

ΜΕΡΙΚΕΣ ΣΚΕΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ *

Υ Π Ο

Δ Η Μ. Α. Κ Ι Σ Κ Υ Ρ Α

Σύνοψις. Τὰ ἡφαίστεια μὲ τὶς ἀσβεστοαλκαλικὰς λάβες τοῦ Αἰγαίου προέρχονται ἀπὸ σιαλικὸ μάγμα, ποὺ κατὰ τὴν κύρια φάση τῶν ὁρογενέσεων εἶχε εἰσχωρήσει στὰ ἱζημῆματα τῶν γεωσυγκλίνων, καὶ συνδέονται μὲ ρήγματα, ποὺ σχηματίσθησαν μέσα σὲ γεωσυγκλινεῖς ζῶνες καὶ μάλιστα μεταξὺ τῶν τμημάτων ποὺ εἶχαν ἐπωθηθεῖ πρὸς δυσμὰς πάνω στὴν Προχώρα καὶ μετὰ τὴν πτύχωση ἄρχισαν ν' ἀνεβαίνουν, καὶ τῶν τμημάτων στὴν ἀνατολικὴ πλευρὰ τῶν ζωνῶν αὐτῶν, ποὺ σχετικῶς μὲ τὰ πρῶτα ὑποχωροῦσαν πρὸς ἀνατολὰς καὶ πρὸς τὰ κάτω, π. χ. στὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος (ἡφαίστεια Κυκλαδικοῦ τόξου), στὴ ζώνη Ἀξίου (ἡφαίστεια δυτικῆς Μακεδονίας, Κύτης καὶ Ν. Χίου) καὶ στὴν ἀνατολικὴ ζώνη Δέσβου - Χαλκιδικῆς (ἡφαίστεια Δέσβου, Ἀγ. Εὐστρατίου καὶ Ἀνατ. Χαλκιδικῆς). Οἱ ἀλκαλικὰς λάβες τῆς ἐλληνικῆς περιοχῆς συναντῶνται κατὰ κύριο λόγο στὴν Πελαγονικὴ ζώνη καὶ προέρχονται ἀπὸ βασαλτικὸ μάγμα, ποὺ κατὰ τὴν τεκτογένεση τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος εἶχε εἰσχωρήσει μέσα στοὺς ὑπόβαθρο τῆς Πελαγονικῆς ζώνης ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὴ ζώνη Σιμά, χάρις σὲ ρήγματα ἐφελκυσμοῦ ἐξ αἰτίας τῶν ὑπογεῶν ρευμάτων μεταφορᾶς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ εἶχαν στὸν κεντρικὸ τομέα τῆς Πελαγονικῆς ζώνης ΑΒΑ—ΑΝΔ διεύθυνση, ἐνῶ στοὺς νότιο τομέα αὐτῆς Β—Ν διεύθυνση.

Abstrakt. Die kalkalkalinen Laven des ägäischen Gebiets treten an den versenkten Teilen der geosynklinalen Zonen auf. Es handelt sich hier um die ost-hellenische Zone (Vulkane des kykladischen Bogens), die Axioszone (Vulkane des W. Mazedoniens, Kymi und S. Chios), und die Ostzone von Lesbos und Chalkidiki (Vulkane der Insel Lesbos und Agios Eustratios). Diese Vulkane sind mit Zerrungsbrüchen verknüpft, die dort nach der Hauptfaltung entstanden sind, nämlich zwischen den nach Westen über das Vorland verschobenen Teilen, die dann samt diesem emporstiegen, und den nicht verschobenen Teilen, die sich bezüglich zu den erstgenannten östlich zurückzogen. Die alkalischen Laven des griechischen Gebiets sind hauptsächlich an die pelagische Zone gebunden und stammen aus basaltischen Magma her, das aus der Sima-Zone in dem Substratum des Rücklandes (pelagische Zone), während der Tektogenese der ost-hellenischen Zone, durch Brüche, infolge der Zugkraft von Konvektionsströmen, eindrang. Diese Ströme hatten eine ONO-WSW Richtung in der nördlichen und eine N-S in südlichen Abschnitt der pelagischen Zone.

Ἡ περιοχή τοῦ Αἰγαίου, ἔπειτα ἀπὸ τὶς ἀλπικὰς πτυχώσεις, παρουσίασε ἔντονη ἡφαιστειακὴ δραστηριότητα, ὅπως μαρτυροῦν τὰ νεογενῆ καὶ τεταρτογενῆ ἡφαιστειακὰ κέντρα στοὺς Σαρωνικὸ κόλπο, Κυκλάδες, Λωδεκά-

*Ἡμερικὰ Βιβλίο της "Θεωρίας" τοῦ ἡμερικοῦ Γεωλόγου Α.Π.Ο. et la tectonique de l'Égée. Ἀνεκοινώθη κατὰ τὴν συνεδρίαν τῆς 11 - 12 - 1961.

νησα, παραλιακά νησιά Μικρᾶς Ἀσίας, Θράκη, Δυτ. Μακεδονία, Βόρειες Σποράδες, ΝΑ Θεσσαλία καὶ Εὐβοία. Παρ' ὅλα αὐτὰ τὸ Αἰγαῖο, σὲ σύγκριση μὲ ἄλλες χώρες, δὲν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ πλούσιο σὲ ἡφαίστεια. Γι' αὐτὸ καὶ ὁ PHILIPPSON (52, 394) χαρακτηρίζει τὸ Αἰγαῖο σὰν ἐνδιάμεση περιοχὴ μεταξὺ τῆς σχεδὸν χωρὶς ἡφαίστεια ἐλληνικῆς χερσονήσου καὶ τῆς πλούσιας σὲ ἡφαίστεια Μικρᾶς Ἀσίας. Τὰ ἡφαίστεια τοῦ Αἰγαίου, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἰδιαίτερα προβλήματα ποὺ ἔχει τὸ καθένα χωριστά, δηλαδὴ τὸ εἶδος τοῦ μάγματος καὶ τοὺς μορφολογικοὺς χαρακτῆρες, παρουσιάζουν καὶ κοινὰ προβλήματα, ὅπως τὰ αἷτια τῆς ἐμφανίσεως τῶν ἡφαιστειῶν αὐτῶν στὸ Αἰγαῖο, καὶ μάλιστα στὶς γνωστὲς θέσεις, τὰ αἷτια τῆς διαφορετικῆς πετροχημικῆς συστάσεως τῶν λαβῶν, κ.λ.π.

Ὁ ΚΤΕΝΑΣ (30 καὶ 32), ποὺ μελέτησε ἀρκετὰ τὰ ἡφαίστεια τοῦ Αἰγαίου, ἀσχολήθηκε κυρίως μὲ τὴν ὀρυκτοχημικὴ σύσταση τῶν λαβῶν καὶ διαχώρισε ἀπὸ τὴν ἄποψη αὐτῇ ὁρισμένους ζῶνες ἡφαιστειῶν. 1) Μιὰ τοξοειδῆ ζώνη ἀπὸ ἡφαίστεια μὲ τυπικὲς ἀσβεστοαλκαλικὲς λάβες (δακίτες, δακιτοειδεῖς καὶ ἀνδεσίτες), ποὺ ἀρχίζει ἀπὸ τὸν Ἰσθμὸ τῆς Κορίνθου καὶ κατευθύνεται πρὸς τὴν Αἴγινα, Μέθανα, Πόρο, ὁμάδα Μήλου, ὁμάδα Σαντορίνης καὶ ἀπὸ κεῖ καταλήγει στὴ Νίσυρο καὶ Ἐπισκοπὴ, ἀναπτύσσεται δηλαδὴ σχεδὸν παράλληλα πρὸς τὰ ὄρια τῶν κρυσταλλοσχιστωδῶν πετρωμάτων τοῦ Αἰγαίου. 2) Τὴ ζώνη τῶν ἡφαιστειῶν μὲ ἀλκαλικὲς λάβες, ποὺ βρίσκονται μέσα στὴν κρυσταλλοσχιστώδη μάζα τοῦ Αἰγαίου, ὅπου ἡ ἀλκαλικότητα τῶν λαβῶν αὐτῶν ἀνῆλθε πρὸς τὸ ἐσωτερικὸ τοῦ Αἰγαίου. Καὶ 3) Μιὰ περιορισμένη ζώνη μὲ ὑπαλκαλικὲς λάβες (Θῆβες Θεσσαλίας, Ψαθούρα, Β. Χίος καὶ Καραμπουρνόυ). Στὶς παρατηρήσεις αὐτὲς τοῦ ΚΤΕΝΑ βασίστηκε ἀργότερα ὁ ν. LEYDEN (36, 141) γιὰ νὰ ὑποστηρίξει ὅτι ἡ ἡφαιστειότητα τοῦ Αἰγαίου παρουσιάζει τὶς ἴδιες ἀναλογίες στὸ χημισμό τῶν λαβῶν, ὅπως οἱ ἄλλες χώρες τῆς Εὐρώπης, π.χ. τὸ Παννόνιο βύθισμα τῆς Οὐγγαρίας, ὅπου μεταξὺ τοῦ πτυχωσιγενοῦς συστήματος καὶ τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους παρουσιάζονται λάβες εἰρηνικοῦ τύπου, ἐνῶ στὸ ἐσωτερικὸ τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους λάβες ἀτλαντικοῦ τύπου.

Σὲ πρόσφατη μελέτη μας (26, 46) ἀναφέρεται ὅτι στὴν Ἑλλάδα ἡ τριτογενὴς καὶ τεταρτογενὴς ἡφαιστειότητα περιορίστηκε μέσα στὸ Αἰγαῖο, ὅπου παρουσιάζονται σεισμοὶ ἐνδιάμεσου βάθους καὶ θετικὲς ἀνωμαλίες βαρύτητας. Τὰ ἡφαίστεια τοῦ Αἰγαίου, ὅπως ἔδειξαν οἱ μέχρι σήμερα μελέτες, ἔδωκαν κατὰ προτίμηση ἀνδεσιτικὲς λάβες. Οἱ βασάλτες σπανίζουν. Τὴν ἀπουσία βασαλτῶν ἀπὸ τὰ ἡφαίστεια τοῦ Αἰγαίου ὁ ΚΤΕΝΑΣ (34) εἶχε ἀποδόσει στὸ ὅτι τὸ πλούσιο σὲ σιδηρομαγνησιοῦχα ὀρυκτὰ μάγμα κρυσταλλώθηκε παλαιότερα σὲ μορφὴ περιδοιτικῶν κυρίως πετρωμάτων. Τέτοιες ἦταν οἱ ἀντιλήψεις τῆς ἐποχῆς ἐκείνης, γιὰτὶ λίγο νωρίτερα ὁ ΚΟΣΜΑΤ (28, 48) εἶχε γράψει ὅτι οἱ ὀφιολιθικὲς ἐκρήξεις τοῦ Μεσοζωικοῦ στὴν Ἀλβανία, Γιουγκοσλαβία καὶ Ἑλλάδα ἀντικαταστάθησαν ἀργότερα, κατὰ τὸ Τριτογενές, ἀπὸ ὑπαλκαλικὰ βασάλτη καὶ ὀφιολιθικὰ πετρώματα. Σήμερα

ξέρουμε (62), ότι τὰ ὀφιτικά πετρώματα (πρωταρχικὸς μαγματισμὸς) ἀκολουθοῦνται ἀπὸ σιαλικά πετρώματα (συνορογενετικὸς μαγματισμὸς καὶ ἐπακόλουθη ἡφαιστειότητα), ἀλλὰ ἀργότερα ἔρχονται ξανὰ σιμαϊκά ὕλικά, βασάλτες κ.λ.π. (τελικὴ ἡφαιστειότητα κατὰ τὸν STILLE).

Ἡ παρατήρηση ὅτι τὰ ἡφαίστεια μὲ ἀνδεδειγμένους λάβες παρουσιάζονται κατὰ μῆκος τοῦ ὀρογενεῦς, ὅπου συνδέονται μὲ ἐπιμήκη ρήγματα (26, 46), ὁδηγεῖ στὴ σκέψη ὅτι τὰ ἡφαίστεια αὐτὰ συνδέονται στενότερα μὲ τεκτονικὰ φαινόμενα τῆς ὀρογενέσεως καὶ ἀνήκουν στὴν ἐπακόλουθη ἡφαιστειότητα, ὅπως ὁ STILLE ὠνόμασε τὴν μετατεκτονικὴ σιαλικὴ ἡφαιστειότητα, πὺν κατὰ προτίμησιν ἐμφανίζεται στὸ Τριτογενές. Ἔτσι μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι τὰ τριτογενῆ ἡφαίστεια τῆς Κρομμυωνίας, Αἰγίνας, Μεθάνων, Πόρου, Μήλου καὶ Σαντορίνης τροφοδοτήθηκαν ἀπὸ σιαλικὸ μάγμα ἀνατήξεως, πὺν κατὰ τὴν κύρια φάσιν τῆς τριτογενεῦς ὀρογενέσεως στὴν περιοχὴ αὐτὴ ἔφθασε σὲ ἀνώτερους ὀρίζοντες τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς, δηλ. μέσα στὰ ἰζήματα τοῦ γεωσυγκλίνου, ὅπου ξανὰ ἀλλοιώθηκε ἀφομοιώνοντας ὕλικά ἀπὸ τὰ ἰζήματα αὐτά.

Ἐπιμήκη ρήγματα καὶ καταβυθίσεις.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι τὰ ἡφαίστεια παρουσιάζονται σὲ ἀσθενεῖς ζῶνες τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς, δηλ. σὲ κεῖνες πὺν χαρακτηρίζονται ἀπὸ μικρὴ ἀνθεκτικότητα στὴν πίεσιν τοῦ ὑποκείμενου μάγματος. Ὁ SEIDLITZ (56) θεωρεῖ στὴν Ἑλλάδα σὰν τέτοιες περιοχὰς τὶς διασταυρώσεις ρηγμάτων. Τὸ ἴδιο πιστεύει καὶ ὁ SIEBERG (57, 229) ἀναφέροντας ὅτι τὰ τέσσερα μεγάλα ἡφαιστειακὰ κέντρα τοῦ Ν. Αἰγαίου, Μέθανα, Μῆλος, Σαντορίνη καὶ Νίσυρος βρίσκονται σὲ διασταυρώσεις ρηγμάτων. Στὶς περιπτώσεις ὅμως αὐτὲς ἡ διασταύρωση τῶν ρηγμάτων δὲν μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σὰν αἰτία γιὰ τὴν ἐμφάνισιν τῶν ἡφαιστειῶν τοῦ Αἰγαίου, πὺν ἴσως ὑπῆρχαν πρὶν παρουσιασθῶν τὰ ἐγκάρσια ρήγματα. Τὰ ρήγματα αὐτὰ βοήθησαν στὸ νὰ ἐπεκταθεῖ ἡ ἡφαιστειότητα πὺν συνδέεται μὲ τὰ ἐπιμήκη ρήγματα. Εἰδικὰ γιὰ τὰ ἡφαίστεια μὲ πυκνόρευση λάβα, ὅπως εἶναι αὐτὰ τοῦ Κυκλαδικοῦ τόξου, σπουδαῖο ρόλο παίζει καὶ ἡ δύναμις πὺν ἐκλύεται ἀπὸ τὸν σχηματισμὸ ρηγμάτων καὶ μεταπτώσεων, γιὰτὶ αὐτὴ θὰ βοηθήσῃ τὸ μάγμα νὰ βγεῖ πρὸς τὰ ἔξω, ἰδιαίτερα σὲ περιπτώσεις πὺν ἡ ἐσωτερικὴ πίεσις τοῦ μάγματος δὲν ἐπαρκεῖ. Ἡ δύναμις αὐτὴ, πὺν ἐκλύεται κατὰ τὸ σχηματισμὸ τῶν ρηγμάτων, δὲν αὐξάνει μονάχα τὴν πίεσιν πάνω στὸ μάγμα πὺν βρῖσκεται κάτω ἀπὸ τὴν βυθισμένη πτέρυγα τῆς μεταπτώσεως, ἀλλὰ καὶ τὴν ἐκλυση ἀερίων ἀπὸ τὸ μάγμα αὐτό. Τὸ τελευταῖο συμπεραίνεται, γιὰτὶ μὲ τὸ σχηματισμὸ τοῦ ρήγματος θὰ ὑποστῇ καὶ τὸ μάγμα σεισμικὰς δονήσεις. Ἔτσι ὅμως μὲ τὴν ἐσωτερικὴ τριβὴ θὰ παρουσιασθεῖ αὐξηση τῆς θερμοκρασίας, πὺν, ὅσο μικρὰ κι ἂν εἶναι, θὰ ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα νὰ ἐλευθερωθῶν ἀέρια ἀπὸ τὸ μάγμα, μὴ καὶ ἡ διαλυτικὴ του ἰκανότητα σὲ ἀέρια ἐλαττοῦται μὲ

αυξανόμενη θερμοκρασία. Ἀπὸ τὶς διασταυρώσεις ὅμως ρηγμάτων δὲν ἐκλύεται μεγάλη δύναμη. Γι' αὐτὸ τὸ λόγο τονίσαμε σὲ προηγούμενη ἐργασία (24) ὅτι ἡ διασταύρωση ρηγμάτων δὲν πρέπει νὰ θεωρεῖται σὰν ἐστία μεγάλων σεισμῶν. Μεγάλες δυνάμεις ἐκλύονται ἐκεῖ ὅπου γίνονται μεταπτώσεις μὲ μεγάλο ἄλμα. Εἰδικὰ γιὰ τὴν ἐμφάνιση ἡφαιστειῶν οἱ μεταπτώσεις αὐτὲς θὰ πρέπει νὰ γίνουν σὲ περιοχὲς ὅπου ὑπάρχει μάγμα, καὶ μάλιστα ὅχι σὲ μεγάλο βάθος κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τῆς γῆς.

