

ΣΥΝΕΔΡΙΑ ΤΗΣ 4<sup>ΗΣ</sup> ΙΟΥΝΙΟΥ 1987

ΠΡΟΕΔΡΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΜΠΟΝΗ

---

ΓΕΩΛΟΓΙΑ. — Γεωλογική-Τεκτονική εξέλιξη στην Ἀττική καὶ ἡ βαρίσκιος μεταλλοφορία μικτῶν θειούχων καὶ ἄλλων ὀρυκτῶν στὴν Ἑλλάδα, ὑπὸ Γεωργίου Δ. Παπαδέα\*, διὰ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Λουκᾶ Μούσουλου.

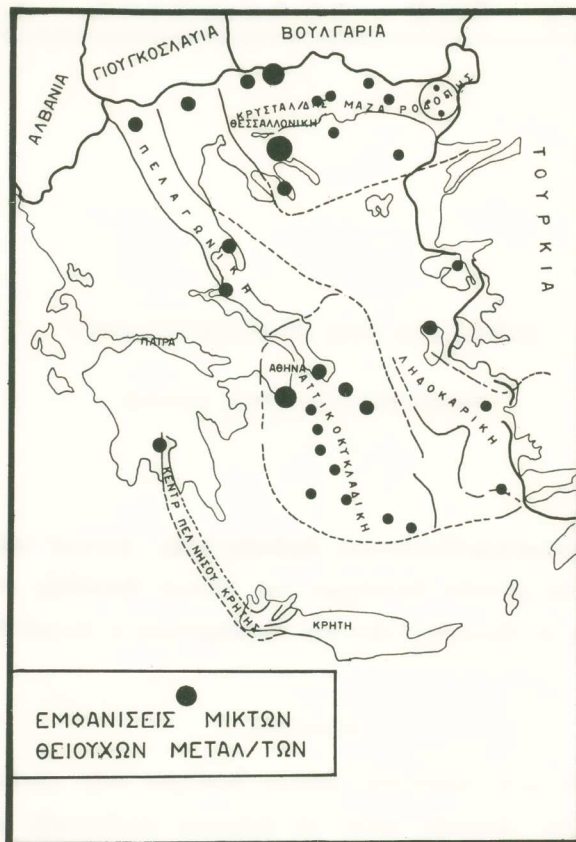
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ὁ ἐντοπισμὸς μιᾶς ἐμφάνισης μικτῶν θειούχων στὴν περιοχὴ Μαραθῶνα (Μπίκιζα-Καλέντζι) Ἀττικῆς κατὰ τὴ διάρκεια γεωλογικῆς χαρτογράφησης ὑπῆρξε ἡ ἀφορμὴ γιὰ τὴν ἐργασία αὐτή, ποὺ ἀσχολεῖται μὲ τὴ γένεση τῶν παραπάνω μεταλλευμάτων. Ἐμφανίσεις μικτῶν θειούχων εἶναι γνωστὲς ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα σχεδὸν σὲ ὅλη τὴν Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα, ὅπως π.χ. ἡ ἐκμετάλλευση τῶν μεταλλευμάτων τοῦ Λαυρίου. Ἰδιαιτέρου ἐνδιαφέρον συγκέντρωσε μεταξὺ ἄλλων ἡ περιεκτικότητά σὲ χρυσὸ (Au) καὶ ἄργυρο (Ag). Ἡ διάβρωση, ποὺ ἀκολούθησε τὴν μέσο- καὶ μεταλπικὴ ὀρογένεση κυρίως στὴν Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα, ἔφερε στὸ φῶς κατώτερα στρώματα τοῦ Παλαιοζωϊκοῦ, μέσα στὰ ὁποῖα βρῖσκονται τὰ μικτὰ θειοῦχα. Στὴ Δυτικὴ Ἑλλάδα ἡ διάβρωση αὐτὴ δὲν ἔφθασε μέχρι τὸ Παλαιοζωϊκό, γι' αὐτὸ τὸ λόγο δὲν ὑπάρχουν ἐμφανίσεις μικτῶν θειούχων.

Γιὰ τὴν ἐρμηνεία τῆς γένεσης καὶ τῆς ἡλικίας τῶν κοιτασμάτων αὐτῶν ἐργάστηκαν πολλοὶ Ἕλληνες καὶ ξένοι γεωλόγοι, οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς ὁποίους θεω-

---

\* GEORGES D. PAPADEAS, *Geological and Tectonic evolution in Attica and the Variscan mixed sulfide e.t.c. mineralization in Greece.*



Σχ. 1. Έμφανίσεις μικτών θειούχων μεταλλευμάτων στην Ελλάδα κατά Μούσουλο 1962.

Βλ. και Ζάχος-Μαράτος-μεταλλογενετικός χάρτης της Ελλάδας ΙΓΕΥ 1965

ροϋν τή γένεση πνευματολυτικής και ύδροθερμικής προέλευσης σχετιζόμενη με τὸ μεταλλικό πλουτωνισμό.

Με τὴν ἀνάλυση τῆς στρωματογραφίας, πετρογραφίας καὶ τεκτονικῆς με βάση ἀπολιθώματα ποὺ βρέθηκαν καὶ ἀκόμα με στοιχεία ἀπὸ τὴν εἰδικὴ βιβλιογραφία ἐπιχειρεῖται μιὰ προσέγγιση τῶν προβλημάτων τῆς Ἀττικοκυκλαδικῆς μάζας καὶ ἄλλων περιοχῶν καὶ μελετᾶται ὁ τρόπος γένεσης τῶν μικτῶν θειούχων καὶ πολλῶν ἄλλων μεταλλευμάτων σ' αὐτή, καθὼς καὶ ἡ παλαιογεωγραφικὴ τῆς ἐξέλιξη.

Στὴ μελέτη αὐτὴ παρουσιάζεται μιὰ ἐρμηνεία γιὰ τὸν τρόπο γένεσης τῶν Pb, Zn, Fe, Au, Ag, Mn, Ni, Cu καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων τῆς Ἀττικῆς, Εὐβοίας, τῶν Κυκλάδων, τῆς Πελοποννήσου καὶ τῆς Βορείου Ἑλλάδος, ἐνῶ παράλληλα συσχετίζονται οἱ διαφορὲς ἐμφανίσεις.

## 1. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ

Μετά από πολλές έρευνες στο χώρο της ΒΑ. Ἀττικής αποδείχτηκε ἡ πλευρική μετάβαση τῶν μὴ μεταμορφωμένων πετρωμάτων τῆς Πάρνηθος στὰ μεταμορφωμένα τοῦ Μαραθώνα ( Παπαδέας 1969, 1973, 1986).

Τὰ ἀπολιθώματα, ἡ πετρογραφία καὶ ἡ τεκτονικὴ παρουσιάζουν καὶ στὶς δύο περιοχὲς τῆς Ἀττικῆς τὴν ἴδια ἐξέλιξη. Ἀποδεικνύεται ἔτσι ὅτι τὰ ἰζήματα τῶν μεταμορφωμένων περιοχῶν εἶναι μεσοζωϊκῆς καὶ παλαιοζωϊκῆς ἡλικίας. Τὰ χαρακτηριστικὰ πετρώματα στὶς περιοχὲς αὐτὲς εἶναι μάρμαρα, δολομίτες, γνεύσιοι, διάφοροι σχιστόλιθοι καὶ μετατόφοι. Ὁ μετατόφος εἶναι ἕνας χαρακτηριστικὸς ὀρίζοντας σὲ πολλὲς περιοχὲς τῆς Ἀνατολικῆς Ἑλλάδας. Πάνω σ' αὐτὸ τὸ πέτρωμα στὴ Β. καὶ ΒΑ. Ἀττικὴ κάθονται μὲ ἀσυμφωνία ἰζήματα τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου καὶ νεότερα, ( Τρικαλλινὸς 1959, Παπαδέας 1969-1986). Ἔτσι μπορούμε νὰ ὑποθέσουμε καὶ τὴν ἡλικία τῶν ὑποκείμενων σχηματισμῶν καὶ νὰ τοὺς τοποθετήσουμε σὲ μιὰ προ-μεσολιθανθρακοφόρο ἐποχὴ, προφανῶς Δεβόνιο ἢ καὶ Σιλούριο, ἀφοῦ καὶ ὁ Τρικκαλλινὸς (1950, σελ. 503) ἀναφέρει ὅτι «Ὁ Κορδέλλας βρῆκε σὲ μάρμαρο κοντὰ στὸ Λαύριο κρηνειδῆ Σιλουρίου ἡλικίας».

Γιὰ τὴν κατανόηση τῆς στρωματογραφικῆς τομῆς παραθέτω πιὸ κάτω μιὰ σύντομη ἀνάλυση ἀπὸ τὴ Β. ΒΑ. καὶ ΝΑ. Ἀττικὴ, μὲ περισσότερη ἔμφαση στοὺς ἠφαιστειακοὺς σχηματισμούς.

## 1.1. Στρωματογραφικὴ καὶ Παλαιοτεκτονικὴ ἀνάλυση

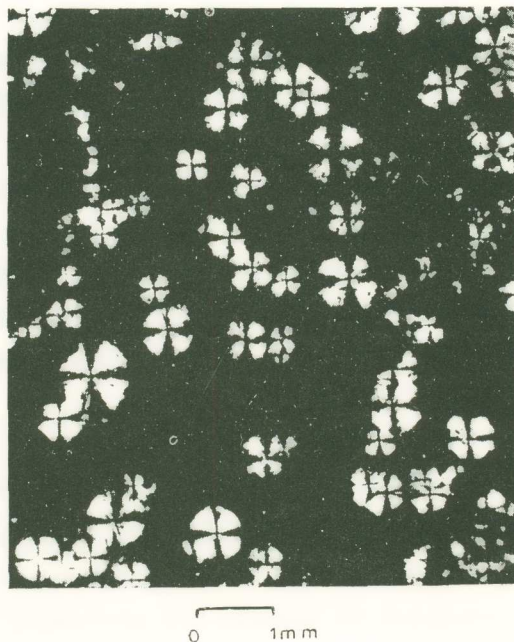
Ὁ κατώτερος στρωματογραφικὸς ὀρίζοντας στὴν Ἀττικὴ εἶναι τὸ κατώτερο μάρμαρο Πεντέλης ἢ Λαυρίου μὲ πάχος, βάσει τῆς βιβλιογραφίας, περίπου 500-600 m. Στὰ ἀνώτερα στρώματά του ἀκολουθεῖ ἕνας μετατόφος<sup>1</sup> πάχους 20-800 m καὶ πλεόν, ὁ ὁποῖος ἐναλλάσσεται μὲ ἐνστρώσεις μαρμάρων πάχους 2-3 m καὶ ἀσβεστιτικῶν-μαρμαρυγιακῶν κ.ἄ. σχιστόλιθων μικροῦ πάχους.

Κατὰ τὸν Τρικκαλλινὸ (1958) ὁ μετατόφος αὐτὸς στὴν Πάρνηθα κάθεται μὲ ἀσυμφωνία πάνω στὸν ἀσβεστιτικὸ-μαρμαρυγιακὸ σχιστόλιθο. Στὴ ΒΑ. μεταμορφωμένη Ἀττικὴ ἢ ἀσυμφωνία αὐτὴ δὲν ἔγινε ἀντιληπτὴ. Στὴν Πεντέλη ὁ μετα-

1. Μὲ βάση τὴν ὑποεπιτροπὴ IUGS γιὰ τὸν καθορισμὸ τῆς ὀνοματολογίας καὶ ταξινόμησης τῶν πυριγενῶν πετρωμάτων (Schmid 1981) τὸ ἠφαιστειακὸ πέτρωμα ταξινομεῖται ὡς «μετατόφος». Σὲ παλαιότερες ἐργασίες μου ἀναφέρεται ὡς «μετατουφίτης» ( Παπαδέας 1969, 1973, 1986).

τόφος αὐτὸς ἐναλλάσσεται στὰ κατώτερα στρώματά του μὲ τὰ ἀνώτερα στρώματα τοῦ κατώτερου μάρμαρου τῆς Πεντέλης. Στὸ Μαραθῶνα παρεμβάλλεται κανονικὰ ὁ ἀσβεστιτικός-μαρμαρυγιακὸς σχιστόλιθος.

Ὁ μετατόφος αὐτὸς περιέχει: πλαγιόκλαστο, ὀρθόκλαστο, χαλαζία, μαρμαρυγία (μοσχοβίτη, βιοτίτη), κλινοζοϊσίτη, ζιρκόνιο, ἀσβεστίτη, γυαλί καὶ περισσότερο στ' ἀνώτερα μέλη του κόκκους μεταλλικῶν ὀρυκτῶν. Ὅρισμένα στρώματα τοῦ μετατόφου, ἐκτὸς ἀπὸ τὰ παραπάνω ὀρυκτά, περιέχουν ἄφθονο ἐπίδοτο, γλαυκοφανή (ἀμφίβολο), λευκόξενο καὶ μεγάλη περιεκτικότητα σὲ κόκκους μεταλλικῶν ὀρυκτῶν.



Σχ. 2. Δακίτης (+nicols) περιοχή Μπίκιζα Μαραθῶνος

Ἡ ἄμορφη μάζα μὲ πολλοὺς σφαιρόλιθους ἀπὸ χαλκηδόνιο δείχνει τὴν ἠφαιστειακὴ προέλευση τοῦ παραπάνω πετρώματος (Σχ. 2).

Χημικὲς ἀναλύσεις σὲ διάφορα στρώματα τοῦ μετατόφου στὴν Πεντέλη καὶ τὸ Μαραθῶνα ἔδωσαν ἐπὶ τοῖς %:

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	'Απώλεια πύρωσης
Π <sub>1</sub>	53,5	1,2	17,0	9,6	6,31	0,13	5,1	5,4	3,3	0,03	0,07	4,0
Π <sub>2</sub>	76,0	0,2	12,6	1,75	0,79	0,04	0,8	1,0	2,2	3,1	0,15	1,5
M <sub>1</sub>	62,0	0,3	15,6	6,6	1,15	0,08	1,6	4,8	5,0	0,7	0,08	3,0
M <sub>2</sub>	65,0	0,3	14,0	6,2	0,64	0,08	2,0	4,8	2,2	1,4	0,06	3,7
M <sub>3</sub>	76,0	0,1	12,5	1,25	0,28	0,05	0,5	1,0	4,1	3,1	0,00	1,0

Π<sub>1</sub> Μεσαία στρώματα στην Πεντέλη

Π<sub>2</sub> Κατώτερα στρώματα στην Πεντέλη

M<sub>1</sub> 'Ανώτερα στρώματα στο Μαραθώνα

M<sub>2</sub> Μεσαία στρώματα στο Μαραθώνα

M<sub>3</sub> Κατώτερα στρώματα στο Μαραθώνα

Ο Χ. Παπατρέχας, πετρογράφος του ΙΓΜΕ, έπεξεργάστηκε την NORM CIPW· εφαρμόζοντας τ' αποτελέσματά της στο δυνητικό διάγραμμα Q (F)-ANOR, τὰ δείγματα χαρακτηρίστηκαν ως εξής:

Π<sub>1</sub>: Μεσαία στρώματα μετατόφου Πεντέλης : Χαλαζιακός άνδεσίτης

Π<sub>2</sub>: Κατώτερα στρώματα μετατόφου Πεντέλης : Ρυοδακίτης

M<sub>1</sub>: 'Ανώτερα στρώματα μετατόφου Μαραθώνα : Χαλαζιακός λατιανδεσίτης

M<sub>2</sub>: Μεσαία στρώματα μετατόφου Μαραθώνα : Δακίτης

M<sub>3</sub>: Κατώτερα στρώματα μετατόφου Μαραθώνα : Ρυοδακίτης

'Από τις αναλύσεις αυτές φαίνεται ότι ή ήφαιστειακή δραστηριότητα στην περιοχή αρχίζοντας με προϊόντα πιο δξίνα έμπλουτίστηκε στη συνέχεια με βασικά ύλικά, με αποτέλεσμα να έχουμε ως τελική φάση προϊόντα λιγότερο δξίνα.

(Ρυοδακίτης → Δακίτης → Χαλαζακιακός λατιανδεσίτης)

Οί χημικές αναλύσεις έγιναν στο Χημείο του ΙΓΜΕ από τον Κ. Λεώνη.

Η έπεξεργασία των χημικών αναλύσεων έγινε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του ΙΓΜΕ από τον όρυκτολόγο Β. Περδικάτση.

Τὰ συστατικά τοῦ ἠφαιστειακοῦ πετρώματος καὶ οἱ ἐνστρώσεις μαρμάρων μέσα σ' αὐτὸ δείχνουν ὅτι πρόκειται γιὰ ἠφαιστειακὰ προϊόντα ἀσβεσταλκαλικοῦ τύπου, τὰ ὁποῖα ἀποτέθηκαν μέσα σὲ γεωσύγκλινο (γεωσυγκλιτικὴ ἠφαιστειότητα σὲ περιοχὴ σύγκλισης τεκτονικῶν πλακῶν).

Τὰ παραπάνω στρώματα στὰ μὴ μεταμορφωμένα πετρώματα τῆς Πάρνηθας, καθὼς καὶ στὰ μεταμορφωμένα τῆς Πεντέλης-Μαραθώνα ἔχουν ὑποστῆ μιὰ πτύχωση ἀνεξάρτητη τῶν ὑπερκείμενων σχηματισμῶν. Πάνω σ' αὐτὰ κάθονται μὲ ἀσυμφωνία ἰζήματα τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου καὶ νεότερα.

Πρόκειται γιὰ μιὰ ὀρογενετικὴ κίνηση, ποὺ πιθανῶς ν' ἀνήκει στὴ βρετονικὴ φάση τῆς βαρίσσιας ὀρογένεσης, ποὺ δημιούργησε στὰ ἰζήματα αὐτὰ μεγάλες πτυχές μὲ ἄξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης περίπου  $40^\circ$  καὶ κατακλάσεις διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ  $35^\circ$ - $50^\circ$  καὶ ΒΔ-ΝΑ  $30^\circ$ - $50^\circ$ .

Ἡ ἀνοδικὴ ὀρογενετικὴ κίνηση (Emersion), ποὺ εἶχε ὡς ἀποτέλεσμα ἀνάδυση τῆς Ἀττικῆς καὶ προφανῶς ὀλοκλήρου τοῦ ἑλλαδικοῦ χώρου (ἔχει ἀποδειχθεῖ στὴ Ροδόπη, Χίο, Ἀττικοκυκλαδικὴ περιοχὴ), ἔγινε περὶ τὸ τέλος τῆς ὑποθαλάσσιας ἠφαιστειακῆς δραστηριότητος. Κατὰ τὴ διάρκειά αὐτῆς τῆς ἀνάδυσης ἢ παραπάνω σειρὰ πετρωμάτων, καὶ περισσότερο ὁ μετατόφος, ὑπέστη μιὰ πολὺ ἔντονη χημικὴ καὶ μηχανικὴ διάβρωση.

