

Γεωμορφολογική μελέτη της Θήρας - Σύνθεση Παλαιοανάγλυφου

Θ. Γκουρνέλλος, Δ. Βαϊόπουλος*, Α. Βασιλόπουλος** και Ν. Ευελπίδου****

Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας

**Πανεπιστημιούπολις, 157 84 Αθήνα.*

*** Τυμφρηστού 56, Χαλάνδρι, 152 34 Αθήνα.*

**** Μοιάνδρου 59, Ν. Φιλοδέλφεια, 143 41 Αθήνα.*

Περίληψη

Το νησί της Θήρας αποτελείται από ένα υπόβαθρο ανακρυσταλλωμένων αβαετολίθων και μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Το υπόβαθρο αυτό καλύπτεται από μία σειρά ηφαιστειακών σχηματισμών. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα που άρχισε πριν 1,6 εκατομμύρια χρόνια, συνεχίζεται ακόμα και είναι κυρίως υπεύθυνη για την υπάρχουσα τοπογραφία. Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η μελέτη των γεωμορφών των νησιών της Σαντορίνης. Δεδομένης της περιπλοκότητας αυτής της ηφαιστειακής δραστηριότητας χρησιμοποιήσαμε στατιστικές μεθόδους για την ανάλυση των παικίλων γεωμορφολογικών ενοτήτων και διάφορα λογισμικά προγράμματα υπολογιστών, για να αναπαραστήσουμε τις διαφοροποιήσεις του αναγλύφου.

Abstract

The island of Thera consists of a basement of recrystallized limestones and metamorphosed rocks. This basement is covered by a sequence of volcanic formations. The volcanic activity which started about 1.6 m.y. ago, is still operating and is mainly responsible for the actual topography.

The aim of this paper is to study the landforms of the islands of Santorini. Given the complexity of this volcanic evolution, we have used statistical methods to analyze the various geomorphological units and different software programs to visualize the differences of the relief.

Εισαγωγή

Το νησί της Θήρας έχει αποτελέσει αντικείμενο πάρα πολλών εργασιών, σε ένα ευρύ φάσμα επιστημών (Lacroix 1896, Padang 1936, Marinatos 1972, Ninkovich 1965, Γαλανοπουλος 1958, 1971, Heinek-Mac-Coy 1984, 1994, Fytikas et al. 1984, Velitzelos (1986), Skarpelis Liati (1987), Lagiow (1989). Παρ' όλα αυτά οι γεωμορφολογικές αναφορές σπανίζουν.

Από στρωματογραφική άποψη το σύμπλεγμα των νήσων της Σαντορίνης αποτελείται κυρίως από δύο κατηγορίες πετρωμάτων. Έτσι το υπόβαθρο της Θήρας αποτελείται από Τριαδικούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και Δολομίτες (Παπασταματίου, 1958), από Ηωκαινικούς φυλλίτες (Τάταρης, 1964) και μία Μειοκαινική γρανιτική διείδυση (Σκαρπέλης και Liati, 1987). Η δεύτερη κατηγορία πετρωμάτων που καθολικά κυριαρχεί στη Θήρα είναι μία συνεχής σειρά ηφαιστειακών προϊόντων, που ξεκινά από 1,6 περίπου εκατομμύρια χρόνια (Ferrara et al., 1980) και φτάνει μέχρι τη σύγχρονη εποχή.

Η ηφαιστειακή σειρά της Σαντορίνης χαρακτηρίζεται από μία εναλλαγή ηφαιστειακών λαβών και κίσηρης (Pichler and Kussmaul 1980, Druif et al., 1989). Γενικά οι διάφοροι συγγραφείς διακρίνουν τρεις οριζόντες κίσηρης, την λεγόμενη κάτω, μέση και άνω σειρά κίσηρης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ανώτερη σειρά κίσηρης είναι αποτέλεσμα της Μινωικής έκρηξης που χρονολογείται γύρω στα 1500 π.Χ. (Γαλανόπουλος, 1958, Seward, 1980, κ.ά.).

