



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

---

**ΑΡΓΥΡΙΟΥ Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ**  
Γεωλόγου

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**  
**ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ**  
**ΒΩΞΙΤΗ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ**  
**ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΤΗ ΓΕΡΑΚΙΝΗΣ**

**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στη Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον**  
**Ειδίκευση: Πετρολογία - Γεωχημεία**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007**

**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΑΡΓΥΡΙΟΥ Α. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ**  
Γεωλόγου

**ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ**  
**ΒΩΞΙΤΗ ΚΛΕΙΣΟΥΡΑΣ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΤΗ ΓΕΡΑΚΙΝΗΣ**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας  
Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας  
Ημερομηνία προφορικής εξέτασης 8 Οκτωβρίου 2007

**Συμβουλευτική Επιτροπή**

**Καθηγητής Τσιραμπίδης Ανανίας, Επιβλέπων**

**Καθηγητής Βαβελίδης Μιχαήλ, Μέλος**

**Αναπλ. Καθηγητής Τμήματος Οικονομικών Επιστημών Βαρσακέλης Νικόλαος, Μέλος**

**Αφιερώνεται στους γονείς μου  
ως ελάχιστη ανταπόδοση  
για ό,τι αδιάκοπα μου προσφέρουν**

## Περιεχόμενα

|                                                                                            | Σελ. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Πρόλογος.....                                                                              | 1    |
| Κεφάλαιο Πρώτο: Οικονομικά των Ορυκτών Πόρων.....                                          | 3    |
| 1.1 Η αξία του ορυκτού πλούτου.....                                                        | 3    |
| 1.2 Προσφορά προϊόντων του ορυκτού πλούτου στην αγορά.....                                 | 8    |
| 1.3 Ορυκτός πλούτος και περιφερειακή ανάπτυξη.....                                         | 9    |
| 1.4 Επενδύσεις.....                                                                        | 11   |
| 1.5 Σύγχρονες μεταλλευτικές πολιτικές.....                                                 | 15   |
| 1.6 Ο μεταλλευτικός - λατομικός κλάδος στην Ελλάδα.....                                    | 17   |
| Κεφάλαιο Δεύτερο: Ο βωξίτης Κλεισούρας Φωκίδας.....                                        | 19   |
| 2.1 Εισαγωγή.....                                                                          | 19   |
| 2.2 Γεωλογία περιοχής κοιτάσματος βωξίτη Κλεισούρας.....                                   | 19   |
| 2.3 Περιγραφή κοιτάσματος βωξίτη Κλεισούρας.....                                           | 24   |
| 2.4 Σχηματισμός κοιτάσματος βωξίτη Κλεισούρας.....                                         | 25   |
| 2.5 Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας.....                                     | 28   |
| 2.6 Γεωχημικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας.....                                        | 35   |
| 2.7 Ιστολογικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας.....                                       | 39   |
| 2.8 Εμπορικοί τύποι βωξίτη - Χρήσεις.....                                                  | 42   |
| 2.9 Εμπορικοί τύποι ελληνικών βωξιτών.....                                                 | 43   |
| 2.10 Συμπεράσματα.....                                                                     | 49   |
| Κεφάλαιο Τρίτο: Ο μαγνησίτης Γερακινής Χαλκιδικής.....                                     | 51   |
| 3.1 Εισαγωγή.....                                                                          | 51   |
| 3.2 Γεωλογία περιοχής κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής.....                                 | 51   |
| 3.3 Περιγραφή κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής.....                                         | 56   |
| 3.4 Σχηματισμός κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής.....                                       | 61   |
| 3.5 Οι πηγματιτικές φλέβες και η σχέση τους με τη γένεση του μαγνησίτη.....                | 63   |
| 3.6 Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά μαγνησίτη Γερακινής.....                                   | 65   |
| 3.7 Γεωχημικά χαρακτηριστικά μαγνησίτη Γερακινής.....                                      | 66   |
| 3.8 Εμπορικοί τύποι μαγνησίτη - Χρήσεις.....                                               | 68   |
| 3.9 Εμπορικοί τύποι μαγνησίτη Γερακινής.....                                               | 74   |
| 3.10 Συμπεράσματα.....                                                                     | 75   |
| Κεφάλαιο Τέταρτο: Μελέτη των εταιρειών εξόρυξης και επεξεργασίας βωξίτη και μαγνησίτη..... | 77   |
| 4.1 Κλάδος βωξίτη.....                                                                     | 77   |
| 4.2 Κλάδος μαγνησίτη.....                                                                  | 78   |
| 4.3 Περιγραφή εταιρειών.....                                                               | 80   |
| 4.3.1 S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.....                                                      | 80   |
| 4.3.2 ΕΛΜΙΝ.....                                                                           | 82   |
| 4.3.3 Δελφοί Δίστομο.....                                                                  | 83   |
| 4.3.4 Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.....                                                | 83   |
| 4.4 Ανάλυση Χρηματοοικονομικών καταστάσεων - Αριθμοδείκτες.....                            | 86   |
| 4.4.1 Γενικά.....                                                                          | 86   |

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.2 Αριθμοδείκτες.....                                       | 87  |
| 4.4.3 Ανάλυση αριθμοδεικτών.....                               | 89  |
| 4.4.4 Συγκριτική εξέλιξη αριθμοδεικτών της κάθε εταιρείας..... | 92  |
| 4.4.4.1 Κλάδος βωξίτη.....                                     | 92  |
| 4.4.4.2 Κλάδος μαγνησίτη.....                                  | 94  |
| Κεφάλαιο Πέμπτο: Μελέτη εξαγωγών.....                          | 95  |
| 5.1 Γενικά.....                                                | 95  |
| 5.2 Παρουσίαση υποδείγματος.....                               | 96  |
| 5.3 Συμπεράσματα.....                                          | 101 |
| Περίληψη.....                                                  | 105 |
| Summary.....                                                   | 109 |
| Παράρτημα I: Περιθλασιογράμματα βωξίτη Κλεισούρας .....        | 113 |
| Παράρτημα II: Περιθλασιογράμματα μαγνησίτη Γερακινής .....     | 117 |
| Βιβλιογραφία.....                                              | 123 |

## Πρόλογος

Η εκπόνηση αυτής της διατριβής ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Α.Π.Θ. στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον στον κλάδο Πετρολογία – Γεωχημεία.

Ο βωξίτης και ο μαγνησίτης αποτελούν δυο από τα πιο σημαντικά προϊόντα της ελληνικής μεταλλευτικής βιομηχανίας, με μεγάλο μερίδιο στις εξαγωγές του κλάδου. Η Ελλάδα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός βωξίτη και η μεγαλύτερη χώρα εξαγωγής μαγνησίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η εκμετάλλευση κοιτασμάτων βωξίτη ξεκίνησε το 1925 στην περιοχή του Παρνασσού, ενώ αυτή του μαγνησίτη το 1912 στο Βάβδο Χαλκιδικής. Στόχος αυτής της διατριβής ειδίκευσης είναι η λεπτομερής μελέτη των ορυκτολογικών και χημικών συστατικών των κοιτασμάτων μαγνησίτη στην περιοχή Γερακινής (Ν. Χαλκιδικής) και βωξίτη στην περιοχή Κλεισούρας (Ν. Φωκίδας), η μελέτη της συμπεριφοράς των εξαγωγών τους, καθώς και ο καθορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν αυτή τη συμπεριφορά. Ακόμη, γίνεται παρουσίαση των εταιρειών που εξορύσσουν βωξίτη και μαγνησίτη στην Ελλάδα σήμερα, με έμφαση στη θέση που έχει η καθεμιά εταιρεία στον κλάδο, καθώς και της σημερινής τους οικονομικής κατάστασης.

Στα πλαίσια αυτής της διατριβής θεωρήθηκε επίσης σκόπιμο να γίνει αναφορά σε θέματα που αποτελούν αντικείμενο της οικονομικής κοιτασματολογίας, όπως η εκτίμηση της αξίας του ορυκτού πλούτου, ο ρόλος των επενδύσεων, η επίδραση του ορυκτού πλούτου στην περιφερειακή ανάπτυξη, οι αγορές των προϊόντων εξορυκτικής δραστηριότητας, οι σύγχρονες μεταλλευτικές πολιτικές και τέλος η περιγραφή της κατάστασης του κλάδου στην Ελλάδα.

Η ακτινογράφιση των δειγμάτων και η ορυκτολογική τους ανάλυση πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια του Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, ενώ η χημική τους ανάλυση πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια του Ι.Γ.Μ.Ε., παράρτημα Ξάνθης, με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης.

Την πρόταση του θέματος έκανε ο Καθηγητής κ. Α. Τσιραμπίδης, ως επιβλέπων και για το λόγο αυτό θα ήθελα να τον ευχαριστήσω θερμά για τη βοήθεια, τη συμπαράσταση και τη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Θερμά ευχαριστώ επίσης τους Καθηγητές κ.κ. Μ. Βαβελίδη και Γ. Χριστοφίδη για τις πολύτιμες συμβουλές τους και το συνεχές ενδιαφέρον τους για την πρόοδο και το περιεχόμενο αυτής της διατριβής ειδικευσης. Τέλος, τον Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Οικονομικών Επιστημών του Α.Π.Θ. κ. Ν. Βαρσακέλη ευχαριστώ θερμά για την άριστη συνεργασία και τις υποδείξεις του σε θέματα Οικονομετρίας και Οικονομικής των Επιχειρήσεων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στον κ. Γ. Κατσανόπουλο, προϊστάμενο του χημείου του Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης για τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων και την αρτιότητα των αποτελεσμάτων. Οφείλω επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Γ. Φραγκούλη, υπεύθυνο ποιοτικού ελέγχου της εταιρίας Ελληνικοί Λευκόλιθοι, για τη διάθεση των δειγμάτων μαγνησίτη, καθώς και τον Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. κ. Κ. Μιχαηλίδη για τη διάθεση δειγμάτων και λεπτών τομών βωξίτη.

Την Δρ. Α. Παπαδοπούλου ευχαριστώ πολύ για τις συμβουλές της και τη βοήθειά της κατά τη φωτογράφιση των λεπτών τομών των δειγμάτων βωξίτη, όπως και τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας κ. Α. Δρακούλη για τη βοήθειά του στην ακτινογράφιση των δειγμάτων και τις πολύτιμες συμβουλές του σε θέματα περιθλασιμετρίας ακτίνων Χ.

Τον υποψήφιο Διδάκτορα του τμήματος Οικονομικών Επιστημών Γερονικολάου Γεώργιο ευχαριστώ πολύ για τις συμβουλές του σε θέματα οικονομετρίας. Ευχαριστίες οφείλονται και στους αγαπητούς συναδέλφους κ.κ. Α. Γιούρη, Ι. Γεωργιάδη, Ε. Θεοδόσογλου, Α. Ζιαφέτη και Α. Μπουρλίβα για τις συμβουλές τους και τη γενικότερη συμβολή τους στην εκπόνηση αυτής της διατριβής ειδικευσης.

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>**

### **Οικονομικά των ορυκτών πόρων**

#### **1.1 Η αξία του ορυκτού πλούτου**

Η έννοια της αξίας είναι βασική στα οικονομικά των ορυκτών πόρων, όπως άλλωστε και σε όλους τους κλάδους των οικονομικών. Η έννοια της αξίας έχει μια ιδιαιτερότητα στην περίπτωση των ορυκτών πόρων επειδή είναι μη ανανεώσιμοι. Επιπλέον, απαιτούνται σημαντικά αποθέματα οικονομικών πόρων που θα πρέπει να αναλωθούν ώστε ένα ανεπεξέργαστο ορυκτό να μετατραπεί σε ένα χρήσιμο προϊόν (Humphrey, 1983).

Σύμφωνα με τη νεοκλασική σχολή οικονομικής σκέψης τα κοιτάσματα ορυκτών πρώτων υλών θεωρούνται ως στοιχείο πάγιου ενεργητικού και ως τέτοια η αξία τους υπολογίζεται από την καθαρή ροή εισοδήματος ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εκμετάλλευσης.

Υπάρχουν τουλάχιστον τρεις βασικοί παράγοντες αξιολόγησης της αξίας ενός κοιτάσματος. Αυτοί είναι η τιμή την οποία είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι καταναλωτές για το προϊόν, η ποιότητά του, καθώς και άλλοι παράγοντες σχετικοί με την ευκολία πρόσβασης στο κοιτάσμα και το κόστος επεξεργασίας του. Ειδικότερα η αξία ενός κοιτάσματος σχετίζεται με τη σπανιότητα των ορυκτών πόρων. Το γεγονός ότι οι ορυκτοί πόροι είναι μη ανανεώσιμοι σημαίνει πως η προσφορά τους σε μια πεπερασμένη αγορά θα πρέπει να είναι περιορισμένη (Humphrey, 1983).

Ορυκτοί πόροι οι οποίοι απαντώνται συχνά στη φύση, για παράδειγμα άμμοι και χαλίκια, είναι φθηνοί και εξορύσσονται σε μικρές αποστάσεις από την αγορά για την οποία προορίζονται, καθώς δε συμφέρει η μεταφορά τους σε μεγάλες αποστάσεις (Crouch, 1993). Αντίθετα, ορυκτοί πόροι που είναι σπάνιοι, έχουν υψηλή αξία και το κόστος μεταφοράς τους δεν αποτελεί εμπόδιο στο να αποτελέσουν αντικείμενο διεθνούς εμπορίου. Η αξία ενός ορυκτού πόρου εξαρτάται επίσης και από το πόσο έχει αναπτυχθεί η αγορά του συγκεκριμένου ορυκτού. Ο ρόλος των εταιριών που εξορύσσουν και επεξεργάζονται ορυκτούς πόρους είναι θεμελιώδης. Μπορούν να προάγουν την ανάπτυξη του κλάδου και της αγοράς ενός ορυκτού μέσω της παραγωγής προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, της αναζήτησης νέων αγορών,

της ανάπτυξης καινοτόμων προϊόντων, των εξαγορών και συγχωνεύσεων εταιριών και της ανάπτυξης φθηνότερων υποκατάστατων προϊόντων ώστε να αποκτηθεί μερίδιο σε υφιστάμενες αγορές (Manning, 1995).

Σύμφωνα με μια άλλη άποψη σχετική με την εκτίμηση της αξίας ενός κοιτάσματος, αν και ουσιαστικά αλληλεπικαλύπτεται με την πρώτη, είναι λιγότερο θεωρητική και περισσότερο κοντά στην πραγματικότητα. Η ουσία αυτής της άποψης συνοψίζεται στα εξής: Πρακτικά ένα κοιτάσμα δεν έχει αξία μέχρι να αναγνωριστεί η οικονομική του αξία μέσω της προκαταρκτικής έρευνας, και η πιθανή του αξία γίνεται αντιληπτή μόνο όταν το ορυχείο λειτουργήσει (Crowson, 1982). Η αλληλοεπικάλυψη με την πρώτη άποψη έγκειται στο ότι ο εντοπισμός ενός κοιτάσματος μπορεί να θεωρηθεί ως δημιουργία ενός νέου στοιχείου πάγιου ενεργητικού που δεν υπήρχε πριν.

Ωστόσο η άποψη ότι η πιθανή αξία ενός κοιτάσματος αναγνωρίζεται μόνο όταν αυτό εκμεταλλευτεί, έχει ως αποτέλεσμα το κοιτάσμα να θεωρείται περισσότερο ως πηγή εισοδήματος παρά ως στοιχείο του πάγιου ενεργητικού. Η λογική πίσω από αυτή την άποψη είναι απλή. Όσο το κοιτάσμα παραμένει ανεκμετάλλευτο στο έδαφος, δεν παράγει εισόδημα και δεν παρέχει καμία χρησιμότητα στους καταναλωτές. Πρακτικά το κοιτάσμα αποκτά αξία μόνο όταν μέσω της εργασίας και του κεφαλαίου (μηχανήματα) αυτό εξορυχτεί, επεξεργαστεί και μετατραπεί σε εμπόρευμα που μπορεί να πωληθεί στην αγορά. Η αξία του συνεπώς θεωρείται προϊόν του κόστους εξόρυξης και επεξεργασίας. Από μια άλλη οπτική γωνία η αξία των κοιτασμάτων για τη μεταλλευτική βιομηχανία σε λογιστικούς όρους είναι μέγεθος 'ροή' παρά μέγεθος 'απόθεμα', καθώς η πώληση ορυκτών αποτελεί 'ροή' που δημιουργεί εισόδημα για την εταιρία. Συνοπτικά η αξία ενός κοιτάσματος αφορά την εμπορική αξία των ορυκτών προϊόντων που προκύπτουν από την επεξεργασία του κοιτάσματος σε τρέχουσες τιμές και όχι την αξία του ως πάγιο ενεργητικό (Humphrey, 1983).

Κατά μια τρίτη άποψη η αξία του ορυκτού πλούτου εξετάζεται από μια εθνική και πολιτική (μακροοικονομική) οπτική γωνία, γεγονός που την ξεχωρίζει από τις υπόλοιπες. Σε εθνικό επίπεδο είναι που καθορίζεται το νομικό πλαίσιο, το δημοσιονομικό καθεστώς και οι οικονομικές παράμετροι εξόρυξης. Η συνολική αξία

ενός κοιτάσματος σε εθνικό επίπεδο έχει αυξημένη σημασία και καθορίζεται από την προσδοκώμενη ροή εισοδήματος, στην οποία εκτός από το συνολικό οικονομικό δυναμικό του κοιτάσματος (άμεσο εισόδημα) συμπεριλαμβάνονται και δευτερογενή εισοδήματα που προκύπτουν από την εργασία και γενικά από τη σύνδεση της μεταλλευτικής δραστηριότητας με άλλους κλάδους της οικονομίας. Ο βαθμός στον οποίο η εκτίμηση της αξίας ενός κοιτάσματος επηρεάζεται από αυτούς τους μακροοικονομικούς παράγοντες εξαρτάται από την οικονομική συγκυρία στην οποία βρίσκεται η χώρα με το κοιτάσμα. Η μεγάλη πολυπλοκότητα της οικονομικής ανάλυσης σήμερα έχει οδηγήσει στο να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στον εθνικό χαρακτήρα των κοιτασμάτων.

Για να εκτιμηθεί η αξία ενός κοιτάσματος η μεταλλευτική επιχείρηση θα πρέπει να εκτιμήσει πρώτα τα φυσικά του χαρακτηριστικά. Βασισμένη σε αυτή την εκτίμηση και σε κοινούς επιχειρηματικούς κανόνες, η επιχείρηση εκτιμά στη συνέχεια το κόστος σχεδιασμού, κεφαλαίου και λειτουργίας του κοιτάσματος. Τα προσδοκώμενα έσοδα από το κοιτάσμα είναι ανάλογα των εκτιμημένων αποθεμάτων του κοιτάσματος και της αναμενόμενης αξίας του. Τα προσδοκώμενα κόστη αφαιρούνται από τα προσδοκώμενα έσοδα και προκύπτει η προσδοκώμενη αξία του κοιτάσματος (Mackenzie et. al, 1988). Στο τέλος η τιμή αυτή πολλαπλασιάζεται με ένα παράγοντα που αντανακλά το σφάλμα που συμπεριλαμβάνεται (ως παράγοντας πιθανότητας):

$$\text{Προσδοκώμενη αξία} = (\text{Προσδοκώμενα έσοδα} - \text{Προσδοκώμενα κόστη}) \times \text{Συντελεστής σφάλματος.}$$

Υποθέτοντας ένα ορυκτό του οποίου η τιμή αυξάνεται σημαντικά, η τάση που αναμένεται να ισχύσει για σημαντικό χρονικό διάστημα στο μέλλον και η αύξηση της εμπορικής τιμής του έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της καθαρής του αξίας (έσοδα ανά μονάδα που πωλείται μείον το κόστος ανά μονάδα που παράγεται). Υποθέτεται ότι ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της καθαρής του αξίας είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό αύξησης του επιτοκίου. Σ' αυτή την περίπτωση, επειδή η αξία του ανεκμετάλλευτου κοιτάσματος αυξάνεται πιο γρήγορα από την αξία του σε περίπτωση εκμετάλλευσης και επένδυσης του εισοδήματος που θα προέκυπτε κάπου αλλού, και από τη στιγμή που επιδιώκεται το μέγιστο κέρδος, λογικό θα ήταν να

διατηρηθεί το κοιτάσμα ανεκμετάλλευτο σε μορφή παγίου ενεργητικού (απόθεμα). Σε αντίθεση με αυτό μια μεταλλευτική επιχείρηση θα μπορούσε να θεωρήσει πιο λογικό να αξιοποιήσει την αναδυόμενη αυτή αγορά του συγκεκριμένου ορυκτού αξιοποιώντας όσο πιο εντατικά γίνεται το κοιτάσμα, για το χρονικό διάστημα που η αγορά είναι ακόμη ευνοϊκή.

Σύμφωνα με την άποψη της μη εκμετάλλευσης του κοιτάσματος και της διατήρησής του ως αποθεματικού επιχειρείται μια συνθήκη ισορροπίας ροών στην αγορά του μεταλλεύματος και μια ισορροπία αποθεμάτων στην αγορά του κοιτάσματος (Solow, 1974). Η επίτευξη αυτών των συνθηκών, που αντιπροσωπεύουν την άριστη χρήση των περιορισμένων αποθεμάτων ορυκτών, εξαρτάται από την επιλογή κίνησης μεταξύ των αντίστοιχων αγορών ανάλογα με τη διακύμανση των τιμών. Ωστόσο μια μεταλλευτική επιχείρηση συνήθως προτιμά την εξόρυξη και συνεπώς προσανατολίζεται στην αγορά μεταλλεύματος, με συνέπεια να αγνοεί θεωρητικά την περιορισμένη ποσότητα αποθεμάτων των ορυκτών.

Η συμπεριφορά της μεταλλευτικής επιχείρησης εξηγείται από το ότι μια πιθανή διακοπή της εξόρυξης μεταλλεύματος με σκοπό την αύξηση της αξίας των αποθεμάτων όσο οι τιμές του αυξάνονται, εμπεριέχει ενόνητα κόστος για την επιχείρηση. Το κόστος αυτό αναφέρεται στο κόστος διατήρησης του προσωπικού, τη συντήρηση του μηχανολογικού εξοπλισμού κ.ά. Επιπρόσθετα, με την αύξηση της συμμετοχής κεφαλαίου στην εξόρυξη, τα σταθερά έξοδα έχουν την τάση να αυξάνονται αναλογικά τόσο με τα μεταβλητά έξοδα, όσο και με την ανά μονάδα αξία της παραγωγής του ορυχείου, έτσι που να μειώνεται η πιθανότητα η μελλοντική αύξηση των τιμών να είναι αρκετή ώστε να αντισταθμίσει το κόστος μη εξόρυξης για την εταιρία. Σε ότι αφορά τα μεταβλητά έξοδα, τα οικονομικά των περισσότερων επιχειρήσεων βασίζονται στην ιδέα της σταθερότητας στην παραγωγή. Παράδειγμα είναι η ανάγκη συνεχούς παροχής ενός συγκεκριμένου μέσου όγκου μεταλλεύματος σε μια μονάδα επεξεργασίας, ώστε να εξασφαλιστεί η άριστη χρήση της.

Υπάρχουν αναπόφευκτες ατέλειες σχετικά με τις διαθέσιμες πληροφορίες μιας μεταλλευτικής επιχείρησης. Μια από αυτές είναι η αναπόφευκτη αβεβαιότητα που υπάρχει ιδίως για τις επιχειρήσεις που δρουν σε ανταγωνιστικό περιβάλλον. Ακόμη και αν υποθέσουμε ότι οι τιμές του ορυκτού στο εμπόριο αυξάνονται σημαντικά έτσι

ώστε να μπορεί να καλυφθεί το άμεσο κόστος της διακοπής της παραγωγής, θα υπάρχουν πάλι ισχυρά κίνητρα για την επιχείρηση ώστε να συνεχίσει την παραγωγή, παρά να προτιμήσει τη δημιουργία αποθεμάτων (συσσώρευση παγίου κεφαλαίου). Καμία επιχείρηση δεν μπορεί να είναι απόλυτα σίγουρη ότι το νομικό – δημοσιονομικό πλαίσιο και γενικότερα οι συνθήκες εξόρυξης ενός κοιτάσματος θα είναι ευνοϊκές και στο μέλλον. Στις περισσότερες επιχειρήσεις, μεταλλευτικές και μη, τόσο τα εισοδήματα όσο και τα κέρδη μέχρι να εισπραχθούν δεν χρησιμοποιούνται από τη λογιστική για τον καθορισμό οικονομικών αποτελεσμάτων. Αυτή η τακτική αποτελεί την αρχή της συντηρητικότητας, σύμφωνα με την οποία επιλέγεται η μέθοδος καθορισμού οικονομικών αποτελεσμάτων που θα παρουσιάζει τα λιγότερο ευνοϊκά αποτελέσματα στο καθαρό κέρδος και στην περιουσιακή κατάσταση της επιχείρησης κατά την τρέχουσα χρήση, με σκοπό την αποφυγή διόγκωσης των κερδών της επιχείρησης και τυχόν εσφαλμένες εντυπώσεις στο επενδυτικό κοινό (Τσακλάγκανος, 2004). Αυτοί είναι οι λόγοι που οδηγούν μια μεταλλευτική επιχείρηση που αναζητά τη μεγιστοποίηση του κέρδους της στο να προτιμά ένα σίγουρο και λογικό εισόδημα στο παρόν αντί για ένα υποθετικά μεγαλύτερο εισόδημα στο αβέβαιο μέλλον.

Ακόμη, μια πηγή αβεβαιότητας για τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις αποτελεί ο όγκος του διαθέσιμου αποθέματος ενός κοιτάσματος, ο οποίος είναι δεδομένος και η εξάντλησή του οδηγεί σε κλιμακούμενο κόστος παραγωγής. Αυτή η αβεβαιότητα αντιμετωπίζεται με τον εντοπισμό νέων κοιτασμάτων, ενώ σε συνδυασμό με την τεχνολογική πρόοδο γίνεται πλέον δυνατή η αξιοποίηση κοιτασμάτων χαμηλότερης περιεκτικότητας σε μέταλλευμα, χωρίς να αυξάνεται σημαντικά το κόστος εκμετάλλευσης.

Τα παραπάνω εμπόδια δεν επηρεάζουν το ίδιο όλα τα μεταλλεύματα, ούτε και όλες τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις. Πολλά από τα εμπόδια αυτά προέρχονται από το γεγονός ότι πολλές μεταλλευτικές επιχειρήσεις παράγουν σε τιμές τις οποίες δεν μπορούν να επηρεάσουν στην αγορά εξαιτίας του ανταγωνισμού, ενώ επιπλέον ο ανταγωνισμός αυτός αποτελεί πηγή αβεβαιότητας για τις επιχειρήσεις.

Διαφορές υπάρχουν επίσης στην εκτίμηση της αξίας των κοιτασμάτων από την οπτική γωνία του κράτους και των μεταλλευτικών επιχειρήσεων, επειδή τα

οικονομικά τους συμφέροντα δε συμπίπτουν. Σε μια αναπτυγμένη οικονομία, όπου υπάρχει σχεδόν πλήρης απασχόληση των παραγωγικών συντελεστών, η αγορά παγίων κεφαλαίων και οι λογαριασμοί εμπορίου βρίσκονται σε ισορροπία και το κοινωνικό κόστος ευκαιρίας της παραγωγής (που είναι υψηλό σε αυτή την περίπτωση) αντανakλά με ακρίβεια τα επιτόκια της αγοράς. Σε αυτή την περίπτωση οι αποφάσεις των μεταλλευτικών επιχειρήσεων και του κράτους συμπίπτουν (Humphrey, 1983). Αντίθετα, σε μια οικονομία ή μέρος μιας οικονομίας όπου οι παραγωγικοί συντελεστές δεν απασχολούνται πλήρως, π.χ σε μια υπό ανάπτυξη χώρα, με αποτέλεσμα το κοινωνικό κόστος ευκαιρίας να είναι χαμηλό, υπάρχει άμεση ανάγκη για ξένο συνάλλαγμα και το ενδεχόμενο δημιουργίας δευτερογενούς εισοδήματος από μια επένδυση είναι έντονο. Σε αυτή την περίπτωση είναι πιθανό ο κοινωνικός συντελεστής απόδοσης να είναι σημαντικά υψηλότερος από αυτόν που προκύπτει μόνο από εμπορικούς υπολογισμούς. Τα παραπάνω εξηγούν το λόγο για τον οποίο σε αυτές τις χώρες ο ορυκτός τους πλούτος έχει τόσο μεγάλη αξία, καθώς επίσης και την άμεση εκμετάλλευσή του. Γενικά, ο ορυκτός πλούτος συντελεί πολύ περισσότερο στην ανάπτυξη των υπό ανάπτυξη χωρών, σε σχέση με τις αναπτυγμένες.

Συμπερασματικά προκύπτει πως βλέποντας τη μεγιστοποίηση του οικονομικού αποτελέσματος από διαφορετικές οπτικές γωνίες τα συμπεράσματα για την εκτίμηση της αξίας ενός κοιτάσματος και οι αποφάσεις για την εκμετάλλευση ή μη ενός κοιτάσματος είναι εντελώς διαφορετικά (Humphrey, 1983).

## **1.2 Προσφορά προϊόντων του ορυκτού πλούτου στην αγορά**

Η πιθανότητα της μελλοντικής εξάντλησης των ορυκτών πρώτων υλών αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα. Διάφοροι μελετητές έχουν προβλέψει την εξάντληση των φυσικών πρώτων υλών σε μελλοντικό χρόνο. Οι απόψεις αυτές ενδέχεται ωστόσο να οφείλονται μερικώς στην παρερμηνεία και κακή χρήση των εκτιμημένων αποθεμάτων ορυκτών πρώτων υλών (Goonan, 2001).

Η προσφορά ορυκτών πρώτων υλών στην αγορά επηρεάζεται από τη γεωγραφική κατανομή των κοιτασμάτων, το βάθος στο οποίο βρίσκονται, την ποιότητά τους και τα αποθέματά τους (De Young and Singer, 1981). Η ποσότητα της

ορυκτής πρώτης ύλης που παρέχεται στην αγορά επηρεάζεται από τη ζητούμενη ποσότητα (την οποία είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν οι καταναλωτές). Το κόστος παραγωγής επηρεάζεται από φυσικούς, τεχνολογικούς, πολιτικούς και κοινωνικούς παράγοντες και μειώνει την προσφερόμενη ποσότητα ορυκτών πρώτων υλών.

### 1.3 Ορυκτός πλούτος και περιφερειακή ανάπτυξη

Ως αιτία δημιουργίας αποκλινόντων ρυθμών ανάπτυξης διαπεριφερειακά θεωρείται συχνά η επάρκεια ή αφθονία των φυσικών πόρων και τα γενικότερα φυσικά και γεωγραφικά χαρακτηριστικά, τα οποία συμβάλλουν στη διαμόρφωση του επιπέδου ανάπτυξης κάθε περιφέρειας. Κατά τον Kaldor (1975), αυτά συνοψίζονται στην έννοια 'προίκιση με πόρους'. Γενικά, η ύπαρξη φυσικών πόρων συμβάλλει καθοριστικά μέσω των συγκριτικών πλεονεκτημάτων που δημιουργούν στην απασχόληση και οικονομική ευημερία και προσελκύει επιχειρήσεις δευτερογενούς επεξεργασίας, ειδικά όταν το κόστος μεταφοράς επιβάλλει την επί τόπου εκμετάλλευσή του. Από μια άλλη άποψη οι φυσικοί πόροι κάθε περιφέρειας αποτελούν παραγωγικό συντελεστή και συνεπώς η αξιοποίησή τους είναι επόμενο υπό ορισμένες προϋποθέσεις να επηρεάζει την οικονομική ανάπτυξη κάθε περιοχής που τους περιέχει.

Όμως τα συγκριτικά πλεονεκτήματα πολλών μεταποιητικών δραστηριοτήτων δε συναρτώνται με τη φύση (πρώτες ύλες κ.λπ.), αλλά με παράγοντες όπως η αποδοτικότητα της εργασίας, οι οικονομίες κλίμακας, η τεχνολογία κ.λπ. (Πολύζος κ.ά., 2004)

Οι εξορυκτικές δραστηριότητες επιδρούν ποικιλοτρόπως στην ανάπτυξη μιας χώρας. Κάποιες από αυτές επηρεάζουν την ίδια τη μεταλλευτική επιχείρηση και κάποιες άλλες αφορούν εξωτερικές οικονομίες (όλες εκείνες οι οικονομικές επιδράσεις που δημιουργούνται εκτός του εσωτερικού περιβάλλοντος της επιχείρησης). Τέτοιου είδους οικονομίες μπορεί να επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, π.χ. η κερδοφορία των υπόλοιπων ανταγωνιστριών επιχειρήσεων μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη παραγωγή προϊόντων επομένως και σε μεγαλύτερες εξωτερικές οικονομίες.

Η άμεση συμβολή της μεταλλευτικής δραστηριότητας στην οικονομική ανάπτυξη οφείλεται στην προστιθέμενη αξία που προκύπτει από τη μεταλλευτική επιχείρηση, η οποία αναλώνεται στις αμοιβές κεφαλαίου, εργασίας και επιχειρηματικής προσπάθειας ή την ικανοποίηση δημοσιονομικών αναγκών.

Οι πολιτικές ανάπτυξης σε περιοχές με πλούσιο ορυκτό πλούτο μπορούν να πάρουν διάφορες μορφές. Μια τέτοια κατεύθυνση πολιτικής θα μπορούσε να αφορά τη λήψη μέτρων ώστε να ενισχυθούν τα αποτελέσματα της σύνδεσης της επιχείρησης με την περιφέρεια. Σε αυτά τα πλαίσια μια μεταλλευτική επιχείρηση θα μπορούσε να επεκτείνει όλες τις δραστηριότητές της που δημιουργούν σημαντικές εξωτερικές οικονομίες στην ευρύτερη περιοχή (Radetzki, 1982).

Μια δεύτερη προσέγγιση προώθησης της περιφερειακής ανάπτυξης σε περιοχές με εξόρυξη αφορά την αύξηση του μεριδίου των δημοσιονομικών εσόδων της περιοχής από τη μεταλλευτική δραστηριότητα. Για παράδειγμα οι τοπικές αρχές θα μπορούσαν να επιβάλλουν επιπλέον φόρους από αυτούς της κεντρικής κυβέρνησης. Τα επιπλέον έσοδα που θα προέκυπταν, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη άλλων βιομηχανιών της περιοχής, αλλά και ως μορφή αποζημίωσης για τις αρνητικές εξωτερικές οικονομίες που δημιουργεί η υποβάθμιση του περιβάλλοντος από τη μεταλλευτική δραστηριότητα.

Τα μειονεκτήματα μιας περιφερειακής πολιτικής σχετικής με τον ορυκτό πλούτο όπως περιγράφηκε παραπάνω, είναι πως η μεγαλύτερη σύνδεση της μεταλλευτικής επιχείρησης με την περιφέρεια είναι δυνατόν να εμποδίσει την αποδοτική της λειτουργία. Επιπρόσθετα, η φορολογική επιβάρυνση της επιχείρησης τόσο από το κράτος, όσο και από τις τοπικές αρχές αποτελεί σημαντική επιβάρυνση. Τέλος η είσπραξη των επιπλέον δημοσιονομικών εσόδων από τη φορολογία είναι δυνατό να προκαλέσει διαπεριφερειακές ανισότητες μεταξύ των περιοχών όπου υπάρχει εκμετάλλευση ορυκτών και άλλων περιοχών της χώρας (Radetzki, 1982).

## 1.4 Επενδύσεις

Η απόφαση μιας επιχείρησης να επενδύσει κεφάλαια στον κλάδο της εξόρυξης είναι απλή ως σκεπτικό, αλλά δύσκολη στην εφαρμογή, επειδή σκοπός της είναι η επίτευξη του μεγαλύτερου δυνατού κέρδους. Η δυσκολία έγκειται στην ύπαρξη κινδύνων που συσχετίζονται με τη δράση μεταλλευτικών επιχειρήσεων σήμερα. Τέτοιοι παράγοντες κινδύνου τους οποίους θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη κάθε επιχείρηση έχουν σχέση με: την πολιτική για τον ορυκτό πλούτο ενός κράτους, τις συνθήκες της αγοράς, το δίκτυο μεταφορών και συγκοινωνιών της χώρας, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες, τη νομοθεσία, το εργατικό δυναμικό, την επιχειρηματική δράση, τις γεωλογικές συνθήκες, την προστασία του περιβάλλοντος, τις υποδομές, την πολιτική υγιεινής και ασφάλειας στο χώρο εργασίας, επιχειρησιακούς και τέλος πολιτισμικούς παράγοντες. Οι παραπάνω παράγοντες δεν επηρεάζουν την προσφορά μεταλλευμάτων στην αγορά, αλλά καθορίζουν την τοποθεσία παραγωγής και εξόρυξης μεταλλευμάτων (Anderson, 2000).

Οι επενδύσεις που γίνονται για την εξόρυξη και επεξεργασία ενός κοιτάσματος αποτελούν σημαντικό οικονομικό παράγοντα στην αποδοτικότητα εκμετάλλευσης του κοιτάσματος. Διακρίνουμε συνολικές επενδύσεις, ειδικές επενδύσεις και προθεσμία εξόφλησης επενδύσεων.

Οι συνολικές επενδύσεις είναι το σύνολο των κεφαλαίων που διαθέτονται μαζί με τα έξοδα των εγκαταστάσεων προετοιμασίας και επεξεργασίας της πρώτης ύλης. Το ύψος των επενδύσεων αυτών εξαρτάται από το ύψος παραγωγής, τις συνθήκες εξόρυξης και από διάφορους γενικούς παράγοντες όπως οδικό δίκτυο, εφοδιασμό με ενέργεια κ.λπ.

Οι ειδικές επενδύσεις είναι οι επενδύσεις που αναλογούν σε κάθε τόνο πρώτης ύλης που θα εξορυχτεί. Στην ειδική επένδυση κατά το στάδιο της προκαταρκτικής μελέτης λαμβάνεται υπόψη το ποσό  $E_1 = \text{επενδύσεις} / \text{αποθέματα}$ , ενώ κατά τη διάρκεια εκμετάλλευσης το ποσό  $E_2 = \text{επενδύσεις} / \text{συνολικά εξορυχθέν μετάλλευμα}$ . Διακρίνουμε επίσης κατά την προετοιμασία της πρώτης ύλης το ποσό  $E_3$ . Ο ακριβής προσδιορισμός των συνολικών αλλά και των ειδικών επενδύσεων γίνεται με τη διεξαγωγή λεπτομερούς τεχνικοοικονομικής μελέτης όλου του έργου.

