

Γεωμορφολογική εξέλιξη της παράκτιας περιοχής του Ίστρου-Καλού Χωριού του νομού Λασιθίου Κρήτης από το Μέσο Ολόκαινο μέχρι σήμερα.

ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ.Κ.¹, ΘΕΟΔΩΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ.Κ.¹, HAYDEN.B.², ΤΣΟΥΡΟΥ.Τ.³, ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛ-
ΛΟΥ.Μ.³, ΚΟΥΛΗ.Κ.³, ΜΠΑΣΙΑΚΟΣ.Ι.⁴, ΒΑΝΔΑΡΑΚΗΣ.Δ.¹

ABSTRACT

The Istron area is located in northeastern Crete, Gulf of Mirabello, on an alluvial fan of Holocene age. The archaeological importance of this area is pointed out not only by its archaeological remains, but also by its significant location. Many important minoan sites, like Gournia, Kavousi, Pseira, have been discovered near Istro. There are indications of human installations from the Neolithic to the Roman period, proving the continuous human activity in this area. The significant geological location, as it represents an area with intense tectonic activity, the geomorphological regime of the area and the climatic changes, influenced human installations as well as the evolution of the civilization. The study of sea-land interactions during the last seven millennia in relation to the eustatic sea level oscillations and the regional neotectonic regime, as well as the geomorphologic observations and analyses on deposited sediments, aims to reveal the paleogeographic evolution of the landscape and its impact on prehistoric, classical and Roman establishments. Therefore, a geomorphological mapping of the coastal area along with the drilling of five boreholes and the excavation of six trenches, have been accomplished. Moreover, pollen and microfaunal (benthic foraminifera and ostracodes) analyses have been performed. Six samples were dated using AMS and Conventional radiocarbon techniques providing temporal control of the sediments. Sea level rise along with sea-land interactions to the landscape evolution and the transgression of sea in 5000BP have been verified. Additionally, several implications for the use of land and human impact civilization have been concluded.

Keywords: Geoarchaeology, coastal geomorphology, sea level changes, paleoenvironment, Crete.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παράκτια περιοχή του Καλού Χωριού βρίσκεται στη Βορειοανατολική Κρήτη, στο νότιο τμήμα του κόλπου του Μιραμπέλλου. Η παρουσία αρχαιολογικών ευρημάτων σ' ολόκληρη την παράκτια ζώνη καθώς και η ύπαρξη του προϊστορικού οικισμού του Ίστρου δηλώνουν την έντονη και διαρκή παρουσία του ανθρώπου και κατά συνέπεια των επιπτώσεων που αυτή επιφέρει στην εξέλιξη του παλαιοπεριβάλλοντος κατά το ανώτερο Ολόκαινο. Η αρχαιολογική σημασία της θέσης τονίζεται όχι μόνο από τα αρχαιολογικά κατάλοιπα, αλλά και από τη γεωγραφική της θέση, δεδομένου ότι βρίσκεται κοντά σε αξιόλογες μινωικές θέσεις, όπως ο Μόχλος, τα Γουρνιά, η Ψείρα, το Καβούσι κ.α. Οι πρώτες ενδείξεις ανθρώπινης παρουσίας χρονολούνται από τη Νεολιθική εποχή, με συνεχή κατοίκηση μέχρι και τα Ρωμαϊκά χρόνια. Το γεωλογικό καθεστώς που επικρατεί στην περιοχή (έντονη τεκτονική δραστηριότητα), οι γεωμορφολογικές αλλαγές και πιθανές κλιματικές εναλλαγές, επέδρασαν σημαντικά στην διαμόρφωση του τοπίου και κατ' επέκταση στην πολιτιστική εξέλιξη και τις

GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF THE COASTAL AREA OF ISTRON (N.E CRETE), FROM THE MIDDLE HOLOCENE UNTIL TODAY.

¹ Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα, kpavlop@hua.gr, ktheodo@hua.gr

² University of Pennsylvania Museum of Archaeology and Anthropology

³ Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών

⁴ Εργαστήριο Αρχαιομετρίας, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, Αθήνα

ανθρώπινες δραστηριότητες. Η μελέτη της αλληλεπίδρασης θάλασσας –χέρσου, οι γεωλογικές και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στις ιζηματογενείς αποθέσεις, αποσκοπούν στην ανασύνθεση της παλαιογεωγραφικής και παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της περιοχής. Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής κλίμακας 1:5000 μαζί με μια σειρά ερευνητικών γεωτρήσεων-εδαφοτομών για τη μελέτη της στρωματογραφικής ακολουθίας και τη συλλογή δειγμάτων για περαιτέρω αναλύσεις. Επιπλέον, διενεργήθηκαν παλυνολογικές και μικροπαλαιοτολογικές αναλύσεις καθώς και έξι χρονολογήσεις με τη μέθοδο του ραδιοάνθρακα C14 (AMS, Conventional). Συνθέτοντας τα δεδομένα της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης της στρωματογραφίας του Ολοκαίνου, τις ραδιοχρονολογήσεις και τις μικροπαλαιοτολογικές και παλυνολογικές αναλύσεις προσδιορίζονται οι μεταβολές της ακτογραμμής και παράλληλα παρουσιάζεται και η καμπύλη ανόδου της στάθμης της θάλασσας καθώς και ο ρυθμός της, για τη συγκεκριμένη περιοχή τοπικά.

Λέξεις κλειδιά : γεωαρχειολογία, μεταβολές θαλάσσιας στάθμης, παράκτια γεωμορφολογία, παλαιοπεριβάλλον, Κρήτη

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ίστρο βρίσκεται στη Βορειοανατολική Κρήτη, στον κόλπο του Μιραμπέλλου, σε ένα αλλουβιακό ριπίδιο Ολοκαινικής ηλικίας. Τα πρώτα ίχνη κατοίκησης εντοπίζονται ήδη από την Τελική Νεολιθική εποχή (Hayden B. 2004) ενώ η κατοίκηση ήταν συνεχής μέχρι και τα ρωμαϊκά χρόνια. Τόσο η θέση του οικισμού κοντά σε αξιόλογες μινωικές θέσεις, όπως το Καβούσι, τα Γουρνιά, η Ψείρα κ.α, όσο και τα διάφορα αρχαιολογικά ευρήματα αποδεικνύουν τη σπουδαιότητα της θέσης και τον σημαντικό ρόλο που διαδραμάτισε κατά τους προϊστορικούς και ιστορικούς χρόνους.

Οι πρώτες αρχαιολογικές έρευνες στην περιοχή άρχισαν το 1903 από τους Richard Seager και Harriet Boyd, ενώ οι πρώτες συστηματικές ανασκαφές στην περιοχή έγιναν από την Edith Hall το 1910-1912, υπό την αιγίδα του University Museum in Philadelphia. (Hall 1914). Από το 1986 έχουν αρχίσει νέες συστηματικές έρευνες που αποσκοπούν στην αρχαιολογική μελέτη και παλαιοπεριβαλλοντική ανασύσταση της ευρύτερης περιοχής του Ίστρου από τις Barbara Hayden και Jeniffer Moody, υπό την εποπτεία των Πανεπιστημίων University of Pennsylvania Museum και Baylor University.