Γεωμορφολογική Ανάλυση

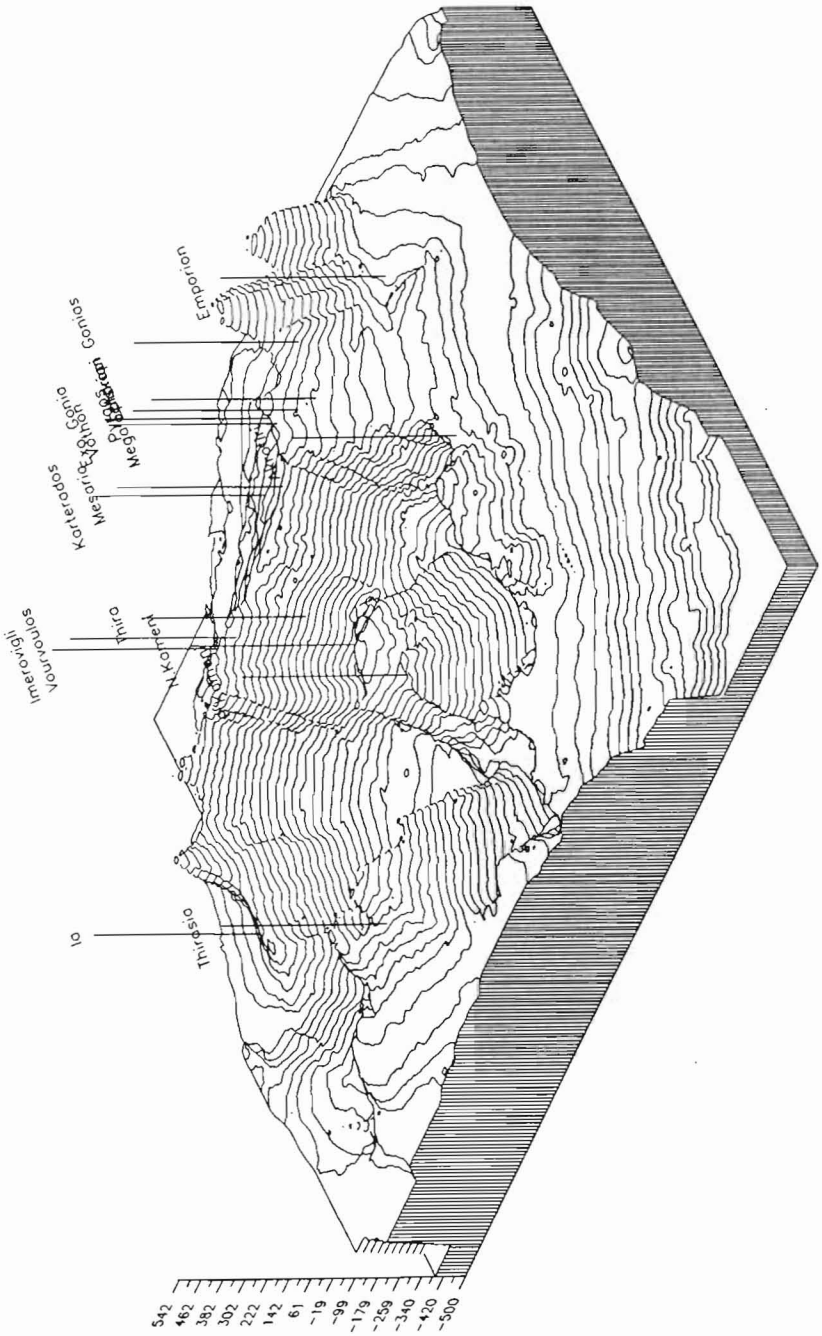
Για την μελέτη της γεωμορφολογίας της Σαντορίνης πέρα από την έρευνα υπαίθρου έγινε ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000 (έγινε εισαγωγή 80.000 σημείων). Έτσι με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή επιτεύχθηκε αφ' ενός μεν υψομετρική ανάλυση των διάφορων γεωμορφολογικών ενότητων και αυτόματη χάραξη τοπογραφικών τομών, αφ' ετέρου δε τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της Σαντορίνης (Σχ. 1) καθώς και των υποθαλάσσιων λεκανών της (Σχ. 2).

Οι κύριες γεωμορφολογικές ενότητες της Σαντορίνης είναι:

- Η Ασβεστολιθική ενότητα (Προφήτη Ηλία - Βλυχάδα)

Πρόκειται για σχηματισμά που βρίσκεται στα νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου, αποτελούμενο κύρια από κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, δο-

