

ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΟΞΙΝΩΝ ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ ΠΛΑΚΑΣ ΛΑΥΡΙΟΥ ΚΑΙ ΣΧΕΣΗ ΜΑΓΜΑΤΙΣΜΟΥ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Δ. Παπανικολάου και Δ. Συσκάκης*

Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Περιγράφονται νέες μορφές διεισδύσεων των γρανιτικών πετρωμάτων της περιοχής Πλάκας Λαυρίου και ιδιαίτερα λακκόλιθοι και σωλήνες εκτός των γνωστών από παλαιότερα φλεβών και κοιτών. Επίσης περιγράφονται περιπτώσεις παραμορφωμένων γρανιτικών εμφανίσεων τόσο με εσωτερική διαμπερή παραμόρφωση με S - επιφάνειες και γραμμώσεις όσο και με μεσοσκοπικής κλίμακας πτυχές που πτυχώνουν και ολόκληρες εμφανίσεις. Ιδιαίτερα περιγράφονται ισοκλινείς πτυχές και πτυχές μη κυλινδρικές με καμπύλους άξονες που απαντούν και στα περιβάλλοντα μεταμορφωμένα πετρώματα, ιδιαίτερα πάνω από την επιφάνεια επώθησης του αλλόχθονου. Από τα παραπάνω προκύπτει μία πολύ νέα ηλικία παραμόρφωσης, τόσο σε επίπεδο επωθητικών κινήσεων όσο και σε επίπεδο ανάπτυξης διαμπερούς μικροτεκτονικού ιστού, δεδομένου ότι τα ραδιοχρονολογικά δεδομένα για τους γρανίτες αυτούς είναι 9-10 Ma. Επειδή τα παραμορφωμένα γρανιτικά σώματα είναι αρχαιότερες διεισδύσεις αυτών που έχουν χρονολογηθεί ίσως η ηλικία τους να είναι λίγο παλαιότερη.

A B S T R A C T

Some new intrusive forms have been described in the granitic rocks of Plaka area in Laurium, such as laccoliths and pipes, besides the well known dykes and sills. Some of the granitic bodies have been found to be intensively deformed both as mesoscopically folded outcrops and as internally deformed bodies with penetrative structures. Some isoclinal non cylindrical folds with curved hinges have been also described in some granitic bodies and also in the neighboring mica schists and phyllites. These structures occur mainly above the thrust plane of the Laurium allochthon. The above observations imply a very young age of deformation in the area, including the last stages of nappe emplacement over the autochthonous of Attica as well as the development of penetrative structures within the granitic rocks, because the available radiochronologic data point to an age of 9-10 Ma for the granitic rocks. However, the dated outcrop is not deformed, belonging to the last stages of magmatism in the area and thus the age of the deformed granites might be somewhat older.

1. ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ ΠΥΡΙΓΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΛΑΚΑ ΛΑΥΡΙΟΥ

Η ύπαρξη γρανιτικών πετρωμάτων στην περιοχή Πλάκας Λαυρίου είναι γνωστή ήδη από τον περασμένο αιώνα (FIEDLER, 1841, NEMINAR, 1880) ενώ οι κυριότερες εμφανίσεις περιέχονται ήδη στον γεωλογικό χάρτη του LEPSIUS (1893). Μεταγενέστερες έρευνες προσδιόρισαν την πετρογραφική σύσταση των γρανιτικών αυτών πετρωμάτων σε γρανοδιוריτική και σημείωσαν τη σχέση τους με τη μεταμόρφωση

* D.PAPANIKOLAOU & D.SYSKAKIS. Geometry of acid intrusives in Plaka, Laurium and relation between magmatism and deformation.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Γεωλογικό Τμήμα Παν/μίου Αθηνών, Παν/μιούπολη Ζωγράφου, 157 84 ΑΘΗΝΑ.

επαφής των περιβαλλόντων αυτά σχιστολίθων που έδωσε γένεση στους κερατίτες της Πλάκας Λαυρίου και στη θειούχο μεταλλοφορία (ΚΤΕΝΑΣ, 1917, ΜΑΡΙΝΟΣ, 1937α, 1937β, ΜΑΡΙΝΟΣ & PETRASCHECK, 1956).

Στο συνοδευόντα την εργασία των ΜΑΡΙΝΟΥ & PETRASCHECK (1956) γεωλογικό χάρτη σημειώνονται πολλές νέες εμφανίσεις γρανιτικών πετρωμάτων και ως προς τις μορφές διείδυσης διακρίνονται τρεις κατηγορίες : (i) μορφές **σωρών**, με χαρακτηριστικότερη περίπτωση την μεγαλύτερη εμφάνιση την οποία διασχίζει ο δρόμος προς Λαύριο λίγο βορειότερα της Πλάκας, (ii) μορφές **φλεβών**, συνήθως με μεγάλη κλίση οι οποίες περιλαμβάνουν κυρίως πίο λευκοκρατικές πετρογραφικές ποικιλίες γρανίτη έως απλιτογρανίτη με τοπική ονομασία "ευρίτες" και (iii) μορφές **κοιτών**, που εμφανίζονται είτε σαν πλευρικές αποφύσεις των φλεβών είτε στην περιφέρεια των σωρών.

