

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

«ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ-ΗΦΑΙΣΤΕΙΟ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ»

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ ΣΟΦΙΑ
ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ANNA**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2007-2008

**ΒΟΥΛΑΔΑΚΗ ΣΟΦΙΑ(6972020494-6970124628)
ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ANNA(6982300408)**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Εισαγωγή.....	σελ. 3
Κεφάλαιο 1 ^ο	σελ. 5
1. Ηφαίστειο.....	σελ. 5
1. Δομή και δράση των ηφαιστείων.....	σελ. 6
2. Ηφαιστειακά αναβλήματα.....	σελ. 7
3. Τύποι και μορφές των ηφαιστείων.....	σελ. 8
4. Δευτερεύοντες ηφαιστειακές μορφές.....	σελ. 11
5. Πότε ένα ηφαίστειο θεωρείται ενεργό, ανενεργό ή εβεσμένο.....	σελ. 11
Κεφάλαιο 2 ^ο	σελ. 13
1. Ηφαιστειότητα και γεωθερμία.....	σελ. 13
2. Γεωθερμική ενέργεια.....	σελ. 13
3. Ηφαιστειότητα και τεκτονικό περιβάλλον.....	σελ. 15
4. Ηφαιστειότητα στην περιοχή του Αιγαίου.....	σελ. 16
5. Σεισμική δράση και ηφαιστειότητα στο Αιγαίο και οι μεταξύ τους σχέσεις.....	σελ. 18
6. Πρόσφατη ηφαιστειακή δράση και ενεργός τεκτονική βάθους στο χώρο του Αιγαίου.....	σελ. 20
7. Νησιωτικό τόξο.....	σελ. 22
8. Μηχανισμός δημιουργίας.....	σελ. 22
9. Χαρακτηριστικά.....	σελ. 23
10. Νησιωτικά τόξα στον κόσμο.....	σελ. 24
11. Το ελληνικό νησιωτικό τόξο.....	σελ. 24
12. Τα ηφαίστεια της Ελλάδας.....	σελ. 26
Κεφάλαιο 3 ^ο	σελ. 29
1. Η δημιουργία της Σαντορίνης.....	σελ. 29
2. Η Μινωική έκρηξη.....	σελ. 40
3. Η ιστορική ηφαιστειακή δραστηριότητα.....	σελ. 49
4. Η δημιουργία των νησίδων.....	σελ. 50
5. Η Παλαιά Καμένη.....	σελ. 51
6. Η Νέα Καμένη.....	σελ. 55
7. Τα πετρώματα των Καμένων.....	σελ. 70
8. Η έκρηξη του Κολούμπου.....	σελ. 74
9. Το Υποθαλάσσιο ηφαιστειακό κέντρο του Κολούμπου, Σαντορίνη(Ελλάδα).....	σελ. 84
10. Η παρακολούθηση του ηφαιστείου της Σαντορίνης (ΙΜΠΗΣ).....	σελ. 89
11. Η κατάσταση του ηφαιστείου σήμερα.....	σελ. 90
12. Το ηφαίστειο και ο τουρισμός.....	σελ. 90
Επίλογος.....	σελ. 92

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να αναλύσουμε το φαινόμενο των ηφαιστειών, πως δημιουργούνται και ποια είναι τα είδη τους. Να γνωρίσουμε τα ηφαίστεια που υπάρχουν στην Ελλάδα ποια είναι τα σημαντικότερα, ποια είναι ενεργά και ποια όχι. Τέλος στόχος μας είναι να αναλύσουμε το ηφαίστειο της Σαντορίνης από την αρχή δημιουργίας του, τα στάδια του μέσα στο χρόνο και την κατάσταση του ηφαιστείου σήμερα.

Η εργασία μας είναι δομημένη σε τρία στάδια. Αναλυτικότερα:

Στο 1^ο Κεφάλαιο περιγράφεται το ηφαίστειο και τα χαρακτηριστικά του και τα μέρη του, τη δομή και τη δράση των ηφαιστειών δηλαδή το πώς και που δημιουργούνται τα ηφαίστεια, πως το αποθηκευμένο μάγμα φθάνει στην επιφάνεια, τα ηφαιστειακά αναβλήματα δηλαδή τα “υλικά” που δημιουργούνται κατά την έκρηξη του ηφαιστείου, οι τύποι και οι μορφές ηφαιστειών δηλαδή η επιστημονική ταξινόμηση των τύπων των ηφαιστειών με κριτήριο την ηφαιστειακή δράση και τέλος πότε ένα ηφαίστειο θεωρείται ενεργό, ανενεργό ή εσβεσμένο.

Στο 2^ο Κεφάλαιο αναλύεται η ηφαιστειότητα και η γεωθερμία η οποία είναι η μόνη ανανεώσιμη και εναλλακτική πηγή ενέργειας που διαθέτει ο πλανήτης μας και δεν συνδέεται άμεσα ή έμμεσα με τον ήλιο, η γεωθερμική ενέργεια η αποθηκευμένη στη γη θερμότητα μέσα στα θερμά ρευστά και πετρώματα. Η ηφαιστειότητα και το τεκτονικό περιβάλλον όπου εξηγεί το τι προκαλεί δυο περιοχές να απομακρύνονται ή να συγκλίνουν μεταξύ τους και πως γεννιέται το μάγμα στο κενό των δυο πλακών, ηφαιστειότητα στη περιοχή του Αιγαίου από πού ξεκίνησε η ηφαιστειότητα στην Ελλάδα και στις περιοχές του Αιγαίου, η σεισμική δράση και ηφαιστειότητα στο Αιγαίο και οι μεταξύ τους σχέσεις, επιστημονικές θεωρίες για το αν υπάρχει ή όχι σχέση μεταξύ σεισμού και ηφαιστείου, η πρόσφατη ηφαιστειακή δράση και ενεργός τεκτονική βάθους μελέτη της γεωδυναμικής σχέσης που υφίστανται μεταξύ της τεκτονικής βάθους και της πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης στον Αιγαϊακό χώρο. Επίσης αναλύει το νησιωτικό τόξο, το μηχανισμό δημιουργίας του, τα χαρακτηριστικά του, ποια νησιωτικά τόξα υπάρχουν στο κόσμο και το ελληνικό νησιωτικό τόξο και τέλος τα ηφαίστεια της Ελλάδος, ποια είναι και πόσα χρόνια υπάρχουν αυτά.

Στο 3^ο Κεφάλαιο παρουσιάζεται η δημιουργία της Σαντορίνης όπου εξηγείται η δημιουργία του ηφαιστείου μιας και η Σαντορίνη δεν ήταν όλη και δεν ήταν πάντα ένα ηφαίστειο!!!! Η Μινωική έκρηξη όπου περιγράφει τη καταστροφική έκρηξη του νησιού και τις επιδράσεις που είχε στο πλανήτη αυτή η έκρηξη, η ιστορική ηφαιστειακή δραστηριότητα τα δύο νησάκια στο κέντρο της καλντέρας της Σαντορίνης, η Παλαιά Καμένη και η Νέα Καμένη. Τα δύο αυτά νησάκια για τους ντόπιους είναι η νεότερη ηφαιστειακή χέρσος της Ανατολικής Μεσογείου, η δημιουργία των νησίδων που με την Μινωική έκρηξη πριν 3.000 χρόνια περίπου κατακρήμνισε το ηφαίστειο της Στρογγυλής και δημιούργησε την τεράστια χοάνη της σημερινής καλντέρας. Ακόμα αναλύονται οι εκρήξεις χρονολογικά από το 197 π.Χ. μέχρι και την τελευταία έκρηξη της Σαντορίνης το 1950. Τα πετρώματα των Καμένων τα κύρια από αυτά είναι οι αστρίοι, οι

πυρόξενοι και οι ολιβίνες, η έκρηξη του Κολούμπου όπου γίνεται περιγραφή της έκρηξης το Σεπτέμβρη του 1650, στον υποθαλάσσιο χώρο 8 χιλιόμετρα ΒΑ του νησιού. Το υποθαλάσσιο ηφαιστειακό κέντρο του Κολούμπου είναι μια μελέτη πάνω στις αντιδράσεις του ηφαιστείου. Η κατάσταση του ηφαιστείου σήμερα το οποίο βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας μετά την έκρηξη του 1950, υπάρχει ένα μοντέρνο ολοκληρωμένο δίκτυο παρακολούθησης του το ΙΜΠΗΣ και τέλος ο επίλογος.

Ευχαριστίες:

Ευχαριστούμε θερμά τον κ. Γ. Παπαθανασίου για τις κατευθύνσεις που μας πρόσφερε, χωρίς την συμβολή του οποίου η πτυχιακή μας θα είχε διαφορετικό αποτέλεσμα.

Ευχαριστούμε τον κ. Δρ. Βουγιουκαλάκη για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε στην συγκέντρωση και ταξινόμηση του υλικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΗΦΑΙΣΤΕΙΟ

Ένας ηφαιστειακός πόρος (*volcanic vent*) είναι ένα άνοιγμα στην επιφάνεια της Γης από όπου εξέρχεται ηφαιστειακό υλικό. Κάθε ηφαίστειο διαθέτει ένα **κεντρικό πόρο** (*central vent*), πάνω από τον οποίο υπάρχει ο **κεντρικός κρατήρας ή κρατήρας κορυφής** (*summit crater*). Το ηφαιστειακό **οικοδόμημα** (*edifice*) έχει κωνικό σχήμα και δομείται από συμμετρική περίπτωση συσσώρευση λάβας ή/και πυροκλαστικού υλικού πέριξ του κεντρικού αγωγού. Ο κεντρικός αγωγός συνδέεται στο βάθος με το **μαγματικό θάλαμο** (*magma chamber*) που είναι ο βασικός ταμειυτήρας του ηφαιστειακού υλικού. Οι **πλευρές** (*flanks*) του ηφαιστείου είναι συνήθως ασταθείς και περιέχουν κατακόρυφες ρηγματώσεις που επικοινωνούν με τον κύριο μαγματικό θάλαμο ή με κάποιο δευτερεύοντα μαγματικό θάλαμο σε μικρότερο βάθος. Συχνά αυτές οι ρηγματώσεις αποτελούν φλέβες τροφοδοσίας **πλευρικών εκρήξεων** (*flank eruptions*) καθώς μάγμα εκχύνεται περιοδικά στις πλευρές του ηφαιστειακού οικοδομήματος. Οι εκρήξεις αυτές δημιουργούν κώνους ηφαιστειακού υλικού που ονομάζονται **παρασιτικοί κώνοι** (*parasitic cones*). Επίσης οι ρηγματώσεις μπορούν να αποτελέσουν διεξόδους διαφυγής ηφαιστειακών αερίων δημιουργώντας έτσι τις **ατμίδες ή φουμαρόλες** (*fumaroles*).



(Εικόνα 1) Κρατήρας κορυφής (Βεζούβιος, Ιταλία). [Photo: Wikipedia](#)



(Εικόνα 2) Παρασιτικοί κώνοι (Mauna Kea, Χαβάη). [Photo: Swanson DA.](#)

ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ

Ηφαιστειότητα ονομάζουμε το σύνολο των εκδηλώσεων οι οποίες συνδέονται με την άνοδο του μάγματος στην επιφάνεια της γης. Τα ηφαιστεια είναι χερσαία ή υποθαλάσσια φυσικά οικοδομήματα, συνήθως λόφοι ή βουνά. Δημιουργούνται όπου το μάγμα, τηγμένο πέτρωμα που βρίσκεται βαθιά στη γη, καταφέρει να βρει διέξοδο προς την επιφάνεια. Εξερχόμενο το μάγμα στην επιφάνεια ψύχεται και στερεοποιείται σε λάβα.

Η γένεση και άνοδος του μάγματος προς την επιφάνεια της γης ευνοείται σε περιοχές οι οποίες είναι τεκτονικά διαταραγμένες. Από τον μαγματικό θάλαμο, την περιοχή όπου βρίσκεται αποθηκευμένο το μάγμα, φθάνει στην επιφάνεια στην μέσω των ηφαιστειακών αγωγών ή των φλεβών τροφοδοσίας, δηλαδή μεγάλων ρωγμών ή διασταύρωσης ρωγμών του φλοιού της γης (ενεργά ρήγματα). Αυτές συνήθως καταλήγουν σε μια οπή, τον ηφαιστειακό πόρο ο οποίος βρίσκεται κατά κανόνα μέσα σε μια χοανοειδή κατά κοιλότητα, τον κρατήρα. Ο πόρος και ο πυθμένας του κρατήρα καλύπτονται από στερεοποιημένη ή κατακερματισμένη λάβα στα ενδιάμεσα διαστήματα της ηφαιστειακής δράσης, όταν το μόνο στοιχείο δραστηριότητας του ηφαιστείου είναι η εκπομπή αμιδών, δηλαδή θερμών αερίων και ατμών από κοιλότητες του εδάφους.

Η ηφαιστειακή δράση κυμαίνεται μεταξύ δυο ακραίων τύπων: στον έναν τύπο το φτωχό σε αέρια μάγμα φθάνει στην επιφάνεια λίγο ή πολύ ήρεμα, ως συνεχές μέσο, και εκχύνεται από τον ηφαιστειακό πόρο δημιουργώντας ρεύματα λάβας όταν είναι λεπτόρρευστο ή θόλους λάβας όταν είναι παχύρρευστο. Στον άλλο τύπο το πλούσιο σε αέρια μάγμα τροφοδοτεί εκρήξεις. Τότε η λάβα εκτινάσσεται κατακερματισμένη από τον ηφαιστειακό πόρο, ως τέφρα. Η τέφρα ονομάζεται και πυροκλαστικό υλικό, ενώ ονομάζεται ηφαιστειακή σποδός ή στάχτη.

Η μετακίνηση και η απόθεση της τέφρας γίνεται με δυο κυρίως τρόπους. Ο ένας είναι η ελεύθερη πτώση από το ύψος στο οποίο έχει εκτιναχθεί, και έτσι αποτίθενται τα στρώματα τέφρας πτώσης. Ο δεύτερος είναι η μετακίνηση της τέφρας ως ένα πυκνό ρευστό μείγμα θραυσμάτων μάγματος και αερίων που ρέει με μεγάλες ταχύτητες και θερμοκρασίες στις πλαγιές του ηφαιστείου. Οι ροές αυτές ονομάζονται πυροκλαστικά ρεύματα τέφρας. Στη μεγάλη πλειονότητα των ηφαιστειών συναντάται όλο το φάσμα δράσεων μεταξύ των δυο ακραίων τύπων, της έκχυσης και της έκρηξης.

Τα ηφαίστεια ανάλογα με το σημείο στο οποίο εξέρχεται το μάγμα, χαρακτηρίζονται ως χερσαία, αν η έξοδος γίνεται στη στεριά και ως υποθαλάσσια, αν η έξοδος γίνεται στο νερό. Ορισμένα ηφαίστεια είναι ενεργά για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως το Στρόμπολι, στα νησιά του Αιόλου, το οποίο χαρακτηρίζεται από συνεχή δράση, τουλάχιστον τα τελευταία 3.000-4000 χρόνια. Τα περισσότερα όμως ηφαίστεια παρουσιάζουν συνήθως μικρής διάρκειας επεισόδια, που διαρκούν από λίγες μέρες έως λίγα χρόνια και μετά αδρανούν για δεκάδες, εκατοντάδες ή χιλιάδες χρόνια. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αδράνειας το εν υπνώσει η κοιμώμενο ηφαίστειο μπορεί να είναι τελείως ήσυχο ή μπορεί να εκπέμπει αέρια και ατμούς που προδίδουν την ενεργή του κατάσταση. Ηφαίστεια τα οποία ουδέποτε έδρασαν κατά την ιστορική εποχή χαρακτηρίζονταν παλαιότερα ως σβησμένα. Επειδή όμως κάποια ηφαίστεια χαρακτηρίζονται από μεγάλες περιόδους ηρεμίας (έως και πολλών χιλιάδων ετών) και η διάρκεια των ιστορικών καταγραφών είναι πολύ διαφορετική από χώρο σε χώρο (π.χ. Μεσόγειος-Νέα Ζηλανδία) σήμερα θεωρούμε ως ενεργά τα ηφαίστεια που έδρασαν τα τελευταία 10.000-20.000 χρόνια και βρίσκονται σε τεκτονικές ενεργές περιοχές που κάνουν πιθανή την επαναδραστηριοποίησή τους.

ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΑ ΑΝΑΒΛΗΜΑΤΑ

Στις παρακάτω παραγράφους θα διαβάσουμε τα υλικά που παράγονται κατά την έκρηξη του ηφαιστείου τα οποία είναι:

Α) Στερεά: 1. Όγκοι: έχουν μέγεθος μέχρι 1 κυβικό μέτρο (βαληνεκές μέχρι 200μ.) 2. Βολίδες: με διάμετρο μέχρι 20 εκατ. (βεληνεκές μέχρι 1000μ.). 3. Λιθάρια: με διάμετρο 1εκτα. (βεληνεκές μέχρι 2000μ.). 4. Άμμος: σύννηθως πυριτική (βεληνεκές μέχρι 3000μ.). 5. Σποδός: δηλαδή στάχτη.

Β) Υγρά: Λάβα, δηλαδή το μάγμα που έχει χάσει τα αέριά του, πριν ακόμη βγει από το κρατήρα του. Όταν η λάβα είναι παχύρρευστη (περιέχει πολύ SiO₂), φτάνει σε απόσταση από 3 μέχρι 7 χ.λ.μ. , όταν είναι λεπτόρρευστη (περιέχει λίγο SiO₂), φτάνει σε απόσταση μέχρι και 20 χ.λ.μ

Γ) Αέρια η Ατμίδες: 1. Φουμαρόλες: είναι μίγμα πολλών και διάφορων αερίων, με κύριο συστατικό τους υδρατμούς. Οι Όξινες Φουμαρόλες έχουν θερμοκρασία 800°C. 2. Σουλφατάρες: μίγμα αερίων, με κύριο συστατικό το θειάφι (S). 3. Μοφέτες: μίγμα αερίων με κύριο συστατικό το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ

Τα ηφαιστειακά γεγονότα και οι περίοδοι των ηφαιστειακών δράσεων έχουν ταξινομηθεί παραδοσιακά σύμφωνα με ένα ευρύ φάσμα ποιοτικών κριτηρίων. Σε πολλές έχουν δοθεί ονόματα ηφαιστειών στα οποία πρώτη φορά παρατηρήθηκε ή εκδηλώνεται συχνά αυτού του είδους η δράση (τύπου Χαβάης, Στρόμπολι, Βουλκάνο κ.λ.π). Σε άλλες περιπτώσεις έχουν χρησιμοποιηθεί κριτήρια όπως το είδος του πόρου (κεντρικός κρατήρας ή ρωγμή), ο ρυθμός και η διάρκεια δράσης (παροξυσμική ή διαρκής). Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες για την ταξινόμηση των τύπων της ηφαιστειακής δράσης χρησιμοποιώντας ένα ευρύτερο φάσμα ποσοτικών κυρίως χαρακτηριστικών. Καθιερώθηκε έτσι μια αριθμητική δεκαβάθμια κλίμακα, αντίστοιχη με αυτήν των ρίχτερ για τους σεισμούς, που ονομάζεται «ΔΕΙΚΤΗΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗΣ ΕΚΡΗΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ-VEI»




Η μορφή (σχήμα) την οποία παρουσιάζουν τα ηφαίστεια ποικίλει σημαντικά και κυμαίνεται μεταξύ των τέλειων γεωμετρικών κώνων (κωνοειδείς μορφές) και των επίπεδων μορφών, όπως είναι τα βασαλτικά καλύμματα (πλατό). Το σχήμα των ηφαιστειών μπορεί να αλλάξει γρήγορα, ακόμη και κατά τη διάρκεια της ζωής του ανθρώπου. Πρωταρχικό ρόλο στη διαμόρφωση του σχήματος του ηφαιστείου παίζει όχι μόνο το μάγμα το οποίο τροφοδοτεί την ηφαιστειακή δράση, αλλά και η θέση και η μορφή του αγωγού μέσω του οποίου εξέρχεται αυτό στην επιφάνεια της γης. Συχνά ο αγωγός είναι μια εκτεταμένη, σχεδόν κατακόρυφη ρωγμή (ρήγμα) του εδάφους, μήκους μερικών εκατοντάδων έως χιλιάδων μέτρων, και πλάτους μόνο μερικών μέτρων. Στις περιπτώσεις που το μάγμα ανέρχεται μέσω τέτοιων ρωγμών, οι εκρήξεις χαρακτηρίζονται ως γραμμικές. Όταν το μάγμα εξέρχεται από ένα σημείο, το οποίο συνήθως είναι θέση διασταύρωσης ενεργών ρηγμάτων, έχουμε κεντρική έκρηξη. Στην περίπτωση αυτή σχηματίζονται κατά κανόνα κωνόμορφα ηφαιστειακά οικοδομήματα. Η εναλλαγή στερεών πυροκλαστικών υλικών και στρωμάτων λάβας οδηγεί στο σχηματισμό των στρωματομόρφων ή σύνθετων ηφαιστειών. Πολύ λεπτόρρευστες λάβες, όπως είναι οι βασαλτικές, δημιουργούν καλύμματα λάβας ή κωνικού σχήματος οικοδομήματα με μικρές κλίσεις, τα οποία είναι γνωστά ως ασπιδόμορφα ηφαίστεια. Τυπικά τέτοια ηφαίστεια είναι της Χαβάης.

Οι κρατήρες των ηφαιστειών δημιουργούνται με διάφορους τρόπους. Χοανοειδείς κρατήρες συνήθως δημιουργούνται από μια αρχική διεύρυνση του κεντρικού πόρου εξόδου κατά την ηφαιστειακή έκρηξη, ακολουθούμενη από κατάρρευση των χαλαρών θραυσμάτων μέσα στον κρατήρα, στο τέλος της έκρηξης. Η μείωση του όγκου του μάγματος, λόγω της διαφυγής των αερίων, συντελεί μερικές φορές στην υποχώρηση του μάγματος, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός κυλινδρικού κρατήρα στην κορυφή του ηφαιστείου. Επίσης η έξοδος του μάγματος από μια οπή, στις πλαγιές του ηφαιστείου, μπορεί να προκαλέσει καθίζηση της κορυφής και σχηματισμό ενός κρατήρα.

Μετά από μια σφοδρή έκρηξη ενός ηφαιστείου, κατά την οποία εξέρχονται τεράστιες ποσότητες μάγματος, δημιουργούνται μεγάλα κενά στον υποκείμενο του ηφαιστείου μαγματικό θάλαμο. Λόγω αυτών των κενών, το

ηφαιστειακό οικοδόμημα και τα περίξ αυτού πετρώματα υποχωρούν, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας μεγάλης κυκλικής λεκάνης με απότομα τοιχώματα, ύψους, μερικές φορές, αρκετών εκατοντάδων μέτρων. Τέτοιες λεκάνες ονομάζονται καλδέρες. Κλασικά παραδείγματα από καλδέρες στην Ανατολική Μεσόγειο είναι της Σαντορίνης και της Νισύρου. Οι καλδέρες και οι κρατήρες έχουν όμοιο σχήμα. Η διάκριση μεταξύ κρατήρα και καλδέρας μπορεί να γίνει κυρίως με βάση το μέγεθός τους. Οι κρατήρες έχουν διάμετρο μικρότερη από ένα χιλιόμετρο.

Τα Μάαρ, οι δακτύλιοι τόφφων και οι κώννοι τόφφων είναι χαρακτηριστικά ηφαιστειακά οικοδομήματα, αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης επιφανειακού νερού και μάγματος (υδροηφαιστειακή δράση). Οι υδροθερμικοί (ή φρεατικοί) κρατήρες είναι μικρής διαμέτρου (συνήθως <500m) εκρηξιγενείς χοάνες. Κατά τις εκρήξεις αυτές δεν υπάρχει έξοδος μάγματος αλλά υδροθερμικού ρευστού, λάσπης και θραυσμάτων παλαιών πετρωμάτων. Οι εκρήξεις αυτές εκδηλώνονται όταν το υπόγειο νερό θερμαίνεται υπερβολικά από το υποκείμενο μάγμα, καταφέρνει να αποκτήσει τόσο μεγάλη πίεση ώστε να υπερνικήσει το βάρος των υποκείμενων πετρωμάτων και να τα ανατινάξει δημιουργώντας τους κρατήρες. Η σεισμική δραστηριότητα, με τη δημιουργία ρηγμάτων που δίνουν διέξοδο στο υπέρθερμο ρευστό, παίζει επίσης συχνά καθοριστικό ρόλο για την εκδήλωση τέτοιων εκρήξεων. Ένας μεγάλος αριθμός θεαματικών υδροθερμικών κρατήρων βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του πυθμένα της καλδέρας της Νισύρου.

ΤΥΠΟΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΥ	ΣΧΗΜΑ	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΤΥΠΟΣ ΕΚΡΗΞΗΣ
<u>Κώνος σκωριών</u>	 Ευθείες και απότομες πλευρές. Μεγάλος κρατήρας κορυφής	Βασαλτική τέφρα. Ενίοτε ανδεσιτική.	Στρόμπολι
<u>Ασπιδόμορφο ηφαίστειο</u>	 Πολύ ομαλές πλευρές. Κυρτό σχήμα.	Βασαλτικές ροές λάβας.	Χαβάης
<u>Στρωματοηφαίστειο</u>	 Ομαλές πλευρές στα χαμηλά, απότομες πλευρές στα ψηλά. Μικρός κρατήρας κορυφής.	Ποικίλει πολύ. Εναλλαγές από βασαλτικές έως ρυολιθικές λάβες και τέφρα. Μέση σύσταση ανδεσιτική.	Πλινιακή

(Πίνακας 1)



(Εικόνα 3) Κώνος σκωριών (Parícutin, Μεξικό). [Photo: Luhr J.](#)



(Εικόνα 4) Ασπιδόμορφο ηφαίστειο (Mauna Loa, Χαβάη). [Photo: Little D.](#)



(Εικόνα 5) Στρωματοηφαίστειο (Mayon, Φιλιππίνες). [Photo: Tam](#)

ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ

Εκτός από τους παραπάνω τρεις βασικούς τύπους ηφαιστείων υπάρχουν και άλλοι δευτερεύοντες σχηματισμοί. Για παράδειγμα, μία **σχισμογενής έκρηξη** (*fissure eruption*) μπορεί να παράγει τεράστιες ποσότητες βασαλτικού μάγματος, όμως αυτή έκρηξη δε συνοδεύεται από τη δημιουργία ενός ηφαιστειακού οικοδομήματος γύρω από ένα ηφαιστειακό κεντρικό αγωγό. Οι **κώννοι συγκολλημένων σκωριών** (*spatter cones*) και τα **χορνίτο** (*hornitos*) είναι μικροί τοπικοί σχηματισμοί που συνδέονται με μικρές σημειακές εκρήξεις, συνήθως πάνω από κάποιο ρεύμα λάβας που δεν ενώνεται με τον κεντρικό πόρο. Ιδιαίτερη μνεία χρειάζονται οι **υδροηφαιστειακές εκρήξεις** (*hydrovolcanic eruptions*) οι οποίες δημιουργούν μοναδικές ηφαιστειακές δομές.



(Εικόνα 6) Σχισμογενής έκρηξη (Mauna Loa, Χαβάη, 1984). [Photo: Clague DA.](#)

(ΑΡΘΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ GEO)

ΠΟΤΕ ΕΝΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΕΝΕΡΓΟ, ΑΝΕΝΕΡΓΟ Η΄ ΕΣΒΕΣΜΕΝΟ

Τα ηφαίστεια, ανάλογα με την εκδήλωση ηφαιστειακής δράσης, χαρακτηρίζονται ως **ενεργά** (*active*), **ανενεργά** (*inactive, dormant*) ή **εσβεσμένα** (*extinct*). Εντούτοις, αυτή η κατάσταση μπορεί να είναι σχετικά υποκειμενική και ίσως ανακριβής.

Ένα ηφαίστειο θεωρείται **ενεργό** (*active*) όταν έχει εκραγεί στους ιστορικούς χρόνους. Όμως, ο ορισμός αυτός είναι ασαφής, διότι η καταγεγραμμένη

ιστορία ξεκινά, για παράδειγμα, πριν κάποιες χιλιάδες χρόνια στην Ευρώπη και την Ασία, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες μόνο πριν από κάποιες εκατοντάδες χρόνια. Γενικά, οι επιστήμονες θεωρούν ένα ηφαίστειο ως ενεργό, εάν εμφανίζει σήμερα εκρηκτική δράση, ή κάποια άλλη δραστηριότητα, όπως σεισμική, ή κάποια τοπογραφική ανύψωση ή εκπομπή αερίων. Το [Ινστιτούτο Smithsonian](#) έχει καταγράψει 539 ηφαίστεια με ιστορικές εκρήξεις στους ιστορικούς χρόνους.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν 529 ηφαίστεια που δεν εξερράγησαν κατά τους ιστορικούς χρόνους, υπάρχουν όμως σαφή δεδομένα εκρηκτικής δραστηριότητας κατά τα τελευταία 10.000 χρόνια. Αυτά θεωρούνται **ανενεργά** (*inactive, dormant*), αφού είναι σε θέση να εκραγούν ξανά. Το αν ένα ανενεργό ηφαίστειο είναι πράγματι **εσβεσμένο** (*extinct*) ή απλώς βρίσκεται σε περίοδο ηρεμίας (*dormant*), εξαρτάται εν μέρει από τη μέση περίοδο ηρεμίας μεταξύ των εκρήξεων. Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της μεταβλητότητας των εκρήξεων, οι εκρηκτικές εκρήξεις (πχ. ηφαίστεια Toba και Yellowstone) έχουν περιόδους ηρεμίας της τάξης των εκατοντάδων χιλιάδων ετών, ενώ οι μη εκρηκτικές εκρήξεις (πχ. ηφαίστεια Χαβάης) έχουν περιόδους ηρεμίας με μικρή διάρκεια. Εντούτοις, η περιοχή Yellowstone που δεν έχει δώσει έκρηξη τα τελευταία 70.000 χρόνια και θα μπορούσε να θεωρηθεί ανενεργή, στην πραγματικότητα είναι ενεργή διότι εμφανίζει γρήγορο ρυθμό ανύψωσης, συχνούς σεισμούς και φυσικά ένα πολύ εκτεταμένο και ενεργό γεωθερμικό πεδίο. Από την άλλη μεριά, μικροί κώνοι σκωριών που σχηματίζονται σήμερα μπορεί να θεωρηθούν εσβεσμένοι μετά την έκρηξή τους, διότι συνήθως εκρήγνυνται μόνο μία φορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Η μόνη ανανεώσιμη και εναλλακτική πηγή ενέργειας που διαθέτει ο πλανήτης μας και δεν είναι άμεσα ή έμμεσα συνδεδεμένη με τον ήλιο, είναι η θερμότητα που περικλείει στο εσωτερικό του. Τόσο η παραγωγή όσο και η ροή της θερμότητας αυτής είναι συνεχής και οφείλεται στη διάσπαση των ραδιενεργών στοιχείων του πυρήνα. Τα ηφαίστεια είναι η κυριότερη εκτόνωση της θερμικής αυτής ενέργειας στην επιφάνεια. Σε πάνω από 539 εκτιμώνται σήμερα τα ενεργά ηφαίστεια του πλανήτη μας. Κάθε χρόνο, περίπου 60 από αυτά εκρήγνυνται εκλύοντας τεράστιες ποσότητες θερμότητας. Με την ύπαρξη και δράση τους πιστοποιούν μια ευεργετική για τον άνθρωπο πλευρά της ηφαιστειακής δράσης: την ύπαρξη τεράστιων αποθεμάτων θερμικής ενέργειας που ο άνθρωπος μπορεί να εκμεταλλευτεί για να βελτιώσει το επίπεδο ζωής του και το περιβάλλον στο οποίο ζει. Η δομή και δράση των ηφαιστείων καθώς και η ενέργεια που μπορούν να μας δώσουν (η γεωθερμική) αποτελεί το αντικείμενο αυτού του κειμένου.

Η ηφαιστειακή δράση είναι ίσως το σπουδαιότερο γεωλογικό φαινόμενο για τη ζωή και τους ζώντες οργανισμούς του πλανήτη μας. Οι εκρήξεις ηφαιστείων ήταν και είναι ένα από τα πιο συναρπαστικά φυσικά φαινόμενα, που ανέκαθεν προσείλκυαν, φόβιζαν και μάγευαν τον άνθρωπο. Δεν προκαλεί έκπληξη γι' αυτό ότι οι εκρήξεις ηφαιστείων είναι ένα από τα πρώτα θέματα που αποθανάτισε ο νεολιθικός άνθρωπος σε τοιχογραφίες οικισμών της Κεντρικής Ανατολίας, πριν από 8.500 χρόνια. Τα ηφαίστεια ήταν ο πρώτος και κύριος τροφοδότης, μαζί με τους κεραυνούς, του πολύτιμου εργαλείου της φωτιάς. Τα ηφαίστεια ήταν ακόμη η πηγή του «πολύτιμου λίθου» της νεολιθικής εποχής, του οψιανού. Αυτά παρείχαν στη συνέχεια την ηφαιστειακή στάχτη η οποία, αναμειγνυόμενη με ασβέστη, παρήγε το πρώτο τσιμέντο που έπηξε και άντεχε στο νερό. Το θειάφι που παρήγαν τα ηφαίστεια ήταν το καλύτερο απολυμαντικό μέσο και καθοριστικής σημασίας φάρμακο για την αμπελοργία και την κηπουρική. Από αυτά εξορύχτηκαν εκατομμύρια κυβικά μέτρα πετρώματα, μεγάλης αντοχής και κάλλους, για να οικοδομηθούν ακροπόλεις και κάστρα, ναοί και κατοικίες. Πάνω ή δίπλα στα ηφαίστεια ήταν οι θερμές πηγές που θεράπευαν πάσα νόσο. Το ηφαιστειακό έδαφος ήταν το πιο εύφορο από όλα τα εδάφη, αυτό που έδινε δυο και τρεις σοδειές το χρόνο αν υπήρχε διαθέσιμο νερό.

ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Γεωθερμία είναι η αποθηκευμένη στη γη θερμότητα, μέσα στα θερμά ρευστά (νερό και ατμό) και πετρώματα. Θερμά για τις κλιματολογικές συνθήκες της χώρας μας θεωρούνται τα ρευστά ή τα πετρώματα με θερμοκρασία μεγαλύτερη των 25°C. Η θερμική ενέργεια που περιέχεται σε αυτά είναι η *γεωθερμική ενέργεια*. Οι υψηλές θερμοκρασίες που συναντάμε στα βαθιά στρώματα του πλανήτη οφείλονται, όπως έχει ήδη αναφερθεί, στη μετάπτωση των ραδιενεργών ισotόπων των στοιχείων του Ουρανίου, Θορίου και Καλίου, καθώς και στο βαρυτικό πεδίο της γης.

Οι αποθηκευμένες στη γη ποσότητες θερμότητας είναι τεράστιες. Η χρήση αυτής της ενέργειας είναι όμως οικονομικά ασύμφορη μόνο όπου οι γεωλογικές, υδρολογικές και γεωφυσικές συνθήκες επιτρέπουν την ανάπτυξη ενός *γεωθερμικού συστήματος*. Το γεωθερμικό σύστημα συνίσταται σε υπόγειο νερό το οποίο κυκλοφορεί σε βάθος έως λίγων χιλιομέτρων κι εκεί θερμαίνεται από την επαφή του με θερμά πετρώματα. Καθώς το θερμό νερό είναι λιγότερο πυκνό από το κρύο, τείνει στη συνέχεια να ανέλθει προς την επιφάνεια λόγω άνωσης.

Τα γεωθερμικά συστήματα δημιουργούνται συνήθως σε περιοχές με ενεργή ηφαιστειότητα, όπου η θερμότητα του πετρώματος αυξάνει πάνω από τη μέση γήινη βαθμίδα ($2,5\sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), γεγονός που επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων θερμοκρασιών σε μικρά σχετικά βάθη και κάνει συμφέρουσα την εκμετάλλευση της γήινης θερμότητας. Όταν στην περιοχή αυτή υπάρχει ταμιευτήρας νερού με ικανό στεγανό κάλυμμα για την αποφυγή διάχυσης της θερμότητας, αυτός θερμαίνεται και κάνει δυνατή την εκμετάλλευση του *γεωθερμικού πεδίου* (περιοχή που φιλοξενεί τα θερμά ρευστά) μέσω της απόληψής του είτε από τις φυσικές θερμές πηγές, είτε –κατά κανόνα- μέσω γεωτρήσεων. Παρά ταύτα, οικονομικά ενδιαφέροντες *γεωθερμικοί ταμιευτήρες* φιλοξενούνται και σε περιοχές μακριά από πρόσφατη ηφαιστειότητα, σε περιοχές όπου έντονη ενεργή εφελκυστική τεκτονική δημιουργεί, με τη λέπτυνση του φλοιού και τα μεγάλα-βαθιά ρήγματα, ανώμαλες θερμικά συνθήκες και επιτρέπει την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων. Σε ορισμένες περιοχές έχει γίνει επίσης προσπάθεια για την εκμετάλλευση της θερμότητας που φιλοξενείται σε *θερμά ξηρά πετρώματα*, με ζεύγη γεωτρήσεων οι οποίες εισάγουν κρύο νερό από τη μια και αντλούν θερμότερο από την άλλη πλευρά. Τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα από τις προσπάθειες δεν ήταν οικονομικά συμφέροντα.