Ὁ μετατόφος κατὰ περιοχὲς ἔχει διαβρωθεῖ ἐντελῶς (Καμάριζα Λαυρίου, Ἐρέτρια Εὐβοίας κ.ἄ.).

Σχεδὸν παντοῦ στίς διαβρωμένες ἐπιφάνειες παρατηροῦνται ἠπειρωτικὰ ὀξειδωμένα καὶ μὴ, μεταλλεύματα μολύβδου, ψευδαργύρου, σιδήρου, καθὼς καὶ ἄλλων ὀρυκτῶν, (βλ. σελ. 445).

Στὸ Μέσο Λιθανθρακοφόρο (Βεσφάλιο) πολλὲς περιοχὲς τῆς Ἀττικῆς βυθίζονται ξανὰ καὶ εἰσχωρεῖ ἡ θάλασσα. Μὲ τὴ νέα αὐτὴ καταβύθιση διαμορφώνεται ἡ παλαιομορφολογία τοῦ Προ-μεσολιθανθρακοφόρου τόσο στὴν Ἀττικὴ, ὅσο καὶ σὲ ὀλόκληρο τὸν ἑλλαδικὸν ἄκωρο. Κατὰ τὴ διάρκειά τοῦ Λιθανθρακοφόρου καὶ ἀργότερα πολλὲς περιοχὲς ἔμειναν χέρσες καὶ τροφοδοτοῦσαν μὲ κλαστικὰ καὶ ἄλλα ὕλικά τις χαμηλότερες λεκάνες. Ὁ Bonneau (1987) π.χ. παρατηρεῖ μέσα στὸ Τριαδικὸ τῆς Ζώνης Πίνδου στὴν Κρήτη ἀπολιθώματα δεβονίου ἡλικίας.

Τὰ ἰζήματα τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου, ποὺ κάθονται μὲ ἀσυμφωνία πάνω στοὺς διαβρωμένους μετατόφους, μεταλλεύματα καὶ λοιποὺς σχηματισμοὺς τοῦ ὑποβάθρου, εἶναι στίς παράκτιες καὶ χερσαῖες περιοχὲς κλαστικὰ (κροκαλοπαγὴ, ψαμμίτες), ἐνῶ ἀντίθετα στίς θαλάσσιες ἐπικρατεῖ μιὰ σχετικὰ ἥσυχη ἀσβεστιτικὴ

ιζηματογένεση άβαθοϋς θάλασσας.

Ό κατώτερος όρίζοντας τοϋ Μέσου Λιθανθρακοφόρου, πού στη μεταμορφωμένη Άττική είναι κυρίως μάρμαρο (Μαραθώνας-Πεντέλη: Μ<sub>2</sub>, ένδιάμεσο μάρμαρο Όμηττοϋ, ένδιάμεσα μάρμαρα Λαυρίου: Subordonnés), έχει διαφορετικό πάχος από περιοχή σε περιοχή λόγω τής προγενέστερης παλαιομορφολογίας και κυμαίνεται στη Β., ΒΑ. και Ν. Άττική από 5-150 m.

Ό άσβεστιτική φάση τοϋ Λιθανθρακοφόρου διακόπτεται στην περιοχή τοϋ Άνω Σουλίου Μαραθώνα, καθώς και στη Ν. Άττική απότομα και έμφανίζεται ένας μοσχοβιτικός σχιστόλιθος με λίγο βιοτίτη. Ό σχιστόλιθος αυτός περιέχει ένστρώσεις από κυανούς, καστανόχρωμους και μαύρους μικρούς φακούς μαρμάρων, καθώς και πολλές διεισδύσεις από μάγμα άνδεσιτικού τύπου. Τό πάχος του μεταβάλλεται από περιοχή σε περιοχή και κυμαίνεται στη Β. Άττική από 50-600 m.

Χημικές αναλύσεις από τό μοσχοβιτικό σχιστόλιθο στο Μαραθώνα έδωσαν επί τοις %:

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Άπώλεια πύρωσης
A.	70,0	0,75	10,6	3,17	1,29	0,09	1,33	4,7	1,07	0,92	0,07	5,8
B.	38,0	1,5	14,8	7,6	5,03	0,13	4,2	15,0	3,5	0,4	0,4	14,1

A. Άνώτερα στρώματα

B. Κατώτερα στρώματα

Οί χημικές αναλύσεις δείχνουν ότι ό σχιστόλιθος αυτός έχει ποικίλη μεταβαλλόμενη χημική σύσταση.

Μια χημική άνάλυση από τις άνδεσιτικές διεισδύσεις έδωσε επί τοις %:

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Άπώλεια πύρωσης
49,0	2,0	15,8	6,16	3,73	0,12	6,7	4,2	4,8	0,05	0,35	6,8

Ό άνδεσίτης αυτός, πού στη διάρκεια τής μεταμόρφωσης προσαρμόστηκε στην άλβιτική-χλωριτική σχιστολιθική φάση, περιέχει: πλαγιόκλαστο, χλωρίτη, έπίδοτο, τιτανίτη, κλινοζοϊσίτη, άσβεσίτη και λίγο χαλαζία.

Στη βάση τοϋ παραπάνω μοσχοβιτικού σχιστόλιθου, δηλ. στην έπαφή του με

τὸν ὑποκείμενο ἀσβεστιτικό-μαρμαρυγιακὸ σχιστόλιθο μὲ τὶς ἐνστρώσεις τῶν μαρμάρων τοῦ Λιθανθρακοφόρου, ὑπάρχει στὸ Μαραθῶνα καὶ γενικὰ στὴν Ἀττικὴ (Ἵμηττός-Λαύριο) ἓνα στρωματογραφικὸ κενό. Πρόκειται περὶ μιᾶς ἀσυμφωνίας μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σχηματισμῶν, πού λόγῳ ἀπουσίας ἀπολιθωμάτων-κροκαλοπαγῶν καὶ τῆς μεταμόρφωσης τῶν σχιστολιθικῶν πετρωμάτων δὲν ἔγινε ἀντιληπτὴ ἀπὸ παλαιότερους ἐρευνητές.

Στὴν ἐπαφὴ τῶν δύο αὐτῶν σχηματισμῶν παρατηρήθηκε πρόσφατα σὲ πολλὲς περιοχὲς τῆς Ἀττικῆς μιὰ διάβρωση τῶν ὑποκείμενων σχηματισμῶν.

Ἐδῶ ἔγινε μιὰ ὀρογένεση μὲ ἀνοδικὲς κινήσεις, διακοπὴ τῆς ἰζηματογένεσης (Emersion) καὶ διάβρωση τοῦ ὑπόβαθρου. Μιὰ παλαιοδιάβρωση περμικῶν σχηματισμῶν παρατηρήθηκε καὶ στὴν Πάρνηθα (περιοχὴ μὴ μεταμορφωμένων πετρωμάτων). Ἐπίσης καὶ στὴν περιοχὴ τῆς Εὐβοίας ὁ Κατσιακάτσος (1970) καὶ ἄλλοι ἀναφέρουν ἐπίκλυση τῶν κάτω τριαδικῶν σχηματισμῶν πάνω στὸ Λιθανθρακοφόρο.

Ὁ παραπάνω σχηματισμὸς ἀντιπροσωπεύει στὴν Κεντρικὴ καὶ Νότιο Ἀττικὴ τὸ σχιστόλιθο Καισαριανῆς ἢ Καμάριζας. Καὶ ἐδῶ ὁ σχιστόλιθος αὐτὸς ἔχει διαφορετικὸ πάχος ἀπὸ περιοχὴ σὲ περιοχὴ καὶ κυμαίνεται κατὰ Μαρίνο-PetrascHECK (1956) ἀπὸ 20-300 m.

Ὁ σχηματισμὸς αὐτός, σύμφωνα μὲ ἀπολιθώματα στὴν Πάρνηθα (Bender 1962, Δούνας 1971) καὶ στὴν Εὐβοία (Κατσιακάτσος 1970), ἀνήκει στὸ Κατώτερο Τριαδικό.

Στὴ μὴ μεταμορφωμένη Ἀττικὴ ἀκολουθοῦν ψαμμίτες, ἀσβεστόλιθοι ἐν μέρει μὲ Silex καὶ δολομίτες. Στὴ μεταμορφωμένη Β. Ἀττικὴ ἀκολουθεῖ ἓνα μάρμαρο μὲ χαλαζιακὲς ἐνστρώσεις καὶ ὠσειδῆ ἐγκλείσματα ἀσβεστιτικοῦ ὕλικου, πάχους 5 m. Αὐτὸς ὁ σχηματισμὸς ἀποσφηνώνεται πρὸς Α. καὶ ΒΑ. Ἀκολουθεῖ ἓνας διμαρμαρυγιακὸς σχιστόλιθος πάχους 3-5 m, καὶ μετὰ ἢ ἀσβεστιτικὴ-δολομιτικὴ φάση τοῦ Τριαδικοῦ, πάχους 150-200 m.

Τὸ Ἰουρασικὸ, πού ἀντιπροσωπεύεται στὴν Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα κυρίως ἀπὸ ὀφιόλιθους καὶ κερατόλιθους (σχιστοκερατολιθικὴ διάπλαση), δὲν ἐμφανίζεται στὴ Β. καὶ ΒΑ. Ἀττικὴ (Πάρνηθα-Μαραθῶνα). Φαίνεται ὅτι εἶχε ἀποτεθεῖ στὶς παραπάνω περιοχὲς καὶ διαβρώθηκε πρὶν τὴν ἀπόθεση τῶν ἰζημάτων τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ. Ὑπολείμματά του (ὀφιολιθικά-κερατολιθικά καὶ ἄλλα κροκαλοπαγῆ) παρατηροῦνται στὸ Μαραθῶνα, μέσα στὸ κροκαλοπαγὲς πού βρίσκεται μεταξὺ τοῦ Τριαδικοῦ καὶ τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ, καθὼς καὶ μέσα στὰ κατώτερα στρώματα τῶν ἀνωκρητιδικῶν μαρμάρων, μὲ τὴν μορφή κλαστικῶν καὶ κυρίως χημικῶν



προϊόντων. Έμφανίζεται όμως μεμονωμένα στην ανατολική πλευρά του Αιγάλεω και στο Λεκανοπέδιο της 'Αθήνας με τη μορφή τεκτονικού καλύμματος ( Δ ο ύ ν α ς - Γ α ῖ τ α ν ά κ η ς 1981). Παρατηρείται επίσης σε τοπικές εμφανίσεις στο Λεκανοπέδιο της 'Αθήνας, στη ΒΑ. πλευρά του 'Υμηττού και σε πολλές τοποθεσίες στη Νότιο 'Αττική, που αποτελούν ύπολειμματικούς σχηματισμούς μιᾶς παλαιοδιάβρωσης. 'Η διάβρωση αυτή της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με τους όφιόλιθους κλπ. άρχισε μετά από μιὰ άνοδική κίνηση παλαιότερη της άνωκρητιδικῆς ηλικίας και συνεχίσθηκε στη διάρκεια του 'Ανωτέρου Κρητιδικού.

Στους ύπολειμματικούς σχηματισμούς του 'Ιουρασικού (όφιόλιθοι κ.λπ.) κάθονται με άσυμφωνία ιζήματα του 'Ανωτέρου Κρητιδικού.

Τὸ 'Ανώτερο Κρητιδικὸ (άσβεστόλιθοι) στην περιοχή τῶν μὴ μεταμορφωμένων πετρωμάτων τῆς Πάρνηθας, τοῦ Αἰγάλεω καὶ ἄλλων περιοχῶν, κάθεται με άσυμφωνία πάνω σε διαβρωμένα τριαδικὰ ιζήματα. Στὴ μεταμορφωμένη περιοχή τοῦ Μαραθώνα τὸ 'Ανώτερο Κρητιδικὸ διαπιστώθηκε στὸ Κάτω Σούλι καὶ στὴν 'Αγία Μαρίνα σε μάρμαρα μεγάλου πάχους, με νερινέες καὶ ρουδιστές ( Π α π α δ έ α ς 1969-1986).

Στὸ φυλλιτικὸ σύστημα τοῦ Λαυρίου (P<sub>2</sub>), μέσα σε άσβεστολιθικούς φακούς στην περιοχή Βερζέκο, οἱ Leleu-Neumann (1969) διαπίστωσαν μικροπανίδα ἄνω κρητιδικῆς ηλικίας.

Μεταξὺ Πεντέλης καὶ 'Υμηττοῦ (Λεκανοπέδιο 'Αθηνῶν) ἔμφανίζεται ἡ πολυφασικὴ σειρά ιζημάτων τοῦ «ἀθηναϊκοῦ σχιστόλιθου», ἡ ὁποία καλύπτεται σε ὀρισμένες περιοχές ἀπὸ άσβεστόλιθους. 'Απὸ πρόσφατες ἔρευνες διατυπώθηκαν γιὰ τὰ ιζήματα αὐτὰ οἱ παρακάτω ηλικίες: 'Ο Τ ά τ α ρ η ς (1966, 72) ταυτίζει τοὺς ἀθηναϊκοὺς σχιστόλιθους με τὴ σχιστοκερατολιθικὴ διάπλαση-όφιόλιθους κ.λπ., ηλικίας Μέσου 'Ιουρασικοῦ. Οἱ Μ α ρ ί ν ο ς Γ. καὶ συνεργάτες (1971-74) θεωροῦν τὴν ηλικία ὄλου τοῦ συστήματος τῆς 'Αθήνας μαζί με τοὺς άσβεστόλιθους τῶν ἀθηναϊκῶν λόφων ὡς 'Ανω Κρητιδικὴ (Κενομάνιο ἕως Μαιστρίχτιο) με κεντρικὴ ηλικία τὸ Σενώνιο. Οἱ Π α ρ α σ κ ε υ α ῖ δ η ς καὶ Χ ω ρ ι α ν ο π ο ῦ λ ο υ (1978), τοποθετοῦν ὄλο τὸ σύστημα στὸν ἄνω κρητιδικὸ Φλύσχη (Καμπάνιο-Μαιστρίχτιο).

Οἱ Δ ο ύ ν α ς καὶ Γ α ῖ τ α ν ά κ η ς (1981) διακρίνουν δύο συστήματα. Μιὰ αὐτόχθονη σειρά με φλυσχοειδῆ ιζήματα (ἀθηναϊκοὶ σχιστόλιθοι) καὶ άσβεστόλιθους με ηλικία πὸ ἄρχίζει ἀπὸ τὸ «Μαιστρίχτιο καὶ πιθανῶς φθάνει μέχρι τὸ 'Ηώκαινο» καὶ μιὰ ἀλλόχθονη σειρά πὸ ἔμφανίζεται μεμονωμένα με σερπεντινωμένους περιδοτῖτες Ιουρασικῆς ηλικίας, οἱ ὁποῖοι καλύπτονται με άσυμφωνία ἀπὸ ἄνω κρητιδι-

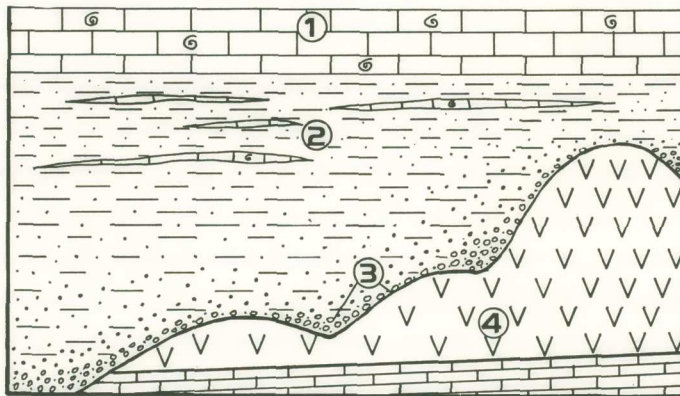
κούς άσβεστόλιθους. Ἡ ἀλλόχθονη σειρά, κατὰ τοὺς παραπάνω ἐρευνητές, εἶναι ἐπωθημένη πάνω στὴν αὐτόχθονη.

Στὴν Κεντρικὴ καὶ Νότιο ἸΑττικὴ (Λεκανοπέδιο Ἀθηνῶν κ.λπ.) τὰ ἰζήματα τοῦ ἀθηναϊκοῦ σχιστόλιθου ἔχουν φλυσχοειδῆ χαρακτήρα καὶ κάθονται μὲ ἀσυμφωνία σὲ ἔντονα διαβρωμένους ἰουρασικούς ὑπολειμματικούς σχηματισμούς (ὄφιόλιθοι κ.λπ.) καὶ τριαδικούς σχηματισμούς (κρυσταλλικοί ἄσβεστόλιθοι Καισαριανῆς καὶ νότιας παρυφῆς Πεντέλης).

Τὰ ἰζήματα αὐτὰ εἶναι πολυφασικά. Περιέχουν θραύσματα διαφορετικοῦ μεγέθους ἀπὸ ὄφιολιθικό-κερατολιθικό καὶ ἄλλο ὕλικό ἀπὸ τὴ διάβρωση τῆς σχιστοκερατολιθικῆς διάπλασης.

Ἡ ἡλικία τῆς ἀπόθεσης τοῦ ἀθηναϊκοῦ σχιστόλιθου τοποθετεῖται ἐπομένως στὴ διάρκεια μεταξὺ τῆς ἀνοδικῆς κίνησης καὶ ἀρχῆς τῆς διάβρωσης τῆς σχιστοκερατολιθικῆς διάπλασης (πιθανῶς Κατώτερο Κρητιδικό) καὶ πρὶν τὴν ἰζηματογένεση τῶν ἄσβεστόλιθων τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ, ποὺ καλύπτουν τὰ πολυφασικά αὐτὰ ἰζήματα στοὺς λόφους τοῦ Λεκανοπέδιου τῆς Ἀθήνας καὶ νοτιότερα.

Οἱ ἄσβεστόλιθοι αὐτοὶ τῶν λόφων ἀποτελοῦν ἀλλαγὴ φάσης τῆς ἰζηματογένεσης στὴ διάρκεια τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ.