Ἔτσι προσφορώτερες περιοχὲς γιὰ τὴν ἐμφάνιση ἡφαιστειῶν εἶναι οἱ γεωσυγκλινεῖς ζώνες, ὅπου κατὰ τὴν περίοδο τῆς πτυχώσεως εἶχε εἰσχωρήσει μάγμα, καὶ εἰδικώτερα ἐκείνες οἱ θέσεις ὅπου τὰ ἰζήματα τῶν γεωσυγκλινῶν ζωνῶν ἔχουν μικρὸ πάχος, ὥστε καὶ τὰ μετέπειτα ρήγματα νὰ μποροῦν εὐκολώτερα νὰ φτάσουν τὴ μαγματικὴ ἐστία καὶ ἡ πίεση τοῦ ὑποκείμενου μάγματος νὰ μπορεῖ νὰ ὑπερνικήσει τὴν ἀντοχὴ τοῦ καλύμματος τῆς μαγματικῆς ἐστίας. Ἡ παρουσία σερπεντινικῶν πετρωμάτων κοντὰ στὰ ἡφαίστεια Κρομμυωνίας, Μεθάνων, Πόρου καὶ ἄλλων περιοχῶν ἐνισχύει τὴν πρὸ πάνω ἄποψη, γιατί τὰ πετρώματα αὐτὰ συνδέονται μὲ γεωσύγκλινα.

Τὰ ἀναφερόμενα ἡφαίστεια τοῦ Κυκλαδικοῦ τόξου πρέπει νὰ ὑπαχθοῦν στὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος, πὺν εἶναι γεωσυγκλινὲς ζώνη, ὅπως δείχνει ἡ παρουσία μέσα σ' αὐτὴ ἀφθονίας ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων. Οἱ Γάλλοι γεωλόγοι AUBOUIN καὶ BRUNN ὀνόμασαν τὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος ὑποπελαγονικὴ ζώνη, νομίζοντας ὅτι αὐτὴ βρίσκεται στὸ μεταίχμιο τῆς ζώνης Ὠλονοῦ - Πίνδου, πὺν ἐθεώρησαν σὰν εὐγεωσύγκλινο, καὶ τῆς Πελαγονικῆς ζώνης (γεωαντίκλινο). Γιὰ νὰ ἐξηγήσουν τὴν παρουσία τῶν ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων στὴ ζώνη αὐτὴ (Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος) δέχτηκαν ὅτι τὰ ὀφιολιθικά πετρώματα δὲν παρουσιάζονται στὸν ἄξονα τοῦ γεωσυγκλίνου, ἐδῶ τῆς ζώνης Ὠλονοῦ - Πίνδου, ἀλλὰ στὸ περιθώριο αὐτῆς πρὸς τὸ ὕψωμα τῆς Πελαγονικῆς ζώνης. Ὁ AUBOUIN (3, 495) μάλιστα νομίζει ὅτι ὑπάρχει μιὰ πλευρικὴ ἔνωση τῶν ἰουραϊκῶν ραδιολαριτῶν τῆς Πινδικῆς ζώνης μὲ τοὺς ἰουραϊκοὺς ὀφιολίθους τῆς ὑποπελαγονικῆς ζώνης. Γιὰ νὰ ἐξηγήσει τὴν ἀπουσία ὀφιολίθων ἀπὸ τὶς περιοχὲς, ὅπου ἀνατολικά τῆς ζώνης Πίνδου παρουσιάζεται ἡ ζώνη Παρνασσοῦ - Γκιώνας, δέχεται ὅτι ἡ σύνδεση ὀφιολίθων καὶ ραδιολαριτῶν δὲν ὑφίσταται σὲ ὅλη τὴν ἑκταση τῆς ζώνης καὶ ὅτι μποροῦν τὰ πετρώματα αὐτὰ νὰ παρουσιάζονται τὸ ἓνα ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸ ἄλλο. Ἀργότερα ὁ BRUNN (6, 471) ἀναγκάσθηκε νὰ δεχθεῖ ὅτι τὰ ὀφιολιθικά πετρώματα τῆς ὑποπελαγονικῆς ζώνης δὲν ἔχουν καμιὰ σύνδεση μὲ τὴ ζώνη Πίνδου, ἐνῶ ὁ AUBOUIN (3, 486) νομίζει ὅτι τὰ ὀφιολιθικά αὐτὰ πετρώματα δὲ βγῆκαν οὔτε ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ γεωσυγκλίνου τῆς Πίνδου, οὔτε ἀπὸ τὴν ἀνατολικὴν τοῦ πλευρὰ (ὑποπελαγονικὴν) ζώνη, ἀλλὰ ἀπὸ τὴ ράχη τῆς Πελαγονικῆς ζώνης.

Ἡ παρουσία ὅμως ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων σὲ μεγάλες μάζες, ὥστε νὰ ἀποκλειστεῖ ἡ περίπτωσις τοπικοῦ διαφορισμοῦ τοῦ μάγματος, ὀφείλεται σὲ ἄνοδο σημαντικῆς ἐκκένωσης τοῦ μάγματος ἀπὸ τὴν ἐστία. Αὐτὸ γί-

νεται εύχερέστερα στήν περιοχή τοῦ γεωσυγκλίνου. Γιὰ νά ἀναπτυχθεῖ ἕνα γεωσύγκλινο πρέπει πρῶτα τὸ ὑπόβαθρό του νά ὑποστῇ μεγάλες κάμψεις καὶ τάσεις, μὲ ἄλλα λόγια ἕνα τέντωμα πρὸς τὰ κάτω πού συνδέεται μὲ λέπτυνση καὶ ὀφείλεται κατὰ ἕνα μέρος στὰ ὑπόγεια ρεύματα μεταφορᾶς μάγματος, καὶ κατὰ τὸ ἄλλο στήν πίεση τῶν ἱζημάτων πού συναθροίζονται ἐκεῖ. Ὅταν οἱ τάσεις αὐτὲς ὑπερβοῦν τὸ ὄριο ἐλαστικότητας τῶν πετρωμάτων, σταματᾷ τὸ τέντωμα καὶ παρουσιάζεται θραυσμός, δηλ. ρήγμα. Τὰ ρήγματα αὐτὰ ἐφελκυσμοῦ εἶναι συχνότερα καὶ μεγαλύτερα στὸ ὑπόβαθρο τῶν γεωσυγκλίνων παρὰ στὸ ὑπόβαθρο ἄλλων τμημάτων τοῦ γήινου φλοιοῦ, πού δοκιμᾶζουν μικρότερες τάσεις. Ἐπομένως στὰ γεωσύγκλινα, χάρις στὰ ρήγματα αὐτὰ ἐφελκυσμοῦ, θὰ πρέπει κατὰ προτίμηση νά εἰσδύει βασικὸ μάγμα, πού ἔρχεται ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὴ ζώνη τοῦ Σιμά. Τὴν ἄποψη αὕτη ἐνισχύει καὶ τὸ γεγονός ὅτι στήν περιοχή τοῦ γεωσυγκλίνου εἶναι μεγαλύτερη ἡ ὑδροστατικὴ πίεση τοῦ μάγματος τῆς ζώνης Σιμά, παρὰ στὶς ἄλλες περιοχὲς πού βρίσκονται ψηλότερα. Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο γίνεται ἡ διείσδυση τοῦ μάγματος καὶ στὸ ὑπόβαθρο τῶν προβυθισμάτων, δηλ. στὶς βαθιὲς ὑποθαλάσσιες αὐλακες, πού παρουσιάζονται μπροστὰ στὰ γεωσύγκλινα καὶ θεωροῦνται ὡς γεωσυγκλινεῖς ζῶνες. Συχνὰ τὸ βασικὸ μάγμα διαπερνᾷ τὰ ἱζήματα τοῦ γεωσυγκλίνου καὶ χύνεται πάνω σ' αὐτὰ σὰ λάβα. Ἔτσι ἐξηγεῖται ἡ γειτνίαση ὀφιολιθικῶν πετρωμάτων καὶ ραδιολαριτῶν στὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος. Τὸ ὅτι στὴ ΒΔ. Ἑλλάδα κοντὰ στοὺς ραδιολαριτεὲς τῆς ζώνης Ὠλονοῦ - Πίνδου βρίσκονται ὀφιολιθικά πετρώματα ὀφείλεται στήν ἐπώθηση τῶν πετρωμάτων αὐτῶν τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος πρὸς δυσμὰς πάνω στὴ ζώνη Παρνασσοῦ - Γκιώνας. Στὴ Στερεὰ Ἑλλάδα, ὅπου ἡ ἐπώθηση τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος εἶχε μικρότερο εὖρος, τὰ ὀφιολιθικά πετρώματα αὐτῆς δὲν ἐφθασαν μέχρι τὴ ζώνη Πίνδου· ἔτσι ἐξηγεῖται γιατί δὲ βρέθηκαν ἐκεῖ, στήν ἀνατολικὴ πλευρὰ τῆς Πινδικῆς ζώνης, ὀφιολιθικά πετρώματα.

Ἐπομένως τὰ ὀφιολιθικά πετρώματα ἀνατολικά τῆς Πίνδου ἀνήκουν στὴ γεωσυγκλινὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος, πού ἔχει ἐπωθηθεῖ πάνω στὴ ζώνη Παρνασσοῦ - Γκιώνας. Ἡ πτύχωση καὶ ἡ ἐπώθηση τῶν ἱζημάτων τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος προκάλεσαν διαταραχὴ τῆς ἰσοστατικῆς καταστάσεως τμημάτων τοῦ Αἰγαίου, μὲ ἀποτέλεσμα νά κατακαθίσουν ὀρισμένα μέρη αὐτοῦ καὶ νά σχηματισθοῦν μεταξὺ κάτω - καὶ μέσο - Μειοκαίνου μεγάλα βυθίσματα, ὅπως τὸ Κρητικὸ πέλαγος καὶ ὁ Σαρωνικὸς κόλπος (24, 85). Τὰ βυθίσματα αὐτὰ ἀντιστοιχοῦν στὰ ἀνατολικά τμήματα τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος, πού δὲν εἶχαν ἐπωθηθεῖ πρὸς δυσμὰς πάνω στήν Προχώρα. Οἱ καταβυθίσεις αὐτὲς ἐγίναν μετὰ τὴν πτύχωση χάρις σὲ μεγάλα ρήγματα - μεταπτώσεις μεταξὺ ἐπωθημένου δυτικοῦ τμήματος, πού μαζί μὲ τὴν Προχώρα εἶχε λόγῳ ἰσοστατικῶν αἰτίων ἀνοδικὴ κίνηση, καὶ τοῦ ἀνατολικοῦ τμήματος τῆς ἴδιας ζώνης, πού ἦταν πρὸς τὴν πλευρὰ τῆς Πισχω-
 Ψηφιακὴ Βιβλιοθήκη "Θεόφραστos" - Τμήμα Γεωλογίας Α.Γ.Θ.
 ρας καὶ σχετικὰ μὲ τὸ πρῶτο ὑποχώρουσε πρὸς ἀνατολὰς καὶ πρὸς τὰ κάτω.

Οί μεταπτώσεις αὐτὲς καὶ τὰ ρήγματα ἔδωκαν τὴ δυνατότητα στὸ ὑποκείμενο σιαλικὸ μάγμα, ποὺ εἶχε κλεισθεῖ μέσα στὰ ἰζήματα τοῦ γεωσυγκλίνου, ν' ἀνέβει στὴν ἐπιφάνεια καὶ νὰ σχηματίσει τὰ ἡφαίστεια τοῦ Κυκλαδικοῦ τόξου.

Ἐπειδὴ τὰ ἡφαίστεια αὐτὰ βρίσκονται κοντὰ στὴν Ἀττικοκυκλαδικὴ ζώνη, δημιουργήθηκε ἡ ἐντύπωση ὅτι τὰ ἡφαίστεια τοῦ Νότιου Αἰγαίου παρουσιάζονται μετὰ τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους καὶ τοῦ πτυχωσιγενοῦς συστήματος. Τὰ ρήγματα ὁμως ποὺ ἔδωσαν γένεση στὰ ἡφαίστεια αὐτὰ βρίσκονται μέσα στὴ γεωσυγκλινῇ ζώνη, ὅπου τὰ πετρώματα παρουσιάζουν μικρότερη ἀντοχὴ στὴν πίεση ἀπ' ὅτι τὰ πετρώματα στὶς γεωαντικλινεῖς ζώνες, ὅπου αὐτὰ ἔχουν ὑποστῇ σχετικὴ συμπαγοποίηση. Ἀνάλογη ἐκδοχὴ ἐπεκράτησε καὶ γιὰ τὰ ἡφαίστεια τοῦ Β. Αἰγαίου, δηλ. ὅτι καὶ ἐκεῖ τὰ ἡφαίστεια παρουσιάζονται μετὰ τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους Ροδόπης καὶ πτυχωσιγενοῦς ζώνης Ἀξιοῦ. Γιὰ τὰ ἡφαίστεια τῆς Δ. Μακεδονίας, Κύμης καὶ Ν. Χίου μποροῦμε νὰ ποῦμε ὅτι ἀνήκουν στὴν ἐπακόλουθη ἡφαιστειότητα τῆς ζώνης τοῦ Ἀξιοῦ καὶ συνδέονται μὲ ἐπιμήκη ρήγματα ποὺ ἔγιναν μέσα στὴ ζώνη αὐτὴ καὶ μάλιστα ἀνάμεσα στὸ δυτικὸ τῆς τμῆμα, ποὺ ἐπωθήθηκε πάνω στὴν Πελαγονικὴ ζώνη, καὶ στὸ ἀνατολικό, ποὺ ἔπαθε σχετικὰ μὲ τὸ δυτικὸ καθίζηση. Ἀνατολικά ἀπὸ τὴ ζώνη τοῦ Ἀξιοῦ παρουσιάζονται τὰ ἡφαίστεια τῆς Λέσβου, Ἀγ. Εὐστρατίου καὶ Ἀν. Χαλκιδικῆς. Αὐτά, ὅπως θὰ δοῦμε πιὸ κάτω, δὲν μποροῦν νὰ ἀνήκουν στὸν μαγματισμὸ τῆς ζώνης Ροδόπης, ἀλλὰ συνδέονται μὲ μιὰ γεωσυγκλινῇ ζώνη στὰ δυτικὰ τῆς. Μεταξὺ τῆς γεωσυγκλινούς αὐτῆς ζώνης καὶ τῆς γεωσυγκλινούς ζώνης τοῦ Ἀξιοῦ παρεμβάλλεται μιὰ γεωαντικλινῆς ζώνη, ποὺ ἐνισχύει τὴν ἄποψη τοῦ MERCIER γιὰ τὸ χωρισμὸ τῆς ζώνης τοῦ Ἀξιοῦ.

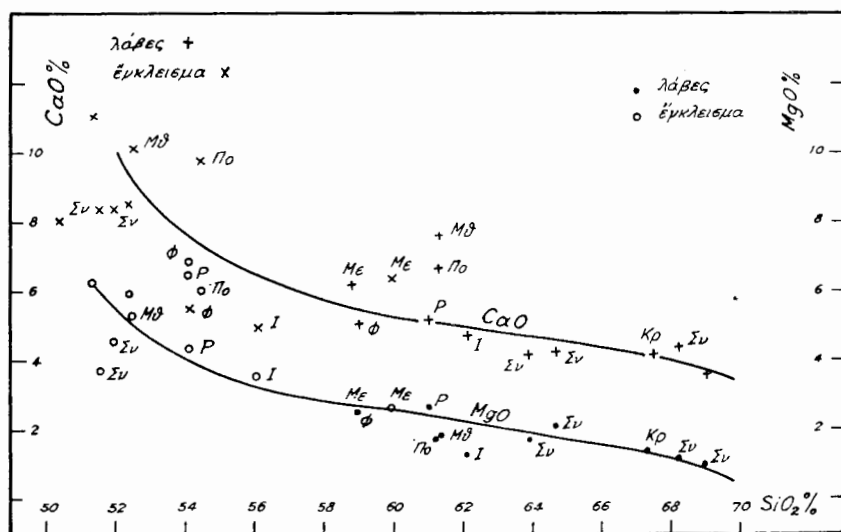
Ἡφαίστεια μὲ ἀσβεστοαλκαλικὲς λάβες.