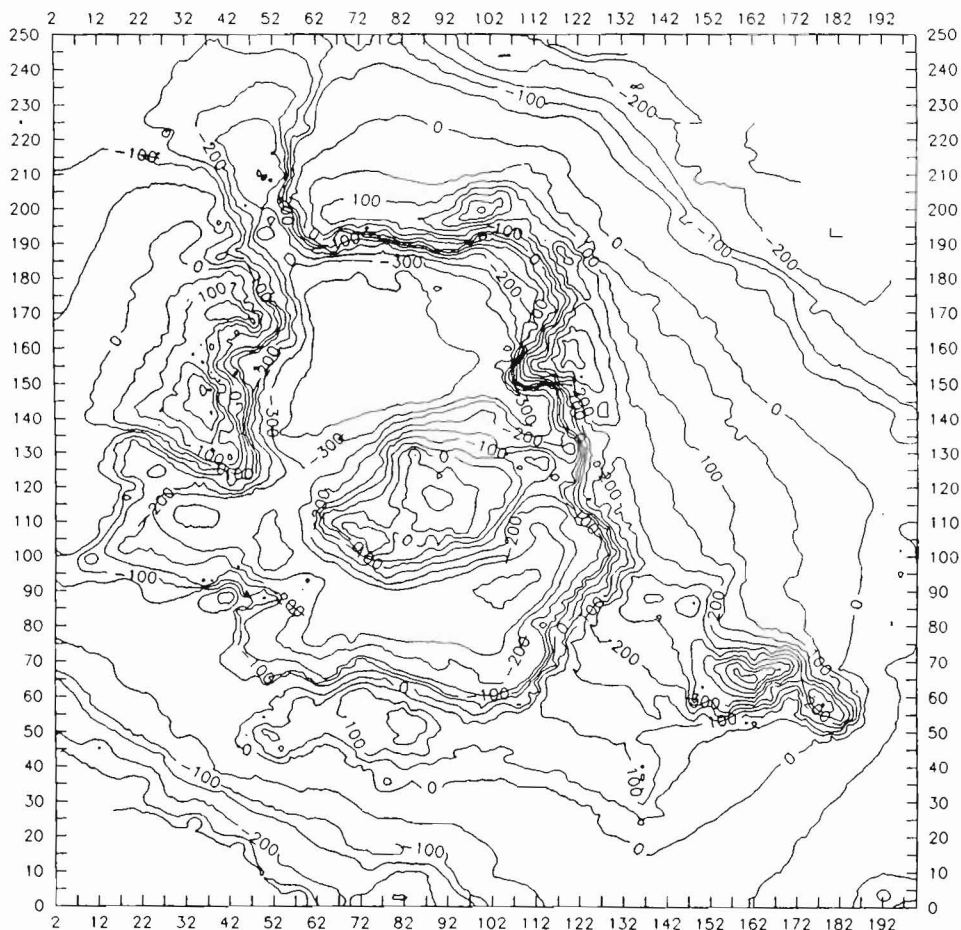
Santorini Surface



Σχ. 1. Τρισδιάστατη απεικόνιση του αναγλύφου της Σαντορίνης.

λομίτες και φυλλίτες που αντιπροσωπεύουν το προηφαιστειακό ανάγλυφο της Θήρας.

Santorini Contours



Σχ. 2. Οι ισοβαθείς της Σαντορίνης που οριοθετούν τις υποθαλάσσιες λεκάνες.

– Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα (Μ. Βουνό - Μικρού Προφήτη Ηλία - Σκάρου) που διακρίνονται στο Βόρειο τμήμα της νήσου και αποτελούνται κύρια από ανδειτικές λάβες.

– Η Ασβεστολιθική ενότητα (Προφήτη Ηλία - Βλυχάδα)

Πρόκειται για σχηματισμό που βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου, αποτελούμενο κύρια από κρυσταλλικούς ασβεστολίθους, δο-

λομίτες και φυλλίτες που αντιπροσωπεύουν το προηφαιστειακό ανάγλυφο της Θήρας.

– **Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα** (Μ. Βουνό - Μικρού Προφήτη Ηλία - Σκάρου) που διακρίνονται στο Βόρειο τμήμα της νήσου και αποτελούνται κύρια από ανδρειατικές λάβες)

– **Το Μινωϊκό ηφαιστειακό ανάγλυφο** που πρόκειται για ημισελινοειδή μορφή που είναι η κύρια μορφή της Θήρας καθώς και της Θηρασίας. Το διακρίνουμε σε δύο υποενότητες:

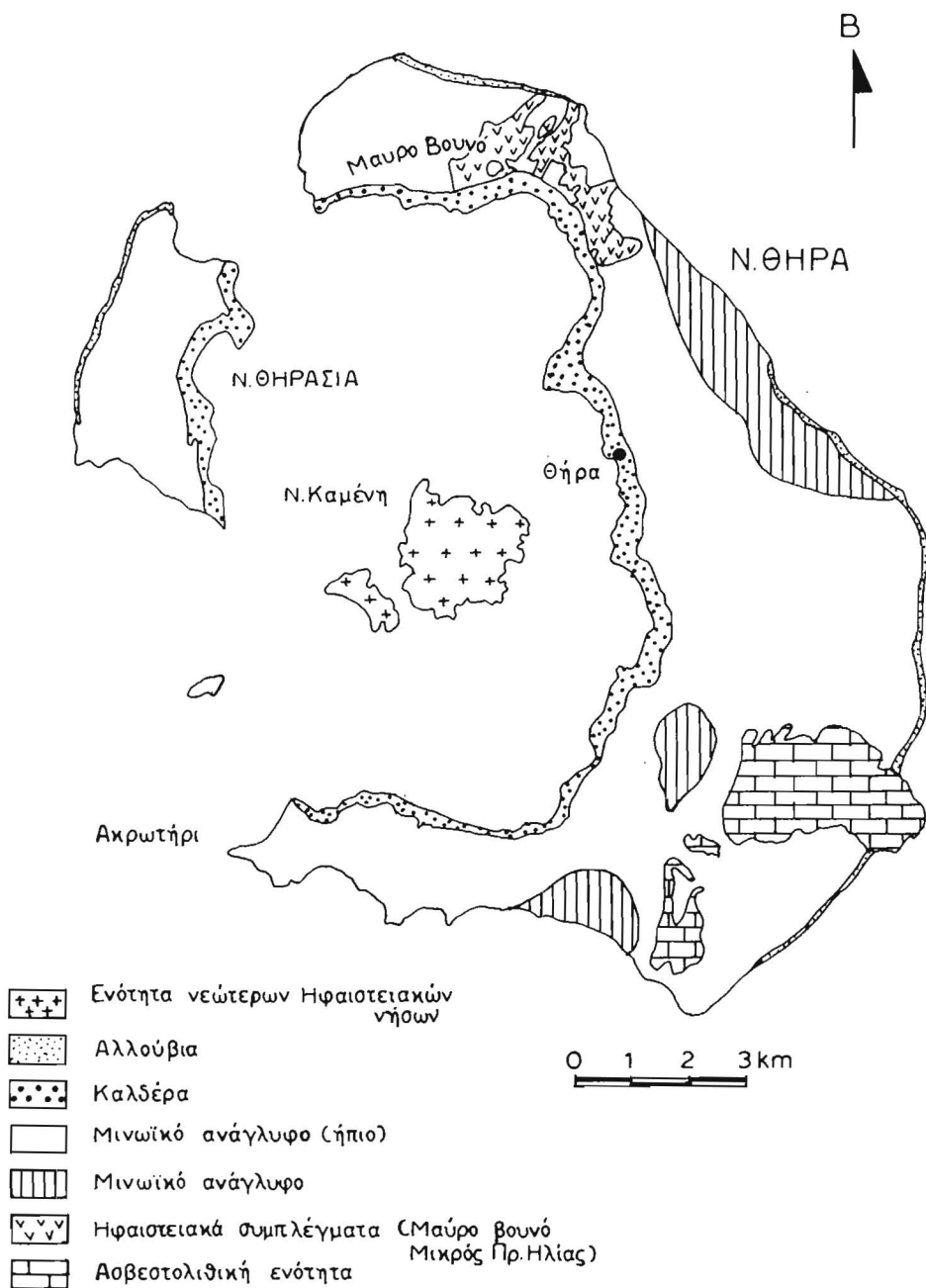
- α) Ένα σχετικά έντονο ανάγλυφο όπως φαίνεται στο Σχ. 3
- β) Ένα σχετικά ήπιο ανάγλυφο Σχ. 3.

– **Η ενότητα των νεώτερων ηφαιστειακών νήσων** που πρόκειται για την πιο πρόσφατη ηφαιστειότητα που εκδηλώθηκε με την δημιουργία των νήσων Παλαιά και Νέα Καμμένη.

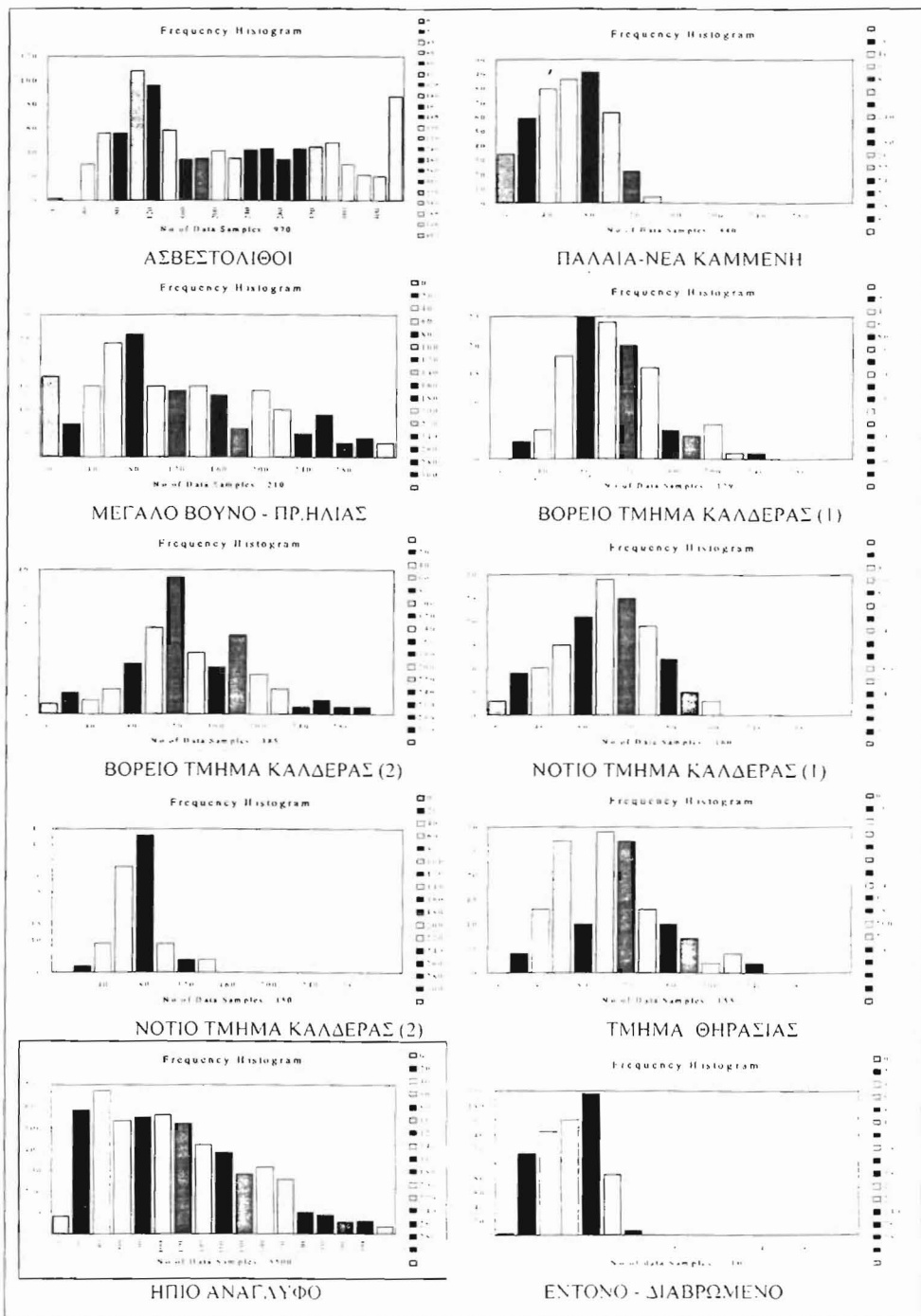
– **Η περιοχή της Καλδέρας** που απετέλεσε την πιο εντυπωσιακή γεωμορφή της Σαντορίνης και υπήρξε το αντικείμενο μελέτης πάρα πολλών ερευνητών.

