

ΤΑ ΥΠΕΡΒΑΣΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΥΒΟΙΑΣ - ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΩΜΙΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΦΙΛΟΣΕΝΟΥΝ

Ε. Γκάρτζος*, Γ. Μιγκίρος*, Κ. Σερέλης* και Ι. Παρχαρίδης*

ΣΥΝΟΨΗ

Τα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας ανήκουν στην Υποπελαγονική και Πελαγονική ζώνη αντίστοιχα.

Οι σερπεντινίτες καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση στις περιοχές που ερευνήθηκαν και προέρχονται κυρίως από σερπεντινίωση χαρτζβουργιτών. Οι χαρτζβουργίτες, οι δουνίτες και οι λερζόλιθοι καταλαμβάνουν τη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη θέση αντίστοιχα και τέλος οι εμφανίσεις των πυροξενιτών είναι πολύ περιορισμένες.

Οι περιδοτίτες παρουσιάζουν χαρακτηριστικά τεκτονιτών και θεωρούνται ως προϊόντα τυπικού εκχυμμένου ανώτερου μανδύα.

Οι χρωμίτες της Εύβοιας παρουσιάζουν χαρακτηριστικά MORB ή BAB (Al-πλούσιοι), ενώ της Αν. Θεσσαλίας Island Arc (Cr-πλούσιοι).

ABSTRACT

The ultramafic rocks of Evia and E. Thessaly belong to the sub-pelagonian and Pelagonian zone, respectively. Serpentinite of harzburgitic origin is the main rock type in the studied areas. Well preserved harzburgites and dunites are less abundant and finally lherzolites and pyroxenites occur in small amounts.

The well preserved harzburgites exhibit textures similar to those from upper mantle peridotites (tectonites), indicating that they are mantle, tectonized peridotites. Their chemical composition indicates a typical depleted upper mantle.

The chromitites of Evia have MORB characteristics (Al-rich) while those of E. Thessaly Island Arc (Cr-rich).

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή στην οποία αναφέρεται η εργασία αυτή περιλαμβάνει την κεντρική και βόρεια Εύβοια και την ανατολική Θεσσαλία (Σχ. 1).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή μελέτης εντάσσονται αντίστοιχα στις γεωτεκτονικές ζώνες Υποπελαγονική και Πελαγονική (MOUNTRAKIS et al. 1983).

Η κεντρική και βόρεια Εύβοια δομείται, με εξαίρεση το Παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο της, από μη μεταμορφωμένους σχηματισμούς οι οποίοι διακρίνονται σε (Γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ; KATSIKATSOS, 1977; KATSIKATSOS et al., 1986) : α) Παλαιοζωϊκό κρυσταλλικό υπόβαθρο, κυρίως από γνεύσιους. β) Νεοπαλαιοζωϊκοί

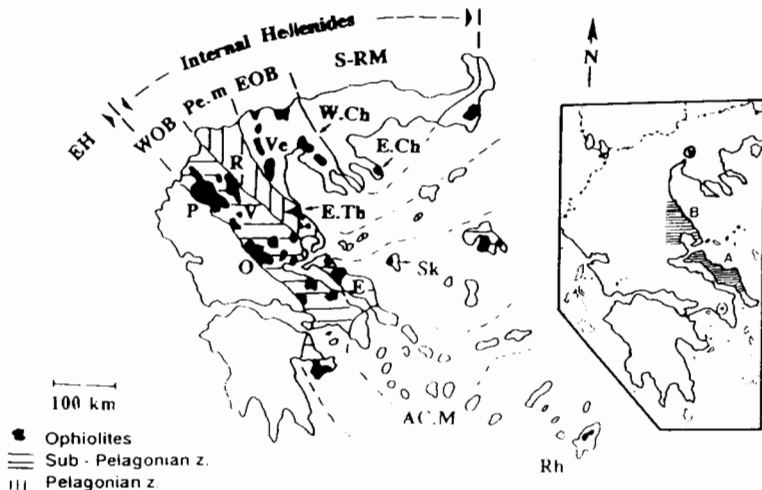
* Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ορυκτολογίας - Γεωλογίας, Ιερά Οδός 75, 118 55 Αθήνα.

σχηματισμοί, κυρίως από ψαμμίτες και φυλλίτες. γ) Κάτω- Μέσο Τριαδικοί σχηματισμοί, από κλαστικά και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα. δ) Μέσο Τριαδικοί - Άνω Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες. ε) ΠροΆνωκρητιδικό τεκτονικό κάλυμμα (Ηωελληνικό) το οποίο αναλύεται γενικά σε μία κατώτερη ενότητα από ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς και μία ανώτερη ενότητα, επωθημένη στην κατώτερη, από οφιολιθικούς σχηματισμούς. στ) Μέσο- Άνω Κρητιδικοί επικλυσιογενείς σχηματισμοί, από ασβεστόλιθους και ιζήματα φλύσχη.

Κατά τους KATSIKATSOS et al. (1982 και 1986), η περιοχή της ανατολικής Θεσσαλίας δομείται από μεταμορφωμένους σχηματισμούς οι οποίοι διακρίνονται σε : α) Παλαιοζωικό κρυσταλλικό υπόβαθρο, κυρίως από γνεύσιους. β) Νεοπαλαιοζωικοί - Μεσοτριαδικοί σχηματισμοί, από ποικιλία μεταϊζημάτων (κυρίως σχιστόλιθοι) και μεταβασιτών. γ) Μέσο Τριαδικά - Άνω Ιουρασικά μάρμαρα, τα οποία στα ανώτερα μέλη τους μεταβαίνουν σε σχιστολίθους. δ) Σχηματισμοί του Ηωελληνικού καλύμματος (WALLBRECHER, 1976), από οφιολιθικά πετρώματα και μεταϊζήματα. Ο ΜΙΓΚΙΡΟΣ (1986) στο κάλυμμα αυτό διακρίνει μία τεκτονική ενότητα, αποτελούμενη από σχηματισμούς διαφορετικής προέλευσης της οποίας υπέρκεινται τεκτονικά οφιολιθικά πετρώματα (τεκτονίτες, σωρείτες και βασαλτικές λάβες). ε) Άνωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα.

ΥΠΑΪΘΡΙΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Οι υπαίθριες εργασίες αφορούσαν τη μελέτη των σημαντικότερων υπερβασικών

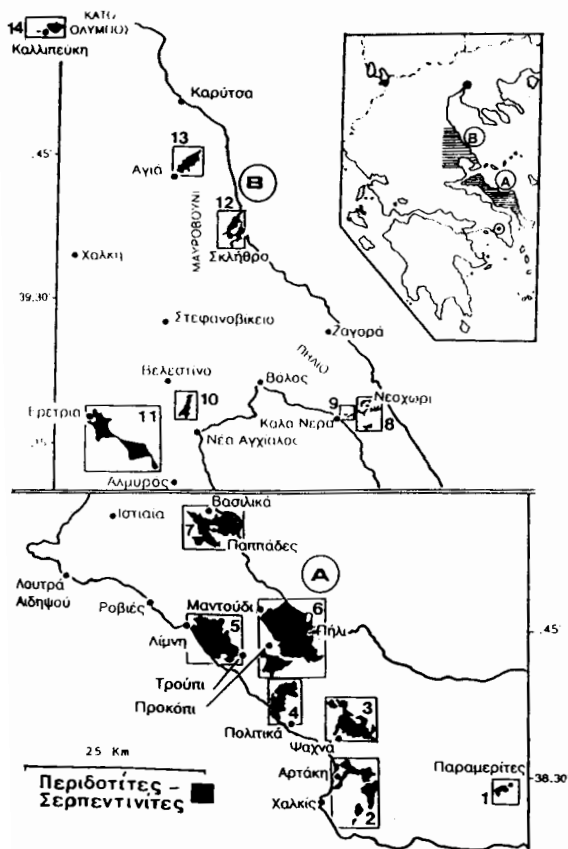


Σχ.1: Κατανομή των χρωμιτοφόρων οφιολίθων στον Ελλαδικό χώρο. E.H.: Εξωτερικές Ελληνίδες, I.H.: Εσωτ/κές Ελληνίδες, W.O.B.: Δυτική οφιολιθική ζώνη, E.O.B.: Ανατ. οφιολιθική ζώνη, Pe.M.: Πελαγονική, S-RM: Σερβομακεδονική-Μάζα Ροδόπης, A.C.M.: Αιτικοκυκλαδική μάζα, E.Ch.: Αν. Χαλκιδική, W.Ch.: Δυτ. Χαλκιδική, Ve: Βέρμιο, E.Th: Αν. Θεσσαλία, V: Βούρινο, R: Ροδιανή, P: Πίνδος, O: Οθρυς, Sk: Σκύρος, E: Εύβοια, Rh: Ρόδος. Η ερευνηθείσα περιοχή σημειώνεται με γράμμωση στο δεξιό ενδεικτικό χάρτη, A: Εύβοια, B: Αν. Θεσσαλία.

Fig.1: Localities with ophiolites hosting chromitites and their distribution between the eastern (Vardar) and western ophiolite belts of Greece. (Inset: Studied areas, A: Evia, B: E. Thessaly). E.H.: External Hellenides, I.H.: Internal Hellenides, S-RM: Servomacedonia-Rhodope Massif, E.Ch: E. Chalkidiki, W.Ch: W. Chalkidiki, Ve: Vermion, E.Th: E. Thessaly, V: Vourino, R: Rodiani, P: Pindos, O: Othris, Sk: Skyros, E: Evia, Rh: Rhodes.

μαζών της Εύβοιας και της ανατολικής Θεσσαλίας, στις οποίες έγινε χαρτογράφηση σε γενική κλίμακα 1:25.000, τεκτονική ανάλυση και δειγματοληψία. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν από γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, εργασίες Ελλήνων και ξένων γεωλόγων που αφορούν οφιολίθους της περιοχής μελέτης, καθώς και πληροφορίες από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας που έχουν εργασθεί στην περιοχή αυτή (ΠΑΝΑΓΟΣ, 1965; HYNES, 1972; I.T.M.E., 1973; CAPEDEI, 1976; HILAKOS, 1980; ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ κ.ά., 1982 και 1983; ECONOMOU, 1982; ECONOMOU and NALDRETT, 1984; ECONOMOU et al., 1986; ΜΙΓΚΙΡΟΣ, 1983; ΜΙΓΚΙΡΟΣ 1983; GARTZOS, 1986; ΣΙΜΑΝΤΟΝ, 1991; κ.ά.). Οι περιοχές με οφιολιθικά πετρώματα που στερούνται περιδοτιτών εξαιρέθηκαν από τη μελέτη αυτή.

