## ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ Μ.Π.Σ. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

# ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

## ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- 2 -

# ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ (Μ.Π.Σ. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ)

Ως μέλη της Τριμελής Επιτροπής ορίζονται:

- Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Ν. Ευελπίδου (Επιβλέπων), Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Εντεταλμένος Ερευνητής Β. Καψιμάλης, Ελ.Κε.Θ.Ε.
- Λέκτορας Ι. Μπαζιώτης, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

#### Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας με τίτλο «Γεωμορφολογικά και Ιζηματολογικά Χαρακτηριστικά του Υποθαλάσσιου Τμήματος της Παράκτιας Ζώνης του Κόλπου των Χανίων» ολοκληρώνεται η φοίτηση μου στο Μ.Π.Σ. Γεωγραφία και Περιβάλλον του Τμήματος της Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών και στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους καθηγητές που μου διεύρυναν τους πνευματικούς μου ορίζοντες μέσα από την γνώση και την ικανότητα που τους διαπνέει. Και συγκεκριμένα:

- Την Επιβλέπουσα της παρούσας εργασίας, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Νίκη Ευελπίδου, από το τμήμα της Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές που μου έδωσε σε όλα τα στάδια εκπόνησής της διπλωματικής εργασίας
- Τον Εντεταλμένο Ερευνητή κ. Βασίλειο Καψιμάλη από το Ελ.Κε.Θ.Ε που έθεσε τις βάσεις για την έναρξη και ολοκλήρωση της εργασία με την παραχώρηση των επιστημονικών εξαρτημάτων και των αμέτρητων ωρών καθοδήγησης στο γραφείο του
- Τον Λέκτορας κ. Ι. Μπαζιώτης από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών για την συμπαράσταση, την καθοδήγηση και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της μελέτης αυτής
- Το επιστημονικό τεχνικό προσωπικό του Ελ.Κε.Θ.Ε. και κυρίως την Ιωάννα Σταυρακάκη – το επιστημονικό τεχνικό προσωπικό του Πανεπιστημίου Αθηνών και κυρίως τον Βασίλειο Σκουνάκη - το επιστημονικό τεχνικό προσωπικό του Ι.Γ.Μ.Ε. και κυρίως τον κ. Παντελή Πάτση και Πέτρο Κουτσοβίτη - το επιστημονικό τεχνικό προσωπικό του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών και κυρίως τον κ. Δημήτριο Παλλέ
- Τον συνταξιούχο πια Γεωλόγο Ιζηματολόγο κ. Χρήστο Αναγνώστου και πρώην Διευθυντη Ερευνών στο Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας του Ελ.Κε.Θ.Ε. που εκτός από το ότι λειτούργησε ως βασικός μοχλός παρότρυνσης για να πραγματοποιήσω και να ολοκληρώσω την μεταπτυχιακή μου εκπαίδευσή, ήταν ο άνθρωπος που από την πρώτη στιγμή συνάντησής μας με πλημμύρισε με αμέτρητες πληροφορίες και αγάπη για την επιστήμη της γεωλογίας που εκτός από πιο σκεπτόμενο γεωλόγο με μύησε σε ανθρώπινες αξίες που είναι δυσεύρετες την σήμερον ημέρα.
- Τέλος θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέτρητη στήριξη που μου προσέφεραν σε όλο αυτό το διάστημα εκπόνησης των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1.	Εισαγωγή – Προβληματισμόςσελ. 9
2.	Οριοθέτηση της ευρύτερης περιοχής μελέτη, φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά
	2.1. Γενικάσελ. 10
	2.2. Οριοθέτηση της ευρύτερης περιοχής μελέτηςσελ. 10
	2.3. Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής μελέτηςσελ. 11
	2.4. Γεωμορφολογία ευρύτερης περιοχής μελέτηςσελ. 14
	2.5. Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής μελέτηςσελ. 15
	2.6. Κλιματολογικά στοιχείασελ. 21
	2.7. Ανεμολογικό – Κυματικό καθεστώςσελ. 22
	2.7.1. Ανεμολογικό καθεστώςσελ. 22
	2.7.2. Κυματικό καθεστώςσελ. 24
	2.8. Χρήσεις γηςσελ. 26
	2.9. Ανθρωπογενές περιβάλλονσελ. 27
3.	Στρατηγική της μελέτης και περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν
	3.1. Μεθοδολογική στρατηγικήσελ. 32
	3.2. Εργασίες πεδίου, βυθομετρία και ηχοβολιστική αποτύπωση της επιφάνειας του
	βυθού – Δειγματοληψίες βυθού
	3.2.1. Εισαγωγικόσελ. 32
	3.2.2. Βυθομετρία και επισκόπηση του βυθούσελ. 32
	3.2.3. Δειγματοληψίες βυθούσελ. 39
	3.3. Εργαστηριακές αναλύσεις
	3.3.1. Κοκκομετρική ανάλυσησελ. 41
	3.3.2. Πετρογραφικό (Πολωτικό) μικροσκόπιοσελ. 42
	3.3.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (S.E.M.)σελ. 44
	3.3.4. Φασματοσκοπία RAMANσελ. 45
	3.3.5. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών – GIS (ArcGIS Desktop 10.2)σελ. 45
4.	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων
	4.1. Η ακουστική διαφοροποίηση του βυθού – Βυθομετρία της περιοχής μελέτης σελ. 47

7.	Συμπεράσματα	σελ. 72
6.	Σύνοψη	σελ. 71
5.	Σύνθεση των Αποτελεσμάτων	σελ. 68
	4.5. Παρατηρήσεις από την Φασματοσκοπία RAMAN	σελ. 66
	4.4. Παρατηρήσεις από το S.E.M	σελ. 66
	4.3. Παρατηρήσεις από το Πετρογραφικό μικροσκόπιο	σελ. 65
	4.2. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης	σελ. 57

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑα	τελ.	73
ПАРАРТНМА	τελ.	75

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας μελετούνται τα γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του αβαθούς πυθμένα (βάθος νερού <25 m) του κόλπου των Χανίων. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής βαθυμετρική αποτύπωση της ζώνης από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή καμπύλη των 25 m, έγινε επισκόπηση του βυθού με ηχοβολιστική πλευρική σάρωση, για να καταγραφούν οι γεωμορφές και οι δομές του θαλάσσιου βυθού. Επίσης, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες τόσο των επιφανειακών ιζημάτων όσο και του βραχώδους βυθού, προκειμένου να μελετηθεί η κοκομετρική και η ορυκτολογική σύσταση των χαλαρών αποθέσεων, αλλά και τα πετρογραφικά γνωρίσματα των σκληρών υποστρωμάτων.

Η περιοχή της μελέτης είναι ο κόλπος των Χανίων, ο οποίος βρίσκεται στο δυτικό και βόρειο τμήμα της Νήσου Κρήτης και εκτείνεται από την περιοχή του Κάτω Σταλού, στα ανατολικά, μέχρι τον οικισμό του Κολυμβαρίου, στα δυτικά.

Για την ολοκληρωμένη προσέγγιση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας, μελετάται η επίδραση της μορφολογίας, γεωλογίας και υδρολογίας των λεκανών απορροής στο παράκτιο σύστημα του κόλπου των Χανίων. Επιπλέον, διερευνάται το ανεμολογικό και κυματικό καθεστώς της περιοχής το οποίο διαμορφώνει τα μορφοδυναμικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης.

Με βάση τα προαναφερόμενα η παρούσα εργασία ακολουθεί την εξής δομή:

- Οριοθέτηση της ευρύτερης περιοχής και περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών αυτής, όπως η γεωλογία, γεωμορφολογία, υδρολογία κλπ του χερσαίου τμήματος, των μετεωρολογικών – κλιματολογικών στοιχείων καθώς και του ανεμολογικού και κυματικού δυναμικού που επηρεάζουν το θαλάσσιο τμήμα της υπό μελέτης περιοχής,
- Περιγραφή των μεθόδων και του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκαν.
- Παρουσίαση πρωτογενών δεδομένων και αποτελεσμάτων που συγκεντρώθηκαν τόσο από τις εργασίες πεδίου, όσο και από τις εργαστηριακές αναλύσεις.
- Ερμηνεία, και σύνθεση των αποτελεσμάτων.

Απώτερος σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η σύνδεση της γνώσης που αποκτήθηκε με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης (Ο.Δ.Π.Ζ.) και τη Θαλάσσια Στρατηγική, καθώς και με την εφαρμογή των κανόνων για τη Θαλάσσια Χωροταξία. Βασιζόμενη σε αυτήν την ολοκληρωμένη θαλάσσια πολιτική, η Ε.Ε. στοχεύει στην οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των περιοχών που σχετίζονται με το θαλάσσιο περιβάλλον, στο πλαίσιο της φιλικής χρήσης προς αυτό. Ειδικότερα όμως μέσα από τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό και σε συνδυασμό με την αυξημένη γνώση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, επιτυγχάνεται μια ασφάλεια για οικονομικές επενδύσεις και βελτίωσης του τρόπου με τον οποίο διαχειριζόμαστε τον θαλάσσιο και χερσαίο χώρο, διατηρώντας το οικοσύστημα της περιοχής σε βιώσιμες συνθήκες.

## 2. ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

#### 2.1. Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται μια γενική προσέγγιση της ευρύτερης περιοχής μελέτης και αναπτύσσονται ορισμένοι παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα τα χαρακτηριστικά του θαλάσσιου πυθμένα στον κόλπο των Χανίων. Πληροφορίες σχετικά με τη γεωλογία του Νομού Χανίων, τη γεωμορφολογία της περιοχής, τα κλιματολογικά στοιχεία που επικρατούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, το υδρογραφικό δίκτυο, τις χρήσεις γης από τους κατοίκους, αλλά ακόμα και το ανεμολογικό – κυματικό καθεστώς της περιοχής κρίνονται απαραίτητα ώστε να υπάρξει μια ολοκληρωμένη αντίληψη που θα ερμηνεύει σωστά τη δυναμική του περιβάλλοντος και πως αυτή επεμβαίνει στο ιζηματολογικό ισοζύγιο, διαταράζοντάς το.

## 2.2. Οριοθέτηση της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο Κόλπος Χανίων, ιδιαίτερα το κεντρικό και δυτικό τμήμα αυτού που εκτείνεται από το Κολυμβάρι μέχρι και τον Πλατανιά. Η θαλάσσια περιοχή που μελετήθηκε έχει έκταση 16.8 km<sup>2</sup> και φτάνει σε βάθη νερού έως 21 m. Αυτά τα βάθη τα βρίσκουμε σε 1300 m απόστασης από την ακτή. Η ακτογραμμή του κόλπου των Χανίων έχει μια γενική διεύθυνση Α – Δ, με μέτωπο στη θάλασσα προς τον B (Εικόνα.1).



Εικόνα.1. Περιοχή Μελέτης.

Στα νότια, η περιοχή μελέτης έρχεται σε άμεση επαφή με 5 δήμους του Νομού Χανίων, όπως (από τα ανατολικά προς τα δυτικά) τον Δήμο Χανίων (πληθυσμός: 53.373), τον Δήμο Νέας Κυδωνίας (πληθυσμός: 7.301), τον Δήμο Πλατανιά (πληθυσμός: 5.225), τον Δήμο Βουκολίων (πληθυσμός: 3.296) και τον Δήμο Κολυμβαρίου (πληθυσμός: 5.346) (απογραφή 2001, ΕΛΣΤΑΤ), όπου λόγω των δραστηριοτήτων που προκαλούνται από τον ανθρώπινο παράγοντα, επηρεάζουν την θαλάσσια περιοχή δημιουργώντας μια καθημερινή αλληλεπίδραση μέσω φυσικών (ακτογραμμή-ποτάμια) και τεχνικών (λιμάνια-θαλάσσιες δραστηριότητες) μεθόδων. Καθιστώντας την περιοχή επιρρεπή σε κάθε φυσική ή ανθρώπινη δραστηριότητα που έχει ως άμεσο ή έμμεσο αποδέκτη το θαλάσσιο περιβάλλον του κόλπου των Χανίων.

## 2.3. Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Η Κρήτη αποτελεί μια σύνθετη γεωλογικά δομή, αποτέλεσμα της άμεσης γειτνίασης με την υποβυθιζόμενη αφρικανική πλάκα κάτω από την ευρασιατική. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη πολλών τεκτονικών καλυμμάτων αποτελούμενα από προαλπικά – αλπικά – μεταλπικά πετρώματα, με διεύθυνση Α –Δ ή Β – Ν (Seidel & Wachendorf, 1986). Τα καλύμματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τις ανώτερες ενότητες που δεν έχουν υποστεί Καινοζωική μεταμόρφωση και στις κατώτερες ενότητες που έχουν υποστεί μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών (ΥΠ/ΧΘ) κατά το Κατώτερο Μειόκαινο (Seidel *et al*, 1982). Οι ανώτερες ενότητες διαχωρίζονται από τις κατώτερες με ένα ρήγμα αποκόλλησης (Εικόνα.2) (ΙΓΜΕ, 2009). Μεταξύ των ενοτήτων υπάρχουν κανονικά ρήγματα μέρος των οποίων καλύπτονται από Νεογενή ιζήματα, ηλικίας 5-9 εκατομμυρίων χρόνων.



Εικόνα.2. Σχηματική απεικόνιση Στωματογραφικής στήλης νήσου Κρήτης (τροποποιημένο σχήμα, ΙΓΜΕ, 2009).

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στις Εξωτερικές Ελληνίδες και περιλαμβάνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς από 1 έως 9 της στρωματογραφικής στήλης της Εικόνας 2 (εκτός των γεωλογικών σχηματισμών 4 και 5), δηλαδή από τους πλακώδεις ασβεστόλιθους (βάση) μέχρι τις σύγχρονες αλλουβιακές προσχώσεις (οροφή). Ως κύριους σχηματισμούς συναντάμε το κάλυμμα Τρυπαλίου (Φυτρολάκης 1980) και την μεταμορφωμένη ενότητα φυλλιτών –χαλαζιτών (ενότητα Άρνας), μια ενότητα μη υδροπερατή που ενισχύει την επιφανειακή απορροή αλλά και την ποτάμια στερεομεταφορά (Εικόνα. 3).



Εικόνα.3. Γεωλογικός Χάρτης των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη (τροποποιημένος χάρτης, Ζουμπούλογλου, 2006).

## Προαλπικά-αλπικά καλύμματα

Πλακώδεις ασβεστόλιθοι (αρ.9) (Plattenkalk) (Μέσο Ιουρασικό-Ολιγόκαινο, 25-170 εκατομμύρια χρόνια), αποτελούν μια αυτόχθονη ανθρακική ενότητα, όπου αρχικά το περιβάλλον σχηματισμού της ήταν νηριτικό (αβαθές) και στην συνέχεια μεταβλήθηκε σε πελαγικό (βαθιά θάλασσα). Η σειρά κλείνει με τον φλύσχη ολιγοκαινικής ηλικίας, υπολείμματα του οποίου εμφανίζονται σε μικρή έκταση στον Ψηλορείτη (Bizon & Thiebault., 1974). Είναι η μόνη ενότητα που σχηματίστηκε στην Κρήτη, γι' αυτό και καλείται αυτόχθονη. Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του ορεινού όγκου των Λευκών Όρεων.

<u>Κάλυμμα του Τρυπαλίου (αρ.8)</u>, άγνωστης ηλικίας, και το οποίο σε ορισμένες θέσεις τοποθετείται τεκτονικά πάνω στους πλακώδεις ασβεστολίθους της Δυτικής Κρήτης. Αποτελείται από ανθρακικά ιζήματα αβαθούς θάλασσας (Φυτρολάκης 1980). Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ενότητας είναι τα ανθρακικά ανακρυσταλλωμένα λατυποπαγή μέσα στα οποία παρατηρήθηκαν απολιθώματα Λιάσιου ηλικίας (<u>Kopp &</u> <u>Ott 1977, Φυτρολάκης 1978</u>). Η απόδειξη της Τριαδικής και κάτω Ιουρασικής (Λιάσιου) ηλικίας της ενότητας επέτρεψε το διαχωρισμό σε ξεχωριστό κάλυμμα. Η παλαιογραφική θέση και ο χαρακτήρας της ενότητας του Τρυπαλίου παραμένει ακόμα ασαφής. Στο Νομό Χανίων απαντάται σε μικρές σχετικά εμφανίσεις, όπως στο όρος Τρυπάλι, ΝΑ του Νομού. Κάλυμμα Φυλλιτών-Χαλαζιτών (αρ.7) (κάλυμμα ενότητας Άρνας), περιλαμβάνει όλα τα μεταμορφωμένα πετρώματα που βρίσκονται τεκτονικά πάνω στα ανθρακικά πετρώματα ή στον μεταφλύσχη της ενότητας των Πλακωδών ασβεστόλιθων και στη ενότητα Τρυπαλίου καθώς και κάτω από τους ασβεστόλιθους ή την αργιλο σχιστολιθική σειρά (στρώματα Ραβδούχα) της ενότητας Γαβρόβου - Τρίπολης (Φυτρολάκης, 1980). Η ενότητα αποτελείται από δύο μέρη (Φυτρολάκης, 1980): α) το κατώτερο περιλαμβάνει γύψους, γραουβάκες, μελανούς δολομίτες και μελανούς αργιλικούς σχιστόλιθους. β) Ενώ το ανώτερο μέρος περιλαμβάνει κλαστικά μετάιζήματα με εναλλαγές φυλλιτών και ενστρώσεις χαλαζιτών και χαλαζιακών μετάκροκαλοπαγών. Η ενότητα Φυλλιτών - χαλαζιτών αποτελείται από πετρώματα που μεταμορφώθηκαν σε συνθήκες υψηλής πίεσης χαμηλής θερμοκρασίας. (ΥΠ\ΧΘ, 16 -18 kbar/400 °C, Seidel et al., 1982). Η ηλικία μεταμόρφωσης των πετρωμάτων προσδιορίζεται το Τριτογενές (Ολιγόκαινο – Μειόκαινο), και αποτελούν έναν μη υδροπερατό σχηματισμό. Το συνολικό πάχος της ενότητας των Φυλλιτών - χαλαζιτών είναι δύσκολο να εκτιμηθεί λόγω του έντονου τεκτονισμού της.

<u>Τεκτονικό Κάλυμμα της Ζώνης Τρίπολης (αρ.6)</u>, αποτελεί τη συνέχεια προς τα νότια των καλυμμάτων Γαβρόβου-Τρίπολης της ηπειρωτικής Ελλάδας. Τα πετρώματα της ενότητας Γαβρόβου – Τρίπολης έχουν ίσως τη μεγαλύτερη επιφανειακή εξάπλωση από οποιοδήποτε κάλυμμα της Κρήτης. Το πάχος της σειράς φθάνει τα 300-600 m. Η Ζώνη Τρίπολης αποτελείται από την αργιλοσχιστολιθική σειρά ή τα στρώματα Ραβδούχα, Μεσοζωικής κυρίως ηλικίας, τους ασβεστολίθους και τους δολομίτες νηριτικής ιζηματογένεσης, και τον φλύσχη (πηλίτες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή) Ανω Ηωκαινικής ηλικίας (30 εκατομμύρια χρόνια) (Creutzburg & Siedel, 1975; Bonneau, 1984).

Στην περιοχή μελέτης απουσιάζουν οι σχηματισμοί του καλύμματος Ολωνού – Πίνδου (αρ.5) και το σύνθετο τεκτονικό κάλυμμα των Εσωτερικών Ζωνών (αρ.4) που αναφέρονται στην στρωματογραφική στήλη της Νήσου Κρήτης (Εικόνα.2).

#### Μετα-αλπικά καλύμματα

Νεογενές αποθέσεις (αρ.3). Το περιβάλλον απόθεσης κατά το Νεογενές (2-23 εκατομμύρια χρόνια) ήταν νηρητικό ή υφάλμυρης φάσης, με κύριους σχηματισμούς: κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα όπως κροκαλοπαγή, ψαμμίτες και άργιλοι, που επικάθονται ασύμφωνα στους προ-Νεογενείς σχηματισμούς του νησιού. Η ενότητα των Τοπολίων αποτελεί έναν κροκαλο-λατυποπαγή σχηματισμό στην Δυτική Κρήτη ηλικίας Μειόκαινου (23 εκατομμύρια χρόνια), και συνίστανται από ανθρακικές κροκάλες και λατύπες, προερχόμενες από τη διάβρωση των αλπικών ζωνών Τρίπολης και Πίνδου, ισχυρά συγκολλημένες με ασβεστιτικό υλικό. Ο σχηματισμός Τοπολίων παρουσιάζει μεγάλο πάγος (> 350 m). Στην συνέγεια τα ιζήματα απόθεσεις μεταβάλλονται σε βαθύτερης θάλασσας με ηλικία Τορτόνιο – Κάτω. Μεσσήνιο (7-11 εκατομμύρια χρόνια), η απόθεση των ιζημάτων χαρακτηρίζετε ως βιοκλαστικοί υφαλογενείς ασβεστόλιθοι που εναλλάσσονται με μάργες και έπονται σε ιζήματα ανοιχτής θάλασσας (π.χ. λευκές μάργες και άργιλοι). Στο τέλος του Μεσσηνίου (5,3 εκατομμύρια χρόνια), με την κρίση αλατότητας και την απόσυρση της θάλασσας να έχει γίνει αισθητή στην περιοχή της Μεσογείου, έχουμε εκ νέου αποθέσεις χερσαίων, ποταμολιμναίων και λιμνοθαλάσσιων ιζημάτων με γύψους και εβαπορίτες. Στο Πλειόκαινο (2-5 εκατομμύρια χρόνια) ακολουθεί πάλι αύξηση του βάθους της θάλασσας και ως επακόλουθο η ιζηματογένεση μετατρέπεται προοδευτικά σε πελαγική.