Για την καλύτερη μελέτη των παραπάνω γεωμορφολογικών ενοτήτων έγινε στατιστική ανάλυση των υψομέτρων της κάθε ενότητας (Σχ. 4). Έτσι η κατανομή των υψομέτρων της ενότητας των ασβεστολίθων παρουσιάζει ένα μέσο όρο γύρω στα 206 μέτρα με μέγιστη απόκλιση 108 μέτρα. Δηλαδή παρατηρούμε, ένα σχετικά μεγάλο, για την περιοχή, μέσο ύψος με μεγάλη διασπορά υψομέτρων εκατέρωθεν. Τα ηφαιστειακά συμπλέγματα του Μ. Βουνού - Μικρού Προφήτη Ηλία έχουν μέσο υψόμετρο 111 μέτρα και διασπορά υψομέτρων γύρω στα 68 μέτρα. Πάντως γενικά οι τιμές των υψομέτρων τείνουν σε μια μάλλον καμπύλη κανονικής κατανομής δηλαδή όπως και της ενότητας Παλαιάς - Νέας Καμμένης. Οι δύο υποενότητες του Μινωϊκού ηφαιστειακού αναγλύφου διακρίνονται η μεν πρώτη του Ήπιου ηφαιστειακού αναγλύφου έχει μέσο υψόμετρο 101 μέτρα και μεγάλη διασπορά υψομέτρων, αντίθετα η άλλη υποενότητα έχει μέσο υψόμετρο 50 μέτρα και διασπορά 21 μέτρα. Η ύπαρξη του διαβρωμένου αναγλύφου οφείλεται κύρια στη μεγάλη καταβάθος διάβρωση των αντίστοιχων περιοχών.

Τέλος, για την περιοχή της καλδέρας έγινε λεπτομερής στατιστική ανάλυση. Έτσι κατασκευάστηκαν ιστογράμματα υψομέτρων για 5 περιοχές της καλδέρας της Σαντορίνης ήτοι δύο για το Βόρειο τμήμα της Θήρας, 2 για το νότιο τμήμα και μία για τη Θηρασία.



Σχ. 3. Οι ενότητες έντονου και του σχετικά ήπιου αναγλύφου της Θήρας.

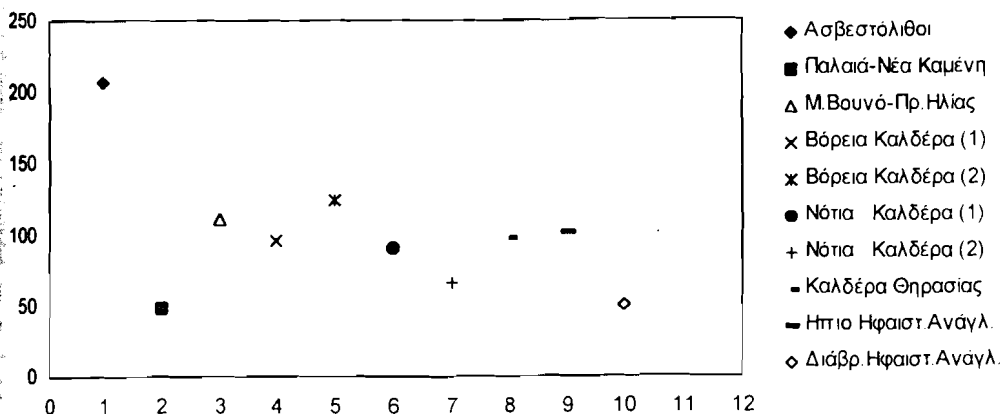


Σχ. 4. Ιστογράμματα κατανομής υψομέτρων της κάθε ενότητας.

