



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΚΡΗΤΗΣ**

“Εξέλιξη της παράκτιας διάβρωσης σε τμήμα του βόρειου παραλιακού μετώπου του Νομού Χανίων”

Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων



Κωνσταντίνος Παπαδογιάννης

A.M: 2014029005

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

- Εμμανουήλ Μανούτσογλου, (επιβλέπων)
- Κωνσταντίνος Συνολάκης (ΜΗΠΕΡ)
- Γεώργιος Εξαδάκτυλος

ΧΑΝΙΑ 2017

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	5
Κεφάλαιο 1.....	6
1.1 Ακτογραμμή και παράκτια ζώνη	6
1.2 Ορισμοί.....	6
1.3 Παραλία.....	7
1.4 Η σημασία των παράκτιων περιοχών	7
1.5 Μηχανισμοί δημιουργίας των ακτών	8
1.6 Παράκτια στερεομεταφορά και μορφολογία ακτών	9
1.7 Φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού των ακτών	10
1.8 Μεταφορά και εναπόθεση του ιζήματος στην παραλία	11
1.9 Ισοζύγιο φερτών υλών	11
1.10 Εποχικός μηχανισμός λειτουργίας παραλιών.....	12
1.10.1 Χειμερινό προφίλ	12
1.10.2 Θερινό προφίλ.....	13
Κεφάλαιο 2.....	14
2.1 Παράκτια διάβρωση.....	14
2.2 Ανθρωπογενή αίτια διάβρωσης παραλιών.....	17
2.3 Οι κυματικές καταιγίδες και η επίδρασή τους στις ακτές	22
2.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης της διάβρωσης.....	23
2.4.1 Βαριές μορφές προστασίας	23
2.4.2 Ήπια μέτρα προστασίας.....	26
2.5 Μέθοδοι υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής	31
Κεφάλαιο 3.....	34
3.1 Πρανή- Παράκτιοι Κρημνοί (coastal cliffs)	34
3.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή του μετώπου ενός παράκτιου κρημνού:	36
3.3 Μηχανισμοί υποχώρησης παράκτιων κρημνών	37
3.4 Ρυθμός υποχώρησης παράκτιων κρημνών.....	38

3.5 Μορφές διάβρωσης βραχωδών ακτών.....	39
3.6 Ενεργότητα του πρανούς	42
3.7 Μορφές αστοχίας σε Βραχώδη Πρανή	43
3.8 Ευστάθεια πρανούς.....	44
3.9 Νομοθετικό Πλαίσιο.....	47
Κεφάλαιο 4	49
4.1 Περιοχή μελέτης και σκοπός της έρευνας	49
4.2 Γεωλογία ευρύτερης περιοχής παραλιακού μετώπου βορείου άξονα Χανίων	50
4.2.1 Για τις παραλίες στην περιοχή μελέτης	59
4.3 Εικόνες στο πέρασμα του χρόνου, « το χθες, το σήμερα και η αντιμετώπιση του προβλήματος».....	61
4.4 Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων .	72
4.5 Δεδομένα και αποτελέσματα.....	76
Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις.....	137
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	138

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες οι παραλίες της Κρήτης διαβρώνονται, λόγο φυσικών, αλλά κυρίως ανθρωπογενών παραγόντων. Αποτέλεσμα της αλματώδους τουριστικής ανάπτυξης είναι ο γρήγορος και συνήθως κακός σχεδιασμός παραθαλάσσιων έργων και υποδομών. Στη διόγκωση του προβλήματος, συμβάλουν η δραστική μείωση της στερεοπαροχής, σε συνδυασμό με τα έντονα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν στην περιοχή κατά τους χειμερινούς μήνες.

Καμία συστηματική αποτύπωση του πλάτους και άλλων στοιχείων των παράλιων δεν έχει πραγματοποιηθεί. Πλήθος παράλιων της βόρειας Κρήτης έχουν πλέον λιγότερο από το μισό πλάτος, συγκρινόμενο με παλαιότερο φωτογραφικό υλικό, ενώ άλλες παραλίες έχουν συστηματικά εξαλειφθεί και αντικατασταθεί από παραθαλάσσιους δρόμους και άλλες κατασκευές.

Το πρόβλημα της διάβρωσης των ακτών του βορείου παραλιακού μετώπου του νομού Χανίων είναι μεγάλο και κρίζει άμεσης αντιμετώπισης.

Σκοπός και αντικείμενο της παρούσας εργασίας, είναι η διερεύνηση του φαινομένου της παράκτιας διάβρωσης, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων καθώς επίσης και η παρουσίαση μεθόδων επιμέτρησης και αποκατάστασης των παραλιών. Συγκεκριμένα, εστιάζεται στη διερεύνηση της εξέλιξης της παράκτιας διάβρωσης, σε τμήματα του βορείου παραλιακού μετώπου (παραλίες Σταλού, Πλατανιά, Κολυμβαρίου) του Νομού Χανίων. Με σκοπό τη διερεύνηση και καταγραφή της μεταβολής του πλάτους των παραλιών ενδιαφέροντος (πως επιδρούν σε αυτό τα έντονα καιρικά φαινόμενα) και απεικόνισης των εποχικών προφίλ τους, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των τομών με τη χρήση του RTK-GPS. Για την ανάλυση, παρουσίαση και επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν χρησιμοποιήθηκαν σειρά προγραμμάτων όπως το ARC-GIS, MATLAB κ.α.

Αξιολογώντας τ' αποτελέσματα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι οι παραλίες στις περιοχές μελέτης, βάλλονται κι επηρεάζονται από την εναλλαγή των καιρικών και δυναμικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, ενώ σε αυτό αρκετές φορές συμβάλουν και τυχόν παραθαλάσσια έργα και υποδομές, που έχουν κατασκευαστεί αποσπασματικά και χωρίς πρώτα να έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες ακτομηχανικές μελέτες. Αυτό οδηγεί στη μεταβολή της μορφολογίας του παραλιακού μετώπου και κατ' επέκταση του πλάτους των παραλιών.

Εισαγωγή

Η παράκτια ζώνη αποτελεί χώρο ελεύθερο στο κοινωνικό σύνολο και αφιερωμένη στην εξυπηρέτηση των αναγκών του. Αυτός είναι ο λόγος που οφείλει να προστατεύεται από παρεμβάσεις που οδηγούν στην φθορά και στη συνέχεια, αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος.

Οι φυσικές διεργασίες έχουν διαμορφώσει την ακτογραμμή και την μορφολογία της στο πέρασμα του χρόνου. Παρ' όλα αυτά, οι ανθρώπινες και οικονομικές δραστηριότητες που έχουν αναπτυχθεί στις παράκτιες περιοχές, σε συνδυασμό με τη σταδιακή μεταβολή της μέσης στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση της στερεοπαροχής, οδηγούν συχνά στην αποσάθρωση πολλών παραλιών και κατ' επέκταση στην υποβάθμιση της παράκτιας ζώνης. Με αυτό τον τρόπο δημιουργείται ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα για το περιβάλλον και τις τοπικές κοινωνίες, η παράκτια διάβρωση.

Η παράκτια διάβρωση αποτελεί ένα μείζον πρόβλημα στο Νομό Χανίων, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πληθώρας κοινωνικοοικονομικών ζητημάτων που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης. Οι λόγοι που επελέγησαν οι συγκεκριμένες περιοχές είναι οι εξής. Πρώτον σε αυτές τις περιοχές παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης, κυρίως λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων, σε συνδυασμό με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Δεύτερον στις συγκεκριμένες περιοχές πραγματοποιούνται μετρήσεις και καταγραφή δεδομένων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ως εκ τούτου έχουμε μία καλύτερη και πιο πλήρη εικόνα για τις συνθήκες που επικρατούν. Τέλος στις τρεις αυτές περιοχές δραστηριοποιείται ένα μεγάλο μέρος της τουριστικής βιομηχανίας του Νομού, άρα όπως γίνεται αντιληπτό τα κοινωνικοοικονομικά προβλήματα που προκύπτουν από την παράκτια διάβρωση, είναι μεγαλύτερα.

- Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε βασικούς όρους και έννοιες, καθώς επίσης και παρουσίαση των χαρακτηριστικών και των μηχανισμών λειτουργίας της παράκτιας ζώνης.
- Στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζεται το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης ως σημαντικό πρόβλημα. Γίνεται εκτενής αναφορά στις αιτίες δημιουργίας, καθώς επίσης και στους τρόπους αντιμετώπισης του συγκεκριμένου προβλήματος που οδηγεί στην εξαφάνιση των ακτών.
- Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στα πρηνή, τους παράκτιους κρημνούς και πώς επηρεάζονται από την παρουσία του νερού και την παράκτια διάβρωση.
- Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, αρχικά παρουσιάζονται τα στοιχεία που αφορούν την ευρύτερη περιοχή μελέτης, καθώς επίσης και όλα τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί και συλλεχτεί από το πεδίο. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η επεξεργασία τους με τη χρήση λογισμικών όπως MATLAB, ARC GIS κ.α., με σκοπό την εξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων, που μας οδηγούν στην κατανόηση τόσο των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή και πώς αυτές επηρεάζουν την ακτογραμμή, όσο και στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος της παράκτιας διάβρωσης.

Κεφάλαιο 1

1.1 Ακτογραμμή και παράκτια ζώνη

Ως ακτή ορίζεται η ζώνη που βρίσκεται πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας και αλληλεπιδρά άμεσα με τη θάλασσα. Όσον αφορά τη γεωλογική προσέγγιση, είναι τα όρια ανάμεσα στα ηπειρωτικά τμήματα και τη θάλασσα ή άλλο υδάτινο όγκο. Η ακτογραμμή αποτελεί το όριο στο οποίο συναντώνται και αλληλεπιδρούν τα τρία κύρια φυσικά στοιχεία, ο αέρας, το νερό και η γη, γεγονός που τη καθιστά δυναμική και όχι στατική, καθώς η θέση της μεταβάλλεται χρονικά (βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα) αλλά και χωρικά (αύξηση ή μείωση).

Μια παραλία εξελίσσεται βραχυπρόθεσμα (ώρες, μήνες) εξαιτίας κυρίως των κυματικών καταγίδων, οι οποίες τείνουν να μεταβάλλουν τη θέση της (εποχικό προφίλ). Μακροπρόθεσμα η παραλία εξελίσσεται και προσαρμόζεται στις μεταβολές της μέσης στάθμης της θάλασσας και στο ισοζύγιο εισροής-απομάκρυνσης ιζήματος από αυτήν και αναλόγως να μένει σταθερή, να προσχώνεται ή να διαβρώνεται. Όταν η ακτογραμμή μεταβάλλεται εις βάρος της ενδοχώρας (μειώνεται) τότε η ακτογραμμή διαβρώνεται, ενώ όταν μεταβάλλεται εις βάρος του θαλάσσιου χώρου (αύξηση) τότε προσχώνεται. (Boak and Turner, 2005)

«Η Ελλάδα, με χερσαία έκταση περίπου 132.000km² και ακτογραμμή που ξεπερνά τα 15.000km, είναι η χώρα με το μεγαλύτερο μήκος ακτογραμμών στη Μεσόγειο (CIA, 2013). Η ελληνική παράκτια ζώνη διαδραματίζει στρατηγικό ρόλο στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας, αφού ποσοστό μεγαλύτερο του 57% του πληθυσμού είναι εγκατεστημένο στις παράκτιες περιοχές, όπου αναπτύσσεται αντίστοιχα το 90% της τουριστικής δραστηριότητας, πάνω από το 80% των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και τέλος το 35% της γεωργίας (CIA, 2013). Τέλος, ο ελληνικός παράκτιος χώρος παρουσιάζει μεγάλη ιστορική και πολιτισμική ποικιλότητα σε αρχαιολογικούς και ιστορικούς χώρους, μνημεία, αλλά και σε νεότερους οικισμούς.

Είναι λοιπόν προφανές ότι οι παράκτιες ζώνες έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή και την ανάπτυξη της, γι' αυτό το λόγο απαιτούν τη λήψη μέτρων για την προστασία και διατήρησή τους.» (Παπαδογιάννης, 2013)

1.2 Ορισμοί

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ορίζονται ως :

«Αιγιαλός»: είναι η ζώνη της ξηράς, που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της.

«Παραλία»: είναι η ζώνη ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, με πλάτος έως και πενήντα (50) μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, με σκοπό την εξυπηρέτηση της επικοινωνίας μεταξύ ξηράς και θάλασσας.

«Παλαιός αιγιαλός»: είναι η ζώνη της ξηράς, που προέκυψε έπειτα από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα και οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα. Προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού.

«Λιμένας»: είναι ζώνη ξηράς και θάλασσας μαζί με έργα και εξοπλισμό, που επιτρέπουν κυρίως την υποδοχή κάθε είδους πλωτών μέσων και σκαφών αναψυχής, τη φορτοεκφόρτωση, αποθήκευση, παραλαβή και προώθηση των φορτίων τους, την εξυπηρέτηση επιβατών και οχημάτων και την ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τις θαλάσσιες μεταφορές

«Λιμενικά έργα» είναι εκείνα, που εκτελούνται ολικώς ή μερικώς στον αιγιαλό, την όχθη, την παραλία ή την παράκτια ζώνη, μέσα στη θάλασσα, στον πυθμένα της θάλασσας και στο υπέδαφος του βυθού, καθώς και εκείνα που επιφέρουν διαμόρφωση ή αλλοίωση των χώρων αυτών.

(Νόμος 2971/2001 - ΦΕΚ Α-285/19-12-2001)

1.3 Παραλία

Παραλίες ονομάζουμε γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από μη συνεκτικά πετρώματα (άμμος, χαλίκι, βότσαλα) τα οποία είναι ελεύθερα να κινηθούν, σε συγκεκριμένο χωρικό πλαίσιο, κατά μήκος και κατά πλάτος μιας ζώνης ξηράς και θάλασσας. Οι παραλίες κατά κανόνα έχουν ήπια κλίση, ενώ τα χαρακτηριστικά τους γνώρισμα είναι ότι παραμένουν σχετικά σταθερές σε βάθος χρόνου και έχουν την ικανότητα να απορροφούν την κυματική ενέργεια, λειτουργώντας κατά αυτόν τον τρόπο ως μέσο προφύλαξης και προστασίας της παράκτιας ζώνης. Παράλληλα χρησιμοποιούνται ως χώρος αναψυχής, αποφέροντας σημαντικά κοινωνικοοικονομικά οφέλη τόσο σε τοπικό όσο και εθνικό επίπεδο.

(Φωτεινής, 2014)

1.4 Η σημασία των παράκτιων περιοχών

Η σημασία των παράκτιων περιοχών διαμορφώνεται μέσα από την μελέτη διαφόρων παραγόντων. Κάποιοι εξ' αυτών είναι οι παρακάτω:

- η σημαντική βιοποικιλότητα που συναντάτε σε αυτές
- η διαφορετική γεωμορφολογία που παρατηρείται
- οι δυνατότητες ανάπτυξης διαφόρων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους αλλά και του φυσικού πλούτου που διαθέτουν

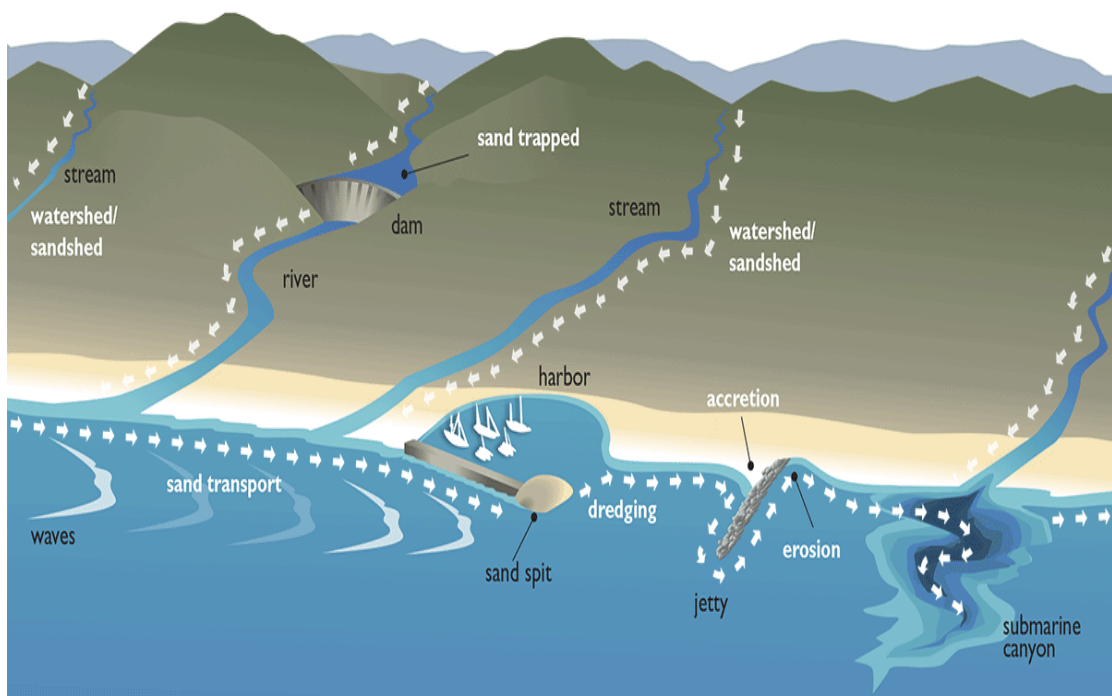
Η σημαντικότητα των παράκτιων περιοχών γίνεται εμφανής παρατηρώντας τις συγκεντρώσεις του πληθυσμού αλλά και των χρήσεων που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα των παραπάνω αποτελεί η παράκτια ζώνη της Ελλάδας, αφού στην περιοχή αυτή συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό πληθυσμού σε σχέση με την ηπειρωτική χώρα. Εκτός της υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού υφίστανται συγκέντρωση διαφόρων δραστηριοτήτων όλων των τομέων παραγωγής. (Δουκάκης, 2005)

1.5 Μηχανισμοί δημιουργίας των ακτών

Η δημιουργία των ακτών είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού των παρακάτω δυναμικών διεργασιών:

- Τροφοδοσία των ακτών με φερτές ύλες, κυρίως από τις υδρολογικές λεκάνες ποταμών και σε μικρότερο βαθμό από τη διάβρωση των παράκτιων πετρωμάτων.
- Γεωλογικές διεργασίες, όπως ρήγματα, σεισμοί, καθίζηση ή υπερύψωση του εδάφους.
- Κυματισμοί και ρεύματα (διάβρωση των ακτών, αναδιανομή εδαφικού υλικού, μεταφορά υλικού κατά μήκος της ακτογραμμής ή μεταφορά του προς τα βαθιά).

Ο συνδυασμός των παραπάνω παραμέτρων οδηγεί σε μία δυναμική ισορροπία. Όταν αλλάζει μία παράμετρος, αποσταθεροποιείται αυτή η ισορροπία και το παράκτιο σύστημα μεταβάλλεται έως ότου επέλθει νέα κατάσταση δυναμικής ισορροπίας. Συνεπώς η διαχείριση των ακτών προαπαιτεί, τη γνώση όλων των παραπάνω παραγόντων, ώστε να είναι δυνατή η εκτίμηση της φυσικής εξέλιξης της ακτογραμμής καθώς επίσης και η μεταβολή της σε πιθανές ανθρώπινες παρεμβάσεις. (Δουκάκης, 2005)



[Εικόνα 1 :Μηχανισμός εναπόθεσης και κίνησης εδαφίου υλικού στην ακτογραμμή]

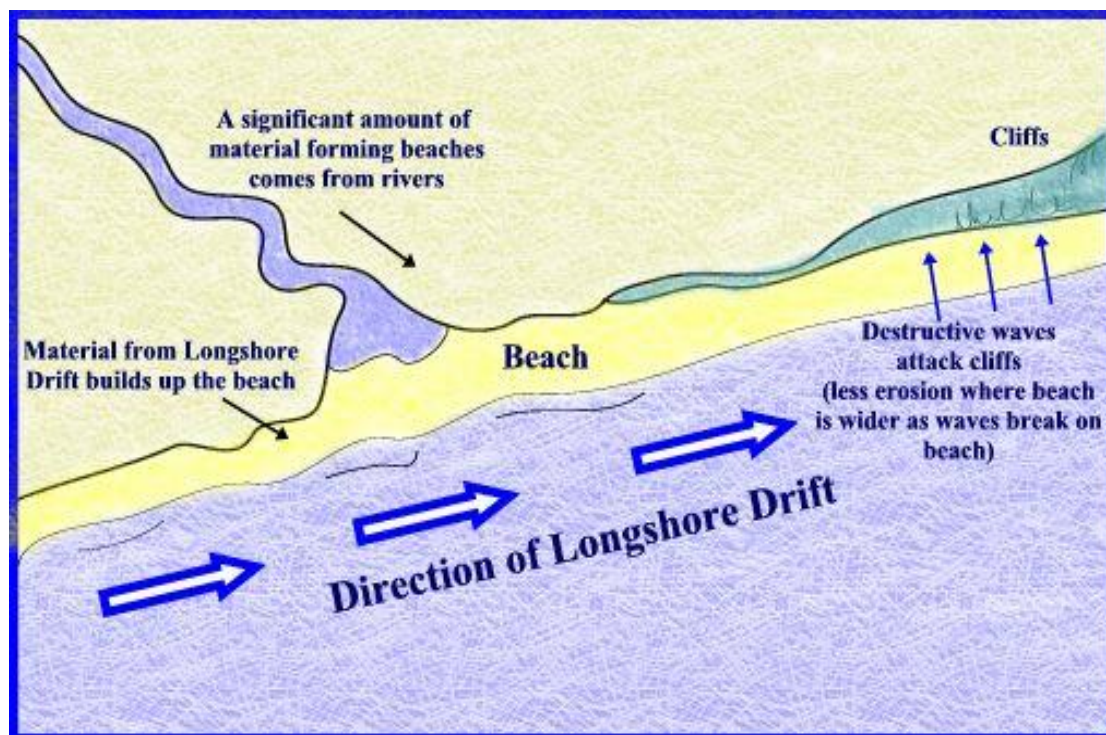
1.6 Παράκτια στερεομεταφορά και μορφολογία ακτών

Οι ακτές και ο πυθμένας των παράκτιων θαλάσσιων ζωνών στις οποίες αναπτύσσεται δράση κυματισμών και ρευμάτων, από γεωλογική άποψη μπορεί να είναι βραχώδεις ή αμμώδεις-γεώδεις.

Στην πρώτη περίπτωση έχουν σταθερή μορφή, εξελισσόμενη μακροπρόθεσμα σε χρονικές κλίμακες αιώνων.

Στη δεύτερη περίπτωση ακτών που αποτελούνται από κοκκώδη υλικά με κοκκομετρία που κυμαίνεται από την τάξη του αργίλου (10^{-4} m) ως τις κροκάλες (10^{-1} m), υφίσταται έντονη επίδραση των ρευμάτων και των κυματισμών με επακόλουθο μορφολογικές αλλοιώσεις, σε όλες τις χρονικές κλίμακες.

Μεγάλες ποσότητες κοκκώδους υλικού μεταφέρονται κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις, κάτω από την αποσταθεροποιητική δράση των κυματισμών και τη μεταφορική δράση των ρευμάτων. Η ύπαρξη ενός παράκτιου τεχνικού έργου σε ένα τόσο δυναμικό περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την αναμόρφωση των υδροδυναμικών συνθηκών και κατά συνέπεια και των ρυθμών στερεομεταφοράς με συχνά απρόβλεπτες συνέπειες, όπως η διάβρωση. (Κουτίτας, 1994)



[Εικόνα 2 :Μηχανισμός εναπόθεσης και κίνησης εδάφιου υλικού στην παραλία]

1.7 Φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού των ακτών

Σύμφωνα με τον Κουτίτα (1994), οι κοκκώδεις ακτές αποτελούνται από ανόργανα υλικά που χαρακτηρίζονται από διάφορες φυσικές ιδιότητες, οι οποίες είναι καθοριστικές για τις φυσικές διεργασίες στερεομεταφοράς. Οι φυσικές ιδιότητες βάση των οποίων γίνεται η διαφοροποίηση του ιζημάτος κάθε παραλίας ανά περιοχή είναι οι εξής:

- Το μέγεθος των κόκκων που βρίσκεται με κοκκομετρική ανάλυση στο εργαστήριο, με πρότυπα κόσκινα ή πειράματα καθιζήσεως (mm). Με βάση τη χαρακτηριστική διάμετρο κόκκων χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα.

Ονομασία		Διάμετρος (mm)		Τιμή παραμέτρου φ	
Κροκάλες		64-256		-8 έως -6	
Χάλικες		2-64		-5 έως -2	
Άμμος		0.062-2(62-2.000μm)		1 έως 4	
Ιλύς		0.004-0.062(4-62μm)		5 έως 8	
Άργιλος		< 0.004(< 4 μm)		9 έως 12	

[Πίνακας 1: Κατάταξη κατά μέγεθος των σωματιδίων ιζημάτων κατά τον Wentworth]

- Το μέγεθος φ (καθαρός αριθμός ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως από γεωλόγους). Η τιμή φ κατά τον Wentworth (1922) ορίζεται ως ο αρνητικός λογάριθμος με βάση 2 της διαμέτρου D σε mm.
 $\phi = -\log_2(D)$
- Η σύσταση, δηλαδή η κατανομή μεγέθους κόκκων ανά μονάδα βάρους.
- Το χρώμα
- Η ταχύτητα καθιζήσεως w_f των κόκκων, που για φυσικούς (μη σφαιρικούς αλλά γωνιώδεις) κόκκους δίνεται από τη σχέση:

$$w_f = \left(\left(\frac{\gamma_s}{\gamma} \right) g \right)^{0.7} \frac{D_{50}^{1.1}}{6 \cdot \nu^{0.4}}$$

- Το ειδικό βάρος γ_s όπου συνήθως η κύρια σύσταση των κόκκων των αμμοδών ακτών είναι χαλαζιακή με $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3$ (ή 26.5 kN/m^3)
- Τη διαπερατότητα των κόκκων
 $K(\text{σε μονάδες Darcy}) = 760 \cdot (D_{50})^2 \cdot e^{(-1.61\phi)}$

1.8 Μεταφορά και εναπόθεση του ιζήματος στην παραλία

Η παραλία αποτελείται από ίζημα συγκεκριμένης σύστασης με χαρακτηριστικά που εξαρτώνται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς της ακτογραμμής, καθώς επίσης και των περιοχών που βρίσκονται πίσω από αυτήν. Η ακτογραμμή και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που βρίσκονται πίσω από αυτή σταδιακά διαβρώνονται και οδηγούνται μέσω υδάτινων οδών ή με τον αέρα στις παραλίες. Έπειτα, και αφού το ίζημα φτάσει στην παραλία, ανακατανέμεται και διανέμεται κάθετα και οριζόντια μέσω θαλάσσιων ρευμάτων ή και αιολικών δυνάμεων. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά (διάμετρος, κατανομή και ειδικό βάρος) και τις υπάρχουσες συνθήκες που επικρατούν (κύματα, ρεύματα και άνεμοι) ιζήματα εναποτίθεται σε διάφορα σημεία της και το πλάτος μπορεί να αυξηθεί και να σχηματιστούν αμμοθίνες και να αναπληρώσει χαμένο ίζημα, όμως είναι πιθανό να παρασυρθεί μακριά από την παραλία και να εναποτεθεί σε βαθύτερα νερά. Οι κυματισμοί είναι οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την αποσταθεροποίηση των κόκκων και στη συνέχεια τα θαλάσσια ρεύματα αναλαμβάνουν τη μεταφορά τους σε μεγάλες οριζόντιες αποστάσεις. (Κουτίτας, 1994)

1.9 Ισοζύγιο φερτών υλών

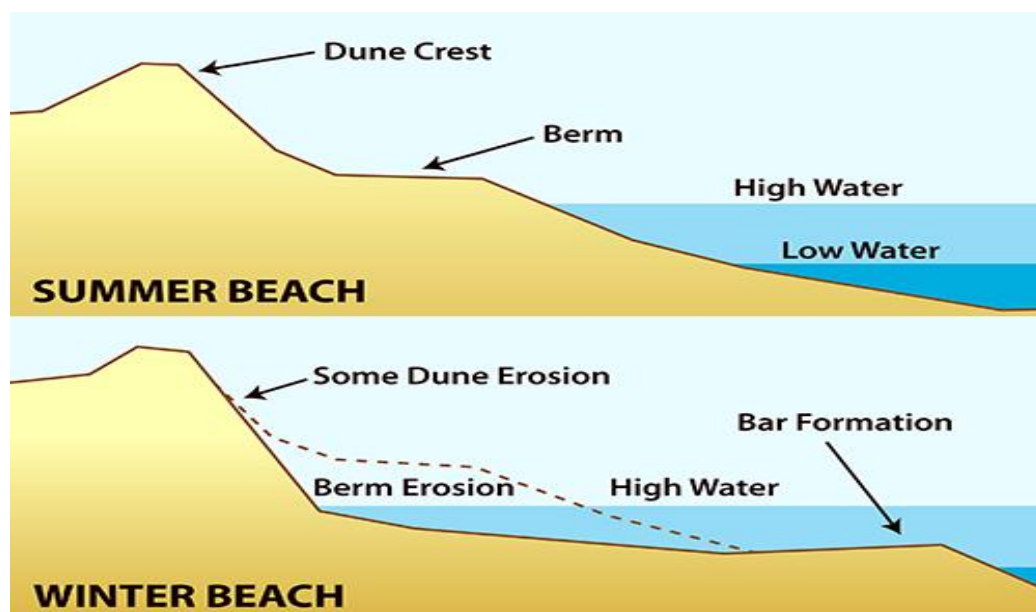
Η μεταφορά φερτών υλών στην παράκτια θαλάσσια ζώνη έχουν σημαντικά αποτελέσματα για τις ακτές. Η εκτίμηση του ετήσιου ισοζυγίου φερτών υλών σε ένα τμήμα της ακτής είναι πολύπλοκο τεχνικό πρόβλημα, πού είτε είναι από τη φύση του προβληματικό είτε κινδυνεύει από τις αναδράσεις της φύσεως πάνω στα σχεδιαζόμενα τεχνικά έργα.

Πηγές φερτών υλών: Τα υδατορρέυματα αποτελούν την κυριότερη πηγή φερτών υλών. Το υλικό που μεταφέρεται προέρχεται από τη διάβρωση χερσαίων εκτάσεων γης και το μεγαλύτερο μέρος του είναι αργιλώδες και ιλυώδες, ενώ ένα μικρό ποσοστό είναι άμμος. Τα χονδρόκοκκα παραμένουν στις ακτές, ενώ τα υπόλοιπα καθιζάνουν σε μεγαλύτερα βάθη. Έργα που γίνονται για την προστασία από τη διάβρωση, όπως τα αντιπλημμυρικά έργα και κατά κύριο λόγο τα φράγματα, στερούν από τις ακτές μεγάλες παροχές φερτών υλών, που φυσιολογικά θα τις εμπλούτιζαν, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του προβλήματος της συστηματικής διάβρωσης σε πολλές ακτές.

Παγίδες φερτών υλών: Οι κυριότερες παγίδες φερτών υλών είναι τα παλιρροιακά στόμια, τα υφαλοπρανή και τα υποβρύχια φαράγγια, στα οποία παγιδεύονται, οδηγούμενα προς τα ανοιχτά μεγάλες ποσότητες φερτών υλών. Η ανεμογενής ή κυματογενής μεταφορά προς την εσωτερική ζώνη των αμμοθινών, η λείανση από τριβή ανθρακικών υλικών της ακτής και οι αμμοληψίες είναι επίσης περιοχές αφαιρέσεως φερτών υλών σε φυσικές συνθήκες. Εξίσου σημαντικές παγίδες φερτών υλών αποτελούν τα παράκτια τεχνικά έργα, τα οποία βρίσκονται μέσα στη ζώνη θραύσεως της κυρίαρχης στερεομεταφοράς, με αποτέλεσμα την κατακράτηση μέρους των κατά μήκος της ακτής κινούμενων μαζών ιζημάτων. (Coastal Morphology Group, Ηλ. έκδοση βιβλίου ιζηματολογίας, Κουτίτας, 1994)

1.10 Εποχικός μηχανισμός λειτουργίας παραλιών

Αποτέλεσμα της δράσης κυματισμών και κυματογενών ρευμάτων εγκάρσια στην ακτή, είναι η διαμόρφωση δύο διακεκριμένων προφίλ, του χειμερινού και του θερινού. Η παραλία είναι ένα ενεργό σύστημα μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα εποχική μεταφορά μάζας. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα καιρικά φαινόμενα όπως η αιολική και η κυματική ενέργεια καθώς επίσης και τα θαλάσσια ρεύματα, είναι μεγαλύτερα σε ένταση από ότι το καλοκαίρι. Με τα καιρικά φαινόμενα μεταφέρεται ενέργεια, η οποία είναι συνάρτηση της έντασης τους. Μια παραλία δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας κατά τη διάρκεια του χειμώνα ως αποτέλεσμα των έντονων καιρικών φαινομένων και τείνει να διαβρωθεί ενώ η κλίση και το πλάτος της, παρουσιάζουν εποχική διακύμανση. (Παπαδογιάννης , 2013)



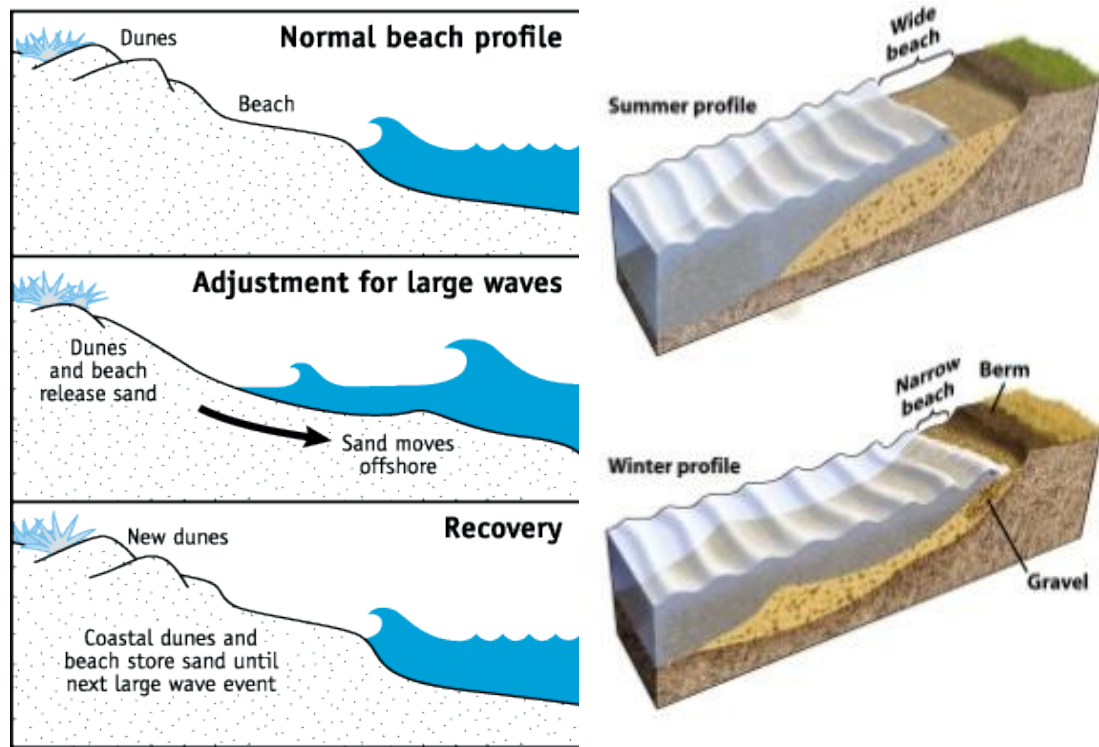
[Εικόνα 3: Λειτουργία εποχικού μηχανισμού σε μία παραλία.]

1.10.1 Χειμερινό προφίλ

Οι κυματισμοί που παρουσιάζουν μεγάλη καμπυλότητα διαβρώνουν το υλικό του «μετώπου» της ακτής καθώς επίσης και το τμήμα του βυθού μεταξύ γραμμής θραύσεως και ακτογραμμής, μεταφέροντας το στην περιοχή θραύσεως, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός επιμήκη υφάλου (long shore bar, αναβαθμό) παράλληλο προς την ακτή. Ο αναβαθμός λειτουργεί ως μέσο προστασίας της ακτής κατά τη διάρκεια κυματικών καταιγίδων, αφού προξενεί θραύση των κυματισμών και έχει μεγάλη συνεισφορά στη μείωση του ύψους και της έντασης των διαδομένων, πίσω από αυτόν κυμάτων. (Κουτίτας, 1994)

1.10.2 Θερινό προφίλ

Οι κυματισμοί κατά την θερινή περίοδο είναι μικρότερης καμπυλότητας σε σχέση με αυτούς της χειμερινής και έχουν τη τάση να επαναφέρουν υλικό στο μέτωπο της ακτής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους του υφάλου και τον εμπλουτισμό του κοκκώδους υλικού στην ακτή. Συγκρίνοντας τα δύο προφίλ παρατηρούμε ότι, το πλάτος της παραλίας το χειμώνα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του καλοκαιριού, λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος της έχει μεταφερθεί στη θάλασσα δημιουργώντας αναβαθμούς. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το ίζημα επιστρέφει από τους αναβαθμούς στην παραλία αυξάνοντας το πλάτος της.
(Παπαδογιάννης ,2013)



[Εικόνα 4: Διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο παραλιακό μέτωπο, κατά το χειμερινό και θερινό προφίλ αντίστοιχα]

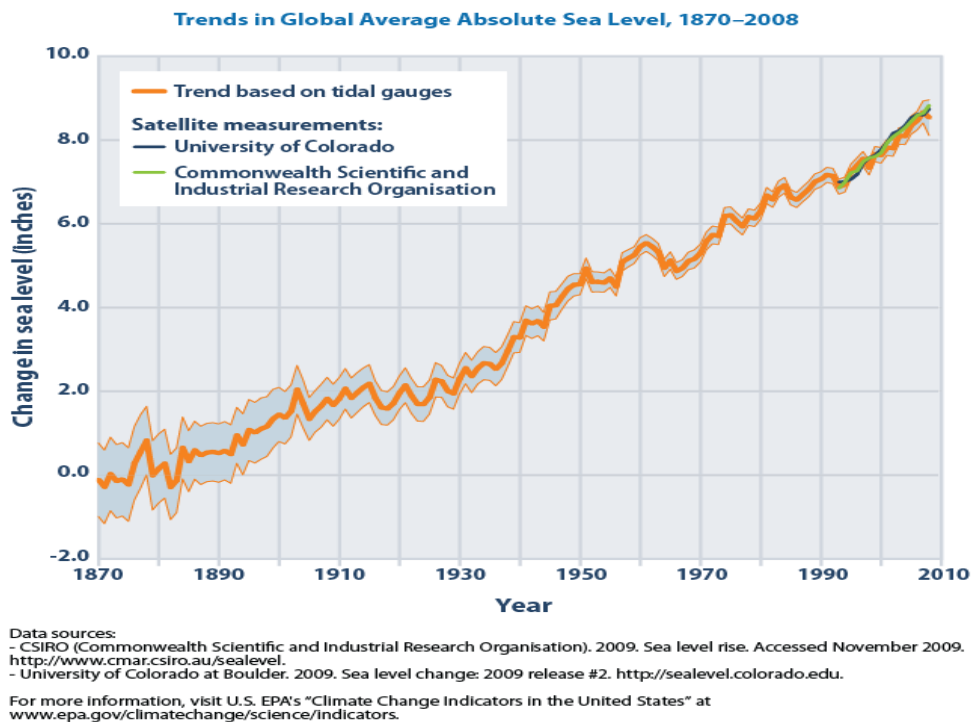
Κεφάλαιο 2

2.1 Παράκτια διάβρωση

Παράκτια διάβρωση ορίζεται η σταδιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής μετρούμενη σε χρονικό ορίζοντα ικανό ν' απομονώσει τη μέτρηση μας από τις επιδράσεις του καιρού, των κυματικών καταιγίδων και της δυναμικής των ιζημάτων (Doody et al,2004). Η διάβρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο εκδηλώνεται σε βάθος χρόνου, μη αποτελώντας φυσική καταστροφή, που έχει ως αποτέλεσμα να είναι δυνατή η πρόληψη και η αντιμετώπιση της ,με σκοπό την ελαχιστοποίησή ή ακόμα και εξάλειψη των αποτελεσμάτων της. Η διάβρωση ως φυσικό φαινόμενο θεωρείται αναμενόμενη , καθώς η γη βρίσκεται σε μεσοπαγετώδη περίοδο, δηλαδή μεταξύ δύο διαδοχικών παγετωδών περιόδων. Κατά την περίοδο του προηγούμενου αιώνα η ετήσια άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας (ΜΣΘ) ήταν $1,7\text{mm} \pm 0,3\text{mm}$ (Church and White, 2006), με αυξητική τάση του ρυθμού αυτού λόγω της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της γης ως αποτέλεσμα του φαινομένου του θερμοκηπίου. (IPCC,2007a),(Church and White,2011)



[Εικόνα 5 (πάνω):Υπολογιζόμενη αύξηση της μέσης στάθμης θάλασσας έως το 2050 στην παραλία του Μαϊάμι και αντίστοιχα (Εικόνα 6(κάτω)) η εικόνα που αναμένεται να παρουσιάσει το 2050 το Σύδνεϋ της Αυστραλίας σε σχέση με σήμερα λόγω της αύξησης της μέσης στάθμης της θάλασσας.]



[Εικόνα 7 : Αύξηση της μέσης στάθμης θάλασσας σε βάθος χρόνου.]

Επίσης ορίζεται ως η αένια επίδραση της θάλασσας στο χερσαίο έδαφος. Τα ποτάμια, τα υπόγεια νερά, οι βροχοπτώσεις και σε μικρότερο βαθμό ο άνεμος και η θερμοκρασία, διαβρώνουν σε βάθος χρόνου το έδαφος, τείνοντας να εξαλείψουν το ανάγλυφο της γης. Παράλληλα, η θάλασσα και τα ποτάμια με τη συνεχή κίνησή τους αποθέτουν ιζήματα ενισχύοντας τα ήδη υπάρχοντα εδάφη ή δημιουργούν νέα.

Η επίδραση της παράκτιας διάβρωσης συνήθως αντισταθμίζεται από άλλες φυσικές διεργασίες, όπως την έμπληση, η οποία είναι η αντίθετη διαδικασία της διάβρωσης, και την ιζηματομεταφορά. Οι ιζηματογενείς κόκκοι παραμένουν σπάνια στην περιοχή δημιουργίας τους και μέσω διαφόρων οδών καταλήγουν σε άλλες περιοχές. Οι κόκκοι, στις περισσότερες περιπτώσεις, παρασύρονται από την μητρική πηγή τους και μεταφέρονται, για μικρές ή μεγάλες αποστάσεις, από ρευστά έως ότου εναποτεθούν σε ένα χώρο ιζηματογένεσης.

Όσον αφορά τις παραλίες και τον τρόπο με τον οποίο το ίζημα καταλήγει σε αυτές, ισχύει ότι το ίζημα συνήθως καταλήγει μέσω των βροχοπτώσεων και άλλων κατακρημνισμάτων στην κοίτη των ποταμών και άλλων πλημμυρικών οδών, με τελική κατάληξη την θάλασσα. Έπειτα το ίζημα αυτό, σε συνδυασμό με το ίζημα που προέρχεται από τη διάβρωση της ακτογραμμής, παρέχει το υλικό που χρειάζεται για την ανάπτυξη των παράκτιων υφάλων, υγροτόπων, αμμωδών παραλίων και αμμόλοφων. Τα οφέλη από τους παράκτιους αυτούς βιότοπους ποικίλουν, αφού λειτουργούν ως μέσα προστασίας από πλημμύρες, απορρόφησης της κυματικής ενέργειας κατά τη διάρκεια κυματικών καταιγίδων, συντελούν στη μείωση του ευτροφισμού των παράκτιων υδάτων, αποτελούν το κατάλληλο έδαφος για φώλιασμα και εκκόλαψη ειδών πανίδας. Τέλος προσδιορίζονται ως ο ιδανικός χώρος για την ανάπτυξη οικονομικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων. (Παπαδογιάννης, 2013), (Synolakis et al, 2008)



[Εικόνα 8: Η εικόνα του παραλιακού μετώπου του New Jersey το 2009 και το 2012 έπειτα από τη διαβρωτική επίδραση των κυματικών καταγίδων και των κυμάτων.]

Η διάβρωση ακτογραμμής/παραλίας προκαλεί τη μακροχρόνια υποχώρηση της ακτογραμμής προς την ενδοχώρα, με παράλληλη κατάληψη του χώρου από τη θάλασσα.

Η διάβρωση της παραλίας δεν θα πρέπει να συγχέεται με τη διάβρωση της ακτής αφού:

- η διάβρωση της παραλίας αναφέρεται στην απώλεια μη συνεκτικών εδαφών ενώ
- η διάβρωση της ακτής αναφέρεται στην απώλεια μη συνεκτικών και συνεκτικών εδαφών

Άρα η διάβρωση της παραλίας σχετίζεται με το διαθέσιμο λειτουργικό πλάτος της και την προσβασιμότητα της. Η διάβρωση της ακτής συμβαίνει όπου δεν υπάρχει παραλία ή όπου αυτή έχει διαβρωθεί σημαντικά με αποτέλεσμα σε αρκετές περιπτώσεις να εξαφανιστεί.. Ο κίνδυνος για τις κατασκευές που υπάρχουν ανάντη της παραλίας είναι άμεσος και δυσχεραίνεται σημαντικά η προσβασιμότητα σε αυτήν (καταστροφή παραλιακών δρόμων κ.α.).