Τὰ ἡφαίστεια ποὺ συνδέονται μὲ ρήγματα μέσα σὲ γεωσυγκλινεῖς ζώνες παρουσιάζουν ἀσβεστοαλκαλικὲς λάβες, ποὺ προέρχονται ἀπὸ συνορογενετικὸ μάγμα. Ἐνα ἄλλο χαρακτηριστικὸ τῶν ἡφαιστειῶν αὐτῶν εἶναι ὅτι κατὰ τὴν πρώτη φάση ἐκρήξεων ἔδωκαν τόφρους. Ὁ ΛΙΑΤΣΙΚΑΣ (38, 5) θεωρεῖ τοὺς ἄνω πλειοκαινικοὺς τόφρους τῆς Μήλου παλαιότερους ἀπὸ τὶς λάβες τῆς ἴδιας περιοχῆς. Ὁ v. LEYDEN ἀναφέρει (36, 126), ὅτι οἱ πρώτες ἐκρήξεις τῶν ἡφαιστειῶν τῆς Μήλου καὶ τῆς Σαντορίνης ἔδωκαν τόφρους. Ὁ ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ (48) θεωρεῖ τὴν ἐκρήξη τοῦ ἡφαιστείου Ὁριοῦ, μὲ πυροκλαστικὰ ὑλικά, παλαιότερη ἀπὸ τὶς ἐκρήξεις τῶν ἄλλων ἡφαιστειῶν τῆς Κύμης, ποὺ ἔδωκαν λάβες. Στὴ Λέσβο πάνω στοὺς τόφρους Ὁρδύμιον συναντῶνται λάβες. Ἄν λάβουμε ὑπ' ὄψη ὅτι τὰ ἡφαίστεια στὶς περιοχὲς αὐτὲς ὀφείλονται σὲ μεταπτώσεις, τότε δικαιολογεῖται ἡ ἄποψη (27) ὅτι ἡ ἐπικράτηση τόφρων χαρακτηρίζει φάση καθιζήσεως σὲ ἡφαιστειογενεῖς περιοχὲς, δὲν ὑπάρχουν ὁμως ἔδω στοιχεῖα γιὰ τὸ ὅτι οἱ λάβες ἐπικρατοῦν σὲ περίοδο ἀναδύσεως. Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμῆμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Μιά άλλη ιδιορρυθμία που παρουσιάζουν τὰ ηφαιστειακὰ κέντρα τῶν γεωσυγκλινῶν ζωνῶν τοῦ Αἰγαίου μὲ ἀσβεστοαλκαλικὲς λάβες εἶναι ὅτι, μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου, οἱ λάβες αὐτὲς γίνονται πρὶν βασικὲς, παρατηρεῖται δηλ. αὐξηση τοῦ CaO καὶ MgO καὶ ἐλάττωση τοῦ SiO_2 . Αὐτὸ σημαίνει ὅτι οἱ νέες λάβες σχηματίσθησαν κάτω ἀπὸ συνθήκες πρὶν δὲν ἐπέτρεψαν νὰ συντελεσθῇ ἀνενόχλητα ὁ τυπικὸς διαφορισμὸς τοῦ μάγματος, ὅπως ἄλλου, π. χ. στὴν περιοχὴ Δυτ. Θράκης, ὅπου ἐπιστοποιήθη ὅτι μὲ τὴν πάροδο τοῦ χρόνου οἱ λάβες γίνονται πρὶν ὀξινες, δηλ. μετὰ τοὺς ἀνδেসίτες ἀκολουθοῦν δακίτες καὶ ἀργότερα ρυόλιθοι (54). Στὸν Ὁξύλιθο, κατὰ τὸν ΠΑΠΑ-ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ (47, 39), οἱ νεώτερες λάβες εἶναι ἀνγιτικές, ἐνῶ οἱ παλαιότερες κεροσιλβικές καὶ οἱ ἀκόμα παλαιότεροι τόφφοι τοῦ Ὁριοῦ εἶναι ρυόλιθοι μὲ βιοτίτη. Ὁ ἴδιος ἀναφέρει ὅτι οἱ λάβες τῆς Κρομμωνίας εἶναι ἀνδесινικοί δακίτες μὲ βιοτίτη καὶ κεροσιλβή, μὲ τὴν παρατήρηση ὅτι οἱ νεώτερες λάβες εἶναι σχετικῶς βασικώτερες ἀπὸ τὶς παλαιότερες. Ὁ v. LEYDEN (36, 106) ἀναφέρει ὅτι οἱ ὑπερθενικοί ἀνδесίτες στὴν Αἴγινα ἀνήκουν σὲ νεώτερη φάση ἐκρήξεως ἀπ' ὅ,τι οἱ κεροσιλβικοί ἀνδесίτες. Κατὰ τὸν SONDER (62) στὴ Μήλο ἡ πρώτη ηφαιστειακὴ φάση περιλαμβάνει κεροσιλβικούς πλαγιολιπαριτικούς καὶ βιοτιτικούς δακίτες, ἡ δευτέρα δακιτικές καὶ ἀνδесιτοδακιτικές καὶ ἡ τρίτη δακιτικές μέχρι βασαλτικές λάβες. Οἱ τελευταῖες λάβες ἀνήκουν κατὰ τὸν Λιάτσικα στὸ Διλούβιο. Ὁ ΜΑΡΙΝΟΣ (41) ἀναφέρει ἐπίσης ὅτι οἱ ἀνδесιτικές λάβες στὴν Ἀντίμηλο εἶναι νεώτερες ἀπὸ τὶς δακιτικές, πρὶν ὅπως εἶναι γνωστὸ περιέχουν βιοτίτη. Βιοτιτικοὶ καὶ ἰδιαίτερα κεροσιλβικοί εἶναι καὶ οἱ ἀνδесιτικοὶ τόφφοι στὸν Ἅγιο Εὐστράτιο.

Ἡ παρουσία στὶς λάβες τῶν πρώτων ἐκρήξεων βιοτίτη καὶ κεροσιλβίτης, δηλ. ὀρυκτῶν πρὶν περιέχουν νερὸ καὶ σχηματίζονται σὲ χαμηλὴ σχετικῶς θερμοκρασία, σημαίνει ὅτι τὰ ηφαιστεία αὐτὰ τροφοδοτήθησαν ἀπὸ μάγμα πλούσιο σὲ νερό, πρὶν προφανῶς τὸ πῆρε ἀπὸ τὰ ἰζήματα μέσα στὰ ὁποῖα κλείστηκε. Τὸ νερὸ αὐτὸ ἔγινε κατόπιν αἰτία νὰ διατηρηθῇ τὸ μάγμα σὲ χαμηλὴ θερμοκρασία καὶ νὰ στερεοποιηθοῦν πρῶτα τὰ περισσότερα ὀξείδη ὑλικά καὶ μαζὶ μὲ αὐτὰ νὰ σχηματισθῇ βιοτίτης, πρὶν κανονικὰ παρουσιάζεται ἔπειτα ἀπὸ ἔντονο διαφορισμό. Μὲ τὸ σχηματισμὸ τοῦ βιοτίτη ἀφαιρέθηκε ἕνα μεγάλο ποσοστὸ καλίου ἀπὸ τὸ μάγμα, ὥστε οἱ ἄστριοι, πρὶν σχηματίσθηκαν ὕστερα ἀπὸ τὸ βιοτίτη, νὰ μὴν ἔχουν ἀρκετὸ κάλιο. Αὐτὸ θὰ μπορούσε νὰ ἐξηγήσει γιὰ τὴν οἱ γρανιτικῆς φύσεως τριτογενεῖς λαγκόλιθοι, πρὶν ἐμφανίζονται κατὰ μῆκος τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλπικοῦ ὄρους, εἶναι γρανοδιόριτες, π.χ. στὸ Λαύριο, Σέριφο κ.λ.π. Ἐπὶ τὸ μάγμα πρὶν ἀπόμενει ἔπειτα ἀπὸ τὶς πρώτες ηφαιστειακὲς ἐκρήξεις θὰ ἔγινε θερμότερο καὶ βασικώτερο, χάρις στὴν ἀπομάκρυνση τῶν ἐλαφρῶν συστατικῶν, σὲ σημείον πρὶν ὁ μετέπειτα διαφορισμὸς τοῦ μάγματος δὲν μπόρεσε σὲ πολλὰς θέσεις νὰ ξεπεράσει τὴν ἐκρήξιν. Ὁ διαφορισμὸς αὐτὸς ἐπὶ τὴν ἐκρήξιν ἀπὸ τὸν ἀπόμενον μᾶς παρέχουν πολὺτιμα στοιχεῖα τὰ ὁμοιογενῆ ἐγκλείσματα τῶν λαβῶν σὲ διάφορες θέσεις.

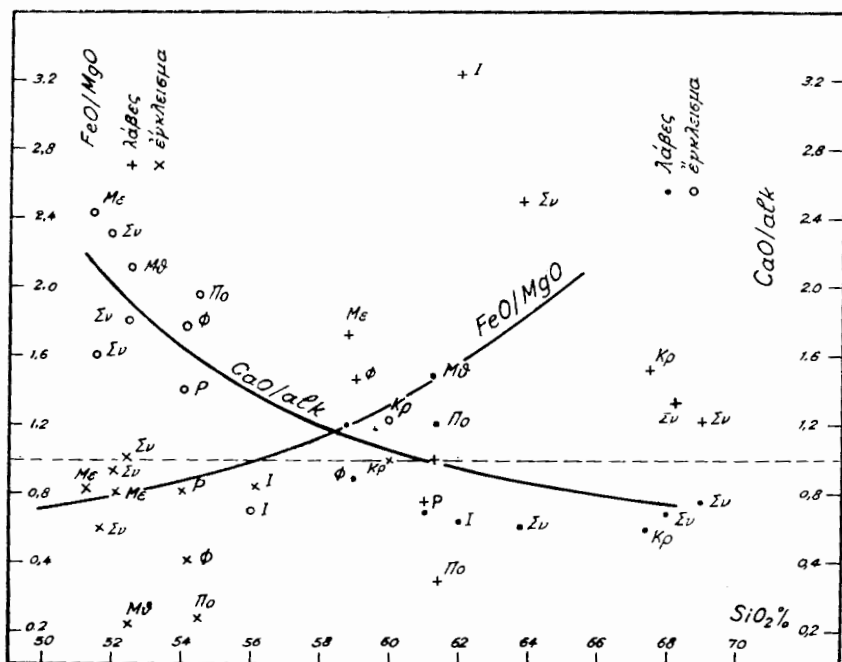
Οι νεώτερες ήφαιστειακές εκρήξεις, ἐφ' ὅσον δὲν συνδέονται μὲ νέα ρήγματα, ὀφείλονται στὴν αὐξήση τῆς ἐσωτερικῆς πίεσεως τοῦ μάγματος, λόγω συναθροίσεως τῶν ἀερίων στὸ ἀνώτερο τμήμα τῆς μαγματικῆς ἐστίας, χάρις στὴν ἐκλεκτικὴ κρυστάλλωσις τῶν πρὸ βασικῶν συστατικῶν τοῦ μάγματος, ὅπως δείχνουν τὰ ὁμοιογενῆ ἐγκλείσματα στὶς λάβες Σαντορίνης, Με-



Σχ. 1. Μεταβολὴ τῆς περιεκτικότητος λαβῶν καὶ ἐγκλεισμάτων σὲ CaO καὶ MgO σὲ σχέση μὲ τὸ SiO_2 .

θάνων, Αἴγινας, Κρομμωνίας καὶ Μετοχίου Εὐβοίας. Οἱ λάβες παρουσιάζουν ἐδῶ ἐλαττωμένη περιεκτικότητα στὰ CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 καὶ MgO , σὲ σύγκριση μὲ τὰ ὁμοιογενῆ τοῦ ἐγκλείσματα (σχῆμα 1). Ἀπὸ τὰ στοιχεῖα αὐτὰ τὴ μεγαλύτερη μείωση παρουσιάζουν τὸ ἀσβέστιο καὶ τὸ μαγνήσιο. Ἡ μείωση αὐτῶν μὲ αὔξησις τοῦ SiO_2 εἶναι, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 1, μεγαλύτερη στὰ ἐγκλείσματα παρὰ στὶς λάβες. Στὸ σχ. 2 φαίνεται ἐξ ἄλλου ὅτι τὸ MgO στὰ ἐγκλείσματα ὑπερτερεῖ τοῦ FeO , ἐνῶ στὶς λάβες ὑπολείπεται. Μὲ αὐξανόμενον SiO_2 ἡ καμπύλη CaO/alk παρουσιάζει στὰ ἐγκλείσματα μεγαλύτερη πτώση ἀπ' ὅ,τι στὶς λάβες. Τὸ μάγμα δηλ. τείνει ἀπ' τὴν ἀρχὴ του νὰ ἀποβάλλει γρήγορα τὰ στοιχεῖα Mg καὶ Ca . Εἶναι γνωστὸ (39, 114) ὅτι τὸ ἀσβέστιο λόγω τοῦ μεγαλύτερου σθένους του προτρέχει τῶν ἀλκαλίων στὸ σχηματισμὸ ἀστρίων, τὸ δὲ μαγνήσιο, χάρις στὴ μικρότερη ἀκτῖνα ἰόντος, προπορεύεται ἀπὸ τὸ σίδηρο στὸ σχηματισμὸ πυριτικῶν ὀρυκτῶν. Ἐπομένως τὰ ἐγκλείσματα τῶν λαβῶν αὐτῶν ὀφείλονται σὲ τυπικὸ διαφορισμὸ τοῦ μάγματος, δηλ. σὲ κλασματικὴ κρυστάλλωσις τῶν ὑλικῶν του. Ὁ διαφορισμὸς αὐτός, τουλάχιστον γιὰ τὴ Σαντορίνη, ὀφείλεται στὴν ἐλάττωσις τῆς ἐσωτερικῆς πίεσεως τοῦ μάγματος λόγω ἐκρήξεων καὶ ὄχι στὴν ἐλάττωσις

τῆς θερμοκρασίας του λόγω ψύξεως. Τὸ χρονικὸ διάστημα μεταξύ τῆς ἐκρή-
ξεως Καμένης - Φουκῆ ἢ Δάφνης (1925—1926) καὶ δόμου Κτενᾶ (1940)
εἶναι πολὺ μικρὸν, ὥστε μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ μάγμα-
τος ἔμεινε σχεδὸν ἀμετάβλητη καὶ ὅτι τὰ ἐγκλείσματα τῆς λάβας τοῦ 1940

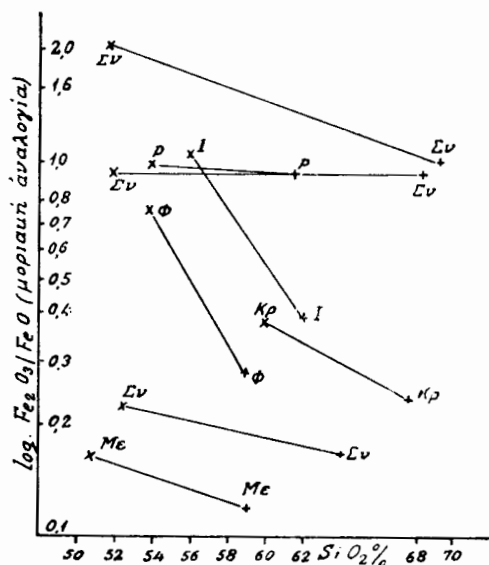


Σχ. 2. $\frac{\text{CaO}}{\text{alk}} \cdot \text{SiO}_2$ — καὶ $\frac{\text{FeO}}{\text{MgO}} \cdot \text{SiO}_2$ — διαγράμματα
σὲ λάβες καὶ ἐγκλείσματα.

δὲν μπορούν νὰ ὀφείλονται σὲ ψύξη τοῦ μάγματος. Μὲ τὸ σχηματισμὸ τῶν
ἐγκλεισμάτων αὐτῶν ἐλευθερώνονται νέα ἀέρια ἀπὸ τὸ μάγμα, ἡ πίεση
αὐτοῦ αὐξάνει καὶ προκαλεῖ καινούργια ἐκρήξη.