Από την κατανομή των υψομέτρων της καλδέρας προκύπτει ότι το μέσο ύψος της καλδέρας για την περιοχή της Θηρασίας, το Βόρειο τμήμα 1 της θήρας και το νότιο τμήμα 1 της Θήρας (Σχ. 5) είναι 90-95 μέτρα με αποκλίσεις γύρω στα 35 μέτρα.

Χαρακτηριστική διαφοροποίηση παρατηρείται στο Βόρειο τμήμα 2 της Θήρας όπου παρατηρείται μέσο υψόμετρο γύρω στα 111 μέτρα με αποκλίσεις γύρω στα 68 μέτρα και οφείλεται στην παρουσία των ηφαιστειακών κέντρων της περιοχής (Μικρός Προφήτης Ηλίας - Μεγάλο Βουνό), επίσης στο τμήμα 2 του νότιου τμήματος το μέσο υψόμετρο είναι σαφώς χαμηλότερο των υπολοίπων τμημάτων. Αυτή η παρατήρηση συνηγορεί στην εκδοχή μιας σταδιακής δημιουργίας των τμημάτων της καλδέρας.

Οι μέσες τιμές κατανομής των υψομέτρων των ανωτέρων περιοχών συνοψίζονται στο Σχήμα 5.

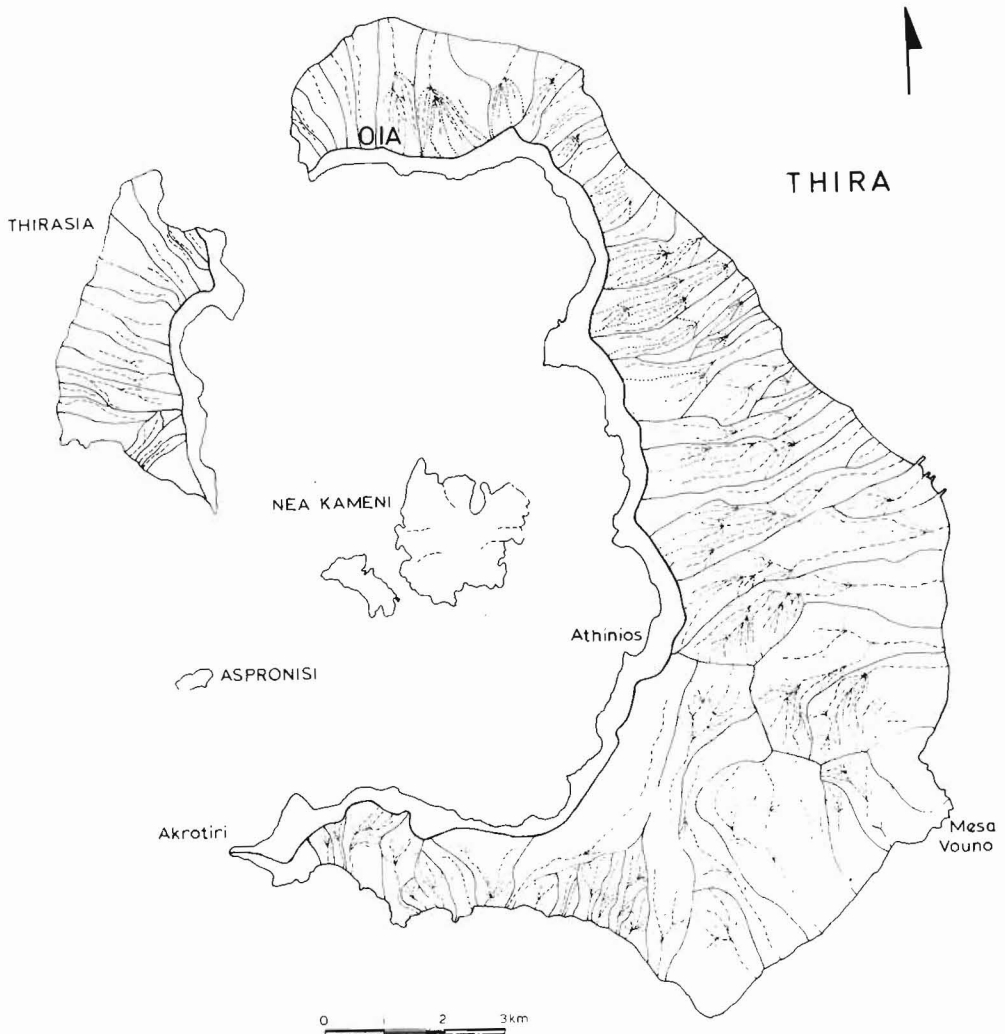


Σχ. 5. Μέσες τιμές κατανομής υψομέτρων των ενοτήτων.