Κατά το 2004, το Εργαστήριο Αρχαιομετρίας του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος στην Αθήνα, που συμμετέχει στο ως άνω πρόγραμμα, ανέλαβε υπό την εποπτεία του και σε συνεργασία με το Τμήμα Γεωγραφίας του Χαροκοπείου

Πανεπιστημίου, τη διεξαγωγή μιας σειράς γεωτρήσεων και εδαφοτομών, με σκοπό τη συλλογή δειγμάτων και την εφαρμογή διαφόρων τεχνικών-αναλύσεων που θα συνεισφέρουν στη γεωαρχειολογική μελέτη της περιοχής και στην ανασύσταση του αρχαίου τοπίου.

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην ανασύσταση του παλαιοπεριβάλλοντος τα τελευταία 7.000 χρόνια. Μικροπαλαιοτολογικές, μικρομορφολογικές και παλυνολογικές αναλύσεις σε συνδυασμό με την αξιολόγηση κάποιων χρονολογήσεων με τη μέθοδο του ραδιοάνθρακα, έδωσαν στοιχεία για τις φάσεις απόθεσης των ιζημάτων, τις κλιματικές διακυμάνσεις, και τις αλλαγές τις θαλάσσιας στάθμης,

2. ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑ- ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το Ίστρο βρίσκεται στη Βορειοανατολική Κρήτη, στον κόλπο του Μιραμπέλλου, ανατολικά του Αγ. Νικολάου. Τα όρια των ερευνητικών προσεγγίσεων της ευρύτερης περιοχής του Ίστρου εκτείνονται από τον κόλπο του Μιραμπέλλου (κεντρικό και δυτικό μέρος) μέχρι την κοιλάδα των Μεσελερών στα νότια και από την περιοχή Κεντρομούρη, στα δυτικά της μικρής πεδιάδας γύρω από τα Γουρνιά, μέχρι την κοιλάδα του χειμάρρου Ίστρου και το Καλό χωριό στα δυτικά. Δύο κύριες οροσειρές διατρέχουν την περιοχή έρευνας: ο λόφος του Βρυόκαστρου (300μ υψόμετρο) με τις Κοπράνες που βρίσκεται 5km πίσω από τη θάλασσα και η οροσειρά που αρχίζει από τη θέση Σταυρωμένος στη νοτιοανατολική πλευρά της έρευ-

νας και εκτείνεται δυτικά προς τη Σκιναύρια κορφή.

Δύο κύριοι ποταμοί διαρρέουν στην περιοχή έρευνας: ο ποταμός Ίστρο ή Καλός ποταμός και ο Ξηροπόταμος. Ο Καλός ποταμός-Ίστρο εκτείνεται από τα δυτικά προς το Καλό χωριό και εκβάλλει στη θάλασσα από τα ανατολικά του Πρινιατικού πύργου. Ο Ξηροπόταμος πηγάζει από τους λόφους Κολούμπους και εκτείνεται ανατολικά και βόρεια ενώ εκβάλλει στη θάλασσα μέσω της μικρής κοιλάδας στο

Φρουζί, στα ανατολικά όρια της έρευνας (Hayden 2004)

Τα κύρια ακρωτήρια από τα ανατολικά προς τα δυτικά που εντάσσονται στα όρια της έρευνας είναι : το Καραβοστάσι, το Ιωαννιμύτη, το Νησί Παντελεήμων, το Ηλίας το νησί και το Βρυονήσι. Στην ακτή που σχηματίζεται ανάμεσα στο ακρωτήριο Ιωαννιμύτη και στο Νησί Παντελεήμων, βρίσκεται μια αμμώδης προεξοχή της ξηράς προς τη θάλασσα, ο Πρινιατικός Πύργος. (Σχ.1, 2)

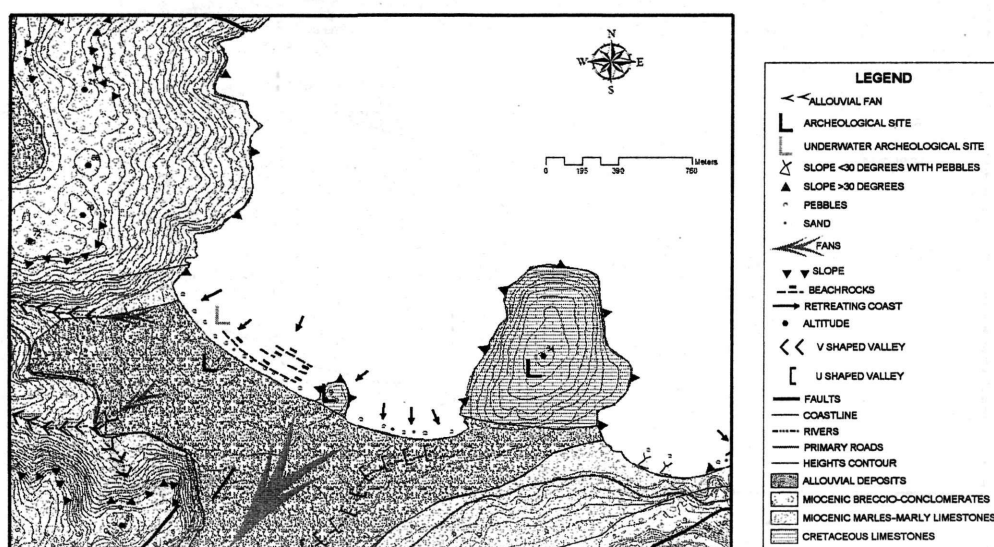


Σχήμα.1 Χάρτης της Κρήτης με την περιοχή μελέτης

σηματισμών είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ιζημάτων ιλυο-αμμόδους σύστασης κυρίως αποτελούμενα από μωσχοβίτες, γαλακτόχρωμους χαλαζίες και άσπρους-ροζ γωνιώδεις άστριους. (Hayden 2004, Myer 1984)

Η μακροδομή του ευρύτερου χώρου του κόλπου του Μιραμπέλλου χαρακτηρίζεται από την παρουσία δύο κύριων νεοτεκτονικών διευθύνσεων (Α-Δ και ΒΒΑ-ΝΝΔ), οι οποίες σχετίζονται κατά κανόνα με ρηγιγενείς γραμμές. Έτσι η περιοχή διαχωρίζεται σε επιμέρους νεοτεκτονικές μακροδομές διαφόρων τάξεων, οι

οποίες συνθέτουν μια αρκετά πολύπλοκη εικόνα. (Καροτσιέρης et al 2000). Το βύθισμα που παρατηρείται στην ακτογραμμή είναι επίσης αποτέλεσμα της τοπικής τεκτονικής δραστηριότητας, δεδομένου ότι η περιοχή αποτελεί τμήμα του βυθίσματος του κόλπου του Μιράμπελλου (Flemming 1978, Dermitzakis 1969). Η σχετική βύθιση πιστοποιείται και από το γεγονός ότι τοίχοι της Μέσης-Υστερομινωικής εποχής είναι βυθισμένοι τουλάχιστον 1m στα δυτικά του Πρινιατικού Πύργου. (Σχ.3)



