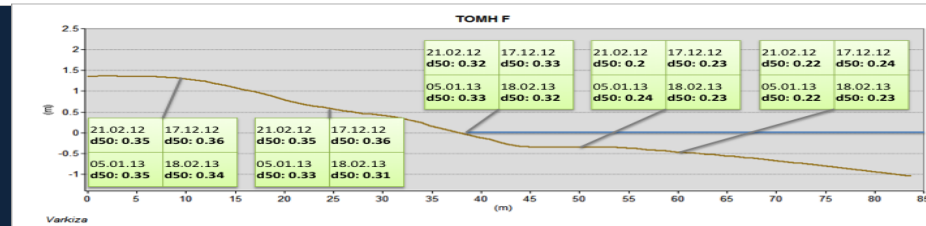
Μέτρηση γεωμορφοδυναμικών χαρακτηριστικών



Ανατολικό τμήμα →
0.6 mm (ξηρά) έως
0.32 mm (θάλασσα)



Δυτικά τμήμα →
0.33 mm (ξηρά) έως
0.22 mm (θάλασσα)



Πηγή: Google earth, 2012

➤ Πιθανώς η στερεομεταφορά έχει κατεύθυνση από ανατολικά προς τα δυτικά



Τρισδιάστατη καταγραφή ανάγλυφου παραλίας

Μέθοδοι:

- ✓ LIDAR (υψηλό κόστος, δεν συνιστάται για παραλίες με μήκος < 3 km (airborne) και για απότομες κλίσεις του προφίλ (terrestrial)



Πηγή: <http://www.wrl.unsw.edu.au/site/resources/equipment/survey-equipment/>



Πηγή: <http://pubs.usgs.gov/fs/2006/3111/>

- ✓ RTK GPS
Κατάλληλο για τρισδιάστατες αποτυπώσεις παραλιών, πρόβλημα στην μέτρηση απότομων κλίσεων και στην καταγραφή του swash zone



Καταγραφή swash zone σε ανοικτές θάλασσες

Musselburgh, East Lothian, Ηνωμένο Βασίλειο

- ✓ Εύρος παλίρροιας 6 m -> δυνατότητα καταγραφής του swash zone με τοπογραφική αποτύπωση (σε άμπωτη)



Πηγή: <http://www.panoramio.com/photo/61819264?source=wapi&referrer=kh.google.com>

Πηγή: Google earth, 2012



Μέθοδος του κράνους RTK GPS

- ✓ Δυνατότητα καταγραφής πραγματικής επιφάνειας της παραλίας στις τρεις διαστάσεις



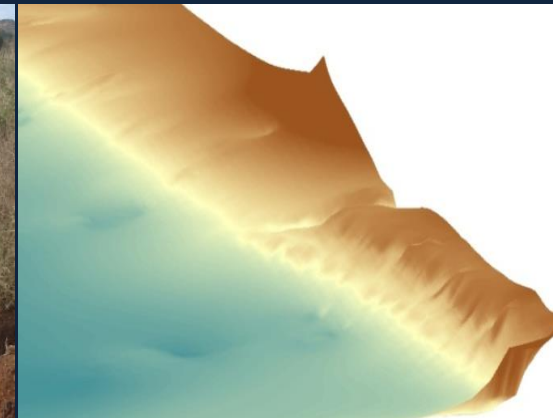
Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Απρίλιος 2012

- ✓ Σφάλμα ± 2.60 cm στον κάθετο άξονα
- ✓ Πυκνός κánaβος με δυνατότητα 3600 μετρήσεις/ώρα
- ✓ Αποτύπωση στις τρεις διαστάσεις της τοπογραφίας και βαθυμετρίας (έως 1.5 m)

Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Απρίλιος 2012



Επεξεργασία: ArcGIS®



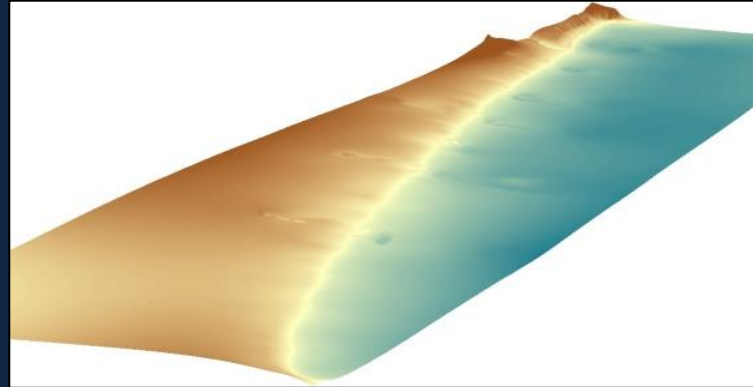
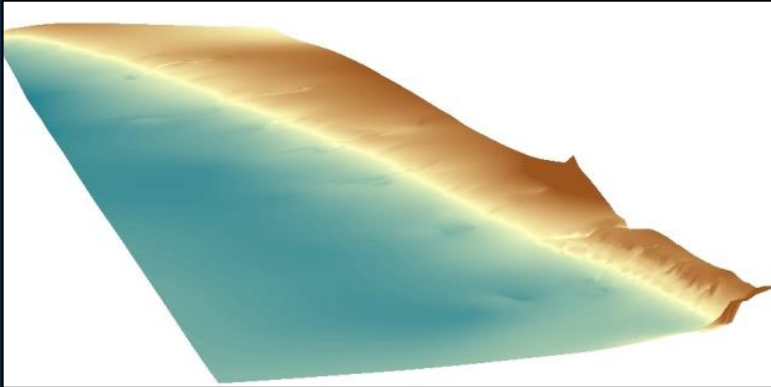
Αριστερά, διαβρωμένο γεωλογικό υπόβαθρο, παραλίας Βάρκιζας, Δεκέμβρης 2012.

Δεξιά, αποτύπωση με την μέθοδο του κράνους RTK GPS την ίδια περίοδο



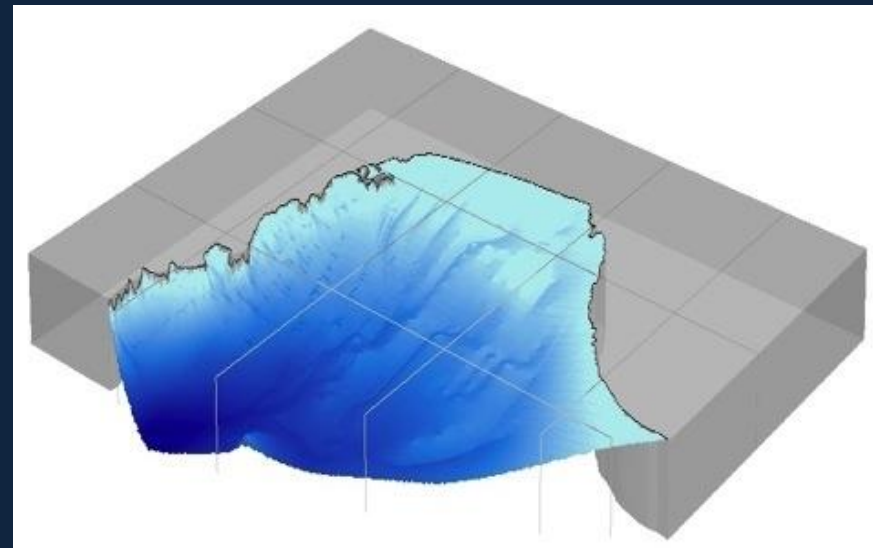
Μέθοδος του κράνους RTK GPS

- ✓ Αποτύπωση της παραλίας της Βάρκιζας το Δεκέμβριο του 2012 με την μέθοδο του κράνους RTK GPS.



Επεξεργασία: ArcGIS®

- ✓ Καταγραφή βαθυμετρίας το βυθομέτρο Ohmex SonarMite® και το RKT GPS Torcon HyperPro®.
- ✓ Συνδυασμός με τα αποτελέσματα της μεθόδου RTK GPS → Ολοκληρωμένη παρακολούθηση παράκτιας κυψέλης.



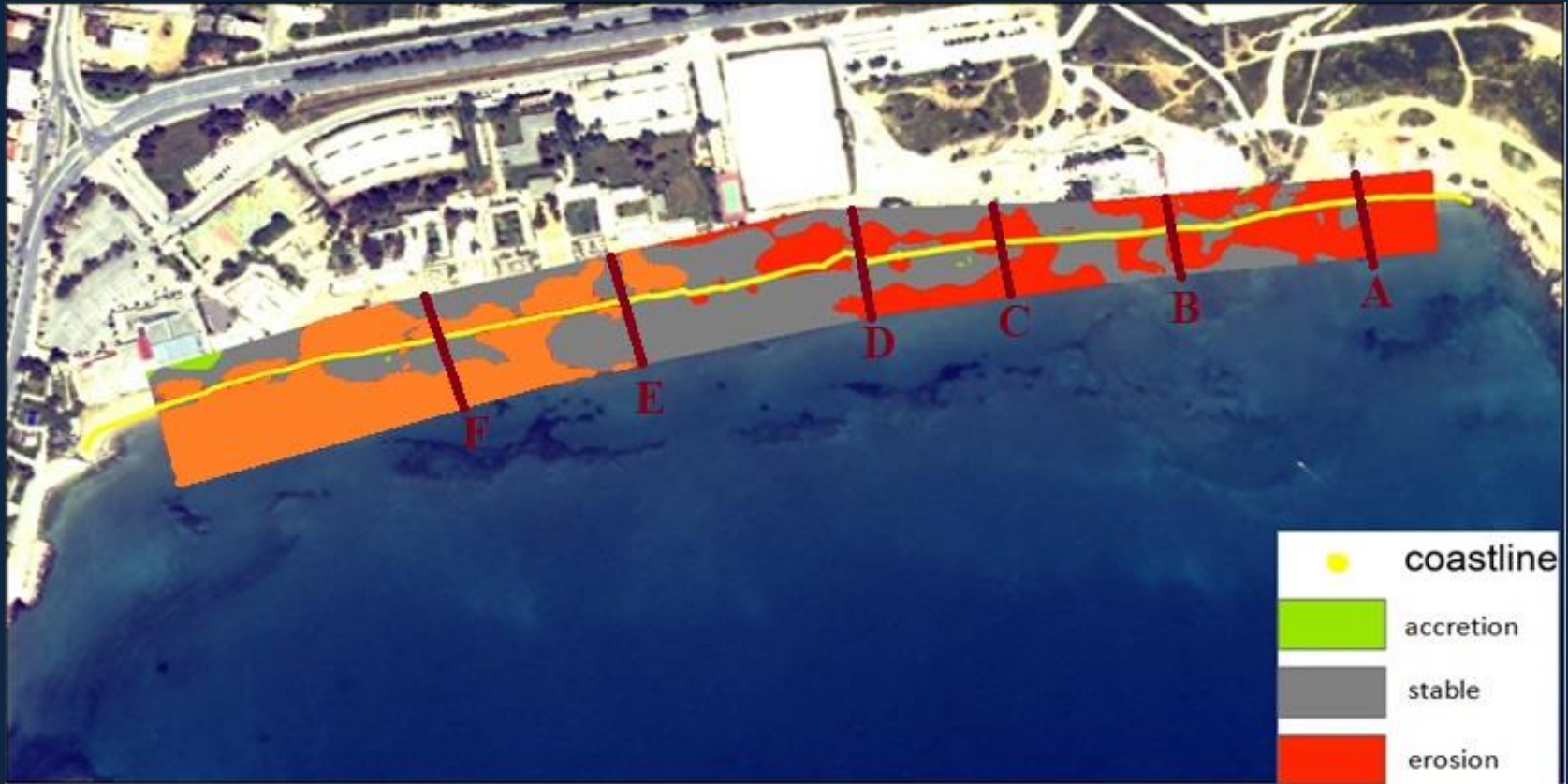
Βαθυμετρία της παράκτιας κυψέλης της Βάρκιζας