Οι περιοχές της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας με τις σημαντικότερες μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (Σχ.1 & 2) είναι οι εξής : 1) Παραμερίτες, 2) Αρτάκη - Αφράτη, 3) Ψαχνά, 4) Πολιτικά, 5) Λίμνη - Τρούπι, 6) Προκόπι - Πήλι, 7) Παππάδες, 8) Νεοχώριο, 9) Καλά Νερά, 10) Νέα Αγχίαλος, 11) Ερέτρια, 12) Σκλήθρο, 13) Αγιά, και 14) Καλλιπεύκη. Οι 7 πρώτες ανήκουν στην Εύβοια και οι υπόλοιπες στην Αν. Θεσσαλία.



Σχ. 2: Ερευνηθείσες περιοχές με υπερβασικά πετρώματα. Α: Εύβοια, Β: Αν. Θεσσαλία.

Fig. 2: Studied areas with ultramafic rocks. A: Euboea, B: Eastern Thessaly.

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

1. ΕΥΒΟΙΑ

Στην Εύβοια οι σημαντικότερες υπερβασικές μάζες απαντώνται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού (Σχ.2) και έχουν διερευνηθεί με γεωτρήσεις για τον εντοπισμό κοιτασμάτων μαγνησίτη, ιδιαίτερα κατά την περίοδο 1980-90. Στους πυρήνες των γεωτρήσεων αυτών δεν παρατηρήθηκαν χρωμιτικές συγκεντρώσεις σύμφωνα με τους υπεύθυνους γεωλόγους των εταιριών που έκαναν τις έρευνες. Στις επιμέρους ερευνηθείσες περιοχές έχουμε τα ακόλουθα :

Παραμερίτες : Η περιοχή δομείται από Νεοπαλαιοζωικούς σχηματισμούς. Την μεγαλύτερη έκταση καλύπτουν τα υπερκείμενα των προηγούμενων Μεσοζωικά ανθρακικά πετρώματα. Επάνω σε αυτά βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένες υπερβασικές μάζες οι οποίες είναι έντονα τεκτονισμένες και αποτελούνται κυρίως από χαρτζβουργίτες (μερικώς ή και ολικώς σερπεντινιωμένους) μέσα στους οποίους αναγνωρίστηκαν, εξαιλωμένα σώματα δουνιτών. Στη βάση των υπερβασιτών αναγνωρίστηκαν ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί της κατώτερης ενότητας του ΠροΑνωκρητιδικού καλύμματος.

Νότια του χωριού Παραμερίτες τα υπερβασικά πετρώματα είναι έντονα σχιστοποιημένα και κατακερματισμένα με παρουσία τεκτονισμένης ζώνης πά-

χους 4-5 m., κατακόρυφης έως 80° νότιας κλίσης και διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ. Στην θέση αυτή υπάρχει παλαιά στοά εξόρυξης χρωμίτη. Ο δουνίτης κοντά στη στοά παρουσιάζει αύξηση σε διάσπαρτο χρωμίτη.

Αρτάκη - Αφράτη, Ψαχνά, Πολιτικά : Οι περιοχές Αρτάκη - Αφράτη, Ψαχνά και Πολιτικά (Σχ.2) δομούνται από Μεσοτριάδικους - Ιουρασικούς ασβεστολίθους και δολομίτες, υπερκείμενοι των οποίων απαντώνται οι σχηματισμοί της κατώτερης ενότητας του Πρό-Άνωκρητιδικού τεκτονικού καλύμματος. Πάνω σε αυτούς βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένες έντονα διαμελισμένες μάζες υπερβασικών πετρωμάτων. Πρόκειται για χαρτζβουργίτες, οι οποίοι στο μεγαλύτερο μέρος τους είναι σερπεντινιωμένοι με παρουσία βασιτών, καθώς και μικρές λερζολιθικές εμφανίσεις. Η παραμόρφωσή τους, που συνοδεύεται και από κάμψη των φαινοκρυστάλλων του ορθοπυρόξενου και επιμήκυνση των κρυστάλλων του ολιβίνη, τα εντάσει στην κατηγορία των τεκτονιτών. Μέσα στα πετρώματα αυτά περιέχονται δουνίτες που έχουν ολοκληρωτικά εξαλλοιωθεί και αποδιοργανωθεί.

Υπερκείμενοι των υπερβασιτών απαντούν οι Άνωκρητιδικοί επικλυσιογενείς ασβεστόλιθοι.

Δίμνη - Τρούπι, Προκόπι - Πήλι : Η περιοχή αυτή δομείται από ανθρακικά πετρώματα Άνω Τριάδικού - Μέσου Ιουρασικού τα οποία προς τα πάνω περνούν σε κλαστικά ιζήματα βαθιάς θάλασσας με ολισθόλιθους και ολισθοστρώματα βασικών και υπερβασικών οφιολιθικών πετρωμάτων (BAUMGARTNER and BERNOULLI, 1976).

Υπερκείμενες τεκτονικά των προηγούμενων απαντούν κυρίως υπερβασικές και λιγότερο βασικές μάζες. Πετρογραφικά πρόκειται κυρίως για σερπεντινιωμένους χαρτζβουργίτες και πολύ λιγότερο για δουνίτες και λερζόλιθους. Πολύ καλά διατηρημένοι χαρτζβουργίτες απαντούν στην περιοχή του μεταλλείου Γερορέματος. Πρόσφατα (1992-93) εκτελέστηκαν στα υπερβασικά πετρώματα περίπου είκοσι ερευνητικές γεωτρήσεις για μαγνησίτη στην περιοχή Τρούπι. Οι περισσότερες από αυτές ξεπέρασαν τα διακόσια μέτρα. Εξετάσαμε όλους τους πυρήνες αλλά δεν βρέθηκαν χρωμιτικές συγκεντρώσεις. Όμως στην περιοχή Ελαιώνα, νότια της ανακτής εκμετάλλευσης μαγνησίτου του Παρασκευορέματος εντοπίσαμε μέσα στα υπερβασικά πετρώματα μικρά σώματα χρωμίτη ασκοειδούς μορφής.

Παππάδες : Στην περιοχή αυτή έχουμε μεγάλες εμφανίσεις των Άνω Ιουρασικών ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών. Υπερκείμενες τεκτονικά των σχηματισμών αυτών απαντούν υπερβασικές μάζες από σερπεντινιωμένους χαρτζβουργίτες με μεγάλους βασίτες. Στην περιοχή Αχλάδι, ανατολικά, οι υπερβασίτες επίκεινται τεκτονικά κλαστικών σχηματισμών οι οποίοι αποτελούν στρωματογραφική εξέλιξη των Ιουρασικών ασβεστολίθων.

Στο ανατολικό τμήμα των υπερβασικών μαζών έχουμε επικράτηση χαρτζβουργιτών, με διάφορους βαθμούς σερπεντινίωσης και με παρουσία δουνιτικών σωμάτων. Στο δυτικό τμήμα οι υπερβασίτες είναι εξολοκλήρου σερπεντινιωμένοι, με πολλούς και μεγάλους βασίτες που υποδηλώνουν χαρτζβουργιτικό μητρικό πέτρωμα.

Βόρεια των Παππάδων, στο δρόμο προς Βασιλικά υπάρχουν μεγάλες εμφανίσεις σχετικά καλά διατηρημένου χαρτζβουργίτη ο οποίος σε μικροσκοπική εξέταση παρουσιάζει τυπικά χαρακτηριστικά τεκτονίτη με μεγάλους πορφυροκλάστες ορθοπυρόξενου και επιμήκεις κρυστάλλους ολιβίνη που εμφανίζουν κυματοειδή κατάβεση.

2. ΑΝΑΤ. ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Οι υπερβασικές μάζες στην Αν. Θεσσαλία είναι έντονα διαμελισμένες και διεσπαρμένες με σπουδαιότερες εμφανίσεις στον Κάτω Ολυμπο και στο Πήλιο. Οι σημαντικότερες χρωμιτικές συγκεντρώσεις βρίσκονται στην Καλλιπεύκη, στα Καλά Νερά και στην ευρύτερη περιοχή της Ερέτριας στη ΝΑ Θεσσαλία (Σχ.2), όπου και υπάρχει ενεργό μεταλλείο χρωμίτη. Αναλυτικότερα στις επιμέρους ερευνηθείσες περιοχές έχουμε τα εξής:

Καλά Νερά, Νέα Αγκιάλος - Ερέτρια, Νεοχώριο : Η ευρύτερη περιοχή των Καλών Νερών και του Νεοχωρίου στο Ν. Πήλιο δομείται από σχηματισμούς οι οποίοι μπορούν από κάτω προς τα επάνω να διακριθούν σε:

- Σχηματισμούς υποβάθρου, από Νεοπαλαιοζωικούς σχιστόλιθους και γνευσιο-σχιστόλιθους με παρεμβολές ανθρακικών πετρωμάτων.

- Σχηματισμούς καλύμματος, οι οποίοι είναι επωθημένοι στο υπόβαθρο και διακρίνονται σε μια σειρά από πρασινίτες και πρασινοσχιστόλιθους με ενδιαστρώσεις μικρού πάχους μαρμάρων και σε οφιολίθους, που υπέρκεινται τεκτονικά και αντιπροσωπεύονται από σερπεντινιωμένα και συχνά εξαλλοιωμένα υπερβασικά πετρώματα.

Στην περιοχή των Καλών Νερών έχουμε κυρίως σερπεντινιωμένους δουνίτες και λιγότερο χαρτζβουργίτες που το πάχος τους φθάνει τα 250 μέτρα. Ο χρωμίτης στην περιοχή αυτή είναι κατά το πλείστο στρωματόμορφος ή και με μορφή μικρών ακανόνιστων συγκεντρώσεων και συμπαγών φακών. Οι συμπαγείς χρωμιτικοί φακοί εμφανίζονται κυρίως στα χαμηλότερα μέλη των δουνιτών. Οι χαρτζβουργίτες δεν εμφανίζουν παρά μόνο διάσπαρτους χρωμιτικούς κόκκους. Ο χρωμίτης είναι έντονα τεκτονισμένος σπασμένος σε κομμάτια και τοπικά μυλονιτιωμένος και επανασυγκολλημένος με σερπεντινιτικό συγκολλητικό υλικό.