Σχ. 3. Σχηματικὴ τομὴ τοῦ λεκανοπέδιου τῆς Ἀθήνας καὶ Ν. ἸΑττικῆς

1. Ἀσβεστολιθικό κάλυμμα: Ἀνώτερο Κρητιδικό
2. Πολυφασικά ἰζήματα:  
(Κροκαλοπαγή-Ψαμμίτες-μάργες κ.λπ.): Παλαιότερα τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ καὶ Ἀνώτερο Κρητιδικό.
3. Ἐπαφὴ ἀσυμφωνίας καὶ κροκαλοπαγή ἀπὸ ὄφιολιθικό-κερατολιθικό κ.λπ. ὕλικό.
4. Ὑπολειμματικοὶ σχηματισμοὶ ὄφιόλιθων-κερατόλιθων κ.λπ.: Ἰουρασικό

Με βάση τὰ παραπάνω παρατηρεῖται ὅτι, ἐνῶ στὴ Β., ΒΔ. καὶ ΒΑ. Ἀττικὴ (Πάρνηθα-Αἰγάλεω-Μαραθῶνα κ.λπ.) τὰ ἰζήματα τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ εἶναι ἀνθρακικά (ἐλάχιστα ὑπολείμματα κροκαλοπαγῶν τῆς σχιστοκερατολιθικῆς διάπλασης) καὶ μεγάλου πάχους, ἀντίθετα, στὴν Κεντρικὴ καὶ Νότιο Ἀττικὴ τὰ ἰζήματα κατὰ τὴν παραπάνω περίοδο εἶναι κυρίως κλαστικά—φλυσχοειδῆ (ἀθηναϊκὸς σχιστόλιθος) προερχόμενα καὶ ἀπὸ τὴ διάβρωση τῆς σχιστοκερατολιθικῆς διάπλασης.

Νεότερα ἰζήματα (ἀνω-κρητιδικὸς φλύσχος, Καμπάνιο-Μαιστρίτσιο καὶ μεταγενέστερα) συναντῶνται στὴ Δ. Ἀττικὴ (Αἰγάλεω) καὶ πιθανῶς στὴ ΒΑ. μεταμορφωμένη Ἀττικὴ (Μαραθῶνα) σὲ κανονικὴ μετάβαση ἀπὸ τοὺς ἄνω κρητιδικοὺς ἀσβεστόλιθους (μάρμαρα).

Στὴ μορφολογικὴ λεκάνη μεταξὺ μὴ μεταμορφωμένων πετρωμάτων (Πάρνηθα) καὶ μεταμορφωμένων (Μαραθῶνα) καὶ σὲ πολὺ ἔντονα διαβρωμένο ὑπόβαθρο (Παλαιοζωϊκὸ) κάθονται μὴ μεταμορφωμένα ἄνω μειοκαινικά-πλειοκαινικά ἡπειρωτικὰ ἰζήματα μὲ *Acer monspesulanum* (σφένδαμνο), καὶ νεότερα.

Ἡ παραπάνω στρωματογραφικὴ ἐξέλιξη μὲ ἐλάχιστες διακυμάνσεις στὸ πάχος, τὴ στρωματογραφία, τὴ μεταμόρφωση, τὴν πετρογραφία καὶ μὲ τὴν παρουσία ἢ μὴ τοῦ Λιθανθρακοφόρου, τοῦ Περμίου καὶ τοῦ Ἰουρασικοῦ παρατηρεῖται καὶ στὶς περιοχὲς τῶν Κυκλάδων τῆς Πελοποννήσου, καθὼς καὶ στὴν ὑπόλοιπη Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα.

Ἡ παρουσία ἢ μὴ τῶν παραπάνω σχηματισμῶν στὴν Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα ὀφείλεται σὲ ἀνοδικές-καθοδικές κινήσεις, διαβρώσεις, καθὼς καὶ σὲ ἄλλα γεωλογικὰ φαινόμενα κατὰ τὴ διάρκεια τῶν βαρίσκιων καὶ τῶν ἀλπικῶν ὀρογενέσεων.

## 1.2. Μέσο- καὶ Μεταλπικὴ Τεκτονικὴ

Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς βαρίσκιες καὶ παλαιοαλπικὲς ὀρογενετικὲς κινήσεις, οἱ ὁποῖες ἀναφέρονται παραπάνω, οἱ μεσο- καὶ μεταλπικὲς τεκτονικὲς κινήσεις εἶναι πολὺ ἔντονες στὴν περιοχὴ τῆς μεταμορφωμένης Β. καὶ ΒΑ. Ἀττικῆς (Bodechtel et Papadeas 1968, Papadeas 1973).

### 1.2.α. Πτυχές

Οἱ παλαιότερες, ἀλπικῆς ἡλικίας πτυχές μὲ ἄξονα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης (120°-140°) καὶ κλίση τῆς ἀξονικῆς ἐπιφάνειας πρὸς ΒΑ. (Vergenz ΝΔ) παρατηροῦνται

περισσότερο έντονες στις ασβεστολιθικές ένστρώσεις (μάρμαρα) που βρίσκονται μέσα στους πτυχωμένους σχιστόλιθους.

Ἡ πτύχωση αὐτὴ ἐπηρέασε καὶ μετατόπισε τὴ βαρίσκια καὶ παλαιοαλπικὴ τεκτονικὴ δομὴ.

Οἱ παραπάνω (ΒΔ-ΝΑ) πτυχές πού εἶναι παράλληλες μὲ τὴ Δυναρικὴ διεύθυνση εἶναι ἐπηρεασμένες καὶ μετατοπισμένες ἀπὸ νεότερες πτυχές μὲ ἄξονα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ( $30^\circ$ - $55^\circ$ ).

Οἱ ΒΑ-ΝΔ πτυχές, πού διακρίνονται περισσότερο στὰ ἀνώτερα ασβεστολιθικὰ κ.λπ. ἰζήματα τοῦ Μεσοζωϊκοῦ, ἀποτελοῦν πολὺ μεγάλα ἀντίκλινα καὶ σύγκλινα. Στὴ διάρκεια αὐτῆς τῆς πτύχωσης σχηματίστηκε τὸ μεγάλο ἀντίκλινο (ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης) στὴν περιοχὴ ὅπου ὑπάρχει ἡ πλευρικὴ μετὰβαση ἀπὸ τὰ μὴ μεταμορφωμένα πετρώματα τῆς Πάρνηθας στὰ μεταμορφωμένα τῆς Πεντέλης-Μαραθῶνα (σχηματισμὸς Πεντελικοῦ). Μὲ τὴν ἴδια πτύχωση σχηματίστηκε ὁ Ὑμηττός, τὸ σύγκλινο τῆς Λεκάνης τῆς Ἀθήνας κ.λπ.

Τὸ γεγονός ὅτι οἱ ΒΑ-ΝΔ πτυχές ἔγιναν σχεδὸν κάθετα στὶς προηγούμενες ΒΔ-ΝΑ πτυχές αὐτὸ ἀποτελέσει αἰτία νὰ δημιουργηθεῖ ἕνας ἔντονος κατακερματισμὸς, κυρίως στὰ μεσοζωϊκὰ ασβεστολιθικὰ πετρώματα.

Μετὰ ἀπὸ ἔντονη διάβρωση, πού ἀκολούθησε τὴν πτύχωση αὐτὴ, σχηματίστηκε τὸ γεωλογικὸ παράθυρο Πάρνηθας-Μαραθῶνα-Πεντέλης, πάνω στὸ ὁποῖο κάθονται (ἄνω μειοκαινικά;)-πλειοκαινικὰ ἡπειρωτικὰ ἰζήματα.

Μία νεότερη πτύχωση μὲ Β-Ν διεύθυνση ἐπηρέασε καὶ μετατόπισε τὶς παλαιότερες βαρίσκιες (ΒΑ-ΝΔ) καὶ ἀλπικές (ΒΔ-ΝΑ καὶ ΒΑ-ΝΔ) πτυχές, καθὼς ἐπίσης καὶ τὰ (ἄνω μειοκαινικά;)-πλειοκαινικὰ μὴ μεταμορφωμένα ἰζήματα (Paradeas 1973).

### 1.2.β. Ρήγματα

Μὲ τὴ βοήθεια ἀεροφωτογραφιῶν καὶ ἐπιτόπιων ἐρευνῶν ἐντοπίστηκαν πολλὰ ρήγματα πού ἔχουν σειρὰ ἀκολουθίας ΒΑ-ΝΔ, Α-Δ καὶ ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

Τὰ παλαιότερα ΒΑ-ΝΔ ἀλπικῆς ἡλικίας παρουσιάζονται μὲ ἐκτατικὲς ρωγμές (Dehnungs-Fugen) (αὐτὲς ρωγμές τῶν ΒΑ-ΝΔ πτυχῶν), μερικὲς ἀπὸ τὶς ὁποῖες πληρώθηκαν μὲ μεταλλοφορία λειμωνίτη (Γραμματικὸ, μάρμαρο Μ<sub>2</sub>). Τὰ ρήγματα αὐτὰ ἐπηρεάζονται καὶ μετατοπίζονται ἀπὸ νεότερα, κανονικὰ καὶ ὀριζόντια ρήγματα, Α-Δ ( $70^\circ$ - $110^\circ$ ) διεύθυνσης. Τὰ Α-Δ ρήγματα μετατοπίζουν καὶ τὴν τελευ-

ταία B-N πτύχωση και συνεπώς είναι νεότερά της. Μεταγενέστερα, ΒΔ-ΝΑ (130°-140°) κανονικά και όριζόντια ρήγματα έπηρεάζουν και μετατοπίζουν όλες τις παραπάνω τεκτονικές δομές. Τα ρήγματα αυτά είναι τὰ νεότερα στην 'Αττική και πληροϋνται με έρυθρογή και κορήματα.

Η σειρά άκολουθίας τών ρηγμάτων αυτών παρουσιάζει δεξιόστροφη περιστροφή.

## 2. ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

### 2.1. Γενικά

Όπως είναι γνωστό, τὰ μικτά θειούχα μεταλλεύματα είναι διασκορπισμένα στην 'Αττική, Εύβοια, Κυκλάδες, Πελοπόννησο, καθώς και στη Βόρειο Ελλάδα.

Με βάση τὰ στοιχεΐα που παρουσιάζονται στην έργασία αυτή επιχειρείται ν' άποδειχτεί ότι στο σύνολο σχεδόν τών έμφανίσεων μικτών θειούχων, καθώς και άλλων όρυκτων Ag, Au, Cu, Ni, Cd, B, Mn, As, Sb, Co, Mo, V στην 'Ανατολική Ελλάδα, ή μεταλλοφορία προέρχεται από την ύποθαλάσσια ήφαιστειότητα που είναι παλαιότερη τής μεσολιθανθρακοφόρου έποχής.

Οί έμφανίσεις αυτές τών μικτών θειούχων και τών άλλων μεταλλευμάτων στην Ελλάδα παρουσιάζουν τυπικές όμοιότητες μεταξύ τους.

Ένα σοβαρό έμπόδιο στην έρμηνεία τής γένεσης και τής στρωματογραφικής τοποθέτησης τών μικτών θειούχων και τών άλλων μεταλλευμάτων ήταν ή μεταμόρφωση τών πετρωμάτων (συμπεριλαμβανόμενου και του ήφαιστειακού πετρώματος-μετατόφρου, που φιλοξενεί κυρίως στ' άνωτερα στρώματά του τὰ μεταλλεύματα), ή μετακίνηση και άνακρυστάλλωση τών μεταλλευμάτων από τή μεταμόρφωση και οί άλπικές γρανιτικές διεισδύσεις στο χώρο τής 'Ανατολικής Ελλάδας.

Οί περισσότεροι έρευνητές αναφέρουν πνευματολιτική και ύδροθερμική προέλευση τών μεταλλευμάτων αυτών συνδεδεμένη με άλπικής ηλικίας πλουτωνίτες (Κτενός 1916 Νικολάου 1960 και πολλοί άλλοι έρευνητές, οί όποιοι αναφέρονται στο έπεξηγηματικό τεϋχος του μεταλλογενετικού χάρτη ΙΓΕΥ 1965, σελ. 231).

Η άνεύρεση του ύποθαλάσσιου ήφαιστειακού πετρώματος (μετατόφρου) στις περιοχές Μαραθώνα-Πεντέλης (σελ. 432) και ή συνδεδεμένη με αυτό όξειδωμένη και μη μεταλλοφορία (σελ. 434), καθώς και ή υπερκείμενη άσυμφωνία του Μέσο Λιθανθρακοφόρου, (σελ. 434) συνέβαλαν στην έρμηνεία τής γένεσης και τής ηλικίας τής μεταλλοφορίας τών μικτών θειούχων και τών άλλων μεταλλευμάτων στη μεταμορφωμένη 'Αττική.

Τὰ άπολιθώματα και ή στρωματογραφική-τεκτονική συσχέτιση τών μη μετα-

μορφωμένων πετρωμάτων τῆς Πάρνηθας με τὰ μεταμορφωμένα τῶν γειτονικῶν περιοχῶν Πεντέλης-Μαραθῶνα διευκόλυναν τὴν ἀνάλυση τῆς στρωματογραφίας καὶ τῆς ἡλικίας κυρίως τῶν παλαιοζωϊκῶν ἰζημάτων.

Στὴ συνέχεια ἦταν εὐκόλη ἡ συσχέτιση μετὰ τὰ μεταμορφωμένα πετρώματα καὶ τὴ μεταλλοφορία τῆς Κεντρικῆς καὶ Νότιας Ἀττικῆς (Ἵμηττός-Λαύριο), καθὼς καὶ τῶν περιοχῶν Εὐβοίας, Κυκλάδων, Πελοποννήσου καὶ Βορείου Ἑλλάδος.

Ἡ ἰζηματογενὴς προέλευση τῶν μεταλλευμάτων αὐτῶν τόσο στὴν Ἀττικὴ, ὅσο καὶ στὴν ὑπόλοιπη Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα καὶ ἡ μεταξύ τους σχέση, διατυπώθηκαν σὲ παλαιότερες μελέτες μου (Παπαδέας 1967 ἕως 1986).

Ἰζηματογενὴς προέλευση τῶν μεταλλευμάτων Λαυρίου ἀναφέρεται καὶ ἀπὸ τὸν Leleu (1966, 1969), Leleu-Morikis-Picot (1973). Οἱ παραπάνω ἐρευνητὲς δὲν μπόρεσαν ὅμως νὰ δώσουν ἀκριβῆ στοιχεῖα γιὰ τὴ γένεση, τὴν τεκτονικὴ καὶ τὴν ἡλικία τῆς μεταλλοφορίας στὴν παραπάνω περιοχή.

Παρακάτω γίνεται μιὰ προσπάθεια ἀνάλυσης τῶν διεργασιῶν τῆς γένεσης τῶν μικτῶν θειούχων καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων, ποὺ φυσικὰ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ τίς παρακολοθησοῦμε ὅλες. Πιστεύεται ὅμως ὅτι ἡ παρακάτω περιγραφή θὰ βοηθήσει στὴν ἐρμηνεία γένεσης τῶν περισσότερων ἐμφανίσεων, καθὼς ἐπίσης καὶ στὴν ἀναζήτηση νέων κοιτασμάτων.

## 2.2. Γένεση καὶ διαδικασία ἀπόθεσης τῶν μικτῶν θειούχων καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων

Κατὰ τὴ διάρκεια τῆς προ-μεσολιθανθρακοφόρου περιόδου (Μέσο Δεβόνιο;) ἐκδηλώθηκε στὴν Ἑλλάδα μιὰ ἀσβεσταλκαλικὴ ἠφαιστειότητα. Βιβλιογραφικὰ ἀναφέρονται οἱ ἀκόλουθες περιοχές: Πάρνηθα-Ἵδρα-Ἀργολίς (Renz 1909), Πάρνηθα (Τρικκαλινὸς 1958, Ρουμπάνης 1962), Λοκρὶς-Εὐβοία-Ἀττικὴ-Βοιωτία-Πελοπόννησος-Λεκάνη τοῦ Κράθιδος-Ἵδρα-Ρόδος-Χίος-Σκόπελος (Ἀρώνης 1972 κ.ἄ.).

Προσθέτω ἐπίσης τίς ἐξῆς περιοχές: Μεταμορφωμένη Ἀττικὴ (Μαραθῶνας-Πεντέλη-Λαύριο)-Εὐβοία-Κυκλάδες-Ἀνατολικὴ Πελοπόννησος-Νομὸς Μαγνησίας (Βόλος)-Μαυροβούνι Ἀγιάς-Ἀνατολικὴ Μακεδονία καὶ Ροδόπη.

Ἡ ἠφαιστειότητα αὐτὴ ἐντοπίστηκε κυρίως σὲ περιοχές, ὅπου ἐμφανίζονται παλαιότερα τῆς μεσολιθανθρακοφόρου ἡλικίας ἰζήματα.

Ἀντίστοιχα ἠφαιστειακὰ πετρώματα συνδέονται παντοῦ στ' ἀνώτερα στρώ-

ματά τους με έμφανίσεις μικτών θειούχων και πολλών άλλων μεταλλευμάτων. Στα άλλα μεταλλεύματα συμπεριλαμβάνονται τὰ βωξιτικά κοιτάσματα, τών οποίων ή γένεση στην περιοχή τής Πάρνηθας όφείλεται κατά Άρώνη (1972) στη λατεριτική έξαλλοίωση τών παραπάνω ήφαιστειακών πετρωμάτων, όπως έπιβεβαιώθηκε πρόσφατα και από τὸ γράφοντα σὲ πολλές έμφανίσεις βωξιτῶν στὸν έλλαδικὸ χῶρο, καθώς επίσης και τὰ μεταλλεύματα Au, Ag, Mn, Ni, Cu, Cd, B, As, Sb, Co, Mo, V, κ.ά., τὰ όποια εἶναι διασκορπισμένα στην Άνατολική Έλλάδα, (βλ. μεταλλογενετικό χάρτη Έλλάδος ΙΓΕΥ 1965).

Άπό τὰ στοιχεῖα πὸ συγκεντρώθηκαν συμπεραίνεται ὅτι πρὸς τὸ τέλος τής ήφαιστειακῆς δραστηριότητας σχηματίστηκαν ὕδροθερμικά διαλύματα μολύβδου, ψευδαργύρου, σιδήρου, χρυσοῦ, ἀργύρου και πολλῶν άλλων ὀρυκτῶν, τὰ όποια λόγω πτώσης τής θερμοκρασίας κατά τήν έξοδο (σὲ θαλάσσιο περιβάλλον) και άλλων παραγόντων (pH, eH κ.λπ.) ἀποτέθηκαν στὸν πυθμένα σχηματίζοντας ὑποθαλάσσια (exhalativ) ἀτμιδογενή ήφαιστειοϊζηματογενή κοιτάσματα.

