

| Πρακτικά | δου | Συνεδρίου | Μάτος | 1992 |
|-------------------------|------|-----------|-----------------|---------------|
| Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. | Τομ. | XXVIII/1 | σελ. 415-433 | Αθήνα 1993 |
| Bull. Geol. Soc. Greece | Vol. | | pag. | Athens |

ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΕΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΘΗΡΑΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΣΦΑΤΗ
ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΕΠΙΚΛΥΣΗ

Ε.ΚΑΜΠΟΥΡΟΓΛΟΥ*, Ι.ΜΗΤΣΗΣ**, Ν.ΔΕΛΗΜΠΑΣΗΣ***

ABSTRACT

The fossil coasts of island Thera under the aspect of Beachrocks are being researched aiming at the reconstruction of paleogeographic modifications during the last half of Holocene.

Through the submarine and laboratorial research it comes out that Thera's Beachrocks are being located in various depths and evidence preexisting sedimental structures.

Intensive changes of the coastal profil during the last thousands years are being attested due to the combination of eustatic and tectonic factors.

ΣΥΝΟΨΗ

Μελετώνται οι απολιθωμένες ακτογραμμές της νήσου Θήρας υπό μορφή Beachrocks με σκοπό την αναπαράσταση των παλαιογεωγραφικών μεταβολών της νήσου κατά το τελευταίο μισό του Ολόκαινου.

Από την υποθαλάσσια και εργαστηριακή έρευνα αποδεικνύεται ότι τα Beachrocks της Θήρας εμφανίζονται σε διάφορα βάθη και υπογραμμίζουν προϋπάρχουσες ιζηματολογικές δομές.

* Δρ. Γεωλόγος-Αρχαιογεωμορφολόγος.

Υπουργείο Πολιτισμού, Αρδηττού 34B, 116 36 Αθήνα, τηλ. 9232358.

** Γεωλόγος.

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γεωλογικού τμήματος, 157 84 Ιλίσια

*** Αναπληρωτής Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γεωλογικού τμήματος, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφράστos", Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας, 157 84 Ιλίσια.

Διαπιστώνονται έντονες μεταβολές του παράκτιου αναγλύφου κατά τις τελευταίες χιλιάδες χρόνια που οφείλονται σε συνδυασμό ευστατικών και τεκτονικών παραγόντων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μελέτη των παράκτιων μεταβολών σε περιοχές της Ελλάδος με αρχαιολογικό ενδιαφέρον από την Προϊστορική περίοδο μέχρι σήμερα είναι σχετικά πρόσφατη και ένας νέος κλάδος της επιστημονικής έρευνας, η Αρχαιογεωμορφολογία έχει αναπτυχθεί (Καμπούρογλου Ε., 1989). Παλαιογεωγραφικές αναπαραστάσεις σε παράκτιες περιοχές του Αιγαίου έχουν γίνει σε τοπικό επίπεδο όπως για τη Μεσσηνία (Kraft J. et al, 1975), τον Μαραθώνα (Baeteman C. 1985), την Ερέτρια (Καμπούρογλου Ε., 1989) κ.

Ειδικότερα για τη Θήρα η αναπαράσταση των μεταβολών της παράκτιας μορφολογίας παρουσιάζει ίσως το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από οποιαδήποτε άλλη αρχαιολογική θέση, αφού η Μεσομινωική έκρηξη του ηφαιστείου προκάλεσε εντυπωσιακές μεταβολές του αναγλύφου και την καταστροφή του Μεσομινωϊκού οικισμού του Ακρωτηρίου περί τα μέσα της 2^{ης} χιλιετίας π.Χ.

Στα πλαίσια των ερευνών που διεξάγουμε από το 1989 στη Θήρα για την ανεύρεση του αρχαίου λιμανιού του Ακρωτηρίου, της Αρχαίας Θήρας κλπ. περιλαμβάνεται η παράκτια και υποθαλάσσια έρευνα της νήσου για τον εντοπισμό των διαφόρων υποθαλάσσιων γεωμορφών και απολιθωμένων ακτογραμμών κυρίως υπό μορφή Beachrocks.

Με τη βοήθεια εργαστηριακών αναλύσεων προσδιορίστηκε ο χαρακτήρας των ποικίλων εμφανίσεων Beachrocks και γεωμορφών, το είδος του συγκολλητικού και η ορυκτολογική του σύσταση, που ήταν απαραίτητα για την αποσαφήνιση των διαφόρων παλαιοπεριβαλλόντων και των συνθηκών δημιουργίας τους.

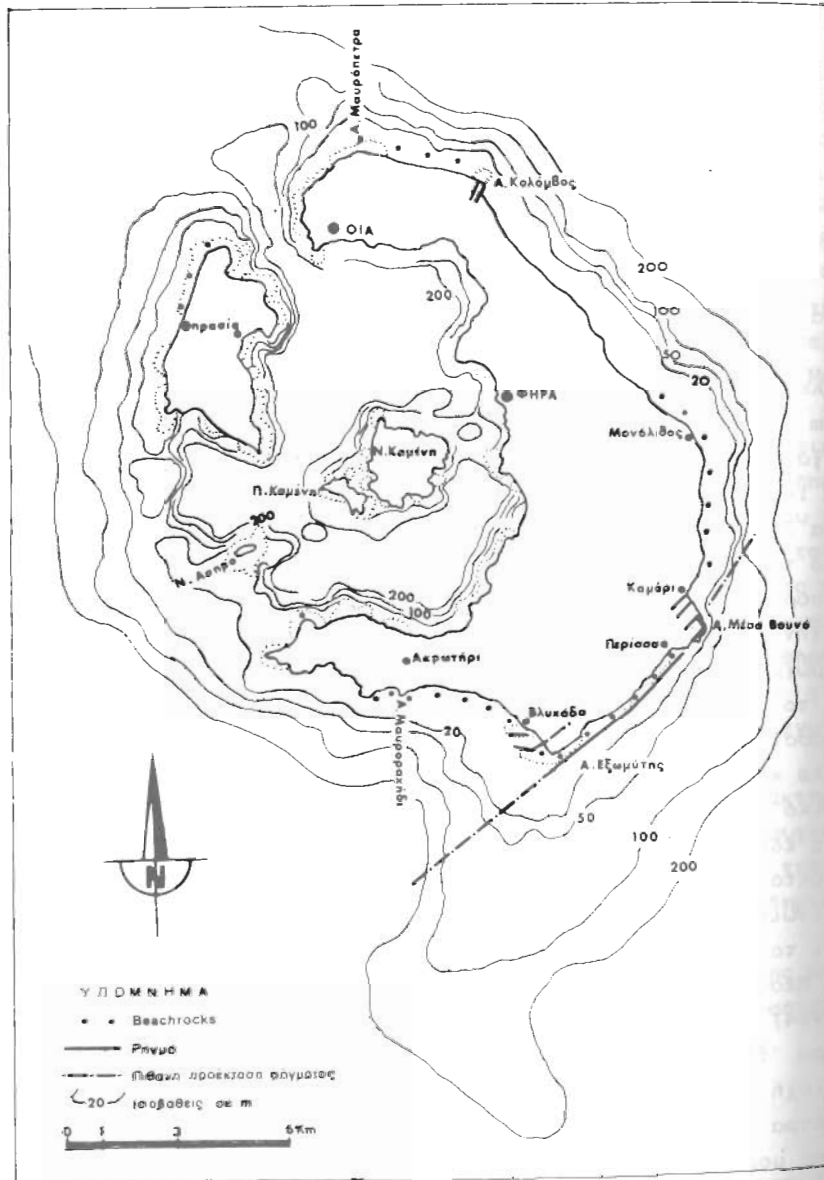
Οι αναπαραστάσεις παλαιότερων ακτογραμμών με τη βοήθεια της μελέτης των βυθισμένων ή μη Beachrocks, είναι πολύ σημαντική και προσφέρει τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στη σχεδίαση των μεταβολών αυτών.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι εργασίες πεδίου περιελάμβαναν παράκτια και υποθαλάσσια κυρίως έρευνα στην υποπαράλια ζώνη με τη βοήθεια αυτόνομης καταδυτικής συσκευής. Έγινε φωτογραφική τεκμηρίωση των διαφόρων υποθαλάσσιων εμφανίσεων απολιθωμένων ακτογραμμών κυρίως υπό μορφή Beachrocks και λήψη δειγματοληψία από διάφορα βάθη.