Ο βαθμός διάβρωσης των ακτών δεν είναι παντού ο ίδιος αλλά εξαρτάται από πολλούς τοπικούς παράγοντες (Δουκάκης, 2005), όπως:

- Η τοπογραφία της ακτής (ακτή σε κόλπο ή στην ανοιχτή θάλασσα)
- Η μορφολογία της ακτής (ήπια ή απότομη κλίση)
- Οι επικρατούσες κλιματικές και κυματικές συνθήκες (επιμήκη ρεύματα, άνεμοι, σύνηθες ύψος κυμάτων, ακραία καιρικά φαινόμενα)
- Οι γεωλογικοί παράγοντες (υπόβαθρο-στερεοπαροχή (αμμώδης ή βραχώδης, τεκτονικές κινήσεις ακτών))
- Τα αποθέματα ιζημάτων στην περιοχή (ακτή κοντά σε ποτάμι ή όχι)

Η παράκτια διάβρωση είναι συνήθως αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων φυσικών και ανθρωπογενών που αναπτύσσονται σε διαφορετικές κλίμακες.

Στους **φυσικούς παράγοντες** συμπεριλαμβάνονται: άνεμοι, θύελλες, έντονος κυματισμός, ρεύματα κοντά στην ακτή και η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας.

Στους **ανθρωπογενείς παράγοντες** που επηρεάζουν την παράκτια διάβρωση περιλαμβάνονται: οι παράκτιες κατασκευές, οι αμμοληψίες από παραλίες και ποτάμια, οι διευθετήσεις κοίτης ποταμών (ιδιαίτερα η κατασκευή φραγμάτων), οι βυθοκορήσεις, το καθαρίσμα και οι επιδράσεις στην παράκτια βλάστηση, οι εξορύξεις ύδατος, καθώς επίσης και η ανάπτυξη πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας.

(Φωτεινής, 2014), (Παπαδογιάννης, 2013)

2.2 Ανθρωπογενή αίτια διάβρωσης παραλίων

Αμμοληψίες από παραλίες

Όσον αφορά την Ελλάδα οι κατασκευές στηρίζονται κυρίως στο οπλισμένο σκυρόδεμα, του οποίου τα κύρια δομικά υλικά είναι το τσιμέντο και η άμμος. Η άμμος πολλών παραλίων αποτελείται από λεπτόκοκκο ίζημα, το οποίο θεωρείται κατάλληλο για την κατασκευή κτηρίων και έργων, αλλά παράλληλα αποτελεί πηγή εύκολου και γρήγορου κέρδους για πολλούς εργολάβους.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την προσπάθεια εξεύρεσης πόρων από την τοπική αυτοδιοίκηση, οδήγησε στην εξόρυξη και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων άμμου από πλειάδα παραλίων. Οι αμμοληψίες κρίθηκαν παράνομες το 1986. Σήμερα αυτός ο νόμος βρίσκει πραγματική ισχύ σε λίγες παραλίες καθώς συνήθως η άγνοια είναι ο κύριος λόγος περιβαλλοντικών καταστροφών σε αυτές.

(Φωτεινής, 2014), (Παπαδογιάννης, 2013)



[Εικόνα 9: Διαδικασία αμμοληψίας από παραλία]

Ανάπτυξη πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας

Η ραγδαία αύξηση του τουριστικού προϊόντος τα τελευταία έτη, οδήγησε στην κατασκευή μεγάλων τουριστικών μονάδων κατά μήκος των παραλιών (της βόρειας ακτογραμμής στην περίπτωση της Κρήτης) χωρίς να υπάρχει κάποιος ενιαίος χωροταξικός σχεδιασμός. Το φαινόμενο κατά το οποίο η ανάπτυξη σε μια παράκτια περιοχή συμβαίνει εις βάρος της εκατοστέ παραλίας είναι σύνηθες. Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρείται κατοικίες, ξενοδοχεία, επαγγελματικοί χώροι, και άλλες κατασκευές να κτίζονται μέσα στην ενεργή ζώνη μιας παραλίας. Αυτό έχει ιδιαίτερα αρνητικές συνέπειες στη λειτουργία της παραλίας. Μία υγιής παραλία έχει πλάτος, που μεταβάλλεται εποχικά, και ανταλλάσσει μάζα (άμμο) με το όλο οικο-μηχανικό σύστημα της παραλίας. Στην περίπτωση που το πλάτος της παραλίας μειωθεί αρκετά εξαιτίας κάποιας κατασκευής, τότε στο συγκεκριμένο σημείο, αλλά και γύρω από αυτό παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της διάβρωσης. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι η κατασκευή αλλάζει τις τοπικές συνθήκες του ανέμου και κατ' επέκταση του κυματισμού, αλλά επίσης εγκλωβίζει όγκο άμμου, ο οποίος υπό φυσιολογικές συνθήκες θα ήταν ελεύθερος να μεταφερθεί στην ενεργή ζώνη της παραλίας. (Παπαδογιάννης, 2013), (Living with coastal erosion in Europe, June 2004)



[Εικόνα 10: Χαρακτηριστικό παράδειγμα ανάπτυξης πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας (περιοχή Βραχάκια) στην πόλη των Χανίων]

Διάβρωση από παραλιακούς δρόμους

Ένα άλλο πρόβλημα, που προκαλεί έντονη διάβρωση, είναι η κατασκευή δρόμων πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας. Οι εκάστοτε τοπικές αρχές θέλοντας να διευκολύνουν την προσβασιμότητα στις παραλίες συνήθως κατασκευάζουν δρόμους πάνω ή πολύ κοντά σε αυτές.

Η αξία παραθαλασσίων εκτάσεων είναι πολύ υψηλή, αυτό καθιστά αδύνατη την απαλλοτρίωση τους, όπου κρίνεται σκόπιμο προκειμένου να διατηρηθεί αλώβητη η παραθαλάσσια ζώνη. Αντ' αυτού είναι σύνηθες το φαινόμενο κατασκευής δρόμων πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας και η καταστροφή του ευαίσθητου συστήματος των αμμοθινών. Η προκαλούμενη διάβρωση έχει μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης στις συγκεκριμένες περιοχές. Μετά από μικρό συνήθως χρονικό διάστημα, η διάβρωση έχει απομακρύνει την προσκείμενη ακτογραμμή και αρχίζει να απειλεί το δρόμο. Για την προστασία του, οι τοπικές αρχές, συνήθως επιλέγουν πρόχειρες λύσεις ενισχύοντας την εκτεθειμένη πλευρά του δρόμου, με σειρά αυτοσχέδιων κατασκευών, όπως μεγάλους ογκόλιθους, πέτρες κάθε μεγέθους ακόμα και μπάζα.

Η έντονη τουριστική ανάπτυξη, οι αυξημένες τιμές γης και η δυσκολία προσβασιμότητας στις παραλίες, έχουν οδηγήσει στην κατασκευή εκτεταμένων παραλιακών δρόμων με αποτέλεσμα την σταδιακή διάβρωση των παραλιών. (Φωτεινής, 2014), (Παπαδογιάννης, 2013), (Living with coastal erosion in Europe, June 2004)



[Εικόνα 11: Χαρακτηριστικό παράδειγμα αστοχίας παραλιακού δρόμου στο Κολυμβάρι Χανίων λόγω λανθασμένης χωροθέτησης αυτού (υποσκαφή του λόγω παρ. διάβρωσης), κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων.]

Διάβρωση προκαλούμενη από ποτάμιες αμμοληψίες

Οι αμμοληψίες από ποταμούς είναι από τις κύριες αιτίες διάβρωσης των παράλιων. Τα ποτάμια παρέχουν το απαραίτητο ίζημα (άμμος), για την ανάπτυξη και διατήρηση των παράλιων. Οι ποτάμιες αμμοληψίες έχουν απαγορευτεί στην Ελλάδα και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η συγκεκριμένη δραστηριότητα, να έχει μετατοπιστεί στην ενδοχώρα. Η άμμος που αντλείται από ποτάμια, αποτελεί ένα ιδανικό δομικό υλικό γιατί, σε αντίθεση με την θαλάσσια δεν περιέχει αλάτι. Όμως η άμμος από τους ποταμούς αποτελεί κύρια πηγή τροφοδοσίας των παράλιων, και η αμμοληψία από αυτούς μοιραία θα οδηγήσει στην διάβρωση των παράλιων που τροφοδοτούν διαχρονικά. (Παπαδογιάννης, 2013),(Living with coastal erosion in Europe, June 2004)



[Εικόνες 12,13: Χαρακτηριστικά παραδείγματα αμμοληψίας από κοίτες ποταμών]

Διάβρωση προκαλούμενη από παράκτιες κατασκευές

Αλιευτικά καταφύγια, μικρά λιμάνια και μικρές μαρίνες κτίζονται συνήθως χωρίς να υπάρχει κάποιος κεντρικός σχεδιασμός, αποτελούμενος από οργάνωση, πλήρη καταγραφή και γνώση των κυματικών, βαθυμετρικών και άλλων βασικών στοιχείων και χωρίς συνήθως τις απαιτούμενες μελέτες περιβαλλοντικών ή άλλων επιπτώσεων που είναι δυνατόν να προκαλέσουν αυτές οι κατασκευές . Ως αποτέλεσμα των παραπάνω πολλές από αυτές τις κατασκευές, είτε παρεμπόδισαν τη στερεομεταφορά στις θαλάσσιες κυψέλες λόγω της θέσεως που τοποθετήθηκαν, προκαλώντας μοιραία την διάβρωση κοντινών παραλίων, είτε λόγω κακού σχεδιασμού απαιτείται η συχνή εκβάθυνση τους για να παραμείνουν λειτουργικές. (Παπαδογιάννης, 2013) (Δουκάκης, 2005)

Διάβρωση προκαλούμενη από κατασκευή φραγμάτων

Τα φράγματα κατασκευάζονται με σκοπό την κάλυψη διάφορων ανθρώπινων αναγκών, όπως η προστασία από πλημμύρες, η συγκέντρωση νερού προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και άρδευση κ.α. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συγκράτηση σημαντικών ποσοτήτων φερτών υλών, που υπό φυσιολογικές συνθήκες θα κατέληγαν στην παράκτια ζώνη, αποτελώντας υλικό απόθεσης, οδηγώντας στην οπισθοχώρηση της ακτής και την αύξηση της τρωτότητας της στη διάβρωση. (Κουτίτας, 1994)



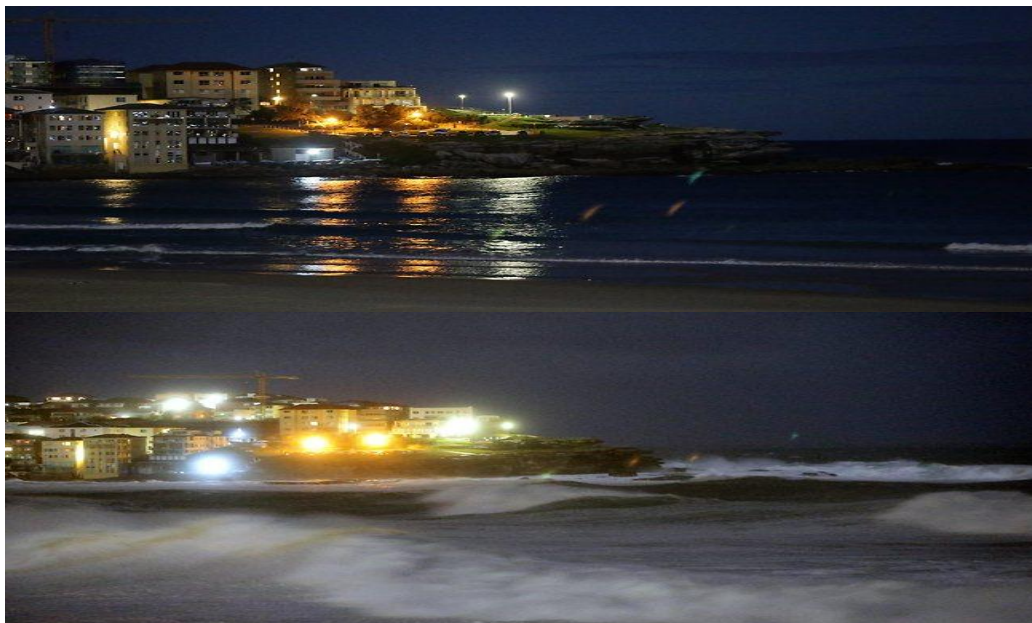
[Εικόνα 75: Χαρακτηριστικά παράδειγμα φραγμάτων απ' όλο τον κόσμο]

2.3 Οι κυματικές καταιγίδες και η επίδρασή τους στις ακτές

Το μεγαλύτερο μέρος των εκτεθειμένων ακτών χάνουν μέρος των ιζημάτων τους, ως αποτέλεσμα της διάβρωσης, της φθοράς ή της απομάκρυνσής του από μηχανικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες. Όταν μία ακτή οπισθοχωρεί, είναι συνήθως αποτέλεσμα της διάβρωσης. Η παράκτια διάβρωση προκαλείται κυρίως από την κίνηση του νερού υπό μορφή υψηλών κυμάτων και ισχυρών ρευμάτων. Τα κύματα θραύσης διαβρώνουν την ακτή αφαιρώντας και απομακρύνοντας κόκκους του ιζήματος ή αποκόπτοντας κομμάτια βραχωδών σχηματισμών. Ο πάγος, η χημική διάβρωση και η μηχανική τριβή βοηθούν επίσης στην διάβρωση μερικών βραχωδών χερσονήσων και απόκρημνων ακτών. Τα βότσαλα και η άμμος λειτουργούν ως εργαλεία που χτυπούν επανειλημμένα τους βράχους και τους φθείρουν σταδιακά. Λόγω των ισχυρών καταιγίδων τα επίπεδα του νερού ανυψώνονται γρήγορα, επιταχύνοντας τα παράκτια ρεύματα, που έχει ως αποτέλεσμα την επίσπευση απώλειας εδαφών.

Η απώλεια ιζημάτων κατά τη διάρκεια των καταιγίδων εξαρτάται από μία σειρά παραγόντων, όπως

- Την απόσταση από το κέντρο της καταιγίδας,
- Τα ύψη των κυμάτων της καταιγίδας,
- Τα χαρακτηριστικά των κυμάτων,
- Την κατεύθυνση μετακίνησης της καταιγίδας,
- Τη γωνία προσέγγισης των κυμάτων στην ακτή,
- Την ταχύτητα μετακίνησης και τη διάρκεια της καταιγίδας και
- Το στάδιο της παλίρροιας στις παράκτιες περιοχές κατά τη στιγμή της καταιγίδας
(Δουκάκης, 2005),(USGS,Robert A.Morton)



[Εικόνα 14: Η παραλία του Bondi στο Σύδνεϋ 24 ώρες πριν και κατά τη διάρκεια κυματικής καταιγίδας.]

2.4 Μέθοδοι αντιμετώπισης της διάβρωσης

Η διάβρωση είναι ένα φυσικό φαινόμενο που οφείλεται στην αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας και επιδεινώνεται εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου. Υπό φυσιολογικές συνθήκες εξελίσσεται με μικρό ρυθμό, εκτός αν σε αυτό συντελέσουν και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες, συνήθως ανθρωπογενείς. Τα μέτρα που λαμβάνονται για την αντιμετώπιση του φαινομένου της διάβρωσης είναι εξαρτώμενα από τις τοπικές συνθήκες αλλά και από κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες. Τέλος σημαντικό ρόλο παίζει ο σχεδιασμός, οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των εμπλεκόμενων κοινωνικά ομάδων, νομικών προσώπων και αρχών που δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη (κάτοικοι, επισκέπτες, τοπικοί - εθνικοί φορείς και αρχές).

Παράκτια μέτρα προστασίας θεωρούνται, όλα τα μέτρα που λαμβάνονται με σκοπό την προστασία του οικιστικού περιβάλλοντος από τη διάβρωση και τις πλημμύρες. Τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η επιλογή της τεχνικής για την προστασία των ακτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αξία της γης που έγκειται στον κίνδυνο. Η αξία αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή των βέλτιστων, πιθανών λύσεων αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης. Οι τεχνικές για την αντιμετώπιση της παράκτιας διάβρωσης διακρίνονται σε **βαριές** και **ήπιες μορφές**.

2.4.1 Βαριές μορφές προστασίας

Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις (λιμένες, εργοστάσια κ.α.) είναι ενδεδειγμένες ως μέσω προστασίας οι βαριές κατασκευές. Σε αυτή την κατηγορία μέσων προστασίας, εντάσσονται οι θαλάσσιοι τσιμεντένιοι τοίχοι, οι οποίοι χτίζονται παράλληλα στη διεύθυνση της παραλίας. Επίσης, σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και οι κυματοθραύστες, οι οποίοι τοποθετούνται σε νερά κοντά στην ακτή με σκοπό να απορροφούν και να εκτονώνουν την κυματική ενέργεια. Παράλληλα υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής τσιμεντένιων σφηνών κάθετα στην ακτογραμμή με σκοπό την παρεμπόδιση της κίνησης των ποσοτήτων άμμου παράλληλα με την ακτή. Συνήθως το συγκεκριμένο είδος κατασκευής χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την μέθοδο της τεχνητής «θρέψης» των παραλιών. Ο σκοπός κατασκευής των προαναφερθέντων έργων, είναι η προστασία του μετώπου της παραλίας και κατ' επέκταση των υποδομών που βρίσκονται ανάντη αυτής. Τα παραθαλάσσια τείχη κατασκευάζονται σε ακτές, που παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της διάβρωσης και αυτός είναι ο κύριος λόγος, που οι παραλίες μπροστά από τα θαλάσσια αυτά τείχη, εξαφανίζονται με την πάροδο του χρόνου. Η συγκεκριμένη μέθοδος προστασίας είναι πολυέξοδη και ξεπερνά σε κόστος, αυτή της τεχνητής «θρέψης». Παρ' όλα αυτά, υπάρχει από ορισμένους η πεποίθηση ότι ισχύει το αντίθετο, αφού δεν απαιτούνται συνεχείς, περιοδικές δαπάνες όπως απαιτούνται στην περιοδική τροφοδότηση παραλιών με άμμο. Όμως η παγκόσμια εμπειρία βασιζόμενη σε απτά παραδείγματα, δείχνει ότι ο εμπλουτισμός ακόμη και σε βάθος δεκαετιών είναι η πιο οικονομική λύση.

Η λανθασμένη κατασκευή ή τοποθέτηση όλων των παραπάνω τεχνητών κατασκευών, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές και δυναμικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την εκθετική αύξηση της διάβρωσης και κατ' επέκταση την υποχώρηση της παραλίας.

Οι βαριές κατασκευές είναι ευρέως διαδεδομένες στον ελληνικό χώρο, με κυριότερες αυτές των προβόλων, των θαλάσσιων τειχών και την τοποθέτηση «όγκων» στη θάλασσα, που έχουν κυρίως το ρόλο κυματοθραυστών. Οι περισσότερες εξ' αυτών χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία λιμανιών, τουριστικών εγκαταστάσεων και οικισμών. Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα μεγάλων κατασκευών με σκοπό την προστασία της παραλίας ή των υφιστάμενων σε αυτή περιουσιών. Σε κάποιες περιπτώσεις το αποτέλεσμα ήταν το επιθυμητό, αλλά στις περισσότερες, η διάβρωση συνεχίστηκε έστω και με χαμηλούς ρυθμούς, ενώ σε άλλες παρατηρήθηκε η επιτάχυνση της. Γενικότερα, οι βαριές κατασκευές ως μέσα προστασίας μπορούν να είναι επιτυχή, αν έχει πλήρως εξεταστεί και γίνει κατανοητός ο τρόπος που εξελίσσεται ένα παράκτιο σύστημα. (Παπαδογιάννης, 2013); (Δουκάκης, 2005)



[Εικόνα 15: Κυματοθραύστες]



[Εικόνα 16: Θαλάσσιος τσιμεντένιος τοίχος (κρηπιδότειχος)]



[Εικόνα 17: Πρόβολοι]

2.4.2 Ήπια μέτρα προστασίας

Οι ήπιες μορφές προστασίας έχουν ως στόχο την αποκατάσταση και προστασία του παράκτιου συστήματος αποφεύγοντας στο βαθμό που είναι δυνατόν, τις αλλαγές και αλλοιώσεις στην μορφολογία και στα γενικά χαρακτηριστικά της ζώνης στην οποία γίνεται η επέμβαση. Με την εφαρμογή των ήπιων μέσων προστασίας, γίνεται μία προσπάθεια ούτως ώστε να συνδυαστούν, η προσομοίωση των διεργασιών μεταφοράς ιζημάτων με τις απαραίτητες επεμβάσεις που στοχεύουν στην αναίρεση της δράσης παραγόντων που οδηγούν σε υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης. Ορισμένες περιπτώσεις ήπιων μέτρων προστασίας είναι οι ακόλουθες.

- **Δημιουργία τεχνητών υφάλων (artificial reef creation)**

Με τη δημιουργία ενός τεχνητού υφάλου, επιτυγχάνουμε την απορρόφηση της κυματικής ενέργειας που επιδρά στην ακτή, με αποτέλεσμα τη διάβρωσή της, ενώ παράλληλα προσφέρεται ένας βιότοπος, που ενισχύει την υποθαλάσσια βιοποικιλότητα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία ανάπτυξης δημιουργικών δραστηριοτήτων στο χώρο αυτό. Παραδείγματα δημιουργίας τεχνητών υφάλων, υπάρχουν σε όλο τον Κόσμο, δίνοντας μέχρι τώρα θετικά αποτελέσματα.



[Εικόνες 18,19: Αγάλματα τα οποία λειτουργούν ως τεχνητοί ύφαλοι στο Κανκούν. Εξέλιξη τεχνητού υφάλου που απεικονίζει τη θεά της θάλασσας στο Pemuteran, ένα κόλπο στο Νοτιοδυτικό Bali]

- **Αποστράγγιση παραλίας (beach drainage)**

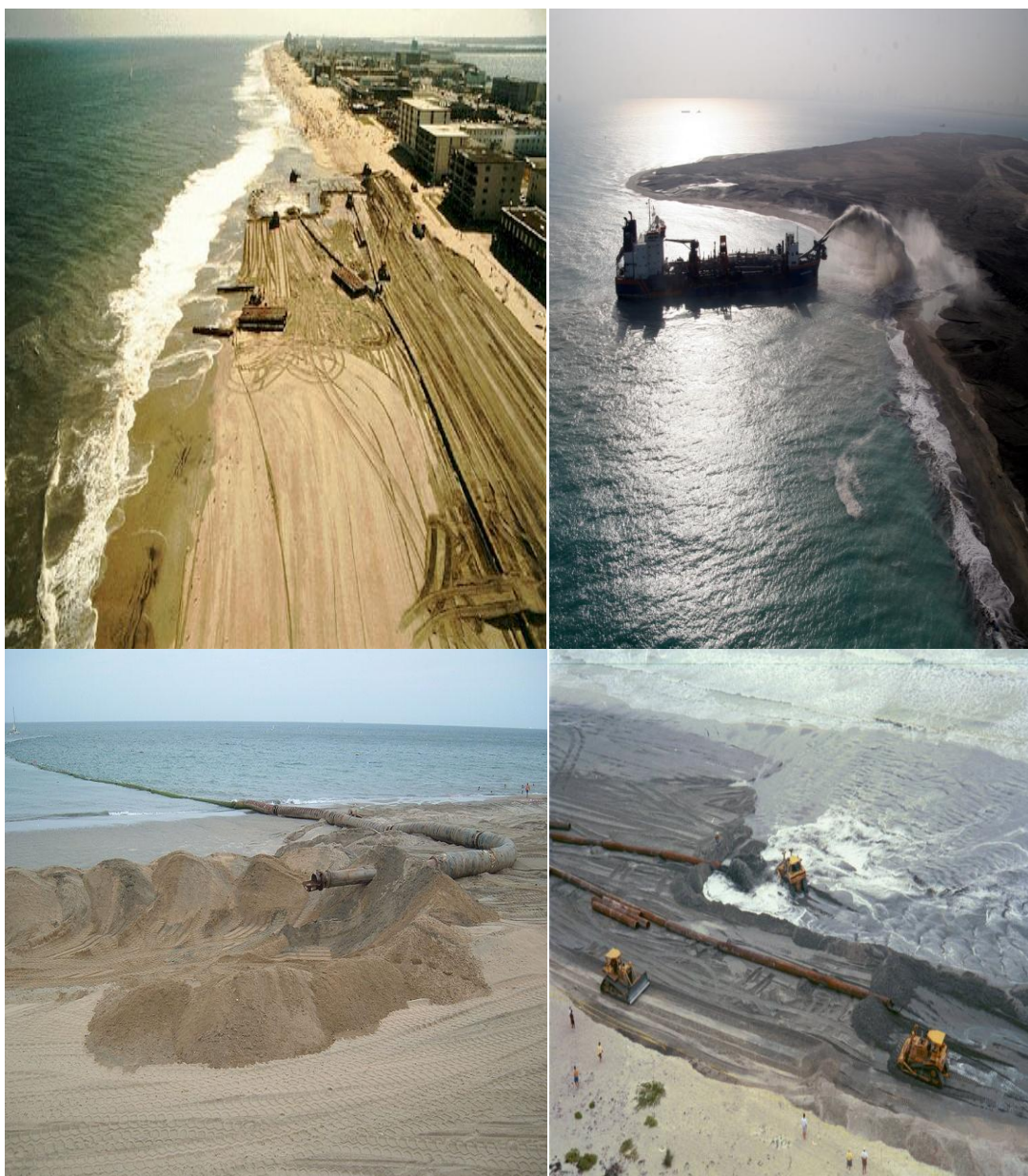
Η αποστράγγιση της παραλίας, είναι η διεργασία κατά την οποία στραγγίζεται το νερό της παραλίας με αποτέλεσμα τη μείωση του επιφανειακού νερού κατά την απόπλυση. Παράλληλα επιτυγχάνεται η μειωμένη μεταφορά ιζήματος από την ακτή προς την παραλία. Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής, είναι η μη διαδεδομένη χρησιμοποίησή της, ειδικότερα τα προηγούμενα χρόνια, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός καταγεγραμμένων εφαρμογών της ώστε να καταστεί δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα και το βαθμό επιτυχίας της μεθόδου. Η χρήση της συνιστάται όταν η διάβρωση συμβαίνει κυρίως κάθετα στην ακτή.



[Εικόνες 20,21: Αποστράγγιση παραλίας με αγωγούς]

- **Τροφοδοσία με άμμο (sand supply/nourishment)**

Η τεχνητή τροφοδοσία με άμμο, είναι η διεργασία κατά την οποία πραγματοποιείτε τεχνητή αύξηση του όγκου της άμμου με την εισαγωγή εξωγενούς υλικού, όσο το δυνατόν ίδιο με το ενδογενές. Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους, είτε με απευθείας μεταφορά από τα βαθιά νερά σε ένα σημείο στην παραλία ή με συνεχή παροχή. Υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής της, απευθείας στην επιφάνεια της παραλίας ή υποθαλάσσια. Είναι δημοφιλής στην Αμερική και σταδιακά και στην Ευρώπη, ωστόσο δεν συνιστάται στην περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμες πηγές ιζημάτων στην περιοχή. Τέλος σημαντικό ρυθμιστικό παράγοντα αποτελούν και τα χαρακτηριστικά της άμμου που εισάγεται σε σχέση με τη σύσταση της υπάρχουσας παραλίας.



[Εικόνα 22: Τρόποι τροφοδοσία παραλίας με άμμο]

- **Επαναφορά παραλίας (beach scraping)**

Κατά τη διαδικασία επαναφοράς παραλίας, πραγματοποιείται ο επανασχεδιασμός του προφίλ (σχήματος) της παραλίας, χρησιμοποιώντας το ίζημα που υπάρχει ήδη στην παραλία. Η εφαρμογή του ενδείκνυται όταν οι απώλειες φερτών υλικών δεν είναι τόσο μεγάλες, ώστε να απαιτείται η προσθήκη μεγάλων όγκων άμμου. Αποτελεί μια σχετικά φθηνή λύση, αφού δεν απαιτούνται μεγάλοι όγκοι άμμου, αλλά συχνά απαιτείται η επανάληψη της αρκετές φορές, μέχρι να επιτευχθεί το σωστό σχήμα. Η χρήση της ενδείκνυται στις παραλίες που υπάρχουν αρκετά αποθέματα άμμου.



[Εικόνα 23: Επαναφορά παραλίας, beach scraping]

- **Δημιουργία σταθερών υδατοφρακτών (creation of stable bays)**

Η δημιουργία σταθερών υδατοφρακτών συμβάλει στη διασπορά της ενέργειας των κυμάτων, αυξάνοντας το μήκος της ακτής. Ουσιαστικά παρατηρείται μείωση της ενέργειας που αντιστοιχεί ανά μονάδα μήκους τη ακτής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα εξετάζοντας το σύνολο της ακτογραμμής, κάποια κομμάτια να προστατεύονται, ενώ σε κάποια άλλα η διάβρωση συνεχίζεται επιδρώντας στα ισχυρά (απέναντι στη διάβρωση) σημεία οδηγώντας στον σχηματισμό υδατοφρακτών. Ως τεχνική δεν είναι διαδεδομένη στην Ευρώπη με εξαίρεση ορισμένες τοποθεσίες στην Ολλανδία, όπου μελετάται η εφαρμογή της.



[Εικόνες 24,25: Σταθεροί υδατοφράκτες στη Σιγκαπούρη και στο Norfolk στη Μεγάλη Βρετανία]

- **Επανατροφοδοσία αμμοθινών (dune regeneration)**

Στόχος της χρησιμοποίησης της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι η αντιμετώπιση της διάβρωσης που προκαλεί ο αέρας στις αμμοθίνες. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας εμπόδια που συντελούν στη μείωση ή τη προστασία από τον αέρα, διευκολύνοντας παράλληλα την απόθεση άμμου. Ως εμπόδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξύλινοι φράκτες, γεωμεμβράνες και βλάστηση.



[Εικόνα 26: Επαναφορά αμμοθινών]

- **Γεωϋφασμάτινοι Πυθμενικοί Πρόβολοι**

Κατασκευασμένοι από έγχυτο σκυρόδεμα, τοποθετούμενοι με τρόπο τέτοιο ώστε να αυξάνουν τη δυνατότητα των ακτών να συγκρατούν τα ιζήματά τους. Σε αρκετές περιπτώσεις συνδυάζεται με την τεχνική τροφοδοσίας με άμμο για πιο ουσιαστικό και άμεσο αποτέλεσμα.



[Εικόνες 27,28: Γεωϋφασμάτινοι Πυθμενικοί Πρόβολοι]

- **Τεχνητή φυτοκάλυψη**

Η τεχνητή φυτοκάλυψη είναι η τεχνική κατά την οποία καλλιεργούνται φυτά, κυρίως, υδρόφιλοι θάμνοι παράλληλα στην ακτογραμμή, με σκοπό την επέκτασή της.

(Παπαδογιάννης, 2013),(Living with coastal erosion in Europe, 2004)

2.5 Μέθοδοι υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

«Η υποχώρηση ή η πρόσχωση μιας ακτογραμμής δεν είναι αποτέλεσμα μόνο της διάβρωσης ή της απόθεσης ιζημάτων, αντίστοιχα. Η ιστορική εξέλιξη μιας ακτογραμμής οφείλεται στους εξής παράγοντες:

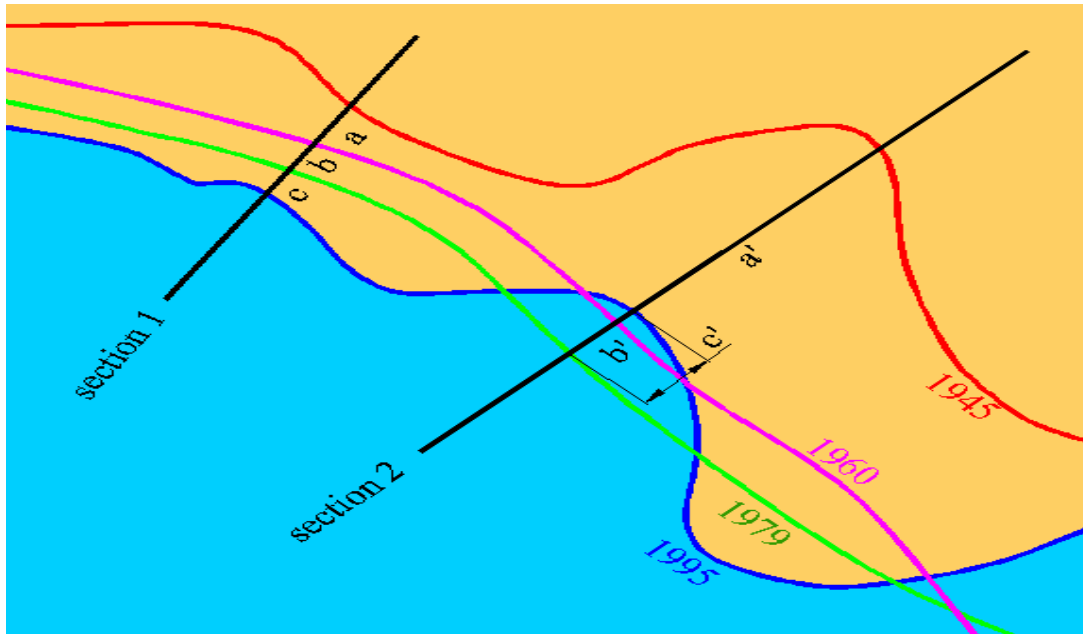
- η άνοδος της στάθμης της θάλασσας από το τελευταίο παγετώδες μέγιστο μέχρι σήμερα και ιδιαίτερα κατά τον τελευταίο αιώνα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη.
- στις πιθανές τεκτονικές μετακινήσεις (ανύψωση ή καθίζηση) που χαρακτηρίζουν την ακτογραμμή.
- στη διάβρωση από τη σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- στη διάβρωση από τις κυματικές καταιγίδες.

Οι ανθρώπινες επεμβάσεις στις ακτές έχουν επηρεάσει σημαντικά την ιστορική εξέλιξή τους. Άμεσες επεμβάσεις, όπως η κατασκευή παράκτιων έργων και η τροφοδότηση με άμμο, και έμμεσες επεμβάσεις, όπως η μείωση της παροχής των ποταμών με φράγματα πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη για την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων για την διαχρονική εξέλιξη,

Η γεωγραφική προσαρμογή των αεροφωτογραφιών και η χρήση των υπολογιστών παρέχουν τεράστιες δυνατότητες στην ιστορική χαρτογράφηση ακτών. Οι ψηφιακά διορθωμένες αεροφωτογραφίες έχουν όλα τα στοιχεία μιας φωτογραφίας, αλλά οι παραμορφώσεις τους έχουν διορθωθεί από σφάλματα κεκλιμένης λήψης λόγω κινήσεων του αεροπλάνου, του φακού της μηχανής και της επίδρασης του ανάγλυφου. Επίσης, στις αεροφωτογραφίες μπορούμε να προσδώσουμε γεωγραφική αναφορά και έτσι μπορούν να συνδυαστούν με άλλες μορφές γεωγραφικών δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS).

Με χρήση διατομών

Ο ρυθμός μεταβολής ρ της ακτογραμμής μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους, η καθεμία εκ των οποίων προσφέρει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μεθοδολογία υπολογισμού με διατομές υλοποιείται με τη μέτρηση, πάνω σε κάθε διατομή, αποστάσεων της ακτογραμμής μεταξύ διαφορετικών χρονικών διαστημάτων.



[Εικόνα 29: Η μεθοδολογία των διατομών βασίζεται στη μέτρηση αποστάσεων μεταξύ της ακτογραμμής σε διαφορετικές χρονικές στιγμές]

Ο πλέον συνήθης τρόπος υπολογισμού είναι η εύρεση του μέσου όρου με τον τύπο:

$$\rho = \frac{a + b + c + \dots}{\text{χρονικό διάστημα παρατηρήσεων}}$$

όπου a, b, c, \dots οι αποστάσεις της ακτογραμμής κάθε χρονικής στιγμής από την αμέσως προηγούμενή της. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν οι ακτογραμμές των ετών 1945, 1960, 1979, 1995, ως a θεωρείται η απόσταση της ακτογραμμής του έτους 1960 από την ακτογραμμή του έτους 1945, ως b θεωρείται η απόσταση της ακτογραμμής του έτους 1979 από την ακτογραμμή του έτους 1960 κ.ο.κ. Οι αποστάσεις εισέρχονται στον τύπο με το πρόσημό τους δηλαδή εάν μεταξύ δύο χρονικών στιγμών η ακτογραμμή σε μια διατομή προσχώνεται τότε παίρνει θετικό πρόσημο, ενώ εάν οπισθοχωρεί παίρνει αρνητικό πρόσημο. Ο τρόπος αυτός, αν και πολύ απλός και κατανοητός στην έκφρασή του, έχει το μειονέκτημα ότι εάν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των παρατηρήσεων της ακτογραμμής δεν είναι σχετικά όμοια, τότε μπορεί να δώσει εσφαλμένα αποτελέσματα.

Με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων (MET)

Σε αυτή την μέθοδο, οι παραλίες θεωρούνται ευθείες και στον χώρο και θεωρούνται ότι εξελίσσονται γραμμικά, και ανευρίσκεται η ευθεία γραμμή ανάμεσα σε μετρήσεις της ακτογραμμής που ελαχιστοποιούν τα υπόλοιπα (least squares fit). Η μέθοδος είναι ίσως μόνο κατάλληλη για μεγάλου μήκους παραλίες, και δεν συνίσταται εφόσον υπάρχουν συστήματα GIS που μπορούν να κάνουν τους ίδιους υπολογισμούς με μεγαλύτερη ακρίβεια.

Επίσης, δεν είναι αποδεδειγμένο ότι η ακτογραμμή μεταβάλλεται μόνο γραμμικά. Για παράδειγμα, στις εκβολές ενός ποταμού η ακτογραμμή μπορεί να μεταβάλλεται λογαριθμικά, δηλαδή σταδιακά να μειώνεται ο ρυθμός πρόσχωσης της ακτογραμμής. Ο μοναδικός τρόπος για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων είναι η χρήση περισσότερων παρατηρήσεων σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ώστε να εξάγονται

ορθά συμπεράσματα, τόσο για την τάση μεταβολής της ακτογραμμής όσο και για μεγαλύτερα διαστήματα πρόβλεψης.

Με χρήση εμβαδών

Αντί βέβαια της μεθοδολογίας των διατομών, ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής μπορεί να υπολογιστεί και με τη χρήση των εμβαδών των περιοχών που είτε έχουν προσχωθεί είτε έχουν διαβρωθεί (**μέθοδος εμβαδών**). Η μέθοδος στηρίζεται σε μια ενιαία αντιμετώπιση της περιοχής μελέτης. Υλοποιείται με τη μέτρηση των εμβαδών των περιοχών που προσχώθηκαν ή διαβρώθηκαν σε μια χρονική περίοδο και του μήκους της ακτογραμμής.

Ο ρυθμός μεταβολής στη συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να υπολογιστεί ως εξής:

$$\rho = \frac{\Sigma_E \text{ πρόσχωσης} - \Sigma_E \text{ διάβρωσης}}{L}$$

όπου:

Σ_E πρόσχωσης, το συνολικό εμβαδόν των περιοχών που προσχώθηκαν

Σ_E διάβρωσης, το συνολικό εμβαδόν των περιοχών που προσχώθηκαν

L , το μήκος μιας μέσης ακτογραμμής, ανάμεσα στις δύο χρονικές στιγμές – κατά προσέγγιση, αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως το μικρότερο εκ των δύο μηκών της ακτογραμμής στις αντίστοιχες περιόδους.

Πρόκειται για ένα ρυθμό μεταβολής **συνολικό** για την περιοχή μελέτης. Η μέθοδος αυτή συνιστάται για τις ακόλουθες περιπτώσεις

- Τον υπολογισμό ενός γενικού ρυθμού μεταβολής σε μια περιοχή, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τοπικές ιδιαιτερότητες.
- Σε περιοχές όπου λόγω των μεγάλων μεταβολών, δε μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος των διατομών. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται κατά κάποιο τρόπο η εσωτερική δυναμική της περιοχής.
- Σε περιοχές όπου δεν είναι εμφανής η τάση μεταβολής της ακτογραμμής
- Σε ενιαίες γεωλογικά και γεωγραφικά οντότητες, όπως δέλτα ποταμών, νησιά και κόλπους.»(Παπαδογιάννης, 2013)

Κεφάλαιο 3

3.1 Πρανή- Παράκτιοι Κρημνοί (coastal cliffs)

Πρανή ονομάζονται οι κεκλιμένοι φυσικοί ή τεχνητοί σχηματισμοί εδάφους ή βράχου. Η κλίση του πρανού το ορίζει «ασταθή» σε σχέση με έναν οριζόντιο σχηματισμό εδάφους εξαιτίας των διατμητικών τάσεων. Το φυσικό πρανές μπορεί να αστοχήσει υπό την επίδραση γεωλογικών, γεωτεκτονικών ή φυσικών παραγόντων. Αστοχία του φυσικού πρανούς μπορεί να προκληθεί από φαινόμενα όπως η διάβρωση, η μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα, οι σεισμοί κα.

(Κότση, 2008)



[Εικόνα 30: Παράκτια πρανή κοντά στο φάρο του Los Morrillos]



[Εικόνες: **31,32**: Παράκτιοι κρημνοί στο Codrevy στην Cornwall]

3.2 Παράγοντες που καθορίζουν τη μορφή του μετώπου ενός παράκτιου κρημνού:

- Τα προϋπάρχοντα γνωρίσματα της μορφολογίας του ανάγλυφου.
- Την **κυματική δραστηριότητα**. Τα κύματα υψηλής έντασης διαβρώνουν το πέτρωμα και μερικές φορές αποκόπτουν τα χαλαρά υλικά που προκαλούνται από τη διάβρωση λόγω του κυματισμού. Ο έντονος κυματισμός είναι δυνατό να απομακρύνει τα υλικά που έχουν αποθεθεί στη βάση των κρημνών από τη δράση εξωγενών χερσαίων διεργασιών, όπως η αποσάθρωση. Σημαντικό ρόλο για τη διατήρηση της μορφής του κρημνού παίζει ο σχετικός ρυθμός προσφοράς και απομάκρυνσης των υλικών στη βάση του.
- Την **γεωλογία**.
«Γεωολογικοί παράγοντες όπως η τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων, η διαφοροποίηση στην αντοχή των διάφορων γεωολογικών στρωμάτων και στη διεύθυνση και κλίση της στρώσης επηρεάζουν σημαντικά τη μορφολογία στην κλίση των παράκτιων κρημνών. Παράγοντες επίσης όπως το πάχος του εκάστου στρώματος, η ανθεκτικότητά καθώς και η τοποθέτησή τους στην στρωματογραφική ακολουθία κατέχουν σημαντικό ρόλο στη μορφή ενός κρημνού που αποτελείται από διαφορετικά είδη ιζηματογενών στρωμάτων. Η ύπαρξη ενός στρώματος μειωμένης ανθεκτικότητας στη βάση του κρημνού, η οποία εκτίθεται στην κυματική δραστηριότητα οδηγεί στη δημιουργία κυματογενούς εγκοπής, η οποία μακροπρόθεσμα θα έχει ως αποτέλεσμα την κατάρρευση των υπερκείμενων στρωμάτων λόγω της βαρύτητας.» (Καρύμπαλης, 2010)

3.3 Μηχανισμοί υποχώρησης παράκτιων κρημνών

Συχνή αιτία στην υποχώρηση παράκτιων κρημνών αποτελεί η διεργασία της υποσκαφής, δηλαδή η δημιουργία εγχοπών στη βάση του κρημνού λόγω της κυματικής της δράσης. Η υποσκαφή προκαλεί την υποχώρηση του μετώπου του κρημνού με τη διαδικασία **της περιστροφικής ολίσθησης (rotational slumping)**, ή με την διαδικασία **της κάθετης ολίσθησης (toppling failure)**. Επίσης, η διάβρωση από την κυματική δράση και η υποσκαφή δημιουργούν εσοχές στους παράκτιους κρημούς και ιδιαίτερα στη βάση αυτών. Επιπροσθέτως, στους μηχανισμούς υποχώρησης των παράκτιων κρημών συμπεριλαμβάνονται φυσικές διαδικασίες όπως, οι κατολισθήσεις, οι λασπορροές και η περιστροφική ολίσθηση. Τέτοιου είδους μηχανισμοί συναντώνται συχνά σε περιοχές όπου τα πετρώματα είναι αρκετά μαλακά (μειωμένης σκληρότητας), και έχουν σαν αποτέλεσμα να παρουσιάζουν και χαμηλή αντοχή στη διάβρωση. Η μεταφορά και εναπόθεση ή μη των υλικών των κατολισθήσεων ή λασπορροών στη βάση του κρημνού επηρεάζει σημαντικά την ευστάθεια του παράκτιου μετώπου. (S.B. Teixeira, 2006), (Καρύμπαλης, 2010)



[Εικόνα 33: Κατάρρευση παράκτιου κρημνού στο Yorkshire]



[Εικόνα 34: Σταδιακή ολίσθηση και κατάρρευση παράκτιου πρανούς στο Happisburgh]

3.4 Ρυθμός υποχώρησης παράκτιων κρημνών

Ένας από τους σημαντικότερους συντελεστές στο χρόνο υποχώρησης των παράκτιων κρημνών αποτελεί η σκληρότητα των πετρωμάτων, η ανθεκτικότητα δηλαδή που διατηρούν στη κίνηση των χερσαίων εξωγενών αλλά και των θαλάσσιων διεργασιών. Ένας παράγοντας που καθορίζει την ανθεκτικότητα ενός πετρώματος στη διάβρωση είναι η λιθολογική του δομή. Άλλοι συντελεστές που επηρεάζουν το ρυθμό υποχώρησης των κρημνών είναι η έκθεσή τους στη δράση των κυμάτων, ή τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων όσων αφορά τη ρηγμάτωση και κατ' επέκταση την αποδυνάμωσή του, καθώς και η παρουσία ή μη, αιγιαλού μπροστά από τον κρημό αποτελώντας μέσω προστασίας της βάσης του από την κυματογενή δραστηριότητα. Τέλος, καθοριστικό ρόλο έχει επίσης και το ύψος του κρημού. (Καρύμπαλης, 2010)

3.5 Μορφές διάβρωσης βραχωδών ακτών

Κατά μήκος ενός παράκτιου κρημνού πραγματοποιείται διαφορετική διάβρωση, εξαιτίας της διαφορετικής ανθεκτικότητας των γεωλογικών σχηματισμών. Συγκεκριμένα, τα πετρώματα ισχυρότερης ανθεκτικότητας διαβρώνονται με μικρότερο ρυθμό σε σχέση με τους πιο αδύναμους ανθεκτικούς σχηματισμούς.