Μέθοδος του κράνους RTK GPS

➤ Μακροπρόθεσμες ογκομετρικές μεταβολές

Διάστημα 21 Φεβρουαρίου 2012 έως 18 Φεβρουαρίου 2013.



Επεξεργασία: ArcGIS®

Μέτρηση κυμάτων και ρευμάτων στις τρεις διαστάσεις

Ναυτικό ραντάρ Miros WaveX



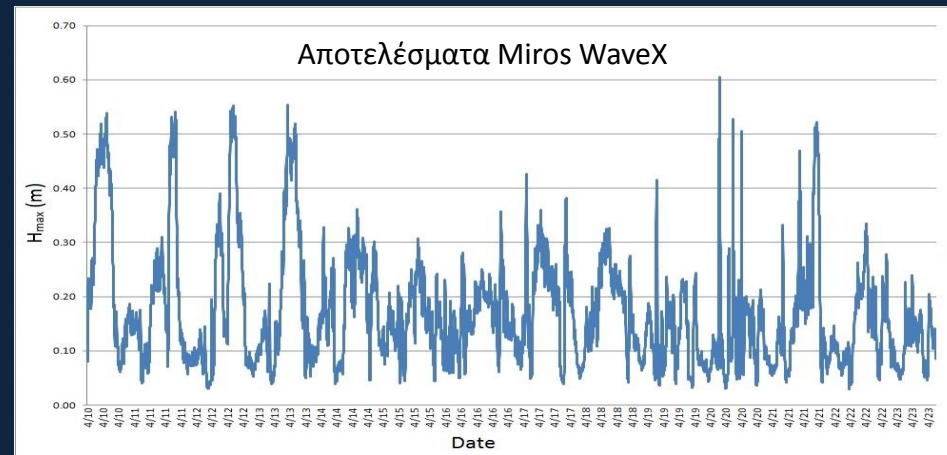
Δεξιά, ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με την ενσωματωμένη μονάδα ψηφιοποίησης βίντεο, αριστερά το συμβατικό ναυτικό X-band (3 cm) της εταιρίας Furuno.

Λήψη: Σπύρος Φωτεινής, Μάρτης 2012

Τεχνικές προδιαγραφές για μέτρηση κυμάτων

Χαρακτηριστικά	Ύψος	Ανάλυση	Τυπ. απόκλιση
Σημαντικό ύψος	0 - 5 m	0.1 m	0.5 m
	5 - 10 m	0.1 m	< 10%
	10 - 15 m	0.1 m	< 20%
Περίοδος	5.0 - 13.0 s	0.1 s	< 10%
	3.2 - 5.0 s	0.1 s	< 20%
	13.0 - 25.6 s	0.1 s	< 20%
Διεύθυνση	1 - 360°	1°	< 20°

Πηγή: WaveX manual



ADCP Nortek awac

Υποθαλάσσια βάση στήριξης και θήκη μπαταρίας

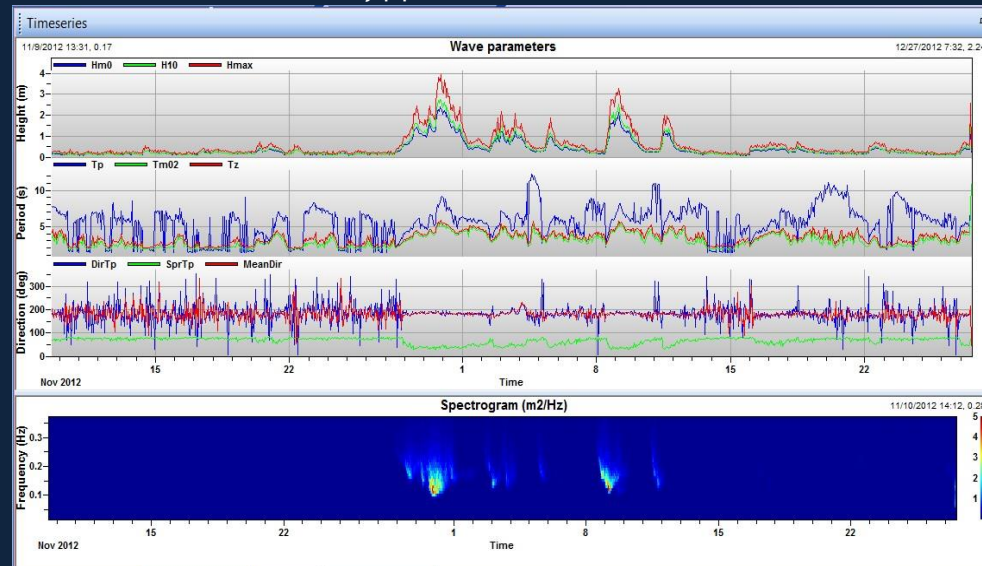


Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Δεκέμβριος 2012

- Καταιγίδα διάρκειας: 5d (από 27/11/2012 στις 09.00 έως την 01/12/2012 στις 10.00)
- Μέγιστο ύψος κύματος: ~4m
- Μέγιστη φασματική περίοδος: 8sec

Κατασκευή υποθαλάσσιας στεγανής θήκης και βάσης πόντισης τριγωνικού σχήματος, πλευράς 1.9 m και ύψους 0.5 m, από κοιλοδοκούς ανοξείδωτου ατσάλι τύπου SS316 με ορθογωνική διατομή (στραντζαριστό).