<u>Τεταρτογενείς αποθέσεις (αρ.2-1)</u>, (2 εκατομμύρια χρόνια έως σήμερα), απαντώνται σε όλες τις ακτές του Νομού Χανίων, λόγω έντονων τεκτονικών ανυψώσεων και

μεγάλων διακυμάνσεων του επιπέδου της θάλασσας, με αποτέλεσμα να ακολουθεί απόθεση τεταρτογενών χερσαίων ή θαλάσσιων σχηματισμών, όπως π.χ. αναβαθμίδων, κορήματα, κροκαλοπαγή, παλαιοακτές και αμμοθίνες.

Το τεκτονικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα τριών γενεών, τα οποία και καθορίζουν τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών (Ten Veen & Meijer, 1999, Fassoulas, 1999) (Εικόνα.4).

- Τα πρώτης γενιάς έχουν ηλικία διαμόρφωσης το Μέσο Ανώτερο Μειόκαινου με διεύθυνση Α-Δ,
- τα δεύτερης γενιάς, είναι ηλικίας Άνω Μεσσήνιο Μέσο Πλειόκαινο με διεύθυνση B-N,
- και τέλος τα τρίτης γενιάς ρήγματα διαμορφώθηκαν το Ανώτερο Πλειόκαινο και έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.

Τα ρήγματα τρίτης γενιάς είναι αυτά που συμβάλλουν περισσότερο στην διαμόρφωση της τοπογραφίας και του αναγλύφου της Κρήτης.



Εικόνα.4. Χάρτης ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής.

## 2.4. Γεωμορφολογία ευρύτερης περιοχής μελέτης

Η μορφολογία του εδάφους κοντά στην ακτογραμμή είναι κατά βάση πεδινή στο βόρειο τμήμα της, με το ανάγλυφο να εμφανίζεται σε ορισμένες των περιπτώσεων ήπιο και λοφώδες. Προς την ενδόχώρα και στο κεντρικό τμήμα του Νομού Χανιών, η μορφολογία του αναγλύφου αλλάζει, μεταβαλλόμενη από ημιορεινή σε ορεινή (Εικόνα.5). Οι τιμές υψομέτρου κυμαίνονται από το επίπεδο της θάλασσας (0 m) έως το υψόμετρο των 2100 m στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Κερίτη, στα Λευκά Όρη.

Στη θαλάσσια περιοχή μελέτης εκχύνονται οι δύο κύριοι ποταμοχείμαρροι της περιοχής, του Κερίτη στα ανατολικά και του Ταυρωνίτη στα δυτικά. Και τα δύο αυτά ρέματα είναι 6<sup>ης</sup> τάξης (Strahler, 1952), με τη ροή του Ταυρωνίτη να χαρακτηρίζεται ως ημιμόνιμη, αφού κατά την καλοκαιρινή περίοδο η ροή του μειώνεται σημαντικά σε βαθμό που σε ορισμένες περιπτώσεις να μην έχει καθόλου νερό. Αντίθετα τους χειμερινούς μήνες η ροή του ρέματος είναι πιο έντονη, ειδικά μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Το ρέμα του Κερίτη αποτελεί τμήμα απορροής του καρστικού συστήματος των Λευκών Όρεων.



Εικόνα.5. Τοπογραφικό ανάγλυφο Ν. Χανίων.

#### 2.5. Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Στον κόλπο των Χανίων απορρέουν τέσσερις υδρολογικές λεκάνες από τις γύρω περιοχές, οι οποίες ανήκουν στο Πορώδες Υδροφόρο σύστημα βόρειων Χανίων (GR1300020 – Y.Π.Ε.Κ.Α., 2015) και συγκεκριμένα στο GR1300022 όπου περιλαμβάνει τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στον προσχωματικό και νεογενή υδροφορέα του κάμπου Χανίων και Σούδας. Οι υδρολογικές λεκάνες απορροής περιλαμβάνουν τα κύρια υδρορέματα του Κερίτη – Ταυρωνίτη και τα δευτερεύοντα του Θερισού – Σκουλετώνα. Οι τέσσερις αυτές λεκάνες απορροής συμβάλλουν στη διαμόρφωση του υδατικού δυναμικού της ευρύτερης περιοχής του κόλπου και σημαντικό παράγοντα της τροφοδοσίας των ακτογραμμών, με αυτές του Κερίτη και του Ταυρωνίτη, όπου αναλύονται παρακάτω, να είναι οι πιο σημαντικές σε σχέση με τις άλλες δύο που λειτουργούν εποχικά.



Εικόνα.6. Υδρολογικές λεκάνες απορροής των ποταμών Ταυρωνίτη και Κερίτη.

## Λεκάνη απορροής Ταυρωνίτη

Η υδρολογική λεκάνη απορροής του Ταυρωνίτη βρίσκεται στο βορειδυτικό τμήμα του νομού Χανίων, έχει απιοειδή μορφή και εκτείνεται από τη θάλασσα έως το υψόμετρο των 830 m. Η συνολική του έκταση κυμαίνεται στα 130 km<sup>2</sup>, έχει διεύθυνση Βορρά – Νότο και αποτελείται από τρεις κύριες και άλλες τέσσερις υπολεκάνες (Εικόνα.7). Το μήκος του υδροκρίτη είναι 60 km ενώ το μέσο υψόμετρο της ανέρχεται στα 280 m (Μουντάκη, 2012). Το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης είναι 60\*10<sup>5</sup> m<sup>3</sup> /έτος.



Εικόνα.7. Υδρολογική λεκάνη Ταυρωνίτη.

Η μορφολογία της λεκάνης θα μπορούσε να διαχωριστεί σε τρία τμήματα: (α) το πεδινό (0 – 200 m), με μερικές λοφώδες εξάρσεις, (β) το βόρειο τμήμα, πλησίον της εκβολής του ποταμού στην θάλασσα, όπου αναπτύσσονται και οι νεογενείς σχηματισμοί, και (γ) το ημιορεινό έως ορεινό στις νότιες παρυφές της (201 - >801 m), που δομείται από φυλλίτες και μάργες.

Όσο αφορά τη γεωλογία της λεκάνης, το 65% της έκτασής της αναπτύσσεται πάνω σε φυλλιτικούς χαλαζιτικούς σχηματισμούς, οι οποίοι τοπικά καλύπτονται από τεταρτογενείς σχηματισμούς, μικρής έκτασης και πάχους. Στο 12% έχουμε την εμφάνιση ανθρακικών σχηματισμών, ενώ στο υπόλοιπο 19% και 4% έχουμε την εμφάνιση μάργας και νεογενών σχηματισμών, αντιστοίχως, κυρίως στα κατάντη τμήματα της λεκάνης (Εικόνα.8) (Καλημέρη, 2004).



Εικόνα.8. Γεωλογικός Χάρτης της υδρολογικής λεκάνης Ταυρωνίτη. al: Αλλουβιακές αποθέσεις, dl: Διλλουβιακές αποθέσεις, Plm,Pl: Μαργαικά ιζήματα Πλειοκαίνου, Me: Κροκαλολατυποπαγή σειρά με χαλαζιτικά κλαστικά στοιχεία, Ph: Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών, Trip: Ενόττητα Τρυπαλίου (Μουντάκη, 2012).

Εξαιτίας της ύπαρξης αδιαπέρατων σχηματισμών, κυρίως στο νότιο τμήμα της λεκάνης (φυλλίτες-μάργες), η επιφανειακή απορροή χαρακτηρίζεται ως έντονη με μεγάλη πυκνότητα. Σε αυτό βασικό ρόλο κατέχουν και οι έντονες κλίσεις που εμφανίζονται στο ημιορεινό και ορεινό τμήμα (40-90%), που καθιστούν την ταχύτητα του ρέοντος νερού μεγάλη. Ο συνδυασμός αυτός (μεγάλες ταχύτητες νερού – έντονη επιφανειακή απορροή) προκαλεί αύξηση της διάβρωσης και αποσάθρωση των πετρωμάτων, με αποτέλεσμα τη μεταφορά και τελικά την απόθεση των φερτών υλών στην εκβολή του ποταμού (Εικόνα 9). Το μέσο πάχος των σύγχρονων αποθέσεων κυμαίνεται περίπου στα 12 m (Καλημέρη, 2004).



Εικόνα.9. Μεγάλοι αποστρογγυλεμένοι λίθοι (>256mm) στην περιοχή των εκβολών του ποταμοχείμαρρου Ταυρωνίτη.

## Λεκάνη απορροής Κερίτη

Η υδρολογική λεκάνη του Κερίτη βρίσκεται στα κεντρικά του Βόρειου τμήματος του Νομού Χανίων (Εικόνα.10). Πηγάζει από τα Λευκά Όρη σε υψόμετρο 1900 m και στην συνέχεια εκβάλει στην περιοχή του Πλατανιά δημιουργώντας ένα μικρό δέλτα. Η έκταση της λεκάνης υπολογίζεται στα 178,6 km<sup>2</sup>, με διεύθυνση Βορρά – Νότου και απαρτίζεται από άλλες 5 υπολεκάνες (Νικολαΐδης & Καρατζάς., 2010). Το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης είναι 140-150\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/έτος.



Εικόνα.10. Υδρολογική λεκάνη Κερίτη (τροποποιημένος χάρτης από Νικολαΐδης & Καρατζάς., 2010).

Το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής κυμαίνεται στην ίδια μορφή με αυτό του Ταυρωνίτη. Στο Βόρειο τμήμα της λεκάνης, πλησίον της εκβολής του ποταμού, το ανάγλυφο είναι πεδινό (0-200 m) με μερικές λοφώδεις εξάρσεις, ενώ πιο νότια, το ανάγλυφο μετατρέπεται σε ημιορεινό (201-800 m) και ορεινό (>801 m). Το μεγαλύτερο υψόμετρο που εντοπίζεται εντός της υδρολογικής λεκάνης είναι 2100 m στο νότιο τμήμα της, στα Λευκά Όρη (Νικολαΐδης & Καρατζάς, 2010) (Εικόνα.11).



Εικόνα.11. Τοπογραφικό ανάγλυφο υδρολογικής λεκάνης Κερίτη (τροποποιημένος χάρτης από Νικολαΐδης & Καρατζάς, 2010).

Η γεωλογία της περιοχής απαρτίζεται από τέσσερις κύριους σχηματισμούς. Τα ανθρακικά πετρώματα στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης (Ενότητα Τρυπαλίου), τους φυλλίτες – χαλαζίτες στο κεντρικό-δυτικό τμήμα της λεκάνης, τους Νεογενείς σχηματισμούς στο Βόρειο τμήμα της και τους Τεταρτογενείς σχηματισμούς, που αποτελούν τις νεότερες αποθέσεις με αξιόλογο πάχος.



Εικόνα.12. Γεωλογικός Χάρτης της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη (τροποποιημένος χάρτης από Νικολαΐδης κ.α., 2010).

Οι ίδιες συνθήκες έντονης επιφανειακής απορροής με μεγάλες ταχύτητες ροής νερού παρουσιάζονται και στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει έντονο το φαινόμενο της διάβρωση και της αποσάθρωσης των πετρωμάτων, και της μεταφοράς και απόθεσης των φερτών υλών (Εικόνα 13).



Εικόνα.13. Μεγάλοι, μετρίως αποστρογγυλεμένοι λίθοι (>256mm) κοντά στις εκβολές του ποταμοχείμαρρου Κερίτη.

Στην Εικόνα 14 αποτυπώνεται η υδροπερατότητα των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης. Διακρίνονται σε 6 κατηγορίες με βάση την ηλικία και τη υδροπερατότητά τους. Αποτελούνται από: (α) τους σχηματισμούς υψηλής διαπερατότητας, όπως χαρακτηρίζονται οι καρστικοί ασβεστόλιθοι Τριπόλεως και Τρυπαλίου, (β) τα μέτριας διαπερατότητας πετρώματα, που αποτελούνται από Τεταρτογενή ιζήματα Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου, (γ) τους σχηματισμούς χαμηλής διαπερατότητας, όπως οι ασβεστόλιθοι Πλειο-Μειοκαινικής ηλικίας, (δ) – (ε) τις προσχωματικές και μη προσχωματικές αποθέσεις που χαρακτηρίζονται από μικρή εώς πολύ μικρή υδροπερατότητα, και τέλος (ζ) οι μη διαπερατοί σχηματισμοί των φυλλίτων-χαλαζίτων.



Εικόνα.14. Χάρτης υδροπερατότητας της ευρύτερης μελέτης.

#### 2.6. Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής των Χανίων χαρακτηρίζεται ως υπο-υγρό Μεσογειακό και κατατάσσεται στην ημίξηρη κλιματική ζώνη (Κ.Εν.Α.Κ, 2010). Χαρακτηριστικό αυτού του κλίματος είναι οι ήπιοι και υγροί χειμώνες και τα ξηρά και ζεστά καλοκαίρια. Στις πιο ορεινές περιοχές, το κλίμα ανήκει στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με ήπιους, ψυχρούς χειμώνες. Επίσης ένα πολύ μικρό ποσοστό των ορεινών περιοχών του Νομού Χανίων ανήκει στο υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα δριμύ, όπου η παρουσία χιονοπτώσεων τους χειμερινούς μήνες είναι χαρακτηριστική.

Τα παρακάτω κλιματικά στοιχεία προέρχονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της Σούδας, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 151m, και για τις χρονικές περιόδους 1958-1997 (Εικόνα 15-16).



Εικόνα 15. Θερμοκρασιακές μεταβολές για την χρονική περίοδο 1958-1997 (από Νικολαΐδης & Καρατζάς , 2010).

Όπως φαίνεται στην εικόνα απεικόνισης των θερμοκρασιακών μεταβολών (Εικόνα. 15), η ελάχιστη θερμοκρασία είναι ~18,5°C και η μέση ~25,7°C κατά την περίοδο των θερινών μηνών (Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο), ενώ αντίθετα φθάνει τους ~12,1°C κατά τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριος, Ιανουάριος, Φεβρουάριος) (Ε.Μ.Υ. Χανίων, 1958-1997). Τέλος αξίζει να επισημανθεί πως η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία που έχει καταγραφεί έλαβε χώρα στις 10-07-77 και άγγιξε τους 42,5°C, ενώ η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία έχει την τιμή του 0,0°C και καταγράφηκε στις 10-02-76.

Στην Εικόνα 16 παρουσιάζεται η διακύμανση των υψών των βροχοπτώσεων για το χρονικό διάστημα 1958-1997 (Ε.Μ.Υ. Χανίων, 1958-1997).



Εικόνα 16. Μέση βροχόπτωση για την χρονική περίοδο 1958-1997 (από Νικολαΐδης & Καρατζάς, 2010).

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο κυμαίνεται στα 51,8 mm. Έντονη είναι η απόκλιση των τιμών βροχόπτωσης μεταξύ των χειμερινών και των θερινών μηνών. Κατά τους χειμερινούς μήνες το μέσο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται στα 107 mm, σε πλήρη αντίθεση με τους θερινούς μήνες, όπου το μέσο ύψος βροχόπτωσης αγγίζει τα 0.1 mm. Το σύνολο των κατακρημνίσεων υπολογίζεται κυρίως τους μήνες από Οκτώβριο έως Μάρτιο, ενώ κατά τον Ιούλιο και Αύγουστο οι κατακρημνίσεις μειώνονται αισθητά.

Από το συνολικό ύψος των βροχοπτώσεων έχει υπολογιστεί πως μόνο το 14% βρίσκεται στον υδροφόρο ορίζοντα, αντιθέτως το υπόλοιπο 65% χάνεται μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής, ενώ το 21% διαφεύγει στη θάλασσα (Chartzoulakis *et al.*, 2001)

#### 2.7. Ανεμολογικό - Κυματικό καθεστώς

Η δυναμική του κύματος αλλά και του ανέμου, αποτελούν δύο σημαντικούς παράγοντες στον προσδιορισμό της θαλάσσιας-παράκτιας δυναμικής ανάλογα με την εποχή ενδιαφέροντος.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα μακροχρόνιων επιτόπιων μετρήσεων (1995-2004) στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή μελέτης (Σουκισιάν κ.α., 2007), δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων από την οποία κατασκευάστηκαν μοντέλα υπολογισμού του ανεμολογικού και κυματικού καθεστώτος της περιοχής.



Εικόνα.17 Τα σημεία μελέτης του ανεμολογικού και κυματικού καθεστώτος της περιοχής (Σουκισιάν κ.α., 2007).

#### 2.7.1. Ανεμολογικό Καθεστώς

Χρησιμοποιώντας δεδομένα 10 ετών (1995-2004), προκύπτει πως σε ετήσια βάση, οι συχνότεροι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι δυτικοί, νοτιοδυτικοί διεύθυνσης (τομέας 240°,255°), αντιθέτως οι νότιοι και οι νοτιοανατολικοί άνεμοι σπανίζουν. Η συχνότητα εμφάνισης της κατεύθυνσης πνοής του ανέμου (επί τις %) σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα εύροι ταχυτήτων (χρωματική διαφοροποίηση), κατά την διάρκεια του χειμώνα, απεικονίζονται σε διαγράμματα και ιστογράμματα στην εικόνα 18 (Σουκισιάν κ.ά., 2007).



## Σημείο Μελέτης Ρ3

Εικόνα.18. Ετήσια Κατευθυντικά Διαγράμματα και Ιστογράμματα της ταχύτητας ανέμου Uw (Σουκισιάν κ.ά., 2007).

Βασιζόμενοι στα κατευθυντικά διαγράμματα της εικόνας 18, διακρίνεται πως για το σημείο μελέτης P1, η συχνότερη διεύθυνση πνοής του ανέμου είναι Δυτικός – Νοτιοδυτικός με την ταχύτητα του ανέμου να μην ξεπερνά τα 6 Beaufort (13,8 m/s). Επίσης η μέση τιμή ταχύτητας του ανέμου υπολογίζεται στα 4 Beaufort (4,93 m/s), με μέγιστη ταχύτητα αυτή στα 8 Beaufort (18,12 m/s), και διεύθυνσης πνοής τον Βορά. Τέλος οι μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου εμφανίζονται στον τομέα 255°–30°, έχοντας διεύθυνση Δυτική – Βόρεια – Βορειανατολική, με τιμές πνοής που ξεπερνούν τα 17,1 m/s (8B).

Αντίστοιχα για τα σημεία P2 και P3 οι τιμές είναι παρακείμενες, με τις διευθύνσεις να μεταβάλλονται ελάχιστα. Συγκεκριμένα για τα σημεία P2 και P3, οι πιο συχνοί άνεμοι πνέουν με διεύθυνση Νότια – Νοτιοδυτική (τομέας 240° -255°). Οι ταχύτητες αυτών των ανέμων δεν ξεπερνούν τα 13.8 m/s (6B), ενώ οι μέγιστες ταχύτητες αντιστοιχούν συνήθως σε Βόρειους ανέμους (τομέας 345° -15°) με τιμές στα 8 Beaufort (18,48 m/s), τέλος η μέση τιμή της ταχύτητας του ανέμου κυμαίνεται στα 4 Beaufort (7,9 m/s).

#### 2.7.2. Κυματικό καθεστώς

Η συχνότητα εμφάνισης της κατεύθυνσης διάδοσης του κυματισμού (επί τις %) σε συνδυασμό με τα αντίστοιχα εύροι σημαντικών υψών κύματος (χρωματική διαφοροποίηση), σε ετήσια βάση, απεικονίζονται σε διαγράμματα κατεύθυνσης ανέμου και ιστογράμματα στην εικόνα 19.



Σημείο Μελέτης Ρ2



Σημείο Μελέτης Ρ3

Εικόνα.19. Ετήσια Κατευθυντικά Διαγράμματα και Ιστογράμματα του σημαντικού ύψους κύματος Hs (Σουκισιάν κ.ά., 2007).