Αποτέλεσμα αυτής της διαφορετικής διάβρωσης είναι η δημιουργία υπολειμματικών διαβρωσιγενών γεωμορφών (Καρύμπαλης, 2010) :

- **Θαλάσσιες αψίδες (sea arches)**



[Εικόνα 35: Θαλάσσιες αψίδες σε Hawai , Ισπανία και Ελλάδα]

- Θαλάσσια σπήλαια (sea caves)



[Εικόνα 36: Θαλάσσια σπήλαια στην Πάφο, Κύπρος]

- Θαλάσσιες στήλες (sea stacks)



[Εικόνα 37: Θαλάσσιες στήλες στην Αυστραλία]

- Θαλάσσιες εγκοπές (marine notches)



[Εικόνα 38: Θαλάσσιες εγκοπές στην Ελλάδα και τη Σικελία]

Διεργασίες των οποίων η συνδυαστική δράση οδηγεί στη σταδιακή υποσκαφή και διάβρωση, δημιουργώντας τους άνωθεν σχηματισμούς είναι:

- Η υδραυλική πίεση (hydraulic pressure)
- Η εκσκαφή (quarrying)
- Η απόξηση (abrasion)

3.6 Ενεργότητα του πρανούς

Οι κύριοι συντελεστές που ρυθμίζουν την ενεργότητα του πρανούς είναι οι ακόλουθοι:

1. **Η κλίση του πρανούς.** Σημαντική συχνότητα κατολισθήσεων παρατηρείται σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο ενώ το ποσοστό που εντοπίζεται σε περιοχές με ήπιο ανάγλυφο είναι πολύ μικρό από φυσικές αιτίες ή από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις.
2. **Η σύσταση και η δομή του πρανούς.** Ένα πρανές συγκροτείται από μια συνάθροιση πετρωμάτων, αποσαθρωμένου μανδύα και εδάφους με ποικίλες ποσότητες φυτοκάλυψης και ποικίλη περιεκτικότητα σε νερό. Στις περιπτώσεις που το πρανές δομείται μόνο από συνεκτικά πετρώματα τότε μπορεί να σχηματίζονται έως και κατακόρυφα πρανή. Κάθε πέτρωμα μπορεί να αποσαθρώνεται, δημιουργώντας έναν μανδύα αποσάθρωσης, όμως δε φέρει εσωτερικώς επιφάνειες ασυνέχειας (στρώσεις, διαρρήξεις, φυλλώσεις). Στην περίπτωση που η κλίση τους είναι ομόρροπη με αυτή του πρανούς προξενούν ολισθήσεις και οδηγούν στο σχηματισμό των κορημάτων.

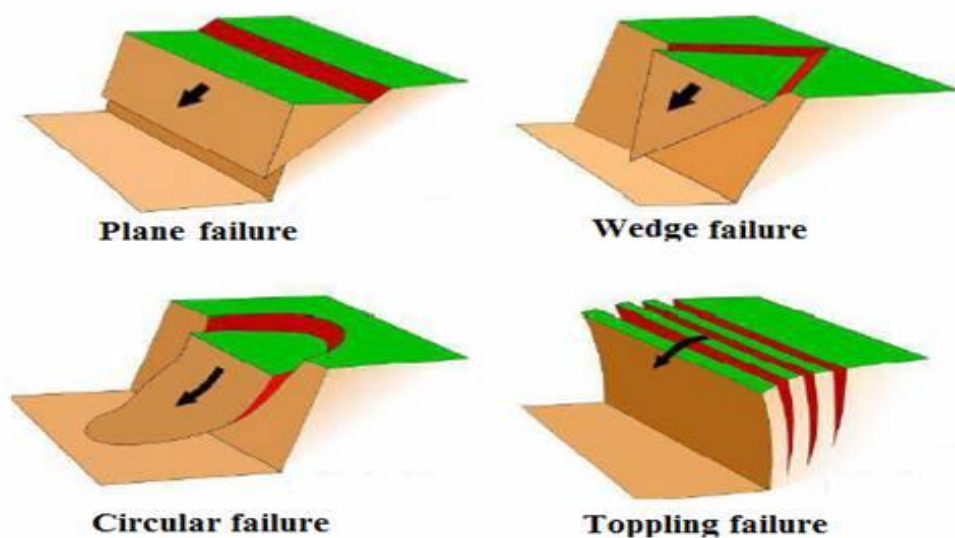
3. Το νερό. Το νερό είτε επιφανειακό είτε υπόγειο, αποτελεί ουσιαστικός παράγοντας στην παρουσία κατολισθήσεων με τον κορεσμό και φόρτιση των υλικών, την εκδήλωση υδροστατικών πιέσεων, την αυξομείωση της πίεσης των πόρων, την εσωτερική διάβρωση, τις υποσκαφές, τις διαβρωτικές-αποσαθρωτικές διεργασίες, τη χαλάρωση του πετρώματος κατά μήκος των επιφανειών ασυνέχειας με τη συνεχή διεύρυνση τους και τη μεταβολή του όγκου στην περίπτωση δημιουργίας παγετού κλπ.

Στις περιπτώσεις που το νερό βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στους πόρους των πετρωμάτων, ενισχύει τη διατμητική τους αντοχή. Αυτό παρατηρείται διότι υπάρχει σημαντική έλξη μεταξύ των μορίων του νερού στο λεπτό υδάτινο περίβλημα κάθε κόκκου. Η έλξη αυτή είναι γνωστή ως εφελκυσμός επιφάνειας και οδηγεί στην αύξηση της συνεκτικότητας του πετρώματος. Σε αρχικό στάδιο, η συνεχής ενίσχυση

της ποσότητας σε νερό ενός πετρώματος το καθιστά πλαστικό. Αν προστεθεί επιπλέον νερό τότε παρατηρείται σταδιακή χαλάρωση μεταξύ των κόκκων του πετρώματος και αυτό οδηγεί σε μείωση της διατμητικής του αντοχής. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ρευστοποίηση και είναι χαρακτηριστικό γνώρισμα των αργίλων.

4. Η **σεισμική φόρτιση**. Στις περιπτώσεις που τα πρανή συγκροτούνται από χαλαρά ή μικρής συνεκτικότητας υλικά κατά τη διάρκεια του σεισμικού κραδασμού επέρχεται μείωση της συνοχής και έχει ως αποτέλεσμα το πρανές να οδηγείται σε αστοχία. (Ρίσβα, 2012)

3.7 Μορφές αστοχίας σε Βραχώδη Πρανή



[Εικόνα 41: Μηχανισμοί αστοχίας σε βραχώδη πρανή]

- **Επίπεδες αστοχίες (planar failures):** ελέγχονται από μία μόνο επιφάνεια ασυνέχειας που προβάλλει στο πρόσωπο του πρανούς
- **Σφηνοειδείς αστοχίες(wedge failures):** αντιστοιχούν σε μία αστοχούσα μάζα που καθορίζεται από δύο επιφάνειες ασυνεχειών που τέμνονται κατά μία γραμμή με κατηφορική κλίση προς το μέτωπο του πρανούς.
- **Αστοχίες ανατροπής (toppling failures):** περιλαμβάνουν πλάκες ή κολώνες (στύλους) βράχου που οριοθετούνται από ασυνέχειες που βυθίζονται απότομα στο μέτωπο του πρανούς (αντίρροπα με το πρανές).
- **Κυκλικές αστοχίες(circular failures):** δημιουργούνται σε βραχώμαζες που είτε είναι έντονα διακλασμένες (χωρίς να υπάρχει κάποια σαφώς επικρατούσα και δυσμενής προσανατολισμός), ή αποτελούνται από υλικά με μικρή αντοχή του άρρηκτου πετρώματος. (Varnes, D. J. 1978), (Dikau, 1996)

3.8 Ευστάθεια πρανούς

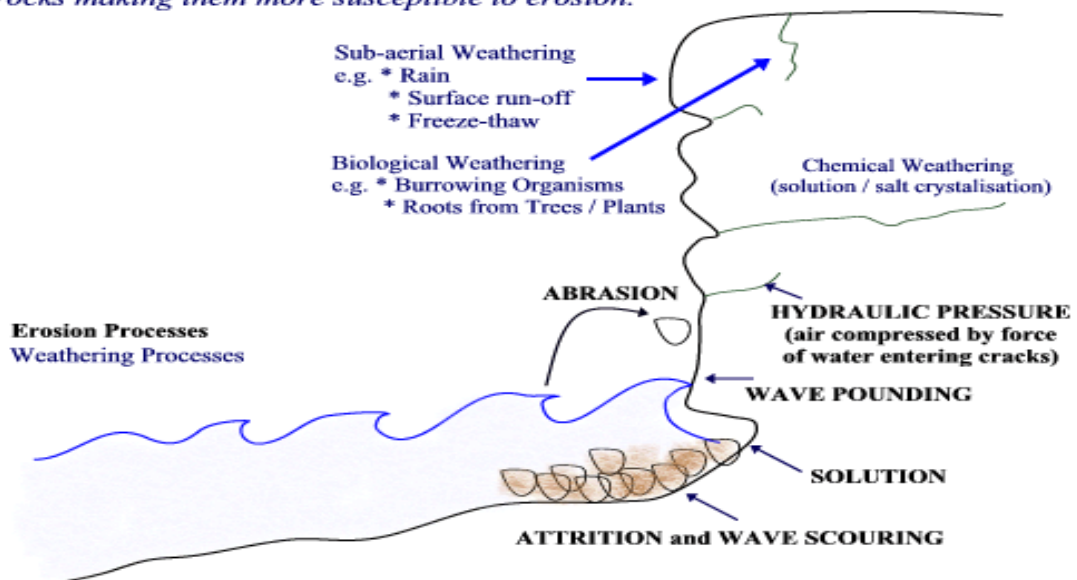
Οι συντελεστές εξάρτησης της ευστάθειας των πρανών κατηγοριοποιούνται από τον Chandler (1987) σε **εξωτερικούς** (διάβρωση, βροχόπτωση, σεισμός, διαμορφωμένη κλίση) και **εσωτερικούς** (εσωτερική διάβρωση λόγω κυκλοφορίας του νερού, υπόγειος υδροφόρος, είδος εδάφους, τεκτονική δομή). Οι ενέργειες οι οποίες ευθύνονται για την αστάθεια των πρανών εξαρτώνται από το ύψος και την κλίση των πρανών, το μοναδιαίο βάρος του εδάφους και την περιεκτικότητα του νερού μέσα σε αυτό, όπως επίσης και την επιφόρτιση που δέχεται. Συγκεκριμένα, η ευστάθεια του πρανούς έχει άμεση εξάρτηση από την βαρύτητα, την συνοχή c και την γωνία εσωτερικής τριβής ϕ και κατατμητικότητα του εδάφους, τις χρονικές μεταβολές των τάσεων και παραμορφώσεων, την αποστράγγιση του πρανούς και την επιρροή ατμοσφαιρικών συνθηκών. (Κότση, 2008), (Chandler, 1987)



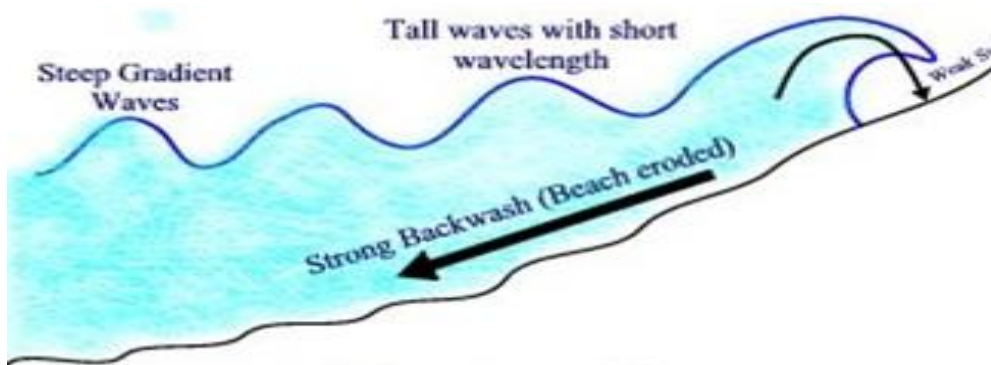
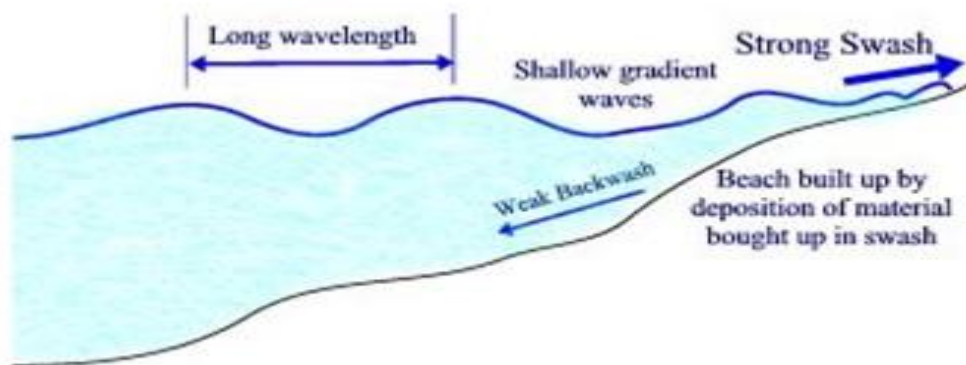
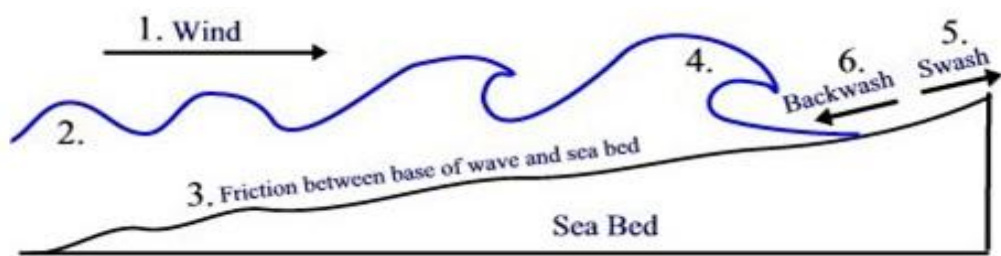
[Εικόνα 42: Αστοχία παράκτιου πρανούς]

Coastal Erosion and Weathering Processes

Remember weathering and erosion do the most damage at the weakest points. Weathering also helps to weaken rocks making them more susceptible to erosion.



[Εικόνα 43: Ο ρόλος του νερού και της παράκτιας διάβρωσης στον παράκτιο κρημνό]



[Εικόνα 44: Τύποι κυματισμού και πως το κύμα επιδρά στην παραλία-παρακτιους κρημνούς]

3.9 Νομοθετικό Πλαίσιο

Το Θεσμικό πλαίσιο διακρίνεται σε δύο βασικές κατηγορίες, στις ευρωπαϊκές πολιτικές και στην ελληνική νομοθεσία.

Σημαντικότεροι σταθμοί της Ευρωπαϊκής πολιτικής για τις παράκτιες και νησιωτικές ακτές αποτελούν τα εξής:

- Μεσογειακό Πρόγραμμα Δράσης (MAP)
- Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης (ΟΔΠΖ)
- Μεσογειακό Πρωτόκολλο για τις Παράκτιες Περιοχές
- Πολιτικές για την Κλιματική Αλλαγή
- Ευρωπαϊκά Προγράμματα για τις Παράκτιες Περιοχές και τη Θαλάσσια Πολιτική

«Ακολουθώντας, σύμφωνα με την ελληνική εμπειρία, κρίνεται σκόπιμη η συνοπτική παρουσίαση της σημαντικότερης νομοθεσίας σχετικά με τον παράκτιο χώρο, καθώς και η ενσωμάτωση των ευρωπαϊκών οδηγιών σε αυτήν.

- Συνταγματικές διατάξεις για την προστασία των ελληνικών ακτών

Στο άρθρο 24 του Συντάγματος συγκροτείται ένα σχετικά κανονιστικό πλαίσιο προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος και των ευαίσθητων οικοσυστημάτων, όπως είναι οι θαλάσσιες και οι παράκτιες περιοχές. Το 2001, έπειτα από την ερμηνευτική δήλωση-αναθεώρηση του άρθρου 101, δόθηκε έμφαση στις ιδιαίτερες συνθήκες (κοινωνικές, οικονομικές, οικολογικές) των νησιωτικών περιοχών και στην υποχρέωση του νομοθέτη να τις συνεκτιμά.

- Ο Ν.1650/1986 για την Προστασία του Περιβάλλοντος

Επιπρόσθετη εξειδίκευση για την προστασία των παράκτιων περιοχών και των θαλασσών πραγματοποιείται στα άρθρα 18-21 του Ν.1650/1985. Ειδικότερα, σε αυτά προσδιορίζονται τα σαφή κριτήρια που θα πρέπει να πληροί η εκάστοτε περιοχή για να υπαχθεί σε καθεστώς προστασίας σε εφαρμογή περιφερειακού, ειδικού χωροταξικού σχεδίου ή ΓΠΣ ή Ειδικής Περιβαλλοντικής Μελέτης.

- Ο Ν.2742/1999 για το Χωροταξικό Σχεδιασμό και την Αειφόρο Ανάπτυξη

Στο Ν.2742/99 δίδεται έμφαση στη διοίκηση και διαχείριση των περιοχών προστασίας της φύσης στα άρθρα 15-17, με τα οποία καθορίζονται εθνικά πάρκα και οι φορείς διαχείρισης.

- Ο Ν.3937/2011 για τη Διατήρηση της Βιοποικιλότητας και άλλες Διατάξεις

Στο Ν.3937/2011 τροποποιούνται βασικά άρθρα του Ν.1650/86 που σχετίζονται με τις προστατευόμενες περιοχές

- Αιγιαλός και Παραλία (Ν.2971/2001)

Σύμφωνα με το Ν.2791/2001 ορίζεται η κυριότητα του αιγιαλού και της παραλίας. Παράλληλα, προσδιορίζεται η δυνατότητα παραχώρησης της απλής χρήσης αυτών σε επιμέρους ζώνες, στις οποίες επιτρέπονται συγκεκριμένες δραστηριότητες. Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται η θεσμοθέτηση του κοινόχρηστου χαρακτήρα της παράκτιας ζώνης, ενώ καθορίζεται και επιταχύνεται η διαδικασία για την πλήρη χαρτογράφηση των αιγιαλών.

- Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για τον Παράκτιο Χώρο

Το σχέδιο αυτό, προτείνει τη διάκριση της Παράκτιας Ζώνης σε ειδικές ζώνες διαχείρισης, σύμφωνα με παράγοντες που σχετίζονται με τη λειτουργία των οικοσυστημάτων, την άσκηση δραστηριοτήτων, τους εκάστοτε φορείς διαχείρισης κ.ά. Ειδικότερα, η διάκριση αυτή περιλαμβάνει την κρίσιμη και δυναμική ζώνη, τόσο σε χερσαίο όσο και θαλάσσιο τμήμα.

- Πολιτικές και Δράσεις Αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής

Η Ελλάδα ανταποκρινόμενη στις υποχρεώσεις που απορρέουν από την κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο (ΦΕΚ 117/Α/30-5-02), εκπόνησε το Εθνικό Πρόγραμμα Δράσης, το οποίο συντονίζει τις δραστηριότητες του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα με στόχο τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου και περιλαμβάνει δυνατές επεμβάσεις μείωσης εκπομπών, με μέτρα στους παρακάτω τομείς: οικιακό και τριτογενή τομέα, μεταφορές, βιομηχανία, ηλεκτροπαραγωγή, διαχείριση απορριμμάτων, γεωργία, βιομηχανικές διεργασίες.»
(Μοσχίδου, 2000)

Κεφάλαιο 4

4.1 Περιοχή μελέτης και σκοπός της έρευνας

Η παράκτια διάβρωση αποτελεί ένα μείζων πρόβλημα στο Νομό Χανίων, το οποίο αυξάνεται εκθετικά με το πέρασ του χρόνου, δημιουργώντας πληθώρα κοινωνικοοικονομικών προβλημάτων που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης. Κινούμενο προς αυτή τη κατεύθυνση, το Εργαστήριο Φυσικών Καταστροφών του Πολυτεχνείου Κρήτης, κάνει μία πολύ σημαντική προσπάθεια καταγραφής και συλλογής δεδομένων σχετικά με τις κυματικές-δυναμικές συνθήκες και τη μεταβολή των φυσικών χαρακτηριστικών του Βόρειου παραλιακού μετώπου του Νομού Χανίων, με σκοπό τη δημιουργία μίας έγκυρης και πλήρης βάσης δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν ένα πολύ σημαντικό εργαλείο προκειμένου να κατανοήσουμε το πρόβλημα της παράκτιας διάβρωσης σε βάθος, καθώς επίσης και η χρησιμοποίησή τους, για την εκπόνηση εμπεριστατωμένων μελετών που έχουν ως σκοπό την εξεύρεση λύσεων και την προστασία από την παράκτια διάβρωση. Συγκριμένα στην παρούσα εργασία επιλέξαμε κι εστιάζουμε σε τρεις παράκτιες περιοχές του Βόρειου παραλιακού μετώπου του νομού Χανίων. Αυτές είναι οι παραλίες του Σταλού, του Πλατανιά και του Κολυμβαρίου.

4.2 Γεωλογία ευρύτερης περιοχής παραλιακού μετώπου βορείου άξονα Χανίων

Γεωμορφολογία

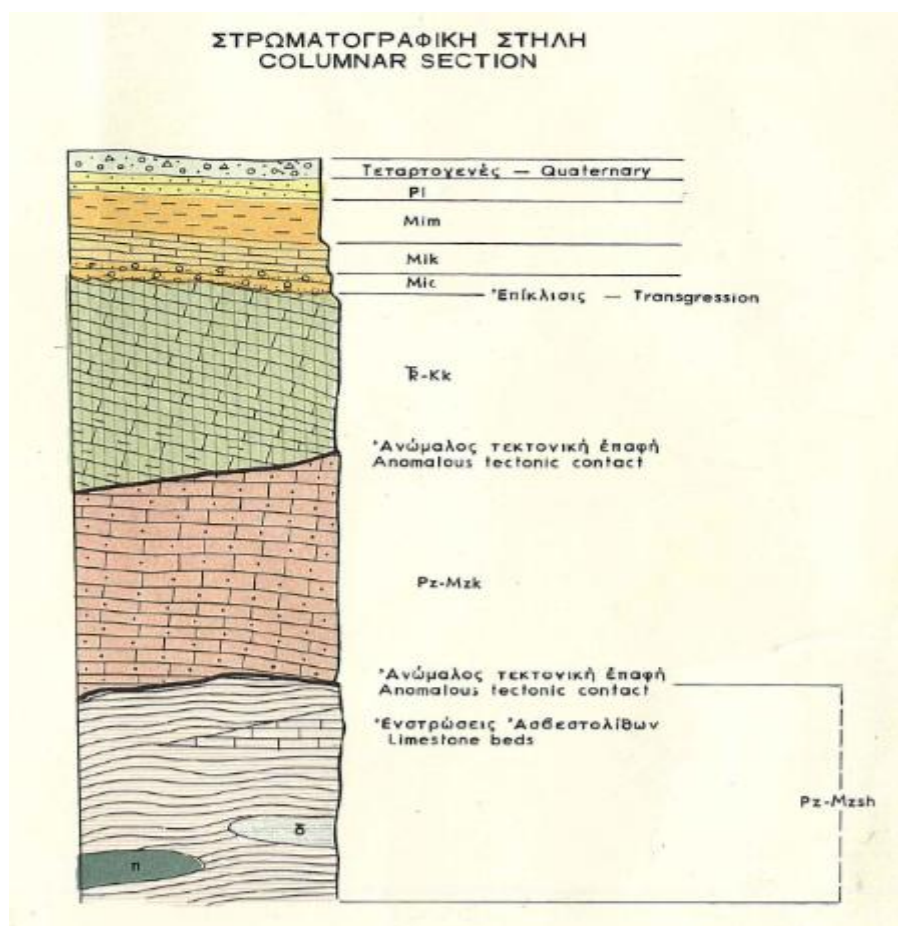
Το νησί της Κρήτης γενικά παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο, γεγονός το οποίο αποδίδεται στην ενεργή ορογενητική διαδικασία, που λαμβάνει χώρα υπό την αλληλεπίδραση της Αφρικανικής και Ευρασιατικής πλάκας. Οι κύριες ζώνες, στις οποίες διακρίνεται μορφολογικά η Κρήτη, είναι: (α) η πεδινή (από 0 έως 200m), (β) η ημιορεινή (200-400m) και (γ) η ορεινή (400m και πάνω). Η πεδινή ζώνη καλύπτεται από τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις και το ανάγλυφο είναι σχετικά ομαλό. Η ημιορεινή ζώνη είναι λοφώδης και καλύπτεται κυρίως από νεογενείς αποθέσεις (π.χ. μάργες, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους) και ανθρακικά πετρώματα. Τέλος, η ορεινή ζώνη παρουσιάζει έντονο ανάγλυφο και αποτελείται κατά κύριο λόγο από ανθρακικά πετρώματα, που είναι κατά τόπους έντονα τεκτονισμένα και κατακερματισμένα, διαμορφώνοντας ένα πολύπλοκο καρστ και γενικά ένα δύσβατο τοπίο.

Το έντονο και πολυμορφικό ανάγλυφο της Κρήτης γίνεται εμφανές από την ύπαρξη πολλών βουνών, τα οποία σχηματίζουν μεγάλης ποικιλίας γεωλογικούς σχηματισμούς, μικρές λεκάνες, κοιλάδες, φαράγγια, σπήλαια και οροπέδια. Ανήκουν στο Δειναροταυρικό τόξο, που ξεκινά από τις Δειναρικές Άλπεις και περιλαμβάνει τους μεγαλύτερους ορεινούς όγκους της χώρας. Ένας από τους μεγαλύτερους ορεινούς όγκους του νησιού είναι τα Λευκά Όρη, στην ανατολική απόληξη των οποίων βρίσκεται η ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Από Βορρά προς Νότο σχηματίζονται τρία επιμέρους μορφολογικά επίπεδα. Το πρώτο είναι το βόρειο παραλιακό τμήμα με πολύ χαμηλό υψόμετρο (μέχρι 50m), το αμέσως νοτιότερο, το οποίο εκτείνεται από τις απότομες βόρειες κλιτείς των Λευκών ορέων, με μέσο έως υψηλό υψόμετρο (έως 1.000m) και το τρίτο και νοτιότερο τμήμα που καλύπτει τις κορυφές του Τρυπαλίου με υψόμετρο μέχρι 1.500m. Οι πλαγιές αυτές καθορίζονται από την ανάπτυξη μιας μεγάλης τεκτονικής ζώνης, η οποία με διεύθυνση από ανατολή προς δύση, οριοθετεί όλα τα βόρεια παράλια της δυτικής Κρήτης.

Γεωλογία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση των κατώτερων κυρίως καλυμμάτων-ενοτήτων της Κρήτης. Η μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από Αλπικής ηλικίας πετρώματα, τα οποία από τα ανατολικά προς τα δυτικά μεταβαίνουν σταδιακά, μέσω τεκτονικών ζωνών, προς τις τεκτονικά χαμηλότερες ενότητες της Κρήτης. Οι κυριότερες ενότητες, που εμφανίζονται, είναι από τις κατώτερες προς τις ανώτερες, των πλακωδών ασβεστολίθων, του Τρυπαλίου, των Φυλλιτών-Χαλαζιτών και της Τρίπολης. Στη βόρεια παραλιακή ζώνη πάνω από τα αλπικά αυτά πετρώματα εμφανίζονται Νεογενή και Τεταρτογενή πετρώματα, που σχηματίστηκαν τα τελευταία 15 εκατομμύρια χρόνια. Ενδεικτική στρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1: Στρωματογραφική στήλη ευρύτερης περιοχής μελέτης

Ειδικότερα τα Αλπικά πετρώματα της περιοχής είναι:

- I. Ενότητα Πλακωδών Ασβεστόλιθων. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ανθρακικά πετρώματα (δολομίτες, ασβεστόλιθους), τα οποία μεταμορφώθηκαν πριν από 23 εκ. χρόνια σε μάρμαρα. Τα πετρώματα της ενότητας εμφανίζονται σχεδόν στο σύνολο της περιοχής, κυριαρχούν όμως σε ολόκληρο το δυτικό τμήμα. Τα κατώτερα είναι κυρίως Τριαδικής έως Ιουρασικής ηλικίας και αποτελούνται από τεφρούς έως τεφρόλευκους ανακρυσταλλωμένους δολομίτες και λευκά μάρμαρα, τα οποία είναι συνήθως άστρωτα ή παχυστρωματώδη.. Αμέσως ανώτερα είναι τα Ιουρασικής έως Ηωκαινικής ηλικίας λεπτοπλακώδη μάρμαρα (οι τυπικοί "πλακώδεις ασβεστόλιθοι") με λευκούς πυριτικούς κονδύλους και ενστρώσεις. Το συνολικό πάχος της ενότητας μπορεί λόγω και των πτυχώσεων να ξεπερνά τα 5 km.
- II. Ενότητα Τρυπαλίου. Τα πετρώματα της ενότητας αυτής βρίσκονται πάντα τεκτονικά τοποθετημένα και σκεπάζουν τα πετρώματα της ενότητας των πλακωδών ασβεστολίθων. Λόγω της έντονης διάβρωσης τους εμφανίζονται με τη μορφή μικρών σωμάτων στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, όπου εμφανίζουν σημαντικό πάχος που φτάνει περίπου τα 200m. Η ενότητα αυτή αποτελείται από έντονα ανακρυσταλλωμένα ασβεστολιθικά λατυποπαγή και δολομίτες. Η ηλικία των πετρωμάτων είναι Τριαδική έως Άνω Ιουρασική και η μεγαλύτερη εμφάνιση τους στην Κρήτη είναι στην περιοχή του όρους Τρυπάλι στα βόρεια της περιοχής μελέτης. Λόγω της πετρολογικής τους δομής (κυρίως λατυποπαγή) τα πετρώματα αυτά διαβρώνονται πολύ εύκολα.
- III. Ενότητα φυλλιτών-χαλαζιτών. Η ενότητα αυτή αποτελείται από επίσης μεταμορφωμένα πετρώματα, κυρίως αργιλικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες και χαλαζίτες, Άνω Περμικής έως Τριαδικής ηλικίας. Τα πετρώματα της ενότητας βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένα, είτε πάνω από την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων, είτε πάνω στα πετρώματα του Τρυπαλίου. Οι περισσότερες όμως επιφανειακές επαφές της ενότητας με τις υποκείμενες της είναι μεταγενέστερα κανονικά ρήγματα. Η μεγαλύτερη εμφάνιση των πετρωμάτων είναι στο ανατολικό τμήμα της παραλιακής ζώνης. Το πάχος της ενότητας μπορεί να φτάσει μέχρι τα 300m.
- IV. Ενότητα Τρίπολης. Η ενότητα αυτή εμφανίζεται πάνω από την ενότητα των φυλλιτών χαλαζιτών. Η ενότητα της Τρίπολης αποτελεί τη συνέχεια της ομώνυμης ενότητας της ηπειρωτικής Ελλάδας και αποτελείται από δύο κύριους σχηματισμούς, τον ανώτερο

με φλύσχη και τον κατώτερο με ανθρακικά πετρώματα. Ο φλύσχης της Τρίπολης καλύπτει μόνο ένα μικρό τμήμα στην περιοχή του ακρωτηρίου Σταυρός και αποτελείται κυρίως από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους και πηλίτες, Ηωκαινικής - Ολιγοκαινικής ηλικίας. Η ανθρακική σειρά της Τρίπολης εμφανίζεται κυρίως στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Αποτελείται στη βάση από ασβεστόλιθους και δολομίτες Τριαδικής έως και Ιουρασικής ηλικίας, από μαύρους ασβεστόλιθους με ρουδιστές του Ανώτερου Κρητιδικού, και τέλος από επίσης μαύρους ασβεστόλιθους, Παλαιοκαινικής - Ηωκαινικής ηλικίας που είναι πλούσιοι σε Νουμουλίτες και άλλα μικρο-απολιθώματα. Το πάχος της σειράς της Τρίπολης είναι αρκετά μεγάλο και η ανθρακική σειρά κατά τόπους μπορεί να υπερβεί τα 500m.

- V. Ενότητα της Πίνδου. Η ενότητα της Πίνδου έχει πάρα πολύ μικρή εμφάνιση στην περιοχή μελέτης. Τα πετρώματα αποτελούνται κυρίως από λευκούς έως λευκοκίτρινους ασβεστόλιθους, κατά θέσεις λατυποπαγείς, με κερατολιθικές παρεμβολές στη βάση και ενστρώσεις αργιλικών ιζημάτων, ηλικίας Άνω Ιουρασικής έως Κρητιδικής. Το πάχος και η έκταση τους είναι πάρα πολύ μικρή και η εμφάνιση τους σχετίζεται με τη δράση των μεγάλων ρηγμάτων, που υπάρχουν στη γύρω περιοχή.

Τα Νεογενή και Τεταρτογενή πετρώματα εμφανίζονται μόνο στην βόρεια παραλιακή ζώνη και στα μικρά οροπέδια της περιοχής και διακρίνονται στους εξής επιμέρους σχηματισμούς:

- A. Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί περιλαμβάνουν Πλειστοκαινικές παράκτιες και πλευρικές αποθέσεις (σάρρες) και κώνους κορημάτων με χαλίκια, λατύπες και άμμους, καθώς και παραποτάμιες αποθέσεις στις όχθες και κοίτες παλαιών ρεμάτων. Επίσης, συναντούνται και Πλειστοκαινικές θαλάσσιες αναβαθμίδες με ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή, χαλίκια, άμμους και αμμοθίνες στην παράκτια ζώνη της ευρύτερης περιοχής.
- B. Πλειοκαινικές αποθέσεις. Οι αποθέσεις του Πλειοκαίνου εμφανίζονται κυρίως ανατολικότερα. Στη βάση τους αποτελούνται από θαλάσσιες αποθέσεις ανθρακικών κροκαλοπαγών, που μεταβαίνουν σε φυλλώδεις αργίλους και αργιλομαργαικούς σχηματισμούς, κυανόλευκου έως ερυθρόλευκου χρώματος. Στα ανώτερα τμήματα οι

πλειοκαινικοί σχηματισμοί αποτελούνται από συμπαγείς, παχυστρωματώδεις, οργανογενείς ασβεστόλιθους. Μέσα στα ιζήματα του πλειοκαίνου βρίσκονται πάρα πολλά μικρο- και μακρο-απολιθώματα. Το πάχος των ιζημάτων αυτών είναι περίπου 60m.

Γ. Μειοκαινικές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί αυτοί αναπτύσσονται σε πάρα πολύ μικρή έκταση. Πρόκειται για άμμους, αργίλους και κροκαλοπαγή με θαλάσσια απολιθώματα. Το πάχος τους στην ευρύτερη περιοχή είναι μερικές δεκάδες μέτρα.

Η διάβρωση των πετρωμάτων και των εδαφών στην ευρύτερη περιοχή είναι πολύ έντονη εξαιτίας της μικρής φυτοκάλυψης σε συνδυασμό με το ύψος των βροχοπτώσεων και αποτυπώνεται με την μεγάλη ανάπτυξη των πλευρικών αποθέσεων και κώνων κορημάτων. Τα ανθρακικά πετρώματα υφίστανται, όπως όλα τα ανθρακικά πετρώματα, τις διαδικασίες της καρστικής αποσάθρωσης, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλές καρστικές δομές, σε μερικές θέσεις μεγάλης έκτασης (όρος Τρυπάλι), όπως σπήλαια, οροπέδια και φαράγγια.

Στα υπόλοιπα πετρώματα τα οποία είναι κυρίως αδιαπέρατα, το νερό της βροχής ρέει επιφανειακά παρασύροντας, λόγω των μεγάλων κλίσεων, τα εδάφη και τα μαλακά πετρώματα της περιοχής, δημιουργώντας χαραδρώσεις με απότομες κλιτείς και μεγάλο βάθος.

Σημαντική θαλάσσια διάβρωση υφίσταται σε μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής εξαιτίας της ιδιόμορφης γεωλογικής δομής των Νεογενών σχηματισμών. Στο επίπεδο της θάλασσας βρίσκονται οι Πλειοκαινικές μάργες και τα κροκαλοπαγή, τα οποία διαβρώνονται σχετικά εύκολα από τη θάλασσα. Έτσι, οι συμπαγείς οργανογενείς ασβεστόλιθοι, που καλύπτουν τους σχηματισμούς αυτούς αποκόπτονται και ολισθαίνουν ως μεγάλοι βράχοι ή μάζες πετρωμάτων προς τη θάλασσα.

Τεκτονική

Η περιοχή, όπως και όλη σχεδόν η Κρήτη, είναι έντονα τεκτονισμένη εξαιτίας της πολύπλοκης γεωλογικής της εξέλιξης. Πτυχώσεις των πετρωμάτων παρατηρούνται κυρίως στα πετρώματα των φυλλιτών - χαλαζιτών και των πλακωδών ασβεστολίθων. Όλες οι πτυχώσεις σχετίζονται με την Αλπική ορογένεση και τη δημιουργία της πρώτης ξηράς στο χώρο της Κρήτης. Οι πτυχές αυτές δημιουργήθηκαν κατά την

περίοδο του Ανώτερου Ολιγοκαίνου κατά τη διάρκεια της έντονης συμπιεστικής φάσης, που τοποθέτησε τη μια ενότητα πάνω στην άλλη.

Οι πτυχές στην ενότητα των φυλλιτών – χαλαζιτών είναι διαφόρων μεγεθών και στυλ. Τα πετρώματα είναι γενικά πολύ πτυχωμένα. Εμφανίζονται κυρίως κλειστές έως υπό-ισοκλινείς πτυχές με αξονικό επίπεδο κεκλιμένο ή και ανεστραμμένο. Οι πτυχές δεν έχουν συγκεκριμένη φορά, λόγω της πολύπλοκης τεκτονικής και της έντονης μεταμόρφωσης, που τις συνόδευσε.

Στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους εν αντιθέσει, εμφανίζονται μεσαίας κλίμακας κλειστές έως υπό-ισοκλινείς πτυχές. Η φορά των περισσότερων πτυχώσεων είναι προς το νότο. Οι πτυχές αυτές φαίνονται πολύ χαρακτηριστικά στους τυπικούς πλακώδεις ασβεστόλιθους, όπου λόγω των λεπτών πλακών και των πυριτικών ενστρώσεων σχηματίζουν εντυπωσιακές δομές.

Στενά συνδεδεμένα με τη συμπιεστική τεκτονική του Ολιγοκαίνου είναι τα ανάστροφα ρήγματα, που παρατηρούνται σε όλες τις τεκτονικές επαφές μεταξύ των διαφόρων ενοτήτων.

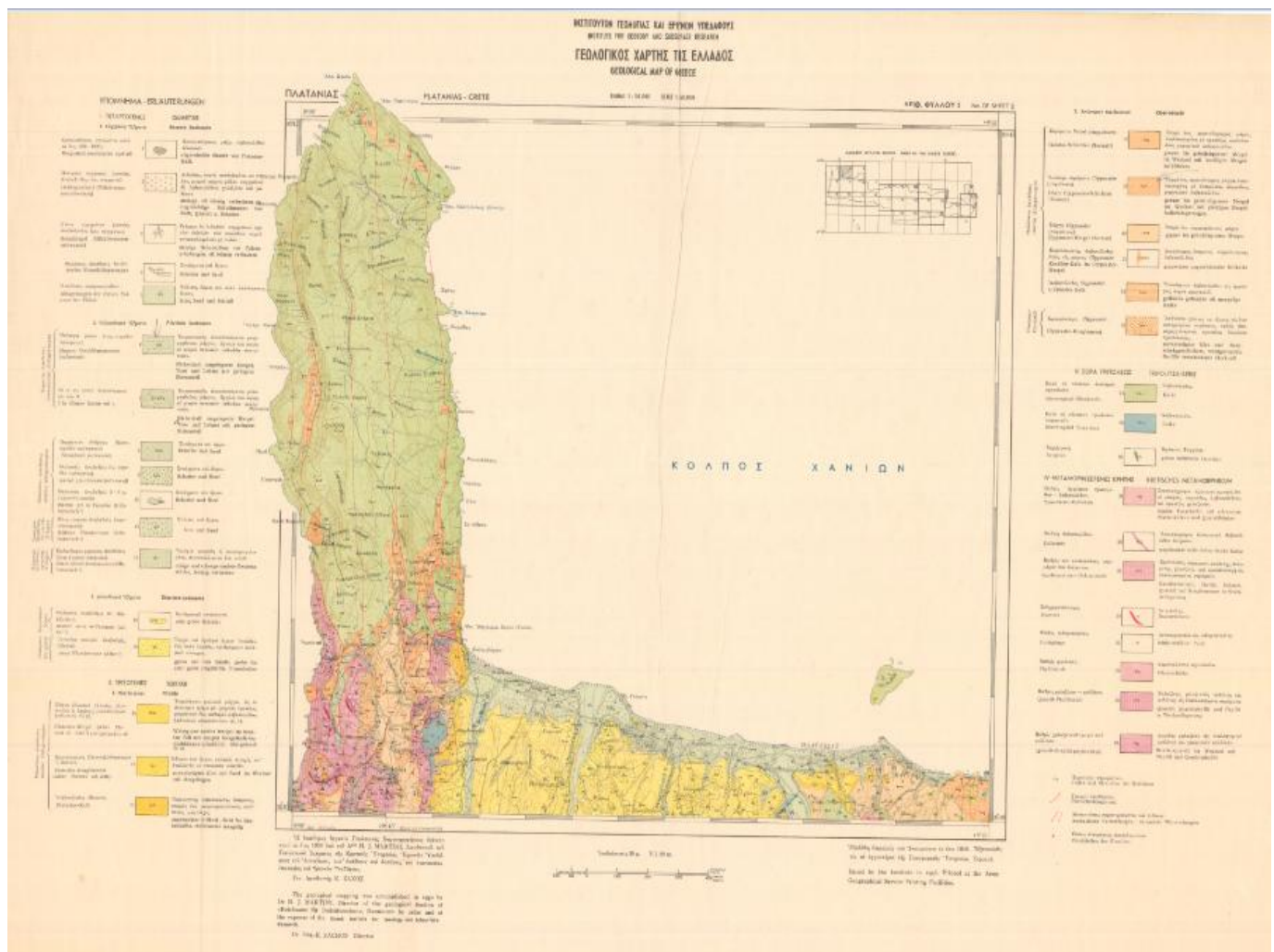
Τα ρήγματα αυτά είναι εκείνα που τοποθέτησαν με φορά από βορρά προς νότο τη μια ενότητα πετρωμάτων πάνω στην άλλη, σχηματίζοντας και το πολύπλοκο οικοδόμημα των καλυμμάτων του νησιού. Οι επαφές αυτές είναι είτε χαμηλής γωνίας ρήγματα, είτε μέσης έως μεγάλης γωνίας κλίσης τεκτονικές δομές. Τα πιο έντονα όμως τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής είναι τα κανονικά ρήγματα, τα οποία όπως αναφέρθηκε οριοθετούν την βόρεια παραλιακή ζώνη με την νότια ορεινή, αλλά και τεμαχίζουν το σύνολο των πετρωμάτων της περιοχής. Στην περιοχή μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες κύριες γενεές κανονικών ρηγμάτων:

- I. Τα ρήγματα με διεύθυνση ανατολής - δύσης που είναι τα παλιότερα της περιοχής.
- II. Παράλληλα με αυτά ρήγματα αναπτύσσονται και άλλα, με κλίση όμως προς το βορρά. Τα ρήγματα αυτά είναι μικρότερης ανάπτυξης σε σχέση με τα ρήγματα της νότιας ακτής.