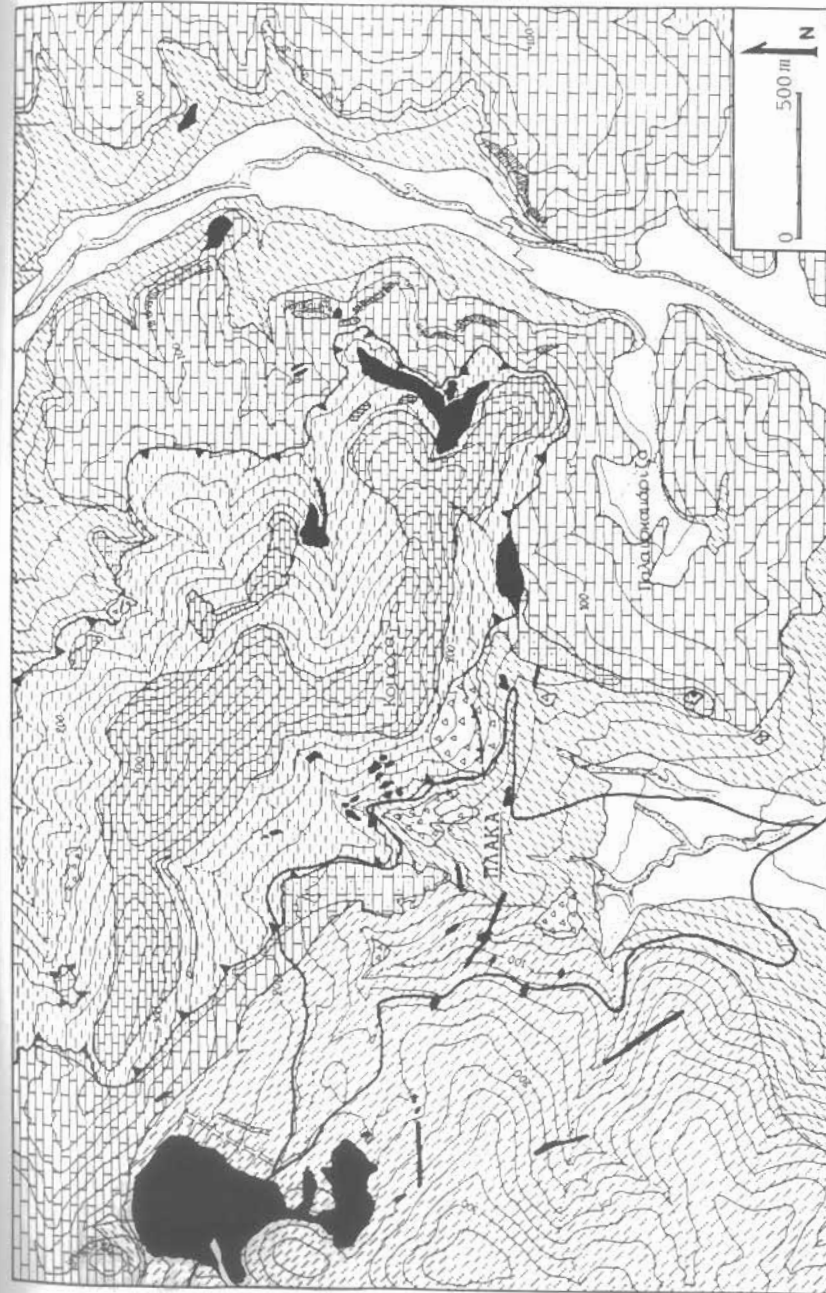
Ως προς την ηλικία των γρανодиוריτικών πετρωμάτων του Λαυρίου οι ΜΑΡΙΝΟΣ & PETRASCHECK (1956) είχαν προτείνει το τέλος του Παλαιογενούς ως την αρχή του Νεογενούς χαρακτηρίζοντας την κύρια εμφάνιση "μετατεκτονικό γρανодиוריτικό διείδυσεως". Ραδιοχρονολογήσεις που έγιναν με τη μέθοδο K/Ar σε βιοτίτη (ΜΑΡΑΚΗΣ, 1968) και σε ολικό πέτρωμα (ΜΑΡΙΝΟΣ, 1971) έδωσαν Ανω Μειοκαινική ηλικία 10 Ma και $8,8 \pm 0,5$ Ma αντίστοιχα.

Ως προς την παραμόρφωση των γρανιτικών πετρωμάτων οι ΜΑΡΙΝΟΣ & PETRASCHECK (1956) αναφέρουν ότι δεν υπάρχει αξιόλογη παραμόρφωση και γενικά διατηρείται ο μαγματικός ιστός, εκτός από ορισμένες "ευριτικές κοιτές" κοντά στη βάση του τεκτονικού καλύμματος του αλλόχθονου της Λαυρεωτικής, όπου παρατηρείται έντονη μυλονιτίωση και σερικιτίωση των αστρίων. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι κατά ΜΑΡΙΝΟ & PETRASCHECK (1956) οι φλέβες του ευρίτη δεν αποτελούν αποφύσεις του μεγάλου σωρού της Πλάκας αλλά κάποιου άλλου βαθύτερου σώματος πλουτωνίτη και έχουν ιδιαίτερη παρουσία κροστίλης. Γενικά, παρά το ότι όλα τα πυριγενή έχουν κοινή μαγματική προέλευση δεν έχουν και την ίδια ακριβώς ηλικία.

Στη συνέχεια θα περιγραφούν ορισμένες νέες μορφές διείδυσεων των γρανιτικών πετρωμάτων στην περιοχή Πλάκας Λαυρίου, οι οποίες μελετήθηκαν με συστηματική λεπτομερή έρευνα στο ύπαιθρο που περιελάμβανε και γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000, η οποία δίνεται σε σμίκρυνση στην Εικ.1. Επίσης θα περιγραφεί η μικροτεκτονική δομή ορισμένων γρανιτικών εμφανίσεων, η οποία επιτρέπει την σύνδεση της παραμόρφωσης των με την παραμόρφωση των περιβαλλόντων μεταμορφωμένων σχηματισμών.

2. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΛΑΥΡΙΟΥ

Στη Λαυρεωτική απαντούν μεταμορφωμένοι σχηματισμοί που κατά ΜΑΡΙΝΟ & PETRASCHECK (1956) διακρίνονται σε δύο τεκτονικές ενότητες : το αυτόχθονο της Αττικής και το αλλόχθονο του Λαυρίου. Το αυτόχθονο της Αττικής περιλαμβάνει τρεις λιθostrωματογραφικούς σχηματισμούς γνωστούς σε όλη την περιοχή από τον Υμηττό έως το Σούνιο ήδη από τον LEPSIUS (1893), (i) το Κατώτερο Μάρμαρο, (ii) το Σχιστόλιθο της Καισαριανής και (iii) το Ανώτερο Μάρμαρο. Η ηλικία του αυτόχθονου είναι εν μέρει τουλάχιστον Ανω Τριαδική με βάση κακοδιατηρημένα απολιθώματα στο Κατώτερο Μάρμαρο (ΜΑΡΙΝΟΣ & PETRASCHECK, 1956). Το αλλόχθονο της Αττικής στην περιοχή Λαυρίου περιλαμβάνει χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα όπως φυλλίτες ή φυλλονίτες, κροστίλη,



Εικ. 1 Γεωλογικός χάρτης περιοχής Πλάκας Λαυρίου από σμίκρυνση του σε κλίμακα 1/5.000 πρωτότυπου. 1: Αλλουβιακές και τεταρτογενείς αποθέσεις, 2: Κορμήματα και στέρα μεταλλείων, 3: Κροστίλη, 4: Σχιστολίθοι του αλλόχθονου, 5: Φυλλίτες του αλλόχθονου, 6: Πρασινίτες του αλλόχθονου, 7: Ανώτερο μάρμαρο, 8: Σχιστολίθοι Καισαριανής, 9: Κεσαριανό μάρμαρο, 10: Γρανодиוריτικά και απλιτογρανιτικά σώματα.

ασβεστολίθους και πρασινίτες σε μία χαοτικής μορφής μετακλαστική θεμελιώδη μάζα χωρίς δυνατότητα διάκρισης σταθερών στρωματογραφικών οριζόντων. Η ποικιλία των λιθολογιών, η έλλειψη στρωματογραφικής συνέχειας των σχηματισμών, η παρουσία έντονα μεταμορφωμένων σχηματισμών με κυανοσχιστολιθικού τύπου παραγένεσεις στους πρασινίτες και η επικρατούσα κλαστική θεμελιώδης μάζα σε συνδιασμό με την τεκτονική της παραμόρφωση οδήγησαν τον ΡΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986) στον χαρακτηρισμό του αλλόχθονου της Αττικής σαν ένα μίγμα (melange) Ανω Κρητιδικής - Κατω Τριτογενούς ηλικίας. Ο παραπάνω χρονικός προσδιορισμός βασίζεται για την περιοχή Λαυρίου στην ανεύρεση μη μεταμορφωμένων Ανω Κρητιδικών ασβεστολίθων στην περιοχή των λόφων Μπερτζέκο νότια της Καμάριζας (LELEU & NEUMMAN, 1969).