Ἐνδιαφέρον παρουσιάζει καὶ ἡ σχέση $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, ποὺ διατηρεῖ σὲ ὅλα
τὰ ἐγκλείσματα μεγαλύτερη τιμὴ ἀπ' ὅ,τι στὶς λάβες τους (Σχ. 3). Θὰ
μπορούσαμε νὰ ποῦμε ὅτι τὸ μεγαλύτερο ποσοστὸ τοῦ Fe_2O_3 στὰ ἐγκλεί-
σματα ἔχει σχέση μὲ τὸ διαφορισμὸ τοῦ μάγματος καὶ συγκεκριμένα ὁ δια-
φορισμός, ποὺ διενεργεῖται χάρις στὴν ἐκλεκτικὴ κρυστάλλωση τῶν πιὸ βα-
σικῶν ὑλικῶν του, γίνεται καὶ μὲ σύγχρονη δξειδώση τοῦ FeO σὲ Fe_2O_3 .
Καὶ στὶς δύο ἄλλωστε αὐτὲς περιπτώσεις πρόκειται γιὰ ἐξώθερμες ἀντιδρά-
σεις, στὶς ὁποῖες μπορεῖ κανεὶς νὰ ἀποδώσει τὴ συχνὰ παρατηρούμενη ἀνά-
τιξη μερικῶν ὀρυκτῶν, π. γ. βιοτίτη καὶ κερροσίλβης. Ὁ IDTINGS, μελε-
τώντας τὰς ἠφαλοκτακτὰς τοῦ *Greenstone Park*, ἐπεσήμανε σὰν πολὺ πιθανὸ
ὅτι στὴν ἀρχὴ τοῦ διαφορισμοῦ τοῦ μάγματος ὅλος ὁ σίδηρος ἦταν σὲ

δισθενή μορφή και κατόπιν άρχισε νά όξειδώνεται σέ τρισθενή (9). Από τήν άποψη αυτή είναι αξιοπρόσεκτη ή μικρή τιμή τής σχέσεως Fe_2O_3/FeO που παρουσιάζουν τά γρανοδιοριτικά και γρανιτικά πετρώματα του Αιγαίου. Η σχέση αυτή κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 0,32, δηλ. βρίσκεται χαμηλότερα άπ' ό,τι στους τυπικούς γρανίτες και γρανοδιορίτες. Αν αυτό έξακριβωθεί με χημικές αναλύσεις γρανιτών σέ άλλα τμήματα του Αιγαίου, θά πρέπει



Σχ. 3. Ήμιλογαριθμικό διάγραμμα $\frac{Fe_2O_3}{FeO}$. SiO_2

σέ ζεύγη: λάβα - ήφκλεισμα.

νά υποθέσουμε ότι τά γρανιτικά αυτά πετρώματα είναι κατάλοιπα διαφορισμού βασικότερου μάγματος, που σημαίνει όλοκληρωτική στερεοποίηση του τοπικού μάγματος σέ μικρές μαγματικές έστίες.

Από τόν πίν. Ι φαίνεται επίσης ότι ή σχέση CaO/MgO παίρνει στίς λάβες πολύ μεγαλύτερες τιμές άπ' ό,τι στα όμοιογενή ήφκλεισματα. Η αύξηση αυτή τής περιεκτικότητας των λαβών σέ άσβέστιο, σέ συνδυασμό με τήν παρατήρηση ότι μερικές άπό τις νεώτερες άσβεστοαλκαλικές λάβες του Αιγαίου είναι βασικότερες άπό πολλές παλαιές, μάς κάνει νά δεχτοίμε ότι έκτός άπό τόν τυπικό διαφορισμό του μάγματος έδρασαν και άλλοι παράγοντες, που είχαν σάν άποτέλεσμα τόν έμπλουτισμό του μάγματος σέ άσβέστιο. Όπως είναι γνωστό, τó μάγμα προκαλεί στα γύρω του πετρώματα μεταμόρφωση, παράλληλα όμως δέχεται και τήν επίδραση των πετρωμάτων αυτών, παθαίνοντας μιá ένδομεταμόρφωση· παίρνει δηλ. ύλικά άπό τά γύρω πετρώματα και τ' αφομοιώνει σέ τρόπο που νά μεταβάλλεται ή χημική

II I N A E I.
Χημικές αναλύσεις λαβών και έγκλεισμάτων.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O+N ₂ O	FeO MgO	CaO MgO	CaO alK	Είδος πετρώματος
1) Βιολί	67,52	1,07	2,03	0,47	1,40	4,16	6,78	1,45	2,97	0,61	Δακίτης άνδραινικός με κερυστίλβη και βιοτίτη
10) Ροδόπη	59,99	2,15	2,60	1,23	2,65	6,33	5,13	0,98	2,39	1,23	Ανδρείτης λαβραδοειτικός με κερυστίλβη
2) Μετόχι	58,80	1,22	4,50	0,42	2,60	6,20	6,76	1,73	2,38	0,92	» άνδραινικός
20) Ακρωτήρι	51,40	1,86	5,10	0,46	6,20	11,10	4,68	0,82	1,79	2,37	» λαβραδοειτικός
3) Οροπέδιο	61,32	5,30	8,18	0,76	1,80	7,60	5,17	0,10	4,22	1,47	Δακίτης με κερυστίλβη
30) Ακρωτήρι	52,49	8,15	0,19	1,24	5,31	10,15	4,94	0,03	1,91	2,10	Ανδρείτης με κερυστίλβη και αγγίτη
4) Ακρωτήρι	61,37	4,29	0,54	0,62	1,84	6,62	5,68	0,29	3,60	1,17	Δακίτης με κερυστίλβη και βιοτίτη
40) Ακρωτήρι	54,50	6,14	0,37	0,87	5,03	9,78	5,11	0,06	1,65	1,95	Ανδρείτης με δλιβίτη, κερυστίλβη + πυροξένους
5) Ακρωτήρι	69,06	2,86	1,28	0,33	1,05	3,64	4,94	1,22	3,47	0,74	Δακίτης σφαιρολιθικός
50) Ακρωτήρι	51,64	9,89	2,18	1,98	3,71	8,38	5,19	0,59	2,26	1,61	Βασάλτης άνδραινικός
6) Ακρωτήρι	68,22	3,26	1,55	0,64	1,15	4,34	6,34	1,35	3,75	0,68	Δακίτης με κερυστίλβη
60) Ακρωτήρι	51,92	8,02	3,85	0,96	4,06	8,84	3,96	0,95	2,18	2,23	Δακίτης λαβραδοειτικός
7) Ακρωτήρι	62,10	1,00	3,90	0,45	1,20	4,87	7,85	3,25	4,06	0,62	Ρυόλιθος πλαγκτοκλαστικός
70) Ακρωτήρι	56,10	6,73	2,90	0,20	3,45	4,98	7,17	0,84	1,63	0,69	Ανδρείτης άνδραινικός με αγγίτη
8) Ακρωτήρι	59,01	2,25	3,70	0,65	2,50	5,10	5,85	1,48	2,04	0,87	» με κερυστίλβη
80) Ακρωτήρι	54,10	4,75	2,90	0,90	6,95	5,50	3,15	0,41	0,79	1,76	» με βασικούς άστρίους
9) Ακρωτήρι	61,04	4,23	2,01	0,78	2,64	5,24	7,60	0,75	1,99	0,69	Κερυστίλβη με αγγίτη
90) Ακρωτήρι	54,10	7,31	3,35	1,08	4,11	6,43	4,55	0,81	1,56	1,41	Κερυστίλβης αγγίτης
100) Ακρωτήρι	63,90	1,57	4,25	0,80	1,70	4,05	6,74	2,50	2,38	0,60	Αγγίτης κερυστίλβης
100α) Ακρωτήρι	52,42	3,00	6,00	0,97	5,90	8,50	4,40	1,02	1,44	1,81	Αγγίτης κερυστίλβης χαλσιζακός δολερίτης

Οι όριθοι 1α, 2α, 3α κλπ. αναφέρονται σε έγκλεισματα των λαβών 1, 2, 3, κλπ., που αντίστοιχούν στα ήφαιστεια 1) Κορμυνονία (βλ. Παπασταματίου), 2) Μετόχι Εύβοιας (βλ. Παπασταματίου), 3) Μέθανα 4) Πόρος (βλ. Δάβη δια 3 και 4), 5) και 6) Ακρωτήρι Σαντορίνης (βλ. Κτενά), 7) Ίμβρος (βλ. Γεωργαλά), 8) Φέροι Αλεξανδρουπόλεως (βλ. Λιάτσικα, 9) Ροδόπη (βλ. Σολδάτος), 10) Δομος Κτενά - Σαντορίνη (βλ. Γεωργαλά - Παπασταματίου).

του σύστασι. Οἱ λάβες τῆς Σαντορίνης παρουσιάζουν κατὰ τοὺς LACROIX καὶ KTEHA (29) ἐνδομορφισμό, δηλαδή μιὰ ἐνδομεταμόρφωση, πὺν φαίνεται ἀπὸ τὰ ἐναλλογενῆ ἐγκλείσματα τῆς λάβας, δηλαδή τεμάχια μάγματος πὺν ἐστεροποιήθηκαν ἀφοῦ ἀπορρόφησαν ἱζηματογενῆ ἀσβεστοῦχα ὑλικά, ὥστε νὰ παρουσιάζουν βασικά πλαγιόκλαστα, αὐγίτη καὶ βολλαστονίτη. Τὰ βασικά αὐτὰ πλαγιόκλαστα καὶ οἱ πυρόξενοι δὲν περιορίζονται μονάχα στὰ ἐναλλογενῆ ἐγκλείσματα, ἀλλὰ ἀπλώνονται καὶ σὲ ὅλη τὴ μάζα τῶν λαβῶν. Αὐτὰ εἶχαν ὑποπέσει στὴν ἀντίληψη τοῦ Κτενᾶ, τὰ εἶχε ὅμως θεωρήσει σὰν τυχαῖα συστατικά τοῦ κυρίου μάγματος. Ἐνδομορφισμὸ μάγματος μὲ ἐναλλογενῆ ἐγκλείσματα ἀναφέρει καὶ ὁ ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ στὶς λάβες τοῦ Ὁξύλιθου. Ἀφομοίωση ἀσβεστολιθικῶν ὑλικῶν δὲν ἀποκλείει ὁ ΣΟΛΔΑΤΟΣ (59) γιὰ τὸ μάγμα τῶν λαβῶν Ἀλμωπίας.

Ἀπ' αὐτὰ πὺν εἰπώθηκαν βγαίνει τὸ συμπέρασμα ὅτι τὰ ἀναφερθέντα ἡφαίστεια, πὺν παρουσιάζονται στὴ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος, ἀνῆκουν τόσο ἀπὸ πετροχημική, ὅσο καὶ ἀπὸ γεωλογικὴ ἄποψη στὴν ἐπακόλουθη ἡφαιστειότητα. Στὴν Ἑλλάδα ἡ ἐπακόλουθη ἡφαιστειότητα συνδέεται μὲ ἐπιμήκη ρήγματα καὶ καταβυθίσεις κατὰ μῆκος τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλπικοῦ ὄρο-γενοῦς. Στὴν περιοχὴ τῆς Κρομμυωνίας ἡ ἡφαιστειότητα ἐκδηλώθηκε κατὰ τὸ Πλειόκαινο (46, 45). Τὸ ἴδιο συνέβη καὶ στὴν Αἴγινα, Μέθανα, Πόρο καὶ Μῆλο (36, 144). Ἡ ἡφαιστειότητα δηλαδή ἄρχισε ἀπὸ τὸ Πλειόκαινο καὶ ὄχι ἀπὸ τὸ Διλούβιο, ὅπως ὑποστηρίζει ὁ SINDOWSKI (58, 182).

Τὰ ἡφαιστειακὰ κέντρα τῆς δυτικῆς Μακεδονίας (Νάουσα, Ἐδεσσα), τῆς Κύμης καὶ τῆς Χίου, πὺν ἔδωκαν ἀσβεστοαλκαλικὲς λάβες, συνδέονται, ὅπως εἶπαμε, μὲ ἐπιμήκη ρήγματα (μεταπτώσεις) ἀνατολικά τοῦ τμήματος τῆς ζώνης Ἀξιοῦ, πὺν ἐπωδήθηκε πάνω στὴν Πελαγονικὴ ζώνη. Στὴν περιοχὴ τῆς Κύμης ἡ ἡφαιστειότητα εἶχε ἀρχίσει τουλάχιστον ἀπὸ τὸ κατώτερο Πλειόκαινο (47 καὶ 48). Ἡ διαφορὰ στὴν πετροχημικὴ σύστασι τῶν λαβῶν τοῦ Ἐμποριοῦ στὴ Ν. Χίο — ἀλκαλικοὶ ρυόλιθοι στὸν Προφήτη Ἡλία καὶ ἀνδεσινικὸς δακτοειδὴς μὲ πυρόξενους στὸν Ψάρωνα — ὀφείλεται σὲ διαφορισμὸ τοῦ μάγματος. Ὁ διαφορισμὸς αὐτὸς ἦταν ἐντονώτερος στὸ δρόμο ἀπὸ τὴ μαγματικὴ ἐστία πρὸς τὸν Προφήτη Ἡλία μὲ ὕψος δόμου, κατὰ τὸν Κτενᾶ, 216 μ. καὶ διάμετρο βάσεως περίπου 1000 μ., παρὰ στὸν Ψάρωνα μὲ διάμετρο βάσεως 1700 μ. καὶ ὕψος 196 μ., γιὰ τὴν πρώτη περίπτωσι ἡ ψύξι τοῦ μάγματος ἦταν πιὸ ἐντονὴ. Κάτι ἀνάλογο ἔχει συμβεῖ καὶ στὰ ἡφαίστεια τῆς Β. Χίου.

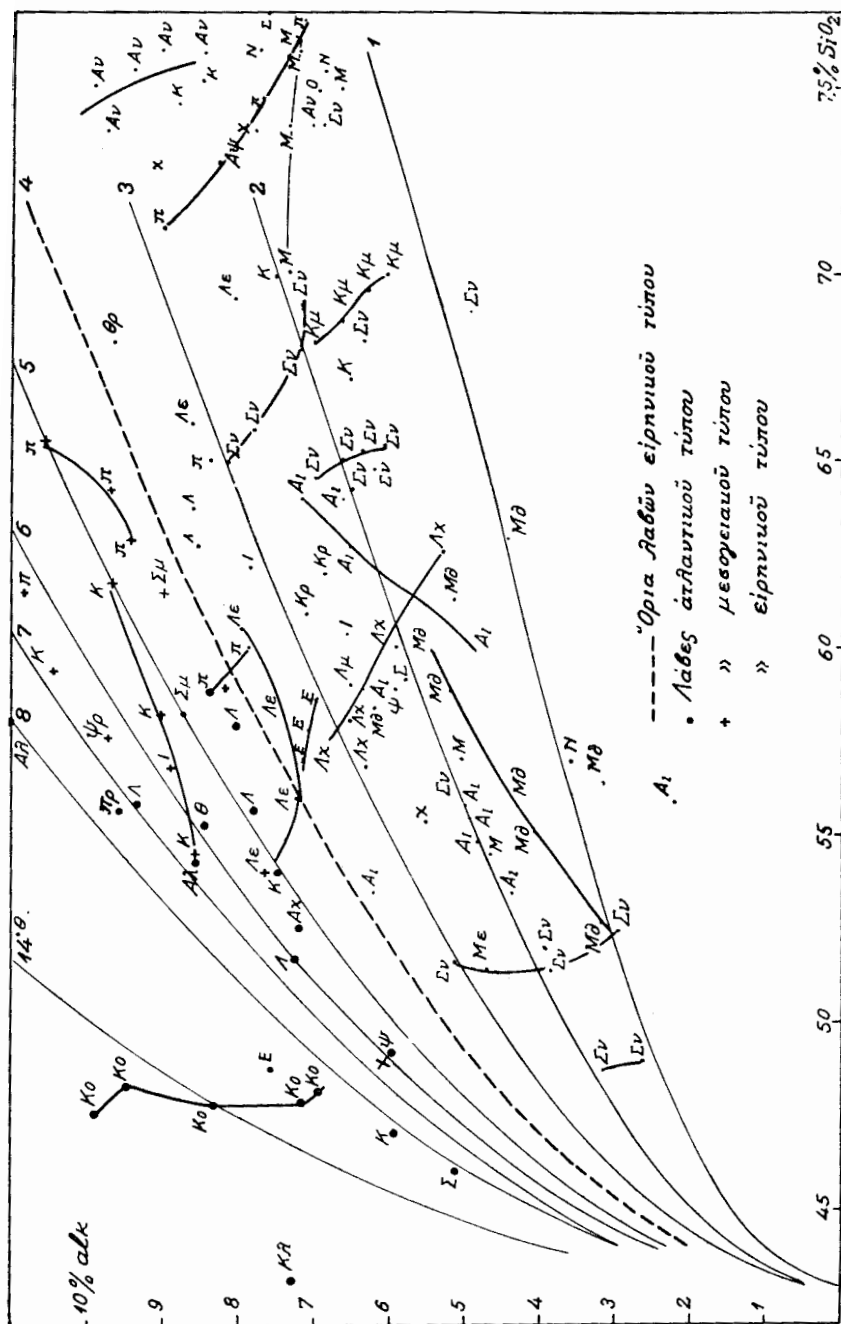
Τὰ ἡφαιστειακὰ κέντρα τῆς Λέσβου καὶ τοῦ Ἀγ. Εὐστρατίου, μὲ τεράστιες ἡφαιστειακὲς ποσότητες τόφφων — ὑπενθυμίζουμε τὸ σύστημα Ὁρδύμου στὴ Λέσβο — μποροῦν νὰ χαρακτηρισθοῦν σὰν προϊόντα ἐπακόλουθης ἡφαιστειότητος, πὺν συνδέονται μὲ ἐπιμήκη ρήγματα καὶ καταβυθίσεις. Θὰ πρέπει λοιπὸν νὰ υποθέσουμε ὅτι τὰ ἡφαίστεια αὐτὰ δὲ σχετίζονται μὲ τὴ ζώνη τῆς Ροδόπης, ἀλλὰ μὲ μιὰ γεωσυγκλινῆ ζώνη δυτικὰ τῆς Ροδόπης, πὺν θὰ ἀναφέρεται σὰν ἀνατολικὴ βόρεια Λέσβος καὶ τμήμα Γαλλοῦνης ἀπὸ τὸς

ροῦν νὰ προέρχονται ἀπὸ μάγμα πὺν εἶχε κλεισθεῖ στὴ ζώνη Ροδόπης παλαιότερα, π. χ. στὴν περίοδο τῶν ἐρκυνίων πτυχώσεων, γιατί στὸ μεταξύ θὰ εἶχε ὑποστεί ἔντονο διαφορισμὸ καὶ θὰ ἔδινε μόνο ρυολίθους καὶ μάλιστα σὲ περιορισμένη ἔκταση.