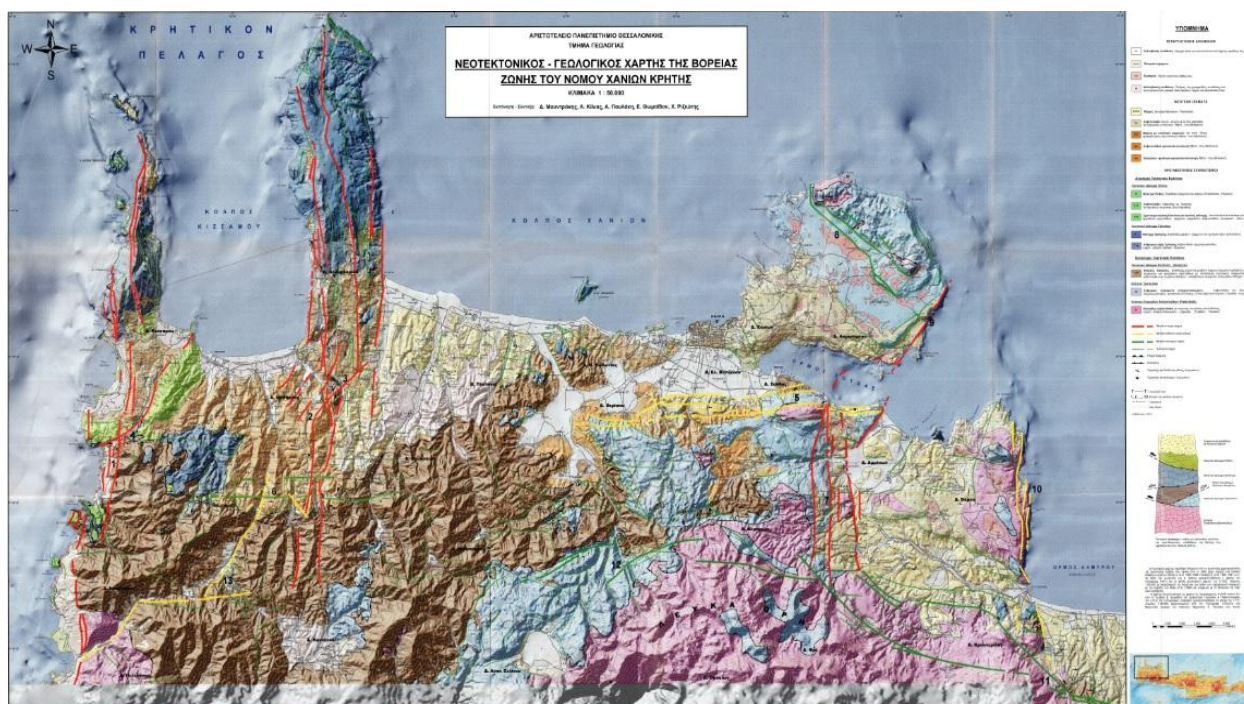
- III. Τα ρήγματα με διεύθυνση βορρά – νότου. Τα ρήγματα αυτά έχουν μικρότερο μήκος και ανάπτυξη από της προηγούμενης γενεάς και είναι σαφώς νεότερα εφόσον κόβουν και μετατοπίζουν τα ρήγματα διεύθυνσης ανατολής – δύσης.

Χάρτες

Ακολουθούν οι δύο γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών-Ι.Γ.Μ.Ε. καθώς κι ένας Νεοτεκτονικός-Γεωλογικός του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης, από τους οποίους αντλήθηκαν τα δεδομένα για την παρούσα έκθεση.



Σχήμα 3: Φύλλο Χάρτη Πλατανιά



Σχήμα 4: Φύλλο Χάρτη της Βόρειας Ζώνης του Νομού Χανίων

4.2.1 Για τις παραλίες στην περιοχή μελέτης

Όσον αφορά τη παραλία του Σταλού

Τεταρτογενή : Παρατηρούνται θαλάσσιες αποθέσεις ακτών, συνάγματα και άμμοι (σύγχρονα ιζήματα).

Επίσης παρατηρούνται σε μεγαλύτερο βαθμό αλλουβιακά ιζήματα όπως θαλάσσιες αποθέσεις, ποτάμιες αποθέσεις και χερσαίες αποθέσεις (συνάγματα και άμμοι, χάλικες και άμμοι, τεμάχια γωνιόδη ή στρογγυλεμένα συγκολλημένα μεταξύ τους με πυλό).

Τριτογενές: Παρατηρούνται θαλάσσιες αποθέσεις, κυρίως μάργες (clayester) τεφρού έως τεφροπράσινου χρώματος.

Επίσης κινούμενοι Ανατολικά συναντάμε θαλάσσιες αποθέσεις του στρώματος Γαλατά αποτελούμενο από τεφρές έως πρασινότεφρες μάργες οι οποίες εναλλάσσονται με μαργαϊκό ασβεστόλιθο.

Όλα τα παραπάνω ιζηματογενή αποτελούν εύκολα διαβρώσιμους σχηματισμούς.

Όσον αφορά τη παραλία του Πλατανιά

Τεταρτογενή: Παρατηρούνται θαλάσσιες αποθέσεις ακτών, συνάγματα και άμμοι (σύγχρονα ιζήματα).

Επίσης παρατηρούνται σε μεγάλη κλίμακα αλουβιακά ιζήματα (θαλάσσιες αποθέσεις, ποτάμιες αποθέσεις και χερσαίες αποθέσεις), όπως νεότερες μάζες ιλύος (μάργες, άργιλοι και πυλός) που μεταφέρθηκαν και αναπτύσσονται επιφανειακά. Παράλληλα συναντώνται σε διάφορες αναβαθμίδες συνάγματα και άμμοι, χάλικες και άμμοι, τεμάχια γωνιόδη ή στρογγυλεμένα συγκολλημένα μεταξύ τους με πυλό.

Τριτογενές: Παρατηρούνται θαλάσσιες αποθέσεις, κυρίως μάργες Πλατανιά (τεφρόλευκες μαλακές μάργες με μερικά μέρη μαργαϊκού έως καθαρού ασβεστόλιθου), που βαθμιαίως μεταπίπτουν σε κροκαλοπαγή Πλατανιά (χάλικες και άμμοι χαλαρής συνοχής που εναλλάσσονται με στρώματα μαργών).

Όλοι οι παραπάνω αναφερθείσες σχηματισμοί μπορούν εύκολα να διαβρωθούν.

Όσον αφορά τη παραλία του Κολυμβαρίου

Τεταρτογενή: Παρατηρούνται θαλάσσιες αποθέσεις ακτών, συνάγματα και άμμοι (σύγχρονα ιζήματα).

Επίσης παρατηρούνται σε μεγάλη κλίμακα αλουβιακά ιζήματα (θαλάσσιες αποθέσεις, ποτάμιες αποθέσεις και χερσαίες αποθέσεις), όπως νεότερες μάζες ιλύος (μάργες, άργιλοι και πυλός) που μεταφέρθηκαν και αναπτύσσονται επιφανειακά. Παράλληλα συναντώνται σε διάφορες αναβαθμίδες συνάγματα και άμμοι, χάλικες και άμμοι, τεμάχια γωνιόδη ή στρογγυλεμένα συγκολλημένα μεταξύ τους με πυλό.

4.3 Εικόνες στο πέρασμα του χρόνου. « το χθες, το σήμερα και η αντιμετώπιση του προβλήματος»

- Πλατανιάς



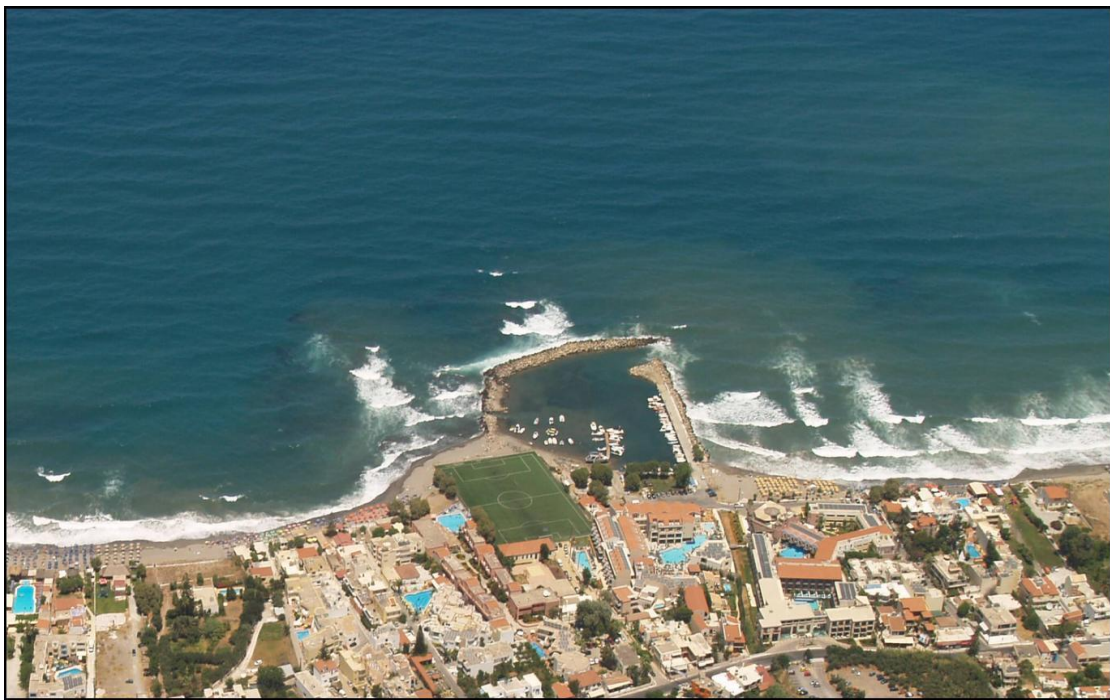
[Εικόνα 45: Η παραλία του Πλατανιά το 1983]



[Εικόνα 46: Η παραλία του Πλατανιά τη δεκαετία του 90]



[Εικόνα 47: Η παραλία του Πλατανιά τη δεκαετία του 2000. Χαρακτηριστικοί είναι οι πρόβολοι που υπάρχουν στην περιοχή]



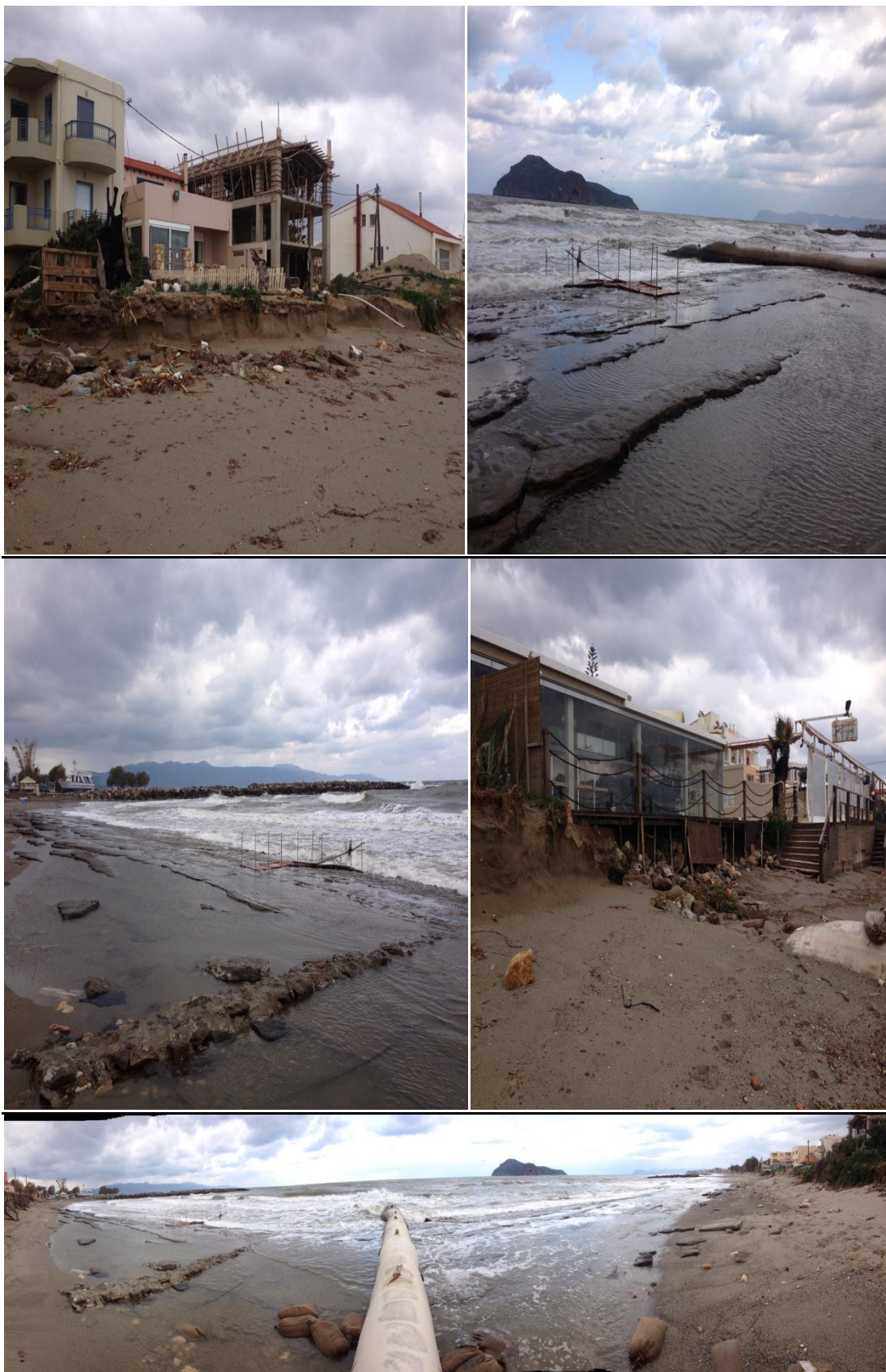
[Εικόνα 48: Η παραλία του Πλατανιά κατά τη διάρκεια έντονου κυματισμού, τη δεκαετία του 2000.]



[Εικόνα 49: Η παραλία του Πλατανιά μπροστά από τον πρώτο πρόβολο από το 1983 έως το 2008.]



[Εικόνα 50: Η παραλία του Πλατανιά κατά τη δεκαετία του 90]



[Εικόνες **51-55**: Η παραλία του Πλατανιά μετά τη μεγάλη καταιγίδα το Δεκέμβρη του 2015]

- Κολυμβάρι



[Εικόνα 56: Η παραλία του Κολυμβαρίου το 1943 και σήμερα]



[Εικόνα 57: Γραφική απεικόνιση της εξέλιξης της ακτογραμμής της παραλίας του Κολυμβαρίου]



[Εικόνα **58,59**: Η παραλία του Κολυμβαρίου κατά τη δεκαετία του 80 και 90]



[Εικόνα **60**: Η παραλία του Κολυμβαρίου κατά τη δεκαετία του 80 και κατά την έντονη κυματική καταιγίδα του 2006]

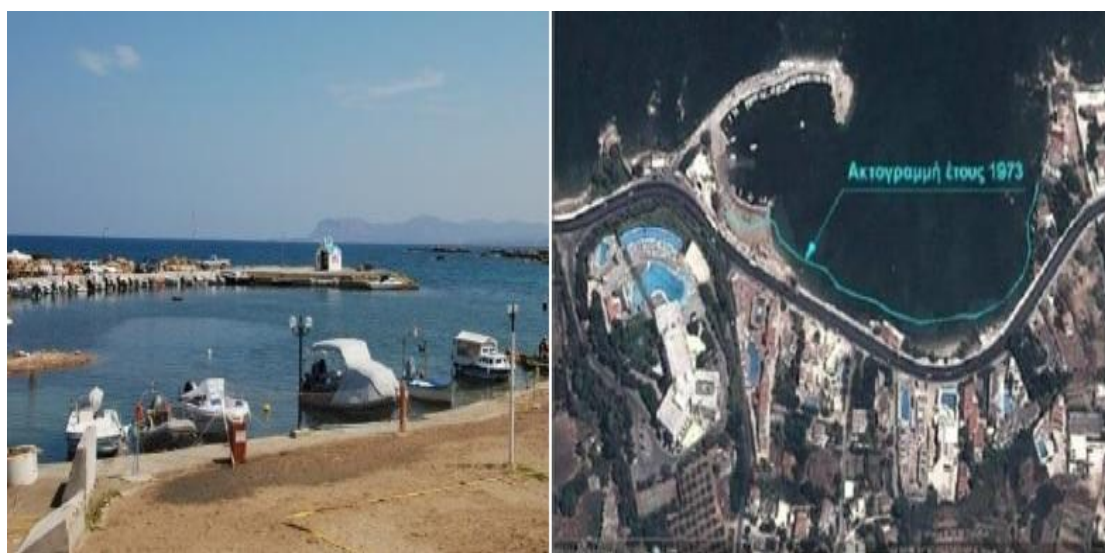


[Εικόνα **61,62,63**: Η εικόνα της παραλίας του Κολυμβαρίου μετά το πέρας της μεγάλης καταιγίδας το Δεκέμβρη του 2015]

- Σταλός



[Εικόνα 64: Η παραλία στην περιοχή Βραχάκια τη δεκαετία του 80 και του 00]



[Εικόνα 65: Απεικόνιση της ακτογραμμής στην περιοχή Βραχάκια το 1973 πριν την κατασκευή του λιμενοβραχίονα και το 2010]



[Εικόνα 66: Η παραλία του Σταλού μετά το πέρας της καταιγίδας του Δεκ.2015]

**Μέθοδοι που χρησιμοποιούν οι αρμόδιοι για την αντιμετώπιση του προβλήματος
της διάβρωσης**



[Εικόνα 67: Μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος τα τελευταία έτη]



[Εικόνα 68: Μέθοδοι για την αντιμετώπιση του προβλήματος το 2017 κι ενώ δεν λαμβάνονται υπόψη υπάρχουσες μελέτες, αγνοώντας τις καταστροφικές επιπτώσεις.]

4.4 Μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων

Αρχικά και όσον αφορά τη μορφολογία και την εναλλαγή της ακτογραμμής-παραλίας. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο των τομών με τη χρήση του RTK-GPS σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να δημιουργηθεί μία βάση δεδομένων με την εικόνα του προφίλ της εκάστοτε παραλίας και πως αυτό μεταβάλλεται εποχικά, αλλά και τι αντίκτυπο έχουν σε αυτές τα καιρικά φαινόμενα και οι δυναμικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή. Παράλληλα έγινε συλλογή δειγμάτων από την εκάστοτε τομή, με σκοπό να μελετηθεί το είδος και το μέγεθος (μέση διάμετρος κόκκου d_{50}) του ιζήματος που υπάρχει στην κάθε περιοχή (δεν παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία). Η επεξεργασία και ανάλυση, γίνεται στο εργαστήριο με τη χρήση πρότυπων κόσκινων και είναι σημαντικό σε περίπτωση που μελλοντικά αποφασιστεί να γίνει αναπλήρωση της παραλίας. Στα δεδομένα που προκύπτουν από το RTK GPS γίνεται χωρική ανάλυση με τη χρήση του λογισμικού Arc-GIS, με σκοπό τα δεδομένα να παρουσιαστούν σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου), καθώς επίσης και σε μορφή μοντέλου RASTER (ψηφιδωτά) για την κάθε περίπτωση. Με αυτό τον τρόπο θα έχουμε καλύτερη εικόνα για το πώς μεταβάλλεται η παραλία. Σε μία προσπάθεια να γίνει εκτενέστερη μελέτη για το πώς επηρεάζουν οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή το ενεργό πλάτος της παραλίας και το πώς μεταβάλλεται αυτό εποχικά, συγκρίνουμε τον όγκο της άμμου για την εκάστοτε τομή, πριν και μετά από μία καταιγίδα. Αυτό γίνεται με τη χρήση του λογισμικού MATLAB. Γίνεται μία προσπάθεια ολοκληρώνοντας το εμβαδόν του σχήματος που προκύπτει στο εκάστοτε γράφημα για τις διαφορετικές χρονικές περιόδους, να υπολογίσουμε ενδεικτικά τον όγκο άμμου που έχει μετακινηθεί. Τέλος συλλέγονται και αναλύονται μέσω MATLAB τα κυματικά δεδομένα του κόλπου των Χανίων, μέσω ποντισμένων AWAC σε δύο διαφορετικά σημεία του κόλπου, με σκοπό την κατανόηση και καταγραφή των συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή και πως αυτές επιδρούν στην ακτογραμμή.

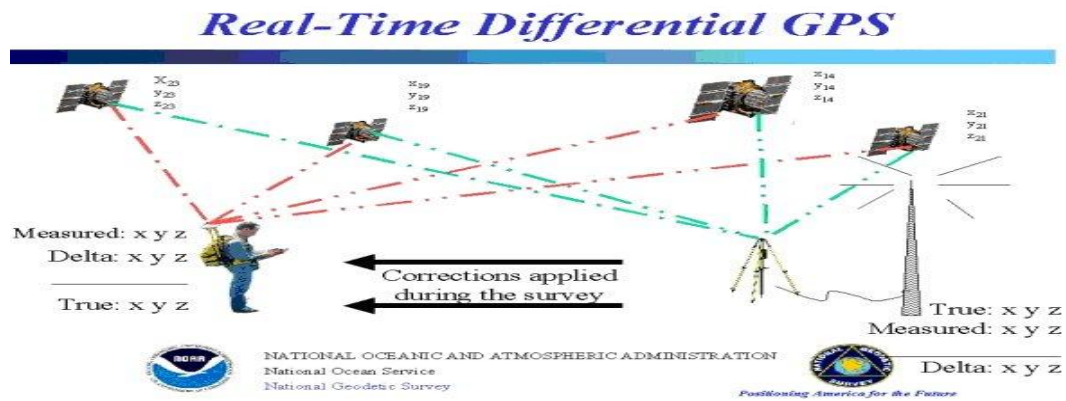
- **Μέθοδος τομών με χρήση RTK GPS:**

RTK GPS: Για την επισκόπηση, χρησιμοποιήθηκαν ένα σταθερό σύστημα (base station) και ένα κινητό (rover). Κατά την λειτουργία της η βάση μεταδίδει πληροφορίες στο κινητό σύστημα. Η επικοινωνία μπορεί να γίνεται ασύρματα (GPRS / GSM / UHF) ή ενσύρματα. Τα αποτελέσματα απεικονίζονται σε ένα PDA.



[Εικόνα 69: Ο εξοπλισμός του RTK GPS]

Η αρχή του single base RTK ξεκινά με ένα σταθμό αναφοράς, που παραμένει εγκατεστημένος σε ένα γνωστό / σταθερό σημείο και στέλνει διορθώσεις στον rover μέσω μονόδρομης σύνδεσης επικοινωνίας (ένα ασύρματο ραδιομόντεμ ή σύνδεση GSM). (marktopo.com)



[Εικόνα 70: Σχηματικό διάγραμμα της αρχής λειτουργίας.]



[Εικόνα 71: Φωτογραφίες κατά την λήψη των μετρήσεων.]

- **Το λογισμικό ARC GIS**

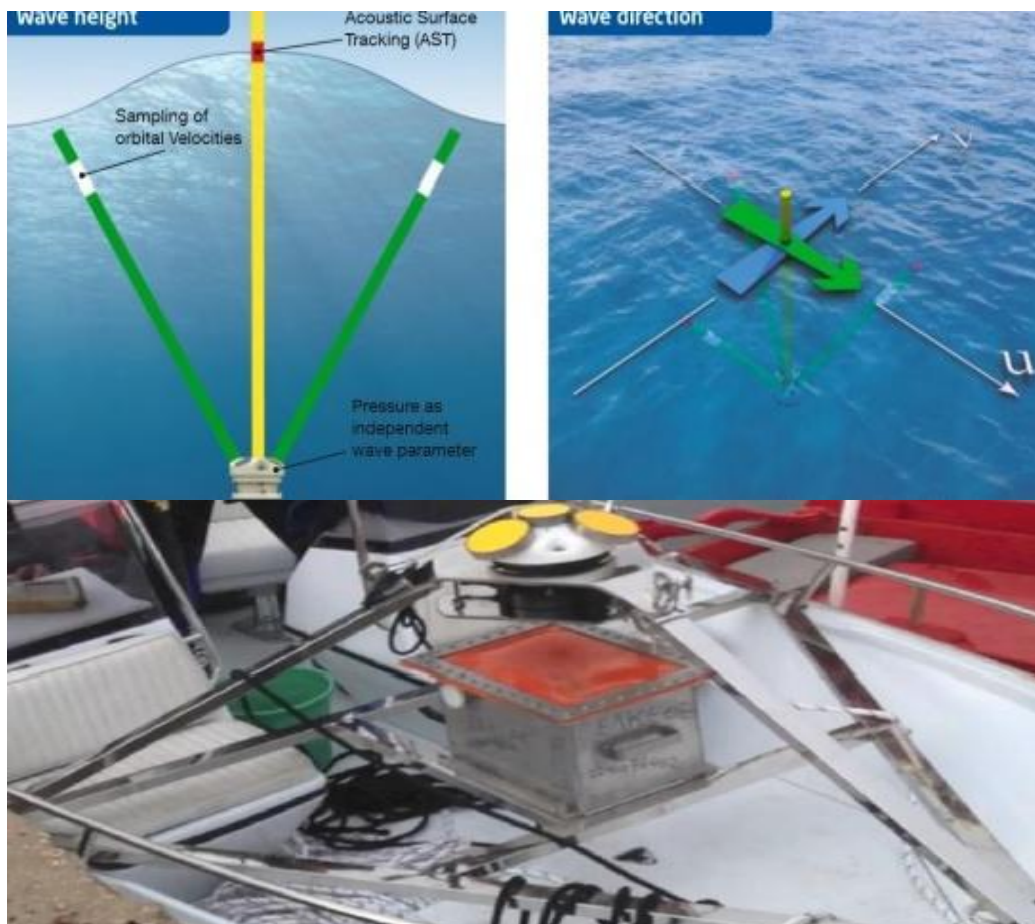
Το ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού GIS. Παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης. Το ArcGIS χρησιμοποιείται σε διάφορους οργανισμούς με σκοπό να βελτιώσουν τη ροή των εργασιών τους και να λύσουν τα πιο επίμονα προβλήματα τους.

Η χρησιμότητα του ArcGIS

- Διαχείριση δεδομένων/ πόρων: ενσωμάτωση συστημάτων, διαχείριση υποθέσεων/αξιώσεων, διαχείριση περιοχών εξυπηρέτησης/ ευθύνης και διαχείριση πελατών
 - Ανάλυση και σχεδιασμός: προβλέψεις και ανάλυση κινδύνου
 - Επιχειρησιακές διαδικασίες: τηλεφωνικό κέντρο/αποστολές, παρακολούθηση και συλλογή δεδομένων από το πεδίο, επιθεωρήσεις, συντήρηση και λειτουργίες, δρομολόγηση
 - Επίγνωση καταστάσεων: υποστήριξη λήψης αποφάσεων και πρόσβαση από πελάτες/κοινό
- (ESRI Inc.2006)**

- **Μέτρηση κυματικών συνθηκών με AWAC**

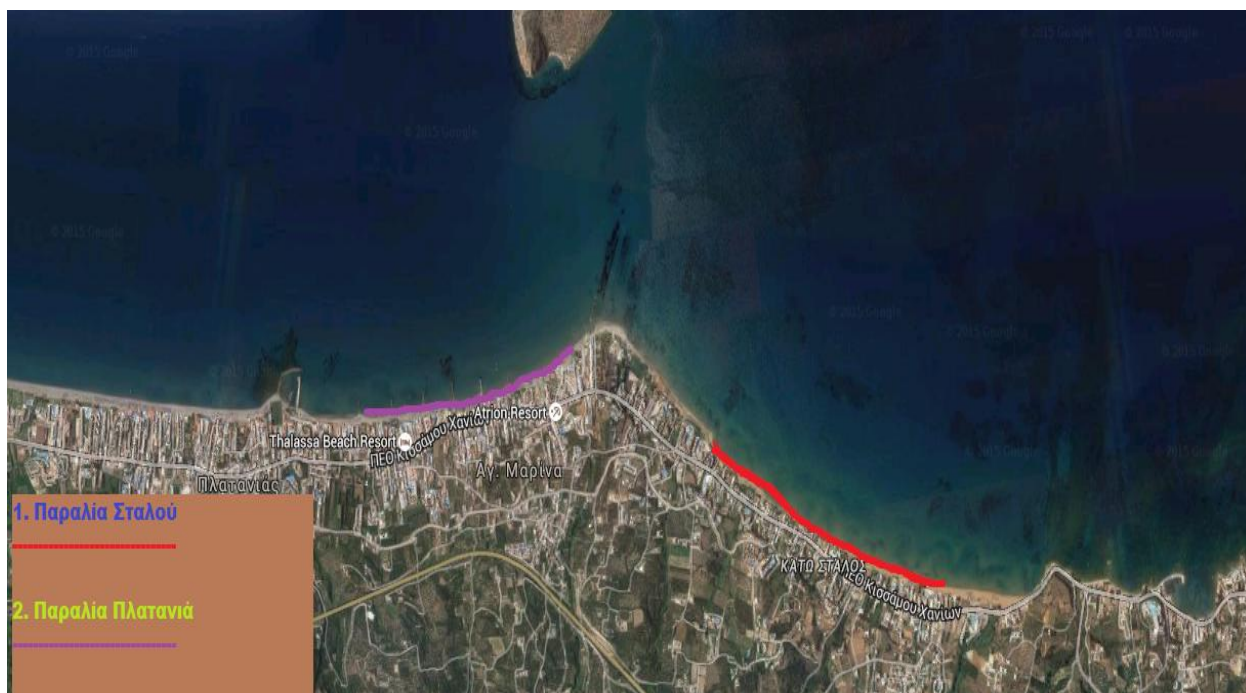
Για τη καταγραφή του κυματικού καθεστώτος, χρησιμοποιήθηκε υποθαλάσσιο όργανο καταγραφής κυμάτων AWAC. Το AWAC έχει τη δυνατότητα καταγραφής κυματικών προφίλ και μετρήσεων του ύψους, της ταχύτητας και κατεύθυνσης των κυμάτων. Δύνεται η δυνατότητα λήψης και τηλεμετρικής αποστολής των μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο. Το όργανο βασίζεται στο φαινόμενο Doppler (1842) και λειτουργεί με τέσσερις (4) ακουστικές δέσμες οι οποίες λειτουργούν με ακουστική συχνότητα 400 MHZ. Το όργανο έχει δυνατότητα μέτρησης ρευμάτων έως 50 m βάθος, και ρευμάτων μέχρι 80 m, με χωρική συχνότητα μέτρησης μέχρι ανά μέτρο στη στήλη ύδατος.



[Εικόνες 72,73: Τρόπος λήψης μετρήσεων του AWAC και το όργανο που χρησιμοποιήθηκε.]

4.5 Δεδομένα και αποτελέσματα

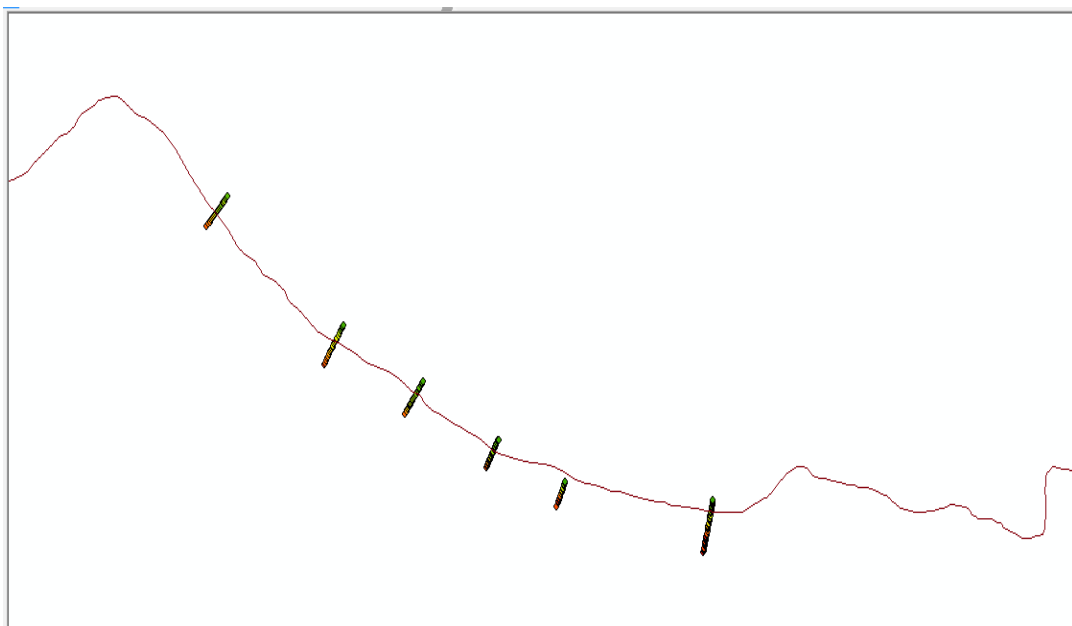
Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη χρήση των δεδομένων που καταγράφηκαν, από τις μετρήσεις με τη μέθοδο των τομών και τη χρήση του RTK GPS, για τις παραλίες του Σταλού και του Πλατανιά του Νομού Χανίων, σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές. Τα δεδομένα μας θα παρουσιαστούν σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου), καθώς επίσης και σε μορφή μοντέλου RASTER (ψηφιδωτά) για την εκάστοτε παραλία, με τη χρήση του λογισμικού Arc GIS.



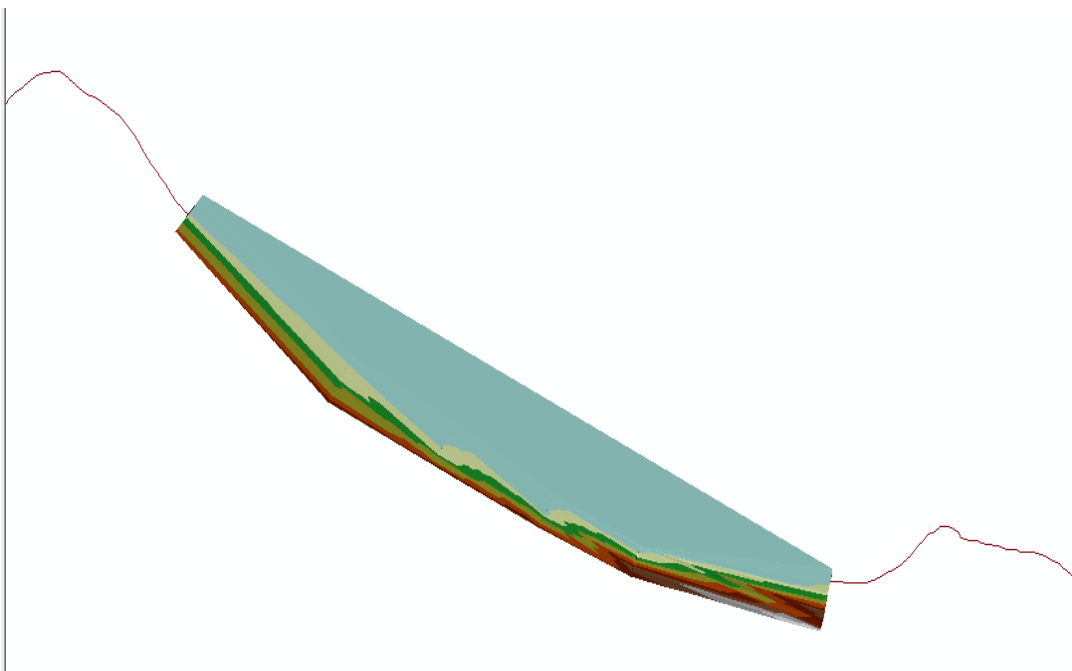
[Εικόνα 74. Περιοχή μελέτης.]

Παραλία Σταλού

Για την παραλία του Σταλού έχουμε πάρει μετρήσεις με τη μέθοδο των τομών (6 τομές), για τις χρονικές περιόδους (16/12/14 και 04/03/15) και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω.

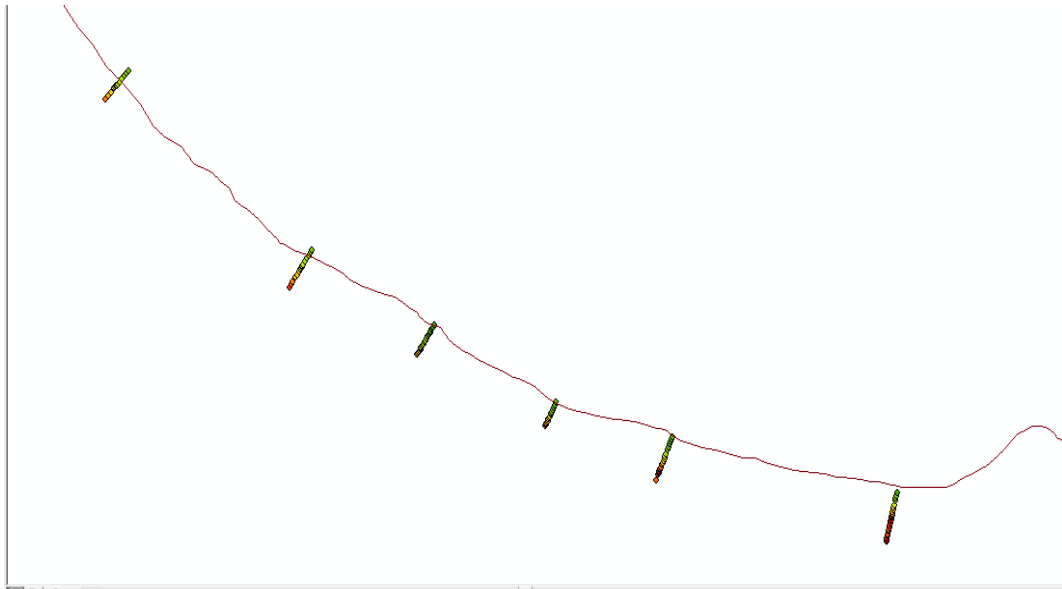


[Γράφημα 1: Τα σημεία και οι τομές πάνω στα οποία πήραμε τα δεδομένα κατά την χρονική περίοδο 04/03/15 στην παραλία του Σταλού]

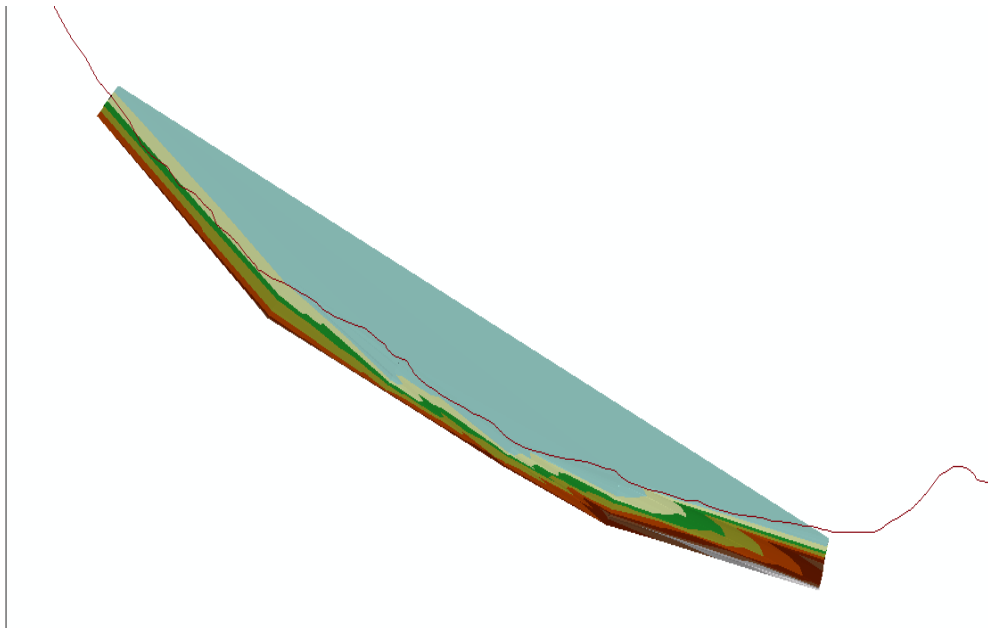


[Γράφημα 2: Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου) για τη χρονική περίοδο 04/03/15 στην παραλία του Σταλού]

Αντίστοιχα για τη χρονική περίοδο 16/12/14 στην παραλία του Σταλού τα αποτελέσματα είναι τα παρακάτω:



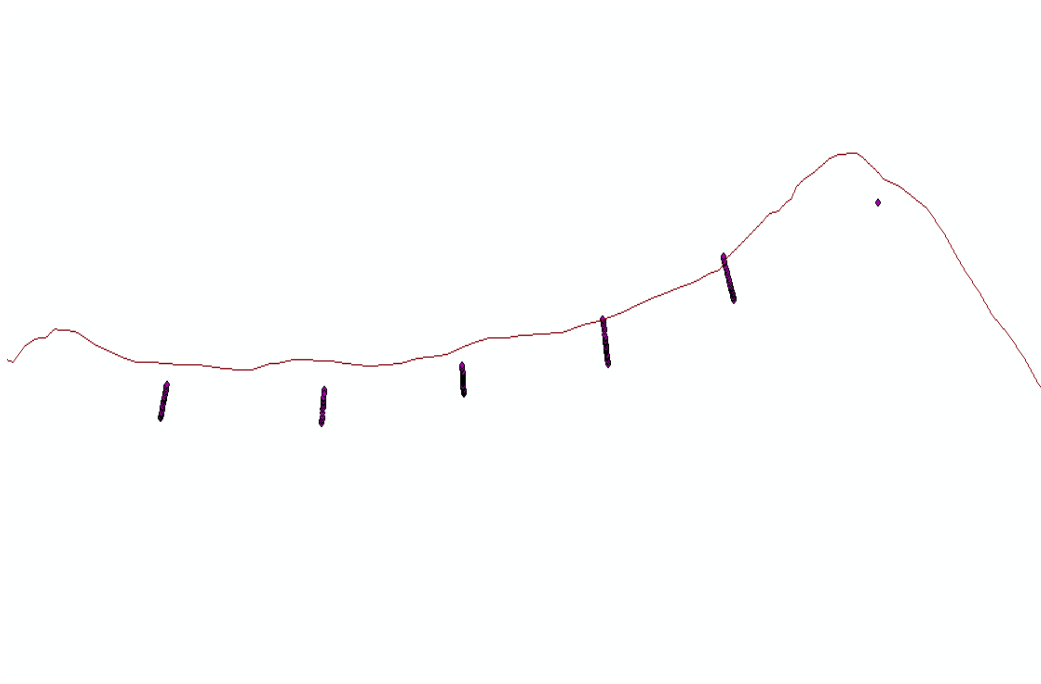
[Γράφημα 3: Τα σημεία και οι τομές πάνω στα οποία πήραμε τα δεδομένα κατά την χρονική περίοδο 16/12/14 στην παραλία του Σταλού]



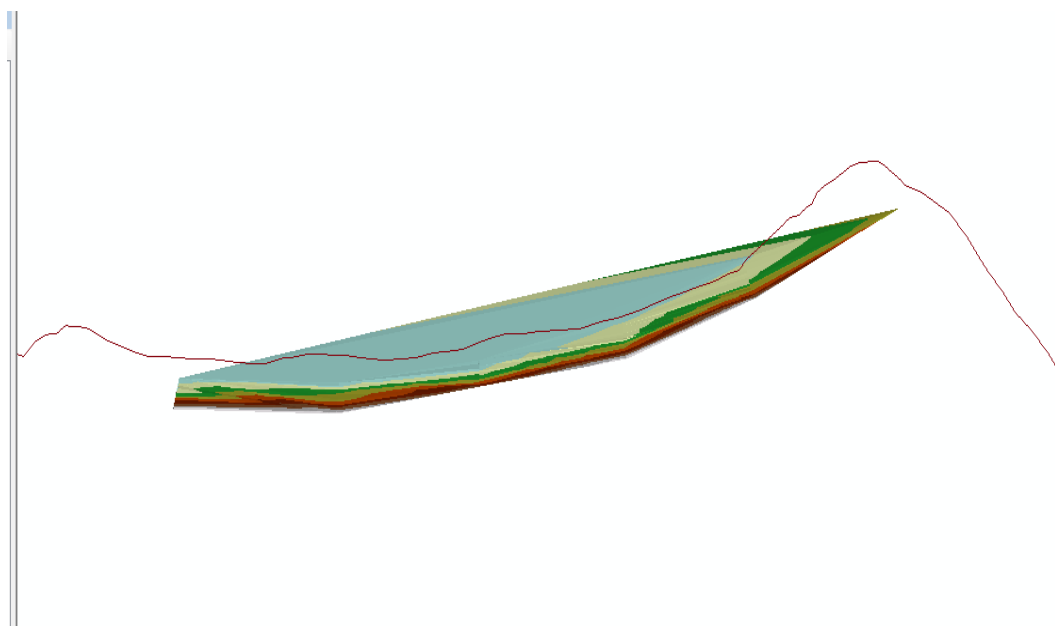
[Γράφημα 4: Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου) για τη χρονική περίοδο 16/12/14 στην παραλία του Σταλού]

ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΛΑΤΑΝΙΑ

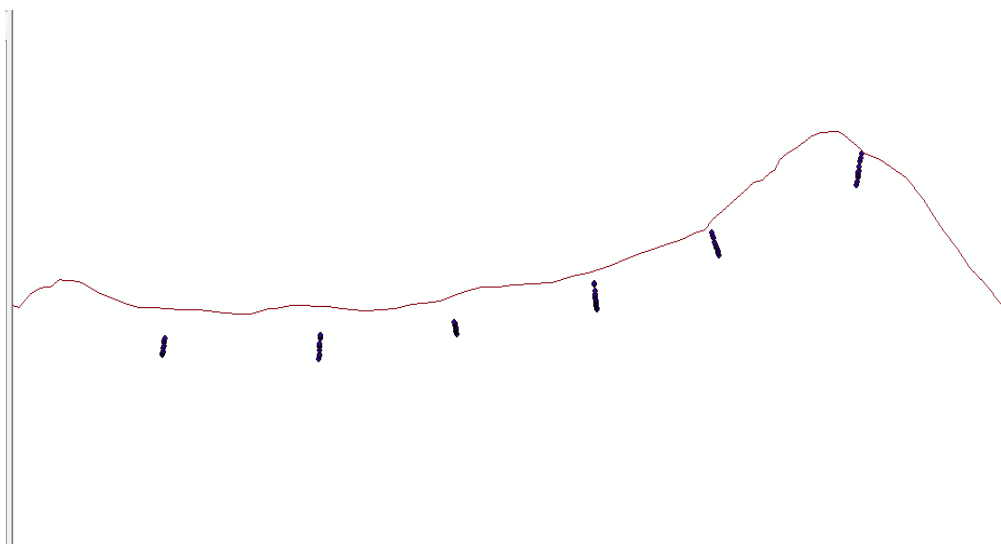
Για την παραλία του Πλατανιά αντίστοιχα όπως και παραπάνω έχει ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία. Έχουμε πάρει μετρήσεις με τη μέθοδο των τομών (5 τομές), για τις χρονικές περιόδους (18/12/14 και 21/01/15) και τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι τα παρακάτω.