Από τους παραπάνω σχηματισμούς στη στενή περιοχή της Πλάκας δεν εμφανίζεται στην επιφάνεια το Κατώτερο Μάρμαρο του αυτόχθονου, το οποίο όμως είναι γνωστό από γεωτρήσεις (ΜΑΡΙΝΟΣ & ΡΕΤΡΑΣΧΕΚ, 1956).

3. Η ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΩΝ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ

Εκτός από τις φλέβες και τις κοίτες των "ευριτών" η έρευνά μας έδειξε ότι η επικρατούσα μορφή διείσδυσης των μεγαλύτερων γρανιτικών σωμάτων είναι λακκόλιθοι ενώ εντοπίστηκαν και μορφές σωλήνων καθώς και μορφές ακανόνιστες κυρίως λόγω παραμόρφωσης. Όπως θα αναπτυχθεί στο κεφάλαιο της παραμόρφωσης, υπάρχουν γρανιτικά σώματα με έντονη παραμόρφωση τόσο εσωτερική όσο και συνολική της γεωμετρίας τους. Στο χάρτη της εικ. 1α σημειώνονται μόνο τα γρανιτικά σώματα με τον χαρακτηριστικό τους αριθμό για εύκολο εντοπισμό.

3.1. Λακκόλιθοι.

Στα νότια πρηνή της Κουρόρας (350m) που δεσπόζει στην περιοχή ανατολικά της Πλάκας απαντά ο οικισμός της Παλαιοκαμάριζας. Κατά μήκος του περιφερειακού δρόμου που οδηγεί προς τα ανατολικά πρηνή της Κουρόρας, απαντά σημαντικών διαστάσεων γρανιτικό σώμα (100 x 300m) (Σ 32) το οποίο δε σημειώνεται στους γεωλογικούς χάρτες, ίσως διότι εν μέρει είναι καλυμμένο από τα κορήματα των απότομων κλιτύων της Κουρόρας. Λόγω της οικοπεδοποίησης και των εκκαφών για παραθεριστικές κατοικίες στην περιοχή είναι δυνατή η παρατήρηση του γρανίτη κάτω από τα κορήματα σε όλη σχεδόν την επιφανειακή του εξάπλωση. Το γρανιτικό αυτό σώμα έχει τυπική γεωμετρική μορφή λακκόλιθου με σχεδόν οριζόντια βάση που ακολουθεί την επαφή της οροφής του Ανωτέρου Μαρμάρου και της βάσης των φυλλιτών του τεκτονικού καλύμματος σε υψόμετρο περίπου 120m (εικ.2,2α). Το μέγιστο πάχος του λακκόλιθου φθάνει στην κεντρική του περιοχή περίπου τα 20-22m και αποσφηνώνεται τόσο προς τα δυτικά όσο και προς τα ανατολικά.

Τα στρώματα του υποκείμενου Ανωτέρου Μαρμάρου είναι σχεδόν οριζόντια με κλίση $10^{\circ}/185^{\circ}$ και η σχιστότητα των φυλλιτών της οροφής έχει κλίση $20^{\circ}/300^{\circ}$ στα δυτικά με σταδιακή κάμψη προς $25^{\circ}/030^{\circ}$ στα ανατολικά. Μόνο στο δυτικό όριο της εμφάνισης παρατηρείται κάποια σχιστοποίηση και μικρορήγματα που υποδηλώνουν μικρομετατοπίσεις στην οροφή του με τους υπερκείμενους φυλλίτες. Γενικά το γρανιτικό αυτό σώμα στερείται συστηματικών διαμετρών μικροδομών, αν και η μικροσκοπική παρατήρηση δυσχεραίνεται λόγω της σημαντικής εξαλλοίωσης - αποσάθρωσης.

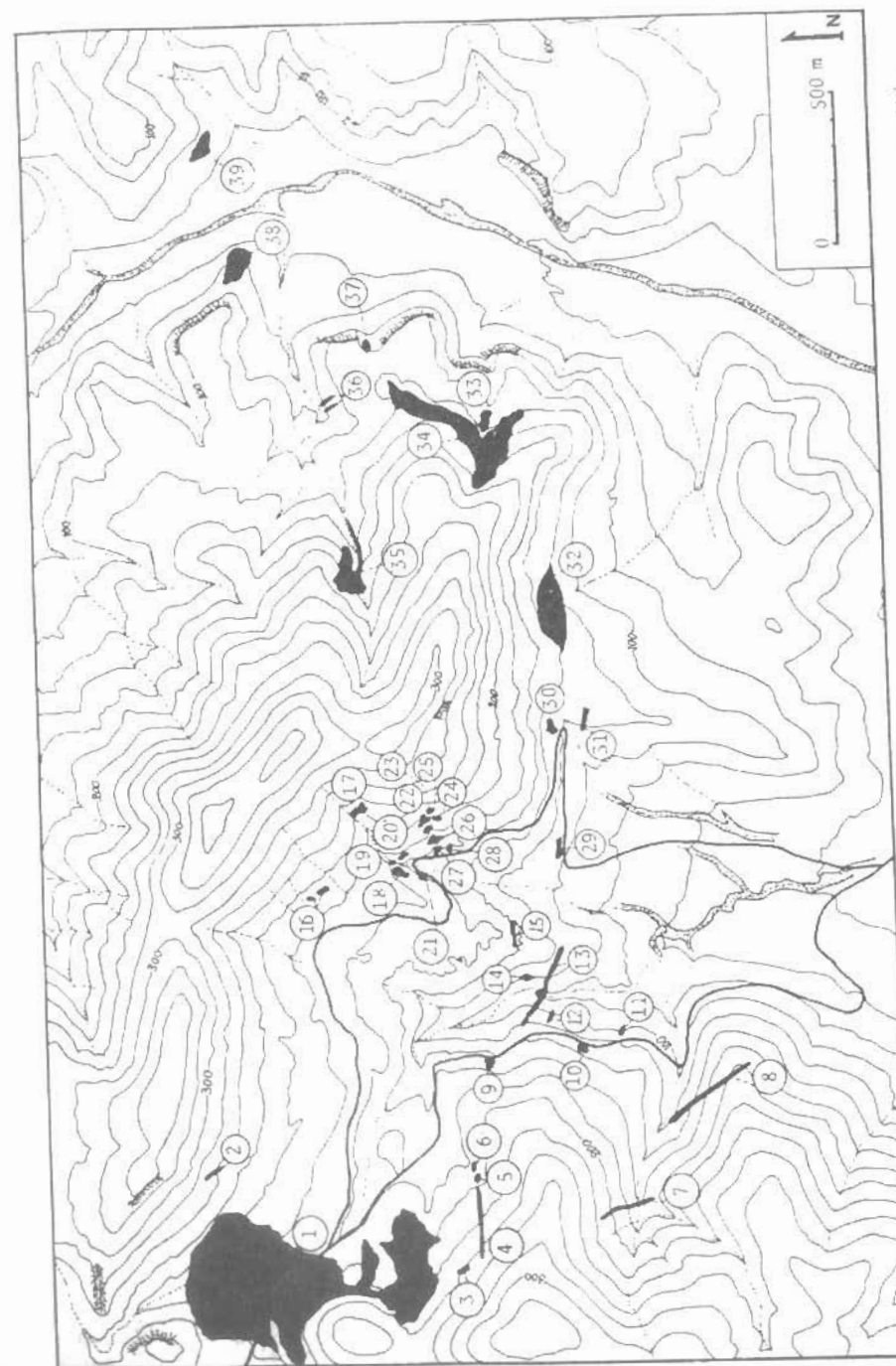
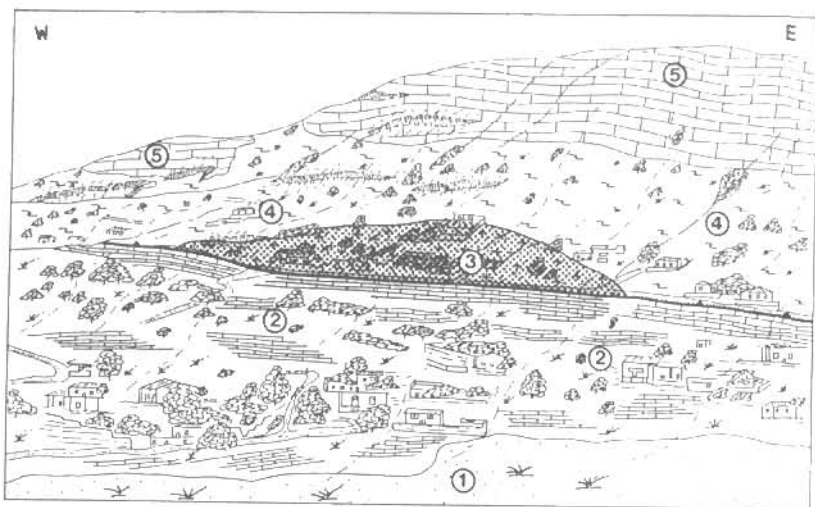