Σχήμα. 3 Γεωμορφολογικός χάρτης του Ισθμού

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τη διερεύνηση των ιζηματολογικών αποθέσεων κατά τη διάρκεια του Ολόκαινου, ανοίχτηκαν με τη βοήθεια μπουλντόζας 6 τρανσέρες παράλληλες προς την ακτογραμμή (T1-6), φτάνοντας η βαθύτερη σε βάθος περίπου 4 μέτρων. Επιπλέον, με τη βοήθεια γεωτρήπανου έγιναν 5 δειγματοληπτικές γεωτρήσεις (C1-5), φτάνοντας η βαθύτερη σε βάθος 13 περίπου μέτρα. (Σχ.4). Αξίζει να σημειωθεί ότι οι πυρήνες των γεωτρήσεων λαμβάνονταν σε αδιαφανείς, μαύρους, πλαστικούς σωλήνες, ούτως ώστε τα δείγματα να μην έρθουν σε επαφή με το ηλιακό φως, προϋπόθεση απαραίτητη για τη

χρονολόγηση των στρωμάτων με τη μέθοδο της οπτικής φωταύγειας. (Aitken 1990, Huntley et al. 1985). Οι πυρήνες ανοίχτηκαν στο Εργαστήριο

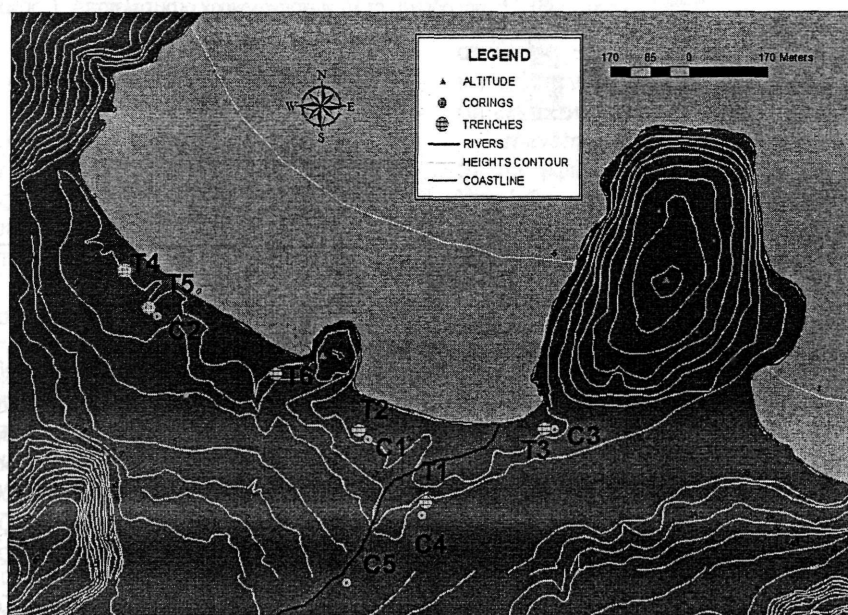
Αρχαιομετρίας του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, όπου και πάρθηκαν αδιατάρακτα δείγματα για χρονολόγηση και για άλλες αναλυτικές εφαρμογές. Μέρος των δειγμάτων μεταφέρθηκε και στο Εργαστήριο του Τμήματος Γεωγραφίας στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, όπου έγινε η μικροσκοπική ανάλυση, ταυτοποίηση και μελέτη των ιζηματολογικών φάσεων. Προσδιορίστηκαν συνολικά πέντε ιζηματολογικές φάσεις (Α-Ε) (Σχ.5).

Επιπλέον, από τις τρανσέρες και από τη γεώτρηση 2, εστάλησαν 6 δείγματα από άνθρακα και φυτικά υπολείμματα στο εργαστήριο της Beta Analytic Inc. για χρονολόγηση με τη μέθοδο του ^{14}C . Τα αποτελέσματα των χρονολογήσεων αναφέρονται αναλυτικά πιο κάτω.

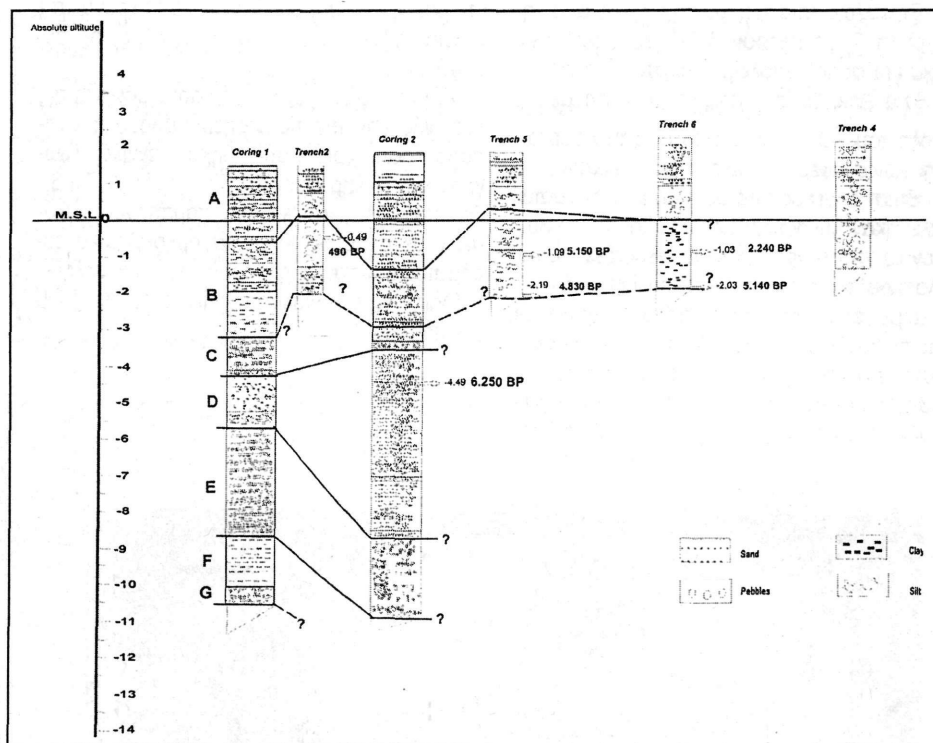
Επίσης, μέρος από αδιατάρακτα δείγματα αναλύθηκαν μικροπαλαιοντολογικά και παλυνολογικά στο εργαστήριο Ιστορικής Γεωλογίας Παλαιοντολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Η γεωμορφολογική χαρτογράφηση της παράκτιας περιοχής σε κλίμακα 1:5000, έδωσε αρκετά στοιχεία για τις παράκτιες γεωμορφές το αλλουβιακό ριπίδιο του Καλού ποταμού, τα βυθισμένα breach-rocks και τα Ρωμαϊκά ερείπια

(σε βάθος -0.7m), βοηθώντας ταυτόχρονα στη μελέτη της γεωμορφολογικής εξέλιξης της περιοχής.

Για τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση της περιοχής και την παλαιοπεριβαλλοντική αναπαράσταση, χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων (GIS). Τα αποτελέσματα τέλος των παραπάνω αναλύσεων σε συνδυασμό με τα αρχαιολογικά ευρήματα, έδωσαν πληροφορίες για την αλληλεπίδραση χέρσου-θάλασσας τα τελευταία 7000 χρόνια.



Σχήμα.4 Οι θέσεις των γεωτρήσεων και των τάφρων.