Για το σημείο P1, οι συχνότεροι διαδιδόμενοι κυματισμοί προέρχονται από τον τομέα  $0^{\circ} - 15^{\circ}$  και  $270^{\circ} - 285^{\circ}$  σε ποσοστό εμφάνισης 16%. Η μέση τιμή του σημαντικού ύψους κύματος είναι 0,65 m, με συνήθεις τιμές μεταξύ 0 – 0,5 m, ενώ η μέγιστη τιμή του σημαντικού ύψους κύματος είναι 4,51 m με διεύθυνση Βόρεια - Βορειοανατολική (τομέας 345° - 30°). Η πιο σημαντική διαπίστωση είναι πως τα μεγαλύτερα σημαντικά ύψη κύματος προέρχονται από τις Βόρειες διευθύνσεις (τομέας 330° - 15°).

Για τα σημεία P2 και P3, οι επικρατέστεροι κυματισμοί προέρχονται από Δυτικές – Βορειοδυτικές διευθύνσεις (τομέας  $270^{\circ}$  -  $285^{\circ}$ ) και ακολουθούν οι Βόρειες (τομέας  $0^{\circ}$  -  $15^{\circ}$ ) σε ποσοστό 20% και 18%. Η μέση τιμή του σημαντικού ύψους κύματος με την μεγαλύτερη συχνότητα κυμαίνεται στα 0,66 m για το P2 και 0,67 m για το P3, με συνήθεις τιμές μεταξύ 0 – 0,5 m, ενώ η μέγιστη τιμή του σημαντικού ύψους κύματος είναι 4,49 m με Βόρεια διεύθυνση διάδοσης (τομέας  $\sim 360^{\circ}$ ). Τέλος τα μεγαλύτερα σημαντικά ύψη κύματος προέρχονται από τις Βόρειες διευθύνσεις εντός του τομέα 330° -  $15^{\circ}$ .

Συνοψίζοντας, όσο αφορά το ανεμολογικό και κυματικό καθεστώς της περιοχής μελέτης στα σημεία παρατήρησης (P1, P2, P3), μερικώς ταυτίζονται. Οι κατανομές των διευθύνσεων πνοής ανέμου σε ετήσια βάση προέρχονται κυρίως από τις Δυτικές – Νοτιοδυτικές και Νότιες διευθύνσεις (τομέας 240°, 255°), με τις μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου να εμφανίζονται έχοντας διεύθυνση Βόρεια – Βορειανατολική και ως μέγιστη ισχύ της ταχύτητας του ανέμου, για όλες τις περιπτώσεις, τα 8 Beaufort, Βόρειας διευθύνσεως

Το κυματικό καθεστώς της περιοχής θα μπορούσε να ειπωθεί πως ταυτίζεται και για τις τρεις περιπτώσεις. Η πλειονότητα των κυματισμών σε ετήσια βάση προέρχονται από Δυτικά και Βόρεια, με όλες τις υπόλοιπες διευθύνσεις να ακολουθούν με μεγάλη διαφορά. Όσο αφορά την μέγιστη τιμή του σημαντικού ύψους κύματος, αλλά και για τα μεγαλύτερα σημαντικά ύψη κύματος, εκεί έχουμε απόλυτη ταύτιση σχετικά με την διεύθυνση διάδοσης του ανέμου (Βορράς), με τις μέγιστες τιμές να αγγίζουν τα 4,51 m. Ωστόσο παρατηρείται η εξής διαφοροποίηση ως προς τη συχνότητα εμφάνισης των διευθύνσεων διάδοσης κυματισμών: Ενώ στο P1 οι συχνότερα εμφανιζόμενοι κυματισμοί είναι οι Βόρειοι, στο P2 αυτό δεν ισχύει, έχοντας ως πιο επικρατέστερο κυματισμό αυτόν που προέρχεται από τα δυτικά.

## 2.8. Χρήσεις Γης

Χρησιμοποιώντας στοιχεία από την βάση δεδομένων Corine2000 και με την χρήση του προγράμματος ArcMap υπολογίστηκε πως το σύνολο της έκτασης της ευρύτερης περιοχής, που αλληλεπιδρά με την περιοχή μελέτης, κυμαίνεται στα 410 km<sup>2</sup>. Ανάλογα με την τοπογραφία της χέρσους διαμορφώνονται και τα ανάλογα περιβάλλοντα (Εικόνα. 20). Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 20, στην ακτογραμμή αναπτύσσονται τα αστικά, τα τεχνητά και τα ετερογενή αγροτικά περιβάλλοντα (Heterogeneous agricultural areas-Corine2000). Νότια της περιοχής, προς την ενδοχώρα και μέχρι το ημιορεινό ανάγλυφο (201–800 m), το περιβάλλον μετατρέπεται κυρίως σε αγροτικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις, με ορισμένες περιοχές να καλύπτονται από φυσική βλάστηση και αστικά περιβάλλοντα. Τέλος, στο ορεινό ανάγλυφο (>800 m), η κάλυψη της περιοχής είναι δασική με λίγες εκτάσεις αγροτικής ανάπτυξης.



Εικόνα.20 Κάλυψη γης - Natura 2000 (Corine2000).

Επίσης στην περιοχή διακρίνονται προστατευόμενες περιοχές του δικτύου Natura 2000, όπως: (α) οι παραλίες που βρίσκονται από το Κολυμπάρι μέχρι τον Πλατανιά λόγω αναπαραγωγής της Caretta caretta, (β) ο θαλάσσιος πυθμένας που καλύπτεται από λειμώνες της Posidonia Oceanica (Εικόνα 21), (γ) η τεχνική λίμνη της Αγιάς, η οποία φιλοξενεί υδροχαρείς φυτικές βιοκοινωνίες, και (δ) η εκβολή του Κερίτη, όπου υπάρχει σημαντική έκταση καλαμιώνων, ενώ στην παραλία συναντώνται αμμόλοφοι που κυριαρχούνται από Ammophila arenaria. Οι κύριες παρεμβάσεις που επηρεάζουν τις περιοχές αυτές προέρχονται από τη φωτιά, το κυνήγι, το ψάρεμα και τη βόσκηση.



Εικόνα.21. Παρουσία λιβαδιών Posidonia Oceanica στην θαλάσσια περιοχή του Μάλεμε.

## 2.9. Ανθρωπογενές Περιβάλλον

Ο πληθυσμός της ευρύτερης περιοχής είναι κατά βάση αστικός, σε ποσοστό 56% και αγροτικός σε ποσοστό 40%, ενώ μόλις ένα 4% κατοικεί σε ημιαστικές περιοχές (απογραφή 2001, ΕΛΣΤΑΤ). Η πλειοψηφία των κατοίκων ασχολείται με τον τριτογενή τομέα παραγωγής, ο οποίος περιλαμβάνει τον τουριστικό τομέα κατά κύριο λόγο. Η επικράτηση του τουρισμού στην περιοχή είναι δεδομένη από την δεκαετία του 1970 και μετά, όπου γνώρισε τεράστια ανάπτυξη και έκτοτε αναπτύσσεται διαρκώς.

Μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής του δήμου καλύπτεται από ξενοδοχειακές μονάδες και παραθεριστικές κατοικίες μεταβάλλοντας το περιβάλλον σε άκρο τουριστικό. Αυτό έχει ως συνέπεια η περιοχή να λειτουργεί ως πόλο έλξης τους καλοκαιρινούς μήνες από τουρίστες, αυξάνοντας στιγμιαία τον αριθμό των κατοίκων της περιοχής.

Σημαντικό τμήμα της οικονομίας του δήμου στηρίζεται επίσης και στον πρωτογενή τομέα, όπως καλλιέργειες (ελαιόδεντρα, κτηνοτροφία), αλλά και στον δευτερογενή κατά τρίτο λόγο, όπου επεξεργάζονται προϊόντα του πρωτογενή τομέα. (βιομηχανία).

Στο ανατολικό τμήμα της παράκτιας περιοχής του Δήμου Πλατανιά βρίσκεται ένα μικρό αλιευτικό καταφύγιο, ενώ στην περιοχή του Μάλεμε ένα αεραθλητικό αεροδρόμιο.



Εικόνα. 22. Απασχόληση κατοίκων ανά τομέα στον δήμο Πλατανιά (δεδομένα ΕΛ.ΣΤΑΤ).

#### Διαχείριση Ακτών

Οι ακτές αποτελούν ένα πολύπλοκο φυσικό σύστημα, άμεσης αλληλεπίδρασης μεταξύ της λιθόσφαιρας, ατμόσφαιρας και υδρόσφαιρας. Αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης είναι η διαμόρφωση μιας συγκεκριμένης κατάστασης δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των τριών σφαιρών. Αυτή η κατάσταση ισορροπίας χαρακτηρίζεται ιδιαίτερα ευαίσθητη και εύθραυστη, με συνέπεια την διαρκή διαφοροποίηση της δυναμικής ισορροπίας που επικρατεί στην εκάστοτε περιοχή. Κάθε επέμβαση – παρέμβαση, στις συγκεκριμένες περιοχές, κρύβει μια σειρά αλυσιδωτών αλληλεπιδράσεων, με σκοπό την επαναφορά της περιοχής σε κατάσταση ισορροπίας. Μερικές φορές τα αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν και ως μη αναστρέψιμα.

Η γεωλογία, το υδρογραφικό δίκτυο, η γεωμορφολογία, οι κλιματικές συνθήκες και η φυτοκάλυψη ενός ευρύτερου παράκτιου χώρου, αποτελούν τους παράγοντες που διενεργούν στην παραγωγή, μεταφορά, τροφοδοσία, ανάπτυξη και τελικά διαμόρφωση της ακτής.

Η ακτογραμμή στην περιοχή μελέτης καλύπτει μια απόσταση 17 km. Η πλειονότητα αυτής της έκτασης κρίνεται ως άμεσα επηρεασμένη από τον άνθρωπο. Ξενοδογειακές εγκαταστάσεις, παραθεριστικά καταλύματα, τεχνικές εγκαταστάσεις, αστικός ιστός και γεωργικές εκτάσεις κάνουν αισθητή την εμφάνισή τους κατά μήκος της ακτής. Ο μεγαλύτερος όγκος της επιρροής του ανθρώπου στο φυσικό περιβάλλον εστιάζεται ανατολικά, στην περιοχή του Πλατανιά, σε ένα μήκος ακτογραμμής 5,5km, με την παρουσία της τουριστικής βιομηχανίας, του τεχνικού αλιευτικού καταφυγίου αλλά και των τεχνητών προβόλων κάθετα στην ακτογραμμή να επηρεάζουν την κατάσταση δυναμικής ισορροπίας, προκαλώντας μια συνεχή μεταβολή αυτής. Ιδιαίτερα οι πρόβολοι, οι οποίοι κατασκευάστηκαν αρχές της δεκαετίας του '90 με σκοπό την αντιμετώπιση την έντονης παράκτιας διάβρωσης, επηρεάζουν τα ποσοστά μεταφοράς ιζημάτων, με αποτέλεσμα να διακρίνεται πρόσχωση στα ανάντι και διάβρωση στα κατάντι (Εικόνα. 23). Στην αντίπερα όχθη, δυτικά της περιοχής μελέτης, διακρίνεται το τεχνητό λιμάνι του Κολυμβαρίου και ο αστικός ιστός της περιογής με μικρότερη επιρροή στο παράκτιο περιβάλλον, σε ένα μήκος ακτογραμμής κοντά στο 1km.



Εικόνα.23. Χάρτης απεικόνισης των προβόλων και της επιρροή τους στην παράκτια μεταφορά ιζήματος για τρεις χρονικές περιόδους, στην παραλία του Πλατανιά (1992, 2005, 2014) (Μαντά, 2014).

Στην υπόλοιπη ενδιάμεση περιοχή, σε ένα μήκος ακτογραμμής 10,5km, έχουμε μια συνεχή εναλλαγή του φυσικού και του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος (γεωργικές καλλιέργειες αλλά και τουριστικές εγκαταστάσεις σε πιο ήπια ανάπτυξη) (Εικόνα 24).



Εικόνα.24. Χρωματική αναπαράσταση των χρήσεων γης κατά μήκος της ακτογραμμής του Δήμου Πλατανιά.

Στην διατήρηση μέρους της φυσικής ακτογραμμής βοήθησε και η ανακήρυξη σε περιοχή Natura, της παράλιας περιοχής από το Κολυμβάρι μέχρι τον Πλατανιά, που αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές θέσεις αναπαραγωγής της Caretta caretta στην Κρήτη, όπως και στην περιοχή της εκβολής του ποταμού Κερίτη, στην οποία συναντώνται αμμόλοφοι. Χαρακτηριστικές είναι οι εμφανίσεις αμμοθινών στην περιοχή του Μάλεμε, αλλά και τα κτίσματα πάνω σε αυτές (Εικόνα.25).



Εικόνα.25. Διακρίνονται αμμοθίνες με βλάστηση, ενώ στο βάθος της εικόνας παρατηρείται αστική δόμηση.

Όσο αφορά τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά της ακτογραμμής, παρατηρείται πως στα Δυτικά, στην παραλία Μάλεμε, επικρατούν κροκάλες σε όλο το μέτωπο της παραλίας, ενώ μετακινούμενος προς τα δυτικότερα, ο τύπος της ακρογραμμής μετατρέπεται σε αμμώδης, με τις κλίσεις του μετώπου της ακτής να είναι πιο απότομες. Στην περιοχή του Πλατανιά και για μια απόσταση 1 km, η κοκκομετρία ξανά μεταβάλλεται σε πιο ανδρόκοκκη, με την παρουσία κροκάλων. Επίσης στην περιοχή του αλιευτικού καταφύγιου ξεπροβάλουν συνεκτικού τύπου γεωμορφές, κυμαινόμενης αντοχής θραύσης, οι οποίες αποτελούνται από υλικά που έχουν υποστεί κάποιο βαθμό διαγένεσης – ακτόλιθοι (Εικόνα.26). Τέλος, κινούμενοι όλο και πιο ανατολικά, η ακτογραμμή μετατρέπεται για άλλη μια φορά σε αμμώδη (Μαντά, 2014).



Εικόνα.26. Γεωμορφές, κυμαινόμενης αντοχής θραύσης, αποτελούμενες από υλικά που έχουν υποστεί κάποιο βαθμό διαγένεσης - ακτόλιθοι.

Το υλικό που τροφοδοτεί τις ακτές προέρχεται από την διάβρωση των μεταμορφωμένων (ενότητα Άρνας) και ιζηματογενών πετρωμάτων. Επίσης το ποσοστό στρογγυλοποίησής τους, υποδηλώνει τον βαθμό ωριμότητας των κόκκων σε σχέση με την απόσταση μεταφοράς τους από την πηγή δημιουργίας τους προς την ακτή.

Η μεταβολή του πλάτους της ακτογραμμής σε βάθος χρόνου 70 ετών (1945 – 2014) είναι έντονη. Υπολογίζεται πως στην περιοχή του παλιού αεροδρομίου και ανατολικότερα (θέση Μάλεμε) (Εικόνα.27), η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής κυμαίνεται κατά μέσο όρο στα 220 m. Πιο ανατολικά και συγκεκριμένα από την περιοχή Μάλεμε έως τις εκβολές του ποταμού Κερίτη (Εικόνα. 28), ο ρυθμός οπισθοχώρησης της ακτογραμμής γίνεται πιο ομαλός, παρόλα αυτά επικρατεί, με κατά μέσο όρο διάβρωση τα 100m. Τέλος στην περιοχή του Πλατανιά (Εικόνα.29), οι διαφορές μεταξύ της ακτογραμμής του 1945 και αυτής του 2014 είναι ελάχιστες, με την μόνη επισήμανση πως δυτικά του αλιευτικού καταφύγιου παρουσιάζεται πρόσχωση (Εικόνα.30).



Εικόνα.27. Χάρτης απεικόνισης των ακτογραμμών στην θέση Μάλεμε και οι διαχρονικές μεταβολές από το 1945 έως το 2014 (Μαντά, 2014).



Εικόνα.28. Χάρτης απεικόνισης των ακτογραμμών στην θέση Μάλεμε- εκβολές ποταμού Κερίτη και οι διαχρονικές μεταβολές από το 1945 έως το 2014 (Μαντά, 2014).



Εικόνα.29. Χάρτης απεικόνισης των ακτογραμμών στην θέση Πλατανιάς και οι διαχρονικές μεταβολές από το 1945 έως το 2014 (Μαντά, 2014).



Εικόνα.30. Πρόσχωση στο δυτικό μέρος του αλιευτικού καταφυγίου στην περιοχή του Πλατανιά.

## 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

#### 3.1. Μεθοδολογική στρατηγική

Το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας ασχολείται με την ακουστική σάρωση του θαλάσσιου πυθμένα με τη χρήση ενός ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης (Side Scan Sonar). Σημαντικό ρόλο στην ταξινόμηση και ερμηνεία των ιζημάτων συνέβαλε και η επί τόπου δειγματοληψία σκληρού και χαλαρού πυθμένα, με σκοπό την κατηγοριοποίησή του σε διάφορους τύπους υποστρώματος. Ακολούθησαν οι εργαστηριακές αναλύσεις με τις μεθόδους της ξηρής κοκκομετρίας, της ανάλυσης των δομών σε πετρογραφικό – ηλεκτρονικό μικροσκόπιο αλλά και μέσω της φασματοσκοπείας RAMAN.

Οι εργασίες πεδίου έλαβαν μέρος στην θαλάσσια περιοχή μεταξύ των οικισμών του Κολυμβαρίου έως του Πλατανιά, κατά τον μήνα Νοέμβριο του 2014, και αφορούσε μια έκταση των 16,81 km<sup>2</sup>, ενώ για τις εργαστηριακές δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν οι εργαστηριακοί χώροι του Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), του τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, του Γεωπονικού Ιδρύματος Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) αλλά και του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας (Αθήνα).

## 3.2. Εργασίες πεδίου, βαθυμετρία και ηχοβολιστική αποτύπωση της επιφάνειας του βυθού – Δειγματοληψίες βυθού

#### 3.2.1. Εισαγωγικό

Η αποτύπωση των επιφανειακών χαρακτηριστικών του θαλάσσιου πυθμένα έγινε με τη βοήθεια ενός ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης. Η μέθοδος αυτή έχει την δυνατότητα να σαρώνει μεγάλες επιφάνειες του θαλάσσιου πυθμένα, συμβάλλοντας στη χαρτογράφηση των γεωμορφών, των τύπων υποβάθρου και των θαλάσσιων ενδιαιτημάτων. Η ανάλυση της οπισθοσκέδασης που προκύπτει από τα ηχοβολιστικά συστήματα, σε συνδυασμό με την τεχνική της δειγματοληψίας και οπτικής παρατήρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της υφής και την χωρική κατανομή των επιφανειακών ιζημάτων.

#### 3.2.2. Βαθυμετρία και επισκόπηση του βυθού

Η βαθυμετρία και η επισκόπηση του θαλάσσιου βυθού έγινε με τη χρήση ηχοβολιστικού οργάνου, το οποίο μετρούσε και κατέγραφε το βάθος και συγχρόνως πραγματοποιούσε επιφανειακή επισκόπηση του βυθού.

Η τεχνολογία στην οποία βασίζει ο ηχοβολιστής τη λειτουργία του, είναι τα ηχητικά κύματα. Μέσω της λειτουργίας του ηχοβολιστή προσδιορίζεται η δομή, η μορφολογία και η σύνθεση του πυθμένα, καθώς και το βάθος σε κατακόρυφη μέτρηση. Ο ηχοβολιστής εκπέμπει σήματα ηχητικού κύματος μέσα στο νερό και στην συνέχεια καθορίζεται η απόσταση, υπολογίζοντας τον χρόνο μεταξύ της μετάδοσης του ηχητικού κύματος και της στιγμής ανάκλασης του κύματος αυτού από ένα αντικείμενο. Μέσω του ανακλώμενου αυτού σήματος καθορίζεται η τοποθεσία, το μέγεθος και η σύνθεση του αντικειμένου. Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων στο νερό είναι περίπου 1400 m/s.

Κάθε φορά που ένας νέος αντανακλούμενος ηχητικός παλμός επιστρέφει στον δέκτη καταγράφεται και αποτυπώνεται σε οθόνη, δημιουργώντας ένα εφέ συνεχόμενης κύλισης. Όταν όλες οι αντανακλάσεις παρουσιαστούν δίπλα η μία στην άλλη, καθίσταται δυνατή η αποτύπωση του θαλάσσιου χώρου σε γραφική παράσταση (Εικόνα.31).



Εικόνα.31. Αριστερά της οθόνης αποτυπώνονται τα συνεχόμενα αντανακλούμενα ηχητικά κύματα, δημιουργώντας μια συνεχή κύλιση – δεξιά της οθόνης καταγράφεται η γραμμή πορείας του σκάφους.

Ο συγκεκριμένος Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης (Humminbird, 2010. Manual) που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη του θαλάσσιου πυθμένα στο κεντρικό και δυτικό κομμάτι του Κόλπου των Χανίων, παρέχει την δυνατότητα να σαρώνει μεγάλες επιφάνειες του θαλάσσιου χώρου, συνδυάζοντας και τη λεπτομερή αποτύπωση οποιασδήποτε ανωμαλίας μέσα σε αυτό (π.χ. μορφολογία – δομή πυθμένας).