Οι χρήσεις του γεωθερμικού ρευστού διαφοροποιούνται ανάλογα με το ύψος της θερμοκρασίας του, και γι' αυτό κατηγοριοποιούνται σε:

- **Υψηλής θερμοκρασίας** («υψηλής ενθαλπίας»), με θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 150°C , για παραγωγή ηλεκτρισμού
- **Μέσης θερμοκρασίας** («μέσης ενθαλπίας»), με θερμοκρασίες μεταξύ $100\text{-}150^{\circ}\text{C}$, και
- **Χαμηλής θερμοκρασίας** («χαμηλής ενθαλπίας»), με θερμοκρασία μικρότερη των 100°C , για «άμεσες χρήσεις» (θέρμανση χώρων, ξήρανση προϊόντων κ.α.)

Τα γεωθερμικά ρευστά των θερμών πηγών αξιοποιούνται από την αρχαιότητα σε όλο το πλανήτη για λουτροθεραπευτικούς μόνο σκοπούς. Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας ξεκινά στη βιομηχανική εποχή στις 4 Ιουλίου του 1904, όταν κινείται με γεωθερμικό ατμό η πρώτη γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, στο Λαρντερέλο της Ιταλίας. Το 1944, η εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς παραγωγής στο Λαρντερέλο ήταν ήδη 127MW.

Η ενεργειακή κρίση της δεκαετίας του '70 και η εκρηκτική επιδείνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων προσανατόλισαν την ενεργειακή πολιτική σε παγκόσμιο επίπεδο στην προσπάθεια ανάπτυξης και χρήσης των

ανανεώσιμων ήπιων μορφών ενέργειας. Έτσι η γεωθερμία αρχίζει και να αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς. Μόνο τη δεκαετία του 1990-2000 η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής ηλεκτρισμού με γεωθερμία αυξήθηκε κατά περίπου 45%. η γεωθερμική ενέργεια καλύπτει σήμερα μόνο το 0,5% των ενεργειακών αναγκών του πλανήτη. Με αυτή την έννοια δεν είναι σημαντική πηγή ενέργειας. Μπορεί όμως να γίνει καθοριστικός παράγοντας και μοχλός τοπικής ανάπτυξης σε περιοχές που είναι προικισμένες με θερμά ρευστά. Η Ισλανδία λ.χ. καλύπτει το 50% των ενεργειακών αναγκών της με γεωθερμική ενέργεια. Ένα χρήσιμο *παραπροϊόν* των γεωθερμικών ρευστών είναι κατά περιπτώσεις τα άλατα που αυτά περιέχουν. Στο Λαρντερέλο εξάγεται από αυτά βόριο, στην Ισπανία καίσιο, στην Καλιφόρνια υδράργυρος και άλλα βασικά μέταλλα.

ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στη δεκαετία του 1960, η συγκέντρωση πολλών και σημαντικών γεωφυσικών και γεωλογικών δεδομένων οδήγησε στην «Επανάσταση της θεωρίας των τεκτονικών πλακών», η οποία εξηγούσε με επιτυχία τις μετακινήσεις των ηπείρων και την παγκόσμια κατανομή των ηφαιστείων και των σεισμών.

Το μάγμα γεννιέται στα όρια των λιθόσφαιρικών πλακών, κυρίως στις περιοχές που απομακρύνονται ή συγκλίνουν μεταξύ τους. Το συμπαγές, βραχώδες περίβλημα του πλανήτη μας (η λιθόσφαιρα πάχους 50-200χιλιομέτρων) είναι καταρκεματισμένο σε επτά μεγάλες και άλλες τόσες μικρότερες πλάκες, οι οποίες μετακινούνται επιπλέοντας και ολισθαίνοντας πάνω σε έναν ημίρρευστο ορίζοντα- την ασθενόσφαιρα. Ως βασική κινητήρια δύναμη θεωρούνται τα ρεύματα θερμικής μεταγωγής, τα οποία δημιουργούνται καθώς το ημιπλαστικό υλικό της ασθενόσφαιρας, θερμαινόμενο από τη σχάση των ραδιενεργών στοιχείων Ουρανίου και Καλίου, γίνεται ελαφρύ και αναδύεται ως τα όρια της λιθόσφαιρας. Στη συνέχεια μεταδίδει τη θερμότητά του προς την επιφάνεια, βαραίνει ξανά και καταδύεται βαθιά στο μανδύα.

Στις περιοχές ανάδυσης, όπου η μια πλάκα απομακρύνεται από την άλλη, το θερμικό υλικό του μανδύα υπόκεινται σε παχεία πτώση της πίεσης με ελάχιστη αντίστοιχη πτώση της θερμοκρασίας. Αυτό προκαλεί τη μερική τήξη του πετρώματος του μανδύα και παράγεται άφθονο μάγμα. Το μάγμα αυτό ανέρχεται στο κενό μεταξύ των δυο πλακών και οικοδομεί μεγάλες οροσειρές ενεργών υποβρύχιων ηφαιστείων, οι οποίες αποτελούν τις Μέσο-Ωκεάνιες Ράχες. Εδώ τα ηφαιστεία γεννούν τη νέα λιθόσφαιρα του πλανήτη με ωκεάνιο βασαλτικό φλοιό. Τέτοια οροσειρά είναι η Μέσο-Ατλαντική Ράχη που άρχισε να δημιουργείται πριν 200 εκατομμύρια χρόνια από την απομάκρυνση Αμερικής και Αφρικής – Ευρώπης.

Καθώς η γη έχει σταθερή διάμετρο, όση η λιθόσφαιρα παράγεται, τόση πρέπει να καταστραφεί. Αυτό γίνεται στις περιοχές σύγκλισης των πλακών, όπου η μια βυθίζεται κάτω από την άλλη κατά μήκος πολύ βαθιών ωκεάνιων τάφρων. Εδώ, η ωκεάνια λιθόσφαιρα που υποβυθίζεται μεταφέρει μαζί της ιζήματα και νερό. Η απελευθέρωση του νερού αυτού σε μεγάλα βάθη (100-150 χιλιόμετρα) προκαλεί τήξη των πετρωμάτων, καθώς το ενυδατωμένο

πέτρωμα τήκεται σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι το άνυδρο. Το νέο μάγμα που γεννιάται με αυτόν τον τρόπο αναδύεται και τροφοδοτεί έντονα εκρηκτική ηφαιστειακή δράση. Αυτή οικοδομεί γιρλάντες ηφαιστειακών νησιών ή τοξοειδείς οροσειρές μεγάλων ηφαιστειών. Έτσι παράγεται ο νέος ηπειρώτικος φλοιός. Τα δικά μας ενεργά ηφαίστεια του νοτίου Αιγαίου είναι ένα παράδειγμα τέτοιας δράσης.

ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως είναι γνωστό στην Ελλάδα υπάρχουν τρία ενεργά ηφαίστεια. Η Σαντορίνη με τελευταία έκρηξη το 1950, η Νίσυρος, που το 1873 και 1888 παρουσίασε μικροεκρήξεις και το Καμένο Βουνό στα Μέθανα, όπου η τελευταία του έκρηξη χρονολογείται το 250 π.Χ. Τα ηφαίστεια αυτά ανήκουν στο λεγόμενο ηφαιστειακό τόξο του Νότιου Αιγαίου. Από γεωτεκτονική άποψη τα ηφαίστεια του τόξου αυτού αντιστοιχούν στην επακόλουθη σιαλική ηφαιστειότητα της αλπικής ορογένεσης υπό την έννοια του Stille (1940), δηλ. έχουν τροφοδοτηθεί από συνορογενετικό μάγμα και επιπλέον συνδέονται με επιμήκη ρήγματα (Κισκύρας 1964). Στην ίδια κατηγορία υπάγονται και τα ηφαίστεια Δυτ. Μακεδονίας και Ευβοίας. Σε ότι αφορά την ηλικία των αναφερθέντων ηφαιστειών μπορεί να ειπωθεί ότι η επακόλουθη ηφαιστειότητα στην περιοχή του Αιγαίου άρχισε πρώτα από το Βορρά (Μακεδονία-Θράκη) κατά το Ολιγόκαινο και επεκτάθηκε αργότερα κατά το Μειόκαινο, στα νησιά του Βορ. Αιγαίου και κατά το Πλειόκαινο στα νησιά του Νοτ. Αιγαίου, όπου εξακολουθούσε μέχρι τις ημέρες μας. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τριτογενής –τεταρτογενής ηφαιστειότητα στην Ελλάδα παρουσίασε μια μετανάστευση εκτός της γνωστής από Α προς Δ και μια άλλη από Β προς Ν, όπως η ωρίμανση των ελληνικών γεωσυγκλίνων αλπικού τύπου (Κισκύρας, 1985). Εκτός από τα ανδεσιτικά ηφαίστεια στην Ελλάδα παρουσιάζονται και άλλα ηφαίστεια, που έδωσαν υπαλκαλικές έως αλκαλικές λάβες (Κtenas, 1935). Εδώ πρόκειται για τα ηφαίστεια, τα οποία συναντώνται κατά προτίμηση σε μεταμορφωμένες ζώνες (Πελαγονική, Ροδόπη) π.χ. αυτά της Θεσσαλίας, Ψαθούλας, Λήμνου, Πάτμου, Κω, κ.λ.π. Στις περιπτώσεις αυτές ο σχηματισμός των ηφαιστειών συνδέεται με εγκάρσια ρήγματα εφελκυσμού, τα οποία έδωσαν την δυνατότητα στο υποκείμενο βασαλτικό μάγμα να ανέβει σε υψηλότερους ορίζοντες, ακόμα και στην επιφάνεια χωρίς να υποστεί έντονο διαφορισμό.

Η ύπαρξη τόξου ανδεσιτικών ηφαιστειών στο Αιγαίο σε συνδυασμό με την εμφάνιση σεισμών με εστία ενδιάμεσου βάθους οδήγησε τον Κισκύρα (1960) στο συμπέρασμα ότι η θάλασσα του Αιγαίου από γεωτεκτονική άποψη μοιάζει προς αυτήν της Ιαπωνίας, των Αντιλλών και του τόξου των Ανατολικών Ινδιών, που σημαίνει ότι και εδώ θα πρέπει να αναζητηθούν θετικές ανωμαλίες βαρύτητας και επιπλέον τον ώθησε στην υπόθεση ότι κάτω από το Αιγαίο θα δρουν ρεύματα μεταφοράς (convection currents) με ανοδική φορά σε διεύθυνση περίπου από Α προς Δ, δηλ. προς το Ιόνιο και επιπλέον ότι τέτοια ρεύματα μπορεί να παρουσιασθούν και σε αλπικές γεωσυγκλινείς περιοχές, που συνορεύουν με κρατονικό πυθμένα βαθιάς θάλασσας, αλλά προχωρούν σε μικρότερο βάθος απ'ότι ισχύει για τον Ειρηνικό ωκεανό. Όπως

είναι γνωστό ο πυθμένας του Ιονίου αποτελεί τμήμα της αρχαιότητας της μάζας Gondwana και συνεπώς αντιστοιχεί προς τμήμα ωκεανού. Τα δεδομένα αυτά μαζί με την παρουσία ενός νησιωτικού τόξου παράλληλου προς το ηφαιστειακό και την εμφάνιση οφιολίθων και μπλε σχιστολίθων στην περιοχή του Αιγαίου ώθησαν αργότερα αρκετούς ερευνητές (Caruto et al.1970, McKenzie 1970, Dewey-Bird 1970-1971, Ninkovich-Hays 1971 κ.λ.π.) να δεχτούν την ισχύ της θεωρίας των τεκτονικών πλακών και στην περιοχή του Αιγαίου. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή ο σχηματισμός των ηφαιστείων στο Νοτ. Αιγαίο οφείλεται στην παραγωγή ενεργού μάγματος από την τήξη τμήματος της Αφρικανικής πλάκας, όταν εισέρχεται στην ασθενόσφαιρα (μανδύα). Αργότερα διατυπώθηκαν πολλές αντιρρήσεις για τη σύνδεση του σχηματισμού των ανδεσιπικών πετρωμάτων του ηφαιστειακού τόξου Νοτ. Αιγαίου με την υποτιθέμενη υποπροέλαση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από το Αιγαίο.



(Εικόνα 7) Ηφαιστειακός χάρτης Ελλάδος

ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Στην γεωλογική επιστήμη έχει επικρατήσει η γνώμη, ότι τα ηφαίστεια και οι σεισμοί είναι δυο συναφή και αλληλοεξαρτώμενα φαινόμενα. Σε τούτο έχει συμβάλει και το γεγονός ότι αμφότερα, σεισμοί και ηφαίστεια, παρουσιάζονται σχεδόν πάντοτε στις ίδιες περιοχές της γης, δηλαδή σ' αυτές που χαρακτηρίζονται από διαρρήξεις και κατακρημνίσεις του στερεού φλοιού της. Ο Seidelitz (1931) θεωρεί και τα δυο αυτά φαινόμενα σαν συνέπεια βυθίσματος μεγάλων τεμαχίων σε Μεσόβουνα (Κυκλάδες, Ροδόπη) και ότι κατά προτίμηση παρουσιάζονται στην διασταύρωση ρηγμάτων. Την άποψη αυτή συμμερίζεται και ο Sieberg (1932) ενώ ο Haalack (1952) ισχυρίζεται όμως στενότερα με τις ίδιες ασθενείς ζώνες του γήινου φλοιού.

Οι Gutenberg & Richeter (1951) αναφέρουν ότι η εμφάνιση σεισμών με εστίες βάθους 100-150km κάτω από ενεργά ηφαίστεια σημαίνει κοινή αιτία, δύσκολα όμως μια άμεση σχέση αιτίας και αποτελέσματος και ότι πιθανώς ένα ενιαίο σύστημα πιέσεων ευθύνεται και για τα δυο, δηλαδή τους σεισμούς και τα ηφαίστεια. Σημειώνουν μάλιστα και καταφανείς εξαιρέσεις σε αυτή την αμοιβαία σχέση. Έτσι, στην Μεσοατλαντική ράχη παρουσιάζονται ηφαίστεια χωρίς σεισμούς με εστία ενδιάμεσου βάθους, ενώ στην περιοχή Περού εμφανίζονται σεισμοί της κατηγορίας αυτής χωρίς ηφαίστεια.

Ο Vitalianos (1971) αναφέρουν ότι περιοχές με σύγχρονη ηφαιστειότητα ακολουθούν ζώνες με υψηλή σεισμικότητα και ότι η σχέση αυτή δεν είναι τυχαία, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι οι σεισμοί προκαλούν ηφαιστειακές εκρήξεις ή και το αντίστροφο.

Ο Blot (1976) αναφέρει ότι η εμφάνιση ενός σημαντικού σεισμού με εστία ενδιάμεσου βάθους κάτω από το ηφαίστειο μπορεί να προαναγγείλει μια σημαντική επίταση της ηφαιστειακής δραστηριότητας ή την αφύπνιση ενός ηφαιστείου λίγους μήνες αργότερα και ότι θα έπρεπε να επιβλέπονται τα ηφαίστεια αυτά ύστερα από τέτοιους σεισμούς.

Μια περιοχή, που παρέχει τη δυνατότητα για λεπτομερή μελέτη αυτών των φαινομένων, όπως και των μεταξύ τους σχέσεων είναι το Αιγαίο.

Ο Criticos (1926) είχε προσέξει ότι η έντονη σεισμική δράση, που παρουσιάστηκε το 1925 στην Α. Ελλάδα, Αιγαίο, Κρήτη και Μ. Ασία, έπαυσε μετά την έκρηξη της Σαντορίνης (11.8.1925) με μόνη εξαίρεση τη Μ. Ασία. Όπως ο ίδιος αναφέρει, ανάλογα φαινόμενα είχαν σημειωθεί και σε παλαιότερες εκρήξεις του ηφαιστείου της Σαντορίνης, π.χ. αυτές της 26.1.1866 του Γεωργίου και της 27.9.1650 του Κολούμπου. Ο Criticos (1928) είναι της άποψης ότι οι τεκτονικοί σεισμοί, που σημειώθηκαν στην Αττική, Βοιωτία και Εύβοια λίγες εβδομάδες πριν την έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης (23.1.1928) δεν πρέπει να θεωρηθούν άσχετοι με την έκρηξη αυτή και ότι η σεισμική ενέργεια, που προηγήθηκε, πιθανώς είχε αφυπνίσει την ηφαιστειότητα στην Σαντορίνη.

Σε άλλη εργασία του ο Criticos (1946) αναφέρει ότι τα επίκεντρα πολλών σεισμών, με εστίες ενδιάμεσου βάθους (μαγματικών σεισμών, όπως τους ονομάζει) παρουσιάζονται κοντά σε νεογενή-τεταρτογενή ηφαιστειακά κέντρα του Αιγαίου, που κατ' αυτόν αποτελεί απόδειξη, ότι υπάρχει σχέση μεταξύ ηφαιστειότητας και σεισμών με εστίες κάτω από τη λιθόσφαιρα.

Ο Γαλανόπουλος (1955) εκφράζει την γνώμη ότι οι σεισμοί, που προέρχονται από τεκτονικές μεταθέσεις τεμαχών σε απομακρυσμένους τόπους του ρηξιγενούς Αιγαίου, πιθανόν να υπήρξαν αφορμή διεγέρσεως του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Ο ίδιος διατυπώνει την άποψη ότι εδώ πιθανόν πρόκειται για σεισμούς με ενδιάμεσο βάθος εστίας.

Ο Blot (1978) με βάση τις μελέτες, που έγιναν στα νησιά του Ειρηνικού New Hebrides (1963-1972) για τις σχέσεις μεταξύ ηφαιστειότητας και σεισμικής δραστηριότητας, αναζήτησε ανάλογες σχέσεις και στη Μεσόγειο, ιδιαίτερα στο Αιγαίο και Τυρρηνικό Πέλαγος. Έτσι σημειώθηκε ότι οι εκρήξεις της

Σαντορίνης τα έτη 1925, 1928, 1939 και 1950 ακολούθησαν τους ενδιάμεσους σεισμούς, που έγιναν το 1923, 1926, 1938 και 1948 κοντά στη περιοχή της Σαντορίνης, γι' αυτό και τους θεωρεί ως αιτία αφυπνίσεως του ηφαιστείου αυτού. Ανάλογη σχέση μεταξύ ηφαιστειακής εκδηλώσεως και σεισμών δέχονται οι Komlos et all (1978) για την περίπτωση της Μινωικής εκρήξεως της Σαντορίνης το 1500 π.Χ. .

ΠΡΟΣΦΑΤΗ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΒΑΘΟΥΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Στο χώρο του Αιγαίου υπάρχει μεγάλος αριθμός πλουτώνιων και ηφαιστειακών πετρωμάτων Καινοζωικής ηλικίας. Στη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, αρκετοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τη μελέτη της γεωδυναμικής σχέσης που υφίστανται μεταξύ της τεκτονικής βάθους και της πρόσφατης ηφαιστειακής δράσης στον Αιγαιακό χώρο. Για να σχηματίσουμε σαφή εικόνα του σημείου στο οποίο βρίσκονται οι μελέτες αυτές θ' αναφερθούμε πρώτα στα σχετικά βιβλιογραφικά δεδομένα.

Ο Nicholls (1971α) θεώρησε τη κατάδυση της Αφρικάνικης λιθοσφαιρικής πλάκας κάτω από το χώρο του Αιγαίου ως γεωδυναμικά υπεύθυνη για τη γένεση της ασβεσταλκαλικής ανδεσιτικής και δακιτικής ηφαιστειότητας του Νότιου Αιγαίου και του βορειοανατολικού Αιγαιακού χώρου. Η ηφαιστειότητα αυτή προήλθε από τη τήξη ενός εκλογιτικής σύστασης ωκεάνιου φλοιού. Σύμφωνα με τον παραπάνω συγγραφέα η πάνω επιφάνεια της λιθοσφαιρικής πλάκας που καταδύεται βρίσκεται σε βάθος 45km κάτω από το χώρο του βορειοανατολικού Αιγαίου.

Πιο διεξοδικά αναφέρθηκαν στο θέμα οι Ninkovich και Hays (1971, 1972). Οι ερευνητές αυτοί πρόβαλαν τις τιμές των K_2O και SiO_2 μερικών τεταρτογενών λαβών του Τυρρηνικού και του Αιγαιακού τόξου σε σχέση προς τις ισοβαθείς σεισμικές καμπύλες καλά μελετημένων νησιωτικών τόξων του Ινδό-Ειρηνικού χώρου. Από την προβολή αυτή συμπεράναν ότι τα παραπάνω ηφαιστειακά τόξα βρίσκονται πάνω από ζώνες ενδιάμεσου βάθους σεισμών. Ειδικότερα, οι ηφαιστίτες, κρομμύωνιας, Μεθάνων, Αίγινας, Μήλου, Σαντορίνης και Νισύρου έχουν λόγο K_2O/SiO_2 χαρακτηριστικό για ηφαιστειακά πετρώματα που βρίσκονται 120-150 km ανάμεσα στη περιεκτικότητα σε K_2O πάνω από ζώνες beppioff, όπως αυτά των Αλεουτιών και του Κρακατάο. Η σχέση ανάμεσα στην περιεκτικότητα σε K_2O και στο βάθος της σεισμικής στο Ελληνικό τόξο είναι παρόμοια μ' εκείνη που βρίσκουμε στους ηφαιστίτες του Ειρηνικού. Στα ηφαιστειακά πετρώματα του Ελληνικού τόξου δεν υπάρχουν εκείνα τα μέλη που έχουν ψηλές τιμές σε K_2O και που βρίσκονται πάνω από σεισμικές εστίες με βάθος μεγαλύτερο από 300 km, των περι-Ειρηνικών τόξων. Εξάλλου φαίνεται πως υπάρχει στενή σχέση ανάμεσα στη συχνότητα των σεισμών ενδιάμεσου βάθους και στο βαθμό της μαγματικής διαφοροποίησης στο Αιγαιακό και στο Τυρρηνικό τόξο.

Οι Pe και Piper (1972) έδειξαν ότι οι λάβες του δυτικού τμήματος του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου παρουσιάζουν μεγάλες ομοιότητες με τις λάβες των νησιώτικων ηφαιστειακών τόξων του Ειρηνικού, ενώ οι λάβες των νησιών του βορειοανατολικού Αιγαίου δείχνουν μεγάλες ομοιότητες μ' εκείνες

του Ν. Αιγαίου. Εξάλλου η ΡΕ (1973b) παρατήρησε πως η ορυκτολογία των λαβών του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου είναι παρόμοια μ' εκείνη πολλών λαβών των Ειρηνικών ηπειρώτικων περιθωρίων και νησιωτικών τόξων περιλαμβανομένων των υπερσθενικών σειρών της Ιαπωνίας και τμημάτων του τόξου των Δυτικών Ινδίων.

Οι Barberi και οι συνεργάτες (1974) ασχολήθηκαν με την Πλειοτεταρτογενή ασβεσταλκαλική ηφαιστειότητα του τόξου του Αιγαίου και διατύπωσαν την άποψη ότι αυτή προέκυψε από μια διαδικασία κατάδυσης που άρχισε στο Άνω Μειόκαινο. Ο πετροχημικός χαρακτήρας των ηφαιστιτών του εξωτερικού τμήματος του τόξου (Κρομμυωνία, Αίγινα, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος) βρέθηκε σαφώς ασβεσταλκαλικός, ενώ εκείνος των ηφαιστιτών του εσωτερικού τμήματος (Εύβοια, Λιχάδες, Θήρες, Κως, Αντίπαρος) διαπιστώθηκε ότι είναι αλκαλικός.

Οι Boccaletti και οι συνεργάτες (1974) θεώρησαν πιθανό ο πρόσφατος ασβεσταλκαλικός μαγματισμός του Ελληνικού τόξου να οφείλεται στην προς τα νότια μετατόπιση ενός συστήματος τόξου-τάφρου και στην κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου, έναρξη της βύθισης, στο χώρο του Αιγαίου, μιας ζώνης Benioff με κατεύθυνση προς τα βόρεια.

Οι Vilminot και Robert (1974) υποστήριξαν πως το σύνολο της Καινοζωικής ηφαιστειακής δράσης του Αιγαίου χώρου δε μπορεί να σχετίζεται με την ενεργό ζώνη κατάδυσης στο Ν. Αιγαίο. Μόνο η Πλειοτεταρτογενής ηφαιστειότητα του τόξου του Ν. Αιγαίου σχετίζεται και στην ηλικία και στη θέση με τη σεισμική ζώνη Benioff του Ν. Αιγαίου. Ο χημισμός αυτής της ηφαιστειότητας είναι τυπικός ασβεσταλκαλικός όπως συμβαίνει και σε άλλα ενεργά ηπειρώτικα περιθώρια.

Ο Blot (1976) παρατήρησε πως η ζώνη διανομής των επίκεντρων των σεισμών με εστιακό βάθος $h \geq 120\text{km}$ συμπίπτει με το ηφαιστειακό τόξο στην περιοχή του Ν. Αιγαίου. Ο ίδιος έκανε μια πολύ ενδιαφέρουσα παρατήρηση για τη σχέση μεταξύ ηφαιστειότητας και σεισμικής δράσης. Συγκεκριμένα, παρατήρησε πως οι εκρήξεις του ηφαιστείου της Σαντορίνης των ετών 1925, 1928, 1939, 1950 εκδηλώθηκαν με χρονική διαφορά 16-24 μήνες ύστερα από την εκδήλωση σεισμών μεγέθους $M=5,0-7,9$ που είχαν εστία τους σε βάθος 100-200km κάτω από το χώρο της Σαντορίνης. Ανάλογες παρατηρήσεις έκανε και για το ηφαίστειο Στρομπόλι της Ιταλίας.

Οι Puchelt και οι συνεργάτες (1977) διαπίστωσαν τη συστηματική αύξηση της τιμής του K_2O σε σχέση προς την τιμή του SiO_2 , των ηφαιστιτών των νησιών Χριστιανά και Σαντορίνη, κατά μήκος μιας τομής, με ΝΔ-ΒΑ διεύθυνση και μήκος 40km, που αρχίζει από τα Χριστιανά και καταλήγει στο ΒΑ άκρο της Σαντορίνης (ακρωτήριο Κολόμβος). Συγκεκριμένα, για περιεκτικότητα 60% σε SiO_2 βρήκαν τις εξής περιεκτικότητες σε K_2O : 1,68% για τα Χριστιανά, 1,84% για τη Σαντορίνη και 2,0% για το ακρωτήριο Κολόμβος. Δηλαδή η αύξηση είναι της τάξης του 20%. Οι τιμές αυτές του K_2O φανερώνουν, σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, την ύπαρξη μιας ζώνης Benioff σε βάθος 135km κάτω από τα Χριστιανά, 145km από το Σαντορίνη και 165 km κάτω από το ακρωτήριο Κολόμβος. Οι τιμές των βαθμών υπολογίστηκαν σύμφωνα με τις καμπύλες των Hatherton και Dickinson (1969).

Με μελέτη της συγκριτικής γεωχημείας των λαβών του Β. Ευβοϊκού, ασχολήθηκαν οι Πή και ο Παναγός (1976) και συμπέραναν πως οι λάβες αυτές τείνουν αισθητά προς τη σωσωνιτική σειρά και προήλθαν από αλκαλικής σύστασης μάγμα. Ο χημισμός των λαβών αυτών επιβάλλει την παραδοχή ότι αυτές αποτελούν, αναμφισβήτητα, το δυτικό άκρο του Ελληνικού ηφαιστειακού τόξου, ενώ η δυνατότητα ποσοτικού προσδιορισμού του βάθους της σεισμικής ζώνης, κάτω από τα ηφαίστεια του Β. Ευβοϊκού, μόνο με γεωχημικά κριτήρια (σχέση K_2O/SiO_2) κρίθηκε ως αμφίβολη.

Ο Φύτικας (1977) δέχτηκε την ύπαρξη ενός εσωτερικού και ενός εξωτερικού ηφαιστειακού τόξου, που σχετίζονται γεωδυναμικά με τη ζώνη κατάδυσης του Ν. Αιγαίου. Οι ηφαιστίτες του εσωτερικού τόξου (Λιχάδες, Θήρες, Θεσσαλίας, Κως, Αντίπαρος) είναι οι αλκαλικότεροι από εκείνους του εξωτερικού τόξου (Αίγινα, Κρομμυωνία, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Νίσυρος) και το γεγονός αυτό επιβεβαιώνει την ομοιότητα ανάμεσα στο τόξο του Ν. Αιγαίου και στα περι-Ειρηνικά τόξα. Ο παραπάνω ερευνητής εφάρμοσε τη σχέση που βρήκε Dickinson (1975), ανάμεσα στο βάθος της σεισμικής ζώνης Benioff και στην περιεκτικότητα σε K_2O των ανδεσιτών των περι-Ειρηνικών τόξων, και βρήκε ότι το βάθος της σεισμικής ζώνης Benioff κάτω από το εξωτερικό ηφαιστειακό τόξο του Ν. Αιγαίου είναι 160 km περίπου.

Σύμφωνα με τους Bellon και συνεργάτες (1979)η κατάδυση της αφρικάνικης λιθόσφαιρας προκαλεί την ασβεσταλκαλική ηφαιστειότητα στο ηφαιστειακό τόξο του Ν. Αιγαίου. Οι ίδιοι συγγραφείς συμπεριέλαβαν στο τόξο αυτό και τα ηφαιστειακά κέντρα του Β. Ευβοϊκού και του Μαλιακού κόλπου.

Με την πετροχημική μελέτη των ηφαιστίτων Στρυμωνικού-Μεταμορφώσεως ασχολήθηκαν οι Panagos και συνεργάτες (1978) και συμπέραναν ότι η γένεση τους πρέπει να σχετίζεται τεκτονικά με το πεδίο των εφελκυστικών τάσεων που έχει διαπιστωθεί στο Βόρειο Αιγαϊακό χώρο.

ΝΗΣΙΩΤΙΚΟ ΤΟΞΟ

Ένα νησιωτικό τόξο είναι γεωλογικός-γεωγραφικός σχηματισμός μεγάλης κλίμακας, που δημιουργείται λόγω της κίνησης των τεκτονικών πλακών, και πιο συγκεκριμένα στο σημείο επαφής μιας ωκεάνειας με μια ηπειρωτική πλάκα. Αποτελεί κοινό φαινόμενο σε αρκετά μέρη του κόσμου, ενώ συναντάται και στο νότιο Ελλαδικό χώρο. (Κρήτη, Δωδεκάνησα και νότια Πελοπόννησος).

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ

Το νησιωτικό τόξο εμφανίζεται στο σημείο σύγκλισης δύο τεκτονικών πλακών, συνήθως μιας ηπειρωτικής με μια ωκεάνια, χωρίς να αποκλείεται και η εμφάνισή του στο σημείο σύγκλισης δυο ωκεάνιων πλακών. Κατά τη σύγκλισή τους, η βαρύτερη ωκεάνια πλάκα αρχίζει να βυθίζεται κάτω από την ελαφρύτερη ηπειρωτική, μπαίνοντας μέσα στο μανδύα σε βάθος έως και 600-700 km. Η πλάκα που βυθίζεται αρχίζει να λιώνει, κι επειδή το υλικό της είναι

ελαφρύτερο από αυτό του μανδύα ανεβαίνει, υγροποιημένο πλέον σε μάγμα, λόγω της άνωσης, με αποτέλεσμα την εμφάνιση ηφαιστειών πίσω από την περιοχή σύγκλισης.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Κύρια Χαρακτηριστικά:

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός νησιωτικού τόξου είναι:

- Η πρόταφος, που είναι μια στενή περιοχή όπου παρατηρούνται μεγάλα βάθη στη θάλασσα. Βρίσκεται στο σημείο επαφής των δύο πλακών και χονδρικά ακολουθεί το σχήμα τους στη συγκεκριμένη περιοχή. Τέτοιος σχηματισμός είναι και το Χάσμα των Μαριαννών, το σημείο με το μεγαλύτερο βάθος θάλασσας στον πλανήτη (περίπου 10000m). Σχηματίζεται καθώς η ωκεάνια πλάκα καμπυλώνεται προς τα κάτω, τραβώντας ταυτόχρονα, λόγω τριβής, και το άκρο της ηπειρωτικής και βαθαίνοντας έτσι την τάφρο.
- Το καθαυτό **νησιωτικό τόξο**, όπου η ηπειρωτική πλάκα ανυψώνεται λόγω της πίεσης που δέχεται από την καταβυθιζόμενη ωκεάνια. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ενός αρχιπελάγους νησιών, σε καμπυλωτή διάταξη (ή βουνών αν πρόκειται για ηπειρωτική πλάκα που δεν καλύπτεται από θάλασσα).
- Η **οπισθόταφος**, που είναι μια ράχη κι εκτεταμένη θάλασσα πίσω από το τόξο. Για τη δημιουργία της υπάρχουν διάφορες θεωρίες, από τις οποίες η επικρατέστερη υποστηρίζει ότι σχηματίζεται καθώς το τμήμα επαφής της ηπειρωτικής πλάκας, μετακινείται προς την ωκεάνια (λόγω των κινήσεων του υποκείμενου μάγματος), και ο κενός χώρος πίσω του γεμίζει με μάγμα. Μια άλλη θεωρία αναφέρει πως η αβαθής θάλασσα σχηματίζεται όταν το νησιωτικό τόξο εμφανιστεί σε κάποια απόσταση από τις ακτές οπότε πίσω του παγιδεύεται ένα μέρος του πρώην ωκεανού/ θάλασσας.
- Την εμφάνιση ενός ηφαιστειακού τόξου πίσω από το νησιωτικό, που καλείται δευτερεύον τόξο, είναι παράλληλο προς το νησιωτικό κι αποτελείται από μια αλυσίδα ηφαιστειογενών νησιών, όπου παρατηρείται ηφαιστειακή και γεωθερμική δραστηριότητα. Η δημιουργία του είναι αποτέλεσμα της ανόδου λόγω της άνωσης, όπως αναφέρθηκε, του λιωμένου υλικού της καταβυθιζόμενης πλάκας, που τρυπά την υπερκείμενη ηπειρωτική και προκαλεί ηφαιστειακή δραστηριότητα στην επιφάνεια της.

Δευτερεύοντα χαρακτηριστικά:

Τα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά ενός νησιωτικού τόξου είναι:

- Η εμφάνιση μιας **βαρυτομετρικής ανωμαλίας** (ανωμαλία Buguer), μιας διαταραχής δηλαδή στην τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας σε όλο το μήκος του τόξου. Το φαινόμενο αυτό προκαλείται επειδή πλέον ο χώρος κάτω από την ηπειρωτική πλάκα δεν περιλαμβάνει μόνο υλικό του μανδύα (κανονική περίπτωση) αλλά και τμήμα της ελαφρύτερης, σε σχέση με το μανδύα, ωκεάνιας πλάκας. Αυτό ισοδυναμεί με έλλειμμα

μάζας, σε σχέση με την κανονική περίπτωση, και άρα διαταραχή στην τιμή του g .

- Μια διαταραχή στη ροή θερμότητας από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια. Συγκεκριμένα η ροή αυτή δεν είναι ομοιόμορφη κατά το μήκος του τόξου: στην πρόταφο είναι μικρότερη από το κανονικό (λόγω της καταβύθισης ψυχρού επιφανειακού υλικού σε βάθος μέσα στον μανδύα) ενώ στην οπισθόταφο είναι αρκετές φορές μεγαλύτερη από το κανονικό, γεγονός που οφείλεται στην άνοδο του μάγματος της τηγμένης καταβυθιζόμενης πλάκας και της εμφάνισης ηφαιστειακών-γεωθερμικών φαινομένων.
- Τέλος, η εμφάνιση της λεγόμενης Ζώνης Benioff, μιας περιοχής δηλαδή πίσω από το νησιωτικό τόξο που δίνει σεισμούς με αυξανόμενο εστιακό βάθος όσο απομακρυνόμαστε από το τόξο. Η ζώνη αυτή εμφανίζεται λόγω της καταβυθιζόμενης πλάκας, που κατεβαίνει σε όλο και μεγαλύτερο βάθος πίσω από το τόξο, και της αποκόλλησης τμημάτων της καθώς λιώνει.