Σχήμα 5. Οι γεωτρήσεις και οι τάφροι με τις αντίστοιχες ιζηματολογικές ενότητες.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Χρονολογήσεις

Με τη μέθοδο του ^{14}C και συγκεκριμένα με την τεχνική του AMS χρονολογήθηκαν έξι δείγματα από άνθρακα και φυτικά υπολείμματα, προερχόμενα από μια γεώτρηση (2) και από τις τρανσέρες 2,5 και 6. (Πιν.1)

Συγκεκριμένα από την τρανσέρα 2, σε βάθος 2μ, μέσα σε στρώμα γκρίζας ιλύος, στάλθηκε δείγμα φυτικών υπολειμμάτων για χρονολόγηση. Το στρώμα αυτό χρονολογήθηκε στα 490 Cal BP/1460μ.Χ.

Δύο δείγματα άνθρακα εστάλησαν από την τρανσέρα 5 σε βάθος 2.80 και 3.90μ αντίστοιχα, προερχόμενα από στρώμα σκούρας γκρι αμμόδους ιλύος, χρονολογούμενα 5150 Cal BP/3180π.Χ και 4830 Cal BP/2880π.Χ α-

ντίστοιχα. Στις χρονολογήσεις αυτές παρατηρείται κάποια ασυνέχεια, δεδομένου ότι σε μεγαλύτερο βάθος η χρονολόγηση είναι νεώτερη του υπερκείμενου στρώματος. Προφανώς αυτό οφείλεται σε πιθανή μεταφορά του απανθρακωμένου υλικού.

Από την τρανσέρα 6 δόθηκαν επίσης 2 δείγματα προερχόμενα από στρώμα σκούρας γκρι ιλύος, σε βάθος 3 και 4 μ αντίστοιχα. Το ανώτερο στρώμα χρονολογήθηκε στα 2240 Cal BP και το υποκείμενο στα 5150 Cal BP.

Τέλος, από τη γεώτρηση 2 εστάλη δείγμα φυτικού υπολείμματος, από βάθος 6μέτρων, προερχόμενο από στρώμα γκρίζας ιλύος, το οποίο χρονολογήθηκε στα 6.250 Cal BP.

Σημείο Δειγματοληψίας	Βάθος	Χρονολόγηση (Cal.)
Τρανσέρα 2	2m, φυτικά υπολείμματα	490 BP/1460 μ.Χ
Τρανσέρα 5	2.80m, απανθρακωμένα υλικά	5.150 BP/3180π.Χ
Τρανσέρα 5	3.90m, απανθρακωμένα υλικά	4.830 BP/2880π.Χ
Τρανσέρα 6	3m, φυτικά υπολείμματα	2.240 BP/290π.Χ
Τρανσέρα 6	4m, απανθρακωμένα υλικά	5.150 BP/3200π.Χ
Γεώτρηση 2	6.30m, φυτικά υπολείμματα	6.250 BP /4300π.Χ

Πίνακας. 1 Αποτελέσματα χρονολογήσεων με τη μέθοδο του ^{14}C . (Beta Analytic Inc)

4.2 Ιζηματολογικές αναλύσεις

Μετά την ταξινόμηση και μελέτη των ιζηματολογικών φάσεων των γεωτρήσεων και των τρανσερών, αναγνωρίστηκαν 5 κύριες φάσεις: A, B, C, D, και E (E, F, G). (Σχ.5) Η ιζηματολογική **ενότητα A** είναι η νεότερη και αντιπροσωπεύεται από τον εδαφικό ορίζοντα με κατάλοιπα ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αποτελείται κυρίως από ξηρή καστανή/ καστανοπράσινη άργιλο, άμμο ή και αμμώδη ιλύ με μικρές κροκάλες, επηρεασμένη από χερσαίες διεργασίες. Μόνο στη γεώτρηση 1, κάποια στρώματα με κροκάλες, αποδεικνύουν την επίδραση του ποταμού (πιθανή παλαιοκοίτη), δεδομένου ότι αντίστοιχο στρώμα σε αυτόν τον ορίζοντα δεν εμφανίζεται στις άλλες γεωτρήσεις. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί μιας και η θέση της Γεώτρησης 1 είναι η πλησιέστερη στην ενεργό κοίτη του ποταμού.

Η ενότητα B (2240-5150 BP) αποτελείται κυρίως από γκρι-σκούρα γκρι άμμο ή ιλυώδη άμμο/ άργιλο με λίγες κροκάλες. Χαρακτηρίζεται από υπερόχθιες αποθέσεις του ποταμού με επίδραση υφάλμυρου-θαλάσσιου νερού.

Εντοπίστηκαν ίχνη βενθικών και πλαγκτονικών τρηματοφόρων σε άσχημη κατάσταση διατήρησης, επισημαίνοντας ότι είχαν μεταφερθεί.

Η ενότητα C (5000-5.500BP ?) χαρακτηρίζεται από κροκαλοπαγείς, ποταμο-χειμνάρειες

αποθέσεις. Η ενότητα αυτή αντιπροσωπεύεται κυρίως στη γεώτρηση 1 παρά στις άλλες, σχετιζόμενη πιθανόν με παλαιο-κοίτη του ποταμού.

Η ενότητα D (5500-6250BP) χαρακτηρίζεται από γκριζα-σκούρα γκρι ιλύ /ιλυώδη άμμο. Υπερόχθιες αποθέσεις με επιδράσεις γλυκού, ρηχού και στάσιμου νερού κυριαρχούν σε αυτή την ενότητα, αποκαλύπτοντας χαμηλής ενέργειας γεγονότα και σχετικά ήρεμες συνθήκες. Αυτή η ενότητα κυριαρχεί κυρίως στη Γεώτρηση 2, αποδεικνύοντας ότι μεταξύ του 6250-5500BP στην περιοχή αυτή πρέπει να υπήρχε ένα έλος με στάσιμο γλυκό νερό.

Τέλος, **η Ενότητα E** (E,F,G) (>6500 BP) χαρακτηρίζεται από ποταμοχειμνάρειες και υπερόχθιες αποθέσεις. Αυτή η ενότητα εμφανίζεται και στη γεώτρηση 2 αποδεικνύοντας πιθανή επίδραση ή και μετατόπιση της ροής του ποταμού κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Ίσως αυτή η ενότητα να αντιπροσωπεύει και το λεγόμενο 'Older fill' (Vita-Finzi, 1966, 1969)

4.3 Μικροπαλαιοντολογικές αναλύσεις

Επτά δείγματα από τις τρανσέρες 2, 3, 5 και 6 στάλθηκαν για μικροπαλαιοντολογικές αναλύσεις στο Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Όλα τα δείγματα ανήκαν στην ιζηματολογική φάση B που χαρακτηρίζεται από γρίζα-σκούρα γκρι άμμο ή ιλυώδη άμμο-

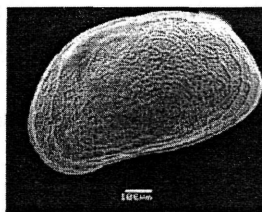
άργίλο με μικρές κροκάλες. Πρόκειται για υπερόχθιες αποθέσεις με επίδραση υφάλμυρου-θαλάσσιου νερού. Στις αναλύσεις των δειγμάτων εντοπίστηκαν βενθικά και πλαγκτονικά τρηματοφόρα καθώς και κάποια οστρακώδη.