Τα υπερβασικά του Νεοχωρίου (Σχ.2) αποτελούνται από έντονα σχιστοποιημένους σερπεντινίτες μέσα στους οποίους απαντούν μικροί φακοί συμπαγούς χρωμίτη οι οποίοι έτυχαν παλαιότερα περιορισμένης εκμετάλλευσης.

Γενικά, τα υπερβασικά πετρώματα του Νοτίου Πηλίου παρουσιάζουν μια γενική παράταξη ανάπτυξης Β 70 - 90° παράλληλη με τις κύριες συμπιεστικές τεκτονικές δομές, που χαρακτηρίζουν τους αλπικούς σχηματισμούς. Με την κύρια αυτή διεύθυνση ανάπτυξής τους παραλληλίζεται η κύρια σχιστότητα των υπερβασικών μαζών και η διεύθυνση ανάπτυξης των χρωμιτιτών που φιλοξενούν (Γκάρτζος κ.ά., 1993). Οι υπολλειμματικές αυτές υπερβασικές μάζες στη δυτικότερη εξέλιξη των γεωλογικών σχηματισμών απαντώνται με μεγαλύτερη έκταση και πάχος στη δυτικότερη του Βόλου περιοχή όπου μέσα από τα ανατολικά πρηνή της Όθρυος φτάνουν στη γνωστή για τη χρωμιτική της μεταλλοφορία περιοχή της Ερέτριας. Πρόκειται για έντονα τεκτονισμένα και σερπεντινιωμένα υπερβασικά σώματα τα οποία είναι έντονα λεπιωμένα μαζί με τους Μεσοζωικούς ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμούς, τους Άνωκρητιδικούς ασβεστολίθους και το φλύσχη.

Τα σερπεντινιωμένα υπερβασικά πετρώματα με βάση την παραμόρφωσή τους διακρίνονται σε ένα λιγότερο παραμορφωμένο τμήμα (υπερκείμενο) και σε ένα πιο έντονα παραμορφωμένο και κατά θέσεις σχιστοποιημένο (υποκείμενο) το οποίο περιέχει τα περισσότερα χρωμιτικά σώματα.

Στην περιοχή αυτή υπάρχει ένα από τα σημαντικότερα Ελληνικά κέντρα παραγωγής χρωμίτη. Πρόκειται για μικρά σώματα συμπαγούς χρωμίτη, πυρίμαχου τύπου (πλούσιου σε Al).

Εκλήθρο-Αγιά : Στην περιοχή του Μαυροβουνίου (βόρεια προέκταση του Πηλίου) και στις νότιες απολήξεις της Όσσας προς το Θεσσαλικό κάμπο απαντούν μικρές υπερβασικές μάζες. Πρόκειται για μάζες σερπεντινιτών λεπιδοβλαστικού ιστού και συμπαγούς ακανόνιστης υφής. Μικροσκοπική εξέταση των παραπάνω πετρωμάτων έδειξε ότι αποτελούνται κυρίως από αντιγορίτη και χρυσότιλο σε μορφή μικροφυλλαρίων και ινιδίων, αντίστοιχα, και προέρχονται από σερπεντινίωση κυρίως χαρτζβουργιτών (έντονη παρουσία βασιτών) και λιγότερο δουνιτών. Μέσα στους σερπεντινίτες κατά θέσεις απαντώνται διάσπαρτοι κρύσταλλοι και μικρές συγκεντρώσεις χρωμίτη. Οι σημαντικότερες εμφανίσεις υπερβασικών μαζών απαντώνται στη περιοχή του Σκλήθρου και της Αγιάς (Σχ.2). Χρωμιτικές εμφανίσεις απαντούν μόνο στην περιοχή του Σκλήθρου.

Στην περιοχή Σκλήθρου οι σερπεντινιωμένοι χαρτζβουργίτες έχουν πάχος περίπου 100 m και στα ανώτερα μέλη τους απαντούν μικρών διαστάσεων ασυνεχή σώματα

σερπεντινιωμένων δουνιτών μέσα στα οποία αναγνωρίστηκαν μικρά φακοειδή σώματα συμπαγούς χρωμίτη. Γενικά η επαφή χρωμιτίτη και δουνίτη είναι απότομη ενώ ο χρωμιτίτης εμφανίζεται έντονα τεκτονισμένος και τοπικά μυλονιτιωμένος.

Καλλιπεύκη : Στην περιοχή της Καλλιπεύκης τα οφιολιθικά πετρώματα, με επικράτηση των υπερβασιτών, καταλαμβάνουν αρκετή έκταση με πάχος που κατά θέσεις υπερβαίνει τα 800 μέτρα. Τα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής, εντονότερα σερπεντινιωμένα στη βάση τους, παρουσιάζουν μια σαφή ψευδόστρωση η οποία οφείλεται στον προσανατολισμό των ορθοπυροξένων. Τόσο η διεύθυνση όσο και η κλίση παραμένουν σχεδόν σταθερές σύμφωνες με τις αντίστοιχες των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Η γενική παράταξη είναι Β 40-70° Α και η κλίση 30-40° ΝΑ.

Η μικροσκοπική μελέτη των σερπεντινιωμένων υπερβασιικών πετρωμάτων έδειξε ότι αυτά έχουν λεπιδονηματοβλαστικό ιστό και υφή συμπαγή, ελαφρά προσανατολισμένη και κατά θέσεις σχιστώδη. Αποτελούνται από σερπεντίνη (αντιγορίτη και λιγότερο χρυσοσίλη). Στη μάζα αυτή παρατηρείται συχνά σε παράλληλη διεύθυνση χρωμίτη σε ξενόμορφους διάσπαρτους κρυστάλλους ή μικροσυγκεντρώσεις. Σπανιότερα παρατηρούνται υπολειμματικοί κρύσταλλοι πυροξένων. Οι χρωμίτες που φιλοξενούν μελετήθηκαν από τους MIGIROS & ECONOMOU (1988) και πρόκειται για μικρών διαστάσεων συμπαγή φακοειδή χρωμιτικά σώματα. Στην περιοχή υπάρχουν τρεις στοές οι οποίες κατά το πλείστον διασχίζουν σερπεντινιωμένες δουνιτικές μάζες κατά θέσεις κατακερματισμένες. Στην περιοχή εντοπίστηκαν τρία φακοειδή σώματα συμπαγούς χρωμίτη των οποίων η μεγάλη διάσταση είναι παράλληλη με τη γενική παράταξη. Η μελέτη της σχέσης υπερβασιτών - χρωμίτη έδειξε ότι η συγκέντρωση του χρωμίτη εμφανίζεται σε ζώνες ολίσθησης μέσα στις υπερβασικές μάζες.

ΥΠΕΡΒΑΣΙΚΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

Πετρογραφία Περιδοτιτών

Τα δείγματα των υπερβασιικών πετρωμάτων, που συλλέχθηκαν κατά την δειγματοληψία, εξετάστηκαν μακροσκοπικά και μικροσκοπικά και κατατάχθηκαν σε πέντε ομάδες : α) χαρτζβουργίτες, β) λερζόλιθοι, γ) δουνίτες δ) πυροξενίτες και ε) σερπεντινίτες. Η γενική εκτίμηση είναι ότι οι σερπεντινίτες καταλαμβάνουν την μεγαλύτερη έκταση στις περιοχές που ερευνήθηκαν και οι περισσότεροι προέρχονται από σερπεντινίωση χαρτζβουργιτών. Οι χαρτζβουργίτες, οι δουνίτες και οι λερζόλιθοι καταλαμβάνουν τη δεύτερη τρίτη και τέταρτη θέση, αντίστοιχα. Τέλος οι εμφανίσεις των πυροξενιτών είναι πολύ περιορισμένες.

Στο σημείο αυτό θα εστιάσουμε στην πετρογραφία των σχετικά καλά διατηρημένων περιδοτιτικών πετρωμάτων, για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον αρχικό χαρακτήρα των πετρωμάτων αυτών.

Οι χαρτζβουργίτες περιέχουν 11-15 % ορθοπυρόξενο, 0.2- 1 % Cr-σπινέλιο και 0.3-1.5 % κλινοπυρόξενο, το υπόλοιπο είναι κυρίως ολιβίνης (Fo92). Οι λερζόλιθοι διαφέρουν από τους χαρτζβουργίτες κυρίως κατά το ποσοστό των κλινοπυροξένων που κυμαίνεται μεταξύ 5 -9 % κ.ό.