Στὸ μαγματισμὸ τῆς ζώνης αὐτῆς ἀνήκουν πιθανότατα καὶ οἱ ἀβεστοαλκαλικές λάβες τῆς ἀνατολικῆς Χαλκιδικῆς (2 καὶ 20), ὅπως ἐπίσης καὶ οἱ τριτογενεῖς ὄξινοι πλουτώνειοι σχηματισμοὶ τῆς περιοχῆς αὐτῆς. Τὰ πετρώματα αὐτὰ ἀνήκουν στὸν τριτογενῆ συνορογενετικὸ μαγματισμὸ μιᾶς τεκτονικῆς ζώνης, πὺν δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ ζώνη Ροδόπης μὲ τὴν παλαιὰ ἔννοια. Ἡ πρώτη περίοδος ἡφαιστειότητος ἄρχισε στὴ Λήμνο κατὰ τὸν PAPP (50), στὰ ὄρια Ὀλιγοκαίνου - Μειοκαίνου, καὶ ἡ δευτέρα στὸ Πλειόκαινο ἢ καὶ στὰ ὄρια Μειοκαίνου - Πλειοκαίνου. Τὴ δευτέρα περίοδο ἡφαιστειότητος ἀναφέρει ὁ de LAUNAY (βλ. 34) γιὰ τὶς λάβες τῆς Λέσβου, ἐνῶ τὴν πρώτη ὁ ΓΕΩΡΓΑΛΑΣ (18) γιὰ τὶς λάβες τῆς Ἰμβρου. Στὸν Ἀγ. Εὐστράτιο ἡ πρώτη περίοδος ἡφαιστειότητος κράτησε μέχρι τὴν ἐποχὴ ἀποθέσεως τῶν λιγνιτοφόρων μαργῶν μὲ *Planorbis*, ὅπως δείχνουν οἱ ἀποσαθρωμένοι τόφροι καὶ τὰ ἡφαιστειακὰ λατυποπαγῇ πὺν βρίσκονται στὸ Β.Α. τμήμα τοῦ νησιοῦ (Ἀλονίκη, Αὐλάκια, Ἀγ. Βαρβάρα). Πάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα τῶν μαργῶν μὲ *Planorbis* ἔρχονται τόφροι καὶ σποδός. Τουναντίον στὴ Θράκη ἡ ἡφαιστειότητα εἶχε ἀρχίσει ἀπὸ τὸ Ἡώκαινο (45 καὶ 37).

Ἡφαιστεια καὶ ἀλκαλικές λάβες στὶς μεταμορφωμένες περιοχές τοῦ Αἰγαίου.

Ὁ ΚΤΕΝΑΣ (30, 1981) εἶχε διαπιστώσει, ὅπως ἀναφέραμε, ὅτι στὴν κρυσταλλοσχιστώδη μάζα τοῦ Αἰγαίου παρουσιάζονται ἀλκαλικές καὶ ὑπεραλκαλικές λάβες. Γιὰ νὰ ἐξηγήσει τὴν ἐμφάνιση τῶν λαβῶν αὐτῶν δέχτηκε ὅτι οἱ μεταμορφωτικοὶ παράγοντες ἐπηρέασαν, κατὰ ἓνα μέρος τουλάχιστον, τὴ χημικὴ σύσταση τῶν περιφερειακῶν πυρήνων, πὺν τροφοδότησαν ἀργότερα τὰ ἡφαιστειακὰ κέντρα τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς κρυσταλλοσχιστώδους περιοχῆς τοῦ Αἰγαίου. Ὁ ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ (51), ἀποκρούοντας τὴν ἐκδοχὴ αὐτὴ τοῦ Κτενᾶ, ὑποστηρίζει ὅτι οἱ τριτογενεῖς καὶ τεταρτογενεῖς λάβες τοῦ Αἰγαίου ἔχουν προέλθει ἀπὸ τὸ ἴδιο ἀρχικὸ μάγμα, πὺν εἶχε κατὰ μέσον ὄρο διοριτικὴ ἕως χαλαζιοδιοριτικὴ σύσταση καὶ ἔπαθε βαθμιαῖο διαφορισμὸ, ὥστε στὴν ἀρχὴ νὰ σχηματισθοῦν οἱ ἀνδρασιτικῆς ἕως δακτιτικῆς λάβες καὶ κατόπιν οἱ ὄξινες ἐν μέρει ἀλκαλικές λάβες ἢ βασικές, πὺν συνήθως εἶναι πλούσιες σὲ ἄλκαλι. Ἡ ἐκδοχὴ αὐτὴ ἐξηγεῖ τὴν παρουσίαν τῶν ἀλκαλικῶν λαβῶν τοῦ Αἰγαίου πὺν εἶναι πλούσιες σὲ πυρίτιο, ὅπως εἶναι οἱ ἀλκαλικοὶ ρυολίθοι τῆς Πάτμου, Κῶ, Ἀντιπάρου καὶ Σάμου. Μὲ τὸ βαθμιαῖο ὅμως διαφορισμὸ μᾶγματος δὲν μπορεῖ ἀπὸ ἓνα διοριτικὸ μάγμα νὰ προκύψουν ὅσοι ἄλλοι τύποι ἡφαιστειακῶν μαγμάτων, ὅσοι οἱ ἀλκαλικοὶ ρυολίθοι τῶν Θηβῶν Θεσσαλίας, γιατί μὲ τὸ διαφορισμὸ τοῦ μᾶγματος μαζί μὲ τὰ ἄλκαλια αὐξάνει



Σχ. 4. Διάκριση τῶν λαβῶν τοῦ Αἰγαίου σὲ πετρολογικούς τύπους. Αἰ, Αἰγίνα, Αλ, Ἀλμοπία, Αν, Ἀντίπαρος, Αχ, Ἀχιλλεῖον, Αψ, Ἀντίψαρα, Ε, Ἐνδράτιος, Θ, Θήρες Θεσσαλίας, Ι, Ἰμβρος, Κ, Κῶς, Κλ, Καλογέροι, Κμ, Κορυμνωσία, Κο, Κούλα, Κρ, Καραμπουργκού, Λ, Λήμνος, Λε, Λέσβος, Λχ, Λαγιάδες, Μ, Μήλος, Μθ, Μέθανα, Με, Μετόχι, Ν, Νίσυρος, Ο, Ὀξυλίφος, Π, Πάτιμος, Πρ, Πόρος, Ρ, Ροδόπη, Σ, Σάμος, Σμ, Σαμοθράκη, Σν, Σαντορίνη, Φ, Φέρες, Χ, Χίος, Ψ, Ψαδοῦρα, Ψρ, Ψέριμος.

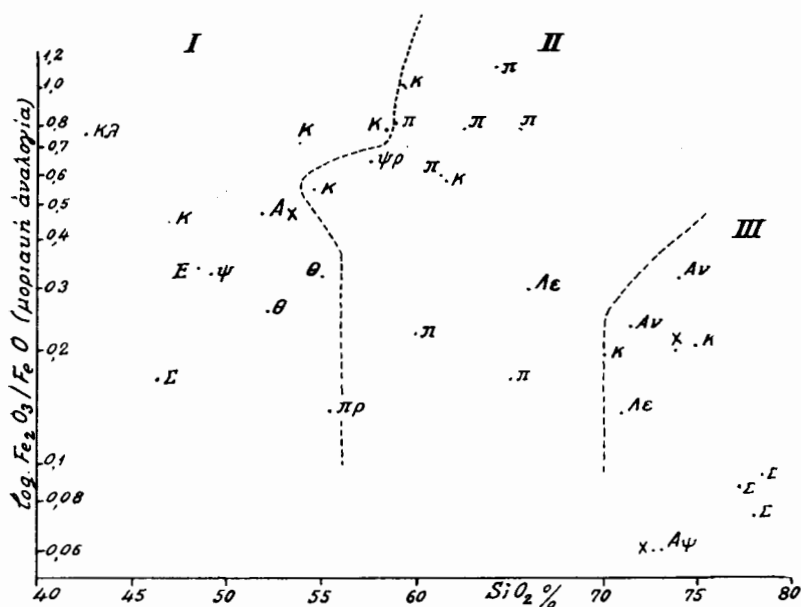
καὶ ἡ περιεκτικότητα σὲ SiO_2 . Στὶς λάβες τῆς Σαντορίνης π. χ. τὸ ποσοστὸ τῶν ἀλκαλίων ($\text{aK} = \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) κυμαίνεται ἀπὸ 2,5—7,5%, σ' αὐτὸ ὅμως ἀντιστοιχεῖ παράλληλη σχεδὸν διακύμανση τοῦ SiO_2 , ὅπως φαίνεται στὸ σχ. 4. Τὸ ἴδιο παρατηρεῖται καὶ στὶς λάβες Αἴγινας, Μεθάνων, Μήλου κ.λ.π.

Θὰ πρέπει λοιπὸν νὰ δεχθοῦμε ὅτι οἱ ἀλκαλικοὶ ρυόλιθοι τοῦ Αἰγαίου δὲν μπορεῖ νὰ ἔχουν προέλθει ἀπὸ τὸ ἴδιο μάγμα πὺν ἔδωσε ἀλκαλικούς βασάλτες ἢ τραχεῖτες. Οἱ ἀλκαλικοὶ ρυόλιθοι ὀφείλουν τὴν ἀλκαλικότητά τους στὸ ὅτι ἀποτελοῦν τὰ τελευταῖα ὕλικά στερεοποιήσεως τοῦ μάγματος. Ὅπως εἶναι γνωστὸ ἀπὸ τὴ γεωχημεία, τὰ μονοσθενῆ στοιχεῖα, ὅπως εἶναι τὰ ἀλκάλια, δεσμεύονται τελευταῖα κατὰ τὴ στερεοποίηση τοῦ μάγματος, πρᾶγμα πὺν δὲν μπορεῖ νὰ συμβεῖ στὴν περίπτωσι ἀλκαλικοῦ βασάλτη ἢ τραχειανδεσίτη. Μὲ ἄλλα λόγια βασάλτες καὶ τραχειανδεσίτες πλούσιοι σὲ ἀλκάλια δὲν μπορεῖ νὰ ἔχουν προκύψει ἀπὸ διαφορισμὸ γρανοδιοριστικοῦ μάγματος, καὶ θὰ πρέπει νὰ ὑποθέσουμε ὅτι τὸ μάγμα ἀπὸ τὸ ὁποῖον προῆλθαν ἢ ἦταν ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ἀλκαλικὸ ἢ ἀφομοίωσε ἀργότερα τὰ ἀλκάλια ἀπὸ τὰ γειτονικά του πετρώματα.

Ἄς δοῦμε τώρα τί εἴδους ἀλκαλικὲς λάβες παρουσιάζονται στὴν Ἑλλάδα. Ἐπειδὴ τὸ ποσοστὸ τῶν ἀλκαλίων στὶς λάβες συμβαδίζει μὲ τὴν περιεκτικότητά σὲ SiO_2 , καλὸ εἶναι γιὰ τὸν χαρακτηρισμὸ μιᾶς λάβας σὰν ἀλκαλικῆς νὰ λάβουμε ὑπ' ὄψη τὸ ποσοστὸ τοῦ SiO_2 . Στὴ μελέτη αὐτὴ θ' ἀκολουθήσουμε τὸ σύστημα RITTMANN (55), πὺν ταξινομεῖ τὶς λάβες ἀνάλογα μὲ τὸ συντελεστὴ ὁμάδας $\sigma = \frac{(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}{\text{SiO}_2 - 43}$ σὲ διαφορὰς ὑπο-

κατηγορίες τύπων. Σύμφωνα μὲ τὸ σχεδιάγραμμα ἀριθ. 4, πὺν ἔγινε μὲ βάση τὸν τύπο αὐτό, οἱ λάβες τῆς Ἀντιπάρου, παρ' ὅλον πὺν ἡ σχέση ἀλκαλίων πρὸς ἀσβέστιο εἶναι πολὺ μεγάλη, ἀνήκουν στὸν εἰρηνικὸν τύπον λαβῶν, λόγω τῆς μεγάλης τῶν περιεκτικότητος σὲ SiO_2 . Τὸ ἴδιο ἰσχύει καὶ γιὰ τοὺς ρυολίθους τῆς Πάτμου, Κῶ, Νισύρου, Σάμου καὶ Χίου. Ἀλκαλικὲς λάβες πτωχὲς σὲ SiO_2 ἔδωκαν τὰ ἡφαιστειακά κέντρα Καλογέροι (ἀνδρσινικὸς τεφριτοειδὴς μέχρι βασανιτοειδὴς), ἡ Πάτμος (βιοτιτικοὶ καὶ βιοτιτικοὶ - πυροξενικοὶ τραχεῖτες), ἡ Κῶς (βιοτιτικοὶ - πυροξενικοὶ τραχεῖτες), ἡ Νίσυρος (πυροξενικοὶ τραχεῖτες μὲ ἀμφίβολο), ἡ Σάμος (βασάλτες), οἱ Θῆβες Θεσσαλίας (βασάλτες) κ.τ.λ. Μὲ ἄλλα λόγια οἱ ἀλκαλικὲς λάβες τοῦ Αἰγαίου παρουσιάζονται σχεδὸν ἀποκλειστικὰ σὲ περιοχὲς μὲ κρυστολλοσχιστῶδη πετρώματα, ὅπως ἡ Πελαγονικὴ, ἡ Ἀττικοκυκλαδικὴ καὶ Καριωλυδικὴ, πὺν τὶς θεωροῦμε σὰν ὁμόλογες ζῶνες καὶ συνιστοῦν τὴν Πελαγονικὴ ζώνη κατὰ τοὺς Γάλλους γεωλόγους· φυσικὰ δὲν ἔχει τὴν κανονικὴ μορφή πὺν φαίνεται στοὺς χάρτες. Τὸ ἡφαιστειο Καλόγεροι π. χ. ἀνήκει στὴ ζώνη αὐτὴ. Τὸ ἴδιο ἰσχύει καὶ γιὰ τὴν γεωαντικλινὴ ζώνη μεταξὺ ζώνης Ἀξιοῦ καὶ γεωαντικλινῆς ζώνης Δέσβου - Χαλκιδικῆς, ὅπου ἀνήκουν τὰ ἡφαιστεια Πυθαγοῦρα καὶ Ἀντίπαρα.

Με τὰ ὑπάρχοντα στοιχεῖα μπορούμε νὰ ξεχωρίσουμε ἓνα ἀσθενῆ ἕως μέτριο ἀτλαντικό τύπο λαβῶν στὴν Ἀλμωπία, Ψαθούρα, Ἀχιλλεῖον, Πορφυρίωνα καὶ Θῆβες Θεσσαλίας. Ἐπίσης στὸν Ἅγιο Εὐστράτιο, Λῆμνο, Σάμο καὶ Κῶ, ἐνῶ οἱ λάβες τοῦ ἠφαιστείου Καλόγεροι ἀνήκουν σὲ ἰσχυρότατα ἐκπεφρασμένο ἀτλαντικό τύπο (ἄς σημειωθεῖ ἐδῶ ὅτι τὸ ἀλκαλικὸ μάγμα τῶν φλεβικῶν σχηματισμῶν τοῦ Πηλίου (65) ἀντιστοιχεῖ σὲ ἀτλαν-



Σχ. 5. Ἡμολογαριθμικὴ σχέση $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{FeO}}$ · SiO_2 σὲ λάβες μὲ διαφορισμὸ μάγματος, I ἀσθενῆ, II μέτριο καὶ III ἰσχυρό.

τικό τύπο λαβῶν), καὶ δεύτερον ἓναν ἀσθενῆ ἕως μέτριο μεσογειακὸ τύπο λαβῶν στὴν Πάτμο, Κῶ, Ψέριμο, Λέσβο, Ἰμβρο καὶ Σαμοθράκη.