Πρὸς τὸ τέλος τοῦ Δεβονίου, ὁ έλλαδικὸς χῶρος έπηρεάζεται ἀπὸ τὴ βαρίσκια ὀρογένεση με ἀποτέλεσμα τήν ἀνάδυσή του.

Στὴν περιοχή τής Πάρνηθας, ή όποία δὲν έπηρεάστηκε πολὺ ἀπὸ τήν ἀλπική μεταμόρφωση, τὰ ἐν λόγω ήφαιστειακὰ πετρώματα, καθώς και οἱ ὑποκείμενοι σχηματισμοὶ παρουσιάζουν ὑψηλότερο βαθμὸ μεταμόρφωσης (πρασινοσχιστολιθική φάση) σὲ σχέση με τὰ ὑπερκείμενα μεσολιθιανθρακοφόρα κ.λπ. παλαιοζωϊκά και μεσοζωϊκά ιζήματα. Τὸ ἴδιο φαινόμενο παρατηρεῖται και σὲ άλλες περιοχές.

Έπίσης, εἶναι δύσκολο νὰ διαπιστωθεῖ, ἂν ή ήφαιστειακὴ δραστηριότητα συνεχίστηκε και μετὰ τήν ἀνάδυση τής περιοχῆς.

Στὴ διάρκεια τής ἀνοδικῆς κίνησης και τής σταδιακῆς ὑποχώρησης τής θάλασσας εἴχαμε μιὰ ἔντονη και μακροχρόνια κυκλοφορία νεροῦ πάνω στα ήφαιστειακὰ πετρώματα.

Μὲ τήν επίδραση τοῦ νεροῦ, τόσο στη διάρκεια τής ὑποχώρησης τής θάλασσας, ὅσο και κατά τις μεταγενέστερες βροχοπτώσεις, τὰ ήφαιστειακὰ πετρώματα μαζί με τὰ μεταλλεύματα, καθώς και τὸ ὑποκείμενο μάρμαρο (κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου, σελ. 431) δέχτηκαν μιὰ ἔντονη και μεγάλης διάρκειας διάβρωση, ή όποία ἄρχισε στη διάρκεια τής ὀρογένεσης (Άνώτερο Δεβόνιο;) και συνεχίστηκε μέχρι τὸ Μέσο Λιθιανθρακοφόρο και σὲ ὀρισμένες περιοχές και ἀργότερα (Λαύριο, Εὔβοια, Ροδόπη, κ.ά.).

Ή νέα μορφολογία με ὑβώματα, λεκάνες και κοιλάδες, δηλ. οἱ ὕψομετρικὲς

διαφορές που δημιούργησε ή βαρίσκια όρογένεση σε συνδυασμό με το κλίμα, την υδρογραφία και τη γεωλογική-τεκτονική δομή, έπαιξε ένα σημαντικό ρόλο στη διαδικασία της διάβρωσης, επανατοποθέτησης, συγκέντρωσης ή διασκορπίσης του μεταλλευτικού και λοιπού υλικού.

Στην Άττικοκυκλαδική περιοχή, δημιουργήθηκαν πτυχές ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, με περίπου κάθετες και παράλληλες προς την πτύχωσή τους κατακλάσεις. Τις κατακλάσεις αυτές μπορούμε να τις παρατηρήσουμε στο κατώτερο μάρμαρο Πεντέλης-Λαυρίου (griffons-croiseurs).

Είναι αποδεδειγμένο ότι πολλές περιοχές, όπως κοντά στο Λαύριο, τμήματα της Εύβοιας-Κυκλάδων-Ροδόπης και άλλου, παρέμειναν χέρσες και μετά το Μέσο Λιθανθρακοφόρο, Πέρμιο-Τριαδικό κ.λπ. Αυτές οι περιοχές αποτέλεσαν ύβώματα και τροφοδοτούσαν στη διάρκεια των παραπάνω γεωλογικών εποχών με κλαστικό μεταλλευτικό και άλλο υλικό τις γύρω χαμηλότερες λεκάνες.

Άπό τα μεταλλεύματα, προσχωματικά υλικά και διάφορα άλλα ιζήματα που σχηματίστηκαν (χερσαία, ποτάμια, λιμναία) διαπιστώνεται ότι έλαβε χώρα μηχανική και χημική διάβρωση. Οί δύο αυτοί παράγοντες προκάλεσαν χαλάρωση των στερεών πετρωμάτων. Η μηχανική διάβρωση δημιούργησε προσχωματικά κοιτάσματα, κροκαλοπαγή και άλλες κλαστικές αποθέσεις με κοκκομετρική στρώση (Άττική, Εύβοια, Ροδόπη). Η χημική διάβρωση με τη βοήθεια των υδάτινων διαλυμάτων (ύψηλου βαθμού όξύτητας, διαλυμένα άλατα, όξινο άνθρακικό  $\text{HCO}_3$ , υδροθειο  $\text{H}_2\text{S}$ ), καθώς και των αερίων ( $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  κ.ά.), μπόρεσε να διαλύσει εύκολα το πέτρωμα και τα μεταλλικά όρυκτά, να τα διαχωρίσει και να σχηματίσει κάτω από όρισμένες συνθήκες πλούσια ιζηματογενή κοιτάσματα. Στην περίπτωση αυτή επήλθε μιá ανακρυστάλλωση και δευτερογενής μεταλλογένεση.

Τό όξυγόνο δημιουργεί και ευνόϊκές προϋποθέσεις για τό σχηματισμό έπιγενετικών κοιτασμάτων, «red-bed» κ.ά.

Κατά τις παραπάνω διεργασίες τα δυσδιάλυτα όρυκτά (χρυσός) παρέμειναν στον τόπο ή κοντά στον τόπο της γένεσης (π.χ. Ροδόπη). Οί διεργασίες αυτές έγιναν είτε ξεχωριστά ή μιá από την άλλη, είτε παράλληλα.

Άπό τα ιζήματα και από τις μορφές διάβρωσης στη μεταορογενετική έποχή μέχρι τό Μέσο Λιθανθρακοφόρο (Βεσφάλιο) και ακόμα άργότερα μπορούμε να δοϋμε ότι τό κλίμα (συνεχείς διακυμάνσεις θερμοκρασίας) έπαιξε σημαντικό ρόλο στη συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων Pb, Zn, Cu, Ag, Au κ.λπ. Στη διάρκεια του Δεβονίου τό κλίμα ήταν ξηρό (Brinkmann 1959), ενώ στο Λιθανθρακοφόρο γίνεται



ύγρo με πολλές βροχοπτώσεις.

Στην 'Ανατολική 'Ελλάδα τὰ ήπειρωτικά όξειδωμένα (κόκκινα, καστανέρυθρα (red-bed)) μεταλλεύματα, καθώς και τὰ κροκαλοπαγή είναι πολύ διαδεδομένα στις διαβρωμένες επιφάνειες του προ-μεσολιθανθρακοφόρου μετατόφου.

Στo Μέσο Λιθανθρακοφόρο πολλές περιοχές τής 'Ελλάδος έπηρεάζονται από καθοδικές κινήσεις με συνέπεια στo Βεστώαλιο τήν επίκλυση τής θάλασσας.

Τὰ ίζήματα τής περιόδου αὐτής στην 'Αττικοκυκλαδική περιοχή είναι κυρίως άνθρακικά. Στην 'Αττική έπικρατεί ένας όρίζοντας λευκοῦ μαρμάρου με διαφορετικό πάχος από περιοχή σε περιοχή (5-150 m). Στὰ κατώτερα στρώματά του σε όρισμένες περιοχές, όπου υπάρχει ύποκείμενη προσχωματική ή άλλη μεταλλοφορία, παρατηρείται μιὰ κοκκώδης και διάσπαρτη όξειδωμένη ζώνη με μεταλλικά όρυκτά.

'Η περίπτωση αὐτή φανερώνει αναστάτωση του πυθμένα τής μέσο λιθανθρακοφόρου θάλασσας.

'Η επίκλυση τής θάλασσας πρέπει να έπαιξε δυσμενή ρόλο στὰ ίζηματογενή κοιτάσματα που είχαν ήδη σχηματιστεί και ίσως και να τὰ διασκόρπισε.

'Αξιοσημείωτο είναι τo γεγονός ότι οι έμφανίσεις τών μικτῶν θειούχων, καθώς και μαγγανίου, βωξίτη και άλλων μεταλλευμάτων υπάρχουν διασκορπισμένες σε όλη τήν 'Ανατολική 'Ελλάδα σε διάφορους στρωματογραφικούς όρίζοντας και σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους (βλ. μεταλλογενετικό χάρτη 'Ελλάδος ΙΓΕΥ).

— 'Η γένεση τών κοιτασμάτων του μαγγανίου στον έλλαδικό χώρο, όπως αναφέρεται παραπάνω, όφείλεται στην ίδια ύποθαλάσσια ήφαιστειότητα τής προ-μεσολιθανθρακοφόρου περιόδου. Τὰ κοιτάσματα αὐτὰ δημιουργήθηκαν παράλληλα με τὰ μικτά θειούχα. 'Η μεταγενέστερη βαρίσκια όρογένεση και διάβρωση τών πρωτογενῶν ήφαιστειοίζηματογενῶν κοιτασμάτων, ό φυσικοχημικός διαχωρισμός τών όρυκτῶν που ακολουθήσε και στις έπόμενες όρογένεσεις και αποσθρώσεις δημιούργησε κατά τις περιόδους με εὐνοϊκό κλίμα (θερμό τροπικό έως ύποτροπικό) λατεριτίωση με αποτέλεσμα τις συγκεντρώσεις του μαγγανίου σε διάφορους στρωματογραφικούς όρίζοντας.

Οι έμφανίσεις του μαγγανίου έχουν παραγένεση όρυκτῶν Fe, Pb, Zn κ.ά.

— 'Ο βωξίτη έμφανίζεται επίσης σε περιόδους όρογένεσης και χέρσευσης του έλλαδικού χώρου, αποδεικνύοντας διάβρωση, λατεριτίωση, μεταφορά ύλικου σε μορφή διαλυμάτων και απόθεση.

Τὰ ύλικά τών βωξιτικῶν κοιτασμάτων προέρχονται:

1. από τή λατεριτική ἐξαλλοίωση τῶν παραπάνω ἠφαιστειακῶν πετρωμάτων με περιεκτικότητα σέ  $Al_2O_3$  12-17% καί
2. δευτερογενῶς ἀπό διάβρωση καί λατεριτική ἐξαλλοίωση ἀσβεστολιθικῶν πετρωμάτων. Οἱ ἀσβεστόλιθοι αὐτοὶ εἶχαν ἐμπλουτιστεῖ στή διάρκεια τῆς ἰζηματογένεσός τους με ὀρυκτά, τὰ ὁποῖα προέρχονταν ἀπὸ προγενέστερη διάβρωση τοῦ παραπάνω ἠφαιστειακοῦ πετρώματος.

Οἱ περίοδοι στίς ὁποῖες διαπιστώθηκαν βωξιτικά κοιτάσματα ἀπὸ παλαιότερους ἐρευνητῆς σέ διάφορες περιοχῆς στήν Ἑλλάδα εἶναι οἱ ἐξῆς:

Μεταξὺ Δεβονίου καί Λιθανθρακοφόρου: βαρίσκια πτύχωση (πχ. Ζῶνες Ἄξιου, Πελαγονική)

Μεταξὺ Τριαδικοῦ καί Ἰουρασικοῦ: παλαιοκιμμερική πτύχωση (πχ. Ζῶνες Παρνασσοῦ-Γκιώνας καί Ἄξιου)

Μεταξὺ Ἀνώτερου Ἰουρασικοῦ καί Κατώτερου Κρητιδικοῦ: νεοκιμμερική πτύχωση (πχ. Ζώνη Παρνασσοῦ-Γκιώνας)

Μεταξὺ Κατώτερου Κρητιδικοῦ καί Ἀνώτερου Κρητιδικοῦ: αὐστριακή πτύχωση (πχ. Ζῶνες Πελαγονική-Ἵποπελαγονική, Παρνασσοῦ-Γκιώνας)

Ἐπίσης συναντᾶται στὸ Ἡώκαινο: (πχ. Ἴόνιος Ζώνη)

καθὼς ἐπίσης καί στὸ Διλούβιο: (πχ. Ἵποπελαγονική Ζώνη).

Στὴ διάρκεια τῶν παραπάνω πτυχώσεων (δημιουργία χέρσου) σέ ἄλλες τοποθεσίες συναντᾶμε ἀποθέσεις μικτῶν θειούχων, μαγγανίου, νικελίου, σιδήρου κ.ἄ. ὀρυκτῶν.

Ἐπιγενετικά κοιτάσματα, κυρίως μικτῶν θειούχων, ἀπαντοῦν καί στήν περίοδο μεταξὺ Περμίου καί Τριαδικοῦ κατὰ τὴ νεοβαρίσκια πτύχωση, στή διάρκεια τῆς ὁποίας ἔλαβαν χώρα ἀνοδικές κινήσεις καί διάβρωση τοῦ ὑπόβαθρου.

Με βάση τὰ ὅσα ἀναφέρθηκαν μέχρι τώρα, φαίνεται ὅτι στή συγκέντρωση τῶν μικτῶν θειούχων καί τῶν ἄλλων μεταλλευμάτων ἔπαιξαν σημαντικό ρόλο οἱ φυσικές, χημικές, βιοχημικές καί κλιματολογικές συνθήκες πού ἐπικράτησαν στὸ Παλαιοζωϊκὸ καί Μεσοζωϊκὸ, σέ συνδυασμὸ με τὴ γεωλογική — τεκτονική δομή, τὴ μορφολογία καί τὴν ὑδρογραφία πού χαρακτήριζαν τὴν περιοχή.

Με τίς παραπάνω διαδικασίες, σχηματίστηκαν κατὰ περιόδους ἠπειρωτικές καί θαλάσσιες συγκεντρώσεις μεταλλευμάτων.

Στὴ διάρκεια τῆς ἄλπικῆς μεταμόρφωσης, τὰ μεταλλεύματα μετακινήθηκαν, ἀνακρυσταλλώθηκαν καί ἔχασαν ἐν μέρει τὴν ἰζηματογενή τους δομή.

Κλασσικὰ παραδείγματα λειτουργίας τοῦ παραπάνω μηχανισμοῦ μεταλλογέ-

νεσης έχουμε σὲ ὅλες τὶς ἐμφανίσεις τῶν μικτῶν θειούχων καὶ τῶν ἄλλων μεταλλευμάτων τόσο στὴν Ἀττικοκυκλαδική περιοχή, ὅσο καὶ στὴ Βόρειο Ἑλλάδα.

Ἀττική

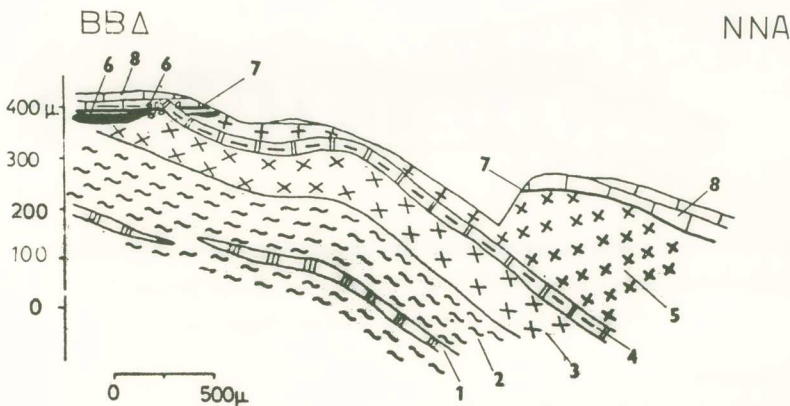
A) Μαραθῶνας (Μπίκιζα-Καλέντζι)

Στὸ Μαραθῶνα (ΒΑ. Ἀττική), τὸ μεγάλο ἀντίκλινο, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, ποὺ σχημάτισε ὁ μετατόφος κατὰ τὴ βαρίσκια ὀρογένεση, ἔχει ὑποστεῖ μιὰ ἰσχυρὴ διάβρωση παλαιότερη τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου. Τὸ πάχος του στὴν ΝΑ. πλευρὰ τοῦ ἀντίκλινου κυμαίνεται περὶ τὰ 400 m καὶ πλέον, ἐνῶ στὴν κορυφὴ του εἶναι μόνο 20 m.

Στὶς διαβρωμένες ἐπιφάνειες τοῦ μετατόφου στὴν Μπίκιζα παρατηροῦνται ἐνστρώσεις ἀπὸ ὀξειδωμένα (ἐρυθρά-καστανά) «red bed» καὶ μὴ ὀξειδωμένα μεταλλεύματα μολύβδου, ψευδαργύρου, σιδήρου καὶ λοιπῶν ὀρυκτῶν (Σχ. 4).

Στὶς Τρύπες (Καλέντζι), ὅπου ἔγινε παλαιότερα ἐκμετάλλευση τοῦ κοιτάσματος, ἀναφέρεται καὶ ἀργυροῦχος γαληνίτης.

Ἐλάχιστη περιεκτικότητα ψευδαργύρου παρατηρεῖται ἐπίσης στὰ κατώτερα στρώματα τοῦ μὲ ἀσυμφωνία ὑπερκείμενου μαρμάρου τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου.



Σχ. 4. Τομὴ τῆς ἐμφάνισης μικτῶν θειούχων στὴ Μπίκιζα Μαραθῶνας

8. Μάρμαρο Μέσου Λιθανθρακοφόρου (M2), 7. Ἀσυμφωνία, 6. Ὄξειδωμένα καὶ μὴ μεταλλεύματα Pb, Zn, Ag, Fe κ.ἄ. καὶ κροκαλοπαγή, 5. Δακίτης καὶ χαλαζιακὸς λατιανδεσίτης, 4. Ἐνστρώση μαρμάρου, 3. Ρυοδακίτης, 2. Μαρμαρυγιακός-ἀσβεστιτικὸς σχιστόλιθος, 1. Ἐνστρώσεις μαρμάρων.