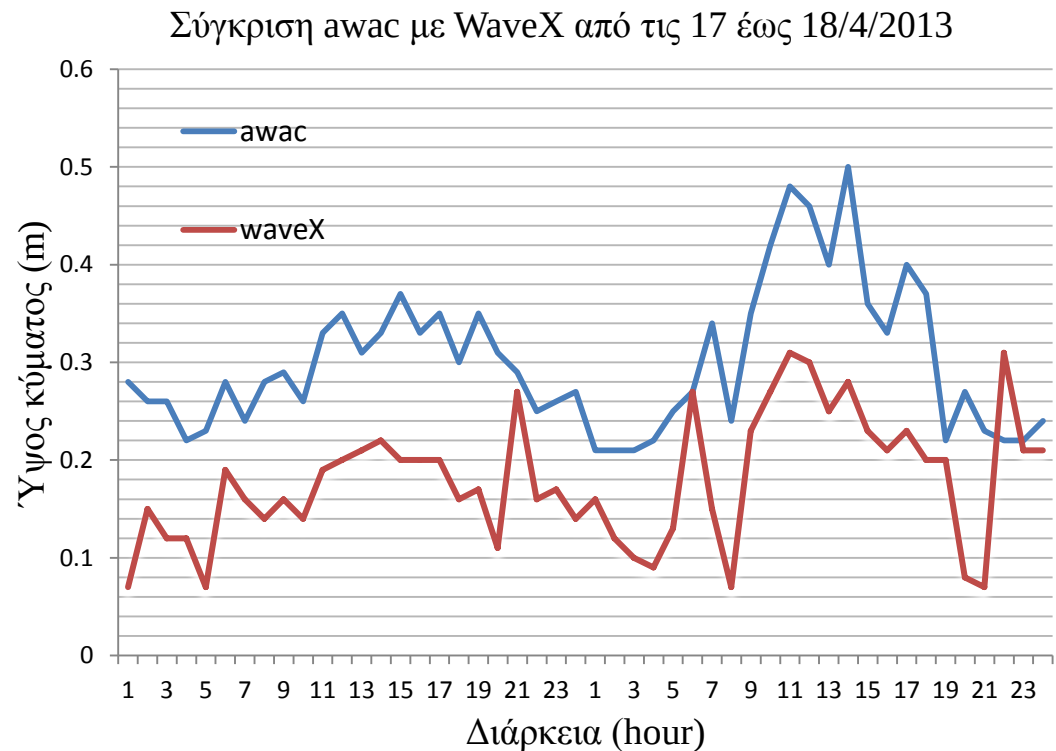
Επεξεργασία: Nortek storm®



Σύγκριση Miros WaveX με ADCP Nortek awac

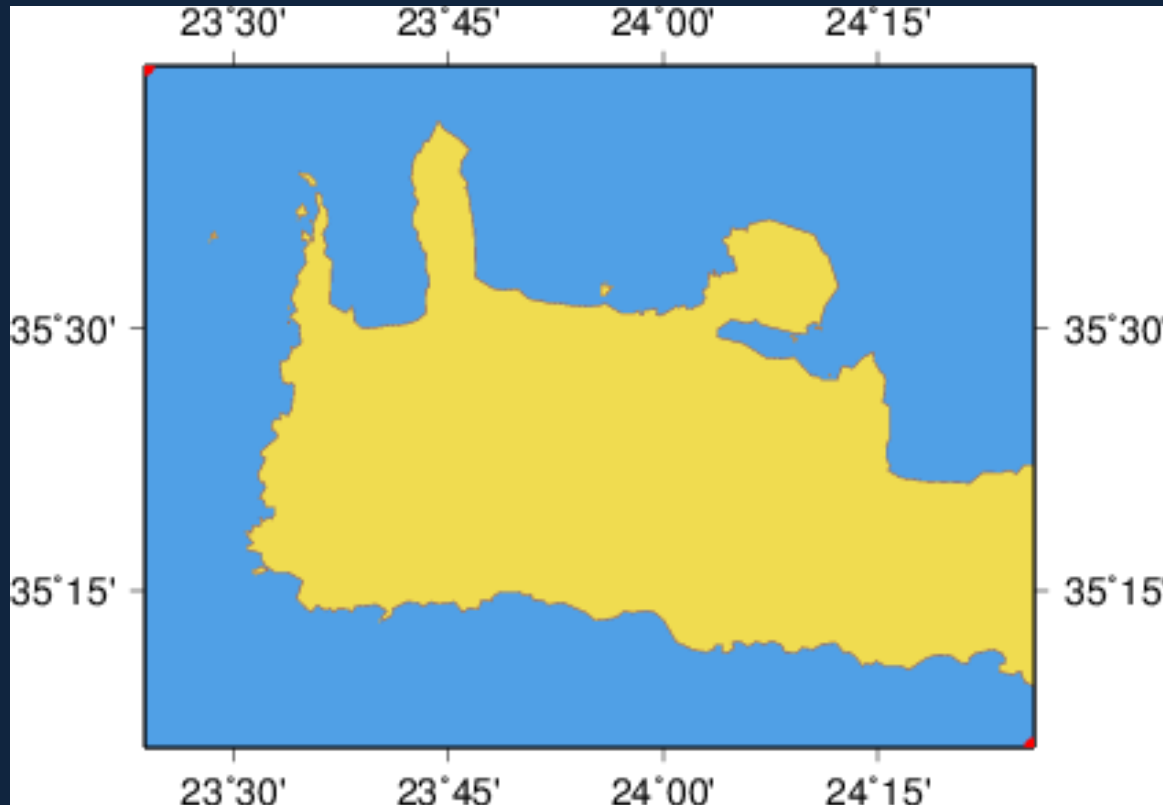
Λόγω κακής συντήρησης το Miros waveX λειτούργησε αποσπασματικά και κατέγραψε μετρήσεις μόνο μέσα στα μέσα Απριλίου 2013.

Παρ' όλες τις υψηλές επισφάλειες (0.5 m) του Miros WaveX στην μέτρηση μικρών ύψους κύματος βρέθηκε ότι αυτό ακολουθεί ένα παρόμοιο μοτίβο με το ADCP Nortek awac στον υπολογισμό του πολύ μικρών υψών κύματος, με τάση υποεκτίμησης τους.



Περίπτωση μελέτης: Ν. Χανίων

- Εστίαση στις παραλίες του κόλπου Χανίων
- Βόρειος προσανατολισμός
- Επηρεάζονται από νοτιάδες
- Τουριστική ανάπτυξη
- Έντονη αστικοποίηση
- Φαινόμενα διάβρωσης



Επεξεργασία: GMT (The Generic Mapping Tools)



Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs)

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αξιολόγηση της διάβρωσης?

- ✓ Τεχνητό ραδιοϊσότοπο
- ✓ Παραπροϊόν της ραδιενεργής σχάσης
- ✓ Χρόνος ημιζωής του είναι περίπου 30 χρόνια
- ✓ Εκπέμπει ισχυρή ακτινοβολία γάμμα στα 661.7 keV
- ✓ Μέτρηση με φασματοσκοπίας ακτίνων γάμμα με διάταξη χαμηλού υποβάθρου
- ✓ Εκτίμηση της αναδιανομής του εδάφους (διάβρωση, πρόσχωση) από ανθρωπογενείς (π.χ. όργωμα, αστικοποίηση κλπ) και φυσικές (αιολική δυνάμεις, καθιζήσεις) παράγοντες κατά την διάρκεια των τελευταίων 30-50 ετών

Ανιχνευτής υπερκαθαρού
γερμανίου σχετικής απόδοσης
70% (HPGe)



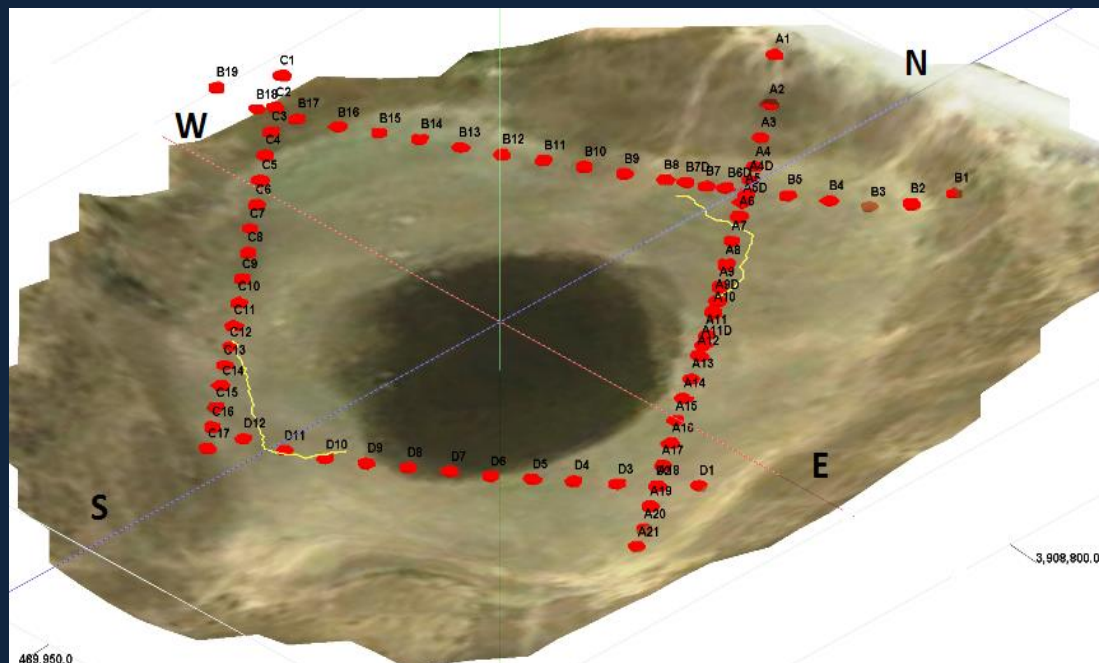
Λήψη: Σπύρος Φωτείνης



Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs)

- ✓ Το οροπέδιο του Ομαλού χρησιμοποιήθηκε ως περιοχή αναφοράς.
- ✓ Το ^{137}Cs συσσωρεύεται κυρίως στην επιφάνεια του εδάφους και αφορά την περίοδο του ατυχήματος του Τσερνομπίλ (Μάιος 1986).
- ✓ Περίπτωση μελέτης → Λίμνιο Ομαλού, ανθρωπογενείς πιέσεις το 2006.
- ✓ Ιδρύθηκε ένα πλέγμα δειγματοληψίας (80x100 m) και συλλογής 72 αδιατάραχτων πυρήνων βάθους από 4 έως 10 cm. Κάθε πυρήνας διαχωρίστηκε σε διαστήματα 2cm, σύνολο 282 αδιατάραχτων δειγμάτων εδάφους.

Πλέγμα δειγματοληψίας

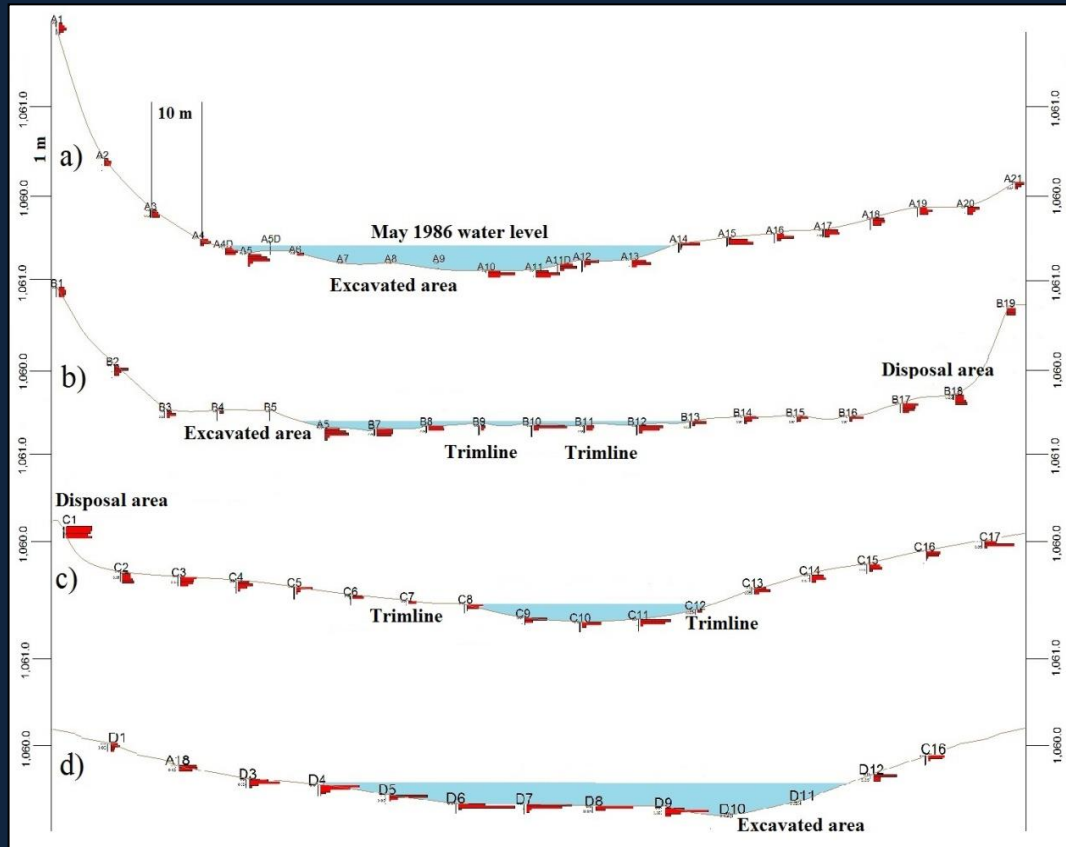


Πηγή: Foteinis et al, 2014b



Μέθοδος ραδιενεργού καΐσιου-137 (^{137}Cs)