Η προθεσμία εξόφλησης των επενδύσεων αποτελεί σημαντικό στοιχείο για τη διαπίστωση της αποτελεσματικότητας των επενδύσεων και ισούται με το λόγο του κεφαλαίου που διαθέτεται για επενδύσεις, προς το ετήσιο καθαρό κέρδος. Αν πάρουμε το αντίστροφο ποσό, τότε θα έχουμε το συντελεστή αποτελεσματικότητας των επενδύσεων, ο οποίος εκφράζει το % ποσοστό των ετήσιων κερδών επί του διατεθέντος κεφαλαίου (Βαβελίδης κ.ά., 1998).

Οι δυο κύριοι πόροι της μεταλλευτικής βιομηχανίας είναι τα ορυκτά και το χρήμα. Οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις οφείλουν την ύπαρξή τους στο ότι προσθέτουν αξία στα ορυκτά και με αυτή τη διαδικασία παράγουν κέρδος. Η διαδικασία με την οποία μια επιχείρηση παράγει ορυκτά διακρίνεται στη φάση αναζήτησης και αναγνώρισης του κοιτάσματος, στη φάση ανάπτυξης και στη φάση εξόρυξης. Η σύγχρονη εκμετάλλευση απαιτεί σημαντικές επενδύσεις για καθένα από τα παραπάνω στάδια. Κατά τη διάρκεια της αναζήτησης και αναγνώρισης οι επενδυτικές αποφάσεις βασίζονται στην προσδοκώμενη αξία και χρηματοδοτούνται από το κεφάλαιο στην περίπτωση νέων επιχειρήσεων και από εσωτερικούς πόρους στην περίπτωση των ήδη εγκατεστημένων επιχειρήσεων. Στη φάση ανάπτυξης οι αποφάσεις λαμβάνονται με βάση την καθαρή παρούσα αξία, ενώ χρηματοδοτείται από μη διανεμημένα κέρδη της επιχείρησης, από έκδοση κοινών μετοχών και από δανεισμό κεφαλαίων. Η φάση της εξόρυξης χρηματοδοτείται εσωτερικά και οι επενδυτικές αποφάσεις λαμβάνονται κυρίως με βάση τη διαφορά τιμής του μεταλλεύματος από το λειτουργικό κόστος. Ζητήματα περιβαλλοντικής πολιτικής λαμβάνονται υπόψη στη λήψη επενδυτικών αποφάσεων από τη στιγμή που κοστολογούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις δε μπορούν να κοστολογηθούν με τα υπάρχοντα λογιστικά πρότυπα (Lesser et al., 1997).

Οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις έχουν περιορισμένο προϋπολογισμό για το στάδιο της αναζήτησης και αναγνώρισης, ο οποίος καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το ετήσιο καθαρό τους εισόδημα. Η επιχείρηση επενδύει στην αναζήτηση και αναγνώριση του κοιτάσματος μόνο όταν η προσδοκώμενη αξία που θα προκύψει από αυτό το στάδιο ξεπερνά το κόστος εντοπισμού του κοιτάσματος (Lesser et al.,

1997). Κάθε πρόσδοος που προέρχεται από τα στάδια αναζήτησης-αναγνώρισης και εξόρυξης αυξάνει τους διαθέσιμους πόρους για περαιτέρω επενδύσεις (Coyle, 1973).

Πριν από τον εντοπισμό ενός κοιτάσματος σε μια εντελώς νέα περιοχή, τα διαθέσιμα γεωλογικά δεδομένα αποτελούν τη βάση για λήψη αποφάσεων σχετικών με το στάδιο αναζήτησης και αναγνώρισης. Αυτές οι πληροφορίες προσαρμόζονται στη συνέχεια βάση των βεβαιωμένων αποθεμάτων. Έχοντας ολοκληρώσει το στάδιο αναγνώρισης και αναζήτησης, η επιχείρηση έχει περισσότερες και πιο ακριβείς πληροφορίες στις οποίες μπορεί να βασίσει τις αποφάσεις της για το στάδιο ανάπτυξης. Ωστόσο μόνο κατά το στάδιο της εξόρυξης γίνονται γνωστά τα πραγματικά χαρακτηριστικά του κοιτάσματος.

Κατά την σύνταξη του προϋπολογισμού εξόρυξης όταν μια επιχείρηση καλείται να επιλέξει μεταξύ διάφορων περιοχών εξόρυξης, η μεταλλευτική επιχείρηση εκτιμά:

- την αξία του κοιτάσματος σε κάθε περιοχή
- το κόστος πρόσβασης και εντοπισμού του κοιτάσματος σε κάθε περιοχή
- το σχετικό κίνδυνο με κάθε περιοχή.

Για να καταλήξει η επιχείρηση στα παραπάνω συμπεράσματα και εκτιμήσεις βασίζεται είτε σε δικές της εμπειρίες είτε σε εμπειρίες άλλων επιχειρήσεων είτε σε γενικότερες προβλέψεις του κλάδου.

Μια αύξηση της τιμής έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του περιθωρίου κέρδους. Καθώς οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις επιθυμούν να μεγιστοποιήσουν τα κέρδη τους, θα ανταποκριθούν άμεσα στην αύξηση της τιμής με αύξηση του ρυθμού εξόρυξης (προσφορά). Βραχυχρόνια η επιχείρηση περιορίζεται από την υπάρχουσα ως τότε ικανότητα παραγωγής. Συνεπώς, η προσφορά μεταλλεύματος μπορεί να αυξηθεί μόνο με αύξηση του ρυθμού εξόρυξης στα ήδη υπάρχοντα ορυχεία. Εφόσον η τάση αύξησης των τιμών αναμένεται να διαρκέσει, νέα ορυχεία θα αναπτυχθούν, εξασφαλίζοντας επιπλέον κοιτάσματα. Μακροπρόθεσμα, το εμπόδιο στην προσφορά μεταλλεύματος είναι η εξάντληση όλων των γνωστών ως τότε κοιτασμάτων (Σχ. 1).

Το λειτουργικό κόστος των ενεργών ορυχείων περιλαμβάνει ακόμη τα γενικά και διοικητικά έξοδα, καθώς και τα έξοδα πώλησης όπως έξοδα διαχείρισης, έξοδα διοικητικής λειτουργίας, αμοιβές συνδεδεμένες με την παροχή υπηρεσιών, αμοιβές

```

graph TD
    A[έρευνα / αναζήτηση] --> B[ανάπτυξη]
    B --> C[εξόρυξη]
    C --> D[προσφορά ουσκτών]
    D --> A
    D --> B
    D --> C
    
    A --> E[παράρρηση οροκτών στη φύση]
    A --> F[ζήτηση για οροκτά]
    E --> G[απόφαση για έρευνα]
    F --> G
    G --> H[επιλογή τοποθεσίας έρευνας]
    H --> I[εξάντληση]
    H --> J[δοκιμαστική εξόρυξη]
    I --> J
    I --> K[ανακάλυψη]
    J --> K
    K --> L[απόφαση ανάπτυξης]
    L --> M[κατασκευή ορυχείου]
    M --> N[εξόρυξη]
    N --> D
    O[μεταβολές στις συνθήκες της αγοράς] --> F
    P[τεχνολογική πρόοδος] --> J
    P --> K
    P --> M
    P --> N
  
```

The flowchart illustrates the R&D process for a new product, organized into three main stages: **έρευνα / αναζήτηση** (Research / Search), **ανάπτυξη** (Development), and **εξόρυξη** (Mining). The process begins with the search stage, which branches into *παράρρηση οροκτών στη φύση* (Discovery of resources in nature) and *ζήτηση για οροκτά* (Search for resources). Both lead to *απόφαση για έρευνα* (Decision to research), which then leads to *επιλογή τοποθεσίας έρευνας* (Selection of research location). This stage branches into *εξάντληση* (Exhaustion) and *δοκιμαστική εξόρυξη* (Pilot mining). *εξάντληση* leads to *ανακάλυψη* (Discovery), while *δοκιμαστική εξόρυξη* also leads to *ανακάλυψη*. *ανακάλυψη* leads to *απόφαση ανάπτυξης* (Decision to develop), which leads to *κατασκευή ορυχείου* (Mine construction). *κατασκευή ορυχείου* leads to *εξόρυξη* (Mining), which leads to *προσφορά ουσκτών* (Supply of resources). The process then loops back to the search stage, with *προσφορά ουσκτών* feeding back into *έρευνα / αναζήτηση*. Additionally, *προσφορά ουσκτών* feeds back into *ανάπτυξη* and *εξόρυξη*. A box labeled *μεταβολές στις συνθήκες της αγοράς* (Changes in market conditions) also feeds back into the search stage, specifically into *ζήτηση για οροκτά*. A box labeled *τεχνολογική πρόοδος* (Technological progress) feeds back into the development stage, specifically into *δοκιμαστική εξόρυξη*, *ανακάλυψη*, *κατασκευή ορυχείου*, and *εξόρυξη*.

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος"<sup>14</sup> Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.

## 1.5 Σύγχρονες μεταλλευτικές πολιτικές

Η ανάπτυξη μιας οικονομίας η οποία βασίζεται στον κατασκευαστικό τομέα εξαρτάται από τη δυνατότητα απόκτησης ορυκτών πρώτων υλών, είτε μέσω εξόρυξης εγχώριων κοιτασμάτων, είτε μέσω του διεθνούς εμπορίου. Σε γενικές γραμμές η σημασία των βιομηχανικών ορυκτών για την οικονομία μιας χώρας εξαρτάται από το πόσο αναπτυγμένος είναι ο κατασκευαστικός τομέας (Manning, 1995). Σύμφωνα με μελέτη του Bristow (1987), στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες τα μεταλλικά ορυκτά κυριαρχούν τόσο στην οικονομία, όσο και στις εξαγωγές. Καθώς προχωρά η βιομηχανική ανάπτυξη, τα μεταλλικά ορυκτά εκτοπίζονται σε αξία από τα μη μεταλλικά. Παρόμοια τάση παρατηρείται και στις εξαγωγές, με αύξηση της συμμετοχής των μη μεταλλικών και μείωση αυτής των μεταλλικών ορυκτών στο εμπόριο μιας χώρας (Manning, 1995).

Η αειφόρος ανάπτυξη είναι το κεντρικό σημείο κάθε πολιτικής σχετικής με τον ορυκτό πλούτο σήμερα. Ωστόσο η έννοια της αειφορίας μπορεί να είναι αμφίσημη. Για έναν επιχειρηματία μπορεί να σημαίνει εξόρυξη λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος, ενώ για κάποιον άλλο μπορεί να σημαίνει αποφυγή κάθε δραστηριότητας εξόρυξης. Η πραγματικότητα ωστόσο θα πρέπει να προκύπτει από τη σύνθεση και των δυο παραπάνω απόψεων (Nieto, 1997).

Υπάρχουν ορισμένοι παράγοντες οι οποίοι σύμφωνα με τους Shields and Solar (2000), αποτελούν εμπόδια στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης. Αυτοί αφορούν την πιθανή αντίθεση του νομικού συστήματος μιας χώρας με τους στόχους της αειφορίας, τη σύγκρουση συμφερόντων των Υπουργείων Οικονομίας και Περιβάλλοντος, τις αντιθέσεις της εθνικής πολιτικής με τους στόχους των τοπικών αρχών, την αδυναμία κάλυψης των εξόδων εφαρμογής αυστηρών περιβαλλοντικών νόμων από τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες κ.ά.

Δυο ακόμη πολιτικές αφορούν τις μεταλλευτικές επιχειρήσεις σε διεθνές επίπεδο (Goonan, 2001). Η πρώτη καθιερώθηκε από τον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας & Ανάπτυξης (Ο.Ο.Σ.Α.) και είναι γνωστή ως Πολυμερής Συμφωνία για τις Επενδύσεις και επηρεάζει τη διεθνή ροή κεφαλαίων. Σύμφωνα με αυτή 'Οι άμεσες ξένες επενδύσεις σε συνδυασμό με το διεθνές εμπόριο αγαθών και υπηρεσιών προάγουν την οικονομική ανάπτυξη, αυξάνουν την απασχόληση και το βιοτικό

επίπεδο παγκοσμίως'. Επίσης 'Οι κυβερνήσεις θεωρούν τις άμεσες ξένες επενδύσεις ως πηγή κεφαλαίου, καινοτομίας και ως μέσα προώθησης του ανταγωνισμού και της οικονομικής αποδοτικότητας. Οι επιχειρήσεις επεκτείνουν τη δράση τους στο διεθνή χώρο σε αναζήτηση νέων αγορών. Οι καταναλωτές επωφελούνται από υψηλότερη ποιότητα, χαμηλότερες τιμές και μεγαλύτερο εύρος επιλογών στα αγαθά και υπηρεσίες που αγοράζουν' (Ο.Ο.Σ.Α., 2001).

Η δεύτερη πολιτική καθιερώθηκε από τις δέκα μεγαλύτερες μεταλλευτικές επιχειρήσεις και είναι γνωστή ως Global Mining Initiative (Πρωτοβουλία Διεθνούς Μετάλλευσης. Σκοπός της είναι 'η διασφάλιση της θέσης των μεταλλευτικών επιχειρήσεων, των οποίων τα προϊόντα είναι απαραίτητα για την παγκόσμια ευημερία. Παράλληλα, λαμβάνει υπόψη τις παγκόσμιες ανάγκες και προκλήσεις, καθώς και το περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν. Κύριος στόχος είναι η αποσαφήνιση του θετικού ρόλου που μπορεί να έχει η μεταλλευτική βιομηχανία στην αειφόρο οικονομική ανάπτυξη' (Global Mining Initiative, 2001).

Ιστορικά η παγκοσμιοποίηση της αγοράς μεταλλευμάτων έχει βοηθήσει την προσφορά μεταλλευμάτων στο να συμβαδίζει με τη ζήτηση, αν και οι τιμές συνεχώς μειώνονται (Sullivan et al., 2000). Γενικά, από τη δεκαετία του 90 και μετά παρατηρείται μια απόσυρση της κρατικής συμμετοχής από τον μεταλλευτικό κλάδο. Η απόσυρση του κράτους ήταν αντίθετη με την κατάσταση που ίσχυε ως τότε, καθώς υπήρχε τάση κρατικοποίησης των μεταλλευτικών επιχειρήσεων με σκοπό τον έλεγχο του εφοδιασμού της εγχώριας αγοράς με στρατηγικές πρώτες ύλες, την αύξηση της απασχόλησης, τον προστατευτισμό των εγχώριων εξαγωγών με επιβολή δασμών κ.ά. Αποτέλεσμα της απόσυρσης του κράτους και της παγκοσμιοποίησης της αγοράς μεταλλευμάτων είναι η καλύτερη διανομή της παραγωγής μεταξύ διαφορετικών χωρών και μεγαλύτερη ένταση εμπορίου μεταξύ των περιφερειών. Άλλη μια συνέπεια της εμφάνισης των παγκοσμιοποιημένων αγορών είναι η μεγαλύτερη ευαισθησία της οικονομίας σε οικονομικά γεγονότα που συμβαίνουν στο εξωτερικό, καθώς και η μεγαλύτερη εξάρτηση από το εξωτερικό (Humphrey, 1995).

## 1.6 Ο μεταλλευτικός – λατομικός κλάδος στην Ελλάδα

Ο μεταλλευτικός – λατομικός κλάδος της Ελλάδος χαρακτηρίζεται από έντονο εξαγωγικό προσανατολισμό. Η συμμετοχή των επιχειρήσεων εξόρυξης, επεξεργασίας, τυποποίησης και παραγωγής τελικών και ενδιάμεσων προϊόντων από ορυκτές πρώτες ύλες στο Α.Ε.Π. της χώρας ανέρχεται σε σημαντικό ποσοστό. Πιο συγκεκριμένα κατά το διάστημα 1983 – 1995 η συμμετοχή μόνο του εξορυκτικού τομέα ήταν 1,78% κατά μέσο όρο, ενώ αν ληφθεί υπόψη και ο μεταποιητικός τομέας το παραπάνω ποσοστό ανέρχεται στο 4,5% (Σ.Μ.Ε., 1999). Οι τάσεις αυτές ισχύουν και παραμένουν ισχυρές και σήμερα.

Η εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου της χώρας συμβάλλει σημαντικά στην περιφερειακή ανάπτυξη, αφού η εξορυκτική βιομηχανία δραστηριοποιείται κυρίως στην περιφέρεια, απασχολεί σημαντικό αριθμό εργαζομένων από τις τοπικές κοινωνίες και αναπτύσσει διάφορες άλλες εργασίες στην περιφέρεια, υποστηρικτικές του παραγωγικού έργου της μεταλλείας.

Η εξορυκτική βιομηχανία αποτελεί ένα κλάδο άμεσα εξαρτώμενο και επηρεαζόμενο από το διεθνές περιβάλλον. Έτσι η παγκοσμιοποιημένη δράση των εταιριών αποτελεί πρωταρχική αναγκαιότητα, με προϋπόθεση την άριστη γνώση των ξένων αγορών, αλλά και του διεθνούς ανταγωνισμού. Εκτός λοιπόν από την πολύ σημαντική εξαγωγική δραστηριότητα που υλοποιεί η ελληνική εξορυκτική και μεταλλουργική βιομηχανία, σημαντική παραγωγική και εμπορική παρουσία έχουν αναπτύξει και εκτός της χώρας μεγάλες ελληνικές εταιρίες. Οι διεθνοποιημένες αυτές εταιρίες έχουν αξιοποιήσει τα πλεονεκτήματα που έχουν αποκτήσει όπως η τεχνογνωσία, η διαχείριση και η εμπειρία διεθνών δικτύων διανομής, δημιουργώντας θυγατρικές εταιρίες ή συμμετέχοντας με σημαντικά ποσοστά σε εταιρίες του εξωτερικού (Σ.Μ.Ε., 1998 – 2005).

Κατά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική ύφεση της εξορυκτικής δραστηριότητας, τόσο σε ελληνικό όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η παγκοσμιοποίηση των αγορών φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά την ανταγωνιστικότητα των ελληνικών αλλά και των ευρωπαϊκών εξορυκτικών επιχειρήσεων σε σχέση με τις αντίστοιχες επιχειρήσεις τρίτων χωρών. Κύριοι

παράγοντες είναι η μεγάλη διαφορά στο κόστος εργασίας, στις απαιτήσεις ασφάλειας εργασίας και στις περιβαλλοντικές προφυλάξεις.

Οι νέες προκλήσεις σχετίζονται κυρίως με τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής, τη διασφάλιση της ποιότητας και την προστασία του περιβάλλοντος. Κύριοι άξονες ανάπτυξης θεωρούνται η παραγωγή νέων προϊόντων, η βελτίωση των υπαρχόντων, καθώς και η διείσδυση σε νέες αγορές. Οι ορυκτές πρώτες ύλες που συγκεντρώνουν τις καλύτερες προοπτικές τα τελευταία χρόνια είναι τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα (Τσιραμπίδου και Τσιραμπίδης, 2005).

Το 2000 περίπου το 60% του κύκλου εργασιών του κλάδου στην Ελλάδα δημιουργήθηκε από 5 επιχειρήσεις. Ο βωξίτης ήταν το πιο σημαντικό εμπορικό προϊόν του κλάδου. Πιο συγκεκριμένα η Ελλάδα αποτελεί το μεγαλύτερο παραγωγό βωξίτη, μαγνησίου, νικελίου και περλίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Newman, 2002). Περίπου το 50% του μεταλλεύματος της χώρας που παράχθηκε το 2000 εξάχθηκε. Το 1999 υπήρχε θετικό εμπορικό ισοζύγιο σε προϊόντα της εξορυκτικής βιομηχανίας, δηλαδή οι εξαγωγές ήταν μεγαλύτερες από τις εισαγωγές (Newman, 1999). Η πολύ μικρή βιομηχανική βάση, η έλλειψη ικανοποιητικού ύψους επενδύσεων και η μεγάλη απόσταση από τις αγορές της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιόρισαν σημαντικά τη δυναμική των εξαγωγών της χώρας. Οι αναπτυσσόμενες αγορές των Βαλκανίων ωστόσο θα μπορούσαν να προσφέρουν δυνατότητες για αύξηση των εξαγωγών (Newman, 2002).

Η προστασία του περιβάλλοντος στην Ελλάδα είναι αρμοδιότητα του Υπουργείου Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων. Οι κύριοι νόμοι σχετικοί με το περιβάλλον και τις εξορυκτικές δραστηριότητες είναι ο νόμος 1360/76, το Προεδρικό Διάταγμα 1180/81 και ο νόμος 1650/86, οι οποίοι έχουν αποτελέσει τη βάση ενός νομοθετικού πλαισίου. Επιπλέον με στόχο τη συμμόρφωση της εθνικής νομοθεσίας με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 88/609 η οποία αφορά τα όρια εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα, εκδόθηκε η κοινή υπουργική απόφαση 58751/2370/ 15.4.93, όπου συμπεριλαμβάνονται τα όρια εκπομπής ρύπων από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας (Newman, 2002).

## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>

### Ο βωξίτης Κλεισούρας Φωκίδας

#### 2.1 Εισαγωγή

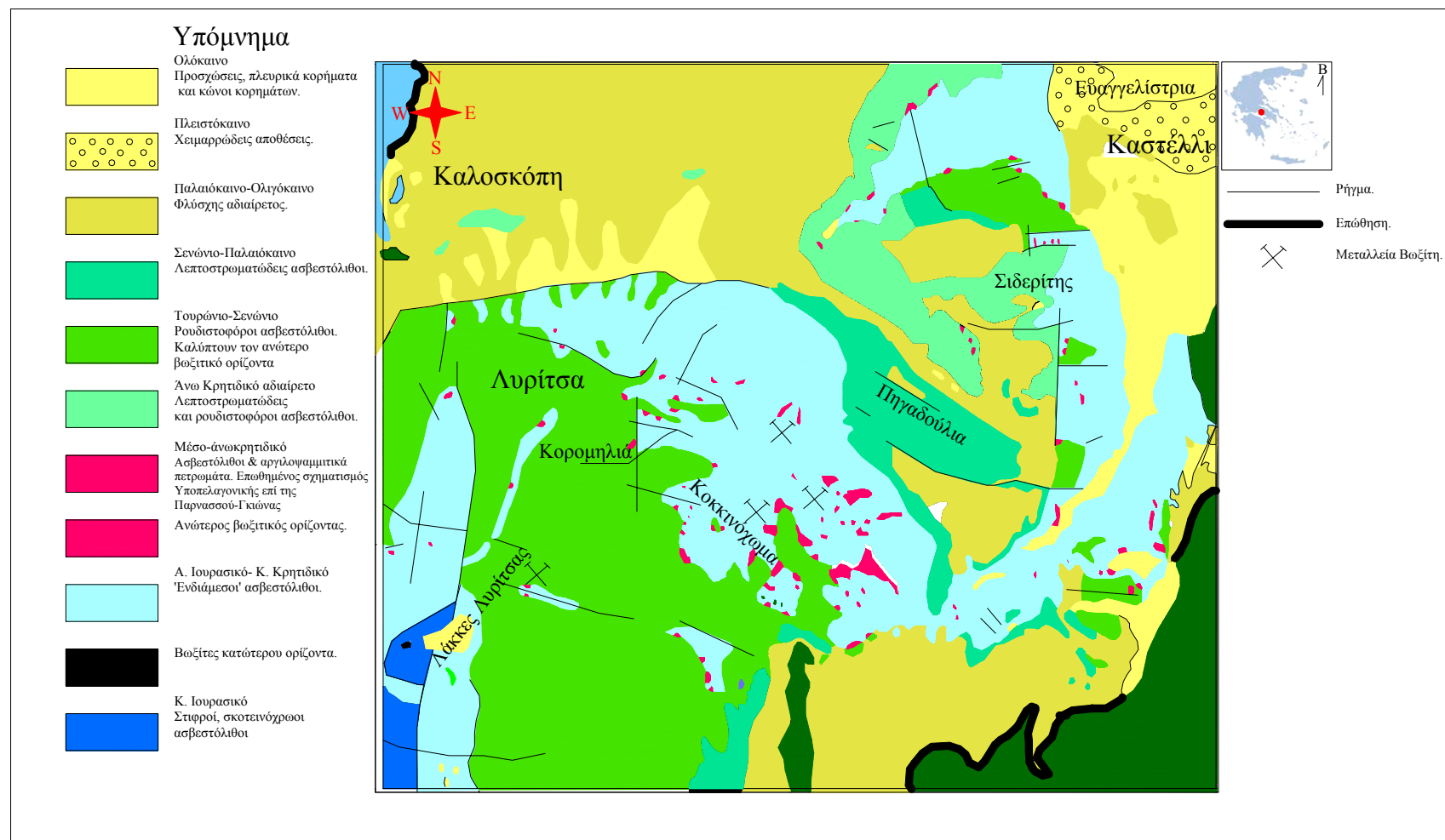
Οι βωξίτες θεωρούνται ιζηματογενή κλαστικά πετρώματα. Έχουν ποικίλο χρώμα, λευκό, τεφρό, κίτρινο ή καστανέρυθρο και αποτελούνται από άμορφα ή κρυσταλλικά αργιλιούχα οξείδια ή υδροξείδια (κυρίως γκιψίτη, μπαιμίτη και διάσπορο) των οποίων οι φυσικές ιδιότητες παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Περιέχουν επίσης κολλοειδές  $\text{SiO}_2$ , υδροξείδια του σιδήρου και αργιλικά ορυκτά. Είναι συνηθισμένα υπολειμματικά συστατικά των αργλικών αποθέσεων των τροπικών μέχρι εύκρατων περιοχών και βρίσκονται σε συμπαγείς, γεώδεις, πisolιθικές ή ωολιθικές μορφές. Οι βωξίτες είναι η κύρια πηγή του αργιλίου (Τσιραμπίδης, 2004).

Πίνακας 1. Φυσικές ιδιότητες των κυριότερων ορυκτών των βωξιτών (Shaffer, 1975).

|                             | Γκιψίτης                                                                      | Μπαιμίτης                                                             | Διάσπορο                                                              |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Χημικός τύπος               | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$<br>ή $\text{Al}(\text{OH})$ | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$<br>ή $\text{AlOOH}$ | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$<br>ή $\text{AlOOH}$ |
| $\text{Al}_2\text{O}_3(\%)$ | 65,4                                                                          | 85                                                                    | 85                                                                    |
| $\text{H}_2\text{O}(\%)$    | 34,6                                                                          | 15                                                                    | 15                                                                    |
| Συστ. κρυστάλλωσης          | μονοκλινές                                                                    | ορθορομβικό                                                           | ορθορομβικό                                                           |
| Σκληρότητα                  | 2,3-3,5                                                                       | 3,5-5                                                                 | 6,5-7                                                                 |
| Ειδ. Βάρος                  | 2,3-2,4                                                                       | 3,01-3,06                                                             | 3,3-3,5                                                               |

#### 2.2 Γεωλογία περιοχής κοιτάσματος βωξίτη Κλεισούρας

Το κοιτάσμα της Κλεισούρας βρίσκεται στο νομό Φωκίδας. Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, 10 km περίπου βόρεια της Άμφισσας. Το κοιτάσμα εκμεταλλεύεται τον ανώτερο βωξιτικό ορίζοντα της ζώνης και αποτελεί ιδιοκτησία της εταιρίας S&B βιομηχανικά ορυκτά Α.Ε. Στην περιοχή του κοιτάσματος Κλεισούρας υπάρχουν πολλά γειτονικά κοιτάσματα, όπως αυτά των θέσεων Νερά-3, Ασφακόλακκας, Κουκουβίστα και Τρούπα. Όλα τα παραπάνω αποτελούν επιφανειακές εκμεταλλεύσεις του τρίτου βωξιτικού ορίζοντα της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 1960 με ορισμένες τροποποιήσεις).

Η ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας απαντάται στις περιοχές του Παρνασσού, Γκιώνας, Οίτης και Ελικώνα. Αποτελείται κυρίως από ανθρακικά πετρώματα με πάχος μεγαλύτερο από 1800 m (Μουντράκης, 1985). Η συνέχεια της ζώνης προς βορρά και νότο διακόπτεται από δυο εγκάρσια ρήγματα, το ρήγμα του Σπερχειού προς βορρά και το ρήγμα του Κορινθιακού κόλπου προς νότο (Κατσικάτσος, 1992).

Καθ' όλη τη διάρκεια του Μεσοζωικού ο χώρος της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας ήταν χώρος ενός υποθαλάσσιου υβώματος, στο οποίο λάμβανε χώρα νηριτική και υφαλογόνα ιζηματογένεση, με μόνη εξαίρεση το διάστημα Μέσο Καμπάνιο-Μαιστρίχτιο, κατά τη διάρκεια του οποίου γινόταν ιζηματογένεση πελαγικών ασβεστολίθων με *Globotruncana*. Κατά το Παλαιόκαινο έχουμε έναρξη της απόθεσης του φλύσχη, με μεσολάβηση ενός μεταβατικού ορίζοντα από καστανούς πηλίτες με διάσπαρτες ανθρακικές λατύπες και παρεμβολές λατυποπαγών στη βάση του, ο οποίος προοδευτικά μεταβαίνει στον τυπικό φλύσχη. Εκτός όμως από την κανονική αυτή μετάβαση της ανθρακικής σειράς της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας προς την κλασική, υπάρχουν και πολλές περιοχές της ζώνης όπου η μετάβαση δεν είναι κανονική. Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις αυτές λείπουν μερικώς ή εξολοκλήρου οι μεσοκαμπάνιοι-μαιστρίχτιοι πελαγικοί ασβεστόλιθοι με *Globotruncana* και πάνω στους υποκείμενους σενώνιους ή και σε βαθύτερους στρωματογραφικά ορίζοντες ασβεστολίθων βρίσκεται ο ορίζοντας των καστανών πηλιτών παλαιοκαινικής ηλικίας, ο οποίος αναφέρεται και ως 'ερυθρή σειρά' (Κατσικάτσος, 1992).

Εκτός από την παραπάνω ασυμφωνία στη σειρά σχηματισμών της ζώνης Παρνασσού παρατηρούνται και τρεις άλλες στρωματογραφικές ασυμφωνίες, μικρού γενικά στρωματογραφικού κενού, οι οποίες συνοδεύονται από την παρουσία σε αυτές βωξιτικών κοιτασμάτων. Πρόκειται για τους βωξιτικούς ορίζοντες B1, B2 και B3. Ο ορίζοντας B1 εμφανίζεται μεταξύ ασβεστολίθων Μέσου και Ανώτερου Ιουρασικού, ο B2 μεταξύ ασβεστολίθων Κιμμεριδίου-Τιθωνίου (τοπικά Τιθωνίου) και Κατώτερου Κρητιδικού και ο B3 μεταξύ Κατώτερου και Ανώτερου Κρητιδικού. Τα βωξιτικά κοιτάσματα έχουν φακοειδή-στρωματοειδή μορφή και βρίσκονται πάντα ασύμφωνα πάνω στους υποκείμενους ασβεστόλιθους, ενώ είναι σύμφωνα προς τους υπερκείμενους (Κατσικάτσος, 1992).

Οι τρεις παραπάνω στρωματογραφικές ασυμφωνίες που συνδέονται με τα αντίστοιχα βωξίτικα κοιτάσματα οφείλονται κυρίως στις ορογενετικές κινήσεις που έλαβαν χώρα στις εσωτερικές ζώνες και επέδρασαν έντονα στο χώρο της ζώνης Παρνασσού-Γκιώνας, η οποία αποτελούσε εξωτερικό περιθώριο των εξωτερικών ζωνών.

Σχετικά με τη γένεση των κοιτασμάτων βωξίτη, είναι παραδεκτό ότι τα μητρικά υλικά σχηματισμού τους προήλθαν από τις εσωτερικές ζώνες και συγκεκριμένα από αργίλο-οφειολιθικούς σχηματισμούς. Αντίθετα, η άποψη της προέλευσης των κοιτασμάτων από υλικά διάλυσης των ανθρακικών πετρωμάτων δεν είναι σήμερα αποδεκτή (Κατσικάτσος, 1992).

Οι σχηματισμοί της ζώνης εμφανίζονται επωθημένοι προς τα δυτικά, πάνω στον φλύσχη της Πίνδου. Ανατολικά, πάνω στη ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας βρίσκονται επωθημένοι σχηματισμοί της Βοιωτικής και της Πελαγονικής ζώνης.

Η στρωματογραφία της ζώνης (σχήμα 3) από τα παλαιότερα προς τα ανώτερα στρώματα έχει ως εξής:

- Λευκότεφροι έως λευκοί κρυσταλλικοί δολομίτες χωρίς απολιθώματα στη βάση της ζώνης, που προς τα πάνω εναλλάσσονται με δολομιτικούς ασβεστόλιθους και ασβεστόλιθους με φύκη (*Gyroporella*, *Griphoporella* κ.ά.) και *Megalodon*, του Ανώτερου Τριαδικού ορατού πάχους 300 m περίπου.

- Ακολουθούν σκοτεινόχρωμοι ασβεστόλιθοι, βιτουμενούχοι, πολλές φορές ωολιθικοί με *Megalodon*, *Pinidae*, γαστερόποδα, φύκη και κοράλλια του Κάτω-Μέσου Ιουρασικού, πάχους 400 m.

- Βωξίτικα κοιτάσματα του πρώτου βωξίτικού ορίζοντα (B1), των οποίων το μετάλλευμα είναι κυρίως πissoλιθικό και διασπορικού τύπου.

- Ασβεστόλιθοι σκοτεινόχρωμοι μέσο - έως παχυστρωματώδεις με χαρακτηριστικό απολιθώμα το *Cladocoropsis mirabilis* του Κιμμεριδίου και ασβεστόλιθοι με κοράλλια του Ανώτερου Ιουρασικού, που υπέρκεινται σύμφωνα του προηγούμενου βωξίτικού ορίζοντα, συνολικού πάχους 300 m περίπου.

- Βωξίτικα κοιτάσματα του δεύτερου βωξίτικού ορίζοντα (B2), των οποίων το μετάλλευμα είναι μπαιμιτικού τύπου.

-Ασβεστόλιθοι μεσοστρωματώδεις που υπέρκεινται σύμφωνα του προηγούμενου βωξιτικού ορίζοντα. Στη βάση τους είναι ερυθρωποί και μαργαϊκοί με *Nerinea*, *Ellipsactinia* κ.ά. του Τιθωνίου-Βερριασίου και βαθμιαία γίνονται προς τα πάνω τεφροί και ωολιθικοί με *Orbitolina* του Κενομανίου. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί που το συνολικό πάχος τους φτάνει τα 400 m ονομάζονται ενδιάμεσοι ασβεστόλιθοι επειδή παρεμβάλλονται μεταξύ του δεύτερου και του τρίτου βωξιτικού ορίζοντα.

-Βωξιτικά κοιτάσματα του τρίτου βωξιτικού ορίζοντα (B3), που κατά κανόνα είναι μεγάλων διαστάσεων.

-Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις, τεφροί και κατά θέσεις σκουρόχρωμοι, με ρουδιστές του Τουρωνίου-Κατώτερου Καμπανίου, πάχους 200 m περίπου.

-Ασβεστόλιθοι πελαγικοί με *Globotruncana*, λεπτο- έως μεσοστρωματώδεις, ανοικτόφαιοι, ερυθρωποί ή υποπράσινοι, του Ανώτερου Καμπανίου-Μαιστριχτίου, πάχους 150-200 m.

-Ορίζοντας καστανών πηλιτών και μαργών του Παλαιοκαίνου στον οποίο μερικές φορές εγκλείονται διάσπαρτες λατύπες ή παρεμβάλλονται σ' αυτόν στρώματα ασβεστολιθικών λατυποπαγών. Το πάχος του ορίζοντα αυτού κυμαίνεται από λίγα έως 50 m. Σε πολλές περιοχές της ζώνης ο πηλιτικός αυτός ορίζοντας βρίσκεται ασύμφωνα πάνω σε βαθύτερους στρωματογραφικούς ορίζοντες.

-Ιζήματα τυπικού φλύσχη πάχους 1500 m περίπου ηλικίας Παλαιοκαίνου - Ανώτερου Ηωκαίνου. Τα ιζήματα αυτά είναι κυρίως ψαμμίτες και στο ανώτερο τμήμα τους κροκαλοπαγή (Κατσικάτσος, 1992).



παρουσιάζει πisolιθική – ωλιθική υφή, ενώ στα ανώτερα τμήματα του κοιτάσματος μπορεί να είναι πορώδης. Το χρώμα του είναι κυρίως καστανό, αλλά και φαιοκίτρινο ή πρασινωπό (Οικονομόπουλος - Κυριακόπουλος, 1991).

Τα κοιτάσματα βωξιτών της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας ανήκουν στους καρστικού τύπου βωξίτες και ειδικότερα στα Μεσογειακού τύπου κοιτάσματα σύμφωνα με τον Bardossy (1982).

## 2.4 Σχηματισμός κοιτάσματος βωξίτη Κλεισούρας

Σχετικά με τη γένεση των βωξιτικών κοιτασμάτων της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας έχουν διατυπωθεί δυο θεωρίες. Η πρώτη υποστηρίζει την αυτόχθονη γένεση των κοιτασμάτων από *in situ* αποσάθρωση των ανθρακικών πετρωμάτων, που έχει ως αποτέλεσμα τη διαλυτοποίηση και απομάκρυνση των ανθρακικών ορυκτών, ενώ τα αδιάλυτα αργιλοπηριτικά ορυκτά παραμένουν ως υπόλειμμα και μετά από την επίδραση της λατεριτώσεως σχηματίζουν τα βωξιτικά κοιτάσματα. Η παραπάνω θεωρία υποστηρίχθηκε από τους De Lepparent (1930), Hill (1955), Hartmann (1955), Sinclair (1967) κ.ά. Η αδυναμία συσχέτισης των ιχνοστοιχείων μεταξύ των ασβεστολίθων και των κοιτασμάτων, καθώς και ο μεγάλος όγκος των κοιτασμάτων που θα απαιτούσε πολλαπλάσιο όγκο ασβεστολίθων, αποδυνάμωσαν τη θεωρία αυτή όσον αφορά την ικανότητά της να ερμηνεύσει τη γένεση των βωξιτών της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας.