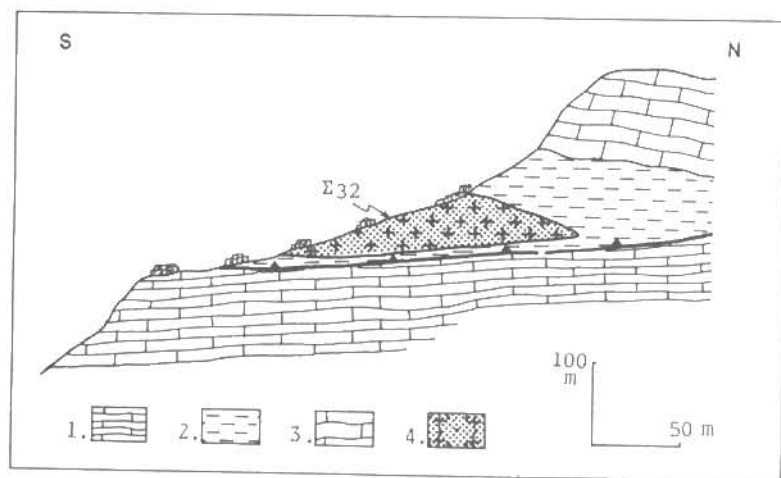
Fig. 1a Map showing the outcrops of the granitic bodies in Plaka (Laurium) area. Numbers 11-139 correspond to individual bodies described in the text.

Εικ. 1α Χάρτης των εμφανίσεων των γρανιτικών σωμάτων της περιοχής Πλάκας Λαυρίου με ειδική απεικόνιση για την διάκριση τους (11-139).



Εικ. 2 Πανοραμική άποψη των νότιων κλιτύων της Κουρόρας όπου απαντά η τυπική λακκόλιθική μορφή διείσδυσης του γρανίτη της Παλαιοκαμάρizas (Σ32). 1: Αλλουβία, 2: Ανώτερο μάρμαρο, 3: Λακκόλιθικό σώμα διείσδυσης, 4: Φυλλίτες αλλόχθονου, 5: Μάρμαρα αλλόχθονου.

Fig. 2 Panoramic view of the southern slopes of Kourora hill where the laccolith of Paleokamariza crops out. 1: Alluvium, 2: Upper marble, 3: Laccolith of the allochthon, 4: Phyllites of the allochthon, 5: Marbles of the allochthon.



Εικ. 2α Τομή στα νότια πρηνή της Κουρόρας διά του λακκόλιθου της Παλαιοκαμάρizas. 1: Ανώτερο μάρμαρο, 2: φυλλίτες αλλόχθονου, 3: Μάρμαρα αλλόχθονου, 4: Γρανιτικό σώμα.

Fig. 2a Geological section at the southern slopes of Kourora hill across the laccolith of Paleokamariza region. 1: Upper marble, 2: Phyllites of the allochthon, 3: Marbles of the allochthon, 4: Granitic body.

Ανάλογης μορφής λακκόλιθική εμφάνιση παρατηρείται κατά μήκος του ίδιου δρόμου μετά την προς βορρά στροφή του στα ανατολικά πρηνή της Κουρόρας (Σ 34). Το γρανιτικό αυτό σώμα έχει μέγιστη οριζόντια ανάπτυξη περίπου 400m και μέγιστο ύψος περίπου 45m. Η βάση είναι σχεδόν οριζόντια λίγο ψηλότερα από την επιφάνεια επώθησης του τεκτονικού καλύμματος σε υψόμετρο 120m όπως και στον προηγούμενο λακκόλιθο. Τη γεωμετρία της οροφής του λακκόλιθου αυτού ακολουθεί ο οριζοντας του κρυσταλλικού ασβεστολίθου της κορυφής της Κουρόρας. Στην ενδιάμεση ζώνη των φυλλιτών απαντούν και δύο εμφανίσεις πρασινιτών.

Στην κοιλάδα που διαχωρίζει το νότιο τμήμα της Κουρόρας από το κυριότερο και ψηλότερο τμήμα της προς βορρά, απαντά τρίτη τυπική μορφή λακκόλιθου, ο οποίος όμως εμφανίζεται να έχει υποστεί στρέψη (Σ 35). Η βάση του λακκόλιθου αυτού εμφανίζεται κεκλιμένη προς βορρά ενώ παρατηρείται και κοιτοειδής εμφάνιση σχεδόν σε οριζόντια θέση η οποία μάλλον αντιπροσωπεύει τη φλέβα τροφοδοσίας του λακκόλιθου. Το μέγιστο μήκος της εμφάνισης φθάνει τα 150m ενώ το μέγιστο ύψος φθάνει τα 30m. Ο περιστραμμένος αυτός λακκόλιθος απαντά περίπου 40m ψηλότερα από τη σχεδόν οριζόντια επιφάνεια της επώθησης των φυλλιτών.