Συγκεκριμένα, στην τρανσέρα 2 επιλέχθηκαν 2 δείγματα στα 1.7 και 2m αντίστοιχα. Στο δείγμα που αντιστοιχούσε στα 1.7m βάθος δεν εντοπίστηκαν καθόλου τρηματοφόρα, παρά μόνο 1-2 είδη οστρακωδών του τύπου *Tyrrhenocythere amnicola*. Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζει αποθέσεις σε υφάλμυρο περιβάλλον της περιοχής της Μεσογείου (Bate et al., 1978). Στα 2m βάθος εντοπίστηκαν πολύ λίγα (<5) βενθικά και πλαγκτονικά τρηματοφόρα, άσχημα διατηρημένα, υποδηλώνοντας ότι είχαν μεταφερθεί. Επιπλέον, εντοπίστηκαν λίγα (<5) οστρακώδη που ανήκαν στους τύπους *Tyrrhenocythere amnicola* και *Candona* spp. Αυτά τα είδη υποδηλώνουν περιβάλλον γλυκού νερού με κάποιες επιδράσεις υφάλμυρου. (Σχ.6)

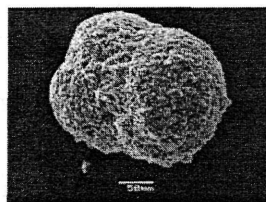
Η τρανσέρα 3 αποδείχθηκε τελείως στείρα. Δεν βρέθηκαν ούτε τρηματοφόρα ούτε οστρακώδη.

Στην τρανσέρα 5 αναλύθηκε δείγμα σε βάθος 2.8m το οποίο περιείχε πολύ λίγα (<5) βενθικά και πλαγκτονικά τρηματοφόρα, άσχημα διατηρημένα και εδώ, καθώς και λίγα (1-2 είδη) οστρακώδη του τύπου *Candona* spp που επίσης υποδηλώνουν περιβάλλον γλυκού-υφάλμυρου νερού.

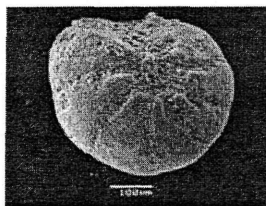
Από την τρανσέρα 6 επιλέχθηκαν 2 είδη από τα 3 και 4m βάθος αντίστοιχα. Στα 3m εντοπίστηκαν πολύ λίγα (<5) βενθικά και πλαγκτονικά τρηματοφόρα, σε άσχημη κατάσταση διατήρησης, υποδηλώνοντας μεταφορά. Επιπλέον, εντοπίστηκαν και λίγα οστρακώδη (<5) του τύπου *Tyrrhenocythere amnicola* που χαρακτηρίζουν υφάλμυρες αποθέσεις της περιοχής της Μεσογείου. (Bate et al., 1978). Στα 4m εντοπίστηκαν τα ίδια με τα ως άνω είδη.



Thyrenocythere
Left valve



Globigerinoides sp



Ammonia Beccarii

Σχήμα 6. Εικόνες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο χαρακτηριστικών τρηματοφόρων και οστρακωδών.

4.4 Παλυνολογικές αναλύσεις

Δείγματα για μελέτες παλυνολογικές στάλθηκαν στο Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών. Επιλέχθηκαν 26 δείγματα από τη Γεώτρηση 2 από διάφορα βάθη (Σχ.7). Τα 12 αποδείχθηκαν στείρα. Αρκετές συγκεντρώσεις άνθρακα βρέθηκαν στα 215, 293, 410, 450-490 και 515-520 cm. Το στρώμα σε βάθος 210-215m ήταν στείρο με άφθονη συγκέντρωση άνθρακα. Στα 270-307cm βάθος εντοπίστηκαν τα εξής είδη: *Pinus*, *Olea*, *Juniperus*, *Ericaceae*, *Helianthus*, *Sinapis*, *Tubuliflorae*, *Liguliflorae*, *Sordaria*, Type 128. Το στρώμα στα 312-390cm βάθος ήταν στείρο, με λίγη ίχνη από *Pinus* και άνθρακα. Στα 410-520cm εντοπίστηκαν διάφορα είδη όπως *Pinus*, *Ericaceae*, *Juniperus*, *Quercus*, *Poaceae*, *Sinapis*, *Teucrium*,

Convolvulus. Τα στρώματα στα 570-650cm και 707-713cm ήταν στείρα.

Pinus, Poaceae, Cerealia type, Liguliflorae εντοπίστηκαν στα 890-910cm βάθος, ενώ τα στρώματα στα 910-920cm και 1050-1060cm βάθος ήταν επίσης στείρα με οργανικά υπολείμματα.

Από τις παραπάνω αναλύσεις μπορούμε να πούμε πως οι συγκεντρώσεις γύρης είναι αρκετά χαμηλές, ενώ η διασπορά της γύρης είναι αρκετά υψηλή στο ανώτερο τμήμα του πυρήνα και χαμηλότερη στο κατώτερο (890-910cm).

Τα είδη της γύρης που εντοπίστηκαν στα ανώτερα τμήματα, υποδηλώνουν ανοικτού τύπου ξηροφυτική βλάστηση με λίγα πεύκα, αγριοκυπάρισσα, και μεγάλη ποικιλία σε βότανα. Η παρουσία της ελιάς στα 270cm βάθος παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς γίνονται διάφορες συζητήσεις για το κατά πόσο η ελιά στην Κρήτη ήταν αυτόχθονη ή μη. (Bottēma and Sarpaki, 2003).

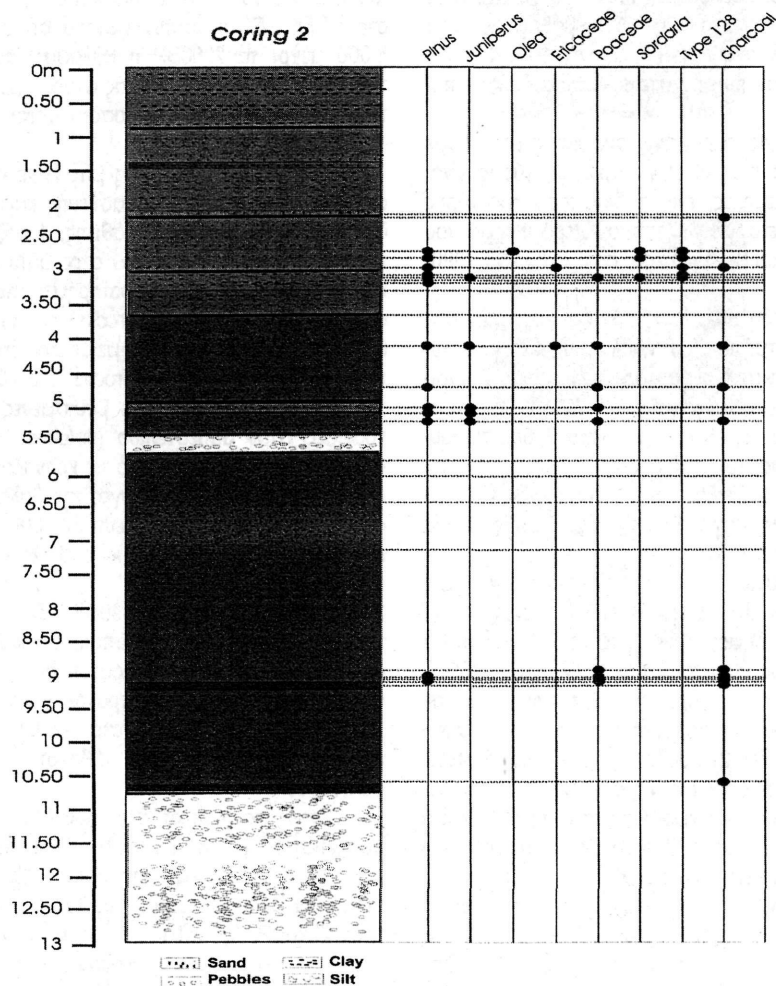
Στα ανώτερα σημεία του πυρήνα οι τιμές των ποών είναι χαμηλές ενώ δεν εντοπίστηκε γύρη από δημητριακά. Αντίθετα, στα κατώτερα σημεία του πυρήνα οι τιμές των ποών αυξάνονται ενώ εντοπίστηκε και γύρη που ανήκε σε δημητριακά. Η παρουσία σπόρων του τύπου *Sordaria* στα 270-307cm βάθος, υποδηλώνει ανθρώπινη δραστηριότητα-βόσκηση στην περιοχή. Μάλιστα η εμφάνιση σε αυτό το στρώμα του τύπου *type 128* πιθανόν να υποδηλώνει ρηχά, στάσιμα, γλυκά νερά.