Επικρατέστερη θεωρείται σήμερα η θεωρία της αλλόχθονης γένεσης των κοιτασμάτων κατά τους Aronis (1955), Papastamatiou (1964), Bardossy and Mack (1967), Valetou (1985), Οικονομόπουλος – Κυριακόπουλος (1991) κ.ά. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, τα κοιτάσματα είναι προϊόντα λατεριτικής αποσάθρωσης οφειολίθων, σχηματίστηκαν σε διαφορετική θέση από αυτή που εντοπίζονται σήμερα και μεταφέρθηκαν στη σημερινή τους θέση με χημικό ή μηχανικό τρόπο.

Η λατεριτική αποσάθρωση ευνοείται σε ζώνες με υποτροπικό ή τροπικό κλίμα, με ενδιάμεσες περιόδους ξηρασίας (Μελιδώνης, 1992). Κατά τη διάρκεια της λατεριτικής αποσάθρωσης τα μέταλλα Fe, Al και Ti εμπλουτίζονται στο χώρο της αποσάθρωσης και παραμένουν εκεί, ενώ τα αλκάλια, οι αλκαλικές γαίες και εν μέρει το SiO<sub>2</sub> απομακρύνονται. Τα μέταλλα Fe, Al και Ti δημιουργούν συγκεντρώσεις από

ένυδρες ενώσεις αδιάλυτες στις οξειδωτικές συνθήκες και από μικρά ποσοστά διάφορων μορφών του  $\text{SiO}_2$ , που είναι γνωστά ως λατερίτες. Οι τελευταίοι είτε παραμένουν στον τόπο σχηματισμού τους είτε αποθέτονται σε άλλες θέσεις.

Σε ζώνες με τροπικό - υποτροπικό υγρό κλίμα, όπου η βλάστηση είναι ιδιαίτερα πλούσια, το pH των επιφανειακών υδροδιαλυμάτων, εξαιτίας του εμπλουτισμού τους σε χουμικά και ανθρακικά οξέα που παράγονται κατά τη βιοχημική αποσύνθεση των φυτικών ιστών, αποκτά πολύ χαμηλές τιμές (μέχρι και 3). Τα διαλύματα αυτά μπορούν να προσβάλλουν τα διαλυτά κάτω από τις συνθήκες αυτές συστατικά των πυριτικών πετρωμάτων, εκτός από το  $\text{SiO}_2$ , το οποίο διαλύεται ελάχιστα. Έτσι, κοντά στην επιφάνεια και κυρίως στη ζώνη των ριζών της χλωρίδας, ένα μεγάλο ποσοστό του  $\text{SiO}_2$  παραμένει αδιάλυτο, ενώ το διαλυμένο είτε μετέχει στο σχηματισμό καολινίτη, είτε αποθέτεται με διάφορες στερεές μορφές, κυρίως ως οπάλλιος. Τα υδατικά διαλύματα, εμπλουτισμένα σε ιόντα των μετάλλων που αποδεσμεύτηκαν κατά την αποικοδόμηση των πυριτικών ορυκτών, απομακρύνονται από τη ζώνη των ριζικών συστημάτων και εισέρχονται σε βαθύτερους ορίζοντες, όπου όμως το περιβάλλον είναι αλκαλικό, εξαιτίας της παρουσίας υδροξειδίων των αλκαλίων. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι τα ιόντα μετάλλων να κατακρημνίζονται ως αδιάλυτες ενώσεις των τρισθενών μορφών τους, ενώ το  $\text{SiO}_2$  διαλύεται και απομακρύνεται. Οι συνθήκες pH - Eh, κατά τις οποίες σχηματίζονται βωξίτες κατά Norton (1973), είναι  $\text{pH}=4 - 9$  και  $\text{Eh}=+0,4 - -0,6$ .

Από τα παραπάνω γίνεται φανερός ο σημαντικός ρόλος του Eh και pH του περιβάλλοντος, αλλά και της συμπεριφοράς (διαλυτότητα - ευκινησία) των διάφορων στοιχείων κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης και βωξιτογένεσης.

Σύμφωνα με τον Goldschmidt (1934) η διαλυτότητα ενός στοιχείου εξαρτάται από το pH, Eh και το ιοντικό δυναμικό Q ( $Q = z$  (φορτίο ιόντος) /  $r$  (ακτίνα ιόντος)). Με βάση το ιοντικό δυναμικό τα στοιχεία κατατάσσονται σε τρεις ομάδες:

- Ομάδα I: χαμηλές τιμές του ιοντικού δυναμικού ( $Q < 3$ ). Αυξάνεται η βασική συμπεριφορά των ιόντων οπότε έχουμε το σχηματισμό ευδιάλυτων κατιόντων. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν το K, Na, Pb, Mn, Mg, Zn, Cu, Co και Ni.

- Ομάδα II: Ενδιάμεσες τιμές ιοντικού δυναμικού ( $3 < Q < 10$ ). Λαμβάνει χώρα υδρόλυση και τα ιόντα καθιζάνουν υπό μορφή υδροξειδίων. Εδώ ανήκουν τα βωξιτόφιλα στοιχεία ( $3,5 < Q < 7,5$ ) όπως το Al, Ti, Fe, Cr, V, Ga.
- Ομάδα III: Υψηλές τιμές ιοντικού δυναμικού ( $Q > 10$ ). Έχουμε όξινη συμπεριφορά και σχηματισμό ευδιάλυτων ανιόντων με οξυγόνο. Τέτοια στοιχεία είναι το B, Gr και S.

Κατά τη λατεριτίωση δημιουργούνται τρεις διαφορετικές γεωχημικές ζώνες (Μελιδώνης, 1992): Η ανώτερη από αυτές ονομάζεται ζώνη απόπλυσης και αντιστοιχεί στην ανώτατη στιβάδα του μανδύα αποσάθρωσης, από την οποία έχουν αποπλυθεί τα αλκάλια, οι αλκαλικές γαίες, τα μέταλλα Fe, Al και Ti και ένα μέρος του  $\text{SiO}_2$ . Η ενδιάμεση ζώνη ονομάζεται ζώνη του καολινίτη και ταυτίζεται με τη ζώνη των ριζών των φυτών. Εδώ σχηματίζεται καολινίτης, οπάλιος και άλλες μορφές του  $\text{SiO}_2$ . Τέλος, η κατώτερη ζώνη ή ζώνη εμπλουτισμού, αποτελεί το χώρο συγκέντρωσης των μετάλλων Fe, Al και Ti, με τη μορφή αδιάλυτων ενώσεων. Συγκεκριμένα, τα μέταλλα Fe και Al μεταπίπτουν τελικά στα ορυκτά γκαϊτίτης ( $\alpha - \text{FeOOH}$ ), αιματίτης ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), μπαϊμίτης ( $\gamma - \text{AlOOH}$ ), διάσπορο ( $\alpha - \text{AlOOH}$ ) και γκιψίτης ή υδραργιλλίτης ( $\gamma - \text{Al}(\text{OH})_3$ ). Οι πλούσιοι σε ορυκτά του αργιλίου λατερίτες ονομάζονται βωξίτες.

Κοινό χαρακτηριστικό όλων των βωξιτικών οριζόντων της ζώνης Παρνασσού – Γκιώνας είναι ότι επικάθονται στους υποκείμενους ασβεστόλιθους με ασυμφωνία, ενώ καλύπτονται από τους υπερκείμενους ασβεστολίθους με τέλεια συμφωνία (Μελιδώνης, 1992). Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ύπαρξη απολιθωμάτων μέσα στη μάζα των βωξιτικών σχηματισμών, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το λατεριτικό υλικό που προήλθε από τη λατεριτίωση οφειολίθων, όξινων μαγματικών ή και μεταμορφωμένων πετρωμάτων, μεταφέρθηκε με τη μορφή διαλυμάτων ή κolloειδών συστημάτων σε αποστάσεις 2 – 150 km με τη βοήθεια νερού (ποταμών ή θάλασσας) και αποτέθηκε σε ασβεστολιθικούς αποκαρστωμένους θαλάσσιους πυθμένες. Τοπολογικά, η απόθεση του λατεριτικού υλικού πραγματοποιήθηκε σε αβαθή νερά, κοντά στην ακτή ή σε υφάλμυρες λιμνοθάλασσες. Οι βωξίτες εντοπίζονται πάντα στη βάση επικλυσιογενών ανθρακικών σειρών (Παπασταύρου, 1985).

Η βωξιτογένεση της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας συνεχίστηκε σύμφωνα με τον Μελιδώνη (1992) χωρίς διακοπή με απόθεση ανθρακικών ιζημάτων. Η αποκάρσωση των ανθρακικών πετρωμάτων που σήμερα αποτελούν το υπόβαθρο των βωξιτικών αποθέσεων, υποδηλώνει βέβαια χέρσευση, κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η λατεριτική αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Έτσι, ο πρώτος βωξιτικός ορίζοντας συνδέεται με την παλαιοκιμμεριδική πύχωση, ο δεύτερος με την νεοκιμμεριδική και ο τρίτος με την αυστριακή.

Γενικά, οι βασικές προϋποθέσεις για το σχηματισμό βωξιτών είναι η ύπαρξη τροπικού κλίματος (εναλλασσόμενες περίοδοι έντονων βροχοπτώσεων με περιόδους ξηρασίας), ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο, φυτοκάλυψη και τεκτονική ηρεμία στην περιοχή (Harder, 1952). Στα τροπικά κλίματα, η υψηλή θερμοκρασία που επικρατεί αυξάνει την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων, ενώ οι βροχές διευκολύνουν τη διάλυση και μεταφορά των διάφορων στοιχείων. Η βλάστηση με τη δράση του ριζικού συστήματος συντελεί στη χαλάρωση της συνεκτικότητας των πετρωμάτων με αποτέλεσμα την υποβοήθηση της αποσάθρωσης. Κατά τις περιόδους ξηρασίας κρυσταλλώνονται τα ορυκτά του Fe, ενώ διαλύονται κατά τις περιόδους των βροχών. Έτσι, αν η περίοδος ξηρασίας είναι μεγαλύτερη (3 - 4 μήνες), μεγαλώνει η συγκέντρωση των ορυκτών του Fe και σχηματίζονται σιδηρομεταλλεύματα, αντί βωξιτών.

Η χημική σύσταση των βωξιτικών κοιτασμάτων εξαρτάται κυρίως από τη φύση και σύσταση του μητρικού πετρώματος, το μέσο μεταφοράς των προϊόντων της αποσάθρωσης, την ένταση της απόπλυσης, καθώς και από διαγενετικές - επιγενετικές διαδικασίες (Valeton, 1972)

## **2.5 Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας**

Από κάθε δείγμα προετοιμάστηκαν παρασκευάσματα κόνεως με τυχαίο προσανατολισμό και αυτά ακτινογραφήθηκαν σε εύρος 3 - 63° 2θ, με χρήση λυχνίας Cu και βήμα σάρωσης 1°/min. Τα περιθλασιογράμματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ι. Μετά τον προσδιορισμό των ορυκτών φάσεων των δειγμάτων έγινε ο ημιποσοτικός προσδιορισμός τους (Πίν. 2) κατά Cook et al. (1975) και Τσιραμπίδη (2004). Κανένα δείγμα δεν υπέστη χημικές κατεργασίες πριν από την ακτινογράφησή

του. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκαν τα κύρια πετρογενετικά ορυκτά που συμμετέχουν στην παραγένεση των δειγμάτων.

Το επικρατέστερο ορυκτό των δειγμάτων που αναλύθηκαν είναι το διάσπορο (74-95%). Στο δείγμα B-2 προσδιορίστηκαν επίσης μπειμίτης και γκιψίτης (2% και 9%, αντίστοιχα). Προσδιορίστηκε ακόμη αμεσίτης και αιματίτης, η μέση περιεκτικότητα των οποίων είναι 3% και 5%, αντίστοιχα. Στο δείγμα B-6 εντοπίστηκε αοβεσίτης σε σημαντικό ποσοστό (20%), ενώ στο δείγμα B-2 το ποσοστό του είναι μικρό (2%). Τέλος, μόνο στο δείγμα B-2 προσδιορίστηκε ανατάσης (8%).

Πίνακας 2. Ημιοσοτικός προσδιορισμός των ορυκτών συστατικών (% κ.β.) των δειγμάτων βωξίτη που αναλύθηκαν.

|            | <b>Di</b> | <b>Bo</b> | <b>Gi</b> | <b>An</b> | <b>He</b> | <b>Am</b> | <b>C</b> |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <b>B-1</b> | 95        | -         | -         | -         | 2         | 3         | -        |
| <b>B-2</b> | 78        | 2         | 9         | 8         | 3         | -         | -        |
| <b>B-3</b> | 92        | -         | -         | -         | 4         | 2         | 2        |
| <b>B-4</b> | 90        | -         | -         | -         | 7         | 3         | ίχνη     |
| <b>B-5</b> | 89        | -         | -         | -         | 8         | 3         | -        |
| <b>B-6</b> | 74        | -         | -         | -         | 2         | 4         | 20       |
| <b>B-7</b> | 90        | -         | -         | -         | 7         | 3         | -        |

Di=διάσπορο, Bo=μπειμίτης, Gi=γκιψίτης, An=ανατάσης, He=αιματίτης, Am=αμεσίτης, C=αοβεσίτης.

Οι καρστικοί βωξίτες συνήθως εμφανίζονται ως μπειμιτικοί, διασπορικοί ή γκιψιτικοί. Περιέχουν δηλαδή αντιστοίχως μπειμίτη, διάσπορο ή γκιψίτη σε ποσοστό 90 – 100% έναντι των άλλων ορυκτών του αργιλίου. Λιγότερο συχνά τα ορυκτά αυτά βρίσκονται στους βωξίτες όλα μαζί ή και υπό διάφορους συνδυασμούς.

Ο τύπος των κοιτασμάτων, η γεωλογική τους ηλικία, καθώς και οι τεκτονικές πιέσεις που έχουν υποστεί ελέγχουν τους συνδυασμούς με τους οποίους τα ορυκτά του αργιλίου εμφανίζονται στους βωξίτες. Ο Bardossy (1982) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το διάσπορο κυριαρχεί στους Παλαιοζωικούς βωξίτες, ο μπειμίτης στους Μεσοζωικούς, ενώ ο γκιψίτης σε αυτούς του Τριτογενούς και Τεταρτογενούς.

Πολλοί ερευνητές ασχολήθηκαν με τη μελέτη των μηχανισμών σχηματισμού των ορυκτών του αργιλίου στα βωξιτικά κοιτάσματα. Αυτοί αποτελούν ακόμη αντικείμενο έρευνας. Αρχικά επικράτησε η θεωρία της αφυδάτωσης. Σύμφωνα με

αυτή ο γκιψίτης είναι το αρχικό ορυκτό το οποίο με την επίδραση της πίεσης των υπερκείμενων στρωμάτων, καθώς και των τεκτονικών πιέσεων μετασχηματίζεται σε μπαιμίτη.

Υπό συνθήκες ασθενούς μεταμόρφωσης ο μπαιμίτης μετασχηματίζεται σε διάσπορο, ενώ το τελευταίο υπό συνθήκες ισχυρής μεταμόρφωσης μετατρέπεται σε κορούνδιο. Κατά τον Weisse (1948) το διάσπορο μπορεί να σχηματιστεί σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 370° C και σε υψηλές πιέσεις.

Ομοίως οι Erwin και Osborn (1959) θεωρούν ότι το διάσπορο είναι το τελικό προϊόν της διαγένεσης των βωξιτών και ότι η παρουσία του υποδηλώνει συνθήκες μεγαλύτερης πίεσης και θερμοκρασίας έναντι των μπαιμιτικών βωξιτών. Αντίθετα, άλλοι ερευνητές πιστεύουν ότι η συνύπαρξη διασπόρου και μπαιμίτη σε ορισμένα κοιτάσματα αποδεικνύει ότι οι απαιτούμενες για το σχηματισμό φυσικοχημικές συνθήκες είναι περίπου όμοιες.

Έτσι, ο Allen (1952) ερευνήσε τη ορυκτολογική σχέση μεταξύ γκιψίτη, μπαιμίτη και διασπόρου και τόνισε τους ιδιαίτερος αργούς ρυθμούς της μετατροπής από το ένα ορυκτό στο άλλο υπό ποικίλες γεωλογικές συνθήκες. Εξάλλου ο Kennedy (1959) μελέτησε διάφορες εμφανίσεις διασπόρου όπου φαίνεται απίθανο ότι τα κοιτάσματα είχαν υποβληθεί σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Συμπεραίνει λοιπόν ότι, τόσο οι επί τόπου παρατηρήσεις όσο και τα εργαστηριακά δεδομένα οδηγούν στη διατύπωση της άποψης ότι το διάσπορο δεν μπορεί να θεωρείται προϊόν υψηλής θερμοκρασίας ή πίεσης.

Άλλες απόψεις που διατυπώθηκαν είναι αυτές του επιφανειακού σχηματισμού. Σύμφωνα με αυτές ο σχηματισμός των ορυκτών έγινε σε συνθήκες επιφανείας, γεγονός που εξηγείται μέσω των φυσικοχημικών και παλαιογεωγραφικών συνθηκών που επικρατούσαν κατά τη βωξιτογένεση.

Οι αντίθετοι στις απόψεις αυτές επικαλούνται κυρίως εργαστηριακά αποτελέσματα βάσει των οποίων αποδεικνύεται ότι ο μπαιμίτης, το διάσπορο και το κορούνδιο μπορεί να σχηματιστούν μόνο σε τιμές πιέσεων και θερμοκρασιών που δεν υφίστανται στην επιφάνεια.

Η Valetton (1972) κατά τη μελέτη γαλλικών βωξιτών διατύπωσε την άποψη ότι το δυναμικό οξειδοαναγωγής επηρεάζει το σχηματισμό όχι μόνο των ορυκτών του

σιδήρου, αλλά και των ορυκτών του αργιλίου. Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξε και ο Combes (1969).

Ο Beneslavsky (1959 και 1963) υποστήριξε ότι το αρχικό υλικό της βωξιτικής μάζας ήταν άμορφα κολλοειδή του Al, Fe, Ti και Si, από την οποία μπορεί να σχηματιστεί μπαιμίτης. Ο μπαιμίτης ανάλογα με τις συνθήκες ενυδατώνεται σε γκιψίτη ή ανακρυσταλλώνεται προς διάσπορο. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή δεν είναι δυνατό να σχηματιστεί μπαιμίτης ή διάσπορο απευθείας από γκιψίτη.

Ο Bardossy (1982) δέχεται την ύπαρξη άμορφων κολλοειδών, αλλά προϋποθέτει την αφθονία ορυκτών αλλογενούς προέλευσης όπως χαλαζία, ρουτίλιο, ζirkόνιο, μαγνητίτη, αργιλικά ορυκτά, ανάλογα με τη σύσταση του μητρικού πετρώματος.

Ο σχηματισμός των ορυκτών του αργιλίου είναι αποτέλεσμα πολυσύνθετων διαδικασιών οι οποίες μπορεί να επηρεάζονται από το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής. Έτσι, σχηματίζεται γκιψίτης μαζί με γκαιτίτη σε περιβάλλον ασθενώς όξινο και με υψηλό Eh, ενώ μπαιμίτη με αιματίτη σε ασθενώς αλκαλικό περιβάλλον και με χαμηλότερο αλλά θετικό Eh.

Ο Schellmann (1959) κάνοντας πειράματα για τη μελέτη του συστήματος  $Al_2O_3 - H_2O$  βρήκε ότι άμορφα κολλοειδή υδροξειδίου του αργιλίου σε  $pH = 7,5$  κρυσταλλώνονται σε γκιψίτη με την παρουσία  $AlCl_3$  ή σε μπαιμίτη με την παρουσία  $HCO_3$ . Με το πείραμα αυτό αποδεικνύεται η θετική επιρροή του περιβάλλοντος των ανθρακικών πετρωμάτων στο σχηματισμό μπαιμίτη.

### **Μπαιμίτης ( $\gamma - AlOOH$ )**

Οι κρύσταλλοι του μπαιμίτη σε αντίθεση με το διάσπορο ή το γκιψίτη είναι μεγέθους μικρότερου του 1  $\mu m$ . Είναι κυρίως συγγενετικής και σπανιότερα διαγενετικής και επιγενετικής προέλευσης.

### **Διάσπορο ( $\alpha - AlOOH$ )**

Είναι το δεύτερο σε συχνότητα μετά το μπαιμίτη ορυκτό του αργιλίου των καρστικών βωξιτών. Το μέγεθος των κόκκων του ποικίλλει από μερικά δέκατα έως μερικά εκατοστά του  $\mu m$ . Το ορυκτό αυτό συμμετέχει σε όλα τα ιστολογικά στοιχεία

των βωξιτών και μπορεί να είναι συγγενετικής, διαγενετικής ή επιγενετικής προέλευσης.

Ο Gout (1973) διέκρινε δύο ποικιλίες διασπόρου σε γαλλικά βωξιτικά κοιτάσματα που διαφέρουν από άποψη κρυσταλλικότητας. Το διάσπορο με τη χαμηλότερη κρυσταλλικότητα αποσυνθέτεται σε μικρότερες θερμοκρασίες και δεν έχει αποσαφηνιστεί αν έχει σχηματιστεί κατά τη συγγενετική φάση ή αν είναι δευτερογενές προϊόν, προερχόμενο από το διάσπορο υψηλής κρυσταλλικότητας μετά από επίδραση τεκτονικών παραμορφώσεων.

### **Γκιψίτης [ $\gamma$ - $\text{Al}(\text{OH})_3$ ]**

Είναι το τρίτο σε συχνότητα ορυκτό του αργιλίου στους καρστικούς βωξίτες. Η προέλευσή του μπορεί να είναι συγγενετική, διαγενετική ή επιγενετική. Συναντάται σπάνια με τη μορφή ανεξάρτητων κρυστάλλων.

### **Ορυκτά του σιδήρου**

Fe - ούχα ορυκτά που συναντώνται στους βωξίτες είναι ο αιματίτης, γκαιτίτης, χαμοσίτης, μαγνητίτης, σιδηροπυρίτης και σιδηρίτης. Παρ' όλο όμως το μεγάλο αριθμό των ορυκτών του σιδήρου, το 73% των καρστικών βωξιτών περιέχουν μόνο αιματίτη ή μόνο γκαιτίτη ή συνδυασμό αυτών.

Τον κύριο ρόλο στη διαμόρφωση των ορυκτών σιδήρου στους βωξίτες τον έχουν οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον. Αντίθετα, η επιρροή των τεκτονικών επιδράσεων είναι μικρή. Πάντως, έχει παρατηρηθεί ότι στις περιοχές μεγαλύτερων πιέσεων ο λόγος αιματίτη/γκαιτίτη μετατοπίζεται προς όφελος του αιματίτη (Bardossy, 1982).

Το σύστημα  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$  και οι συνθήκες ισορροπίας του έχουν μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Κατά τον Wefers (1966), το άμορφο υδροξείδιο του τρισθενούς σιδήρου μπορεί να κρυσταλλωθεί σε γκαιτίτη, αιματίτη ή μίγμα και των δύο. Το όξινο περιβάλλον ευνοεί το σχηματισμό αιματίτη, ενώ το αλκαλικό ευνοεί το σχηματισμό γκαιτίτη. Σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των  $70^\circ\text{C}$  ο γκαιτίτης ανακρυσταλλώνεται σε αιματίτη.

Κατά τον Schellmann (1959), ο οποίος κατέληξε σε παρόμοια συμπεράσματα, ο σχηματισμός του αιματίτη υποβοηθείται από ιόντα  $Mg^{+2}$  και  $Ca^{+2}$ , ενώ του γκαϊτίτη από σύμπλοκα ιόντα  $HCO^{3-}$  και  $SO^{2-}$ .

### **Αιματίτης**

Είναι το πιο συνηθισμένο ορυκτό του σιδήρου στους καρστικούς βωξίτες δεδομένου ότι έχει βρεθεί μέσα σε όλα τα ιστολογικά στοιχεία των βωξιτών. Το μεγαλύτερο ποσοστό του είναι συγγενετικής και βιογενετικής προέλευσης, ενώ ο επιγενετικός αιματίτης είναι σπανιότερος. Σχηματίζεται από αφυδάτωση ένυδρων οξειδίων του σιδήρου που προήλθαν από την αποσάθρωση των πρωτογενών σιδηρούχων ορυκτών.

### **Πυριτικά ορυκτά**

Τα πυριτικά ορυκτά που απαντώνται στους βωξίτες είναι συνήθως αργιλικά ορυκτά όπως καολινίτης, ιλλίτης, αλλοϋσίτης, χλωρίτης, αμεσίτης και πυροφυλλίτης.

### **Αμεσίτης $[(Mg_4Al_2)(Si_2Al_2)O_{19}(OH)_8]$**

Ο αμεσίτης εμφανίζεται μαζί με άλλα αργιλικά ορυκτά και οξείδια σιδήρου σε λατεριτικά και βωξιτικά κοιτάσματα. Στους βωξίτες συνδέεται με διάσπορο (Deer et al., 1975).

### **Ορυκτά του τιτανίου**

Τα ορυκτά του Ti έχουν μεγάλη σημασία για τους λατερίτες και βωξίτες δεδομένου ότι η περιεκτικότητα αυτών σε  $TiO_2$  κυμαίνεται εντός ευρέων ορίων που μπορεί να εκτείνεται από 0,5% έως 33% (Οικονομόπουλος – Κυριακόπουλος, 1991). Τα κύρια ορυκτά του Ti είναι ο ανάτασης ( $TiO_2$ ), το ρουτίλιο ( $TiO_2$ ), ο ιλμενίτης ( $FeTiO_3$ ) και ο βρουκίτης ( $TiO_2$ ). Τα διάφορα ορυκτά του Ti βρίσκονται στους καρστικούς βωξίτες σε πέντε διαφορετικούς συνδυασμούς, ο επικρατέστερος των οποίων είναι αυτός του ανατάση - ρουτίλιου, ο οποίος και παρουσιάζεται στο 90% του βάρους των εξετασθέντων βωξιτικών δειγμάτων. Ο επόμενος κατά σειρά είναι ο συνδυασμός του ρουτίλιου - ανατάση - ιλμενίτη και καλύπτει ποσοστό των βωξιτών

μόλις 4% κατά βάρος. Στο συνδυασμό ανατάση - ρουτίλιου, ο ανάτασης είναι το ορυκτό που κυριαρχεί.

Ο Bardossy (1982) μελετώντας την κατανομή των ορυκτών του Ti στους καρστικούς βωξίτες διάφορων γεωλογικών περιόδων παρατηρεί ότι, οι βωξίτες του Τεταρτογενούς περιέχουν μόνο ανάταση, ενώ οι βωξίτες του Καμβρίου μόνο ρουτίλιο. Στις ενδιάμεσες περιόδους υπερτερεί κατά πολύ ο ανάτασης, ενώ μια μικρή αύξηση του ρουτίλιου παρατηρείται στους βωξίτες του Παλαιοζωικού αιώνα. Με βάση λοιπόν τα προηγούμενα, καθώς και το ότι όλοι οι μεταμορφωμένοι βωξίτες περιέχουν κυρίως ρουτίλιο, ο ίδιος ερευνητής καταλήγει στο εξής συμπέρασμα: ο ανάτασης, το κύριο ορυκτό του τιτανίου στους βωξίτες, κρυσταλλώνεται βαθμιαία με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου σε ρουτίλιο. Σ' αυτή τη διαδικασία έπαιξαν επίσης ρόλο και η πίεση των υπερκείμενων στρωμάτων, καθώς και η μεταμόρφωση.

### **Ανατάσης (TiO<sub>2</sub>)**

Ο ανάτασης είναι χαμηλής θερμοκρασίας πολύμορφο του TiO<sub>2</sub>. Όπως αναφέρθηκε, είναι το περισσότερο διαδομένο ορυκτό του Ti στους καρστικούς βωξίτες στους οποίους κατά το μεγαλύτερο μέρος του είναι συγγενετικής προέλευσης. Βρίσκεται λεπτομερώς διεσπαρμένος στη βωξιτική μάζα, με μέγεθος τεμαχιδίων 0,1 μm έως 1 μm. Επίσης, βρίσκεται μέσα σε κλαστικά τεμάχια βωξίτη (λατύπες, κροκάλες κ.λπ.), ενώ ανεξάρτητοι κλαστικοί κόκκοι ανάτασης είναι σπάνιοι.

Στους ωλίθους διαγενετικής προέλευσης ο ανάτασης είναι λιγότερο άφθονος από ότι στην περιβάλλουσα μάζα.

Στους επιγενετικούς σχηματισμούς ο ανάτασης είτε απουσιάζει τελείως είτε εμφανίζεται σε πολύ μικρές ποσότητες ως υλικό πλήρωσης σχισμών, σε συσσωματώματα, επιστρώσεις κ.λπ.

### **Ανθρακικά ορυκτά**

#### **Ασβεστίτης (CaCO<sub>3</sub>)**

Βρίσκεται σχεδόν σε όλα τα βωξιτικά κοιτάσματα σε μικρά ποσοστά. Κατά κανόνα είναι διαγενετικής και επιγενετικής προέλευσης και σχηματίζεται από επιφανειακά ύδατα διηθούμενα δια μέσου της μάζας του ανθρακικού καλύμματος.

Μεγαλύτερη συγκέντρωση ασβεστίτη παρατηρείται κοντά στις επαφές με την οροφή και το δάπεδο, ενώ στα ενδιάμεσα τμήματα του κοιτάσματος η παρουσία του είναι σποραδική και το ορυκτό γεμίζει μικρές φωλιές και κενά του κοιτάσματος.

Ζώνες εμπλουτισμένες σε ασβεστίτη αποτελούν οι περιοχές με ασυνέχειες (διακλάσεις, ρήγματα), γιατί αυτές διευκολύνουν τη δίοδο των υδατικών διαλυμάτων που αποθέτουν ασβεστίτη στα κενά τους.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσία έστω και μικρών ποσοτήτων ασβεστίτη εντός της μάζας του βωξιτικού κοιτάσματος υποβιβάζει την ποιότητα του βωξίτη.

## **2.6 Γεωχημικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας**

Από το κάθε δείγμα κονιοποιήθηκε ποσότητα 100 g σε μύλο βολφραμίου μέχρι να πάρει τη μορφή αναφούς σκόνης.

Τα δείγματα βωξίτη στάλθηκαν προς ανάλυση στο χημείο του Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης, όπου αναλύθηκαν με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης με φασματοφωτόμετρο Perkin- Elmer 3300. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για τα κύρια στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες 3 και 4 αντίστοιχα.

Η μέση χημική σύσταση των δειγμάτων βωξίτη που αναλύθηκαν είναι: 54,81%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 19,94%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 7,34  $\text{SiO}_2$ , 0,98%  $\text{CaO}$  και η μέση απώλεια πύρωσης 12,83%.

Η μέση σύσταση των δειγμάτων σε ιχνοστοιχεία είναι: 450 ppm Ni, 54,29 ppm Zn και 37,14 ppm Sr.

Πίνακας 3. Χημική σύσταση (% κ.β.) των δειγμάτων βωξίτη που αναλύθηκαν.

|                                    | <b>B-1</b> | <b>B-2</b> | <b>B-3</b> | <b>B-4</b> | <b>B-5</b> | <b>B-6</b> | <b>B-7</b> |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>SiO<sub>2</sub></b>             | 6,42       | 6,42       | 4,28       | 8,56       | 8,56       | 10,7       | 6,42       |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 59,54      | 58,59      | 57,65      | 51,03      | 51,03      | 51,03      | 54,81      |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 15,16      | 16,30      | 19,02      | 23,60      | 24,45      | 18,3       | 22,74      |
| <b>CaO</b>                         | 0,64       | 0,36       | 1,71       | 0,31       | 0,57       | 2,78       | 0,46       |
| <b>MgO</b>                         | 0,08       | 0,07       | 0,11       | 0,07       | 0,08       | 0,13       | 0,1        |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 0,02       | 0,03       | 0,02       | 0,01       | 0,01       | 0,02       | 0,01       |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 0,12       | 0,11       | 0,11       | 0,11       | 0,12       | 0,12       | 0,11       |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 3,84       | 3,67       | 3,34       | 3,34       | 3,00       | 3          | 3,34       |
| <b>MnO</b>                         | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       | 0,01       |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0,15       | 0,12       | 0,30       | 0,29       | 0,20       | 0,19       | 0,16       |
| <b>LOI</b>                         | 13,51      | 13,77      | 13,20      | 12,58      | 11,66      | 13,47      | 11,63      |
| <b>Σύνολο</b>                      | 99,49      | 99,45      | 99,75      | 99,91      | 99,69      | 99,75      | 99,79      |

Πίνακας 4. Σύσταση σε ιχνοστοιχεία (ppm) των δειγμάτων βωξίτη που αναλύθηκαν.

|           | <b>B-1</b> | <b>B-2</b> | <b>B-3</b> | <b>B-4</b> | <b>B-5</b> | <b>B-6</b> | <b>B-7</b> |
|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Ni</b> | 310        | 210        | 340        | 260        | 430        | 590        | 1010       |
| <b>Zn</b> | 30         | 30         | 50         | 50         | 60         | 70         | 90         |
| <b>Ba</b> | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| <b>Sr</b> | 40         | 30         | 30         | 30         | 40         | 40         | 50         |

Το αργίλιο ανήκει στην κατηγορία των λιγότερο ευκίνητων και επομένως δυσκολότερα μεταναστευόντων στοιχείων. Καταβυθίζεται ως υδροξείδιο για τιμές του pH 4-9, ενώ διαλύεται σε πολύ όξινα ή πολύ αλκαλικά διαλύματα. Οι αργιλοπυριτικές ενώσεις τις οποίες περιέχει το μητρικό πέτρωμα, μετασχηματίζονται στο μανδύα της αποσάθρωσης του μεν σιαλικού τύπου (βωξίτες πλούσιοι σε πυρίτιο και αργίλιο) σε καολινίτη (pH 3,5-7), μοντμοριλλονίτη (pH 7,5-8,5) και αλλοϋσίτη (pH 5,7-6,5), του δε αλιτικού τύπου (βωξίτες πλούσιοι σε αργίλιο) σε υδροξείδια του Al (pH 4-9). Κατά τα πρώτα στάδια της διαγένεσης παρατηρείται σχετικός εμπλουτισμός σε Al.

Η διαλυτότητα του πυριτίου σύμφωνα με τον Mason (1952) αυξάνει προοδευτικά με την αύξηση του pH. Συνεπώς, μείωση του pH εξαιτίας της ύπαρξης CO<sub>2</sub> έχει ως αποτέλεσμα την καθίζηση του πυριτίου. Το πυρίτιο είτε καθιζάνει ως άμορφο κολλοειδές είτε μεταναστεύει ως κολλοειδές πυρίτιο είτε σχηματίζει ορυκτά (π.χ. αργιλικά ορυκτά).

Σε ιζήματα που αποτέθηκαν σε οξειδωτικό περιβάλλον κυριαρχεί ο τρισθενής σίδηρος (Rankama and Sahama, 1968). Υδροξείδια του τρισθενούς σιδήρου καθιζάνουν από υδατικά διαλύματα με  $\text{pH} = 3$ , ως αποτέλεσμα της αμοιβαίας κροκίδωσης των αντίθετα φορτισμένων υδροξείδιων κολλοειδούς διαλύματος τρισθενούς σιδήρου.

Σύμφωνα με τον Loughnan (1969) τα μόνα συστατικά των οποίων η κινητικότητα επηρεάζεται από μεταβολές στο  $\text{pH}$  του περιβάλλοντος είναι τα  $\text{Ti}(\text{OH})_4$ ,  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Αντίθετα, τα αλκάλια  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  και  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  είναι πλήρως διαλυτά εντός των κανονικών μεταβολών του  $\text{pH}$  των εδαφικών υδάτων. Τέλος, τα  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  και  $\text{Al}_2\text{O}_3$  παραμένουν αδιάλυτα και δεν μετακινούνται. Εάν τα υπό εξαλλοίωση πετρώματα είναι πλούσια σε ολιβίνη, αυγίτη και νεφελίνη, το  $\text{pH}$  του περιβάλλοντος των εδαφικών υδάτων γίνεται ιδιαίτερα αλκαλικό και έτσι μπορεί να διαλυθεί το αργίλιο και να καθιζήσει το μαγνήσιο. Το μαγνήσιο αποδεσμεύεται με τη μορφή διαλυτών  $\text{MgCl}_2$  και  $\text{MgSO}_4$ . Άλλος τρόπος μεταφοράς του μαγνησίου είναι ως χημικά μη αποσυντεθημένα ορυκτά του μαγνησίου και μερικώς ως μαγνησιούχα ορυκτά που αποτελούσαν συστατικά βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων.

Περιεκτικότητα σε Ca μεγαλύτερη από 1% οφείλεται στην ύπαρξη προσμίξεων του ανθρακικού ασβεστίου. Σύμφωνα με παρατηρήσεις που αφορούν ελληνικούς βωξίτες (Λάσκου, 1981) η περιεκτικότητά τους σε MgO είναι μεγαλύτερη από του CaO, εξαιτίας της εκλεκτικής προσρόφησης του Mg σε σχέση με το Ca σε αργιλικά ιζήματα. Σύμφωνα με τον Loughnan (1969), η απώλεια ή η συγκράτηση αλκαλίων μαγνησίου ή ασβεστίου και δισθενούς σιδήρου είναι αρχικά συνάρτηση του βαθμού απόπλυσης.

Η περιεκτικότητα των ελληνικών βωξιτών σε K είναι μεγαλύτερη από αυτή του Na (Οικονομόπουλος - Κυριακόπουλος, 1991). Το κάλιο προέρχεται από αποσάθρωση μαρμαρυγιών, ενώ το νάτριο κυρίως από αποσάθρωση αλβίτη. Και τα δυο υπεισέρχονται στο πλέγμα αργιλικών ορυκτών. Το στοιχείο με το μικρότερο δυναμικό ιόντος προσροφάται, ενώ αυτό με το υψηλότερο δυναμικό ιόντος παραμένει σε διάλυση (Goldschmidt, 1934).

Το μαγγάνιο συναντάται σχεδόν σε όλα τα πετρώματα. Μεγαλύτερη συγκέντρωση Mn εμφανίζουν γενικά τα βασικά πετρώματα, καθώς και ορισμένα Mn - ούχα ιζήματα. Τα κυριότερα ορυκτά του Mn είναι ο πυρολουσίτης ( $\text{MnO}_2$ ), ο μαγγανίτης ( $\text{MnO}(\text{OH})$ ) και ο ροδοχρωσίτης ( $\text{MnCO}_3$ ). Το Mn με τη μορφή  $\text{Mn}^{+2}$  είναι περισσότερο ευδιάλυτο και παραμένει σε διάλυμα ακόμα και σε υψηλό pH. Το  $\text{Mn}^{+4}$  αντιθέτως είναι δυνατό να παραμένει στο διάλυμα με τη μορφή κολλοειδών υδροξειδίων, σε οξειδωτικό όμως περιβάλλον καταβυθίζεται με τη μορφή  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  ή  $\text{MnO}_2$ . Ο Bossat (1976) διατύπωσε την άποψη ότι το Mn δρα καταλυτικά για το σχηματισμό υψηλών συγκεντρώσεων οξειδίων Fe στους βωξίτες.