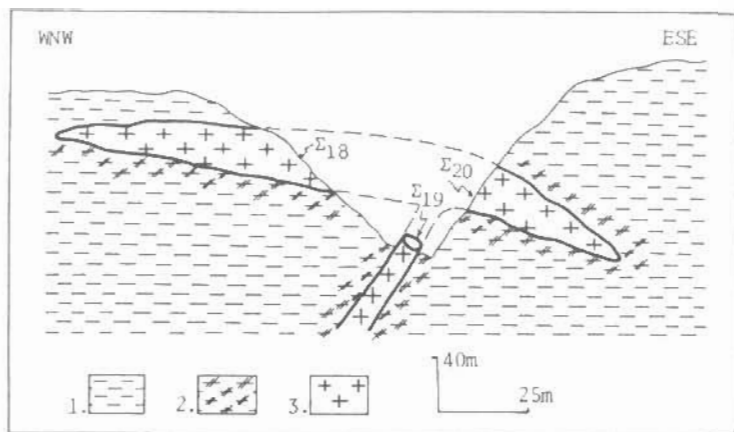
Σε αντίθεση με τους τρεις λακκόλιθους που περιεγράψαν στα νότια και ανατολικά πρηνή της Κουρόρας, οι οποίοι απαντούν κατά μήκος της επώθησης των φυλλιτών ή λίγο πιο πάνω και των οποίων η γεωμετρία είναι παρατηρήσιμη σχεδόν στο σύνολό της, η άλλη μεγάλη εμφάνιση του γρανοδιορίτη της Πλάκας (Σ1) απαντά μέσα στους σχιστόλιθους του αυτόχθονου, δυτικά της Κουρόρας και δεν επιτρέπει συνολική παρατήρηση της γεωμετρίας. Η λακκόλιθική γεωμετρία είναι και εδώ πιθανή όπως φαίνεται κυρίως στις νοτιοδυτικές παρυφές της όπου ήδη ο ΜΑΡΙΝΟΣ (1937a,β) έχει αναφέρει ότι "ο γρανοδιορίτης της Πλάκας έχει εντελώς περιορισμένη ανάπτυξιν εις το βάθος και μάλιστα μικρότερην παρ'ότι εις το άνω μέρος".

3.2. Σωλήνες.

Η χαρακτηριστικότερη μορφή σωλήνα εμφανίζεται λίγο βόρεια της Πλάκας σε υψόμετρο 170m στον άξονα της κοιλάδας που ανέρχεται προς τα βορειοανατολικά στη δεύτερη κορυφή της Κουρόρας Κοντάκι (346m), (Σ 19). Παρατηρείται μέσα στους φυλλίτες του καλύμματος περί τα 20m πάνω από την επιφάνεια επώθησης. Έχει σχήμα κυλινδρικό με ακτίνα περίπου 4m και θυθίζεται με άξονα $45^\circ/350^\circ$. Λίγα μέτρα ψηλότερα παρατηρούνται στα δύο πρηνή της κοιλάδας δύο φακοειδή γρανιτικά σώματα (Σ 18, Σ 20) με μορφή κοιτών μήκους περίπου 15 και 25m, τα οποία φαίνεται πιθανόν να αποτελούν πλευρικές αποφύσεις από την προς τα άνω συνέχεια του σωλήνα τροφοδοσίας (Εικ. 3). Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι κατ'εξαιρεση οι περιβάλλοντες τα τρία γειτονικά γρανιτικά σώματα φυλλίτες δείχνουν φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής μετατρέπομενοι προς κερατίτες.

3.3. Φλέβες.

Οι γρανιτικές φλέβες γνωστές από την αρχαιότητα σαν ευρίτες απαντούν κυρίως μέσα στο αυτόχθονο της Αττικής, όπου είναι αρκετά γεωμετρικές και συχνά μπορούν να παρακολουθηθούν στο ύπαιθρο επί αρκετές εκατοντάδες μέτρων (Σ 4, Σ 7, Σ 8, Σ 13). Αντίθετα στο



Εικ. 3 Τομή βορείως της Πλάκας διά του σωλήνα και των υπερκείμενων φακοειδών γρανιτικών σωμάτων. 1: Φυλλίτες αλλόχθονου, 2: Κερατίτες, 3: Γρανιτικό σώμα.

Fig. 3 Geological section to the north of Plaka area, crossing the pipe and the overlying granitic sills. 1: Phyllites of the allochthon, 2: Hornfels, 3: Granitic body.

γεωμετρία σταθερή σε μεγάλη απόσταση και σχεδόν πάντοτε κοντά στην επιφάνεια επώθησης. Πάνω από την επώθηση οι φλέβες συνήθως εξελίσσονται σε κοίτες ή ακανόνιστης γεωμετρίας σώματα. Η κυριότερη διεύθυνση των φλεβών είναι E-W αλλά παρατηρούνται και σε διεύθυνση NW-SE, ενώ το πάχος τους φθάνει τα 4-5m.

Οι χαρακτηριστικές φλέβες που παρατηρούνται κυρίως στο αυτόχθονο και ιδιαίτερα στους κερατίτες δεν εμφανίζουν στοιχεία παραμόρφωσης αλλά χαρακτηρίζονται σαν μετατεκτονικές.

4. Η ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΓΡΑΝΙΤΙΚΩΝ ΕΜΦΑΝΙΣΕΩΝ

Εντυπωσιακό νέο στοιχείο της έρευνας των γρανιτικών εμφανίσεων στην Πλάκα είναι η ανεύρεση σημαντικών μορφών έντονης παραμόρφωσης σε αρκετά γρανιτικά σώματα διαφόρων μορφών και ποικίλου μεγέθους. Πρόκειται κυρίως για φακοειδή σώματα με μορφή κοίτης ή για ακανόνιστης γεωμετρίας σώματα, που προσανατολίζονται κατά τις διαμπερείς τεκτονικές επιφάνειες τόσο του αυτόχθονου όσο και του αλλόχθονου.

4.1. Παραμόρφωση γρανιτών στο αυτόχθονο.

Οι σημαντικότερες περιπτώσεις απαντούν στη βορειοανατολική περιοχή του χάρτη εκατέρωθεν της κοιλάδας με διεύθυνση N-S που ενώνει το Δασκαλειό με το Θορικό. Η ανατολική εμφάνιση (Σ 39) βρίσκεται στην περιοχή Τούρκου Εληές σε υψόμετρο 50m και η δυτική (Σ 38) ακριβώς απέναντι σε υψόμετρο 55-70m. Η ανατολική εμφάνιση αναπτύσσεται με μορφή φακού, μήκους 100 περίπου μέτρων και ύψους 8m, μέσα στους μαρμαρυγιακούς Σχιστολίθους της Καισαριανής περίπου 10m χαμηλότερα της επαφής τους με το υπερκείμενο Ανώτερο Μάρμαρο, ενώ η δυτική εμφάνιση, που είναι

λίγο μεγαλύτερων διαστάσεων, απαντά κατά μήκος της επαφής Σχιστολίθου Καισαριανής / Ανώτερο Μάρμαρο.

Και οι δύο εμφανίσεις χαρακτηρίζονται από έντονη σχιστοποίηση με ανάπτυξη S - επιπέδων και τεκτονική ροή. Είναι χαρακτηριστική η δημιουργία οφθαλμώδους ιστού ανάμεσα στα S - επίπεδα σχιστότητας με περιστροφή των πορφυροκλαστών. Η σχιστότητα έχει κλίση $18^\circ/250^\circ$ παράλληλη προς την επικρατούσα σχιστότητα των περιβαλλόντων μεταμορφωμένων σχηματισμών όπως και η γράμμωση L που θυθίζεται με $22^\circ/242^\circ$.