Η ανάλυση των παλυνοφάσεων στα στείρα δείγματα οδήγησε στο διαχωρισμό 2 ξεχωριστών ομάδων: α) στείρα δείγματα με οργανικά υπολείμματα όπως φυτικοί ιστοί, υφές κ.α και β) τελείως στείρα δείγματα. Η τελευταία ομάδα προφανώς υποδηλώνει συνθήκες απόθεσης που δεν ευνοούσαν τη διατήρηση οργανικών υλικών (ποτάμιες αποθέσεις ή οξειδωτικές συνθήκες). Για την περιοχή της Κρήτης σύμφωνα με τη καμπύλη του Lambeck (1995, 1996), στα

18.000BP χρόνια η θαλάσσια στάθμη ήταν κατά 130m περίπου χαμηλότερα, στα 10.000BP -56m, στα 6.000BP στα -6m και στα 2.000BP στα -1.5m. Είναι λοιπόν φανερό ότι από τα 6.000 μέχρι τα 2000BP η θάλασσα ανέβηκε περίπου 4.5m, άρα ο ρυθμός ανόδου με βάση το μοντέλο αυτό προσδιορίζεται στα 1.12mm/έτος.

Για την περιοχή μελέτης μας έγινε κάποια αντίστοιχη προσπάθεια κατασκευής καμπύλης διακύμανσης θαλάσσιας στάθμης, βασιζόμενη τόσο στις χρονολογήσεις των στρωμάτων, όσο και στις υποθαλάσσιες παρατηρήσεις των ψηφιδωπαγών αιγιαλών (beachrocks) και των βυθισμένων ακτών. (Σχ.8) Σημειώνεται ότι εντοπίστηκαν τρεις σειρές beachrocks στα -0.5m, -1.2m και -1.7m καθώς και βυθισμένες ακτογραμμές στον ασβεστόλιθο (notches), στα -0.5m. Τα αποτελέσματα από τις χρονολογήσεις C14 που αφορούν τις αλλαγές της θαλάσσιας στάθμης στο Ίστρο τα τελευταία 6500chr BP, είναι: στα 6250BP θαλάσσια στάθμη -5,77m από τη σημερινή, στα 5140BP -2,7m, στα 2240BP -1,7m και στα 490BP -0,5m. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχει κάποια ανακολουθία σε 2 χρονολογήσεις απανθρακωμένου υλικού: ένα δείγμα στα -3,47m χρονολογήθηκε στα 4830BP, ενώ ένα δείγμα στα -2,37m, στα 5150BP. Κατά πάσα πιθανότητα έχει μεταφερθεί.

Όπως φαίνεται και στο γράφημα υπάρχει συσχετισμός με την καμπύλη του Lambeck's για την Ελλάδα και την Ανατ. Μεσόγειο. Σύμφωνα με την καμπύλη του Ίστρου, από τα 6250-2240BP, η θαλάσσια στάθμη ανέβηκε γύρω στα 4m. Ο ρυθμός ανόδου για την περιοχή ανά έτος υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία της παρούσας μελέτης, περίπου στα 0,99mm/y. Φαίνεται πως ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης τοπικά για την περιοχή του Ίστρου είναι σχετικά ίδιος με τον ρυθμό τεκτονικής ανόδου της περιοχής.



Σχήμα 7. Παλυνολογικό διάγραμμα της Γεώτρησης 2

4.5 Διακύμανση θαλάσσιας στάθμης

Με το τέλος της τελευταίας Παγετώδους περιόδου και την αρχή του Ολόκαινου, η θαλάσσια στάθμη άρχισε παγκοσμίως να ανεβαίνει λόγω της τήξης των πάγων που κάλυπταν τη Βόρεια Ευρώπη και Αμερική. Κατά το λιώσιμο των πάγων η θάλασσα ανέβηκε περίπου 120-130m. Ιδιαίτερα μεταξύ του 16.000-8.000BP ο ρυθμός ετήσιας ανόδου της θαλάσσιας

στάθμης έφτανε τα 15-20mm/ανά έτος (Lambeck 1996). Μελέτες για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στην ελληνική ακτογραμμή έχουν αντλήσει στοιχεία τόσο από αρχαιολογικά όσο και γεωλογικά κατάλοιπα. (Van Andel 1987, Flemming 1987, Kraft et al.1980). Βέβαια, η περιοχή της Ελλάδας και του Αιγαίου λόγω της έντονης τεκτονικής δραστηριότητας κάνει τη μελέτη ακόμη πιο δύσκολη σε σχέση με περιοχές σχετικά σταθερές, με αποτέλεσμα συγκε-

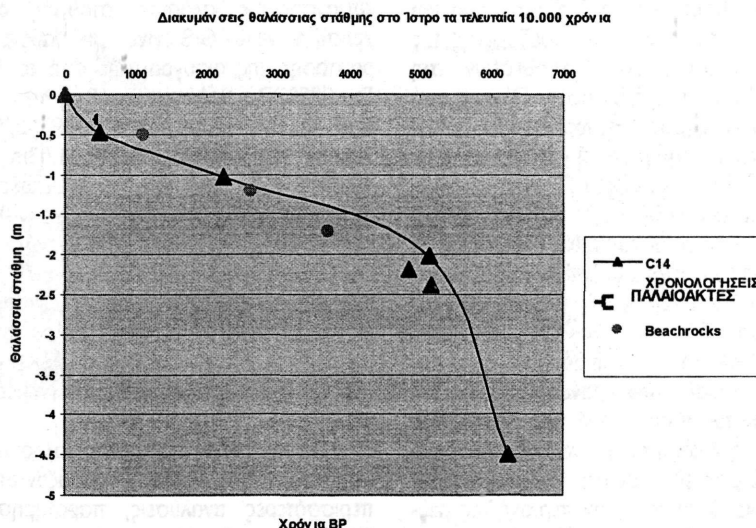
κριμένες περιοχές να έχουν διαφορετικούς ρυθμούς ανόδου σε σχέση με άλλες. (Jackson 1994).

Για την περιοχή της Κρήτης σύμφωνα με τη καμπύλη του Lambeck (1995, 1996), στα 18.000BP χρόνια η θαλάσσια στάθμη ήταν κατά 130m περίπου χαμηλότερα, στα 10.000BP -56m, στα 6.000BP στα -6m και στα 2.000BP στα -1.5m. Είναι λοιπόν φανερό ότι από τα 6.000 μέχρι τα 2000BP η θάλασσα ανέβηκε περίπου 4.5m, άρα ο ρυθμός ανόδου με βάση το μοντέλο αυτό προσδιορίζεται στα 1.12mm/έτος.