- Ακριβής προσδιορισμός μορφολογικών αλλαγών για τα τελευταία περίπου 30 χρόνια (1986-σήμερα)
- Δυνατότητα προσδιορισμού του επίπεδου της στάθμης εφημέριων υδάτινων όγκων τον Μάιο 1986



Πηγή: Foteinis et al, 2014b



Μετρήσεις κυμάτων/ρευμάτων με ADCP Nortek awac

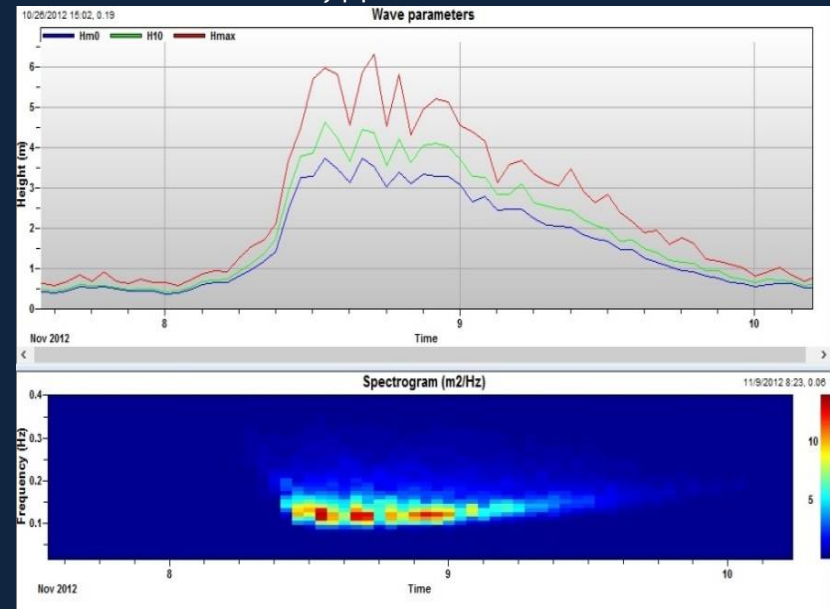
Χαρακτηριστικά καταιγίδας το Νοεμβρίου του 2012 στον κόλπο Χανίων

Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Νοέμβριος 2012



- Αποτελέσματα καταιγίδας το Νοεμβρίου του 2012 στον Ταυρωνίτη Χανίων.

Επεξεργασία: Nortek storm®



Σύγκριση αποτελεσμάτων SMB και awac

Μοντέλο περιγραφής της κατάστασης διαταραχής της θαλάσσιας επιφάνειας SMB (Svedrup- Munk-Bretschneider) -> προσδιορίσει H_s και T_s από την ταχύτητα του ανέμου (U), του αναπτύγματος πελάγους (*fetch*) F και της διάρκειας πνοής του ανέμου (D)

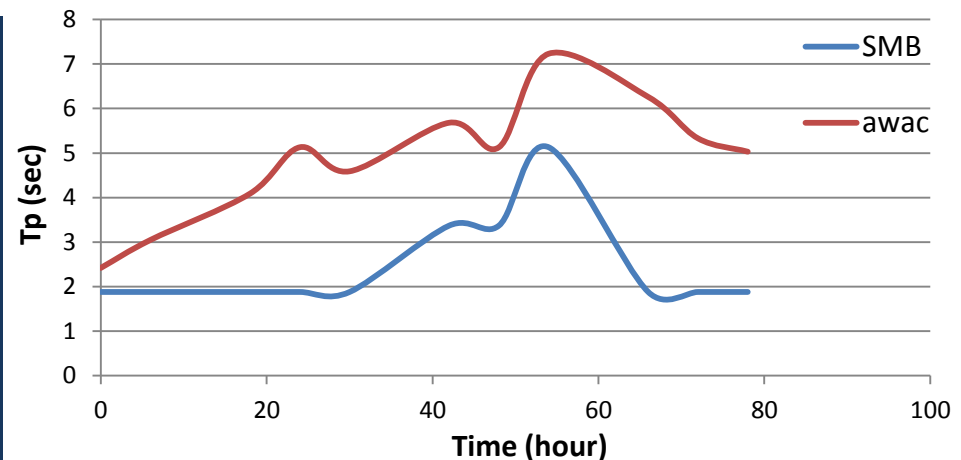
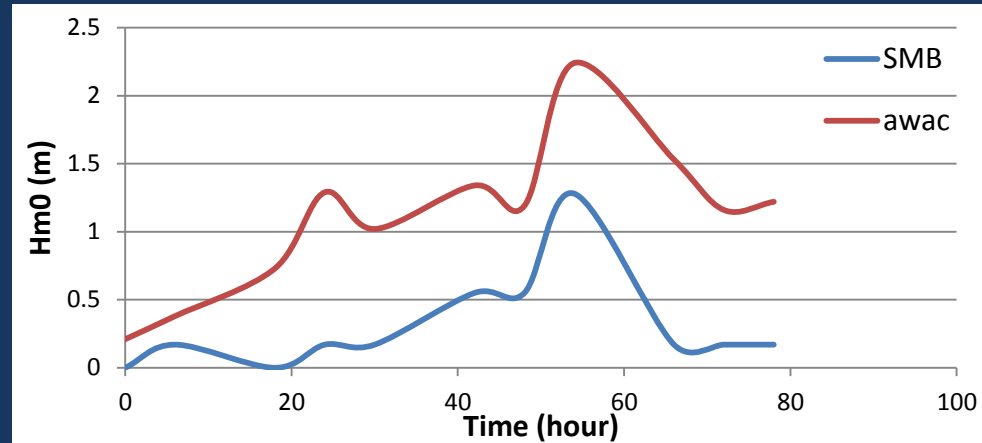
$$F = \frac{\sum R_i \cos^2 a}{\sum \cos a}$$

$$\frac{gH_s}{U^2} = 0,283 \cdot \tanh(0,0125 \cdot \Phi^{0,42})$$

$$\frac{gT_s}{U} = 7,540 \cdot \tanh(0,077 \cdot \Phi^{0,25})$$

$$\frac{gD}{U} = 6,588 \cdot e^{\sqrt{0,0161 \cdot (\ln \Phi)^2 - 0,369 \cdot (\ln \Phi) + 2,2024} + 0,8798 \cdot (\ln \Phi)}$$

$$\Phi = \frac{gf}{U^2}$$



Καταιγίδα 27/12/12, Βάρκιζα

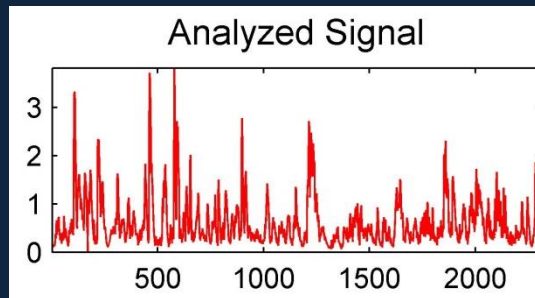


Σύγκριση αποτελεσμάτων WAM και awac

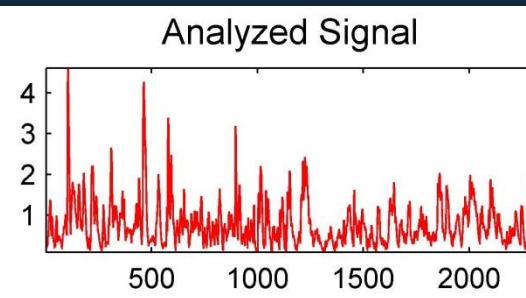
WAM -> Κυματικό μοντέλο τρίτης γενιάς (αριθμητική προσομοίωση)*

- Πολύ καλός συσχετισμός Hm0 με awac (Correlation coefficient = 0.9786)
- Υπερεκτίμηση σημαντικής και μέγιστης περιόδου κύματος

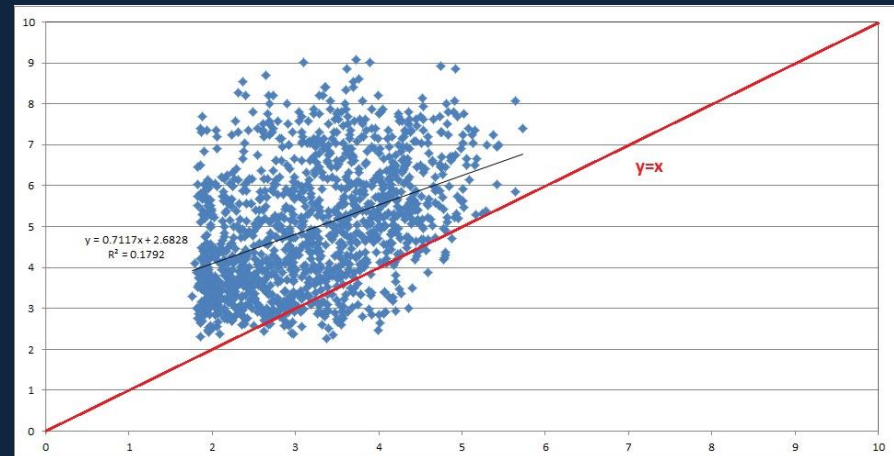
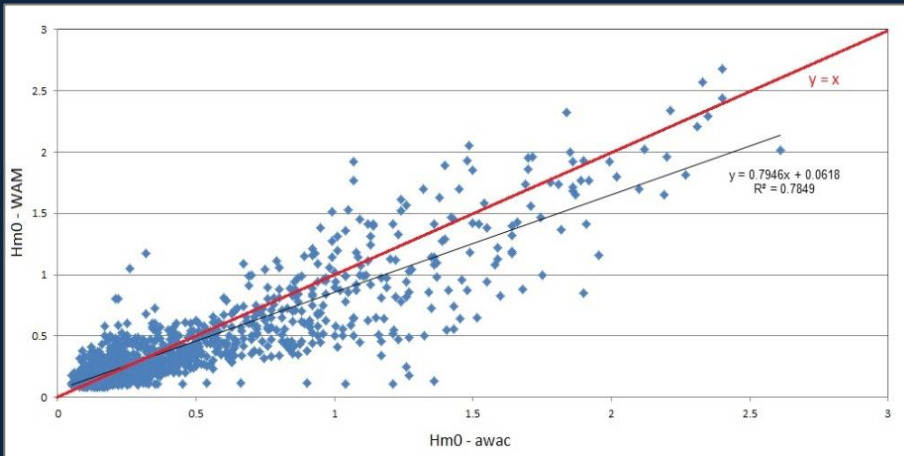
Hm0 awac