Μια τυπική πλευρική σάρωση του ηχοβολιστή στα 455 kHz (υψηλή ανάλυση αποτελεσμάτων) μπορεί να καλύψει την απόσταση των 150 m (75 m εκατέρωθεν), με ένα τυπικό κατακόρυφο βάθος στα 45 m. Οι πομποί των ηχητικών κυμάτων μπορούν να λαμβάνουν ένα εύρος συχνοτήτων από 455 kHz έως τα 800 kHz. Επιλέγοντας την ένταση των 800 kHz μας παρέχεται καλύτερης ποιότητας απεικόνισης της θαλάσσιας περιοχής, αλλά περιορίζεται το βάθος διείσδυσης του κύματος αλλά, και η πλευρική κάλυψη σε κάθε πλευρά, σε σύγκριση με την συχνότητα των 455 kHz, όπου η περιοχή σάρωσης είναι αισθητά πιο μεγάλη (Εικόνα.32).



Εικόνα.32. Διαφορά πλευρικής κάλυψης στα 455 kHz (πάνω) – 800 kHz (κάτω) (Manual, Humminbird, 2010. Manual).

Η λειτουργία της τεχνολογίας του ηχοβολιστή βασίζεται σε τρεις διαφορετικές δέσμες ηχητικών κυμάτων που εκπέμπονται από τον αισθητήρα του, η μια δέσμη είναι στραμμένη κατακόρυφα προς τον πυθμένα και οι άλλες δύο πλευρικά εκατέρωθεν του σκάφους. Η κατακόρυφη δέσμη στοχεύει ακριβώς κάτω από το σκάφος σε μορφή κωνικής κάλυψης. Οι δύο πλευρικές δέσμες στοχεύουν σε ορθή γωνία σε σχέση με την πορεία του σκάφους, με το μήκος κάλυψης να είναι πολύ λεπτό σε αντίθεση με το πλάτος κάλυψης το οποίο σαρώνει μια πολύ μεγάλη επιφάνεια.



Εικόνα. 33. Πλευρική και κατακόρυφη σάρωση του θαλάσσιου χώρου / η πλευρική κάλυψη παρουσιάζει μικρό μήκος κάλυψης σε σχέση με το πλάτος της ( Humminbird, 2010. Manual).

#### Σύστημα εύρεσης και καταγραφής θέσης - GPS

Μέσω του Παγκόσμιου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (GPS), οι πορείες που πραγματοποιήθηκαν στο Κεντρικό και Δυτικό κομμάτι του κόλπου των Χανίων αποτυπώθηκαν σε χάρτη, προσδιορίζοντας την ακριβή θέση του ηχοβολιστή, και παρέχοντας λεπτομερείς πληροφορίες για τον συγκεκριμένο θαλάσσιο χώρο (Εικόνα.34).



Εικόνα.34. Απεικόνιση των γραμμών πορείας που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης.

Το GPS χρησιμοποιεί έναν αστερισμό δορυφόρων που στέλνουν συνεχώς ραδιοσήματα στην Γη. Ο δέκτης του GPS λαμβάνει σήματα από ορατούς σε αυτό δορυφόρους. Με βάση την διαφορά χρόνου μεταξύ του εκπέμπουν και λαμβανόμενου σήματος από το GPS σε σχέση με τον δορυφόρο, ο δέκτης του GPS υπολογίζει την απόσταση μεταξύ αυτού και του κάθε δορυφόρου (Εικόνα.35). Με γνωστές τις αποστάσεις, ο δέκτης του GPS υπολογίζει, μέσω τριγωνομετρικών μαθηματικών εξισώσεων, την ακριβή του θέση. Με την πραγματοποίηση αυτόματης ανανέωσης, ανά δευτερόλεπτο, του στίγματος του GPS, παρέχεται με μεγάλη ακρίβεια η θέση, η ταχύτητα και ο προσανατολισμός του στίγματος.



Εικόνα.35. GPS δέκτης (αριστερά) που σε διαρκή επικοινωνία με τον αστερισμό των δορυφόρων (δεξιά) απεικονίζει με ακρίβεια την θέση του.

Το ποσοστό λάθους του GPS περιορίζεται μέσα στα στενά όρια των +/- 4,5m, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Αυτό προσδιορίζει ότι το 95% των περιπτώσεων, ο δέκτης του GPS θα απεικονίζει την θέση του μέσα σε ένα κλοιό 4,5m. Ο δέκτης του GPS χρησιμοποιεί επίσης πληροφορίες από τους WAAS (the Wide Area Augmentation System), EGNOS (the European Geostationary Navigation Overlay Service), και MSAS (the MTSAT Satellite Augmentation System) δορυφόρους.

#### Τρόπος Εγκατάστασης

Ως βασική λειτουργία του Sonar, αποτελεί και ο τρόπος εγκατάστασης όλου του εξοπλισμού πάνω στο σκάφος, σε αυτόν περιλαμβάνονται:

• Η εγκατάσταση της κεντρικής οθόνης.

Η κεντρική οθόνη θα πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με τον ενδιαφερόμενο ώστε να έχει πλήρη γνώση της λειτουργίας του

- Η εγκατάσταση του αισθητήρα (Η.Π.Σ.)
- Η εγκατάσταση του GPS δέκτη.

Πρέπει να βρίσκεται σε τέτοιον χώρο ώστε να μην περιορίζεται η ορατότητα του με τους δορυφόρους

• Έλεγχος λειτουργίας όλου του εξοπλισμού



Εικόνα.36. Πλήρης εγκατάσταση του εξοπλισμού, έτοιμο προς λειτουργία.

Ο αισθητήρας θα πρέπει να είναι τοποθετημένος με τέτοιον τρόπο ώστε να σχηματίζει κατακόρυφη γωνία με το σκάφος, και το «μάτι» του αισθητήρα να βρίσκεται σε επίπεδη κλίση με το νερό και ελαφρώς ποιο βαθιά από την καρίνα του σκάφους ώστε να μην επηρεάζεται η πλευρική σάρωση από τους εξωτερικούς παράγοντες που δημιουργούνται μέσω της αλληλεπίδρασης του σκάφους με το νερό. Επίσης, δεν πρέπει να παρεμβάλετε τίποτα άλλο, μεταξύ του «ματιού» του αισθητήρα και του υπόλοιπου θαλάσσιου χώρου, που να εμποδίζει την πλευρική σάρωση.

Οι αναταράξεις που πραγματοποιούνται κατά την πορεία του σκάφους επηρεάζουν άμεσα στα αποτελέσματα τον αισθητήρα. Για αυτό τον λόγο είναι πολύ σημαντικό να εντοπιστεί θέση τέτοια στην οποία ο αισθητήρας θα προστατεύεται από τυχόν εξωτερικές παρεμβολές.



Εικόνα.37. Αριστερά ο αισθητήρας πριν τοποθετηθεί στο νερό / Δεξιά ο αισθητήρας έχει τοποθετηθεί κάθετα σε σχέση με το σκάφος, με το μάτι να βρίσκεται λίγο πιο βαθιά από την καρίνα του σκάφους και παράλληλα με την επιφάνεια του νερού.

## Καταγραφή στην Κεντρική Οθόνη

Στην κεντρική οθόνη του συστήματος καταγράφονται πλήθος σημαντικών πληροφοριών για τον γύρω θαλάσσιο χώρο από τον οποίο διέρχεται το «μάτι» του αισθητήρα, ανάλογα με τον σκοπό ενδιαφέροντος. Σε αυτές τις πληροφορίες περιλαμβάνονται:
Το βάθος – ο χρόνος – η απόσταση – η μέση ταχύτητα πλοήγησης – η βαρομετρική πίεση κατά μήκος του θαλάσσιου πυθμένα – η ταχύτητα – το θερμοκλινές – μπάρες χρωμάτων (μέσα σε αυτό το εύρος χρωμάτων αποτυπώνεται η χαμηλή και η υψηλή ένταση των αντανακλώμενων ηχητικών κυμάτων, όπου το κόκκινο υποδεικνύει υψηλή ένταση, το μπλε μέτρια και το λευκό χαμηλή ένταση) – η γεωγραφική θέση.

Στην περίπτωση μας, οι πληροφορίες που εμφανίζονται στην κεντρική οθόνη του συστήματος περιορίζονται, στο βάθος – στον προσανατολισμό σε σχέση με τον Βορρά – στην γεωγραφική θέση – στον χρόνο – στην ταχύτητα – στη επιφανειακή αποτύπωση του θαλάσσιου πυθμένα μέσα από τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα και στην γραμμή πορείας του σκάφους στον ευρύτερο θαλάσσιο χώρο.



Εικόνα.38. Απεικόνιση των πληροφοριών στην κεντρική οθόνη του συστήματος κατά την διάρκεια λειτουργίας του.

Η κατανόηση των πληροφοριών που παρουσιάζονται στην οθόνη, είναι μια σημαντική παράμετρος για την σωστή λειτουργία και αξιολόγηση των πληροφοριών που προσφέρονται. Κάθε κάθετη γραμμή των δεδομένων που συλλέγονται από το «μάτι» και απεικονίζονται στην οθόνη, αντιπροσωπεύουν κάτι συγκεκριμένο που ανιχνεύτηκε μια δεδομένη χρονική στιγμή, από τα ανακλώμενα ηχητικά κύματα.

Δεδομένου πως το σκάφος κινείται, τα δεδομένα που απεικονίζονται στην οθόνη, δείχνουν ένα συγκεκριμένο τμήμα στο χρόνο στο οποίο εντοπίστηκαν, όχι όμως την σχέση τους με τα άλλα αντικείμενα που εμφανίζονται στην πορεία κατά μήκος της οθόνης, δημιουργώντας κατά αυτό τον τρόπο ένα προφίλ του θαλάσσιου πυθμένα.

Ο τύπος του πυθμένα προσδιορίζεται από την ένταση του ανακλώμενου ηχητικού κύματος. Ένα σκληρό συνεκτικοποιημένο υπόστρωμα ή μια επίπεδη επιφάνεια βράχων εμφανίζονται κατά μήκος της οθόνης ως μια έντονη λεπτή γραμμή. Σε αντίθεση με ένα μαλακό υπόστρωμα, όπως η ιλύς ή η άμμος, όπου η απεικόνισή τους κατά μήκος της οθόνης είναι μια πιο παχιά γραμμή. Τέλος, ένας βραχώδης πυθμένας απεικονίζεται με τυχαία διάταξη κατά μήκος της οθόνης (Εικόνα. 39).



Εικόνα.39. Προφίλ βυθού ανάλογα με τον τύπο πυθμένα (Humminbird, 2010. Manual).

Για καλύτερα αποτελέσματα και καλύτερη ερμηνεία αυτών, πρέπει να τηρούνται κάποιες προϋποθέσεις λειτουργίας.

- Η ταχύτητα του σκάφους θα πρέπει να περιορίζεται ανάμεσα στην ταχύτητα των
   2 έως 6 knots, διότι σε περίπτωση που κινείται με μικρότερη ταχύτητα, οι πληροφορίες θα επαναλαμβάνονται, ενώ στην περίπτωση που η ταχύτητα υπερβαίνει τα 6mph, θα υπάρξουν κενά πληροφοριών
- Η πλοήγηση του σκάφους θα πρέπει να γίνεται σε ευθεία πορεία χωρίς στροφές για να μην υπάρξει επικάλυψη των ίδιων περιοχών.
- Θα πρέπει οι πορείες να βρίσκονται σε παραλληλία και να ισαπέχουν μεταξύ τους (στην προκειμένη περίπτωση η πρώτη πορεία από την ακτή απέχει 30m με τις υπόλοιπες να ισαπέχουν ανά 100m), με σκοπό την επίτευξη ενός ιδεατού μωσαϊκού που να μην επικαλύπτεται από τις ίδιες περιοχές και να μην υπάρχει κενό πληροφορίας (Εικόνα. 40).



Εικόνα.40. Πλοήγηση σκάφους σε ευθείες πορείες, διατηρώντας τις μεταξύ τους παραλληλίες αλλά και τις αποστάσεις.

#### 3.2.3. Δειγματοληψίες βυθού

Κατά τη διάρκεια σάρωσης της περιοχής μελέτης, κρίθηκε απαραίτητη η διαδικασία της δειγματοληψίας σε επί μέρους θέσεις. Ο σκοπός της δειγματοληψίας προσδοκεί στον σωστό χαρακτηρισμό αλλά και στην σωστή ερμηνεία – συσχέτιση των εκάστοτε γεωλογικών σχηματισμών του υποβάθρου, του θαλάσσιου πυθμένα, με αυτούς στην χερσαία περιοχή. Για αυτόν τον λόγο, χρησιμοποιώντας τον κατάλληλο εξοπλισμό, συλλέχθηκαν υποθαλάσσια δείγματα από το σκληρό υπόστρωμα αλλά και από περιοχές με άμμο. Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων στην οποία θα παραθέτεται η σωστή κατανομή και χωροδιάταξη της άμμου βοηθάει στην σωστή κατανόηση της θαλάσσιας δυναμικής και απόθεσης αυτής μέσα στα όρια της περιοχής μελέτης.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας σε άμμο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αρπάγης με την οποία συλλέχθηκαν συνολικά 42 δείγματα. Η λειτουργία της αρπάγης χρησιμοποιείται από την επιφάνεια του σκάφους πραγματοποιώντας ελεύθερη ρήψη προς τον πυθμένα, με αυτό τον τρόπο εγκλωβίζεται η επιφανειακή άμμος που βρίσκεται σε αυτό το σημείο (Εικόνα.43). Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε κάθετες τομές προς την ακτογραμμή, με την απόσταση από την ακτή να κυμαίνεται από τα 50m έως και τα 1050m και αντίστοιχα τα βάθη από τα 3m έως τα 10m. Στον πίνακα δειγματοληψίας αμμώδους ιζήματος, παρουσιάζονται αναλυτικά οι γεωγραφικές θέσεις της κάθε δειγματοληψίας, αλλά και το βάθος από το οποία συλλέχθηκαν (Παράρτημα - Πίνακας. 1).



Εικόνα.41. Χάρτης που παριστά τις θέσεις δειγματοληψίας άμμώδους ιζήματος.

Αντίστοιχα για την δειγματοληψία σε σκληρό υπόστρωμα συλλέχθηκαν 15 δείγματα από 8 διαφορετικές θέσεις όπως αποτυπώνονται στον πίνακα δειγματοληψίας σκληρού υποστρώματος (Παράρτημα – Πίνακας 2). Η συλλογή των δειγμάτων έγινε με την κλασική μέθοδο του σφυριού και του καλεμιού. Βουτώντας στα σημεία ενδιαφέροντος και χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό πάρθηκαν τα παρακάτω δείγματα.



Εικόνα.42. Χάρτης που παριστά τις θέσεις δειγματοληψίας σκληρού υποστρώματος.



Εικόνα.43. Πάνω: Αριστερά, διαδικασία κατακόρυφης ρήψης – Δεξιά, απεγκλωβισμός άμμου από την αρπάγη – Κάτω: Εξοπλισμός που χρειάσθηκε για την επιτυχή εξαγωγή δείγματος από το σκληρό υπόστρωμα (σφυρί – καλέμι).

# 3.3. Εργαστηριακές αναλύσεις

### 3.3.1. Κοκκομετρική ανάλυση

Οι εργαστηριακές αναλύσεις που ακολουθούν περιλαμβάνουν την κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων άμμου, με σκοπό τον προσδιορισμό του λιθολογικού χαρακτήρα, των κοκκομετρικών στατιστικών παραμέτρων της κοκκομετρικής κατανομής και του μηχανισμού απόθεσης. Οι κοκκομετρικές αναλύσεις έλαβαν χώρα στο εργαστήριο Ιζηματολογίας του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Η κοκκομετρική ανάλυση εφαρμόστηκε σε 42 δείγματα. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν αυτή του ξηρού κοσκινίσματος. Οι οπές των κόσκινων που χρησιμοποιήθηκαν συγκαταλέγονται μεταξύ των ορίων ιλύς – άμμου των 63 μ, έως το πιο ανδρόκοκκο όριο άμμου – χαλίκι των 2 mm. Η ενδιάμεση σειρά κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκαν είναι διαμέτρου 1 mm – 500 μ – 250 μ – 125 μ.

Μετά από κάθε κοσκίνισμα καταγράφεται το βάρος του ιζήματος που κατακρατήθηκε σε κάθε κόσκινο, και το περιεχόμενο του δίσκου που περιέχει τα πιο λεπτόκοκκα υλικά (ιλύς και άργιλος).

Από το βάρος του συνολικού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, και αυτού που συγκρατήθηκε από κάθε κόσκινο, υπολογίζεται το ποσοστό επί της εκατό του υλικού που έχει συγκρατηθεί σε κάθε ένα από αυτά.

Σημειώνεται πως υπήρχαν περιπτώσεις όπου μετρήθηκαν μόνο θραύσματα κελυφών και όχι άλλοι χερσογενούς προελεύσεως κόκκοι, τα οποία και δεν υπολογίστηκαν στον υπολογισμό επί τοις εκατό % της κοκκομετρίας των ιζημάτων. Οι μετρήσεις αυτές περιορίζονται κυρίως στις διαβαθμίσεις 2-4 mm και 1-2 mm.



Εικόνα.44. Σειρά κόσκινων Retsch πάνω σε συσκευή δόνησης, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

#### Gradistat

Η δημιουργία του συγκεκριμένου προγράμματος αποτελεί μια αξιόπιστη μέθοδο για την ανάλυση δεδομένων που προέρχονται από ξηρή κοκκομετρία (μέσω κόσκινων). Αφού εισαχθεί το βάρος κάθε ιζήματος που κατακρατείται από τα κόσκινα, ακολουθεί στατιστικός υπολογισμός του δείγματος βάση της μεθόδου των ροπών που παρέχεται από την γλώσσα προγραμματισμού Microsoft Visual Basic.

Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται ο μέσος όρος μεγέθους κόκκων – η επικρατέστερη τιμή – η ταξινόμηση (τυπική απόκλιση) – η λοξότητα – η κύρτωση –

το D10, D50, D90, D90/D10, D90-D10, D75/D25, D75-D25. Επίσης παρουσιάζονται (a) γραμμικές παρεμβολές με σκοπό τον υπολογισμό στατιστικών παραμέτρων βάση των γραφικών μεθόδων του Folk και Ward (1957), αντλώντας πληροφορίες σχετικά την φυσική περιγραφή του ιζήματος (π.χ. πολύ χονδρόκοκκοι άμμος, "μέτρια ταξινόμηση"), (β) παρέχετε η δυνατότητα της φυσικής περιγραφής του δείγματος σχετικά με την υφή, δίνοντας πιο περιγραφική ονομασία στο ίζημα κατά Folk (1954) (π.χ. κεπτή χαλικώδης χοντρή άμμος"), και τέλος, (γ) περιλαμβάνονται πίνακες που απεικονίζουν το ποσοστό των κόκκων που εμπίπτουν σε κάθε κλάσμα μεγέθους, τροποποιημένο από Udden (1914) και Wentworth (1922).

Η κάθε μία ή και ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων είναι δυνατό να προσδιοριστούν ορισμένα περιβάλλοντα απόθεσης για τους ιζηματογενείς κόκκους και να ερμηνευτούν οι μηχανισμοί μεταφοράς – απόθεσής τους.

Όσο αφορά τις γραφικές παραστάσεις, το πρόγραμμα παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας διαγραμμάτων της κατανομής των μεγεθών των κόκκων και της αθροιστικής κατανομής των δεδομένων, εμφανίζοντας το μέγεθος των κόκκων ενός δείγματος σε τριγωνικό διάγραμμα.



Εικόνα.45. Διάγραμμα σχετικής κατανομής (Θετική κατανομή).

#### 3.3.2. Πετρογραφικό (Πολωτικό) μικροσκόπιο

#### Παρασκευάσματα (Λεπτές Τομές)

Με σκοπό την σωστή περιγραφή, χαρακτηρισμό αλλά και ερμηνεία των δειγμάτων, κατασκευάστηκαν λεπτές τομές για κάθε ένα από τα δείγματα (16 δείγματα-λεπτές τομές). Οι λεπτές τομές των δειγμάτων (Εικόνα.46) προσφέρουν την δυνατότητα ανάλυσης της ορυκτολογικής σύστασης και της δομής τους μέσω ενός πετρογραφικού μικροσκοπίου, αλλά και μέσω των μεθόδων του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και της φασματοσκοπίας RAMAN που εφαρμόζονται παρακάτω.

Αφού τα δείγματα κοπούν στις επιθυμητές διαστάσεις, εμποτιστούν και τριφτούν ακολουθεί η επικόλλησή τους πάνω στην αντικειμενοφόρα πλάκα. Η τελική μορφή των λεπτών τομών πρέπει να έχει πάχος 30 μm με σκοπό να καθιστά προσιτή την διέλευση φωτεινής δέσμης πολωμένου φωτός.