λάσσιας έρευνας δεν έγινε δυνατό να αποσαφηνισθεί η σχέση τους με τα υπόλοιπα ιζήματα του πυθμένα. Το κάτω τμήμα των εμφανίσεων Beachrocks βάθους 0.30-3m σε πολλές θέσεις αποτελείται από αποστρογγυλομένους κόκκους κίσερης (ξαναδουλεμένο υλικό) συγκολλημένους με το ίδιο συγκολλητικό που μακροσκοπικά εμφανίζεται σαν επιφλοιώσεις πάχους 1cm. Επίσης αποστρογγυλωμένοι κόκκοι κίσερης παρατηρούνται και στο εσωτερικό των πλακών. Η ύπαρξη κίσερης στο κάτω τμήμα των πλακών αποδεικνύει ότι το Beachrocks έχει δημιουργηθεί στο εσωτερικό του παράκτιου ιζήματος και όχι στην επιφάνειά του (Καμπούρογλου Ε. et al, 1990).

Ανατολικά της Αγ. Άννας μέχρι τη Βλυχάδα εμφανίζονται αντίστοιχα 5 τουλάχιστον ζώνες Beachrocks παράλληλες προς τη σημερινή ακτογραμμή. Τα Beachrocks 3m και 5m παρουσιάζουν συνεχή ανάπτυξη για μήκος μεγαλύτερο των 500m. Το πάχος των πλακών σε σχέση με τις προηγούμενες εμφανίσεις είναι μεγαλύτερο της τάξης του 1m και πλέον, το δε πλάτος κυμαίνεται γύρω στα 14 - 15m ενώ στην περιοχή Ακρωτηρίου το πλάτος τους δεν υπερβαίνει τα 3 - 4m. Προς δυσμάς όπου η εκφόρτιση του χειμάρρου που διέρχεται από τον Αγ. Νικήτα επί της ακτής σε 2 διαφορετικές θέσεις εμφανίζονται πυροκλαστικά υλικά λεπτόκοκκα με αποχρώσεις κίτρινο σκούρο έως μαύρο. Στην περιοχή αυτή τα Beachrocks παρουσιάζονται τεκτονισμένα με μικρές ρωγματώσεις και μικρορήγματα επί των πλακών διεύθυνσης ΒΑ/ΝΔ και προς το δυτικό τους άκρο αποσφηνώνονται καλυπτόμενα από την άμμο του θαλάσσιου πυθμένα. Στην ίδια περιοχή μεταξύ των 2 βαθύτερων ζωνών Beachrocks και σε βάθος 4m εντοπίσαμε επί του πυθμένα το χερσαίο Προμεσομινωϊκό υποβάθρο αντίστοιχο με αυτό της ακτογραμμής. Η ανάλυση δείγματος έδειξε ότι το σκουρόχρωμο υλικό αποτελείται κυρίως από πυριτικά ορυκτά ενώ δεν εντοπίστηκαν καθόλου ανθρακικά. Η ύπαρξη χερσαίου Προμεσομινωϊκού υποβάθρου επί της ακτής αλλά και σε βάθος 4m υποδεικνύει ότι τουλάχιστον το τμήμα αυτό μέχρι την ισοβαθή των 4m χέρσευε κατά τη Μεσομινωϊκή περίοδο. Για την αντίστοιχη περίοδο οι Heiken and McCoy (1984) και Aston and Hardy (1989) δέχονται ότι η ακτογραμμή ήταν βορειότερα της σημερινής με αποτέλεσμα η χέρσος να είναι μικρότερη. Στην περιοχή όπου ο μικρός ασβεστολιθικός όγκος του Γαβρίλου εισχωρεί μερικά μέτρα στην υποπαράλια ζώνη οι ισοβαθείς παρουσιάζουν μια ανωμαλία υπό μορφή υποθαλάσσιου βράχονα σχεδόν κάθετου προς τη σημερινή ακτογραμμή που αναφέρεται στο ναυτικό διάγραμμα του Αγγλικού Ναυαρχείου ως αρχαίος μώλος (anonymus, 1963). Στη θέση αυτή εντοπίσαμε υποθαλάσσιο ρήγμα διεύθυνσης ΒΑ/ΝΔΔ (βλ.εικ.1) που έχει τμήσει τις ζώνες των Beachrocks με αποτέλεσμα το νότιο τμήμα σε σχέση με το βόρειο να



1. Βυθομετρικός χάρτης θήρος με τις εμφανίσεις των Beachrocks

Χρησιμοποιήθηκαν σεισμολογικά δεδομένα για την πληρέστερη τεκμηρίωση των διαπιστωμένων τεκτονικών ασυνεχειών που παρατηρήθηκαν επί των ζωνών των Beachrocks.

Η εργαστηριακή έρευνα περιελάμβανε εξέταση λεπτών τομών σε πολιτικό μικροσκόπιο, λεπτών στιλπνών τομών σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο εδάφους (SEM), ημιποσοτική ηλεκτρονική μικροανάλυση με ακτίνες Χ (EDMA), ανάλυση δειγμάτων με περίθλαση ακτίνων Χ (XRD) σε κρυσταλλική σκόνη.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στο νότιο τμήμα του νησιού οι εμφανίσεις απολιθωμένων ακτογραμμών παρουσιάζονται με μορφή Beachrocks και εντοπίζονται στον όρμο δυτικά του Ακρωτηρίου Μαυροραχίδι και σε όλη την παράκτια ζώνη από το Ακρωτήρι μέχρι την Περίσσα. Οι περιοχές εμφάνισης σημειώνονται στο χάρτη της εικόνας 1.

Στην πρώτη περιοχή παρατηρήθηκαν σε διάφορα βάθη μέχρι και 3m ζώνες Beachrocks με συνολικό μήκος εμφάνισης περί τα 450m. Όλες οι εμφανίσεις είναι παράλληλες προς τη σημερινή ακτογραμμή και το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει συνήθως τα 30-40cm. Έχουν τη χαρακτηριστική μορφή σφήνας και κλίση προς τη θάλασσα. Σε όλο σχεδόν το μήκος της ακτής εμφανίζονται κρημνοί κυρίως πάνω σε πυροκλαστικά πετρώματα.

Στην παράκτια ζώνη μεταξύ Ακρωτηρίου και παραλίας Αγ. Άννας εντοπίστηκαν 5 ευδιάκριτες ζώνες Beachrocks σε βάθη από 0.20m μέχρι και 5m. Όλες οι εμφανίσεις είναι παράλληλες με τη σημερινή ακτογραμμή και παρουσιάζουν λοξή στρωμάτωση με μικρή κλίση προς τη θάλασσα. Η ακτή στο μεγαλύτερο τμήμα της σχηματίζει κρημνούς ύψους 10-20m. Στην παραλία της Αγ. Άννας επί των κρημνών εμφανίζονται πυροκλαστικά για ένα μήκος ακτής περί τα 450m. Η θαλάσσια διάβρωση είναι έντονη και η υποχώρηση της ακτογραμμής είναι γρήγορη λόγω της φύσης των υλικών. Το πάχος των πλακών δεν υπερβαίνει συνήθως τα 30-40cm και σε λίγες εμφανίσεις φθάνει μέχρι το 1m περίπου. Στο υλικό τους συμμετέχουν κυρίως χονδρόκοκκα κλάσματα από καλώς αποστρογγυλωμένο υλικό παρόμοιο με το υλικό της σημερινής ακτής. Σε βάθος 0.50m και 2m περίπου βρέθηκε για πρώτη φορά σε πολύ περιορισμένη έκταση το χερσαίο προμεσομινωικό υποβάθρο από πυροκλαστικά υλικά αντίστοιχα με αυτά των κρημνών. Τα Beachrocks των 1.5m και συγκεκριμένα στην περιοχή όπου επί των κρημνών εμφανίζονται τα πυροκλαστικά περιβάλλουν βυθισμένους ογκόλιθους από το ίδιο υλικό. αυτοί είτε είναι κυλισμένοι είτε βρίσκονται in situ και αποτελούν υπόλοιπα από θαλάσσια διάβρωση. Κατά τη διάρκεια της υποθα-

είναι βυθισμένο κατά 1.5m και πλέον. Πρέπει να τονιστεί ότι σε όλο τον παράκτιο χώρο από Αγ. Άννα μέχρι Βλυχάδα επί της ακτής σχηματίζονται κρημνοί από θαλάσσια διάβρωση και μικρά βυθισμένα δέλτα στις εκβολές των χειμάρρων όπως και στο προηγούμενο τμήμα.