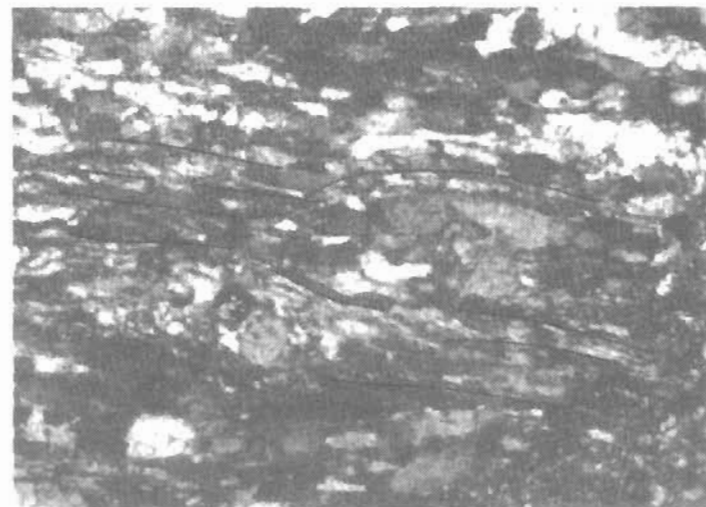
Γενικά στο μικροσκόπιο πιστοποιείται ο συντεκτονικός χαρακτήρας των γρανιτικών αυτών εμφανίσεων ενώ παρατηρήθηκε και μία έντονη επακόλουθη εξαλλοίωση από υδροθερμικά ρευστά.

4.2. Παραμόρφωση γρανιτών στο αλλόχθονο.

Η παραμόρφωση των γρανιτών στη βάση του αλλόχθονου είναι πολύ πιο εντυπωσιακή απ'ότι στην οροφή του αυτόχθονου διότι εκτός από τα διαμπερή μικροτεκτονικά στοιχεία όπως S - επιφάνειες και γραμμώσεις παρατηρούνται και μεσοσκοπικές μορφές παραμόρφωσης και κυρίως πτυχές που συχνά αφορούν το σύνολο της γρανιτικής εμφάνισης.

Ετσι, χαρακτηριστικά στην περιοχή της Πλάκας, τόσο βόρεια όσο και κυρίως βορειοανατολικά παρατηρούνται πολύ κλειστές έως τελείως ισοκλινείς πτυχές κατακεκλιμένες με τέλεια παραλληλία των σκελών και του αξονικού τους επιπέδου με την επικρατούσα στα περιβάλλοντα μεταμορφωμένα σχιστότητα.

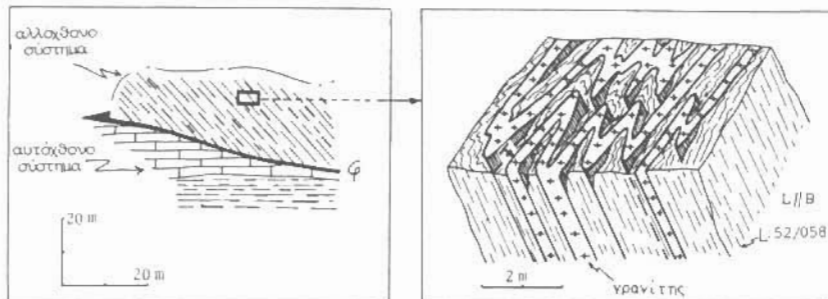
Στην εμφάνιση βόρεια της Πλάκας (Σ 16) σε υψόμετρο 212m εμφανίζεται μια τέτοια ισοκλινή πτυχή του γρανιτικού σώματος σε επιφανειακή εξάπλωση περίπου $10m^2$. Διακρίνονται χαρακτηριστικά S - επίπεδα (Εικ. 4) με τεκτονική ροή προς το κορυφαίο της ενώ κοντά στην επαφή με τον περιβάλλοντα φυλλίτη παρατηρούνται μυλονιτικές και κατακλαστικές ζώνες. Τα σκέλη της πτυχής όπως και



Εικ. 4 Ανάπτυξη S-επιφανειών μέσα στο γρανιτικό σώμα Σ 16.

Fig. 4 Development of S-planes (schistosity) within the granitic body Σ 16 (x30)

το αξονικό της επίπεδο κλίνουν $45^{\circ}/040^{\circ}$ ενώ ο άξονας θυθίζεται προς $50^{\circ}/062^{\circ}$. Τα παραπάνω τεκτονικά στοιχεία είναι παρόμοια με εκείνα των περιβαλλόντων φυλλιτών, όπου η σχιστότητα μετρήθηκε να κλίνει $45^{\circ}/042^{\circ}$ και η γράμμωση να θυθίζεται $52^{\circ}/058^{\circ}$ (Εικ. 5a). Είναι σημαντικό ότι ο άξονας της πτυχής του γρανίτη είναι παράλληλος προς τη γενική γράμμωση των φυλλιτών του αλλόχθονου. Επίσης είναι ενδιαφέρον ότι η γενική διάταξη της επικρατούσας S - επιφάνειας του γρανίτη και των φυλλιτών έχει μεγάλη κλίση $45^{\circ}/040^{\circ}$ παρά το ότι βρίσκεται περίπου 20 μόλις μέτρα πάνω από τη σχεδόν οριζόντια επιφάνεια επώθησης του αλλόχθονου (Εικ. 5).



Εικ. 5 Θέση της ισοκλινούς πτυχής του γρανιτικού σώματος Σ16 ως προς την επιφάνεια επώθησης του αλλόχθονου.

Fig. 5 Position of the isoclinal fold of Σ16 granitic body regarding the overthrust surface of the allochthon.

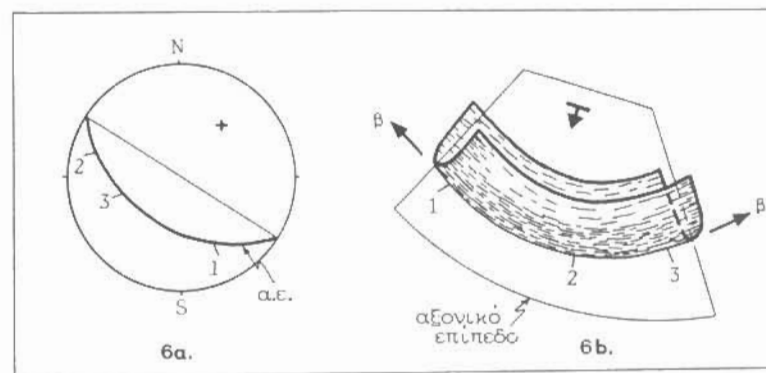
Εικ. 5a Σχηματική απεικόνιση της ισοκλινούς δομής του γρανιτικού σώματος και των περιβαλλόντων φυλλιτών βορείως της Πλάκας.

Fig. 5a Schematic blok-diagramme of the isoclinal type structure of the granitic body and the neighbouring phyllites to the north of Plaka area.

Είναι ενδιαφέρον ακόμη ότι 10 περίπου μέτρα δυτικότερα παρατηρείται ίδιο γρανιτικό υλικό σε ταινίες πάχους μερικών εκατοστών συμπτυχωμένο, με τους παρεμβαλλόμενους φυλλίτες, με ισοκλινείς ροϊκές κατακεκλιμένες πτυχές, όπου τα σκέλη απολεπτύνονται και αποσβένονται ενώ τα κορυφαία παχαίνουν και εμφανίζονται με μορφή ημισελήνοειδών φακών. Αντίστοιχες γεωμετρίας και προσανατολισμού ισοκλινείς πτυχές παρατηρούνται και στους περιβάλλοντες τα γρανιτικά σώματα φυλλίτες.