Εικόνα.47. Τελική μορφή λεπτής τομής, έτοιμη προς παρατήρηση.

Το οπτικό μικροσκόπιο είναι ένα απλό μεγεθυντικό μικροσκόπιο που επιπλέον περιλαμβάνει δύο φίλτρα πόλωσης (πολωτής-αναλυτής) τα οποία μπορούν

να πολώνουν το φυσικό φως που παράγει ο λαμπτήρας του μικροσκοπίου (Εικόνα.48). Το λευκό φως αποτελείται από μονάδες ενέργειας (φωτόνια) τα οποία μεταδίδονται σαν κύματα που κραδαίνονται προς όλες τις κατευθύνσεις κάθετα προς την κατεύθυνση διάδοσής τους. Για να καταστεί ένα οπτικό μικροσκόπιο χρήσιμο για την μελέτη ορυκτών, θα πρέπει να μετατρέψουμε το φυσικό φως σε πολωμένο με την βοήθεια του φίλτρου πόλωσης.



Εικόνα.48. Πετρογραφικό (πολωτικό) Μικροσκόπιο.

Παρακάτω δίνεται πίνακας στον οποίο παραθέτονται όλες οι λεπτές τομές των δειγμάτων από τις περιοχές δειγματοληψίας με σκληρό υπόστρωμα (Πίνακας 5). Μέσα από τον πίνακα αυτόν γίνεται μια κατηγοριοποίηση των δειγμάτων ανάλογα με το είδος του πετρώματος. Γενικά παρατηρούνται τα δείγματά μας να προέρχονται από τέσσερις κατηγορίες πετρωμάτων με βάση την ορυκτολογία τους: τα χαλαζοαστριούχα, τους ακτόλιθους, τον ψαμμίτη και τα κροκαλοπαγή.

Πίνακας 3. Δ	ειγματοληψία σε σκληρό υπόστρ	οωμα – ΛΕΠΤΕΣ ΤΟΜΕΣ
	, <i>r</i>	Π/

	Δείγμα	Πέτρωμα
Θέση 1	A-CH I (a)	Χαλαζοαστριούχο
	A-CH I (b)	Χαλαζοαστριούχο
	A-CH I (c)	Χαλαζοαστριούχο
Θέση 2	A-CH II (a)	Χαλαζοαστριούχο
	A-CH II (b)	Χαλαζοαστριούχο
Θέση 3	A-CH III	Ακτόλιθος
Θέση 4	A-CH IV (a)	Ψαμμίτης
	A-CH IV (b)	Κροκαλοπαγές
Θέση 5	A-CH V	Χαλαζοαστριούχο
Θέση 6	A-CH VI (a)	Ακτόλιθος
	A-CH VI (b)	Ακτόλιθος
Θέση 7	A-CH VII (a)	Ακτόλιθος
	A-CH VII (b)	Ακτόλιθος
Θέση 8	A-CH VIII	Ψαμμίτης
	A-CH VIII (a)	Ψαμμίτης
	A-CH VIII (b)	Κροκαλοπαγές

Οι ακτόλιθοι αποτελούν έναν παράκτιο σχηματισμό της ενδοπαλιρροιακής ζώνης και έναν χρήσιμο πληροφοριοδότη σχετικά με την εξέλιξη του Τεταρτογενούς,

συμπεριλαμβάνοντας την αλλαγή της θαλάσσιας στάθμης, της νεοτεκτονικής δράσης και διαδικασίες όπως η διάβρωση σε παράκτια περιβάλοντα (Fouache et al. 2005; Kelletat, 2006; Desruelles et al. 2009; Thomas, 2009; Mourtzas, 2012; Mourtzas & Kolaiti, 2013; Stattegger et al. 2013; Mourtzas et al. 2014; Psomiadis et al. 2014; Mauz et al. 2015). Ως βασικά κριτήρια προσδιορισμού του περιβάλλοντος σχηματισμού τους αποτελούν η υφή, τα ορυκτά και η χημική σύσταση του συγκολλητικού υλικού, μαζί με την ιζηματογενή δομή τους (Kelletat, 2006), τα οποία και εξετάζονται στο παρακάτω κεφάλαιο.

Σύμφωνα με τον Moore (1973), η διαδικασία δημιουργίας του συγκολλητικού υλικού σχετίζεται κυρίως με το ρευστό των πόρων, το οποίο προέρχεται από τα γειτονικά υδάτινα περιβάλλοντα. Ως κύρια διαδικασία προσδιορίζεται η διαγένεση, και περιλαμβάνει διεργασίες όπως διάλυση, επανακαθίζηση και ανακρυστάλλωση, που τελικά οδηγεί στην χημική σταθερότητα.

# 3.3.3. Ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης (S.E.M.)

Η λύση στο πρόβλημα της μικρής μεγέθυνσης δόθηκε από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (Scanning Electron Microscope - S.E.M., Εικόνα.49). Με την μέθοδο του S.E.M. πραγματοποιήθηκαν σημειακές μεγεθύνσεις τις τάξεως των 2.500x με σκοπό την μελέτη της δομής και της μορφολογίας μιας επιφάνειας σε ποιοτικό αλλά και ποσοτικό επίπεδο σε πολύ μικρή κλίμακα μελέτης.



Εικόνα.49. Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (S.E.M.).

Ο σκοπός λειτουργίας του S.E.M. ήταν η μελέτη, η περιγραφή και η σύσταση του συνδετικού υλικού των ακτόλιθων που συλλέχθηκαν από την περιοχή μελέτης. Τα δείγματα που κρίθηκαν πως είναι πιο κατάλληλα για να τεθούν σε ηλεκτρονική σάρωση είναι δύο, το A-CH VII(a) και το A-CH III. Αφού πρώτα στιλβώθηκαν για καλύτερα αποτελέσματα στην συνέχεια επιμεταλλώθηκαν για καλύτερη αγωγιμότητα.

Μελετώντας τα δείγματα, μας παρέχεται η δυνατότητα της πληροφορίας για τον χαρακτηρισμό της δομής τους, της ταυτοποίησης των διαφόρων φάσεων των ορυκτών και τον ημι-ποσοτικό προσδιορισμό των κύριων στοιχείων του συγκολλητικού υλικού (μαγνήσιο, ασβέστιο) (Petropoulos et al., 2016).

Η μελέτη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια του Ι.Γ.Μ.Ε. από ειδικούς τεχνικούς. Το μοντέλο του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου που χρησιμοποιήθηκε είναι το JEOL JSM 5600 (S.E.M.), εξοπλισμένο με φασματόμετρο

διασποράς ενέργειας (E.D.S.). Οι συνθήκες λειτουργίας που εφαρμόστηκαν ήταν ως τάση επιτάχυνσης τα 15 kV, ως ρεύμα δέσμης τα 20 nA, ενώ η διάμετρος της δέσμης κυμαινόταν στα 1 - 2 μm. Για τα ορυκτά χρησιμοποιήθηκε ρεύμα δέσμης 20 nA και 20 sec χρόνου καταμέτρησης στην υψηλότερη θέση. Για τα φυσικά μέταλλά χρησιμοποιήθηκαν ως πρότυπα τα εξής ορυκτά: κορούνδιο (Al), Ιαδεΐτη (Na), αλβίτη (Si), βολλαστονίτη (Ca), περίκλαστο (Mg), σιδηροπυρίτη (Fe), ορθόκλαστο (K), ρουτίλιο (Ti) και GaP (Π)

# 3.3.4. Φασματοσκοπία RAMAN

Η Φασματοσκοπία Raman (Raman spectroscopy), είναι ειδική φασματοσκοπική τεχνική που εφαρμόζεται για την έρευνα και μελέτη της δομή των κρυστάλλων. Στην περίπτωση των ακτόλιθων (δείγματα: A-CH VII(a), A-CH III) χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη τεχνική με σκοπό την διάκριση του ανθρακικού υλικού σε ασβεστίτη, Mg-ασβεστίτη ή αραγωνίτη. Οι πληροφορίες αυτές είναι σημαντικές με σκοπό την ταξινόμηση των δειγμάτων στο ανάλογο περιβάλλον σύνθεσής τους και την περαιτέρω εξέλιξή τους.

Η τεχνική αυτή στηρίζεται στο γνωστό αποκαλούμενο οπτικό φαινόμενο Raman, κατά το φαινόμενο αυτό, παρατηρείται μερική μεταβολή συχνότητας και φάσης όταν το φως σκεδάζεται από ορισμένα μόρια (ανελαστική σκέδαση).

Η φασματοσκοπική τεχνική Raman πραγματοποιήθηκε στα ίδια δείγματα και στις ίδιες θέσεις όπως και στην μέθοδο του S.E.M., στα εργαστήρια του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας (Αθήνα). Για την φασματοσκοπεία χρησιμοποιήθηκε πηγή ενέργειας πράσινου χρώματος λέιζερ έντασης 514,5 nm και η φασματική περιοχή περιορίζεται μεταξύ των 100-1500 cm<sup>-1</sup>.



Εικόνα.50. Μικροσκόπιο RAMAN.

# 3.3.5. Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών – GIS (ArcGIS Desktop 10.2)

Τα Γ.Σ.Π. αποτελούν ένα εργαλείο διαχείρισης της πληροφορίας, παρέχει στον χρήστη την δυνατότητα να συλλέγει, διαχειρίζεται, αποθηκεύει, επεξεργάζεται, αναλύει και τέλος να απεικονίζει συνδυαστικά πολλά επίπεδα πληροφοριών, είτε για να περιγράψει μια ιδιότητα, είτε για να απεικονίσει την θέση της στον χώρο (γεωαναφερμένες πληροφορίες), για κάθε περιοχή της γης (παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων) (Εικόνα.51).



Εικόνα.51. Σχεδιαστική απεικόνιση πληροφοριών σε πολλά επίπεδα πληροφοριών.

Μέσα από την επεξεργασία όλων των πληροφοριών που απεικονίζονται στον χώρο δίνεται η δυνατότητα για περαιτέρω άντληση πληροφοριών που να αναλύσει τα χωρικά δεδομένα και να επεμβαίνει στα χαρακτηριστικά τους.

Τα επιμέρους τμήματα που αποτελείται ένα Γ.Σ.Π. είναι το υλικό, δηλαδή οι ψηφιοποιητές, ο Η/Υ, οι σαρωτές, το λογισμικό, ένα πρόγραμμα που είναι ικανό να εισάγει, διορθώσει, αποθηκεύσει, διαχειριστεί, αναλύσει και απεικονίσει ψηφιακά τα δεδομένα και τέλος, τα δεδομένα, πρόκειται για το σύνολο της πληροφορίας της περιοχής ενδιαφέροντος. Τα δεδομένα διαχωρίζονται σε χωρικές (θέση, μορφή, σχέσεις) και σε περιγραφικές (τιμές, χαρακτηριστικά) πληροφορίες.

Για την μελέτη της περιοχής αρχικά εισήχθηκε η δορυφορική εικόνα Landsat και στη συνέχεια γεωαναφέρθηκε βάση του προβολικού συστήματος αναφοράς WGS\_1984\_UTM\_Zone\_34N (Εικόνα.52). Ακολούθησε εισαγωγή των δεδομένων από την πλευρική σάρωση (SideScan Sonar) της περιοχής και στην συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν οι περιοχές ενδιαφέροντος ανάλογα με τον σκοπό της πληροφορίας που αναζητείται (αμμώδης εκτάσεις, σκληρό υπόστρωμα, δειγματοληψίες). Τέλος με την χρήση των περιβαλλόντων εργασίας που προσφέρει το ArcGIS Desktop (ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox) κατασκευάστηκαν ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM) χρησιμοποιώντας τους ως θεματικούς χάρτες (π.χ. βαθυμετρικός χάρτης, κοκκομετρικοί χάρτες).



Εικόνα.52. Γεωαναφερμένη δορυφορική εικόνα Landsat της περιοχής μελέτης (Κόλπος Χανίων).

# 4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

# 4.1. Η ακουστική διαφοροποίηση του βυθού – Βαθυμετρία της περιοχής μελέτης

Η συλλογή των δεδομένων που ελήφθησαν από την τεχνική της ηχοβολιστικής πλευρικής σάρωσης, αφού πρώτα επεξεργάστηκαν, κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα σύνολο αποτελεσμάτων του θαλάσσιου πυθμένα που περιλαμβάνουν (α) τον βαθυμετρικό χάρτη, (β) την χαρτογράφηση των τύπων υπόβαθρου, (γ) χάρτη κλίσεων, (δ) χάρτης προσανατολισμού κλίσεων και (ε) χάρτη τραχύτητας (ανωμαλίας) της επιφάνειας του θαλάσσιου πυθμένα.

Για καλύτερη ανάγνωση των αποτελεσμάτων διαχωρίστηκε η περιοχή μελέτης από τα δυτικά προς τα ανατολικά σε τρία επιμέρους τμήματα.

# Δυτικό τμήμα (Κολυμβάρι – Μάλεμε)



Εικόνα 53. β) Καταγραφή ακουστικής πλευρικής σάρωσης του θαλάσσιου πυθμένα



Εικόνα 53. δ) Χάρτης Προσανατολισμού Κλίσεων



Εικόνα 53. ε) Χάρτης Τραχύτητας του Θαλάσσιου πυθμένα

Στο δυτικό τμήμα (Κολυμβάρι – Μάλεμε) συναντιούνται τα μεγαλύτερα βάθη, από όλη την περιοχή μελέτης, της τάξεως των 21 m σε μια απόσταση από την ακτή 1.300 m. Οι διακυμάνσεις των ισοβαθών σε γενικές γραμμές είναι ομαλές, με μια μόνο περιοχή διαταραχών να εστιάζεται στις εκβολές του Ταυρωνίτη και μέχρι τα βάθη των 10 m, ενώ στα βαθύτερα τμήματα η κατάσταση ομαλοποιείται. Στο συγκεκριμένο τμήμα διακρίνεται εκατέρωθεν των εκβολών του Ταυρωνίτη διαφοροποίηση του τύπου του θαλάσσιου πυθμένα από αμμώδες σε βραγώδες, με έκταση 1,96 km<sup>2</sup> από την συνολική έκταση των 2,3 km<sup>2</sup> για σκληρό υπόστρωμα. Οι κλίσεις του θαλάσσιου πυθμένα, για το δυτικό τμήμα, κυμαίνονται από  $0^0$  έως  $5^0$ , με την μεγαλύτερη διακύμανση τιμών να εντοπίζεται στην περιοχή με το σκληρό υπόβαθρο ενώ στην υπόλοιπη περιοχή (αμμώδης πυθμένας) οι κλίσεις είναι μηδενικές. Αξιοπρόσεκτες τιμές κλίσεων  $(2^0 - 5^0)$  εμφανίζονται παράλληλα και σε μικρή απόσταση από την ακτογραμμή, πιθανολογώντας την ύπαρξη ενός υποθαλάσσιου longshore bar. Όσο αφορά τον προσανατολισμό των κλίσεων, η κύρια διεύθυνση για τον αμμώδη πυθμένα προσδιορίζεται Βόρεια - Βορειοανατολικά, ενώ για την περιοχή με το βραχώδες υπόστρωμα ο προσανατολισμός των κλίσεων εμφανίζει δύο κύριες διευθύνσεις, Βορειοδυτικά για το βραχώδες υπόστρωμα που βρίσκεται δυτικά των εκβολών του Ταυρωνίτη και Βορειοανατολικά για το βραγώδες υπόστρωμα που βρίσκεται ανατολικά των εκβολών του Ταυρωνίτη, σχηματίζοντας ένα υποθαλάσσιο ύβωμα. Τέλος, οι τιμές τραχύτητας της επιφάνειας του θαλάσσιου πυθμένα επιβεβαιώνουν την διαφορετική αντανακλαστικότητα των γεωμορφών, με τις τιμές για το βραγώδεις υπόστρωμα να κυμαίνονται μεταξύ 0,000056-0,0036 (Sappington et al., 2007) όταν η τιμή 0 δηλώνει καμία μεταβολή εδάφους (άμμος) και η τιμή 1 δηλώνει έντονη μεταβολή εδάφους (οι τυπικές τιμές για φυσικά εδάφη κυμαίνονται μεταξύ 0 – 0,4), ενώ στην υπόλοιπη περιοχή οι τιμές τραχύτητας δηλώνουν ασήμαντες μεταβολές της επιφάνειας του πυθμένα. Η εμφάνιση ενδιάμεσων τιμών τραχύτητας παράλληλα και σε κοντινή απόσταση από την ακτογραμμή, ενισχύουν την πιθανότητα ύπαρξης ενός longshore bar.

#### Κεντρικό τμήμα (Μάλεμε – Πλατανιάς)



Εικόνα 54. α) Βαθυμετρικός χάρτης



Εικόνα 54. β) Καταγραφή ακουστικής πλευρικής σάρωσης του θαλάσσιου πυθμένα 760000



760000 Εικόνα 54. γ) Χάρτης Κλίσεων 760000



Εικόνα 54. δ) Χάρτης Προσανατολισμού Κλίσεων



Εικόνα 54. ε) Χάρτης Τραχύτητας του Θαλάσσιου πυθμένα

Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης, στην παράκτια περιοχή του Γερανίου (Μάλεμε), η βαθυμετρία αποτελεί μια συνέχεια των ισοβαθών της δυτικότερης περιοχής, με τα μεγαλύτερα βάθη να εντοπίζονται στα 1.100 m από την ακτή, της τάξεως των 11 m. Στην συγκεκριμένη περιοχή, η ακουστική αποτύπωση του θαλάσσιου πυθμένα διέκρινε κατά κύριο λόγω αμμώδη πυθμένα, με μια μικρή επιφάνεια σκληρού υποστρώματος έκτασης 0,14 km<sup>2</sup> να εντοπίζεται δυτικά των εκβολών του ποταμοχείμαρρου Κερίτη. Διακυμάνσεις στις κλίσεις της επιφάνειας του πυθμένα εντοπίζονται μόνο στην περιοχή του βραχώδες υποστρώματος (1<sup>0</sup> – 7<sup>0</sup>) και παράλληλα της ακτογραμμής σε κοντινή απόσταση από αυτήν (1<sup>0</sup> – 3<sup>0</sup>). Ο προσανατολισμός των κλίσεων προσδιορίζεται Βόρειος για την περιοχή του αμμώδη πυθμένα, ενώ στο βραχώδες υπόστρωμα επικρατεί η Βορειοανατολικά. Τέλος, ανωμαλίες της επιφάνειας του πυθμένα, βάση του δείκτη τραχύτητας, εντοπίζονται μόνο στη περιοχή ματος που κλίνει προς τα ανατολικά. Τέλος, ανωμαλίες της επιφάνειας του πυθμένα, βάση του δείκτη τραχύτητας, εντοπίζονται



# Ανατολικό τμήμα (Πλατανιάς, Αγία Μαρίνα)

Εικόνα 55. α) Βαθυμετρικός χάρτης



Εικόνα 55. β) Καταγραφή ακουστικής πλευρικής σάρωσης του θαλάσσιου πυθμένα 766000



Εικόνα 55. γ) Χάρτης Κλίσεων



Εικόνα 55. δ) Χάρτης Προσανατολισμού Κλίσεων



Εικόνα 55. ε) Χάρτης Τραχύτητας του Θαλάσσιου πυθμένα

Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης από την περιοχή της Αγίας Μαρίνας και ανατολικότερα, οι ισοβαθείς για απόσταση 700 m από την ακτή, παρουσιάζονται αισθητά μειωμένες σε σχέση με τα προηγούμενα βάθη, έχοντας ως μέση τιμή βάθους τα 6 m και μεγαλύτερο βάθος τα 8,5 m. Στην μεταξύ περιοχή της Αγ. Μαρίνας και του νησιού των Αγίων Θεοδώρων γίνεται πιο εμφανής το αβαθές περιβάλλον αφού τα βάθη δεν ξεπερνούν τις τιμές των 5 m, λόγω της παρουσίας σκληρού υποστρώματος. Όσο αφορά την ακουστική διαφοροποίηση του βυθού, αποτυπώνονται διάσπαρτες περιοχές με σκληρό υπόστρωμα μέσα σε ένα αμμώδη πυθμένα, δημιουργώντας ένα αβαθές περιβάλλον (μειώνεται αισθητά το βάθος του πυθμένα). Η συνολική έκταση που καλύπτουν αυτές οι διάσπαρτες εμφανίσεις αναλογούν σε 0,2 km<sup>2</sup>. Οι διάσπαρτες εμφανίσεις του σκληρού υποστρώματος έγουν ως αποτέλεσμα να εμφανίζονται διάσπαρτες τιμές κλίσεων της επιφάνειας του πυθμένα  $(1^0 - 7^0)$  με τις μεγαλύτερες τιμές αυτών να συγκεντρώνονται α) στην περιογή του αλιευτικού καταφυγίου του Πλατανιά, β) στην περιογή των τεγνητών προβόλων και γ) στο αβαθές περιβάλλον μεταξύ της Αγ. Μαρίνας και του νησιού των Αγίων Θεοδώρων. Έντονη εναλλαγή του προσανατολισμού των κλίσεων παρατηρείται μεταξύ της περιοχής της Αγίας Μαρίνας και του νησιού των Αγίων Θεοδώρων σχηματίζοντας ένα ύβωμα, όπου δυτικά της περιοχής αυτής η διεύθυνση προσανατολισμού κλίνει προς τα Βορειοδυτικά ενώ. ανατολικά της ενδιάμεσης περιογής η διεύθυνση προσανατολισμού κλίνει προς τα Βορειοανατολικά. Ο τοπογραφικός δείκτης τραχύτητας του θαλάσσιου πυθμένα, εμφανίζει αυξημένες τιμές (0,000056 -0,0036), σε σχέση με τις γειτονικές περιοχές, σε τρεις επιφάνειες του ανατολικού τμήματος της περιοχής μελέτης, α) στην περιοχή του αλιευτικού καταφυγίου του Πλατανιά, β) στην περιοχή των τεχνητών προβόλων και γ) στο αβαθές περιβάλλον μεταξύ της Αγ. Μαρίνας και του νησιού των Αγίων Θεοδώρων.