Hm0 WAM



Επεξεργασία: Matlab®



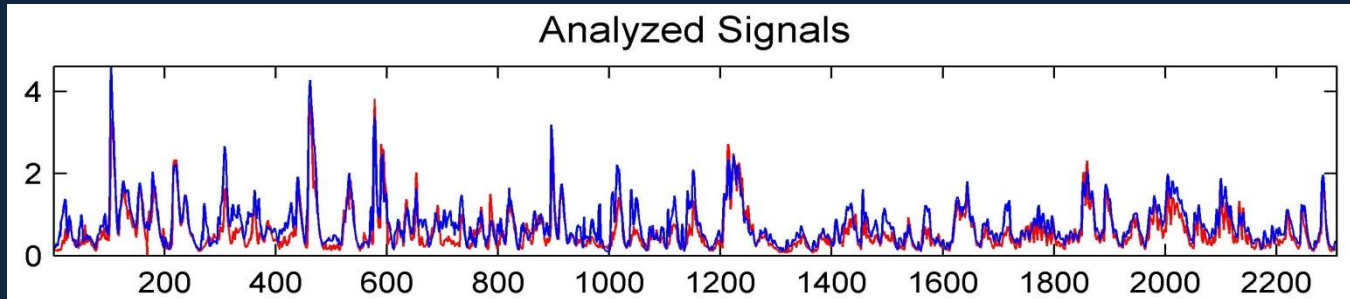
*Δεδομένα WAM ευγενική χορηγία Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (meteo.gr)



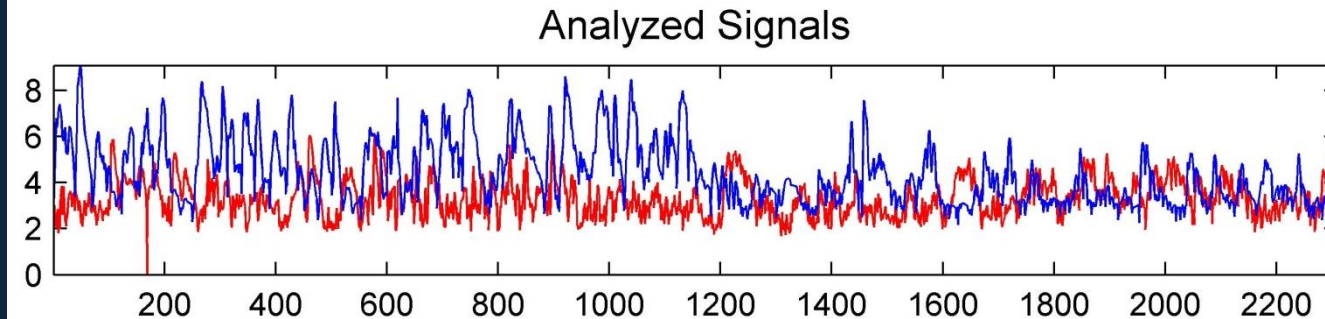
Σύγκριση κυματοσειρών

WAM -> μπλε, awac -> κόκκινό

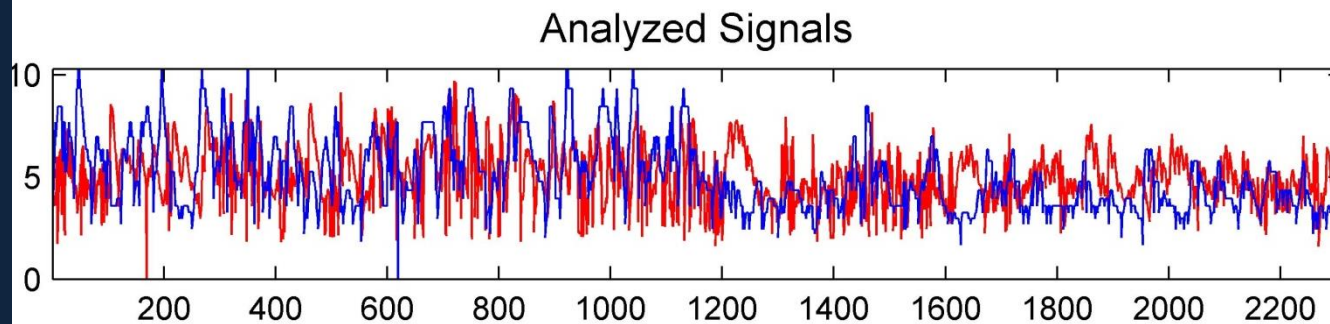
H_{m0}



T_p



T_{max}



Επεξεργασία: Matlab®

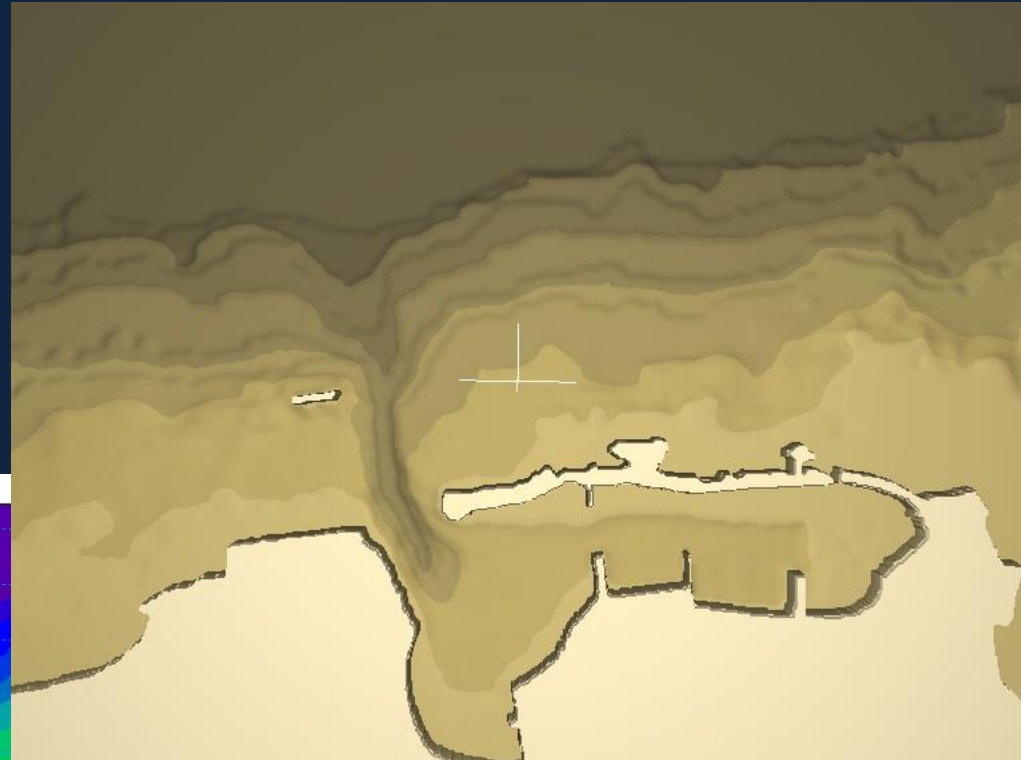
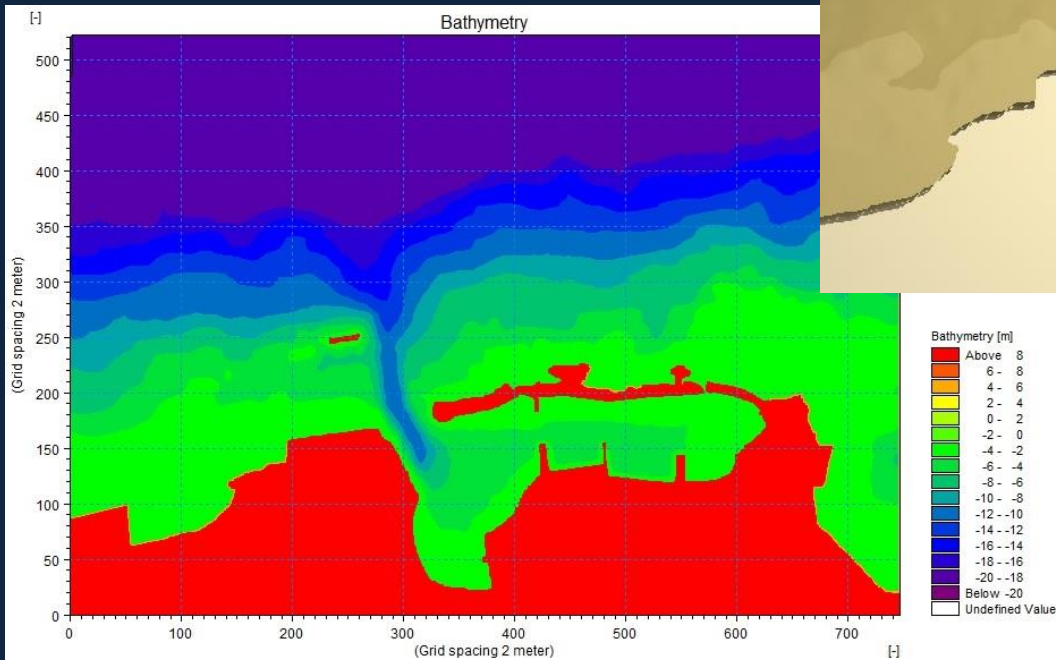