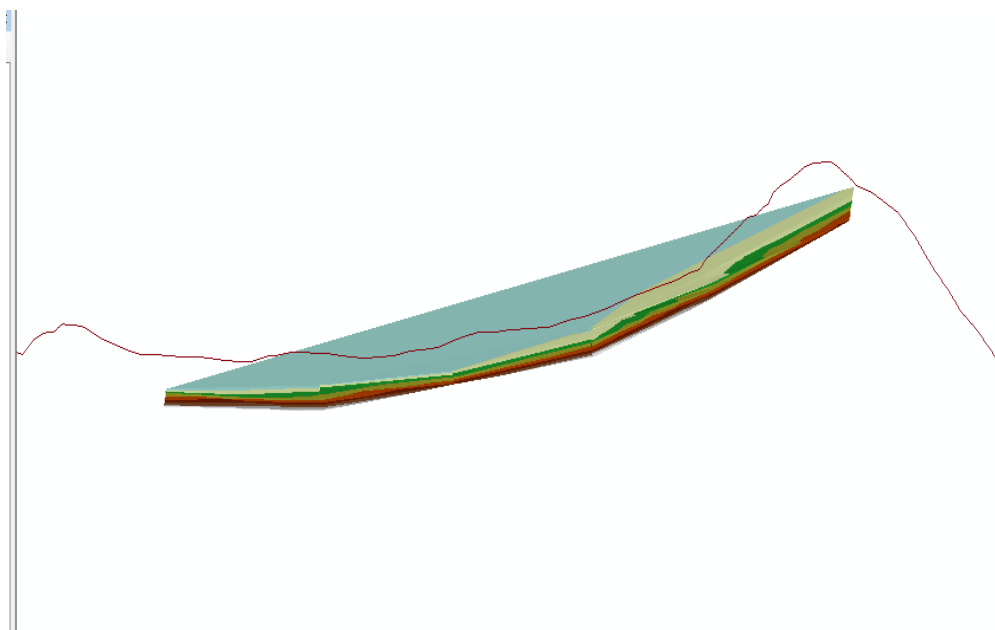
[Γράφημα 5: Τα σημεία και οι τομές πάνω στα οποία πήραμε τα δεδομένα κατά την χρονική περίοδο 21/01/15 στην παραλία του Πλατανιά]



[Γράφημα 6: Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου) για τη χρονική περίοδο 21/01/15 στην παραλία του Πλατανιά]



[Γράφημα 7: Τα σημεία και οι τομές πάνω στα οποία πήραμε τα δεδομένα κατά την χρονική περίοδο 18/12/14 στην παραλία του Πλατανιά]



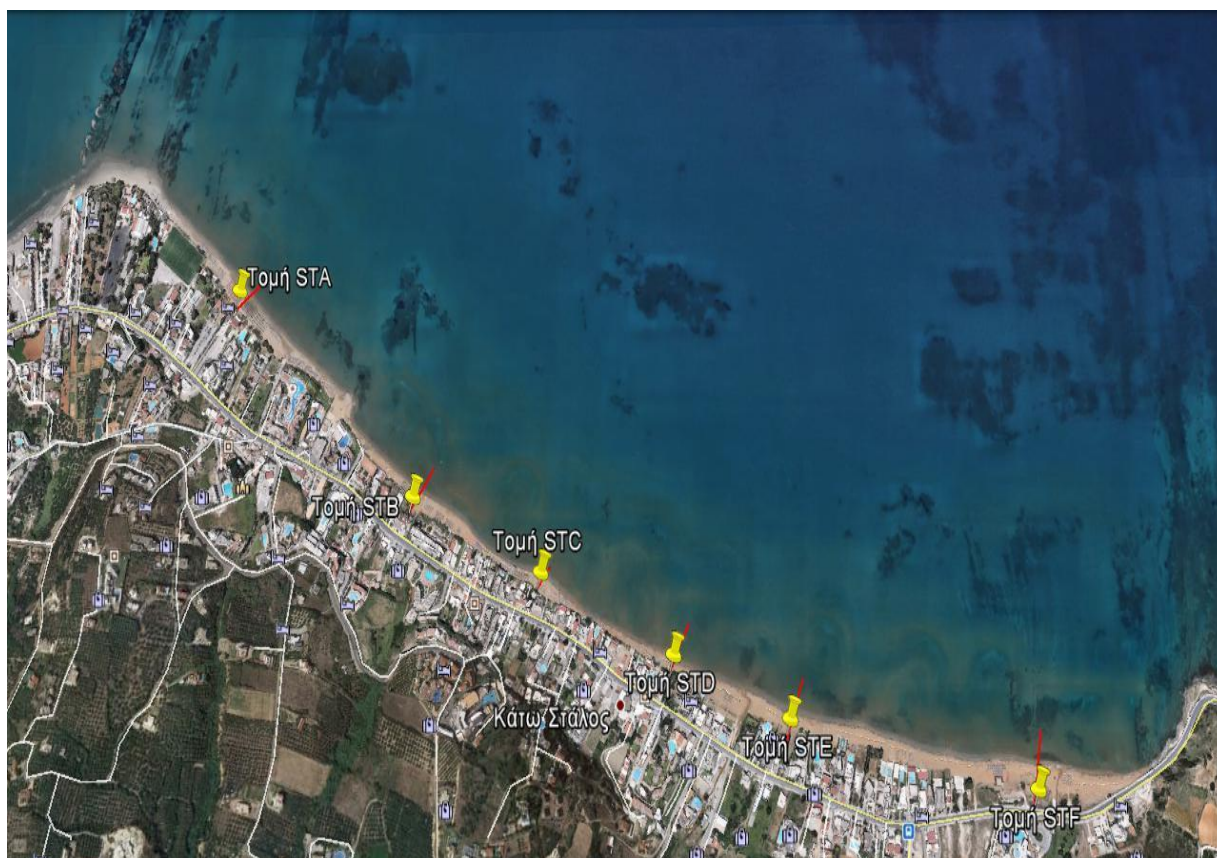
[Γράφημα **8**: Παρουσίαση δεδομένων σε μορφή μοντέλου TIN (δομή τριγωνικού μη κανονικού δικτύου) για τη χρονική περίοδο 18/12/14 στην παραλία του Πλατανιά]

Στην παρούσα ενότητα έγινε μία αρχική προσπάθεια προσέγγισης και ρεαλιστικής οπτικοποίησης της καταγεγραμμένης χωρικής πληροφορίας, που είχε προκύψει από τις μετρήσεις με τη μέθοδο των τομών και τη χρήση του RTK GPS, για διαφορετικές χρονικές στιγμές στις παραλίες του Σταλού και Πλατανιά του Νομού Χανίων. Αυτό που παρατηρούμε από τα αποτελέσματα είναι ότι, πράγματι υπάρχει μία εποχική μεταβολή της ακτογραμμής (σε σχέση με τις ισοϋψείς καμπύλες) της οποίας το πλάτος αυξάνει όσο πλησιάζουμε τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τους χειμερινούς. Ενδείκνυται η λήψη περισσότερων σημείων και σε πολύ πιο πυκνές αποστάσεις μεταξύ τους (εάν είναι δυνατόν να σκαναριστεί ολόκληρη η παραλία με συνεχόμενη λήψη μετρήσεων), με σκοπό το αποτέλεσμα και το δείγμα να είναι πιο αντιπροσωπευτικό.

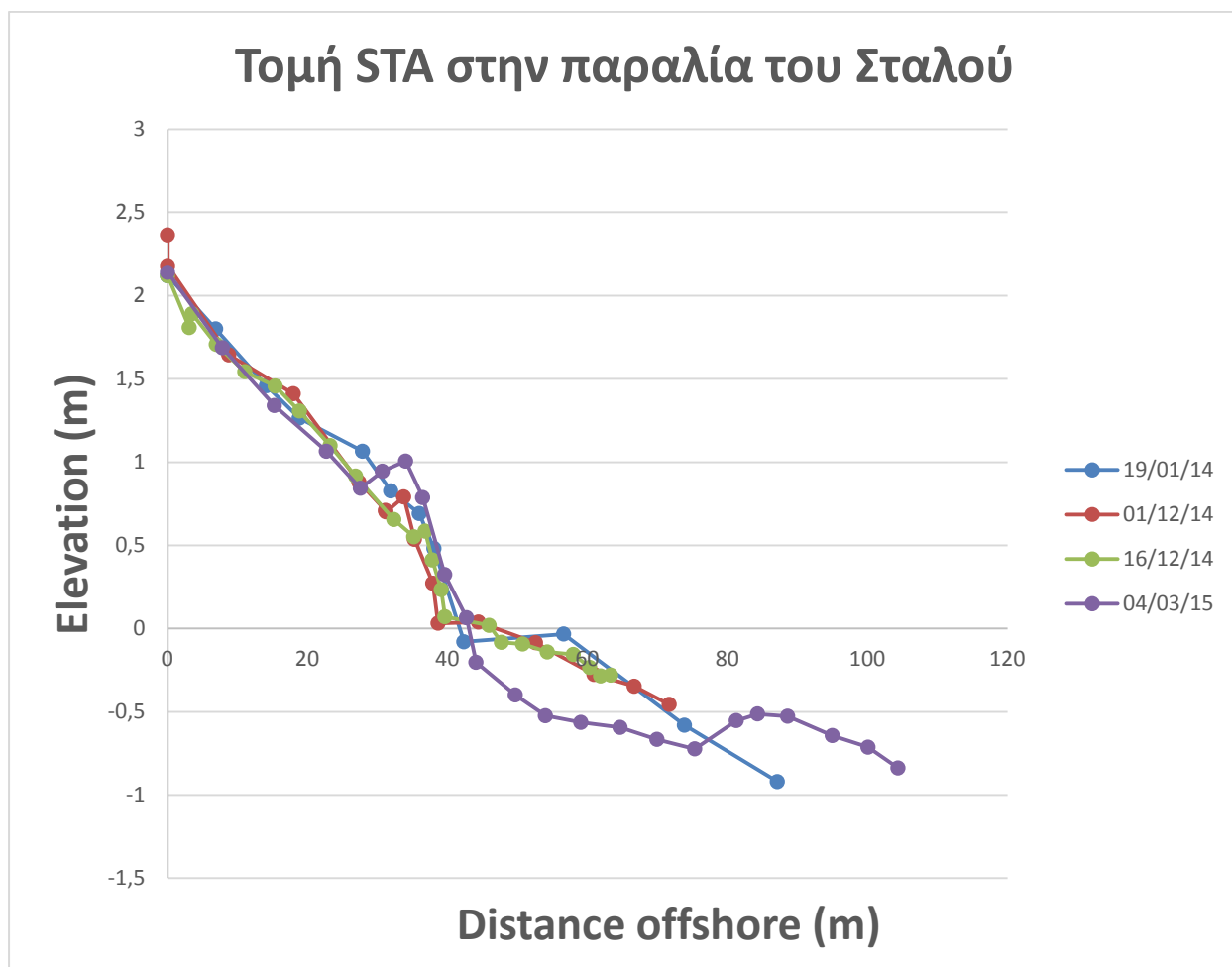
Αποτελέσματα έρευνας στην περιοχή μελέτης

Όσον αφορά την παραλία του Σταλού

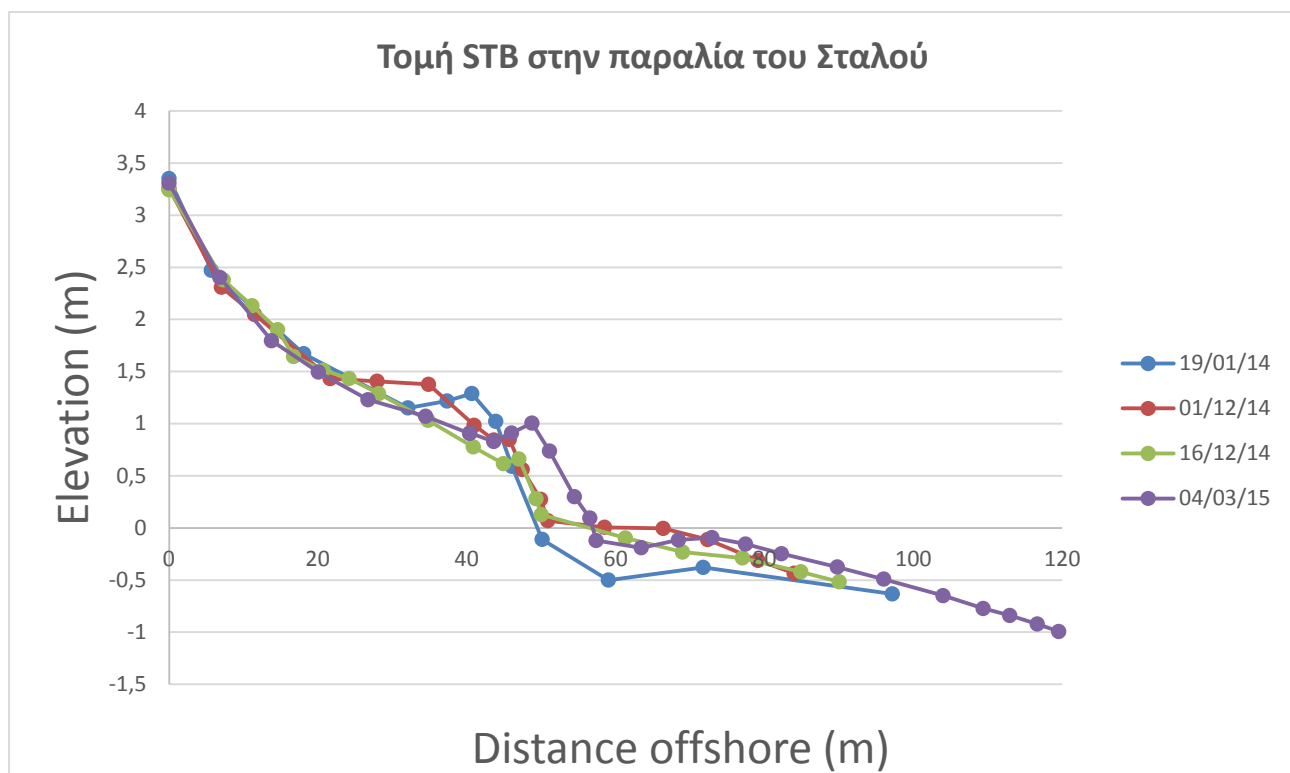
Για την παραλία του Σταλού έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις πάνω σε έξι τομές , τις STA,STB,STC,STD,STE και την STF για διαφορετικές χρονολογικές στιγμές. Για τις STA-STB-STC-STD και STE έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις στις 19/01/14, 01/12/14, 16/12/14 και την 04/03/15, ενώ για την τομή STF και λόγω συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή κατέστη δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων μόνο στις 16/12/14 και 04/03/15.



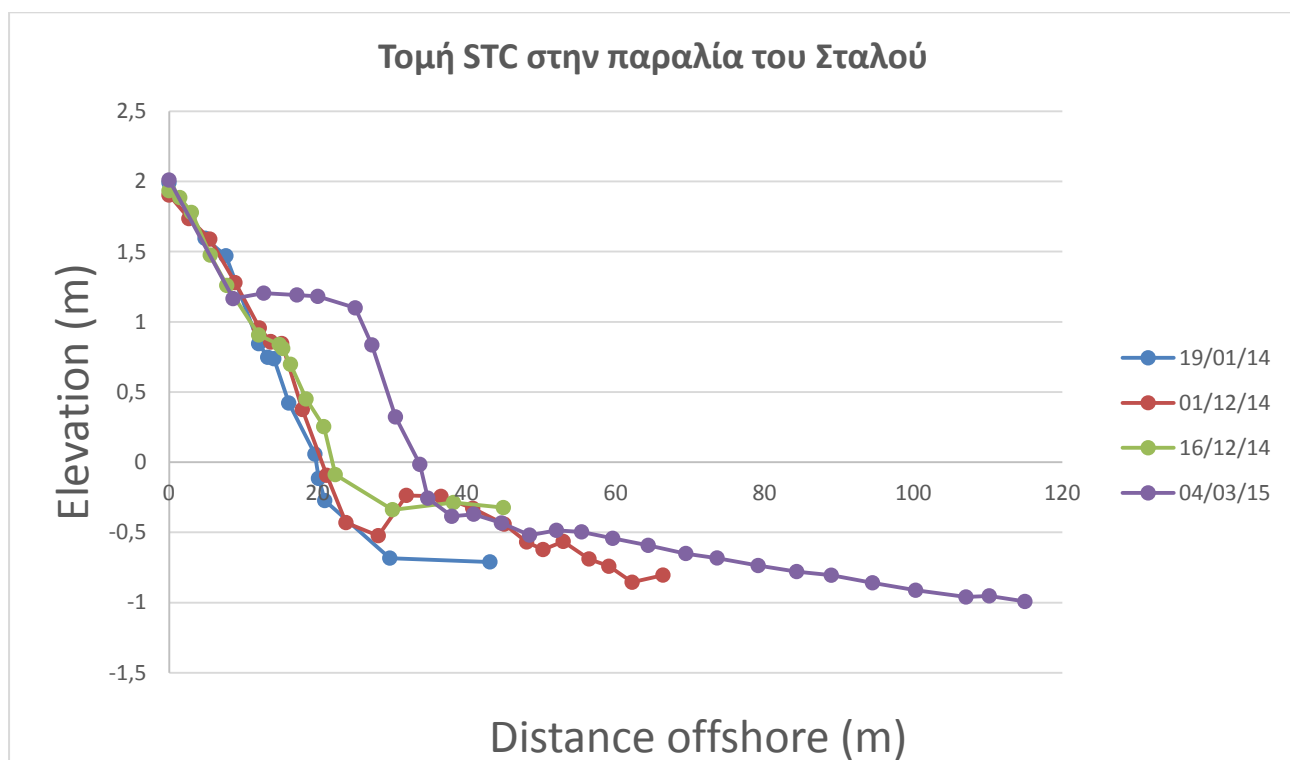
Δορυφορική φωτογραφία του Σταλού από το Google-Earth με ενδείξεις στα σημεία που υφίστανται οι τομές μας.



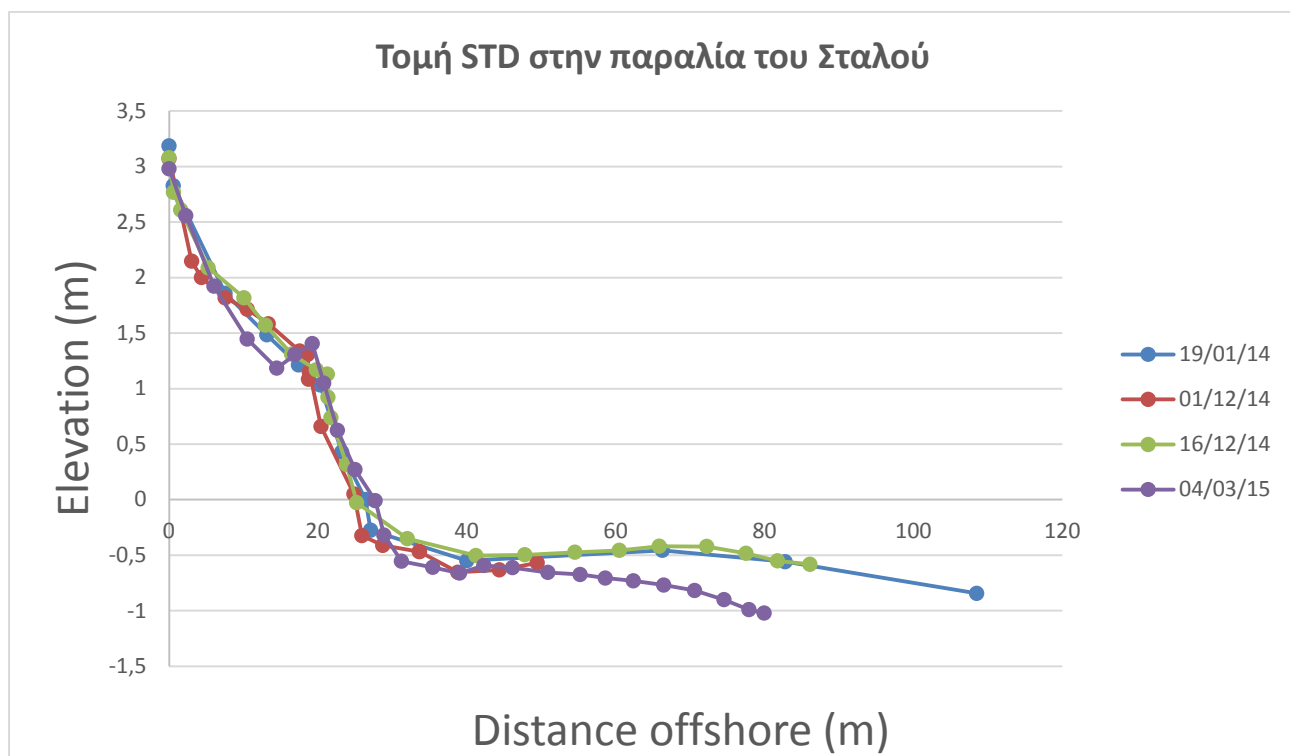
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STA για διαφορετικές χρονικές στιγμές



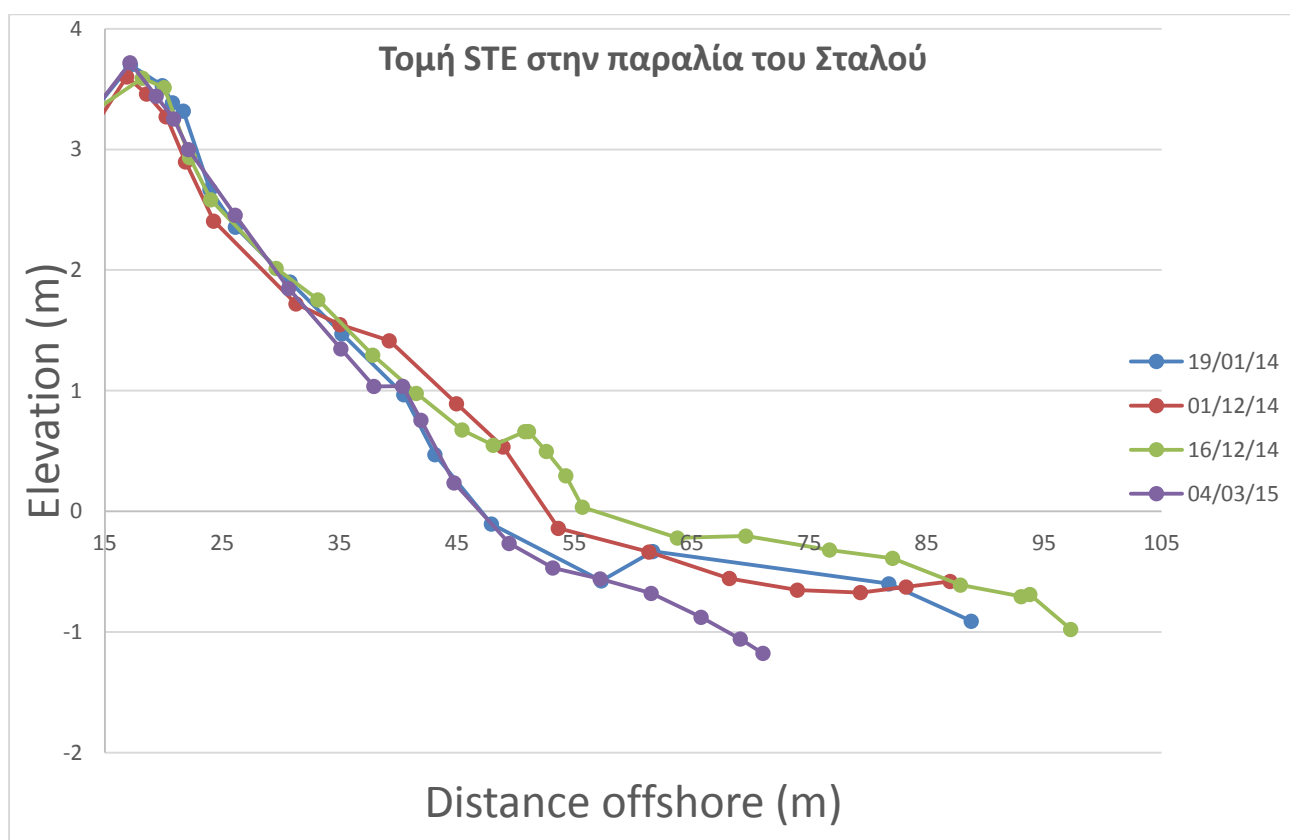
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STB για διαφορετικές χρονικές στιγμές



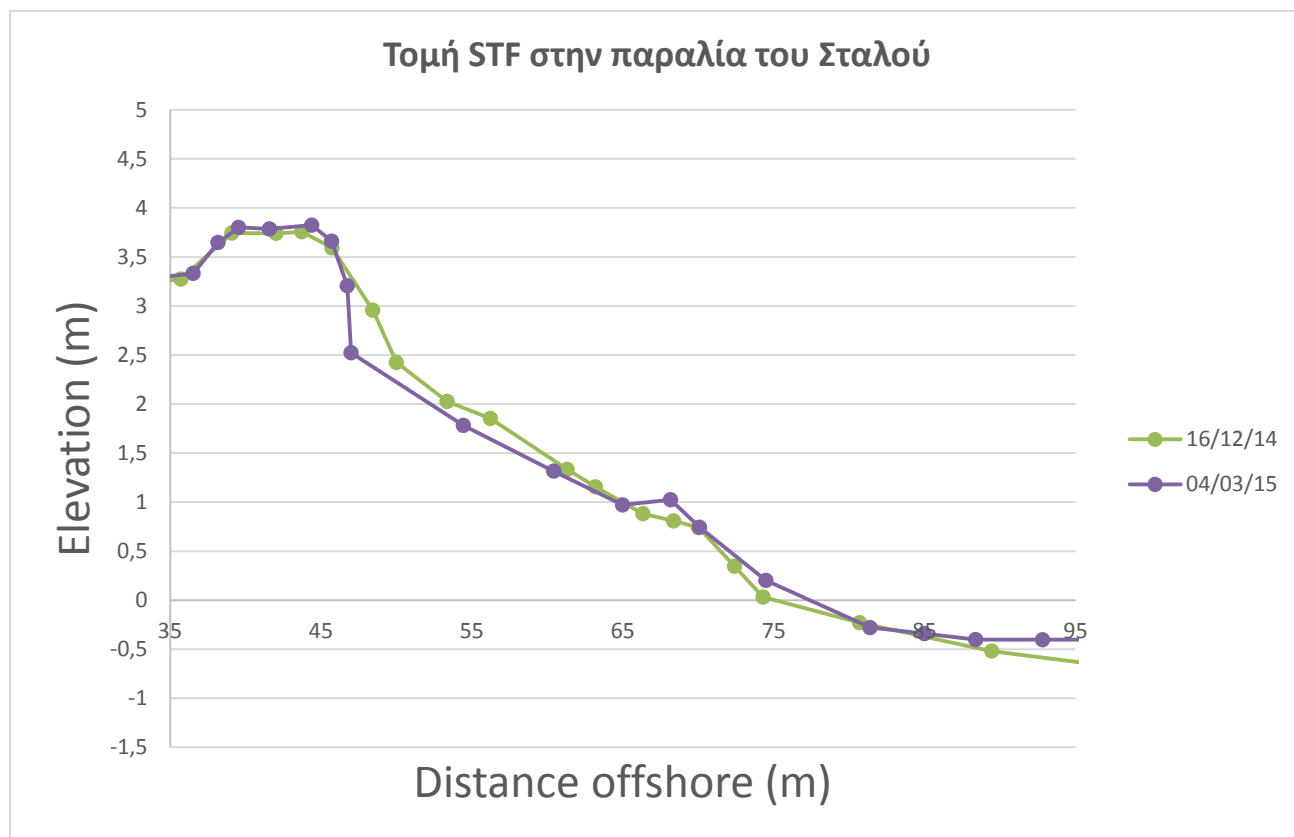
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STC για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STD για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STE για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή STF για διαφορετικές χρονικές στιγμές

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην παραλία του Σταλού λαμβάνει χώρα εποχική μεταβολή του πλάτους της παραλίας, επηρεαζόμενη από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρείται απώλεια άμμου και σε κάποιες άλλες πρόσχωση, άρα οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι συντελείται παράκτια στερεομεταφορά.

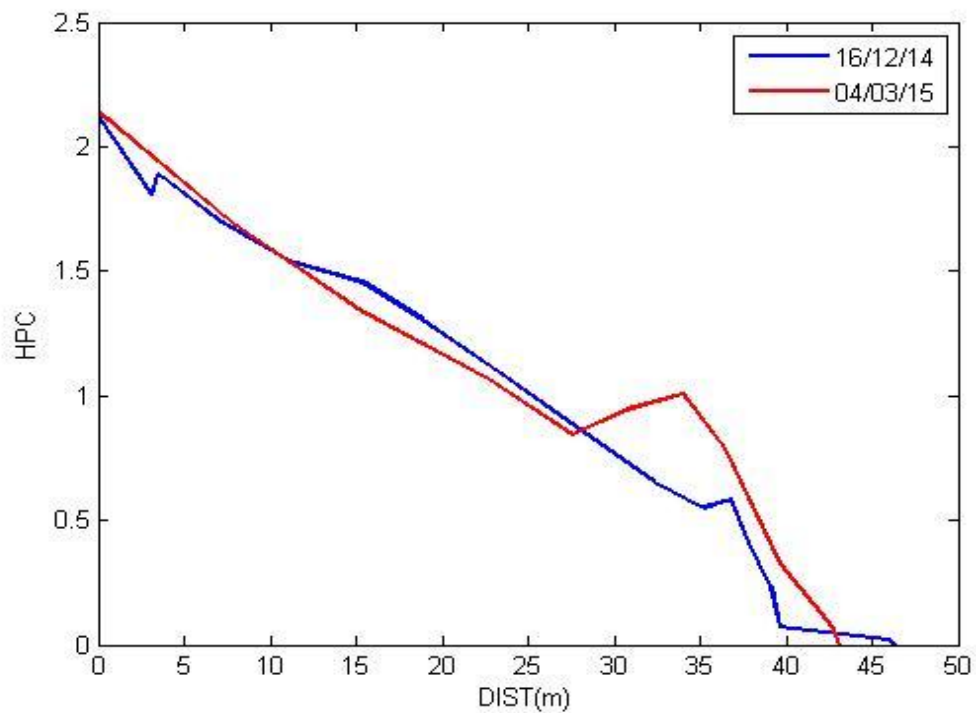
Σε μία προσπάθεια να γίνει εκτενέστερη μελέτη για το πώς επηρεάζουν οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή το ενεργό πλάτος της παραλίας και το πώς μεταβάλλεται αυτό εποχικά, γίνεται σύγκριση του όγκου της άμμου για την εκάστοτε τομή, πριν (16/12/14) και μετά (04/03/15) από μία περίοδο έντονων καιρικών φαινομένων. Ορίζοντας τη στάθμη της θάλασσας στο σημείο 0 και χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MATLAB, γίνεται μία προσπάθεια ολοκληρώνοντας το εμβαδόν του σχήματος που προκύπτει στο εκάστοτε γράφημα για τις χρονικές στιγμές 16/12/14 και 04/03/15, να υπολογιστεί ενδεικτικά ο όγκος άμμου που έχει μετακινηθεί.

Για την τομή STA:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STA 16/12/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STA 04/03/15	HPC	DIST(m)
STA1	2,119	0	STA	2,14	0
STA2	1,808	3,1	STA1	1,687	7,84
STA3	1,891	3,5	STA2	1,34	15,26
STA4	1,707	6,97	STA3	1,065	22,69
STA5	1,543	11,05	STA4	0,843	27,56
STA6	1,457	15,38	STA5	0,945	30,69
STA7	1,307	18,85	STA6	1,006	34,02
STA8	1,099	23,23	STA7	0,787	36,45
STA9	0,916	26,87	STAS8	0,324	39,61
STA10	0,655	32,34	STAS9	0,065	42,72
STA11	0,551	35,18	STAS10	0	43,05
STA12	0,585	36,8			
STA13S	0,412	37,82			
STA13S1	0,234	39,11			
STA13S2	0,071	39,63			
STA13S3	0,019	45,95			
STA13S4	0	46,28			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή STA παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει επανέλθει στο σύνολό του και μάλιστα έχει πραγματοποιηθεί πρόσχωση.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STA για την χρονική στιγμή 16/12/14 είναι: **48.1475 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή τη χρονική στιγμή 04/03/15 είναι: **50.4087 m²**

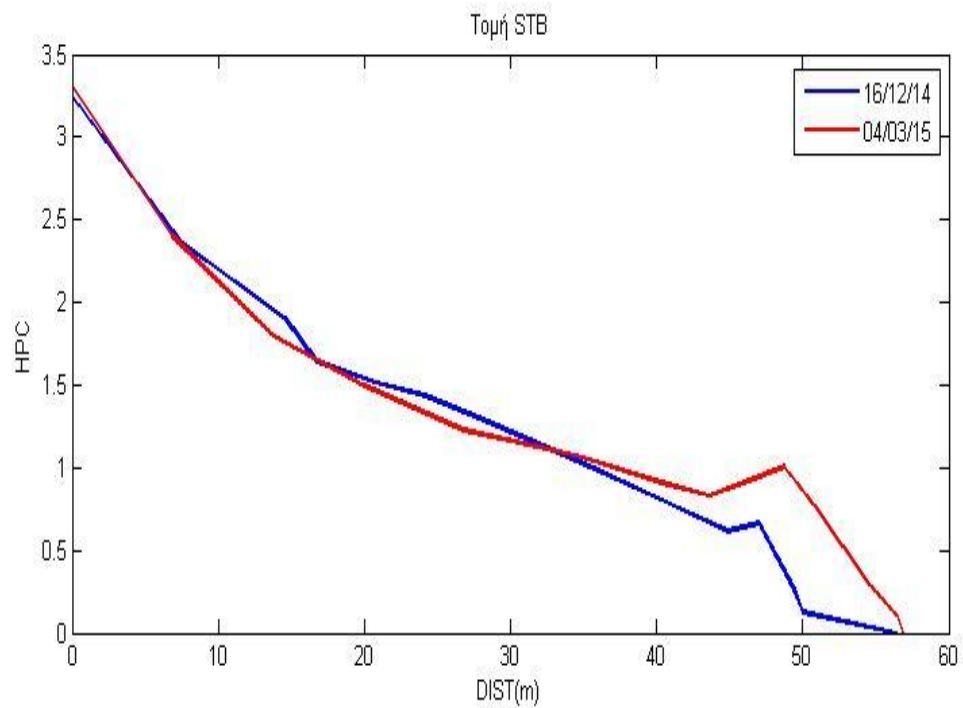
Άρα ο όγκος άμμου που έχει προσχωθεί στο μεσοδιάστημα είναι **2.2612 m³/m παραλίας**

Για την τομή STB:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STB 16/12/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STB 04/03/15	HPC	DIST(m)
STB1	3,243	0	STB	3,307	0
STB2	2,379	7,29	STB1	2,403	6,82
STB3	2,131	11,14	STB2	1,795	13,76
STB4	1,901	14,59	STB3	1,495	20,06
STB5	1,644	16,73	STB4	1,229	26,73
STB6	1,512	20,71	STB5	1,071	34,47
STB7	1,433	24,19	STB6	0,906	40,38
STB8	1,288	28,15	STB7	0,91	40,4
STB9	1,032	34,8	STB8	0,829	43,62
STB10	0,777	40,87	STB9	0,91	46,01
STB11	0,616	44,92	STB10	1,005	48,75
STB12	0,661	47	STB11	0,737	51,11
STB13S	0,28	49,3	STBS12	0,299	54,45
STB14	0,127	50	STBS13	0,095	56,53
STB15	0	56,41		0	56,90

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή STB παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει επανέλθει στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί πρόσχωση.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STB για την χρονική στιγμή 16/12/14 είναι: **$75.6995m^2$**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή τη χρονική στιγμή 04/03/15 είναι: **$79.9619 m^2$**

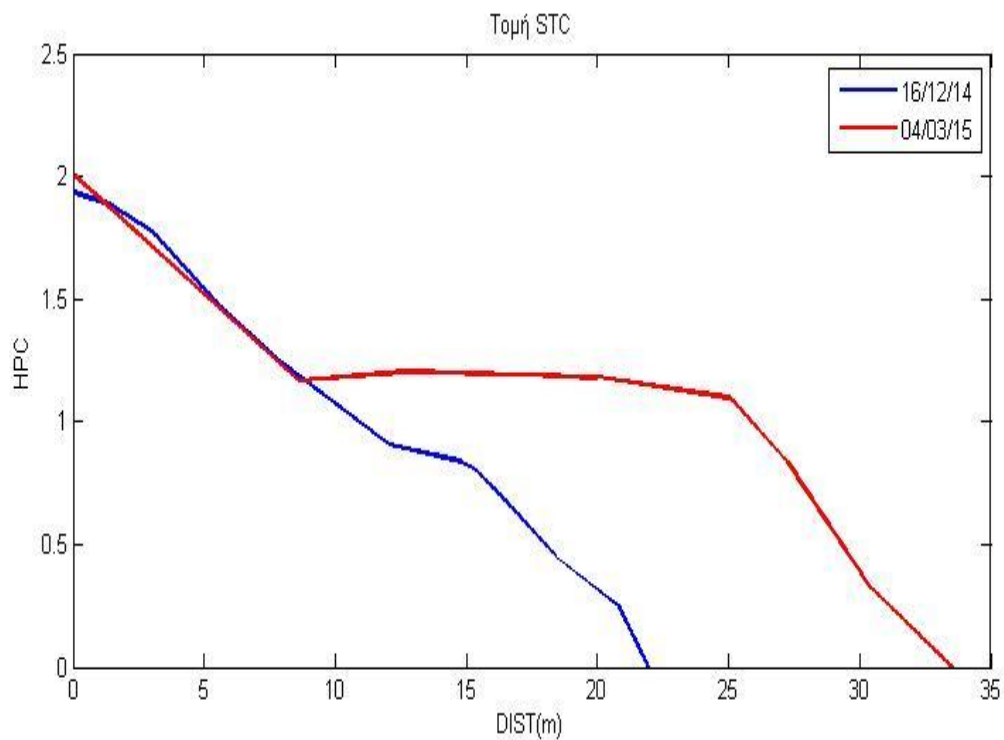
Άρα ο όγκος άμμου που έχει προσχωθεί στο μεσοδιάστημα είναι **$4.2624 m^3/m$ παραλίας**

Για την τομή STC:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STC 16/12/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STC 04/03/15	HPC	DIST(m)
STC1	1,934	0	STC	2,01	0
STC2	1,885	1,45	STC1	1,165	8,6
STC3	1,779	3,01	STC2	1,204	12,72
STC4	1,475	5,54	STC3	1,191	17,18
STC5	1,259	7,76	STC4	1,181	19,98
STC6	0,906	12,04	STC5	1,099	25,01
STC7	0,838	14,81	STC6	0,835	27,25
STC8	0,81	15,28	STCS7	0,322	30,42
STC9	0,697	16,32	STCS8	0	33,54
STC10S	0,45	18,41			
STC10S1	0,253	20,78			
STC10S1	0	21,93			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή STC παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει επανέλθει στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί πρόσχωση.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STC για το χρόνο 16/12/14 είναι: **23.1744 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή το χρόνο 04/03/15 είναι: **37.4307 m²**

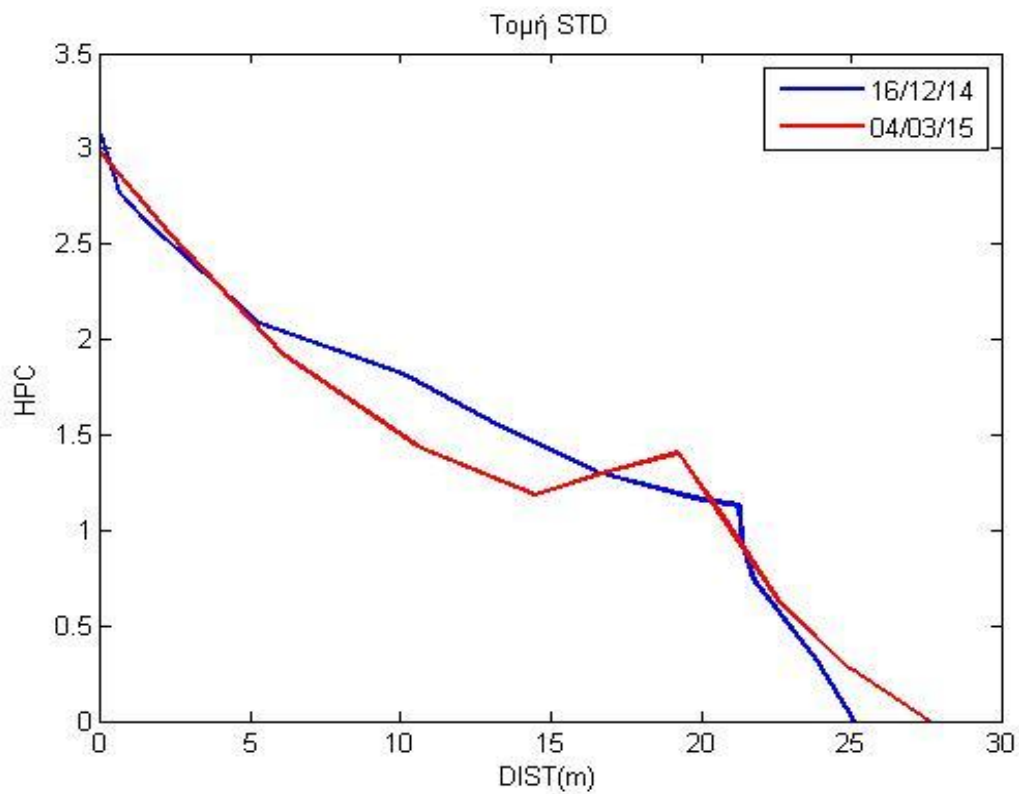
Άρα ο όγκος άμμου που έχει προσχωθεί στο μεσοδιάστημα είναι **14.2564 m³/m παραλίας**

Για την τομή STD:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STD	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STD	HPC	DIST(m)
16/12/14			04/03/15		
STD1	3,078	0	STD	2,979	0
STD2	2,767	0,6	STD1	2,557	2,25
STD3	2,608	1,57	STD2	1,922	6,04
STD4	2,087	5,26	STD3	1,446	10,5
STD5	1,817	10,06	STD4	1,184	14,47
STD6	1,571	12,94	STD5	1,307	16,9
STD7	1,31	16,47	STD6	1,405	19,24
STD8	1,169	19,79	STD7	1,049	20,78
STD9	1,13	21,27	STD8	0,624	22,62
STD10	0,922	21,35	STDS9	0,271	24,98
STD11	0,738	21,75	STDS10	0	27,60
STD12S	0,316	23,83			
STD13S	0	25,09			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή STD παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STD για την χρονική στιγμή 16/12/14 είναι: **$39.8817m^2$**