Περισσότερο εντυπωσιακή περίπτωση πτύχωσης απαντά σε μία από τις εμφανίσεις βορειοανατολικά της Πλάκας (Σ 23) σε υψόμετρο περίπου 200m. Εδώ παρατηρείται ισοκλινής κατακεκλιμένη πτυχή μη κυλινδρική με καμπύλο άξονα, ο οποίος κάμπτεται με θύση $35^{\circ}/160^{\circ}$ στο ένα άκρο, που γίνεται $20^{\circ}/294^{\circ}$ στο σημείο της μέγιστης κάμψης και καταλήγει σε $30^{\circ}/264^{\circ}$ στο άλλο άκρο (Εικ. 6). Δηλαδή παρατηρείται μία σχεδόν ορθή γωνία της κάμψης της διεύθυνσης του άξονα της ισοκλινούς πτυχής περίπου 100° (Εικ. 6a). Στους περιβάλλοντες την πτυχή του γρανίτη φυλλίτες μετρήθηκαν επίσης άξονες B $20^{\circ}/310^{\circ}$, $15^{\circ}/275^{\circ}$ και $20^{\circ}/340^{\circ}$ και λίγα μέτρα νοτιότερα πάνω στους φυλλίτες άξονες B $08^{\circ}/184^{\circ}$ και $12^{\circ}/333^{\circ}$.

Είναι επίσης ενδιαφέρον ότι ανάλογης γεωμετρίας και προσανατολισμού μη κυλινδρική πτυχή με καμπύλο άξονα παρατηρείται



Εικ. 6 Η ισοκλινής μη κυλινδρική πτυχή με καμπύλο άξονα σε γρανιτικό σώμα βορειοανατολικά της Πλάκας. 6a: Στερεογραφική προβολή του αξονικού επιπέδου και τριών θέσεων (1, 2, 3) του καμπύλου άξονα. 6b: Στερεογραφικό σχήμα της πτυχής και των γεωμετρικών της στοιχείων.

Fig. 6 The isoclinal non-cylindrical fold with curved axis of a granitic body to the northeast of Plaka area. 6a: Stereographic projection of the axial plane and of the three positions of the B-curved axis. 6b: Stereographic sketch of the fold and of its geometric elements.

και στους φυλλίτες λίγα μέτρα νοτιότερα (Εικ. 7).

Από την υφή της γράμμωσης, που αποτελεί εφελκυστικού τύπου παραμόρφωση λόγω διάτμησης μεταξύ των S - επιφανειών και επομένως μπορεί να χαρακτηριστεί σαν a - γράμμωση παράλληλη προς την κίνηση του υπό παραμόρφωση πετρώματος και τη σχέση της γράμμωσης



Εικ. 7 Ισοκλινείς μη κυλινδρικές πτυχές με καμπύλους άξονες στους φυλλίτες κοντά στην προηγούμενη πτυχή του γρανίτη της Εικ.6.

Fig. 7 Isoclinal non-cylindrical folds with curved axes in the phyllites nearby the previous site isoclinal fold with curved axis of granite of Fig.6.

με τους παράλληλους προς αυτήν άξονες πτυχών σε γενική διεύθυνση ENE - WSW, συμπεραίνεται -με βάση και τις παρατηρήσεις στις πτυχές με καμπύλο άξονα- ότι πρόκειται για επαναπροσανατολισμένες πτυχές κατά τον άξονα της κίνησης. Πτυχές δηλαδή τύπου α στο μεταβατικό στάδιο από τη δημιουργία συνήθων πτυχών τύπου β, ανάλογες με τις περιπτώσεις που έχουν περιγραφεί αλλού από τον ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1981,1982).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

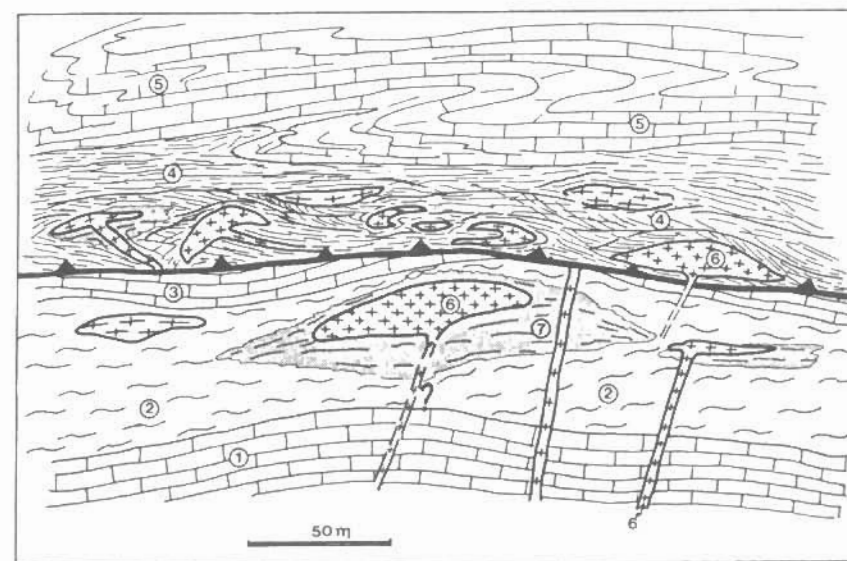
Από την προηγηθείσα περιγραφή ορισμένων χαρακτηριστικών για κάθε περίπτωση γρανιτικών εμφανίσεων τόσο από άποψη γεωμετρίας όσο και από άποψη παραμόρφωσης γίνεται σαφές ότι τα γρανιτικά πετρώματα της περιοχής Πλάκας Λαυρίου δεν μπορούν να ενταχθούν σε ένα ενιαίο σύνολο αλλά πρέπει να διακριθούν σε στάδια διείδυσης. Στο συνθετικό σχηματικό διάγραμμα της Εικ.8 φαίνεται η ύπαρξη λακκολίθων τόσο μέσα στους μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους του αυτόχθονου όσο και στη βάση των φυλλιτών του αλλόχθονου. Επίσης φαίνεται η εκλεκτική εμφάνιση των ακανόνιστης γεωμετρίας γρανιτικών σωμάτων στη βάση του αλλόχθονου.

Από άποψη παραμόρφωσης είναι σημαντικό ότι τα περισσότερα μικρού έως μετρίου μεγέθους γρανιτικά σώματα είναι παραμορφωμένα με σχιστοποίηση και πτύχωση σε συνθήκες τεκτονικής ροής με ιδιαίτερη όμως προτίμηση στη βάση των φυλλιτών του αλλόχθονου. Αντίθετα τα μεγαλύτερα σώματα λακκολιθικής μορφής στο αυτόχθονο και στο αλλόχθονο καθώς και οι φλέβες του αυτόχθονου δεν εμφανίζουν παραμόρφωση με ανάπτυξη διαμπερών μικροδομών αλλά διατηρούν τον αρχικό μαγματικό τους ιστό.