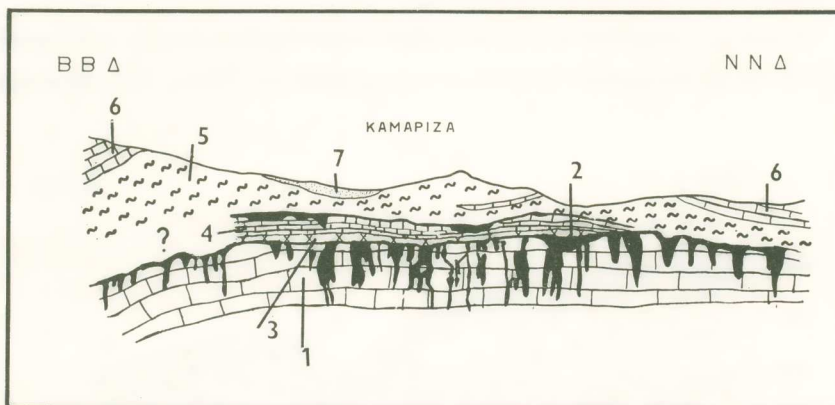
## B) Λαύριο

Τὰ μεταμορφωμένα ιζήματα τοῦ Λαυρίου ἀποτελοῦν πλευρική μετάβαση τῶν πετρωμάτων τῆς Βορείου καὶ Κεντρικῆς Ἀττικῆς. Παρατηρεῖται καὶ ἐδῶ ἡ ἴδια στρωματογραφικὴ δομὴ ποὺ ἐμφανίζεται στὸ Μαραθῶνα-Πεντέλη-Λεκανοπέδιο Ἀθηνῶν καὶ Ὑμηττό.

Ὁ προ-μεσολιθανθρακοφόρος μετατόφος (ρουδακίτης-δακίτης-χαλαζιακὸς λατιανδεσίτης) ἔχει διαβρωθεῖ ἐδῶ σχεδὸν ἐντελῶς. Ἡ διάβρωση σὲ ὀρισμένες περιοχὲς (Καμάριζα) ἔφθασε μέχρι τὸ κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου (K1), ὅπου δημιουργήθηκαν καρστικὰ ἔγκοιλα στὶς κατακλάσεις (griffons καὶ croiseurs), τὰ ὁποῖα γέμισαν μὲ ὀξειδωμένα καὶ μὴ ὀξειδωμένα μεταλλεύματα (Σχ. 5).

Ἡ προέλευση τῶν καρστικῶν αὐτῶν μεταλλευμάτων ὀφείλεται στὴ μεταφορὰ μεταλλικῶν διαλυμάτων ἀπὸ τὰ ἐπιφανειακὰ νερά, καθὼς καὶ στὴ μηχανικὴ μεταφορὰ προσχωματικῶν μεταλλικῶν ὀρυκτῶν ἀπὸ διάβρωση τοῦ μεταλλοφόρου μετατόφου γειτονικῶν περιοχῶν προ-μεσολιθανθρακοφόρου περιόδου.

Ὅπως φαίνεται στὸ Σχ. 5, ὁ μετατόφος, τὸ καρστικὸ κοίτασμα, καθὼς καὶ τὸ



Σχ. 5. Τομὴ τῶν κοιτασμάτων μικτῶν θειούχων Λαυρίου (κατὰ τὴ Γαλλικὴ Ἑταιρία τῶν Μεταλλείων Λαυρίου καὶ μὲ προσωπικὲς διορθώσεις).

7. Τεταρτογενὴ
6. Ἀνώτερο μάρμαρο Καμάριζας (K3): Τριαδικό
5. Σχιστόλιθος Καμάριζας ἢ Καισαριανῆς (K2): Κατώτερο Τριαδικό
4. Ἐνδιάμεσα μάρμαρα (Subordonnés): Μέσο Λιθανθρακοφόρο
3. Ὑπολείμματα μετατόφου (ρουδακίτης-δακίτης-χαλαζιακὸς λατιανδεσίτης)
2. Μεταλλεύματα σὲ καρστικὰ ἔγκοιλα
1. Κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου (K1): Δεβόνιο (;)

κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου, καλύπτονται από ένα στρώμα μαρμάρου μικρού πάχους (ένδιάμεσα μάρμαρα-Subordonnés), το οποίο κάθεται με άσυμφωνία πάνω στους υποκείμενους σχηματισμούς.

Τὰ ένδιάμεσα μάρμαρα άντιπροσωπεύουν τὸ μάρμαρο (M2) τοῦ Μέσο Λιθανθρακοφόρου τοῦ Μαραθώνα-Ἀνατολικῆς Πεντέλης-Ἰμηττοῦ, πού ἔχει διαφοροτικό πάχος ἀπό περιοχή σέ περιοχή λόγω τῆς προγενέστερης μορφολογίας πού δημιούργησε ἡ βαρίσκια ὀρογένεση.

Μέσα σ' αὐτά τὰ ένδιάμεσα μάρμαρα παρατηρεῖται μιὰ συγγενετική ρυθμική ἰζηματογένεση μολύβδου, ψευδαργύρου καί ἄλλων ὀρυκτῶν, καθὼς καί ἀσβεστιτικοῦ ὑλικοῦ, ἡ ὁποία ὀφείλεται καί πάλι στήν ἀποσάθρωση τοῦ μετατόφρου γειτονικῶν ὑβωμάτων πού χέρσευαν (Σχ. 6) καί στή μεταφορά τῶν παραπάνω ὑλικῶν μέ μορφή μεταλλικῶν διαλυμάτων σέ θαλάσσιο περιβάλλον.

Στήν ὀροφή τοῦ ἴδιου μαρμάρου (M2) (Μέσο Λιθανθρακοφόρο) παρατηρεῖται ἐπίσης μιὰ προσχωματική καί καρστική μεταλλοφορία. Αὐτή ὀφείλεται στήν ἀνάδυση (Emersion), τῆ διάβρωση τοῦ ὑπόβαθρου καί ἀποκάρστωσή του πρὶν τὴν ἀπόθεση τοῦ σχιστόλιθου Καμάριζας ἢ Καισαριανῆς (μοσχοβιτικοῦ σχιστόλιθου), πού στρωματογραφικὰ ἀνήκει στὸ Κατώτερο Τριαδικό. Πρέπει δηλ. νὰ διαβρώθηκαν μεταλλοφόροι ὀρίζοντες ὑβωμάτων, τὰ ὀρυκτὰ τῶν ὁποίων γέμισαν νέα καρστικά ἔγκοιλα μέσα στὸ μεσολιθανθρακοφόρο μάρμαρο τῆς περιοχῆς Καμάριζας.

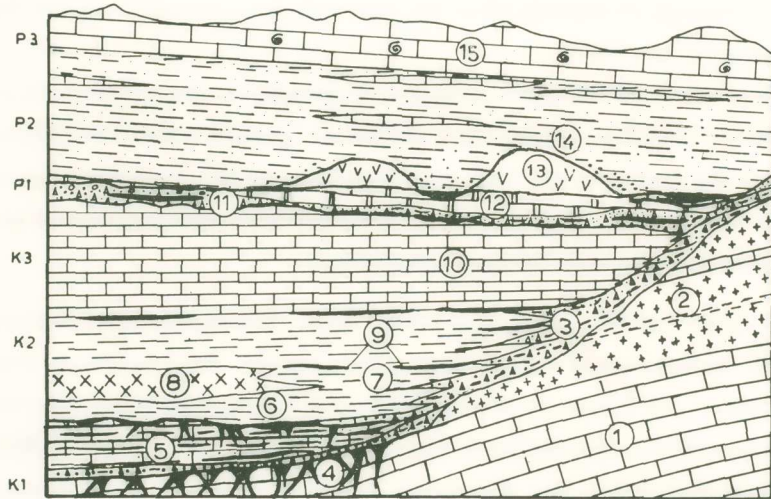
Ἡ μεταλλοφορία τῶν μικτῶν θειούχων καί τῶν ἄλλων ὀρυκτῶν στὸ Λαύριο συνεχίζεται καί σέ ὑπερκείμενους σχηματισμούς (Σχ. 6, στρωματογραφικές τομές σελ. 460) ὡς διάσπαρτη ἢ στίς ἐνστρώσεις τοῦ σχιστόλιθου Καμάριζας (K2) καί στήν ἐπαφή του μέ τὸ ἀνώτερο μάρμαρο Καμάριζας (K3) (Τριαδικό). Ἐπίσης τὴν συναντᾶμε στή ἐπαφή τῶν τριαδικῶν σχηματισμῶν (K3) καί τοῦ κατώτερου ἀσβεστόλιθου Πλάκας (P1) μέσα σέ ἓνα κλαστικό ἔζημα ἠφαιστειακῆς προέλευσης, τὸν ἀναφερόμενο στή βιβλιογραφία ὡς ἐπιδοτίτη καθὼς καί στήν ἐπαφή τοῦ κατώτερου ἀσβεστόλιθου Πλάκας (P1) — ὀφιόλιθου (ὑπολειμματικῶν σχηματισμῶν) καί σχιστόλιθου Πλάκας (P2).

Πολλοὶ ἐρευνητὲς συνδέουν τὴ γένεση τῆς μεταλλοφορίας τοῦ Λαυρίου μέ τὸ γρανίτη τῆς Πλάκας ἢ μέ τὸν Εὐρίτη (ἐπιδοτίτη), (Μαρίνος-Petrascheck 1956, Morikis 1969, Leleu et al. 1973 κ.ἄ.) Κατὰ Μαρίνο-Petrascheck (1956) ὁ εὐρίτης ἀποτελεῖ ἀποφύσεις τοῦ γρανοδιορίτη Πλάκας.

Ὁ εὐρίτης ὅπως ἀναφέρεται ἀπὸ τοὺς Μαρίνο-Petrascheck (1956) εἶναι λευκός

ἔως λευκότεφρος, ἀλλοιωμένος καὶ πολὺ εὐθρυπτος, λόγω ἐξαλλοίωσης τοῦ ὕλικου πρὸς καολίνη καὶ ἀσβεστίτη.

Πρόκειται περὶ ἠφαιστειακοῦ πετρώματος ἀσβεσταλκαλικοῦ τύπου ποὺ σὲ ὀρισμένες περιοχὲς περιέχει στὰ ἀνώτερα μέλη του κροκαλοπαγή. Ἡ ἐμφάνιση αὐτὴ τοῦ εὐρίτη, τὸν ὁποῖο οἱ Μαρίνος-Petrascheck (1956) ἀναφέρουν καὶ μέσα σὲ ὑπο-



Σχ. 6. Σχηματικὴ τομὴ προ-μεσολιθιανθρακοφόρου ὑβώματος (βαρίσκια ὀρογένεση), μεταγενέστερα ἰζήματα καὶ μεταλλοφορία Λαυρίου.

15. Κρητιδικὸς ἀσβεστόλιθος (P3)
14. Σχιστόλιθος Πλάκας (P2): Ἀνώτερο Κρητιδικό
13. Ὀφιόλιθοι κ.λπ. ὑπολειμματικοὶ σχηματισμοί: Ἰουρασικὸ
12. Κατώτερος ἀσβεστόλιθος Πλάκας (P1): Τριαδικό-Ἰουρασικὸ (;)
11. Ἐπιδοτίτης μὲ μεταλλοφορία καὶ κροκαλοπαγή
10. Ἀνώτερο μάρμαρο (K3): Τριαδικό
9. Συγγενετικὴ μεταλλοφορία
8. Ἀνδρειατικὲς διεισδύσεις.
7. Μοσχοβιτικὸς σχιστόλιθος (K2): Κατώτερο Τριαδικό
6. Καρστικὴ-προσχωματικὴ καὶ ἄλλη μεταλλοφορία
5. Ἐνδιάμεσα μάρμαρα (Subordonnés) μὲ συγγενετικὴ μεταλλοφορία: Μέσο Ἀνώτερο Λιθιανθρακοφόρο
4. Καρστικὴ-προσχωματικὴ καὶ ἄλλη μεταλλοφορία: Προ-μεσολιθιανθρακοφόρο
3. Κλαστικὲς ἀποθέσεις ἀπὸ διάβρωση τοῦ μετατόφου
2. Μεταλλοφόρος μετατόφος
1. Κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου (K1): Δεβόνιο (;)

κείμενους σχηματισμούς, όπως κατώτερο μάρμαρο Λαυρίου (Κ1) και άλλου, αντιπροσωπεύει τον διαβρωμένο και μεταφερμένο μετατόφο του Προ-μεσολιθανθρακοφόρου, που είναι και αυτός ασβεσταλκαλικού τύπου.

Το φαινόμενο αυτό της συνεχοῦς μεταλλοφορίας στα ιζήματα της περιοχής Λαυρίου, συχνά σε συνύπαρξη με τον εύριτη, είναι αποτέλεσμα της συνεχοῦς διάβρωσης γειτονικῶν ὑβωμάτων, που αποτελοῦνται από μετατόφους που ἦταν πλούσιοι σε μεταλλικά ὄρυκτα. Τα ὑλικά της διάβρωσης ἀποτέθηκαν σε ἡπειρωτικό ἢ θαλάσσιο περιβάλλον στην παραπάνω περιοχή.

Με βάση τα παραπάνω ἢ μεταλλοφορία Λαυρίου, τόσο στους ὑποκείμενους προ-μεσολιθανθρακοφόρους σχηματισμούς, ὅσο και στα νεότερης ἡλικίας ιζήματα (Παλαιοζωϊκό και Μεσοζωϊκό), ἀποδίδεται σε ἀλλεπάλληλες διαβρώσεις τοῦ μετατόφου γειτονικῶν ὑβωμάτων.

Το συμπέρασμα αὐτὸ βγαίνει ὕστερα ἀπὸ τὴ στρωματογραφικὴ-τεκτονικὴ καὶ πετρογραφικὴ ἀνάλυση τῶν ιζημάτων τῆς Βορείου, Κεντρικῆς καὶ Νοτίου Ἀττικῆς.

Στὴ διεργασία τῆς μεταλλογένεσης Λαυρίου, ἔπαιξαν ρόλο καὶ ἄλλοι φυσικοχημικοὶ παράγοντες, οἱ ὁποῖοι πρὸς τὸ παρὸν λόγω τῆς μεταμόρφωσης (ἀνακρυστάλλωσης, μετακίνησης κ.λπ.) εἶναι δύσκολο νὰ ἐρμηνευτοῦν.

Στὸ Λαύριο ἐκτὸς ἀπὸ τὰ μεταλλεύματα τῶν μικτῶν θειούχων ἐντοπίστηκαν καὶ μικρὲς ποσότητες Ag, Au, Cd, Cu, Ni, B, Mn, As, Sb, Co, Mo, V, κ.ἄ.

Τὰ ὄρυκτα τῆς περιοχῆς Λαυρίου ξεπερνοῦν τὰ 100 εἴδη· ὅσα βρέθηκαν πρὶν τὸ 1956 ἀναφέρονται στὴν ἐργασία τῶν Μαρίνου-Petrascheck (1956, σελ. 200-206), τὰ νεότερα στους τόμους τῆς Γεωλογικῆς Βιβλιογραφίας τῆς Ἑλλάδος τοῦ Α. Δ. Χαραλάμπους (1961-1980).

### Εὔβοια

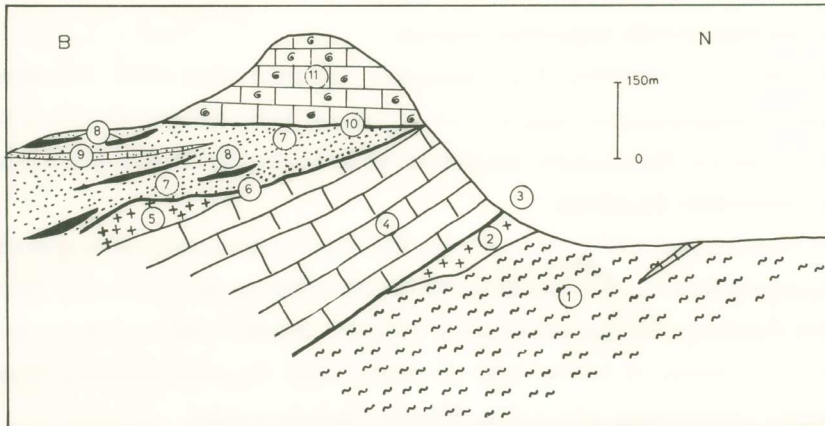
Ἰβώματα προ-μεσολιθανθρακοφόρων σχηματισμῶν παρατηρήθηκαν καὶ στὴν Κεντρικὴ καὶ Νότιο Εὔβοια.

Τὸ κατώτερο μάρμαρο τῶν περιοχῶν αὐτῶν («κατώτερο μάρμαρο Ὀλύμπου» ΒΔ. τῆς Ἐρέτριας καὶ ἄλλου), ἀποτελεῖ πλευρικὴ συνέχεια τοῦ κατώτερου μαρμάρου Πεντέλης-Λαυρίου, Ἀττικῆς.

Πάνω σ' αὐτὸ ἔχει ἀποτεθεῖ καὶ ἐδῶ ὁ μετατόφος. Τὰ πετρώματα αὐτὰ (μετατόφος, ὑβωμα Σέτας, κατώτερο μάρμαρο ΒΔ. Ἐρέτριας) παρουσιάζουν μιὰ ἐντονη διάβρωση παλαιότερη τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου. Στὴν περιοχή ΒΔ. τῆς Ἐρέ-

τριας, πάνω στο κατώτερο μάρμαρο (Δεβόνιο;) κάθονται με ασυμφωνία κλαστικά ιζήματα και μεσοτριάδικοί ασβεστόλιθοι, Σχ. 7.

Οι μεσοτριάδικοί ασβεστόλιθοι, τῶν ὁποίων ἡ ἡλικία καὶ ἡ φάση (ἀπόθεση σὲ ρηχὴ θάλασσα), προσδιορίστηκαν με ἀπολιθώματα ἀπὸ τὴν κ. Β. Κορωναίου (ΙΓΜΕ), ἀποδεικνύουν καὶ ἐδῶ τὴν ὕπαρξη ὑβωμάτων καὶ λεκανῶν στὴ διάρκεια τοῦ Λιθανθρακοφόρου - Περμίου - Τριάδικου κ.λπ.