Μεταξύ Βλυχάδας και Ακρωτηρίου Εξωμύτης το παράκτιο ανάγλυφο γίνεται ομαλότερο και στα τελευταία 400m πριν από το Ακρωτήριο η μορφολογία γίνεται σχεδόν επίπεδη. Και στην περιοχή αυτή υπάρχουν επάλληλες ζώνες Beachrocks όπως στις προηγούμενες μέχρι το βάθος των 5m.

Εντοπίστηκε δεύτερο υποθαλάσσιο ρήγμα σε απόσταση περί τα 150m βόρεια του Ακρωτηρίου Εξωμύτης με διεύθυνση B50°Α. Είναι σχεδόν κάθετο προς τη σημερινή ακτογραμμή στο παράκτιο τμήμα από Βλυχάδα μέχρι Εξωμύτη (βλ. εικ. 1 και 2). Έχει τμήσει όλες τις ζώνες Beachrocks από τις παλαιότερες μέχρι τις νεώτερες και συνεχίζει στη χέρσο. Στη θέση που τέμνει σχεδόν κάθετα τη σημερινή ακτογραμμή έχει δημιουργήσει μικρή μετακίνηση αυτής περί τα 3m. Στον υποθαλάσσιο χώρο έχει κατέλθει το βορειοδυτικό τμήμα σε σχέση με το νοτιοανατολικό από 1.5m μέχρι 0.20m. Συγκεκριμένα τα Beachrocks 3m έχουν κατέλθει στα 4.5m, των 2m στα 3m, των 1m στο 1.4m, των 0.20m στο 0.40m. Το ρήγμα αυτό χρονολογείται στο 1956 (Kabouroglou E. et al, 1990). Κατά μήκος της (δίας διεύθυνσης (N 50° E) έχουν σχηματιστεί και οι νησίδες Παλαιά και Νέα Καμένη (Heiksen G. et al, 1984) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2000 ετών.

Αυτικότερα αυτού τρίτο ρήγμα με διεύθυνση ΒΔΔ/ΝΑΑ έχει τμήσει μόνο τις παλαιότερες εμφανίσεις Beachrocks και πιθανότατα είναι παλαιότερο. Και στη θέση αυτή τα ρηγματωμένα Beachrocks σχηματίζουν μια μορφή υποθαλάσσιου βραχίονα όπως στη Βλυχάδα και αναφέρεται και αυτός ως αρχαίος βυθισμένος μώλος στο βυθομετρικό διάγραμμα του Αγγλικού Ναυαρχείου. Ο θαλάσσιος πυθμένας μεταξύ των ρηξιγενών επιφανειών των υποθαλασσιών ρημάτων της Βλυχάδας και του Εξωμύτη παρουσιάζεται βυθισμένος και είναι αμμώδης. Κατά τη διάρκεια κυματώχης λόγω της μετακίνησης της άμμου αποκλειστικά η άνω επιφάνεια των πλακών των βυθισμένων Beachrocks.

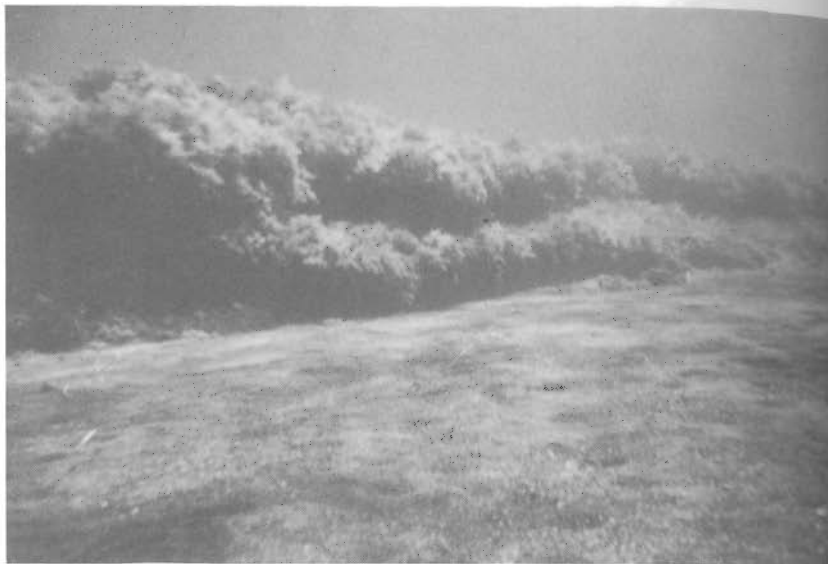
Το παράκτιο ανάγλυφο από Εξωμύτη μέχρι Περίσσα και για ένα μήκος περί τα 4300m είναι ομαλό και η ακτογραμμή σχεδόν ευθύγραμμη στοιχείο που σχετίζεται άμεσα με πρόσφατη τεκτονική δράση. Εμφανίζονται 5 ευδιάκριτες ζώνες Beachrocks (βλ. εικ. 4) σε αντιστοιχία με τις προηγούμενες περιόδους. Νότια του Εξωμύτη η ζώνη Beachrocks των 3m απέχει από τη σημερινή ακτογραμμή περί τα 200m και τέμνεται από ρήγμα παράλληλο προς τη σημερινή ακτογραμμή και παράλληλο προς τη σημερινή ακτογραμμή Εξωμύτη-Περίσσα. Το ρήγμα αυτό έχει τμήσει τα βαθύτερα Beachrocks των 3m και έχει κατέλθει κατά τόπους τον πυθμένα κατά 1-3 και πλέον μέτρα (βλ. εικ. 3).



2. Μερική άποψη υποθαλάσσιου ρήγματος επί των πλακών των Beachrocks, βόρεια ακρωτηρίου Εξωμύτη.



3. Υποθαλάσσια περιοχή νότια Εξωμύτη. Ρηξιγενής επιφάνεια των Beachrocks με βυθισμένο το νότιο τμήμα.



4. Beachrocks βάθους 3m περιοχής Εξωμύτη-Περίσσας. Γενική άποψη.

Συγκεκριμένα σε ορισμένες θέσεις τα Beachrocks των 5m κατέρχονται στα 8m. Το ρήγμα αυτό δεν πρέπει να είναι πρόσφατο διότι στη θέση που τέμνονται οι πλάκες των Beachrocks έχει δημιουργηθεί μικρός αμμόδης διαυλος επί του πυθμένα. Αντίστοιχη εμφάνιση παλαιότερου τεκτονισμού επί των Beachrocks έχουμε διαπιστώσει και στο Ακρωτήριο Ποσειδών της Χερσονήσου Κασσάνδρας.

Επίσης και στα πλέον αβαθή Beachrocks, που σε πολλές θέσεις η εμφάνισή τους είναι ασυνεχής για πολλές εκατοντάδες μέτρα, παρατηρούνται ρωγματώσεις και μικρορήγματα παράλληλα προς τη διεύθυνση της ρηξιγενούς επιφάνειας.

Νοτιοδυτικά του παράκτιου τμήματος από Περίβολο μέχρι Περίσσα και νοτιότερα του ρήγματος παρατηρήθηκε μικρή αναθόλωση του πυθμένα παράλληλη προς τη ρηξιγενή επιφάνεια που αποδίδεται στα ίδια τεκτονικά αίτια. Ουσιαστικά πρόκειται για μια ρηξιγενή ζώνη που αποκαλύπτεται και επί των διαφόρων εμφανίσεων Beachrocks με παράλληλα μεταξύ τους ρήγματα και σχετίζεται άμεσα με την τεκτονική τάφρο που διέρχεται νότια της Αμοργού που είναι ενεργή και επί των ημερών μας. Το ευθύγραμμο της ακτής Εξωμύτη-Περίσσας και οι επάλληλες τεκτονισμένες ζώνες Beachrocks παράλληλα προς αυτήν, αποδεικνύουν ότι αυτή οφείλει τη μορφή της σε προηγηθείσα και πρόσφατη τεκτονική δράση.