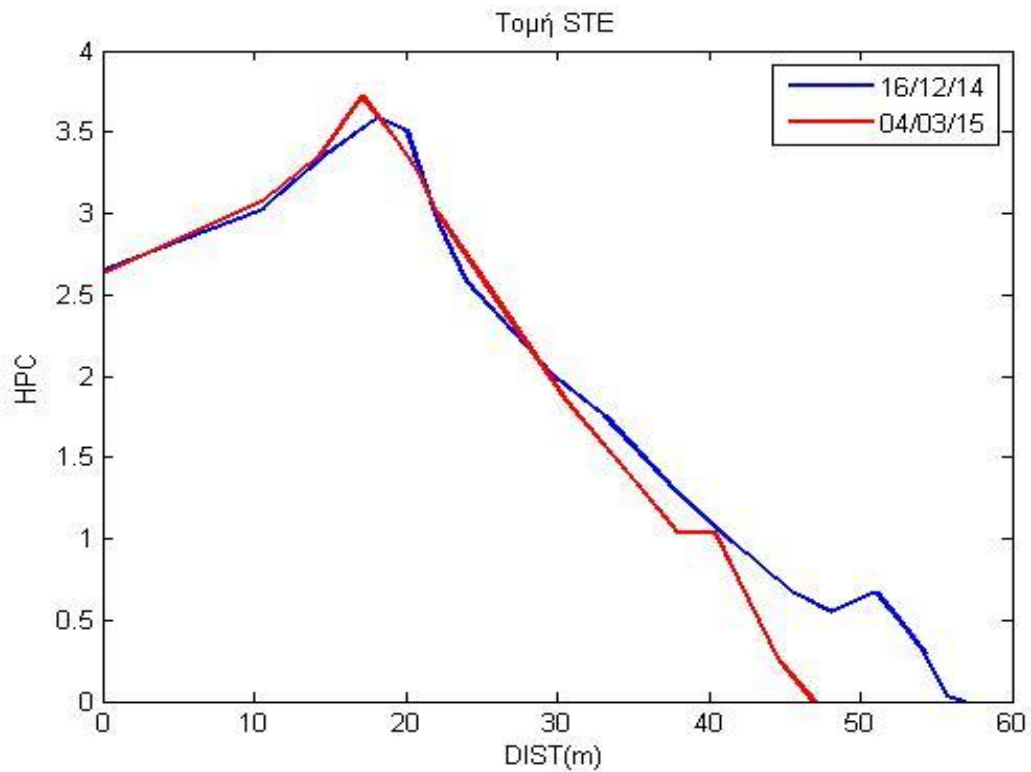
Ενώ για την αντίστοιχη τομή τη χρονική στιγμή 04/03/15 είναι: **$38.4864 m^2$**

Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **$1.3953 m^3/m$ παραλίας**

Για την τομή STE:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STE	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STE	HPC	DIST(m)
16/12/14			04/03/15		
STE1	2,652	0	STE	2,63	0
STE2	3,034	10,75	STE1	3,082	10,73
STE3	3,356	14,64	STE2	3,34	14,19
STE4	3,591	18,19	STE3	3,719	17,14
STE5	3,513	20,05	STE4	3,442	19,37
STE6	2,933	22,21	STE5	3,253	20,85
STE7	2,583	24,01	STE6	2,999	22,12
STE8	2,014	29,59	STE7	2,455	26,1
STE9	1,753	33,14	STE8	1,847	30,64
STE10	1,295	37,81	STE9	1,347	35,1
STE11	0,978	41,52	STE10	1,036	37,91
STE12	0,675	45,42	STE11	1,037	40,36
STE13	0,548	48,08	STE12	0,755	41,92
STE14	0,661	50,77	STES13	0,236	44,74
STE15	0,662	51,08	STES14	0	46,94
STE16	0,497	52,6			
STE17S	0,295	54,26			
STE17S1	0,035	55,67			
STE17S2	0	56,78			



Όσον αφορά την Τομή STE παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STE για το χρόνο 16/12/14 είναι: **113.1715 m^2**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή το χρόνο 04/03/15 είναι: **105.7596 m^2**

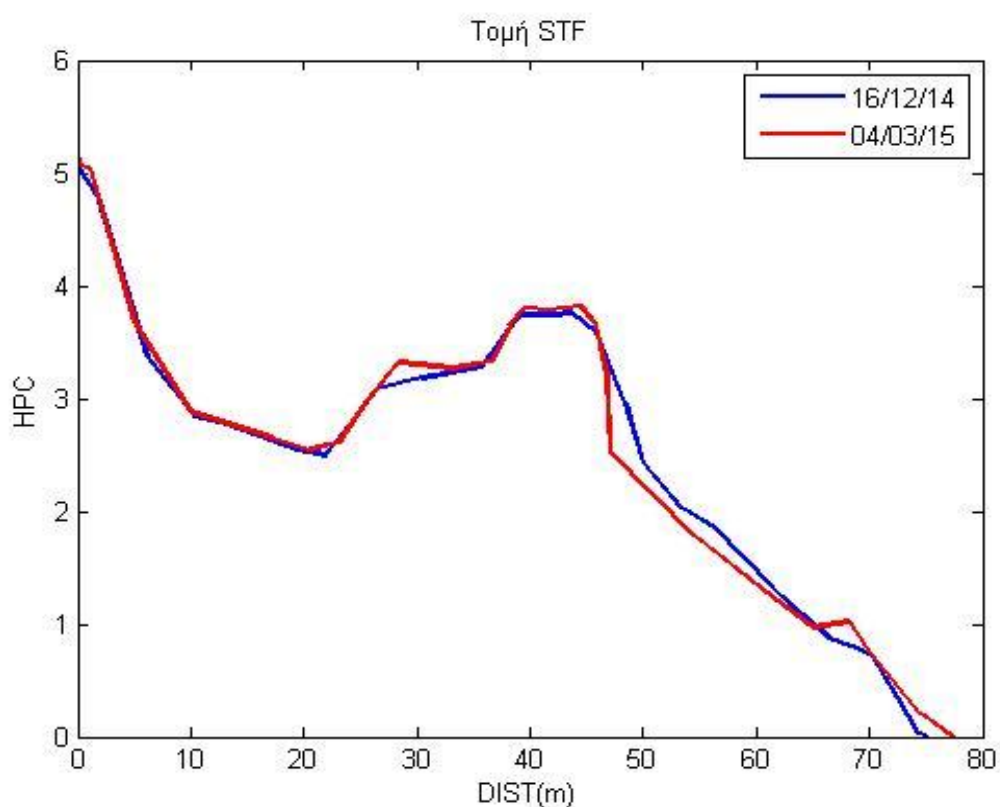
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι της τάξεως των **$7.4118 \text{ m}^3/\text{m παραλίας}$**

Για την τομή STF:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 16/12/14 & 04/03/15

Σημεία τομής STF 16/12/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής STF 04/03/15	HPC	DIST(m)
STF1	5,208	0	STF	5,239	0
STF2	5,039	0,1	STF1	5,066	0,12
STF3	4,754	1,92	STF2	5,048	1,1
STF4	3,382	6,09	STF3	3,672	5,01
STF5	2,847	10,22	STF4	2,882	9,97
STF6	2,766	13,14	STF5	2,657	17,13
STF7	2,547	19,34	STF6	2,547	20,52
STF8	2,496	21,89	STF7	2,61	23,11
STF9	3,086	26,47	STF8	2,981	25,64
STF10	3,184	30,49	STF9	3,318	28,41
STF11	3,274	35,72	STF10	3,27	33,15
STF12	3,744	39,1	STF11	3,332	36,53
STF13	3,741	42,03	STF12	3,647	38,18
STF14	3,757	43,74	STF13	3,801	39,54
STF15	3,592	45,73	STF14	3,786	41,59
STF16	2,957	48,43	STF15	3,824	44,39
STF17	2,424	50	STF16	3,661	45,71
STF18	2,027	53,36	STF17	3,206	46,75
STF19	1,853	56,23	STF18	2,523	47
STF20	1,333	61,32	STF19	1,782	54,44
STF21	1,155	63,19	STF20	1,316	60,43
STF22	0,882	66,34	STF21	0,971	64,99

STF23	0,808	68,37	STF22	1,024	68,17
STF24	0,74	70,02	STF23	0,743	70,09
STF25S	0,346	72,41	STFS24	0,201	74,49
STF26S	0,032	74,3	STF	0	77,37
STF27S	0	75,08			



Όσον αφορά την Τομή STF παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

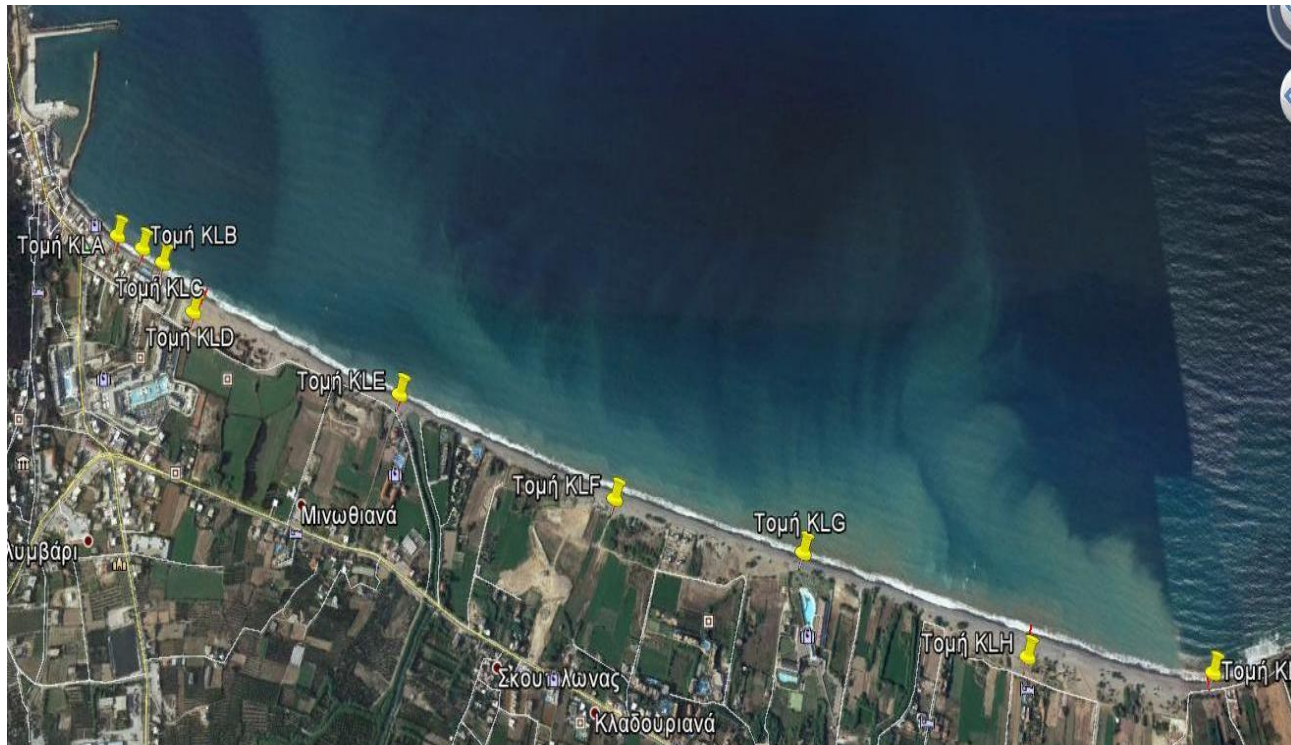
Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή STF για την χρονική στιγμή 16/12/14 είναι: **193.5812 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 04/03/15 είναι: **192.9942 m²**

Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **0.5870 m³/m παραλίας**

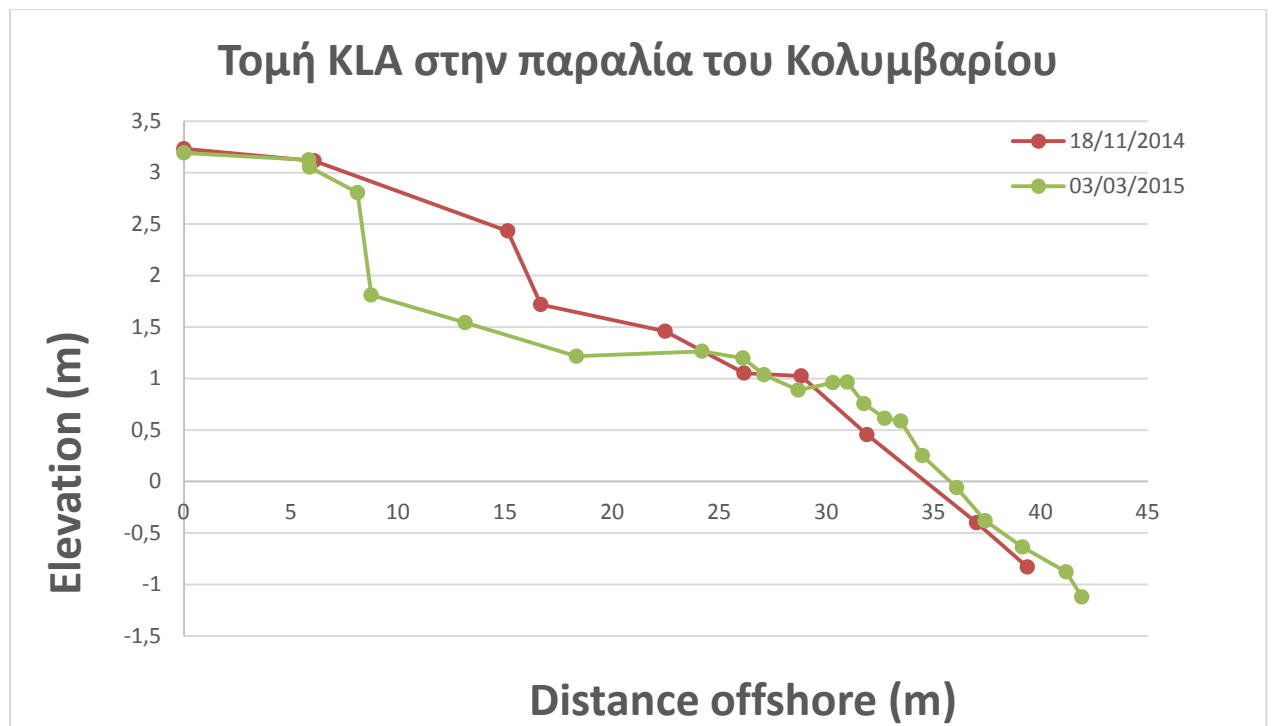
Τα παραπάνω αποτελέσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα έντονα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες) και ως εκ τούτου ο έντονος κυματισμός που επικρατούν στην περιοχή, επηρεάζουν και κατ' επέκταση μεταβάλλουν εποχικά το προφίλ της παραλίας (πλάτος). Σε κάποια σημεία παρατηρείται πρόσχωση (συγκέντρωση άμμου), ενώ σε κάποια άλλα απώλεια άμμου και μείωση του πλάτους της παραλίας. Παρατηρούμε ότι στις τομές STA, STB και STC πραγματοποιείται πρόσχωση, ενώ στις STD, STE και STF έχουμε απώλεια άμμου. Μπορούν να γίνουν διάφορες υποθέσεις για τ' αποτελέσματα. Αρχικά ίσως το φαινόμενο της πρόσχωσης που παρατηρείται στις τομές STA, STB και STC σε αντίθεση με τις υπόλοιπες, συμβαίνει διότι το νησάκι των Αγίων Θεοδώρων που βρίσκεται μπροστά από το Δυτικό τμήμα της παραλίας λειτουργεί ως μέσο προστασίας από τον έντονο κυματισμό και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή. Δεύτερον θα μπορούσαμε να υποθέσουμε, ότι μέρος της άμμου που χάνεται από τις τομές που βρίσκονται στο Ανατολικό τμήμα της παραλίας μεταφέρονται μέσω διάφορων οδών (άνεμος, θαλάσσια ρεύματα) σε αυτές που βρίσκονται στο Δυτικό της τμήμα, μεταβάλλοντας το πλάτος της. Υφίσταται παράκτια στερεομεταφορά του ιζήματος της παραλίας από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του πλάτους της παραλίας στο Ανατολικό της τμήμα και την αύξηση του πλάτους της στο Δυτικό. Τέλος ενδεχομένως να παρατηρείται αυτό το φαινόμενο, εξαιτίας της ύπαρξης ρέματος ενδιάμεσα των τομών STD και STE που τις επηρεάζει και προκαλεί τη μείωση του πλάτους της παραλίας σε αυτά τα σημεία.

Όσον αφορά την παραλία του Κολυμβαρίου

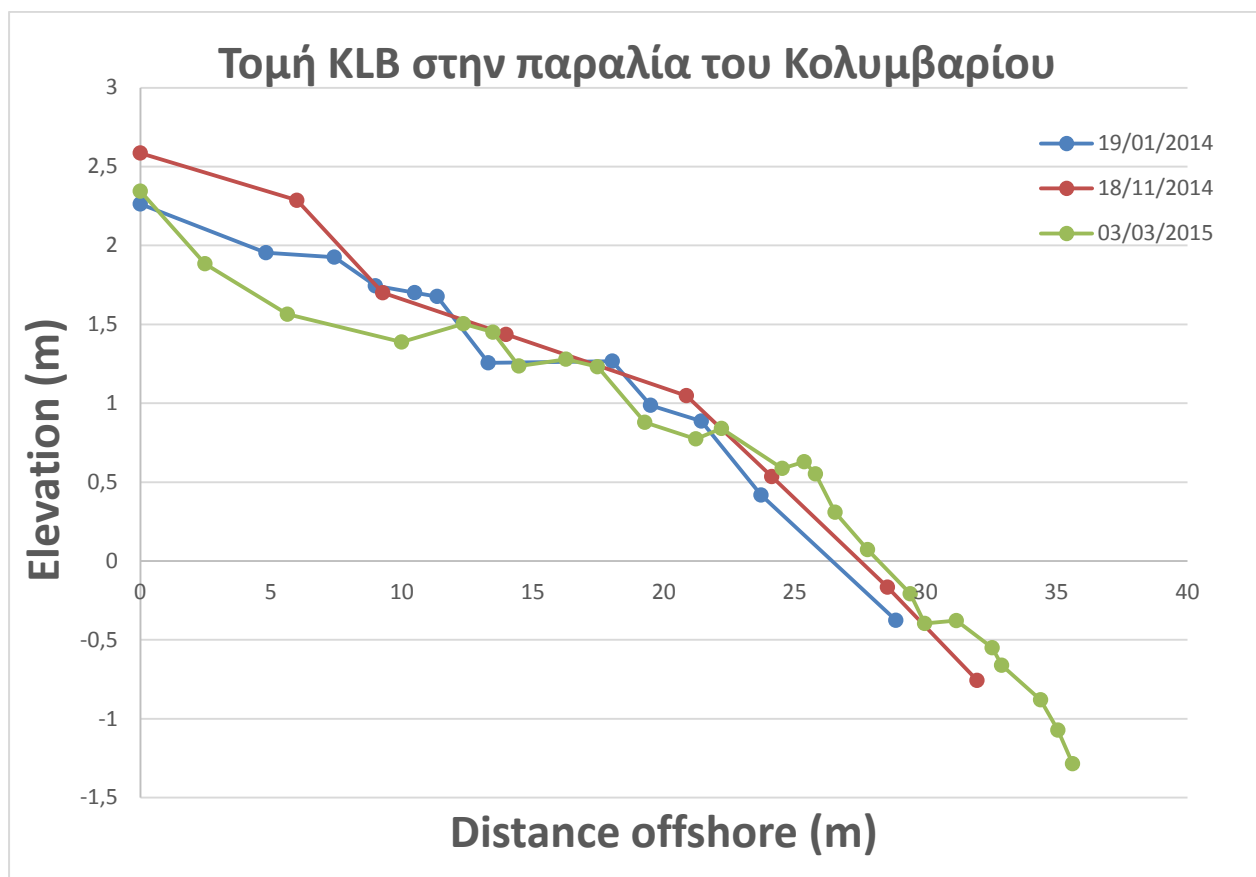


Δορυφορική φωτογραφία του Κολυμβαρίου από το Google-Earth με ενδείξεις στα σημεία που υφίστανται οι τομές μας.

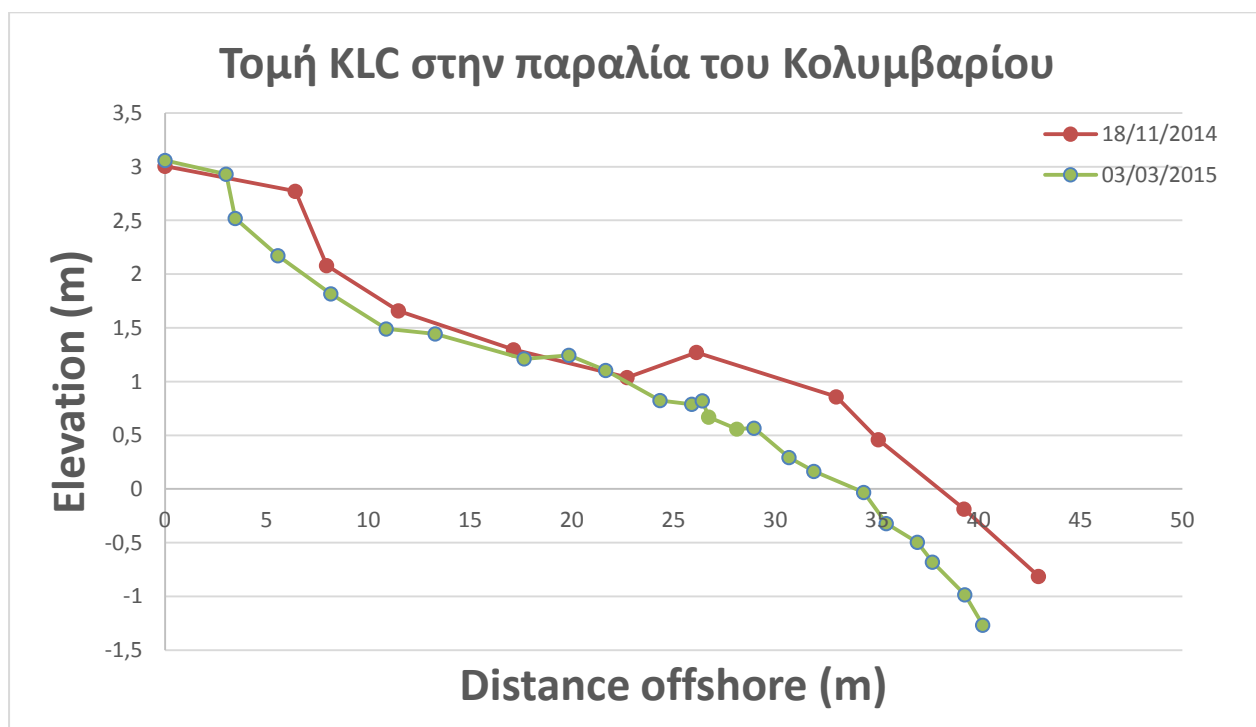
Για την παραλία στο Κολυμβάρι έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις πάνω σε εννέα τομές, τις KLA-KLB-KLC-KLD-KLE-KLF-KLG-KLH και την KLI για διαφορετικές χρονολογικές στιγμές. Για τις KLB-KLD-KLE-KLF-KLG-KLH-KLI έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις στις 19/01/14, 18/11/14 και την 03/03/15, ενώ για τις τομές KLA-KLC και λόγω συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή κατέστη δυνατή η πραγματοποίηση μετρήσεων μόνο στις 18/11/14 και 03/03/15.



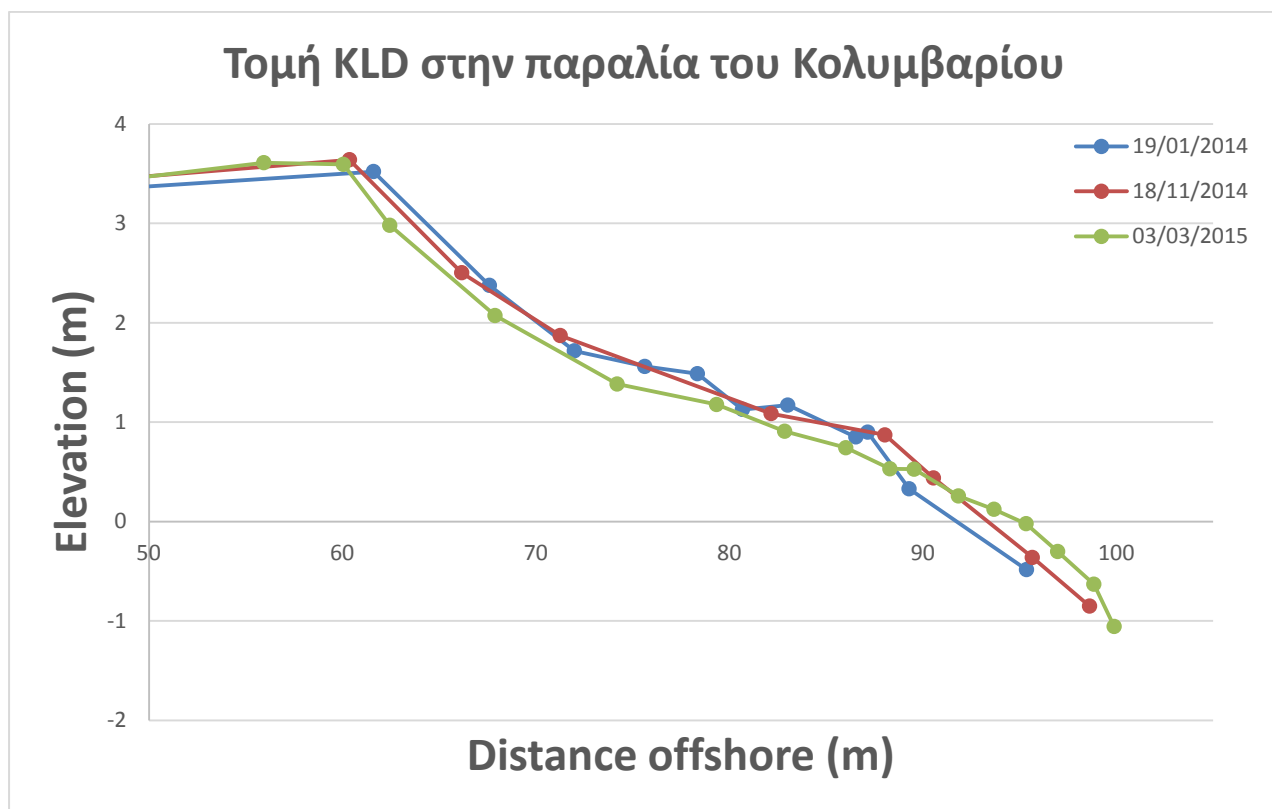
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLA για διαφορετικές χρονικές στιγμές



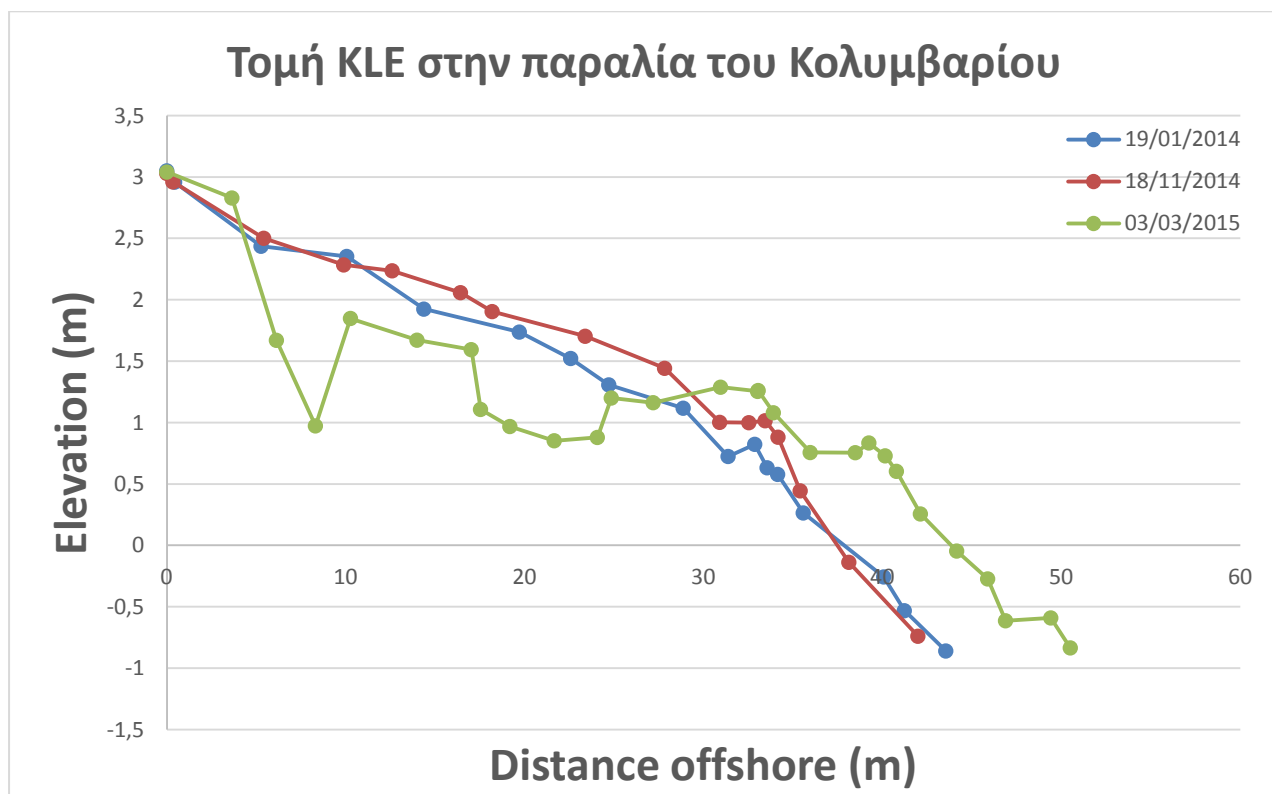
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLB για διαφορετικές χρονικές στιγμές



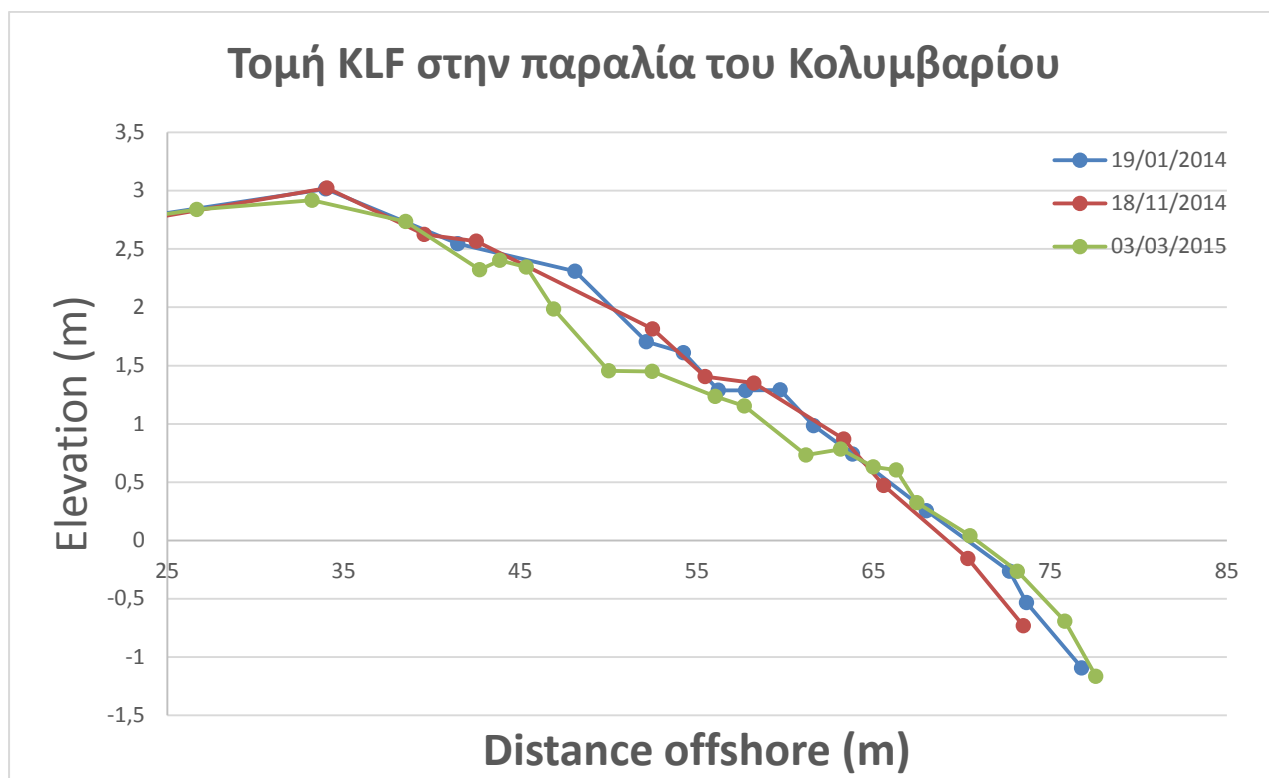
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLC για διαφορετικές χρονικές στιγμές



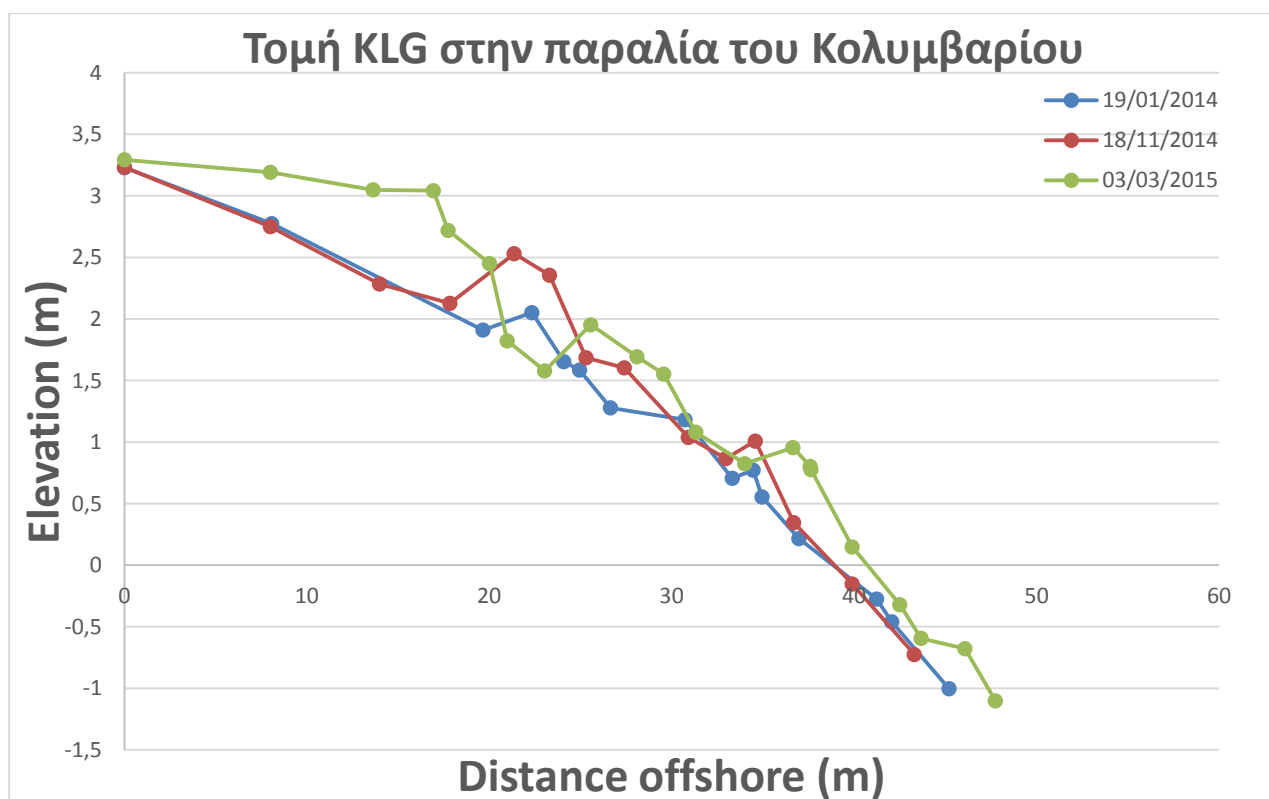
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLD για διαφορετικές χρονικές στιγμές



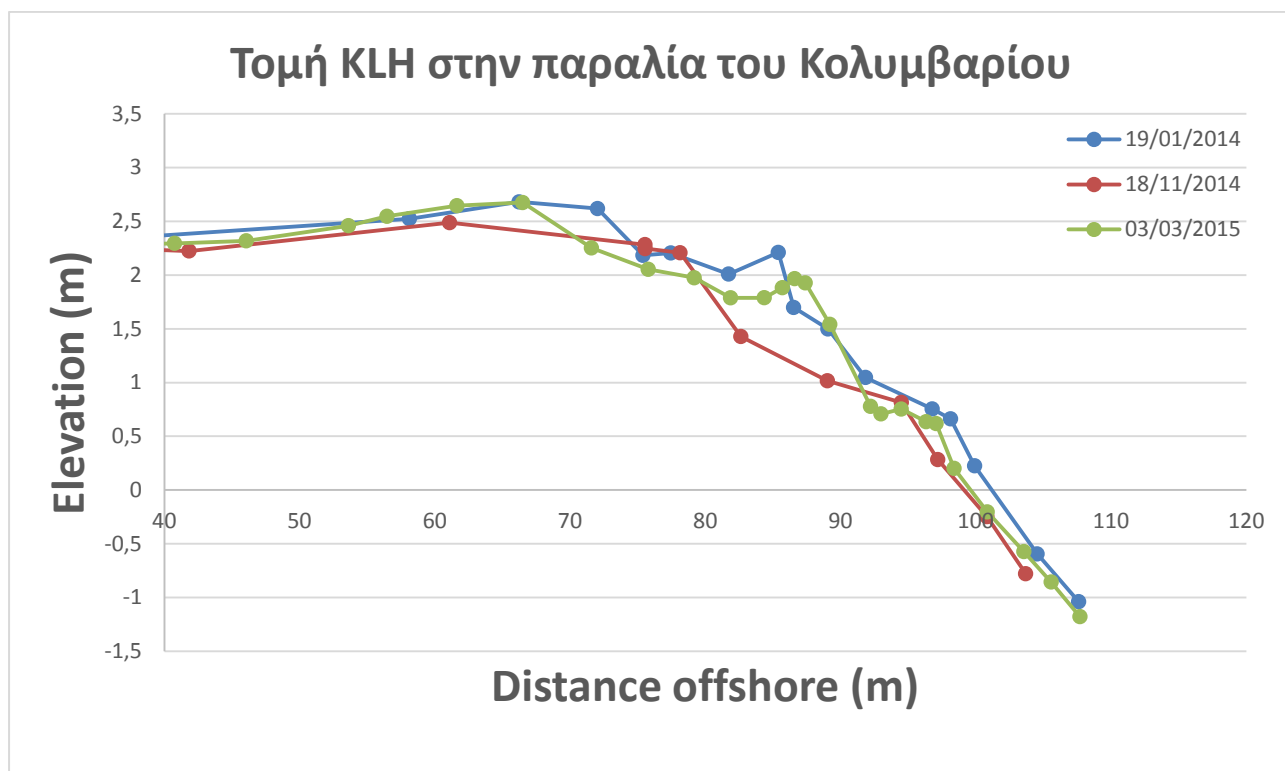
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLE για διαφορετικές χρονικές στιγμές



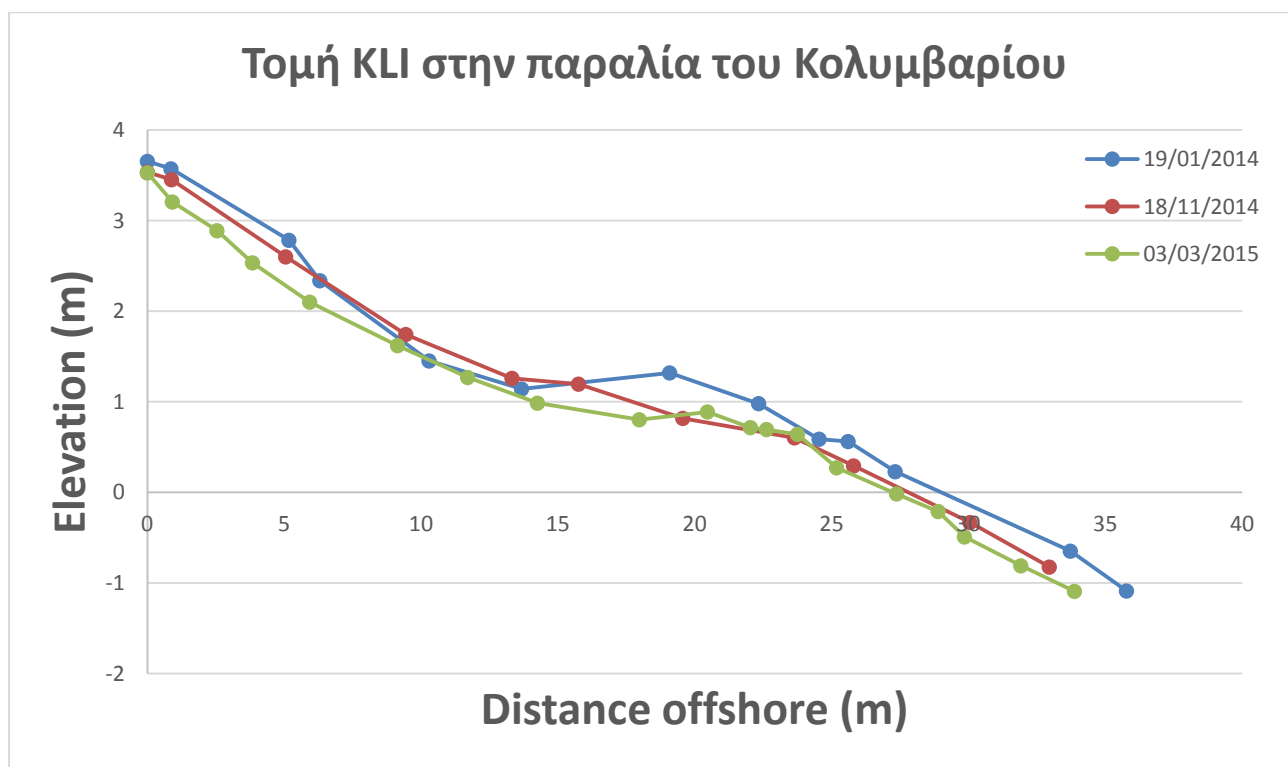
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLF για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή KLG για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή ΚΛΗ για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή ΚΛΙ για διαφορετικές χρονικές στιγμές

Σύμφωνα με τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην παραλία του Κολυμβαρίου έχουμε μεταβολή του πλάτους της παραλίας επηρεαζόμενη από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Με σκοπό την περαιτέρω μελέτη για το πώς επηρεάζουν οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή το ενεργό πλάτος της παραλίας και το πώς μεταβάλλεται αυτό εποχικά, θα συγκρίνουμε τον όγκο της άμμου για την εκάστοτε τομή, πριν (18/11/14) και μετά (03/03/15) το πέρας μίας περιόδου έντονων καιρικών φαινομένων. Ορίζοντας τη στάθμη της θάλασσας στο σημείο 0 και χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MATLAB, θα κινηθούμε όπως και παραπάνω στην παραλία του Σταλού ,προκειμένου να κάνουμε μία προσέγγιση για τον όγκο άμμου που μεταφέρεται.