Νησιωτικά τόξα στον κόσμο

- Οι Αλεούτιες νήσοι
- Οι Κουρίλες νήσοι
- Η Ιαπωνία
- Οι Φιλιππίνες
- Τα Νησιά Μαριάνες
- Η Τόνγκα και τα Νησιά Κερμαντέκ
- Τα Νησιά Ρουκιού, νότια της Ιαπωνίας
- Τα Νησιά Ογκασαβάρα
- Το Νότιο Αιγαίο και η Πελοπόννησος
- Τα Νησιά Ανταμάν και Νικομπάρ στην Ινδία
- Τα Νησιά Μενταβάι στη Σουμάτρα
- Οι Μικρές Σούνδες ανάμεσα στη Σουμάτρα και την Αυστραλία
- Τα Νησιά Τανιμπάρ και Κάι κοντά στο Τιμόρ
- Τα Νησιά Σολομώντα
- Οι Μικρές Αντίλλες
- Η Νότια Γεωργία και Νότια Νησιά Σάντουιτς, νότια της Αργεντινής
- Το Τόξο της Σούνδα
- Η Νέα Ζηλανδία

Το ελληνικό νησιωτικό τόξο

Το νησιωτικό τόξο της Ελλάδας (που κάποιες φορές αναφέρεται και σαν τόξο του Αιγαίου) είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα νησιωτικού τόξου. Δημιουργείται λόγω της σύγκλισης της Αφρικανικής τεκτονικής πλάκας με την Ευρασιατική (με ρυθμό περίπου 2,5 cm/χρόνο) στην περιοχή νότια της Πελοποννήσου, κι έχει όλα τα χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν παραπάνω.

- Η πρόταφος εκτείνεται από τη Ρόδο, περνά νότια της Κρήτης, Ν.Δ. της Πελοποννήσου και φτάνει μέχρι τα Ιόνια νησιά. Το βάθος είναι

αρκετά μεγάλο, και περιλαμβάνει και το βαθύτερο σημείο της μεσογείου (ανοιχτά της Μάνης, με βάθος περίπου 5.200 μέτρα).

- Το νησιωτικό τόξο περιλαμβάνει τα νότια Δωδεκάνησα, την Κρήτη, τμήματα της Νότιας και Δυτικής Πελοποννήσου και τα νότια Ιόνια Νησιά (Ζάκυνθος, Κεφαλονιά, Λευκάδα).
- Βόρεια της Κρήτης παρατηρείται αβαθής θάλασσα, το Κρητικό και Καρπάθιο πέλαγος.
- Τέλος, η εικόνα συμπληρώνεται από την ύπαρξη του ηφαιστειακού τόξου του νότιου Αιγαίου, που περιλαμβάνει τα νησιά Νίσυρος, Σαντορίνη, Μήλος, Κίμωλος, Κώς, τα Μέθανα και το Σουσακι Κορινθίας, όπου περιλαμβάνει ηφαιστειακή ή και γεωθερμική δραστηριότητα. Παρατηρείται επίσης βαρυτομετρική και γεωμαγνητική ανωμαλία στην περιοχή.

Η ζώνη Benioff του ελληνικού τόξου εκτείνεται σε όλο το νότιο και κεντρικό Αιγαίο. Χωρίζεται χονδρικά σε τρεις περιοχές:

- Μια περιοχή που δίνει επιφανειακούς σεισμούς βάθους 0-60 km και περιλαμβάνει την Κρήτη, τη Ρόδο, τη Νότια Πελοπόννησο και τα Νότια Επτάνησα.
- Μια δεύτερη ζώνη, που συμπίπτει με το ηφαιστειακό τόξο και δίνει σεισμούς επικεντρικού βάθους περίπου 100 km.
- Τέλος, μια Τρίτη ζώνη, που αντιστοιχεί στο κάτω μέρος της Αφρικανικής πλάκας, περίπου στο κεντρικό Αιγαίο και δίνει σεισμούς με μέσο βάθος περίπου 160 km.

Από τα βάθη των εστιών και τη θέση των επίκεντρων των σεισμών συμπεραίνεται ότι η Αφρικανική πλάκα καταβυθίζεται με γωνία περίπου 15 μοιρών κοντά στην Κρήτη, ενώ στο χώρο του ηφαιστειακού τόξου- κεντρικού Αιγαίου η καμπυλότητα αυξάνεται και φτάνει περίπου στις 35-38 μοίρες με το οριζόντιο.

Οι σεισμοί που δίνει η πρώτη ζώνη, λόγω του μικρού βάθους τους, έχουν ιδιαίτερα μεγάλη ένταση και ανάλογα καταστροφικά αποτελέσματα. Οι σεισμοί στα Κύθηρα το 365 μ.Χ. (ο ισχυρότερος σεισμός που έγινε ποτέ στον ελλαδικό χώρο, με εκτιμώμενο μέγεθος 8.3 Ρίχτερ) και στις 11 Αυγούστου 1903, αλλά και αυτοί που ισοπέδωσαν την Κεφαλονιά τον Αύγουστο του 1953 προήλθαν από αυτή τη ζώνη. Το ίδιο και ο σεισμός της 8^{ης} Ιανουαρίου 2006, που έγινε αισθητός σε ολόκληρη την Ελλάδα.

Μέχρι των αρχών της δεκαετίας του '80 ήταν γενικώς αποδεκτό ότι οι τρεις νήσοι της Σαντορίνης (Θήρα, Θηρασία και Ασπρονήσι) ήταν υπολείμματα κατακρημνίσεως της οροφής ηφαιστειακού εγκοίλου, μετά την εκκένωση του κατά τη Μινωική έκρηξη το έγκοιλο ήταν κάτω από το κέντρο περίπου μιας ενιαίας νήσου, κατά το μάλλον ήττον στρογγύλης. Η νήσος είχε σχηματισθεί από στερεά αναβλήματα παλαιότερων εκρήξεων από επτά ηφαιστειακά κέντρα. Τα αναβλήματα αυτά διέδρυναν το μικρό προηφαιστειακό νησί, που είχε σχηματισθεί κατά την καταβύθιση της Αιγηίδας στο τέλος της Νεογενούς περιόδου, πριν από 2 εκατομμύρια έτη περίπου. Το νησί αυτό από ημιμάμρα και φυλλίτες, υπόλειμμα κατακρημνίσεως της

κρυσταλλοσχιστώδους μάζας του νότιου Αιγαίου, βρισκόταν στο νοτιοανατολικό μέρος της Θήρας, όπου σήμερα υψώνεται το βουνό Προφήτης Ηλίας.

ΤΑ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Η παλαιότερη ηφαιστειακή δραστηριότητα στον ήδη διαμορφωμένο γεωλογικά χώρο εκδηλώνεται περίπου πριν 36 εκατομμύρια χρόνια (Ma) στην Ανατολική Μακεδονία και Θράκη και σταδιακά μεταναστεύει στο νότιο Αιγαίο, όπου είναι ενεργή σήμερα. Στον χερσαίο χώρο της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης η χρονολόγηση των ηφαιστειακών προϊόντων με ραδιοϊσότοπα (ραδιοχρονολογήσεις) δίνει ηλικίες από 35 έως 23,6 Ma, ενώ στη Σαμοθράκη καταγράφονται ηλικίες έως 19 Ma.

Στα νησιά του Βόρειου Αιγαίου (Λήμνος, Αγ. Ευστράτιος, Λέσβος) έντονη ηφαιστειακή δράση εκδηλώνεται μεταξύ 23,2 και 16,2 Ma, α νεότερα προϊόντα και πάλι στο νοτιότερο τμήμα, τη Λέσβο. Στην περιοχή της Εύβοιας (Οξύλιθος) και των νησιών του κεντρικού Αιγαίου (Σκύρος, Ψαρά, Χίος) εκδηλώνεται μικρής έκτασης ηφαιστειακή δράση μεταξύ 17,7 και 13,2 Ma. Μεταξύ 13,2 και 10,7 Ma δεν έχει καταγραφεί έως σήμερα κάποια ηφαιστειακή δράση στον Ελλαδικό χώρο. Στα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου (Καλόγεροι, Σάμος, Πάτμος και Κως) εκδηλώνεται ηφαιστειακή δράση φτάνει έως τα 3,5 Ma.

Στο Πλειο-Τεταρτογενές (από 6 Ma έως σήμερα) εκδηλώνεται έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στον ελλαδικό χώρο και διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες: Η πρώτη, μια διάσταση ηφαιστειότητα, που εστιάζεται στον ορεινό όγκο του Βόρα και τις ακτές του Παγασητικού, έχει ηλικία μεταξύ 6 και 0,5 Ma. Η δεύτερη και σημαντικότερη εστιάζεται στο ενεργό ηφαιστειακό τόξο του νοτίου Αιγαίου, από το Σουσακι έως τη Νίσυρο.

Η αφρικάνικη λιθοσφαιρική πλάκα η οποία βυθίζεται κάτω από την περιοχή του Αιγαίου αρχίζοντας νότιας της Κρήτης, στο ύψος των νοτίων Κυκλάδων, φτάνει σε βάθη 120-150 χιλιομέτρων. Εκεί προκαλεί τήξη των πετρωμάτων του μανδύα και παράγει μεγάλες ποσότητες μάγματος. Το μάγμα αυτό ανέρχεται σιγά-σιγά κατά μήκος των μεγάλων ρωγμών του καταρκεματισμένου φλοιού του Αιγαίου αναζητώντας διέξοδο για να εκτονωθεί. Οι διέξοδοι που βρέθηκαν στο νότιο Αιγαίο ήταν τέσσερις: Η πρώτη εντοπίζεται στο Σαρωνικό: εδώ οικοδομήθηκαν μικρά ηφαίστεια στο Σουσακι και τον Πόρο και δημιουργήθηκε η νότια Αίγινα, σε ένα διάστημα μεταξύ πέντε και δύο εκατομμύρια ετών πριν από την εποχή μας. Πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια ήπια ηφαιστειακή δράση άρχισε να οικοδομεί τη χερσόνησο των Μεθάνων και την ολοκλήρωσε το 230 π.Χ. με το τελευταίο τμήμα γης που πρόσθεσε στην Καμένη Χώρα.

Η δεύτερη μεγάλη διέξοδος για το μάγμα βρέθηκε στη Μήλο. Οι Ανάνες, η Κίμωλος, η Πολύαιγος, η Αντίμηλος και η ίδια η Μήλος είναι μεγάλα ηφαίστεια που άρχισαν να οικοδομούνται πριν τρία χρόνια και ολοκληρώθηκαν με τη μεγάλη έκρηξη της Φυριπλάκας στη Μήλο, πριν 90.000 χρόνια. Η Μήλος είναι σήμερα ένα τεράστιο καζάνι με υπέρθερμο ρευστό στα σπλάχνα της. Μικρές

διαρροές από τον ατμό και λίγα ηφαιστειακά αέρια παρατηρούνται στις ατμίδες και τις θερμές πηγές που βρίσκονται στο νησί. Όταν μάλιστα κάποιος σεισμός ανοίξει απότομα τη δίοδο στο γεωθερμικό ρευστό, μπορούν να προκληθούν υδροθερμικές εκρήξεις. Αυτές τινάζουν θερμό ρευστό, λάσπη και τα πετρώματα που βρίσκονται γύρω από τη δίοδο δημιουργώντας μικρούς κρατήρες. Τέτοιοι κρατήρες υπάρχουν πολλοί στη Μήλο. Τον 1ο ή 2ο αιώνα μ.Χ. είχαμε την τελευταία υδροθερμική έκρηξη στο νησί, στην περιοχή της Αγίας Κυριακής.

Η Τρίτη διέξοδος βρέθηκε στη Σαντορίνη. Πριν δυο εκατομμύρια χρόνια περίπου άρχισε η ηφαιστειακή δράση που οικοδόμησε ένα μεγάλο ηφαίστειο στα Χριστιανά και μικρά υποθαλάσσια ηφαιστειακά κέντρα στο χώρο της νότιας Θήρας που αργότερα αναδύθηκαν και είναι οι σημερινοί λόφοι από το χωριό Ακρωτήρι έως τον Φάρο. Το ηφαίστειο στη συνέχεια μετατοπίζει τη δράση του βορειότερα, στην περιοχή μεταξύ Θηρεσίας και βόρειας Θήρας. Εκεί οικοδομεί ένα μεγάλο ασπιδομόρφο ηφαίστειο μεταξύ 500 και 400.000ετών π.Χ.. Αυτή είναι η εποχή που αρχίζουν οι μεγάλες εκρήξεις στη Σαντορίνη. Περίπου κάθε 20.000 χρόνια εκδηλώνεται ένα τεράστιο εκρηκτικό γεγονός που τινάζει δισεκατομμύρια τόνους ηφαιστειακής τέφρας στον αέρα. Αυτός ο κύκλος καταστροφής και ανοικοδόμησης του ηφαιστείου επαναλήφθηκε στη Σαντορίνη 12 φορές τα τελευταία 400.000 χρόνια. Η τελευταία από τις μεγάλες εκρήξεις εκδηλώνεται περίπου το 1.630 π.Χ., την εποχή που το νησί ακμάζει μια κοινωνία με λαμπρό πολιτισμό όμοιο με αυτόν της Μινωικής Κρήτης. Συνολικά, μέσα σε λίγες ημέρες (4-6) τινάχθηκαν στον αέρα 90 δισεκατομμύρια τόνοι λιωμένο πέτρωμα (περίπου 39 κυβικά χιλιόμετρα μάγματος) και δημιουργήθηκε η σημερινή καлдέρα. Μετά την έκρηξη του 1630 π.Χ., το ηφαίστειο συνεχίζει τη δράση του και οικοδομεί την Παλαιά και Νέα Καμένη. Από το 1.600 π.Χ. ως το 197 π.Χ. εκδηλώνεται περιοδικά πλήθος εκχύσεις που δομούν ένα μεγάλο υποθαλάσσιο ηφαιστειακό βουνό, κορυφές του οποίου είναι οι Καμένες. Η πρώτη χερσαία δράση καταγράφεται το 197 π.Χ. Από τότε έως σήμερα έχουν καταγραφεί 8 ακόμη εκρήξεις, στα έτη: 46-47 μ.Χ., 726, 1570-1573, 1707-1711, 1866-1870, 1925-1928, 1939-1941 και, τέλος, 1950. Αυτές οικοδόμησαν τις Καμένες τη νεότερη χέρσο της ανατολικής Μεσογείου. Όλες αυτές οι εκρήξεις ήταν ήπιες και δεν δημιουργούσαν σοβαρά προβλήματα στους κατοίκους του νησιού. Έξω από την καлдέρα, εκδηλώνεται μια μεγάλη έκρηξη 8 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της Θήρας, το 1650, που οικοδομεί το υποθαλάσσιο ηφαίστειο του Κολούμπου. Η έκρηξη αυτή είναι η μεγαλύτερη της προηγούμενης χιλιετίας για την ανατολική Μεσόγειο, και κόστισε τη ζωή σε 70 Σαντορινιούς.

Η τέταρτη μεγάλη διέξοδος για το μάγμα του Αιγαίου βρέθηκε στην Κω και τη Νίσυρο. Πριν 2.5 εκατομμύρια χρόνια η ηφαιστειακή δράση άρχισε να προσθέτει νέα ηφαιστειακή γη στη νότια Κω και να δημιουργεί μικρά νησάκια νοτιά της, όπως η Περγούσα και η Παχιά.. Μια τεράστια έκρηξη κλείνει την ηφαιστειότητα στην Κω, πριν 16.000 χρόνια. Είναι η μεγαλύτερη έκρηξη που έγινε στην Ανατολική Μεσόγειο. Τίναξε στον αέρα εκατοντάδες δισεκατομμύρια τόνους πέτρωμα που απλώθηκε σαν ηφαιστειακή τέφρα σε όλη την περιοχή και σήμερα καλύπτει τη μισή Κω, ενώ την βρίσκουμε στην Κάλυμνο, την Τήλο και τα εγγύς παράλια της Μικράς Ασίας. Μετά από αυτό το γεγονός, οι εκρήξεις συνεχίζονται νοτιότερα και οικοδομούν τη Στρογγυλή, τη

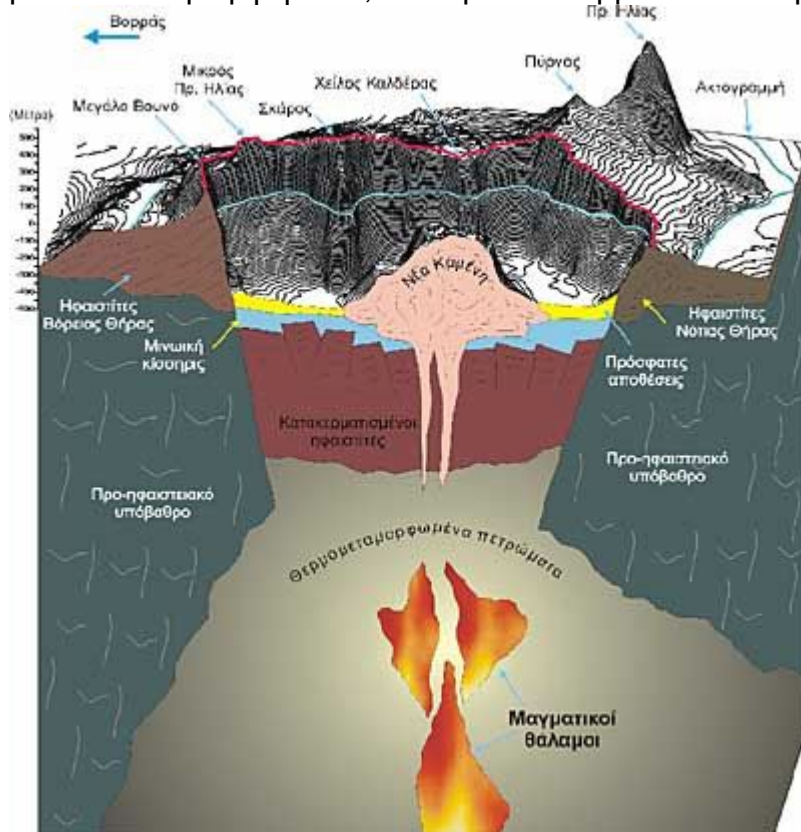
Νίσυρο, το Γυαλί. Οι τελευταίες μεγάλες εκρήξεις της Νισύρου, πριν 30.000-35.000 χρόνια, δημιούργησαν μια εντυπωσιακή καλδέρα στο κέντρο του νησιού. Πλήθος υδροθερμικές εκρήξεις, τροφοδοτούμενες από τα υπέρθερμα ρευστά που κλείνει στα σπλάχνα του το ηφαίστειο της Νισύρου, στόλισαν με μικρούς και μεγάλους κρατήρες τον πυθμένα αυτής της καλδέρας τα τελευταία 5.000-6.000 χρόνια. Οι πλέον πρόσφατες εκδηλώθηκαν το 1871-73 και το 1887, δημιουργώντας τους κρατήρες του Αλέξανδρου και του μικρού Πολυβότη. Οι διαφυγές των θερμών αερίων από τους υδροθερμικούς κρατήρες είναι πολύ εντυπωσιακές, καθώς η απόθεση όμορφων κρυστάλλων θείου συνοδεύεται από τον ήχο του χοχλάζοντος θερμού ρευστού και την έντονη οσμή του υδρόθειου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ

Η Σαντορίνη δεν είναι όλη, και δεν ήταν πάντα ηφαιστειο! Πέντε εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα, η Αιγηίδα γη, η χέρσος Αλπική οροσειρά που καταλάμβανε το χώρο του σημερινού Αιγαίου, άρχισε να κατακερματίζεται και να βυθίζεται στα νερά μιας πανέμορφης γαλάζιας θάλασσας. Τα μεγάλα ρεύματα θερμού υλικού, που κινούνται προς νοτιοδυτική κατεύθυνση βαθιά στο μανδύα, καθώς και τα ανοδικά θερμά ρεύματα που προκαλούνται από την υποβυθιζόμενη Αφρικανική λιθόσφαιρα, άρχισαν να λεπταίνουν και να βυθίζουν μεγάλα τμήματα του ηπειρωτικού φλοιού του Αιγαίου.

Την εποχή εκείνη, η Σαντορίνη ήταν ένα μικρό νησάκι, με διάμετρο περίπου 6 χιλιομέτρων, που ξεπρόβαλε μερικές εκατοντάδες μέτρα πάνω από τα κύματα του Αιγαίου, στη θέση της νότιο-ανατολικής Θήρας. Το αποτελούσαν ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι, τα πετρώματα που βλέπουμε σήμερα στο βουνό του Προφήτη Ηλία, το λόφο του Γαβριίου και τα γκρεμνά του Αθηνίου.



(Εικόνα 8)

Πετρώματα μεγάλης ηλικίας (μεγαλύτερης των 100 εκατομμυρίων ετών), ίδια με αυτά που συναντάμε στα γειτονικά Κυκλαδονήσια.

Την ίδια εποχή, στρατεύονται στον αγώνα της ξηράς εναντίον της θάλασσας τα ηφαιστεια. Το μάγμα που γεννιέται κάτω από το νότιο Αιγαίο, λόγω της υποβύθισης της Αφρικανικής λιθόσφαιρας, βρίσκει διεξόδους στον κόλπο του Σαρωνικού, όπου οικοδομεί το μεγαλύτερο μέρος της Αίγινας και τη χερσόνησο των Μεθάνων, στο κεντρικό Αιγαίο όπου οικοδομεί τα νησιωτικά

συμπλέγματα της Μήλου και Σαντορίνης, και τέλος, στο ανατολικό Αιγαίο όπου δημιουργεί τη Νίσυρο με τις πέριξ αυτής νησίδες και μέρος της δυτικής Κω.

Η πρώτη ηφαιστειακή δραστηριότητα εκδηλώνεται στην ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης πριν 2,5 εκατομμύρια χρόνια περίπου, νοτιοδυτικά της Σαντορίνης και δημιουργεί ένα μεγάλο ηφαιστειακό οικοδόμημα, στην περιοχή που βρίσκουμε σήμερα τις νησίδες των Χριστιανών.

Στη στενή περιοχή του νησιωτικού συμπλέγματος της Σαντορίνη, το μάγμα αναβλύζει για πρώτη φορά τα έγκατα της γης πριν περίπου 1 εκατομμύριο χρόνια. Τη θέση των ηφαιστειών του χώρου της Σαντορίνης, την ελέγχει μια βαθιά τεκτονική γραμμή, ένα μεγάλο ρήγμα στο φλοιό της γης, το οποίο ξεκινά από Χριστιανά και καταλήγει στην Αμοργό. Αυτή είναι η κύρια δίοδος, η οποία επιτρέπει στο μάγμα να ανέλθει από τα μεγάλα βάθη που δημιουργείται και να φτάσει στην επιφάνεια. Το ρήγμα αυτό παραμένει ενεργό μέχρι σήμερα και είναι εκείνο το οποίο έδωσε το μεγαλύτερο μικρού βάθους σεισμό του περασμένου αιώνα στο Αιγαίο, το σεισμό του 1956 που κατέστρεψε το μεγάλο μέρος των οικισμών της Σαντορίνης.

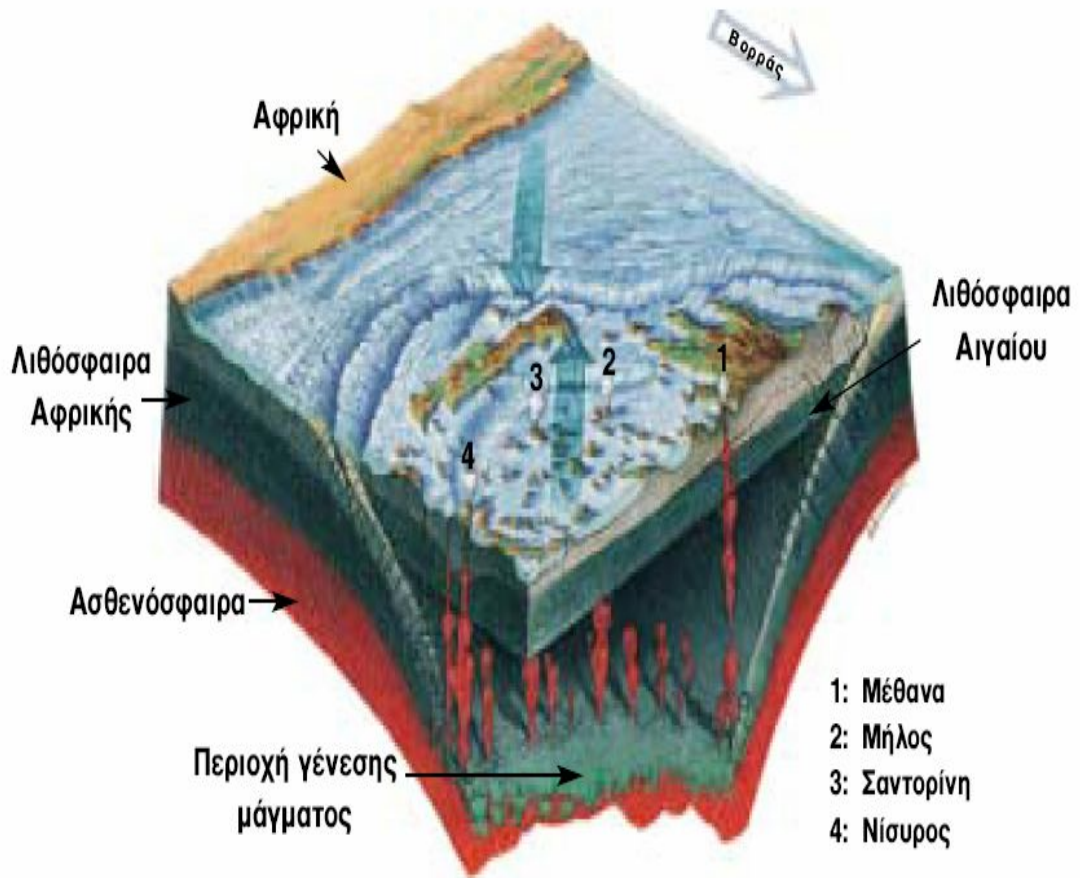
Τα παλαιότερα ηφαιστειακά κέντρα εντοπίζονται στη νοτιοδυτική Θήρα, στην περιοχή του Ακρωτηρίου. Την εποχή αυτή, μόλις που χέρσευε η κορυφή του Προφήτη Ηλία, και τα πρώτα ηφαιστειακά προϊόντα αποτίθενται σε μια θάλασσα βάθους 200-300 μέτρων. Με τη συσσώρευση των ηφαιστιτών και τη θερμική αναθόλωση της περιοχής, φτάνουν τα ηφαιστειακά κέντρα να χερσεύουν και να σχηματίζουν τους σημερινούς λόφους του Ακρωτηρίου, από το Φάρο ως τον Αρχάγγελο.

Το ηφαίστειο ξαποσταίνει για κάμποσες χιλιάδες χρόνια και ξαναρχίζει τη δράση του μετατοπίζοντάς τη βορειότερα, στην περιοχή μεταξύ Θηρασίας και βόρειας Θήρας. Εκεί οικοδομεί ένα μεγάλο ασπιδόμορφο ηφαίστειο μεταξύ 530.000 και 430.000 ετών πριν και σήμερα, το **ηφαίστειο του Περιστεριού**. Το ύψος του δεν ξεπερνούσε τα 400 μέτρα και το υψηλότερο σημείο που εμφανίζονται σήμερα οι λάβες του είναι ο Μικρός Προφήτης. Η κορυφή του βρισκόταν λίγες εκατοντάδες μέτρα δυτικότερα από τη σημερινή κορυφή του Μικρού Προφήτη. Παράλληλα με τη δράση του μεγάλου αυτού ηφαιστείου, δραστηριοποιούνται και μικρά ηφαιστειακά κέντρα νοτιότερα από αυτό, γύρω από το τότε νησί του Ακρωτηρίου, ο Μπάλος, η Κόκκινη παραλία και η Κοκκινόπετρα.

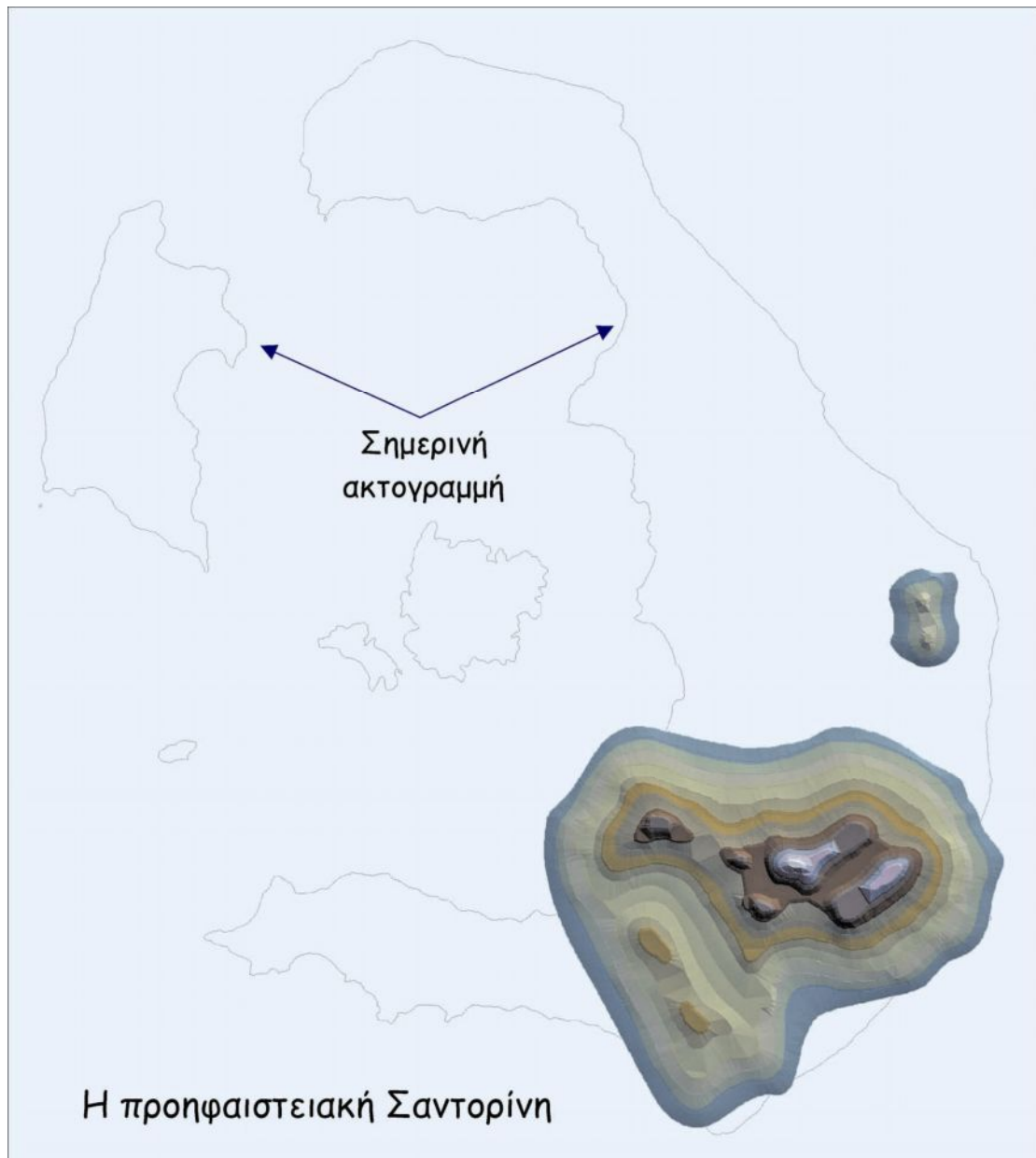
Αυτή είναι η εποχή που αρχίζουν οι μεγάλες εκρήξεις στη Σαντορίνη. Περίπου κάθε 20.000 χρόνια εκδηλώνεται μια τεράστια έκρηξη που τινάζει δισεκατομμύρια τόνους ηφαιστειακής τέφρας στον αέρα. Μικρό μόνο μέρος από το υλικό αποτίθεται στη Σαντορίνη, δημιουργώντας τα αλληπάλληλα στρώματα τέφρας που καλύπτουν όλη την περιοχή και οικοδομούν μεγάλο μέρος της. Ο κυριότερος όγκος στάχτης καταλήγει στη βαθιά θάλασσα ενώ η λεπτότερη τινάζεται δεκάδες χιλιόμετρα ψηλά και ταξιδεύει σε όλο το πλανήτη. Ορίζοντες λεπτής στάχτης από αυτές τις εκρήξεις έχουν βρεθεί σε ιζήματα της μεσογείου.



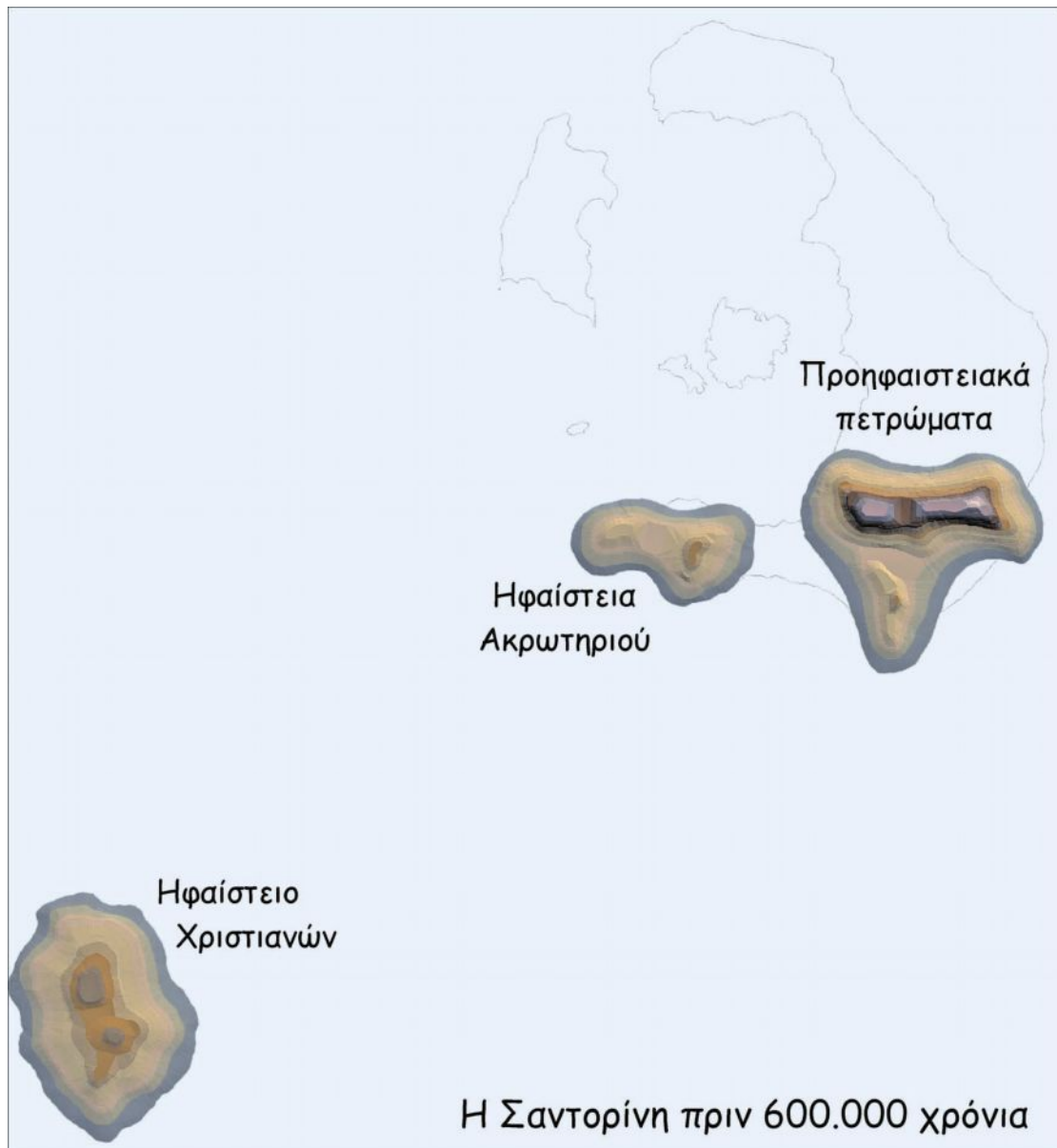
(Εικόνα 9) Ο λόφος του προφήτη Ηλία υπήρχε πολύ πριν τα ηφαίστεια της Σαντορίνης αρχίσουν τις εκρήξεις τους.