Για την περιοχή μελέτης μας έγινε κάποια αντίστοιχη προσπάθεια κατασκευής καμπύλης διακύμανσης θαλάσσιας στάθμης, βασιζόμενη τόσο στις χρονολογήσεις των στρωμάτων, όσο και στις υποθαλάσσιες παρατηρήσεις των ψηφιδωπαγών αιγιαλών (beachrocks) και των βυθισμένων ακτών. (Σχ.8) Σημειώνεται ότι εντοπίστηκαν τρεις σειρές beachrocks στα -0.5m, -1.2m και -1.7m καθώς και βυθισμένες ακτογραμμές στον ασβεστόλιθο (notches), στα -0.5m. Τα αποτελέσματα από τις χρονολογήσεις

C14 που αφορούν τις αλλαγές της θαλάσσιας στάθμης στο Ίστρο τα τελευταία 6500χρ BP, είναι: στα 6250BP θαλάσσια στάθμη -4,49m από τη σημερινή, στα 5140BP -2,03m, στα 2240BP -1,03m και στα 490BP -0,49m. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχει κάποια ανακολουθία σε 2 χρονολογήσεις απανθρακωμένου υλικού: ένα δείγμα στα -2,19m χρονολογήθηκε στα 4830BP, ενώ ένα δείγμα στα -1,09m, στα 5150BP. Κατά πάσα πιθανότητα έχει μεταφερθεί.

Όπως φαίνεται και στο γράφημα υπάρχει συσχετισμός με την καμπύλη του Lambeck's για την Ελλάδα και την Ανατ. Μεσόγειο. Σύμφωνα με την καμπύλη του Ίστρο, από τα 6250-2240BP, η θαλάσσια στάθμη ανέβηκε γύρω στα 4m. Ο ρυθμός ανόδου για την περιοχή ανά έτος υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία της παρούσας μελέτης, περίπου στα 0,99mm/y. Φαίνεται πως ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης τοπικά για την περιοχή του Ίστρου είναι σχετικά ίδιος με τον ρυθμό τεκτονικής ανόδου της περιοχής.



Σχήμα 8. Καμπύλη διακύμανσης θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή του Ίστρου

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω, μπορούν να εξαχθούν κάποια πρώτα συμπεράσματα για την ανθρώπινη δραστηριότητα και την επίδραση των περιβαλλοντικών αλλαγών σε αυτή. Από τα αρχαιολογικά ευρήματα πιστοποιείται ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα ήταν συνεχής από τα Τέλη της Νεολιθικής εποχής μέχρι και τα Ρωμαϊκά χρόνια στην περιοχή. Τα περισσότερα βέβαια ευρήματα κυρίως στην παράκτια ζώνη όπου και εστιάστηκε η μελέτη μας είναι επιφανειακά (όστρακα κεραμικής, εργαλεία κ.α) ενώ λίγα είναι τα αρχιτεκτονικά κατάλοιπα που έχουν εντοπιστεί βυθισμένα κοντά στο Πρινιάτικο Πύργο (Μινωικής εποχής) και στην ακτή μεταξύ Ιωαννιμύτη και Πρινιάτικου Πύργου (Ρωμαϊκά).

Η ιζηματολογική μελέτη των πυρήνων των γεωτρήσεων και των τρανσερών, οδήγησε στην αναγνώριση 5 κύριων ιζηματολογικών φάσεων. Είναι φανερό ότι η επίδραση του Καλού ποταμού είναι ιδιαίτερα έντονη και κυρίως στην περιοχή που βρίσκεται η Γεώτρηση 1. Σε συνδυασμό και με τις χρονολογήσεις, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τουλάχιστον μέχρι και το 6250BP η ροή του ποταμού ήταν κοντά στη θέση της Γεώτρησης 1, ανατολικά του Πρινιάτικου Πύργου. Ίσως πριν το 6250BP η ροή του ποταμού να ήταν πιο δυτικά, δεδομένης της εμφάνισης κροκαλοπαγών αποθέσεων στη Γεώτρηση 2 κατ' αυτή την εποχή. Πάντως από τη μελέτη των ιζημάτων μπορούμε να πούμε ότι οι αποθέσεις στην περιοχή μεταξύ του Ιωάννη μύτη και του Πρινιάτικου Πύργου φανερώνουν πιο ήρεμες συνθήκες απόθεσης, ενώ η επίδραση του ποταμού είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με την περιοχή ανατολικά του Πρινιάτικου Πύργου. Επιπλέον, τόσο η ύπαρξη κάποιων ειδών οστρακωδών του τύπου *Candona* spp που υποδηλώνουν περιβάλλον γλυκού-υφάλμυρου νερού στην τρανσέρα 5 και του γυρεόκοκκου του τύπου *T.128* που εντοπίστηκε στη γεώτρηση 2 και υποδηλώνει στάσιμο, ρηχό γλυκό νερό, μας οδηγούν στην πιθανή ύπαρξη κάποιου μικρού βάλτου στην περιοχή της γεώτρησης 2 κατά τη διάρκεια της Εποχής του Χαλκού. (Σχ.9,10)

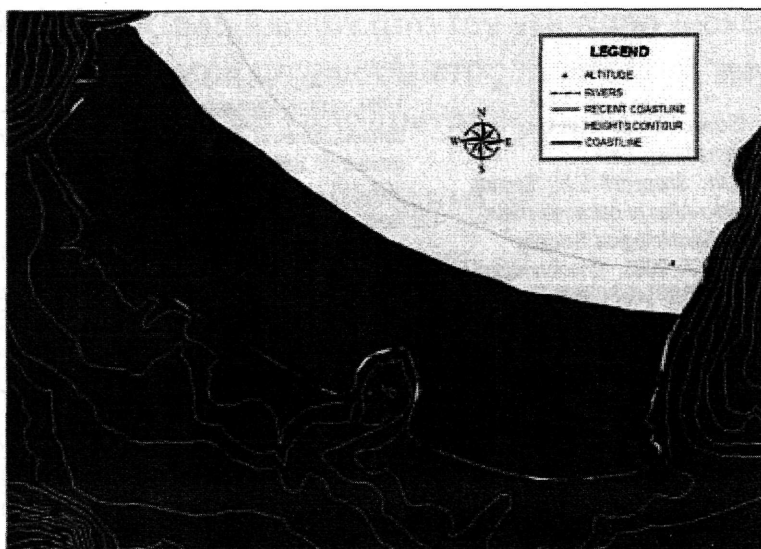
Γενικότερα, από τα αποτελέσματα των παλυνολογικών αναλύσεων μπορούμε να πούμε ότι υποδηλώνεται ανοικτού τύπου ξηροφυτική βλάστηση, με σπάνιες εμφανίσεις πύκης και υψηλή διασπορά σε βότανα. Η παρουσία της ελιάς στο επίπεδο των 270cm, 5000BP, προκαλεί ενδιαφέρον, μιας και έχει προκαλέσει συζητήσεις το κατά πόσο αυτό το καθαρά μεσογειακό δένδρο είναι αυτόχθονο στην Κρήτη. (Bottema and Sarpaki, 2003).