Τέλος για την καλύτερη κατανόηση της μορφολογίας του πυθμένα πραγματοποιήθηκαν 5 κάθετες διατομές από την ακτή (0 m) προς την θάλασσα, σε επιλεγμένες θέσεις (Εικόνα.56), ώστε να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά του πυθμένα (κλίση, υπόβαθρο κλπ.).

<sup>&</sup>lt;sup>\*</sup> Τιμές Τραχύτητας: 0 (καμία μεταβολή εδάφους) – 1 (έντονη μεταβολή εδάφους). Τυπικές τιμές για φυσικά εδάφη κυμαίνονται μεταξύ 0 – 0,4.



Εικόνα.56. Επιλεγμένες θέσεις κάθετων τομών.

Αναλύοντας τις κάθετες τομές προς την ακτή συμπεραίνεται πως οι τομές 1 και 3 με μήκος 1.100 m και διεύθυνση νοτιοδυτική - βορειοανατολική, σε γενικές γραμμές ταυτίζονται ως προς την βαθυμετρία, την μορφολογία αλλά και την σύσταση του υποστρώματος (άμμος). Αντίθετα η τομή 2 μήκους 1.300 m, και με διεύθυνση νοτιοδυτική - βορειοανατολική, απαρτίζεται σε όλη της την επιφάνεια από σκληρό υπόστρωμα, με την κλίση της μορφολογία να είναι πιο απότομη και να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών  $1^0 - 3,5^0$  σε σχέση με τις τομές 1 και 3 όπου οι κλίσεις της επιφάνειας του πυθμένα κυμαίνονται στην 0,5<sup>0</sup>. Σε αυτή την τομή συναντιούνται και τα μεγαλύτερα βάθη (21 m) σε απόσταση 1.300 m από την ακτή.

Η τομή 4, με διεύθυνση νοτιοανατολική – βορειοδυτική, είναι τοποθετημένη πάνω στην περιοχή όπου υπάρχουν οι εκτενείς εμφανίσεις του σκληρού υποστρώματος με αποτέλεσμα τα βαθύτερα τμήματα της τομής να είναι της τάξεως των 4,4 m. Η τομή μέχρι το βάθος των 2,3 m απαρτίζεται από σκληρό υπόστρωμα ενώ στην συνέχεια, κινούμενοι προς τα βορειοδυτικά, ακολουθεί αμμώδη κάλυψη του πυθμένα. Αξιοπρόσεχτες είναι οι δύο απότομες κλίσεις που εμφανίζονται στα βάθη των 2,6 m και για μια απόσταση 200 m από την ακτή, και στα 3,1 m και για απόσταση 300 m από την ακτή (από 0 - 0,5<sup>0</sup> σε 2<sup>0</sup>). Η τομή έχει μήκος 700 m.

Τέλος η τομή 5 (διεύθυνση νοτιοδυτική – βορειοανατολική), επίσης με μήκος 700 m, παρουσιάζει μια εναλλαγή σχηματισμών λόγω των διάσπαρτων τμημάτων σκληρού υποστρώματος. Μέχρι το βάθος των 7,3 m ο πυθμένας απαρτίζεται από αμμώδης υλικό, από το βάθος των 7,3 m μέχρι τα 8 m ακολουθεί το σκληρό υπόστρωμα και στην συνέχεια πάλι το αμμώδες υλικό. Όσο αφορά την κλίση του πυθμένα, αξιοσημείωτη είναι η εναλλαγή κλίσης που παρουσιάζει στο βάθος των 3 m, όπως και στην τομή 4, η κλίση αυξάνει απότομα μέχρι το βάθος των 8 m και για μια μεταξύ τους απόσταση 400 m (από 0 - 0,5<sup>0</sup> σε 1,5<sup>0</sup>), στη συνέχεια η κλίση του πυθμένα επανέρχεται και πάλι στην αρχική του κατάσταση (0 – 0,5<sup>0</sup>).

Συμπερασματικά ο πρώτος και κύριος τύπος υποστρώματος, που καλύπτει και το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης, αφορά τον αμμώδη θαλάσσιο πυθμένα, ενώ ως δευτερεύον τύπος μπορεί να χαρακτηριστεί το σκληρό βραχώδες υπόστρωμα, το οποίο και εμφανίζεται κατά τόπους.

Οι αμμώδεις εμφανίσεις αποτελούν την πλειοψηφία της επιφάνειας του θαλάσσιου πυθμένα και καλύπτουν μια έκταση των 14,52km<sup>2</sup> (Εικόνα. 57). Χαρακτηριστική εμφάνιση στην αμμώδη περιοχή, που αποτυπώνεται και στην πλευρική σάρωση, είναι η κατά τόπους παρουσία αμμώδων ρυτιδώσεων με γενική διεύθυνση νοτιοδυτική – βορειοανατολική (Εικόνα. 58). Οι αμμώδεις ρυτιδώσεις εμφανίζονται και στις εκβολές του Ταυρωνίτη και του Κερίτη καθώς αποτελούν δύο ενεργές πηγές απόθεσης ιζήματος κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι δομές αυτές δημιουργούνται στην επιφάνεια του ιζήματος και έχουν κυματοειδής μορφή, καθώς το ρεύμα κυματογενούς προέλευσης, μετακινεί το ίζημα (Εικόνα. 59).



Εικόνα.57.Απεικόνιση της αμμώδης έκτασης του θαλάσσιου πυθμένα, στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα. 58. Αμμώδεις ρυτιδιώσεις κατά μήκος της περιοχής Κολυμβάρι – Μάλεμε



Εικόνα.59. Παρουσία μικρών αμμώδων ρυτιδιώσεων λόγω κυματισμού, στον αμμώδη θαλάσσιο πυθμένα στην παράκτια περιοχή του Μάλεμε.



Εικόνα.60. Καταγραφή σκληρού υποστρώματος μέσω της ακουστικής πλευρικής σάρωσης.



Εικόνα.61. Σκληρό υπόστρωμα μεταλπικών αποθέσεων στον θαλάσσια πυθμένα, στην περιοχή του αλιευτικού καταφυγίου.

# 4.2. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης

Κατόπιν της κοκκομετρικής ανάλυσης σε 42 αμμώδη δείγματα (Πίνακας 4), διαπιστώθηκε ότι η πλειονότητα των κόκκων κατανέμονται μεταξύ των κοκκομετρικών κλασμάτων 125-250 μm και 63-125 μm, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις και η κοκκομετρική διαβάθμιση 250-500 μm παρουσιάσει αυξημένες τιμές που κυμαίνονται μεταξύ του 6,85% έως 16,05%.



Εικόνα.62. Χάρτης απεικόνισης σημείων δειγματοληψίας άμμου.

#### Πίνακας 4. Κοκκομετρική διαβάθμιση άμμου – αποτελέσματα επί τοις εκατό (%)

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΑΜΜΩΔΟΥΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ – ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ (%)

	ΔειΓΜΑ	2-4mm	1-2mm	500µ-1mm	250-500µm	125-250μm	63-125μm	<63µm
ID	<u>TOMH 1</u>							
1	A-CH 1	0.00	0.00	0.79	16.05	78.33	4.78	0.05
2	A-CH 2	0.19	0.24	1.38	4.87	68.87	23.69	0.75
3	A-CH 3	0.00	0.16	0.35	0.95	69.80	27.62	1.12
4	A-CH 4	0.38	0.15	0.34	0.76	76.38	21.21	0.77
5	A-CH 5	0.41	0.02	0.03	0.18	65.42	32.70	1.23
6	A-CH 6	-	0.01	0.04	0.42	79.02	19.49	1.02
	<u>TOMH 2</u>							
7	A-CH 7	-	-	0.28	6.85	85.36	7.35	0.16
8	A-CH 8	2.85	1.02	1.14	1.14	78.72	14.36	0.76

- 57 -

9	A-CH 9	-	-	-	0.07	68.35	30.10	1.48
10	A-CH 10	-	-	0.02	0.10	75.30	23.57	1.02
11	A-CH 11	-	-	-	0.05	70.55	28.17	1.23
12	A-CH 12	-	-	0.02	0.09	73.35	25.34	1.21
	<u>TOMH 3</u>							
13	A-CH 13	-	0.09	0.15	0.88	94.05	4.69	0.14
14	A-CH 14	0.76	0.84	1.86	2.18	65.59	28.01	0.76
15	A-CH 15	-	-	-	0.06	58.51	39.27	2.16
16	A-CH 16	0.06	-	0.03	0.09	51.89	46.42	1.53
17	A-CH 17	_	-	0.02	0.13	67.81	31.02	1.02
18	A-CH 18	-	-	-	0.12	60.60	37.89	1.39
	<u>TOMH 4</u>							
19	A-CH 19	0.01	0.06	0.17	0.64	74.40	24.30	0.42
20	A-CH 20	-	0.05	0.11	0.69	84.38	14.10	0.67
21	A-CH 21	-	0.17	0.32	0.58	75.22	22.79	0.93
22	A-CH 22	2.95	-	0.02	0.09	62.00	34.10	0.83
23	A-CH 23	-	-	0.05	0.45	72.18	25.49	1.83
24	A-CH 24	0.21	0.05	0.04	0.37	65.21	32.54	1.58
	<u>TOMH 5</u>							
25	A-CH 25	-	0.07	0.32	3.53	85.57	10.20	0.31
26	A-CH 26	0.31	0.20	0.31	0.78	82.05	15.80	0.54
27	A-CH 27	0.23	-	0.02	1.27	25.13	70.47	2.88
28	A-CH 28	-	-	0.05	0.29	68.30	30.04	1.32
29	A-CH 29	0.28	-	0.03	0.14	63.92	34.89	0.73
30	A-CH 30	1.03	-	0.06	0.25	65.41	32.48	0.77
	<u>TOMH 6</u>							
31	A-CH 31	0.09	0.48	1.96	9.61	84.33	3.51	0.02
32	A-CH 32	0.38	0.33	0.10	0.20	63.56	34.83	0.60
33	A-CH 33	1.72	0.07	0.02	0.08	59.74	37.50	0.87
34	A-CH 34	1.64	-	0.07	0.1	44.14	53.08	0.98
35	A-CH 35	0.23	-	0.12	0.09	41.80	56.58	1.17
36	A-CH 36	-	-	-	0.07	58.17	40.95	0.81
	<u>TOMH 7</u>							
37	A-CH 37	-	0.09	0.15	0.18	66.31	32.42	0.85
38	A-CH 38	-	0.05	0.10	0.28	65.68	33.17	0.72
39	A-CH 39	0.02	0.05	0.77	7.64	81.72	9.79	0.02
	<u>ΘΕΣΗ 8</u>							
40	A-CH 40	0.21	0.16	0.12	0.27	64.38	34.06	0.80
41	A-CH 41	0.86	0.50	0.83	0.65	74.75	22.16	0.26
42	A-CH 42	0.45	0.61	1.33	1.82	73.59	18.44	3.75

#### Στατιστικοί παράμετροι ιζήματος

Εφαρμόζοντας το πρόγραμμα GradiStat για όλα τα δείγματα, υπολογίστηκε α) το μέσο γραφικό μέγεθος κόκκων (Mz), β) η ενεργή διάμετρο d50, γ) η γραφική κύρτωση (ku) αλλά και δ) η γραφική λοξότητα (sk) από την κοκκομετρική καμπύλη (Πίνακας. 7 - Παράρτημα).

Πιο συγκεκριμένα, το μέσο γραφικό μέγεθος (Mz) δίνει μια γενική και αντιπροσωπευτική εικόνα για την ένταση του μέσου μεταφοράς του ιζήματος. Η ενεργή διάμετρος d50 αντιστοιχεί στο διερχόμενο ποσοστό 50% των κόκκων, η οποία για την λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμο έχει μέση τιμή 0,2mm. Η γραφική κύρτωση (ku) μετρά το πλάτος – ύψος της κορυφής της καμπύλης συχνότητας και εκφράζει τη συμμετρία ή ασυμμετρία κατανομής του πληθυσμού στα άκρα, ενώ η γραφική λοξότητα (sk) εκφράζει επίσης την συμμετρία ή μη της κατανομής των κόκκων γύρω από το μέσο όρο ενός πληθυσμού.

Δημιουργώντας για το κάθε ένα από τα δείγματα ιζήματος και το αντίστοιχο διάγραμμα κοκκομετρικής αθροιστικής καμπύλης αλλά και την αντίστοιχη καμπύλη ιστογράμματος, και προσδιορίζοντας τα όρια τιμών των παραμέτρων του μεγέθους των κόκκων, μπορούν να ερμηνευθούν οι μηχανισμοί που δημιουργούν ορισμένους πληθυσμούς.

Τα όρια τιμών των παραμέτρων του μεγέθους των κόκκων είναι:

<ul> <li>Για την γραφική κύρτως</li> </ul>	ση (ku):
ku < 0.67 πολύ πλατύκυρτη,	ku = 1,11 – 1,50 λεπτόκυρτη,
ku = 0,67 - 0,90 πλατύκυρτη,	ku = 1,50 – 3 πολύ λεπτόκυρτη
ku = 0,90 – 1,11 μεσόκυρτη	ku > 3 εξαιρετικά λεπτόκυρτη

<ul> <li>Για την γραφική λοξότητα</li> </ul>	2 (sk):
sk = 1 μέχρι +0,3 πολύ θετική,	sk = -0,1 μέχρι -0,3 αρνητική,
sk = +0,3 μέχρι +0,1 θετική,	sk = -0,3 μέχρι -1 πολύ αρνητική.
sk = +0,1 μέχρι -0,1 συμμετρική,	

Αναλύοντας τα διαγράμματα, συμπεραίνεται πως η πλειοψηφία των δειγμάτων αποτελούν ασύμμετρες κατανομές με θετικό πρόσημο, με την γραφική τους κύρτωση να κυμαίνεται μεταξύ πλατύκυρτης και μεσόκυρτης κατανομής.

Πιο αναλυτικά, για την γραφική κύρτωση (ku) η πλειοψηφία των δειγμάτων (21 δείγματα) κυμαίνεται μέσα στα όρια της πλατύκυρτης καμπύλης, δηλαδή μεγάλη διασπορά κατανομής των κόκκων σε σχέση με το μέσο όρο. Ακολουθούν 12 δείγματα μεταξύ των ορίων της μεσόκυρτης καμπύλης, έχοντας κανονική κατανομή κόκκων γύρω από το μέσο όρο και τέλος τα υπόλοιπα 8 και 1 δείγματα, που κυμαίνονται αντίστοιχα μεταξύ των ορίων της λεπτόκυρτης και πολύ λεπτόκυρτης καμπύλης.

Σχετικά με την γραφική λοξότητα (sk), η συντριπτική πλειοψηφία των δειγμάτων (32 δείγματα) βρίσκονται μεταξύ των ορίων των θετικών τιμών της παραμέτρου, δηλαδή ο μέσος όρος βρίσκεται προς την πλευρά των λεπτόκοκκων υλικών και η μέση τιμή με την επικρατέστερη τιμή βρίσκονται προς την πλευρά των χονδρόκοκκων υλικών, δηλώνοντας με αυτό τον τρόπο την περίσσεια λεπτόκοκκων κόκκων στον πληθυσμό του δείγματος. Σε 7 δείγματα οι τιμές της γραφικής λοξότητας κυμαίνονται μεταξύ των ορίων της συμμετρικής καμπύλης (ο μέσος όρος, η μέση τιμή και η επικρατέστερη τιμή σχετικά συμπίπτουν) και τα υπόλοιπα 3 δείγματα παρουσιάζουν τιμές μεταξύ των εύρων της αρνητικής κατανομής, όπου τα χονδρόκοκκαι ιζήματα είναι αυτά που επικρατούν των λεπτόκοκκων ιζημάτων στον πληθυσμό των δειγμάτων.







Εικόνα.63. Διαγράμματα κοκκομετρικής αθροιστικής καμπύλης (κόκκινη γραμμή) και καμπύλες ιστογράμματος (μαύρη γραμμή) για τις θέσεις δειγματοληψίας άμμου 1 έως 8.

Τέλος βάση των ποσοστών κατανομής των κόκκων και τα στοιχεία που εξήχθησαν από τις κοκκομετρικές αναλύσεις, καθορίστηκε ο λιθολογικός χαρακτήρας των ιζημάτων με την βοήθεια της ταξινόμησης κατά Folk and Ward 1957 (Πίνακας 5 - Παράρτημα). Το σύνολο των ιζηματολογικών δειγμάτων κινήθηκε ανάμεσα των ορίων άμμου – ελαφρώς χαλικώδης άμμος (Εικόνα 64) (Sand – Slightly Gravelly Sand).





Εικόνα.64. Διαγράμματα ταξινόμησης των δειγμάτων κατά Folk & Ward (1957) – σε διάγραμμα με κορυφές Χαλίκι (G) – Άμμος (S) – Ιλύς (M).



Εικόνα.65. Χάρτης χωρικής κατανομής Μέσου Γραφικού Μεγέθους Κόκκων (Mz).



Εικόνα.68. Χάρτης χωρικής κατανομής Γραφικής Λοξότητας (Sk)

Παρατηρώντας τις Εικόνες 65-66-67-68 γίνεται κατανοητό πως η συντριπτική επιφάνεια του θαλάσσιου πυθμένα αποτελείται από λεπτόκοκκο ίζημα μεγέθους 151 – 200 μm με μερικές εξαιρέσεις να παρουσιάζονται στις περιοχές κοντά στην ακτογραμμή όπου το ίζημα είναι πιο χονδρόκοκκο (200 – 300 μm) και στα εσωτερικότερα του θαλάσσιου χώρου όπου το ίζημα μετατρέπεται σε πιο λεπτόκοκκο με τιμές μεταξύ 125 – 150 μm, δίνοντας την εικόνα ενός ομοιόμορφου θαλάσσιου πυθμένα. Κυρίως το πιο χονδρόκοκκο ίζημα συγκεντρώνεται στις περιοχές α) μεταξύ των εκβολών του χείμαρρου Σκουτελώνα και του ποταμού Ταυρωνίτη, β) του αλιευτικού καταφυγίου και γ) στο ανατολικότερο τμήμα της ακτογραμμής, της περιοχής μελέτης.

# 4.3. Παρατηρήσεις από το Πετρογραφικό Μικροσκόπιο

Η αρχική εξέτασή των ακτόλιθων έγινε με χρήση του πολωτικού μικροσκοπίου. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής περιγραφή της δομής και των συνθηκών δημιουργία τους, ενώ στη συνέχεια επιλέχτηκαν δύο αντιπροσωπευτικά δείγματα (A-CH VII(a) και A-CH III) λόγω του πλούσιου σε αυτά συγκολλητικού υλικού αλλά και στην ύπαρξη θραυσμάτων πετρώματος από την ευρύτερη περιοχή, τα οποία και εξετάστηκαν.

Όπως αναφέρθηκε στα δείγματα παρατηρείται πλούσιο συνδετικό υλικό, το οποίο και αναπτύσσεται περιμετρικά των κόκκων μέσω των μικροσκοπικών κρυστάλλων, το υλικό αυτό συνδέει διάφορους κλάστες μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα σκληρό πέτρωμα (Hanor, 1978). Στην εικόνα 69 απεικονίζεται μέρος της δομής του πετρώματος (φωτομωσαϊκά) για τα δείγματα A-CH VII(a) και A-CH III, μέσω οπτικού μικροσκοπίου.



Εικόνα.69. (Αριστερά) Α-CH VII(a): Η ταξινόμηση των κόκκων κρίνεται ως καλά ταξινομημένηθ (χαμηλή διακύμανση). Το ψαμμιτικό πέτρωμα περιλαμβάνει ανθρακικούς κόκκους (ασβεστόλιθος), κόκκους χαλαζία και χαλαζοαστριούχους κόκκους (γνευσιακής προέλευσης), επίσης παρατηρούνται και απολιθώματα.