(Εικόνα 10) Η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών και η θέση των ενεργών ηφαιστείων του Αιγαίου.



(Εικόνα 11) Σχηματική τρισδιάστατη αναπαράσταση της προηφαιστειακής Σαντορίνης.



(Εικόνα 12) Σχηματική τρισδιάστατη αναπαράσταση των ηφαιστείων των Χριστιανών και του Ακρωτηριού(νοτιοδυτική Θήρα).

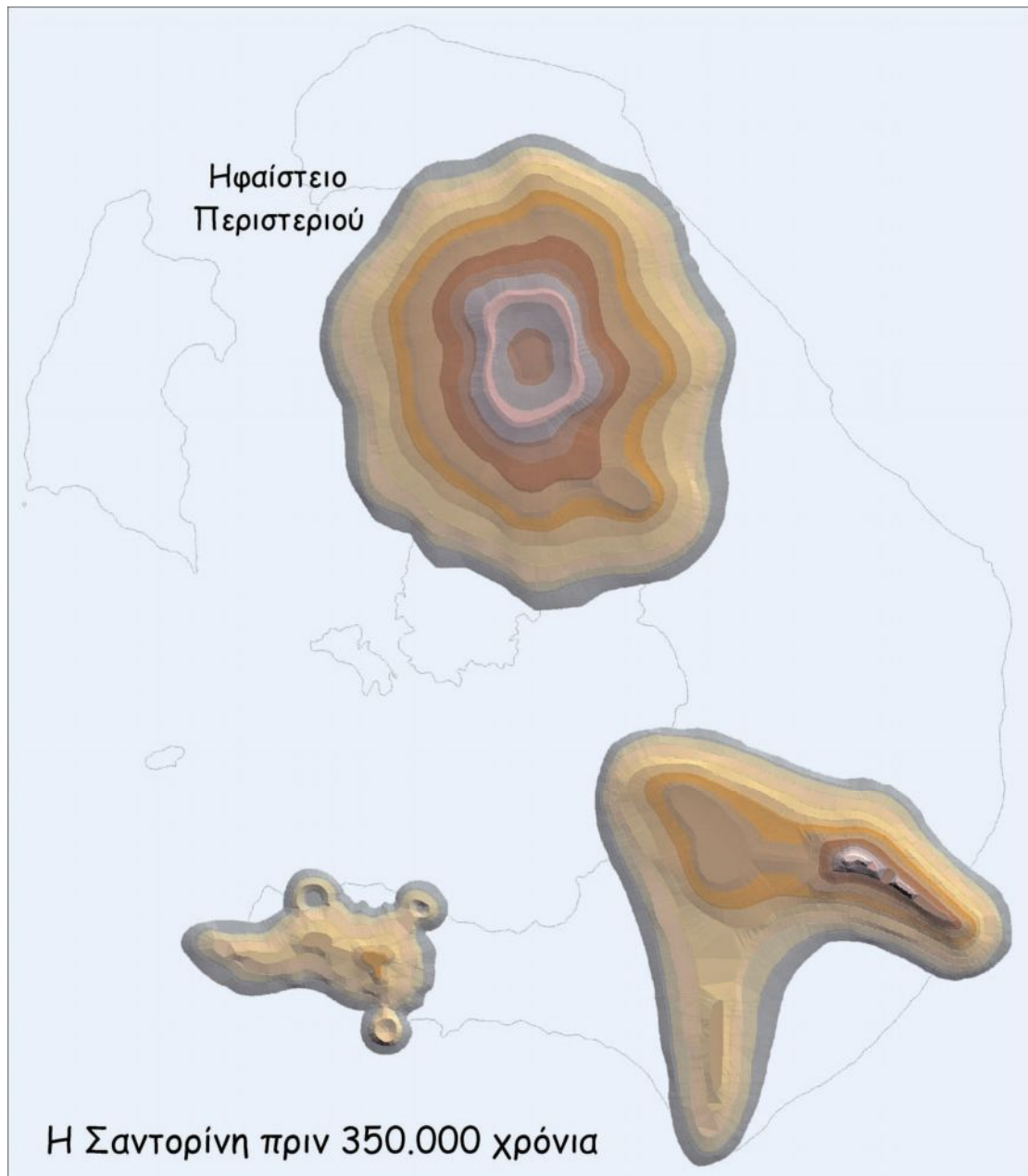
Η καταστροφικότερη δράση αυτών των εκρήξεων είναι η κατακρήμνιση του προϋπάρχοντος ηφαιστείου και η δημιουργία καλδέρας. Καθώς δεκάδες κυβικά χιλιόμετρα λιωμένο πέτρωμα έχουν τιναχθεί στον αέρα, αδειάζει η περιοχή στην οποία ήταν αποθηκευμένο το μάγμα και τα πετρώματα που βρίσκονται πάνω από αυτήν, κατακρημνίζονται σε βάθη αρκετών χιλιομέτρων, δημιουργώντας μια τεράστια χοάνη που αμέσως κατακλύζεται από τη θάλασσα. Μέσα στην κοιλότητα αυτή, συνεχίζει μετά την έκρηξη να αναβλύζει-ήπια πια- το μάγμα και σιγά-σιγά την πληρεί και αρχίζει να οικοδομεί ένα χερσαίο όρος, ένα νέο ηφαιστειακό οικοδόμημα.



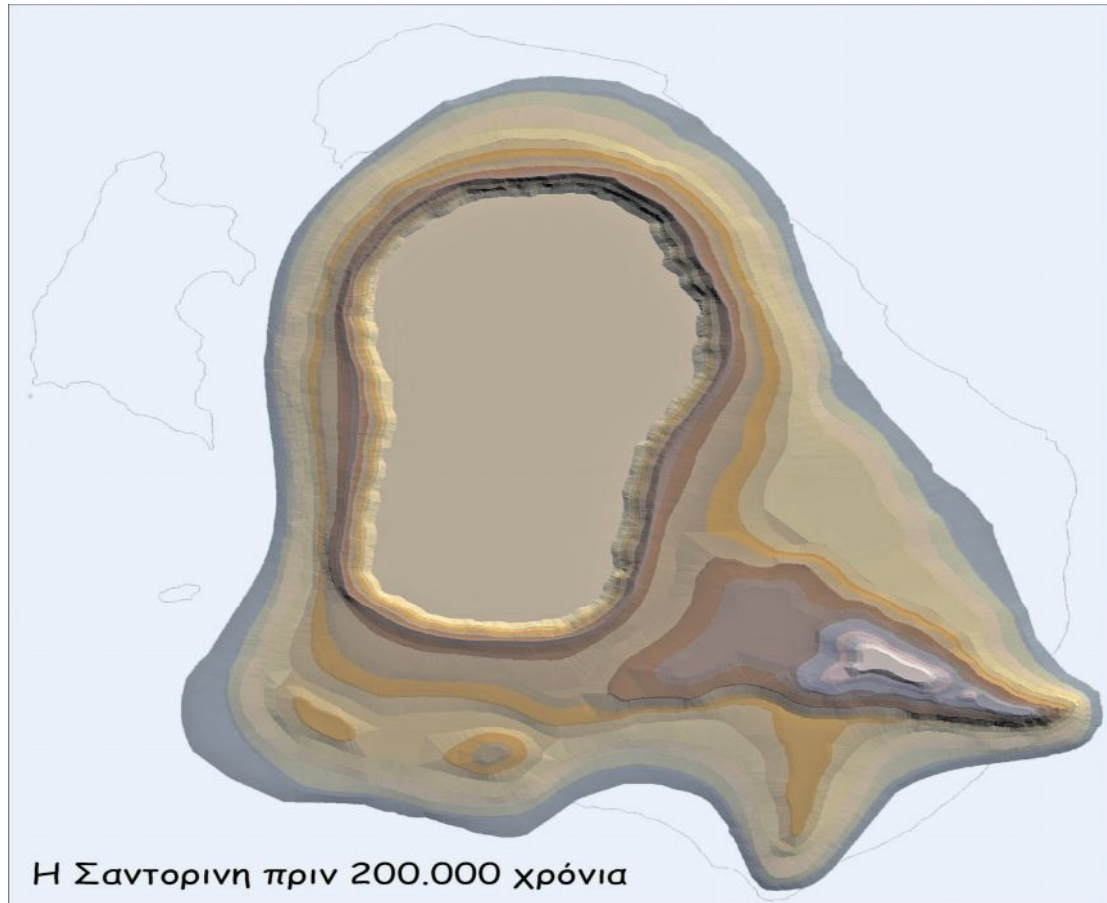
(Εικόνα 13) Η βραχονησίδα Εσχάτη ή Μέρμηγκας, το νοτιότερο χέρσο τμήμα του κατακερματισμένου ηφαιστείου των Χριστιανών.



(Εικόνα 14) Τα υπολείμματα των ηφαιστειών του Ακρωτηρίου που χερσεύουν.



(Εικόνα 15) Σχηματική τρισδιάστατη αναπαράσταση του ηφαιστείου Περιστερί.

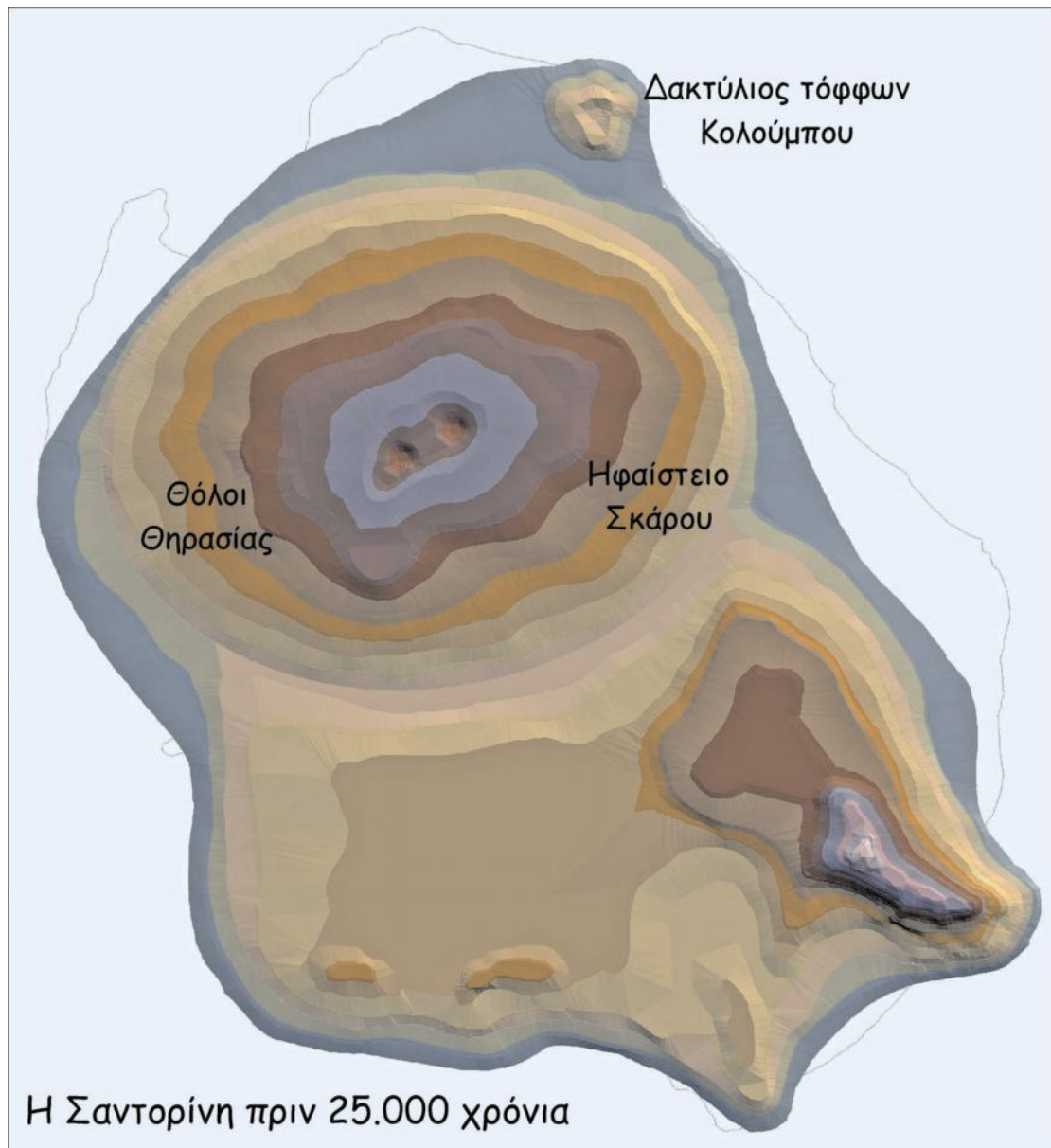


(Εικόνα 16) Σχηματική τρισδιάστατη αναπαράσταση της Σαντορίνης πριν περίπου 200.000 χρόνια, όταν στην περιοχή δέσποζε ένα μεγάλο κεντρικό καλδερικό βύθισμα.



(Εικόνα 17) Τα στρώματα τέφρας από τις μεγάλες εκρήξεις της Σαντορίνης οικοδομούν το μεγαλύτερο τμήμα της.

Αυτός ο κύκλος καταστροφής και ανοικοδόμησης του ηφαιστείου, επαναλήφθηκε στη Σαντορίνη 12 φορές τα τελευταία 400.000 χρόνια. Έτσι, ενώ τα παχιά στρώματα της τέφρας πιστοποιούν τις μεγάλες εκρήξεις, οι όγκοι των συμπαγών ηφαιστειακών βράχων που ξεπροβάλουν ανάμεσα τους είναι μάρτυρες της οικοδόμησης των ηφαιστειακών κέντρων που κατόπιν καταστρέφονται από τις εκρήξεις. Τα συμπαγή στρώματα λάβας των γκρεμνών κάτω από το Ημεροβίγλι και αυτά που αποτελούν το ανώτερο μέρος των γκρεμνών της Θηρασίας, είναι ό,τι απόμεινε από ένα μεγάλο ηφαιστειακό οικοδόμημα, το ηφαίστειο του Σκάρου, το οποίο δέσποζε στην περιοχή της κεντρικής και βόρειας Σαντορίνης πριν 40.000 με 25.000 χρόνια.



(Εικόνα 18) Σχηματική τρισδιάστατη αναπαράσταση της Σαντορίνης πριν περίπου 25.000 χρόνια.



(Εικόνα 19) Τα ρεύματα λάβας του ασπιδόμορφου ηφαιστείου του Σκάρου.

Η ΜΙΝΩΙΚΗ ΕΚΡΗΞΗ

Η τελευταία από τις μεγάλες εκρήξεις εκδηλώνεται στην περιοχή της Σαντορίνης περίπου το 1630 π.Χ., την εποχή που στο νησί ακμάζει μια κοινωνία με λαμπρό πολιτισμό –όμοιο με αυτόν της Μινωικής Κρήτης. Το νησί πάνω στο οποίο κατοικούν οι Σαντορινιοί της Ύστερης εποχής του Χαλκού ήταν ενιαίο από το Φάρο ως το Ασπρονήσι. Μια μικρή δίοδος μεταξύ Φάρου και Ασπρονησίου επέτρεπε στην θάλασσα να εισέρχεται σε μια κεντρική καλδέρα που στο κέντρο της χέρσευε η κορυφή ενός υποθαλάσσιου ηφαιστείου αντίστοιχου από τις σημερινές Καμένες. Τουλάχιστον το βόρειο τμήμα της καλδέρας ήταν αρκετά ρηχό (15-20 μέτρα βάθους) και επέτρεπε την ανάπτυξη αποικιών φαιοφυκών οι οποίες δημιουργούν ένα χαρακτηριστικό πέτρωμα που ονομάζετε στρωματόλιθος. Μεγάλες ποσότητες θραυσμάτων αυτών των στρωματόλιθων, έχουν βρεθεί μέσα στην τέφρα της Μινωικής έκρηξης. Το νότιο τμήμα της καλδέρας ήταν πιθανά βαθύτερο και προσφερόταν ως ασφαλές και ευρύχωρο λιμάνι. Στο νησί αυτό δόθηκε από τους γεωλόγους ερευνητές το όνομα της **Στρογγύλης**, την εποχή που ακόμα πίστευαν ότι επρόκειτο για έναν κλασικό ενιαίο ηφαιστειακό κώνο.

Η μινωική έκρηξη προαναγγέλλεται από μία έντονη σεισμική κρίση η οποία εκδηλώνεται αρκετούς μήνες πριν από την έναρξη της έκρηξης και καθιστά σχεδόν αδύνατη τη ζωή στο νησί. Οι κάτοικοι του νησιού εγκαταλείπουν την κατεστραμμένη πόλη και τους οικισμούς τους, μεταφέροντας νεκρούς και τραυματίες και ότι πολύτιμο είχαν. Είναι πιθανό να πρόφτασαν να εγκαταλείψουν το νησί πριν από την έκρηξη, προειδοποιημένοι από πολύ μικρές εκρήξεις που αρχίζουν να εκδηλώνονται στις τότε Καμένες. Δεν αποκλείεται όμως η έκρηξη να τους πρόλαβε πάνω στο νησί,

συγκεντρωμένους σε ανοιχτά μέρη ή κοντά στο λιμάνι καθώς προσπαθούσαν να αποπλεύσουν, όπως συνέβη στην Ηφαίστεια της Ιταλίας κατά την έκρηξη του Βεζούβιου το 79 μ.Χ., η οποία κατέστρεψε την Πομπηία και τις γύρω περιοχές.

Συνολικά μέσα σε διάστημα λίγων ημερών, τινάζονται στο αέρα 90 δισεκατομμύρια τόνοι λιωμένο πέτρωμα (περίπου 39 κυβικά χιλιόμετρα μάγματος). Η ελαφρόπετρα και η ηφαιστειακή στάχτη που παράγεται καλύπτει ολοκληρωτικά το εναπομένον νησί με ένα λευκό σάβανο πάχους δεκάδων μέτρων και δημιουργεί όλες τις επίπεδες επιφάνειες του στις βόρειες, ανατολικές-νοτιοδυτικές ακτές της Θήρας, καθώς και τις δυτικές ακτές της Θηρασίας. Η ηφαιστειακή στάχτη, ταξιδεύοντας στον αέρα προς τα ανατολικά, απλώνεται σε όλη την ανατολική μεσόγειο και τη Μικρά Ασία αποθέτοντας στρώμα στάχτης 30 εκατοστών πάχους στην Ρόδο-Κω και 15 εκατοστών σε λίμνες της Μικράς Ασίας. Η πολύ λεπτή στάχτη και τα σταγονίδια θειικού οξέος εισέρχονται στη στρατόσφαιρα (σε ύψη μεγαλύτερα των 15 χλμ.) και σκεπάζουν το πέπλο τους σε όλο τον πλανήτη. Πιθανά ίχνη τους έχουν εντοπιστεί σήμερα στους παγετώνες της Γροιλανδίας, ενώ ο "ηφαιστειακός χειμώνας" που προκάλεσαν (μείωση της μέσης γήινης θερμοκρασίας κατά 1-2 βαθμούς Κελσίου) έχει καταγραφεί στους δακτυλίους δέντρων της Ασίας και των ΗΠΑ. Η κατακρήμνιση του ηφαιστείου μέσα στην τεράστια υπόγεια σπηλιά που δημιουργείται από την εκτίναξη του λιωμένου πετρώματος, δημιουργεί τη σημερινή καλδέρα της Σαντορίνης, προκαλώντας ένα τεράστιο παλιρροϊκό κύμα (τσουνάμι) που σαρώνει τις ακτές του Αιγαίου και τα παράλια της ανατολικής Μεσογείου.

Η ηφαιστειακή τέφρα καλύπτει προσεκτικά τους οικισμούς της ύστερης εποχής του Χαλκού, που έχουν μετατραπεί σε ερείπια από τη σεισμική δράση. Έτσι τα προφυλάσσει από τη σεισμική δράση, τη διάβρωση και τη σύληση. Η αρχαιολογική σκαπάνη, αφαιρώντας σήμερα αυτή την τέφρα από τον προϊστορικό οικισμό του Ακρωτηριού, αποκαλύπτει έναν απερίγραπτο πλούτο ευρημάτων, δημιούργημα ενός λαμπρού πολιτισμού της Μινωικής Κρήτης.

Η ύπαρξη αυτών των προϊστορικών οικισμών είναι γνωστή από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα. Συστηματική όμως ανασκαφή αρχίζει το 1968, από τον αρχαιολόγο Σπύρο Μαρινάτο. Αυτός επιλέγει τη θέση του Ακρωτηριού στοχεύοντας να συλλέξει αποδεικτικά στοιχεία για την υπόθεση που έχει διατυπώσει ήδη από το 1939, ότι η κατάρρευση και καταστροφή του Μινωικού πολιτισμού οφείλεται στην έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Την εποχή εκείνη, η πλέον αξιόπιστη χρονολόγηση της έκρηξης ήταν το 1450 π.Χ., χρονολογία που συνέπιπτε με την έναρξη της κατάρρευσης του Μινωικού πολιτισμού.

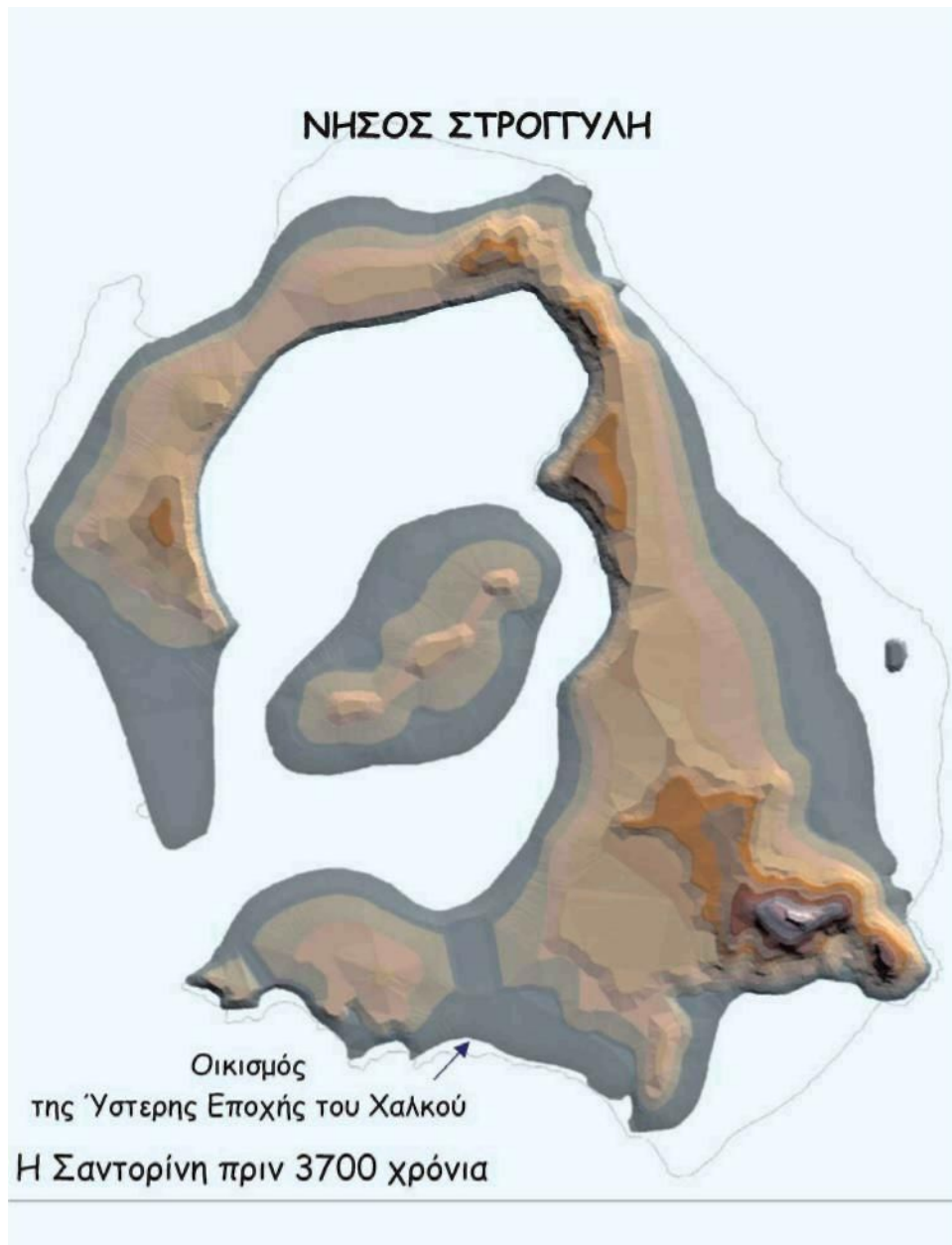
Τα στοιχεία όμως που διαθέτουμε σήμερα δείχνουν ότι η μεγάλη αυτή έκρηξη δεν ευθύνεται για κάτι τέτοιο. Η πλέον αξιόπιστη εκτίμηση του χρόνου της έκρηξης, που προκύπτει από χρονολογήσεις με ραδιενεργό άνθρακα κατάλοιπων καύσης και τροφών, με «δενδροχρονολόγηση» (δακτύλιοι δένδρων με ανώμαλη αύξηση λόγω του ηφαιστειακού χειμώνα) και με «παγοχρονολόγηση» (ίχνη της έκρηξης στους παγετώνες της Γροιλανδίας)

είναι το 1630 π.Χ., με αβεβαιότητα 2-3 δεκάδων ετών. Η χρονολόγηση αυτή αποκλείει το συσχετισμό της έκρηξης με την κατάρρευση του Μινωικού πολιτισμού.

Άλλα στοιχεία που δεν επιτρέπουν τέτοια συσχέτιση, προέρχονται από την ακτίνα δράσης και το μέγεθος των καταστροφικών φαινομένων της έκρηξης, που στο παρελθόν είχαν υπερεκτιμηθεί. Τα κύματα βαρύτητας (τσουνάμι) που σίγουρα προκλήθηκαν από την έκρηξη, προκάλεσαν μεν σοβαρές καταστροφές στα βόρεια παράλια της Κρήτης, δεν ήταν όμως δυνατόν, λόγω της μορφολογίας των ακτών, να επηρεάσουν παρά μια στενή λωρίδα γης κοντά στις ακτές. Η ηφαιστειακή σποδός που έφτασε στην Κρήτη ήταν επίσης λιγοστή. Κάλυψε μόνο το Βόρειο-Ανατολικό τμήμα του νησιού, με πάχος που δεν ξεπερνούσε τα πέντε εκατοστά. Έτσι δεν ήταν δυνατόν να δημιουργήσει σοβαρά μακροχρόνια προβλήματα ούτε στους κατοίκους ούτε στις καλλιέργειές τους. Τα στοιχεία που διαθέτουμε σήμερα από κατοικίσεις της ίδιας περιόδου στην Κω και την Ρόδο όπου η στάχτη έφτασε τα 30 εκατοστά πάχος, δείχνουν ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα συνεχίστηκε μετά την έκρηξη χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα. Τέλος, τα αποτελέσματα των ανασκαφών των τελευταίων είκοσι ετών στην Κρήτη δείχνουν ότι μετά την έκρηξη, η Μινωική κοινωνία συνέχισε να ανθεί για πολλές δεκαετίες τουλάχιστον.

Ένα άλλο πολυσυζητημένο θέμα, στο οποίο έχει εμπλακεί η Μινωική έκρηξη της Σαντορίνης, είναι αυτό το θέμα της υπόθεσης της Ατλαντίδας, και όχι χωρίς λόγο. Μελετητές του απώτερου παρελθόντος, φιλόσοφοι και κοινωνικοί ψυχολόγοι έχουν επαρκώς τεκμηριώσει ότι οι μεγάλες φυσικές καταστροφές καταγράφονται στην προϊστορική περίοδο ως μύθοι, στους οποίους προστίθενται θρησκευτικά και ιδεολογικά στοιχεία. Έτσι π.χ. οι μεγάλες κλιματικές αλλαγές και η ταχεία άνοδος της στάθμης της θάλασσας, από 135 μέτρα κάτω από τη σημερινή πριν 19000 χρόνια σε 1 μέτρο κάτω από τη σημερινή πριν 3000 χρόνια, έχει καταγραφεί στην «κοινή συλλογική μνήμη» του ανθρώπινου είδους ως ο «κατακλυσμός». Περιγράφεται δε σε αντίστοιχους μύθους δεκάδων πολιτισμών όλης της υφής όπως του Δευκαλίωνα και της Πύρας των Ελλήνων, του Νώε των Εβραίων κ.α. είναι για αυτό απορίας άξιο το ότι στην ελληνική μυθολογία δεν υπάρχει καμιά αναφορά που να παραπέμπει άμεσα στη μεγάλη έκρηξη και καταστροφή της Σαντορίνης. Υπάρχουν βέβαια πλήθος ευθεία αναφορά όπως π.χ. για τη Νίσυρο και τον Πολυβότη ή την Αίτνα και τον Τυφωέα.

Με βάση την παραπάνω λογική, μια σειρά επιστήμονες θεωρούν ότι η υπόθεση της Ατλαντίδας του Πλάτωνα πλάθεται με έναυσμα την κοινή συλλογική μνήμη για την καταστροφή της Σαντορίνης και του πολιτισμού της από την Μινωική έκρηξη. Ο σεισμολόγος Άγγελος Γαλανόπουλος, με ένα περίφημο άρθρο του το 1960, παραθέτει μια σειρά ισχυρά επιχειρήματα για την ταύτιση της Ατλαντίδας με τη Σαντορίνη. Έκτοτε, η υπόθεση αυτή καθίσταται από τις πλέον ισχυρότερες. Μέχρι σήμερα, η Σαντορίνη και ευρύτερα ο χώρος του Νότιου Αιγαίου, θεωρείται από αυτούς που αντιμετωπίζουν την υπόθεση της Ατλαντίδας ως επιστημονικά πιθανή ένας από τους πλέον πιθανούς χώρους ύπαρξής της.



(Εικόνα 20) Η μορφολογία της Θήρας πριν από τη μινωική έκρηξη. Η διάστικτη γαλάζια καμπύλη προβάλλει τη θέση της σημερινής ακτογραμμής. Το βέλος υποδεικνύει τη θέση του προϊστορικού οικισμού.



(Εικόνα 21) Στρωματόλιθος, πέτρωμα που δημιουργήθηκε πριν 17000 χρόνια από τις αποικίες φαιοφυκών στα ρηχά νερά της προ-Μινωικής καλδέρας.



(Εικόνα 22) Κλίμακα οικίας του οικισμού της Ύστερης Εποχής του Χαλκού στο Ακρωτήρι, κατακερματισμένη από τους φοβερούς σεισμούς που προηγήθηκαν της "Μινωικής" έκρηξης.



(Εικόνα 23) Η Μινωική έκρηξη ήταν τουλάχιστον τριπλάσιου μεγέθους από την εικονιζόμενη έκρηξη του ηφαιστείου Πινατούμπο στις Φιλιππίνες το 1991.



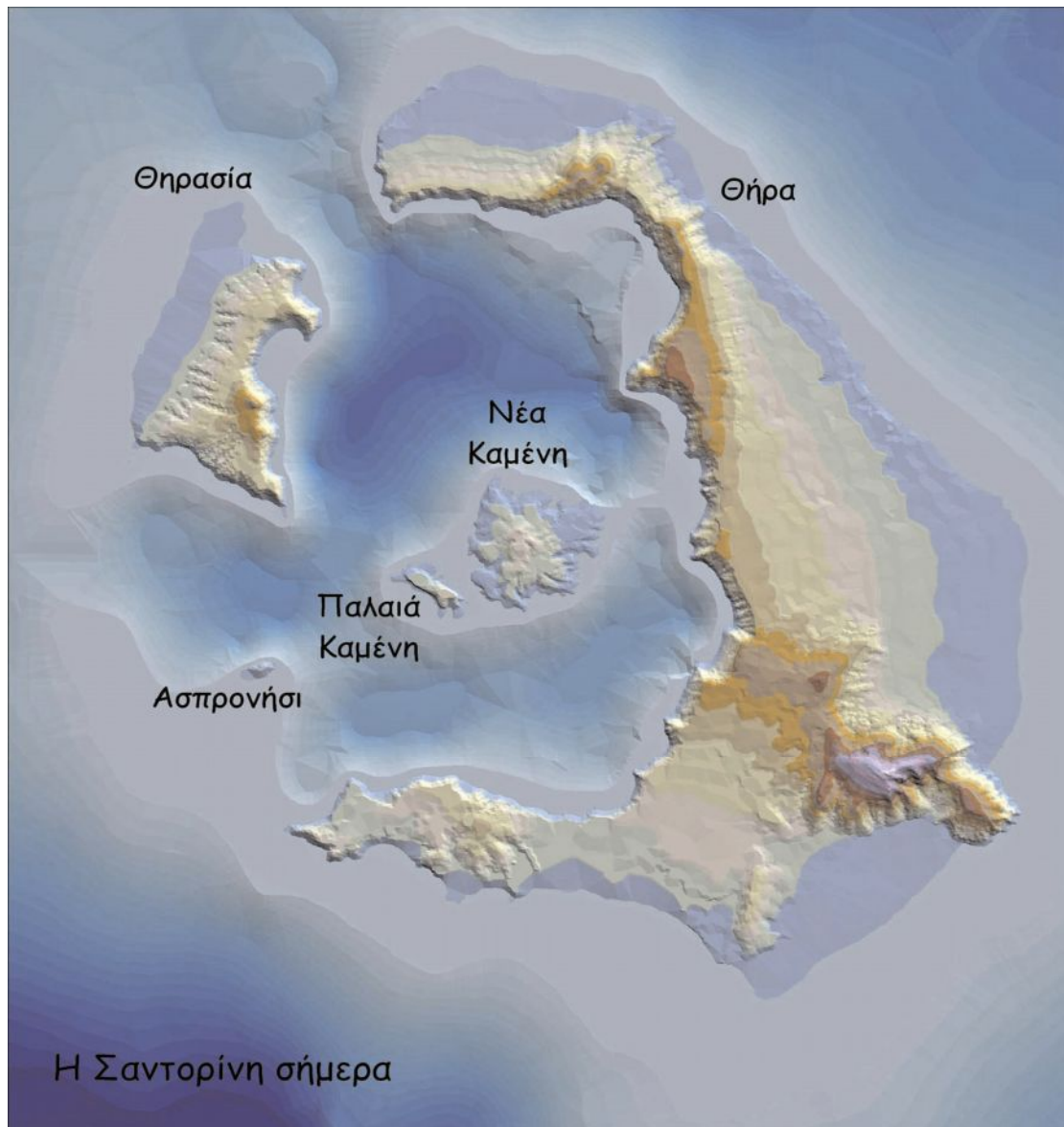
(Εικόνα 24) Δεκάδες μέτρα πάχους λευκή τέφρα της Μινωικής έκρηξης κάλυψαν όλη τη Σαντορίνη. Ο καφές ορίζοντας κάτω από αυτήν είναι το παλαιοέδαφος που καλλιεργούσαν οι τότε κάτοικοι του νησιού.



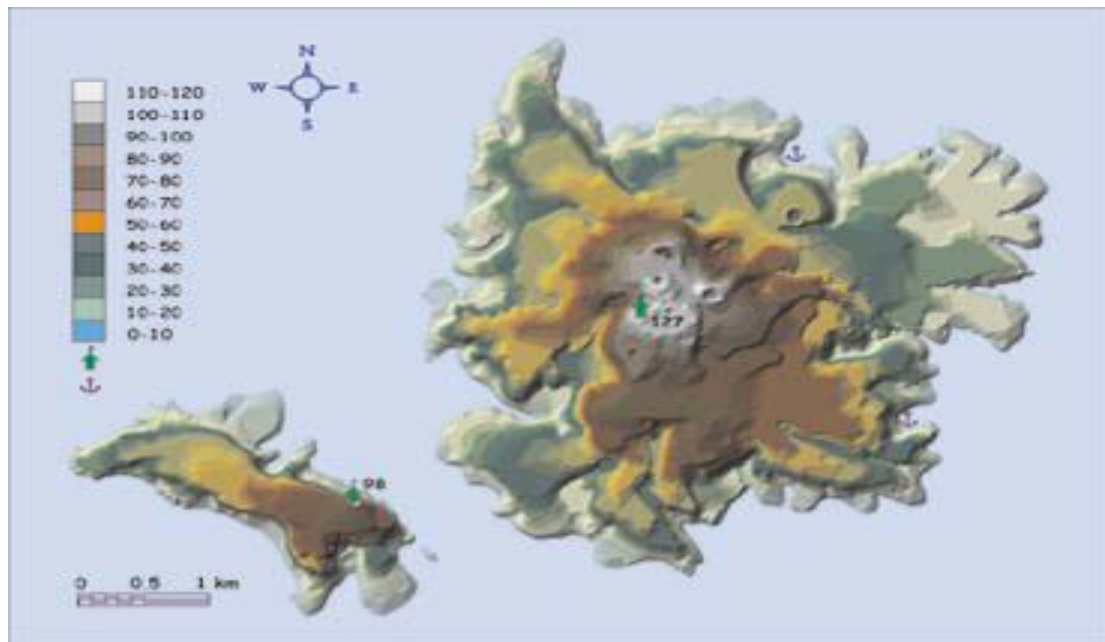
(Εικόνα 25) Οι ανατολικοί άνεμοι της στρατόσφαιρας άπλωσαν τη λεπτή στάχτη από τη Μινωική έκρηξη στο ανατολικό Αιγαίο και τη Μικρά Ασία. Η καμπύλη περικλείει τις περιοχές όπου το πάχος της στάχτης έφτασε τα 5 εκατοστά.