Το περιεχόμενο Ti των βωξιτών που μελετήθηκαν προέρχεται από την αποσάθρωση τιτανομαγνητίτη και ιλμενίτη, οπότε σχηματίζεται σύμφωνα με τον Οικονομόπουλο – Κυριακόπουλο (1991), ανατάσης.

Ο φωσφόρος απελευθερώνεται με τη μορφή φωσφορικών αλάτων και διαλυμένου ή κολλοειδούς φωσφορικού ασβεστίου. Οξείδωση του σιδήρου ευνοεί τη σταθεροποίηση του φωσφόρου στο διάλυμα. Αντίθετα, αναγωγή του ευνοεί την εκ νέου διάλυση και μετακίνηση του φωσφόρου (Einsele, 1938).

Το στρόντιο είναι αρκετά διαδομένο στα πετρώματα και ιδιαίτερα στους γρανίτες, τα ανθρακικά πετρώματα, τη γύψο και τον ανυδρίτη. Τα μόνα ορυκτά του που έχουν οικονομική σημασία είναι ο σελεσίτης ( $\text{SrSO}_4$ ) και ο στροντιανίτης ( $\text{SrCO}_3$ ), τα οποία κυρίως απαντούν σε επιγενετικές φλέβες και φακούς μεταξύ ρηγμάτων και διακλάσεων. Τα στοιχεία που συνοδεύουν το Sr στα φλεβικού τύπου κοιτάσματα είναι το Ba, Pb, Zn, Ca, Fe, S και το F. Η συμπεριφορά του Sr μοιάζει με αυτή του Ca και του Ba, τα οποία και ακολουθεί.

Το νικέλιο βρίσκεται σε όλους τους τύπους των πετρωμάτων και ιδιαίτερα στα βασικά και υπερβασικά εκρηξιγενή πετρώματα. Τα κυριότερα βιομηχανικής σημασίας ορυκτά είναι ο πετλανδίτης ( $\text{FeNiS}$ ), ο νικελίνης ( $\text{NiAs}$ ), ο μλλερίτης ( $\text{NiS}$ ) κ.ά., ενώ μεγάλες ποσότητες του μετάλλου παράγονται κατά τη μεταλλουργική επεξεργασία των σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων (λατεριτών). Πολλά βωξίτικά κοιτάσματα της Ν - Ευρώπης είναι εμπλουτισμένα με Ni στον ορίζοντα της βάσης και εκμεταλλεύονται.

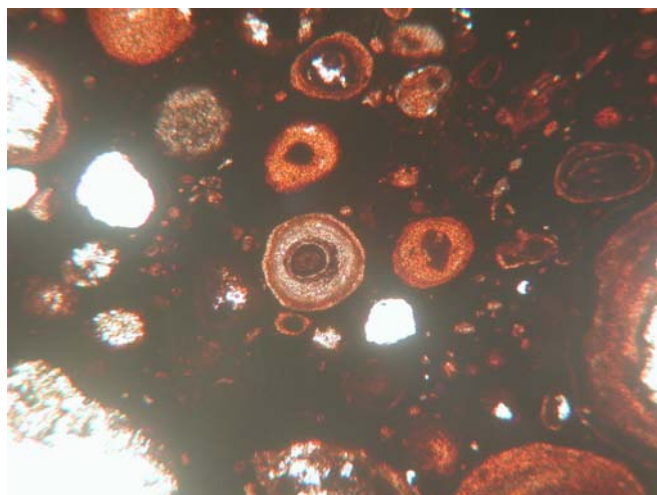
Το Ni στα εκρηξιγενή πετρώματα εμφανίζεται κυρίως μέσα στα ορυκτά ολιβίνης ή σερπεντίνης (Stanton, 1972). Εξαιτίας της συγγένειας που έχει με το Mg το αντικαθιστά στην δομή των ως άνω ορυκτών. Κατά την επιφανειακή αποσάθρωση διαλύεται και μεταφέρεται μακριά από το μητρικό πέτρωμα και σε περιβάλλον με  $pH > 8$  καταβυθίζεται και προσροφάται συνήθως στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών. Στους καρστικούς βωξίτες συσσωρεύεται στα κατώτερα μέρη, στην επαφή με τον ασβεστόλιθο, όπου το αλκαλικότερο περιβάλλον ευνοεί το σχηματισμό υδροξειδίων του Ni, τα οποία υπό ορισμένες συνθήκες μετατρέπονται σε οξείδια.

Ο ψευδάργυρος υπάρχει σε όλα σχεδόν τα είδη των πετρωμάτων. Τα κύρια ορυκτά του είναι ο σφαλερίτης ( $ZnS$ ) και ο σμιθσονίτης ( $ZnCO_3$ ). Από πλευράς διαλυτότητας ο Zn είναι ελαφρώς διαλυτός και ακολουθεί το Mg και τον  $Fe^{+2}$ . Η κινητικότητα του είναι σχετικά υψηλή και περιορίζεται από την τάση απορρόφησής του από το  $MnO_2$  και από αδιάλυτες οργανικές ύλες. Η περιεκτικότητα σε Zn των βωξιτικών δειγμάτων που μελετήθηκαν είναι πολύ χαμηλή.

Η απώλεια βάρους εξαιτίας πύρωσης οφείλεται στην απομάκρυνση υδροξυλιακού νερού που περιέχεται στο κρυσταλλικό πλέγμα ορυκτών.

## 2.7 Ιστολογικά χαρακτηριστικά βωξίτη Κλεισούρας

Από τη μικροσκοπική εξέταση διαπιστώνεται ότι η συνηθέστερη υφή που επικρατεί στα μελετηθέντα δείγματα είναι η ωολιθική (Εικ. 1.). Οι ωόλιθοι είναι κόκκοι μεγέθους μικρότερου από 2 mm. Το σχήμα τους είναι σφαιρικό ή ελλειπτικό και αποτελούνται κυρίως από ορυκτά του Al (διάσπορο και μπαιμίτη) και από ορυκτά του Fe (αιματίτη – γκαιτίτη).

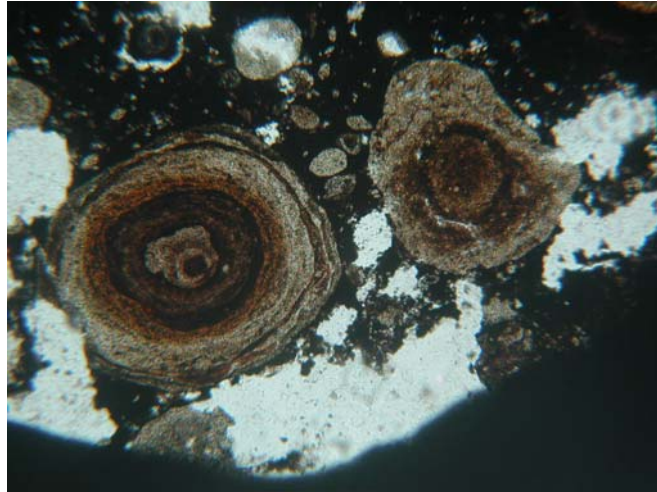


Εικ. 1. Ωολιθική υφή των βωξιτών που μελετήθηκαν. Δείγμα Β-1.

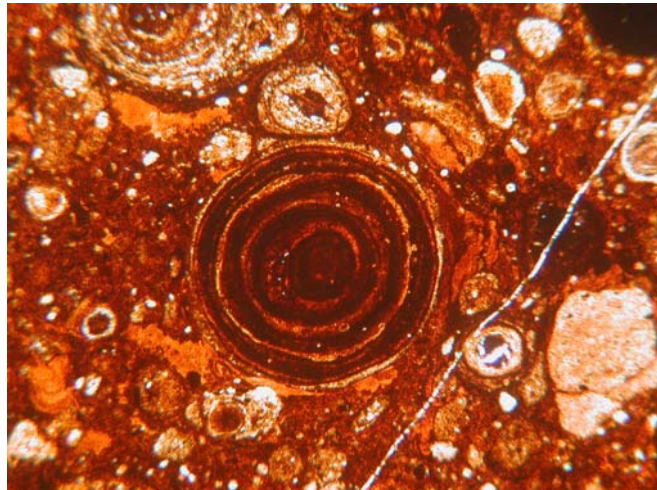
Η μεγάλη διάσταση της φωτογραφίας αντιστοιχεί σε 3 mm.

Οι ωόλιθοι αποτελούνται είτε από ένα ορυκτό είτε κυρίως από συγκεντρικούς φλοιούς εναλλασσόμενης σύστασης, γεγονός που δείχνει εναλλαγή των συνθηκών απόθεσης (Εικ. 2 και 3).

Συχνά παρατηρούνται ωόλιθοι διασπορικοί ή μπαιμιτικοί που περιβάλλονται από έναν εξωτερικό φλοιό αιματίτη ή που μέσα στην κύρια μάζα τους διακρίνονται στίγματα αιματίτη. Τα υπολείμματα αυτά του αιματίτη μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι κατά τη διαγένεση συνέβη διαχωρισμός του σιδήρου (Οικονομόπουλος – Κυριακόπουλος, 1991). Οι ρωγμές πληρώνονται συνήθως με δευτερογενή ορυκτά, όπως γκαιτίτη ή αιματίτη.

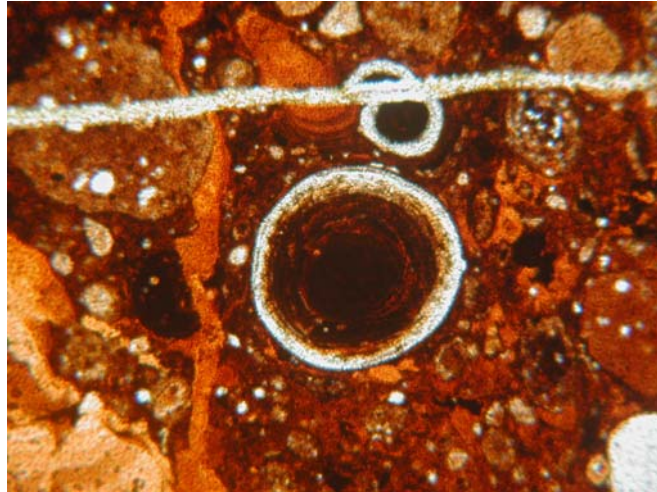


Εικ. 2. Ωόλιθοι με συγκεντρικούς φλοιούς εναλλασσόμενης σύστασης. Δείγμα B-3. Η μεγάλη διάσταση της φωτογραφίας αντιστοιχεί σε 3 mm.



Εικ. 3. Ωόλιθοι με συγκεντρικούς φλοιούς εναλλασσόμενης σύστασης. Δείγμα B-4. Η μεγάλη διάσταση της φωτογραφίας αντιστοιχεί σε 3 mm.

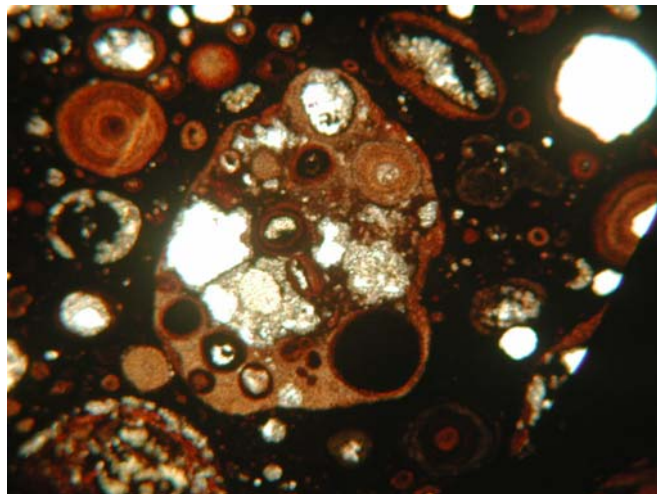
Ο μικροτεκτονισμός του κοιτάσματος βωξίτη παρατηρείται και κάτω από το μικροσκόπιο το μικροσκόπιο, κυρίως με κατάκλαση (Εικ. 4).



Εικ. 4. Ρωγμάτωση που τέμνει έναν ωλίθιο και προκαλεί τεκτονική μετατόπιση.

Δείγμα B-4. Η μεγάλη διάσταση της φωτογραφίας αντιστοιχεί σε 3 mm.

Στην Εικ. 5 βλέπουμε ένα θραύσμα βωξίτη που περιέχει ωλίθους, το οποίο έχει μεταφερθεί στο σημείο αυτό μετά από αποσάθρωση.



Εικ. 5. Βωξιτικό θραύσμα που μεταφέρθηκε μετά από αποσάθρωση.

Δείγμα B-7. Η μεγάλη διάσταση της φωτογραφίας αντιστοιχεί σε 3 mm.

## 2.8 Εμπορικοί τύποι βωξίτη - Χρήσεις

Μετά την εξόρυξη του μεταλλεύματος ακολουθεί η επεξεργασία του. Αυτή περιλαμβάνει το στάδιο της θραύσης, του κοσκινίσματος και του εμπλουτισμού (αφαίρεση των ασβεστολιθικών στείρων).

Το βωξιτικό μέταλλευμα είναι η κύρια εμπορική πηγή της αλουμίνας ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), και αυτή αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή του μετάλλου του Al (80 -85% της αγοράς αλουμίνας), για πυρίμαχα (5% της αγοράς), για αποξεστικά (4% της αγοράς), για παραγωγή τσιμέντων (3% της αγοράς), για τη χημική βιομηχανία (2% της αγοράς), για τη χαλυβουργία (2% της αγοράς) και τέλος για υλικά συγκόλλησης (Harben, 2002).

Η Ελλάδα είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς βωξίτη και αλουμίνας παγκοσμίως.

## 2.9 Εμπορικοί τύποι ελληνικών βωξιτών

Από πλευράς εφαρμογών το 2006 η παραγωγή του ελληνικού βωξίτη χρησιμοποιήθηκε κατά 66% στην παραγωγή αλούμινας, 17% στην παραγωγή αλουμινοϋχών τσιμέντων, 10% στην χαλυβουργία, 3% στην παραγωγή τσιμέντου τύπου Portland, 3% στην παραγωγή πετροβάμβακα και 1% σε διάφορες άλλες εφαρμογές όπως λειαντικά, χυτήρια κ.λπ. (Σ.Μ.Ε., 2007).

### Αλουμίνα

Ο βωξίτης είναι το κυριότερο συστατικό για την παραγωγή αλουμίνας, η οποία εκτός των άλλων, αποτελεί πρώτη ύλη για την παραγωγή του μετάλλου του αλουμινίου. Τα κοιτάσματα βωξίτη της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας είναι διασπορικού και μπαιμιτικού τύπου και ως εκ τούτου απαιτούν ειδικές συνθήκες θραύσης και διαλυτοποίησης. Η χρήση ελληνικού βωξίτη παρέχει μοναδικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , η χαμηλή περιεκτικότητα σε  $\text{SiO}_2$  και  $\text{CaO}$ , η χαμηλή απώλεια πύρωσης και η χαμηλή περιεκτικότητα του βωξίτη σε υγρασία.

Η αλουμίνα είναι χημικά αδρανής, ανθεκτική σε χημικές επιδράσεις, παρουσιάζει σκληρότητα 9 και σημείο τήξης  $2050^\circ\text{C}$ . Εμφανίζεται με δυο κρυσταλλικές μορφές: στη φύση ως κορούνδιο ή  $\alpha - \text{Al}_2\text{O}_3$  με κρυστάλλους τριγωνικής συμμετρίας και ειδικό βάρος 4,0 και ως  $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$  με κρυστάλλους κυβικής συμμετρίας και ειδικό βάρος 3,6 που είναι αποτέλεσμα πυροεπεξεργασίας και μετατρέπεται στην  $\alpha -$  μορφή σε υψηλή θερμοκρασία.

Η αλουμίνα εκτός της παραγωγής του μετάλλου του αλουμινίου, χρησιμοποιείται για παρασκευή φύλλων περιτυλίγματος, δοχείων και σκευών, χαλυβουργικών και αρχιτεκτονικών προϊόντων, ειδών περίφραξης και εξαρτημάτων αυτοκινήτων. Χρησιμοποιείται επίσης ως ακατέργαστο υλικό για πυρίμαχα, αποξεστικά, κεραμικά και χημικά προϊόντα αλουμινίου. Η αλουμίνα με πύρωση ή φρύξη σε διαφορετικές θερμοκρασίες, παράγει προϊόντα στίλβωσης ή απόξεσης με διαφορετικό μέγεθος και εμβαδόν επιφάνειας κόκκων και διαφορετικό βαθμό σκληρότητας (Τσιραμπίδης, 2005).

Η φρυγμένη αλουμίνα ( $> 99\% \text{ Al}_2\text{O}_3$ ) χρησιμοποιείται για παραγωγή προϊόντων στίλβωσης και επάλειψης καταλυτών, πυρίμαχων πλίνθων κ.ά. Η υψηλής καθαρότητας φρυγμένη αλουμίνα ( $> 99,9\% \text{ Al}_2\text{O}_3$ ) χρησιμοποιείται για βιοκεραμικά, πληρωτικά, στίλβωτικά και χημικά προϊόντα. Η πολύ υψηλής καθαρότητας αλουμίνα ( $> 99,99\% \text{ Al}_2\text{O}_3$ ) χρησιμοποιείται για υψηλής απόδοσης υδαρείς κονίες και βιοκεραμικά. Η φρυγμένη αλουμίνα ελέγχει την υφή, την επιφάνεια και το χρώμα ενός εφυσάλωματος, αποτρέποντας την αφυάλωση (π.χ κεραμικά πλακίδια) και αυξάνει την αντοχή του κεραμικού σώματος (π.χ κεραμικά σκεύη). Σφαιρίδια ριπής, μεγέθους 0,850 mm έως 0,425 mm σχηματίζονται από φρύξη βωξιτικού υλικού (μεγέθους κόκκων  $< 12 \mu\text{m}$ ) σε  $2000^\circ\text{C}$  και χρησιμοποιούνται στην υδραυλική θραύση πετρωμάτων για διευκόλυνση της μετανάστευσης υδρογονανθράκων.

Η αλουμίνα (εμπορική ονομασία του οξειδίου του αλουμινίου) ανάλογα με το βαθμό επεξεργασίας της, είναι ένυδρη ή άνυδρη:

- η ένυδρη αλουμίνα χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών στη χημική βιομηχανία,
- η άνυδρη προκύπτει από την ένυδρη με έψηση σε υψηλή θερμοκρασία για την αφαίρεση της περιεχόμενης υγρασίας. Αποτελεί τη βασική πρώτη ύλη για την παραγωγή πρωτόχυτου αλουμινίου.

Η εξάπλωση των εφαρμογών του αλουμινίου έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση όλο και μεγαλύτερων ποσοτήτων άνυδρης αλουμίνας.

Η ποιότητα της παραγόμενης αλουμίνας εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε νάτριο της βωξιτικής πρώτης ύλης, την κοκκομετρία του και τον τρόπο περαιτέρω επεξεργασίας.

## Μέθοδος παραγωγής αλουμίνας

Για το διαχωρισμό της αλουμίνας (εμπειρική ονομασία του οξειδίου του αλουμινίου) από τα άλλα συστατικά του βωξίτη, χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο η μέθοδος Bayer:

### Κύκλωμα Bayer

Αρχικά ο βωξίτης θραύεται και αλέθεται σε πολύ λεπτή κοκκομετρία. Στη συνέχεια αναμιγνύεται με ποσότητες πυκνού διαλύματος καυστικού νατρίου. Το μίγμα αυτό θερμαίνεται με τη βοήθεια ατμού σε θερμοκρασία 250°C. Έτσι, η αλουμίνα διαλυτοποιείται, δημιουργώντας σύμπλοκο με το καυστικό νάτριο. Τα άλλα αδρανή κατάλοιπα του βωξίτη που παραμένουν αδιάλυτα, διαχωρίζονται με καθίζηση και απορρίπτονται.

Το πυκνό διάλυμα της ένωσης της αλουμίνας με το αργλικό νάτριο, αραιώνεται και ψύχεται με την προσθήκη νερού, οπότε διαχωρίζεται στα συστατικά του:

- Αραιό διάλυμα νατρίου, που συμπυκνώνεται με εξάτμιση και χρησιμοποιείται ξανά για την επεξεργασία νέων ποσοτήτων βωξίτη.
- Ένυδρη αλουμίνα, που με τη μορφή λεπτών λευκών κόκκων, συγκρατείται σε ειδικά φίλτρα.

Στη συνέχεια πυρώνεται σε φούρνους σε θερμοκρασία 1300°C για να αφαιρεθεί η υγρασία και το κρυσταλλικό νερό που περιέχει. Η άνυδρη πλέον αλουμίνα χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλουμινίου.

Για την παραγωγή ενός τόνου αλουμίνας απαιτούνται:

- 2,2 τόνοι βωξίτη
- 3,5 κιλά καυστικό νάτριο
- 230 κιλά πετρέλαιο
- 6 τόνοι νερό

Μετά από τη διαδικασία Bayer, για την παρασκευή του μετάλλου του αλουμινίου απαιτείται η διαδικασία Hall – Heroult, κατά την οποία γίνεται

ηλεκτρολυτική αναγωγή. Το τήγμα που προκύπτει διοχετεύεται σε καλούπια, ανάλογα με την τελική του χρήση.

Το αλουμίνιο είναι αργυρόλευκο, μη τοξικό και με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα. Η ηλεκτρική του αγωγιμότητα είναι το 60% αυτής του χαλκού. Παρουσιάζει καλή ελατότητα με αποτέλεσμα να επεξεργάζεται εύκολα. Δεν παρουσιάζει μαγνητική επιδεκτικότητα, ενώ αντέχει στη διάβρωση πολύ περισσότερο από το σίδηρο (Harben, 2002).

Κατά τη διαδικασία αυτή προκύπτουν χρήσιμα παραπροϊόντα, όπως ο τριϋδρίτης του αλουμινίου,  $ATH$  ή  $Al(OH)_3$ . Αυτός περιέχει περίπου 11% ελεύθερη υγρασία, μπορεί να ξηραθεί σε θερμό αέρα και να σχηματίσει μια λευκή, λαμπρή, λεπτοπλακώδη σκόνη με καλή ικανότητα απορρόφησης ελαίου, νερού και υπεριώδους ακτινοβολίας. Χρησιμοποιείται ως πληρωτικό ή χρωστικό υλικό στα ελαστικά, στεγανωτικά, συγκολλητικά και καλλυντικά προϊόντα. Επίσης στους καταλύτες, στην υαλουργία, σε εφυσλώσεις και στην παραγωγή λιπασμάτων, ως ήπιο αποξεστικό για παραγωγή στιλβωτικών και καθαριστικών και ως αντιόξινη ουσία σε προϊόντα επιβράδυνσης φωτιάς, συνήθως μαζί με  $Mg(OH)_2$ .

### **Αλουμινούχα τσιμέντα**

Ο βωξίτης αποτελεί πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινούχων τσιμέντων με υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο.

Οι τρεις μεγαλύτεροι παγκοσμίως παραγωγοί αλουμινούχων τσιμέντων με υψηλή περιεκτικότητα σιδήρου προμηθεύονται ελληνικό βωξίτη. Τα αλουμινούχα τσιμέντα πετυχαίνουν υψηλή αντοχή σε αρχικό στάδιο (24 ώρες μετά τη χύτευσή τους τα δομικά στηρίγματα μπορούν να αφαιρεθούν και να συνεχιστεί η κατασκευή), σε συνδυασμό με πυρίμαχες ιδιότητες (αντοχή σε θερμοκρασίες που υπερβαίνουν τους  $1600^{\circ}C$ ), αντοχή σε διάβρωση και μηχανική καταπόνηση. Ο βωξίτης αποτελεί ένα από τα βασικά συστατικά για την παραγωγή αλουμινούχων τσιμέντων, με πλεονέκτημα την χονδρόκοκκη μορφή του, την αντοχή του σε μηχανική καταπόνηση, τον υψηλό δείκτη θερμικής αντοχής κ.ά.

Η χρήση χαμηλής μεταλλουργικής αξίας διασπορικού βωξίτη και αοβεστολίθου και η αναγωγική τήξη του μίγματος παρουσία άνθρακα, μπορεί να

οδηγήσει στην παραγωγή αλουμινούχου τσιμέντου ( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 35\%$ ), η εμπορική αξία του οποίου είναι 4-5 φορές υψηλότερη από αυτή των κλασικών τσιμέντων Portland. Η σημαντικότερη διαφορά των παραγόμενων τύπων αλουμινούχου τσιμέντου από τα HAC (High Alumina Cements) είναι το υψηλό ποσοστό  $\text{MgO}$  (~5%), εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σκωρίας σε βωξίτη, σημαντικά υψηλότερο από τις προδιαγραφές (<1%). Η συμπεριφορά των τελικών προϊόντων, όσον αφορά την ανάπτυξη των αντοχών, έδειξε ότι είναι δυνατή η παραγωγή αλουμινούχων τσιμέντων, ακόμα και με υψηλά ποσοστά οξειδίου του μαγνησίου (Δουρδούνης, 2004).

### **Χαλοβουργία**

Ο βωξίτης χρησιμοποιείται ως ρευστό υλικό στην υψικάμινο, παρέχοντας έτσι σημαντικά λειτουργικά πλεονεκτήματα, συνεισφέροντας σε μείωση του κόστους κατά τη λειτουργία της υψικαμίνου και σε βελτίωση των υδραυλικών ιδιοτήτων της κοκκοποιημένης σκωρίας, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή τσιμέντου σκωρίας.

### **Τσιμέντα τύπου Portland**

Ο βωξίτης χρησιμοποιείται ως μία πλούσια πηγή οξειδίου του αργιλίου ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) για τη ρύθμιση της τροφοδοσίας για την παραγωγή clinker. Απαιτείται, όταν η τροφοδοσία της αργίλου ή του αργλικού σχιστόλιθου έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οξειδίου του αργιλίου ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) για τη δημιουργία των απαιτούμενων σχέσεων των οξειδίων για την παραγωγή του clinker. Στα πλεονεκτήματα του ελληνικού βωξίτη συγκαταλέγονται η χαμηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο και σε ιχνοστοιχεία, η υψηλή περιεκτικότητα σε  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , η χαμηλή περιεκτικότητα σε αλκάλια και  $\text{MgO}$  κ.ά.

### **Ορυκτές Ίνες - Πετροβάμβακας**

Ο πετροβάμβακας αποτελείται από ίνες προερχόμενες από μίγμα ορυκτών και πετρωμάτων (ηφαιστειογενή πετρώματα, ασβεστόλιθος, δολομίτης και βωξίτης), το οποίο φρύγεται σε ηλεκτρικό φούρνο. Η συγκόλληση των ινών μεταξύ τους

πετυχαίνεται με την προσθήκη φαινολικής ρητίνης. Στη συνέχεια εμποτίζονται με σιλικόνη για να μειωθεί η υδροαπορροφητικότητα με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμομονωτικής ικανότητας. Ο πετροβάμβακας είναι κατάλληλος για θερμομόνωση, ηχομόνωση και πυροπροστασία στην οικοδομική, στη βιομηχανία, σε πλοία, οχήματα και οικιακές συσκευές.

Ο βωξίτης είναι μία πηγή πλούσια σε  $Al_2O_3$  που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ορυκτών ινών. Σε περίπτωση που η περιεκτικότητα της τροφοδοσίας της καμίνου σε  $Al_2O_3$  δεν είναι επαρκής, προσθέτεται βωξίτης. Οι ορυκτές ίνες με υψηλή περιεκτικότητα σε αλουμίνα παρουσιάζουν βελτιωμένη βιοδιαλυτότητα και καλύτερες πυρίμαχες ιδιότητες. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα του βωξίτη της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας για την παραγωγή ορυκτών ινών συγκαταλέγονται η χονδρόκοκκη μορφή (όπου απαιτείται), η υψηλή αντοχή σε μηχανική καταπόνηση, η ποικιλία της κοκκομετρίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές των πελατών κ.λπ.

### Προδιαγραφές

Ο ακατέργαστος βωξίτης περιέχει 5-30% υγρασία, η οποία όμως μειώνεται με ξήρανση στο 1%. Οι χημικές προδιαγραφές ποικίλουν ανάλογα με την προοριζόμενη τελική χρήση (Harben, 2002):

-Αποξεστικά:  $>82\% Al_2O_3$ ,  $<6\% SiO_2$ , 3-5%  $Fe_2O_3$ , 2-4%  $TiO_2$ ,  $<0,1 CaO$ ,  $<1\% LOI$ .

-Ευτηκτικά χάλυβα:  $>55\% Al_2O_3$ ,  $<7\% SiO_2$ , ίχνη  $P_2O_5$  και ελάχιστη υγρασία.

-Μεταλλουργία: υψηλή σχέση  $Al_2O_3/SiO_2$ .

-Σφαιρίδια ρυπής: υψηλή αλουμίνα, χαμηλή πυρίτια και αργιλικά.

-Τσιμέντα: μέτρια υψηλή παρουσία κυρίως μπαμίτη και διασπόρου,  $<4-6\% SiO_2$ ,  $Al_2O_3/SiO_2 > 10/1$ ). Το περιεχόμενο σε σίδηρο εξαρτάται από τον τύπο, με 10-18%  $Fe_2O_3$  για τα περισσότερα και 2,5-3%  $Fe_2O_3$  για τα χαμηλής περιεκτικότητας σε σίδηρο.

-Χημικά:  $>58\% Al_2O_3$  και  $Al_2O_3/Fe_2O_3=100/1$  είναι το ιδανικό αν και πρακτικά για κατεργασία πόσιμου νερού η αναλογία είναι  $>23:1$ , χωρίς τοξικές ενώσεις. Για κατεργασία υδάτινων λυμάτων η αναλογία είναι 4:1.

### **Υποκατάστατα προϊόντα (Harben, 2002).**

-Αποξεστικά (λειαντικά): ανθρακοπυρίτιο, άστριος, γρανάτης, διαμάντια, διατομίτης, ιλμενίτης, κίσσηρη, κορούνδιο/σμούριδα, μαγνητίτης, νεφελινικός συηνίτης, ολιβίνης, περλίτης, πυριτική άμμος, σταυρόλιθος.

-Επιβραδυντικά φωτιάς: βερμικουλίτης, βορικά, βρώμιο, διατομίτης, κίσσηρη, μαγνησίτης και μαγνησία, περλίτης, φωσφορικά, χρωμίτης,  $Sb_2O_3$ .

-Ξηραντικά: άργιλος, γύψος, ενεργοποιημένος άνθρακας, ενεργός ασβέστης, ξεόλιθοι, πυριτική πηκτή,  $CaSO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $LiCl$ ,  $LiBr$ .

-Πηγή  $Al_2O_3$ : άργιλος, αλουνίτης, ανορθωσίτης.

-Πληρωτικά: άστριος, βαρύτης, βολαστονίτης, διατομίτης, καολίνης, μαρμαρυγίας, μικροκρυσταλλική ή αλευρομερής πυρίτις, νεφελινικός συηνίτης, περλίτης, τάλκης,  $CaCO_3$ .

-Πυρίμαχα: ανδαλουσίτης, γραφίτης, δολομίτης, ζirkόνιο, κυανίτης, μαγνησίτης, ολιβίνης, πυρίμαχοι άργιλοι, πυρίτις, πυροφυλλίτης, σιλιμανίτης, χρωμίτης.

-Σφαιρίδια ριπής: άργιλοι πυροεπεξεργασμένοι, βαρύτης, βερμικουλίτης, βολαστονίτης, γρανάτης, γραφίτης, γύψος, ζirkόνιο, κίσσηρη, πυριτική άμμος.

### **2.10 Συμπεράσματα**

Ο ελληνικός βωξίτης χαρακτηρίζεται από μοναδικά πλεονεκτήματα (Πίν. 5), όπως είναι η υψηλή περιεκτικότητά του σε  $Al_2O_3$ , η χαμηλή σε  $CaO$ , η χαμηλή απώλεια πύρωσης και η χαμηλή περιεκτικότητά του βωξίτη σε υγρασία σε σχέση με τους κυριότερους ανταγωνιστές (Γουινέα, Αυστραλία, Τζαμάικα, Βραζιλία και Κίνα). Αντίθετα, οι ελληνικοί βωξίτες μειονεκτούν στο ότι περιέχουν υψηλά ποσοστά  $SiO_2$ , γεγονός που αυξάνει τη σκληρότητά τους και δυσκολεύει την επεξεργασία τους.

Πίνακας 5. Κατανομή κύριων στοιχείων (% κ.β.) σε κοιτάσματα βωξίτη  
(Shaffer, 1975).

|                          | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | LOI   |
|--------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|
| Αυστραλία                |                                |                  |                                |                  |       |
| Cape York                | 52-60                          | 2-10             | 5-13                           | 2,10-3,10        | 21-29 |
| Gove                     | 48,70                          | 3,60             | 17                             | 3,40             | 26,30 |
| Darling Ranges           | 30-48                          |                  |                                |                  |       |
| Kimberly Region          | 47-50                          | 2,50-3,50        |                                |                  |       |
| Βραζιλία                 |                                |                  |                                |                  |       |
| Minas Gerais             | 55-59                          | 1,60-5,60        | 6,90-9,60                      |                  |       |
| Amazon                   | 50-61                          | 9-9,70           | 1,70-1,40                      | 1,10-2           | 25-30 |
| Κίνα                     | 50-70                          | 9-15             | 1-13                           | 2                |       |
| Δομινικανή Δημ.          | 46-49                          | 1,60-5,20        | 19-21                          |                  |       |
| Γαλλία                   | 55-70                          | 3-16             | 4-25                           | 2-3,50           |       |
| Γκάνα                    |                                |                  |                                |                  |       |
| Yenahin                  | 41-63                          | 0,20-3,10        | 1,2-30,9                       | 1,50-5,30        | 20-29 |
| Awaso                    | 48-61                          | 0,40-2,40        | 4-22                           | 0,80-2,10        | 26-33 |
| Kibi                     | 32-60                          | 0,30-2,90        | 6-45                           | 2-6,20           | 13-30 |
| Ελλάδα                   | 35-65                          | 0,40-9           | 7,5-30                         | 1,30-3,20        |       |
| Γουινέα                  | 40-65                          | 0,50-5           | 2-30                           | 3-5              | 22-32 |
| Γουιάνα                  | 51-61                          | 4-6              | 1-8                            | 2-3              |       |
| Αϊτή                     | 46,8                           | 3,4              | 21,9                           | 2,8              | 25-32 |
| Ουγγαρία                 | 50-60                          | 1-8              | 15-20                          | 2-3              | 24,10 |
| Ινδία                    | 45-60                          | 1-5              | 3-20                           | 5-10             | 13-20 |
| Ινδονησία                | 53                             | 4-5              | 12                             |                  | 22-27 |
| Τζαμάικα                 | 49-51                          | 0,70-1,60        | 19-21                          | 2,50-2,70        |       |
| Μαλαισία                 | 38-60                          | 1-13             | 3-21                           | 1-2              | 25-27 |
| Σιέρα Λεόνε              | 51-55                          | 1,50-2           | 10-18                          | 1,5              |       |
| Σουρινάμ                 | 50-60                          | 2-6              | 2-15                           | 2-3              | 27-31 |
| Η.Π.Α.                   |                                |                  |                                |                  |       |
| Arkansas                 | 45-57                          | 5-24             | 2-12                           | 1,60-2,40        | 22-28 |
| Oregon και<br>Washington | 31-35                          | 5-11             | 33-35                          | 5-6              | 16-20 |
| ΝΔ. Πολιτείες            | 51-56                          | 12-15            | 1-5                            | 1,50-3,50        | 22-30 |
| Ε.Σ.Σ.Δ.                 | 26-52                          | 2-32             | 1-45                           | 1,40-3,20        |       |
| Γιουγκοσλαβία            | 48-60                          | 1-8              | 17-26                          | 2,50-3,50        | 13-27 |
| Ρουμανία                 | 55                             | 5                | 22                             | 1-2              |       |
| Τουρκία                  | 55-60                          | 5-7              | 15-20                          | 2-3              | 12-14 |

LOI= απώλεια πύρωσης.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Ο μαγνησίτης Γερακινής Χαλκιδικής

#### 3.1 Εισαγωγή

Ο μαγνησίτης (λευκόλιθος) ( $\text{MgCO}_3$ ), είναι το σημαντικότερο από τα ορυκτά του μαγνησίου. Είναι ανθρακικό άλας του μαγνησίου και μαζί με το δολομίτη  $\text{Ca}(\text{Mg})\text{CO}_3$  και τα ορυκτά των εβαποριτών καρναλλίτη ( $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), μπισοφίτη ( $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) και κιζερίτη ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), αποτελεί τα σημαντικότερα μη πυριτικά ορυκτά του Mg. Οι πλούσιες σε FeO ποικιλίες ονομάζονται μπρουνερίτες (5-30%  $\text{FeCO}_3$ ) και αποτελούν ενδιάμεσα μέλη μιας ισόμορφης σειράς, η οποία έχει ως ακραία μέλη το μαγνησίτη ( $\text{MgCO}_3$ ) και το σιδηρίτη ( $\text{FeCO}_3$ ).