Στο παράκτιο τμήμα από Περίσσα μέχρι Καμάρι ανατολικά, όπου εμφανίζονται τα ανθρακικά πετρώματα του Μέσα Βουνού οι ακτές είναι απότομες και τεκτονικές για ένα μήκος περί τα 2600m. Στην επαφή ανθρακικού πετρώματος και θαλάσσης ο πυθμένας είναι απότομος με βάθος κυμαινόμενο από 4-12m. Στο βυθισμένο τμήμα του ασβεστολιθικού όγκου πουθενά δεν εμφανίζεται παλαιότερη ακτογραμμή. Κατά τόπους ορισμένες ανωμαλίες που παρατηρούνται οφείλονται σε ασυνέχεια του πετρώματος και όχι σε παλαιότερες ακτογραμμές. Ο τεκτονισμός αυτός είναι παλαιότερος διότι η επαφή πυθμένα ανθρακικού πετρώματος καλύπτεται από άμμο. Διαπιστώθηκε η ύπαρξη ρήγματος επί των ασβεστολίθων πλησίον της ακτογραμμής που πιθανότατα αποτελεί συνέχεια της υποθαλάσσιας ρηξιγενούς επιφάνειας Εξωμύτη-Περίσσας διότι βρίσκεται στην ίδια ευθεία και έχει την αυτή διεύθυνση. Παράλληλα με αυτό σημειούνται και άλλα 3 ρήγματα (βλ.εικ.1) και ένα κάθετο προς το πρώτο με διεύθυνση ΒΔ/ΝΑ.

Στο ανατολικό τμήμα από Καμάρι μέχρι Μονόλιθο εντοπίστηκαν επάλληλες ζώνες Beachrocks μέχρι το βάθος των 5m. Σε αντίθεση με τα Beachrocks Βλυχάδας-Εξωμύτη-Περίσσας δεν παρουσιάζουν σαφή τεκτονισμό. Κυρίως στις βαθύτερες εμφανίσεις παρατηρούνται πολλές ρωγματώσεις και αποκολλήσεις των πλακών.

Επίσης και στο παράκτιο τμήμα από Μονόλιθο μέχρι Βούρβουλο παρατηρήθηκαν επάλληλες στρώσεις Beachrocks τουλάχιστον μέχρι 3m. Στο βόρειο τμήμα της νήσου από ακρωτήριο Μαυρόπετρα μέχρι το Ακρωτήριο Κολόμβο εντοπίστηκαν ζώνες Beachrocks μέχρι ένα βάθος 5m κυρίως στις περιοχές όπου υπάρχουν εκφορτίσεις χειμάρρων. Στη θέση του ακρωτηρίου, 2 παράλληλα ρήγματα πιθανώς συνεχίζουν και στην υποπαράλια ζώνη (βλ.εικ.1). Στο τμήμα αυτό οι εμφανίσεις Beachrocks είναι γενικά περιορισμένης έκτασης και η κατά μήκος ανάπτυξή τους δεν είναι μεγάλη. Επίσης και στο βόρειο και δυτικό τμήμα της Θηρασίας εντοπίστηκαν βυθισμένες ζώνες Beachrocks μέχρι το βάθος των 5 μέτρων. Χαρακτηριστική είναι η εμφάνιση Beachrocks στο εσωτερικό της καλδέρας μέχρι ένα βάθος 2m πλησίον της ακτογραμμής στο νότιο τμήμα του νησιού, ΒΑ του Φάρου (βλ.εικ.1). Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτει ότι περιφερειακά της νήσου Θήρας και της Θηρασίας υπάρχουν ζώνες Beachrocks μέχρι το βάθος των 5 μέτρων ορισμένες από τις οποίες στο νότιο τμήμα της εμφανίζουν σαφή ανωολοκαινικό τεκτονισμό.

ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Η νήσος Θήρα, όπως και οι νοτιότεροι νήσοι του Κυκλαδικού συμπλέγματος, Σέριφος, Φολέγανδρος, Μήλος και Αμοργός, παρουσιάζουν την μεγαλύτερη σεισμική δραστηριότητα σχετικά με τις υπόλοιπες νήσους των Κυκλάδων. Σεισμικές καταστροφές έχουν παρατηρηθεί κυρίως στις ηφαιστειογενείς νήσους Μήλος, Τήρα, Φολέγανδρος, ΑΠ.Θήρα. Το νησιωτικό συγκρότημα της Θήρας, αποτελείται από περιφερειακά υπολείμματα νησιών που περιβάλλουν κυκλικά τον κεντρικό κρατήρα του ηφαιστείου.

ηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος"

Η σεισμική δραστηριότητα της Θήρας οφείλεται κυρίως σε ηφαιστειογενείς σεισμούς που προηγούνται ή έπονται, όπως είναι φυσικό, της εκάστοτε έκρηξης. Εκτός όμως από τους πολυάρυθμους αυτούς σεισμούς, φιλοξενεί και τεκτονικούς ακόμη και μεταπτωσιγενείς σεισμούς. Η γένεση των σεισμών αυτών οφείλεται στο διαρρηγμένο υπόβαθρο του ηφαιστείου. Εκτός των σεισμών αυτών η ευρύτερη περιοχή της Θήρας φιλοξενεί και εστίες σεισμών ενδιάμεσου βάθους.

Οι σοβαρότεροι σεισμοί που προκάλεσαν βλάβες στη νήσο Θήρα (Galanopoulos A.G. 1960, 1961, Makropoulos K.C. et al 1981, Papazachos B. et al 1986, Shebalin N.V. et al 1974) είναι οι ακόλουθοι:

1650: Από τη θαλάσσια έκρηξη του πάγκου Κολόμβος παρατηρήθηκαν στη νήσο καταρρέψεις οικιών και βράχων.

1650 Σεπτεμβρίου 29: Σοβαρός σεισμός με επίκεντρο $36,1/2^{\circ}N$ $25,1/2^{\circ}E$ προκάλεσε σημαντικές βλάβες VII-VIII βαθμού σε μεγάλο αριθμό οικιών στο νησί. Του σεισμού ακολούθησε θαλάσσιο σεισμικό κύμα.

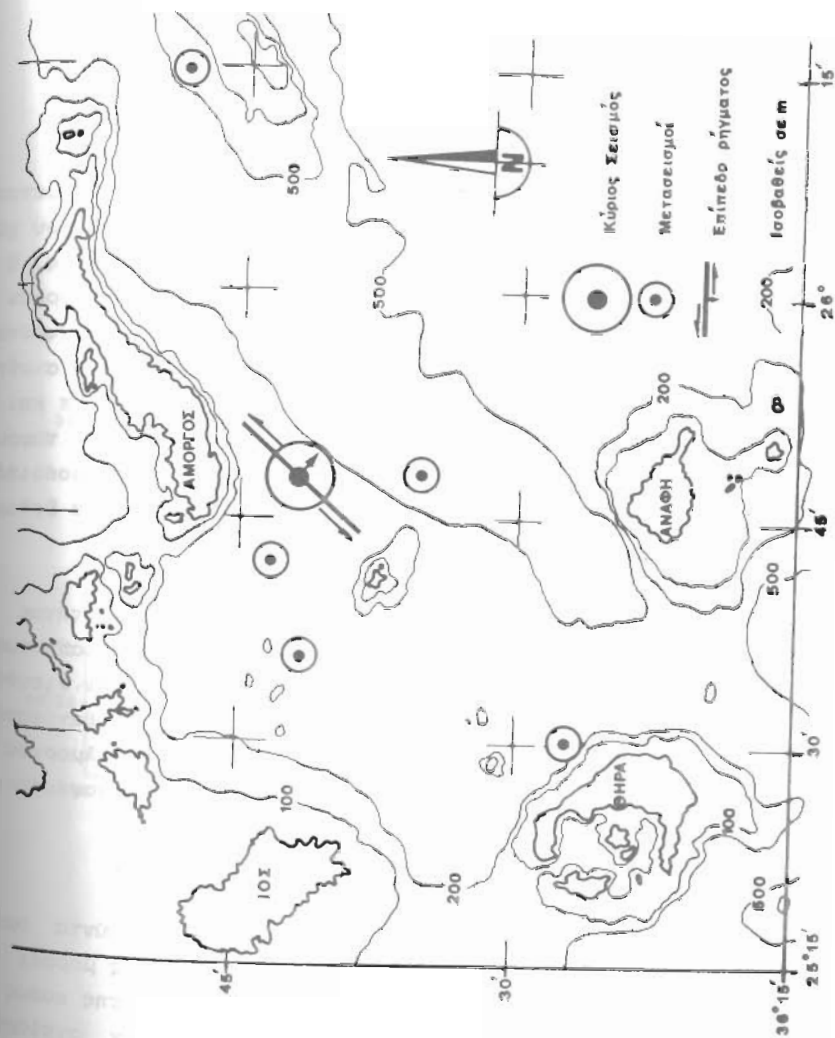
1862 Ιουνίου 21: Σφοδρός σεισμός με επίκεντρο $36,1/2^{\circ}N$ $25^{\circ}E$ προκάλεσε βλάβες VII-VIII βαθμού στη νήσο Μήλο. Η πλειόσειστος περιοχή επεκτάθηκε και στα νησιά Αντίμηλο, Σίφνο, Φολέγανδρο και Θήρα.