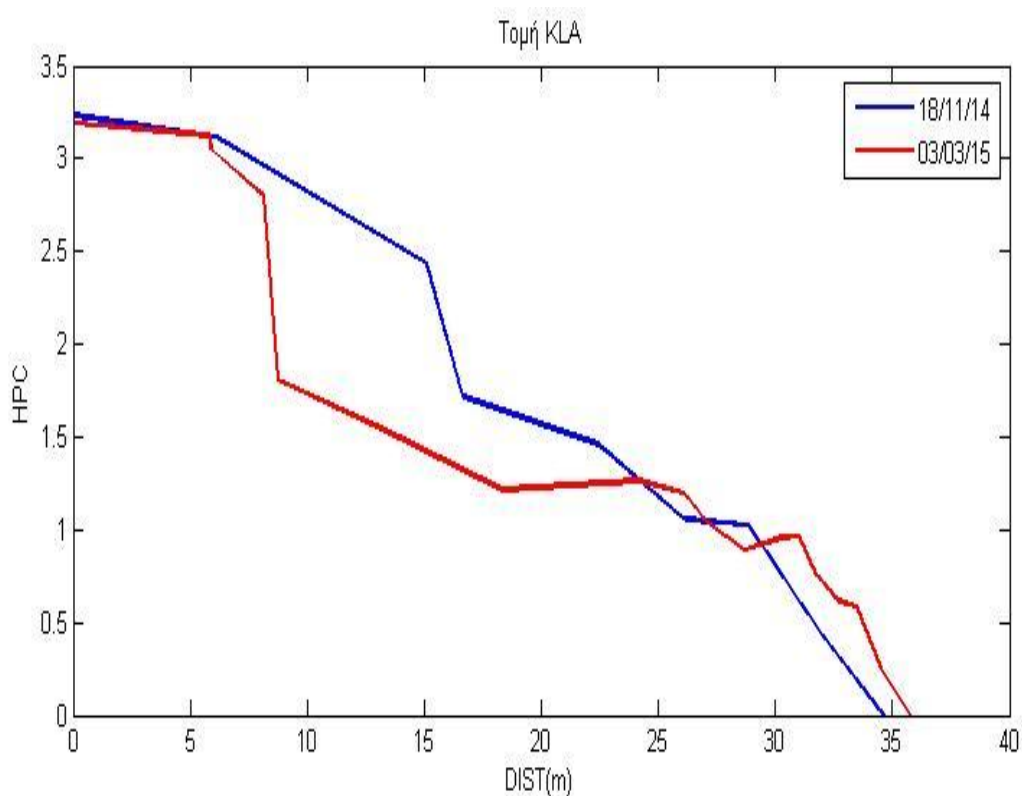
Για την τομή KLA:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLA	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLA	HPC	DIST(m)
18/11/14			03/03/15		
KLA1	3,232	0	KLA	3,192	0
KLA2	3,115	6,08	KLA1	3,124	5,83
KLA3	2,434	15,12	KLA2	3,053	5,87
KLA4	1,719	16,66	KLA3	2,805	8,11
KLA5	1,459	22,47	KLA4	1,811	8,74
KLA6	1,053	26,15	KLA5	1,543	13,13
KLA7	1,025	28,82	KLA6	1,216	18,33
KLA8S	0,455	31,89	KLA7	1,265	24,19
KLA9S	0	34,61	KLA8	1,199	26,1
			KLA9	1,037	27,08
			KLA10	0,888	28,68
			KLA11	0,96	30,3
			KLA12	0,965	30,97
			KLA13	0,756	31,75
			KLA14	0,613	32,72

			KLA15	0,587	33,47
			KLA16S	0,251	34,48
			KLA17S	0	35,77

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή ΚΛΑ παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί αισθητά στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή ΚΛΑ για την 18/11/14 είναι: **67.0931m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **57.8552 m²**

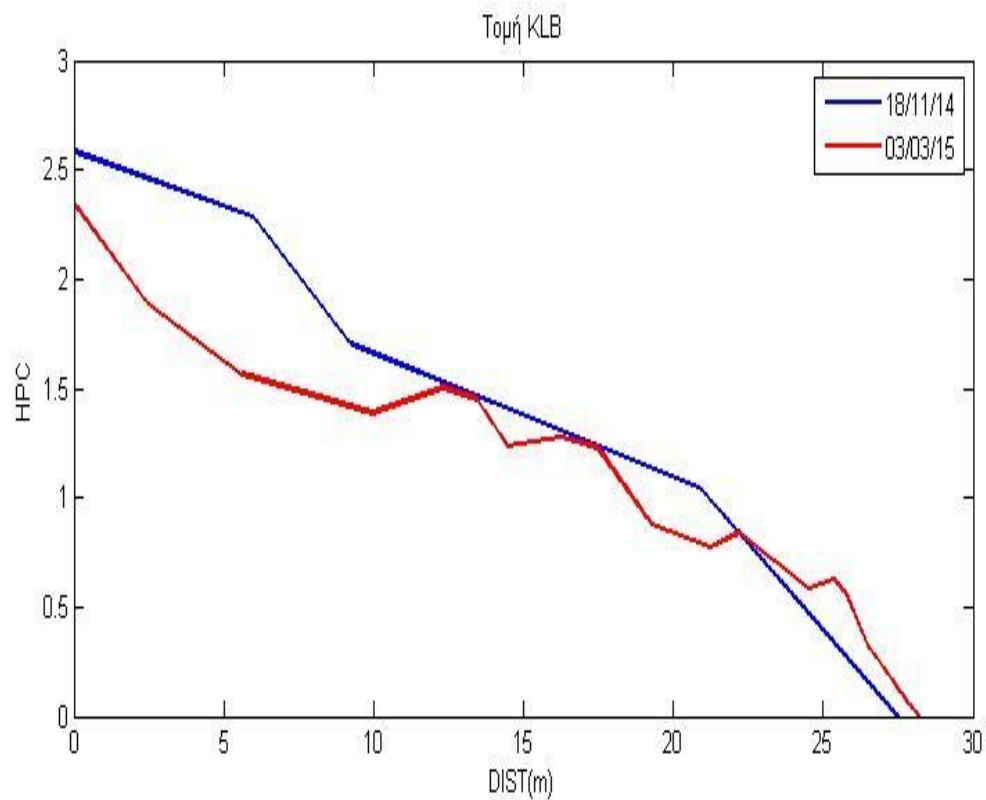
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **9.2379 m³/m παραλίας**

Για την τομή KLB:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLB 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLB 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLB1	2,586	0	KLB	2,344	0
KLB2	2,286	5,98	KLB1	1,884	2,47
KLB3	1,7	9,26	KLB2	1,564	5,62
KLB4	1,436	13,97	KLB3	1,388	9,98
KLB5	1,048	20,86	KLB4	1,504	12,34
KLB6S	0,535	24,12	KLB5	1,45	13,47
KLB7S	0	27,49	KLB6	1,236	14,46
			KLB7	1,279	16,26
			KLB8	1,231	17,46
			KLB9	0,879	19,27
			KLB10	0,774	21,22
			KLB11	0,84	22,2
			KLB12	0,587	24,52
			KLB13	0,629	25,36
			KLB14	0,552	25,79
			KLBS15	0,309	26,54
			KLBS16	0,072	27,78
			KLB17S	0	28,20

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLB παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί αισθητά στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLB στις 18/11/14 είναι: **$40.5287m^2$**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **$34.5744 m^2$**

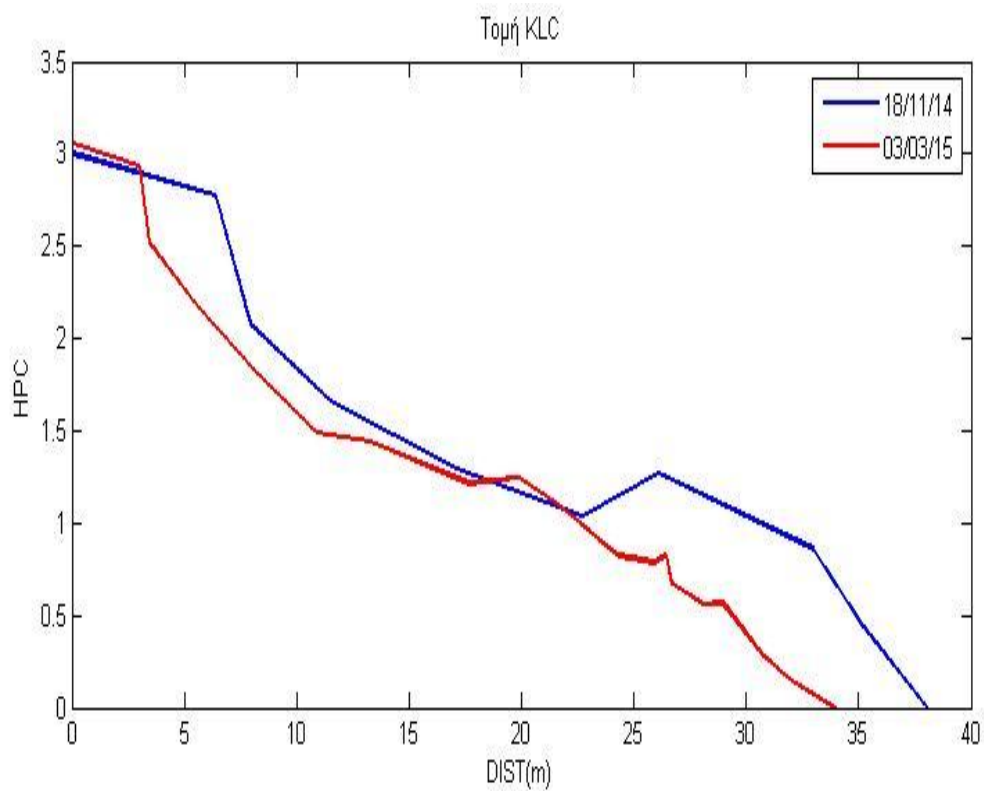
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **$5.9543 m^3/m$ παραλίας**

Για την τομή KLC:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLC 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLC 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLC1	3,005	0	KLC	3,059	0
KLC2	2,772	6,4	KLC1	2,931	3
KLC3	2,08	7,94	KLC2	2,519	3,45
KLC4	1,659	11,47	KLC3	2,172	5,55
KLC5	1,296	17,13	KLC4	1,817	8,15
KLC6	1,038	22,71	KLC5	1,49	10,87
KLC7	1,272	26,12	KLC6	1,444	13,28
KLC8	0,858	32,99	KLC7	1,212	17,65
KLC9S	0,459	35,06	KLC8	1,245	19,85
KLC10S	0	38,05	KLC9	1,104	21,66
			KLC10	0,824	24,33
			KLC11	0,789	25,89
			KLC12	0,821	26,41
			KLC13	0,669	26,71
			KLC14	0,557	28,1
			KLC15	0,566	28,95
			KLCS16	0,293	30,67
			KLCS17	0,164	31,89
			KLCS18	0	33,94

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLC παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί αισθητά στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLC στις 18/11/14 είναι: **57.0007 m^2**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **45.9765 m^2**

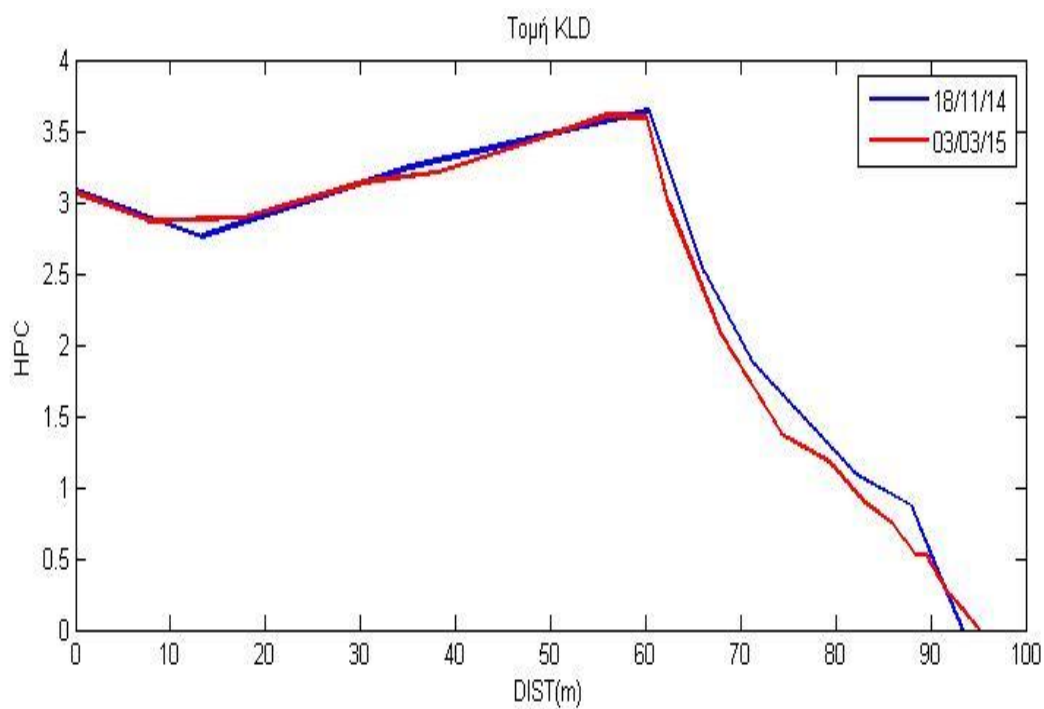
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **$11.0242 \text{ m}^3/\text{m παραλίας}$**

Για την τομή KLD:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLD 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLD 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLD1	3,085	0	KLD	3,064	0
KLD2	2,758	13,32	KLD1	2,871	7,65
KLD3	3,243	35,21	KLD2	2,89	17,63
KLD4	3,64	60,37	KLD3	3,142	30,46
KLD5	2,503	66,17	KLD4	3,205	38,16
KLD6	1,871	71,26	KLD5	3,403	47,03
KLD7	1,086	82,16	KLD6	3,61	55,94
KLD8	0,871	88,04	KLD7	3,593	60,05
KLD9S	0,438	90,55	KLD8	2,98	62,45
KLD10S	0	93,35	KLD9	2,072	67,89
			KLD10	1,383	74,2
			KLD11	1,177	79,34
			KLD12	0,908	82,86
			KLD13	0,742	86,02
			KLD14	0,53	88,3
			KLD15	0,526	89,55
			KLD16S	0,257	91,84
			KLDS17	0,123	93,68
			KLDS18	0	95,09

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLD παρατηρούμε ότι όπως και στις προηγούμενες τομές, μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLD στις 18/11/14 είναι: **244.2552 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **238.7599 m²**

Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **5.4954 m³/m παραλίας**

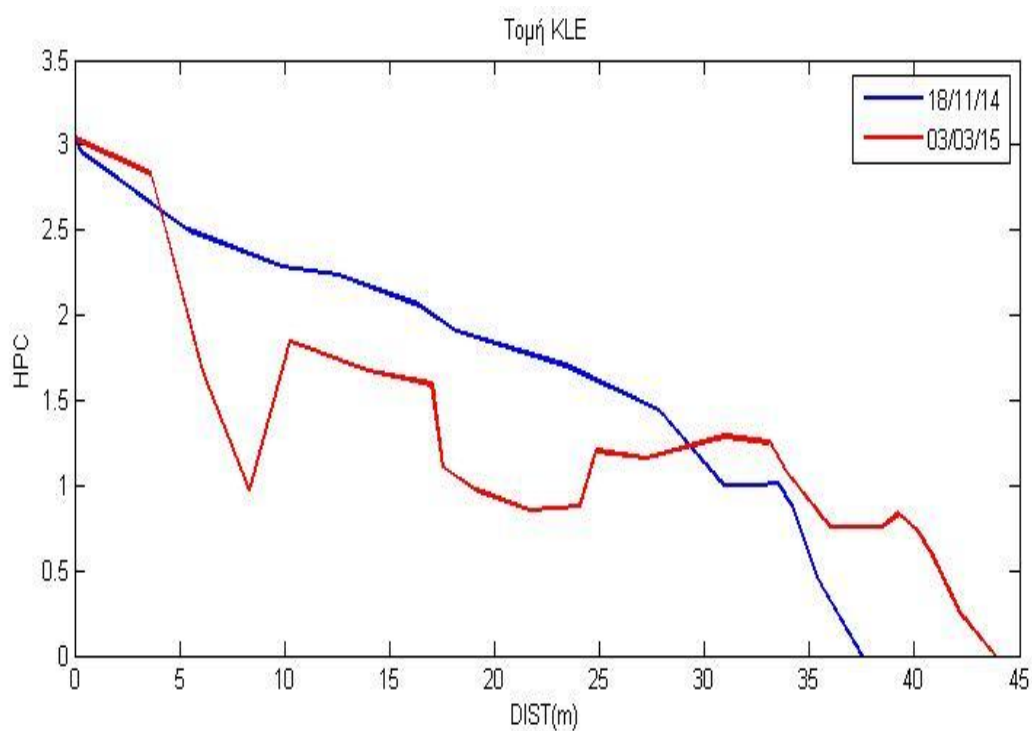
Για την τομή KLE:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLE 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLE 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLE1	3,029	0	KLE	3,04	0
KLE2	2,96	0,34	KLE1	2,829	3,64
KLE3	2,501	5,42	KLE2	1,67	6,13
KLE4	2,284	9,89	KLE3	0,973	8,31
KLE5	2,236	12,6	KLE4	1,848	10,27
KLE6	2,058	16,42	KLE5	1,671	13,99
KLE7	1,904	18,19	KLE6	1,594	17,02
KLE8	1,703	23,39	KLE7	1,107	17,54
KLE9	1,442	27,83	KLE8	0,968	19,18
KLE10	1,002	30,91	KLE9	0,852	21,66
KLE11	0,999	32,54	KLE10	0,879	24,07
KLE12	1,015	33,45	KLE11	1,2	24,85
KLE13	0,881	34,17	KLE12	1,162	27,19
KLE14S	0,444	35,41	KLE13	1,288	30,96
KLE15S	0	37,49	KLE14	1,254	33,03
			KLE15	1,261	33,06
			KLE16	1,08	33,91
			KLE17	0,756	35,97
			KLE18	0,755	38,49
			KLE19	0,834	39,25
			KLE20	0,729	40,16
			KLE21	0,603	40,79

			KLES22	0,256	42,13
			KLES23	0	43,85

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLE παρατηρούμε ότι όπως και στις προηγούμενες τομές, με την πάροδο του χρόνου το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLE στις 18/11/14 είναι: **68.0529 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **58.3479 m²**

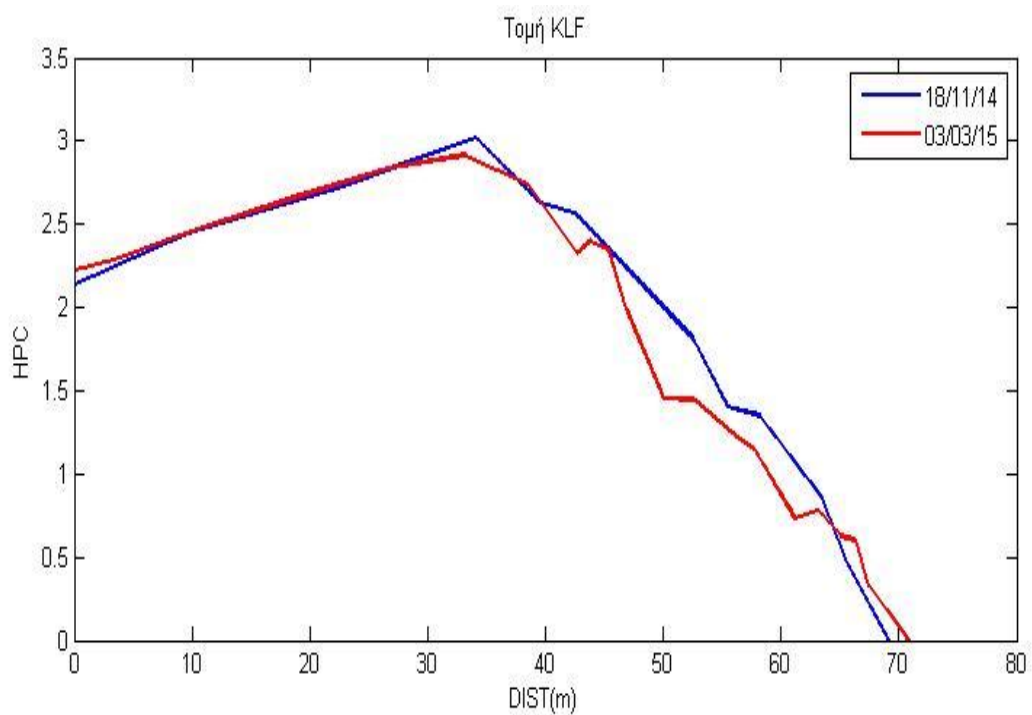
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **9.7050 m³/m παραλίας**

Για την τομή KLF:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLF 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLF 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLF1	2,135	0	KLF	2,226	0
KLF2	2,443	9,69	KLF1	2,283	3,44
KLF3	2,731	22,88	KLF2	2,457	9,95
KLF4	3,023	34,04	KLF3	2,67	19,11
KLF5	2,625	39,55	KLF4	2,839	26,67
KLF6	2,567	42,5	KLF5	2,918	33,2
KLF7	1,814	52,48	KLF6	2,736	38,5
KLF8	1,405	55,46	KLF7	2,322	42,69
KLF9	1,349	58,22	KLF8	2,403	43,83
KLF10	0,869	63,31	KLF9	2,345	45,33
KLF11S	0,471	65,57	KLF10	1,985	46,88
KLF12S	0	69,15	KLF11	1,455	50
			KLF12	1,45	52,46
			KLF13	1,235	56,03
			KLF14	1,153	57,68
			KLF15	0,732	61,17
			KLF16	0,783	63,13
			KLF17	0,63	64,98
			KLF18	0,604	66,28
			KLF19S	0,323	67,45
			KLF20S1	0,039	70,46
			KLF21S	0	70,80

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLF παρατηρούμε ότι όπως και στις προηγούμενες τομές, με την πάροδο του χρόνου το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLF στις 18/11/14 είναι: **150.0888 m^2**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **145.1553 m^2**

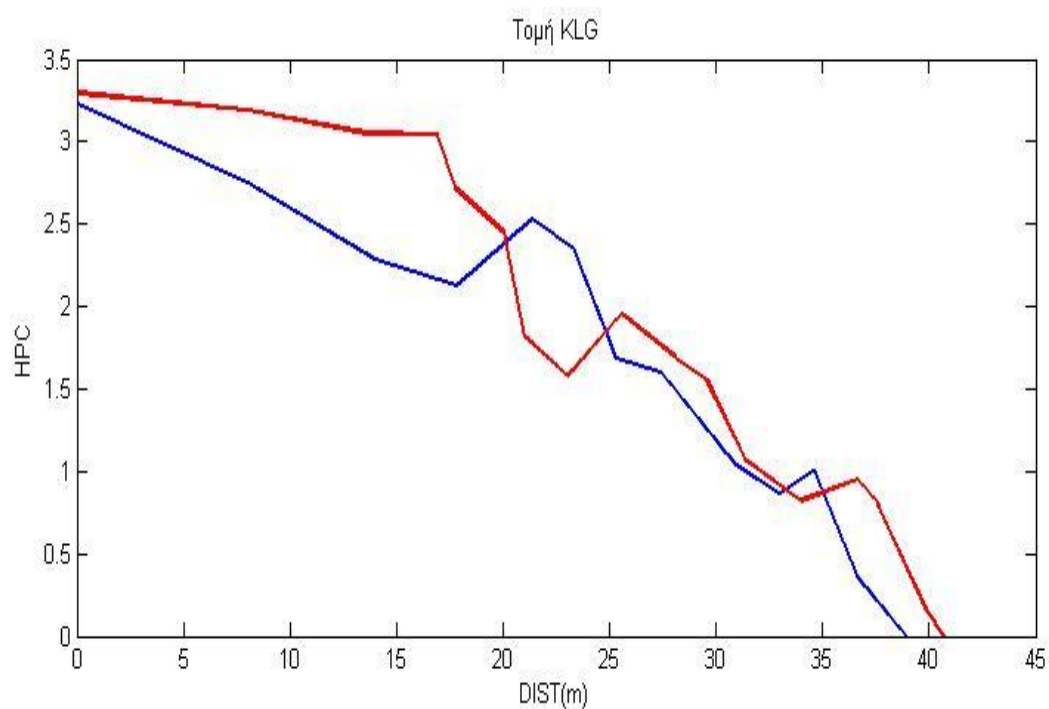
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **4.9335 m^3/m παραλίας**

Για την τομή KLG:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής KLG 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής KLG 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLG1	3,232	0	KLG	3,293	0
KLG2	2,75	8	KLG1	3,191	8
KLG3	2,284	13,98	KLG2	3,049	13,63
KLG4	2,127	17,84	KLG3	3,042	16,93
KLG5	2,53	21,36	KLG4	2,719	17,74
KLG6	2,355	23,3	KLG5	2,45	20,01
KLG7	1,685	25,3	KLG6	1,822	20,98
KLG8	1,603	27,4	KLG7	1,578	23,03
KLG9	1,038	30,91	KLG8	1,952	25,56
KLG10	0,866	32,97	KLG9	1,693	28,09
KLG11	1,008	34,58	KLG10	1,552	29,56
KLG12S	0,346	36,68	KLG11	1,08	31,32
KLG13S	0	38,91	KLG12	0,824	34
			KLG13	0,955	36,64
			KLG14	0,802	37,59
			KLG15	0,776	37,63
			KLGS16	0,148	39,89
			KLGS17	0	40,71

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLG παρατηρούμε σε αντίθεση με τις προηγούμενες τομές, ότι με την πάροδο του χρόνου το πλάτος της παραλίας έχει επανέλθει στο σύνολό του και μάλιστα έχει πραγματοποιηθεί πρόσχωση.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLG στις 18/11/14 είναι: **77.8322 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **87.9569 m²**

Άρα ο όγκος άμμου που έχει προσχωθεί στο μεσοδιάστημα είναι **10.1247 m³/m παραλίας**

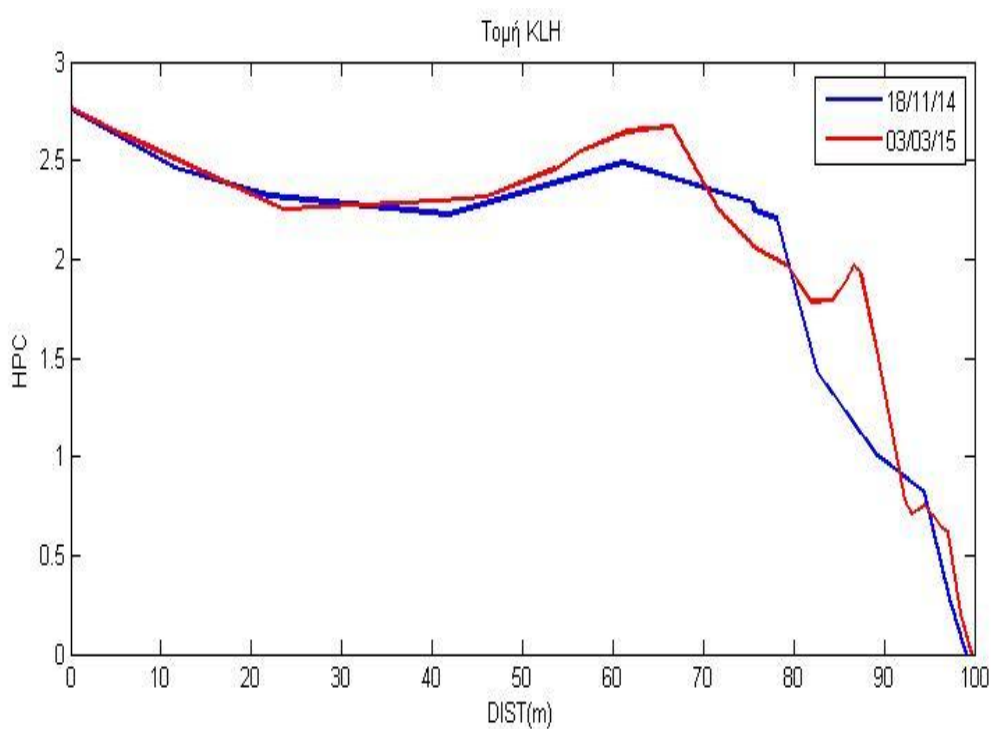
Για την τομή ΚΛΗ:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής ΚΛΗ 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής ΚΛΗ 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLH1	2,762	0	KLH	2,775	0
KLH2	2,46	11,55	KLH1	2,761	0,37
KLH3	2,32	21,92	KLH2	2,627	6,16
KLH4	2,224	41,82	KLH3	2,253	23,52
KLH5	2,487	61,09	KLH4	2,295	40,75
KLH6	2,283	75,54	KLH5	2,318	46,05
KLH7	2,245	75,55	KLH6	2,459	53,61
KLH8	2,207	78,13	KLH7	2,546	56,46
KLH9	1,428	82,63	KLH8	2,645	61,63
KLH10	1,016	89,03	KLH9	2,674	66,49
KLH11	0,815	94,5	KLH10	2,252	71,58
KLH12S	0,283	97,19	KLH11	2,053	75,78
KLH13S	0	99,13	KLH12	1,974	79,18
			KLH13	1,788	81,87
			KLH14	1,789	84,36
			KLH15	1,882	85,7
			KLH16	1,966	86,61
			KLH17	1,927	87,39
			KLH18	1,541	89,21
			KLH19	0,778	92,22
			KLH20	0,708	92,99
			KLH21	0,753	94,49
			KLH22	0,635	96,33

			KLH23	0,618	97,07
			KLHS24	0,201	98,4
			KLHS25	0	99,62

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή KLH παρατηρούμε σε αντίθεση με τις προηγούμενες τομές και ομοίως με την KLG, ότι με την πάροδο του χρόνου το πλάτος της παραλίας έχει επανέλθει στο σύνολό του και μάλιστα έχει πραγματοποιηθεί πρόσχωση.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή KLH στις 18/11/14 είναι: **208.5323 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **216.3060 m²**

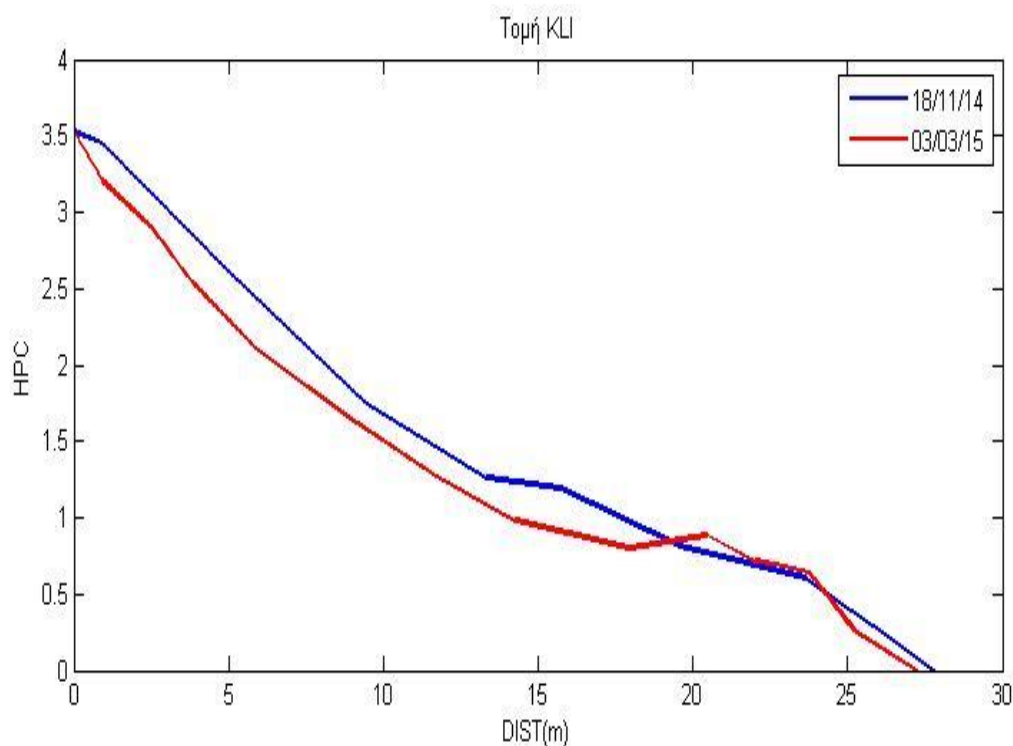
Άρα ο όγκος άμμου που έχει προσχωθεί στο μεσοδιάστημα είναι **7.7738 m³/m παραλίας**

Για την τομή ΚΛΙ:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/11/14 & 03/03/15

Σημεία τομής ΚΛΙ 18/11/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής ΚΛΙ 03/03/15	HPC	DIST(m)
KLI1	3,533	0	KLI	3,527	0
KLI2	3,452	0,88	KLI1	3,206	0,91
KLI3	2,6	5,05	KLI2	2,889	2,54
KLI4	1,743	9,44	KLI3	2,534	3,84
KLI5	1,259	13,32	KLI4	2,1	5,93
KLI6	1,195	15,75	KLI5	1,62	9,14
KLI7	0,817	19,56	KLI6	1,268	11,7
KLI8	0,602	23,64	KLI7	0,985	14,25
KLI9S	0,292	25,8	KLI8	0,802	17,97
KLI10S	0	27,79	KLI9	0,888	20,46
			KLI10	0,715	22,03
			KLI11	0,694	22,62
			KLI12	0,641	23,75
			KLI13	0,271	25,18
			KLI14	0	27,24

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή ΚΛΙ παρατηρούμε ότι όπως και στις πρώτες 7 τομές, με την πάροδο του χρόνου το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή ΚΛΙ στις 18/11/14 είναι: **42.0139 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 03/03/15 είναι: **37.7256 m²**

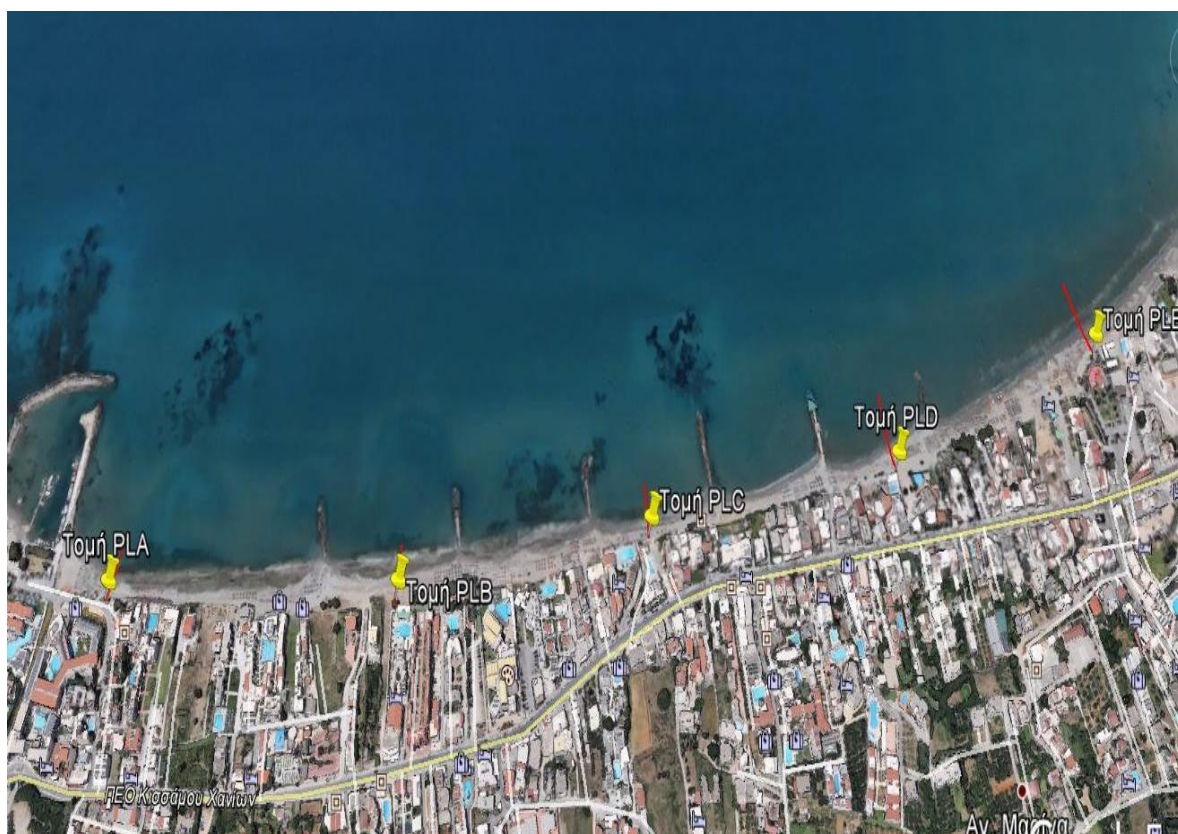
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **4.2883m³/m παραλίας**

Τα παραπάνω αποτελέσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι τα έντονα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες) και ως εκ τούτου ο έντονος κυματισμός που επικρατούν στην περιοχή, επηρεάζουν και κατ' επέκταση μεταβάλλουν το προφίλ της παραλίας (πλάτος). Σε κάποια σημεία παρατηρείται πρόσχωση (συγκέντρωση άμμου), ενώ σε κάποια άλλα απώλεια άμμου και μείωση του πλάτους της παραλίας. Επίσης, παρατηρούμε ότι στις τομές ΚΛΓ και ΚΛΗ πραγματοποιείται πρόσχωση, ενώ στις ΚΛΑ-ΚΛΒ-ΚΛΚ-ΚΛΔ-ΚΛΕ-ΚΛΦ- και την ΚΛΙ έχουμε απώλεια άμμου. Πιθανολογείται ότι το φαινόμενο της πρόσχωσης που παρατηρείται στις τομές ΚΛΓ και ΚΛΗ σε αντίθεση με τις υπόλοιπες, συμβαίνει εξαιτίας της ύπαρξης ρέματος στο Ανατολικό τμήμα της παραλίας, που τροφοδοτεί τα συγκεκριμένα σημεία της παραλίας με φερτό ίζημα. Κατά τα' άλλα παρατηρείται μείωση του πλάτους της παραλίας, με το φαινόμενο να είναι πιο έντονο στις τομές που βρίσκονται στο Δυτικό τμήμα της και κοντά στο λιμάνι που συμβάλει στη διόγκωση του προβλήματος. Τέλος παρατηρείται μέσω δορυφορικών λήψεων η ύπαρξη ρευμάτων με φορά από τα ανατολικά προς τα δυτικά μεταφέροντας το ίζημα προς αυτή την κατεύθυνση. Αυτό

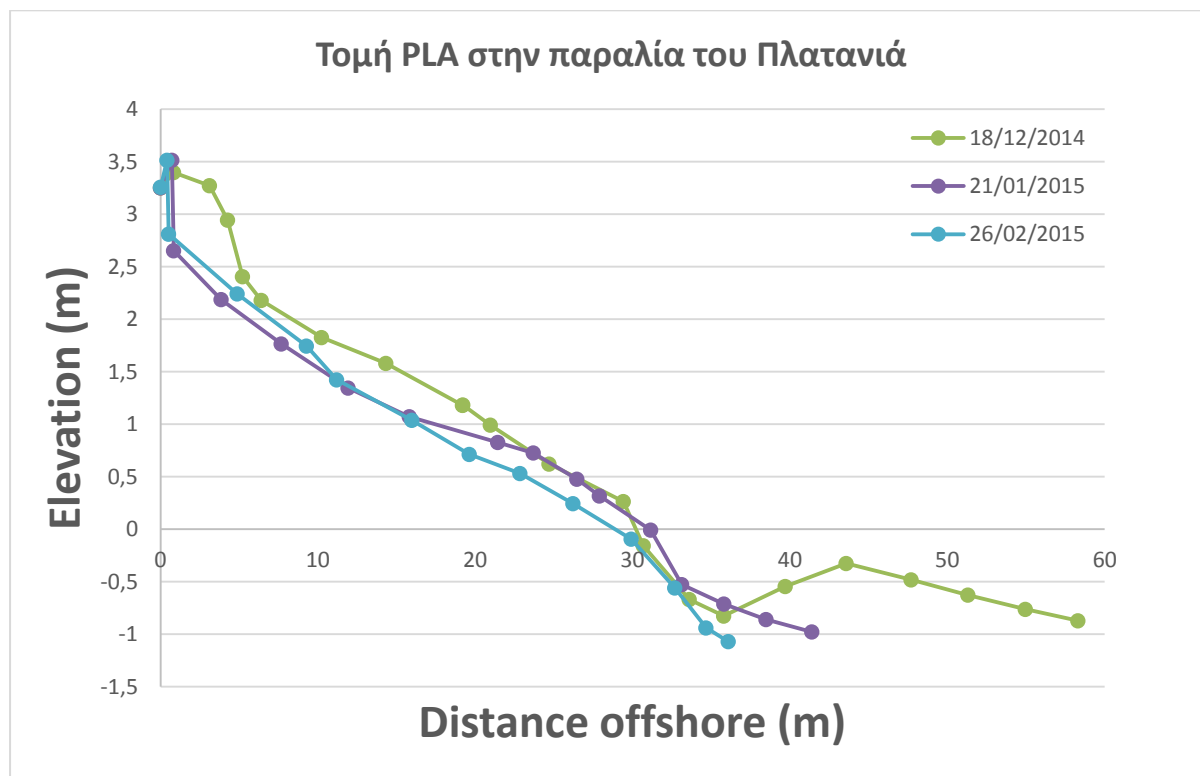
υπό φυσιολογικές συνθήκες θα δημιουργούσε πρόσχωση στο δυτικό τμήμα, γεγονός όμως που δεν συμβαίνει λόγω της ύπαρξης του λιμανιού και της διατάραξης της δυναμικής ισορροπίας στην παραλία.

Όσον αφορά την παραλία του Πλατανιά

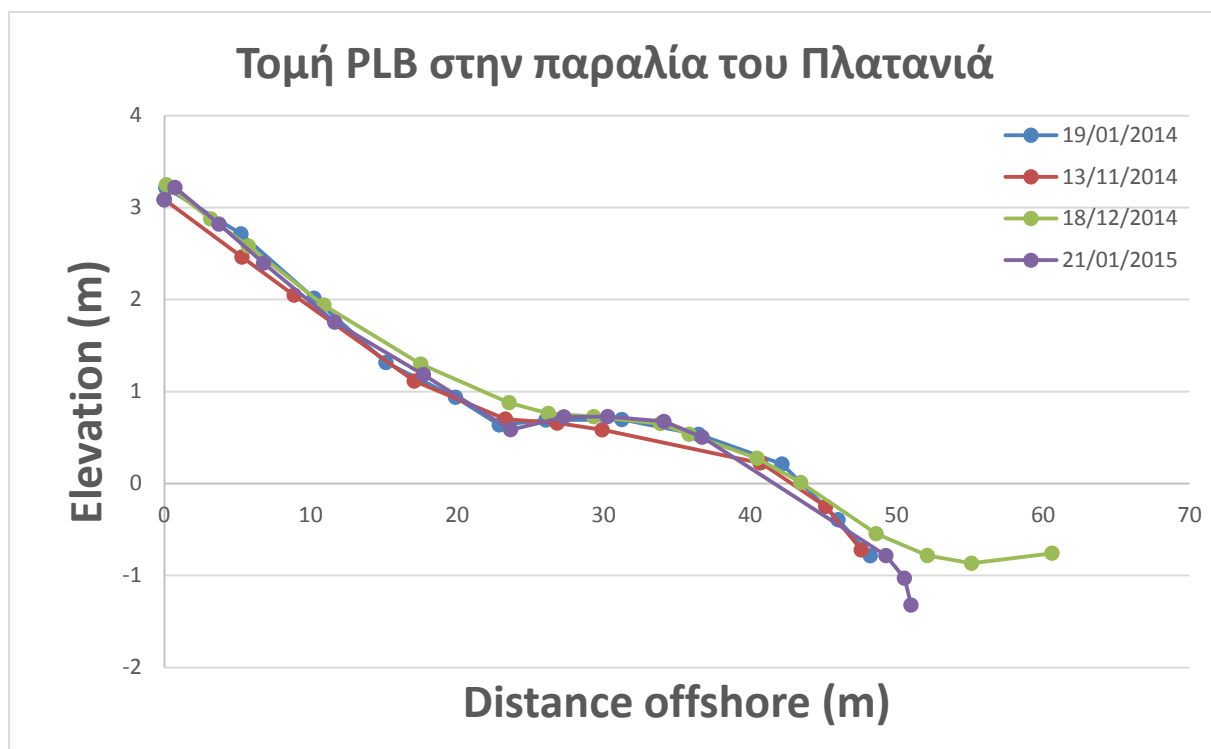
Για την παραλία του Πλατανιά θα παρουσιάσουμε τις μετρήσεις από πέντε τομές, τις PLA-PLB-PLC-PLD και την PLE για διαφορετικές χρονικές στιγμές. Στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε τις τέσσερις (PLA-PLB-PLC-PLD) από αυτές για περαιτέρω ανάλυση. Για τις PLB-PLC-PLD έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις στις 19/01/14, 13/11/14, 18/12/14 και την 21/01/14, ενώ για τις τομές PLA και PLE στις 18/12/14, 21/01/15, 26/02/15 και 19/01/14, 13/11/14, 18/12/14 αντίστοιχα, λόγω συνθηκών που επικρατούσαν στην περιοχή.



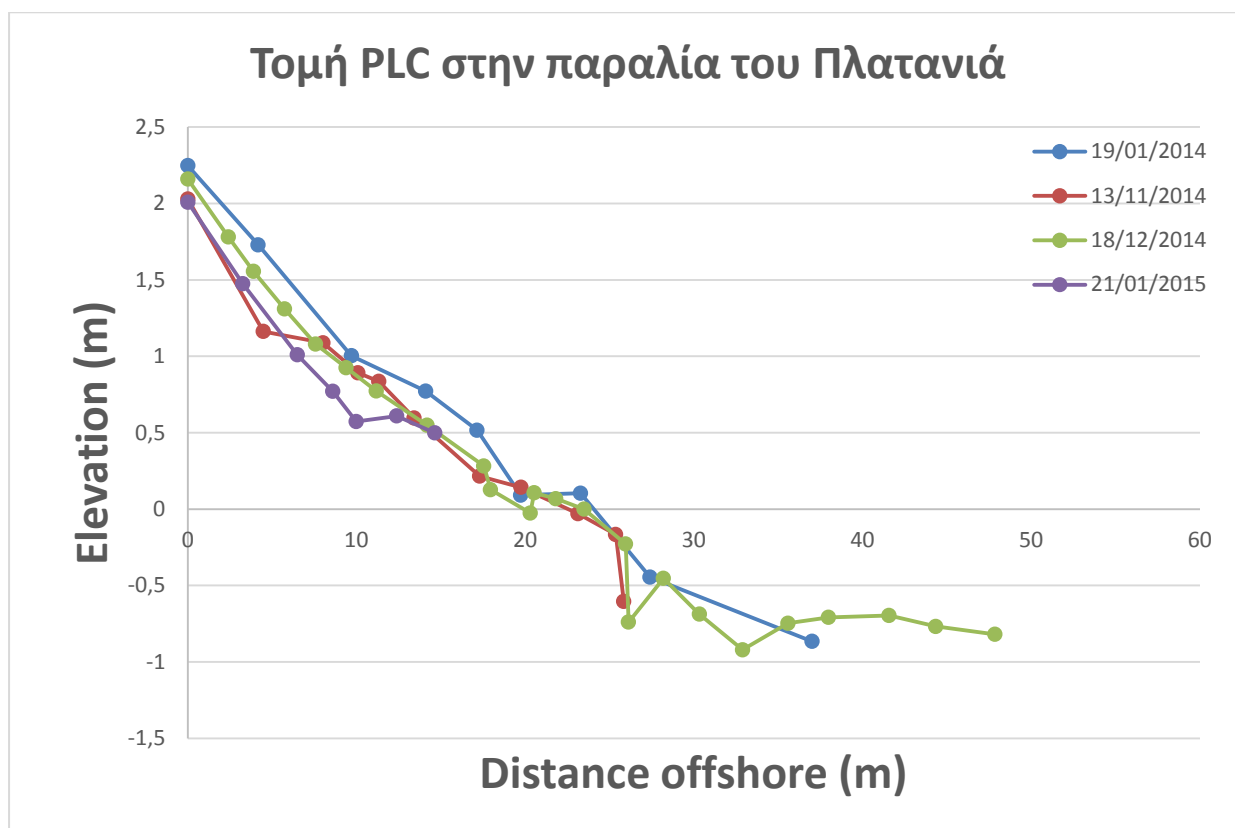
Δορυφορική φωτογραφία του Πλατανιά από το Google-Earth με ενδείξεις στα σημεία που υφίστανται οι τομές μας.