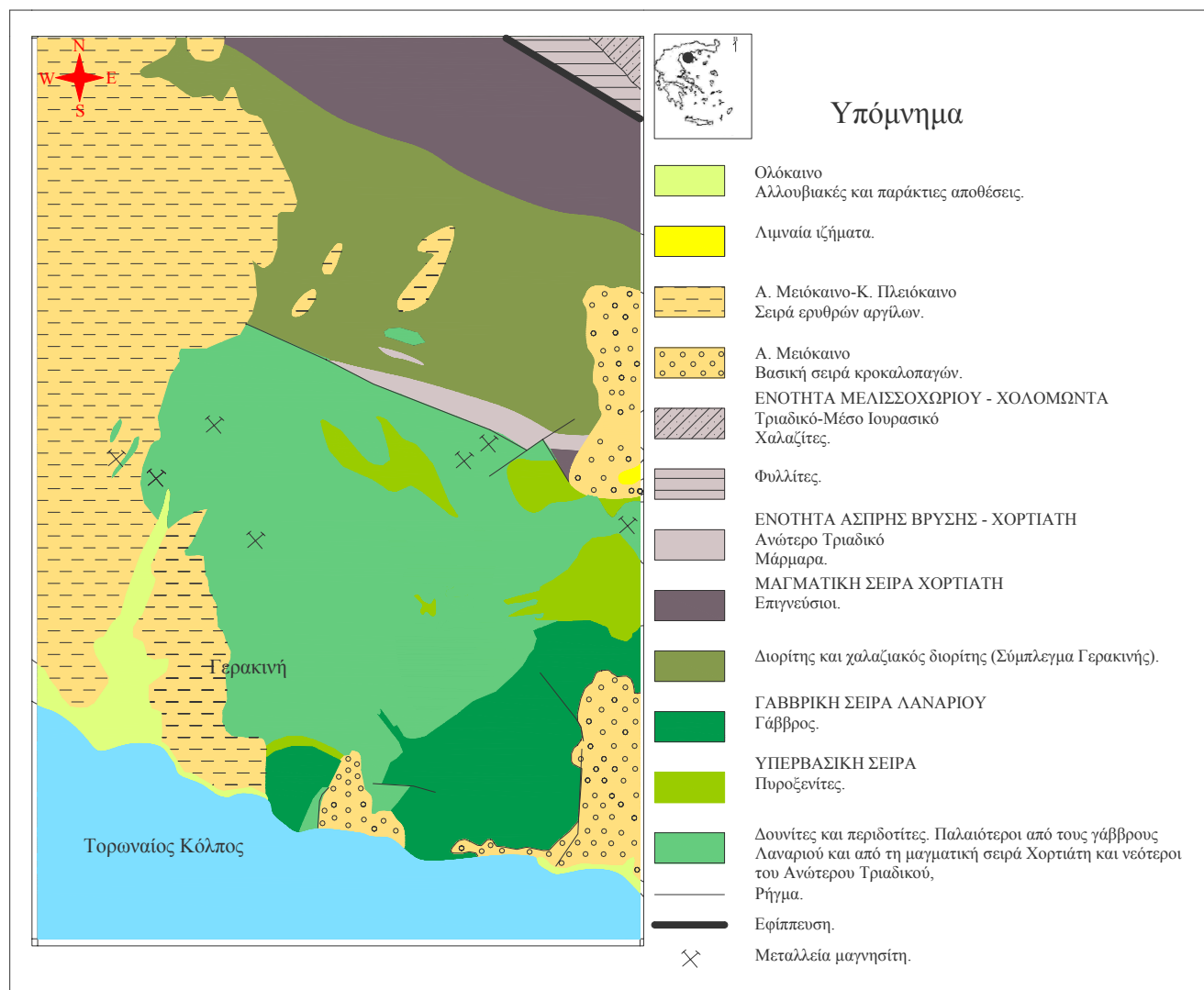
Ο μαγνησίτης έχει πυκνότητα 3 g/cm<sup>3</sup>, ειδικό βάρος 2,9 - 3,1 και κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Η σκληρότητά του είναι 3,75 - 4,25 ανάλογα με την κρυσταλλογραφική διεύθυνση και το χρώμα του συνήθως είναι λευκό, αλλά μπορεί να είναι και τεφρόλευκο, υποκίτρινο και καστανό (Σαπουντζής και Χριστοφίδης, 1985).

Το Mg καταλαμβάνει την 8η θέση κατά σειρά αφθονίας στο στερεό φλοιό της γης και την 3η θέση στο θαλασσινό νερό. Στη φύση ο μαγνησίτης απαντά με δύο τύπους, το στιφρό μαγνησίτη ή κρυπτοκρυσταλλικό και τον κρυσταλλικό μαγνησίτη.

#### 3.2 Γεωλογία περιοχής κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής

Η περιοχή της Γερακινής βρίσκεται 70 km ΝΑ της Θεσσαλονίκης στο μυχό του κόλπου της Σιθωνίας και αποτελεί τμήμα της Περιοδοπικής ζώνης και πιο συγκεκριμένα της λεγόμενης οφειολιθικής ακολουθίας της Δυτικής Χαλκιδικής που χαρακτηρίζεται από εκτεταμένες εμφανίσεις κοιτασμάτων κρυπτοκρυσταλλικού μαγνησίτη (Σχ. 4). Τα κυριότερα κοιτάσματα εντοπίζονται στο Βάβδο, Γερακινή, Ορμόλια, Πολύγυρο και Αγ. Παρασκευή.

Το κοιτάσμα μαγνησίτη Γερακινής αποτελεί ιδιοκτησία της εταιρίας Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.



Σχήμα 4. Γεωλογικό σκαρίφημα της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 1979 με ορισμένες τροποποιήσεις).

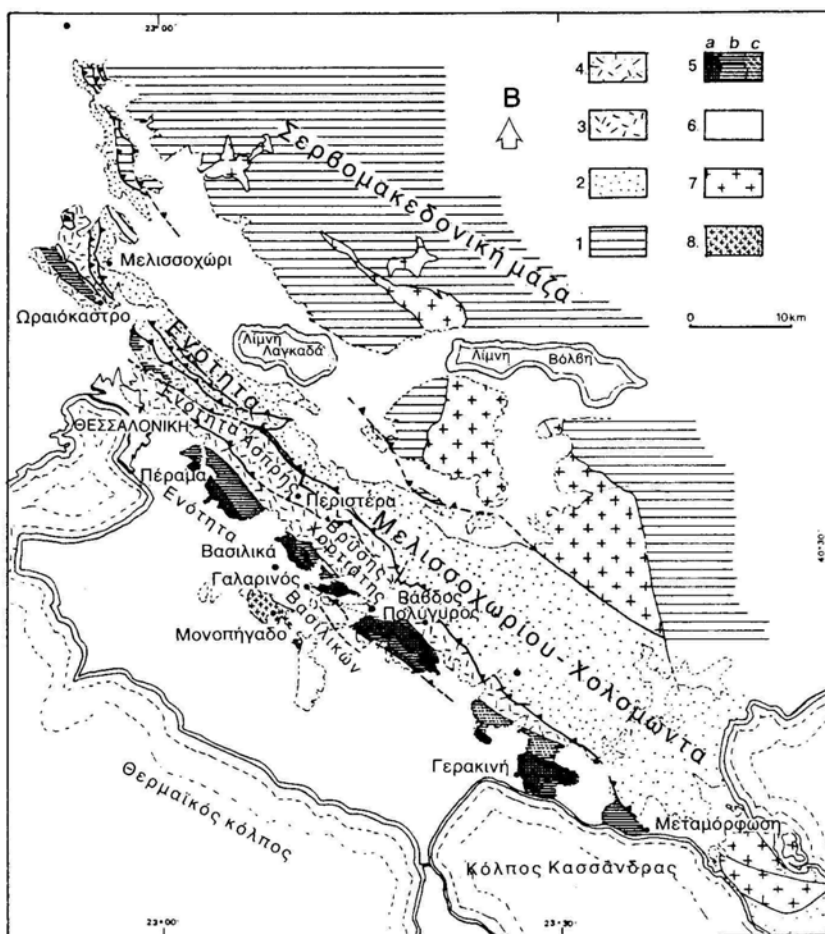
Οι οφειόλιθοι της Χαλκιδικής σύμφωνα με τους Kauffmann et al. (1976) τοποθετούνται γεωτεκτονικά στην Περιοδοποική Ζώνη (Σχ. 5). Αυτή εκτείνεται μεταξύ του δυτικού ορίου της Σερβομακεδονικής μάζας και του ανατολικού ορίου της ζώνης Παιονίας με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ως ζώνη πλάτους 10-20 km.

Οι τρεις βασικές ενότητες που συγκροτούν την Περιοδοποική ζώνη από τα ανατολικά προς τα δυτικά είναι:

- 1) Ενότητα Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά.
- 2) Ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα.
- 3) Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη.

Η ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη στην οποία ανήκουν οι εμφανίσεις οφειολίθων της Χαλκιδικής είναι μια λωρίδα πλάτους 4-8 km που αρχίζει βόρεια της Θεσσαλονίκης, διέρχεται από το Χορτιάτη, φτάνει στο νότιο άκρο της Σιθωνίας, όπου κάμπτεται και αποκτά ΑΒΑ κατεύθυνση και εκτείνεται έτσι μέχρι το νότιο άκρο του Αγ. Όρους. Η ενότητα χαρακτηρίζεται από μια ευγεωσυγκλινική ανάπτυξη κατά τη διάρκεια του Κ-Μ Ιουρασικού.

Τα κατώτερα τμήματα της ενότητας αποτελούν εναλλασσόμενα στρώματα μαρμάρων και μετακλαστικών ιζημάτων Περμοτριάδικής ηλικίας. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από επιμεταμορφωμένα ιζήματα βαθιάς θάλασσας όπως μαύροι κερατόλιθοι, ερυθροί αργιλικοί σχιστόλιθοι, γραφιτικοί φυλλίτες, μάργες και χαλαζιακοί σχιστόλιθοι, με φακοειδείς ενστρώσεις μαρμάρων και παρεμβολές μεταλαβών (Μουντράκης, 1985).



Σχήμα 5. Χάρτης ενοτήτων Περιοδοπικής ζώνης στη Χαλκιδική  
(Kockel and Mollat, 1976).

1 = Σερβομακεδονική μάζα, 2 = Ενότητα Μελισσοχωρίου - Χολομώντα, 3 = Ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη, 4 = Ενότητα Ωραιόκαστρου, 5 = Οφειόλιθοι Θεσσαλονίκης, 6 = Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμοί, 7 = Γρανίτες Σιθωνίας και Σερβομακεδονικής μάζας, 8 = Γρανίτες Μονοπήγαδου.

Επίσης, μέσα σε αυτή την ιζηματογενή σειρά παρεμβάλλονται και πετρώματα μεταμορφωμένα όξινης μαγματικής προέλευσης. Πρόκειται για παλιούς διορίτες, γρανοδιορίτες και γρανίτες που μεταμορφώθηκαν στην πρασινοσχιστολιθική φάση και δημιούργησαν τους σημερινούς πράσινους επιγνεύσιους της Θεσσαλονίκης που εναλλάσσονται με τα μεταϊζήματα, φυλλίτες, σερικιτικούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες και χλωριτικούς-επιδοτιτικούς σχιστόλιθους.

Η ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη συνοδεύεται από μεγάλες οφειολιθικές μάζες, οι οποίες βρίσκονται στη βάση της ενότητας και εκτείνονται σχεδόν σε όλο το μήκος της (Vergely, 1984). Αυτές οι μάζες βρίσκονται σε τεκτονική επαφή με την ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη και στο σύνολό τους αποτελούν ένα σύστημα λεπίων στο οποίο συμμετέχουν κυρίως γάββροι και διορίτες που συνοδεύονται από γνευσίους και μοσχοβιτικούς σχιστολίθους. Το σύστημα των λεπίων εμφανίζεται κοντά στα χωριά Γαλαρινός και Βάβδος, ενώ αλλού είναι καλυμμένο από νεότερες αποθέσεις.

Γενικά, οι οφειολιθικές αυτές μάζες που αναφέρονται συνήθως με το όνομα οφειόλιθοι της Χαλκιδικής, εκτείνονται με μορφή μιας ζώνης μήκους περίπου 60 km (από τα προάστια της Θεσσαλονίκης μέχρι το μυχό του κόλπου της Κασσάνδρας) και εύρους 4-5 km και αποτελεί μια από τις πιο μεγάλες εμφανίσεις βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων των εσωτερικών Ελληνίδων. Μεγάλες εμφανίσεις των οφειολιθών αυτών έχουμε δυτικά του όρους Χορτιάτη, ανατολικά των Βασιλικών, κοντά στο Βάβδο και τέλος στον κόλπο της Κασσάνδρας, κοντά στη Γερακινή και Μεταμόρφωση (Κατσικάτσος, 1992).

Οι οφειόλιθοι της Χαλκιδικής αποτελούν μια πλήρη οφειολιθική ακολουθία, αποτελούμενη από χρωμιτοφόρο δουνίτη με παρεμβολές χαρτζβουργίτη στη βάση της, πάνω στην οποία βρίσκονται γαββρικά πετρώματα. Ο ανώτερος ορίζοντας του οφειολιθικού συμπλέγματος της περιοχής αντιπροσωπεύεται από σχιστοποιημένους και μεταμορφωμένους διορίτες και χαλαζιακούς διορίτες. Τέλος, το ανώτατο στρώμα των οφειολιθών αποτελείται από επιμεταμορφωμένα σχιστοποιημένα και με έντονη κατάκλαση πετρώματα, μέσα στα οποία απαντούν λάβες και κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα (Burgath et al., 1979, Jung et al., 1980).

Ο δουνίτης όταν εμφανίζεται αναλλοίωτος αποτελείται από σχεδόν 100% ολιβίνη. Περίπου το 90% των εμφανίσεων μαγνησίτη βρίσκονται μέσα σε δουνίτη ή σε προϊόντα αλλοίωσής του, όπως σε καστανό σερπεντινίτη, που αποτελείται κυρίως από λιζαρδίτη.

Από τα πετρώματα της οφειολιθικής ακολουθίας, ως ξενιστές για κοιτάσματα μαγνησίτη μόνο ο δουνίτης και ο χαρτζβουργίτης παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Εκεί που παρατηρούνται φλεβίδια τύπου stockwork υπάρχει μεγάλη ένταση της σερπεντινίωσης στο δουνίτη και το χαρτζβουργίτη η οποία επηρεάζει σε πολύ μεγάλο βαθμό το διάκενο μεταξύ των φλεβών. Η σερπεντινίωση φαίνεται να είναι συγγενετική με τη γένεση μαγνησίτη, η έντασή της φαίνεται να μειώνεται με αυξανόμενο βάθος και εμφανίζεται μόνο στα περιθώρια των φλεβών (Dabitziias, 1980).

Η ηλικία των οφειολίθων δεν είναι καθορισμένη επακριβώς. Ωστόσο σύμφωνα με τους (Kockel and Mollat, 1976) ο ωκεάνιος φλοιός δεν σχηματίστηκε πριν το τέλος του Τριαδικού. Η τεκτονική τοποθέτηση της ζώνης με επώθηση στο δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής μάζας τοποθετείται πριν από το Τιθώνιο. Σύμφωνα με τον Benda (1980), ο σχηματισμός των κοιτασμάτων μαγνησίτη στη δυτική Χαλκιδική τοποθετείται πριν από το Κ. Τιθώνιο και μετά από το Α. Μειόκαινο στο οποίο χρονολογείται το ιζηματογενές ηπειρωτικό κάλυμμα.

Όλα τα πετρώματα της Περιοδοπικής ζώνης εμφανίζονται μεταμορφωμένα σε συνθήκες πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Η μεταμόρφωση έλαβε χώρα στο Α. Ιουραϊκό - Κ. Κρητιδικό.

Στην Περιοδοπική έχουν μέχρι τώρα αναγνωριστεί δυο φάσεις πτυχώσεων. Συγχρόνως με τη μεταμόρφωση θεωρείται ότι έγινε η πρώτη κύρια παραμόρφωση των σχηματισμών της ζώνης που προκάλεσε σχεδόν ισοκλινείς πτυχές, καθώς και τη σχιστότητα των πετρωμάτων. Η δεύτερη φάση πτυχώσεων περιλαμβάνει πτυχές ανοικτές, καθώς και μετα-μεταμορφικές πτυχές τύπου knick, ηλικίας πιθανόν Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου (Μουντράκης, 1985).

### **3.3 Περιγραφή κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής**

Το κοιτάσμα μαγνησίτη της Γερακινής είναι σύμφωνα με τον Dabitziias (1980) κρυπτοκρυσταλλικού τύπου. Αποτελείται από σχεδόν μονόμικτες φλέβες και φλέβες τύπου stockwork που βρίσκονται μέσα σε υπερβασικά πετρώματα ξενιστές (Εικ. 6 και 7). Αυτά συχνά αποτελούν μέλη οφειολιθικών ακολουθιών. Οι φλέβες μαγνησίτη συνήθως έχουν μέγιστο πάχος 45 m και μήκος 4 km και βάθος εκμετάλλευσης 300 m. Πιο κοντά στην επιφάνεια οι φλέβες διακλαδίζονται και μπορεί να πάρουν τη μορφή stockwork, τα οποία εξορύσσονται σε βάθος 70 m περίπου. Πολλά από τα

κοιτάσματα του τύπου βρίσκονται κάτω από μια επιφάνεια εξαλλοίωσης/διάβρωσης, η οποία μπορεί να καλύπτεται από χερσαία ιζήματα σε ασυμφωνία. Σε αυτή την περίπτωση έχει παρατηρηθεί δευτερεύουσας σημασίας μεταλλοφορία μαγνησίτη - σεπολίθου σε αυτό το κάλυμμα. Κάποια κοιτάσματα καλύπτονται επιφανειακά από μαγνησίτη, δολομίτη, χαλαζιακά πετρώματα ή κερατόλιθο. Κατά κανόνα ο προσανατολισμός των φλεβών ακολουθεί τη διεύθυνση της τοπικής τεκτονικής (Pohl, 1990).



Εικ. 6. Φλέβες μαγνησίτη τύπου stockwork σε υπερβασικά πετρώματα ξενιστές.



Εικ. 7. Φλέβες μαγνησίτη τύπου stockwork σε υπερβασικά πετρώματα ξενιστές.

Μια γενικευμένη τομή ενός κοιτάσματος κρυπτοκρυσταλλικού μαγνησίτη συνήθως περιλαμβάνει (Burgath et al., 1979):

- ένα κατώτερο ορίζοντα με φλέβες μαγνησίτη σε αναλλοίωτο δουνίτη και χαρτοβουργίτη. Εδώ οι φλέβες σπάνια υπερβαίνουν τα 60 -70 cm σε πάχος, δεν διακλαδίζονται και η μέση περιεκτικότητα σε μαγνησίτη στο τμήμα αυτό είναι της τάξης του 8 - 10%.
- ένα ενδιάμεσο ορίζοντα όπου οι φλέβες του μαγνησίτη φιλοξενούνται στον 'καστανό σερπεντινίτη'. Εδώ συναντάται το πλουσιότερο τμήμα της μεταλλοφορίας με περιεκτικότητες μέχρι και 40%. Οι περισσότερες από τις φλέβες μαγνησίτη διακλαδίζονται σχηματίζοντας ένα πυκνό σύστημα φλεβών και φλεβιδίων (τύπος μεταλλοφορίας τύπου stockwork).
- ένα ανώτερο ορίζοντα με λεπτά φλεβίδια μαγνησίτη, δολομίτη και χαλκηδόνιου, ο οποίος δεν είναι όμως εκμεταλλεύσιμος, εξαιτίας κυρίως των υψηλών περιεκτικοτήτων σε Ca και Si (Νταμπίζιας και Βακόνδιος, 1994).

Γενικά στα κοιτάσματα της Χαλκιδικής η εμφάνιση του μαγνησίτη μειώνεται με το βάθος (Burgath et al., 1979). Στα υψηλότερα σημεία των κοιτασμάτων υπάρχει ένα πυκνό δίκτυο φλεβών και φλεβιδίων τύπου stockwork. Με αυξανόμενο βάθος ο αριθμός των φλεβών μειώνεται αλλά αυξάνεται το μέσο πάχος των φλεβών. Σε βάθος μεταξύ 150 m και 200 m ακόμη και οι φλέβες με το μεγαλύτερο πάχος στενεύουν σε μεγάλο βαθμό.

Στα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής έχουν παρατηρηθεί τρία διαφορετικά είδη εξαλλοίωσης (Burgath et al., 1979):

1) Πριν από το σχηματισμό του μαγνησίτη.

Η εξαλλοίωση αυτή δεν περιορίζεται μόνο εκεί όπου εμφανίζεται μεταλλοφορία μαγνησίτη. Ξεκινά με το σχηματισμό κουμμινγκτονίτη, γραμματίτη μαζί με ινώδη σερπεντίνη ο οποίος αντικαθιστά ολιβίνη, ορθοπυρόξενο, αμφίβολο και τάλκη. Σπανιότερα, εμφανίζονται λιζαρδίτης με ανθρακικά ορυκτά. Σε ζώνες υψηλής πίεσης ο αντιγορίτης είναι δυνατόν να αντικαθιστά ολιβίνη και ινώδη σερπεντίνη.

2) Συγγενετική με το μαγνησίτη (σχηματισμός 'καστανού σερπεντινίτη').

Η εξαλλοίωση ξεκινά σε διακλάσεις - ρηγματώσεις των υπερβασικών πετρωμάτων. Ο ορθοπυρόξενος, τάλκης, ινώδης σερπεντίνης και αμφίβολος παραμένουν σχεδόν πάντα ανεπηρέαστοι. Αντίθετα, εξαλλοιώνεται ο ολιβίνης, δίνοντας μοντμοριλλονίτη, σερπεντίνη (κυρίως λιζαρδίτη), γκαιτίτη, μαγνησίτη και χαλαζία. Ο μαγνησίτης μπορεί να συγκεντρώνεται στις διακλάσεις, ενώ ο χαλαζίας μπορεί να παραμένει *in situ* ως χαλκηδόνιος ή να επαναποτεθεί στα τοιχώματα των φλεβών.

3) Πυριτιωμένοι φλοιοί.

Η εξαλλοίωση αυτή είναι σύμφωνα με τους Burgath et al. (1979) πιθανότατα μεταγενέστερη του σχηματισμού μαγνησίτη, καθώς επηρεάζει τόσο τα υπερβασικά πετρώματα, όσο και τις φλέβες μαγνησίτη, που εμφανίζονται πυριτιωμένα. Αναπτύσσεται στο ανώτερο τμήμα των υπερβασικών πετρωμάτων και κάτω από το ιζηματογενές κάλυμμα του Α. Μειοκαίνου. Το βάθος αυτής της ζώνης περιορίζεται στα 10 – 30 m.

Το πέτρωμα ξενιστής εκεί όπου υπάρχουν φλέβες τύπου stockwork, είναι έντονα εξαλλοιωμένο σε όλη του την έκταση. Η εξαλλοίωση είναι περιορισμένη εκεί που

υπάρχουν μεγαλύτερες φλέβες μαγνησίτη (επηρεάζονται μόνο οι παρυφές των φλεβών) και απουσιάζει τελείως εκεί όπου δεν υπάρχει μεταλλοφορία (Burgath et al., 1979). Το επίπεδο αναφοράς σε αυτή την μείωση της εξαλλοίωσης με το βάθος δεν έχει προσδιοριστεί. Προφανώς δεν είναι η σημερινή επιφάνεια, ούτε η επικλυσιογενής επιφάνεια του Α. Μειοκαίνου. Μακροσκοπικά το πέτρωμα ξενιστής αναφέρεται ως καστανός σερπεντινίτης ή περιδοτίτης / δουνίτης. Τα αρχικά πυριτικά ορυκτά των πετρωμάτων αυτών έχουν μετατραπεί σε λεπτομερή δολομίτη, χαλαζία, μοντμοριλλονίτη, τάλκη, γκαϊτίτη και σεπιόλιθο (Dabitziias, 1980).

Η εξαλλοίωση προκαλεί μείωση του  $MgO$  και αύξηση του  $SiO_2$  στο δουνίτη σε σχέση με τον αναλλοίωτο. Το  $CaO$  αυξάνεται επίσης περίπου πέντε φορές στον αλλοιωμένο δουνίτη, ενώ το  $Al_2O_3$  γενικά μειώνεται. Σχετικά με την μεταβολή του  $Na_2O$ , δεν παρατηρείται κάποια εμφανής τάση μεταβολής ανάμεσα στον αλλοιωμένο και αναλλοίωτο δουνίτη. Στα περιθώρια φλεβών μαγνησίτη του κατώτερου ορίζοντα μεταλλοφορίας έχει παρατηρηθεί υψηλή περιεκτικότητα σε  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  και  $SiO_2$ . Αυτό μπορεί να σημαίνει την ύπαρξη μιας πηγματιτικής φλέβας που προϋπήρχε. Η περιεκτικότητα σε  $CaO$  είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με τον αλλοιωμένο ή τον αναλλοίωτο δουνίτη, γεγονός που συνηγορεί υπέρ της αλλόχθονης προέλευσης του  $Ca$  (Burgath et al., 1979).

Οι κρυπτοκρυσταλλικού τύπου μαγνησίτες έχουν λιγότερο  $Fe$  και  $Ca$  από τους κρυσταλλικού τύπου και το  $SiO_2$  ποικίλλει από κοίτασμα σε κοίτασμα. Ο  $Fe$  σχηματίζει λεπτομερή αιματίτη και δίνει ένα ερυθρωπό χρώμα. Το  $SiO_2$  οφείλεται στην πυριτίωση του μαγνησίτη ή σε ελεύθερο  $SiO_2$  που κρυσταλλώνεται σε κοιλότητες και διαρρήξεις στο πέτρωμα. Οι συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων που είναι κοινά στα πετρώματα ξενιστές ( $Ni$ ,  $Co$ ,  $Cr$ ), μπορεί να είναι υψηλές στο μαγνησίτη, αλλά εμφανίζουν μεγάλη διακύμανση. Τα ιχνοστοιχεία αυτά δεν εισέρχονται στο πλέγμα του μαγνησίτη και η ύπαρξή τους μάλλον αποδίδεται σε ίχνη άλλων ορυκτών (Moller, 1989). Έχει παρατηρηθεί επίσης ιδιαίτερα ανώμαλη περιεκτικότητα σε  $B$  και/ή  $Hg$  με αυξανόμενο βάθος, γεγονός που αποδεικνύει την υδροθερμική γένεση των κοιτασμάτων (Baugmart and Dohr, 1965, Maksimovic and Dangic, 1984). Η περιεκτικότητα των κρυπτοκρυσταλλικού τύπου μαγνησιτών σε σπάνιες γαίες είναι

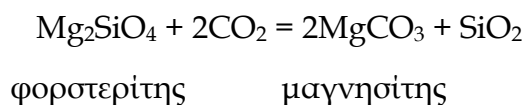
πολύ χαμηλή, αντανakλώντας την επίσης χαμηλή περιεκτικότητα των υπερβασικών πετρωμάτων ξενιστών.

Ο μαγνησίτης κρυπτοκρυσταλλικού τύπου δίνει την καλύτερη ποιότητα φυσικού λευκολίθου στην αγορά, καθώς περιέχει σχεδόν μηδενικές τιμές ξένων προσμίξεων. Είναι χιονόλευκος, σχεδόν άμορφος, ενώ σημαντικές είναι οι κολλοειδείς υφές, γνωστές ως βοτρυοειδή συσσωματώματα, οι οποίες συνδέονται με κονδυλώδεις διεισδύσεις των φλεβών. Τέτοιοι κόνδυλοι διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα λεπτό στρώμα πυριτίου, δολομίτη, σεπιόλιθου, τάλκη και σερπεντίνη. Συχνά ο μαγνησίτης είναι μαζώδης, και πολλές φορές ο αρχικός μαγνησίτης εμφανίζεται κατακλασμένος και συγκολλημένος με μαγνησιτικό υλικό πλήρωσης. Πολύ λεπτά φλεβίδια μπορεί να πληρώνονται από ινώδη μαγνησίτη, γεγονός που δείχνει σχηματισμό μαγνησίτη κατά τη διάρκεια της τεκτονικής παραμόρφωσης του πετρώματος (συντεκτονικός σχηματισμός) (Pohl, 1990).

### 3.4 Σχηματισμός κοιτάσματος μαγνησίτη Γερακινής

Τα μοντέλα γένεσης των μαγνησιτών κρυπτοκρυσταλλικού τύπου αναφέρονται τόσο σε επιφανειακό, όσο και σε υπόγειο/υδροθερμικό τρόπο σχηματισμού. Σε όλες τις θεωρίες ωστόσο γίνεται αποδεκτό το ότι η πηγή του μαγνησίτη είναι τα υπερβασικά πετρώματα ξενιστές των κοιτασμάτων. Στοιχεία από την ισοτοπική σύσταση των κοιτασμάτων δεν επιτρέπουν τον αποκλεισμό της μιας ή της άλλης θεωρίας.

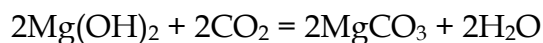
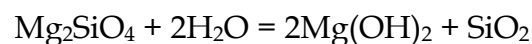
Το μοντέλο της επιφανειακής γένεσης των κοιτασμάτων υποστηρίζει τη μηχανική αποσάθρωση και έκπλυση των υπερβασικών πετρωμάτων μέσα σε προφίλ αποσάθρωσης από το μετεωρικό νερό και άλλα διαλύματα, τα οποία διηθούνται μέσα από διαρρήξεις στα υποκείμενα πετρώματα και αποθέτουν μαγνησίτη ή άλλα ένυδρα ορυκτά (Kraft, 1915, Zachmann and Joannes, 1989) κατά την αντίδραση:



Ορισμένες παρατηρήσεις έρχονται σε αντίθεση με το συγκεκριμένο μοντέλο. Για παράδειγμα, τέτοιου τύπου επιφανειακή αποσάθρωση υπερβασικών πετρωμάτων θα έπρεπε να συνδέεται συχνά με λατεριτικά κοιτάσματα. Επίσης, το μοντέλο αυτό δεν μπορεί να ερμηνεύσει την ύπαρξη επιγενετικού μαγνησίτη ή σεπιόλιθου στα υποκείμενα των κοιτασμάτων επικλυσιογενή ιζήματα από την προς τα κάτω διήθηση του μετεωρικού νερού.

Το επιγενετικό - υδροθερμικό μοντέλο φαίνεται πως εξηγεί καλύτερα τον τρόπο σχηματισμού των κοιτασμάτων κρυπτοκρυσταλλικού μαγνησίτη. (Petrascheck, 1961, Dabitzias, 1980). Τα κοιτάσματα αυτά μπορούν να θεωρηθούν αποτέλεσμα της δράσης επιθερμικών συστημάτων κοντά στην επιφάνεια. Οι παράγοντες που ελέγχουν την εξαλλοίωση είναι η σύσταση των πετρωμάτων που προσβάλλουν τα διαλύματα, η σύσταση των διαλυμάτων (σε CO<sub>2</sub>, H<sup>+</sup>, O<sub>2</sub>, K<sup>+</sup> κ.ά), η ικανότητα διείσδυσης και η θερμοκρασία (Pirajno, 1992).

Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ένυδρα διαλύματα ενδιάμεσης θερμοκρασίας και χαμηλής αλμυρότητας, πλούσια σε CO<sub>2</sub>, επιδρούν στα υπερβασικά μητρικά πετρώματα με αντιδράσεις ενυδάτωσης και εμπλουτισμού σε CO<sub>2</sub>:



Τα ρευστά στη συνέχεια αποδίδουν σε ρωγμές και κατακλάσεις των υπερβασικών πετρωμάτων το μαγνησίτη. Ευνοϊκές συνθήκες για την απόθεση του μαγνησίτη είναι χαμηλή θερμοκρασία και πίεση. Από άποψη φυσικοχημικών συνθηκών για να αποτεθεί μαγνησίτης απαιτούνται αλκαλικές συνθήκες (pH 7,5 – 9,5) και αναγωγικό περιβάλλον (Eh= -70 mV έως -120 mV). Πιο επιφανειακά είναι πιθανή η ανάμειξη των επιθερμικών διαλυμάτων με μετεωρικό νερό. Ο σίδηρος και το πυρίτιο που προκύπτουν από την εξαλλοίωση των μητρικών πετρωμάτων μεταφέρεται προς την επιφάνεια, ενώ το ανθρακικό μαγνήσιο ή ένυδρα ανθρακικά αποθέτονται *in situ*. Η πηγή των υδροθερμικών διαλυμάτων μπορεί να είναι ένυδρα διαλύματα που προκύπτουν κατά τις μεταμορφικές αντιδράσεις αφυδάτωσης ενός

πετρώματος ή μπορεί να είναι αποτέλεσμα ηφαιστειακής δραστηριότητας (Pohl, 1990).

### 3.5 Οι πηγματιτικές φλέβες και η σχέση τους με τη γένεση του μαγνησίτη

Στη δυτική Χαλκιδική μεγάλος αριθμός πηγματιτικών φλεβών διεισδύουν στα υπερβασικά πετρώματα της περιοχής. Παρατηρείται μια τάση μείωσης του αριθμού τους σε μια διεύθυνση από ΝΑ προς ΒΔ. Η ηλικία τους προσδιορίστηκε με K - Ar στα  $155,6 \pm 1,1$  εκ. χρόνια,  $154,2 \pm 2,5$  εκ. χρόνια και  $125,3 \pm 1,4$  εκ. χρόνια (Kreuzer, 1980).

Από τη χωρική κατανομή των πηγματιτικών φλεβών και των φλεβών μαγνησίτη προκύπτει σύμφωνα με τους Kockel and Mollat (1976) επίσης μια γενετική σχέση μεταξύ τους, ως αποτέλεσμα πολύπλοκων διαδικασιών:

- 1) Διείσδυση των πηγματιτικών φλεβών (χαλαζίας + μικροκλινής + πλαγιόκλαστο).
- 2) Ταυτόχρονα με τη διείσδυση, κατάκλαση και τεκτονισμός συνοδευόμενος από αλβιτίωση του μικροκλινή.
- 3) Σχηματισμός ζώνης επαφής, εξαιτίας αντιδράσεων μεταξύ του πηγματίτη και των υπερβασικών πετρωμάτων και καταστροφή χαλαζία, μικροκλινή, πλαγιόκλαστου, ολιβίνη και ορθοπυρόξενου και σχηματισμός τουρμαλίνη, φλογοπίτη (ο οποίος μετατρέπεται σε βερμικουλίτη), αμφίβολο και τάλκη.
- 4) Μεταγενέστερα τοποθέτηση του μαγνησίτη, κυρίως στη ζώνη του βερμικουλίτη και του τάλκη στις παρυφές των πηγματιτικών φλεβών.

Κατά τους Burgath et al. (1980), η άποψη ότι οι πηγματιτικές φλέβες παρείχαν μόνο το χώρο της τοποθέτησης του μαγνησίτη και όχι τα ρευστά διαλύματα ώστε να γίνουν αντιδράσεις με τα υπερβασικά πετρώματα οι οποίες θα έδιναν το σχηματισμό του μαγνησίτη βασίζεται στις εξής παρατηρήσεις: σε πολλούς πηγματίτες μέσα στο δουνίτη - χαρτοβουργίτη δεν παρατηρείται μεταλλοφορία μαγνησίτη, ούτε η παρουσία μεταβατικής ζώνης ορυκτών από πηγματίτη σε μαγνησίτη. Επίσης, κάποιες φλέβες μαγνησίτη κόβουν εγκάρσια πηγματιτικές φλέβες και απουσιάζει ο πηγματίτης σε κάποιες περιοχές όπου υπάρχει μεταλλοφορία.

Οι παράμετροι που ελέγχουν τη διαλυτότητα του μαγνησίου και του πυριτίου είναι η θερμοκρασία και η συγκέντρωση CO<sub>2</sub>. Υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> σε χαμηλές θερμοκρασίες έχουν ως αποτέλεσμα υψηλή αναλογία Mg / Si στο διάλυμα. Ανάλογα με το βαθμό κορεσμού των διαλυμάτων σε CO<sub>2</sub>, η απόθεση του μαγνησίτη πιθανότατα ξεκίνησε σε μικρό βάθος (Dabitziias, 1980). Εξαιτίας τεκτονικών κινήσεων κατά την τοποθέτηση των οφειολίθων σχηματίζονταν διάκενα στα πετρώματα, με συνέπεια απότομη πτώση της πίεσης χωρίς μεταβολή της θερμοκρασίας (<300° C). Η πτώση της διαλυτότητας του μαγνησίτη, εξαιτίας της μείωσης της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> εξισορροπεί τη μικρή πτώση της θερμοκρασίας η οποία επιδρά με τον αντίθετο τρόπο στη διαλυτότητα του μαγνησίτη. Επιπλέον, οι συνεχείς απότομες πτώσεις της πίεσης και μείωση CO<sub>2</sub> σε συνδυασμό με σταθερή θερμοκρασία έχουν ως αποτέλεσμα τα διαλύματα να είναι ακόρεστα ως προς το χαλαζία (Dabitziias, 1980).

Συμπερασματικά, για τη γένεση του κοιτάσματος μπορούμε να καταλήξουμε στο ότι η ηλικία τοποθέτησης και σχηματισμού του μαγνησίτη συνέβη μετά τον τεκτονισμό των υπερβασικών πετρωμάτων - ξενιστών, τη διείσδυση των πηγματιτικών φλεβών κατά το Άνω Ιουραϊκό και τη μερική σερπεντινίωση των υπερβασικών. Κατά τον Dabitziias (1980), ο σχηματισμός της μεταλλοφορίας έγινε κατά το τελικό στάδιο της τεκτονικής τοποθέτησης των οφειολίθων (Κρητιδικό). Δυο απόψεις επικρατούν σχετικά με τη γένεση του μαγνησίτη. Σύμφωνα με την πρώτη τα οφειολιθικά πετρώματα προσβάλλονται από ανερχόμενα οξυανθρακούχα θερμά διαλύματα, ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη τα ύδατα είναι μετεωρικής προέλευσης. Ωστόσο η πρώτη άποψη αμφισβητείται καθώς τα βασικά και υπερβασικά μάγματα, σε αντίθεση με τα όξινα, δε χαρακτηρίζονται από υδροθερμική δραστηριότητα και επομένως φλεβικές αποφύσεις. Η απόθεση της μεταλλοφορίας μαγνησίτη ακολούθησε τις ζώνες επαφής των πηγματιτικών φλεβών που προϋπήρχαν, με τα υπερβασικά πετρώματα. Η κύρια πηγή μαγνησίου είναι ο ολιβίνης. Η μετατροπή του ολιβίνης σε μοντμοριλλονίτη, γκαιτίτη, διαλυτό SiO<sub>2</sub> και μαγνησίτη έγινε κοντά στην επιφάνεια, σε συνθήκες χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας, υπό την επίδραση μετεωρικού νερού, πλούσιου σε CO<sub>2</sub>, το οποίο διείσδυσε διαμέσου ρωγματώσεων στο δουνίτη.

### 3.6 Ορυκτολογικά χαρακτηριστικά μαγνησίτη Γερακινής

Για την ορυκτολογική και γεωχημική μελέτη του μαγνησίτη Γερακινής παραχωρήθηκαν από την εταιρία 'Ελληνικοί Λευκόλιθοι' έντεκα δείγματα από την παραγωγή της εταιρίας, σε μορφή χαλκιού κοκκομετρίας 30 – 70 mm.