Στα πετρώματα αυτά διακρίναμε δύο τύπους ιστών, πρωτοκοκκώδη (protogranular) και πορφυροκλαστικό (porphyroclastic). Ο πρωτοκοκκώδης είναι ο πιο αρχέγονος και είναι αδροκρυσταλλικός με μέση διάμετρο των κρυστάλλων του ορθοπυρόξενου και ολιβίνη ~4mm. Σε περισσότερο παραμορφωμένους τύπους, οι οποίοι συνεχίζουν να ταξινομούνται σαν πρωτοκοκκώδεις, παρατηρείται ελάττωση του μεγέθους των κρυστάλλων και κυματοειδής κατάσταση. Σε ακόμα περισσότερο παραμορφωμένα πετρώματα ο ιστός είναι πορφυροκλαστικός. Στα πετρώματα αυτά (τεκτονίτες) διακρίνονται πορφυροκλάστες ολιβίνη και ορθοπυρόξενου μέσα σε λεπτόκοκο θεμελιώδη μάζα (matrix), η οποία αποτελεί το 10 έως 40 % του όγκου του πετρώματος, και αποτελείται από μικρούς κόκκους ολιβίνη και ορθοπυρόξενου. Σε ορισμένους τεκτονίτες αναπτύσσεται ισχυρή φύλλωση (foliation). Αυτοί χαρακτηρίζονται από κρυστάλλους ολιβίνη που έχουν επιμηκυνθεί, παρουσιάζουν οδοντωτά

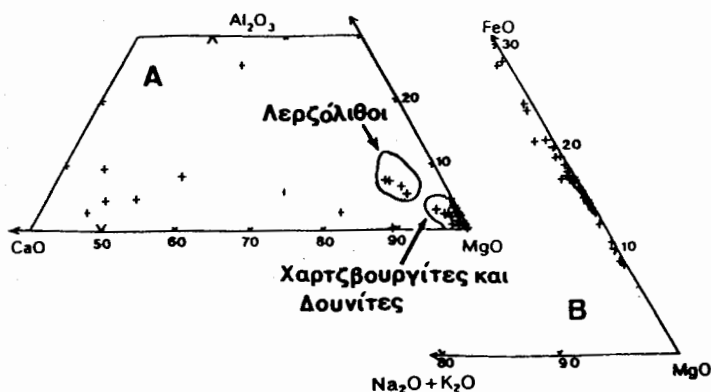
περιθώρα, έντονη κυματοειδή κατάσβεση και σχηματισμό γωνιάσεων (Kink-bands). Το μέγεθός τους ποικίλει από 0.5 έως 6 mm και η σχέση μήκους / πλάτους σε ορισμένους ολιβίνες ξεπερνάει το 10. Οι πορφυροκλάστες του ορθοπυρόξενου φθάνουν τα 6 mm, είναι αποστρωγγυλωμένοι, έντονα παραμορφωμένοι και ορισμένοι παρουσιάζουν γωνιάσεις (kink bands).

Χημισμός υπερβασικών πετρωμάτων

Από τις παραπάνω ομάδες των πετρωμάτων διαλέχθηκαν 54 αντιπροσωπευτικά δείγματα που προέρχονται και από τις δύο περιοχές (Εύβοια και Αν. Θεσσαλία) και έγιναν χημικές αναλύσεις για κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία με τη μέθοδο XRF (ο δισθενής σίδηρος προσδιορίσθηκε με φασματοφωτόμετρο). Οι αναλύσεις αυτές προβάλλονται στα διαγράμματα (A) $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ και (B) $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{FeO}$ του σχήματος 4 και μόνο ορισμένες αντιπροσωπευτικές, λόγω στενότητας χώρου, παρουσιάζονται στους πίνακες 1 και 2.

Στο διάγραμμα (A) $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ του σχήματος 3 σημειώνονται με συνεχή γραμμή τα πεδία προβολής των χαρτζβουργιτών και λερζολίθων της Δυτικής και Ανατολικής Μεσογείου όπως ορίσθηκαν από τους NICOLAS and JACKSON (1972). Στο διάγραμμα αυτό οι χαρτζβουργίτες, δουνίτες και τα σερπεντινιωμένα παράγωγά τους προβάλλονται πολύ κοντά στην κορυφή MgO και μάλιστα μέσα στο πεδίο προβολής των χαρτζβουργιτών της Μεσογείου. Τα σημεία προβολής των λερζολίθων είναι περισσότερο απομακρυσμένα από την κορυφή MgO λόγω της υψηλότερης συγκέντρωσης CaO και Al_2O_3 στα πετρώματα αυτά και τα περισσότερα πέφτουν μέσα στο πεδίο προβολής των λερζολίθων της Μεσογείου των NICOLAS and JACKSON (1972). Τέλος οι πυροξενίτες προβάλλονται ακόμα πιο μακριά από την κορυφή MgO επειδή περιέχουν περισσότερο CaO και Al_2O_3 από όλα τα προηγούμενα πετρώματα.

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{FeO}$ (Σχ. 3B) τα πετρώματα είναι φτωχά σε αλκάλια. Τα σημεία προβολής των περισσότερων δειγμάτων εφάπτονται στην πλευρά $\text{FeO} - \text{MgO}$, εκτός από τα σημεία των λερζολίθων οι οποίοι έχουν ελαφρώς υψηλότερες τιμές Na_2O (0.15 - 0.50 % κ.β.) και ορισμένους πυροξενίτες που έχουν τιμές 0.30 - 0.50 % κ.β. και προβάλλονται δίπλα στην πλευρά $\text{MgO} - \text{FeO}$ αλλά σε πολύ μικρή απόσταση. Η μικρή αύξηση των τιμών CaO , Al_2O_3 και Na_2O των πυροξενιτών και λερζολίθων οφείλεται στην παρουσία πλαγιοκλάστων και κλινοπυρόξενων.



Σχ. 3: Διαγράμματα $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (A) και $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{FeO}$ (B) για τα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και της Αν. Θεσσαλίας.

Fig. 3: $\text{CaO} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ (A) and $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{FeO}$ (B) diagrams for the ultramafic rocks of Evia and E. Thessaly.

Πίν. 1: Χημικές αναλύσεις υπερβασικών πετρωμάτων Εύβοιας (κ.β.%).

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	39.90	39.20	43.20	33.85	42.30	42.90	42.00	41.65	40.10	38.45
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.45	0.30	1.00	0.35	0.90	1.15	0.55	0.30	0.30	0.40
Fe ₂ O ₃ *	8.30	8.20	8.55	7.80	9.20	8.90	8.80	7.45	8.20	7.95
MnO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
MgO	48.60	42.90	41.85	42.00	45.10	44.50	46.00	36.45	37.15	38.35
CaO	0.05	0.10	1.00	0.20	0.75	1.05	0.40	0.75	0.05	0.10
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
Cr ₂ O ₃	0.45	0.40	0.40	0.40	0.45	0.40	0.40	0.45	0.35	0.35
NiO	0.45	0.40	0.35	0.35	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.35
H ₂ O+	1.30	8.20	4.90	15.40	0.25	0.60	2.40	13.20	13.70	13.40
CO ₂	0.15	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	ιχ.	ιχ.	ιχ.
Συν.	100.7	99.80	101.3	100.4	99.50	99.00	101.1	100.8	100.4	99.45
ppm										
V	13	<10	49	<10	46	55	35	18	22	17
Cr	3055	2663	2909	2164	3212	2845	2935	2387	2063	2353
Ni	2687	2564	2154	2171	2445	2243	2422	2365	2332	2096
Co	124	117	109	96	127	114	121	89	97	91
Cu	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
Zn	26	20	28	18	36	35	30	24	22	20
Sc	2	<1	11	3	10	11	8	3	3	5
S	<20	<20	<20	164	<20	<20	43	650	<20	<20
A/A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	39.70	36.90	44.60	41.40	42.25	43.50	44.40	43.55	35.80	36.10
TiO ₂	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10
Al ₂ O ₃	0.85	0.30	3.20	2.30	2.85	3.10	1.35	0.25	0.10	0.10
Fe ₂ O ₃ *	7.55	7.60	8.40	8.50	8.25	7.90	8.30	8.70	4.70	7.10
MnO	0.10	0.10	0.15	0.10	0.15	0.10	0.10	0.10	0.05	0.00
MgO	38.55	40.35	35.80	37.45	37.45	35.60	42.90	46.50	44.50	45.50
CaO	0.05	0.20	3.30	2.50	2.60	3.05	1.45	0.60	0.05	0.10
Na ₂ O	0.00	0.00	0.15	-	0.15	0.15	0.00	0.00	-	-
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	0.03	-	0.00
H ₂ O+	12.10	14.65	5.00	8.30	7.30	7.85	1.00	0.30	13.15	11.30
CO ₂	ιχ.	ιχ.	0.13	0.25	0.13	0.07	0.10	0.12	0.30	0.20
Σύνολο	99.55	100.9	100.8	101.0	101.2	101.4	99.60	100.2	98.65	100.5
ppm										
V	28	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	1952	2266	2850	-	-	2560	2780	2940	2485	2720
Ni	2149	2210	1810	-	-	1810	2280	2320	1500	990
Co	76	91	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	<7	<7	29	-	-	19	17	-	-	-
Zn	7	14	34	-	-	35	24	36	-	-
Sc	8	3	3	-	-	-	-	-	-	-
S	183	<20	<20	-	-	<20	<20	30	-	25

Τα ακόλουθα στοιχεία βρίσκονται κάτω από το όριο ανίχνευσης : Ba<5, Rb<4, Sr<4, -Pb<6, Th<6, U<1, Nb<3, La<12, Y<4, Zr<4, Ga<2.

1: Δουνίτης (Μονή Σωτήρος, κοντά στο Προκόπι); 2,3: Δουνίτης και χαρτζβουργίτης αντίστοιχα από το μεταλλείο Γερρόρεμα.; 4: Δουνίτης (μεταλλείο Παρασκευόρεμα); 5,6,7: χαρτζβουργίτες (Βασιλικά,, Βόρεια των Παππάδων); 8: Σερπεντινίτης (Λουτρό, Ανατολικά των Παππάδων (στην παραλία); 9: Σερπεντινίτης (μεταλλείο Κάκαβος); 10,11: Σερπεντινίτες από την περιοχή δυτικά του χωριού Παππάδες προς Κερασιά; 12: Σερπεντινίτης από την περιοχή Βόρεια του χωριού Παππάδες προς Βασιλικά; 13: Λερζόλιθος (ΒΒΔ των πολιτικών) 14,15: Λερζόλιθοι, (εμφανίσεις στα ΝΔ του Αγίου σε απόσταση ≈ 1200 μέτρα); 16: λερζόλιθος (μεταλλείο Βεργίνη); 17,18: χαρτζβουργίτες (εμφανίσεις κοντά στο χωριό Τρούπι και Λίμνη αντίστοιχα); 19,20: Δουνίτες (εμφανίσεις κοντά στη Λίμνη και την Αγία Τρίτη, αντίστοιχα).