Υδροδυναμικό μοντέλο Mike 21 BW

- ✓ Εφαρμογή μοντέλου στο παλιό λιμάνι Χανίων

➤ Βαθυμετρία

Επεξεργασία: Mike 21 BW®



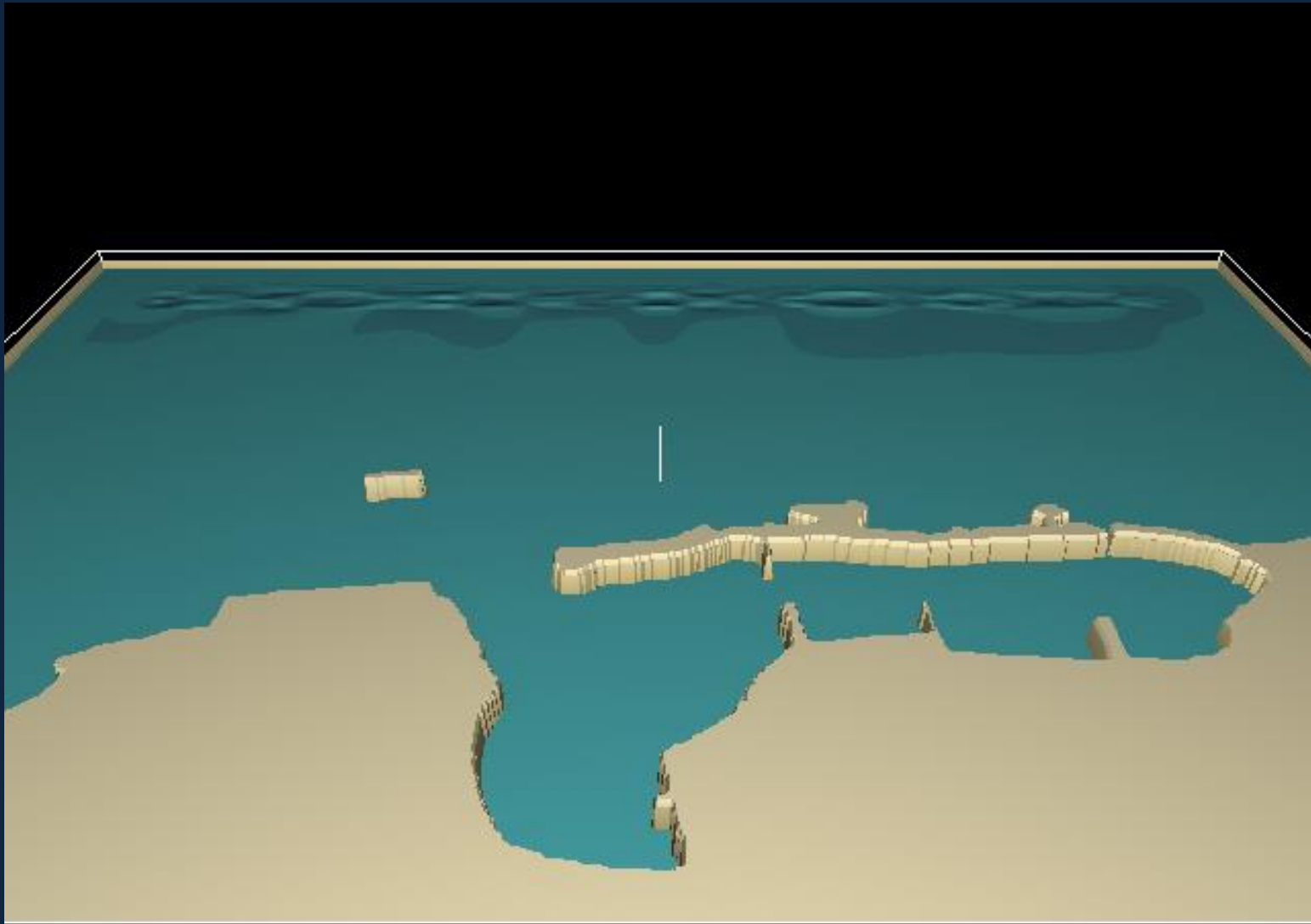
Επεξεργασία: Mike animator plus®

Grid spacing 2 m



Surface elevation

κυματική καταιγίδα βόρειας κατεύθυνσης με $H_{m0} = 1 \text{ m}$ $T_p = 5.5 \text{ sec}$



Επεξεργασία: Mike animator plus®



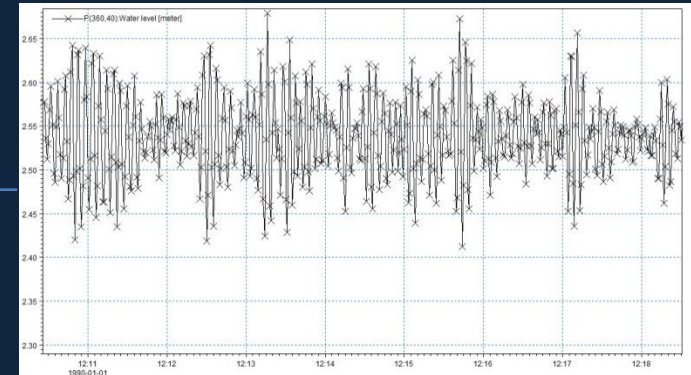
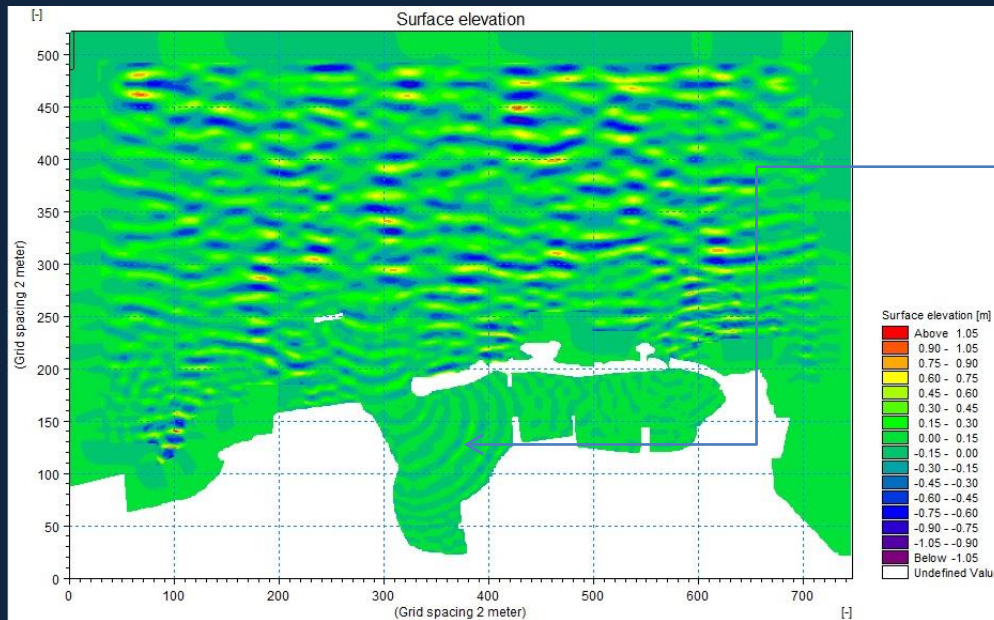
Υδροδυναμικό μοντέλο mike 21 BW

παράδειγμα αξιοποίησης κυματικών δεδομένων

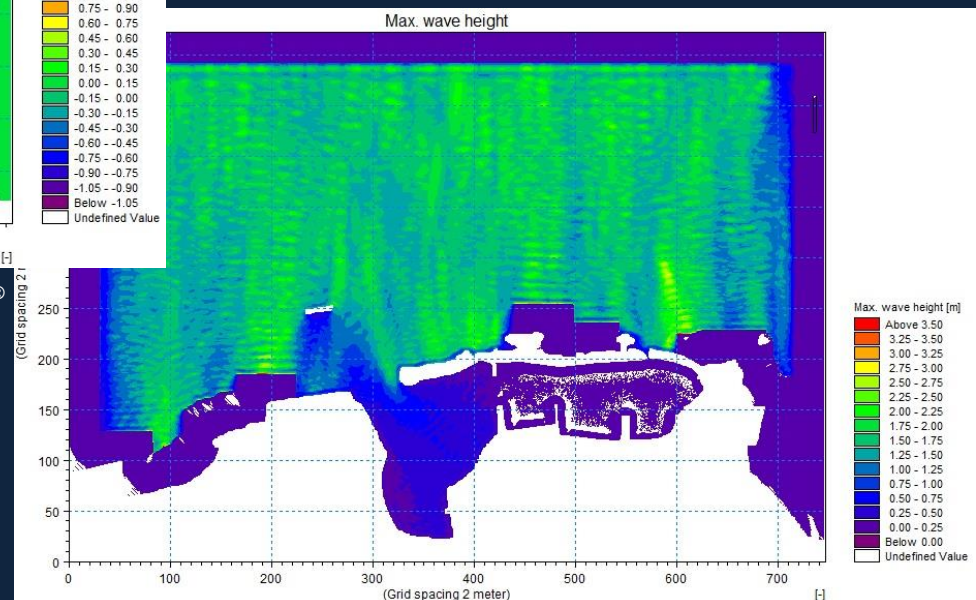
Αξιολόγηση λειτουργίας λιμένα και κυματοθραύστη