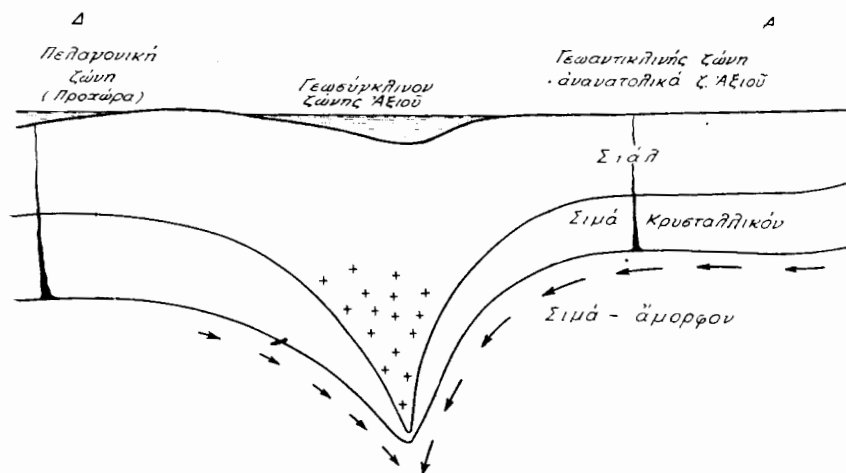
Οἱ δυὸ αὐτοὶ τύποι λαβῶν τοῦ Αἰγαίου διαφέρουν μεταξύ τους στὴν περιεκτικότητά τόσο τοῦ Na καὶ τοῦ K, ὅσο καὶ τοῦ SiO_2 . Ἐπιπλέον ἡ σχέση $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ παίρνει διαφορετικὲς τιμὲς στοὺς τύπους αὐτοὺς (σχ. 5). Σὲ γενικὲς γραμμὲς οἱ λάβες μεσογειακοῦ τύπου εἶναι πλουσιώτερες σὲ SiO_2 καὶ πτωχότερες σὲ MgO ἀπὸ τὶς λάβες τοῦ ἀτλαντικοῦ τύπου. Ἐπίσης στὶς πρώτες λάβες ὑπερτερεῖ τὸ Fe_2O_3 ἀπὸ τὸ FeO μὲ ἀντίστοιχο σχηματισμὸ βιοτίτη ἢ κερροσίλβης (ἐξαίρεση ἀποτελοῦν οἱ λάβες Λέσβου καὶ Ἰμβρου, ποὺ δὲν ἀνήκουν στὴν Πελαγονικὴ ζώνη). Οἱ λάβες λοιπὸν μεσογειακοῦ τύπου μπορούν νὰ θεωρηθοῦν ὡς προϊόντα ἐνὸς μέτριου διαφορισμοῦ μάγματος. Οἱ λάβες ἀτλαντικοῦ τύπου τῆς Πελαγονικῆς ζώνης, ἐκτὸς τοῦ ὅτι εἶναι πτωχεῖς σὲ SiO_2 , καὶ φησὶν ὅτι ἡ ἀντίστροφος ἀντιδράση $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeO}$, ὥστε

σπάνια να παρουσιάζεται βιοτίτης ή κερροσίλβη, και συνήθως μεγάλο ποσοστό σε MgO . Για τις λάβες αυτές θα πρέπει να δεχθούμε ότι έχουν προέλθει από μάγμα που έχει υποστεί, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες, μέτριο έως μικρό διαφορισμό. Τουναντίον οι πλούσιες σε αλκάλια λάβες με $\text{SiO}_2 > 70\%$ και $\text{FeO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$ στη Σάμο, Πάτμο και Άντιπαρο θα πρέπει να θεωρηθούν σαν κατάλοιπα διαφορισμού μάγματος. Με αυτό συμφωνεί και η τεταρτογενής ηλικία των λαβών της Άντιπαρου και Πάτμου. Θα πρέπει να προστεθεί εδώ ότι το μάγμα που έδωκε γένεση στις όξινες αυτές λάβες ήταν σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια, γιατί μόνο έτσι θα μπορούσε να συντελεστεί ο έντονος διαφορισμός του μάγματος και να μείνουν τα υλικά των λαβών αυτών σαν κατάλοιπα στερεοποίησης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω θα μπορούσε κανείς να δεχθεί ότι οι αλκαλικές λάβες άτλαντικού τύπου της Πελαγονικής ζώνης δεν έχουν προέλθει από διαφορισμό συνορογενετικού μάγματος. Επίσης δεν μπορεί να ισχύσει για την αλκαλικότητα των λαβών αυτών ότι το μάγμα τους άφομοίωσε πολλά άσβεστολιθικά υλικά, που προκάλεσαν δέσμευση ενός μεγάλου μέρους πυριτικών, ώστε το υπόλοιπο μάγμα να εμπλουτισθεί σε αλκάλια. Στην περίπτωση αυτή θα έπρεπε να είχαν παρουσιασθεί αλκαλικές λάβες και στο κυκλαδικό τόξο ήφαιστειών, όπου πραγματικά το μάγμα άπορρόφησε άσβεστολιθικά υλικά, εκεί όμως παρουσιάζονται μόνο άσβεστοαλκαλικές λάβες. Έπομένως για τις αλκαλικές λάβες του Αιγαίου με μικρή περιεκτικότητα SiO_2 θα πρέπει να δεχθούμε ότι προέρχονται από μάγμα που δεν έχει σχέση με το συνορογενετικό, θα κατάγεται λοιπόν απ' ευθείας από το βασαλτικό μάγμα που ανέβηκε από τη ζώνη του Σιμά χάρη σε βαθιά ρήγματα, με εξαίρεση τις τοπικές περιπτώσεις άφομοίωσης ξένων υλικών.

Τα ρήγματα που ανέβασαν το βασαλτικό μάγμα από τη ζώνη του Σιμά στην Πελαγονική ζώνη δεν μπορεί να σχηματίσθηκαν εκεί από την όρογενετική πίεση των πτυχώσεων, γιατί, όπως είναι γνωστό, η άντοχή των πετρωμάτων στην πίεση είναι κατά πολύ, 30—50 φορές, μεγαλύτερη απ' ό,τι στον έφελκυσμό (64). Έτσι από την πίεση του όρογενετικού μάγματος της ζώνης Άξιου πάνω στην Πελαγονική ζώνη άσφαλώς θα σχηματίσθηκαν ρήγματα· εδώ όμως θα πρόκειται για ρήγματα διατήσεως ή έφελκυσμού παράλληλα στη διεύθυνση της πίεσεως, που εκτείνονται σε μικρό βάθος, ώστε να μη φθάνουν το ύποκείμενο Σιμά. Τα ρήγματα αυτά θα πληρώθηκαν από συνορογενετικό μάγμα, που με διαφορισμό θα έδωκε άργότερα αλκαλικούς ρυολίθους και θα προκάλεσε κατά τόπους μεταμόρφωση των μεσοζωικών στρωμάτων της Πελαγονικής ζώνης. Άλλά και το μάγμα των όψιμοτεκτονικών γρανιτικών σωμάτων, που παρουσιάσθηκαν στην Πελαγονική ζώνη (Λαύριον) άργότερα, μετά την πτύχωση της ζώνης Άξιου, προέρχεται από παλαιότερο συνορογενετικό μάγμα. Το όψιμο αυτό μάγμα, αν και ψυχρότερο από το συνορογενετικό, θα έδωκε άργότερα, με μεταμόρφωση, άλκαλικές λάβες, όπως αυτές που βρίσκονται στη Σάμο, Πάτμο και Άντιπαρο. Η σειρά του, έστω και περιορισμένη, μεταμόρφωση στα γειτονικά του μεσοζωικά ιζήματα.

Εἶναι γνωστὸ ὅτι τὰ μεγάλα βαθιὰ ρήγματα ἐφελκυσμοῦ, ποὺ διασχίζουν τὴ λιθόσφαιρα, γίνονται σὲ στάδια χαλαρώσεως τοῦ φλοιοῦ τῆς γῆς. Τέτοια μεγάλα ρήγματα ἐφελκυσμοῦ, ποὺ συνδέονται μὲ σιμαϊκὸ μαγματισμό, παρουσιάζονται σὲ κρατονικὲς ζώνες καὶ ὁφείλονται κατὰ τὸν CLOOS σὲ ἀναθόλωση τῶν περιοχῶν αὐτῶν. Στὶς περιπτώσεις αὐτὲς πρόκειται γιὰ ταφροειδῆ ρήγματα, ἀπ' ὅπου ἔχουν ἐκχυθεῖ τεράστιες ποσότητες ἀπὸ βασικὲς λάβες, πράγμα ποὺ δὲ συμβαίνει στὸ Αἶγαϊο. Ἐδῶ οἱ βασαλτικὲς λάβες σποραδικὰ μόνον παρουσιάζονται καὶ μάλιστα σὲ περιορισμένη ἔκταση. Ἔτσι τὸ μόνον ποὺ μπορούμε νὰ ποῦμε εἶναι ὅτι στὴν Πελαγονικὴ ζώνη παρουσιάζεται ἡ τελικὴ ἡφαιστειότητα, ἀλλὰ μὲ τὴ στενὴ τῆς ἔννοια. Σύμ-

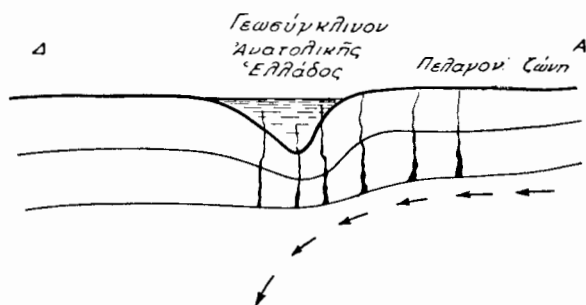


Σχ. 6. Ἀναπαράσταση ὑπογείων ρευμάτων μεταφορᾶς (τόξα) κατὰ τὴν περίοδο τεκτογενέσεως τῆς ζώνης Ἀεῖου. Μαῦρο χρῶμα = διείσδυση σιμαϊκοῦ μάγματος στὴ λιθόσφαιρα, Σταυροὶ = σιμαϊκὸ μάγμα ἀνατήξεως, ποὺ διείσδυσε μέσα στὸ γεωσύγκλινο.

φωνα μὲ τὸν STILLE (63) ἡ τελικὴ ἡφαιστειότητα, ὅπως καὶ ὁ πρωταρχικὸς μαγματισμός, χαρακτηρίζεται ἀπὸ σιμαϊκὰ πετρώματα, ποὺ παρουσιάζονται σὲ κρατονικὲς περιοχές. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ περιπτώσεις ποὺ καὶ ὄξινες λάβες (ρυόλιθοι, τραχεῖτες καὶ φωνόλιθοι) ἀνήκουν στὴν τελικὴ ἡφαιστειότητα αὐτὲς ἐμφανίζονται σὰν κατάλοιπα μάγματος σὲ ὅμοιες γεωτεκτονικὲς συνθήκες, ὅπως τὰ βασικὰ πετρώματα. Τὸ Αἶγαϊο ὅμως δὲ βρίσκεται ἀκόμα σὲ κρατονικὴ, ἀλλὰ σὲ ἡμικρατονικὴ καὶ μόνον κατὰ ἓνα μέρος σὲ κρατονικὴ κατάσταση (26, 51). Ἐπομένως οἱ βασαλτικὲς λάβες τῆς Πελαγονικῆς ζώνης, ὅπως εἶναι τῆς Κούλας (Κατακεκαυμένη) τῆς Μικρᾶς Ἀσίας, ποὺ τεκτονικὰ ὑπάγεται στὴν Πελαγονικὴ ζώνη, δὲν μποροῦν νὰ ἀνήκουν στὴν τελικὴ ἡφαιστειότητα μὲ τὴν ἔννοια τοῦ STILLE. Τὸ ἴδιο μπορούμε νὰ ποῦμε καὶ γιὰ τὴν Πελαγονικὴ ζώνη. Ὁμοίως καὶ γιὰ τὴν Βαλκανικὴ ζώνη, ὅπου παρουσιάζονται

ζονται στην προέκταση της ζώνης του Ἀξιοῦ (10). Στις περιπτώσεις αὐτὲς εἶναι προτιμότερος ὁ ὅρος μεταμορογενετικὴ ἠφαιστειότητα, πού σὲ ἀνάλογες περιπτώσεις ἀναφέρει ὁ RITTMANN (54, 178). Ἔτσι μπορούμε νὰ ποῦμε ὅτι πολλὲς ἀπὸ τὶς ἀλκαλικὲς λάβες τοῦ Αἰγαίου ἀνήκουν στὴ μεταμορογενετικὴ ἠφαιστειότητα. Χρειάζεται ὁμῶς νὰ ἐξετασθεῖ πῶς προέκυψαν οἱ βασालτικὲς αὐτὲς λάβες, ὅπως ἐπίσης καὶ οἱ ἀλκαλικές.

Μιὰ περίπτωσι πού σημαϊκὸ μάγμα εἰσχωρεῖ στὴ λιθόσφαιρα εἶναι ἀπὸ τὰ ρήγματα ἐφελκυσμοῦ πού δημιουργοῦνται στὸ ὑπόβαθρο τῆς Προχώρας καὶ Πισοχώρας τῶν γεωσυγκλίνων ἀπὸ τὴν ἐπίδρασι τῶν ὑπογείων ρευμά-



Σχ. 7. Ὑπόγεια ρεύματα μεταφορᾶς καὶ διείδυση σικκοῦ μάγματος στὸ τέλος τῆς γεωσυγκλινούσ πε- ριόδου τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος.

των μεταφορᾶς μάγματος (55). Τέτοια ρεύματα δροῦν καὶ κάτω ἀπὸ τὸν ἐλληνικὸ χῶρο (26). Δὲν ἀποκλείεται λοιπὸν νὰ σχηματίσθηκαν ἀνάλογα ρήγματα ἐφελκυσμοῦ στὸ ὑπόβαθρο τῆς Πελαγονικῆς ζώνης, πού δοκίμασε μεγάλο τράβηγμα ἀπὸ τὰ ρεύματα μεταφορᾶς στὴν περίοδο τεκτογενέσεως τῆς ζώνης Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος (Πυρηναϊκὴ φάσι). Τὰ ρήγματα αὐτὰ θὰ ἔδωκαν τὴν δυνατότητα στὸ σημαϊκὸ μάγμα νὰ εἰσχωρήσει μέσα στὴ ζώνη τοῦ Σιάλ καὶ νὰ σχηματίσει ἀργότερα ἠφαιστεία. Στὴν κατηγορία αὐτὴ ἠφαιστειῶν ὑπάγεται πιθανώτατα τὸ ἀγνώστου ἡλικίας ἠφαιστεῖον Καλογέροι καὶ τὰ, σὲ νεώτερη φάσι ἠφαιστειότητος σχηματισθέντα, ἠφαιστεία Ψαθοί- ρας καὶ Θεσσαλίας. Στὴν ἴδια κατηγορία θ' ἀνήκουν καὶ τὰ ἠφαιστεία τῆς Πάτμου, Κῶ, Ψερίμου καὶ Σάμου μὲ τὶς ἀλκαλικὲς λάβες, πού συνδέονται μὲ ΒΔ-ΝΑ ρήγματα ἐφελκυσμοῦ. Τὰ ρήγματα αὐτὰ παρουσιάζουν τὸ ἰδιαι- τερο χαρακτηριστικὸ ὅτι δὲν εἶναι ἐπιμήκη, ὅπως συνήθως συμβαίνει σὲ τέτοιες περιπτώσεις, ἀλλὰ ἐγκάρσια. Τοῦτο ὀφείλεται στίς τοπικὲς συνθηκὲς κινήσεως τῶν ὑπογείων ρευμάτων, πού κάτω ἀπὸ τὴν περιοχὴ τῆς Δωδε- κανήσου εἶχαν Β-Ν. διεύθυνσι, ἐνῶ κάτω ἀπὸ τὶς Κυκλάδες ΑΒΑ-ΔΝΔ. διεύθυνσι. Στὴ δευτέρη μάλιστα περίπτωσι τὰ ρεύματα μεταφορᾶς ἦσαν ταχύτερα καὶ ἔπαιζαν ἰσχυρὸν ρόλον ἐν τῇ μεταμορφώσεως, ἐνῶ καὶ ἀπὸ

Τὸ μεγάλο ρήγμα μεταξύ Ἰκαριᾶς καὶ Μυκόνου καὶ Κῶ - Ἀστυπαιλαίας, ποὺ ἀργότερα προχώρησε νοτιότερα μεταξύ Ρόδου καὶ Καρπάθου, ἔλκει τὴν προέλευσὶν αὐτὴ ἀπὸ τὰ φαινόμενα αὐτά. Τὸ ἴδιο καὶ τὰ ἠφαίστεια τῆς γειτονικῆς περιοχῆς. Ἡ κυριότερη ἠφαιστειακὴ δράση στὴ Δωδεκάνησο παρουσιάστηκε στὸ ἄνω - Μειόκαινο, ὅταν μὲ δευτερεύοντα ἐγκάρσια ρήγματα εἶχαν ἐπεκταθεῖ τὰ μεγάλα καὶ βαθειὰ ρήγματα ἐφελκυσμοῦ μέχρι τὴν ἐπιφάνεια. Ἀργότερα κατὰ τὴ βαλλαχικὴ φάση ὀρογενέσεως, λόγω ἀναβιώσεως παλαιῶν ρηγμάτων ἢ δημιουργίας νέων, παρουσιάστηκε στὸ Αἰγαῖο νέα περίοδος ἠφαιστειότητος. Ἐπειδὴ τὰ νέα αὐτὰ ἐγκάρσια ρήγματα συνάντησαν σὲ μερικὲς θέσεις τῆς Πελαγονικῆς ζώνης γρανοδιοριτικὸ μάγμα, ποὺ εἶχε διεισθῆναι ἐκεῖ κατὰ τὴν ὀρογένεση τῆς ζώνης Ἀξίου, παρουσιάσθηκαν στὴν περιοχὴ αὐτὴ καὶ ἠφαίστεια μὲ ἀσβεστοαλκαλικὰς λάβες, π.χ. ἀλκαλικοὶ ρυόλιθοι, ποὺ προηγούμενα θεωρήσαμε σὰν κατάλοιπα διαφορισμοῦ μάγματος σὲ ἀνώτερους ὀρίζοντες τῆς λιθοσφαίρας. Τὰ τεταρτογενῆ ἠφαίστεια τῆς Ἀντιπάρου μὲ ἀλκαλικοὺς ρυολίθους (1 καὶ 31) συνδέονται μὲ τὸ ρήγμα Μήλου - Ἀντιπάρου (53), ποὺ μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ σὰν προέκταση τοῦ προπλειοκαινικοῦ ρήματος Κυθήρων - Μήλου. Τὰ τεταρτογενῆ ἠφαίστεια Ἀχιλλεῖον (40) καὶ Ψαθοῦρα (34) συνδέονται μὲ τὸ ἐγκάρσιο ρήγμα Τρίκερι - Σκιάθος, ποὺ κι αὐτὸ εἶχε ἀναβιώσει κατὰ τὸ Τεταρτογενές. Μὲ ἀνάλογα ρήγματα συνδέονται καὶ τὰ τεταρτογενῆ ἠφαίστεια Πορφυρίων (8) καὶ Θήβης Θεσσαλίας (66).