Το υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο των νήσων της Θήρας και της Θηρασίας είναι σε γενικές γραμμές ακτινωτό (Σχ. 6). Οι υδροκρίτες επίσης είναι περίπου ίδιας διάταξης, εκτός από την περιοχή του Προφήτη Ηλία. Η μεγάλη καταβάθος διάβρωση και οι μεγάλες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας παρατηρούνται κύρια στην ενότητα του «σχετικά έντονου διαβρωμένου αναγλύφου» αντίθετα στην ενότητα του ομαλού αναγλύφου το υδρογραφικό δίκτυο είναι ελάχιστα ανεπτυγμένο, σε μερικές περιοχές. Το προ-Μινωικό ανάγλυφο έπαιξε καθοριστικό ρόλο στον τρόπο

απόθεσης των Μινωικών ιζημάτων. Εκεί που σήμερα παρατηρούνται μεγάλα πάχη των νεότερων ηφαιστειακών ιζημάτων εκεί παρουσιάζεται έντονη διάβρωση. Από τον πίνακα 1 της κατανομής των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας για τις κυριώτερες γεωμορφολογικές ενότητες, παρατηρούμε ότι:



Σχ. 6. Το υδρογραφικό δίκτυο των νήσων της Θήρας.

1) οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στους κλάδους πρώτης τάξης στην ενότητα του Μ. Βουνού - Προφήτη Ηλία

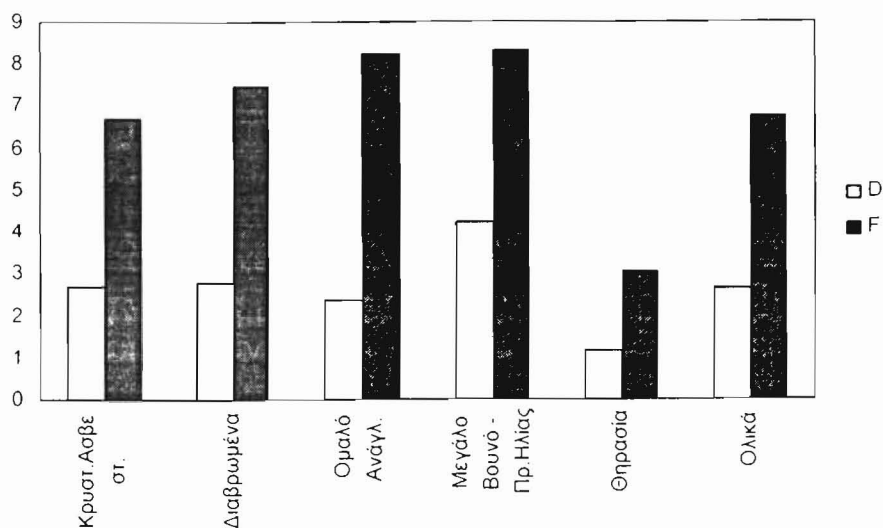
2) Το διαβρωμένο τμήμα σε όλες τις τάξεις παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το ομαλό τμήμα της ευρύτερης ηφαιστειακής ενότητας.

Μέσες τιμές πυκνότητας D

Τάξεις	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι	Διαβρωμένο τμήμα	Ομαλό Ανάγλυφο	Μεγάλο Βουνό και Προφήτης Ηλίας
1η	3,45	4,42	4,03	5,31
2η	3,12	3,54	2,99	3,17
3η	1,51	0,45	0,16	

Μέσες Ολικές Τιμές D και F

	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι	Διαβρωμένο τμήμα	Ομαλό Ανάγλυφο	Μεγάλο Βουνό και Προφήτης Ηλίας	Ολικά F-D Θήρας
D	2.69	2.80	2.39	4.24	4.24
F	6.71	7.47	8.25	8.33	7.69



Σχ. 7.

Συμπεράσματα

Το προ-Μινωικό ονάγλυφο της Σαντορίνης προκύπτει από αφαίρεση των Μινωικών αποθέσεων. Επρόκειτο για ένα σχετικά πιο τραχύ ανάγλυφο. Μερικές γεωλογικές τομές, αποκαλύπτουν τις παλαιοκοιλάδες, στις αντίσταιχες περιοχές στα Νάτια της νήσου Θήρας (περιοχή Ακρωτηρίου) και στην περιοχή του ηφαιστείου του Σκάρου. Το πάχος των Μινωικών αποθέσεων αντανακλά την παλαιοτοπογραφία κάθε περιαιχής. Έτσι η περιοχή μεταξύ καλδέρας και Προφήτη Ηλία, αποτέλεσε ένα είδος «παγίδας» των ηφαιστειακών αποθέσεων και πληρώθηκε. Γι' αυτό το λόγο το πάχος των ηφαιστειακών ιζημάτων σε αυτή την περιοχή είναι μεγάλο. Επίσης και η περιοχή του ακρωτηρίου παρουσίαζε σχετικά έντονη απογύμνωση της υδρογραφικής της λεκάνης που έφτανε μέχρι την παραλία. Έτσι εξηγούνται οι μεγάλοι πάχους αποθέσεις Μινωικών ιζημάτων, στην παράκτια περιοχή του ακρωτηρίου. Επίσης, η κατά βάθος διάβρωση των περιοχών που προαναφέρθηκε είναι ένα ακόμα ενδεικτικό στοιχείο των όσων υποστηρίζουμε.