(Εικόνα 26) Η καλδέρα που δημιούργησε η Μινωική έκρηξη.



(Εικόνα 27) Τρισδιάστατη απεικόνιση της σημερινής Σαντορίνης.



(Εικόνα 28) Τρισδιάστατη απεικόνιση της Παλαιάς και Νέας Καμένης.

Η ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

Δύο μικρά νησάκια στο κέντρο της καλντέρας της Σαντορίνης, η Παλαιά Καμένη και η Νέα Καμένη-το "ηφαιστειο" για τους ντόπιους- είναι η νεώτερη ηφαιστειακή χέρσος της Ανατολικής Μεσογείου. Η Παλαιά Καμένη δεν έχει κλείσει ακόμη 2000 χρόνια από τη δημιουργία της, ενώ η Νέα Καμένη, άρχισε να δημιουργείται μόλις πριν από 435 χρόνια και οι τελευταίες λάβες της έχουν ηλικία που μόλις ξεπερνά τα 55 χρόνια.

Η Παλαιά Καμένη έχει έκταση 600 στρέμματα και μέγιστο ύψος 98,5 μέτρα. Τα δύο χιλιάδες χρόνια ύπαρξής της ήταν ικανό διάστημα για να αναπτυχθεί ένα στοιχειώδες έδαφος σε ορισμένες επίπεδες περιοχές της, στις οποίες παλιότερα οι κάτοικοι της Σαντορίνης καλλιεργούσαν ζωτροφές. Σήμερα καταφέρνουν να επιβιώνουν πάνω στο νησί μερικά κασίκια, ενώ αγριοκούνελα και αγριοπερίστερα βρίσκουν ασφαλές καταφύγιο στο πλήθος των τεράστιων ρωγμών της λάβας.

Η Νέα Καμένη έχει έκταση 3400 στρέμματα και το υψηλότερο σημείο της βρίσκεται 127 μέτρα πάνω από τη θάλασσα. Το έδαφος εδώ είναι σχεδόν ανύπαρκτο. Στις περιοχές που έχει συγκεντρωθεί ικανό στρώμα ηφαιστειακής τέφρας καταφέρνει να επιβιώνει χαμηλή ποώδης βλάστηση, ο αμάραντος, παχύφυλλα φυτά και πλήθος άγρια ψυχανθή που την άνοιξη καλύπτουν την κορυφή της με ένα πολύχρωμο χαλί.

Η ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΝΗΣΙΔΩΝ

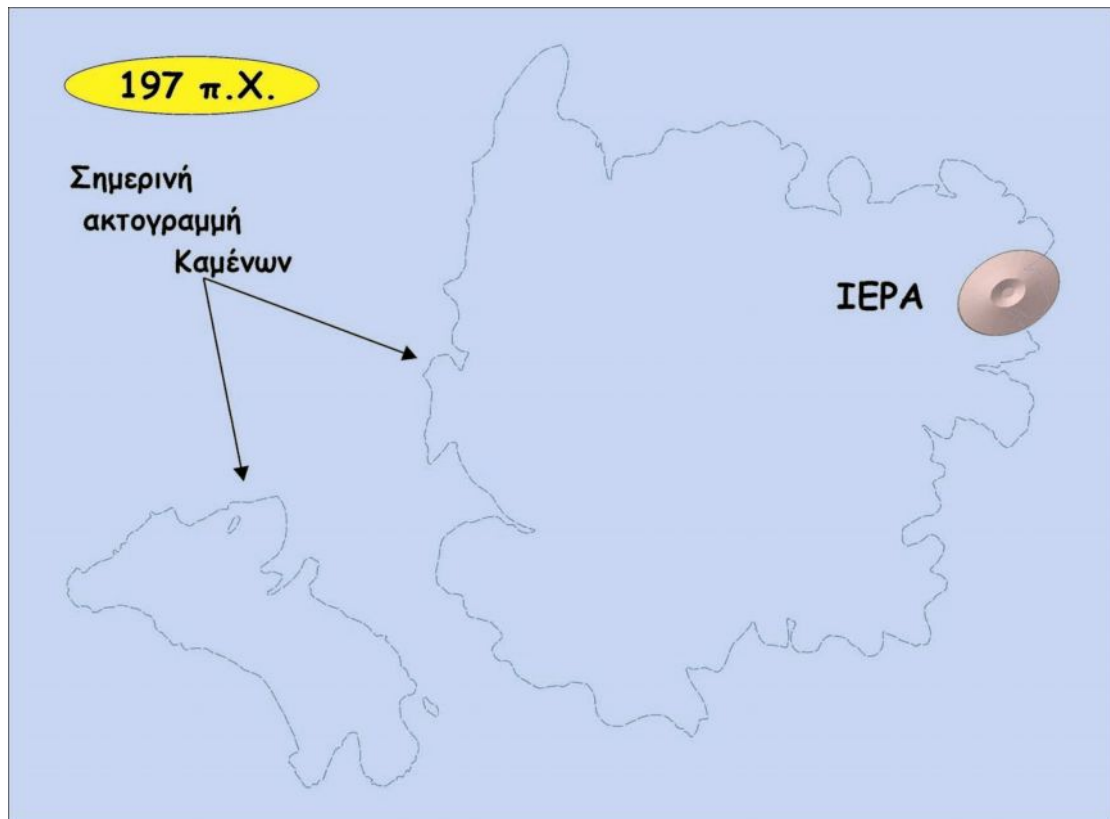
Η φοβερή "μινωική" ηφαιστειακή έκρηξη, πριν 3.600 χρόνια περίπου, κατακρήμνισε το ηφαίστειο της Στρογγύλης και δημιούργησε την τεράστια χοάνη της σημερινής καλντέρας, αφήνοντας πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ένα δαχτυλίδι από νησιά, τη Θήρα, τη Θηρασιά και το Ασπρονήσι.

Στο κέντρο της καλντέρας, λίγα χρόνια μετά τη δημιουργία της, άρχισε να αναβλύζει ξανά από τα έγκατα της γης το λιωμένο πέτρωμα: παχύρρευστο μάγμα με λίγα αέρια χύνεται στον πυθμένα της, στερεοποιείται και χτίζει σιγά-σιγά ένα υποθαλάσσιο ηφαιστειακό βουνό που αργότερα θα αποτελέσει τα θεμέλια των Καμένων. Η δραστηριότητα αυτή δεν έχει καταγραφεί από τους αρχαίους ιστορικούς και πιθανότατα δεν έγινε αντιληπτή από τους τότε κατοίκους της Σαντορίνης. Η αναφορά θα γίνει χρονικά ξεκινώντας από τη παλαιότερη έκρηξη:

Η ΠΡΩΤΗ ΧΕΡΣΑΙΑ ΕΚΡΗΞΗ 197 π.Χ.: η πρώτη καταγραφή ιστορικής χερσαίας ηφαιστειακής δραστηριότητας στη Σαντορίνη ανήκει στο Στράβωνα, ο οποίος αναφέρει τα εξής:

"ανάμεσα στη Θήρα και τη Θηρασιά φλόγες που αναπηδούσαν από το πέλαγος για τέσσερις ημέρες, έτσι ώστε να κοχλάζει και να φλέγεται η θάλασσα, εκφύσησαν σταδιακά προς τα πάνω λίγο ψηλότερα από την επιφάνεια της θάλασσας, σα να γινόταν με τρόπο μηχανικό, νησί που είχε περίμετρο δώδεκα σταδίων και που αποτελούνταν από πυρακτωμένες μάζες."

Το νησάκι αυτό, που περιέγραψε ο μεγάλος αυτός γεωγράφος και ιστορικός, ονομάστηκε Ιερά και Ρόδιοι, που την περίοδο εκείνη κυριαρχούσαν στη θάλασσα και στην περιοχή, ανέγειραν εκεί βωμό αφιερωμένο στο Ασφάλειο Ποσειδώνα. Αποτελούμενο όμως από θραύσματα λάβας και ελαφρόπετρα, διαβρώθηκε σύντομα από τα κύματα και έμεινε ως ύφαλος, γνωστός έως τα πρόσφατα χρόνια με το όνομα **"Μπάγκος"**.



(Εικόνα 29) Η έκρηξη του 197π.Χ.

Η ΠΑΛΑΙΑ ΚΑΜΕΝΗ

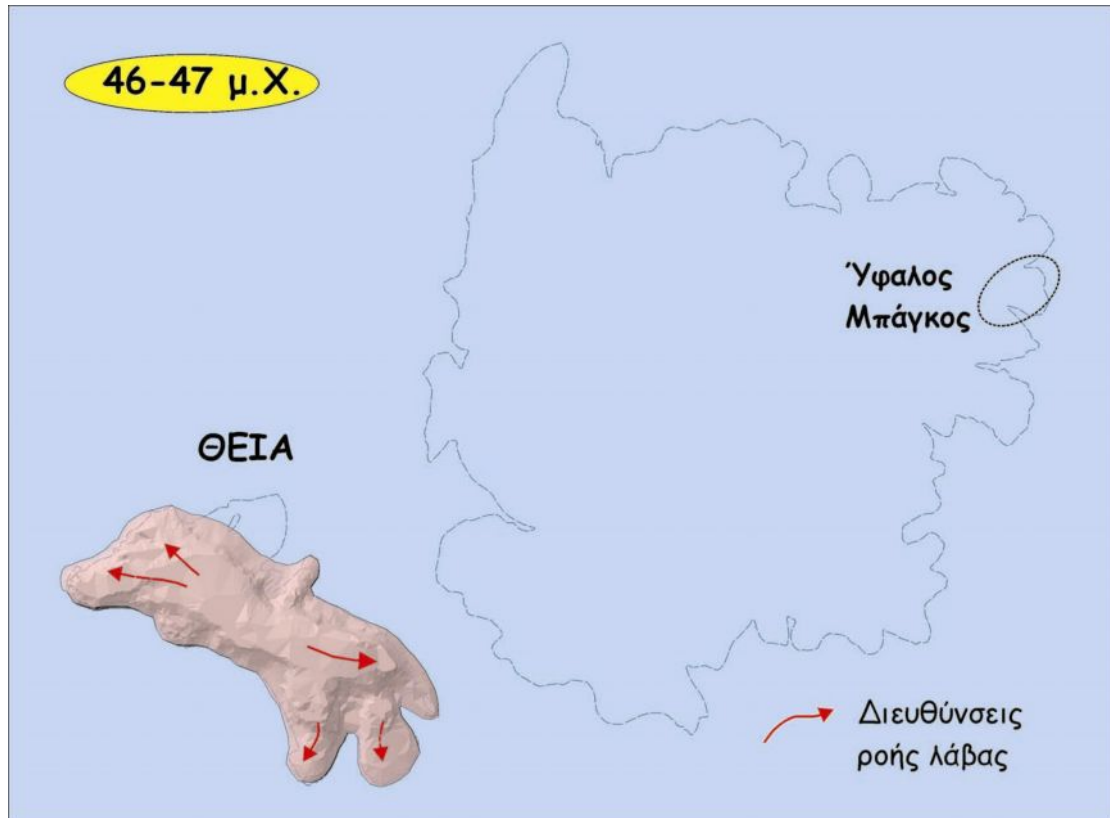
Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ 46-47 μ.Χ.: Περίπου 200 χρόνια αργότερα, στα τέλη του 46μ.Χ. και στις αρχές του 47 μ.Χ. το ηφαίστειο ξαναχτυπά.

Μεγάλες ποσότητες από το παχύρρευστο λιωμένο πέτρωμα (μάγμα) αναβλύζουν δύο χιλιόμετρα νοτιοδυτικά της Ιεράς και δημιουργούν το νησάκι της Παλαιάς Καμένης. Την εποχή εκείνη το νησί ονομάστηκε Θεία και είχε περίμετρο 5.550 μέτρα, όπως καταγράφει ο Aurelius Victor στην *Historia Romana*. Ο κατατεμαχισμός της από μεγάλες ρωγμές και ρήγματα και οι κατακρημνίσεις των ακτών στα επόμενα χρόνια της έδωσαν τη σημερινή μορφή.

Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ 726: Τους επόμενους επτά αιώνες το ηφαίστειο παραμένει σε κατάσταση ηρεμίας. Επαναδραστηριοποιείται το 726, πολύ βίαια αυτή τη φορά. Σφοδρές ηφαιστειακές εκρήξεις τινάζουν ελαφρόπετρα και ηφαιστειακή στάχτη σε αρκετά χιλιόμετρα ύψος. Αυτά διασπείρονται σε όλο το Αιγαίο και φτάνουν έως τη Μικρά Ασία, όπως καταγράφει ο Θεοφάνης:

"κατά το ίδιο έτος της όγδοης Ινδικτιώνος, εποχή καλοκαιριού, ατμός σαν από φωτιά καμινιού κόχλασε από το βυθό της θάλασσας ανάμεσα στα νήσια Θήρα και Θηρασιά για μερικές ημέρες, και σε σύντομο χρονικό διάστημα αφού αυξανόταν και απολιθώνονταν λόγω της έξαψης του φλογερού ανάμματος, όλος ο καπνός έμοιαζε με φωτιά, εξαιτίας δε του πάχους της χωματώδους ουσίας, ελαφρόπετρες μεγάλες σα λιθάρια εκτίναξε σε όλη τη Μικρά Ασία και τη Λέσβο και την Άβυδο και προς τις παραθαλάσσιες περιοχές της Μακεδονίας".

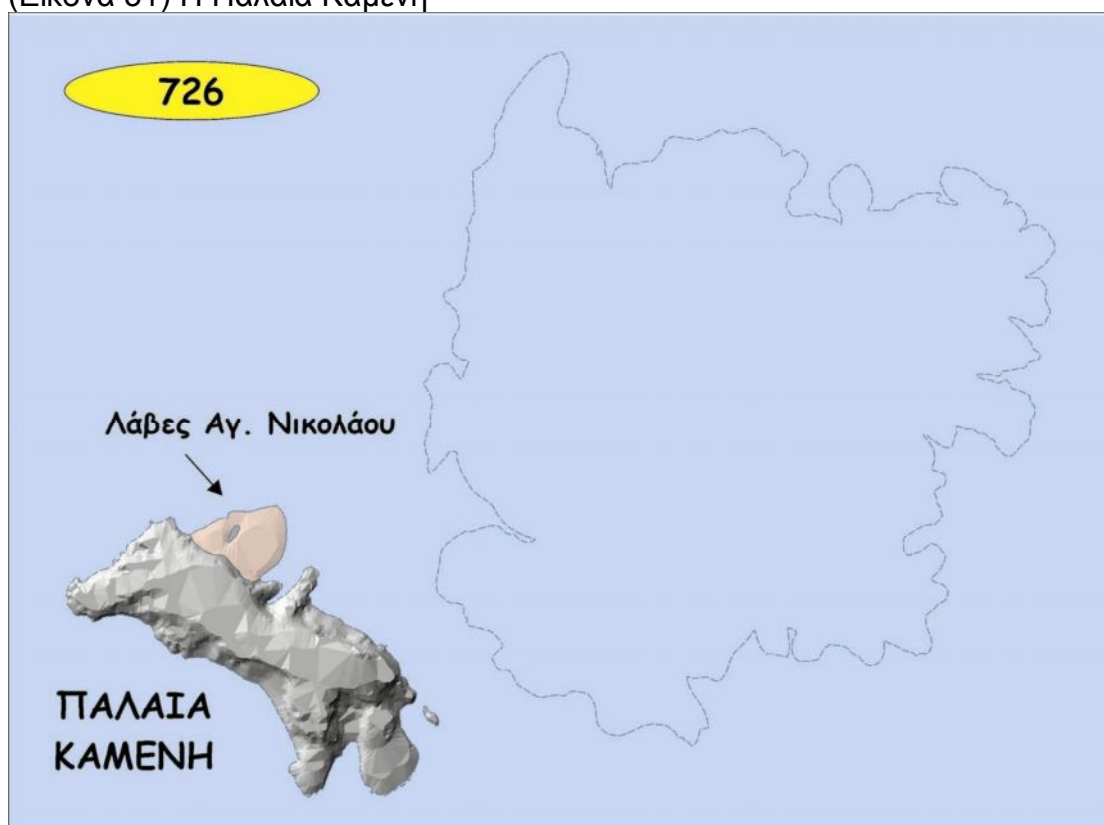
Η έκρηξη αυτή διατάραξε ποσότητες ηφαιστειακής τέφρας που εκτινάχθηκαν από αυτή την έκρηξη βρίσκονται σήμερα πάνω στην Παλαιά Καμένη. Το παχύρρευστο μάγμα που στη συνέχεια γέμισε τον κρατήρα της έκρηξης, το παρατηρούμε σήμερα σαν μια μαύρη γλώσσα λάβας με ανώμαλη σκωριώδη επιφάνεια, στις βορειοανατολικές ακτές της Παλαιάς Καμένης, βόρεια από τον όρμο του αγίου Νικολάου.



(Εικόνα 30) Η έκρηξη του 46-47μ.Χ



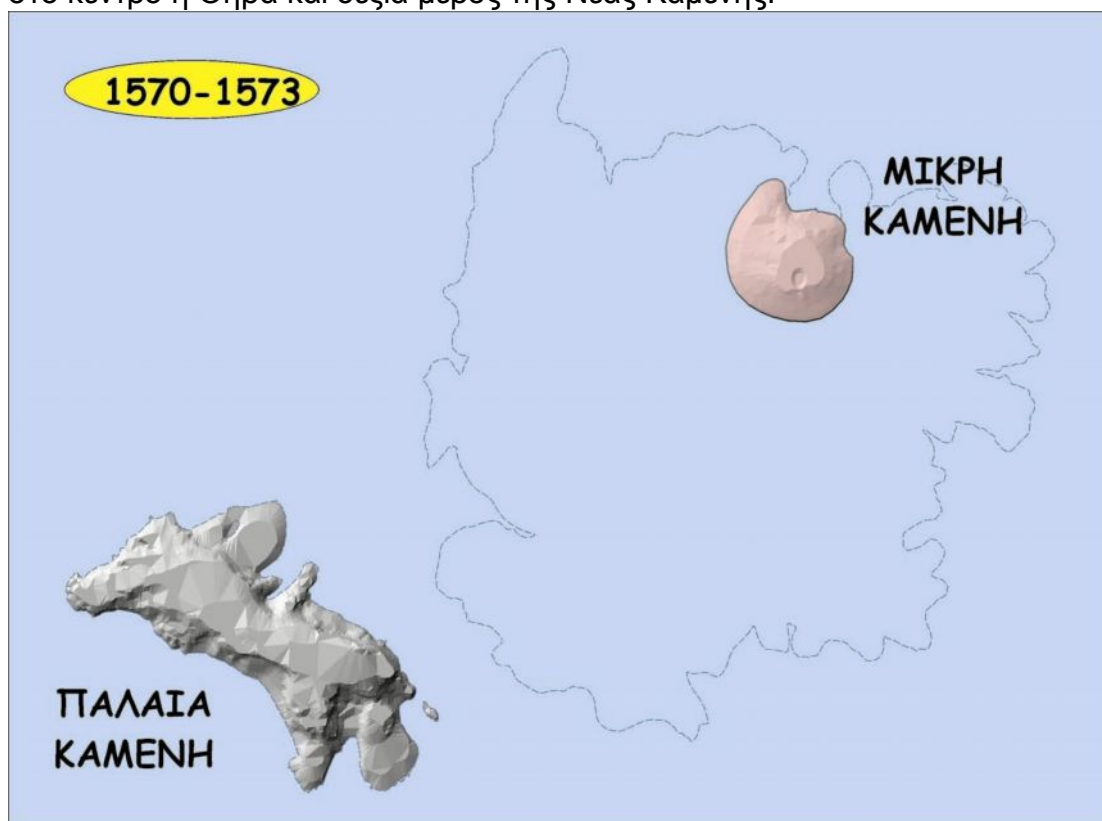
(Εικόνα 31) Η Παλαιά Καμένη



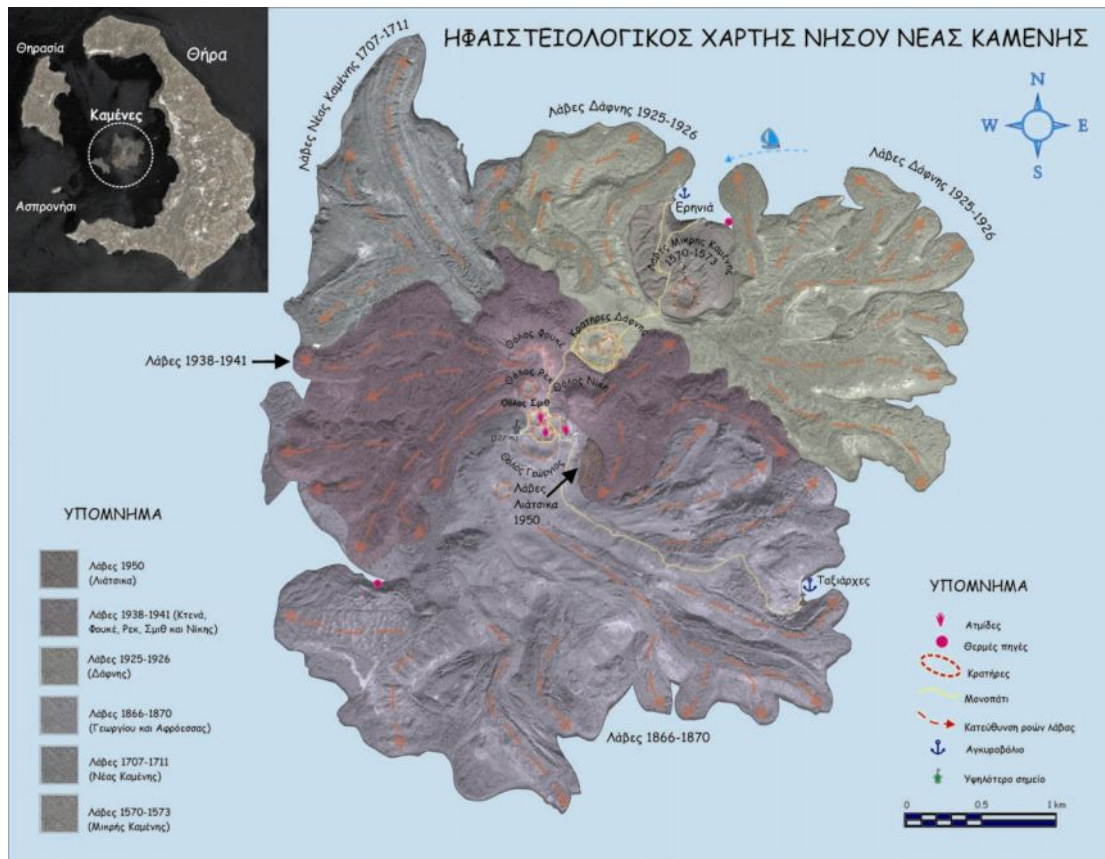
(Εικόνα 32) Σχηματική τρισδιάστατη απεικόνιση της Παλαιάς Καμένης, μετά την έκρηξη του 726μ.Χ.



(Εικόνα 33) Οι λάβες του 726, που σχηματίζουν το βόρειο-ανατολικό ακρωτήριο της Παλαιάς Καμένης. Στο βάθος διακρίνονται αριστερά η Θηρασία, στο κέντρο η Θήρα και δεξιά μέρος της Νέας Καμένης.



(Εικόνα 34) Σχηματική τρισδιάστατη απεικόνιση της Μικρής Καμένης.



(Εικόνα 35)

Η ΝΕΑ ΚΑΜΕΝΗ

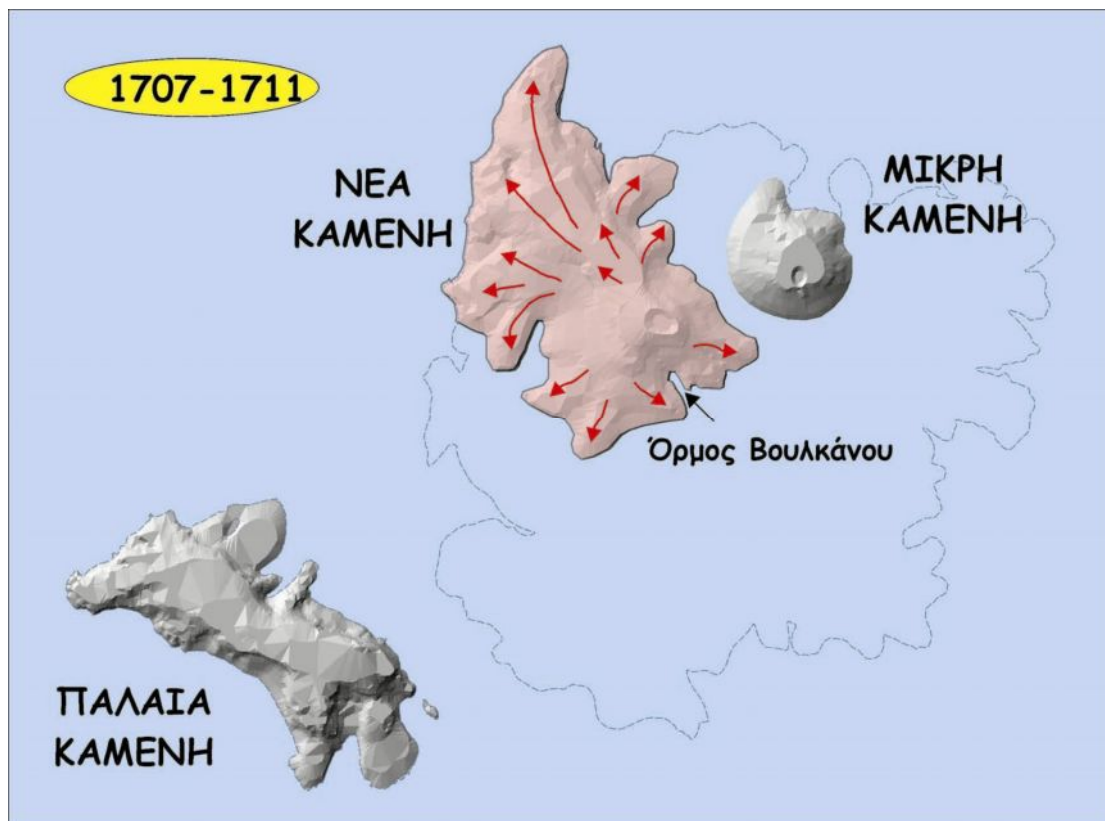
Η ΠΡΩΤΗ ΕΚΡΗΞΗ (1570-1573): Μετά από την έντονα εκρηκτική ηφαιστειακή δράση του 726, δεν καταγράφεται χερσαία ηφαιστειακή δραστηριότητα για πάνω από 800 χρόνια. Το ηφαίστειο ξυπνά ξανά το 1570. Από μία περιοχή κοντά στον ύφαλο Μπάγκο, το υπόλειμμα της Ιεράς, εκχύνεται παχύρρευστο μάγμα και εκδηλώνονται πολυάριθμες εκρήξεις. Η δραστηριότητα αυτή διαρκεί 3 περίπου χρόνια και οικοδομεί ένα μικρό νησάκι σε σχήμα θόλου, με διάμετρο 400 περίπου μέτρων και ύψος 70 μέτρων, στο οποίο δίνεται το όνομα "**Μικρή Καμένη**". Την κορυφή του θόλου καταλαμβάνει ένας κρατήρας βάθους 20 μέτρων.



(Εικόνα 36) Ο θόλος της Μικρής Καμένης, στο βάθος του όρμου της Ερινιάς.



(Εικόνα 37) Ο κρατήρας της Μικρής Καμένης



(Εικόνα 38) Σχηματική τρισδιάστατη απεικόνιση των Καμένων μετά την έκρηξη του 1707-1711.

Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ 1707-1711: Εκατόν τριάντα πέντε χρόνια ηρεμία μεσολάβησαν ως την επόμενη εκδήλωση ηφαιστειακής δραστηριότητας. Αυτή προαναγγέλλεται από μικρές σεισμικές δονήσεις στις 18 και 21 Μαΐου του 1707. Δύο ημέρες αργότερα, δυτικά της Μικρής Καμένης, οι κάτοικοι της Σαντορίνης παρατηρούν να ανυψώνεται σιγά-σιγά ο βυθός και να μετατρέπεται σε στεριά φέρνοντας στην επιφάνεια μεγάλες ποσότητες οστρέων, τα οποία συλλέγουν οι πιο τολμηροί. Τη μικρή νησίδα που σχηματίζεται την ονομάζουν Ασπρονήσι, καθώς ο βυθός που αναδύθηκε ήταν σκεπασμένος από λευκή ελαφρόπετρα. Μία εβδομάδα αργότερα το παχύρρευστο μάγμα κάνει την εμφάνισή του βορειότερα του Ασπρονησιού και η νέα νησίδα που σχηματίζεται από τη μαύρη στερεοποιημένη λάβα ονομάζεται Μαυρονήσι.

Μετά από λίγες μέρες εκδηλώνονται οι πρώτες ηφαιστειακές εκρήξεις που εκσφενδονίζουν στον αέρα ηφαιστειακή τέφρα και βολίδες σε ύψος έως και 2 χιλιόμετρα. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα διαρκεί τέσσερα περίπου χρόνια και, ως το Σεπτέμβρη του 1711, έχει δημιουργήσει δίπλα στη Μικρή Καμένη μια δεύτερη νησίδα που της δίνεται το όνομα "**Νέα Καμένη**". Στις βορειοανατολικές ακτές της νησίδας και ιδιαίτερα σε ένα μικρό όρμο με το όνομα Βουλκάνος, χτίζονται στα επόμενα χρόνια ξωκλήσια και μικρά οικήματα για να φιλοξενήσουν τους Σαντορινιούς που κάνουν λουτροθεραπεία στα ζεστά νερά των θερμών πηγών, από τις οποίες βρithούν οι ακτές. Φιλοξενούν ακόμη τους ναυτικούς και τους ψαράδες που καθαρίζουν τα ύφαλα των πλοίων τους στα ίδια ζεστά νερά, καθώς τα σιδηρούχα και θειούχα

υδροθερμικά διαλύματα των θερμών πηγών θανατώνουν τους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στα ύφαλα.

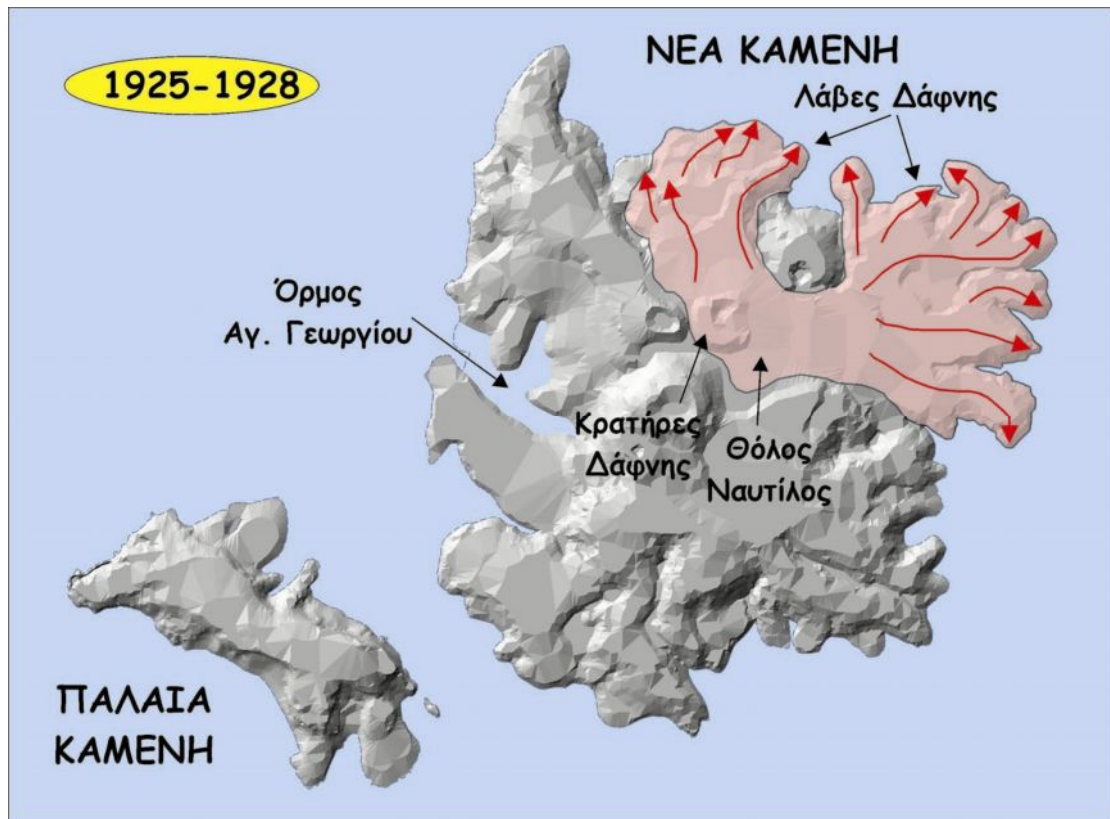
Οι μεγάλες ποσότητες λάβας που παράγονται όλη την περίοδο (140 εκατομμύρια κυβικά μέτρα) προστίθενται στη νησίδα της Νέας Καμένης και τριπλασιάζουν την επιφάνειά της, ενώ ένα μικρό θαλάσσιο κανάλι συνεχίζει να χωρίζει τη Νέα Καμένη από τη Παλαιά Καμένη.

Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ 1925-1928: Μετά από 55 χρόνια ηρεμίας και αδράνειας, στις 28 Ιουλίου του 1925 μικρές σεισμικές δονήσεις προαναγγέλλουν στους κατοίκους της Σαντορίνης το νέο ξύπνημα του ηφαιστείου. Στην περιοχή των Κόκκινων Νερών η θερμοκρασία της θάλασσας αυξάνει και το χρώμα της αλλάζει έντονα, ενώ αρχίζουν να βυθίζονται ξανά οι ανατολικές ακτές της Νέας Καμένης.