Οι τιμές των *Roaceae* είναι αρκετά χαμηλές, ενώ δεν εντοπίστηκαν δημητριακά. Η παρουσία τέλος σπόρων του τύπου *Sordaria* στο επίπεδο των 270-307cm υποδηλώνει ανθρώπινη δραστηριότητα-βόσκηση στην περιοχή.

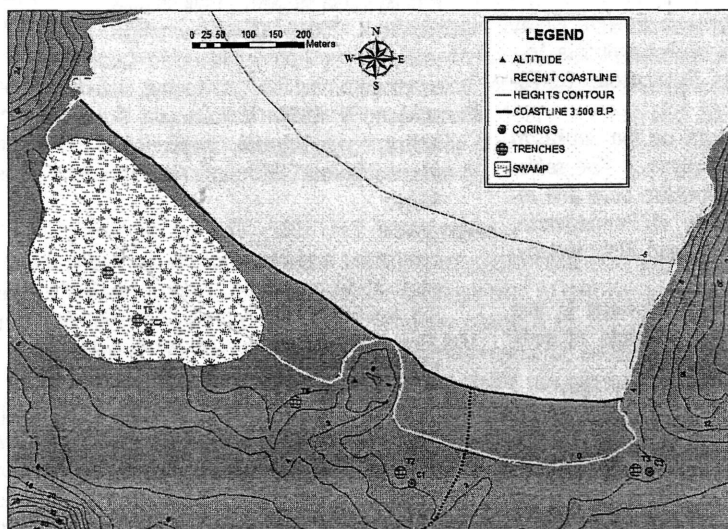
Σύμφωνα με την καμπύλη διακύμανσης της θαλάσσιας στάθμης στο Ίστρο που προέκυψε τόσο από τις χρονολογήσεις των στρωμάτων με τη μέθοδο του ραδιοάνθρακα όσο και με τις υποθαλάσσιες παρατηρήσεις, από τα 6250-2240BP, η στάθμη ανέβηκε περίπου 4m. Το ποσοστό ανόδου για την περιοχή ανά έτος υπολογίζεται περίπου 0,99mm/y, γεγονός που συμβαδίζει με άλλες καμπύλες θαλάσσιας στάθμης για την Κρήτη και την ευρύτερη περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου (Lambeck 1996). Με βάση την καμπύλη διακύμανσης της θαλάσσιας στάθμης και με τη χρήση τεχνικών GIS έγινε προσπάθεια αναπαράστασης της ακτογραμμής από το 6250BP. Στα 6250BP η θαλάσσια στάθμη ήταν -4,49m από τη σημερινή, στα 5140BP -2,7m, στα 2240BP -2,03m, στα 5140BP -1,03m και στα 490BP -0,49m. Αξίζει τέλος να σημειωθεί ότι ένα ακόμη στοιχείο που ενισχύει τις χρονολογήσεις και τον συσχετισμό τους με τη διακύμανση της θαλάσσιας στάθμης, είναι το γεγονός ότι ερείπια ρωμαϊκής περιόδου έχουν εντοπιστεί βυθισμένα σε βάθος -1.5m, περίπου αντίστοιχο με αυτό που μας δίνει η χρονολόγηση για τη στάθμη της θάλασσας γύρω στα ρωμαϊκά χρόνια.

Για την πλήρη παλαιοπεριβαλλοντική αναπαράσταση της περιοχής χρειάζονται ακόμα περισσότερες αναλύσεις, παρατηρήσεις και δεδομένα που θα δώσουν πλήρη εικόνα για τις γεωμορφολογικές - γεωλογικές αλλαγές και τις περιβαλλοντικές εξελίξεις που αλληλεπιδράσαν

με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και επέδρασαν στην πολιτιστική εξέλιξη της περιοχής.



Σχήμα 9. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση στα 5700BP



Σχήμα 10. Παλαιοπεριβαλλοντική αναπαράσταση στα 3500BP

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aitken M, 1990, 'Science-based dating in archaeology', Longman, New York
- Bate R.H, Neale J.W, Sheppard L.M, Siveter D.J, 1978, 'A stereo-Atlas of ostracod shells', The British Micropaleontological Society.
- Bottema S and Sarpaki A, 2003, 'Environmental change in Crete: a 9000-year vegetation history and the effect of the Santorini eruption.' The Holocene 13.5, 733-749
- Dermitzakis M, 1969, 'Geological researches of the Neogene deposits of the Hierapetra province', Ann. Geol. Des Pays Hellen. 21, 342-484.
- Flemming N.C, 1978, 'Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the North-east Mediterranean: implications for models of crustal consumption', Philosophical Transactions of the Royal Society of London A289:405-458
- Hall E, 1914, 'Excavations in Eastern Crete, Vrokastro', University of Pennsylvania Museum, Anthropological Publications 3:3:79-185.
- Hayden B, 2004, 'Reports on the Vrokastro area, Eastern Crete. Volume 2: The settlement history of the Vrokastro area and related studies', University of Pennsylvania, Museum of Archaeology and Anthropology, Philadelphia.
- Huntley D, Godfrey-Smith D, Thewalt M and Berger G (1985), 'Optical dating of sediments', Nature 313, 105-107
- ΙΓΜΕ, Φύλλο .Αγ. Νικολάου 1/50.000, 1987
- ackson J.A, 1994, 'Active tectonics of the Aegean region', Ann. Rev. Earth planet. Sci. 22, 239-271.
- Καροτσιέρης Ζ, Λόζιος Σ και Δερμιτζάκης Μ, 2000, 'Η Νεοτεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής Ιεράπετρας-Αγ. Νικολάου (Λασιθίου, Κρήτης), Annales Geologiques des pays Helleniques, T.XXXVIII, Fasc.C, 77-115
- Kraft J.C, Rapp J.C.R & Aschenbrenner S.E, 1980, 'Late Holocene paleogeomorphic reconstructions in the area of the bay of Navarino: Sandy Pylos', J.Archaeo. Sci. 7, 187-210
- Lambeck K, 1995, 'Late Pleistocene and Holocene sea-level change in Greece and South-western Turkey: a separation of eustatic, isostatic and tectonic contributions', Geophys.J.Int 122, 1022-1044
- Lambeck K, 1996, 'Sea-level change and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time', Antiquity 70, 588-610
- Moody J.A, 1997, 'The Cretan environment: Abused or just Misunderstood?' in P.N Kardulias and M.T. Shutes, eds, Aegean Strategies, 61-77.
- Myer G.H, 1984, 'Ceramic Petrography', in P.P Betancourt, ed, East Cretan White-on-Dark ware, Museum Monograph 51, University of Pennsylvania Museum, Philadelphia.
- Φασουλός Χ, 2001, 'Οδηγός υπαίθρου για τη γεωλογία της Κρήτης', Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Παν/μιο Κρήτης, Ηράκλειο
- Φυτρολάκης Ν, 1980, 'Η γεωλογική δομή της Κρήτης: προβλήματα, παρατηρήσεις και συμπεράσματα', Θέση επί Υψηγείας, ΕΜΠ, Αθήνα
- Van Andel T.H, 1987, 'The adjacent sea', in Landscape and people of the Franchthi region, 31-54, eds. Van Andel T.H& Sutton S.B, Indiana University press, Bloomington
- Vita Finzi C, 1966, 'New Elysian fields', A.J.A 70, 175-178
- Vita Finzi C, 1969, 'The Mediterranean valleys', Cambridge