Η ταύτιση της παραμόρφωσης ορισμένων γρανιτικών εμφανίσεων με την παραμόρφωση των περιβαλλόντων μεταμορφωμένων πετρωμάτων και η

σαφής εξάρτηση της παραμόρφωσης από τη θέση τους ως προς την επιφάνεια επώθησης υποδηλώνει συντεκτονική διείδυση και επομένως η χρονολόγησή των μπορεί να οδηγήσει και σε χρονολόγηση των τελευταίων τεκτονικών παραμορφώσεων της Νότιας Αττικής, είτε σε επίπεδο επωθητικών κινήσεων είτε σε επίπεδο ανάπτυξης διαμπερούς μικροτεκτονικού ιστού.

Τα υφιστάμενα ραδιοχρονολογικά δεδομένα (ΜΑΡΑΚΗΣ,1968, ΜΑΡΙΝΟΣ, 1971) σε συνδιασμό με τις δικές μας παρατηρήσεις ως προς την παραμόρφωση των γρανιτικών σωμάτων υποδηλώνουν ότι η παραμόρφωση στην περιοχή της Πλάκας Λαυρίου διήρκεσε έως το Ανώτερο Μειοκαινο, γεγονός που αντιβαίνει στις παγιωμένες αλλά μη τεκμηριωμένες αντιλήψεις για τη γεωτεκτονική εξέλιξη της στενής αλλά και της ευρύτερης περιοχής. Παρά το ότι η πρόσφατη αυτή ηλικία παραμόρφωσης προκύπτει και από άλλες περιπτώσεις στο χώρο του Αιγαίου, όπως το μη μεταμορφωμένο Κυκλαδικό κάλυμμα με την αλλόχθονη Κάτω Μειοκαινική μόλασσα (ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1980, 1986, 1987) ή το κάλυμμα της Τρίπολης πάνω από τον Ανώ Μειοκαινικό μονζονίτη της Κω (ΑΛΤΗΡΡ et al, 1976, 1982), εν τούτοις θα πρέπει να γίνει νέα ραδιοχρονολόγηση των συγκεκριμένων παραμορφωμένων γρανιτικών πετρωμάτων. Τούτο είναι αναγκαίο διότι οι υφιστάμενες ραδιοχρονολογήσεις έγιναν σε δείγματα προερχόμενα από την κύρια εμφάνιση του γρανοδιορίτη της Πλάκας η οποία είναι अपαραμορφωτή και σχετικά νεότερη των υπολοίπων. Επομένως μπορεί τα παλαιότερα γρανιτικά σώματα που σήμερα εμφανίζονται



Εικ. 8 Σχηματική τομή που δείχνει την κατανομή των γρανιτικών σωμάτων τόσο από άποψη γεωμετρίας όσο και παραμόρφωσης στην τοπική γεωλογική στήλη. 1: Κατώτερο μάρμαρο, 2: Σχιστόλιθοι Καισαριανής, 3: Ανώτερο μάρμαρο, 4: φυλλίτες αλλόχθονου, 5: Μάρμαρο αλλόχθονου, 6: Γρανιτικά σώματα διείδυσης, 7: Κερατίτες.

Fig. 8 Schematic geological section showing the distribution of the granitic bodies - based on the geometry and the deformation type - in the local geological column of the area. 1: Lower marble, 2: Kesariani schists, 3: Upper marble, 4: Phyllites of the allochthon, 5: Marbles of the allochthon, 6: Granitic intrusive bodies, 7: Hornfels.

παραμορφωμένα να είναι αρκετά αρχαιότερης ηλικίας αν και δεν φαίνεται πιθανό αυτή να ξεπερνά τα όρια του Μέσου - Ανώτερου Μειόκαινου με βάση τα ραδιοχρονολογικά δεδομένα των γρανιτικών εμφανίσεων από τον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ - REFERENCES.

- ALTHERR, R., KELLER, J. & KOTT, K. 1976. Der jungtertiäre Monzonit von Kos und sein kontakthof. *Bull. Soc. Geol. France*, 18, 2, 403-412.
- ALTHERR, R., KREUZER, H., WENDT, I., LENZ, H., WAGNER, G., KELLER, J., HARRE, W., & HOHNDORF, A. 1982. A late Oligocene / Early Miocene High Temperature Belt in the Attic - Cycladic crystalline Complex. *Geol. Jb.*, E23, 97-164.
- FIEDLER, G. 1841. Reise durch alle teile des konigreiches Griechenland. *Leipsig*.
- ΚΤΕΝΑΣ, Κ. 1917. Έρευνα περί της μεταλλογενείας της Ν.Α. Αιγηίδος. *Επιστ. Επετ. Παν. Αθηνών*, 13, 85-133.
- LELEU, M. & NEUMMAN, M. 1969. L' age des formations d' Attique : du paleozoïque au mesozoïque. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 268, 1361-1363.
- LEPSIUS, R. 1893. Geologie von Attica. *Berlin*.
- ΜΑΡΑΚΗΣ, Γ. 1968. Παρατηρήσεις επί της θειούχου μεταλλογενέσεως εις την περιοχήν των Κυκλάδων. *Ann. Geol. Pays Hellén.*, 19, 695-700.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. 1937. Ο γρανίτης της Πλάκας της Λαυρεωτικής και η περίεξ αυτού μεταμόρφωσις εξ επαφής. *Διδ. Διατριβή Παν. Αθηνών*.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. 1937. Νεώτεροι γεωλογικοί και πετρολογικοί έρευναι επί του γρανίτου της Πλάκας της Λαυρεωτικής. *Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών*, 12, 81-89.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. 1971. Επί της ραδιοχρονολογήσεως των πετρωμάτων της Ελλάδος. *Ann. Geol. Pays Hellén.*, 23, 175-182.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ. & PETRASCHECK, W. 1956. Λαύριο. *Γεωλ. Γεωφ. Μελ.*, IV, 1, 247 σελ.
- NEMINAR, E. 1880. Uber das granitische Gestein von Plaka in Laurium. *Wien*.
- PAPANIKOLAOU, D. 1980. Les ecailles de Thymaena; temoins d'un mouvement tectonique Miocene vers l'interieur de l'arc egeen. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 290, 307-310.
- PAPANIKOLAOU, D. 1980. Contribution to the Geology of Aegean Sea. The island of Paros. *Ann. Geol. Pays Hellén.*, 30/1, 65-96.
- PAPANIKOLAOU, D. 1981. Remarks in the kinematic interpretation of folds from some cases of the Western Swiss Alps and of the Hellenides. *Ann. Geol. Pays Hellén.*, 30/2, 741-762.
- PAPANIKOLAOU, D. 1982. Plis non cylindriques a charnieres courbes et chevauchements dans le flysch du Val d' Illiez, Valais, Suisse. *Bull. Soc. Vaud. Sc. natu.*, 361, 76, 87-99.
- PAPANIKOLAOU, D. 1986. Late Cretaceous paleogeography of the Metamorphic Hellenides. *Geol. Geoph. Res. IGME, Special issue*, 315-328.
- PAPANIKOLAOU, D. 1987. Tectonic evolution of the Cycladic Blueschist Belt (Aegean Sea, Greece). In: *Chemical Transport in Metasomatic Processes, Reidel Publ. Co.*, 429-450.
- ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, Δ. & ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν. 1974. Συμβολή εις την γνώσιν της νεώτερας τεκτονικής της περιοχής Πλάκας Λαυρίου. *Μεταλλ. Χρον.*, 18, 74, 28-34.
- Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.