-> περίπτωση μελέτης κυματική καταιγίδα βόρειας κατεύθυνσης με χαρακτηριστικά

$H_{m0} = 1 \text{ m}$ $T_p = 5.5 \text{ sec}$

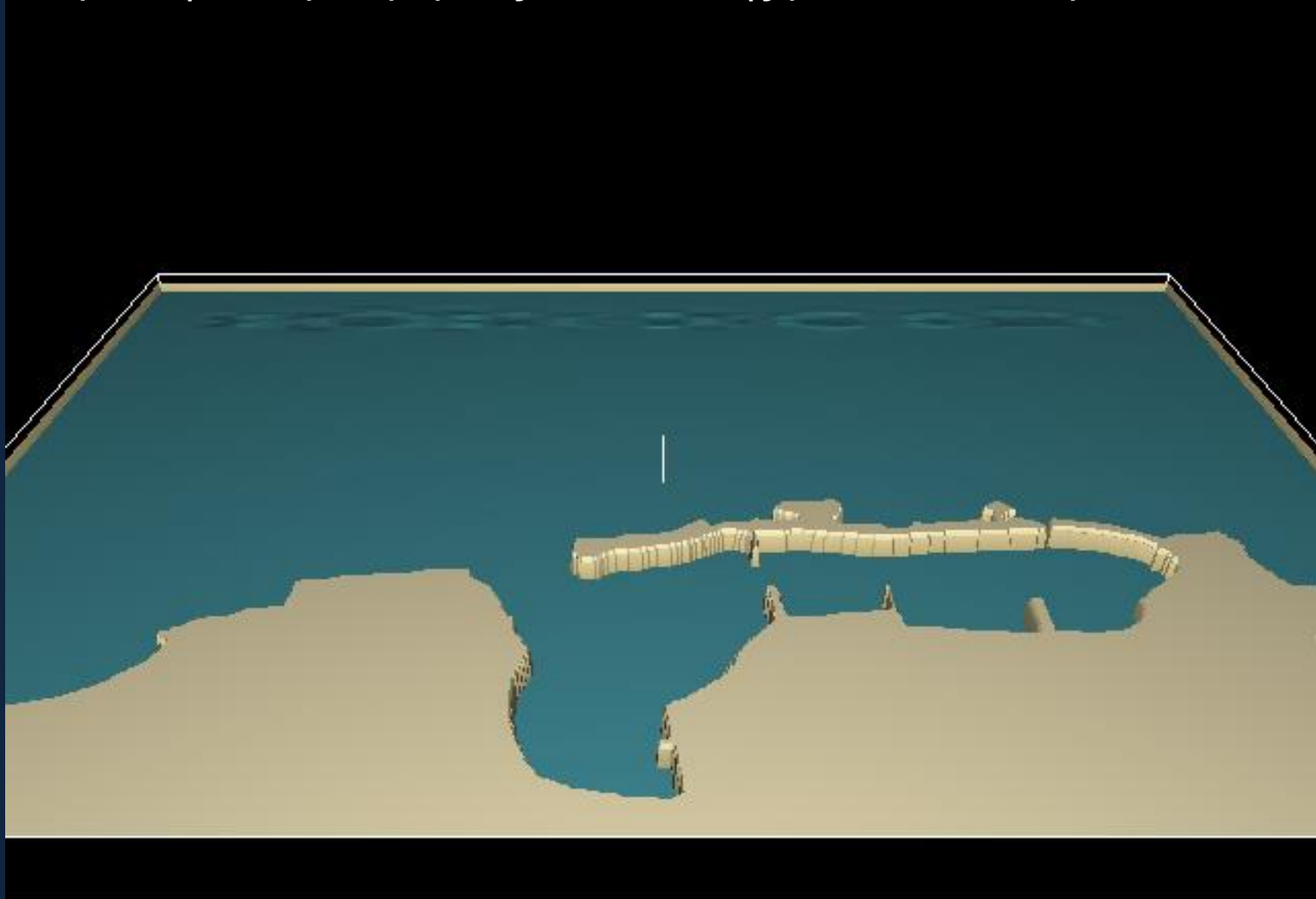


Επεξεργασία: Mike 21 BW®



Αφαίρεση κυματοθραύστη - Surface elevation

κυματική καταιγίδα βόρειας κατεύθυνσης με $H_{m0} = 1 \text{ m}$ $T_p = 5.5 \text{ sec}$



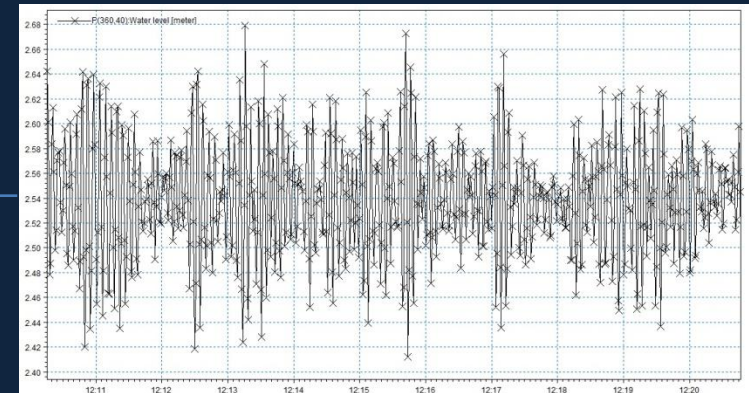
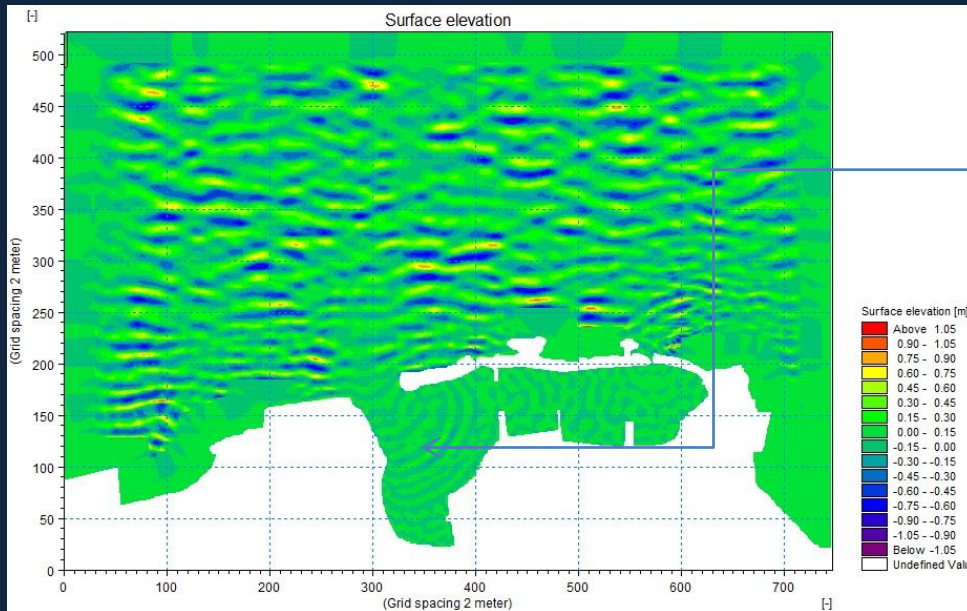
Επεξεργασία: Mike 21 BW®



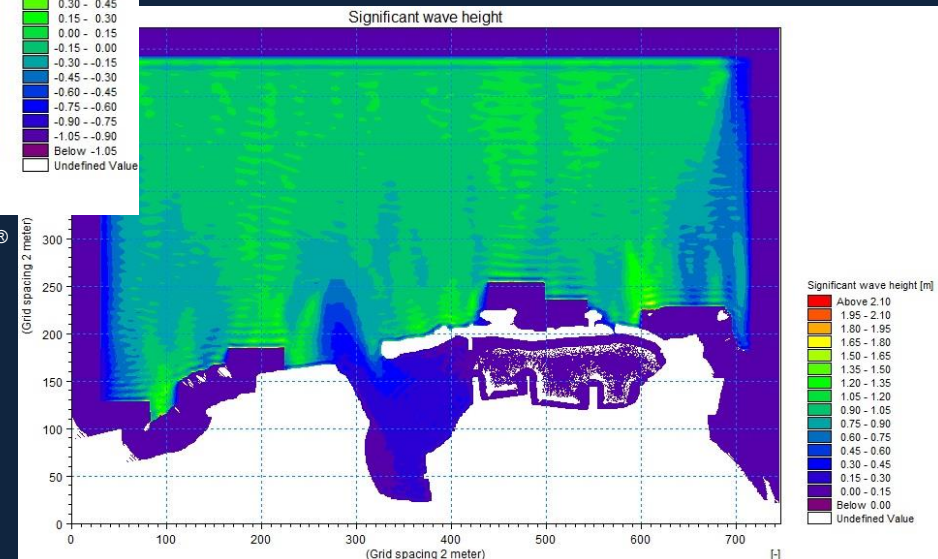
Υδροδυναμικό μοντέλο mike 21 BW χωρίς κυματοθραύστη

Αφαίρεση κυματοθραύστη

-> Ίδια κυματική καταιγίδα (βόρεια κατεύθυνση, $H_{m0} = 1 \text{ m}$ $T_p = 5.5 \text{ sec}$) -> παρόμοια αποτελέσματα, δηλαδή σχεδόν καμία αλλαγή στους κυματισμούς μέσα στο λιμάνι.



Επεξεργασία: Mike 21 BW®



Αντιμετώπιση με ήπιες κατασκευές

- ✓ Κυρίως (ευκαιριακός) εμπλουτισμός ακτογραμμής και ύφαλοι από γεωύφασμα
- ✓ Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στο εξωτερικό
- ✓ Δεν έχουν εφαρμοστεί στην Ελλάδα
- ✓ Δυναμικές και περιβαλλοντικές φιλικές λύσεις

Η Παραλία Σάντα Μόνικα, Καλιφόρνια, ΗΠΑ* η οποία μπλουτίζεται από την δεκαετία του 1930