1866 Ιανουαρίου 31: Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο $36,4^{\circ}N$ $25,3^{\circ}E$ και μέγεθος 6R, προκάλεσε σοβαρές βλάβες VII βαθμού σε πολλές οικίες της νήσου. Από τον σεισμό προκλήθηκαν καθιζήσεις στο έδαφος και μερική θαλάσσειση των περιοχών αυτών.

1919 Οκτωβρίου 25: Πολύ ισχυρός σεισμός με μέγεθος 5,9R και επίκεντρο $36,5^{\circ}N$ $25,5^{\circ}E$ προκάλεσε σημαντικές βλάβες σε χωριά της Θήρας και κυρίως στην Οία και τον Καρτεράδο.

1920 Νοεμβρίου 15: Σφοδρός σεισμός με επίκεντρο $36^{\circ}N$ $25,3/4^{\circ}E$ και μέγεθος 6R, προκάλεσε σοβαρές βλάβες VII βαθμού σε πολλά χωριά της Θήρας.

1956 Ιουλίου 9: Καταστρεπτικός σεισμός με μέγεθος 7,5R και επίκεντρο $36,7^{\circ}N$ $25,8^{\circ}E$ μεταξύ Αμοργού και Αστυπάλαιας (βλ.εικ.5). Περίπου 12 λεπτά μετά τον κύριο σεισμό ακολούθησε και δεύτερη δόνηση ($36,45^{\circ}N$ $25,51^{\circ}E$), με μέγεθος 7,2R και εστιακό βάθος 95Km. Η δόνηση αυτή τοποθετείται στα ΒΑ της νήσου Θήρας (βλ.εικ.5). Ο σεισμός αυτός που προερχόταν από βάθος 15 Km, προκάλεσε καταστροφές VIII-IX βαθμού στη πόλη των Φηρών της νήσου Θήρας καθώς και στη νήσο Αμοργό. Σημαντικές επίσης βλάβες παρατηρήθηκαν και στα γειτονικά νησιά της ευρύτερης περιοχής. Του κυρίου σεισμού προηγήθηκε μικρός αριθμός προσεισμών και ακολούθησε μετασεισμική δράση που διήρκεσε περισσότερο από τέσσερις μήνες. Τρία λεπτά μετά τον κύριο σεισμό (03:15 G.M.T.) ακολούθησε σφοδρό θαλάσσιο σεισμικό κύμα που έγινε αντιληπτό προς βορρά μέχρι τις ακτές της Αττικής και Μικράς Ασίας και προς νοτιοανατολικά μέχρι την Παισιλίνη.



5. Αιγαιοπελαγικός βοθρογενετικός χώρος της περιοχής Κολομβίου με το επίκεντρο του σεισμού και των μετασεισμών του Ιουλίου 1956.

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τον καταστρεπτικό αυτό σεισμό του νότιου Αιγαίου. Constantinescu L. et al (1966), Mackenzie D. (1972), Ritsema A. (1971) και Drakopoulos I. and Delibasis N. (1982). Οι προτεινόμενες λύσεις ελάχιστα διαφέρουν μεταξύ τους και συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

| Οριικά επίπεδα | Κλίση | Άξονες | Κλίση |
|----------------|-------|--------|-------|
| α: 060° | 61°SE | P 021° | 25° |
| β: 154° | 83°SW | T 184° | 15° |
| | | A 330° | 29° |
| | | C 064° | 07° |
| | | B 166° | 60° |

Όπως προκύπτει από τη διασπορά των επικέντρων των ελαχίστων μετασεισμών που έχουν $M_{2.5} > 3R$ και από την μορφολογία του υποθαλάσσιου χώρου της περιοχής, το επίπεδο α: (N 060°E) είναι το επίπεδο διάρρηξης. Η κλίση είναι κανονική και αριστερόστροφη. Στην άποψη αυτή συνηγορούν πιθανότατα και οι κατευθύνσεις των πρώτων διαταράξεων του ισχυρότατου θαλάσσιου κύματος που ακολούθησε (Γαλανόπουλος, 1957). Η μεγάλη αισθητότητα και χρονική διάρκεια του κύματος φαίνεται ότι ενισχύθηκε και από κατολισθήσεις γαιών από τις απότομες κλιτείς των υποθαλασσιών τάφων. Για να υπολογίσουμε το μήκος της διάρρηξης L σε μίλια χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη σχέση του Housner (1969) σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα στην κεντρική Αμερική. $L = 1,82 \cdot 10^{-2} M^m$

όπου για $M = 7,5R$ έχουμε $L = 32,9$ μίλια ή $L = 52,95$ Km.

Κατά την πρόσφατη παρακολούθηση της μικροσεισμικής δραστηριότητας της νήσου Θήρας κατά την χρονική περίοδο 1985-1989 (βλ. εικ. 6) διαπιστώθηκε η ύπαρξη μιας ρηξιγενούς ζώνης που διέρχεται από τη Θήρα και διεύθυνται προς τα βορειοανατολικά (Delibasis N. et al, 1991). Πιθανότατα η ζώνη αυτή συνδέεται με την διεγερθείσα ζώνη του 1956 της Αμοργού που έχει επηρεάσει και τις εμφανίσεις των Beachrocks όπως προαναφέρθηκε.

ΤΥΠΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΣΜΟΣ

Όπως διαπιστώθηκε από την ορυκτολογική ανάλυση τα επικρατούντα ορυκτά στους συγκολλούμενους κόκκους είναι: Πλαχιόκλαστα, διάφορες μορφές τέλλου, πυρόξενοι, K-άστριοι, αδιαφανή ορυκτά κυρίως μαγνητίτης καθώς και σιδηροξειδία. Γενικά οι κόκκοι της κίσηρης και των λαβών ανεξάρτητα από την ορυκτολογική τους σύσταση παρουσιάζονται σε μεγάλο βαθμό αποστρογγυλωμένοι εκτός από τους κόκκους μαγνητίτη που είναι σχεδόν γωνιώδεις. Το συγκολλητικό που περιβάλλει τους κόκκους είναι μικριτικό έως μικροσπαρτικό συνήθως ισοπαχές και τα μεσοδιαστήματα των κόκκων είναι πληρωμένα (φραγμένα ή γεμισμένα) από ανθρακικό συγκολλητικό. Υπάρχουν κενά με αποτέλεσμα να δημιουργείται σχετικά υψηλό περιβάλλον (βλ. εικ. 1) Φηφιακή Βιβλιοθήκη "Οδύσσειας" Τομήμα Γεωλόγος Α. Παύστασης που βρέθηκαν έγκλειστα στο μικριτικό συγκολλητικό δείχνουν γρήγορη ενδοπαλαιογενική

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τον καταστροφικό αυτό σεισμό του νότιου Αιγαίου. Constantinescu L. et al (1966), Mackenzie D. (1972), Ritsema A. (1971) και Drakopoulos I. and Delibasis N. (1982). Οι προτεινόμενες λύσεις ελάχιστα διαφέρουν μεταξύ τους και συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

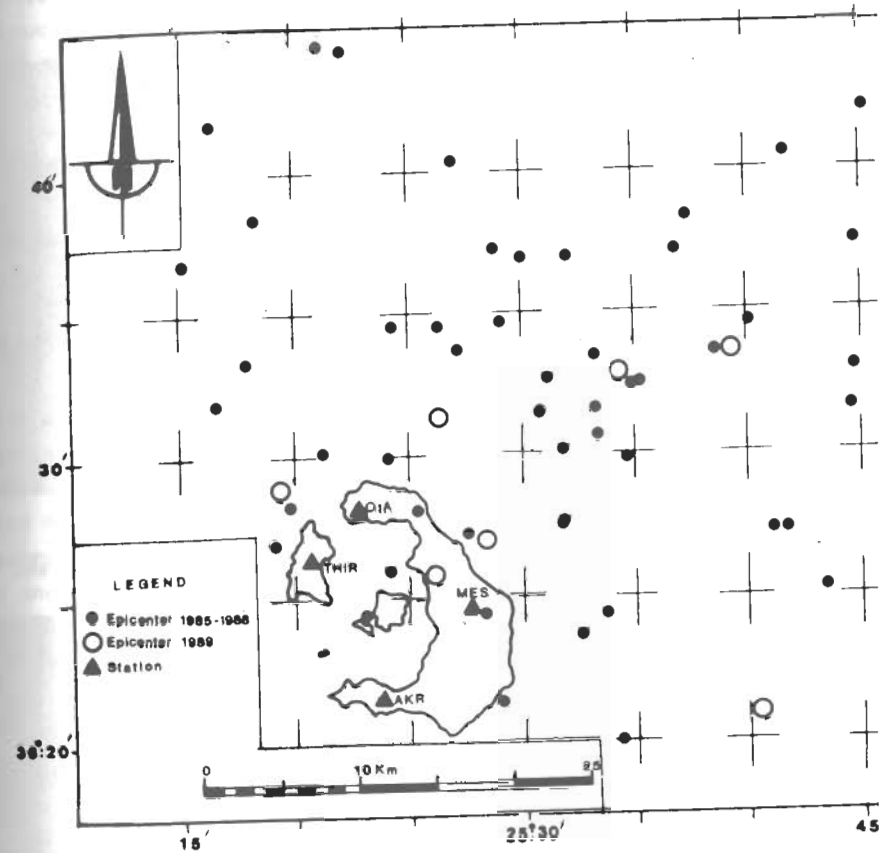
| Ορικά επίπεδα | Κλίση | Άξονες | Κλίση |
|---------------|-------|--------|-------|
| α: 060° | 61°SE | P 021° | 25° |
| β: 154° | 83°SW | T 184° | 15° |
| | | A 330° | 29° |
| | | C 064° | 07° |
| | | B 166° | 60° |