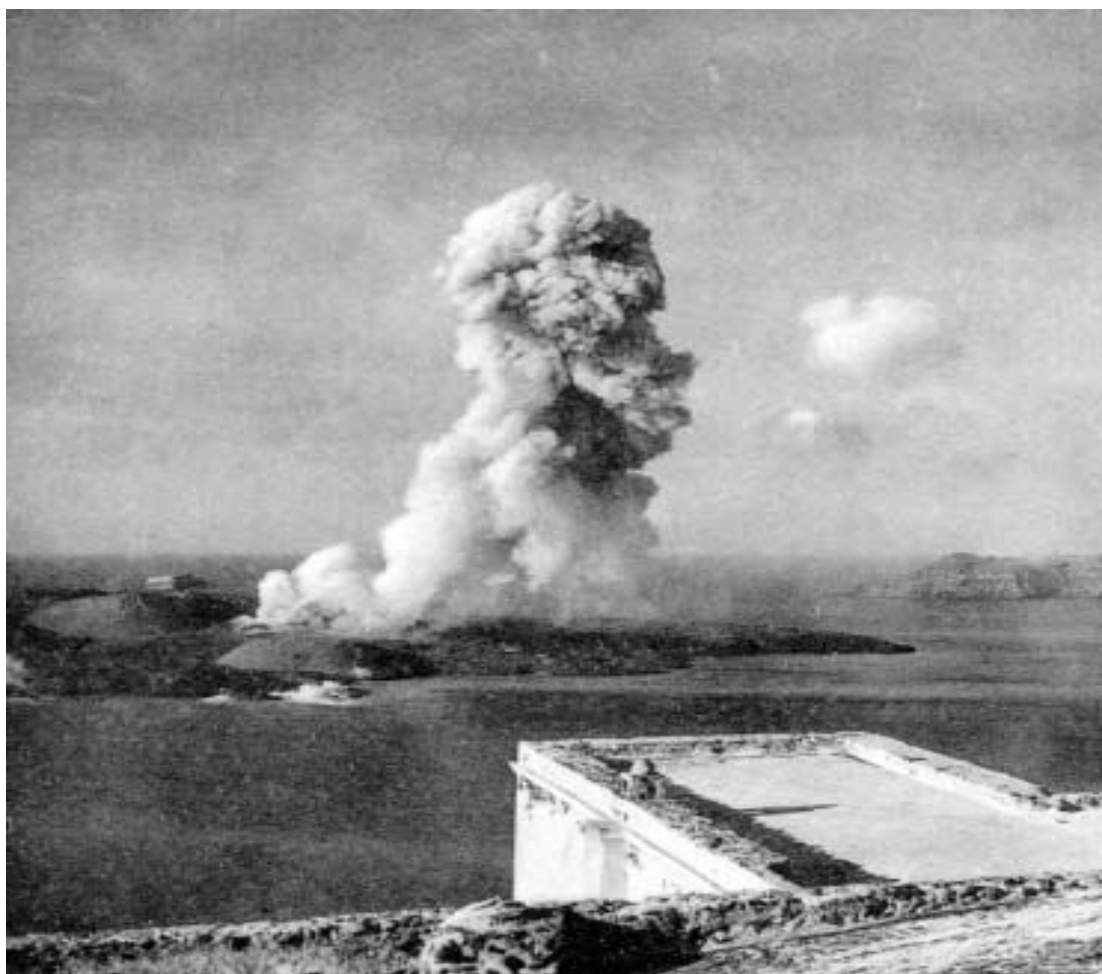
Η έκρηξη αρχίζει στις 11 Αυγούστου του 1925 και προαναγγέλλεται από τεράστιους πίδακες νερού και υδρατμών στα Κόκκινα Νερά. Που γρήγορα αυτοί μετατρέπονται σε εκρηκτικές στήλες που τινάζουν στον αέρα λάβα και ηφαιστειακά στάχτη. Λίγες μέρες αργότερα το ηφαιστειακό κέντρο μετακινείται 200 μέτρα νοτιοδυτικά, στη θέση που σήμερα παρατηρούμε συγκεντρωμένους πολλούς κρατήρες (τουλάχιστον 5). Οι κρατήρες αυτοί, που καταλαμβάνουν το κέντρο των κώνων οι οποίοι αποτελούνται από θραύσματα λάβας, είναι δημιουργήματα της μεγάλης εκρηκτικής δραστηριότητας του 1925. Το ύψος στο οποίο τινάζεται η ηφαιστειακή στάχτη ξεπερνά τα 3.200 μέτρα, ενώ οι ηφαιστειακές βολίδες εκτοξεύονται σε απόσταση μεγαλύτερη από 850 μέτρα.

Παράλληλα με την εκρηκτική δραστηριότητα μεγάλες ποσότητες λάβας αναβλύζουν και εκχύνονται στην περιοχή, με αποτέλεσμα δύο μεγάλοι βραχίονες ρευμάτων λάβας να αγκαλιάζουν τη Μικρή Καμένη, γεμίζοντας το κενό μεταξύ αυτής και της Νέας Καμένη, γεμίζοντας το κενό μεταξύ αυτής και της Νέας Καμένης, και να επαυξήσουν σημαντικά τη χερσαία επιφάνεια του νησιού, το οποίο καθιστά πλέον ενιαίο. Ο όγκος της λάβας που παράχθηκε υπολογίζεται σε 100 εκατομμύρια κυβικά μέτρα. Τόσο στις λάβες όσο και στους κρατήρες δόθηκε το όνομα **Δάφνη**, από το όνομα του πρώτου πολεμικού πλοίου, το οποίο έφτασε στην περιοχή αμέσως μετά την έκρηξη.

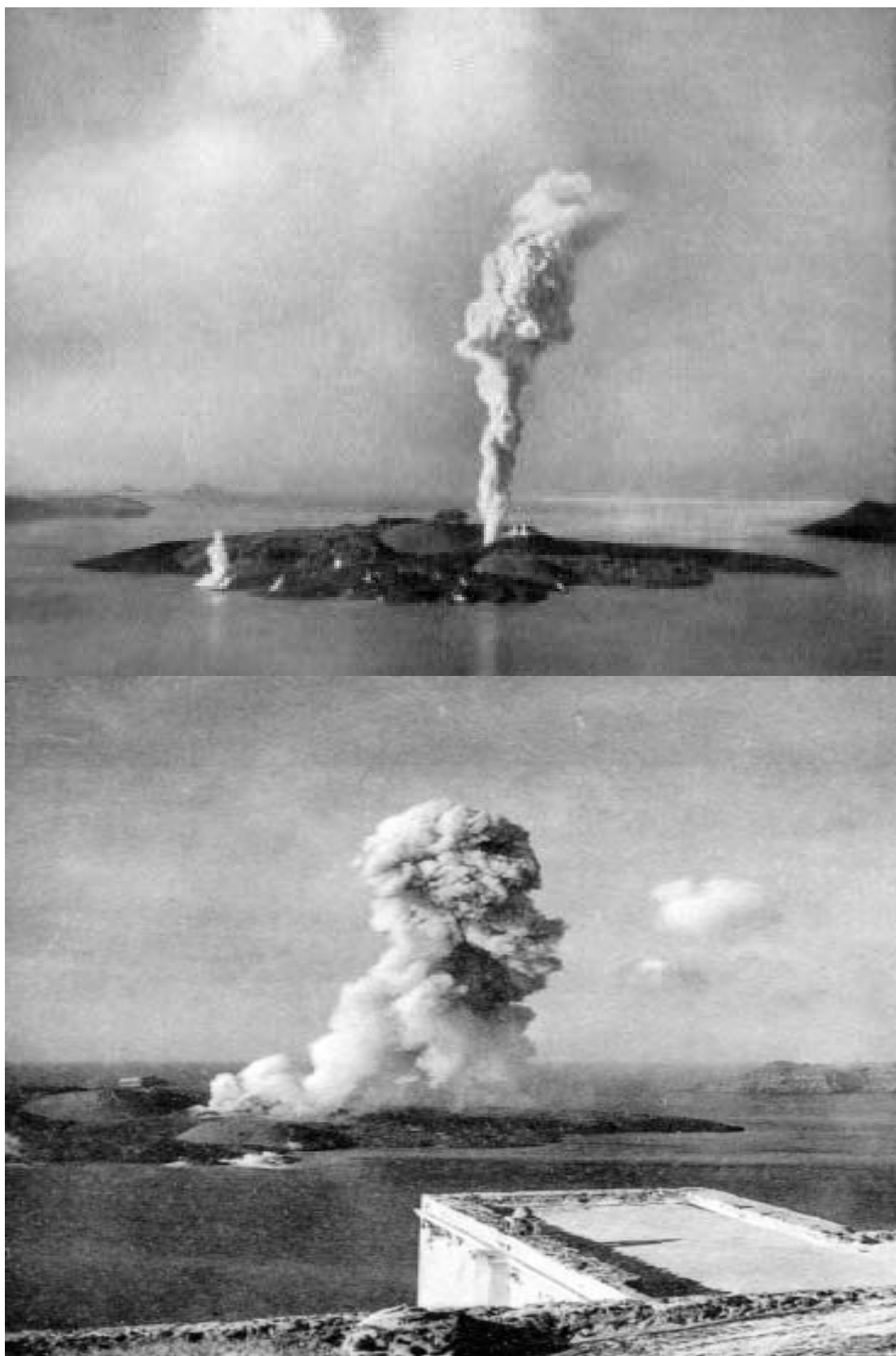
Η δραστηριότητα αυτή διήρκεσε δύο χρόνια, έως το Μάιο του 1926. Μια σύντομη επαναδραστηριοποίηση εκδηλώθηκε τους τρεις πρώτους μήνες του 1928 και δημιούργησε, ανατολικά των κρατήρων της Δάφνης, ένα μικρό θόλο λάβας που ονομάστηκε **Ναυτίλος**. Αυτός δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθεί σήμερα γιατί καλύφθηκε από τις λάβες της επόμενης έκρηξης.



(Εικόνα 39) Τρισδιάστατη απεικόνιση των Καμένων μετά την έκρηξη του 1925-1928.



(Εικόνα 40) Έκρηξη του 1925 φωτογραφημένη από τα Φήρα. Εκτός από την ηφαιστειακή τέφρα, που έχει πιναχθεί στον αέρα, διακρίνονται και οι γλώσσες της λάβας αριστερά της Μικρής Καμένης, καθώς στην επαφή του λιωμένου πετρώματος με τη θάλασσα παράγεται ατμός (Γ. Γεωργαλάς).



(Εικόνα 41) Η Δάφνη εν εκρήξει τον Οκτώβριο του 1925(επάνω) και τον Ιανουάριο του 1926(κάτω). Διακρίνονται ατμοί και ηφαιστειακή τέφρα που εκτοξεύονται από τον κρατήρα, όπως και η εξάτμιση της θάλασσας από τα πυρακτωμένα ρεύματα λάβας που καταλήγουν στο νερό.(Karl Sapper: Vulkankunde,1930)



(Εικόνα 42) Η έκρηξη της Δάφνης τον Ιανουάριο του 1926 (Κ. Κτενάς)

Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ 1939-1941: Μόλις 11 χρόνια μετά την προηγούμενη έκρηξη το ηφαίστειο επαναδραστηριοποιείται. Στο μικρό λιμανάκι του Αγ. Γεωργίου με το ομώνυμο ξωκλήσι, παρατηρείται από τις αρχές Μαΐου του 1939 αύξηση της θερμοκρασίας του νερού και καθίζηση των ακτών. Στις 20 Αυγούστου μια υποθαλάσσια έκρηξη στην είσοδο του λιμανιού ανοίγει το δρόμο στο νέο μάγμα, το οποίο αρχίζει να αναβλύζει δημιουργώντας ένα μικρό θόλο, που οι ηφαιστειολόγοι της εποχής τον βαφτίζουν **Τρίτωνα**, καθώς θαυμάζουν την ανάδυσή του από την θάλασσα, όμοια με εκείνη του μυθικού θαλάσσιου δαίμονα.

Ένα μήνα αργότερα, η ηφαιστειακή δραστηριότητα μετατοπίζεται λίγες εκατοντάδες μέτρα προς τα βορειοανατολικά και δημιουργεί ένα θόλο και

ρεύματα λάβας, που τους δίνετε το όνομα **Κτενά**, ενός σπουδαίου γεωλόγου μελετητή των εκρήξεων της Καμένης. Οι λάβες αυτές γεμίζουν το λιμανάκι του Αγ. Γεωργίου και καλύπτουν το θόλο Τρίτωνα.

Από το Νοέμβριο του 1939 ως τον Ιούλιο του 1940, η ηφαιστειακή δραστηριότητα μετατοπίζεται ακόμη πιο βορειοανατολικά και δημιουργεί το θόλο και τα ρεύματα λάβας του **Φουκέ**, από το όνομα του εξαίρετου Γάλλου φυσιοδίφη, μελετητή της Σαντορίνης και των εκρήξεων της Καμένης.

Τον Ιούλιο του 1940 δραστηριοποιούνται δύο άλλα κέντρα, νοτιότερα εκείνου του **Φουκέ**: αρχικά του **Σμιθ** και αργότερα εκείνο του **Ρεκ** (από τα ονόματα ενός Αμερικάνου και ενός Γερμανού ηφαιστειολόγου αντίστοιχα, οι οποίοι μελέτησαν την έκρηξη του 1925). Τα κέντρα αυτά παράγουν θόλους και ρεύματα λάβας, που καλύπτουν τις δυτικές πλαγιές του ενιαίου πια νησιού της Νέας Καμένης και φτάνουν ως τη θάλασσα.

Η εκρηκτική δραστηριότητα που παρατηρείται αυτό το διάστημα είναι μικρής έντασης και το ύψος στο οποίο εκτοξεύεται η ηφαιστειακή στάχτη δεν ξεπερνά τα 1200 μέτρα.

Στα τέλη Αυγούστου του 1940 εκδηλώνονται δύο μεγάλες εκρήξεις στο κέντρο του νησιού. Αυτές τινάζουν στον αέρα τα παλιότερα πετρώματα του 1866 και δημιουργούν δύο μεγάλους κρατήρες διαμέτρου 50 μέτρων τον καθένα, αυτούς που επισκέπτονται σήμερα οι περιπατητές του νησιού. Από τους κρατήρες αυτούς δεν εξέρχεται μάγμα.

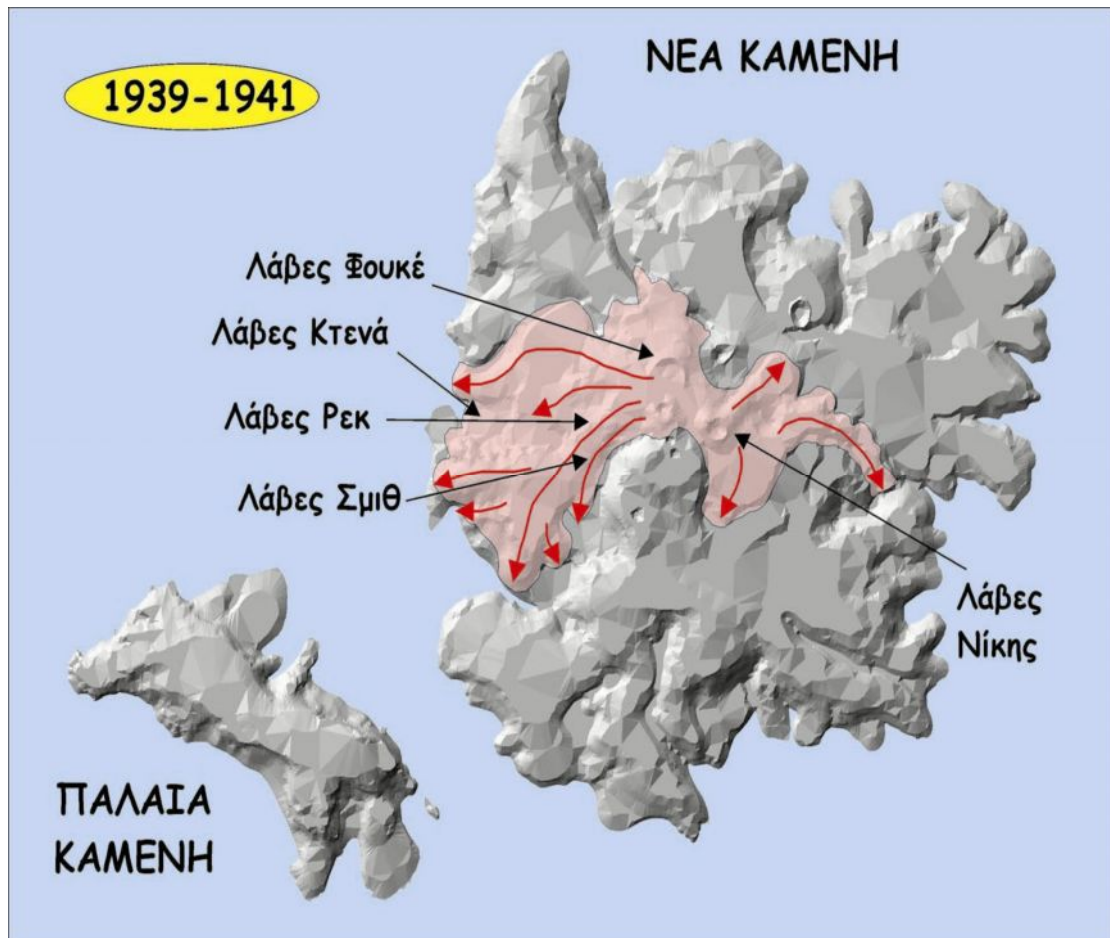
Στα τέλη Νοεμβρίου του ίδιου χρόνου, 100 μόλις μέτρα ανατολικότερα των δύο αυτών κρατήρων, αρχίζει να αναβλύζει παχύρρευστο μάγμα και δημιουργούνται οι λάβες της **Νίκης**, όνομα εμπνευσμένο από τις νίκες των ελληνικών στρατευμάτων στην Αλβανία. Οι λάβες αυτές καλύπτουν τις ανατολικές πλαγιές του νησιού, σταματώντας λίγα μέτρα πριν τη θάλασσα. Η ηφαιστειακή δράση διαρκεί ως τον Ιούλιο του 1941.



(Εικόνα 43)



(Εικόνα 44)



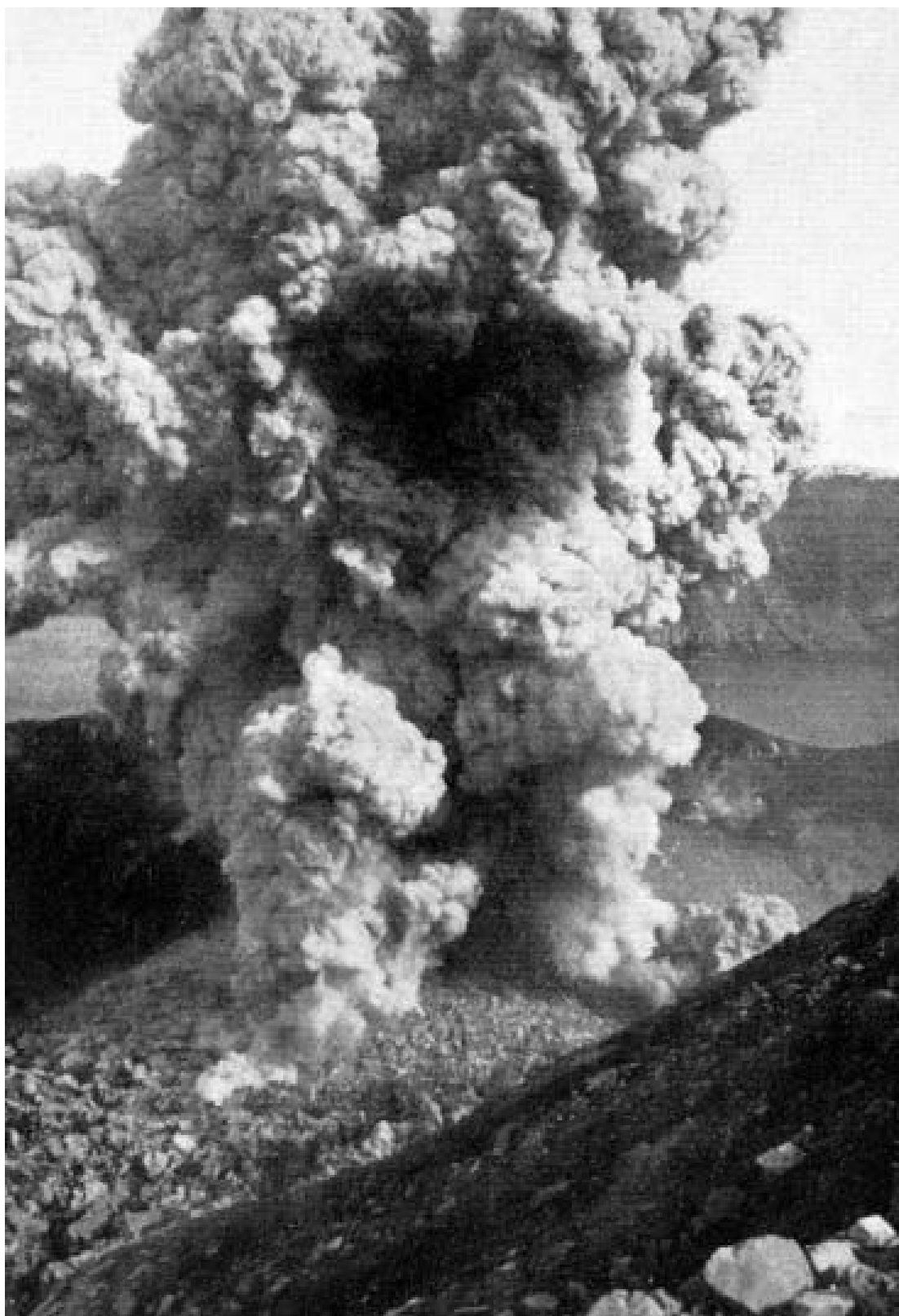
(Εικόνα 45) Τρισδιάστατη απεικόνιση των Καμένων μετά την έκρηξη του 1939-1941.



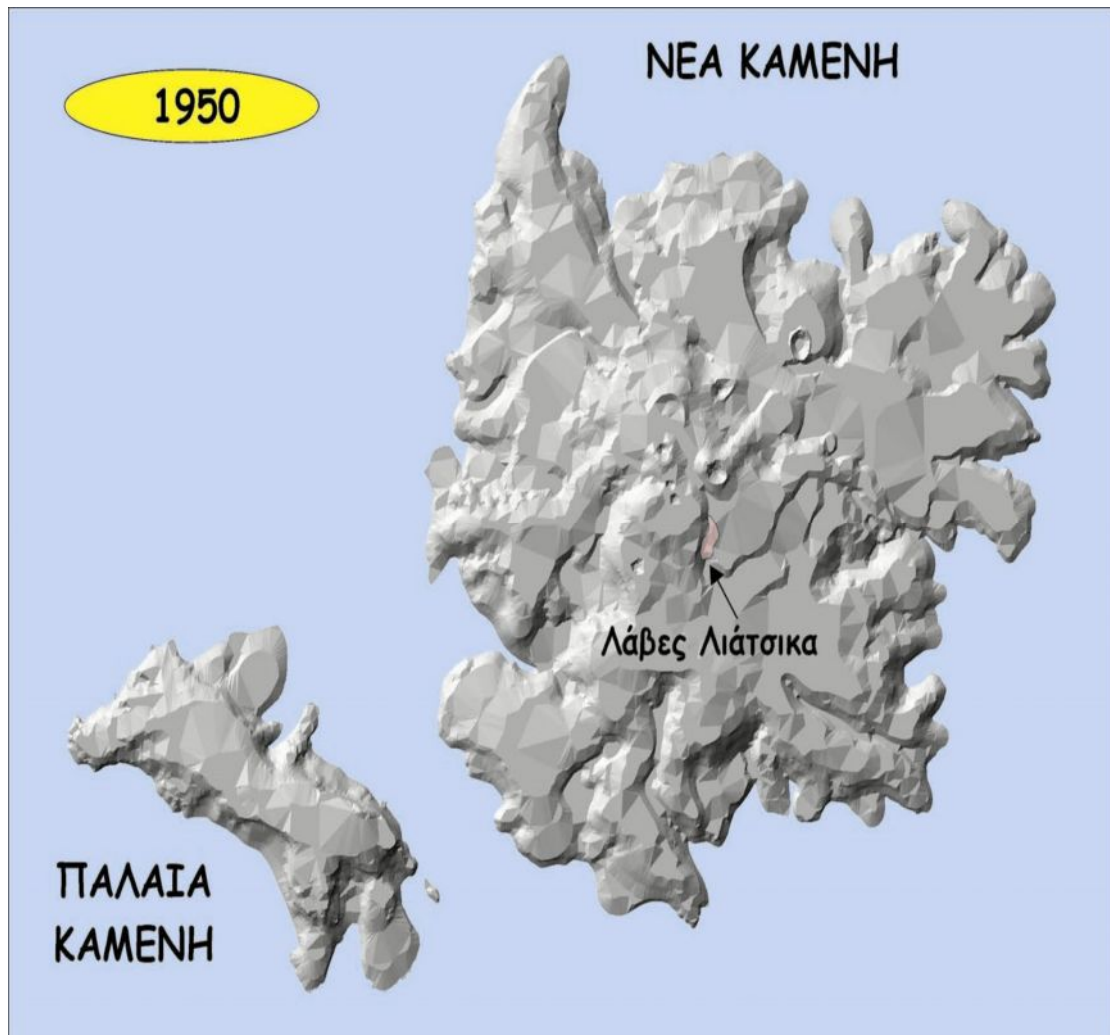
(Εικόνα 46) Ο θόλος Τριτώνας εν εκρήξει στις 22 Αυγούστου 1939 (Π. Κόκκορος).



(Εικόνα 47) Ο θόλος Φουκέ σε κατάσταση ηρεμίας, στις 19 Νοεμβρίου του 1939 (Π. Κόκκορος).



(Εικόνα 48) Ο θόλος Φουκέ εν εκρήξει στις 23 Νοεμβρίου 1939 (Π. Κόκκορος).



(Εικόνα 49) Τρισδιάστατη απεικόνιση των Καμένων μετά την έκρηξη του 1950



(Εικόνα 50) Η τελευταία έκρηξη του ηφαιστίου της Σαντορίνης
(Μ. Ιωακειμίδης, 13-1-1950)

Η ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΕΚΡΗΞΗ ΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ (1950): Η τελευταία ηφαιστειακή έκρηξη στη Σαντορίνη και σε όλο τον Ελλαδικό χώρο εκδηλώνεται στις αρχές Ιανουαρίου του 1950. Έχει προαναγγελθεί από μικρές σεισμικές δονήσεις ήδη από τον Αύγουστο του προηγούμενου χρόνου. Στις 10-1-1950 μια έκρηξη τινάζει τα πετρώματα στους νότιους πρόποδες του θόλου Νίκη και ανοίγει το δρόμο στο νέο μάγμα που αρχίζει να αναβλύζει στην περιοχή. Εκδηλώνεται έντονη εκρηκτική δραστηριότητα η οποία τινάζει την ηφαιστειακή τέφρα ως 1000 μέτρα ύψος και τις βολίδες σε απόσταση 850 μέτρων από τον κρατήρα. Έως τις 2 φεβρουαρίου εκρήξεις και έκχυση μάγματος παράγουν τα νεώτερα πετρώματα της Ελλάδας, τις λάβες Λιάτσικα. Το όνομα δίνεται στη μνήμη ενός ικανού γεωλόγου μελετητή της Καμένης.

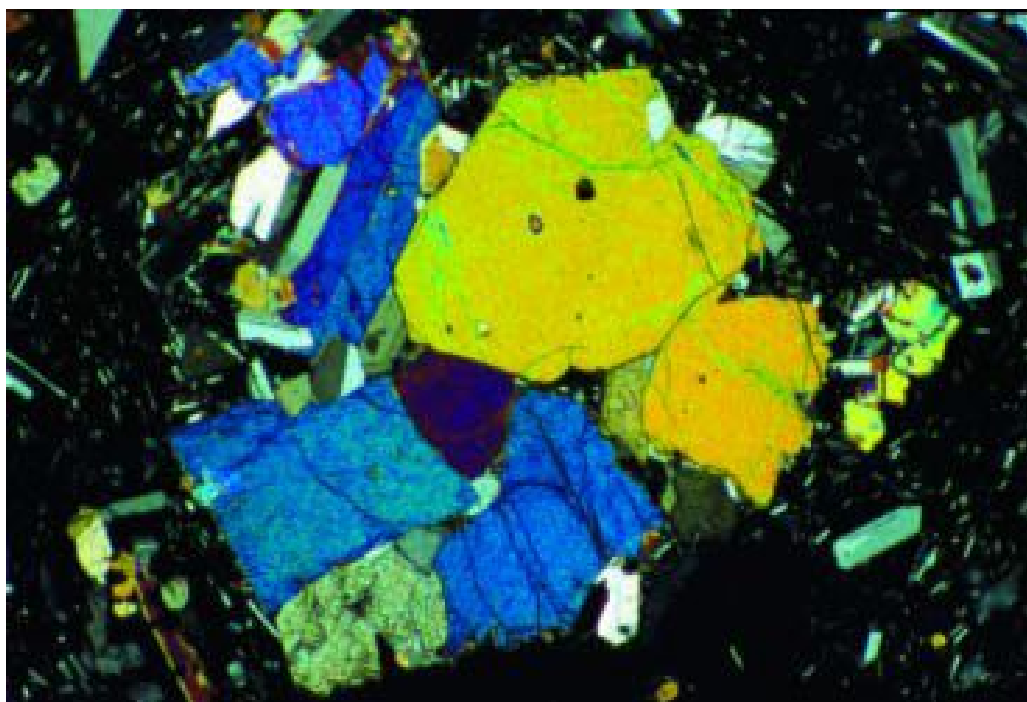
ΤΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΩΝ ΚΑΜΕΝΩΝ

Τα πετρώματα που οικοδομούν τη Νέα και Παλαιά Καμένη είναι λάβες όμοιες μεταξύ τους, με μικρές διαφορές στα χαρακτηριστικά τους που αφορούν στη μορφή και όχι στη χημική σύστασή τους.

Όλες οι λάβες των νησιών ανήκουν στην κατηγορία που οι γεωλόγοι ονομάζουν **δακίτες**: ένα ηφαιστειακό πέτρωμα που η χημική του σύσταση είναι κυρίως οξειδίο του πυριτίου (SiO_2) σε ποσοστό 65 έως 67% και οξειδίο του αργιλίου (Al_2O_3) 13 έως 15%, ενώ περιέχει σε μικρό ποσοστό (2-5%) και άλλα στοιχεία όπως σίδηρο, νάτριο, ασβέστιο, κάλιο, μαγνήσιο.

Τα παραπάνω στοιχεία εμπεριέχονται τόσο στο άμορφο ηφαιστειακό γυαλί όσο και στους κρυστάλλους των ορυκτών που, μαζί με το γυαλί, αποτελούν αυτά τα πετρώματα. Στους δακίτες των Καμένων συναντάμε τα εξής κύρια ορυκτά:

- **Αστρίους**, ορυκτά του πυριτίου και αργιλίου σε λευκούς διαυγείς κρυστάλλους.
- **Πυροξένους**, ορυκτά του πυριτίου, ασβεστίου, σιδήρου και μαγνησίου σε σκούρους πράσινους έως μαύρους κρυστάλλους.
- **Ολιβίνες**, ορυκτά του μαγνησίου, σιδήρου και πυριτίου σε μέλι έως φαιοπράσινους διαυγείς κρυστάλλους



(Εικόνα 51) Σύμπλεγμα κρυστάλλων ολιβίνη(κίτρινο και μοβ), πυρόξενου (γαλαζοπράσινο έως φαιό πράσινο) και άστριου (τεφρό έως λευκό) φωτογραφημένα στο πολωτικό μικροσκόπιο (μεγέθυνση 100X).

Οι διαφορές στην εμφάνιση της λάβας αφορούν κυρίως στο χρώμα της και οφείλονται στη διαφορετική ταχύτητα ψύξης. Οι λάβες που εμφανίζονται έντονα μαύρες και περισσότερο θρυμματισμένες, όπως οι περισσότερες από τις λάβες της Νέας Καμένης, έχουν υποστεί πολύ γοργή ψύξη με αποτέλεσμα να περιέχουν μεγάλο ποσοστό ηφαιστειακού γυαλιού που τους δίνει αυτή την όψη. Η πιο αργή ψύξη επιτρέπει την δημιουργία πολλών κρυσταλλικών ορυκτών, με αποτέλεσμα η λάβα να παίρνει ένα ανοιχτό τεφρό χρώμα και πιο κοκκώδη μορφή. Τέτοιες είναι οι περισσότερες λάβες τις Παλαιάς Καμένης.

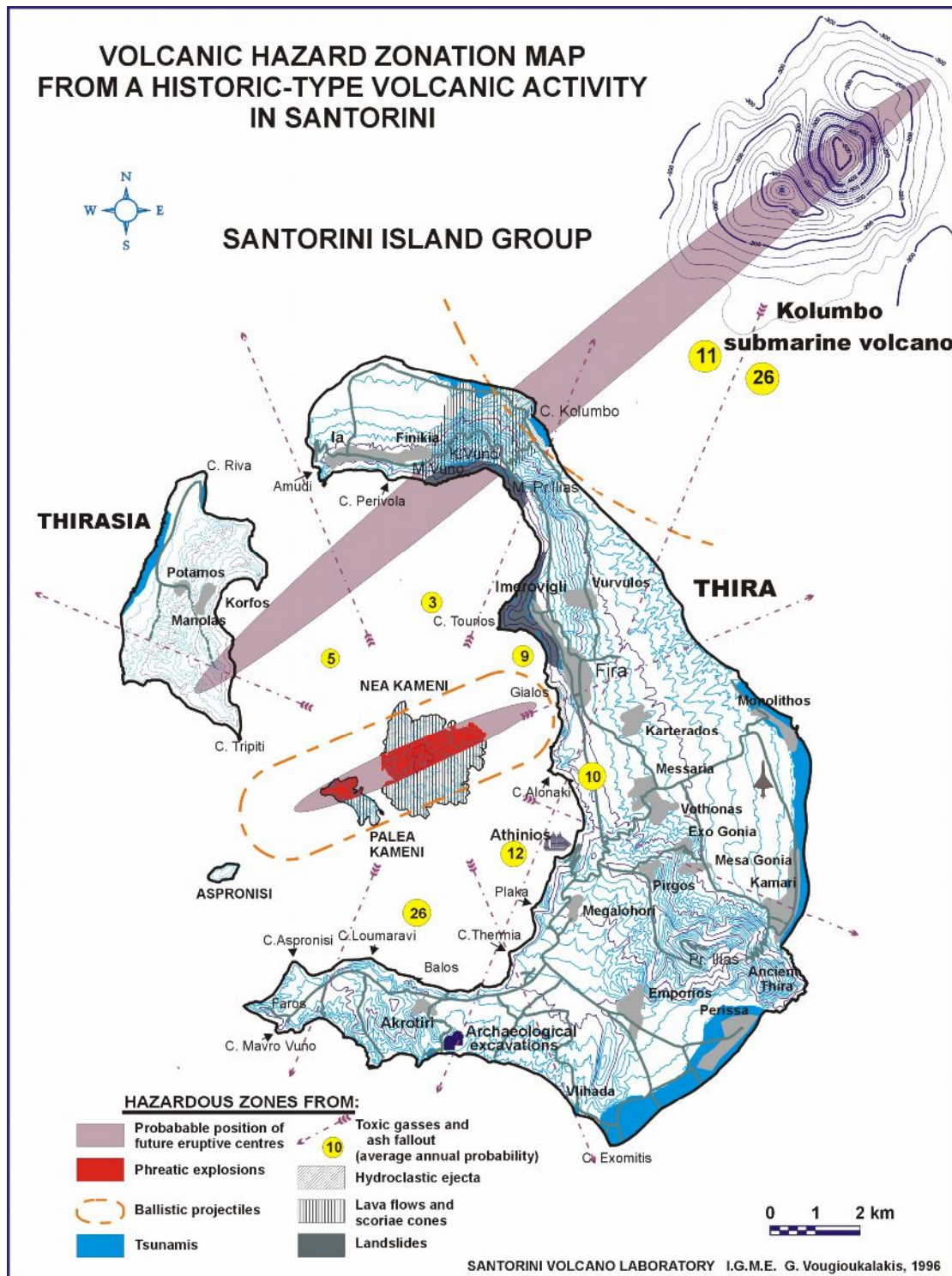
Οι ειδικές εργαστηριακές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στα πετρώματα των Καμένων και όλες οι φυσικές και χημικές παράμετροι που έχουν καταγραφεί στην περιοχή, συγκλίνουν στην άποψη ότι το λιωμένο πέτρωμα (μάγμα) που τροφοδότησε τα ηφαιστειακά κέντρα των Καμένων, βρίσκεται σε βάθος μεταξύ δύο και τεσσάρων χιλιομέτρων κάτω από τα νησιά και σε θερμοκρασίες 950-1000 βαθμών Κελσίου. Είναι συγκεντρωμένο σε μικρούς θύλακες (μαγματικούς θαλάμους), οι οποίοι με την σειρά τους τροφοδοτούνται με λιωμένο πέτρωμα από βαθύτερους ορίζοντες.



(Εικόνα 52) Λάβες που έχουν υποστεί ταχεία ψύξη, στις βόρειο-δυτικές πλαγιές του θόλου Νίκη.



(Εικόνα 53) Λάβες οι οποίες ψύχθηκαν αργά, στον όρμο του Αγίου Νικολάου της Παλαιάς Καμένης. Το κόκκινο χρώμα είναι επίχρισμα σκουριάς (οξειδία σιδήρου) από τα υδροθερμικά διαλύματα, ενώ στην θάλασσα διακρίνονται και φυσαλίδες αερίου, οι οποίες εξέρχονται μαζί με το θερμό νερό.