Σχ. 7. Γεωλογικὴ τομὴ τῆς ΒΔ. τῆς Ἑρέτριας Εὐβοίας (Δυτ. Ὀλυμπος)

1. Φυλλίτες - σχιστόλιθοι με ἐνστρώσεις μαρμάρων: (πτυχὲς ΒΔ-ΝΑ Καληδόνιος πτύχωση;)
2. Ἄνδρασίτης
3. Ἄσυμφωνία (;)
4. Κατώτερο μάρμαρο ΒΔ. Ἑρέτριας (Δεβόνιο ;): (πτυχὲς ΒΑ-ΝΔ Βαρίσκιος πτύχωση;)
5. Μετατόφφος
6. Ἄσυμφωνία
7. Κλαστικὰ ὑλικά προερχόμενα ἀπὸ τὴ διάβρωση τοῦ μετατόφφου
8. Συγκεντρώσεις μεταλλευμάτων Pb, Zn, Mn, Ni, Fe κ.λπ.
9. Ἐνστρωση μαρμάρου με κλαστικὲς προσμίξεις
10. Ἄσυμφωνία
11. Μεσοτριάδικοί ασβεστόλιθοι

Τὰ ὑβώματα αὐτά, πού δημιουργήθηκαν ἀπὸ τὴ βαρίσκια ὀρογένεση, τροφοδοτοῦσαν με κλαστικὸ ὑλικὸ καὶ μεταλλικὰ ὄρυκτά καὶ ἐδῶ τὶς γύρω λεκάνες στὴ διάρκεια τῶν μεταγενέστερων νεοπαλαιοζωϊκῶν καὶ μεσοζωϊκῶν ἐποχῶν. Ἐμφανίσεις μικτῶν θειούχων καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων, πού προέρχονται ἀπὸ τὴ παρα-



πάνω διάβρωση του μετατόφου, είναι πολύ διαδεδομένες σε διάφορους στρωματογραφικούς όριζοντες στην Εύβοια.

Μετά τη βαρίσκια όρογένεση σε περιοχές που οι συνθήκες ήταν πρόσφορες (μορφολογία, βροχοπτώσεις, κατάλληλο κλίμα κ.λπ.) είχαμε στη διάρκεια του Λιθανθρακοφόρου και τη δημιουργία στρωμάτων λιθανθράκων όπως π.χ. ΒΑ. της Έρετριας (Παρθένι, Παναγιά, Θαρούνια).

### Κυκλάδες

Τα ίδια φαινόμενα διάβρωσης του μετατόφου και επανατοποθέτησης των όρυκτων του διαπιστώθηκαν σε όλες τις εμφανίσεις μικτών θειούχων στην περιοχή των Κυκλάδων και ανατολικότερα. Τα κοιτάσματα Pb, Zn, Fe κ.λπ., όξειδωμένα και μή, παρουσιάζονται με τη μορφή φακοειδών ένστρώσεων μέσα σε σχιστόλιθους, στην επαφή με μάρμαρα ή σε καρστικά έγκοιλα.

Παραδείγματα λειτουργίας της παραπάνω επιγενετικής, διάσπαρτης και συγγενετικής μεταλλοφορίας παρατηρούνται στη Νάξο, Τήνο, Σύρο, Πάρο και γενικά σε όλες τις μεταλλοφόρες εμφανίσεις της περιοχής του Αιγαίου.

### Πελοπόννησος

Η γεωλογική έρευνα στις περιοχές Μολάων, Τυροῦ, Κροκεῶν και γενικά στην ανατολική Πελοπόννησο απέδειξε ότι οι (υποθαλάσσιοι) ήφαιστειακοί σχηματισμοί άνδσειτικής σύστασης, που συνδέονται με πρωταρχική άτμιδική μεταλλοφορία μικτών θειούχων καθώς και άλλων όρυκτων, άνήκουν επίσης στην προ-μεσολιθανθρακοφόρο εποχή. Αποτέλεσαν μάλιστα και έδω βαρίσκια ύβώματα τα όποια κατά τη διάρκεια του Λιθανθρακοφόρου-Πέρμιου κ.λπ. τροφοδοτούσαν τις γύρω λεκάνες με μεταλλικά και άλλα ύλικά.

Έπιγενετική ήπειρωτική, καθώς και συγγενετική μεταλλοφορία Pb, Zn, Fe κ.ά. παρατηρείται στα νεότερα ιζήματα των γύρω περιοχών, καθώς και στα σχιστολιθικά ιζήματα της περιοχής Ταυγέτου.

Οι ήφαιστειακοί αυτοί σχηματισμοί καλύπτονται στους Μολάους κ.ά. με άσυμφωνία από τριαδικούς σχηματισμούς.

Σε άλλες περιοχές (Τυρός-Μονεμβασία) καλύπτονται με άσυμφωνία από ιζήματα περμιού ή λιθανθρακοφόρου ήλικίας.

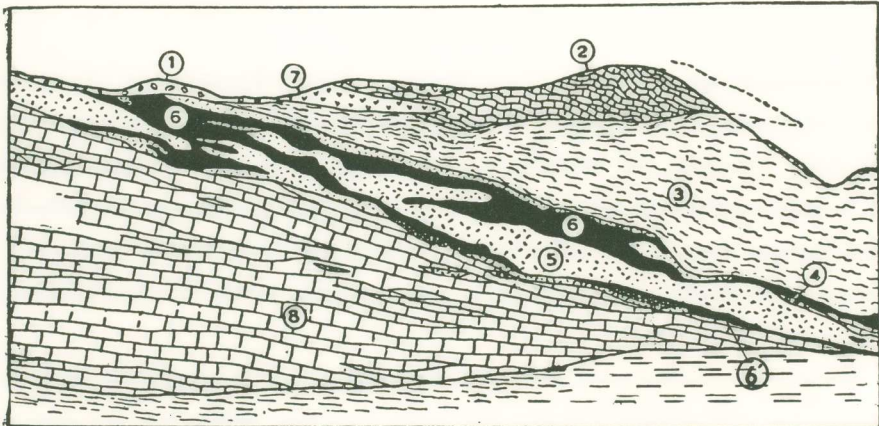
## Βόρειος Ἑλλάς

Μιὰ ἔντονη ὀρογένεση καὶ διάβρωση παλαιότερη τοῦ Μέσου Λιθανθρακοφόρου, διαπιστώθηκε καὶ στὴ Βόρειο Ἑλλάδα.

Ὁ Brunn (1964) ἀναφέρει ὅτι μετὰ τὴν ἐρκύνιο φάση, μεταξύ Ἐνωτέρου Δεβονίου καὶ Μέσου Λιθανθρακοφόρου, διαφοροποιοῦνται στὰ Βαλκάνια τρεῖς περιοχές:

- α. Οἱ ἐσωτερικὲς ζώνες τοῦ ἀλπικοῦ τμήματος ποὺ βυθίζονται καὶ γίνονται ἡ ἔδρα λιμναίας καὶ χερσαίας ἰζηματογένεσης κατὰ τὴ διάρκεια τοῦ Βεσφαλίου, Στεφανίου καὶ Πέρμο-Τριαδικοῦ.
- β. Ὁ ροδοπικὸς πυρῆνας ποὺ παραμένει χέρσος καὶ ὑπόκειται σὲ διάβρωση.
- γ. Οἱ ἐσωτερικὲς ζώνες τοῦ διναρικοῦ πυρῆνα ποὺ βυθίζονται καὶ γίνονται ἡ ἔδρα μιᾶς κλαστικῆς θαλάσσιας ἰζηματογένεσης κατὰ τὶς διάφορες βαθμίδες τοῦ Λιθανθρακοφόρου καὶ μέχρι τὸ Πέρμιο.

Σ' αὐτὲς τὶς περιοχὲς ποὺ βρίσκονται γύρω ἀπὸ τὴ μάζα τῆς Ροδόπης, ὅπως π.χ. στὴ Χαλκιδικὴ καὶ στὴ Θάσο, ἡ στρωματογραφία, ἡ τεκτονικὴ καὶ οἱ ἐμφάνισεις τῶν μικτῶν θειούχων τοῦ μαγγανίου κ.λπ. μεταλλευμάτων παρουσιάζουν ὁμοιότητες μὲ ἐκεῖνες τῆς Ἀττικῆς.



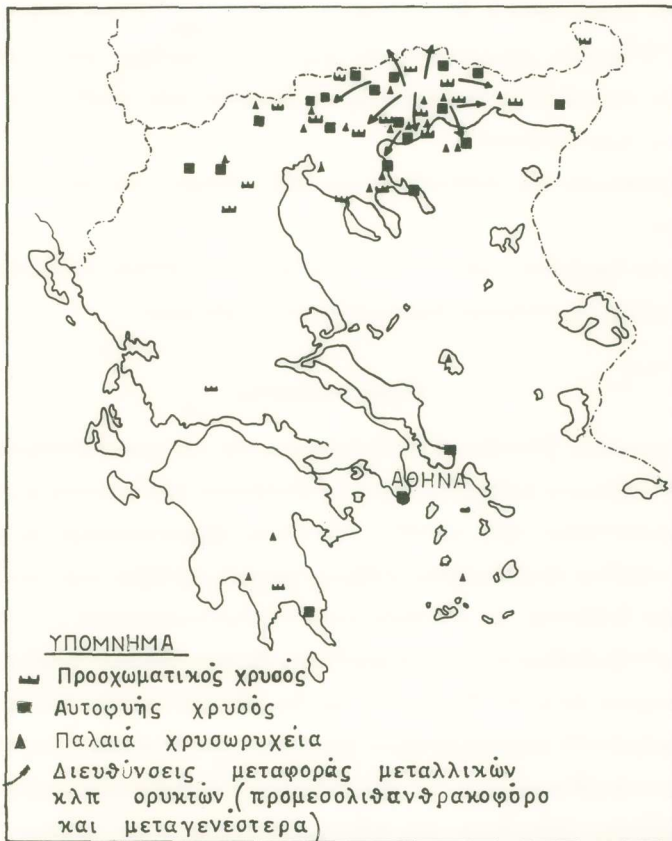
Σχ. 8. Τομὴ τοῦ κοιτάσματος σιδηροπυρίτη καὶ Β.Ρ.Γ. Μαδὲμ Λάγκου, Μεταλλεῖα Κασσάνδρας. (Μουσοῦλος 1962)

1. Ὀλοκαινικὲς ἀποθέσεις, 2. Μάρμαρο, 3. Γνεύσιος, 4. Κερατίτης, 5. Μεταφερμένο ἡφαιστειακὸ καὶ ἄλλο ὕλικό ('Απλίτης) 6. Μετάλλευμα σιδηροπυρίτη, 6'. Μετάλλευμα Β.Ρ.Γ., 7. Κάλυμμα σιδήρου, 8. Χονδρόκοκο μάρμαρο.

Τὰ μεταλλεύματα ἔχουν ἀποτεθεῖ ὡς προϊόντα μιᾶς πολὺ ἔντονης διάβρωσης ποὺ φαίνεται ὅτι (σύμφωνα μὲ τὰ στρωματογραφικὰ στοιχεῖα τοῦ Brunn) ἔγινε μετὰ τὸ Μέσο Δεβόνιο.

Ὅπως δείχνει καὶ τὸ Σχ. 8 ἀπὸ τὸν Μαδὲμ Λάκκο Χαλκιδικῆς, τὸ ὑποκείμενο μάρμαρο τῆς περιοχῆς αὐτῆς εἶναι ἔντονα διαβρωμένο. Πάνω σ' αὐτὸ ἔχει μεταφερθεῖ καὶ ἀποτεθεῖ τὸ μετάλλευμα τῶν μικτῶν θειούχων, ἀναμειγμένο μὲ ἠφαιστειακὸ ἢ καὶ ἄλλο ὕλικό.

Τὰ ὕλικα γιὰ τὴν ἰζηματογενῆ αὐτὴ μεταλλοφορία πρέπει νὰ ἔχουν ἔλθει ἀπὸ τοὺς μετατόφους τῆς Μάζας τῆς Ροδόπης (περιοχὴ πρωταρχικῆς γένεσης τῶν κοιτασμάτων), γιὰτὶ ἐπιγενετικά καὶ συγγενετικά κοιτάσματα μικτῶν θειούχων καὶ ἄλλων ὀρυκτῶν ὑπάρχουν καὶ στὴν Περιοδοπικὴ Ζώνη (Ὀλυμπιάδα, Σκουριές, Μεγάλη Παναγιά, Ἅγιον Ὄρος, στὴ Θάσο, Σαμοθράκη, Κιλκίς κ.ἄ.).



Σχ. 9. Ἐμφανίσεις προσχωματικοῦ καὶ αὐτοφυοῦς χρυσοῦ καὶ διευθύνσεις μεταφορᾶς μεταλλικῶν καὶ ἄλλων ὕλικῶν στὴ ΒΑ. Ἑλλάδα.

Οί πιό πάνω περιοχές, πού βρίσκονται γύρω από τή Ροδόπη, αποτέλεσαν λεκά-νες μετά τήν άνάδυσή τῆς ροδοπικῆς μάζας κατά τή βαρίσκια όρογένεση και δεχόν-τουσαν συνεχώς μεταλλικά και ἄλλα κλαστικά και χημικά ὑλικά, πού προέρχονταν από τό ὕβωμα τῆς μάζας τῆς Ροδόπης, στοῦ όποῖο ὑπάρχουν πολλά ὑπολείμματα διασκορπισμένης μεταλλοφορίας.

Ἐο δυσδιάλυτος χρυσός, ὅπως δείχνουν οἱ πολλές ἐμφανίσεις του στη μάζα τῆς Ροδόπης, φαίνεται ὅτι παρέμεινε κυρίως στον τόπο ἢ κοντά στον τόπο γένεσῆς του (Σχ. 9).

Ἐο Ἄριστοτέλης, ὁ Στράβων, καθώς και ὁ Ἡρόδοτος ἀναφέρουν ἐκ-μεταλλεύσεις χρυσοῦ στοῦ Βέρμιο, Πιερία, Παγγαίό, Κόλπο Ἐλευθερῶν ἀπέναντι ἀπό τή Θάσο, βόρεια τῆς Ἀμφίπολης, στη Ροδόπη και ἄλλοῦ. Μεγάλη περιεκτικό-τητα σέ προσχωματικό χρυσό διαπιστώθηκε ἀπό τόν γράφοντα Β. τοῦ κόλπου Ἐ-λευθερῶν, (βλ. Γεωλ. χάρτη Κοκκινάκης 1980), καθώς και στην περιοχή τῆς Ἀμφίπολης. Ἐο χρυσός συναντᾶται στις παραπάνω περιοχές μέσα στοῦ γνευσιακό ὑπόβαθρο, πού ἀποτελεῖ μεταφερόμενο ὑλικό ἠφαιστειακῆς προέλευσης, καθώς και σέ πρόσφατους σχηματισμούς.

Ἐο μεταμόρφωση πού ἀκολούθησε και ἐδῶ, ἀνακρυστάλλωσε πετρώματα και μεταλλεύματα.

Σ' ὅλες τίς ἐμφανίσεις τῶν μικτῶν θειούχων συναντᾶται γαληνίτης, σφαλερί-της, σιδηροπυρίτης με σύνδρομο βαρίτη, φθορίτη ἢ χαλαζία.

### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στήν Ἀνατολική Ἐλλάδα κατά τή διάρκεια τῆς προ-μεσολιθιανθρακοφόρου πε-ριόδου (Μέσο Δεβόνιο;) ἐκδηλώθηκε μιᾶ ὑποθαλάσσια ἠφαιστειακή δραστηριότητα ἀσβεσταλκαλικοῦ τύπου, πρὸς τὸ τέλος τῆς όποίας σχηματίστηκαν και ὕδροθερμικά διαλύματα μολύβδου, ψευδαργύρου, σιδήρου, χρυσοῦ, ἀργύρου κ.ἄ. μετάλλων. Στή συνέχεια, λόγω άνάδυσῆς τῆς περιοχῆς κατά τή βρετονική φάση (;) τῆς βαρίσκιας όρογένεσης και τῆς διάβρωσης πού ἀκολούθησε, δημιουργήθηκαν ἐκτεταμένα ἰζημα-τογενή κοιτάσματα όρυκτῶν Pb, Zn, Fe, Ag, Au, Mn και πολλῶν ἄλλων μετάλλων.

Στή διάρκεια τῶν μεταγενέστερων βαρίσκιαων και ἄλπικῶν όρογενέσεων (χερ-σεύσεων) δημιουργήθηκαν ἀπό τήν ἀποσάθρωση και διάβρωση κυρίως τῶν βαρί-σκιαων μεταλλοφόρων ὑβωμάτων, πού ἀποτελοῦνταν ἀπό τὸ μετατόφο, ἐπιγενετικά κοιτάσματα μικτῶν θειούχων, καθώς και βωξίτη, μαγγανίου και ἄλλων όρυκτῶν.

Ἡ στρωματογραφία καὶ ἡ παλαιομορφολογία τῆς προ-μεσολιθανθορακοφόρου περιόδου εἶναι πολὺ σημαντικὲς γιὰ τὴν ἀνακάλυψη παρόμοιων νέων κοιτασμάτων στὸν ἑλλαδικὸ χῶρο.

Οἱ μεσο- καὶ μεταλλικὲς ὀρογενετικὲς κινήσεις πτύχωσαν καὶ κατακερμάτισαν πετρώματα καὶ κοιτάσματα. Κατὰ τὴ διάρκεια τῶν γρανιτικῶν διεισδύσεων καὶ τῆς μεταμόρφωσης τῶν πετρωμάτων ἐπῆλθε μιὰ ἀναθέρμανση, μετακίνηση (mobilisation) καὶ ἀνακρυστάλλωση τῶν μεταλλευμάτων.

Ἀπὸ τὴ μελέτη αὐτὴ γίνεται φανερὸ ὅτι τόσο στὴν Ἀνατολικὴ Ἑλλάδα, ὅσο καὶ στὸ ὑπόβαθρο τῆς Δυτικῆς Ἑλλάδος εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ ὑπάρχουν μεγάλα ἀποθέματα μικτῶν θειούχων, βωξίτη καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων, μεταξὺ τῶν ὁποίων χρυσὸς καὶ ἄργυρος, γιὰτὴ ἡ περίοδος αὐτὴ (Προ-μεσολιθανθορακοφόρο), ἐὰν κρίνουμε ἀπὸ περιοχὲς μὲ ἐπιφανειακὲς ἐμφάνισεις, ὅπως τὸ Λαύριο, τὴ Χαλκιδική, καὶ ἄλλες, εἶναι πλούσια σὲ μεταλλοφορία.

Τὸ ὑποθαλάσσιο ἠφαιστειακὸ πέτρωμα (ρουδακίτης-δακίτης-χαλαζιακὸς λατιανδεσίτης) ποὺ εἶναι παλαιότερο τοῦ Μέσου Λιθανθορακοφόρου μὲ τὴ μεταλλοφορία καὶ τὴν ὑπερκείμενη ἀσυμφωνία μπορεῖ νὰ ἀποτελέσει χαρακτηριστικὸ ὀρίζοντα γιὰ στρωματογραφικὴ ἀνάλυση στὰ ἰσχυρῶς μεταμορφωμένα ἰζήματα τῆς Ἀνατολικῆς Ἑλλάδος.

Ἀντίστοιχα κοιτάσματα μικτῶν θειούχων μὲ ἡλικία τὸ μέσο καὶ τὸ ἀνώτερο Δεβόνιο ὑπάρχουν στὴν Εὐρώπη στὸ Mechernich (Eifel), στὸ Rammelsberg, Goslar (Harz), στὸ Meggen (Βεστφαλία) κ.ἄ., καθὼς καὶ στὸ χῶρο τῆς Μεσογείου.