Από κάθε δείγμα προετοιμάστηκαν παρασκευάσματα κόνεως με τυχαίο προσανατολισμό και αυτά ακτινογραφήθηκαν σε εύρος 3 - 63° 2θ, με χρήση λυχνίας Cu και βήμα σάρωσης 1° / min. Τα περιθλασιογράμματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα II. Μετά τον προσδιορισμό των ορυκτών φάσεων των δειγμάτων έγινε ο ημιποσοτικός προσδιορισμός τους (Πίν. 6) κατά Cook et al. (1975) και Τσιραμπίδη (2004). Κανένα δείγμα δεν υπέστη χημικές κατεργασίες πριν από την ακτινογράφησή του. Με τον τρόπο αυτό προσδιορίστηκαν τα κύρια πετρογενετικά ορυκτά που συμμετέχουν στην παραγένεση των δειγμάτων.

Πίνακας 6. Ημιποσοτικός προσδιορισμός των ορυκτών συστατικών (% κ.β.) των δειγμάτων μαγνησίτη που αναλύθηκαν.

|             | <b>Mt</b> | <b>Q</b> | <b>D</b> | <b>C</b> | <b>TC</b> | <b>Pl</b> |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| <b>M-1</b>  | 99        | -        | ίχνη     | ίχνη     | ίχνη      | -         |
| <b>M-2</b>  | 97        | 2        | -        | ίχνη     | ίχνη      | -         |
| <b>M-3</b>  | 98        | 1        | ίχνη     | ίχνη     | ίχνη      | -         |
| <b>M-4</b>  | 99        | -        | -        | ίχνη     | ίχνη      | -         |
| <b>M-5</b>  | 95        | -        | 4        | ίχνη     | ίχνη      | -         |
| <b>M-6</b>  | 96        | ίχνη     | ίχνη     | ίχνη     | 3         | -         |
| <b>M-7</b>  | 94        | -        | 1        | ίχνη     | 4         | -         |
| <b>M-8</b>  | 98        | -        | -        | ίχνη     | 1         | ίχνη      |
| <b>M-9</b>  | 96        | -        | 2        | ίχνη     | 1         | -         |
| <b>M-10</b> | 98        | -        | -        | ίχνη     | 1         | -         |
| <b>M-11</b> | 95        | 2        | -        | ίχνη     | 2         | -         |

Mt=μαγνησίτης, Q=χαλαζίας, D-δολομίτης, C=ασβεστίτης, TC=σύνολο αργιλικών, Pl=πλαγιόκλαστα.

Όλα τα δείγματα περιέχουν από 94% έως 99% μαγνησίτη. Η μέση περιεκτικότητά τους σε αργιλικά ορυκτά είναι 2% και αθροιστικά σε χαλαζία και δολομίτη περίπου 1%.

Ο μαγνησίτης είναι κρυπτοκρυσταλλικός και μαζώδης, ενώ αποτελεί το πρώτο ορυκτό που σχηματίστηκε στις φλέβες. Έχει κογχώδη θραυσμό και σκληρότητα 3,5 – 4,5.

Ο δολομίτης συναντάται σε διάσπαρτους κόκκους ή φλεβίδια. Γενικά είναι πιο αδρόκοκκος από τον μαγνησίτη. Ο δολομίτης είναι το επόμενο ορυκτό που σχηματίστηκε στις φλέβες και δεν εντοπίζεται σε όλα τα δείγματα.

Εμφανίσεις λεπτομερούς χαλαζία είναι πολύ συνηθισμένες κοντά στις επαφές των φλεβών μαγνησίτη με το σερπεντίνη. Απουσιάζει σε φλέβες μαγνησίτη που διεισδύουν μέσα σε δουνίτη.

Ο ασβεστίτης βρίσκεται μόνο σε πολύ μικρές ποσότητες, σχηματίζοντας μικρά φλεβίδια, παρόμοια σε υφή με τα φλεβίδια δολομίτη – μαγνησίτη.

Τα αργιλικά ορυκτά (κυρίως μικτή φάση χλωρίτη/βερμικουλίτη) εντοπίζονται σε όλα τα δείγματα σε μικρή ποσότητα.

Τέλος, μόνο σε ένα δείγμα εντοπίζονται ίχνη πλαγιοκλάστου.

### **3.7 Γεωχημικά χαρακτηριστικά μαγνησίτη Γερακινής**

Από το κάθε δείγμα κονιοποιήθηκε ποσότητα 100 g σε μύλο βολφραμίου μέχρι να πάρει τη μορφή αναφούς σκόνης.

Τα δείγματα μαγνησίτη στάλθηκαν προς ανάλυση στο χημείο του Ι.Γ.Μ.Ε. Ξάνθης, όπου αναλύθηκαν με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης με φασματοφωτόμετρο Perkin- Elmer 3300. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για τα κύρια στοιχεία και τα ιχνοστοιχεία παρουσιάζονται στους Πίνακες 7 και 8, αντίστοιχα.

Η μέση χημική σύσταση των δειγμάτων μαγνησίτη που αναλύθηκαν είναι: 43,74% MgO, 4,25% SiO<sub>2</sub>, 0,21% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και απώλεια πύρωσης 50,08%.

Μεταξύ των ιχνοστοιχείων, η μέση περιεκτικότητα των δειγμάτων σε Ni είναι 365,46 ppm, ενώ οι περιεκτικότητες σε Zn, Ba και Sr είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης.

Πίνακας 7. Χημική σύσταση (% κ.β.) των δειγμάτων μαγνησίτη που αναλύθηκαν.

|                                | M-1          | M-2          | M-3          | M-4          | M-5          | M-6          | M-7          | M-8          | M-9          | M-10         | M-11         |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 2,10         | 2,14         | 2,14         | 2,16         | 2,14         | 4,20         | 6,42         | 4,10         | 6,40         | 6,40         | 8,53         |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,12         | 0,14         | 0,14         | 0,28         | 0,28         | 0,52         | 0,14         | 0,12         | 0,22         | 0,12         | 0,28         |
| CaO                            | 0,56         | 1,10         | 0,50         | 0,75         | 1,12         | 1,10         | 1,15         | 0,90         | 0,80         | 1,10         | 1,68         |
| MgO                            | 45,65        | 44,82        | 44,65        | 44,82        | 44,80        | 43,16        | 41,50        | 44,80        | 43,16        | 43,16        | 40,63        |
| K <sub>2</sub> O               | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,06         |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,02         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,05         |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,00         |
| MnO                            | 0,00         | 0,00         | 0,00         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,01         | 0,00         | 0,01         | 0,01         | 0,00         |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,06         | 0,04         | 0,03         | 0,08         | 0,11         | 0,13         | 0,08         | 0,02         | 0,04         | 0,14         | 0,14         |
| LOI                            | 51,15        | 50,95        | 50,87        | 50,99        | 50,81        | 50,32        | 50,04        | 49,80        | 49,16        | 48,88        | 47,96        |
| <b>Σύνολο</b>                  | <b>99,66</b> | <b>99,21</b> | <b>98,35</b> | <b>99,12</b> | <b>99,29</b> | <b>99,46</b> | <b>99,36</b> | <b>99,76</b> | <b>99,81</b> | <b>99,83</b> | <b>99,33</b> |

LOI = απώλεια πύρωσης.

Πίνακας 8. Σύσταση σε ιχνοστοιχεία (ppm) των δειγμάτων βωξιτη που αναλύθηκαν.

|    | M-1  | M-2  | M-3  | M-4  | M-5  | M-6  | M-7  | M-8  | M-9  | M-10 | M-11 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ni | 400  | 500  | 450  | 400  | 300  | 300  | 350  | 300  | 300  | 320  | 400  |
| Zn | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 |
| Ba | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 | < 20 |
| Sr | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |

Τα ίχνη Fe και Mn που εντοπίζονται (Πιν. 7) αποδίδονται σε αντικατάσταση του Mg στο πλέγμα του μαγνησίτη (Dabitzias, 1980) . Το SiO<sub>2</sub> οφείλεται στην πυριτίωση του μαγνησίτη ή σε ελεύθερο SiO<sub>2</sub> που κρυσταλλώνεται σε κοιλότητες και διαρρήξεις στο πέτρωμα, ενώ το Ca αποδίδεται στο δολομίτη, αλλά μπορεί να φιλοξενείται επίσης στο πλέγμα του μαγνησίτη.

Οι συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων που είναι κοινά στα πετρώματα ξενιστές, όπως το Ni (Πιν. 8), μπορεί να είναι υψηλές στο μαγνησίτη, αλλά δεν εισέρχονται στο πλέγμα του και η ύπαρξή τους μάλλον αποδίδεται σε ίχνη άλλων ορυκτών (Moller, 1989). Το Ba (σε περιεκτικότητα κάτω από το όριο ανίχνευσης) αποδίδεται στην ύπαρξη ιχών πλαγιόκλαστου στη δομή των οποίων γίνεται δεκτό. Το Sr μπορεί να αντικαταστήσει είτε το ασβέστιο είτε το κάλιο. Πιθανότατα βρίσκεται κυρίως στον ασβεσίτη ή σε πλαγιόκλαστα (Σολδάτος και Κασώλη - Φουρναράκη, 1986).

Η απώλεια βάρους εξαιτίας πύρωσης οφείλεται στην απομάκρυνση υδροξυλιακού νερού που περιέχεται στο κρυσταλλικό πλέγμα ορυκτών (αργιλικά

ορυκτά), στην απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> από το πλέγμα του μαγνησίτη, καθώς και στη διάσπαση ανθρακικών ενώσεων κατά την έψηση.

### 3.8 Εμπορικοί τύποι μαγνησίτη – Χρήσεις

Ο μαγνησίτης Γερακινής λαμβάνεται με επιφανειακή εκμετάλλευση. Η επεξεργασία περιλαμβάνει θρυμματισμό, ταξινόμηση και πύρωση. Ειδικότερα, το εξορυσσόμενο υλικό θρυμματίζεται σε θραύσματα < 100 mm και μετά ταξινομείται σε τέσσερα κλάσματα: < 12 mm, 12 – 30 mm, 30 -70 mm και 70 -110 mm. Το < 12 mm υλικό σωρεύεται ως στείρο. Τα τρία αδρομερέστερα κλάσματα περνούν κατά το στάδιο του προεμπλουτισμού από φωτοοπτικούς διαχωριστές που λειτουργούν με ακτίνες laser για την απομάκρυνση των φεμικών (κυρίως σερπεντινικών) θραυσμάτων. Το υλικό στη συνέχεια οδηγείται στη μονάδα κυρίως εμπλουτισμού, όπου υποβάλλεται σε πλύση, παραπέρα θρυμματισμό μέχρι < 30 mm, διαχωρισμό από στείρο υλικό με χρήση βαρέων διαμέσων, αλλά κυρίως διαχωρισμό του μαγνησίτη κατά ποιότητα. Ο καθαρός πλέον μαγνησίτης πυρώνεται σε περιστρεφόμενους οριζόντιους ή κάθετους κλιβάνους και μετατρέπεται σε καυστική ή δίπυρη μαγνησία σε δύο ξεχωριστές μονάδες.

Τα εμπορικά προϊόντα που παγκοσμίως έχουν ως πρώτη ύλη το μαγνησίτη είναι α) ο ωμός (ακατέργαστος) μαγνησίτης, β) η καυστική, γ) η δίπυρη μαγνησία και δ) η τηγμένη μαγνησία.

#### Α) Ωμός μαγνησίτης

Ο ωμός μαγνησίτης έχει περιορισμένες εφαρμογές, που βασίζονται στο ότι αποτελεί φθηνή πηγή MgO. Είναι λευκός, σχετικά μαλακός, απορροφητικός και χημικά αδρανής. Χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό εδαφών, ως λίπασμα, ως πληρωτικό σε ελαστικά, πλαστικά, χρώματα και χαρτί, στην παραγωγή γυαλιού, σε εκρηκτικά και κεραμικά. Σε κεραμικά προσθήκη 2 – 4% κ. β. μαγνησίτη έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων του κεραμικού, καθώς μειώνει το πορώδες (και την ικανότητα προσρόφησης νερού), ενώ αυξάνει τη μηχανική αντοχή (Sikalidis et al., 2003). Χρησιμοποιείται επίσης ως απορροφητικό και χημικά αδρανές έκδοχο σε εντομοκτόνα και μικροβιοκτόνα. Οι προδιαγραφές για τον ωμό μαγνησίτη είναι

σύμφωνα με τον Harben (2002): 85 - 95% MgO, 0,5 - 4% CaO, 0,5 - 4% SiO<sub>2</sub>, 0,5 - 9% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,1 - 1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,1 - 0,5% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και πυκνότητα μάζας 3,1 - 3,45 g/cm<sup>3</sup>.

Η μαγνησία (MgO) είναι το προϊόν της θερμικής διάσπασης του μαγνησίτη και αποτελεί πρώτη ύλη για την παραγωγή του μετάλλου μαγνησίου, μια αγορά η οποία αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι χρησιμοποιείται στην παραγωγή κραμάτων μαζί με αλουμίνιο. Η αυτοκινητοβιομηχανία έχει δείξει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για το μαγνήσιο τα τελευταία χρόνια. Το μαγνήσιο παρουσιάζει πολύ καλύτερα χαρακτηριστικά σε σχέση με το αλουμίνιο που χρησιμοποιείται για τα μεταλλικά μέρη αυτοκινήτων.

## **B) Καυστική μαγνησία**

Η καυστική μαγνησία (MgO) ή καυστικός φρυγμένος μαγνησίτης (caustic calcined magnesia), είναι το προϊόν, που παράγεται όταν θερμανθεί ο μαγνησίτης στους 600°C - 1000°C. Με την έψηση το μεγαλύτερο τμήμα του CO<sub>2</sub> απομακρύνεται (παραμένει 2-7% CO<sub>2</sub>, ανάλογα με τη θερμοκρασία ψησίματος) σύμφωνα με την αντίδραση:



Η καυστική μαγνησία έχει ιδιαίτερα υψηλή ειδική επιφάνεια (1,0 - 250 m<sup>2</sup>/g). Η ειδική επιφάνεια αποτελεί δείκτη ενεργότητας (εξαρτάται από το βαθμό έψησης, επηρεάζει την ταχύτητα αντίδρασης και μετριέται σε sec) της μαγνησίας. Χρησιμοποιείται στη γεωργία (λιπάσματα, βελτίωση εδαφών και ζωοτροφές), σε περιβαλλοντικές εφαρμογές, σε κατασκευές, στη χημική και φαρμακευτική βιομηχανία, καθώς και για την παρασκευή της διπύρου μαγνησίας.

Ειδικότερα, το μαγνήσιο είναι ένα από τα απαραίτητα στοιχεία για το μεταβολισμό των ζώων. Αποτελεί το συνηθέστερο ενεργοποιητή ενζύμων, ενώ μαζί με το ασβέστιο και το φώσφορο είναι τα κύρια στοιχεία του σκελετού. Η έλλειψη μαγνησίου από τον οργανισμό συνδέεται με ασθένειες. Η καυστική μαγνησία είναι ο αποτελεσματικότερος τρόπος εισαγωγής του απαραίτητου μαγνησίου στο ζωικό οργανισμό (Harben, 2002).

Το μαγνήσιο είναι το κεντρικό άτομο στο μόριο της χλωροφύλλης, που είναι υπεύθυνη για τη φωτοσύνθεση στα φυτά, ενώ δρα και ως ενεργοποιητής ενζύμων σε

φυτικούς οργανισμούς. Η χρήση προϊόντων του μαγνησίτη σε λιπάσματα είναι διαδομένη. Ενώσεις μαγνησίου χρησιμοποιούνται και σε ευρείας κατανάλωσης λιπάσματα όπως η νιτρική αμμωνία, ως σταθεροποιητές της δομής τους για την αποφυγή δημιουργίας συσσωματώσεων των κόκκων του λιπάσματος (Harben, 2002).

Η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται ευρέως σε περιβαλλοντικές εφαρμογές, εξαιτίας της υψηλής χημικής και ηλεκτροχημικής ενεργότητας που παρουσιάζει. Σε υδατικό περιβάλλον δίνει το αντίστοιχο υδροξείδιο  $Mg(OH)_2$  με πολύ χαμηλή διαλυτότητα ( $1,5 \times 10^{-4} \text{ moles/lit}(18^\circ C)$ ) και αντίστοιχα πολύ χαμηλό γινόμενο διαλυτότητας ( $K_{sp}=1,3 \times 10^{-11}(18^\circ C)$ ) που καθορίζουν το pH του διαλύματος σε σχετικά ήπιες τιμές. Θεωρητικά το pH ενός κορεσμένου διαλύματος-πολφού είναι 10,5, στην πραγματικότητα όμως και παρουσία άλλων ιόντων ή ακόμη και των συνδρόμων της ίδιας της μαγνησίας δημιουργούνται ρυθμιστικά διαλύματα με  $pH = 9-9,5$ . Εξαιτίας του βασικού της χαρακτήρα η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται σε διάφορες περιβαλλοντικές εφαρμογές και ο ρόλος της είναι πολλαπλός.

Οι κυριότερες από αυτές αφορούν δέσμευση της αμμωνίας, φωσφορικών αλάτων και βαρέων μετάλλων απομακρύνονται, ως αδιάλυτα υδροξείδια, με τη χρήση καυστικής μαγνησίας ή  $Mg(OH)_2$  κατά την επεξεργασία υδάτων και υδάτινων αποβλήτων, καθώς και τη μείωση της οξύτητάς τους (Zampetakis and Karatzovalis, 2003). Επίσης, χρησιμοποιείται για την καταπολέμηση οσμών σε αστικά απόβλητα. Η παρουσία της μαγνησίας εξασφαλίζει στο σύστημα ένα ρυθμιστικό διάλυμα με  $pH 9-9,5$  το οποίο παρεμποδίζει τη δημιουργία και έκλυση του δύσοσμου  $H_2S$ . Ανεξαρτήτως της συγκέντρωσης των  $S^{2-}$ , από τη στιγμή που το pH θα ρυθμιστεί σε τιμές 9-9,5 το πρόβλημα των οσμών, εξαιτίας του  $H_2S$  εξαλείφεται. Επιπλέον, σ' αυτές τις τιμές pH δεν παρατηρείται έκλυση της επίσης δύσοσμης αέριας αμμωνίας. Επίσης, η μαγνησία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο οξύτητας του πόσιμου νερού, την καταπολέμηση των επιπτώσεων της όξινης βροχής στο έδαφος, την επεξεργασία υδάτων καυστήρων και συστημάτων ψύξης και την απομάκρυνση χρωστικών από υγρά απόβλητα. Στη σταθεροποίηση στερεών αποβλήτων και ρυπασμένων εδαφών με βαρέα μέταλλα, ο ρόλος της μαγνησίας είναι διπλός: από τη μία μεριά εξουδετερώνει το υπεύθυνο για τη διαλυτοποίηση του μετάλλου οξύ και ως εκ τούτου παραμένουν τα βαρέα μέταλλα σε αδιάλυτη μορφή, δηλαδή η μαγνησία λειτουργεί

ως θυσιαζόμενο αλκάλιο. Από την άλλη, η μαγνησία παρέχει στο σύστημα ένα ρυθμιστικό διάλυμα με pH 9-9,5 και μ' αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η επαναδιαλυτοποίηση ορισμένων υδροξειδίων των μετάλλων (π.χ. Cr, Zn κ.ά.) φαινόμενο που παρατηρείται σε υψηλότερες τιμές pH. Ο ρόλος της προσθήκης καυστικής μαγνησίας στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς είναι πολλαπλός. Από τη μία μεριά δεσμεύει τα οξείδια του S και από την άλλη δεσμεύει και άλλα σύνδρομα του καυσίμου όπως V, Na, K τα οποία δίνουν ενώσεις χαμηλού σημείου τήξης και προκαλούν σοβαρά προβλήματα εντός του θαλάμου καύσης, αλλά και στους καυστήρες. Στην πρώτη περίπτωση η προσθήκη της μαγνησίας γίνεται αμέσως πριν από τους εναλλάκτες προθέρμανσης του αέρα, ενώ στη δεύτερη απευθείας στο θάλαμο καύσης, ως συστατικό ειδικών προσθέτων, οπότε η παρουσία του MgO οδηγεί στο σχηματισμό ενώσεων με υψηλό σημείο τήξης και έτσι αποφεύγονται οι επικαθίσεις (Zampetakis and Karatzovalis, 2003).

Στη χημική βιομηχανία η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται ως πηγή MgO στην παραγωγή τσιμέντου τύπου Sorel, ενώ στην υαλουργία αντικαθιστά το δολομίτη σε ειδικούς τύπους γυαλιού (επιστημονικά όργανα, διακοσμητικά γυαλιά κ.ά.). Βρίσκει επίσης χρήση ως υλικό επιφλοιώσης σε κεραμικά και ουδετεροποιεί οξέα (λιπαντικά λάδια). Επίσης, ουδετεροποιεί όξινα διαλύματα, δρα ως συνδετικό υλικό και ελαττώνει την παραγωγή της επιπλέουσας σκουριάς

Στις κατασκευές η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται ως αποδέκτης οξέων, ως καταλύτης, ως λευκή χρωστική και πληρωτικό σε ελαστικά, χρώματα και πλαστικά. Καυστική μαγνησία υψηλής ενεργότητας χρησιμοποιείται ως επιβραδυντικό καύσης και ως παχυντής. Μέτριας ενεργότητας καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται μεταξύ άλλων στη φαρμακευτική βιομηχανία, σε οδοντόπαστες και καλλυντικά. Επιπλέον, βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία χάλυβα, στην τσιμεντοβιομηχανία, στη βιομηχανία θεικού οξέος και ζάχαρης (Harben, 2002).

Στην επεξεργασία λατεριτικού νικελίου χρησιμοποιούνται περίπου 1,1 τόνοι MgO ανά τόνο παραγόμενου νικελίου, ώστε τα θειικά άλατα που προκύπτουν να μετατραπούν σε υδροξείδια.

Στη φαρμακευτική βιομηχανία η καυστική μαγνησία χρησιμοποιείται ως πηγή μαγνησίου. Η σημασία του μαγνησίου στον ανθρώπινο οργανισμό είναι

ιδιαίτερα σημαντική. Έλλειψη μαγνησίου προκαλεί διάφορες διαταραχές στην υγεία, όπως κατάθλιψη, διαταραχές στην κυκλοφορία του αίματος κ.ά. Επίσης, το μαγνήσιο αποτελεί συστατικό φαρμάκων που ελέγχουν το pH του στομάχου σε περίπτωση υπερέκκρισης οξέων.

Οι γενικές προδιαγραφές που αφορούν την καυστική μαγνησία είναι: 80 – 90% MgO, 2,5% CaO, < 3,5% SiO<sub>2</sub> και απώλεια πύρωσης 5%. Για λιπάσματα οι προδιαγραφές απαιτούν περιεκτικότητα σε Mg > 85% και λεπτόκοκκο υλικό, για ζωοτροφές επίσης MgO > 85% και κοκκομετρία 0,1 – 1,5 mm. Για τσιμέντα τύπου Sorel απαιτείται χαμηλή περιεκτικότητα σε Ca και Fe, ενώ στη φαρμακοβιομηχανία απαιτείται περιεκτικότητα σε MgO τουλάχιστον 98% (Harben, 2002).

### Γ) Δίπυρη μαγνησία

Με περαιτέρω θέρμανση της καυστικής μαγνησίας, σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 1450°C και για αρκετό χρόνο (συνήθως στους 1800°C ή και περισσότερο), παράγεται η δίπυρη μαγνησία ή πυρίμαχη μαγνησία, που περιέχει λιγότερο από 0,5% CO<sub>2</sub>. Η δίπυρη μαγνησία έχει ειδική επιφάνεια < 0,1 m<sup>2</sup>/g, μεγάλη σκληρότητα και πυκνότητα. Είναι χημικά αδρανής, έχει πολύ υψηλές πυρίμαχες ιδιότητες καθώς παρουσιάζει υψηλό σημείο τήξης και μηχανική αντοχή. Η αρχική πρώτη ύλη για την παρασκευή της δίπυρης μαγνησίας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη χημική της καθαρότητα, την αναλογία CaO/SiO<sub>2</sub> και το μέγεθος των κρυστάλλων (Harben, 2002).

Η δίπυρη μαγνησία έχει το κρυσταλλικό πλέγμα του ορυκτού περίκλαστο (MgO, σημείο τήξης 2800°C), το οποίο θεωρείται ότι μαζί με το στισοβίτη (πολύμορφος του χαλαζία), είναι από τα κύρια συστατικά του κατώτερου μανδύα. Το περίκλαστο εμφανίζεται σπάνια στη φύση.

Η καυστική και η δίπυρη μαγνησία διαφέρουν, κύρια, στην πυκνότητα, στη δομή του κρυστάλλου και στο σημείο τήξης. Η δίπυρη μαγνησία μαζί με άνθρακα χρησιμοποιείται στην παραγωγή πυρίμαχων πλίνθων. Ανάλογα με την καθαρότητα του υλικού και την περιεκτικότητα σε φύλλα γραφίτη (10 – 20%), προκύπτει ποικιλία πυρίμαχων προϊόντων με τις επιθυμητές ιδιότητες: θερμική διαστολή, αγωγιμότητα, συντελεστής ελαστικότητας και παραμόρφωσης. Σε κάποιες περιπτώσεις προσθέτεται

αλουμίνιο ή κράματα Al - Mg μαζί με δίπυρη μαγνησία, οπότε σχηματίζεται φάση περικλάστου - σπινελίου, με σκοπό να αυξηθεί η αντίσταση σε οξεία και η θερμική αντοχή (Harben, 2002).

Οι πυρίμαχοι πλίνθοι που παράγονται από μίγματα δίπυρης μαγνησίας - χρωμίτη (30 - 40%) δίνουν ένα τελικό προϊόν με υψηλή πυκνότητα και ομοιογένεια. Αυτοί παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή σε διάβρωση και μηχανική καταπόνηση και θερμότητα. Οι επενδύσεις υψικαμίνων (π.χ. στη χαλυβουργία) γίνεται με πλίνθους και μονολιθικά πυρίμαχα μαγνησίου. Τα πυρίμαχα που κατασκευάζονται από δίπυρη μαγνησία χαρακτηρίζονται ως βασικά πυρίμαχα, εξαιτίας του βασικού χαρακτήρα του MgO.

Οι γενικές προδιαγραφές για τη δίπυρη μαγνησία σύμφωνα με τον Harben (2002) είναι: 90 - 95% MgO, < 4 -6% SiO<sub>2</sub>, < 3,5% CaO, < 1 -2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, <1-2% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και απώλεια πύρωσης 0,5%. Στη φαρμακευτική: > 96% MgO, < 1,5% CaO, 0,1% αδιάλυτα οξεία, 0,05% Fe, 3 ppm As, 40 ppm βαριά ορυκτά και 10% απώλεια πύρωσης.

#### **Δ) Τηγμένη μαγνησία**

Ακατέργαστος μαγνησίτης, καυστική ή δίπυρος μαγνησία με πύρωση σε θερμοκρασία 2800 - 3000°C σε ηλεκτρικό φούρνο σχηματίζουν τηγμένη μαγνησία. Αυτή έχει επίσης πυρίμαχες ιδιότητες, 96 - 99% MgO (περίκλαστο), πυκνότητα μάζας 3,58 g/cm<sup>3</sup> και μεγαλύτερο μέγεθος κρυστάλλων σε σχέση με τη δίπυρη μαγνησία (>1000 μm σε σύγκριση με 50 - 100 μm για τη δίπυρη) και χρησιμοποιείται σε πυρίμαχα, στην παραγωγή θερμαντικών στοιχείων και σε μονωτικά.

Σε ότι αφορά τα πυρίμαχα, συγκριτικά με τη δίπυρη μαγνησία έχει υψηλότερο ειδικό βάρος και μεγαλύτερο μέγεθος κρυστάλλων περικλάστου. Παρουσιάζει έτσι άριστη μηχανική και χημική αντοχή και καλύτερες πυρίμαχες ιδιότητες. Πολύ υψηλής καθαρότητας τηγμένη μαγνησία (> 99% MgO) χρησιμοποιείται σε πυρηνικούς αντιδραστήρες και εξειδικευμένο οπτικό εξοπλισμό. Οι προδιαγραφές για την πυρίμαχου τύπου τηγμένη μαγνησία σύμφωνα με τον Harben (2002) είναι > 96% MgO., χαμηλή περιεκτικότητα σε Si, λόγο Ca / Si περίπου

2 / 1, 1 -2% CaO, 0,5 - 0,8% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,2 - 0,8% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,5 - 3,5% SiO<sub>2</sub>, πυκνότητα μάζας > 3,50 g/cm<sup>3</sup> και μέγεθος κρυστάλλων περικλάστου > 1000 μm.

Οι ηλεκτρικές ιδιότητες της τηγμένης μαγνησίας την καθιστούν χρήσιμη ως θερμομονωτικό υλικό. Ανάλογα με το τελικό προϊόν παράγονται τρεις ποιότητες: α) υψηλής θερμοκρασίας (> 950°C) για την οποία απαιτείται 94 - 97% MgO και χαμηλή περιεκτικότητα σε Si και Ca, β) μέσης θερμοκρασίας (μέχρι 800°C), για την οποία απαιτείται 93 - 96% MgO και γ) χαμηλής θερμοκρασίας (< 600°C), όπου απαιτείται < 90% MgO. Σε όλες τις περιπτώσεις απαιτείται χαμηλή περιεκτικότητα σε S, B και ιχνημέταλλα. Τέλος, ο λόγος Ca/Si θα πρέπει να είναι 1/2 (Harben, 2002).

### 3.9 Εμπορικοί τύποι μαγνησίτη Γερακινής

Η εταιρία 'Ελληνικοί Λευκόλιθοι' που εκμεταλλεύεται το κοιτάσμα μαγνησίτη Γερακινής παράγει και εμπορεύεται καυστική, δίπυρο μαγνησία, ωμός λευκόλιθο και βασικά μονολιθικά πυρίμαχα. Οι θερμοκρασίες παραγωγής και οι φυσικές ιδιότητες των παραγόμενων προϊόντων παρουσιάζονται στον πίνακα 9.

Οι εμπορικοί τύποι μαγνησίτη παράγονται σε μεγάλη ποικιλία ποιοτήτων, χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και πρακτικά καλύπτουν όλο το φάσμα εφαρμογών της μαγνησίας.

Ειδικότερα, ο ωμός λευκόλιθος χρησιμοποιείται για κεραμικά, λιπάσματα, υλικά ηλεκτροσυγκόλλησης, μεταλλουργικές χρήσεις και ελαστικά. Η καυστική μαγνησία για τοιμέντα τύπου Sorel, βιομηχανικά δάπεδα, λειαντικούς τροχούς, δομικά μονωτικά στοιχεία, χημικές και φαρμακευτικές χρήσεις, ζωοτροφές και λιπάσματα, μεταλλουργικές και περιβαλλοντικές χρήσεις (επεξεργασία αερίων, πρόσθετα καυσίμων κ.λπ.). Η δίπυρη μαγνησία για πυρίμαχους πλίνθους, υλικά ηλεκτροσυγκόλλησης, ηλεκτρικές χρήσεις και στη βυρσοδεψία.

Τα βασικά μονολιθικά πυρίμαχα που παράγονται προορίζονται για τη χαλυβουργία, την παραγωγή τοιμέντου και γυαλιού και για χυτήρια.

Η τηγμένη μαγνησία χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές εφαρμογές. Τα τελευταία χρόνια σταμάτησε να χρησιμοποιείται σε πυρίμαχα, εξαιτίας του υψηλού κόστους παραγωγής της (χρειάζονται 97 GJ/t).

Πίνακας 9. Θερμοκρασία παραγωγής και φυσικές ιδιότητες προϊόντων της εταιρίας Έλληνικοί Λευκόλιθοι.

|                      | Θερμοκρασία<br>°C | Ειδική<br>επιφάνεια (m <sup>2</sup> /g) | Μέγεθος<br>κρυστάλλων (μm) | Πορώδες<br>% |
|----------------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------------------|--------------|
| Καυστική<br>μαγνησία | 900 - 1.100       | 17 - 65                                 | < 0,3                      | 50           |
| Δίπορη<br>μαγνησία   | > 1.800           | < 1                                     | 20 - 80                    | 2            |
| Τηγμένη<br>μαγνησία  | > 2.750           | < 0,1                                   | > 500                      | < 0,1        |

#### Υποκατάστατα προϊόντα

- Συμπληρώματα ζωοτροφών: δολομίτης, ασβεστόλιθος και τάλκης.
- Πυρίμαχα: ανδαλουσίτης, βωξίτης, χρωμίτης, κυανίτης, δολομίτης, γραφίτης, ολιβίνης, πυροφυλλίτης, συλλιμανίτης πυρίμαχοι άργιλοι, πυριτία.
- Ουδετεροποίηση οξέων: καυστικό Na, οξείδιο του ασβεστίου και ανθρακικό νάτριο.
- Αποθείωση: καρβίδιο του ασβεστίου.

#### 3.10 Συμπεράσματα

Τα πλεονεκτήματα του ελληνικού λευκόλιθου σε σχέση με αυτά του ανταγωνισμού είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε Fe (Πίν. 10) και η υψηλή λευκότητα (96%) σύμφωνα με στοιχεία της εταιρίας Έλληνικοί Λευκόλιθοι.

Πίνακας 10. Χημική σύσταση (% κ.β.) του εμπορικού τύπου μαγνησίτη παραγωγών χωρών (Coore, 1987).

| πρώτη ποιότητα                 | H.B. | Ιρλανδία | Ολλανδία | Ιταλία | Ισραήλ | H.Π.Α. |  |
|--------------------------------|------|----------|----------|--------|--------|--------|--|
| MgO                            | 97   | 96,80    | 98,5     | 96,80  | 99,20  | 96,60  |  |
| CaO                            | 1,90 | 2,30     | 0,65     | 2,30   | 0,55   | 2,30   |  |
| SiO <sub>2</sub>               | 0,40 | 0,60     | 0,17     | 0,55   | 0,05   | 0,70   |  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,20 | 0,20     | 0,45     | 0,15   | 0,20   | 0,20   |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,20 | 0,20     | 0,07     | 0,20   | 0,03   | 0,20   |  |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,05 | 0,04     | 0,01     | 0,05   | 0      | 0,02   |  |
| CaO / SiO <sub>2</sub>         | 5    | 4        | 3,80     | 4      | 11     | 3      |  |
| Πυκν. μάζας g/cm <sup>3</sup>  | 3,43 | 3,44     | 3,44     | 3,42   | 3,46   | 3,42   |  |

| δεύτερη ποιότητα               | Ελλάδα* | Τουρκία* | Αυστρία^ | Ισπανία^ | Κίνα^ | Κορέα^ | H.Π.Α. |
|--------------------------------|---------|----------|----------|----------|-------|--------|--------|
| MgO                            | 95,70   | 96,60    | 91       | 94,50    | 92,40 | 95,10  | 98     |
| CaO                            | 2,20    | 1,50     | 2,40     | 0,80     | 1,25  | 1,60   | 0,70   |
| SiO <sub>2</sub>               | 1,30    | 1,25     | 0,50     | 1,30     | 3,50  | 1,20   | 0      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,64    | 0,35     | 5,70     | 2,70     | 1     | 1,30   | 0,20   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,06    | 0,04     | 0,20     | 0,80     | 1,60  | 0,60   | 0,02   |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | <0,01   | <0,01    | <0,01    | <0,01    | <0,01 | <0,01  | 0,02   |
| CaO / SiO <sub>2</sub>         | 1,70    | 1,20     | 4,80     | 0,60     | 0,36  | 1,30   | 1      |
| Πυκν. μάζας g/cm <sup>3</sup>  | 3,45    | 3,40     | 3,30     | 3,35     | 3,20  | 3,25   | 3,32   |

\*φυσικός κρυπτοκρυσταλλικού τύπου, ^φυσικός κρυσταλλικού τύπου, τεχνητός από θαλασσινό νερό.

Η ελληνική καυστική μαγνησία πλεονεκτεί, εξαιτίας της σταθερής της ποιότητας, της χαμηλής περιεκτικότητας σε Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και CaO και τα ελεγχόμενα χαρακτηριστικά της (ενεργότητα, ειδική επιφάνεια). Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της ελληνικής δίπυρης μαγνησίας είναι η ιδιαίτερα χαμηλή περιεκτικότητα σε Fe και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από την έψηση, δηλαδή υψηλό ειδικό βάρος, χαμηλό πορώδες και χαμηλή ενυδάτωση.

Η έρευνα και ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων προσβλέπει στην ανακάλυψη νέων χρήσεων για τα προϊόντα του μαγνησίτη, όπως τα επιβραδυντικά καύσης, βυρσοδεψία και περιβαλλοντικές χρήσεις.

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### Μελέτη των εταιρειών εξόρυξης και επεξεργασίας βωξίτη και μαγνησίτη

#### 4.1 Κλάδος βωξίτη

Βωξίτης: η μεγαλύτερη μεταλλευτική παραγωγή της χώρας και πρώτη σε μέγεθος για το ορυκτό αυτό σε όλη την Ευρώπη. Αποτελεί την πρώτη ύλη στην, ιδιαίτερης σημασίας για την ελληνική οικονομία, εγχώρια παραγωγή αλουμίνας - αλουμινίου και σημαντικό εξαγωγικό προϊόν. Τα βέβαια αποθέματα βωξίτη υπερβαίνουν τους 180 εκατ. τόνους (Τσιραμπίδης, 2005).

Στον τομέα του βωξίτη όπου δραστηριοποιούνται οι εταιρείες S & B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε., Δελφοί Δίστομον Α.Μ.Ε. και ΕΛΜΙΝ Α.Ε., η συνολική παραγωγή το 2005 ανήλθε στους 2.490.000 τόνους περίπου. Από αυτούς περισσότεροι από 900.000 κατευθύνθηκαν σε αγορές του εξωτερικού, κυρίως σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και στις Η.Π.Α. Στην εγχώρια αγορά ο κύριος καταναλωτής είναι η εταιρία Αλουμίνιον της Ελλάδος με ετήσιο ρυθμό 1.500.000 τόνων. Η εταιρία παράγει ένυδρη αλουμίνα και αλουμίνιο. Η Αλουμίνιον της Ελλάδος αποτελεί τη μητρική εταιρία της Δελφοί Δίστομον Α.Μ.Ε. Το 2003 πραγματοποιήθηκε εξαγορά του ομίλου PECHINEY που κατείχε το 62,5% των μετοχών της ΑτΕ, από τον καναδικό όμιλο ALCAN. Το 2005 το ποσοστό της ALCAN πέρασε στα χέρια του ομίλου Μυτιλιναιός.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Ελληνικού βωξίτη είναι η υψηλή περιεκτικότητα αλουμίνας, η δυσκολία επεξεργασίας εξαιτίας της υψηλής σκληρότητας (υψηλό SiO<sub>2</sub>), τα μικρά και διασκορπισμένα κοιτάσματα και το υψηλότερο κόστος εξόρυξης από αυτό άλλων παραγωγών χωρών (Αυστραλίας, Τζαμάικας, Ινδιών, Βραζιλίας), όπου η εξόρυξη ξεκινά πολλές φορές πολύ επιφανειακά.