(Δεξιά) A-CH III: Η ταξινόμηση των κόκκων χαρακτηρίζεται ως μέτρια ταξινομημένη (μέτρια διακύμανση). Περιλαμβάνει κόκκους χαλαζία και χαλαζοαστριούχους κόκκους (γνευσιακής προέλευσης).

Qz: χαλαζίας, Q-F: χαλαζοαστριούχο, CaCO3: ασβεστόλιθος.



Εικόνα.70. (A –B), Λεπτόκοκκος ψαμμίτης στον οποίο εσωκλείονται τεμάχη πετρωμάτων, κόκκοι χαλαζία (Qz) και απολιθώματα. Το πλούσιο σε ανθρακικό συγκολλητικό υλικό, αντιστοιχεί σε ένα λεπτό στρώμα που συγκεντρώνεται γύρω από την πλειονότητα των κόκκων. Στο (B) οι κόκκοι παρουσιάζονται ως καλώς ταξινομημένοι στον χώρο. ( $\Gamma - \Delta$ ), Λεπτόκοκκος ψαμμίτης όπου εσωκλείονται κυρίως τεμάχη πετρωμάτων και χαλαζία. Επίσης το ανθρακικό συγκολλητικό υλικό παρουσιάζει μεταβλητό πάχος και περικλείει όλους τους κόκκους. Παρατηρείται πως ο βαθμός συγκέντρωσης των κόκκων είναι μεγάλος. (A – B) Δείγμα A-CH VII(a) και ( $\Gamma - \Delta$ ) Δείγμα A-CH III. Τ.Π.: τεμάχοι πετρωμάτων, Qz: χαλαζίας.

# 4.4. Παρατηρήσεις από την Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (S.E.M.)

Οι αναλύσεις στο S.E.M. οδήγησαν στο συμπέρασμα πως τα δύο δείγματα παρουσιάζουν στο συγκολλητικό υλικό υψηλές τιμές σε ανθρακικά ορυκτά (A-CH VII (α), CaCO<sub>3</sub>: 94,1 - 100% - A-CH III, CaCO<sub>3</sub>: 82,7 - 91%), με τις τιμές του Mg να κυμαίνονται από 0 - 7,25% (κυρίως στο δείγμα A-CH III, με το δείγμα A-CH VII(a) στις περισσότερες περιπτώσεις να στερείται την παρουσία του Mg).

#### 4.5. Παρατηρήσεις από την Φασματοσκοπία RAMAN

Η πλειονότητα των μετρήσεων φανέρωσαν ότι το ανθρακικό ορυκτό που επικρατεί στο συγκολλητικό υλικό του δείγματος A-CH VII(a) είναι ο ασβεστίτης, ενώ στο δείγμα A-CH III στο συγκολλητικού υλικό επικρατεί ο Mg-ασβεστίτης και συμμετέχει ο αραγωνίτης (Petropoulos et al., 2016).



Εικόνα.71. Φασματοσκοπία RAMAN στα δείγματα A-CH VII(a) - A-CH III με την παρουσία Mg-ασβεστίτη, και αραγωνίτη.

## 5. ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα γεωλογικά, γεωμορφολογικά, υδρολογικά, κλιματολογικά, ανεμολογικά και κυματικά στοιχεία της περιοχής, σε συνάρτηση με τα αποτελέσματα από την ακουστική σάρωση του θαλάσσιου πυθμένα, την κοκκομετρία και την σύσταση των ιζημάτων (μέσω κοκκομετρίας, οπτικού-ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και φασματοσκοπίας RAMAN), δίνουν πληροφορίες για την παράκτια δυναμική του κόλπου Χανίων.

Αναλύοντας τους χερσαίους παράγοντες κρίθηκε πως στο γεωλογικό υπόστρωμα, που αποτελείται στην πλειονότητά του από ανθρακικούς και φυλλιτικούςχαλαζιτικούς σχηματισμούς, επικρατούν οι συνθήκες ώστε να δράσουν οι παράγοντες της αποσάθρωσης και της διάβρωσης, μιας και το ανάγλυφο στα ενδότερα παρουσιάζει αυξημένες κλήσεις. Επίσης η ύπαρξη καλά ανεπτυγμένου υδρογραφικού δικτύου 6<sup>ης</sup> τάξης (Κερίτης-Ταυρωνίτης) σε συνδυασμό με την ύπαρξη αδιαπέρατων σχηματισμών (φυλλίτες-μάργες), άρα και της επιφανειακής απορροής, ευνοεί την μεταφορά και τελικά την απόθεση των φερτών υλών στις εκβολές των ποταμών κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Παρόλα αυτά η έντονη εμφάνιση σκληρού υποστρώματος στις εκβολές του Ταυρωνίτη, που θα έπρεπε να είναι ο κύριος τροφοδότης φερτών υλών στις παράκτιες περιοχές, καθιστά την περιοχή φτωχή σε υλικά απόθεσης, θέτοντας το ερώτημα αν υπάρχουν και τελικά που βρίσκονται τα υλικά που αποτίθενται μέσω του υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή μελέτης – και ποια η συμβολή του ανθρώπινου παράγοντα σε αυτό.

Όσο αφορά το κυματικό – ανεμολογικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής, γίνεται αντιληπτό πώς οι συχνότερα εμφανιζόμενοι άνεμοι εντοπίζονται από τις Νότιες- Νοτιοδυτικές διευθύνσεις, (240°,255°). Οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου που αντιστοιχούν στις επικρατέστερες διευθύνσεις δεν ξεπερνούν τα 13.8m/s δηλαδή τα 6 Beaufort, ενώ οι συνήθεις τιμές των ταχυτήτων τους, είναι της τάξεως των 4 Beaufort (7.9 m/s). Οι τιμές προσομοίωσης της ταχύτητας ανέμου που είναι μεγαλύτερες των 17.1 m/s, τη διάρκεια της δεκαετίας 1995-2004, αντιστοιχούν σε Βόρειες διευθύνσεις, με μέγιστη τιμή αυτή των 18.48 m/s διεύθυνσης  $0^{\circ}$ . Όσο αφορά τις κυματικές συνθήκες, οι συγνότερες κατευθύνσεις διάδοσης των κυματισμών με συχνότητα εμφάνισης 16% προέρχονται από τους τομείς  $(0^{\circ}, 15^{\circ})$  και  $(270^{\circ}, 285^{\circ})$ . Οι συνήθεις τιμές σημαντικού ύψους κύματος είναι μεταξύ 0 - 0.5 m ενώ η μέση τιμή σημαντικού ύψους κύματος τη δεκαετία 1995-2004 είναι 0.65 m. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται κυρίως από τον τομέα (345°,30°), δηλαδή από τις Βόρειες και Βόρειες-Βορειοανατολικές διευθύνσεις, ενώ η μέγιστη τιμή προσομοίωσης του σημαντικού ύψους κύματος τη δεκαετία 1995-2004 είναι 4.5 m και προέργεται από το Βορρά (0°).

Εφαρμόζοντας ιζηματολογικές αναλύσεις στα δείγματα της περιοχής μελέτης διαπιστώθηκε η ομοιόμορφη κατανομή της άμμου, με την πλειονότητα αυτών να ταξινομούνται στις κατηγορίες από τη λεπτόκοκκη έως την μέση άμμο. Οι περιοχές στις οποίες εντοπίστηκε το ίχνος της μεσόκοκκης άμμου είναι μόνο τέσσερις και οριοθετούνται α) μεταξύ των εκβολών του Σκουτελώνα – Ταυρωνίτη, β) στο Δυτικό τμήμα του αλιευτικού καταφύγιου, όπου παρατηρείται πρόσχωση της περιοχής σε ίζημα, γ) στην περιοχή των κάθετων προβόλων και δ) στο ανατολικότερο τμήμα της περιοχής μελέτης. Το εύρος του μεγέθους των κόκκων κυμάνθηκε μεταξύ των τιμών 126,6 μm και 275,9 μm, η ενεργή διάμετρος χαρακτηρίζεται από τιμές μεταξύ 99,61 – 186,4 μm, ενώ αντίστοιχα τα αποτελέσματα της γραφικής λοξότητας και της γραφικής κύρτωσης χαρακτηρίζουν την πλειοψηφία των δειγμάτων πλατύκυρτα με επικρατέστερα ιζήματα τα λεπτόκοκκα. Τέλος οι αναλύσεις στο σκληρό υπόστρωμα

έδειξαν πως πρόκειται για μητρικό υπόστρωμα εκτός των θέσεων γύρω από το αλιευτικό καταφύγιο στην περιοχή του Πλατανιά όπου εμφανίζονται ακτόλιθοι.

Τέλος, αποσαφηνίζοντας τα αποτελέσματα από τον βυθομετρικό χάρτη, την ακουστική αποτύπωση του βυθού, τις κλίσεις και τον προσανατολισμό αυτών, συμπεραίνουμε πως πρόκειται για έναν πυθμένα με ομαλή ανάπτυξη των ισοβαθών. Το ανωτέρω πρότυπο διαφοροποιείται κυρίως στην περιοχή μπροστά από τις εκβολές του Ταυρωνίτη, αλλά και στη θαλάσσια περιοχή ανάμεσα στην περιοχής της Αγίας Μαρίνας και του νησιού Άγιος Θεόδωρος, όπου τα βάθη παρουσιάζουν μειωμένες τιμές σε σχέση με τα γειτονικά. Επίσης το 85% του θαλάσσιου πυθμένα αποτελείται από αμμώδεις αποθέσεις, ενώ μόνο το υπόλοιπο 15% καλύπτεται από σκληρό υπόστρωμα. Οι τιμές των κλίσεων του πυθμένα είναι γενικά ήπιες με το αμμώδες κομμάτι να κυμαίνεται μεταξύ 0° - 1° και μόνο στην περιοχή του βραχώδους υποστρώματος να αποτυπώνονται τιμές της τάξεως μεταξύ  $1^{\circ} - 7^{\circ}$ . Όσο αφορά τον προσανατολισμό των κλίσεων, αυτές μεταβάλλονται ανάλογα την περιοχή. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης ο αμμώδης πυθμένας έχει προσανατολισμό κλίσης προς τα Βορειοανατολικά. Στο σκληρό υπόβαθρο, εκατέρωθεν των εκβολών του Ταυρωνίτη, ο προσανατολισμός μεταβάλλεται προς τα Βορειοδυτικά -Βορειοανατολικά δημιουργώντας ένα ύβωμα. Στο κεντρικό τμήμα της περιογής μελέτης, ο αμμώδης πυθμένας παρουσιάζει προσανατολισμό προς τα Βόρεια, εκτός από την περιοχή όπου υπάρχει πάλι εμφάνιση σκληρού υποστρώματος δημιουργώντας τις εκατέρωθεν διευθύνσεις (ΒΔ – ΒΑ). Το ανατολικό τμήμα, λόγω των διάσπαρτων εμφανίσεων σκληρού υποστρώματος αλλά και λόγω της υπό εξέλιξης δημιουργίας ενός θαλάσσιου τόμπολου μεταξύ της αβαθής περιοχής της Αγίας Μαρίνας και του νησιού των Αγίων Θεοδόρων, ο προσανατολισμός των Βορειοδυτικός, κλίσεων είναι δυτικά του αβαθούς περιβάλλοντος και Βορειοανατολικός, ανατολικά της συγκεκριμένης περιοχής. Συνδυάζοντας τις επικρατούντες διευθύνσεις του κυματισμού (Β - ΒΔ) με τον προσανατολισμό κλίσεων του αμμώδη πυθμένα (B – BA), παρατηρείται συσχέτιση των γεγονότων. Ο δείκτης τραγύτητας του πυθμένα δεν παρουσιάζει αξιοσημείωτες τιμές, με μόνη ιδιαιτερότητα την διαφορετική αντανακλαστικότητα που εμφανίζουν οι περιογές με σκληρό υπόβαθρο, αλλά και η περιοχή σε κοντινή και παράλληλη απόσταση από την ακτογραμμή λόγω της παρουσίας πιο ανδρόκοκκου ιζήματος δημιουργώντας ένα longshore bar.

Συνθέτοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα, συμπεραίνεται πως έχει επέλθει ομοιομορφία ιζημάτων στον πυθμένα, ο οποίος τροφοδοτείται σποραδικά κατά τους χειμερινούς μήνες με φερτά υλικά απόθεσης από την χέρσο μέσω του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής. Κατά πάσα πιθανότητα, απαντώντας στο παραπάνω ερώτημα, από τα υλικά αυτά ή μόνο ένα μειωμένο μέρος αυτών καταλήγει στις εκβολές των ποταμών λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης (π.χ. αμμοληψίες, λατομία) (Εικόνα 72) ή λόγω του ότι είναι αρκετά λεπτόκοκκα και με την συνδυαστική δράση ανέμου – κύματος και των κυματογενών ρευμάτων, τα παράκτια ιζήματα μετακινούνται στα βαθύτερα τμήματα του πυθμένα προκαλώντας παρόμοια ιζηματολογικά χαρακτηριστικά σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης. Επίσης το κύμα συντελεί και στην απομάκρυνση των χαλαρών ιζημάτων από το μέτωπο και τη ζώνη κυματαγωγής της ακτής αποκαλύπτοντας τους ακτόλιθους.

Η δράση του κύματος σε συνδυασμό με τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις που επικρατούν στην παράκτια περιοχή συμβάλλουν στην μακροχρόνια οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (Εικόνα 73). Η κατασκευή κάθετων προβόλων στην ακτογραμμή με σκοπό την αντιμετώπιση της παράκτια διάβρωσης δεν έχει επιφέρει τα αναμενόμενα αποτέλεσμα (Εικόνα 74). Επίσης, η κατασκευή του αλιευτικού καταφυγίου στην

περιοχή του Πλατανιά έχει επιδεινώσει τη διάβρωση, συντελώντας στην αποκάλυψη των ακτολίθων.





Εικόνα 72. Εικόνες αμμοληψίας και λατομείων κατά μήκος της κοίτης του Ταυρωνίτη



Εικόνα.73. Δύο περιπτώσεις όπου ανθρωπογενείς επεμβάσεις έχουν προκαλέσει απομάκρυνση της άμμου από το χερσαίο τμήμα της παραλίας (αριστερά) και καταστροφή ανθρώπινων κατασκευών (δεξιά).



Εικόνα.74. Ανεπιτυχείς τρόποι αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης (αριστερά – ενίσχυση του μετώπου της ακτογραμμής με βράχους, δεξιά – κάθετη πρόβολοι στην ακτογραμμή).

#### 6. ΣΥΝΟΨΗ

Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη, βρισκόμαστε σε θέση να αξιολογήσουμε σε ένα σημαντικό βαθμό την παράκτια δυναμική που δρα στην περιοχή μελέτης. Όπως διαπιστώθηκε οι πιο ενεργοί φυσικοί παράγοντες που δρουν στην περιοχή μπορούν να θεωρηθούν η ποτάμια στερεομεταφορά, κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά και το κυματικό καθεστώς που σε συνάρτηση με το ανεμολογικό καθιστούν την παρουσία τους ως τους πιο ενεργούς παράγοντες, συμμετέχοντας σε σημαντικό βαθμό στην διατάραξη της παράκτιας ισορροπίας.

Μέσα σε όλα τα παραπάνω δεν θα πρέπει να αμεληθεί ο ανθρώπινος παράγοντας (αστική-τουριστική-αγροτική-βιομηχανική ανάπτυξη). Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ικανός και από μόνος του να δημιουργήσει τεράστιες ανισορροπίες στο φυσικό περιβάλλον μεταλλάζοντας το σε μια τελείως τροποποιημένη κατάσταση. Στην περιοχή μας ο συγκεκριμένος παράγοντας είναι εμφανώς ανεπτυγμένος στο μεγαλύτερο μήκος της ευρύτερης περιοχής μελέτης, και συγκεκριμένα ο αστικός με τον τουριστικό καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη μερίδα του λέοντος.

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω καταστάσεων είναι ικανός να δημιουργήσει αναταράξεις στην φυσική ισορροπία των πραμάτων και είδη έχουν γίνει τα πρώτα σημάδια των αποτελεσμάτων τους. Η παράκτια διάβρωση έχει κάνει αισθητή την εμφάνιση της σε πολλές περιπτώσεις κατά μήκος της ακτογραμμής, με την πλειοψηφία της να εντοπίζεται στην περιοχή μεταξύ του παλιού αεροδρομίου και ανατολικότερα. Στην περιοχή του Πλατανιά, όπου από την δεκαετία του 70' και μετά, το ανθρώπινο στοιχείο έχει κάνει πιο έντονη την ανάπτυξη του, και σε συνδυασμό με την κατασκευή του αλιευτικού καταφυγίου το 1981, το φαινόμενο της διάβρωσης άρχισε να ενισχύεται, πλάκες ακτόλιθων έκαναν την εμφάνισή τους, ενώ η δράση του κυματισμού άρχισε να απομακρύνει μεγάλα τμήματα άμμου από την ακτή προς το εσωτερικό της θάλασσας.

Η κατασκευή των κάθετων προβόλων την δεκαετία του 90' στην περιοχή του Πλατανιά, με σκοπό της αντιμετώπιση της παράκτιας διάβρωσης δεν έφερε το επιθυμητό αποτέλεσμα, το φαινόμενο συνέχισε να δρα ανεξέλεγκτα με αποτέλεσμα να αρχίσει να διαβρώνει τις ανθρώπινες κατασκευές που έχουν τοποθετηθεί πλησίον της ακτής. Η ύπαρξη των κατασκευών αυτών κοντά στην ακτή ενισχύουν την δράση του κυματισμού, αφού δεν υπάρχει πλέον ο απαραίτητος χώρος απόσβεσης της δυναμικής του κύματος, με αποτέλεσμα να ανακλάται προς την θάλασσα παρασύροντας και την είδη υπάρχον άμμο μειώνοντας ακόμα περισσότερο την αμμώδη ακτογραμμή προς το εσωτερικό της χέρσους.

Τέλος μέσω από την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της κοκκομετρίας, ο θαλάσσιος πυθμένας ερμηνεύεται ως λεπτόκοκκος έως μεσσόκοκκος αμμώδης και σε συνδυασμό με την μικρή ποσότητα τροφοδοσία σε φερτά υλικά από την χέρσο καθιστούν το παράκτιο περιβάλλον ανήμπορο να αντισταθεί στο φαινόμενο της διάβρωσης (ο οποίος αποτελεί και τον κύριο παράγοντα δράσης στην περιοχή), μεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο την προϋπάρχουσα παράκτια δυναμική.

Η εφαρμογή του Θ.Χ.Σ. στην περιοχή μελέτης αποτελεί αναγκαία λύση στην αντιμετώπιση των υπάρχων συνθηκών, με σκοπό την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των κοινωνικών – οικονομικών αλλά πρωτίστως των περιβαλλοντικών παραγόντων. Η επίτευξη μιας τέτοιας κίνησης πρόκειται να προσφέρει ασφάλεια και ανάπτυξη στις οικονομικές δραστηριότητες, αυξημένη ποιότητα ζωής και το σημαντικότερο, θα διατηρηθούν οι κύριοι πυλώνες για μια συνεχή αλληλεπίδραση και διατήρησης του οικοσυστήματος με τον άνθρωπο, με αμοιβαία προσφορά.

# 7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά από την μελέτη που εφαρμόστηκε στην συγκεκριμένη περιοχή του κόλπου των Χανίων, προκύπτει πως ο θαλάσσιος πυθμένας από γεωμορφολογικής άποψης κρίνεται γενικά ομαλός, με ομαλή ανάπτυξη των ισοβαθών του από την ακτή προς τα βαθύτερα τμήματα του πυθμένα. Οι μόνες μικρές ανωμαλίες που παρατηρούνται, βρίσκονται στις περιοχές όπου εμφανίζεται το σκληρό υπόστρωμα αλλά και στην περιοχή ανάπτυξης του longshore bar.

Όσο αφορά τα ιζηματολογικά χαρακτηριστικά του θαλάσσιου πυθμένα, παρατηρείται ομοιόμορφη ανάπτυξη σε όλο το εύρος της περιοχής μελέτης της λεπτόκοκκης έως μέσης άμμου, χαρακτηρίζοντας τον πυθμένα ως Sand – Muddy Sand (βάση E.U.N.I.S. - Davies, 2004).

Τέλος, λόγω επικράτησης της συγκεκριμένης μεγέθους άμμου (λεπτόκοκκη) στο θαλάσσιο πυθμένα και σε συνδυασμό με την δράση του ανθρώπινου παράγοντα, την μειωμένη εισροή φερτών υλικών απόθεσης στις ακτές και των κυματογενών ρευμάτων, το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης έχει κάνει αισθητή την παρουσία του (π.χ. αποκάλυψη ακτόλιθων, μείωση της ακτογραμμής) κρίνοντας πως χρειάζεται η άμεση παρέμβαση των αρμόδιων φορέων για τον περιορισμό και την δημιουργία συνθηκών απόθεσης και ανάπτυξης των ακτών.