Οἱ διαφορὲς τῶν ἀλκαλικῶν λαβῶν τοῦ Αἰγαίου στὴν περιεκτικότητά Κ καὶ Να εἶναι συνήθως πολὺ μικρὲς, ὥστε νὰ μὴν ἐπιτρέπουν συμπεράσματα γιὰ διαφορετικὴ προέλευση αὐτῶν. Σὲ πολλὰς περιπτώσεις ἡ ὑπεροχὴ τοῦ Κ ἔναντι τοῦ Να συνοδεύεται μὲ αὔξησι τοῦ SiO_2 καὶ παρατηρεῖται σὲ λάβες τῆς ἴδιας στενῆς περιοχῆς, ὥστε οἱ διαφορὲς αὐτὲς νὰ μποροῦν νὰ ἀποδοθοῦν σὲ φαινόμενα διαφορισμοῦ τοῦ μάγματος. Βλέπε τὴν περίπτωσι τῆς Κῶ στὸ σχ. 5, ὅπου ἡ διαχωριστικὴ γραμμὴ τῶν χώρων I καὶ II παρουσιάζει κοίλωμα. Σ' ὅ,τι ἀφορᾷ τὶς ἄλλες περιπτώσεις χρειάζεται νὰ γίνουν καὶ νέες ἀνάλυσις, σὲ συνδυασμὸ μάλιστα μὲ μετρήσεις ραδιενεργείας. Ἐξ ἴσου ἐνδιαφέρον εἶναι νὰ καθορισθεῖ ἡ ἡλικία τῶν λαβῶν αὐτῶν, ἀκόμα καὶ μὲ βάση τὴ ραδιολογία. Στὶς νεώτερες ἐκρήξεις τῆς ἴδιας μαγματικῆς ἐστίας θὰ πρέπει κανονικὰ τὸ Κ, μὲ ἀκτῖνα ἰόντος $1,38 \text{ A}^\circ$, νὰ ὑπερτερεῖ τοῦ Να, ποὺ ἔχει ἀκτῖνα ἰόντος $0,98$. Ἐφόσον δὲν ὑπάρχουν στοιχεῖα γιὰ τὰ θέματα αὐτὰ δὲν μποροῦμε ν' ἀποκλείσουμε τὴν ἐπίδραση τοπικῶν παραγόντων πάνω στὴ σύστασι τῶν λαβῶν τοῦ Αἰγαίου. Εἶναι πολὺ πιθανὸν ὅτι τὸ μάγμα πῆρε ἓνα μέρος τοῦ Κ καὶ Να ἀπὸ μεταμορφωμένα ἢ ἐκρηξιγενῆ πετρώματα, ποὺ προϋπήρχαν μέσα στὴν Πελαγονικὴ ζώνη. Ἀνάλογη περίπτωσι ἀναφέρει ὁ ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ (33) γιὰ τοὺς πλουτώνειους σχηματισμοὺς τῆς Ἀνάφης. Στὶς θέσεις ὅπου τὸ ὄξινο μάγμα ἀφομοίωσε παλαιότερα βασικὰ πετρώματα, ὅπως ἐν τῇ Θεσσαλίᾳ καὶ ἐν τῇ Πελοποννήσῳ, ὅ,τι εἶναι στὶς θέ-

σεις ὅπου δὲν ἔγινε ἀφομοίωση παλαιοῦ ὑλικοῦ. Ἔτσι ἡ ἐκδοχὴ ΚΤΕΝΑ γιὰ τὴν ἀλκαλικότητα τῶν λαβῶν τοῦ Αἰγαίου μπορεῖ νὰ βρεῖ ἀνταπόκριση στὴν ἀπορρόφηση ἀπὸ τὸ μάγμα ὑλικῶν μεταμορφώσεως.

Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀνακοινώσεως ὁ κ. ΜΠΟΡΝΟΒΑΣ παρετήρησε :

Δὲν νομίζω ὅτι εἶναι δυνατόν βάσει στοιχείων τῆς ὑπαρχούσης παλαιᾶς βιβλιογραφίας νὰ δημιουργοῦνται νέαι ζώναι εἰς τὸν Ἑλληνικὸν χῶρον ἥδη ὁ ΜΕΚΣΙΕΚ, ὅστις ἐργάζεται εἰς τὴν ζώνην τοῦ Ἀξιοῦ, διέκρινε τρεῖς διαφόρους ἐνότητες (ὑποζώνας) καὶ μίαν ἐνδιάμεσον ζώνην πρὸς Ἀνατολὰς, ἥτοι πρὸς τὴν ζώνην Ροδόπης. Διὰ τὴν Χίον δὲν εἶναι δυνατόν νὰ προκαθορισθῇ ἡ ζώνη εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει, ἐφ' ὅσον ἐλλείπουν νεώτερα γεωλογικὰ δεδομένα ἐπὶ τῶν ὁποίων θὰ στηριχθοῦν οἱ ἀναγκαῖοι στρωματογραφικοὶ συσχετισμοὶ πρὸς ἐξαγωγήν γενικωτέρων συμπερασμάτων.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὁ κ. ΚΙΣΚΥΡΑΣ ἀπήντησεν ὥς ἑξῆς :

Ὁ χωρισμὸς τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου σὲ νέες ζώνες δὲν βασίζεται σὲ στοιχεῖα παλαιᾶς βιβλιογραφίας, ἀλλὰ σὲ μιὰ γενικὴ ἀρχὴ τῆς γεωλογίας, ὅτι οἱ γεωσυγκλινεῖς ζώνες χωρίζονται μεταξὺ τους μὲ ἐνδιάμεσες γεωαντικλινεῖς ζώνες. Ἔτσι μεταξὺ τῆς γεωσυγκλινούσας ζώνης Ὁλονοῦ - Πίνδου καὶ τῆς Πελαγονικῆς, ποὺ εἶναι γεωαντικλινὴς ζώνη, θὰ παρεμβάλλονται δύο ἄλλες ζώνες, μιὰ γεωαντικλινὴς ζώνη, ἀνατολικά τῆς ζώνης Ὁλονοῦ - Πίνδου, καὶ μιὰ γεωσυγκλινὴς, δυτικὰ τῆς Πελαγονικῆς ζώνης. Ἡ γεωαντικλινὴς εἶναι ἡ ζώνη Παρνασσοῦ - Γκιώνας καὶ ἡ γεωσυγκλινὴς ἡ ζώνη Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος μὲ τοὺς ὀφιολίθους, ποὺ ἔχει ἐπωθηθεῖ πάνω στὴ ζώνη Παρνασσοῦ - Γκιώνας, καλύπτοντάς τὴν σὲ μερικὲς θέσεις (Β. Ἑλλάδα) ὁλόκληρην, ὥστε νὰ φθάσῃ τὴ ζώνην Ὁλονοῦ - Πίνδου. Ἐπομένως ἡ δημιουργία ὑπὸ τῶν Γάλλων γεωλόγων τῆς ὑποπελαγονικῆς ζώνης, ποὺ τὴν παρεμβάλλουν μεταξὺ τῆς ζώνης Ὁλονοῦ - Πίνδου καὶ τῆς Πελαγονικῆς ζώνης, δὲν δικαιολογεῖται. Ἢδη οἱ Γάλλοι γεωλόγοι ἀναγκάσθηκαν νὰ δεχθοῦν ὅτι τὰ ὀφιολιθικά πετρώματα τῆς ὑποπελαγονικῆς ζώνης δὲν ἔχουν καμιά σύνδεσιν μὲ τὴ ζώνην Ὁλονοῦ - Πίνδου, ποὺ ἄλλοτε εἶχαν θεωρήσει γιὰ εὐγεωσυγκλινόν.

Ἐπειδὴ στὴ δυτικὴ πλευρὰ τῆς ζώνης τῆς Ροδόπης παρουσιάζονται : α) ἔντονον τριτογενὲς ἡφαιστειακὴ δράση (Λέσβος, Ἀνατολικὴ Χαλκιδική), ποὺ ἀνήκει στὴν ἐπακόλουθην ἡφαιστειότητα, β) δέξινον πλουτώνειον σχηματισμοὶ τοῦ τριτογενοῦς, ποὺ ἀνήκουν σὲ συνορογενετικὸ μαγματισμό, θὰ πρέπει νὰ δεχθοῦμε ὅτι ἡ περιοχὴ αὕτῃ ἀνήκει σὲ μιὰ ζώνην ἀλπικῆς ὀρογενέσεως, συνεπῶς δὲν μπορεῖ νὰ ἀνήκει στὴ ζώνην τῆς Ροδόπης μὲ τὴν παλαιὰ ἔννοια, ἀλλὰ σὲ μιὰ ἄλλην καὶ μάλιστα γεωσυγκλινὴ ζώνην, στὴν ὁποία θὰ ὑπάρχουν καὶ οἱ ὀφιολίθοι τῆς Λέσβου καὶ τῆς Α. Χαλκιδικῆς. Τότε ὅμως μεταξὺ τῆς γεωσυγκλινούσας αὐτῆς ζώνης, στὴν ὁποία δόθηκε τὸ ὄνομα Ἀνατολικὴ ζώνη Λέσβου - Χαλκιδικῆς, καὶ τῆς Πελαγονικῆς ζώνης δὲ θὰ παρεμβάλλεται μονάχα ἡ γεωσυγκλινὴς ζώνη τοῦ Ἀξιοῦ, ἀλλὰ καὶ μιὰ ἄλλη, ποὺ θὰ εἶναι γεωαντικλινὴς καὶ θὰ βρίσκεται ἀνατολικά τῆς ζώνης τοῦ Ἀξιοῦ. Ἡ ζώνη αὕτη ἀναφέρεται στὴ μελέτῃ αὕτῃ ἀπλῶς ὡς γεωαντικλινὴς ζώνη ἀνατολικά τῆς ζώνης Ἀξιοῦ, χωρὶς νὰ δίνονται τὰ ὅρια αὐτῆς. Στὴ ζώνην αὕτῃ ἀνήκουν τὰ ἡφαίστεια τῆς Ψαθοῦρας καὶ Ψαθουροπούλας.

Ψηφιακὴ Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμῆμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Τὰ πορίσματα τῶν ἐρευνῶν τοῦ MERCIER, ποὺ διέκρινε στὴ ζώνη 'Αξιοῦ τρεῖς διαφορετικὲς ἐνότητες, δὲν ἀντιτίθενται στὴν πιὸ πάνω ἄποψη, ἀλλὰ ἀντίθετα ἐνισχύονται, ὅπως στὴν ἀρχὴ ἀναφέραμε, ἀπ' αὐτὴν.

Σχετικὰ μὲ τὴν κατάταξη τῆς Χίου στὴν τεκτονικὴ ζώνη τοῦ 'Αξιοῦ, αὐτὸ ἀφορᾷ μόνο τὸ νότιο τμῆμα τῆς μὲ τὰ ἡφαίστεια τοῦ 'Εμποριοῦ, ποὺ ἀνήκουν στὴν ἐπακόλουθη ἡφαίστειότητα τῆς ζώνης 'Αξιοῦ. Τὸ βόρειο τμῆμα ἀνήκει μᾶλλον στὴ ζώνη ἀνατολικά τῆς ζώνης 'Αξιοῦ.

R É S U M É

Le problème du volcanisme dans l'Egée ne peut pas être suffisamment éclairé par l'étude seulement des caractères morphologiques et pétrochimiques des centres volcaniques. On a encore à étudier les phénomènes tectoniques avec lesquels le volcanisme est étroitement lié. Les volcans tertiaires et quaternaires de la Grèce sont limités aux pays de la mer Egée, c'est-à-dire dans l'intérieur de l'arc orogénique, où se présentent des séismes intermédiaires (semi - profonds) et des anomalies positives de la pesanteur. Durant la phase principale de l'orogénèse du magma sialique est venu par intrusion dans les sédiments du géosynclinal, dont une partie est assimilée. Les fractures longitudinales et les effondrements créés par là après les plissements ont donné à ce magma la possibilité d'arriver à la surface de la terre sous la forme de lave et de tufs. La force qui se dégage pendant la formation de ces fractures fait augmenter la pression hydrostatique sur le magma au-dessous de la partie affaissée et libérer des gaz du magma, simultanément ébranlé.

Les volcans de l'arc cycladien, de même que les volcans de l'Europe (Lichades et Kammēna Vourla) sont liés au volcanisme de la zone géosynclinal est - hellénique, caractérisée ainsi par la présence d'ophiolites abondants. Les émissions ophiolitiques apparaissent davantage dans l'axe du géosynclinal, qui est la place la plus favorable pour la formation de fractures dans son substratum et pour l'émission du magma simique. Les volcans sont localisés dans les fractures créées entre la partie occidentale de la zone est - hellénique, qui était charriée vers l'ouest, et la partie orientale de la même zone, non charriée, qui se trouvait à côté de la zone pélagonienne. Ce fut après le plissement de la zone est - hellénique, quand sa partie occidentale ascendait à cause de mouvements isostatiques, tandis que la partie orientale se retirait à l'est et relati-

vement à la première descendait. Le fait que les zones des pays à l'arrière des chaînes plissées sont consolidées et souvent métamorphosées a laissé à supposer que les volcans orogéniques tardifs se présentent entre les chaînes plissées et au massif cristallophyllien. Malgré cela, ce volcanisme est étroitement lié avec l'orogène. Les volcans de l'île d'Eubée, de Chios meridionale et ceux de la Macédoine occidentale (Edessa - Naoussa) se présentent aussi dans une zone géo-synclinale, c'est-à-dire dans la zone occidentale d'Axios (Vardare), qui est fortement plissée et charriée sur la zone pélagonienne. Les volcans de l'île de Lesbos appartiennent probablement à la zone orientale de Lesbos - Chalcidique et sont liés aux fractures de tension entre sa partie occidentale charriée vers l'ouest et de l'autre partie non charriée à côté de la zone de Rhodope.

Les premières explosions des centres volcaniques de l'arc cycladien, c'est-à-dire ceux de Krommyonia, Egine, Méthana, Poros, Milos et Santorini, ont donné de préférence de tufs. Les premières laves sont riches en hornblende et en biotite. Ce dernier minéral a privé le magma de K, de sorte que les feldspats formés postérieurement ne contiennent pas beaucoup de K. Les laves ultérieures de ces centres sont caractérisées par une diminution de CaO , TiO_2 , Fe_2O_3 et MgO en comparaison avec leurs enclaves plésiomorphes. Ces enclaves sont produites d'une différenciation du magma. Leur formation, au moins de celles de Santorine, doit être attribuée à plus forte raison à la diminution de la pression interne du magma grâce aux éruptions, plutôt qu'à la diminution de sa température. Aussi intéressant est le quotient $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$, qui chez les enclaves prend une valeur supérieure que chez les laves. Cela signifie que pendant la différenciation du magma une oxydation du FeO en Fe_2O_3 a eu lieu. Remarquable est la petite valeur du $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ chez les granites et les granodiorites de la mer Egée.

Hors de ces laves calco - alcalines, qui sont liées au volcanisme nommé par Stille volcanisme subséquent, on rencontre dans le pays de l'Egée encore des laves très différentes du point de vue pétrochimique. Il s'agit de rhyolites alcalins, des trachyandesites, de trachytes et d'alcalotrachytes qu'on trouve aux centres volcaniques de la masse cycladienne (zone pélagonienne). La plupart des laves alcalines de la zone pélagonienne ne peuvent pas, à cause de leur richesse en SiO_2 , être classées ni au type atlantique ni au type méditerranéen, exceptées les laves du volcan Kaloyéri avec son caractère fortement atlantique. Un caractère faiblement atlantique présentent les laves des volcans de Psathoura (île des Sporades), Por-

phyrion et Thèbes (Thessalie), ainsi que d'Achillion. De même les laves de l'île de Lemnos et de l'île de St. Eustratios.