Ἀναμφίβολα πρόκειται γιὰ μιὰ ἀπὸ τὶς μεγαλύτερες μεταλλογενετικὲς ἐποχὲς καὶ ἐπαρχίες.

Συνοψίζοντας τὰ παραπάνω ἡ γεωλογικὴ-τεκτονικὴ ἐξέλιξη στὴν Ἀττικὴ καὶ στὶς γειτονικὲς περιοχὲς ἔχει ὡς ἐξῆς:

- I. Ἰζηματογένεση κατώτερου μαρμάρου Πεντέλης-Λαυρίου (πάχος 500-600 m).
- II. ἠφαιστειακὴ δραστηριότητα: Μέσο Δεβόνιο (;)  
ρουδακίτης → δακίτης → χαλαζιακὸς λατιανδεσίτης  
Σύγχρονη πρωταρχικὴ (ὑποθαλάσσια) ἀτμιδικὴ ἀπόθεση Pb, Zn, Fe, Ag, Au καὶ ἄλλων μεταλλευμάτων.
- III. Ἀνοδικὴ παροξυσμικὴ κίνηση, βαρίσκια ὀρογένεση: Ἀνώτερο Δεβόνιο.  
Πτυχὲς ΒΑ-ΝΔ, δημιουργία ὑβωμάτων-λεκανῶν Ἀττικῆς, Εὐβοίας, Κυκλάδων Πελοποννήσου, Κρήτης, Ροδόπης κ.λπ. Γρανιτικὲς διεισδύσεις

- Ἐνατολικῆς Ἑλλάδος καὶ μεταμόρφωση ἰζημάτων.
- Ἀκολουθεῖ διάβρωση ἠφαιστειακῶν σχηματισμῶν καὶ μεταλλευμάτων καὶ
- 1η ἐπιγενετικὴ ἀπόθεση ἠπειρωτικῶν μικτῶν θειούχων, κ.λπ. κοιτασμάτων (Μαραθῶνας, Ὑμηττός, Λαύριο, Ἐνατολικὴ Ἑλλάς).
- IV. Καθοδικὴ κίνηση: Μέσο Λιθανθρακοφόρο (Βεστροφάλιο)
- Ἰζηματογένεση Μέσου Λιθανθρακοφόρου (Ἄπτική: κυρίως ἀνθρακικὴ φάση), Περμίου (;)
- A. Συγγενετικὴ, ἐπᾶλληλη μεταλλοφορία μικτῶν θειούχων καὶ τῶν ἐνδιάμεσων μαρμάρων (Subordonnés) Λαυρίου (Μέσο Λιθανθρακοφόρο).
- V. Ἀνοδικὴ κίνηση: Πέρμιο
- Διάβρωση ὑποβάθρου καὶ
- 2η ἐπιγενετικὴ ἀπόθεση ἠπειρωτικῶν μικτῶν θειούχων κοιτασμάτων, πάνω στὰ ἐνδιάμεσα μάρμαρα (Subordonnés) Λαυρίου.
- VI. Καθοδικὴ κίνηση: (Ἄνωτερο Πέρμιο; Κατώτερο Τριαδικό).
- Ἰζηματογένεση μοσχοβιτικοῦ σχιστόλιθου (σχιστόλιθος Μαραθῶνα, Καισαριανῆς, Καμάριζας) καὶ ὑποθαλάσσια ἠφαιστειακὴ δραστηριότητα (ἀνδευσιτικὲς διεισδύσεις).
- B. Σταδιακὴ, συγγενετικὴ, ἐπᾶλληλη μεταλλοφορία μικτῶν θειούχων καὶ τοῦ μοσχοβιτικοῦ σχιστόλιθου (Καμάριζα, Λαύριο). Ἰζηματογένεση Μέσου Ἀνωτέρου Τριαδικοῦ (ἀσβεστόλιθοι, δολομίτες).
- VII. Ἀνοδικὲς-καθοδικὲς κινήσεις στὴ διάρκεια τοῦ Ἀνωτέρου Τριαδικοῦ-Ἰουρασικοῦ. Τροφοδότηση κλαστικοῦ κ.ἄ. ὕλικοῦ, ἐπιδοτίτη καὶ μεταλλευμάτων στὴν περιοχὴ Πλάκας Λαυρίου.
- 3η ἐπιγενετικὴ ἀπόθεση ἠπειρωτικῶν μικτῶν θειούχων κοιτασμάτων στὸ Λαύριο μεταξὺ ἀνωτέρου μαρμάρου (K3) καὶ κατώτερου ἀσβεστόλιθου Πλάκας (P1).
- Τοποθέτηση (μὲ ἐπώθηση) ὀφιόλιθων κ.λπ. σχηματισμῶν τῆς σχιστοκερατολιθικῆς διάπλασης.
- VIII. Ἀνοδικὴ κίνηση: παλαιότερη τοῦ Ἀνωτέρου Κρητιδικοῦ
- Διάβρωση προ-ανωκρητιδικῶν -ἰουρασικῶν καὶ σὲ ὀρισμένες περιοχὲς τῶν ἀνωτέρων ὀριζόντων τῶν τριαδικῶν σχηματισμῶν.
- 4η Ἐπιγενετικὴ ἀπόθεση ἠπειρωτικῶν μικτῶν θειούχων στὸ Λαύριο μεταξὺ κατώτερου ἀσβεστόλιθου Πλάκας (P1) καὶ σχιστόλιθου Πλάκας (P2).
- Σχηματισμὸς βωξιτικοῦ κοιτάσματος Μάνδρας Ἐλευσίνας καὶ σιδηρονικε-

λιούχων κοιτασμάτων Αιγάλεω, Κορυδαλλοῦ κ.ἄ.

IX. Καθοδική κίνηση: Ἀνώτερο Κρητιδικό

Ἰζηματογένεση ἀνωκρητιδικοῦ ἀσβεστόλιθου (μαρμάρου) Βορείου Ἀττικής καὶ πολυφασικῶν ἰζημάτων τοῦ Λεκανοπέδιου τῆς Ἀθήνας καὶ τῆς Νοτίου Ἀττικῆς.

X. Ἀνοδική κίνηση:

Ἀπόθεση φλύσχη, πτυχῆς ΒΔ-ΝΑ (Δυναρικῆς) διεύθυνσης.

XI. Ἀκολουθοῦν: Πτυχῆς ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης παροξυσμικῆς φάσης (δημιουργία Πεντελικοῦ κ.λπ.) γρανιτικές διεισδύσεις, μεταμόρφωση τῆς Ἀττικοκυκλαδικῆς μάζας, μετακίνηση (mobilisation) καὶ ἀνακρυστάλλωση τῶν μεταλλευμάτων.

Ἐντονη διάβρωση καὶ δημιουργία γεωλογικοῦ παράθυρου Μαραθώνα-Πεντέλης-Πάρνηθας.

Ἀπόθεση ἄνω μειοκαινικῶν (πόντιων) ἠπειρωτικῶν ἰζημάτων (Πικέρμι-Μαραθώνας).

XII Πτυχῆς Β-Ν διεύθυνσης

Διάβρωση-ἀπόθεση πλειοκαινικῶν (ἄστιων) θαλάσσιων (Ραφήνα, Πειραιάς κ.ἄ.) καὶ χερσαίων ἰζημάτων.

XIII. Οἱ νεότερες χερσαῖες ἀποθέσεις (ἐρυθρογή) προέρχονται κυρίως ἀπὸ τὴν ἀποσάθρωση ἀσβεστόλιθων, μαρμάρων καὶ ἄλλων πετρωμάτων (π.χ. μάρμαρο (M2) στὴν ἀνατολική πλευρὰ Πεντέλης κ.ἄ.), ποὺ περιέχουν ὀρυκτὰ ἀπὸ τὴ βαρίσκια διάβρωση τοῦ προ-μεσολιθανθρακοφόρου μετατόφου.

XIV. Ἡ μεσο- καὶ μεταλπικὴ ρηγματογενῆς τεκτονικὴ παρουσιάζεται μετὰ σειρὰ ἀκολουθίας: ΒΑ-ΝΔ, Α-Δ καὶ ΒΔ-ΝΑ διευθύνσεις ρηγμάτων.

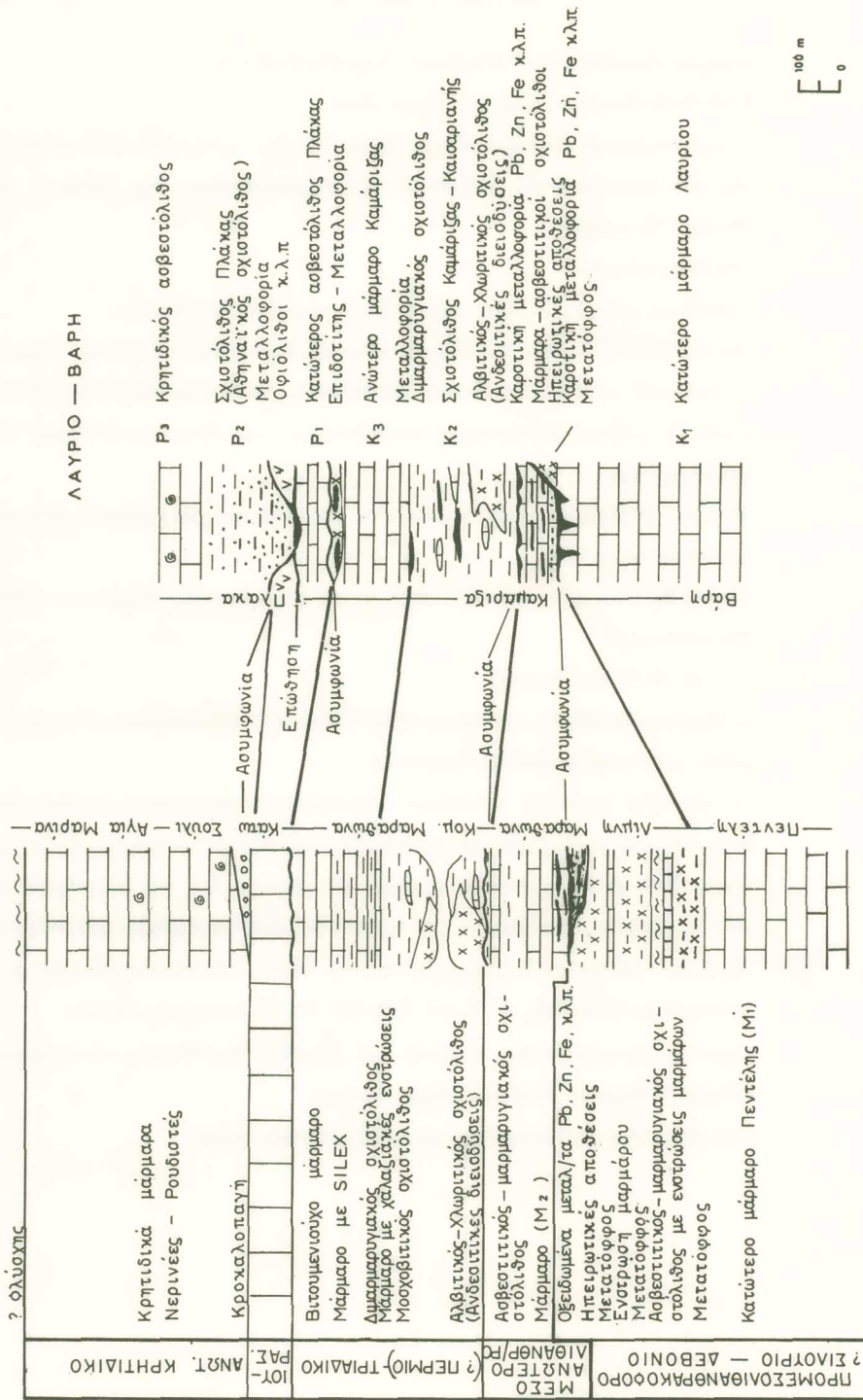
Δημιουργία ρηγμάτων μετὰ Α-Δ καὶ ΒΔ-ΝΑ διευθύνσεις συνεχίζονται μετὰ ἀλληλοδιαδοχικῆς κινήσεις μέχρι σήμερα.

Στὰ ρήγματα παρατηρεῖται μιὰ δεξιόστροφη φορά.

# ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΒΟΡΕΙΟΥ ΚΑΙ ΝΟΤΙΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

Από  
Γεώργιο Δ. Παπαδέα

ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ — ΠΕΝΤΕΛΗ



100 m  
E  
0



# ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΗΝ ΑΤΤΙΚΗ - ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ

Γεώργιο Δ. Παπαδάς

ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΙΖΗΜΑΤΑ	ΦΩΛΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΠΛΩΤΗΝΙΣΜΟΙ	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ	ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ-ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ
ΑΙΓΕΙΝΕΣ						
ΤΕΤΡΑΠΟΝΕΣ						
ΚΑΙΝΟΖΟΙΚΟ						
ΠΕΡΙΟΔΟΙ	ΙΖΗΜΑΤΑ	ΦΩΛΙΣΤΕΙΟΤΗΤΑ ΠΛΩΤΗΝΙΣΜΟΙ	ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΣΗ	ΔΙΑΒΡΩΣΗ	ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ-ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΑ
ΟΛΟΚΑΙΝΟ	πείριωτικές και θαλάσσιες αποθέσεις		(τα σήματα Α-Δ και ΒΔ-ΝΑ συνεχίζονται αλληλοδιαδοχικά)		↑ (δημιουργία γεωλογικών Παράθεσης-Παράθεσης Πεντέλης-Μαραθώνα) ↑ ↑ (συνεχίζονται διαβρώσεις)	
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	πείριωτικές (Μαραθώνας-Πικέρμι) αποθέσεις (Ραφήνα-Πειραιάς κ.λ.π.)		ρήγματα Α-Δ διεύθυνσης [α ο υ μ φ ω ν ι α]			
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ	πείριωτικές αποθέσεις (Πικέρμι-Μαραθώνας-Μεγάλασρα-Αθήνες)		πύλες Β-Ν διεύθυνσης [α ο υ μ φ ω ν ι α]			
ΟΛΥΓΟΚΑΙΝΟ	?		[α ο υ μ φ ω ν ι α]			
Ηώκαιο	φλύστες (Αιγάλεω - Μαραθώνας)	ηφαιστειακές διεσποδίες (Πλάκα Λαυρίου)	δημιουργία Πεντακλίμου - Ψηφίου - κλπ. ανοδικές, καθοδικές κινήσεις; Παραδοσιακή φάση, πύλες ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης - επιστροφές έκτακτα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, οχιστοδίκης φάση	μεταμόρφωση (σηματικά) ατυχοκατάλοιπης μάζας Αττικής: πρότυπο -	?	λεξιωνιτις σε εκτατικά ρήγματα (Μ2) (Γραμμιατικό Μαραθώνα)
Παλαιοκαίνο			πύλες ΒΑ-ΝΑ δύναμη διεύθυνση	?		
ΑΝΩΤ.	ανώτερο μάρμαρο Μαραθώνα - ΒΑ Ψηφίου - και ανώτερος σβεστόλιθος Πλάκας Λαυρίου (β)		καθοδική κίνηση: κενωμένο			
ΚΡΗΤΙΑΚΟ	- αθηναϊκός σχιστολιθος, σχιστολιθος Πλάκας Λαυρίου		[α ο υ μ φ ω ν ι α]		διαβρωση υποβάθρου	4. π. επιγενετική απόθεση, πειριωτικών - βωγιτής (Μαρόμα Ελευσινιάς) - βωγιάς κ. α.
ΚΑΤΩΤ.	πείριωτικές αποθέσεις		ανοδική κίνηση			
ΑΝΩΤ.	οφιοίθιοι - κροσολίθοι κ.α (οχιστομεταολιθική διάσπαση) (μειονήμενες ρωμανιές στη λεκάνη της Αθήνας και ΝΑ Αττική)		καθοδικές ανοδικές επιστροφές			
ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ	κατώτερος σβεστόλιθος Πλάκας (β) (Λαύριο)		καθοδική κίνηση [α ο υ μ φ ω ν ι α]			
ΚΑΤΩΤ.	πείριωτικές αποθέσεις (Λαύριο)		ανοδική κίνηση		διαβρωση υποβάθρου	3. π. επιγενετική απόθεση, πειριωτικών μικτών θειούλων κ.α. ορυκτών (Λαύριο)
ΑΝΩΤ.	μάρμαρα - θολωμίτες (Μαραθώνας-Ψηφίου) ανώτερο μάρμαρο Καμάριζας (Κ2)(Λαύριο) (παχ: 150-200 μ)					
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ	διμαρμαρινός σχιστολιθος (παχός 3 - 4 μ) εντροπή μάρμαρου (παχός 4 - 5 μ)					β σταδιακή συγγενετική επέλαση (εξηματογενή) μεταλλοφορία μικτών θειούλων κ.α. ορυκτών (Λαύριο).
ΚΑΤΩΤ.	ισοχθιτικός σχιστολιθος με ανδριωτικές διασποδίες (Κ2) (Μαραθώνας - Κασιομένη - Καμάρια) (παχός 20 - 60 μ) (ανωστιαία - ρεύματα)		καθοδική κίνηση [α ο υ μ φ ω ν ι α]		διαβρωση υποβάθρου	2. π. επιγενετική απόθεση, πειριωτικών μικτών θειούλων κ.α. ορυκτών (Λαύριο).
ΠΕΡΜΙΟ	μάρμαρο σβεστόλιθοι κ.α. (Πάρνηθα) πείριωτικές αποθέσεις (Μαραθώνας - Λαύριο)					
ΑΝΩΤ.	εναλλαγή σβεστιατικών μαρμαρινών σχιστολιθών και μαρμαρών.					
ΛΙΘΙΝΗ/ΦΟΡΟ	μάρμαρο (Μ2) Μαραθώνας ΑΥΓΙΠΕΤΛΗ ενδιάμεσα μάρμαρα (Λαύριο) (παχός 5 - 150 μ)					α συγγενετική επέλαση (εξηματογενής) μεταλλοφορία μικτών θειούλων κ.λ.π. ορυκτών (Λαύριο).
ΚΑΤΩΤ.	πείριωτικές αποθέσεις				διαβρωση υποβάθρου	1. π. επιγενετική απόθεση, πειριωτικών μικτών θειούλων κ.λ.π. μεταλλοειδίων (Λαύριο - Ελλάδα)
ΑΝΩΤ.						
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ						
ΚΑΤΩΤ.	μετατόφως με εντροπικές μαρμαρών και οχιστολιθών Μαραθώνας - Πεντέλης - Λαύριο κ.α) (παχός 0 - 700 μ) κατώτερο μάρμαρο Πεντέλης - Λαυρίου (Κ2) παχ: 500-600 (ισαός, λατιανόειτης).			μεταμόρφωση προμεσο- λιθανθρακοφόρων σχηματισμών		συγγενή πρωταρχική ατμική απόθεση Pb, Zn, Fe, Ag, Au κ.α. μεταλλευμάτων (βλ. κείμενο) (Λαύριο - Ελλάδα)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γ. Ἀρώνης, Ὁ χαλαζιακὸς κερατοφύρης τῆς Πάρνηθος ὡς μητρικὸ πέτρωμα τοῦ Βωξίτου, Δ.Ε.Γ.Ε. τόμ. ΙΧ τεῦχος 2, σ.σ. 229-245, Ἀθήνα, 1972.
- J. Bodechtel and G. Papadeas, Tectonic Aerial Interpretation in the Mediterranean Region exemplified by the Metamorphic Series of Eastern Greece, near Marathon. Photogrammetria, 23 p.p. 201-210 Amsterdam, 1968.
- M. Bonneau, Des fossiles devoniens remaniés dans le Trias supérieur de la zone du Pinde en Crète (Grèce) indications sur la rature du sub stratum anté-Permien des zones helléniques extrernes. CRAS, II, 304. p.p. 89-92, 1987.
- Γ. Βορέαδης, Νεοκιμμερική πτύχωση εἰς τὴν Ἀ. Ἑλλάδα καὶ αἱ φάσεις τῆς Ἀλπικῆς ἐν Ἑλλάδι Ὀρογενέσεως. Διατριβὴ ἐπὶ ὑψηγεία, Ἀθήναι, 1937.
- R. Brinkmann, Abriss der Geologie. 2.Bd, Historische Geologie. Ferdinal Enke Verlag, Stuttgart, 1959.
- J. H. Brunn, Sur la disposition originelle du système alpin en trois rameaux. Application de cette notion a l'analyse de grandes structures chariees. Alpes orientales. Carpathes C. R. Ac. Sc., 259 p.p. 4739-4741. Paris, 1964.
- Α. Δούνας, Ἡ Γεωλογία τῆς μεταξὺ Μεγάρων καὶ Ἐρυθρῶν Περιοχῆς. Διατριβὴ ἐπὶ διδακτορία. Γεωλ. Γεωφ. Ἔρευνες τόμ. 15/2, σ.σ. 129-263, Ἀθήνα, 1971.
- Α. Δούνας καὶ Π. Γαῖτανάκης, Στρωματογραφικὲς καὶ τεκτονικὲς παρατηρήσεις στὴ βουνοσειρὰ τοῦ Αἰγάλεω καὶ στὸ δυτικὸ τμήμα τοῦ λεκανοπεδίου τῆς Ἀθήνας. Ὀρυκτὸς πλοῦτος, τόμ. 13, σ.σ. 21-31, Ἀθήνα, 1981.
- ΕΘ.Ι.Γ.Μ.Ε. (Κ. Ζάχος καὶ Γ. Μαρᾶτος:) Ἐπεξηγηματικὸν τεῦχος τοῦ μεταλλογενετικοῦ χάρτου, Ἐκδ. Ι.Γ.Ε.Υ. 1965, Ἀθήναι, 1973.
- N. Epitropou, D. Constantinides and D. Bitzios, The Marlou Pb-Zn Mineralization of Thasos Island (Greece). Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe (ed. by H.-J. Schneider) Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1983.
- Κ. Ζάχος καὶ Γ. Μαρᾶτος, Μεταλλογενετικὸς χάρτης τῆς Ἑλλάδος. κλ. 1: 1.000.000, Ἀθήναι, 1965.
- D. Haralambous, Ein Profil vom Karbon bis Trias auf Hydra; Bull. Geol. Soc. of Greece, Bd. V, S. 20, Athens, 1962.
- Η. Σ. Καλογερόπουλος, Π. Β. Γαλανόπουλος καὶ Α. Π. Ἡλίας, Χημισμὸς καὶ τεκτονικὸ περιβάλλον τῶν βασικῶν ἠφαιστειακῶν πετρωμάτων τῆς περιοχῆς Μολάων, ΝΑ Πελοπόννησος καὶ ἡ σχέση τους με συμπαγῆ θειούχο μεταλλοφορία. ΙΓΜΕ Γεωλ. Γεωφ. Μελ. (τόμος ἐκτὸς σειρᾶς), σελ. 169-180, Ἀθήνα, 1986.
- Κ. Κατιρτζόγλου, Μεταλλογένεση τῆς τριτογενοῦς θειούχου μεταλλοφορίας περιοχῆς Αἰσύμης, Νομοῦ Ἐβρου. Διδακτ. διατρ. Πανεπ. Ἀθηνῶν, 1986.