Απώτερος σκοπός της περιοχής θα πρέπει να κριθεί η συμβατή συμβίωση του περιβάλλοντος με τον ανθρώπινο παράγοντα και η υγιής αλληλεπίδραση μεταξύ τους.
## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bizon G. & Thiebault F., (1974) Doneew nouvelles sur l'age des marbles et quartzies du Taygete (Peloponnese meridional, Greece). C. R. Acad Sci Paris 278, 9-12
- Bonneau M. (1984). Correlation of the Hellenide nappes in the southeast Aegean and their tectonic reconstruction. In Dixon JE, Robertson AHF (eds) The geological evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society of London, Special Publication, 17, 517–527.
- Chartzoulakis K.S., N.V. Paranychianakis, A.N. Angelakis, (2001). Water resources management in the island of Crete, Greece, with emphasis on the agricultural use, Water Policy, 3 pp. 193–205°
- Corine 2000. Land cover. <u>http://geodata.gov.gr/dataset/corine-2000</u>
- Creutzburg N. & Seidel E. (1975). Zum Stand der Geologie des Preaneogens auf Kreta. Neues Jahrbuch Geologie und Palaeontologie Abhandlunge. Vol. 198, pp. 363-383 /
- Davies E. C. & Moss D., (2004). EUNIS Habitat Classification. Marine Habitat Types: Revised classification and criteria, September 2004. European Environment Agency. European topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. CEH Project No: C02492NEW.
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, φύλλο από 'Μετεωρολογικός σταθμός Χανιά, Σούδα 747', Περίοδος 1958-1997
- Desruelles, S., Fouache, E., Ciner, A., Dalongeville, R., Pavlopoulos, K., Kosun, E., Coquinot, Y. & Potdevin, J. (2009). Beachrocks and sea level changes since Middle Holocene: comparison between the insular group of Mykonos–Delos–Rhenia (Cyclades, Greece) and the southern coast of Turkey. Global and Planetary Change 66, 19e33.
- ΕΛΣΤΑΤ. Απογραφή 2001
- Fassoulas C. (1999): The structural evolution of central Crete: Insight into the tectonic evolution of the South Aegean (Greece). Journal Geodynamics, 27, 23-43.
- Folk, R.L. (1954) The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. Journal of Geology, 62, 344-359.
- Folk, R.L. and Ward, W.C. (1957) Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3-26
- Fouache, E., Desruelles, S., Pavlopoulos, K., Dalongeville, R., Coquinot, Y., Peulvast, J. & Potdevin, J. (2005). Using beachrocks as sea level indicators in the insular group of Mykonos, Delos and Rhenia (Cyclades, Greece). Zeitschriftfür Geomorphologie 137, 37e43.
- Φυτρολάκης, Ν., (1978): Συμβολή στη γεωλογική έρευνα της Κρήτης, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής εταιρίας, XIII, 101-115.
- Φυτρολάκης, (1980). Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Διατριβή επί υφηγεσία, Ε.Μ.Π.,σελ. 54-54.
- Ζουμπούλογλου Κ., (2006). Μορφοτεκτονική Ανάλυση των Υδρολογικών Λεκανών των Ποταμών Κερίτη και Ταυρωνίτη με την χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Χανιά.
- Hanor, J.S. (1978). Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters vs. CO<sub>2</sub>-degassing. Journal of Sedimentary Research 48, 489–501.
- HUMMINBIRD 858c, 898c SI, 958c, 998c SI, (2010). Installation and operations Manual. Humminbird®, Eufaula AL, USA.
- ΙΓΜΕ., (2009). Γεωδιαδρομές στην Ελλάδα. Δ.Κρήτη και Νήσος Γαύδος.
- Καλημέρη Μ., (2004). Ποιοτικός Έλεγχος των υδάτων των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη. Πτυχιακή Εργασία. Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος. Τομέας Υδατικών Πόρων και Γεωπεριβάλλοντος. Χανιά.
- Kelletat, D. (2006). Beachrock as a sea-level indicator? remarks from a geomorphological point of view. Journal of Coastal Research 22 (6), 1555e1564.
- Κ.Εν.Α.Κ, 2010. ΦΕΚ 407/9.4.2010, ''Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων ΚΕΝΑΚ''
- KOPP, K. O. & OTT, E. (1977): Spezialkartierungen in Umkreis neuer Fossifunde im Trypaliund Tripolitsa-Kalken West-Kretas. -N. lb. Geol. Palaont. Mh., 1977,(5),217-238.
- Mauz, B., Vacchi, M., Green, A., Hoffmann, G. & Cooper, A. (2015). Beachrock: a tool for reconstructing relative sea level in the far-field. Marine Geology, <u>http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2015.01.009</u>.

- Μαντά Δ. Κ. (2014). Παράγοντες που επιδρούν στην διαμόρφωση και εξέλιξη παραλίας και αιγιαλού στον κόλπο των Χανίων. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Π.Μ.Σ., «Γεωλογικών επιστημών και ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος». Τμήμα, Θετικές επιστήμες στην Γεωπονία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Moore, C. H. (1973). Intertidal carbonate cementation, Grand Cayman, West Indies. Journal of Sedimentary Research 43, 591–602.
- Μουντάκη Αικ., (2012). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ειδικού Διαχειριστικού Σχεδίου για την Έκδοση Αδειών Λειτουργίας – Άδειες χρήσεις νερού υφιστάμενων έργων ΟΑΔΥΚ στην Λεκάνη Ταυρωνίτη ως Κολένι. Χανιά
- Mourtzas, N. D. (2012). A palaeogeographic reconstruction of the seafront of the ancient city of Delos in relation to Upper Holocene sea level changes in the central Cyclades. Quaternary International 250, 3e18.
- Mourtzas, N. D., Kissas, C. & Kolaiti, E. (2014). Archaeological and geomorphological indicators of the historical sea level changes and the related palaeogeographical reconstruction of the ancient foreharbor of Lechaion, East Corinth Gulf (Greece). Quaternary International 332, 151e171.
- Mourtzas, N. D. & Kolaiti, E. (2013). Historical coastal evolution of the ancient harbor of Aegina in relation to the Upper Holocene relative sea level changes in the Saronic Gulf, Greece. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 392, 411e425.
- Νικολαίδης Ν. & Καρατζάς Γ., (2010). Ειδικό Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων για τις Λεκάνες Απορροής των Ποταμών Κερίτη-Θερίσου και Κοιλιάρη, Χανιά.
- Petropoulos A., Baziotis I., Anagnostou Ch., Evelpidou N., (2016). Beachrocks cement characteristics and conditions of formation. Case study Platanias beach, Chania, Greece.
- Psomiadis, D., Albanakis, K., Zisi, N., Ghilardi, M. & Dotsika, E. (2014). Clastic sedimentary features of beachrocks and their palaeo-environmental significance: comparison of past and modern coastal regimes. International Journal of Sediment Research 29, 260e268.
- Sappington, J.M., K.M. Longshore, and D.B. Thomson. 2007. Quantifying Landscape Ruggedness for Animal Habitat Analysis: A case Study Using Bighorn Sheep in the Mojave Desert. Journal of Wildlife Management. 71(5): 1419 -1426.
- Seidel, E., Kreuzer, H. and Harre, W., (1982). A late Oligocene/early Miocene high pressure belt in the external Hellenides. Geol. Jb., 23, 165–206.
- Seidel, E. and Wachendorf, H., (1986). Diesu" da" ga" ische Inselbru" cke. In: Geologievon Griechenland (V. Jacobshagen, ed.), pp. 54–80. Gebru" der Borntraeger, Berlin
- Σουκισιάν Τ., Χατζηνάκη, Μ., Κορρές, Γ., Παπαδόπουλος, Α., Κάλλος, Γ., Αναδρανιστάκης, Ε., (2007). «ΑΤΛΑΝΤΑ του Ανέμου και Κύματος των Ελληνικών Θαλασσών». Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών Δημ., 300 σελ., ISBN – 987 960 86651 9-4.
- Strahler, A.N., (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Bulletin Geolog. Societ. Americ., 63, 1117-1142p.
- Stattegger, K., Tjallingii, R., Saito, Y., Michelli, M., Thanh, N. T. & Wetzel, A. (2013). Mid to late Holocene sea-level reconstruction of Southeast Vietnam using beachrock and beachridge deposits. Global and Planetary Change 110 (B), 214e222.
- Ten Veen, J. H. & Meijer, P. T. (1999). Late Miocene to Recent tectonic evolution of Crete (Greece): geological observations and model analysis. Tectonophysics, **298**, 191-208.
- Thomas, P. J. (2009). Luminescence dating of beachrock in the southeast coast of Indiapotential for Holocene shoreline reconstruction. Journal of Coastal Research 25 (1), 1e7.
- Udden, J.A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of the Geological Society of America, 25, 655-744.
- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30, 377-392
- Υ.Π.Ε.Κ.Α. (Ε.Γ.Υ.) (2015). Σχέδιο διαχείρισης των λεκανών απορροής ποταμών του υδατικού διαμερίσματος Κρήτης (GR13).

## ПАРАРТНМА

Πίνακας 1. Δειγματοληψία αμμώδους ιζήματος								
ID	Δείγμα	Απόσταση από την ακτή (~m)	Βάθος (m)	Latitude(φ) Longitude(λ)		Περιγραφή		
	<u>TOMH 1</u>		-					
1	A-CH 1	50	5	35° 32,148'	23° 48,626'	Λεπτή Άμμος		
2	A-CH 2	250	4	35° 32,231'	23° 48,662'	Λεπτή Άμμος		
3	A-CH 3	450	5.5	35° 32,317'	23° 48,698'	Λεπτή Άμμος		
4	A-CH 4	650	7	35° 32,419'	23° 48,745'	Λεπτή Άμμος		
5	A-CH 5	850	8	35° 32,517'	23° 48,766'	Λεπτή Άμμος		
6	A-CH 6	1050	10	35° 32,612'	23° 48,788'	Λεπτή Άμμος		
	<u>TOMH 2</u>							
7	A-CH 7	50	5	35° 32,315'	23° 47,875'	Λεπτή Άμμος		
8	A-CH 8	250	4	35° 32,400'	23° 47,913'	Μέτρια Λεπτή Άμμος		
9	A-CH 9	450	5.5	35° 32,480'	23° 47,955'	Λεπτή Άμμος		
10	A-CH 10	650	6.8	35° 32,568'	23° 47,993'	Λεπτή Άμμος		
11	A-CH 11	850	8	35° 32,656'	23° 48,026'	Λεπτή Άμμος		
12	A-CH 12	1050	9	35° 32,739'	23° 48,054'	Λεπτή Άμμος		
	<u>ТОМН 3</u>							
13	A-CH 13	50	5	35° 32,587'	23° 47,028'	Λεπτή Άμμος		
14	A-CH 14	250	3.5	35° 32,644'	23° 47,060'	Λεπτή Άμμος		
15	A-CH 15	450	4.9	35° 32,711'	23° 47,109'	Λεπτή Άμμος		
16	A-CH 16	650	5.9	35° 32,778'	23° 47,166'	Λεπτή Άμμος		
17	A-CH 17	850	7.3	35° 32,870'	23° 47,237'	Λεπτή Άμμος		
18	A-CH 18	1050	8.5	35° 32,948'	23° 47,293'	Λεπτή Άμμος		
	<u>TOMH 4</u>							
19	A-CH 19	50	5	35° 31,620'	23° 50,689'	Λεπτή Άμμος		
20	A-CH 20	250	4	35° 31,704'	23° 50,710'	Λεπτή Άμμος		
21	A-CH 21	450	5.5	35° 31,791'	23° 50,718'	Λεπτή Άμμος		
22	A-CH 22	650	6.7	35° 31,876'	23° 50,725'	Μέτρια Λεπτή Άμμος		
23	A-CH 23	850	7.8	35° 31,960'	23° 50,726'	Λεπτή Άμμος		
24	A-CH 24	1050	8.5	35° 32,042'	23° 50,745'	Λεπτή Άμμος		
	<u>TOMH 5</u>							
25	A-CH 25	50	4	35° 31,367'	23° 52,416'	Λεπτή Άμμος		
26	A-CH 26	250	4	35° 31,477'	23° 52,426'	Λεπτή Άμμος		
27	A-CH 27	450	6	35° 31,602'	23° 52,448'	Λεπτή Άμμος		
28	A-CH 28	650	7.5	35° 31,710'	23° 52,472'	Λεπτή Άμμος		
29	A-CH 29	850	8.5	35° 31,805'	23° 52,471'	Λεπτή Άμμος		
30	A-CH 30	1050	9.6	35° 31,882'	23° 52,469'	Λεπτή Άμμος		
	<u>TOMH 6</u>							
31	A-CH 31	50	3.5	35° 31,186'	23° 54,397'	Λεπτή Άμμος		
32	A-CH 32	250	4.7	35° 31,313'	23° 54,381'	Λεπτή Άμμος		
33	A-CH 33	450	6.2	35° 31,414'	23° 54,384'	Χοντρή Άμμος		
34	A-CH 34	650	7.3	35° 31,505'	23° 54,389'	Λεπτή Άμμος		
35	A-CH 35	850	8.2	35° 31,586'	23° 54,390'	Λεπτή Άμμος		

ID	Δείγμα	Απόσταση από την ακτή (~m)	Βάθος (m)	Latitude( <b>φ</b> )	Longitude(λ)	Περιγραφή
36	A-CH 36	1050	9.2	35° 31,672'	23° 54,399'	Λεπτή Άμμος
	<u>ТОМН 7</u>					
37	A-CH 37	500	7.1	35° 31,295'	23° 56,563'	Λεπτή Άμμος
38	A-CH 38	300	4.8	35° 31,185'	23° 56,474'	Λεπτή Άμμος
39	A-CH 39	100	3.1	35° 31,077'	23° 56,391'	Λεπτή Άμμος
	<u>TOMH 8</u>					
40	A-CH 40	500	6.4	35° 31,437'	23° 55,280'	Λεπτή Άμμος
41	A-CH 41	300	4.5	35° 31,323'	23° 55,309'	Λεπτή Άμμος
42	A-CH 42	100	5.3	35° 31,217'	23° 55,338'	Λεπτή Άμμος

Πίνακας 2. Δειγματοληψία σε σκληρό υπόστρωμα									
Δείγμα		Γεωγρ. Πλάτος (φ)	Γεωγρ. Μήκος (λ)	Βάθος (m)	Περιγραφή				
Θέση 1	A-CH I (a)	35° 32,086'	23° 50,096'	4m	Μητρικό πέτρωμα				
	A-CH I (b)	35° 32,086'	23° 50,096'	4m	Μητρικό πέτρωμα				
	A-CH I (c)	35° 32,086'	23° 50,096'	4m	Μητρικό πέτρωμα				
Θέση 2	A-CH II (a)	35° 32,265'	23° 49,321'	3m	Μητρικό πέτρωμα				
	A-CH II (b)	35° 32,265'	23° 49,321'	3m	Μητρικό πέτρωμα				
Θέση 3	A-CH III	35° 31,170'	23° 54,700'	0m	Ακτόλιθος				
Θέση 4	A-CH IV	35° 31,450'	23º 52,639'	4m	Μητρικό πέτρωμα				
Θέση 5	A-CH V	35° 31,278'	23° 54,722'	5m	Μητρικό πέτρωμα				
Θέση 6	A-CH VI (a)	35° 31,190'	23° 54,665'	0m	Ακτόλιθος				
	A-CH VI (b)	35° 31,190'	23° 54,665'	0m	Ακτόλιθος				
Θέση 7	A-CH VII (a)	35° 31,143'	23° 54,796'	0m	Ακτόλιθος				
	A-CH VII (b)	35° 31,143'	23° 54,796'	0m	Ακτόλιθος				
Θέση 8	A-CH VIII (a)	35° 31,324'	23° 55,900'	0m	Μητρικό πέτρωμα				
	A-CH VIII (b)	35° 31,306'	23° 55,773'	0m	Μητρικό πέτρωμα				
	A-CH VIII (c)	35° 31,306'	23º 55,773'	0m	Μητρικό πέτρωμα				

Πίνακας 5. Μέσο Γραφικό Μέγεθος (Mz) - Ενεργή Διάμετρος (d50) – Γραφική Λοξότητα (Sk) – Γραφική Κύρτωση (Ku) κόκκων									
ID	ΔΕΙΓΜΑ	distance (m)	Depth (m)	d50 (µm)	Mz (µm)	Sk	Ku	κατά Folk and Ward 1957	
<u>TOMH 1</u>									
1	A-CH 1	50	5	186.4	217.5	-0,2	1,11	S	
2	A-CH 2	250	4	161.7	189.7	0,15	1,22	(g)S	
3	A-CH 3	450	5.5	154.4	165.9	0,25	0,93	S	
4	A-CH 4	650	7	161.2	182.6	0,26	1,1	(g)S	
5	A-CH 5	850	8	148.2	167.5	0,22	0,83	(g)S	
6	A-CH 6	1050	10	161.9	169	0,25	1,12	S	
<u>TOMH 2</u>									
7	A-CH 7	50	5	176.5	194.8	0,01	1,15	S	
8	A-CH 8	250	4	169.9	275.9	-0,08	1,75	(g)S	
9	A-CH 9	450	5.5	150.7	157.4	0,25	0,87	S	
10	A-CH 10	650	6.8	157.9	164.3	0,27	1,1	S	

ID	ΔΕΙΓΜΑ	distance (m)	Depth (m)	d50 (µm)	Mz (µm)	Sk	Ku	κατά Folk and Ward 1957
11	A-CH 11	850	8	153	159.5	0,26	0,9	S
12	A-CH 12	1050	9	156	162.4	0,27	1	S
<u> TOMH 3</u>								
13	A-CH 13	50	5	174.4	186.6	0	0,74	S
14	A-CH 14	250	3.5	156.4	207.1	0,14	1,04	(g)S
15	A-CH 15	450	4.9	138.4	147.9	0,16	0,76	S
16	A-CH 16	650	5.9	128.5	144.1	0,05	0,74	(g)S
17	A-CH 17	850	7.3	150.2	157.3	0,24	0,86	S
18	A-CH 18	1050	8.5	141.3	150.3	0,17	0,77	S
<u>TOMH 4</u>								
19	A-CH 19	50	5	158.2	167.5	0,26	1,07	(g)S
20	A-CH 20	250	4	167	176	0,17	1,13	S
21	A-CH 21	450	5.5	159.3	170	0,26	1,08	S
22	A-CH 22	650	6.7	147.9	237.8	0,19	0,8	(g)S
23	A-CH 23	850	7.8	155.4	162.3	0,27	0,99	S
24	A-CH 24	1050	8.5	148	162.5	0,22	0,82	(g)S
<u>TOMH 5</u>								
25	A-CH 25	50	4	172.1	186.9	0,15	1,07	S
26	A-CH 26	250	4	166.1	186.5	0,18	1,12	(g)S
27	A-CH 27	450	6	99.61	126.6	-0,27	1	(g)S
28	A-CH 28	650	7.5	151	158.4	0,24	0,87	S
29	A-CH 29	850	8.5	146.1	162.4	0,2	0,8	(g)S
30	A-CH 30	1050	9.6	149.3	186.1	0,22	0,83	(g)S
<u> TOMH 6</u>								
31	A-CH 31	50	3.5	183.1	222	-0,19	1,19	(g)S
32	A-CH 32	250	4.7	146.5	169.9	0,2	0,8	(g)S
33	A-CH 33	450	6.2	143.1	200.9	0,17	0,78	(g)S
34	A-CH 34	650	7.3	118.6	184	-0,08	0,74	(g)S
35	A-CH 35	850	8.2	113.8	141	-0,13	0,75	(g)S
36	A-CH 36	1050	9.2	137.9	148.2	0,14	0,76	S
<u>TOMH 7</u>								
37	A-CH 37	500	7.1	148.9	158.4	0,23	0,83	S
38	A-CH 38	300	4.8	148.2	157.2	0,22	0,82	S
39	A-CH 39	100	3.1	175.8	198.2	0	1,3	(g)S
<u>ТОМН 8</u>								
40	A-CH 40	500	6.4	147.1	163.8	0,21	0,81	(g)S
41	A-CH 41	300	4.5	161.4	203	0,25	1,1	(g)S
42	A-CH 42	100	5.3	162.4	196.5	0,29	1,15	(g)S

\* S= Sand, (g)S= Slightly Gravelly Sand.



Χάρτης Βαθυμετρίας της Περιοχής μελέτης



Χάρτης Ακουστικής αποτύπωσης του θαλάσσιου πυθμένα



Χάρτης τιμών Κλίσεων του θαλάσσιου πυθμένα



Χάρτης Προσανατολισμού κλίσεων του θαλάσσιου πυθμένα



Χάρτης τιμών Τραχύτητας του θαλάσσιου πυθμένα