Όπως προκύπτει από τη διασπορά των επικέντρων των ελαχίστων μετασεισμικών που έχουν $M_{2.5} \geq 3.8$ και από την μορφολογία του υποθαλάσσιου χώρου της περιοχής, το επίπεδο α: (N 060°E) είναι το επίπεδο διάρρηξης. Η κλίση είναι κανονική και αριστερόστροφη. Στην άποψη αυτή συνηγορούν πιθανότατα και οι κατευθύνσεις των πρώτων διαταράξεων του ισχυρότατου θαλάσσιου κύματος που ακολούθησε (Γαλανόπουλος, 1957). Η μεγάλη αισθητότητα και χρονική διάρκεια του κύματός φαίνεται ότι ενισχύθηκε και από κατολισθήσεις γαιών από τις απότομες κλιτείες των υποθαλασίων τάφρων.

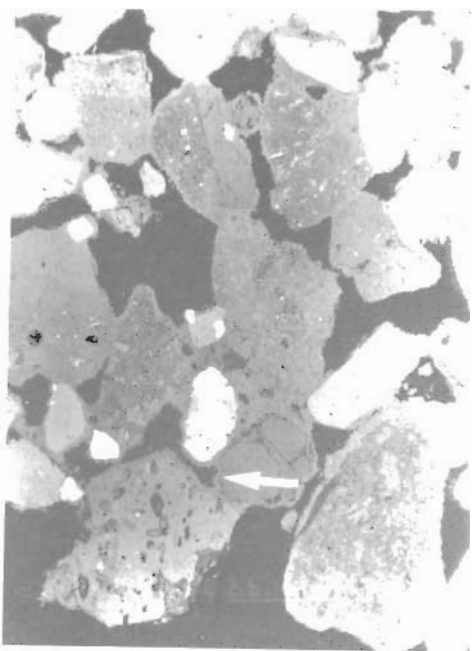
Για να υπολογίσουμε το μήκος της διάρρηξης L σε μίλια χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη σχέση του Housner (1969) σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα στην κεντρική Αμερική. $L = 1,82 \cdot 10^{-2} e^M$ όπου για $M = 7,5R$ έχουμε $L = 32,9$ μίλια ή $L = 52,95$ Km. Κατά την πρόσφατη παρακολούθηση της μικροσεισμικής δραστηριότητας της νήσου θήρας κατά την χρονική περίοδο 1985-1989 (βλ.εικ.6) διαπιστώθηκε η ύπαρξη μιας ρηξιγενούς ζώνης που διέρχεται από τη θήρα και διευθύνεται προς τα βορειοανατολικά (Delibasis N. et al, 1991). Πιθανότατα η ζώνη αυτή συνδέεται με την διεγερθείσα ζώνη του 1956 της Αμοργού που έχει επηρεάσει και τις εμφανίσεις των Beachrocks όπως προαναφέρθηκε.

ΤΥΠΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΣΜΟΣ

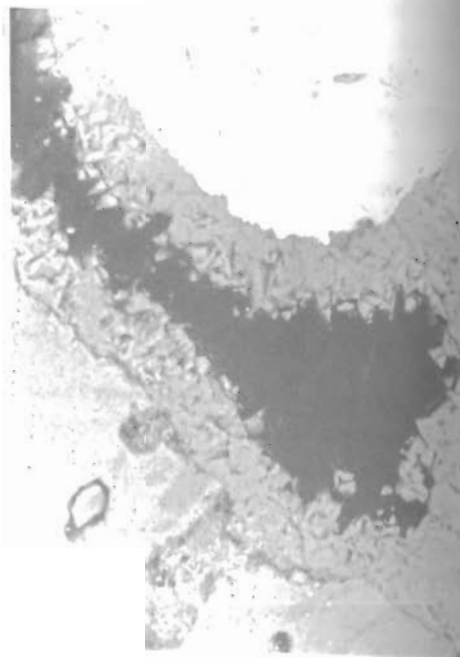
Όπως διαπιστώθηκε από την ορυκτολογική ανάλυση τα επικρατούντα ορυκτά στους συγκολλούμενους κόκκους είναι: Πλαγιόκλαστα, διάφορες μορφές νέλου, πυρόξενοι, K-άστριοι, αδιαφανή ορυκτά κυρίως μαγνητίτης καθώς και σιδηροξείδια. Γενικά οι κόκκοι της κίσηρης και των λαβών ανεξάρτητα από την ορυκτολογική τους σύσταση παρουσιάζονται σε μεγάλο βαθμό αποστρογγυλωμένοι εκτός από τους κόκκους μαγνητίτη που είναι σχεδόν γωνιώδεις. Το συγκολλητικό που περιβάλλει τους κόκκους είναι μικριτικό έως μικροσπαριτικό συνήθως ισοπαχές και τα μεσοδιαστήματα των κόκκων είναι πληρωμένα (φραγμένα ή γεμισμένα) από ανθρακικό οξείδιο ή θειάφι. υπάρχουν κενά με αποτέλεσμα να δημιουργείται σχετικά υψηλό πορώδες (βλ.εικ.10). Τα μικρά ξένα στοιχεία υαλώδους σύστασης που βρέθηκαν έγκλειστα στο μικροσπαριτικό συγκολλητικό είναι:



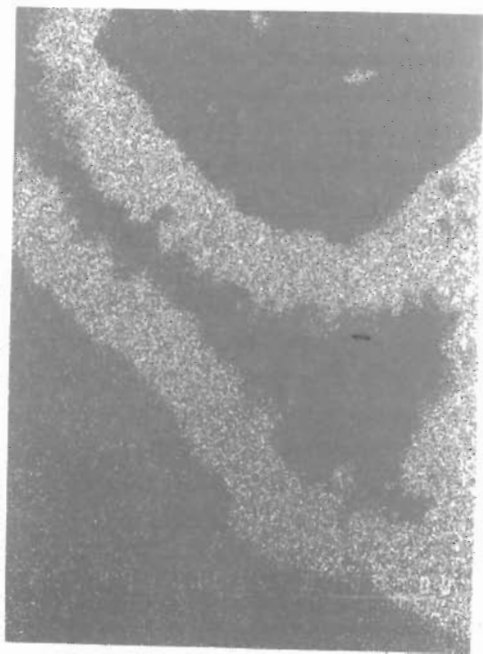
6. Διασπορά σεισμικών επικέντρων περιοχής θήρας περιόδου 1985-1989 (Delibasis N. et al, 1991).