* = ολικός σίδηρος. ιχ. = ίχνη

Πίνα. 2: Χημ. αναλύσεις υπερβασικών πετρωμάτων Αν.Θεσσαλίας (κ.β.%)

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	40.60	41.00	34.30	33.50	40.05	40.90	39.45	34.90	42.10	43.50
Al ₂ O ₃	1.40	1.00	0.60	0.10	1.90	1.00	1.80	0.00	1.00	0.40
Fe ₂ O ₃	4.70	5.80	1.30	1.70	3.50	3.20	5.20	1.00	4.50	2.60
FeO	3.50	3.40	2.70	2.60	3.20	3.60	3.90	4.20	3.35	3.40
MgO	36.30	36.70	44.10	43.60	38.20	38.70	36.70	43.00	36.20	37.00
CaO	0.00	0.25	0.00	0.05	0.15	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00	0.10	0.10	0.15	0.00	0.10	0.05	0.10	0.10
TiO ₂	0.05	0.05	0.10	0.00	0.10	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
P ₂ O ₅	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
H ₂ O+	12.00	11.45	15.45	15.50	12.20	12.20	12.30	15.70	12.00	12.10
CO ₂	0.05	0.05	0.55	1.70	0.15	0.00	0.00	0.40	0.05	0.10
Συν.	99.65	99.70	99.20	98.90	99.60	99.65	99.50	99.25	99.45	99.20
ppm										
Cr	6200	2370	4670	3400	3550	2940	2840	4780	3295	3290
Ni	800	700	1870	2100	1540	1530	1300	2240	1020	1025
V	20	31	-	-	40	35	33	-	40	30
Mn	1127	1550	540	550	930	945	856	870	940	880
Cu	<7	<7	-	-	-	-	-	<7	10	-
Zn	55	48	-	34	35	50	34	-	39	60
Sc	5	5	-	-	-	-	-	-	-	13
Ce	10	46	9	19	-	-	-	-	13	15
Nd	15	-	10	6	-	-	-	-	10	-
La	92	56	115	117	74	94	74	66	65	125
Th	5	11	13	10	24	24	-	-	-	13
Pb	5	25	-	-	37	25	-	-	-	379
ppm										
A/A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	40.90	41.60	43.80	45.30	37.40	39.90	50.80	50.70	53.50	50.90
Al ₂ O ₃	0.00	0.50	1.20	0.20	1.10	1.30	3.90	1.90	2.90	1.20
Fe ₂ O ₃	4.90	5.10	1.30	4.30	5.10	6.20	0.60	1.60	2.10	0.15
FeO	3.00	1.80	5.90	2.90	1.90	2.10	4.30	5.00	5.90	3.80
MgO	36.90	37.90	35.60	34.80	33.10	37.20	18.60	20.20	19.90	19.60
CaO	0.05	0.00	0.00	0.00	6.60	0.20	18.20	16.50	12.20	21.20
Na ₂ O	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.30	0.00
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.05	0.05
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.10	0.20	0.40
H ₂ O+	12.60	12.00	11.50	11.30	10.50	11.80	2.40	3.50	3.50	3.40
CO ₂	0.05	0.10	0.10	0.00	3.50	0.20	0.05	0.00	0.05	0.05
Συν.	98.45	99.00	99.40	98.80	99.20	98.90	99.35	99.60	100.6	100.7
ppm										
Cr	6170	3580	2730	3485	2400	3770	3310	2.080	3210	4320
Ni	1790	1700	1300	1445	1030	1550	110	430	460	310
V	6	20	40	23	20	40	240	140	180	160
Mn	540	660	917	595	890	980	1380	1230	880	850
Cu	-	-	-	-	-	-	5	-	5	278
Zn	14	19	33	33	50	45	45	26	27	15
Sc	-	-	9	6	6	-	75	55	32	56
Ce	20	-	17	-	10	20	17	6	9	50
Nd	-	-	-	7	-	-	5	6	7	10
La	94	90	120	117	80	60	96	33	90	65
Th	-	-	-	8	-	-	5	7	43	-
Pb	-	74	22	60	14	17	5	-	8	-

Sr<4, Zr<4 ppm

1-16: σερπεντινωμένοι περιδοτίτες: 1 - 9 : Καλλιπεύκη; 10 : Αγιά (Μελιβοία), 11,12, 13, 14 : Σκλήθρο; 15 : Ομοροχοάρι (Κασσάμπαλι); 16 : Δήμητρα (Λάρισα).

17 - 20 : σερπεντινωμένοι πυροξενίτες.

17 18, 19, : Καλλιπεύκη; 20 : Σκλήθρο.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων είναι πολύ μικρές (Πιν. 1 & 2). Ιδιαίτερα στους χαρτζβουργίτες οι συγκεντρώσεις των περισσότερων ιχνοστοιχείων είναι κάτω από τα όρια ανίχνευσής τους και παρουσιάζουν την τυπική εικόνα του εκχυμαμένου μανδύα.

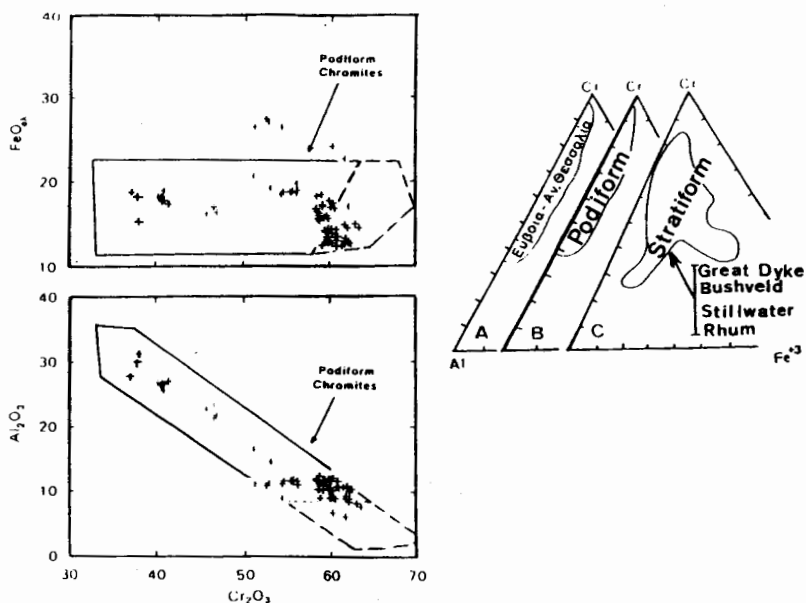
Οι παραπάνω παρατηρήσεις και τα δεδομένα των χημικών αναλύσεων (Πίν. 1 & 2) συμφωνούν με τις 5 κατηγορίες πετρωμάτων που διακρίναμε με βάση τις μικροσκοπικές παρατηρήσεις.

Ορυκτοχημεία

Σε αντιπροσωπευτικά δείγματα πετρωμάτων έγιναν μικροαναλύσεις των σπουδαιότερων ορυκτών (ολιβίνης, ορθο- και κλινο-πυρόξενος, αμφίβολος, σερπεντίνης και φυσικά χρωμίτης). Οι μικροαναλύσεις έγιναν με μικροαναλυτή Α.Ρ.Λ. (τύπος SEMQ) και τα standards ήταν πυριτικά ορυκτά και οξειδία. Οι διορθώσεις για απορρόφηση των ακτίνων Χ, ατομικό αριθμό και φθορισμό έγιναν με το πρόγραμμα EMMA που έχουν γράψει οι ερευνητές του ΕΤΗ, στη Ζυρίχη. Στην εργασία αυτή αναλυτικά παρουσιάζουμε μόνο την ορυκτοχημεία των χρωμιτών την οποία χρησιμοποιούμε για τον καθορισμό "γεωτεκτονικού περιβάλλοντος".

Πυριτικά ορυκτά. Οι μικροαναλύσεις των μη μεταλλικών ορυκτών σε συντομία έδειξαν ότι: Ο ολιβίνης είναι $Fo_{91-92.5}$, ο ορθοπυρόξενος είναι ενστατίτης ($MgO=34.60-35.75$ και $FeO=4.80-5.90$, κ.β. %), ο κλινοπυρόξενος είναι διοψίδιος και ο αμφίβολος τρεμολίτης. Οι κλινοπυρόξενος που προέρχονται από πυροξενίτες έχουν υψηλότερες τιμές FeO και χαμηλότερες MgO από εκείνους που προέρχονται από χαρτζβουργίτες και δουνίτες.

Χρωμίτης. Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις των χρωμιτών από την Εύβοια και την Ανατ. Θεσσαλία παρουσιάζονται στους πίνακες 3 και 4 αντίστοιχα. Όλες όμως οι μικροαναλύσεις των χρωμιτών προβάλλονται στα διαγράμματα $FeO_{ολ.} - Cr_2O_3$, και $Al_2O_3 - Cr_2O_3$ του σχήματος 4, καθώς επίσης και στο διάγραμμα $(Al):Cr/Cr+Al$ vs $Mg/Mg+Fe^{+2}$ του σχήματος 5. Ο δισθενής και ο τρισθενής σίδηρος υπολογίστηκαν



Σχ. 4: Διαγράμματα: $FeO_{ολ.}$ vs Cr_2O_3 , Al_2O_3 vs Cr_2O_3 , και $Al - Cr - Fe^{+3}$ των χρωμιτών της Εύβοιας και Ανατ. Θεσσαλίας.

Fig. 4: $FeO_{ολ.}$ vs Cr_2O_3 , Al_2O_3 vs Cr_2O_3 , and $Al - Cr - Fe^{+3}$ diagrams for the chromites of Evia and Eastern Thessaly.

βάση της στοιχειομετρίας των χρωμιτών και της αρχής της ηλεκτρουδετερότητας των ορυκτών.

Από τις αναλύσεις του πίνακα 3 φαίνεται ότι οι χρωμίτες που απαντούν στα συμπαγή χρωμιτιτικά σώματα, με ακανόνιστο έως φακοειδές σχήμα, της Εύβοιας (αναλύσεις 1-5 και 18-20) παρουσιάζουν μικρή διακύμανση στη χημική τους σύσταση και είναι Al-πλούσιοι. Οι χρωμίτες αυτοί περιέχουν περίπου 41 % κ.β. Cr_2O_3 , ενώ οι χρωμίτες που απαντούν σαν επουσιώδη ορυκτά στους χαρτζβουργίτες της Εύβοιας παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση (π.χ. το Cr_2O_3 κυμαίνεται από 37 έως 55 % κ.β.).

Οι αναλύσεις του πίνακα 4 ανήκουν σε χρωμίτες της Ανατ. Θεσσαλίας οι οποίοι είναι Cr-πλούσιοι (το Cr_2O_3 κυμαίνεται από 52 - 62.5 % κ.β.).