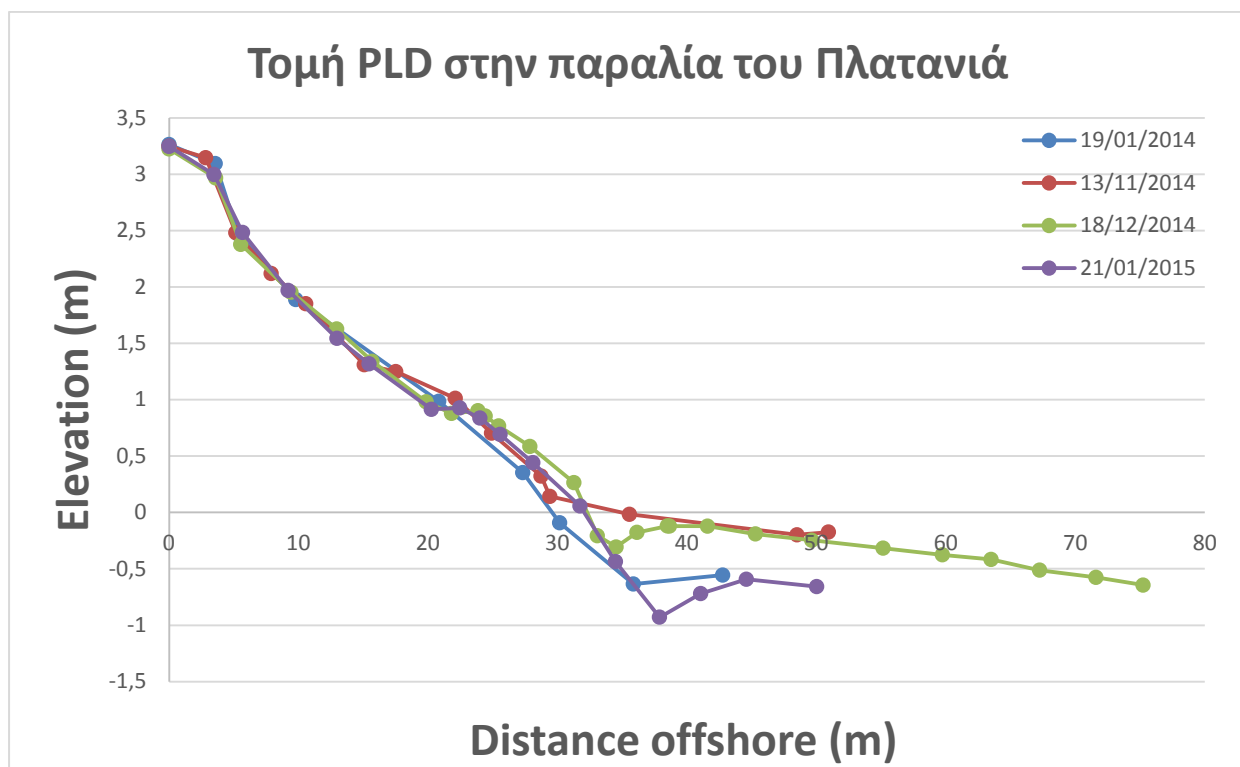
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή PLA για διαφορετικές χρονικές στιγμές



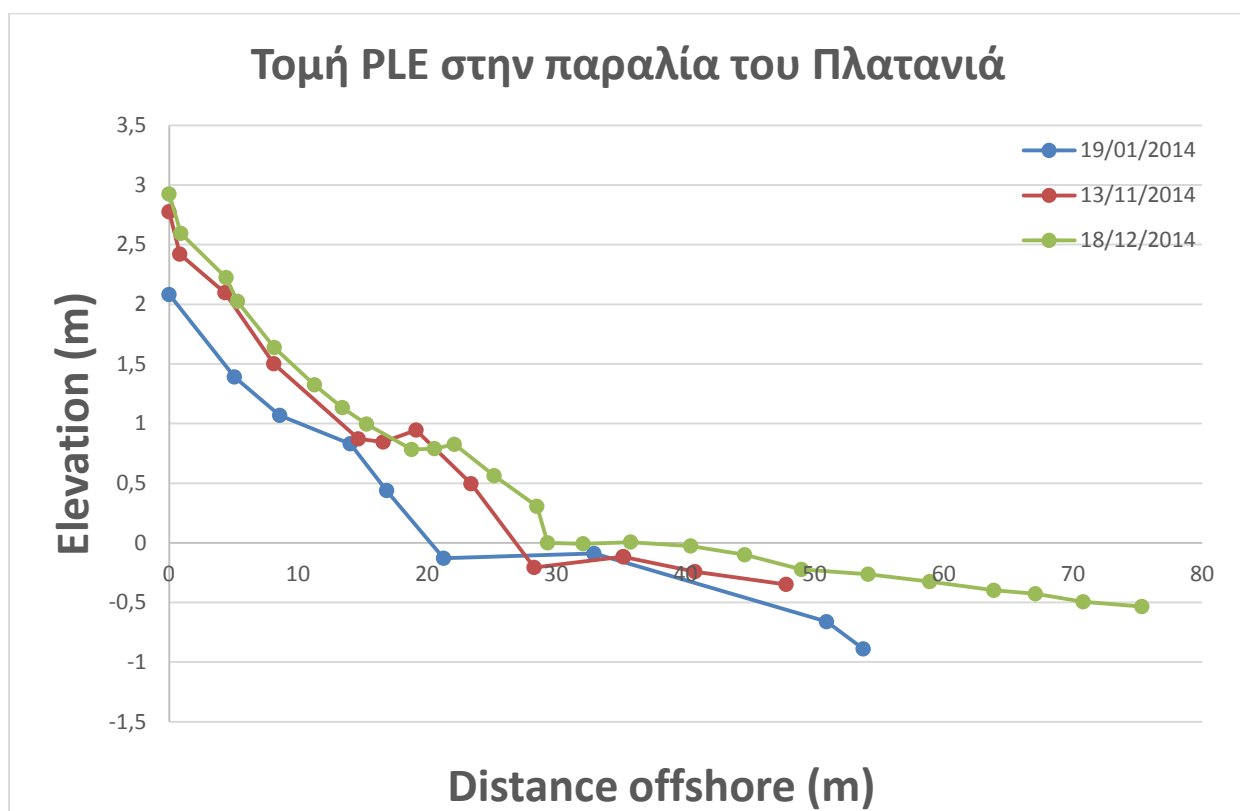
Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή PLB για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή PLC για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή PLD για διαφορετικές χρονικές στιγμές



Γράφημα που παρουσιάζει το προφίλ της παραλίας στην τομή PLE για διαφορετικές χρονικές στιγμές

Μελετώντας τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην παραλία του Πλατανιά έχουμε μεταβολή του πλάτους της παραλίας επηρεαζόμενη από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

Με σκοπό την περαιτέρω μελέτη για το πώς μεταβάλλεται το πλάτος της παραλίας του Πλατανιά εποχικά και πώς αυτό επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, θα συγκρίνουμε τον όγκο της άμμου για την εκάστοτε τομή, πριν (18/12/14) και μετά (21/01/15) το πέρας μίας καταιγίδας. Ορίζοντας τη στάθμη της θάλασσας στο σημείο 0 και χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα MATLAB, θα κινηθούμε όπως και στις παραπάνω περιπτώσεις για τις παραλίες του Σταλού και του Κολυμβαρίου.

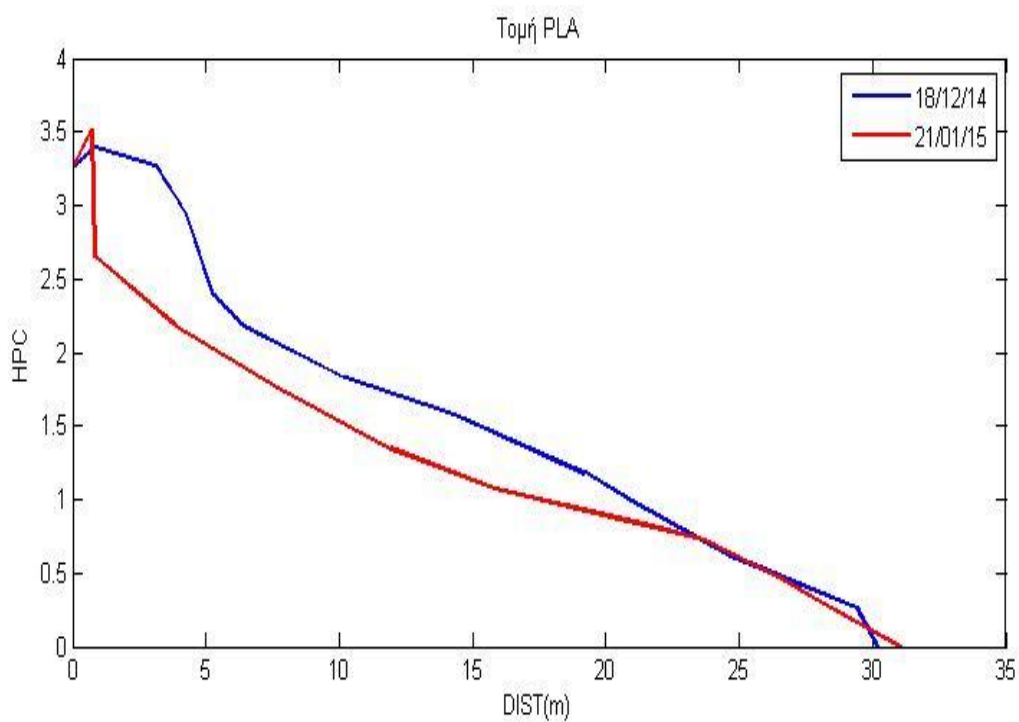
Για την τομή PLA:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/12/14 & 21/01/15

Σημεία τομής PLA	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής PLA	HPC	DIST(m)
18/12/14			21/01/15		
PLA1	3,251	0	PLA	3,251	0
PLA2	3,397	0,83	PLA1	3,514	0,72
PLA4	3,272	3,11	PLA2	2,652	0,83
PLA5	2,944	4,26	PLA3	2,187	3,85
PLA6	2,405	5,21	PLA4	1,764	7,67
PLA7	2,179	6,4	PLA5	1,344	11,92
PLA8	1,825	10,23	PLA6	1,071	15,81
PLA9	1,579	14,32	PLA7	0,826	21,43
PLA10	1,179	19,19	PLA8	0,726	23,69

PLA11	1,183	19,21	PLA9S	0,476	26,46
PLA12	0,991	20,96	PLA10S	0,316	27,89
PLA13S	0,62	24,69	PLA11S	0	31,06
PLA14S1	0,263	29,41			
PLA15S	0	30,20			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή PLA παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί αισθητά στο σύνολό του και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή PLA στις 18/12/14 είναι: **47.6668 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 21/01/15 είναι: **38.7457 m²**

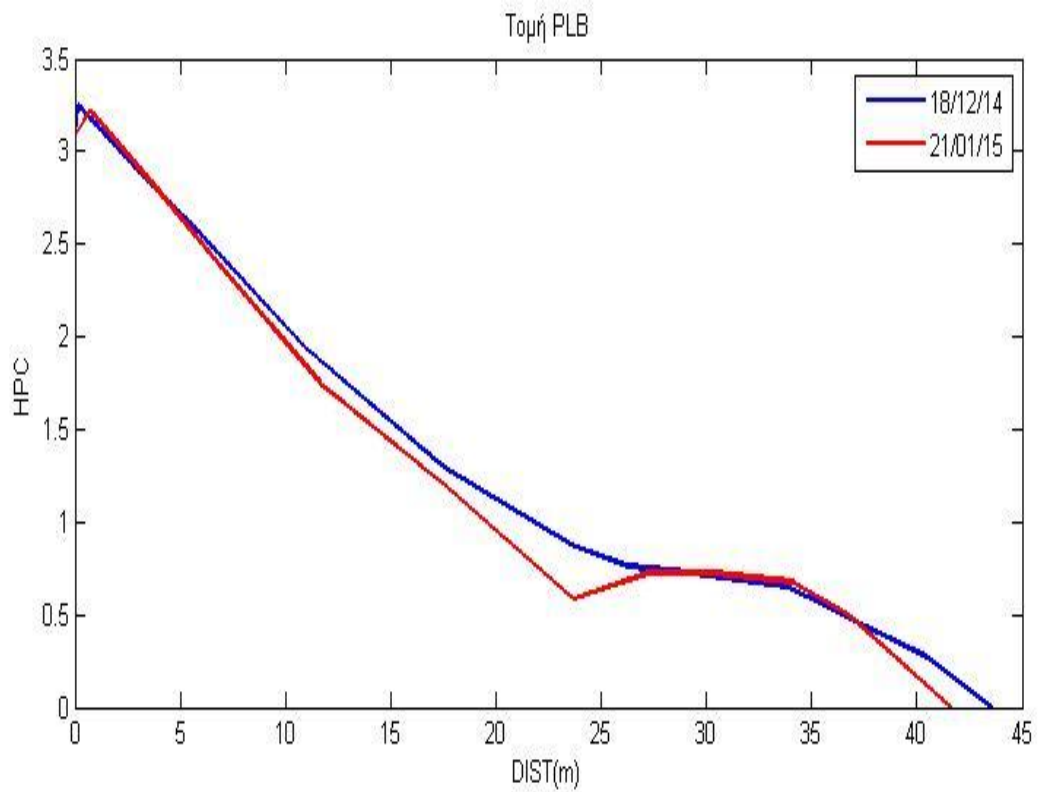
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **8.9210 m³/m παραλίας**

Για την τομή PLB:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/12/14 & 21/01/15

Σημεία τομής PLB 18/12/14	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής PLB 21/01/15	HPC	DIST(m)
PLB	3,085	0	PLB	3,085	0
PLB1	3,247	0,15	PLB1	3,218	0,73
PLB2	2,876	3,17	PLB2	2,819	3,74
PLB3	2,581	5,74	PLB3	2,395	6,78
PLB4	1,94	10,9	PLB4	1,754	11,64
PLB5	1,297	17,52	PLB5	1,184	17,7
PLB6	0,878	23,55	PLB6	0,585	23,65
PLB7	0,761	26,23	PLB7	0,724	27,29
PLB8	0,726	29,32	PLB8	0,727	30,28
PLB10	0,651	33,89	PLB9	0,674	34,12
PLB11S	0,535	35,84	PLB10S	0,503	36,73
PLB12S1	0,274	40,48	PLB11S	0	41,63
PLB13S2	0,01	43,46			
PLB14S	0	43,55			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή PLB παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή PLB στις 18/12/14 είναι: **56.7661 m^2**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 21/01/15 είναι: **53.5684 m^2**

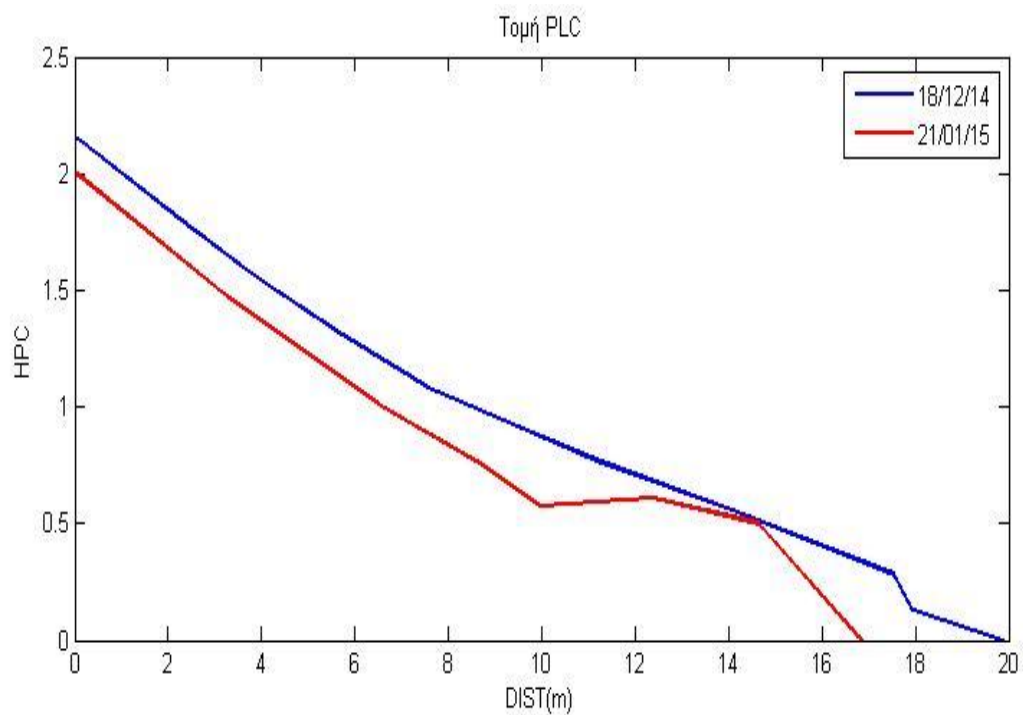
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **$3.1977 \text{ m}^3/\text{m παραλίας}$**

Για την τομή PLC:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/12/14 & 21/01/15

Σημεία τομής PLC	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής PLC	HPC	DIST(m)
18/12/14			21/01/15		
PLC1	2,16	0	PLC1	2,008	0
PLC2	1,781	2,4	PLC2	1,475	3,25
PLC3	1,556	3,89	PLC3	1,01	6,49
PLC4	1,31	5,73	PLC4	0,771	8,59
PLC5	1,08	7,57	PLC5	0,573	9,98
PLC6	0,925	9,38	PLC6	0,61	12,38
PLC7	0,773	11,17	PLC7S	0,499	14,64
PLC8S	0,549	14,18	PLC8S	0	16,85
PLC9S1	0,282	17,54			
PLC10S2	0,127	17,94			
PLC11S3	0	19,90			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή PLC παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή PLC στις 18/12/14 είναι: **18.9770 m^2**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 21/01/15 είναι: **15.7139 m^2**

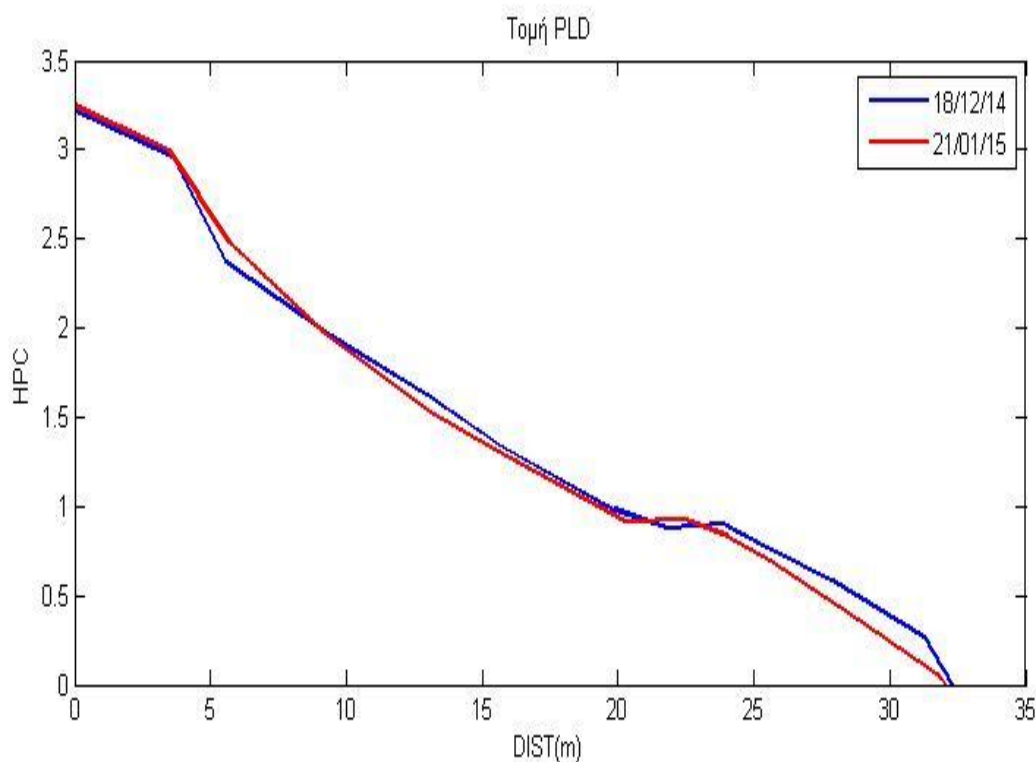
Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **$3.2631 \text{ m}^3/\text{m παραλίας}$**

Για την τομή PLD:

Όσον αφορά τα δεδομένα στις 18/12/14 & 21/01/15

Σημεία τομής PLD	HPC	DIST(m)	Σημεία τομής PLD	HPC	DIST(m)
18/12/14			21/01/15		
PLD1	3,224	0	PLD1	3,246	0
PLD2	2,967	3,6	PLD2	2,997	3,47
PLD3	2,377	5,54	PLD3	2,483	5,68
PLD4	1,953	9,42	PLD4	1,969	9,2
PLD5	1,627	12,95	PLD5	1,544	12,97
PLD6	1,34	15,68	PLD6	1,318	15,45
PLD7	0,981	19,86	PLD7	0,914	20,26
PLD8	0,878	21,82	PLD8	0,927	22,45
PLD9	0,902	23,86	PLD9	0,837	24,01
PLD10	0,855	24,42	PLD10S	0,692	25,57
PLD11	0,767	25,46	PLD11S	0,441	28,1
PLD12S	0,585	27,87	PLD12S	0,057	31,74
PLD13S1	0,264	31,27	PLD13S	0	32,06
PLD12S2	0	32,28			

HPC είναι το ύψος της παραλίας (υψομετρικές διαφορές) και DIST είναι η απόσταση



Όσον αφορά την Τομή PLD παρατηρούμε ότι μετά το πέρας της καταιγίδας και με την πάροδο του χρόνου, το πλάτος της παραλίας έχει μειωθεί και έχει πραγματοποιηθεί απώλεια άμμου.

Το εμβαδόν που προκύπτει από την πρώτη τομή PLD στις 18/12/14 είναι: **48.1258 m²**

Ενώ για την αντίστοιχη τομή στις 21/01/15 είναι: **47.1945 m²**

Άρα ο όγκος άμμου που έχει χαθεί είναι **0.9313 m³/m παραλίας**

Όπως και στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις τόσο για την παραλία του Σταλού, όσο και του Κολυμβαρίου, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα έντονα καιρικά φαινόμενα (καταιγίδες) και ως εκ τούτου ο έντονος κυματισμός που επικρατούν στην περιοχή, επηρεάζουν την παραλία, μειώνοντας το πλάτος της. Καθ' όλο το μήκος της παραλίας, στα σημεία που έχουμε πάρει τις τομές, παρατηρείται απώλεια άμμου και μείωση του πλάτους της παραλίας, αποκαλύπτοντας το βραχώδες υπόβαθρο σε κάποιες εξ' αυτών. Η μεγαλύτερη απώλεια άμμου παρατηρείται στην τομή PLA που βρίσκεται στην εκβολή ρέματος και κοντά στο λιμάνι της περιοχής, οδηγώντας μας στο συμπέρασμα όπως και στην περιοχή του Κολυμβαρίου ότι επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις δυναμικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή συμβάλλοντας στην αύξηση του προβλήματος της διάβρωσης. Αντιθέτως η μικρότερη απώλεια άμμου εντοπίζεται στη τομή PLD και αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, το νησάκι των

Αγίων Θεοδώρων συμβάλει στην προστασία του συγκεκριμένου τμήματος της παραλίας από τους έντονους κυματισμούς.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε και θα παρουσιάσουμε γραφικά, με τη χρήση του λογισμικού MATLAB τα δεδομένα για τις κυματικές συνθήκες που επικρατούσαν στις περιοχές μελέτης κατά την περίοδο που διεξήχθησαν οι μετρήσεις (από 18/11/14 έως 04/03/15). Για τη καταγραφή του κυματικού καθεστώτος, χρησιμοποιήθηκαν δύο υποθαλάσσια όργανα καταγραφής κυμάτων AWAC τα οποία είχαν ποντιστεί σε βάθος περίπου 20m-25m, στις περιοχές των Χανίων, έξω από το Ενετικό λιμάνι και στο Γεράνι. Το AWAC μας παρείχε τη δυνατότητα καταγραφής των κυματικών προφίλ και μετρήσεων του ύψους, της ταχύτητας και κατεύθυνσης των κυμάτων.

Για το ύψος του κύματος:

$H_{1/3}$: Ορίζεται ως το σημαντικό ύψος κύματος. Το σημαντικό ύψος κύματος σε μια περιοχή είναι η μέση τιμή ύψους (από κορυφή σε κοιλία) του ενός τρίτου των υψηλότερων κυμάτων. Το πιθανό αναμενόμενο μέγιστο ύψος κύματος μπορεί να φτάσει μέχρι δύο φορές το υπολογιζόμενο σημαντικό ύψος κύματος.

H_{10} : Ορίζεται ως η μέση τιμή των δέκα μεγαλύτερων κυμάτων που έχουν αποτυπωθεί σε μια καταγραφή.

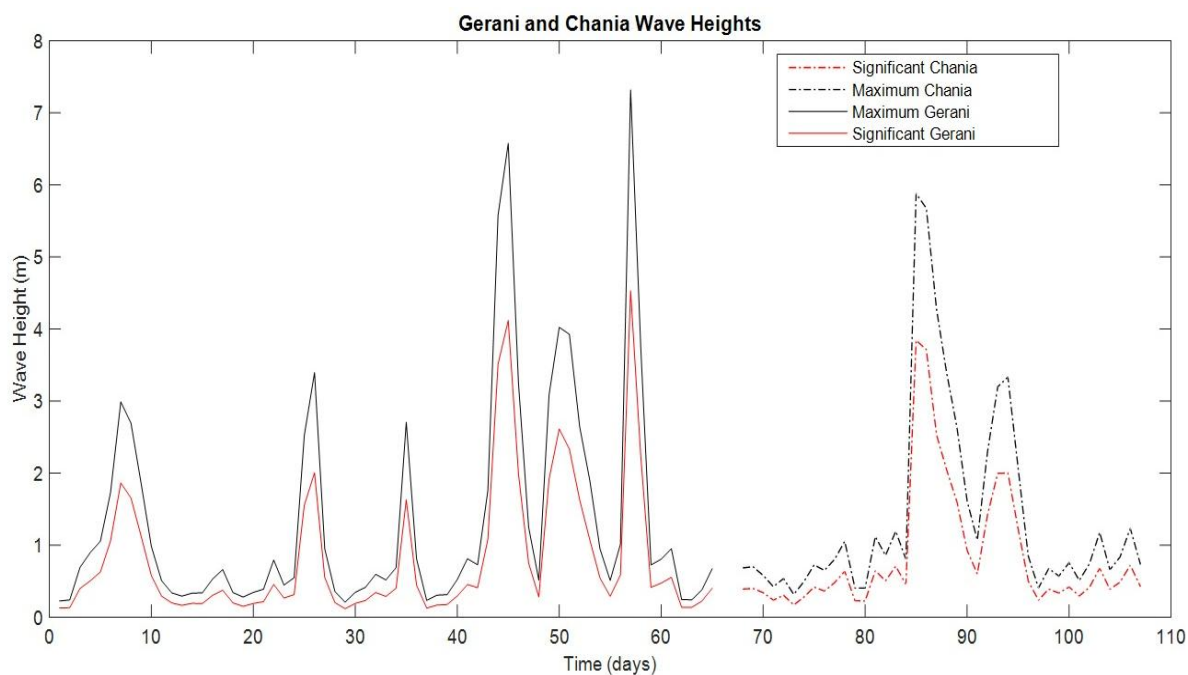
H_{max} : Ορίζεται ως το μέγιστο ύψος κύματος σε μια καταγραφή

Για την περίοδο του κύματος:

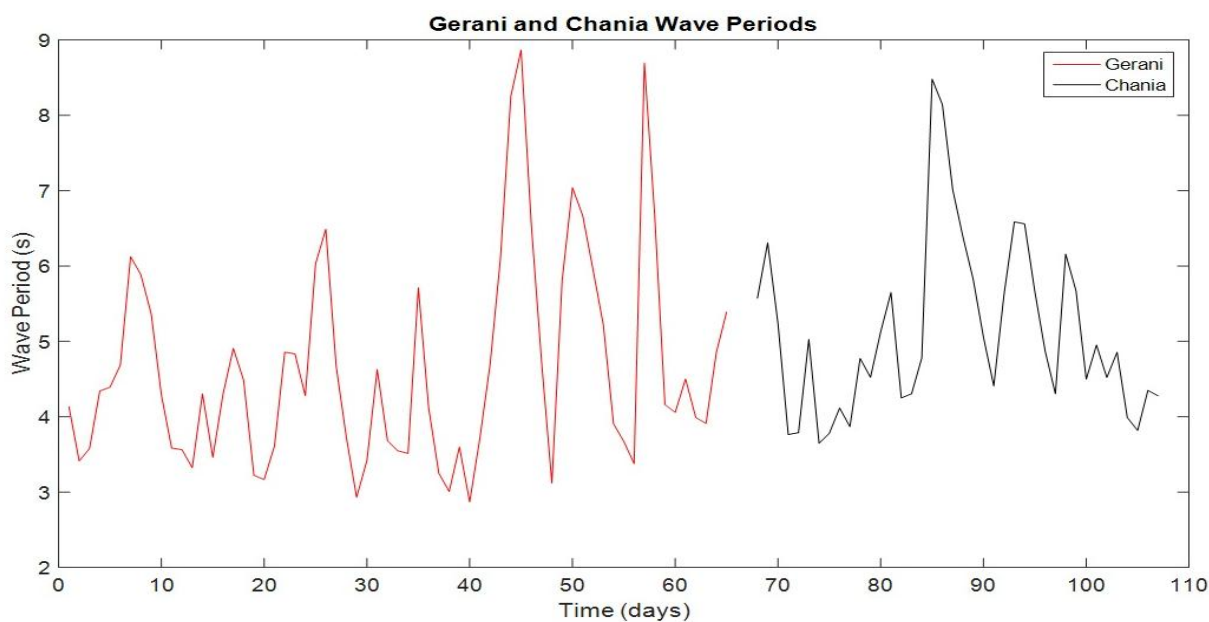
T_p : Ορίζεται ως η περίοδος του κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη συχνότητα για το φάσμα κύματος

$T_{1/3}$: Ορίζεται ως η σημαντική περίοδος κύματος

Παρακάτω θα παρουσιαστούν δύο γραφήματα. Το ένα θα αφορά το μέγιστο ύψος κύματος και το σημαντικό ύψος κύματος στο σύνολο των 106 ημερών (από 18/11/14 έως 04/03/15) που είναι η περίοδος που μας ενδιαφέρει. Ενώ το δεύτερο θα αφορά τη σημαντική περίοδο κύματος στην αντίστοιχη περίοδο. Το όργανο καταγράφει κάθε μία ώρα. Για κάθε 24 ώρες πήραμε το μέσο όρο από τις αντίστοιχες μετρήσεις, μετατρέποντας τις ωριαίες τιμές σε ημερήσιες (24*106). Από τις 18/11/14 έως τις 21/01/15 οι μετρήσεις που χρησιμοποιούμε αφορούν το όργανο που βρίσκεται στο Γεράνι, ενώ από τις 24/01/15 έως τις 04/03/15 το αντίστοιχο των Χανίων. Αυτό συμβαίνει για το λόγο ότι στις 21/01/15 λόγω βλάβης, το όργανο στο Γεράνι σταματάει να καταγράφει. Όμως έχουμε παρατηρήσει από παλαιότερες μετρήσεις ότι, το σημαντικό ύψος κύματος και η σημαντική περίοδος είναι παρόμοια σε Χανιά και Γεράνι. Άρα θα τα θεωρήσουμε σαν μία συνεχόμενη ακολουθία.



Γράφημα που παρουσιάζει το σημαντικό και το μέγιστο ύψος κύματος καθ' όλη τη περίοδο που μελετάτε



Γράφημα παρουσιάζει τη σημαντική περίοδο στο σύνολο των ημερών που μελετάτε

Από τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στα διαστήματα μεταξύ 40-60 ημερών και 80-95 ημερών είχαμε την καταγραφή σημαντικών γεγονότων (έντονα καιρικά φαινόμενα-κυματικές καταιγίδες) τα οποία είναι υπεύθυνα σε μεγάλο βαθμό για την απώλεια άμμου που παρατηρείται στις περιοχές ενδιαφέροντος. Σε συνδυασμό με όλες τις μετρήσεις και τ' αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν είναι

εμφανές ότι οι καιρικές συνθήκες και κατ' επέκταση οι κυματικές καταιγίδες που επικρατούν στην περιοχή κατά τη χειμερινή περίοδο, επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το παραλιακό μέτωπο, μεταβάλλοντας το πλάτος και τη μορφολογία των παραλιών.

Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις

Η παράκτια διάβρωση αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης όσον αφορά το Βόρειο παραλιακό μέτωπο του νομού Χανίων, αφού οι κοινωνικοοικονομικές του επιπτώσεις είναι εμφανείς όλο και περισσότερο ενώ συγχρόνως το πρόβλημα αυξάνεται εκθετικά. Συγκεκριμένα όσον αφορά τις περιοχές μελέτης (παραλία Σταλού, Πλατανιά και Κολυμβαρίου), καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι βάλλονται κι επηρεάζονται από την εναλλαγή των καιρικών και δυναμικών συνθηκών που αναπτύσσονται στην περιοχή. Σε αυτό αρκετές φορές συμβάλουν και τυχόν παραθαλάσσια έργα και υποδομές (όπως λιμάνια στην περίπτωση των περιοχών μελέτης), που έχουν κατασκευαστεί αποσπασματικά και χωρίς πρώτα να έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες ακτομηχανικές μελέτες, καθώς επίσης και η ύπαρξη ρεμάτων (οικιστική ανάπτυξη πάνω σε αυτά). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της μορφολογίας του παραλιακού μετώπου και κατ' επέκταση του πλάτους των παραλιών. Η κοινωνία και οι αρμόδιοι φορείς οφείλουν να κινηθούν προς την κατεύθυνση, μέσα από συνεργασίες, ενίσχυσης της προσπάθειας δημιουργίας μίας πλήρης βάσης δεδομένων, σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στις παράκτιες περιοχές-παραλίες και πως αυτές σχετίζονται με την παράκτια διάβρωση. Θα αποτελέσει ένα εργαλείο προκειμένου να γίνει κατανοητό σε βάθος το πρόβλημα και να βρούμε τους βέλτιστους τρόπους αντιμετώπισης του. Παράλληλα θα πρέπει να αποφευχθεί η κατασκευή έργων που λειτουργούν ως υποδομές ή μέσο προστασίας, αποσπασματικά, χωρίς πρώτα να έχουν εκπονηθεί οι απαραίτητες μελέτες και να έχουν ληφθεί υπόψη οι περιβαλλοντικές συνέπιες του εκάστοτε έργου. Αυτή αποτελεί τη μοναδική οδό αντιμετώπισης και εξεύρεσης λύσης στο πρόβλημα της διάβρωσης εξαιτίας του οποίου εξαφανίζονται οι ακτές των Χανίων.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Boak E. and Turner I.(2005). Shoreline Definition and Detection: A Review. Journal of Coastal Research, 21(4),688-703
- Παπαδογιάννης Κωνσταντίνος, Διπλωματική Διατριβή, « ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ (ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ, Οκτώβριος 2013
- Φωτεινής Σπυρίδων. Διδακτορική Διατριβή «Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ- ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ», Χανιά 2014
- Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο, Ανάπτυξη παράκτιας ζώνης, Ευστράτιος Δουκάκης Αν. καθηγητής ΕΜΠ Ιανουάριος 2005
- Νόμος 2971/2001 - ΦΕΚ Α-285/19-12-2001
- Εισαγωγή στην παράκτια τεχνική και τα λιμενικά έργα (Χριστόφορου Γ.Κούτιτα) εκδόσεις Ζήτη Οκτώβριος 1994
- Doody P., Ferreira M., Lombardo S., Lusius I., Misdore R., Niesing H., Salman A., Smallegange M., (2004). Living with coastal erosion in Europ: Sediment and space for sustainability: Results from the EUROSION study. Luxembourg: European Commision.
- A 20th century acceleration in global sea-level rise, John A. Church, Neil J. White, January 2006
- Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century, John A. Church, Neil J. White, March 2011
- Synolakis C., Kalligeris N., Foteinis S., Voukouvalas E.(2008) The Plight of the Beaches of Crete.Solutions to Coastal Disasters
- IPCC (2007a) Climate Change 2007, <https://www.ipcc.ch>
- Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability, A guide to coastal erosion management practices in Europe, National Institute for Coastal and Marine Management of the Netherlands (RIKZ),EUCC – The Coastal Union, IGN France International, Autonomous University of Barcelona

(UAB), French Geological Survey (BRGM), French Institute of Environment (IFEN), EADS Systems & Defense Electronics, June 30 2004 <http://documents.tips>

- An Overview of Coastal Land Loss: With Emphasis on the Southeastern United States, USGS Open File Report 03-337, Robert A. Morton <https://pubs.usgs.gov/of/2003/of03-337/index.html>
- ΔΠΜΣ, Διερεύνηση του Φαινομένου της διάβρωσης των ακτών. Εφαρμογή σε ακτή της Ρόδου, Κότση Ιωάννα, 2008
- Παράκτια Γεωμορφολογία (ΕΥΘΥΜΙΟΣ Θ.ΚΑΡΥΜΠΙΑΛΗΣ, Εκδόσεις ίων ,2010)
 - Slope mass movements on rocky sea-cliffs: A power-law distributed natural hazard on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal- (S.B. Teixeira / Continental Shelf Research 26 (2006))-science direct
 - Διπλωματική Εργασία, Κατολισθητικές κινήσεις στην περιοχή Προυσού,Ευρυτανίας, Ιωάννα Γ.Ρίσβα, 2012
 - Varnes, D. J. (1978). Slope movement types and processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and control (Eds: Schuster, R.L and Krizek, R.J), Transportation and Road research board, National Academy of Science, Washington D.C. 11-33
 - Landslide Recognition: Identification, Movement and Courses (International Association of Geomorphologists) by Dikau (1996-07-23)
 - Introduction to Modern Statistical Mechanics, David Chandler, 17 Sep. 1987
 - Στοιχεία εδαφομηχανικής, Μ. Καββαδάς, Ε.Μ.ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Σεπτέμβριος 2006
 - Sea-cliff erosion as a function of beach changes and Extreme wave run up during the 1997^1998 El Nin (o Asbury H. Sallenger Jr. a;_, William Krabill b, John Brock a, Robert Swift c, Serdar Manizade c, Hilary Stockdon)- Marine Geology 187 (2002)- science direct
 - Διαχείριση και προστασία των ακτών στην Ελλάδα με βάση το κοινοτικό και εθνικό πλαίσιο:εφαρμογή στη Νότια Πιερία, Μοσχίδου Ευθυμία, 2000
 - <http://www.marktopo.com/index.php?page=rtk>
 - ESRI Inc.2006a, 2006b
 - Ηλεκτρονική εγκυκλοπείδια wikipedia:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Crete>

- Γενική Γραμματεία Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος:
http://www.statistics.gr/table_menu_per_year.asp
- ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
www.geo.auth.gr/647/
- Coastal Morphology Group - Scripps Institution of Oceanography
http://coastalchange.ucsd.edu/st3_basics/beaches.html

EIKONES

- 1, <http://explorebeaches.msi.ucsb.edu/>
- 2, <https://ih-igcse-geography.wikispaces.com/2.2.+Coastal+features>
- 3, <https://www.seagrant.umaine.edu/>
- 4, <http://www.landforms.eu>
- 5, <https://www.linkedin.com/pulse/miami-dade-county-commissioners-take-next-step-climate-paul-jones>
- 6, <http://www.smh.com.au/news/environment/sealevel-rise-threat-to-coast/2008/10/28/1224956039688.html>
- 7, [http://en.wikipedia.org/wiki/Sea_level_rise#/media/File:Trends_in_global_average_absolute_sea_level_1870-2008 \(US EPA\).png](http://en.wikipedia.org/wiki/Sea_level_rise#/media/File:Trends_in_global_average_absolute_sea_level_1870-2008_(US_EPA).png)
- 8, <http://coastal.er.usgs.gov/hurricanes/sandy/photo-comparisons/newjersey.php>
- 9, <http://www.seleo.gr>
- 10, <https://www.panoramio.com/>
- 11, Προσωπικό αρχείο Κωνσταντίνου Παπαδογιάννη
- 12, http://www.ethnos.gr/periballon/arthro/oi_paranomes_ammolipsies_katastr_efoun_ton_euino-10868968/
- 13, <http://www.vimapoliti.gr/epikairoti/agrafa/item/512-paranomes-ammolipsies-ksekoiliazoun-ton-megdova-potamo>
- 14, <http://www.dailytelegraph.com.au/news/nsw/bondi-before-and-after-the-storm/news->

story/4d9fe4cbe0987083e22eac520a51e60a?nk=3711e10a450403e178987d5d80a1ae2e-1495463369

- 15, <http://pt.dreamstime.com/foto-de-stock-royalty-free-quebra-mares-image10293625>
- 16, <http://www.politikaesvos.gr/vigla/>
- 17, http://sitgesguia.com/sitges_barcelona/sitges-playa-barcelona/
- 18, <https://ambergriscaye.com/forum/ubbthreads.php/topics/511905/the-belize-sea-goddess.html>
- 19, http://myphotopic.blogspot.gr/2014/03/o_16.html
- 20, <http://geogproject-ecp.blogspot.gr/>
- 21, http://www.123rf.com/photo_14636631_drainage-culvert-on-beach-running-into-the-ocean.html
- 22, <http://www.conserveturtles.org/seaturtleinformation.php?page=nourishment>
- 23, <http://www.dep.state.fl.us/beaches/programs/becp/restore.htm>
- 24,25 <http://www.shoreform.co.uk/stable-bay-technology.html>
- 26, <http://www.avmpladelavella.galeon.com/platja/eurosionshore11.pdf>
- 27,28 <https://www.panoramio.com/>
- 29, Παπαδογιάννης Κωνσταντίνος, Διπλωματική Διατριβή, « ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ (ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΟΥΜ-ΚΑΠΙ ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ, Οκτώβριος 2013
- 30, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Coastal_cliffs_near_the_Los_Morrillos_Lighthouse.jpg
- 31, <http://www.alamy.com/stock-photo/godrevy-lighthouse.html>
- 32, https://www.cornwalls.co.uk/walking/coastpath_portreath_st_ives.htm
- 33, <http://www.bridlingtonfreepress.co.uk/news/skipsea-cliff-erosion-getting-worse-1-4581491>
- 34, <http://www.bgs.ac.uk/landslides/Happisburgh.html>
- 35, <http://www.joerobinson.net/25-famous-sea-arches-around-the-world.html>
- 36, <http://www.worldgallery.pictures/sea-caves-paralimni-famagusta-cyprus/>
- 37, <http://www.touropia.com/spectacular-sea-stacks/>

- 38, https://www.researchgate.net/figure/273865044_fig1_Fig-1-Photographs-of-marine-notches-from-the-Mediterranean-A-%27-Mushroom-rock-%27-with
- 40, http://web01.redland.qld.gov.au/robo/rps/rps-v5-1/Part_11_-_Planning_Scheme_Policies/11.15_-_Landslide_Hazard.htm
- 41, <http://www.iitbhu.ac.in/faculty/min/rajesh-rai/NMEICT-Slope/lecture/intro.html>
- 42, <https://www.southampton.ac.uk/~imw/barteros.htm>
- 43,44, <http://ih-igcse-geography.wikispaces.com/2.1.+Coastal+Processes>
- 45,46,60,64 Beach erosion: examples from Western Crete, Nikolaos Maravelakis, Nikos Kalligeris and Costas Emmanuel Synolakis
- 47,48, Αρχείο Αερολέσχης Χανίων
- 49,56, Φωτεινής Σπυρίδων. Διδακτορική Διατριβή «Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ- ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ», Χανιά 2014
- 50-55,61-63,66 Προσωπικό αρχείο
- 57, Χανιώτικα Νέα, 2008
- 58,59, Αρχείο Δημοτικής βιβλιοθήκης
- 65, Παυλάκης 2013
- 67,68, <http://flashnews.gr/> , <http://www.zarpanews.gr/>
- 69, http://www.topoequipos.com/topoequipos2.0/index.php?option=com_content&view=article&id=404%3Atopcon-gr-3&catid=48&Itemid=57
- 70, <http://gps.morehead-st.edu/abouttech.html>
- 71,73 Προσωπικό αρχείο
- 72, Nortek 2013
- 75, <http://www.twitrer.com/7-ambitionierte-wasserkraft-projekte/>