Η παραλία Βραχάκια, Χανιά* διαβρώνεται εδώ και τουλάχιστον τρεις δεκαετίες



Πηγή: Από παρουσίαση Κ. Συνολάκη, Ρέθυμνο 2008

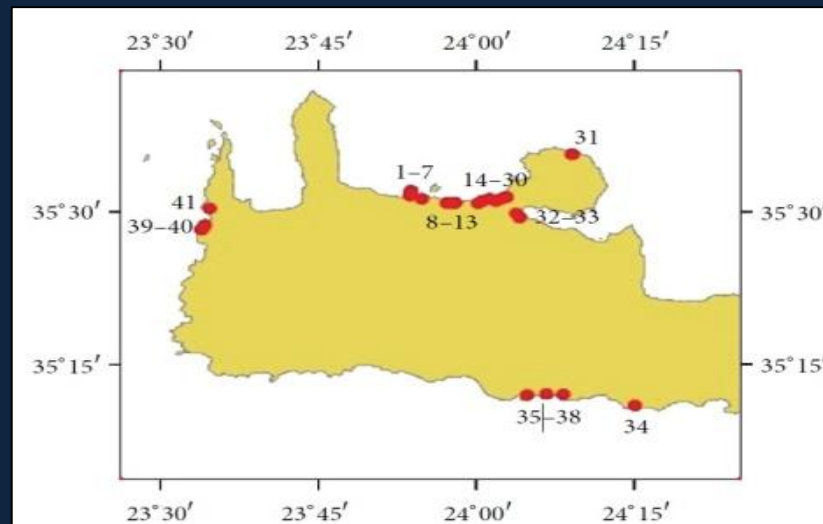
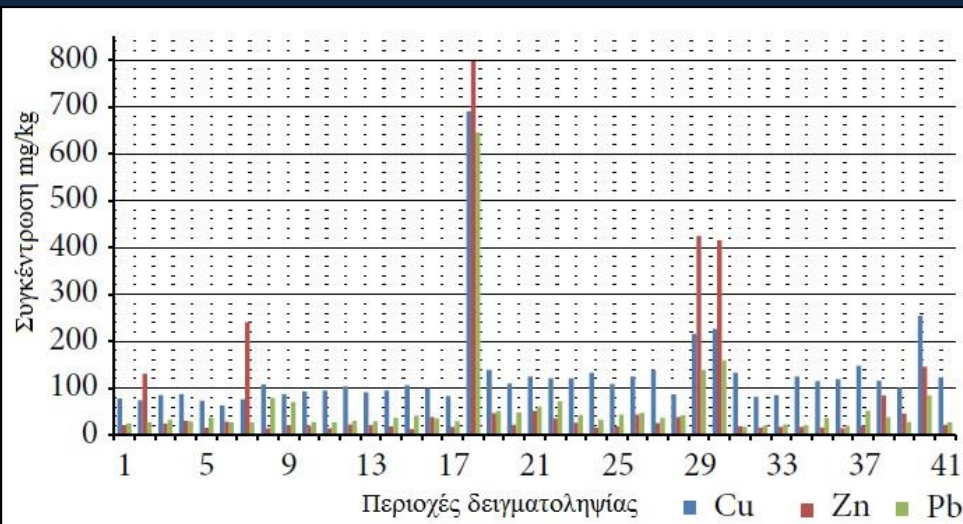


Ρύπανση από βαρέα μέταλλα

- Χρησιμοποιώντας την μέθοδο EDXRF, 41 σημεία εξετάστηκαν για ρύπανση με βαρέα μέταλλα

Σημειακές πηγές ρύπανσης

- η υποθαλάσσια έξοδος της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων του Δ. Πλατανιά (δείγμα 2, διάγραμμα 7.2),
- βυρσοδεψία (δείγμα 29, διάγραμμα 7.2)
- εργασίες συντήρησης σκαφών πάνω σε λιμενοβραχύονες (δείγμα 17, διάγραμμα 7.2), οι οποίες επιβαρύνουν και λιμένες (δείγμα 5 και 30, διάγραμμα 7.2)



Πηγή: Foteinis et al, 2014a

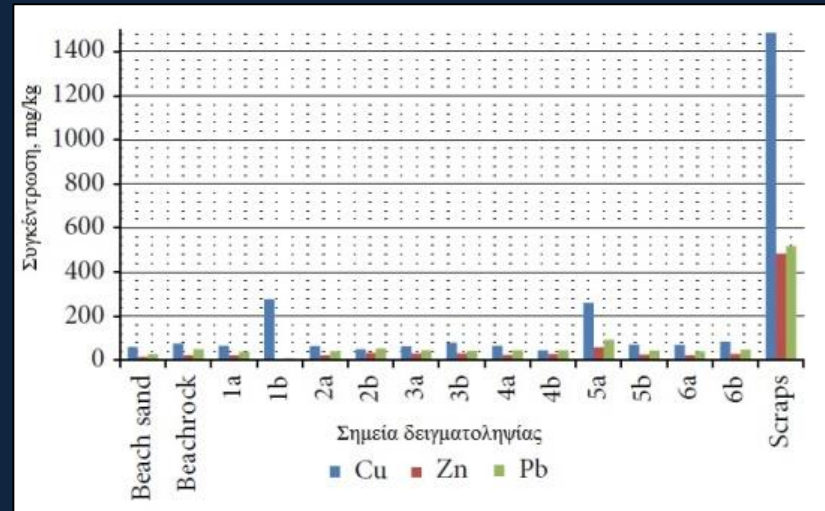


Ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά

- ✓ Μη λειτουργικός λιμένας
- ✓ Μεγάλη ποσότητα λεπτόκοκκου υλικού
- ✓ Πιθανή ρύπανση με βαρέα μέταλλα



- Γεωμετρικές αναλύσεις → καταλληλότητα ιζήματος (> 60 %)
- EDXRF → απουσία ή μικρή επιβάρυνση (I_{geo}) με Cu και Pb



Πηγή: Foteinis et al, 2014a



Ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά



Λήψη: Σπύρος Φωτείνης, Μάρτιος 2012



Ευκαιριακός εμπλουτισμός της παραλίας του Πλατανιά



20.000 m³ ευκαιριακού ιζήματος, σημαντικό μέρος του οποίου όμως ήταν ιλύς και συνεπώς δεν συμμετείχε στον εμπλουτισμό της παραλίας



Λήψη: Σπύρος Φωτείνης

- Πολλαπλάσια διάβρωση → μη ορατά αποτελέσματα
- παράδειγμα προς μίμηση για βελτιώσει υγεία παραλιών
- ανάγκη εισαγωγής νομοθεσίας



Συμπεράσματα

- ✓ Οι Ελληνικές ακτογραμμές και παραλίες παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα διάβρωσης λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων
- ✓ Πρέπει να βελτιωθεί η μεθοδολογία (SMB και φυσικά μοντέλα) αντιμετώπισης του προβλήματος
- ✓ μέτρησης γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών → η μέθοδος του κράνους RTK GPS
- ✓ καταγραφής κυμάτων ρευμάτων → ADCP Nortek Awac
- ✓ Σύγκριση με εκτιμήσεις SMB -> πρόβλημα στο ύψος και περίοδο
- ✓ Σύγκριση με εκτιμήσεις WAM -> πρόβλημα στην περίοδο
- ✓ Ήπιες λύσεις → βιώσιμη αντιμετώπιση του προβλήματος
- ✓ Ευκαιριακός εμπλουτισμός → μελέτη ρύπανσης από βαρέα μέταλλα



Δημοσιεύσεις στο πλαίσιο του διδακτορικού

Επιστημονικά περιοδικά με κριτές

1. Foteinis S., and Synolakis C., Beach Erosion Threatens Minoan Beaches: A Case Study of Coastal Retreat in Crete, **Shore and Beach** (2014), article accepted for publication
2. Foteinis, S., N.G. Kallithrakas-Kontos, C. Synolakis, Opportunistic Beach Nourishment and Heavy Metal Distribution in The Coastal Sediment Compartment, The Case Study of Chania Prefecture In Greece. **The Scientific World Journal** (2013).
3. Foteinis S., K. Mpizoura, G. Panagopoulos, E. Chatzisyneon, N. Kallithrakas-Kontos, E. Manutsoglu, A novel use of the caesium-137 technique to estimate human interference and historical water level in a Mediterranean Temporary Pond. **Journal of Environmental Radioactivity** 127 (2014)

Διεθνή συνέδρια με κριτές

1. Foteinis S., V. Skanavis, N. Maravelakis, N. Kalligeris, G. Sartzetakis, E. Voukouvalas, I. Koutsongiannaki, C. Synolakis, Anthropogenic erosion in Aghios Nikolaos, Greece, **EGU General Assembly** 2013, 7-12 April, 2013, Vienna, Austria. Poster presentation
2. Foteinis S., N. G. Kallithrakas-Kontos, C. Synolakis, Opportunistic Beach nourishment in Greece, a possible source of heavy metals in eroding beaches, **3rd International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management**, 12-14 September, 2012, Chania, Greece
3. Foteinis S., C. Synolakis, C. Anagnostou, Coastal cell and beach health guide, **10th Hellenic Symposium on Oceanography & Fisheries**, 7-11 May, 2012, Athens, Greece. Oral presentation
4. Foteinis S., C. Synolakis, N. G. Kallithrakas-Kontos, Occurrence of heavy metals on the coastal zone of the Cretan region of Chania, Greece, **16th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region**, 24-27 September, 2011 Ioannina, Greece
5. Foteinis S., C. Papadopoulos, I. Koutsogiannaki, C. Synolakis, Coastal erosion and accretion rates in Greece, **EGU General Assembly** 2010, 2-7 May, 2010, Vienna, Austria.
6. Synolakis C.E. , S. Foteinis, V. Voukouvalas, N. Kalligeris, Erosion in the Beaches of Crete, **EGU General Assembly 2009**, 19-24 April, 2009, Vienna, Austria.



Πηγές

- ✓ Τράπεζας της Ελλάδος. (2012). Έρευνα Συνόρων. Αθήνα.
- ✓ Google Inc. (2012). Google Earth, Version 7.0.2.8415 – Software, 2012. California: Google Inc., <http://www.google.com/earth/download/ge/agree.html>
- ✓ Church J. A., and White N. J. (2011). Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. *Surveys in Geophysics*, 32(4-5), 585-602.
- ✓ Doody P., Ferreira, M., Lombardo, S., Lucius, I., Misdorp, R., Niesing, H., Salman, A., Smallegange, M. (2004). Living with coastal erosion in Europe: sediment and space for sustainability: Results from the EUROSION study. Luxembourg: European Commission.



This research has been co-financed by the European Union (European Social Fund – ESF) and Greek national funds through the Operational Program "Education and Lifelong Learning" of the National Strategic Reference Framework (NSRF) - Research Funding Program: Heracleitus II. Investing in knowledge society through the European Social Fund.



Μελλοντική έρευνα

- ✓ Σύγκριση αποτελεσμάτων Ποσειδώνα και μέτεο με μετρήσεις αवास χρησιμοποιώντας Wavelets
- ✓ Μοντελοποίηση με Mike 21
- ✓ Sustainability assessment through LCA
- ✓ ????