Το εύρος της διακύμανσης του ολικού σιδήρου των χρωμιτών της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας κυμαίνεται από 14 έως 20 % κ.β. για το μεγαλύτερο μέρος των αναλύσεων (Πίν.3 & 4, Σχ.4). Αυτές οι τιμές είναι χαρακτηριστικές των χρωμιτών που συνδέονται με περιδοτίτες αλπικού τύπου. Σύμφωνα με τους MÜSSALLAM et. al. (1981) οι περισσότεροι rodiform χρωμίτες περιέχουν λιγότερο από 20 % κ.β. ολικό σίδηρο ($\text{FeO}_{\text{ολ}}$), ενώ οι εστρωμένοι χρωμίτες των βασικών συμπλεγμάτων περιέχουν περισσότερο από 20% $\text{FeO}_{\text{ολ}}$. Στα διαγράμματα του σχήματος 4 είναι σημειωμένα με συνεχή γραμμή τα πεδία προβολής των rodiform χρωμιτών όπως καθορίστηκαν από τους παραπάνω ερευνητές. Σχεδόν όλοι οι χρωμίτες της Εύβοιας και της Ανατ. Θεσσαλίας προβάλλονται μέσα στα πεδία αυτά. Το τμήμα των πεδίων που σημειώνεται με διακεκομμένη γραμμή ανήκει στους εξαλλοιωμένους χρωμίτες. Επίσης οι χρωμίτες της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας είναι πτωχοί σε τρισεννή σίδηρο (Σχ.4Α), όπως συνήθως συμβαίνει στους rodiform χρωμίτες. Στα διαγράμματα 4B και 4C αντίστοιχα, σημειώνονται με συνεχή γραμμή τα πεδία που προβάλλονται οι δύο μεγάλες κατηγορίες χρωμιτών, δηλαδή εκείνοι που συνδέονται με αλπικού τύπου περιδοτίτες και εκείνοι που συνδέονται με τα μεγάλα συμπλέγματα βασικών εστρωμένων πετρωμάτων.

Το εύρος της διακύμανσης του Cr_2O_3 είναι πρακτικά το ίδιο με το εύρος της διακύμανσης του Al_2O_3 . Ο THAYER (1970) παρατηρεί ότι η αύξηση του Cr_2O_3 , στους χρωμίτες των χρωμιτιτών των περιδοτιτών αλπικού τύπου, αντισταθμίζεται με ελάττωση του Al_2O_3 , ενώ στους εστρωμένους χρωμίτες των μεγάλων εστρωμένων βασικών συμπλεγμάτων Bushveld, Stillwater κ.ά. η αύξηση του Cr_2O_3 αντισταθμίζεται με ελάττωση τόσο του Al_2O_3 όσο και του Fe_2O_3 . Αυτή η σημαντική σχέση μεταξύ του Cr_2O_3 και του Al_2O_3 η οποία παρατηρείται στους rodiform χρωμίτες μας βοηθάει στην διάκρισή τους από τους εστρωμένους χρωμίτες των μεγάλων βασικών συμπλεγμάτων οι οποίοι προβάλλονται έξω από τα πεδία των rodiform που φαίνονται στα διαγράμματα του σχήματος 4.

Στο διάγραμμα (A): $\text{Cr}/\text{Cr}+\text{Al}$ vs $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$ του σχήματος 5 έχουν προβληθεί όλες οι αναλύσεις των χρωμιτών της Εύβοιας και της Αν. Θεσσαλίας. Από αυτούς, εκείνοι που ανήκουν σε συμπαγή σώματα χρωμιτιτών προβάλλονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος 5A (Al-πλούσιοι).

Όλοι οι χρωμίτες από τις παραπάνω περιοχές της Θεσσαλίας προβάλλονται στο επάνω μέρος του διαγράμματος 5A (Cr-πλούσιοι) και προέρχονται από συμπαγή χρωμιτιτικά σώματα και από διάσπαρτο τύπο χρωμίτη.

ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ

Για τον προσδιορισμό του γεωτεκτονικού περιβάλλοντος που δημιουργήθηκαν τα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας κάναμε χρήση της χημικής σύστασης των χρωμιτών που φιλοξενούν και τους συγκρίναμε με χρωμίτες από γνωστά σημερινά γεωτεκτονικά περιβάλλοντα.

Στο διάγραμμα $\text{Cr}/\text{Cr}+\text{Al}$ vs $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}^{+2}$ (Σχ.5A) οι χρωμίτες της Εύβοιας

Πίν. 3: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις χρωμιτών Εύβοιας (κ.β.%).

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Al ₂ O ₃	26.65	26.90	26.40	25.85	26.35	6.25	6.85	9.00	21.75	21.35
TiO ₂	0.09	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.10
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.00
MgO	13.60	13.80	13.45	13.80	13.95	7.15	6.40	6.60	12.35	11.90
MnO	0.20	0.20	0.00	0.20	0.25	0.00	0.00	0.50	0.00	0.60
FeO _T	17.75	17.30	18.20	18.90	17.60	22.75	24.20	26.50	16.40	17.00
Cr ₂ O ₃	41.03	41.45	40.60	40.75	40.70	61.75	60.25	54.30	47.05	46.70
NiO	0.13	0.15	0.10	0.20	0.20	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
Συν.	99.50	99.90	98.85	99.75	99.10	97.95	97.75	97.15	98.25	97.65
A/A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Al ₂ O ₃	22.70	14.60	27.75	23.55	30.00	31.30	16.50	26.55	27.00	26.80
TiO ₂	0.05	0.05	0.00	0.05	0.00	0.05	0.05	0.10	0.00	0.05
SiO ₂	0.00	0.00	0.65	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00
MgO	12.75	9.95	11.55	12.05	12.15	14.15	9.85	13.70	13.65	13.50
MnO	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.30	0.40	0.15	0.10	0.15
FeO _T	16.20	19.25	18.80	17.10	18.25	15.20	20.70	17.80	17.40	18.25
Cr ₂ O ₃	45.90	53.05	37.20	46.70	37.80	38.05	51.10	40.90	41.55	40.80
Συν.	97.60	96.90	95.95	99.80	98.55	99.10	98.65	99.20	99.70	99.55

1-5 και 18-20: ακανόνιστα χρωμιτιτικά σώματα; νότια του χωριού Μαντούδι. 6,7: κόκοι χρωμίτη σε εξαλλοιωμένο δουνίτη. 8: χρωμιτικό έγκλεισμα σε ολιβίνη.

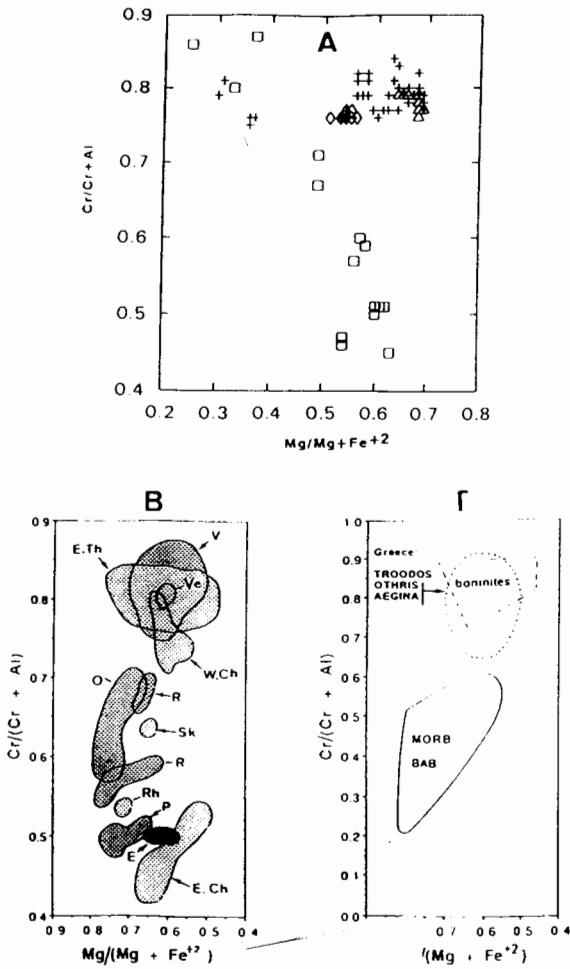
9-13: κρύσταλλοι χρωμίτη σε χαρτζβουργίτη. 14-17: κρύσταλλοι χρωμίτη σε χαρτζβουργίτη (αναλύσεις από CAPEDEI, 1976).

Πίν. 4: Αντιπροσωπευτικές μικροαναλύσεις χρωμιτών Αν. Θεσσαλίας (κ.β.%).

A/A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Al ₂ O ₃	11.70	11.40	11.60	11.30	10.90	10.80	11.00	11.00	8.30	8.50
TiO ₂	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
MgO	11.90	12.00	12.10	8.80	8.60	15.10	14.80	13.90	14.00	14.30
MnO	0.30	0.40	0.10	0.40	0.50	0.10	0.10	0.20	0.30	0.20
FeO _T	18.80	18.50	18.30	27.10	27.50	13.50	13.10	13.40	15.10	14.60
Cr ₂ O ₃	55.30	59.00	58.40	52.80	52.50	60.70	60.90	61.90	63.00	62.10
Συν.	98.20	101.3	100.7	100.4	100.1	100.4	100.0	100.5	100.8	99.90
A/A	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Al ₂ O ₃	10.60	10.80	12.20	11.50	11.60	11.50	11.90	12.00	12.10	11.80
TiO ₂	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10
MgO	14.60	14.90	15.50	15.00	15.60	15.70	15.30	15.10	15.20	15.00
MnO	0.10	0.40	0.00	0.20	0.00	0.30	0.40	0.20	0.10	0.15
FeO _T	13.50	12.50	12.80	12.50	12.60	13.40	12.90	13.00	13.20	13.15
Cr ₂ O ₃	59.70	61.50	60.30	59.10	59.20	59.40	59.80	60.00	59.70	59.90
Συν.	98.60	100.2	100.9	98.40	99.40	100.5	100.0	100.5	100.4	100.1
A/A	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Al ₂ O ₃	12.50	12.10	11.80	11.40	11.20	11.20	11.60	11.65	11.10	12.00
TiO ₂	0.00	0.30	0.00	0.00	0.20	0.30	0.20	0.00	0.00	0.00
SiO ₂	0.20	0.40	0.20	0.00	0.30	0.30	0.30	0.20	0.00	0.00
MgO	11.40	10.80	10.80	10.70	11.90	12.70	11.00	11.70	12.60	10.90
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FeO _T	16.00	16.80	16.00	15.70	18.50	19.80	18.80	18.80	19.00	16.90
Cr ₂ O ₃	58.70	58.30	59.80	58.70	54.30	56.10	55.50	54.50	56.20	58.40
Συν.	98.90	98.90	98.80	96.80	96.5	100.4	97.40	97.05	99.00	98.20

1-10: Καλλιπεύκη, 11-20: Σκλήθρο, 21-30: Καλά Νερά.