- Γ. Κατσικάτσος, Οί τριαδικοί σχηματισμοί τῆς Κεντρικῆς Εὐβοίας (πρόδρομος ἀνακοίνωση). Ann. Geol. d. Pays Hell., v 22, p.p. 62-76, Athens, 1970.
- Γ. Κατσικάτσος, Ἡ ἡλικία τοῦ μεταμορφωμένου συστήματος τῆς νοτίου Εὐβοίας καί στρωματογραφικὴ διάρθρωσις αὐτοῦ (πρόδρομος ἀνακοίνωσις). Π.Α.Α. 44, Ἀθήνα 1971.
- L. Kober, Beiträge zur Geologie von Attika. Sitz. Akad. Wiss. Wien, Math. Nat. Kl., Abt. 1, 138, p.p. 209-237, 1929.
- A. Kokkinakis, Zum Faltenbau des Symvolongebirges und des gebietes von Kavala (Griechisch - Ostmakedonie) Ann. Geol. d. Pays Hellen XXX, p. 398-420 Athen 1980.
- Π. Κόκκορος, Οἱ πρασινολιθικοὶ ἠφαιστειακοὶ σχηματισμοὶ τοῦ Δευτερογενοῦς εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν. Π.Α.Α. 3, σ. 604-8., Ἀθήναι, 1928.
- Π. Κόκκορος, Οἱ πρασινολιθικοὶ ἠφαιστειακοὶ σχηματισμοὶ τοῦ Δευτερογενοῦς εἰς τὴν Λαυρεωτικὴν. Π.Α.Α. 3, σ. 604-8., Ἀθήναι, 1928.
- Κ. Κτενᾶς, Ἐρευναὶ περὶ τῆς μεταλλογένειας τῆς Ν.Δ. Αἰγῆδος. Ἐπιστ. Ἐπετηρὶς Πανεπ. Ἀθηνῶν 13.6. σ. 85-133, Ἀθήναι, 1917.
- M. Leleu, Donees nouvelles sur la paleogeographic et les rapports des series metalliferes du Laurion Attique (Grece). C.R.Ac.Sc. Paris 262, p. 2008-2011, 1966.
- M. Leleu, Essai d'interpretation thermodynamique en metallogenie les mineralisation karstiques du Laurium (Grece). Bull. du B.R.G.M. n° 4, 1969.
- M. Leleu et M. Neumann, L'age des formations d'Attique (Grece): du paleozoique au mesozoique. C. R. Acad. Sc. Paris, Ser. D., p. 1361-3, 1969.
- M. Leleu, A. Morikis et P. Picot, Sur des mineralisations de type skarn du Laurion (Grece). Mineral Depos. (Berl.) 8, p. 259-263, 1973.
- R. Lepsius, Geologie von Attica. Berlin, 1893.
- Ν. Λιάτσικας, Ι. Σολωμός, Σ. Κογεβίνας καὶ Γ. Ἀνδρέακος, Ὁ Ὄρυκτός Πλοῦτος τῆς Ἑλλάδος. ἔκδ. UNRRA Ἀθήναι, 1947.
- E. Mack, Die Goldvorkommen in Griechisch-Makedonien. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen, Band XVII Heft 1, S. 9-18, 1964.
- Γ. Μαράκης, Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς ἡλικίας τῆς θειούχου μεταλλογενέσεως εἰς τὴν περιοχὴν τῶν Κυκλάδων. Ann. Geol. d. Pays Hellen. 19, p.p. 695-700, Ἀθήναι, 1968.
- Γ. Μαρίνος καὶ W.E. Petrascheck, Λαύριον. Γεωλ. καὶ Γεωφ. Μελέται Ι.Γ.Ε.Υ. Τόμ. IV ἄρ. 1, Ἀθήναι, 1956.
- Γ. Μαρίνος, Γ. Κατσικάτσος, Ε. Γεωργιάδου-Δικαιούλια καὶ Ρ. Μίρκου, Τὸ σύστημα τῶν σχιστολίθων Ἀθηνῶν. I. Στρωματογραφία καὶ Τεκτονική. Ann. Geol. d. Pays Hellen. 23 p.p. 183-216, Athens, 1971.
- Γ. Μαρίνος, Γ. Κατσικάτσος, καὶ Ρ. Μ. Μίρκου-Περιποπούλου, Τὸ σύστημα τῶν σχιστολίθων Ἀθηνῶν. II. Στρωματογραφία καὶ Τεκτονική. Ann. Geol. d. Pays Hellen. 25 p.p. 439-444, Athens, 1974.

- Η. Μαριολάκος και Δ. Παπανικολάου, Παρατηρήσεις επί τῆς τεκτονικῆς τοῦ δυτικοῦ Πεντελικοῦ-Ἀττικῆ. Δ.Ε.Γ.Ε. τ.Χ., τεῦχος 2, σ. 134-179, Ἀθήναι, 1973.
- Ν. Μελιδώνης και Δ. Κωνσταντινίδης, Μελέτη τῆς θειούχου μεταλλοφορίας τῆς νήσου Σύρου (Κυκλάδες). Εἰδικαὶ μελέται ἐπὶ τῆς Γεωλογίας τῆς Ἑλλάδος, Νο 12. Ι.Γ.Μ.Ε., Ἀθήναι, 1979.
- Λ. Μούσουλος, Τὸ πρόβλημα τῆς ἐκμεταλλεύσεως τοῦ ὑπόγειου πλούτου τῆς Ἑλλάδος. Ἀθήναι, 1962.
- W. H. Neubauer, Geologie der blei-zinkreichen Kieslagerstätten von Kassandra. (Chalkidike, Griechenland). Berg-und Hüttenmännische Monatshefte, 102. Jahrgang Heft 1/2, 1957.
- Ν. Νικολάου, Ἡ Γρανιτικὴ διείδρυση ἐν τῇ περιοχῇ Στρατωνίου-Ὀλυμπιάδος καὶ ἡ μετ' αὐτῆς συνδεομένη Μεταλλογένεσις. Διατρ. ἐπὶ Διδακτορία. Ann. Geol. d. pays Hell. 11 p. 214-265, Ἀθήναι.
- G. Papadeas, Geologie von Marathon. Unf. Dipl. Arb. Univ. München, 1967.
- G. Papadeas, Zur stratigraphie und Alterstellung der metamorphen Serien NE von Athen (Marathon). Π.Α.Α. τόμ. 44, σ. 10-18 Ἀθήναι, 1969.
- G. Papadeas, Zur Geologie der Kristallinen Gesteine von Marathon B.G.S. Greece, X, p. 12-64, Athens, 1973.
- Γ. Παπαδέας, Ἡ Στρωματογραφία καὶ ἡ ἡλικία τῶν μεταμορφωμένων πετρωμάτων τῆς ΒΑ Ἀττικῆς. Δ.Ε.Γ.Ε. τόμ. 18, σελ. 59-81, Ἀθήνα, 1986.
- Σ. Π. Παπασταύρου, Οἱ ἐλληνικοὶ βωξίτες (περιγραφή - κατάταξη - κατανομή - προβλήματα). Κοιτασματολογικὲς μελέτες Νο 15 Ι.Γ.Μ.Ε., Ἀθήνα 1986.
- Ἡλ. Παρασκευαΐδης και Π. Χωριανοπούλου, Μιὰ τομὴ ἀπὸ τὸ βουνὸ Αἰγάλεω. Ὁ Ἀθηναϊκὸς σχιστόλιθος, οἱ λόφοι τῆς Ἀθήνας. Δ.Ε.Γ.Ε. τόμ. XIII/2, σ.σ. 116-141, Ἀθήναι, 1979.
- G. Paraskevopoulos, Die gesteine des horizontes des Kaessariani schiefers in Pentelikongebirge. Ann. Geol. d. Pays Hell., vol. 8, p.p. 233-245, Athens, 1957.
- G. Paraskevopoulos, Die umrandung des Attisch-Kykladischen Massivs im Gebiet zwieschen Pentelikon und Parnesgebirge. Ann. Geol. d. Pays Hell., 14, p. 305-323, Athens, 1963.
- W. E. Petrascheck, Die Metallogenese von Laurion-Granitischer Herd oder Paläokarst? Ann. Geol. d. Pays Hell. XXVIII, p. 17-27, Athens, 1977.
- C. Renz, Der Nachweis von Karbon und Trias in Attika. Central bl. f. Min Geol. u. Paläont. No 3, Stuttgart, 1909.
- C. Renz, Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentären Schichten Griechenlands. I.G.S.R., Athen, 1955.
- B. Roubanis, Geological research on the Parnes Mountain range. Ann. Geol. p. Hell. XII, Athen, 1961.
- R. Schmid, Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments. Geol. Rund. Bd 70, H 2, p. 794-799, 1981.

- H. Schneiderhöhn, Erzlagerstätten. Stuttgart, 1962.
- N. Σκαρπέλης, Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και Πετρολογία τής έξωτερικῆς μεταμορφικῆς τεκτονικῆς ζώνης τῶν Ἑλληνίδων (ΝΑ Πελοπόννησος). Διδακτ. διατριβή. Ἀθήνα, 1982.
- Σ. Σκουνάκης. Τὰ ἐκρηξήγενῆ πετρώματα τοῦ λεκανοπεδίου Ἀθηνῶν καὶ ἡ μετ' αὐτῶν συνδεδεμένη μεταλλογένεσις. Διδακτ. διατριβή, Ἀθήνα, 1972.
- Ἀθ. Τάταρης, Παρατηρήσεις ἐπὶ τῆς δομῆς τῆς περιοχῆς Σκαραμαγκὰ-Ὀρους Αἰγάλαιω-Πειραιῶς-Ἀθηνῶν (Ἀττικῆς) Δ.Ε.Γ.Ε. τόμ. VII, τεύχ. 1, σ. 52-58, Ἀθήνα, 1966.
- Ἀθ. Τάταρης, Νεώτερα πορίσματα ἐπὶ τῆς Γεωλογίας τῆς νήσου Σαλαμῖνος καὶ τῆς περιοχῆς Ἀττικῆς. Δ.Ε.Γ.Ε. τόμ. IX, τ. 2, σ. 482-514, Ἀθήνα, 1972.
- J. Trikkalinos, Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über die schichtenfolgen und den Bau Attikas. Festschr. z. 60 Geburtstag von H. Stille s. 303-314, Stuttgart, 1936.
- J. Trikkalinos, Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Über das Alter der Kristallinen Gesteine Griechenlands. PAA. 25, p. 500-518, Athens, 1950.
- I. Τρικκαλινός, Ἡ ἡλικία τῶν μεταμορφωσιγενῶν πετρωμάτων τῆς Ἀττικῆς. Ann. Geol. d. Pays Hell. VI. p. 193-198, Athen, 1955.
- I. Τρικκαλινός, α. Συμβολὴ εἰς τὴν ἔρευναν τῆς τεκτονικῆς δομῆς τῆς Ἑλλάδος. Περὶ τῆς παρουσίας εἰς τὴν περιοχὴ Πανάκτου Οἰνός (Μάξι-Ὀσίου Μελετίου) τῆς ὀροσειρᾶς Πάρνηθος-Κιθαιρῶνος λιθανθρακοφόρων στρωμάτων καὶ τόφων, τὰ ὅποια κεῖνται ἀσυμφώνως ἐπὶ τοῦ κρυσταλλοσχιστώδους Π.Α.Α., 33, σ. 96-102, Ἀθῆναι, 1958.
- J. Trikkalinos, Beiträge zur Erforschung des tektonischen Baus Griechenlands. Stratigraphische und Tektonische Untersuchungen im Gebiete von Oion (Bogiati) und Ostabhang von Parnes-gebirge. Ann. Geol. d. pays Hell. V, 9, p.p. 270-275, Athens, 1959.
- Π. Τσαμαντουρίδης, Μελέτη τῆς Θειούχου Μεταλλοφορίας τῆς περιοχῆς Ἀνατολικοῦ Πατρικίου (Ν. Κιλκίς). Κοιτασματολογικὲς Μελέτες, Νο 13, ΙΓΜΕ, 1980.
- Α. Δ. Χαραλάμπους, Γεωλογικὴ καὶ Φυσιχοῖστορικὴ βιβλιογραφία τῆς Ἑλλάδος. 3 τόμοι, 1500-1979, ΙΓΜΕ, Ἀθήνα, 1961-80.

## SUMMARY

**Geological and Tectonic evolution in Attica and the Variscan mixed sulfide e.t.c. mineralization in Greece**

During the pre mid-Carboniferous period (mid-Devonian?) and after the deposition of the lower marble of Attica (Penteli - Lavrion) a calc-alkaline volcanic activity, covered extensive areas of Eastern Grece. By the end of this volcanic activity, hydrothermal solutions rich in Pb, Zn, Fe and many other elements were created and deposited at the bottom of the sea forming submarine exhalative volcanosedimentary ores.

Due to the Variscan orogeny that followed the area was folded in a NE-SW direction and uplifted.

The ridge produced, due to mechanical and chemical erosion (during the Upper Paleozoic and Mesozoic time), supplied the remaining basins with sediments riched in ores. This resulted in the formation of widespread epigenetic continental and marine sulfide deposits of lead-zinc-iron as well as manganese, bauxites and other minerals.

The clastic and carbonate sediments deposited during the Carboniferous, followed the existing Variscan morphology. The Permian deposits due to the pre-Triassic uplifting movements and erosion, outcrop only in certain areas. The sediments of the lower - middle and upper Triassic consist of mica and other schists, limestones and dolomites.

In the upper Triassic - Jurassic period we have the deposition of continental sediments (Attica). In the central and south Attica occurs as residual paleo-erosion formations these of the Jurassic times (ophiolites and others), on top of which overlie unconformably the upper Cretaceous formations.

The middle-and postalpine tectonism created folds of NW-SE, NE-SW and N-S directions and faults of NE-SW, E-W and NW-SE directions respectively.