Κυρίαρχη εταιρεία στις εξαγωγές ελληνικού βωξίτη με κύριους προορισμούς τη Δυτική και Ανατολική Ευρώπη (Γαλλία, Ισπανία, Γερμανία, Ρωσία, Ρουμανία, Ουκρανία κ.α.) είναι η S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.

Οι κύριοι παράγοντες κόστους που σχετίζονται με την παραγωγή προϊόντων επεξεργασίας του ακατέργαστου βωξίτη είναι: η απόκτηση του ακατέργαστου

κοιτάσματος, το κόστος εργασίας και καυσίμων, το μεταφορικό κόστος για τη μεταφορά του τελικού προϊόντος στην αγορά. Οι οικονομίες κλίμακας παίζουν επίσης ένα πολύ σημαντικό ρόλο στο κόστος παραγωγής για τις μεγάλες μεταλλευτικές επιχειρήσεις. Χαμηλό κόστος συχνά συνδέεται με πολύ αναπτυγμένες υποδομές και σύγχρονα μηχανήματα (Shenke, 1995).

Σε σχέση με την τιμολόγηση του βωξίτη υπάρχει μια γενική αβεβαιότητα. Οι τιμές δεν μπορούν να καθοριστούν επακριβώς, επειδή εξαρτώνται από τις προδιαγραφές του ζητούμενου προϊόντος. Την περασμένη δεκαετία οι αυξημένες εξαγωγές βωξίτη από την Κίνα, διατάραξαν την ισορροπία της αγοράς. Εξαιτίας της τιμολόγησης διείσδυσης στην αγορά του βωξίτη από τους Κινέζους, οι τιμές έπεσαν αρκετά τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο η εισαγωγή του συστήματος αδειών για εξαγωγές το 1995, προκάλεσε μια αυξητική τάση στις τιμές του Κινέζικου βωξίτη και τις έφερε πιο κοντά στις τιμές των υπόλοιπων χωρών παραγωγών (Bolger, 1997).

Γενικά, υπάρχει μια αβεβαιότητα για τη μακροχρόνια πορεία της αγοράς βωξίτη. Ελπίδες ωστόσο εκφράζονται ότι οι τιμές των προϊόντων βωξίτη θα καθορίζονται από την ποιότητά τους και τις δυνάμεις της αγοράς. Η επιβολή φόρων σε κάποια από τα Κινέζικα προϊόντα δε θα βλάψει μόνο τους προμηθευτές και τους καταναλωτές, αλλά δεν αρμόζει και στους κανόνες του διεθνούς εμπορίου (Zhilun, 1997).

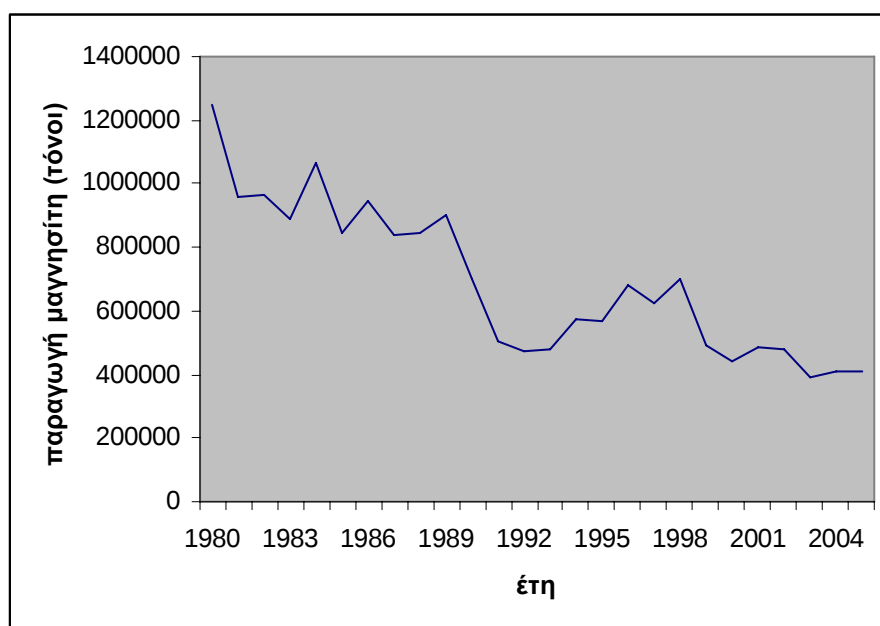
#### **4.2 Κλάδος μαγνησίτη**

Μαγνησίτης - Μαγνησία: η εγχώρια παραγωγή κατέχει την πρώτη θέση σε εξαγωγές στην Ε.Ε. καλύπτοντας ευρύτατο φάσμα βιομηχανικών και άλλων εφαρμογών.

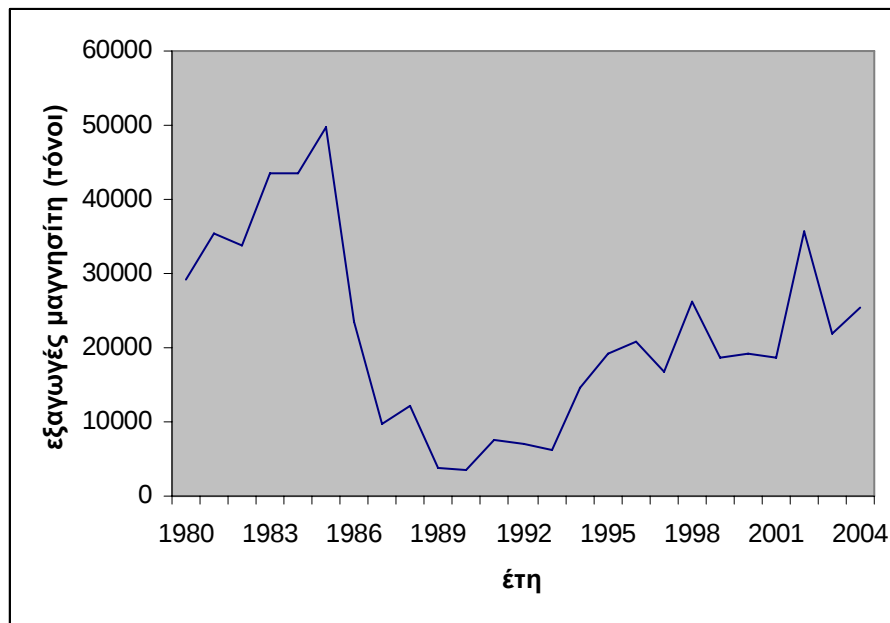
Η εταιρεία Ελληνικοί Λευκόλιθοι, η μοναδική παραγωγός λευκολιθικών προϊόντων στη χώρα μετά το κλείσιμο κατά τη δεκαετία του 1990 της Viomagn (πρώην Fimisco) και της Magnomin Gemco οι οποίες εκμεταλλευόταν τα κοιτάσματα μαγνησίτη της Β. Εύβοιας και του Βάβδου αντίστοιχα, απετέλεσε και για το 2005 τη μεγαλύτερη εξαγωγική επιχείρηση μαγνησίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ο κλάδος του μαγνησίτη στην Ελλάδα γνώρισε μια ύφεση την περίοδο 1992 – 1994, μετά το κλείσιμο της εταιρίας Fimisco. Η εγχώρια παραγωγή μειώθηκε από

περίπου 900.000 τόνους το 1989 σε 470.000 τόνους το 1992 (Σχήματα 6 και 7). Από το 1994 παρουσιάζεται μια σταδιακή ανάκαμψη, που οφείλεται στη βελτίωση των συνθηκών της διεθνούς αγοράς μαγνησίτη, στα δασμολογικά μέτρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά του κινέζικου μαγνησίτη το 1993, αλλά και σε επενδύσεις των εταιριών με σκοπό τη βελτίωση των προϊόντων, τον περιορισμό του κόστους παραγωγής και τη δημιουργία νέων αγορών (Τσιραμπίδης, 2005). Επίσης, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 360/2000 του Συμβουλίου, της 14ης Φεβρουαρίου 2000 της Ε.Ε., επιβλήθηκε οριστικός δασμός αντνιτάμπινγκ (ντάμπινγκ = η πώληση των εξαγόμενων προϊόντων μιας χώρας σε τιμές χαμηλότερες από αυτές της εγχώριας αγοράς) στις εισαγωγές πυρωμένης αδρανούς (φρυγμένης) μαγνησίας, προέλευσης Λαϊκής Δημοκρατίας της Κίνας, μετά από σχετική αίτηση των εταιριών Ελληνικοί Λευκόλιθοι και της ισπανικής Magnesitas Navarras.



Σχήμα 6. Παραγωγή μαγνησίτη τα έτη 1980 – 2005 (Σ.Μ.Ε., 1998-2005).



Σχήμα 7. Εξαγωγές μαγνησίτη τα έτη 1980 – 2005 (Σ.Μ.Ε., 1998-2005)

Το μεγαλύτερο μέρος της εγχώριας παραγωγής εξάγεται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τις Η.Π.Α. Η ποιότητα των ελληνικών προϊόντων μαγνησίτη προτιμάται στις αγορές, γιατί το παραγόμενο προϊόν έχει χαμηλές περιεκτικότητες σε  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  και  $\text{CaO}$  γεγονός που δεν οφείλεται στη μεταλλουργική επεξεργασία, αλλά στην ποιότητα του πρωτογενούς μεταλλεύματος. Τα βέβαια αποθέματα μαγνησίτη στην Εύβοια και Χαλκιδική υπολογίζονται σε 50 εκ. τόνους περίπου (Τσιραμπίδης, 2005).

### 4.3 Περιγραφή εταιρειών

#### 4.3.1 S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.

Η S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. αποτελεί τη μητρική εταιρεία ενός επιχειρηματικού Ομίλου, με σημαντική διεθνή παρουσία και δραστηριότητα και ηγετικές θέσεις στις αγορές στις οποίες δραστηριοποιείται, σε παγκόσμιο επίπεδο. Ο Όμιλος S&B αποτελείται από περίπου 30 εταιρείες, διαθέτει πάνω από 100 ορυχεία, εγκαταστάσεις, κέντρα επεξεργασίας και κέντρα διανομής, σε 21 χώρες και σε 5 ηπείρους, ενώ πραγματοποιεί πωλήσεις σε περισσότερες από 50 χώρες σε όλο τον κόσμο.

Εκτός Ελλάδος διαθέτει ορυχεία στη Γερμανία, Γεωργία, Βουλγαρία και Ουγγαρία, ενώ έχει αποκτήσει και 4 μεταλλευτικές άδειες έρευνας και εκμετάλλευσης κοιτασμάτων μπεντονίτη στο Μαρόκο, από το 2004. Επίσης, λειτουργεί εργοστάσια επεξεργασίας μπεντονίτη σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και διαθέτει εκτεταμένο δίκτυο διανομής σε Ευρώπη και Β. Αμερική.

Στον κλάδο του Βωξίτη, η S&B έχει καθιερωθεί ως μία από τις σημαντικότερες εταιρίες παραγωγής και προμήθειας βωξίτη υψηλής ποιότητας στην Ευρώπη (Σ.Μ.Ε., 2005). Η εταιρεία έχει ιδιόκτητα και μισθωμένα μεταλλεία βωξίτη κυρίως στις ορεινές περιοχές του Παρνασσού και της Γκιώνας, στην κεντρική Ελλάδα, περίπου 200 km/ΒΔ της Αθήνας και στην Εύβοια (τα οποία εξορύσσουν οι θυγατρικές της Ελληνικοί Βωξίται Ελικώνος Α.Ε. και η γαλλική ARISEIZE S.A.).

Τα κοιτάσματα της εταιρείας είναι διασπορικού και μπαιμιτικού τύπου. Η εξόρυξη γίνεται σε επιφανειακά και υπόγεια μεταλλεία. Στη συνέχεια, ο βωξίτης μεταφέρεται στην Ιτέα, όπου η εταιρεία διαθέτει ιδιόκτητες εγκαταστάσεις επεξεργασίας, διαχείρισης και φόρτωσης.

Η εταιρεία παρέχει ποικιλία προϊόντων, ποιότητα και συνέπεια -ανάλογα πάντοτε με τις ανάγκες των πελατών της- και διατηρεί υψηλά επίπεδα τεχνικής υποστήριξης. Χάρη στην εξαιρετική ποιότητα του βωξίτη και στα μεγάλα αποθέματά της, η S&B αποτελεί έναν ιδιαίτερα αξιόπιστο προμηθευτή.

Η Έρευνα και Ανάπτυξη του Ομίλου σήμερα, είναι οργανωμένη ανά Κέντρο Επιχειρηματικής Δραστηριότητας (ΚΕΔ). Η συχνή συνεργασία-επικοινωνία των ΚΕΔ, επιτρέπει τη μέγιστη εκμετάλλευση ενδεχόμενων συνεργιών. Οι εγκαταστάσεις των Κεντρικών Εργαστηρίων βρίσκονται στην Αθήνα και συμπληρώνονται από τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις των θυγατρικών εταιριών IKO Minerals και Otavi.

Στο ΚΕΔ Βωξίτη: Παρέχεται τεχνική υποστήριξη πελατών και εξυπηρέτηση μετά την πώληση. Η υποστήριξη των πελατών αποτελεί μία από τις σημαντικότερες δραστηριότητες της εταιρείας και έχει στόχο την ικανοποίηση του πελάτη. Η στενή συνεργασία, η σε βάθος γνώση του προϊόντος, καθώς επίσης και η γνώση για την τελική χρήση του από τον πελάτη, παρέχουν τη δυνατότητα επιλογής του καταλληλότερου προϊόντος για μεγιστοποίηση της αξίας του. Παράλληλα αξιολογείται η ποιότητα των προϊόντων με τη χρήση διάφορων τεχνικών ανάλυσης

(π.χ. XRF, XRD, DTA, έλεγχος περιστροφής, έλεγχος θερμικής αντοχής, έλεγχος χώνεψης κ.λπ.). Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα προσφοράς στους πελάτες προϊόντων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους. Τέλος, ενθαρρύνεται η συμμετοχή σε τεχνικές συναντήσεις και επιστημονικά συνέδρια, τεχνικές παρουσιάσεις και δημοσιεύσεις στον τομέα του βωξίτη και των εφαρμογών του, ώστε να υπάρχει συνεχής παρακολούθηση των τεχνολογικών εξελίξεων στους τομείς της βιομηχανίας όπου χρησιμοποιείται ο βωξίτης (Σ.Μ.Ε., 2005).

#### 4.3.2 ΕΛΜΙΝ

Το βασικό μεταλλευτικό κέντρο παραγωγής βωξίτη της εταιρείας βρίσκεται στη Λαμία του Νομού Φθιώτιδας. Τα μεταλλεία της εταιρείας βρίσκονται στις περιοχές της Οίτης και Γκιώνας. Οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας και φόρτωσης του μεταλλεύματος βρίσκονται στην Αγία Μαρίνα Στυλίδας. Στην ιδιοκτησία της εταιρείας βρίσκονται 23 μεταλλευτικές παραχωρήσεις στο Νομό Φθιώτιδας, 22 στο Νομό Φωκίδας, 17 στο Νομό Αττικής και 15 στο Νομό Βοιωτίας. Επιπλέον, μισθώνονται από την εταιρεία 16 μεταλλευτικές παραχωρήσεις στην Εύβοια, 7 στην Αττική, 6 στη Φθιώτιδα, 2 στη Φωκίδα και 1 στη Βοιωτία (Σ.Μ.Ε., 2005).

Η εταιρεία διαθέτει επιπλέον εγκαταστάσεις φόρτωσης σε πλοία και στην Ιτέα Φωκίδας οι οποίες, αυτή την εποχή, δεν χρησιμοποιούνται. Η εταιρεία από την ίδρυσή της το 2001 έχει πραγματοποιήσει συνολικές επενδύσεις ύψους 10.000.000 € περίπου. Οι βασικές επενδύσεις αφορούσαν:

- Αγορά μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Βελτίωση - επέκταση εγκαταστάσεων.
- Αύξηση της παραγωγικής ικανότητας.
- Αύξηση της ικανότητας επεξεργασίας μεταλλεύματος.
- Αύξηση της ικανότητας φορτώσεων.
- Εκπόνηση μελετών και σχεδιασμού.
- Εκπόνηση ερευνητικών προγραμμάτων.
- Εδραίωση της εταιρείας στην εσωτερική και διεθνή αγορά.

Η δυναμική εισαγωγή της εταιρείας στην διεθνή αγορά και οι νέες απαιτήσεις που δημιουργήθηκαν, σε συνδυασμό με τις παγκόσμιες εξελίξεις και τα καινούρια

δεδομένα στην παραγωγή, επεξεργασία και διάθεση του βωξίτη οδηγούν την εταιρεία σε νέα επενδυτικά προγράμματα με στόχο:

- την παραγωγή νέων προϊόντων,
- την τελειοποίηση των τεχνολογιών εξόρυξης,
- τις πιστοποιήσεις ποιότητας στην παραγωγή, στα εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου και στη σκάλα φόρτωσης,
- τη βελτίωση του παραγόμενου προϊόντος.

#### **4.3.3 Δελφοί Διστόμο**

Η εταιρεία προήλθε από τη συγχώνευση των εταιρειών «Βωξίται Δελφών» και «Ελληνικοί Βωξίται Διστόμου», θυγατρικών της «Αλουμίνιον της Ελλάδος». Είναι μία από τις δύο μεγαλύτερες παραγωγούς βωξίτη στην Ελλάδα και κατ' επέκταση στην Ευρώπη. Τα εργοτάξια βρίσκονται, στις περιοχές Διστόμου (3) και Άμφισσας (8). Η παραγωγή θα μείνει σταθερή τα προσεχή 3 έως 5 χρόνια. Η δύναμη του προσωπικού της είναι συνολικά 148 εργαζόμενοι σε όλες τις μονάδες της (Σ.Μ.Ε., 2005).

#### **4.3.4 Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Μ.Β.Ν.Ε.Ε.**

Η εταιρεία δραστηριοποιείται από το 1959 στην περιοχή της Γερακινής Χαλκιδικής. Σκοπός της είναι η παραγωγή και η διάθεση στην αγορά καυστικής και δίπυρης μαγνησίας ( $MgO$ ), ωμού λευκολίθου ( $MgCO_3$ , μαγνησίτης ή ανθρακικό μαγνήσιο) και μονολιθικών πυρίμαχων υλικών.

Η παραγωγή τελικών προϊόντων (ωμού λευκολίθου, καυστικής & δίπυρης μαγνησίας, πυρίμαχων μαζών) παρουσίασε αύξηση της τάξης του 6% το 2005. Την ίδια χρονιά η εταιρεία, σε ενοποιημένη βάση, αύξησε το σύνολο των πωλήσεων της κατά 7% έναντι του 2004, παρά τον έντονο ανταγωνισμό από την Κίνα και τις υψηλές τιμές καυσίμων και ναύλων. Η συνεχιζόμενη αυτή αύξηση των πωλήσεων, τα τελευταία έτη, οφείλεται κατά κύριο λόγο στη συνεχή βελτίωση των παραγωγικών διαδικασιών της εταιρείας, στην εξειδίκευση των τελικών της προϊόντων και στην έντονη, συνεχώς βελτιούμενη λειτουργία των παραγωγικών και εμπορικών κέντρων της στο εξωτερικό (Ισπανία, Τουρκία, Ολλανδία, Η.Π.Α.) (Τσιραμπίδης, 2005).

Στα πλαίσια της συνεχούς βελτίωσης της παραγωγικής της λειτουργίας, η εταιρεία ενέταξε στο νέο αναπτυξιακό νόμο σημαντικές επενδύσεις που αποσκοπούν στη μεγαλύτερη αξιοποίηση των εκμεταλλεύσιμων αποθεμάτων της, στη βελτιστοποίηση των προϊόντων της και στη μεγαλύτερη προστασία του περιβάλλοντος. Πιο συγκεκριμένα με τη λειτουργία της μονάδας Electromag, η εταιρία έχει τη δυνατότητα παραγωγής προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας που προορίζονται για ηλεκτρικά θερμαντικά στοιχεία. Ακόμη, το 2003 προστέθηκαν δυο νέες γραμμές επεξεργασίας θρυμματισμένου μαγνησίτη και μια νέα μονάδα διαχωρισμού στείρων - μαγνησίτη. Τέλος, η εταιρία κατασκεύασε σύγχρονο εργοστάσιο μονολιθικών πυριμάχων. Οι επενδύσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από τα ίδια κεφάλαια της εταιρίας.

Περίπου το 95% της παραγωγής της εταιρίας εξάγεται σε αγορές του εξωτερικού. Πάνω από το 80% της αξίας των εξαγωγών αφορά εμπόριο με χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, περίπου 11% τις Η.Π.Α. και το υπόλοιπο χώρες όπως η Αυστραλία, ο Καναδάς, Βαλκανικές χώρες και χώρες της Μέσης Ανατολής.

Το ποσοστό πωλήσεων στην εγχώρια αγορά παρουσιάζει πτωτική τάση (από 4% το 1995 σε λιγότερο από 3,5% το 1997). Η περιορισμένη εγχώρια αγορά αφορά τη χρήση μαγνησίτη σε βασικά μονολιθικά πυρίμαχα, λειαντικά και λιπάσματα (Hatjilazaridou et al., 1998).

Εκτός της δραστηριότητας στην Ελλάδα, η εταιρεία έχει θέσει ως στόχο της τη συνεχή και παράλληλη δραστηριοποίησή της, παραγωγικά και εμπορικά, σε χώρες του εξωτερικού. Στο πλαίσιο αυτό, η εταιρεία ενίσχυσε σημαντικά τα τέσσερα τελευταία χρόνια την παγκόσμια παραγωγική και εμπορική της παρουσία με συμμετοχές σε ομοειδείς εταιρείες.

Η πορεία των θυγατρικών εταιρειών ή των εταιρειών στις οποίες συμμετέχουν οι «Ελληνικοί Λευκόλιθοι» παρουσιάζει σταθερή βελτίωση με αποτέλεσμα και το 2005 τα μεγέθη των εταιρειών αυτών να ενισχυθούν σημαντικά.

Συγκεκριμένα, η ισπανική Magnesitas Navarras S.A., που αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό μαγνησίας στη χώρα αυτή, συνέχισε τη θετική της πορεία όπως το ίδιο και η αμερικάνικη εταιρεία Premier Chemicals LLC, που είναι ένας από τους σημαντικότερους παραγωγούς καυστικής μαγνησίας και υδροξειδίου του

μαγνησίου παγκόσμια. Επίσης, συνέχισε την αναπτυξιακή της πορεία η θυγατρική των Ελληνικών Λευκολίθων, τουρκική εταιρία Akdeniz Mineral Kaynaklari A.S. με τον εκσυγχρονισμό των εγκαταστάσεών της, εμπλουτισμού και καμινείας, όπως και με εκτεταμένες γεωλογικές μελέτες για την αξιοποίηση νέων κοιτασμάτων λευκολίθου.

Οι Ελληνικοί Λευκόλιθοι κατά το 2005 διεύρυναν επίσης σημαντικά την εμπορική συνεργασία τους με παραγωγούς μαγνησίας στην Τουρκία. Ιδιαίτερης στρατηγικής, εμπορικής και παραγωγικής σημασίας αποτελεί και η πλήρης λειτουργία της Grecian Magnesite Netherlands το 2004 η οποία εδραίωσε την ηγετική θέση της εταιρείας Ελληνικοί Λευκόλιθοι στην ευρωπαϊκή αγορά και την παρουσία της δίπλα στον τελικό καταναλωτή, προσφέροντας εξειδικευμένες λύσεις στις βιομηχανικές του ανάγκες. Τέλος, το Μάιο του 2007 η εταιρεία εξαγόρασε ποσοστό 50% της Ολλανδικής εταιρείας Van Mannekus & Co. B.V. από τη Γερμανική εταιρεία Possehl Erzkontor GmbH.

Η εταιρεία έχει πιστοποιηθεί με διασφάλιση ποιότητας προϊόντων ISO9002 και ISO9001 και δίνει ιδιαίτερη βαρύτητα στην έρευνα και την ανάπτυξη προϊόντων μαγνησίτη. Διαθέτει ένα σύγχρονο ερευνητικό κέντρο στα Βασιλικά Θεσσαλονίκης, το οποίο εξυπηρετεί στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, στην ανάπτυξη νέων προϊόντων και στην παροχή τεχνικής υποστήριξης στους πελάτες. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί προγράμματα έρευνας και ανάπτυξης που αφορούν (Hatjilazaridou et al., 1998):

- ανάπτυξη ενώσεων του Mg ως επιβραδυντικά φλόγας,
- βελτιστοποίηση των φυσικών χαρακτηριστικών της καυστικής μαγνησίας ώστε να χρησιμοποιηθεί σε περιβαλλοντικές εφαρμογές όπως η εξουδετέρωση όξινων βιομηχανικών αποβλήτων, η απομάκρυνση βαρέων μετάλλων από απόβλητα, η αποθείωση καπνοδόχων και ο καθαρισμός πόσιμου νερού,
- ανάπτυξη νέας διαδικασίας αξιοποίησης του υλικού με κοκκομετρία < 12 mm,
- συσχέτιση της απόδοσης της καυστικής μαγνησίας που προορίζεται για εφαρμογές στις κατασκευές με τα χημικά και φυσικά της χαρακτηριστικά,
- ανάπτυξη βαρέως τύπου κλίνκερ με βάση τη μαγνησία.

Παρά τον έντονο ανταγωνισμό κυρίως από την Κίνα, η εταιρεία συνεχίζει την ανάπτυξή της, με βελτιώσεις στην παραγωγική της διαδικασία, εξειδικεύσεις τελικών προϊόντων μαγνησίας, επιλεγμένες εμπορικές συνεργασίες με εξειδικευμένους πελάτες, βελτίωση των δομών λειτουργίας και τέλος, με την παράλληλη δραστηριοποίησή της, παραγωγικά και εμπορικά, σε χώρες του εξωτερικού.

#### **4.4 Ανάλυση Χρηματοοικονομικών καταστάσεων-Αριθμοδείκτες**

##### **4.4.1 Γενικά**

Η ανάλυση, ερμηνεία και εκτίμηση των οικονομικών καταστάσεων αποτελεί σήμερα το βασικό μέλημα κάθε επιχείρησης και κυρίως εκείνων που είναι επιφορτισμένοι με την ευθύνη της λήψεως των διάφορων επιχειρηματικών αποφάσεων (Τσακλάγκανος, 1979). Εκτός όμως από τους ανθρώπους μέσα στην επιχείρηση υπάρχουν και πολλές ομάδες ανθρώπων εκτός της επιχείρησης που ενδιαφέρονται για τα οικονομικά ζητήματα αυτής. Τέτοιοι είναι οι διάφοροι επενδυτές ή ομολογιούχοι και οι μέτοχοι της εταιρείας, οι πιστωτές, οι Τράπεζες, οι δημόσιες υπηρεσίες (κυβερνητικές υπηρεσίες) κ.λπ. Καθένας ενδιαφέρεται από την δική του σκοπιά για την πρόοδο και την αποδοτικότητα της επιχείρησης. Οι πιστωτές π.χ. και οι τράπεζες ενδιαφέρονται για την ικανότητα της επιχείρησης να πληρώσει τις ληξιπρόθεσμες υποχρεώσεις της και τις δόσεις των δανείων της. Το ενδιαφέρον τους περιορίζεται στη βραχυχρόνια μόνο ανάπτυξη της επιχείρησης. Ενδιαφέρονται κυρίως για τη βραχυχρόνια σύνθεση των κυκλοφορούντων περιουσιακών στοιχείων και τη σχέση τους με τα ληξιπρόθεσμα περιουσιακά στοιχεία του παθητικού. Οι ομολογιούχοι ενδιαφέρονται κυρίως για τη μακροχρόνια σύνθεση του κεφαλαίου της επιχείρησης, για τα κέρδη του παρελθόντος και για τις προβλέψεις τους στο μέλλον, καθώς επίσης και για τις μεταβολές στην περιουσιακή κατάσταση της επιχείρησης. Οι μέτοχοι επίσης στη μεγάλη τους πλειοψηφία ενδιαφέρονται για την αποδοτικότητα της επιχείρησης μακροχρόνια και για τη σύνθεση και μεταβολή της περιουσιακής της κατάστασης εφόσον αυτοί αποτελούν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή των μετοχών της (Τσακλάγκανος, 1979).

Περισσότερο όμως από όλους η διοίκηση είναι εκείνη που ενδιαφέρεται για τη σύνθεση των κεφαλαίων και των περιουσιακών στοιχείων και για τις μεταβολές και μελλοντικές τάσεις της αποδοτικότητας και των κερδών της επιχείρησης. Οι πληροφορίες αυτές έχουν άμεση επίδραση στη μορφή, ύψος (ποσόν) και κόστος της εξωτερικής χρηματοδότησης της επιχείρησης. Οι πληροφορίες αυτές είναι επίσης χρήσιμες στις καθημερινές αποφάσεις, όσον αφορά τον προγραμματισμό, τον έλεγχο δραστηριοτήτων, τον προϋπολογισμό δαπανών και κεφαλαίων, στην ανάλυση του νεκρού σημείου, στην ανάλυση του κόστους, στην ανάλυση των αποκλίσεων, στην ανάλυση μικτού κέρδους κ.λπ. Γι' αυτό σήμερα αποτελεί βασική ανάγκη αλλά και απαραίτητη προϋπόθεση η γνώση των διάφορων μεθόδων και διάφορων «εργαλείων» που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της οικονομικής κατάστασης των επιχειρήσεων. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα της ανάλυσης ανακοινώνονται στους ενδιαφερόμενους για να ληφθούν υπόψη στη λήψη των διάφορων επιχειρηματικών αποφάσεων.

Μεταξύ των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση των οικονομικών καταστάσεων είναι (Τσακλάγκανος, 1979):

α) Η συγκριτική ανάλυση, β) Η ποσοστιαία ανάλυση, γ) Η ανάλυση αριθμοδεικτών.

#### **4.4.2 Αριθμοδείκτες**

Αριθμοδείκτες είναι σχέσεις ή λόγοι μεταξύ διάφορων ποσοτήτων ή οικονομικών μεγεθών της επιχείρησης και αποσκοπούν στον προσδιορισμό της θέσης της επιχείρησης ή των διάφορων τομέων και κλάδων αυτής και στην παρουσίαση της πραγματικής κατάστασης της επιχείρησης. Οι αριθμοδείκτες βασίζονται σε στοιχεία λογιστικά ή στατιστικά και αναφέρονται επομένως στο παρελθόν. Η ανάλυση της κατάστασης μιας επιχείρησης με τους αριθμοδείκτες είναι ανάλυση του παρελθόντος. Πολλές φορές όμως, όταν έχουμε στοιχεία για το μέλλον, όπως από τις προβλέψεις των πωλήσεων, τον προγραμματισμό της παραγωγής, τους προβλεπόμενους ισολογισμούς και λογαριασμούς αποτελεσμάτων χρήσης, καταρτίζουμε αριθμοδείκτες και για το μέλλον. Πολλές φορές προσπαθούμε να προβλέψουμε το μέλλον δια μέσου των αριθμοδεικτών, όπως έχουν γίνει τελευταία μελέτες για την

πρόβλεψη πτωχεύσεων που χρησιμοποιούν ως βάση την εξέλιξη και τάση των διάφορων αριθμοδεικτών.

Οι αριθμοδείκτες επομένως αποτελούν χρήσιμο «εργαλείο» και υπολογιστικό μέσο, που υποβοηθά στην ανάλυση και εκτίμηση των διάφορων προτάσεων και εναλλακτικών λύσεων και στη λήψη των ορθών επιχειρηματικών αποφάσεων.

Με τη χρήση των αριθμοδεικτών μπορούμε να προσδιορίσουμε το βαθμό της παραγωγικότητας και αποδοτικότητας των διάφορων τομέων και κλάδων της επιχείρησης, με απώτερο σκοπό την ορθολογικότερη χρησιμοποίηση των διάφορων μέσων, πόρων και συντελεστών της παραγωγής της επιχείρησης. Η ορθολογική όμως χρησιμοποίηση των συντελεστών της παραγωγής προϋποθέτει ορθολογική διοίκηση των επιχειρήσεων, χρησιμοποίηση σύγχρονων μεθόδων και τεχνικού εξοπλισμού στη διοίκηση, υψηλά μορφωμένο, εκπαιδευμένο και ειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό και προπαντός διευθυντές στην επιχείρηση.

Η χρησιμοποίηση των αριθμοδεικτών θα δώσει τη δυνατότητα για την αξιοποίηση του κατάλληλου λογιστικού και στατιστικού υλικού των επιχειρήσεων από ανθρώπους όχι μόνο μέσα στην επιχείρηση, αλλά και εκτός της επιχείρησης, όπως από οικονομικούς αναλυτές, χρηματιστές, επενδυτές ή ακόμη και απλώς ερευνητές επιχειρηματικών προβλημάτων. Τα περισσότερα όμως στοιχεία για την κατάρτιση των αριθμοδεικτών προέρχονται από τους δημοσιευμένους ισολογισμούς των επιχειρήσεων και των λογαριασμών αποτελεσμάτων χρήσης. Σε άλλες χώρες, οι επιχειρήσεις υποχρεούνται να δημοσιεύσουν και την κατάσταση πηγών και διάθεσης κεφαλαίων (ή κατάσταση μεταβολών της περιουσιακής κατάστασης) της επιχείρησης, οπότε περισσότερα στοιχεία είναι διαθέσιμα στους ενδιαφερόμενους.

Οι αριθμοδείκτες που καταρτίζονται σε μια επιχείρηση, είναι πολύ χρήσιμοι και απαραίτητοι, γιατί βοηθούν στην ανάλυση, διάγνωση και εκτίμηση της παρούσας κατάστασης και των συνθηκών της επιχείρησης, αποκτούν όμως μεγαλύτερη ωφέλεια και σπουδαιότητα όταν (Τσακλάγκανος, 1979):

(α) Συγκρίνονται με προηγούμενα χρόνια. Έτσι ανακαλύπτουμε πραγματικά τις μεταβολές και την τάση των διάφορων μεγεθών στην επιχείρηση.

(β) Συγκρίνονται με ομοειδείς δείκτες άλλων ανταγωνιστικών επιχειρήσεων τους οποίους καταρτίζουμε με βάση τα δημοσιευμένα στοιχεία των επιχειρήσεων αυτών ή

από τους δείκτες που μας παρέχουν στις δημοσιεύσεις τους διάφοροι χρηματιστές και το ICAP.

(γ) Συγκρίνονται με τους μέσους δείκτες του κλάδου, στον οποίο ανήκει ή επιχείρηση και οι οποίοι επίσης καταρτίζονται από τον διάφορους χρηματιστές και το ICAP.

#### 4.4.3 Ανάλυση αριθμοδεικτών

Με βάση τα στοιχεία από τους ισολογισμούς των εταιριών του κλάδου (Πίν. 11-14) υπολογίστηκαν οι σχετικοί αριθμοδείκτες (Πίν. 15-18)

Πίνακας 11. Στοιχεία Ισολογισμών και Αποτελεσμάτων Χρήσης  
της εταιρείας ΕΛΜΙΝ Α.Ε.

|                        | 2001    | 2002     | 2003     | 2004     |
|------------------------|---------|----------|----------|----------|
| Κεφάλαιο               | 1907557 | 1907557  | 13297000 | 13297000 |
| Ίδιο κεφάλαιο          | 1907557 | 13297000 | 13370963 | 13505372 |
| Σύνολο. υποχρεώσεων    | 1554902 | 3845534  | 6276769  | 10539072 |
| Καθαρά πάγια           | 2630560 | 14910185 | 17304026 | 21100901 |
| Σύνολο ενεργητικού     | 3462459 | 17142534 | 19647732 | 24044444 |
| Κύκλος εργασιών        | 2318445 | 2378454  | 4439566  | 5123787  |
| Έσοδα                  | 113858  | 11494    | 54958    | 116875   |
| Καθαρά κέρδη           | 212273  | 65018    | 110810   | 103282   |
| Μικτά κέρδη            | 533297  | 790300   | 1596412  | 2582683  |
| Αριθμός απασχολούμενων | 83      | 83       | 103      | 103      |

Πηγή: ICAP (2002-2005).

Πίνακας 12. Στοιχεία Ισολογισμών και Αποτελεσμάτων Χρήσης  
της εταιρείας Δελφοί Δίστομον Α.Ε.

|                        | 1999      | 2000      | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     |
|------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Κεφάλαιο</b>        | 9094644,2 | 9094644,2 | 9094644  | 9451950  | 9451950  | 9451950  |
| <b>Ίδιο κεφάλαιο</b>   | 13182547  | 13706955  | 11778069 | 12067333 | 12514985 | 14348868 |
| <b>Συν.</b>            |           |           |          |          |          |          |
| <b>υποχρεώσεων</b>     | 6724610,4 | 8151377,8 | 5943555  | 6077174  | 6198553  | 5151441  |
| <b>Καθ. πάγια</b>      | 10541526  | 10992516  | 10714102 | 10362469 | 9780322  | 10895480 |
| <b>Συν. ενεργ.</b>     | 19907158  | 21858333  | 17721624 | 18144507 | 18713538 | 19500309 |
| <b>Κύκλος εργασιών</b> | 18511741  | 22535641  | 19902193 | 20339418 | 21460156 | 19996982 |
| <b>Έσοδα</b>           | 395468,8  | 684733,68 | 521897   | 442129   | 272880   | 284425   |
| <b>Καθ. κέρδη</b>      | 3402579,6 | 4894796,7 | 3374350  | 3838715  | 3370650  | 2424849  |
| <b>Μικτά κέρδη</b>     |           |           | 5344046  | 5503388  | 5084226  | 3870214  |
| <b>Αριθμός απασχ.</b>  | 207       | 207       | 163      | 163      | 160      | 160      |

Πηγή: ICAP (2002-2005).