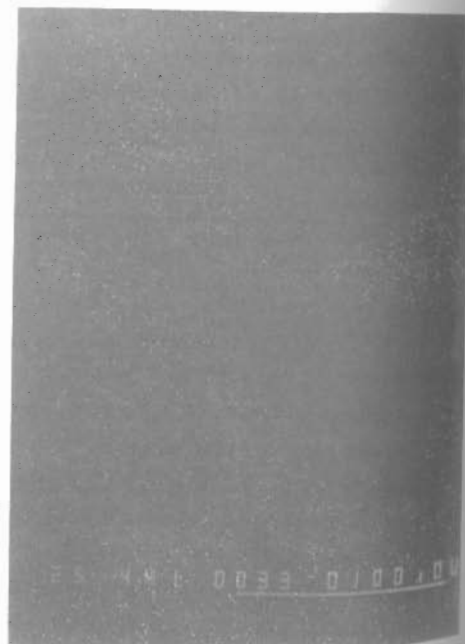
7. Beachrocks Θήρας
BEI COMPO M x 40



8. BEI COMPO M x 440



9. Κατανομή Ca



10. Κατανομή Mg

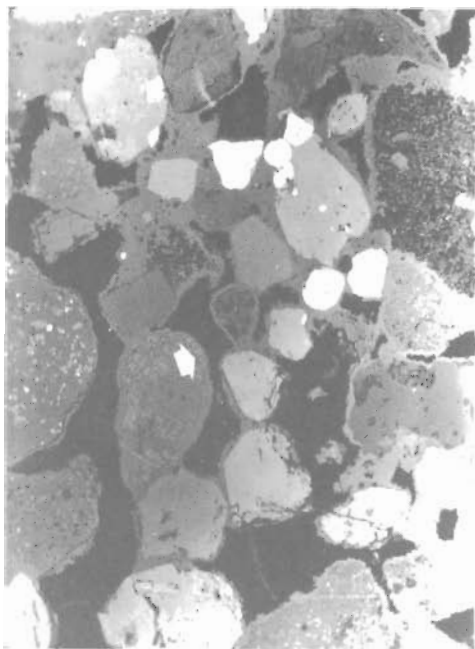
σταδιακή κυκλοφορία κατά τη διάρκεια της μικριτικής ανάπτυξης. Επίσης το ανθρακικό συγκολλητικό δεν παρουσιάζει ζωνώδη ανάπτυξη και οι μικρολίτες έως μικροσπαρίτες του είναι κάθετα τοποθετημένοι προς τους κόκκους που περιβάλλει. Το χρώμα είναι ομοιόμορφο συνήθως μέσα σ'ένα συγκεκριμένο στρώμα και ποικίλλει σε άλλες επιφάνειες από καθαρό άσπρο μέχρι κίτρινο και σπανιότερα καφέ. Τα σκουρότερα χρώματα συσχετίζονται με κρυπτοκρυσταλλικές μορφές του συγκολλητικού. Από την ηλεκτρονική μικροανάλυση τόσο με την τεχνική BEI-COMPO όσο και με E.P.M.A. (βλ. εικ. 7-14) προέκυψε ότι οι κατανομές του ασβεστίου (Ca) και μαγνησίου (Mg) στις λεπτές στιλπνές τομές είναι ομοιόμορφες και ομοιογενείς σε όλη την έκταση του ανθρακικού συγκολλητικού, χωρίς να παρατηρούνται φαινόμενα ζώνωσης στη χημική του σύσταση. Επίσης διαπιστώθηκε και η σχετικά σταθερή αναλογία του ανθρακικού μαγνησίου στο ανθρακικό συγκολλητικό σε όλα τα δείγματα.

Με τη μέθοδο της περίθλασης των ακτίνων X (XRD) διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα του Μαγνησίου είναι σταθερή και υπολογίστηκε σε $\approx 14-16 \text{ mol } \% \text{ MgCO}_3$ σε στερεό διάλυμα. Δεν προσδιορίστηκε απαχνίτης σε ανιχνεύσιμες ποσότητες. Απαχνίτης ανιχνεύθηκε μόνο στο άνω μέρος της πλάκας Beachrocks στην περιοχή του Μονόλιθου μεταξύ της επαφής της πλάκας και της αποικίας πολυχαιτών της οικογένειας Serpulidae που καλύπτουν το άνω τμήμα της και ανήκε αποκλειστικά στο σωλήνα που κατασκευάζουν οι πολύχαιτοι.

Το αποτέλεσμα αυτό επαληθεύτηκε και με τη χημική ανάλυση συγκολλητικού με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης σε περιορισμένο αριθμό δειγμάτων. Στο αυτό συμπέρασμα έχουμε καταλήξει και για τα Beachrocks άλλων περιοχών του Ελλαδικού χώρου (Αττικής, Εύβοιας, Αργολίδας, Λέσβου κλπ.) όπου η περιεκτικότητα του MgCO_3 στο συγκολλητικό υπολογίστηκε σε $\approx 15 \text{ mol } \%$ (Καμπούρογλου Ε., 1990). Το αποτέλεσμα αυτό της περιεκτικότητας του MgCO_3 συγκλίνει με το $14 \text{ mol } \%$ που δέχεται ο Hopley (1986), $13-16 \text{ mol } \%$ ο Alexanderson (1972), $10-15 \text{ mol } \%$ του Scoffin (1987) κά.

ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ BEACHROCKS

Άκριβη δεδομένα για τη χρονολόγηση τους δεν διαθέτουμε ακόμη διότι η έρευνα βρίσκεται σε εξέλιξη. Το στοιχείο ότι όλες σχεδόν οι εμφανίσεις μέχρι το βάθος των 3m στο κάτω τμήμα των πλακών τους εμφανίζουν συγκολλημένη μινωική κίσηρη αλλά και στο εσωτερικό μεταξύ των κόκκων αποδεικνύει ότι όλες οι ζώνες Beachrocks από 0,20-3m είναι νεώτερες της Αναγέννησης. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής περιόδου δηλαδή από $\approx 3500 \text{ BP}$ μέχρι σήμερα.



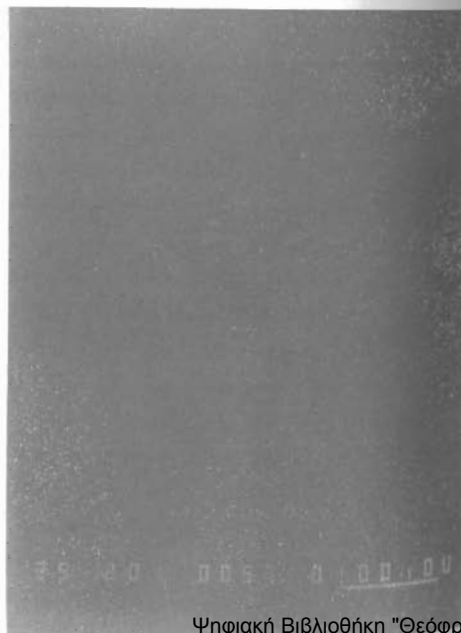
11. Beachrocks Θήρας
BEI COMPO M x 40



12. BEI COMPO M x 440



13. Κατανομή Ca



14. Κατανομή Mg

Οι βαθύτερα ευρισκόμενες εμφανίσεις ενδεχομένως να ανήκουν σε παλαιότερες στάθμες θάλασσας αλλά δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για να το υποστηρίξουμε. Το μόνο στοιχείο που συγκλίνει προς την άποψη αυτή είναι ο εντοπισμός του προμεσομινωικού υποβάθρου στα -4m στην περιοχή της Βλυχάδας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

Από τα στοιχεία της έρευνας προέκυψε ότι περιφερειακά από τη νήσο Θήρα υπάρχουν απολιθωμένες ακτογραμμές σε μορφή Beachrocks σε διάφορα βάθη χαμηλότερα από το σημερινό θαλάσσιο επίπεδο. Στο νότιο τμήμα της παρατηρείται η μεγαλύτερη πυκνότητα εμφανίσεων. Στην ίδια περιοχή παρατηρείται επίσης μια πρόσφατη και μια παλαιότερη ανωσολοκαϊνική σεισμική δράση που έχει επηρεάσει τη μορφολογία των Beachrocks και σχετίζεται άμεσα με την τεκτονική τάφρο που διέρχεται νότια της Αμοργού και φτάνει μέχρι τη Θήρα. Οι επάλληλες εμφανίσεις ζωνών Beachrocks περιφερειακά της νήσου και στα ίδια περίπου βάθη συντηγορούν στην ύπαρξη ευστατικών παραγόντων που εναλλάσσονται με περιόδους τεκτονικής αστάθειας που επηρεάζει την μορφολογία της περιοχής. Ο εντοπισμός υποθάλασσια του προμεσομινωικού υποβάθρου αποδεικνύει ότι στο παράκτιο τμήμα από παραλία Αγ. Αννίας μέχρι την Βλυχάδα η ακτογραμμή κατά την Μεσομινωική έκρηξη ευρίσκετο ΝΔ της σημερινής προς το μέρος της θάλασσας. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις απόψεις των Heiken and McCoy (1984) και Aston and Hardy (1989) που για την αντίστοιχη περίοδο θεωρούν ότι οι ακτογραμμές περιφερειακά της νήσου ευρίσκονταν εσωτερικότερά προς το μέρος της χέρσου. Για το τμήμα της περιοχής από το ακρωτήριο Εξωμύτης μέχρι Περίσσα δεν είναι δυνατόν να αποφανθούμε με βεβαιότητα για τη θέση της Μεσομινωικής ακτογραμμής λόγω του πρόσφατου τεκτονισμού της. Ομοίως στην περιοχή Κάμαρου όπου επί της χέρσου και σε απόσταση περί τα 100m από τη σημερινή ακτογραμμή εντοπίστηκε ασβεστολιθικό έδαρμα μέχρι το υψόμετρο των 30m η Μεσομινωική ακτογραμμή βρισκόταν τουλάχιστον στο ανατολικό άκρο του ασβεστολιθικού εδάρατος. Το αποτέλεσμα αυτό βρίσκεται επίσης σε αντίθεση με τις απόψεις των προαναφερθέντων ερευνητών.