Γενικά η σημερινή γεωμορφολογία της Σαντορίνης, είναι αποτέλεσμα της υπάρχουσας προ-Μινωικής τοπογραφίας και της μετέπειτα ηφαιστειακής δράσης, η οποία βέβαια χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη ένταση πλησίον του ηφαιστειακού κέντρου και μειώνεται εκθετικά όσο απομακρυνόμαστε από αυτό.

Βιβλιογραφία

- Doumas, C.G. (1978). Thera and the Aegan World I, London.
 Doumas, C.G. (1980). Thera and the Aegan World II, London.
 Doumas, C.G. (1983). Thera: Pompeii of Ancient Aegan, London.
 Druitt, T.M., Mellors, R.A., Pyle, D.M., and Sparks, R.S.J. (1989). Explosive volcanism on Santorini, Greece, *Geol. Mag.* 126, 95-126.
 Ferrara, G., Fytikas, M., Giuliani, O., and Marinelli, G. (1980). Age of the formation of the Aegan active volcanic arc, in C. Doumas (ed.), Thera and the Aegan World II, 49-56.
 Fytikas, M., Innocenti, F., Manetti, P., Mazzuoli, R., Peccerillo, A. and Villari, L. (1984). Tertiary to Quaternary evolution of volcanism in the Aegan region, in J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds), *The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean* (Geol. Soc. London Spec. Publ. 17), 687-699.
 Friedrich, W. and Velitzelos, E. (1986). Bemerkungen zur spatquartaren Flora von' Santorini/Griechenland, *Courier Forschungs, Inst. Senckenberg* 86, 387-395.

- Galanopoulos, A. G. (1958). Zur Bestimmung des Alters de Santorini-Kaldera. *Annales geol. Pays hell*, 9, 185-188.
- Galanopoulos, A.G. (1971). The Eastern Mediterranean Trilogie in the Bronze Age, *Acta Ist internatl. Sci. Congr. Volcano thera 1969*, 184-210.
- Heiken, G. and McCoy, F. (1984). Caldera development during the Minoan eruption, Thera, Cyclades, Greece, *Jour. Geophys. Res* 89, 8441-8462.
- Lagios, E. and Tzanis, A. and Hipkin, R. (1989). Surveillance of Thera Volcano, Greece: Monitoring of the local gravity field, Thera and the Aegean World III - Volume Two, 3rd International Congress 1989.
- Marinatos, S. (1972). Thera: Key to the riddle of Minos, *Nat. Geographic* 141, 702-726.
- Ninkovich, D. & Heezen, B.C. (1965). Santorini Tephra, In, W.F. Whittaard & R. Bradshaw (editors) *Submarine Geology and Geophysics*, 413-453.
- Padang, M.N. van (1936). Die Geschichte des Vulkanismus Santorins von Ihren Anfanden bis zum zerstorenden Bimssteinausbruch um die Mitte des 2. Jahrtausends v, Chr, In, H. Reck, *Santorin, Der Werdegang eines Inselvulkans und sein Ausbruch 1925-1928* 1, 1-72.
- Papastamatiou, I.N. (1958). The age of crystalline limestones of Thera island, *Jour Geol. Soc. Greece* III-1, 104-113.
- Pichler, H. and Friedrich, W. (1980). Mechanism of the Minoan eruption of Santorini, in C. Doumas (ed.), *Thera and the Aegan World* II, 15-30.
- Pichler, H. and Kussmaul, S. (1980). Comments on the geological map of the Santorini Islands, in C. Doumas (ed.), *Thera and the Aegan World* II, 413-427.
- Pichler, H. and Kussmaul, S. (1980). Comments on the geological map of the Santorini islands, in C. Doumas (ed.), *Thera and the Aegan World* II, 4113-426.
- Seward, D., Wagner, G. and Pichler, H. (1980). Fission-track ages of Santonrini volcanics (Greece), in C. Doumas (ed.), *Thera and the Aegan World* II, 101-1108.
- Skarpelis, N. and Liati, A. (1987). Granite intrusion, skarn formation and mineralization in the metamorphic jbasement of Thera, Cyclades, Greece, 5th meeting European Geological Societies, Dubrovnic.
- Tataris, A.A. (1964). The presence of Eocene in the semimetamorphic basement on Thera's island, *Jour. Geol. Soc. of Greece* VI-1, 232-236.