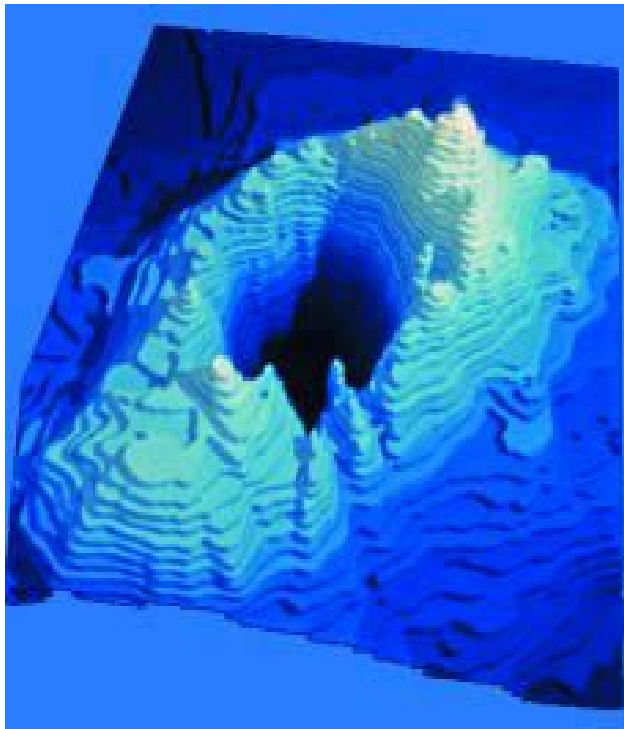


(Εικόνα 54)

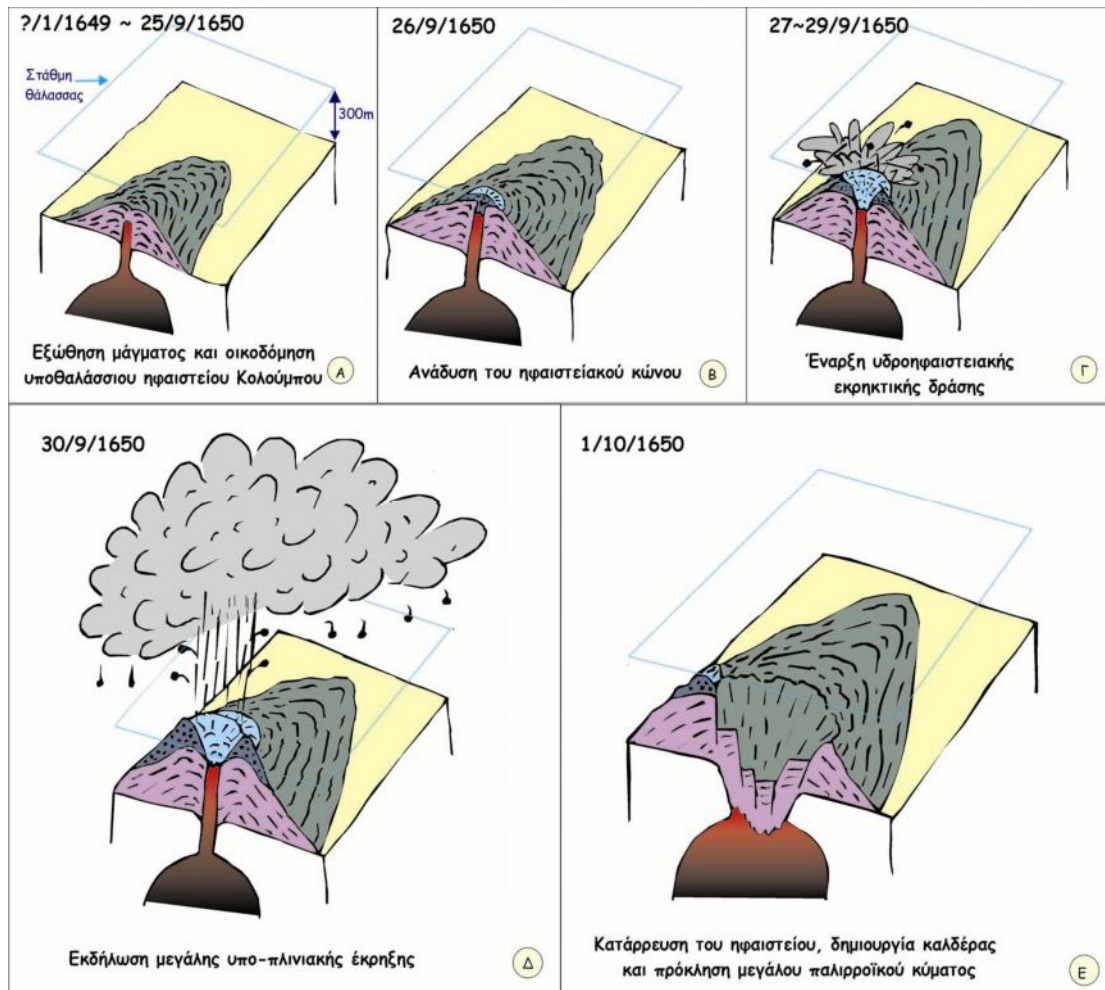
Η ΕΚΡΗΞΗ ΤΟΥ ΚΟΛΟΥΜΠΟΥ

Η μοναδική ιστορική έκρηξη που εκδηλώθηκε έξω από το χώρο της καλδέρας στην περιοχή της Σαντορίνης, είναι αυτή του Κολούμπου, το Σεπτέμβρη του 1650, στον υποθαλάσσιο χώρο 8 χιλιομέτρα βόρειο-ανατολικά του νησιού, μεταξύ Θήρας και Αμοργού, η υποθαλάσσια ηφαιστειακή δραστηριότητα, ταλαιπωρούνται όμως πολύ από την έντονη σεισμική δραστηριότητα που την συνοδεύει. Το λιωμένο πέτρωμα που αναβλύζει ήτπια στο βυθό οικοδομεί ως

τον Σεπτέμβρη του 1650 ένα υποθαλάσσιο ηφαίστειο με περίμετρο 30 χιλιομέτρων και ύψος 300 μέτρα που η κορυφή του μόλις ξεπρόβαλε πάνω από τα κύματα. Τέλη του Σεπτέμβρη αρχίζουν μικρές εκρήξεις και η μεγάλη έκρηξη εκδηλώνονται στις 29 του ίδιου μήνα. Τέσσερα δισεκατομμύρια τόνοι λιωμένο πέτρωμα τινάζονται στην ατμόσφαιρα, σε ύψος μερικών χιλιάδων μέτρων. Η ελαφρόπετρα που επιπλέει στη θάλασσα κάνει τη γύρω από το ηφαίστειο περιοχή να μοιάζει με στεριά. Η λεπτόκοκκη ηφαιστειακή στάχτη κινείται ανατολικά ταξιδεύοντας ως τη Μικρά Ασία. Το κεντρικό τμήμα του ηφαιστείου κατακρημνίζεται στο κενό που έχει δημιουργηθεί από την εκτίναξη του μάγματος και δημιουργεί μια υποθαλάσσια καλδέρα βάθους 500 μέτρων και διαμέτρου 3 χιλιομέτρων. Αυτό προκαλεί ένα μεγάλο παλιρροϊκό κύμα ύψους



(Εικόνα 55) Τρισδιάστατη απεικόνιση της σημερινής μορφολογίας του ηφαιστείου του Κολούμπου.

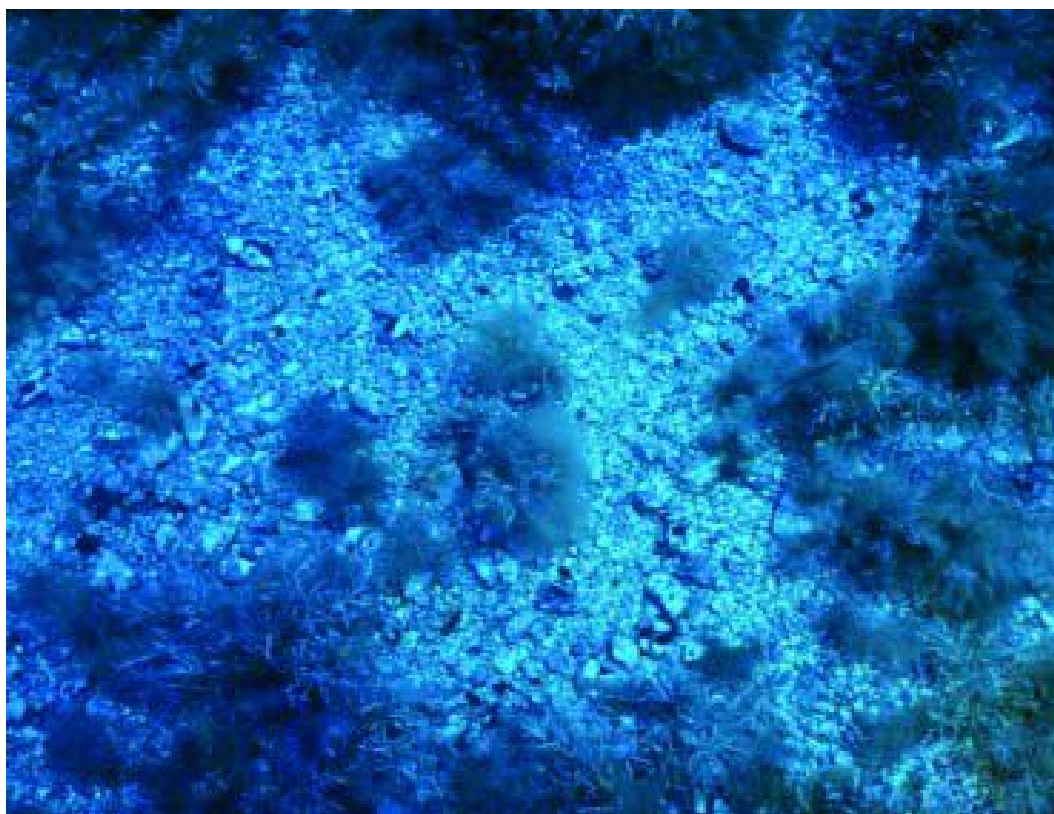


(Εικόνα 56) Σχηματική αναπαράσταση της έκρηξης του Κολούμπου το 1649-1650.

10 μέτρων που σαρώνει τις ακτές της Σαντορίνης και του Αιγαίου. Κανένα από αυτά τα γεγονότα δεν προκαλεί ανθρώπινα θύματα. Αντίθετα αυτό το κάνουν τα ηφαιστειακά αέρια. Τεράστιες ποσότητες υδρόθειου που απελευθερώνονται από την έκρηξη κάνουν αφόρητη τη ζωή στη Σαντορίνη και σε τρεις περιπτώσεις, όπου ο αέρας φυσούσε προς ΝΔ, προκαλεί το θάνατο συνολικά 50 κατοίκων της Θήρας και πάνω από 1000 ζώων.

Μικρές εκρήξεις συνεχίζουν να εκδηλώνονται στην περιοχή του Κολούμπου έως τις 10 του Οκτώβρη του 1650. Στις 6 Δεκεμβρίου σταματούν και οι εκλύσεις αερίων, και από τότε το ηφαιστειο είναι σε κατάσταση ηρεμίας. Η μικρή νησίδα που είχε μείνει πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας διαβρώνεται από τα κύματα σε μικρό χρονικό διάστημα. Το υψηλότερο σημείο του ηφαιστείου βρίσκεται σήμερα 18 μέτρα κάτω από τη στάθμη της θάλασσας.

Η έκρηξη του Κολούμπου είναι η μεγαλύτερη έκρηξη που εκδηλώθηκε την τελευταία χιλιετία στην Ανατολική Μεσόγειο.



(Εικόνα 57) Η κορυφή του φοβερού ηφαιστείου του Κολούμπου είναι σήμερα ένας γαλήνιος βυθός σπαρμένος με την ελαφρόπετρα της έκρηξης του 1650.

Ηφαίστεια της περιοχής Σαντορίνης.

Από τα αναφερθέντα ελληνικά ηφαίστεια ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το ηφαίστειο της Σαντορίνης (Θήρας) όχι μόνο επειδή σε παλαιότερες εκρήξεις του 1500π.Χ. περίπου αποδόθηκε (Marinatos 1939) η καταστροφή του Μινωικού πολιτισμού, αλλά και για το λόγο ότι στο σημερινό αιώνα παρουσίασε πολλές εκρήξεις, ώστε να έχει δημιουργήσει φόβους για μελλοντικές καταστροφές. Η παλαιότερη έκρηξη ηφαιστείου της Σαντορίνης, που η ηλικία της έχει προσδιορισθεί κατά προσέγγιση από αρχαιολογικές και ιστορικές έρευνες, είναι η Μινωική έκρηξη γύρω στο 1500 π.Χ., με την οποία συνδέεται ο σχηματισμός της γνωστής Καλδέρας. Κατόπιν ακολουθεί η έκρηξη, στην οποία οφείλεται ο σχηματισμός της Παλαιάς Καμένης (νήσου Ιεράς) μέσα στον χώρο της Καλδέρας περίπου το 197 π.Χ. Οι νεώτερες εκρήξεις έχουν ιστορικά χρονολογηθεί. Οι ραδιολογικές όμως μετρήσεις (Seward et al 1980) έδειξαν ότι το κατώτερο στρώμα από την κίσηρη (Bu) της Σαντορίνης έχει ηλικία περίπου 100.000 χρόνια και ότι η πρώτη ηφαιστειακή έκρηξη στην περιοχή αυτή θα έγινε περίπου πριν ένα εκατομμύριο χρόνια. Από τα παλαιά ηφαίστεια, γνωστά είναι το Ακρωτήριο, η Θήρα, ο Σκάρος, ο Μικρός Προφήτης Ηλίας, το Μεγάλο Βουνό και η Θηρασία.

Αν λάβουμε υπόψη ότι μετά τη Μινωική έκρηξη του 1500 π.Χ. περίπου επικράτησε στην περιοχή της Σαντορίνης ηρεμία στην ηφαιστειακή δραστηριότητα μέχρι το 197 π.Χ., δηλαδή για διάστημα 1300 χρόνια και κατόπιν οι ηφαιστειακές εκρήξεις συνεχίστηκαν με ταχύτερο ρυθμό, μπορούμε να πούμε ότι: με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν συνθήκες, που

έδωσαν στο μάγμα, το οποίο υπήρχε στο θάλαμο κάτω από την περιοχή της Σαντορίνης, τη δυνατότητα να αποκτά ταχύτερη εκρηκτική φάση. Αυτό προϋποθέτει ελάττωση της μάζας των ρευστών υλικών του θαλάμου, εφ' όσον με τη μείωση του όγκου του ρευστού μάγματος επιταχύνεται η ψύξη του εναπομείναντος μέσα στο μαγματικό θάλαμο με συνέπεια την ταχύτερη στερεοποίηση των εύτηκτων υλικών του. Με τη στερεοποίηση όμως του μέρους του μάγματος τα ελευθερούμενα απ' αυτό αέρια περιορίζονται σε μικρότερο όγκο ρευστού μάγματος με αποτέλεσμα την αύξηση της εκρηκτικής τους ικανότητας. Τα ίδια μπορεί να συμβούν και στην περίπτωση, κατά την οποία το μάγμα έχει ανέβει σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια.

Έτσι κατά την έκρηξη του 1866/70 που ακολούθησε έπειτα από ηρεμία του ηφαιστείου 155 έτη, τα αποβληθέντα ηφαιστειακά υλικά έφθασαν στα $224 \cdot 10^6 \text{m}^3$, ενώ κατά την έκρηξη του 1925/26 που έγινε έπειτα από ηρεμία 55 έτη, η ποσότητα των ηφαιστειακών υλικών μειώθηκε στα $108 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Στην επόμενη έκρηξη του 1928 δηλ. έπειτα από δύο έτη η ποσότητα των ηφαιστειακών υλικών περιορίστηκε μόνο στα $0,04 \cdot 10^6 \text{m}^3$. Η δυσανάλογη αυτή μείωση των ηφαιστειακών υλικών σημαίνει ότι πλέον η δυναμικότητα των ηφαιστειών αυτών δεν εξαρτάται μόνο από το χρόνο της ηρεμίας τους. Εξάλλου με μειούμενο χρόνο ηρεμίας ελαττώνεται και η έκταση που έχουν καλύψει τα ηφαιστειακά υλικά όμως να υπάρχει κανονική αναλογία. Εδώ θα πρέπει να δεχθούμε ότι η διαπιστωθείσα εξάρτηση της ηφαιστειακής δραστηριότητας από το χρόνο ηρεμίας του ηφαιστείου οφείλεται στο ότι κατά το χρόνο ηρεμίας συντελείται ο διαφορισμός του μάγματος, που είναι απαραίτητος για την ενεργοποίησή του, η οποία θα προκαλέσει την ηφαιστειακή έκρηξη. Ο βαθμός όμως διαφορισμού ενός μάγματος δεν εξαρτάται μόνο από το χρόνο ηρεμίας του ηφαιστείου αλλά και από άλλους παράγοντες, π.χ. από τη θέση του μαγματικού θαλάμου, που παίζει σημαντικό ρόλο στην ψύξη του μάγματος. Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα οι ηφαιστειακές εκρήξεις να γίνονται με άνισα χρονικά διαστήματα ηρεμίας. Αλλά και η διάρκεια της ηφαιστειακής δραστηριότητας δεν εξαρτάται μόνο από το διαθέσιμο υλικό στο μαγματικό θάλαμο, αλλά και από τη δυνατότητα εξόδου από τον κρατήρα. Έτσι μπορεί να το ότι οι μικρές ηφαιστειακές εκρήξεις των Καμμένων Σαντορίνης έχουν δώσει διαφορετικά ποσά ηφαιστειακών υλικών. Σύμφωνα με τα αναφερθέντα επιτρέπεται να υποθέσουμε ότι η εκρηκτική περίοδος κατά την Μινωική εποχή πρέπει να ήταν πολύ μεγάλη, τουλάχιστον 200 έτη, αφού άρχισε έπειτα από 9500 έτη ηρεμίας (Plicher-Kussmaul 1980). Τούτο έρχεται σε συμφωνία προς νεώτερες απόψεις (Hammer et al 1987 και Cadogan 1987) οι οποίες βασίζονται σε δενδροχρονολογήσεις και παγοχρονολογήσεις, που έγιναν έπειτα από προηγούμενες ραδιοχρονολογήσεις και δείχνουν ότι η Μινωική έκρηξη της Σαντορίνης έγινε το 1645 π.Χ. Τα στοιχεία των μετρήσεων αυτών παρουσιάζουν ενδείξεις ότι η εκρηκτική περίοδος του ηφαιστείου αυτού κατά τη Μινωική εποχή είχε διάρκεια τουλάχιστον από 1688 μέχρι το 1428 π.Χ., που διαμορφώνει την άποψη για μεγάλη διάρκεια σχηματισμού της Μινωικής καλδέρας της Σαντορίνης.

Η ασθενής ηφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή της Θήρας κατά τις τελευταίες εκατονταετίες έδωσε αφορμή να προβληθεί το ερώτημα (Wolff 1937) αν το ηφαίστειο της Σαντορίνης πρέπει να θεωρηθεί ως ένα

αποθνήσκον ηφαιστειο ή αν η αναζωπύρωσή του (1925,1926 και 1928) σημαίνει την αρχή ενός ανανεωμένου κύκλου ζωής του ηφαιστείου. Οι μεταγενέστερες και όλο ασθενέστερες εκρήξεις του 1939/41 και 1950 σε συνδυασμό με τη μελέτη των χαρακτηριστικών φαινομένων των εκρήξεων αυτών οδήγησαν το Γεωργαλά (1980) στη σκέψη να συμμερισθεί την πρώτη άποψη του Wolff, δηλαδή ότι εδώ πρόκειται για ηφαιστειο , που πνέει τα λοίσθια και ότι η πρόσφατη αναζωπύρωση του ηφαιστείου της Σαντορίνης ανήκει στην τελευταία αναλαμπή της μαγματικής δραστηριότητας της περιοχής αυτής. Λίγο πριν ο Κισκύρας (1974) είχε εκφράσει την άποψη ότι η Σαντορίνη δεν θα μπορέσει να εξακολουθήσει για πολύ καιρό τις εκρήξεις της, διότι από την πετροχημική μελέτη λαβών της με διαφορετική ηλικία προέκυψε ότι το ρευστό μάγμα στην εστία (θάλαμο) των Καμμένων Σαντορίνης μειώθηκε σημαντικά. Αργότερα, με βάση την εμφάνιση υπεραργιλικών πετρωμάτων στο ηφαιστειακό τόξο του Νοτ. Αιγαίου, τα οποία παρουσιάζουν τάση προς ρυόλιθο, υποστηρίχθηκε (Kiskyras1983) ότι μόνον τα ηφαιστεια Σαντορίνης, αλλά και αυτά της Νισύρου και Μεθάνων έχουν χάσει όλη τους σχεδόν την εκρηκτική ικανότητα και επιπλέον ότι έχει ήδη σημάνει το τέλος του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Πρόσφατα (Κισκύρας 1990) ειδικά για το ηφαιστειο της Σαντορίνης αναφέρθηκε ότι έχει αρχίσει η παρακμή του, αλλά το μάγμα, από το οποίο τροφοδοτείται, έχει ακόμη μερικά περιθώρια να υποστεί και άλλο διαφορισμό, ώστε να δώσει στο μέλλον νέες εκρήξεις. Οι εκρήξεις όμως αυτές θα είναι πολύ περιορισμένες και ασήμαντες σε σύγκριση με τις προηγούμενες της Σαντορίνης, όπως και πολύ ασθενέστερες από τις σημερινές εκρήξεις του Βεζούβιου, που δίνει τεφριτικούς λευκίτες και της Αίτνας με θολειίτη, δηλαδή πετρώματα προερχόμενα από μάγματα, τα οποία έχουν αρκετά περιθώρια να υποστούν και άλλο διαφορισμό.

Αίτια, που προκάλεσαν την αποδυνάμωση της ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή της Θήρας.

Η εξασθένιση της ηφαιστειακής δραστηριότητας στην περιοχή αυτή φαίνεται και από τη μείωση του ποσού των ηφαιστειακών προϊόντων. Η Μινωική έκρηξη π.χ. έδωσε ηφαιστειακά υλικά, που ανέρχονται σε 18km³(Watkins et al 1978) ενώ όλες οι μεταμινωικές εκρήξεις σε διάστημα 3500 ετών έδωσαν μόνο 2,5km³(Heiken, Mc Coy 1984). Μείωση των προϊόντων ενός ηφαιστείου σημαίνει είτε με εξάντληση των ρευστών υλικών μέσα στο μαγματικό θάλαμο του ηφαιστείου αυτού, είτε πτώση της εκρηκτικής ικανότητας του μάγματος, που τροφοδοτούσε το ηφαιστειο. Οι τελευταίες εκρήξεις της Σαντορίνης (1925-1949) έδωσαν λάβες αρκετά πλούσιες σε διοξείδιο του πυριτίου, SiO₂>66%, αλλά με χαμηλές τιμές σε μαγνήσιο MgO<2%, που σημαίνει ότι προέρχονται από μάγμα, το οποίο είχε υποστεί έντονο διαφορισμό. Ο διαφορισμός αυτός είχε ως αποτέλεσμα τη στερεοποίηση και άλλων ρευστών υλικών και συνεπώς μείωση των φεμικών συστατικών του ρευστού μάγματος.

Από τη σύγκριση των λαβών προς τα ομοιογενή τους εγκλείσματα προκύπτει (Κισκύρας και Παπαγιαννοπούλου-Οικονόμου 1984) ότι η μείωση των φεμικών συστατικών παρουσιάζει τις ίδιες σχεδόν τιμές για τις λάβες των εκρήξεων Γεωργίου (1866-1870), της Δάφνης (1925/1926), Κτένα (1939) και Νίκης (1940/1941). Αν λάβουμε υπόψη ότι για τον έντονο διαφορισμό μάγματος και το σχηματισμό ομοιογενών εγκλεισμάτων απαιτείται μεγάλη

χρονική περίοδος, θα πρέπει να δεχτούμε τα εγκλείσματα στις λάβες των (1925/1941) δεν σχηματίστηκαν μετά την έκρηξη του 1939 ή του 1925/1929, δηλαδή σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα, αλλά πριν τις εκρήξεις 1866/1870. Οι εκρήξεις όμως αυτές δεν είχαν την ικανότητα να τα αποβάλλουν όλα στην επιφάνεια. Αυτό έγινε αργότερα όταν η συνεχιζόμενη ψύξη του μάγματος επιτάχυνε το διαφορισμό του μάγματος με αποτέλεσμα την έκλυση νέων αερίων, ώστε το μάγμα να αποκτήσει εκρηκτική δύναμη, να υπερνικήσει την πίεση των υπερκείμενων πετρωμάτων και τελικά να προκαλέσει νέα έκρηξη του ηφαιστείου (1925/1926) μικρότερη όμως σε ένταση απ' αυτήν των ετών 1866/1870. το ίδιο μπορούμε να πούμε και για τις επόμενες μικρές εκρήξεις των 1928, 1939/1941 και 1950.

Η σχετικά υψηλή περιεκτικότητα των λαβών αυτών σε ασβέστιο ($\text{CaO} > 4\%$) πιθανότατα οφείλεται σε αφομοίωση μετά την απόσταση του από το ασβεστολιθικό περίβλημα του μαγματικού θαλάμου. Η αφομοίωση όμως των υλικών αυτών θα συνοδεύεται με αποβολή θερμότητας στο περιβάλλον και συνεπώς θα προκαλεί ψύξη του μάγματος, τα οποία μόνο κατά ένα ποσοστό θα αντισταθμίζεται από τη θερμότητα, που παράγεται κατά την οξειδωση του FeO σε Fe_2O_3 (Εξώθερμη αντίδραση). Έτσι, όμως θα συνεχίζεται ο διαφορισμός του μάγματος και η στερεοποίηση και άλλων υλικών του με αποτέλεσμα τη μείωση του ρευστού υλικού στο θάλαμο. Εδώ όμως θα πρέπει να τονισθεί ότι το μάγμα, που βρίσκεται στο θάλαμο κάτω από την περιοχή των Καμμένων, δεν θα εξακολουθήσει να αφομοιώνει ασβέστιο από το ασβεστολιθικό του περίβλημα για το λόγο ότι με το διαφορισμό, που έχει υποστεί, εμπλουτίστηκε με αλκάλια και έτσι ελευθερούμενα αέρια HCl και HF , τα οποία θα μπορούσαν να δράσουν χημικώς στον ασβεστόλιθο και να προκαλέσουν έκλυση CO_2 , θα έχουν μικρά περιθώρια προς την κατεύθυνση αυτή (Κισκύρας 1990). Με τις εκρήξεις όμως αυτές του ηφαιστείου των Καμμένων επέρχεται μείωση των ρευστών υλικών και αερίων στο μαγματικό θάλαμο. Τούτο σημαίνει αποδυνάμωση (εξασθένηση) της εκρηκτικής ικανότητας του ηφαιστείου αυτού.

Σε ότι αφορά τα άλλα ηφαιστειακά κέντρα της Σαντορίνης, π.χ. το Ακρωτήρι, που θεωρείται ως παλαιότερο της περιοχής αυτής, μπορούμε να πούμε ότι έχει υποστεί πλήρη εξασθένηση. Τούτο προκύπτει από την εμφάνιση υπεραργιλικών πετρωμάτων με τάση προς ρυόλιθο, που σημαίνει ότι το μάγμα, το οποίον είχε παραμείνει στο μαγματικό θάλαμο, δεν μπορούσε ήδη από την εποχή, η οποία ακολούθησε αμέσως μετά το σχηματισμό των πετρωμάτων αυτών, να υποστεί άλλο διαφορισμό και να δώσει νέες εκρήξεις. Εξάντληση έχουν υποστεί και οι μαγματικοί θάλαμοι, που τροφοδότησαν όλα τα άλλα παλαιά ηφαίστεια της περιοχής Σαντορίνης, όπως συμπεραίνεται από το ότι τα ηφαίστεια της Θήρας έχουν δώσει ρυοδακτικούς τόφφους, το ηφαίστειο Σκάρος π.χ. έδωσε υαλοδακτικές λάβες, ενώ τα ηφαίστεια του Μικρού Προφήτη Ηλία δακίτη, το ηφαίστειο Μεγάλο Βουνό όξιτους ανδεσίτες και το ηφαίστειο Θηρασιά υπεραργιλικούς δακιοειδείς. Συνεπώς και αυτά τα ηφαίστεια δεν μπορούν να δώσουν άλλες εκρήξεις στο μέλλον.

Για το υποθαλάσσιο ηφαίστειο Κολούμπος, που βρίσκεται 6,5km ΒΑ της Σαντορίνης και έδρασε από 26IX μέχρι 6XII του 1650, δεν υπάρχουν πολλά στοιχεία. Από την ανάλυση ηφαιστειακών δειγμάτων γνωρίζουμε ότι το

ηφαίστειο έδωκε όξινα ανδεσιτικά πετρώματα. Η πετροχημική εξέταση των δειγμάτων αυτών επιτρέπει να υποθέσουμε ότι προέρχονται από μάγμα, που μπορεί να υποστεί και άλλο διαφορισμό συνεπώς να δώσει άλλες εκρήξεις. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από την παρατήρηση ότι το ηφαίστειο αυτό βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του ηφαιστειακού τόξου του Νοτ. Αιγαίου, όπου η ηφαιστειακή δραστηριότητα διαρκεί και αργότερα απ' ότι στην εξωτερική πλευρά του τόξου αυτού (Κισκύρας 1990/1992). Αν λάβουμε όμως υπόψη ότι κατά τη γνωστή έκρηξη του 1650 έδωσε πολλά πυροκλαστικά υλικά και άφθονο υδρόθειο, που μεταφέρθηκε πολλές δεκάδες χιλιόμετρα μακριά, μπορούμε να πούμε τα εξής: η άφθονη παρουσία H_2S και CO_2 , που θεωρούνται ως τα λιγότερο πτητικά από τα άλλα αέρια και χαρακτηρίζουν ατμιδική φάση του ηφαιστείου, σε συνδυασμό με την εκτίναξη πολλών πυροκλαστικών υλικών, αφήνει να υποθέσουμε ότι το μάγμα το οποίο τροφοδότησε το ηφαίστειο αυτό, προέρχεται από μεγαλύτερο βάθος απ' ότι στα άλλα ηφαιστειακά κέντρα της περιοχής Σαντορίνης και επιπλέον ότι η έκρηξη του ηφαιστείου αυτού θα κατέστη δυνατή έπειτα από τη στερεοποίηση μεγάλου ποσοστού μάγματος, που είχε ως αποτέλεσμα την έκλυση μεγάλων ποσοτήτων αερίων, ικανών να υπερνικήσουν την πίεση των υπερκείμενων πετρωμάτων και να τα διαρρήξουν. Όλα αυτά σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η μόνη γνωστή έκρηξη του ηφαιστείου αυτού είχε μικρή διάρκεια (70 μέρες) επιτρέπει να διατυπωθεί η άποψη ότι το ηφαίστειο Κολούμπος έχει εξασθενήσει και συνεπώς δεν πρόκειται να δώσει στο μέλλον άλλες επικίνδυνες εκρήξεις, άλλωστε είναι μακριά από κατοικημένες περιοχές. Αντίθετα στα ηφαίστεια της ομάδας Χριστιανών, 18km ΝΔ της Σαντορίνης (νησίδα :Χριστιανή, Ασκανία και Εσχάτη ή Μέρμηγκας) όπου διαπιστώθηκε παρουσία ανδεσίτη από τους Friedlaender-Sonder (1959) δακτιοειδή από τον Ktenas (1935) και ανδεσιτικών-δακτικών λαβών και ρυολιθικών κισσήσεων από τους Murad-Puchelt (1976) η τροφοδότηση τους υποτίθεται ότι έγινε από μαγματικό θάλαμο με μικρό βάθος. Στην περιοχή αυτή πρόκειται για παλαιά ηφαίστεια, πιθανώς σύγχρονα ή κατά τι παλαιότερα απ' αυτά στο Ακρωτήρι, που δεν μπορεί να δώσουν άλλες εκρήξεις.

Πετροχημικά στοιχεία που αναφέρονται στη μελλοντική εξέλιξη των άλλων ελληνικών ηφαιστειών.

Στο βόρειο Αιγαίο ο ηφαιστειακός κίνδυνος, σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία φαίνεται ότι έχει από πολύ καιρό εκλείψει. Τα ηφαίστεια, που έδρασαν εκεί κατά το Τερτατογενές, στη Θεσσαλία πχ τα ηφαιστειακά κέντρα Θήβες, Αχίλλειο και Πορφυρίων, δεν είναι δυνατόν να δώσουν νέες εκρήξεις και στην περίπτωση ακόμη, στην οποία υπάρχει ρευστό μάγμα στους θαλάμους, απ'όπου αυτά τροφοδότησαν (Κισκύρας 1964 και 1974). Το ίδιο μπορεί να ειπωθεί για τα ηφαίστεια Βορ. Σποράδων, Αγ. Ευστρατίου, Λήμνου και Λέσβου. Από τη μικρή περιεκτικότητα λαβών των ηφαιστειών αυτών σε SiO_2 σε συνδυασμό με την παρουσία FeO σε αυτές συμπεραίνεται, ότι το μάγμα, από το οποίο προέρχονται οι λάβες αυτές, δεν είχε υποστεί έντονο διαφορισμό, που μπορεί να εξηγηθεί, αν δεχτούμε ότι οι μαγματικοί θάλαμοι των ηφαιστειών αυτών βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος απ' ότι οι θάλαμοι του ηφαιστειακού τόξου στο Νοτ. Αιγαίο. Στις περιπτώσεις αυτές η ψύξη του μάγματος προχωρεί βραδύτατα, συνεπώς και η κρυστάλλωση των βασικών υλικών. Έτσι, το μάγμα, που έχει απομείνει εκεί θα πρέπει να υπερνικήσει

μεγάλη εξωτερική πίεση, δηλ. αυτήν, την οποία εξασκούν τα υπερκείμενα πετρώματα, που έχουν μεγάλο πάχος πάνω στην οροφή του μαγματικού θαλάμου για να μπορέσει να προκαλέσει έκρηξη, πράγμα αδύνατο με τις υπάρχουσες συνθήκες στο Βορ. Αιγαίο, εφόσον μεγάλο μέρος από τα αέρια του μάγματος όπως και τα ευκολοπτητικά συστατικά του, έχουν μεταφερθεί στα περιβάλλοντα πετρώματα υπό μορφή θερμών διαλυμάτων.

Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί ότι η άποψη (Μαρίνος 1963) κατά την οποία οι δύο μικρές λίμνες Ζιλέρια της περιοχής Αλμυρού- Θεσσαλίας είναι εμβρυώδη ηφαιστεια τύπου *mafe*, αντικρούστηκε (Κισκύρας) για το λόγο ότι το μάγμα, που τροφοδότησε τα γειτονικά ηφαιστεια Αχίλλειο και Θήβαι-Θεσσαλίας, δεν φαίνεται ότι είχε πολλά αέρια. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται πιθανότατα για κρατήρες, οι οποίοι σχηματίστηκαν από πτώση μετεωριτών στην περιοχή αυτή. Το θέμα αυτού βρίσκεται υπό εξέταση.

Τα τεταρτογενή ηφαιστεια του Κεντρικού και Νότιο Αιγαίου, π.χ. της Χίου, Σάμου, Πάτμου και Αντιπάρου που έδωσαν λάβες με $SiO_2 > 70\%$ και $FeO > Fe_2O_3$, θεωρούνται ως κατάλοιπα διαφορισμού μάγματος σε μικρό βάθος (Κισκύρας 1964). Οι λάβες αυτές, παρόλο που έχουν υποστεί ισχυρό διαφορισμό (υψηλή περιεκτικότητα σε SiO_2) παρουσιάζουν εντούτοις περίσσεια FeO . Η περιορισμένη οξειδωση του FeO σε Fe_2O_3 θα πρέπει να αποδοθεί σε ταχύτατο διαφορισμό μάγματος, τον οποίο προκάλεσε η ταχεία ψύξη του λόγω του μικρού βάθους των μαγματικών θαλάμων, που δεν διευκόλυνε ανάλογα την οξειδωση του σιδήρου. Το γεγονός εξάλλου ότι οι λάβες των ηφαιστειών αυτών έχουν πολύ μικρή περιεκτικότητα σε φερρικά συστατικά, ενώ αντίθετα είναι πλούσια σε αλκάλια και SiO_2 , αφήνει να υποθέσουμε ότι το μάγμα, που απέμεινε μετά το σχηματισμό των λαβών αυτών, δεν έχει πολλά περιθώρια να υποστεί άλλο έντονο διαφορισμό. Ειδικά για τα ηφαιστεια που έδωσαν αλκαλικούς ρυόλιθους, όπως αυτά της Αντιπάρου, Μήλου, Κω, Πάτμου, Σάμου, Χίου και Λέσβου, έχει τονισθεί ότι είναι ανίκανα πλέον να δώσουν νέες εκρήξεις ακόμα και στην περίπτωση κατά την οποία στο μαγματικό τους θάλαμο υπάρχει σήμερα ρευστό μάγμα, το οποίο όμως δεν μπορεί να αφομοιώσει άλλα υλικά από τα περιβάλλοντα πετρώματα. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις έχει διακοπεί η επικοινωνία των μαγματικών θαλάμων με την κύρια δεξαμενή μάγματος, δηλαδή το γήινο μανδύα, με αποτέλεσμα να μην γίνεται ανανέωση των υλικών, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν έκρηξη. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι όλα σχεδόν τα ηφαιστεια του Αιγαίου έχουν σήμερα σταματήσει (Κισκύρας 1964, 1978 και 1982).