Les laves alcalines de la zone pélagonienne du type atlantique sont pauvres en SiO_2 et riches en MgO et contiennent plus de FeO que de Fe_2O_3 . Par conséquent on peut supposer que ces laves dérivent d'un magma qui a été émis directement de la zone du sima et transporté en haut sans avoir subi un mélange avec des sédiments du géosynclinal. Au contraire, les laves des volcans voisins aux côtes de l'Asie Mineure (Kos, Psérimos, Patmos et Imbros) appartiennent au type méditerranéen faible. Ces laves sont plus riches en SiO_2 , mais plus pauvres en MgO que les laves du type atlantique et contiennent plus de Fe_2O_3 que du FeO . Elles peuvent être considérées comme produits d'une différenciation du magma, tandis que les laves de Samos, Kos et Antiparos, avec $\text{SiO}_2 > 70\%$ et $\text{FeO} > \text{Fe}_2\text{O}_3$ on peut les tenir pour dérivats de différenciation du magma.

Nous supposons que les laves alcalines de la zone pélagonienne dérivent du magma basaltique amené à la zone pélagonienne (arrière-pays) pendant la tectogénèse de la zone est-hellénique (aussi un peu plus tôt) grâce aux fractures de tension du substratum de la zone pélagonienne qui a été étirée par des courants de convection ayant une direction ENE - OSO. On pourrait supposer que les courants de convection avaient une vitesse plus grande au-dessous de la région Sériphos et Laurium, où s'est manifesté le mouvement orogénique plus fort (effleurements des roches granitiques), que dans la direction N - S, sous le Dodécanèse. A cause de cette différence en vitesse et en direction des courants de convection ont été créées dans le substratum de la zone pélagonienne des fractures de direction NO - SE, permettant la montée du magma basaltique, qui par différenciation a fourni les laves alcalines de l'île de Patmos, Kos, Psérimos etc.

A défaut de données suffisantes il n'est pas permis d'exclure une autre hypothèse pour expliquer les différences susvisées entre les laves alcalines de l'Égée, c'est - à - dire l'absorption par le magma des matériaux alcalins de roches cristallophylliennes préexistants dans le socle de la zone pélagonienne, dans laquelle il s'est introduit.

D'ailleurs on ne peut pas admettre que du magma basaltique fût émis dans la zone pélagonienne par les fractures créées dans cette zone à cause de la compression du magma orogénique de la zone d'Axios contre la zone pélagonienne, qui était l'avant - pays de la zone d'Axios. Ces fractures sont remplies du magma sialique, mélangé avec les sédiments du géosynclinal. C'est à ce magma qu'on

peut attribuer le métamorphisme local des couches secondaires de la zone pélagonienne.

Les centres volcaniques de l'Egée, qui ont fourni des laves alcalines, sont liés aux fractures transversales ayant disloqué la zone pélagonienne d'abord pendant le miocène inférieur et plus tard pendant le quaternaire (phase vallachienne). Ces fractures transversales, qui n'avancent pas beaucoup en profondeur dans la croûte terrestre, ont rencontré du magma, émis plus tôt dans la croûte terrestre par les fractures déjà mentionnées. Les fractures de Nisyros - Kos et Patmos ont une direction SE - NO. De la même direction sont les fractures des volcans de Samos et Alikarnassos (Asie Mineure). Les volcans de l'Antiparos sont liés aux fractures SO-NE de Milos et Antiparos. Les volcans de Thessalie et de Psathoura sont liés aux anciennes fractures de Trikeri - Skiathos - Lemnos en direction NSO - ENE, qui ont subi un revivement pendant le quaternaire. C'est aux fractures quaternaires qu'on doit la présence des laves alcalines, riches en SiO_2 , de l'Egée, par exemple de Kos, Patmos, Samos, Antiparos etc., qui sont des dérivants d'une différenciation très forte.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝ.: Γεωλογική κατασκευή της Νήσου 'Αντιπάρου καὶ τῶν περὶ αὐτὴν νησίδων (Διδακτ. Διατριβή), Γεωλ. Γεωφ. Μελέται Ι.Γ.Ε.Υ., 'Αθήναι 1964.
- 2) ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ Β.: Περὶ μιᾶς ἐμφανίσεως ἡφαιστειῶν εἰς τὴν 'Αν. Χαλκιδικήν, Δελτ. 'Ελλ. Γεωλ. 'Εταιρ. VI, 1964, 57 - 64.
- 3) AUBOUIN J.: Essai sur l'ensemble Italo-dinarique et ses rapports avec l'arc alpin. Bull. Soc. Géol. France 7 Sér. T. II, 1960, 487 - 526.
- 4) BARTH T., CORRENS C., ESKOLAS B.: Die Entstehung der Gesteine, Berlin 1939.
- 5) BRUNN J.: Etude géologique du Pinde septentrional et de la Macédoine occidentale. Ann. Géol. des pays hellén. 7 1956, 1 - 358.
- 6) BRUNN J.: Les zones helléniques internes et leur extension. Réflexion sur l'orogénèse alpine. Bull. Soc. Géol. France 7 Sér. 7, 11, 1960, p. 470-486.
- 7) BURBANK S. W.: A source of Heat - Energy in crystallization of Granodiorite Magma and some related problems of Volcanism. Transc. Amer. Geoph. Union Volcanology, 1926, 236 - 256.
- 8) ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ Α.: 'Επὶ ἐνὸς νέου ἡφαιστειακοῦ κέντρου εἰς τὴν περιοχὴν Βόλου - Ἀλμυροῦ. Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνῶν 33, 1958, 257 - 269.
- 9) CHAYES F.: The Treatment of FeO and Fe_2O_3 in Harker Diagrams. Amer. Report. Geoph. Laboratory 1961 - 1962, p. 119 - 121. Carnegie Inst. Washington.

- 10) CIRIC B. et S. KARAMATA : L'evolution du magmatisme dans le géosynclinal dinarique au Mésozoïque et Cenozoïque. Bull. Soc. géol. France T. II, 1960, 376 - 380.
- 11) CLOOS H. und A. RITTMANN : Zur Einteilung und Benennung der Plutone. Geol. Rund. **30**, 1939, 600 - 628.
- 12) ΔΑΒΗ Ε. : Τὰ ἡφαιστειογενῆ πετρώματα τῆς νήσου Λήμνου. Ann. Geol. des pays hellén., XI, 1960, 1 - 83.
- 13) DAVIS E. : Die jungvulkanischen Gesteine von Aegina, Methana und Poros und deren Stellung im Rahmen der Kykladenprovinz. Promotion Nr. 2562 Zürich, 1957.
- 14) ΔΑΒΗ Ε. : Γεωλογικὴ κατασκευὴ τῆς νήσου Σαμοῦθράκης. Ann. géol. Pays Hell **14**, 1963, 133 - 212.
- 15) DESIO : Le isole italiane dell'Egeo. Roma 1931.
- 16) GEORGALAS G. : Contribution à la connaissance des roches éruptives de l'île de Mytilène. Bull. Volc. Série II, t. IX, 1949
- 17) GEORGALAS G. : Ueber den Chemismus der Laven der Vulcane von Lichadonissia, Wromolimni und Hagios Ioannis (Kammina Vourla). Πρακτ. Ἀκαδ. Ἀθηνῶν, **15**, 1940, 116.
- 18) GEORGALAS G. : Beiträge zur Kenntnis einiger jungtertiärer Eruptivgesteine der Insel Imbros. Bull. Volc. Série II, t. X. 1950
- 19) GEORGALAS C. G. und PAPAΨTAMATIOU J. : Ueber den Ausbruch des Santorin-vulkans von 1939 - 1941. Der Ktenas - Ausbruch. Bull. Volcanol. Sér. II, Tome XI, 1951, 3 - 37.
- 20) ΖΑΧΟΣ Κ. : Ἀνακάλυψις χαλκούχου κοιτάσματος εἰς τὴν Χαλκιδικήν. Γεωλ. Γεωφ. Μελέται. Ἰνστ. Γεωλογ. VIII, No 1, 1963.
- 21) ΚΑΡΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΕΛ. : Οἱ ἡφαιστίται τῆς περιοχῆς Πλατάνου τῆς νήσου Σάμου (Διδακτ. διατρ. Ἀθῆναι 1944). Ἀρχεῖον Σάμου 1946.
- 22) KETIN IH. : Ueber die magmatischen Erscheinungen in der Türkei. Bull. Geol. Soc. Turkey, VII, 1961, 16 - 31.
- 23) ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ. : Τὰ ἡφαίστεια στὴν Ἑλλάδα. Σύγχρονη Γεωγραφία, Τεύχ. 6, Ἀθῆναι, 1961.
- 24) ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ. : Ἐπὶ τῆς συσχέτισεως σεισμικῶν ἐπικέντρων μετὰ τεκτονικῶν γραμμῶν. Πρακτ. Ἀκαδ. Ἀθηνῶν **34**, 1959, 82 - 92.
- 25) ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ. : Ὁ μαγνητοπυρίτης τοῦ Λαυρίου σὲ συσχέτιση μὲ τὴ μεταλλοφορία τῆς Λαυρεωτικῆς καὶ Σερφίδου. Δελτ. Ἑλλην. Γεωλ. Ἑταιρίας, IV, 1959, 139 - 155.
- 26) ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ. : Ἐπὶ τῆς γεωτεκτονικῆς καταστάσεως τοῦ ἑλληνικοῦ χώρου. Πρακτ. Ἀκαδημ. Ἀθηνῶν, **35**, 1960, 45 - 54.
- 27) KLÜPFEL W. : Das Faziesgesetz der vorquartären Vulkaneruptionen. Geol. Rundschau XXIV (1933), 28.
- 28) KOSSMAT F. : Die mediterranen Kettengebirge in ihrer Beziehung zum Gleichgewichtszustande der Erdrinde. Abh. Sächs. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl. 28, No 11, 1921.
- 29) ΚΤΕΝΑΣ Κ. : Φαινόμενα ἐνδομορφισμοῦ εἰς τὴν λάβαν τῆς τελευταίας ἐκρήξεως τῆς Σαντορίνης. Πρακτ. Ἀκαδ. Ἀθηνῶν, **2**, 1927, 150.

- 30) KTENAS C.: Les limites de la région mixte égéenne. C. R. Ac. Sc. **189** (1929) p. 980.
- 31) KTENAS C.: Sur le caractère alcalin des laves des volcans d'Antiparos. C. R. Ac. Sc. **189** (1929) 489.
- 32) KTENAS C.: Le Groupe des îles de Santorin. Πραγματ. 'Ακαδημίας 'Αθηνών, 1935.
- 33) KTENAS C.: Sur la nature chimico-minéralogique des enclaves de Fouqué - Kameni. C. R. Ac. Sc. **183** (1926) p. 980.
- 34) KTENAS C.: Sur le volcan de Psathoura. Les laves andésitiques à facies basaltique de la mer Egée septentrionale. Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνών, **3**, 1928, 220.
- 35) KTENAS C.: Sur la présence des laves alcalines dans la Mer Egée septentrionale. Ac. Sc. **186** (1928) p. 1631.
- 36) v. LEYDEN R.: Der Vulkanismus des Golfes von Aegina und seine Beziehungen zur Tektonik. Zürich 1940.
- 37) LIATSIKAS N.: Beiträge zur Kenntnis der jungtertiären Eruptivgesteine in der Umgebung von Fere (W. Thrazien). Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθηνών, **13** (1938), 314 - 329 και 470 - 481.
- 38) ΛΙΑΤΣΙΚΑΣ Ν.: Γεωλογία και κοιτάσματα χρησίμων ορυκτών της νήσου Μήλου. Γεωλ. 'Αναγνωρίσεις Ι.Γ.Ε.Υ. αρ. 20, 'Αθήναι 1955.
- 39) MASON BR.: Principles of Geochemistry. New York - London 1956.
- 40) ΜΑΡΙΝΟΣ Γ.: Τὸ ἡφαίστειον τοῦ 'Αχιλλείου 'Ανατολικῆς 'Ορθύρου, Δελτ. 'Ελλ. Γεωλ. 'Εταιρ. Τόμος III, 1956 - 1958, 64.
- 41) ΜΑΡΙΝΟΣ Γ.: Τὸ ἡφαίστειον τῆς 'Αντιμύλου. 'Ομοίως IV (1958 - 60), 38 - 50.
- 42) ΜΑΡΙΝΟΣ καὶ PETRACHECK: Λαύριον. Γεωλ. Γεωφ. Μελ. 'Ινστ. Γεωλογίας καὶ 'Ερευνῶν 'Υπεδάφους. 'Αθήναι 1956.
- 43) ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ Ν.: 'Η Γεωλογία τῆς νήσου 'Ανάφης. Γεωλ. Γεωφ. Μελ. Ι.Γ.Ε.Υ. VIII No 3, 'Αθήναι 1963, 61 - 308.
- 44) MERCIER J.: Zone pélagonienne et zone du Vardar en Macédoine grecque. Bull. Soc. Géol. France, 7e. Série, Tome II, 435 - 449.
- 45) MITZOPOULOS M. und J. TRIKKALINOS: Geologische Voruntersuchungen in Westtrazien. Πρακτ. 'Ακαδ. 'Αθην. **12**, 1937, 89 - 93.
- 46) ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ Ι.: Τὰ νεογενῇ ἡφαίστεια τῆς Κρομμυωνίας, διατριβὴ ἐπὶ ὕψους. 'Αθήναι, 1937.
- 47) ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ Ι.: Οἱ ἡφαιστῖται τῆς τριτογενοῦς λεκάνης τῆς Κύμης. Διδακτορικὴ διατριβή. 'Αθήναι, 1930.
- 48) PAPASTAMATIOU J.: Étude petrographique de tufs volcaniques d'Orion dans le bassin tertiaire de Kymi. Congr. Soc. Savantes, 1939, 183-187.
- 49) ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ Ι.: Περί ἐνὸς νέου μεταλπιχοῦ ἡφαιστειακοῦ κέντρου εἰς Εὐβοίαν. Δελτ. 'Ελλ. Γεωλ. 'Εταιρίας, **3** (1956 - 58) 128.
- 50) PAPP A.: Erläuterungen zur Geologie der Insel Lemnos. Ann. Geol. Pays Hell **5**, 1953, 1 - 25.
- 51) PARASKEVOPOULOS G.: Ueber den Chemismus und die provinziellen Verhältnisse der tertiären und quartären Ergussgesteine des ägäischen Raumes und der benachbarten Gebiete. Tsch. min. u. petr. Mitteilungen, Bd. 6, 1956, 13 - 78.

- 52) PHILIPPSON A.: Die griechischen Landschaften. Bd. IV, Das ägäische Meer und seine Inseln. Frankfurt a. M. 1959.
- 53) RECK HANS: Santorin. Berlin 1936.
- 54) PENTZENEPI H.: Οι τριτογενείς ήφαιστῖται τοῦ νομοῦ Ἐβρου. Διδακτ. Διατριβή. Θεσσαλονίκη 1955.
- 55) RITTMANN A.: Vulkane und ihre Tätigkeit. Stuttgart, 1960
- 56) SEIDLITZ W.: Diskordanz und Orogenese der Gebirge vom Mittelmeer. Berlin, 1931.
- 57) SIEBERG A.: Untersuchungen über Erdbeben und Bruchschollenbau im östlichen Mittelmeergebiet. Jena, 1932.
- 58) SINDOWSKI H. K.: Der geologische Bau von Attika. Ann. Geol. des pays hellén., 1949.
- 59) ΣΟΛΔΑΤΟΣ Κ.: Οι Ἡφαιστῖται τῆς Ἀλμωπίας. Διδακτ. Διατριβή. Θεσσαλονίκη, 1955.
- 60) SOLDATOS K.: Die jungen Vulkanite der griechischen Rhodopen und ihre provienziellen Verhältnisse. Publ. Stift. Vulkan. I. Friedländer N. 8. Zürich 1961.
- 61) SAUKOW A.: Geochemie. Berlin 1953.
- 62) SONDER A. R.: Zur Geologie und Petrographie der Inselgruppe von Milos. Zt. Volc., VII, 1924, 181 - 237.
- 63) STILLE H.: Zur Frage der Herkunft der Magmen. Abh. Preuss. Akad. Wiss. 1939. Berlin 1940.
- 64) STINY J.: Technische Gesteinkunde. 2 Aufl. Wien 1929.
- 65) ΤΑΤΑΡΗΣ ΑΘ.: Αἱ φλεβικαὶ ἐκρηξιγενεῖς ἐμφανίσεις καὶ ἡ μεταλλογένεσις εἰς τὸ Ἀν. Πήλιον. Διδακτ. Διατρ. Ἀθῆναι 1960.
- 66) ΦΡΑΓΚΟΠΟΥΛΟΣ Ι.: Πετρολογικὴ μελέτη τῶν λαβῶν τοῦ ἡφαιστείου Θηβῶν ἐν Θεσσαλίᾳ. Διδακτ. Διατριβή. Ἀθῆναι 1956.