Cr/Cr+Al, Mg/Mg+Fe: λόγοι ατόμων.



Σχ. 5: Προβολή των $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ εναντίον του $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$.
 E.Ch.: Av. Χαλκιδική, E.Ch.: Av. Χαλκιδική, W.Ch.: West Chalkidiki, Ve.: Βέρμιο, E. Th.: East Thessaly, V.: Vourino, R.: Rodiani, P.: Pindos, O.: Othrys, Sk.: Skyros, E.: Evia, Rh.: Rhodes. (squares: Evia chromites, crosses: Kallipefki Chr., triangles: Sklithro Chr. and rombs: Kala Nera Chromites).

Fig. 5: Diagram $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$ vs $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$.
 E.Ch.: East Chalkidiki, W.Ch.: West Chalkidiki, Ve.: Vermio, E. Th.: East Thessaly, V.: Vourino, R.: Rodiani, P.: Pindos, O.: Othrys, Sk.: Skyros, E.: Evia, Rh.: Rhodes. (squares: Evia chromites, crosses: Kallipefki Chr., triangles: Sklithro Chr. and rombs: Kala Nera Chromites).

προβάλλονται στην περιοχή προβολής των Al-πλούσιων χρωμιτών. Στο κέντρο του πεδίου τους αντιστοιχεί τιμή 0.5 του λόγου $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$. Αντίθετα, οι χρωμίτες της Αν. Θεσσαλίας προβάλλονται στην περιοχή προβολής των Cr-πλούσιων χρωμιτών και στο κέντρο του πεδίου προβολής τους αντιστοιχεί τιμή 0.8 του λόγου $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$. Η διάκριση είναι αρκετά σαφής χωρίς καμιά επικάλυψη. Για σύγκριση με τους χρωμίτες από γνωστά σημερινά γεωτεκτονικά περιβάλλοντα παρατίθεται το σχήμα 5Γ. Τα στοιχεία για τον καθορισμό των πεδίων στο διάγραμμα αυτό προέρχονται από τους DICK and BRYAN (1979), CAMERON et al. (1979), και DICK and BULLEN (1984). Οι χρωμίτες από την μεσωκεάνεια ράχη του Ατλαντικού και από σημερινά περιβάλλοντα BAB προβάλλονται στο κάτω μέρος του διαγράμματος αυτού. Στο κέντρο του πεδίου προβολής τους αντιστοιχεί τιμή 0.5 του λόγου $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$. Αντίθετα, οι χρωμίτες από γεωτεκτονικό περιβάλλον Island Arc προβάλλονται στο επάνω μέρος του διαγράμματος και στο κέντρο του πεδίου προβολής τους αντιστοιχεί τιμή 0.8 του λόγου $\text{Cr}/(\text{Cr} + \text{Al})$. Δηλαδή παρατηρούμε ότι συμπίπτει το πεδίο προβολής των χρωμιτών της Εύβοιας με το πεδίο των χρωμιτών από σημερινά περιβάλλοντα MORB ή BAB και το πεδίο των χρωμιτών της Αν. Θεσσαλίας με εκείνο των χρωμιτών από περιβάλλον Island Arc. Με στικτική γραμμή σημειώνεται στο σχήμα 5Γ το πεδίο προβολής χρωμιτών με χαρακτηριστικά Island arc από γνωστές οφιολιθικές μάζες της Ελλάδος και της Κύπρου (DIETRICH et al. 1987 και CAMERON, 1985).

Σε περιβάλλον μεσωκεάνειων ράχων (MORB) και περιθωριακών λεκανών (BAB), μερική τήξη σπινελιούχου λερζόλιθου ή ελαφρώς εκχυμωμένου λερζόλιθου παράγει τήγμα το οποίο είναι σχετικά πλούσιο σε Al, και αφήνει πίσω του ένα υπολειμματικό - δύστηκτο χαρτζβουργιτικό ανώτερο μανδύα. Το τήγμα σχηματίζει σωρευτικά πετρώματα (π.χ. δουνίτες) με

χρωμίτες σχετικά πλούσιους σε Al και πτωχούς σε Cr (GREEN & RINGWOOD, 1967; DICK & BULLEN, 1984).

Σε περιβάλλον νησιωτικού τόξου (island-arc), η μερική τήξη πιθανόν ξεκινάει με εκχυμώμένο λερζόλιθο ή χαρτζβουργίτη και παράγεται μπονινιτικό τήγμα φτωχό σε Al και Ca. Σφρειτικά πετρώματα (δουνίτες) με Cr-πλούσιους χρωμίτες και φοστεριτικό ολιβίνη μπορούν να κρυσταλλωθούν από τέτοιο τήγμα (MENZIES & ALLEN, 1974; DICK, 1974 and 1982; DICK & BULLEN, 1984).

Σύμφωνα με αυτό το γενικό σχήμα, Al-πλούσιοι χρωμίτες θα πρέπει να απαντούν σε οφιολίθους που σχηματίστηκαν σε τυπικό περιβάλλον μεσωκεάνειας ράχης ή περιθωριακής λεκάνης και Cr-πλούσιοι χρωμίτες σε ηφαιστειακά και πλουτώνια πετρώματα νησιωτικών τόξων.

Στο σχήμα 5B φαίνονται τα πεδία προβολής των χρωμιτών από οφιολιθικά πετρώματα άλλων περιοχών της Ελλάδος. Τα στοιχεία για τον καθορισμό των πεδίων του διαγράμματος αυτού προέρχονται από τους ECONOMOU et al. (1986) και MIGIROS & ECONOMOU (1988). Όπως φαίνεται από το διάγραμμα αυτό και από το σχήμα 1 οι Al-πλούσιοι χρωμίτες απαντούν κατά κύριο λόγο στη δυτική οφιολιθική ζώνη, ενώ οι Cr-πλούσιοι στην Ανατολική οφιολιθική ζώνη (DIETRICH, 1979). Κατ' αντιστοιχία και οι οφιόλιθοι που τους φιλοξενούν προέρχονται, οι μεν από περιβάλλον MORB ή BAB και οι δε από περιβάλλον island arc.

Με βάση τη χημική σύσταση των χρωμοσπινελίων που απαντούν στα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και της Αν. Θεσσαλίας θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα πρώτα προέρχονται από περιβάλλον MORB ή BAB ενώ τα δεύτερα από island arc. Επίσης θα μπορούσαμε να συνδέσουμε τα πρώτα με τη δυτική οφιολιθική ζώνη και τα δεύτερα με την ανατολική. Η διάκριση των οφιολιθικών ζωνών δεν είναι όμως πλήρης και επομένως η παραπάνω σύνδεση προτείνεται με επιφύλαξη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και Αν. Θεσσαλίας αποτελούνται κυρίως από σερπεντινίτες εκ των οποίων οι περισσότεροι προέρχονται από σερπεντινίωση χαρτζβουργιτών. Οι σχετικά καλά διατηρημένοι χαρτζβουργίτες, λερζόλιθοι και δουνίτες καταλαμβάνουν αντίστοιχα τη δεύτερη, τρίτη και τέταρτη θέση από πλευράς όγκου. Τέλος οι εμφανίσεις των πυροξενιτών είναι πολύ περιορισμένες.

Με βάση την χημική και ορυκτολογική σύσταση και τον ιστό των υπερβασικών πετρωμάτων συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για υπολλειματικούς περιδοτίτες - τεκτονίτες και τα σερπεντινιωμένα παράγωγά τους.

Ο χημισμός των χρωμιτών που απαντούν στα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας (Al-πλούσιοι) έχει ομοιότητες με το χημισμό χρωμιτών από σημερινά γεωτεκτονικά περιβάλλοντα MORB ή BAB και επομένως τα περιβάλλοντα αυτά θεωρούνται ως τα πιθανότερα για τη δημιουργία των υπερβασικών πετρωμάτων της Εύβοιας. Ο χημισμός των χρωμιτών των υπερβασικών πετρωμάτων της Ανατολικής Θεσσαλίας (Cr-πλούσιοι) έχει ομοιότητες με το χημισμό χρωμιτών από σημερινά οφιολιθικά περιβάλλοντα Island arc και επομένως αυτό το περιβάλλον θεωρείται ως το πιθανότερο για την προέλευση των υπερβασικών πετρωμάτων της Αν. Θεσσαλίας.

Με βάση τη χημική σύσταση των χρωμιτών θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας, τα οποία απαντούν στην Πελαγονική ζώνη, συνδέονται με τη δυτική οφιολιθική ζώνη, ενώ τα της Αν. Θεσσαλίας, τα οποία ανήκουν στην Πελαγονική ζώνη, συνδέονται με την ανατολική οφιολιθική ζώνη. Βέβαια η διάκριση των ζωνών με βάση τη χημική σύσταση των χρωμιτών δεν είναι πλήρης και επομένως οι παραπάνω συνδέσεις δεν είναι ανεπίδεκτες κριτικής.

Σε όλες τις περιοχές που ερευνήθηκαν οι σημαντικότερες χρωμιτικές εμφανίσεις αφορούν μικρά συμπαγή σώματα χρωμιτών ασυνεχούς διάταξης και φακοειδούς μορφής τα οποία συνδέονται με δουνιτικά σώματα. Τα σώματα αυτά παρουσιάζουν

ασυνεχή χαρακτήρα και ποικίλες διαστάσεις και φιλοξενούνται σε χαρτζβουργιτικές μάζες μεγάλων διαστάσεων.