Από τα μακροσκοπικά, μικροσκοπικά και ορυκτολογικά στοιχεία της μελέτης, αποδεικνύεται ότι όλες οι εμφανίσεις Beachrocks που διαπιστώθηκαν αντιστοιχούν σε παλαιότερες ακτογραμμές και αναπαριστούν επαναλαμβανόμενες συγκολλησεις κατά τη διάρκεια αύξησης της στάθμης του σχετικού θαλάσσιου επιπέδου από την προϊστορική περίοδο μέχρι σήμερα.

Η σταθερή σύνδεση ανάμεσα στις εμφανίσεις Beachrocks και υποχωρούσες παραλλές καθώς και η ύπαρξη κλίσηρης στο κάτω τμήμα των πλακών αλλά και στο εσωτερικό των Beachrocks αποδεικνύουν ότι η συγκόλληση γίνεται στο εσωτερικό του παράκτιου ιζήματος και όχι στην επιφάνεια του.

Το Mg του ανθρακικού συγκολλητικού έχει σταθερή περιεκτικότητα *14-16 mol % MgCO₃ σε στερεό διάλυμα, είναι πρωτογενούς προέλευσης και δεν είναι προϊόν ανακρυστάλλωσης. Η χημική του ομοιομορφία και ομοιογένεια σε σχέση με τη σταθερή περιεκτικότητα του Mg, συσχετίζουν άμεσα το μηχανισμό με θαλάσσιες διεργασίες. Τα στοιχεία αυτά συμφωνούν με τα αντίστοιχα για άλλες περιοχές της Ελλάδας (Καμπούρογλου Ε., 1990).

Ο αραγωνίτης δεν βρέθηκε σε ανιχνεύσιμες ποσότητες στο συγκολλητικό ενώ αντίθετα βρέθηκε στο σκελετικό υλικό διαφόρων πολυχαίτων που βρίσκονται σε επαφή με την άνω επιφάνεια των πλακών.

Η ζωνώδης ανάπτυξη του συγκολλητικού και τα διάφορα στάδια κρυστάλλωσης σχετίζονται με φυσικές συνθήκες, ενώ ο χημισμός των διαλυμάτων όπως αποδείχτηκε από τις μικροαναλύσεις είναι σταθερός η δε διαδικασία

B I B Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

- ALEXANDERSON E. 1972: Mediterranean Beachrocks Cementation Marine Precipitation of Mg-Calcite, Coastal and Shallow Water Sedimentation: Carbonate Sediments. Part 5. The Mediterranean Sea, 203-224.
- ANONYMUS 1963: Nisos Thira, Hydrographic Mapp, Hydrographic Office, Published at the Admiralty, London.
- ASTON M.A., and HARDY P.G. 1989: The Pre-Minoan Landscape of Thera: a Preliminary Statement.
- BAETEMAN C. 1985: Late Holocene geology of the Marathon Plain (Greece) J. Coastal Res., 1, 173-185.
- ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ Α., 1957: Το θαλάσσιο σεισμικόν κύμα της 9 Ιουλίου 1956. "Πρακτικά της Ακαδημίας Αθηνών" Τομ. 32^{ος}, 1957.
- GALANOPOULOS A.G., 1960: A catalogue of shocks with Io ≥ VI or M25 for the years 1801-1958, Athens, 122pp.
- GALANOPOULOS A.G., 1961: A catalogue of shocks with Io ≥ VII for the years prior to 1800, Athens, 20pp.
- CONSTANTINESCU L., RUPRECHTOVA L., and ENESCU D. 1966: Mediterranean - Alpine Earthquake Mechanisms and their seismotectonic implications. "Geophys. J. R. Astr. Soc. 1, 10, 347-368.
- DELIBASIS N., D., CHAILAS S., LAGIOS E., and DRACOPOULOS J., 1991: Surveillance of Thera Volcano, Greece. Microseismicity Monitoring. Φηφική Βιβλιοθήκη "Οτιόφρατος" - Ετήσιες Γεωλογικές Α.Π.Θ. Two Earth Sciences, 3-9 Sept. 89.

- BRACPOULOS J., and DELIBASIS N.D. 1982: The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947-1981. "University of Athens Seismological Laboratory".
- BEIKEN G. and McCOY F.JR. 1984: Caldera Development During the Minoan Eruption, Thira, Cyclades, Greece. Journ. of Geoph. Research, Vol. 89, NO. B10, 8441-8462.
- BEIKEN G. McCOY F., and SHERIDAN M. 1989: Palaeotopographic and palaeogeologic reconstruction of Minoan Thera.
- BOPLEY D., 1986: Beachrock as sea-level indicator. In: Sea-level research: a manual for the collection and evaluation of data, ed. Orson Van de Plassche, Free University, Amsterdam, 157-175.
- BOUSNER G.W., 1969: Engineering estimates of ground shaking and maximum earthquake magnitude. "Proceedings 4th WCEE" Santiago, Chile, 1, A-1.
- BUTCHISON C., 1974: Laboratory Handbook of Petrographic Techniques. 216-217. JOHN WILEY & SONS, New York.
- ΚΑΜΠΟΥΡΟΓΛΟΥ Ε. 1989: Επέτρια, παλαιογεωγραφική και γεωμορφολογική εξέλιξη κατά το Ολόκαινο. Σχέση φυσικού περιβάλλοντος και αρχαίων οικισμών. Έκδοση Δήμου Επέτριας, Αθήνα.
- ΚΑΜΠΟΥΡΟΓΛΟΥ Ε. 1990: Beachrocks του Ελλαδικού χώρου και η σημασία τους στην πρόσφατη ολόκαινη θαλάσσια επίκλυση. Δελτ.Ε.Γ.Ε. том. XXV/4, 39-57. Πρακτ. 5^{ου} Επιστ.Συν., Θεσ/νίκη, Μάιος 1990.
- KABOUROGLOU E. and KABOUROGLOU S., 1990: Les rivages fossilises de la partie sud de l'ile Thera (Santorini) (Greece) : Leur Consequence a la tectonique recente et a l'evolution morphologique de l'enceinte. LITTORAL 1990, Comptes rendu du 1er Symp. de l'Association europeenne, EUROCOAST, IMT, Marseille 9-13, Juillet 1990. 255-260.
- KRAFT J., RAPP G. CHENBRENNER S. 1975: Late Holocene Paleogeography of the Coastal Plain of the Gulf of Messenia, Greece and its Relationships to Archaeological Settings and Coastal Change. Geological Society of America Bulletin, v.86, p.1191-1208, 21 figs, sept. 1975, Doc. no. 50902.
- ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ Κ.Κ. and BURTON P.W. 1981: A catalogue of seismicity in Greece and adjacent areas. "Geophys.J.R.Astr.Soc." 65, 741-762.
- MACKENZIE D. 1972: Active Tectonics of the Mediterranean Region. "Geophys.J.R.Astr.Soc". 30, 109-185.
- RITSEMA A.R. 1974: The earthquake mechanisms of the Balkan Region. "Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut".
- PAPAZACHOS B. and P. COMNINAKIS, 1986: A catalogue of earthquakes in Greece and the surrounding area for the period 1901-1985. Publ. Geoph. Lab. of Thessaloniki University 1-167pp.
- PAPAZACHOS B. and N.D. DELIBASIS 1969: Tectonic stress field and seismic faulting in the area of Greece. "Tectonophysics" 7. 231-255
- SCOFFIN T. 1987: An introduction to Carbonate Sediments and Rocks, 92-94 (Marine cements). Blackie USA: Chapman & Hall, New York.
- SHEBALIN N.V., KARNIK V. and HADZIEVSKI (Editors), 1974: Balkan region Catalogue of Earthquakes, UNESCO Project offic, Skopje.