Συμπεράσματα:

1. Τα ηφαιστειακά κέντρα του Βορ. Αιγαίου έχουν τροφοδοτηθεί από το μάγμα, που δεν είχε υποστεί έντονο διαφορισμό και θα μπορούσε συνεπώς να δώσει νέες εκρήξεις. Το μάγμα όμως αυτό βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και στο μεταξύ έχει απολέσει σημαντικό μέρος από τα πτητικά του, τα οποία έχουν μεταφερθεί υπό μορφή θερμών διαλυμάτων στα γύρω πετρώματα, ώστε τα εναπομείναντα αέρια και υδρατμοί να μην επαρκούν για να υπερνικήσουν την εξωτερική πίεση στα τοιχώματα του μαγματικού θαλάμου και να προκαλέσουν ηφαιστειακή έκρηξη. Για το λόγο αυτό αντικρούστηκε και

η άποψη ότι οι δύο μικρές λίμνες Ζιλέρια Αλμυρού-Θεσσαλίας είναι εμβρυώδη ηφαιστειακά τύπου maar. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται πιθανότατα για κρατήρες από πτώση μετεωριτών στην περιοχή αυτή.

2. Οι αλκαλικές ρυολιθικές λάβες στα ηφαιστειακά κέντρα του Κεντρικού και Νότιου Αιγαίου με $\text{SiO}_2 > 70\%$ και με $\text{FeO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$ προέρχονται από μάγμα, το οποίο είχε υποστεί έντονο διαφορισμό, λόγω του μικρού βάθους κάτω από τη γήινη επιφάνεια με αποτέλεσμα να μειωθεί σημαντικά το εναπομείναν ρευστό υλικό στο μαγματικό θάλαμο. Έτσι δεν μπορεί αυτό να υποστεί νέο διαφορισμό σε βαθμό, που θα προκαλούσε νέες ηφαιστειακές εκρήξεις.

3. Η ηφαιστειακή ομάδα της Σαντορίνης παρουσίασε μεγάλη εξασθένηση τις τρεις τελευταίες χιλιετίες, εφόσον στην Μινωική έκρηξη του 1500 π.Χ., περίπου έδωσε 18km^3 λάβες και αναβλήματα, ενώ στα 3500 έτη, που ακολούθησαν, τα ηφαιστειακά των Καμμένων, στα οποία περιορίστηκε σχεδόν όλη σχεδόν η δραστηριότητα των ηφαιστειακών εκρήξεων της Σαντορίνης, έδωσαν το ποσόν των 2.5 km^3 . Κατά την περίοδο αυτή η ηφαιστειακή δραστηριότητα παρουσίασε μια σαφή μεν, όχι όμως κανονική εξάρτηση από το χρονικό διάστημα ηρεμίας, που μεσολαβεί μεταξύ των εκρήξεων. Τούτο πρέπει να αποδοθεί στους παράγοντες: χρόνο διαφορισμού του μάγματος, που ελαττώνεται με τη μείωση της διάρκειας ηρεμίας του ηφαιστείου και ταχύτητα του μάγματος, η οποία αυξάνει με τη μείωση του ρευστού υλικού και την ανύψωση του μαγματικού θαλάμου.

4. Η μικρή περιεκτικότητα των λαβών των Καμμένων Σαντορίνης σε φεμικά συστατικά δείχνει ότι αυτές προέρχονται από μάγμα, το οποίο είχε υποστεί έντονο διαφορισμό, που δικαιολογείται από το μικρό βάθος του μαγματικού θαλάμου της περιοχής, χωρίς όμως να έχουν αναπληρωθεί τα στερεοποιηθέντα υλικά από άλλα ρευστά. Τούτο σημαίνει εξάντληση των αποθεμάτων του μαγματικού θαλάμου σε ρευστά υλικά, που αποτελεί πιθανή ένδειξη ότι ο μαγματικός θάλαμος των ηφαιστειών αυτών έχει χάσει την επικοινωνία με την ασθενόσφαιρα. Συνεπώς δεν μπορεί η περιοχή των Καμμένων να δώσει στο μέλλον σημαντικές εκρήξεις.

5. Οι όξινες λάβες των παλαιών ηφαιστειών της περιοχής Σαντορίνης (Ακρωτήρι, Θήρα, Μεγάλο Βουνό, Μικρός Προφήτης Ηλίας και Θηρασιά) προέρχονται από μάγμα, που είχε υποστεί έντονο διαφορισμό από τη Μινωική εποχή με αποτέλεσμα να εξασθενήσει η εκρηκτική τους ικανότητα. Συνεπώς, δεν θα πρέπει να αναμένονται στο μέλλον άλλες ηφαιστειακές εκρήξεις από τα αναφερθέντα ηφαιστειακά κέντρα.

6. Το μόνο ηφαιστειακό κέντρο της περιοχής της Σαντορίνης, που θα μπορούσε να δώσει στο μέλλον εκρήξεις, είναι το υποθαλάσσιο κέντρο Κολούμπος, το οποίο βρίσκεται στην εσωτερική πλευρά του ηφαιστειακού τόξου του Νότιου Αιγαίου, όπου η ηφαιστειακή δραστηριότητα παρουσιάζει μεγαλύτερη διαρκεία από ότι στην εξωτερική πλευρά του τόξου αυτού. Αλλά στην περίπτωση αυτή δεν θα πρόκειται για σοβαρές εκρήξεις, επειδή το ηφαιστειακό αυτό κέντρο βρίσκεται από καιρό σε στάδιο παρακμής, εφόσον η βραχύβια έκρηξη του 1650 ήταν πλουσιότατη σε διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι το κέντρο Κολούμπος

εκτός του ότι είναι υποθαλάσσιο, τροφοδοτείται από μεγαλύτερο βάθος σε σύγκριση με τα άλλα ηφαιστειακά κέντρα της περιοχής, μειώνει την επικινδυνότητά του. Άλλωστε το ηφαίστειο αυτό βρίσκεται και μακριά από κατοικημένες περιοχές. Όλα τα άλλα ελληνικά ηφαίστεια πρέπει να θεωρούνται κλινικός νεκρά υπό την ιατρική έννοια και όχι κοιμώμενα (dormant) όπως ήταν ο Βεζούβιος το 79, όταν κατέστρεψε την Πομπηία. Τούτο σημαίνει ότι μας προσφέρουν τις ήρεμες πια δυνάμεις τους ανενόχλητα για εκμετάλλευση.

ΤΟ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΟ ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΚΟΛΟΥΜΠΟΥ, ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ (ΕΛΛΑΔΑ)

Σύνοψη

Παρουσιάζεται η λεπτομερής μορφολογία του υποθαλάσσιου ηφαιστειακού κέντρου του Κολούμπου και τα αποτελέσματα της μελέτης των προϊόντων της έκρηξης, τα οποία συλλέχθηκαν τόσο υποθαλάσσια όσο και στη Σαντορίνη. Η συνεκτίμηση της μορφολογίας του υποθαλάσσιου κέντρου, των ιστορικών περιγραφών της έκρηξης και των αποτελεσμάτων της μελέτης των προϊόντων της, κάνει δυνατή την ανακατασκευή της εξέλιξης του ηφαιστειακού γεγονότος. Κατά το 1649-1650 αποτέθηκαν 2,19 km³ ρυοδακίτικου μάγματος, με εξωθητική –εκχυτική δραστηριότητα. Η παροξυσμική έκρηξη εκτίναξε 1,17 km³ ρυολιθικού μάγματος και προκάλεσε ένα κεντρικό καλδερικό βύθισμα στο υποθαλάσσιο οικοδόμημα και το γνωστό παλιρροιακό κύμα του 1650.

Ο μαγματικός θάλαμος που τροφοδότησε την ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι διαφορετικός από εκείνους των ενδοκαλδερικών ιστορικών εκρήξεων, με πιο εξελιγμένο και πλουσιότερο σε πτητικά μάγμα.

Εισαγωγή

Η ισχυρότερη και επικινδυνότερη ιστορική ηφαιστειακή έκρηξη στον Ελλαδικό χώρο υπήρξε αυτή του υποθαλάσσιου ηφαιστίου του Κολούμπου, το 1650 μ.Χ.. Τα δημοσιευμένα στοιχεία για τα χαρακτηριστικά της έκρηξης και τα προϊόντα της είναι ελάχιστα και βασίζονται στις ιστορικές περιγραφές.

Η πρώτη ακριβής προσέγγιση της μορφολογίας του οικοδομήματος έγινε από την Υπηρεσία Υποθαλάσσιας Γεωλογίας του ΙΓΜΕ το 1989-1991, στα πλαίσια ενός ευρύτερου προγράμματος μελέτης του ηφαιστειακού τόξου του νότιου Αιγαίου.

Τον Οκτώβριο του 1993, η Εταιρεία Υποβρυχίων Ερευνών (Ε.ΥΠ.Ε.), σε συνεργασία με το ΙΓΜΕ, πραγματοποίησε υποθαλάσσιες γεωλογικές και βιολογικές έρευνες στην περιοχή.

Στις ΒΑ ακτές της Σαντορίνης, εντοπίστηκε ορίζοντας τέφρας προερχόμενος από την έκρηξη του 1650 (Viougioukalakis & Sbrana 1994)

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τα πρώτα αποτελέσματα των ερευνών και επιχειρεί μια συνθετική ηφαιστειολογική εκτίμηση του συνόλου των παραπάνω στοιχείων.

Γεωλογικό πλαίσιο

Η Σαντορίνη είναι ένα σύνθετο πολυκεντρικό Τεταρτογενές ηφαιστειακό οικοδόμημα. Η διάταξη στο χώρο των διάφορων ηφαιστειακών κέντρων καθορίζεται από ένα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης τεκτονικό βύθισμα του υποβάθρου. Στην επιφάνεια η ηφαιστειακή δραστηριότητα εκδηλώνεται κατά μήκος δύο ηφαιστειο-τεκτονικών γραμμών ίδιας διεύθυνσης, ενεργές έως σήμερα, της γραμμής "Καμένης " και της γραμμής "Κολούμπου".

Το υποθαλάσσιο ηφαιστειακό κέντρο του Κολούμπου ορίζει το ΒΑ άκρο της ομώνυμης γραμμής. Νοτιότερα, η γραμμή ορίζεται κύρια από τρία ηφαιστειακά κέντρα: τον δακτύλιο τόφων του Κολούμπου, στο ομώνυμο ακρωτήριο, και στους κώνους σκωρίων του Κόκκινου και Μαύρου Βουνού.

Η ηφαιστειακή αυτή δραστηριότητα εκδηλώθηκε ταυτόχρονα, πριν από 40000 χρόνια περίπου. Κατά μήκος της ίδιας γραμμής υπολογίστηκε και η θέση του πόρου μεγάλων εκρηκτικών γεγονότων όπως του ιγνιμβρίτη του ακρ. Ρίβα (-21 Ka) και του Βουρβούλου (-80 Ka).

Η τελευταία ηφαιστειακή εκδήλωση κατά μήκος της γραμμής Κολούμπου είναι η μόνη ιστορική εξωκαλδερική ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Σαντορίνη, η οποία δημιούργησε ένα υποθαλάσσιο ηφαιστειακό οικοδόμημα γνωστό έως σήμερα ως ύφαλο Κολούμπου.

Μορφολογία

Το υποθαλάσσιο ηφαιστειακό οικοδόμημα του Κολούμπου βρίσκεται 7.3 km ΒΑ της Σαντορίνης. Η ύπαρξή του είναι γνωστή από τη στιγμή της εκδήλωσης χερσαίας ηφαιστειακής δραστηριότητας στο χώρο, το 1650. Στους ναυτιλιακούς χάρτες αναφέρεται σαν ύβωμα Κολόμππος ή Kolombus, χωρίς να δίνεται η ακριβής μορφολογία του.

Η πρώτη ακριβής προσέγγιση της μορφολογίας έγινε από το ΙΓΜΕ. Η επεξεργασία των πρώτων αυτών καταγραφών και τα ενδιαφέροντα αποτελέσματα της κίνησαν το ενδιαφέρον στην Ε.ΥΠ.Ε. για περαιτέρω λεπτομερέστερη έρευνα. Μετά από συνεννόηση και σε συνεργασία με το ΙΓΜΕ, πραγματοποίησε τον Οκτώβριο του 1993 υποθαλάσσιες γεωλογικές και βιολογικές έρευνες στην περιοχή. Αυτές περιλάμβαναν λεπτομερείς βαθυμετρικές διασκοπήσεις, κατάδυση ειδικευμένων αυτοδυτών για επί τόπου παρατηρήσεις, φωτογράφιση και δειγματοληψία.

Για την πραγματοποίηση των βαθυμετρικών διασκοπήσεων χρησιμοποιήθηκε βαθύμετρο τύπου FURUNO FE-814 με συχνότητα εκπομπής ήχου 28 Khz και ακρίβειας $\pm 0,5m$. Ο προσανατολισμός του σκάφους έγινε με τη βοήθεια συσκευής GPS GARMIN, ακρίβειας $\pm 50m$. Η περιοχή που ερευνήθηκε έχει

έκταση 21 Km² περίπου και καλύφθηκε από διαδρομές συνολικού μήκους 65km. Οι αποστάσεις μεταξύ των διαδρομών ήταν περίπου 400m.

Η επεξεργασία των βαθυμετρικών δεδομένων έγινε εξ ολοκλήρου στον Η/Υ με το πρόγραμμα Surfer. Για την περιοχή που δεν καλύφθηκε από τις διαδρομές της Ε.ΥΠ.Ε: χρησιμοποιήθηκαν τα βαθυμετρικά στοιχεία που είχαν συλλεχθεί από το ΙΓΜΕ. Η γεωστατιστική επεξεργασία 340 σημείων τυχαίας κατανομής οδήγησε στη δημιουργία κανονικού κανάβου 8.000 σημείων. Ακολουθήθηκε η μέθοδος του βαρυμετρικού μέσου, σε συνάρτηση του αντιστρόφου του τετραγώνου της απόστασης του κάθε σημείου από τα πλησιέστερα 4 αρχικά σημεία τυχαίας κατανομής.

Το ηφαιστειακό οικοδόμημα οριοθετείται από τις ισοβαθείς των -260 έως -300 μέτρων. Έχει σχήμα ελλειψοειδούς με μέγιστο άξονα περίπου 8 km και ελάχιστο περίπου 4,3 km. Η διεύθυνση του μέγιστου άξονα είναι ΒΑ-ΝΔ. όσο μεταβαίνουμε προς την κορυφή το οικοδόμημα τείνει προ συμμετρική θολοειδή μορφή.

Τα εξωτερικά πρηνή του είναι σχετικά ομαλά με μέση κλίση 6⁰. Παρουσιάζει τη μέγιστη κλίση στη Ν. Πλευρά (10⁰) και την ελάχιστη στη ΒΔ (4,5⁰).

Το κεντρικό βύθισμα οριοθετείται από ένα σύνολο κορυφών που βρίσκονται σε διαφορετικά ύψη μεταξύ τους και ενώνονται με βαθύτερες ράχες, ορίζοντας ένα δακτύλιο διαμέτρου 1,6-3,7 km. Η υψηλότερη κορυφή βρίσκεται στο ΝΔ τμήμα του δακτυλίου και φτάνει έως τα -18m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην κορυφή αυτή πραγματοποιήθηκαν καταδύσεις από την Ε.ΥΠ.Ε.. Η επιφάνεια της είναι ομαλή και ελαφρώς κυρτή. Καλύπτεται από πλούσια χλωρίδα, ενώ στα ακάλυπτα σημεία παρατηρούνται λιθάρια και τεμάχια κίσσηρης και λαβών διαμέτρου κυμαινόμενης μεταξύ 2-40 cm. Δεν διαπιστώθηκε παρουσία λεπτομερούς υλικού.

Το καρέ ρυολιθικό γυαλί της κύριας μάζας είναι παρόν σε πολύ μικρότερη ποσότητα σε σχέση με τα προηγούμενα δείγματα. Οι ορυκτές φάσεις, κατά σειρά αφθονίας είναι πλαγιόκλαστο (An₉₅-An₅₉), αυγίτης, υπερσθένης, βιοτίτης, κεροστίλβη και οξειδία.

Παρατηρούνται λίγα δευτερογενή ορυκτά (ασβεστίτης – ζεόλιθοι) και στα τρία δείγματα. Σαν δευτερεύων ορυκτό είναι σταθερά παρών ο απατίτης, ενώ παρατηρούνται ξενοκρύσταλοι χαλαζία.

Η κίσσηρη είναι έντονα φυσαλιδοποιημένο ρυολιθικό γυαλί με ελάχιστους μικροφαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστου (An₇₉-An₂₁), βιοτίτη, κεροστίλβης, αυγίτη και υπερσθενή.

Κοντά στις ΒΑ ακτές της Σαντορίνης εντοπίστηκε ορίζοντας στάχτης πτώσης, προερχόμενος από την έκρηξη του 1650, πρόκειται για άστρωτη λεπτόκοκκη ανοιχτού γκρι χρώματος στάχτη, μέγιστου πάχους απόθεσης 30cm και χαρακτηριστική παρουσία λιθαρίων συσσωμάτωσης μέσης διαμέτρου 1cm. Αντιπροσωπευτικά δείγματα μελετήθηκαν στο διοπτικό και πετρογραφικό

μικροσκόπιο. Ένα κλάσμα διαμέτρου $> 1/25\text{mm}$ μελετήθηκε στο SEM (Philips 550 με μικροαναλυτή EDAX PV 9900 EDS, 100sec, 20Kv).

Το κύριο ποσοστό των θραυσμάτων αποτελείται από νεανικά θραύσματα. Παρατηρείται ένα μικρό ποσοστό λιθικών από παλιές λάβες, υποηφαιστειακά και μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Τα νεανικά θραύσματα διακρίνονται σε θραύσματα έντονα φυσαλιδοποιημένης ρυολιθικής κίσηρης, θραύσματα συμπαγούς γυαλιού και θραύσματα κρυστάλλων. Οι ορυκτές φάσεις, κατά σειρά αφθονίας είναι πλαγιόκλαστο ($\text{An}_{88}\text{-An}_{34}$), υπερσθενής, αυγίτης, βιοτίτης, κεροσίλβη, οξειδία και απατίτης.

Ανακατασκευή του ηφαιστειακού γεγονότος

Όλα τα παραπάνω στοιχεία επιτρέπουν μια λεπτομερή ανακατασκευή της ηφαιστειακής δράσης του Κολούμπου.

Η ανέξοδος του μαγματικού υλικού προκαλείται στις αρχές του 1649 από τεκτονικά σεισμικά γεγονότα. Ορισμένα από τα σεισμικά γεγονότα του 1649 μπορούν να θεωρηθούν τεκτονικά καθώς έγιναν αισθητά στα γύρω νησιά. Η μεγάλη πλειοψηφία των σεισμών αυτού του έτους μπορούν να χαρακτηρισθούν σαν ηφαιστειακοί και δηλούν την εξώθηση και έκχυση μαγματικού υλικού, το οποίο αρχίζει να οικοδομεί το υποθαλάσσιο ηφαιστειακό κέντρο του Κολούμπου σε ένα πυθμένα βάθους 300m.

Η σεισμική κρίση του Μαρτίου του 1650 μπορεί επίσης να θεωρηθεί σαν συνέχιση της οικοδόμησης του Κολούμπου. Η μη εκδήλωση εκρηκτικών γεγονότων στις δύο πρώτες φάσεις οικοδόμησης του ηφαιστείου μπορεί να αποδοθεί σε δύο αίτια. Το πρώτο είναι η έξοδος του μάγματος σε μεγάλο βάθος, με υπερκείμενη υδροστατική πίεση 30 bar, που αποτρέπει την εκδήλωση εκρηκτικών γεγονότων. Το δεύτερο είναι η ήπια απελευθέρωση των μαγματικών πτητικών στις πρώτες φάσεις εκδήλωσης της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Κάτι τέτοιο παρατηρείται σε όλες τις φάσεις εκδήλωσης της ενδοκαλδερικής ηφαιστειακής δραστηριότητας που οικοδόμησε τη Ν. Καμένη.

Η Τρίτη και τελευταία φάση της ηφαιστειακής δράσης αρχίζει στις 4/9/1650. Το οικοδόμημα βρίσκεται ήδη σε μικρό βάθος και αναδύεται λίγες μέρες αργότερα (26/9). Η κίσηρη που αποτελούσε το νησί μάλλον είναι προγενέστερη-Μινωική πιθανά- και έχει παρασυρθεί από το εξωθούμενο μάγμα, καθώς δεν αναφέρονται εκρήξεις που να δικαιολογούν την παρουσία της σαν νεανικό προϊόν. Κάτι αντίστοιχο έχει καταγραφεί και σε ενδοκαλδερικά γεγονότα.

Η εκρηκτικά ηφαιστειακή δραστηριότητα αρχίζει στις 27/9 και οι πρώτες φάσεις της (27 και 28/9) είναι κύρια υδρομαγματικές, όπως προκύπτει από την περιγραφή των εκρηκτικών φαινομένων. Οι εκρήξεις οφείλονται στη θρυμματοποίηση του μάγματος κατά την επαφή του με το θαλασσινό νερό.

Στις 29/9 η μαγματική εκρηκτική συνισταμένη αυξάνει εμφανώς και δημιουργούνται οι πρώτες σχετικά υψηλές εκρηκτικές στήλες. Μεγάλες ποσότητες μαγματικών αερίων αρχίζουν να απελευθερώνονται.

Η παροξυσμική εκρηκτική φάση (30/9) εκδηλώνεται σε χερσαίες συνθήκες και είναι κύρια μαγματική εκρηκτική δραστηριότητα πλινιακού τύπου.

Οι μορφολογικές παρατηρήσεις και αναλύσεις το SEM, νεανικών θραυσμάτων που αποτέθηκαν από την παροξυσμική εκρηκτική φάση σαν ορίζοντας στάχτης πτώσης στη ΒΑ Σαντορίνη, επιβεβαιώνει τα παραπάνω. Το κύριο μέρος των νεανικών θραυσμάτων είναι έντονα φυσαλιδοποιημένη κίσηρη και τοιχώματα φυσαλίδων γυαλιού, γεγονός που υποδεικνύει θρυμματοποίηση από μαγματικά αέρια. Ένα μέρος των νεανικών θραυσμάτων παρουσιάζει χαρακτηριστικά υδρομαγματικής έκρηξης (συμπαγές γυαλί σε χαμηλή φυσαλιδοποίηση και έντονη θρυμματοποίηση). Η παρουσία τους στον ορίζοντα στάχτης μπορεί να εξηγηθεί μέσω της επανεκτόξευσης, από την παροξυσμική φάση, μέρους των υδρομαγματικών προϊόντων που είχαν ήδη αποτεθεί γύρω από τον κρατήρα, από τις πρώτες εκρηκτικές υδρομαγματικές φάσεις.

Η κένωση μέρους του μαγματικού θαλάμου από την παροξυσμική έκρηξη συνεπάγεται αμέσως μετά το πέρας της την κατάρρευση του υπερκείμενου οικοδομήματος και τη δημιουργία του καλδερικού βυθίσματος, προκαλώντας το γνωστό παλιρροιακό κύμα.

Η ηφαιστειακή δραστηριότητα συνεχίζει στο εξής κύρια με την απελευθέρωση των μαγματικών αερίων, καθώς η εκβάθυνση του πόρου (-500m) δεν επιτρέπει τη συνέχιση της εκδήλωσης εκρηκτικής δραστηριότητας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λόγω των τεράστιων ποσοτήτων μαγματικών αερίων που απελευθερώθηκαν και της απομακρυσμένης θέσης του ηφαιστειακού κέντρου σε σχέση με τις Καμένες, είχε ήδη διατυπωθεί η άποψη ότι πρόκειται για ένα νέο μαγματικό θάλαμο που τροφοδοτείται με μάγμα διαφορετικής σύστασης από αυτό των Καμένων. Αυτό επιβεβαιώθηκε πλήρως με τις αναλύσεις των δειγμάτων του Κολούμπου στο μικροαναλυτή και το SEM. Πρόκειται για πιο εξελιγμένο μάγμα σε σχέση με αυτό των Καμένων, με ορυκτές φάσεις (Hbl-Bi) που δεν παρατηρούνται ούτε στις Καμένες ούτε στην Μινωική έκρηξη.

Η μορφή των ανδεσιτικών σκωριωδών τεμαχών που εντοπίστηκαν και η ρυολιθική σύσταση του γυαλιού της κύριας μάζας, συνηγορούν για την προέλευσή τους από ζώνες συγκέντρωσης κρυστάλλων σε ένα μεγάλων διαστάσεων μαγματικό θάλαμο. Για την τελική επιβεβαίωση όλων παραπάνω αναμένονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων σε ολικό πέτρωμα και της ισοτοπικής τους σύστασης.

Ο όγκος του μάγματος που αποτέθηκε με εξωθητικούς–εκχυτικούς μηχανισμούς κατά το 1649,1650, υπολογίστηκε προσομοιώνοντας στον Η/Υ το οικοδόμημα πριν από την κατάρρευση με συμμετρικό ελλειψοειδές. Θεωρώντας σαν βάση των λαβών τη ισοβαθή των 280m προκύπτουν 2,19 km³ μάγματος. Η απότομη μορφολογία των πρανών του όλου οικοδομήματος και η έλλειψη οποιασδήποτε κάλυψης του με ιζηματογενές υλικό μας

επιτρέπουν να θεωρήσουμε όλο το οικοδόμημα σαν προϊόντα του 1649-1650. το όριο της βάσης των λαβών του Κολούμπου στα 280-300m επιβεβαιώνεται και από την αλλαγή στην κλίση των πρανών του καλδερικού βυθίσματος που παρατηρείται μετά τα 300m, αλλαγή που υποδεικνύει αλλαγή του σχηματισμού σε αυτό το βάθος.

Ο όγκος του μάγματος που εκτινάχθηκε από την έκρηξη σαν πυροκλαστικά προϊόντα, υπολογίστηκε με βάση τον όγκο του καλδερικού βυθίσματος και την προσομοιωμένη ανώτερη επιφάνεια του οικοδομήματος πριν την κατάρρευση. Προκύπτουν έτσι $1,17\text{km}^3$ μάγματος, τα οποία αντιστοιχούν σε $4,87\text{ km}^3$ κίσηρης, θεωρώντας την πυκνότητα του μάγματος 2.500kg/m^3 και αυτή της κίσηρης 600kg/m^3 (από εκτίμηση του ποσοστού φουσαλιδοποίησης).

Το σύνολο του όγκου του μάγματος που παράχθηκε κατά την ηφαιστειακή δράση του 1649-1650 υπολογίστηκε έτσι σε $3,36\text{km}^3$. Όγκος μεγαλύτερος από το σύνολο του όγκου του μάγματος που υπολογίζεται ότι τροφοδότησε της ιστορική ενδοκαλδερική δραστηριότητα, η οποία οικοδόμησε τις Καμένες ($2,5\text{ km}^3$). Επιβεβαιώνεται έτσι και με τους παραπάνω ποσοτικούς υπολογισμούς ότι η έκρηξη του Κολούμπου ήταν η μεγαλύτερου μεγέθους και έντασης ιστορική ηφαιστειακή δράση που εκδηλώθηκε στον Ελλαδικό χώρο.

Ινστιτούτο Μελέτης και Παρακολούθησης του Ηφαιστείου της Σαντορίνης (ΙΜΠΗΣ)

Ακολουθεί μια συνοπτική αναφορά στο ΙΜΠΗΣ (Ινστιτούτο Μελέτης και Παρακολούθησης του Ηφαιστείου της Σαντορίνης).

Το ΙΜΠΗΣ ιδρύθηκε το καλοκαίρι του 1995, με σαφή μη κερδοσκοπικό χαρακτήρα, έχοντας ως κύριο σκοπό τη συνέχιση της λειτουργίας του Ηφαιστειολογικού Παρατηρητηρίου και των δικτύων παρακολούθησης που εγκαταστάθηκαν το 1994-1995 στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την Ε.Ε. Κύριος στόχος του είναι ακόμη η προώθηση της ηφαιστειολογικής έρευνας στο νησί, ειδικότερα δε αυτής που συνεισφέρει ουσιαστικά στην καλύτερη εκτίμηση του ηφαιστειακού κινδύνου και βελτιώνει τις δυνατότητες πρόβλεψής του.

Το ΙΜΠΗΣ θωρακίζει τη Σαντορίνη με ένα αξιόπιστο σύστημα, το οποίο εγγυάται την έγκαιρη πρόβλεψη τυχόν επαναδραστηριοποίησης του ηφαιστείου και τη διάψευση τυχόν αναίτιων συναγερμών και φημολογιών για το ηφαίστειο, με όλες τις θετικές επιπτώσεις που αυτό συνεπάγεται.

Στα μέλη του ΙΜΠΗΣ (62) περιλαμβάνονται οι περισσότεροι από τους Έλληνες επιστήμονες που έλαβαν μέρος στο σχετικό πρόγραμμα της Ε.Ε., εκπρόσωποι των φορέων του νησιού και στελέχη της κοινωνίας της Σαντορίνης.

Την ευθύνη για την καλή λειτουργία του ηφαιστειολογικού παρατηρητηρίου και των δικτύων παρακολούθησης έχει η Επιστημονική Επιτροπή

Το παρατηρητήριο και τα γραφεία του Ινστιτούτου στεγάζονται στο Φηροστεφάνι, σε χώρο που έχει παραχωρηθεί στο ΙΜΠΗΣ

Το ΙΜΠΗΣ απασχολεί σε μόνιμη βάση στη Σαντορίνη ένα παρατηρητή, ο οποίος φροντίζει για την καλή λειτουργία των δικτύων, έχει την ευθύνη της πρώτης εκτίμησης των καταγεγραμμένων μεγεθών

Από το 1995 έως σήμερα το ΙΜΠΗΣ κατόρθωσε να κρατήσει σε λειτουργία τα κυριότερα δίκτυα παρακολούθησης

Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΥ ΣΗΜΕΡΑ

Τα ηφαιστειακά κέντρα των Καμένων, μετά την έκρηξη του 1950, βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας. Οι μόνες επιφανειακές εκδηλώσεις που θυμίζουν την ύπαρξη του μάγματος κάτω από τα νησιά είναι οι πολυάριθμες θερμές πηγές που αναβλύζουν στις ακτές τους και η διαφυγή θερμών αερίων από τις ατμίδες των κεντρικών κρατήρων της Νέας Καμένης. Τα αέρια αυτά έχουν θερμοκρασία μεταξύ 93 και 97 βαθμών Κελσίου. Είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), υδρατμοί και θερμός ατμοσφαιρικός αέρας με μικρό ποσοστό άλλων αερίων όπως υδρόθειο, μεθάνιο κ.λ.π. Στα σημεία που διαφεύγουν αποθέτουν ορυκτά του θείου, γύψο και άλλα υδροθερμικά ορυκτά.

Ένα μοντέρνο ολοκληρωμένο δίκτυο παρακολούθησης δεκάδων φυσικών και χημικών παραμέτρων (θερμοκρασία και χημική σύσταση των ατμίδων και θερμών νερών, σεισμική δραστηριότητα, στάθμη της θάλασσας και ανάγλυφο της περιοχής, βαρυτικό και μαγνητικό πεδίο της γης κ.ά.) έχει εγκατασταθεί πρόσφατα στα νησιά αυτά και την ευρύτερη περιοχή της Σαντορίνης. Το δίκτυο αυτό εξασφαλίζει την καταγραφή οποιουδήποτε φαινομένου ή συμβάντος που θα μπορούσε να σημαίνει πιθανή επαναδραστηριοποίηση του ηφαιστείου και εγγυάται την έγκαιρη λήψη μέτρων έτσι ώστε οι επισκέπτες των νησιών να μη διατρέχουν κανένα απολύτως κίνδυνο από ενδεχόμενο ξύπνημα του ηφαιστείου.

Το ηφαίστειο και ο τουρισμός

Η σημερινή εικόνα της Σαντορίνης αποτελεί ένα από τα πιο εντυπωσιακά και ιδιαίτερα τοπία σε ολόκληρο τον κόσμο. Το φαιοκάστανο και γκριζότεφρο χρώμα της θηραϊκής γης σε συνδυασμό με τους παραδοσιακούς σύγχρονους οικισμούς, που είναι χτισμένοι στο φρύδι της μεγαλύτερης καλντέρας του κόσμου, δημιουργούν έναν απaráμιλλο συνδυασμό ανάμεσα στο φυσικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον. Το τοπίο διαφέρει ριζικά από το υπόλοιπο Αιγαίο και έχει μετατρέψει το νησί σε τουριστικό προορισμό πρώτης προτεραιότητας σε παγκόσμια κλίμακα.

Το ηφαίστειο της Σαντορίνης καθορίζει τη ζωή του νησιού και αποτελεί την αιτία που το κάνει να ξεχωρίζει ανάμεσα σε χιλιάδες μικρά και μεγάλα νησιά του αρχιπελάγους του Αιγαίου. Χωρίς το ηφαίστειο, η Σαντορίνη σήμερα πιθανώς να ήταν άλλο ένα απλώς όμορφο ελληνικό νησί, όπως όλα τα γειτονικά της. Ωστόσο, η επιβλητική παρουσία της καλντέρας και οι υδρατμοί που πολλές φορές αναβλύζουν από τον κρατήρα του ενεργού ηφαιστείου αποκαλύπτουν πόσο λεπτά είναι τα όρια ανάμεσα στην ευημερία και την καταστροφή, και υπενθυμίζουν ότι όλοι οι πολιτισμοί στηρίχθηκαν στην

πώση των προηγούμενων. Ταυτόχρονα η εικόνα του Ακρωτηρίου μαρτυρά πόσο άνιση μπορεί να γίνει η μάχη ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση.

Η εικόνα της Σαντορίνης σήμερα

Οι οικισμοί του νησιού είναι χτισμένοι στο φρύδι της καλντέρας προσφέροντας ιδανική θέα στους επισκέπτες, οι οποίοι μέσω ενός κεντρικού οδικού δικτύου και αρκετών γραφικών διαδρομών και μονοπατιών μπορούν να απολαύσουν την ιδιόμορφη αρχιτεκτονική και το μοναδικό ηφαιστειακό τοπίο. Η πρωτεύουσα, τα Φηρά, αποτελεί τη σύγχρονη εικόνα του νησιού με το συνδυασμό παραδοσιακής και νεότερης τουριστικού χαρακτήρα αρχιτεκτονικής.



(Εικόνα 58)

Το Αρχαιολογικό Μουσείο Θήρας με ευρήματα από την αρχαία Θήρα και τα ιστορικά χρόνια, το Μουσείο Προϊστορικής Θήρας με μια σύγχρονη και αντιπροσωπευτική παρουσίαση των πολυάριθμων ευρημάτων του Ακρωτηρίου, η καθολική μητρόπολη και το μοναστήρι των Δομινικανών καλογριών, αλλά και το Μέγαρο Γκίζι (1700) που περιλαμβάνει χάρτες, πίνακες ζωγραφικής από τις Κυκλάδες καθορίζουν την πολιτιστική φυσιογνωμία της σημερινής πρωτεύουσας. Οι υπόλοιποι οικισμοί, όπως η Οία, το Ημεροβίγλι και ο Πύργος, διατηρούν περισσότερο παραδοσιακή εικόνα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα ηφαίστεια είναι η δύναμη της φύσης που ξεπερνά τα ανθρώπινα μέτρα και έργα και αλλάζει το περιβάλλον βίαια κάποιες φορές, σε βάθος χρόνου.

Πάντα υπήρχαν ηφαίστεια και γινόταν σεισμοί στον κόσμο, είναι και η αιτία για τη μορφολογία της γης αυτή τη στιγμή.

Σήμερα ο άνθρωπος ψάχνει να βρει τρόπους να ελέγχει τα ηφαίστεια και τους σεισμούς, για να μπορεί να προφυλάσσεται από τις τρομερές καταστροφές που προκαλούν!

Με την αξιοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού αναλύονται οι συνθήκες και τα αίτια τα οποία σχετίζονται με τη δημιουργία του, ένα ιστορικό της εξέλιξής του με στατιστικά στοιχεία, ερευνητικά δεδομένα και επίκαιρα άρθρα, οι επιπτώσεις που εντοπίζονται στο περιβάλλον αλλά και στο κοινωνικό πεδίο καθώς και οι παράγοντες που μπορεί να συμβάλλουν θετικά προς την κατεύθυνση της επίλυσής του.