Σε όλες σχεδόν τις περιοχές εξαιτίας του έντονου τεκτονισμού και της απουσίας σωρευτικών και ηφαιστειακών οφιολιθικών μελών, υπήρξε δυσκολία στον ακριβή καθορισμό της στρωματογραφικής θέσης των χρωμιτών (δηλαδή βάθος μέσα στο μανδύα από την πετρολογική ασυνέχεια ΜΟΗΟ).

Οι περισσότερες χρωμιτικές συγκεντρώσεις έχουν άμεση σχέση με ασυνεχείς τεκτονικές γραμμές των υπερβασιτών οι οποίες δημιουργήθηκαν σε ωκεάνιο περιβάλλον και επαναλειτούργησαν σαν ζώνες ολίσθησης σε ορο-γενετικές φάσεις. Η ακανόνιστη, συχνά αποστρογγυλωμένη, μορφή των χρωμιτικών σωμάτων με λεία εξωτερική επιφάνεια, η έλλειψη συνέχειας μεταξύ τους και η απότομη επαφή χρωμιτίτη - σερπεντινίτη, οφείλονται στην έντονη τεκτονική καταπόνηση και τη διαφορετική μηχανική συμπεριφορά του χρωμιτίτη από το σερπεντινίτη κατά την κίνηση.

Κατά την άποψη μας οι κύριοι παράγοντες που συνέβαλαν στη συγκέντρωση και τη μορφή των χρωμιτιτών μέσα στις υπερβασικές μάζες έχουν άμεση σχέση με: α. Τη δυναμική που επικρατούσε κατά την ανάδυση των οφιολίθων σε ωκεάνιο περιβάλλον. β. Την τεκτονική κατά την τοποθέτηση των οφιολίθων όπου συχνά παρουσιάζεται καταστροφή και κατακερματισμός των χρωμιτικών σωμάτων και παραλληλισμός, με μορφή ασυνεχών συμπαγών φακών, με τις κύριες τεκτονικές ασυνέχειες.

Η ανάλυση του μηχανισμού μορφοποίησης των χρωμιτικών σωμάτων απαιτεί την ύπαρξη ισχυρών πεδίων συμπίεσης που οφείλονται αφ' ενός στην κατάσταση του αρχικού σώματος και αφ' ετέρου στην μορφή της τεκτονικής καταπόνησης. Τέτοια ισχυρά πεδία συμπίεσης παρουσιάζονται κύρια σε ζώνες έντονης διάτμησης οι οποίες στη συνέχεια συχνά παραλληλίζονται με τα επίπεδα των ζωνών ολίσθησης που ευνοούν την ύπαρξη μεταλλοφόρων συγκεντρώσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- ΑΠΟΣΤΟΛΙΑΔΗΣ, Γ., ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι., ΓΕΩΡΓΑΚΑΚΗΣ, Ν., και ΧΑΤΖΗΣ, Ι., (1982). Τα αποθέματα χρωμίτη της Ερέτριας (Τσαγκλί). Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα 1982, 27 σελ.
- ΑΠΟΣΤΟΛΙΑΔΗΣ, Γ., ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ, Ι., ΓΕΩΡΓΑΚΑΚΗΣ, Ν., ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ, Μ., και ΧΑΤΖΗΣ, Ι., (1983). Τα αποθέματα χρωμίτη της περιοχής Δομοκού. Εσωτερική έκθεση Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα 1983, 15 σελ.
- BAUMGARTNER, P. and BERNOULLI, D. (1976). Stratigraphy and radiolarian fauna in a Late Jurassic Early Cretaceous section near Achladi (Evia, Eastern Greece). *Eclogae geol. Helv.*, 69/3, 601-626.
- CAMERON, W., E., NISBET, E., G. and DIETRICH, V., (1979). Boninites, Komatites and ophiolitic basalts, *Nature*, 280 (5723), 550-553.
- CAPEDRI, S., (1976). Relazione tra evoluzione geochemica e strutturale in una ultramafite di ambiente ofiolitico. *Boll. Svizzero di Miner. e Petrogr.* 56, 345-359.
- CAMERON, W., E. (1985). Petrology and origin of primitive lavas from the Troodos ophiolite, Cyprus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 89, 239-55.
- ΓΚΑΡΤΖΟΣ, Ε., ΔΑΒΗ, Ε., ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ., ΣΕΡΕΛΗΣ, Κ. και ΠΑΡΧΑΡΙΔΗΣ, Ισ. (1993). Οι χρωμιτικές συγκεντρώσεις στα υπερβασικά πετρώματα της Εύβοιας και της Ανατ. Θεσσαλίας: Μελέτη γεωτεκτονικού περιβάλλοντος σχηματισμού των οικονομικό ενδιαφέρον. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος Γ.Γ.Ε.Τ. (Πρόταση 89 ΕΔ 290), 58 σελ., Αθήνα 1993.
- DICK, H. (1974). The Josephine peridotites, a refractory residue of the generation of andesite. *Trans. Am. Geophys. Union (EOS)*, 56, 464p.
- DICK, H. (1982). The petrology of two Back-arc-basins of the northern Philippine

- sea., *Am. J. Sci.*, 282, 644-700.
- DICK, H. and BRYAN, W., B. (1979). Variation of basalt phenocryst mineralogy and rock compositions in DSDP hole 396B. *Initial Reports DSDP*, 46, 215-225.
- DICK, H. and BULLEN, T. (1984). Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 86, 54-76.
- DIETRICH, V. (1979). Ophiolitic belts of the Central Mediterranean (1:2500000). IGCP Project Ophiolites. *International Atlas of Ophiolites*, 4 sheets with explanations, *Geol. Soc. Amer.*, Map and chart series, MC-33.
- DIETRICH, V., OBERHANSLI, R. and MERCOLLI, I. (1987). A new occurrence of boninite from the ophiolitic melange in the pindus-Sub-Pelagonian zone S.L. (Aegina island, Saronic gulf, Greece). *Ophioliti*, 12, 83-90.
- ECONOMOU, M. (1982). An unusual association of Fe-Ni-Co-Cu sulfides with chromite and magnetite in Eretria (Tsagli). *Chem. Erde*, 41, 325-336.
- ECONOMOU, M. and NALDRETT, A. (1984). Sulfides associated with podiform bodies of chromite at Tsagli, Greece. *Miner. Deposita*, 19, 289-297.
- ECONOMOU, M., DIMOU, E., ECONOMOU, G., MIGIROS, G., VACONDIOS, I., GRIVAS, E., RASSIOS, A. and DABITZIAS, S. (1986). Chromite deposits of Greece, In: CHROMITES (p.129-159), Unesco's IGCP-197 project, Metallogeny of ophiolites. Ed. W. Petraschek et. al. Theophrastus publications, Athens.
- GARTZOS, E., (1986). On the genesis of cryptocrystalline magnesite deposits in the ultramafic rocks of northern Evia, Greece. Ph.D. Thesis, E.T.H., Zurich 1986, 195 p.
- GREEN, D., H. and RINGWOOD, A., E. (1967). The genesis of basaltic magmas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 15, 103-190.
- HILAKOS, P., (1980). The geology exploration and exploitation of podiform chromite deposits with special reference to the chromite deposits of Greece. M.Sc. thesis, Univ. of London, 116 p.
- HYNES, A., J., (1972). The geology of part of the western Othris mountains, Greece. Ph.D. Thesis, Trinity College, Cambridge, 400p.
- I.G.M.E. (1973). Μεταλλογενετικός χάρτης της Ελλάδος, Αθήνα 1973.
- KATSIKATSOS, G. (1977). La structure tectonique d'Attique et d'Eubee. VI Coll. on the Geol. of the Aegean Reg., Athens, I, 211-228.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., VIDAKIS, M. (1982). La structure geologique de la region de la Thessalie orientale (Grece). *Ann. Soc. Geol. Nord.*, CI, p. 177-188.
- KATSIKATSOS, G., MIGIROS, G., TRIANTAPHYLLIS and METTOS, A. (1986). Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly SW Macedonia, Euboea Attica Northern Cyclades and Lesvos). *I.G.M.E., Geol. and Geoph. Res.*, Special issue, 191-212.
- MENZIES, M. and ALLEN, C. (1974). Plagioclase lherzolites - residual mantle relationships within two E. Mediterranean ophiolites. *Contrib. Mineral. Petrol.* 45, 197-213.
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ., (1983). Γεωλογική μελέτη περιοχής κάτω Ολύμπου Θεσσαλίας. Διδακτ. Διατριβή, Πανεπ. Πατρών, Πάτρα 1983, 204 σελ.
- MIGIROS G., (1983). The geology and geochemistry of ophiolitic rocks in the area of East Thessaly (Greece). *Ophioliti*, 8, 46.
- ΜΙΓΚΙΡΟΣ, Γ. (1986). Οι οφιόλιθοι της Αν. Θεσσαλίας I.G.M.E., *Geol. and Geop. Res.*, Special issue, 249-268.
- MIGIROS, G. and ECONOMOU, G., S. (1988). Chromites in the ultrabasic rocks of East Thessaly complex (central Greece). *Ophioliti*, 13 (2/3), 127-136.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΙΣ, D. et al. (1983). Paleogeographic conditions in the western pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental

- area. Canadian Journal of Earth Sci., 20, 1673-1681.
- MUSSALLAM, K., JUNG, D. and BURGATH, K. (1981). Textural features and chemical characteristics of chromites in ultrabasic rocks, Chalki-diki complex (North-East Greece). *Tschermaks Min. Petr.* 29, 75-101.
- NICOLAS, A. and JACKSON, E. (1972). Repartition en deux provinces des peridotites des chaînes alpines longeant la Méditerranée: implications géotectoniques. *Schweiz. Min. und Pet. Mitt.*, 52, 479-95.
- ΠΑΝΑΓΟΣ, Α., (1965). Συμβολή στη μελέτη των ελληνικών χρωμιτών. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 18, 1-42.
- SIMANTOV., J., (1991) Magmatisme Basaltique, Peridotites, Ophiolitiques et formations associées en Eubée centrale (Grèce). Origines et implications géotectoniques. Ph.D. Thesis. Univ. Genève 1991.
- THAYER, T., P., (1970). Chromite segregations as petrogenetic indicators. *Geol. Soc. S. Africa. Special publ.* 1, 380-390.
- WALLBRECHER, E. (1976). Geologie und Tektonik auf dem Südtail der Magnesischen Halbinsel (Nord-Griechenland). *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 127, 365-371.