Πίνακας 13. Στοιχεία Ισολογισμών και Αποτελεσμάτων Χρήσης  
της εταιρείας S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.

|                        | 1999      | 2000      | 2001      | 2002      | 2003      | 2004      |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Κεφάλαιο</b>        | 27863249  | 27863249  | 30140960  | 30142180  | 30151190  | 30154130  |
| <b>Ίδιο κεφάλαιο</b>   | 99960678  | 118129459 | 127665435 | 135720029 | 136078492 | 150088281 |
| <b>Συν.</b>            |           |           |           |           |           |           |
| <b>υποχρεώσεων</b>     | 56627140  | 67058160  | 125603473 | 139288640 | 145886418 | 134309654 |
| <b>Καθ. πάγια</b>      | 108438301 | 126592080 | 190835180 | 214641539 | 219639102 | 229187703 |
| <b>Συν. ενεργ.</b>     | 156587818 | 185187619 | 253268908 | 283348611 | 291321456 | 292790042 |
| <b>Κύκλος εργασιών</b> | 89841018, | 131505462 | 132184604 | 121291553 | 114488443 | 135207677 |
| <b>Έσοδα</b>           | 9293664   | 11079768  | 9093776   |           |           |           |
| <b>Καθ. κέρδη</b>      | 12359216  | 25032126  | 23541589  | 23318133  | 16209985  | 9461482   |
| <b>Μικτά κέρδη</b>     |           |           | 49774074  | 44691929  | 39764289  | 33049481  |
| <b>Αριθμός απασχ.</b>  | 1484      | 1484      | 737       | 737       | 744       |           |

Πηγή: ICAP (2002-2005).

Πίνακας 14. Στοιχεία Ισολογισμών και Αποτελεσμάτων Χρήσης  
της εταιρείας Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Ε.

|                         | 1999        | 2000        | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     |
|-------------------------|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Κεφάλαιο</b>         | 8199442,41  | 8199442,41  | 8199442  | 9092220  | 9092220  | 9092220  |
| <b>Ίδιο κεφάλαιο</b>    | 21363008,07 | 22559685,99 | 23023438 | 24205854 | 23630994 | 24592962 |
| <b>Συν. υποχρεώσεων</b> | 4296076,3   | 5089546,59  | 10412086 | 13126694 | 14972440 | 15768965 |
| <b>Καθ. πάγια</b>       | 8685649,3   | 11247363,17 | 16228066 | 16656730 | 17604868 | 18313263 |
| <b>Συν. ενεργ.</b>      | 25659084,37 | 27649232,58 | 33435524 | 37332547 | 38603433 | 40361927 |
| <b>Κύκλος εργασιών</b>  | 25737258,99 | 28269446,81 | 31288524 | 37048149 | 31259697 | 33086328 |
| <b>Έσοδα</b>            | 2589790,17  | 2688428,47  | 2098829  | 2114354  | 431430   | 1921570  |
| <b>Καθ. κέρδη</b>       | 1807823,92  | 1503316,21  | 1506912  | 1336757  | 322426   | 840613   |
| <b>Μικτά κέρδη</b>      |             |             | 3023107  | 3388208  | 2470344  | 2211843  |
| <b>Αριθμός απασχ.</b>   | 440         | 440         | 425      | 425      | 400      | 400      |

Πηγή: ICAP (2002-2005).

Πίνακας 15. Διαχρονική εξέλιξη αριθμοδεικτών της εταιρείας ΕΛΜΙΝ Α.Ε.

|                                                | 2001       | 2002        | 2003        | 2004        |
|------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| Αποδοτικότητα κεφαλαίου                        | 0,11128003 | 0,034084434 | 0,008333459 | 0,007767316 |
| Δείκτης οικ. αυτοτέλειας                       | 1,22680207 | 3,457777255 | 2,130230219 | 1,281457419 |
| Δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια | 0,72515244 | 0,891806507 | 0,772708213 | 0,640037693 |
| Δείκτης βαθμού παγιοποίησης                    | 0,75973752 | 0,869777187 | 0,880713662 | 0,877579078 |

Πίνακας 16. Διαχρονική εξέλιξη αριθμοδεικτών της εταιρείας Δελφοί Δίστομον Α.Ε.

|                                                | 1999       | 2000        | 2001     | 2002     | 2003       | 2004       |
|------------------------------------------------|------------|-------------|----------|----------|------------|------------|
| Αποδοτικότητα κεφαλαίου                        | 0,37413004 | 0,538206518 | 0,371026 | 0,406129 | 0,35660895 | 0,25654484 |
| Δείκτης οικ. αυτοτέλειας                       | 1,96034365 | 1,681550717 | 1,981654 | 1,985682 | 2,01901718 | 2,78540859 |
| Δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια | 1,250535   | 1,246935152 | 1,099305 | 1,164523 | 1,27960869 | 1,31695602 |
| Δείκτης βαθμού παγιοποίησης                    | 0,52953446 | 0,502898207 | 0,604578 | 0,571108 | 0,52263351 | 0,55873371 |

Πίνακας 17. Διαχρονική εξέλιξη αριθμοδεικτών της εταιρείας S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε.

|                                                | 1999        | 2000        | 2001        | 2002      | 2003      | 2004       |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| Αποδοτικότητα κεφαλαίου                        | 0,443566956 | 0,898392231 | 0,781049741 | 0,7736047 | 0,5376234 | 0,3137707  |
| Δείκτης οικ. αυτοτέλειας                       | 1,765243268 | 1,761597077 | 1,016416441 | 0,9743797 | 0,9327701 | 1,11747947 |
| Δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια | 0,92182077  | 0,933150472 | 0,668982705 | 0,6323102 | 0,6195549 | 0,65487056 |
| Δείκτης βαθμού παγιοποίησης                    | 0,692507899 | 0,683588246 | 0,753488383 | 0,7575175 | 0,7539407 | 0,78277151 |

Πίνακας 18. Διαχρονική εξέλιξη αριθμοδεικτών της εταιρείας Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Ε.

|                                                | 1999        | 2000        | 2001       | 2002      | 2003      | 2004       |
|------------------------------------------------|-------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|
| Αποδοτικότητα κεφαλαίου                        | 0,220481324 | 0,183343712 | 0,18378226 | 0,1470221 | 0,0354617 | 0,0924541  |
| Δείκτης οικ. αυτοτέλειας                       | 4,972678923 | 4,432553193 | 2,21122242 | 1,8440175 | 1,5782995 | 1,55957997 |
| Δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια | 2,459575252 | 2,005775545 | 1,41874195 | 1,4532176 | 1,3422988 | 1,34290443 |
| Δείκτης βαθμού παγιοποίησης                    | 0,338501919 | 0,406787535 | 0,48535402 | 0,4495968 | 0,4560441 | 0,45372618 |

Ο δείκτης αποδοτικότητας κεφαλαίου, δηλώνει πόσο καλά λειτούργησε η επιχείρηση σε μια δεδομένη χρονιά. Η αποδοτικότητα γενικά χρησιμοποιείται ως τελικό μέτρο εκτίμησης της αποτελεσματικότητας των ενεργειών και δραστηριοτήτων της διοίκησης.

Οι οικονομικοί ή χρηματοοικονομικοί δείκτες (δείκτης οικονομικής αυτοτέλειας, δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια και δείκτης βαθμού παγιοποίησης) χρησιμοποιούνται κυρίως από τους ομολογιούχους αλλά και τους μετόχους για την ανάλυση και πρόβλεψη της μακροχρόνιας κατάστασης της επιχείρησης. Με τους δείκτες αυτούς μελετάμε τη δομή και σύνθεση του κεφαλαίου, των στοιχείων του παθητικού σε σχέση με το κεφάλαιο, όπως επίσης σχέσεις του κεφαλαίου με τα στοιχεία του ενεργητικού των επιχειρήσεων.

Πιο συγκεκριμένα ο δείκτης οικονομικής αυτοτέλειας φανερώνει την οικονομική αυτοτέλεια της επιχείρησης και όσο τείνει να είναι κάτω της μονάδας, τόσο γίνεται φανερό ότι η επιχείρηση δε θα μπορέσει να αντιμετωπίσει τις υποχρεώσεις της.

Ο δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια δείχνει τη χρηματοδότηση των παγίων στοιχείων από τα ίδια κεφάλαια. Ως ίδια κεφάλαια δε θεωρείται μόνο το αρχικό μετοχικό κεφάλαιο, αλλά και τυχόν μετέπειτα προσauξήσεις, τακτικά και έκτακτα αποθεματικά, μη διανεμηθέντα κέρδη και διαφορές από εκδόσεις μετοχών υπέρ το άρτιο. Όταν ο δείκτης αυτός είναι μεγαλύτερος της μονάδας, αυτό δείχνει υγιή χρηματοδότηση των επενδύσεων και οικονομική ασφάλεια για την επιχείρηση.

Ο παραπάνω δείκτης θα πρέπει να εξετάζεται και σε συνδυασμό με το βαθμό παγιοποίησης των επενδύσεων, δηλαδή την αναλογία των διατεθέντων κεφαλαίων σε πάγια περιουσιακά στοιχεία.

#### **4.4.4 Συγκριτική εξέλιξη αριθμοδεικτών της κάθε εταιρείας**

##### **4.4.4.1 Κλάδος βωξίτη**

Η εταιρεία ΕΛΜΙΝ σύμφωνα με το δείκτη αποδοτικότητας κεφαλαίου (Πίν. 5), παρατηρούμε πως παρουσιάζει μια έντονα πτωτική πορεία σχετικά με την

αποτελεσματικότητα λειτουργίας της επιχείρησης από το 2001 έως και το 2004. Εξετάζοντας το δείκτη οικονομικής αυτοτέλειας, ο οποίος κατά το μελετούμενο διάστημα (2001-2004) είναι μεγαλύτερος της μονάδας συμπεραίνουμε πως η εταιρία έχει τη δυνατότητα να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της. Ο δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια είναι περίπου σταθερός και μικρότερος από τη μονάδα, γεγονός που δείχνει πως η επιχείρηση χρηματοδοτεί τις επενδύσεις της κατά μεγαλύτερο ποσοστό με ξένα κεφάλαια.

Η αποτελεσματικότητα λειτουργίας της εταιρείας Δελφοί Δίστομον Α.Ε. παρουσίασε αύξηση το 2000 σε σχέση με το 1999. Από το 2001 έως το 2004 ωστόσο παρατηρείται συνεχής μείωση (Πίν. 6). Ο δείκτης οικονομικής αυτοτέλειας φαίνεται να είναι περίπου σταθερός κατά το διάστημα 1999-2003, ενώ το 2004 παρουσίασε σημαντική αύξηση, γεγονός που δείχνει βελτίωση της ικανότητας της επιχείρησης να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της. Ο δείκτης κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια διατηρείται μεγαλύτερος της μονάδας καθ' όλο το διάστημα 1999-2004 με μικρές αυξομειώσεις. Αυτό αποτελεί ένδειξη χρηματοδότησης των επενδύσεων της επιχείρησης με ίδια κεφάλαια, γεγονός που καταδεικνύει οικονομική ασφάλεια για την επιχείρηση.

Η εταιρεία S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. παρουσίασε μεγάλη αύξηση της αποδοτικότητας κεφαλαίου το 2000 σε σχέση με το 1999 (Πίν. 7). Τα έτη 2000-2002 η αποδοτικότητα κεφαλαίου διατηρήθηκε περίπου στα ίδια επίπεδα, ενώ το 2003 και το 2004 παρατηρείται έντονη πτώση. Παρατηρώντας τον δείκτη οικονομικής αυτοτέλειας είναι φανερό πως η επιχείρηση, με εξαίρεση τα έτη 2002-2003 κατά τα οποία ο αριθμοδείκτης αυτός είναι μικρότερος της μονάδας, είχε τη δυνατότητα να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της. Σύμφωνα με το δείκτη κάλυψης παγιοποιήσεων με ίδια κεφάλαια η επιχείρηση καθ' όλο το διάστημα 1990-2004 δεν είχε τη δυνατότητα χρηματοδότησης των επενδύσεών της με ίδια κεφάλαια.

Μια ματιά στον κύκλο εργασιών των εταιριών που δραστηριοποιούνται στο χώρο του βωξίτη μας επιτρέπει να συμπεράνουμε πως η S&B έχει διαχρονικά τον υψηλότερο κύκλο εργασιών από τις υπόλοιπες δυο εταιρείες του κλάδου. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ότι η εταιρεία δε δραστηριοποιείται αποκλειστικά στο χώρο του βωξίτη, σε αντίθεση με την ΕΛΜΙΝ και την Δελφοί Δίστομον. Από την άλλη η

ΕΛΜΙΝ έχει το μικρότερο κύκλο εργασιών, αλλά αυτός παρουσιάζει μια διαρκή ανοδική τάση.

Η αποδοτικότητα κεφαλαίου και συνεπώς η αποτελεσματικότητα της διοίκησης της S&B είναι η υψηλότερη του κλάδου του βωξίτη, ενώ η ΕΛΜΙΝ παρουσιάζει τη χαμηλότερη αποδοτικότητα. Αξιοσημείωτο είναι πως το 2004 η αποδοτικότητα κεφαλαίου της εταιρίας είναι ισχνή (0,0077).

Η εταιρεία Δελφοί Δίστομον υπερτερεί των άλλων δυο εταιριών του κλάδου σε ό,τι αφορά το δείκτη οικονομικής αυτοτέλειας κατά τα έτη 1999, 2001 και 2004, η S&B κατά το έτος 2000 και η ΕΛΜΙΝ κατά τα έτη 2002 και 2003.

Τέλος, μόνο η εταιρεία Δελφοί Δίστομον φαίνεται πως το διάστημα 1999-2004 είχε τη δυνατότητα κάλυψης των επενδύσεών της με ίδια κεφάλαια, ενώ στο συγκεκριμένο τομέα μόνο κατά το 2004 η S&B υπερτερεί της ΕΛΜΙΝ.

#### **4.4.4.2 Κλάδος μαγνησίτη**

Η εταιρεία Ελληνικοί Λευκόλιθοι όπως έχει ήδη αναφερθεί αποτελεί τη μοναδική παραγωγό προϊόντων μαγνησίτη στη χώρα. Η αποδοτικότητα κεφαλαίου της εταιρείας Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Ε. ακολουθεί μια φθίνουσα πορεία, γεγονός που φανερώνει φθίνουσα αποτελεσματικότητα (Πίν. 8). Η δυνατότητα ανταπόκρισης της εταιρείας στις υποχρεώσεις της έχει μειωθεί πολύ σε σχέση με το επίπεδο των ετών 1999-2000, εντούτοις παραμένει σταθερή τα έτη 2003-2004. Τέλος, η δυνατότητα της εταιρείας να χρηματοδοτεί τις επενδύσεις της με ίδια κεφάλαια παρουσιάζει διαχρονικά μια μείωση, χωρίς όμως αυτό να θέτει σε κίνδυνο την υγιή χρηματοδότηση των επενδύσεων και την οικονομική ασφάλεια για την επιχείρηση. Η πτώση αυτή πιθανό να οφείλεται στα μεγάλα επενδυτικά προγράμματα της εταιρείας με σκοπό τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Μελέτη εξαγωγών

#### 5.1 Γενικά

Το εμπόριο στην κατηγορία των προϊόντων εξόρυξης μπορεί να ερμηνευθεί από την παραδοσιακή προσέγγιση H-O (Heckscher-Ohlin) σύμφωνα με την οποία μια χώρα με αφθονία φυσικών πόρων έχει συγκριτικό πλεονέκτημα στην εκμετάλλευσή τους (Μάρδας, 2006).

Ο όγκος των εξαγωγών ενός προϊόντος μιας χώρας είναι συνάρτηση της τιμής του προϊόντος, της παραγόμενης ποσότητας, των συναλλαγματικών ισοτιμιών, του ρυθμού μεγέθυνσης τόσο της εγχώριας οικονομίας όσο και της οικονομίας των χωρών στις οποίες κατευθύνονται οι εξαγωγές και του κόστους παραγωγής και μεταφοράς.

Οι συναλλαγματικές ισοτιμίες επηρεάζουν τον όγκο των εξαγωγών, καθώς η ανατίμηση ή υποτίμηση του εγχώριου νομίσματος έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση ή αύξηση της τιμής των εισαγόμενων και αύξηση ή μείωση της τιμής των εξαγόμενων προϊόντων, με αποτέλεσμα την αύξηση των εισαγωγών και τη μείωση των εξαγωγών (Ρέππας, 2003).

Σχετικά με την οικονομική μεγέθυνση και τις εξαγωγές έχει διαπιστωθεί μια αμφίδρομη σχέση (Jung and Marshall, 1985) σύμφωνα με την οποία οι εξαγωγές έχουν θετική επίδραση στην οικονομική μεγέθυνση, αλλά και η οικονομική μεγέθυνση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εξαγωγών.

Η τιμή επηρεάζει την προσφορά και τη ζήτηση του προϊόντος στην αγορά. Πιο συγκεκριμένα η ζητούμενη ποσότητα ενός αγαθού μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με τη μεταβολή της τιμής του με σταθερό το χρηματικό εισόδημα και τις τιμές των άλλων αγαθών. Ειδικότερα, οι εξαγωγές που αντιπροσωπεύουν τη ζήτηση από το εξωτερικό των αγαθών που παράγονται εγχώρια θα πρέπει να μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα με την τιμή του προϊόντος.

Η εγχώρια παραγωγή συσχετίζεται θετικά με τις εξαγωγές, καθώς όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η διαθέσιμη ποσότητα για εγχώρια κατανάλωση αλλά και για διάθεση στο εξωτερικό.

Το κόστος εξόρυξης και μεταφοράς των προϊόντων επηρεάζεται κυρίως από τη διακύμανση της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Σημειώνεται πως όσο ακατέργαστο είναι ένα προϊόν, τόσο πιο μεγάλο είναι το ποσοστό του ναύλου στον πελάτη, γεγονός που επηρεάζει το μέχρι πού μπορεί να φτάσει ένα προϊόν.

Οι μεγαλύτερες αγορές για τον ελληνικό βωξίτη είναι η Ρωσία (πρώην Ε.Σ.Σ.Δ.), οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και η Ρουμανία (Οικονομόπουλος – Κυριακόπουλος, 1991) και σε μικρότερο ποσοστό χώρες της Β. Αμερικής. Σημαντικό είναι πως έχουν ανοίξει ξανά οι αγορές της Ανατολικής Ευρώπης, γεγονός που σηματοδότησε και την αύξηση παραγωγής του βωξίτη μέχρι και 20% που εξάγεται κυρίως στη Ρωσία και Ουκρανία.

Αντίστοιχα για το μαγνησίτη, το 90% της αξίας των εξαγωγών του αφορά εμπόριο με χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, περίπου 6,5% με τις Η.Π.Α. και το υπόλοιπο με χώρες όπως η Αυστραλία, Κροατία, Ουγγαρία και χώρες της Μέσης Ανατολής (Hatjilazaridou et al., 1998).

## 5.2 Παρουσίαση υποδείγματος

Σύμφωνα με τις παραπάνω θεωρητικές αρχές, ένα υπόδειγμα ικανό να εξηγήσει τις εξαγωγές του βωξίτη ( $f_1(x)$ ) και του μαγνησίτη ( $f_2(x)$ ) θα είχε τη μορφή:

$$f_1(x) = c(1) + c(2) \cdot t + c(3) \cdot y_{su} + c(4) \cdot y_{eu} + c(5) \cdot p + c(6) \cdot op$$

$$f_2(x) = c(1) + c(2) \cdot t + c(3) \cdot y_{usa} + c(4) \cdot y_{eu} + c(5) \cdot p + c(6) \cdot op + c(7) \cdot q$$

όπου  $X$  = εξαγωγές σε τόνους,  $c(1-7)$  οι τιμές του σταθερού όρου,  $t$  η συναλλαγματική ισοτιμία ECU - ευρώ/δολάριο,  $y_{usa}$ ,  $y_{su}$ , και  $y_{eu}$  ο ρυθμός μεγέθυνσης των Η.Π.Α., της πρώην Σοβιετικής Ένωσης (μέχρι το 1992 και έπειτα ο μέσος όρος των ρυθμών μεγέθυνσης της Ρωσίας και της Ουκρανίας που αποτελούν τους σημαντικότερους εισαγωγείς ελληνικού βωξίτη μεταξύ των χωρών της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ.), και της Ευρωπαϊκής Ένωσης αντίστοιχα,  $p$  η διεθνής τιμή σε € - ECU/τόνο,  $q$  η παραγωγή σε τόνους και  $op$  η διεθνής τιμή του πετρελαίου σε € - ECU/βαρέλι.

Για την ποσοτική ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν στατιστικά στοιχεία που λήφθηκαν από το *Industrial Minerals* (1980-2005), από τις ετήσιες εκθέσεις του Σ.Μ.Ε. (1998-2005), καθώς επίσης και από την ιστοσελίδα του Διεθνούς Νομισματικού Ταμείου ([www.imf.org](http://www.imf.org)), ενώ η στατιστική ανάλυση γίνεται με το

στατιστικό πρόγραμμα E-VIEWS 5. Συγκεντρωτικά τα στοιχεία παρουσιάζονται στους πίνακες 19 και 20.

Πίνακας 19. Δεδομένα για ακατέργαστο ελληνικό βωξίτη.

|      | P     | X       | YEU  | T    | OP    | Q       | YSU   |
|------|-------|---------|------|------|-------|---------|-------|
| 1980 | 46,7  | 2270000 | 0,4  | 1,32 | 49,37 | 3012000 | 6,5   |
| 1981 | 55,5  | 2079000 | -0,2 | 1,1  | 38,5  | 3218200 | 3,4   |
| 1982 | 71,5  | 1593000 | 0,7  | 0,95 | 29,97 | 2845500 | 3,8   |
| 1983 | 75    | 1438200 | 1,9  | 0,84 | 24,36 | 2455200 | 4     |
| 1984 | 76,6  | 1409800 | 2,3  | 0,77 | 21,18 | 2296200 | 3,5   |
| 1985 | 63,9  | 1342500 | 2,5  | 0,83 | 22    | 2453800 | 1,7   |
| 1986 | 47,6  | 1111200 | 2,8  | 1,05 | 15,37 | 2231400 | 2,1   |
| 1987 | 39,1  | 1239900 | 2,8  | 1,15 | 20,13 | 2466500 | 1     |
| 1988 | 37,9  | 1306000 | 4    | 1,16 | 17,25 | 2443200 | 4     |
| 1989 | 42,3  | 1748000 | 3,7  | 1,18 | 21,63 | 2602500 | 2,6   |
| 1990 | 38,4  | 1023700 | 2,6  | 1,25 | 28,99 | 2496000 | -     |
| 1991 | 37    | 858200  | 1,1  | 1,3  | 26,25 | 2132700 | -     |
| 1992 | 37    | 908200  | 1    | 1,22 | 23,49 | 2078400 | -     |
| 1993 | 30,5  | 925000  | -0,2 | 1,18 | 19,75 | 2205500 | -14,2 |
| 1994 | 24,6  | 724000  | 2,8  | 1,3  | 20,36 | 2194000 | -22,9 |
| 1995 | 21,7  | 905800  | 2,9  | 1,29 | 21,61 | 2079000 | -12,2 |
| 1996 | 26,5  | 831800  | 1,9  | 1,13 | 23,12 | 2272000 | -10   |
| 1997 | 25,2  | 561000  | 2,8  | 1,11 | 21,06 | 1876600 | -3    |
| 1998 | 23,6  | 633945  | 3    | 1,1  | 13,1  | 1823000 | -1,9  |
| 1999 | 25    | 892853  | 3    | 0,96 | 15,89 | 1833000 | -0,2  |
| 2000 | 22,58 | 1340478 | 3,9  | 0,93 | 25,48 | 1988000 | 5,9   |
| 2001 | 22,34 | 1331692 | 2    | 0,94 | 21,62 | 2052000 | 9,2   |
| 2002 | 18,7  | 1518716 | 1,3  | 1,06 | 24,18 | 2492000 | 5,2   |
| 2003 | 16,3  | 1576687 | 1,4  | 1,18 | 32,67 | 2418000 | 9,6   |
| 2004 | 22,7  | 1588149 | 2,4  | 1,17 | 43,77 | 2444000 | 12,1  |
| 2005 | 23,5  | 1136505 | 1,8  | 1,14 | 57,04 | 2495000 | 2,7   |

P=τιμή βωξίτη (€/t), X=εξαγωγές (t), YEU=ρυθμός μεγέθυνσης της Ε.Ε. (%), T=συναλλαγματική ισοτιμία (€/ \$), OP=διεθνής τιμή πετρελαίου (€/βαρέλι), Q=παραγωγή (t), YSU=ρυθμός μεγέθυνσης της πρώην Σοβιετικής Ένωσης (%).

Πίνακας 20. Δεδομένα για ακατέργαστο ελληνικό μαγνησίτη.

|      | P     | Q       | X       | YUSA | T    | OP    | YEU  |
|------|-------|---------|---------|------|------|-------|------|
| 1980 | 79.2  | 1247000 | 29300   | -0.2 | 1.32 | 49.37 | 0.4  |
| 1981 | 125.5 | 961700  | 35300   | 2.5  | 1.1  | 38.5  | -0.2 |
| 1982 | 121   | 967100  | 33800   | -1.9 | 0.95 | 29.97 | 0.7  |
| 1983 | 109.5 | 890500  | 43500   | 4.5  | 0.84 | 24.36 | 1.9  |
| 1984 | 104.5 | 1064200 | 43400   | 7.2  | 0.77 | 21.18 | 2.3  |
| 1985 | 83.1  | 845900  | 49700   | 4.1  | 0.83 | 22    | 2.5  |
| 1986 | 82.1  | 943800  | 23400   | 3.5  | 1.05 | 15.37 | 2.8  |
| 1987 | 75    | 841600  | 9600    | 3.4  | 1.15 | 20.13 | 2.8  |
| 1988 | 79.3  | 847900  | 12100   | 4.1  | 1.16 | 17.25 | 4    |
| 1989 | 82.8  | 903600  | 3700    | 3.5  | 1.18 | 21.63 | 3.7  |
| 1990 | 73.6  | 696900  | 3600    | 1.9  | 1.25 | 28.99 | 2.6  |
| 1991 | 48.1  | 506900  | 7500    | -0.2 | 1.3  | 26.25 | 1.1  |
| 1992 | 51.2  | 471200  | 7100    | 3.3  | 1.22 | 23.49 | 1    |
| 1993 | 53    | 480000  | 6200    | 2.7  | 1.18 | 19.75 | -0.2 |
| 1994 | 36.5  | 575000  | 14500   | 4    | 1.3  | 20.36 | 2.8  |
| 1995 | 36.8  | 565720  | 19200   | 2.5  | 1.29 | 21.61 | 2.9  |
| 1996 | 42    | 682200  | 20800   | 3.7  | 1.13 | 23.12 | 1.9  |
| 1997 | 42.8  | 623000  | 16800   | 4.5  | 1.11 | 21.06 | 2.8  |
| 1998 | 43.2  | 698000  | 26094.3 | 4.2  | 1.1  | 13.1  | 3    |
| 1999 | 49.4  | 495000  | 18606   | 4.4  | 0.96 | 15.89 | 3    |
| 2000 | 56.5  | 443000  | 19205   | 3.7  | 0.93 | 25.48 | 3.9  |
| 2001 | 55.85 | 483000  | 18555   | 0.8  | 0.94 | 21.62 | 2    |
| 2002 | 49.52 | 480000  | 35594   | 1.6  | 1.06 | 24.18 | 1.3  |
| 2003 | 44.5  | 390000  | 21937.6 | 2.5  | 1.18 | 32.67 | 1.4  |
| 2004 | 44.8  | 413000  | 25408.4 | 3.9  | 1.17 | 43.77 | 2.4  |
| 2005 | 46.1  | 410000  | -       | 3.2  | 1.14 | 57.04 | 1.8  |

P=τιμή μαγνησίτη (€/t), Q=παραγωγή (t), X=εξαγωγές (t), YUSA=ρυθμός μεγέθυνσης των Η.Π.Α. (%), T=συναλλαγματική ισοτιμία (€/ \$), OP=διεθνής τιμή πετρελαίου (€/βαρέλι), YEU=ρυθμός μεγέθυνσης της Ε.Ε (%).

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν στατιστικές παράμετροι των μεταβλητών για καθένα από τα προϊόντα, καθώς και οι συσχετίσεις μεταξύ όλων των ζευγαριών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για το βωξίτη και το μαγνησίτη αντίστοιχα (Πίνακες 21 και 22).

Πίνακας 21. Στατιστικές παράμετροι και συσχετίσεις μεταξύ όλων των ζευγαριών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για το βωξίτη.

|            | M.O.    | T.A.    | X      | YEU    | T      | OP     | Q     | YSU   |
|------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| <b>X</b>   | 1282792 | 433750  |        |        |        |        |       |       |
| <b>YEU</b> | 2,16956 | 1,17837 | -0,404 |        |        |        |       |       |
| <b>T</b>   | 1,08    | 0,15048 | -0,034 | -0,099 |        |        |       |       |
| <b>OP</b>  | 26,0613 | 11,1622 | 0,557  | -0,441 | 0,263  |        |       |       |
| <b>Q</b>   | 2356374 | 352251  | 0,843  | -0,575 | 0,142  |        |       |       |
| <b>YSU</b> | 1,29565 | 6,73127 | 0,638  | 0,033  | -0,387 | 0,407  | 0,305 |       |
| <b>P</b>   | 37,3617 | 19,1657 | 0,412  | -0,213 | -0,557 | -0,014 | 0,495 | 0,159 |

M.O. = Μέσος Όρος και T.A. = Τυπική Απόκλιση.

Πίνακας 22. Στατιστικές παράμετροι και συσχετίσεις μεταξύ όλων των ζευγαριών μεταβλητών που χρησιμοποιούνται για το μαγνησίτη.

|             | M.O.     | T.A.     | X       | P       | Q       | YUSA    | T       | OP      |
|-------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>X</b>    | 21796,01 | 0,478464 |         |         |         |         |         |         |
| <b>P</b>    | 66,7908  | 26,58743 | 0,4821  |         |         |         |         |         |
| <b>Q</b>    | 700648,8 | 235588,6 | 0,4059  | 0,7771  |         |         |         |         |
| <b>YUSA</b> | 2,968    | 1,879876 | 0,1413  | -0,0822 | -0,0117 |         |         |         |
| <b>T</b>    | 1,0988   | 0,155813 | -0,6769 | -0,4707 | -0,1971 | -0,3524 |         |         |
| <b>OP</b>   | 24,844   | 8,562492 | 0,2064  | 0,2178  | 0,1840  | -0,4373 | 0,2693  |         |
| <b>YEU</b>  | 2,112    | 1,173073 | -0,1950 | -0,2380 | -0,0833 | 0,5241  | -0,1392 | -0,5066 |

M.O. = Μέσος Όρος και T.A. = Τυπική Απόκλιση.

Από τον πίνακα 21 προκύπτει ότι οι εξαγωγές βωξίτη συσχετίζονται θετικά με τις τιμές του βωξίτη, την παραγωγή βωξίτη, το ρυθμό μεγέθυνσης της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ. και τη μεταβολή της διεθνούς τιμής του πετρελαίου, ενώ διαπιστώνεται αρνητική συσχέτιση με το ρυθμό μεγέθυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και την ισοτιμία ευρώ / δολάριο. Αντίστοιχα, από τον πίνακα 22 προκύπτει μια θετική συσχέτιση μεταξύ των εξαγωγών μαγνησίτη, της παραγωγής, των τιμών, του ρυθμού μεγέθυνσης των Η.Π.Α και της διεθνούς τιμής του πετρελαίου. Αρνητική συσχέτιση προκύπτει μεταξύ των εξαγωγών μαγνησίτη, του λόγου συναλλαγματικών ισοτιμιών ECU - ευρώ / δολάριο και του ρυθμού μεγέθυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στους πίνακες 23 και 24 παραθέτονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης του υποδείγματος για το βωξίτη και το μαγνησίτη, αντίστοιχα. Σημειώνεται πως η παραγωγή βωξίτη δε λαμβάνεται υπόψη στην εκτίμηση του υποδείγματος, εξαιτίας της πολύ υψηλής συσχέτισης που παρουσιάζει με τις εξαγωγές βωξίτη.

Σχετικά με το  $R^2$  αυτό εκφράζει το ποσοστό της συνολικής μεταβλητικότητας της εξαρτημένης μεταβλητής που ερμηνεύεται από την παλινδρόμηση, δηλαδή από την ομάδα των ανεξάρτητων μεταβλητών που υπάρχουν στο υπόδειγμα. Οι τιμές που παίρνει το  $R^2$  είναι από 0 έως 1. Όσο αυξάνεται η τιμή του  $R^2$ , τόσο μειώνεται το άθροισμα των τετραγώνων των καταλοίπων και μεγαλώνει η μεταβλητικότητα της εξαρτημένης μεταβλητής που ερμηνεύεται από την παλινδρόμηση. Κατά συνέπεια όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του  $R^2$ , τόσο καλύτερη είναι η ερμηνευτική ικανότητα του υποδείγματος (Λαζαρίδης, 2004).

Πίνακας 23. Εκτίμηση του υποδείγματος για την περίπτωση του βωξίτη.

| Εξαρτημένη μεταβλητή: Χ                                      |             |        |
|--------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| Μέθοδος: Ελάχιστα Τετράγωνα                                  |             |        |
| Δείγμα: 1980-2005                                            |             |        |
| Αριθμός παρατηρήσεων: 25                                     |             |        |
| $X = C(1) + C(2)*T + C(3)*YSU + C(4)*YEU + C(5)*P + C(6)*OP$ |             |        |
|                                                              | Coefficient | Prob.  |
| C(1)                                                         | -706095,5   | 0,2367 |
| C(2)                                                         | 1577220,    | 0,0048 |
| C(3)                                                         | 49930,78    | 0,0001 |
| C(4)                                                         | -97884,94   | 0,0653 |
| C(5)                                                         | 12126,38    | 0,0014 |
| C(6)                                                         | -763,4975   | 0,9073 |
| $R^2=0,796334$                                               |             |        |

Πίνακας 24. Εκτίμηση του υποδείγματος για την περίπτωση του μαγνησίτη.

| Εξαρτημένη μεταβλητή: Χ                                                |             |        |
|------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| Μέθοδος: Ελάχιστα Τετράγωνα                                            |             |        |
| Δείγμα: 1980-2005                                                      |             |        |
| Αριθμός παρατηρήσεων: 25                                               |             |        |
| $X = C(1) + C(2)*T + C(3)*YUSA + C(4)*YEU + C(5)*P + C(6)*OP + C(7)*Q$ |             |        |
|                                                                        | Coefficient | Prob.  |
| C(1)                                                                   | 89864,62    | 0,0003 |
| C(2)                                                                   | -74715,62   | 0,0001 |
| C(3)                                                                   | 556,8965    | 0,6156 |
| C(4)                                                                   | -2689,587   | 0,1456 |
| C(5)                                                                   | -225,2384   | 0,0930 |
| C(6)                                                                   | 557,7004    | 0,0284 |
| C(7)                                                                   | 0,027467    | 0,0330 |
| $R^2=0,725570$                                                         |             |        |

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εκτίμησης του υποδείγματος, στην περίπτωση του βωξίτη (πίνακας 23) στατιστικά σημαντικές είναι όλες οι μεταβλητές (ο λόγος ισοτιμίας ECU - ευρώ / δολάριο, οι τιμές, οι ρυθμοί μεγέθυνσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ.), εκτός από τη διεθνή τιμή του πετρελαίου. Το θετικό πρόσημο των τιμών coefficient υποδηλώνει θετική συσχέτιση των παραπάνω μεταβλητών με τις εξαγωγές, ενώ προκύπτει αρνητική συσχέτιση με το ρυθμό μεγέθυνσης της Ε.Ε. Η τιμή του  $R^2$  για το υπόδειγμα είναι 0,796 και μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για την ερμηνευτική ικανότητα του υποδείγματος.

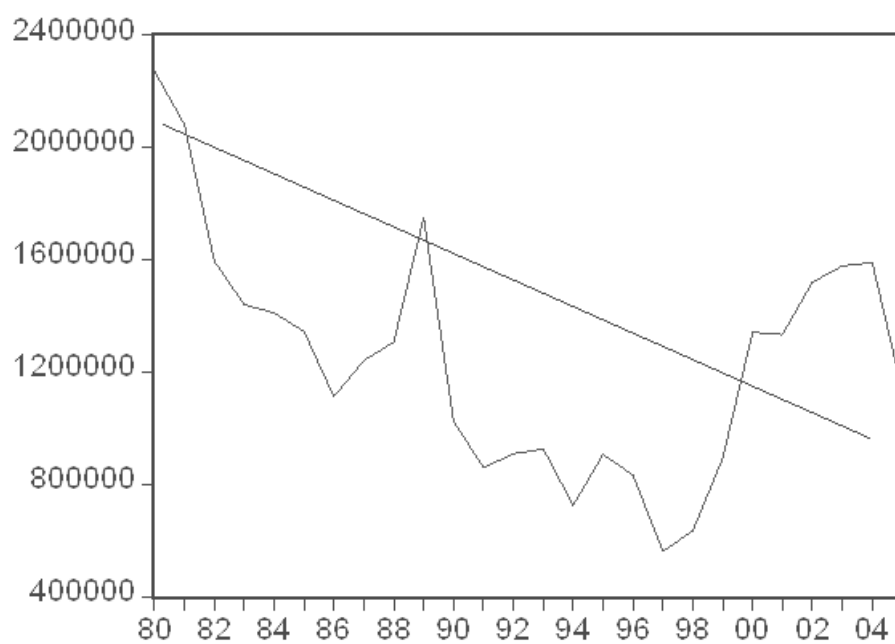
Αντίστοιχα, στην περίπτωση του μαγνησίτη διαπιστώνεται ότι όλες οι μεταβλητές του υποδείγματος είναι στατιστικά σημαντικές (ο λόγος ισοτιμίας ECU - ευρώ / δολάριο, η διεθνής τιμή του πετρελαίου, η τιμή του μαγνησίτη και η παραγωγή μαγνησίτη), εκτός από τους ρυθμούς μεγέθυνσης Ε.Ε. και Η.Π.Α. Προκύπτει επίσης αρνητική συσχέτιση των εξαγωγών μαγνησίτη με το λόγο ισοτιμιών ευρώ / δολάριο, του ρυθμού μεγέθυνσης της Ε.Ε. και της τιμής και θετική συσχέτιση με όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές. Η τιμή του  $R^2$  για το υπόδειγμα είναι 0,7256 γεγονός που δείχνει πως το υπόδειγμα έχει καλή ερμηνευτική ισχύ.

### 5.3 Συμπεράσματα

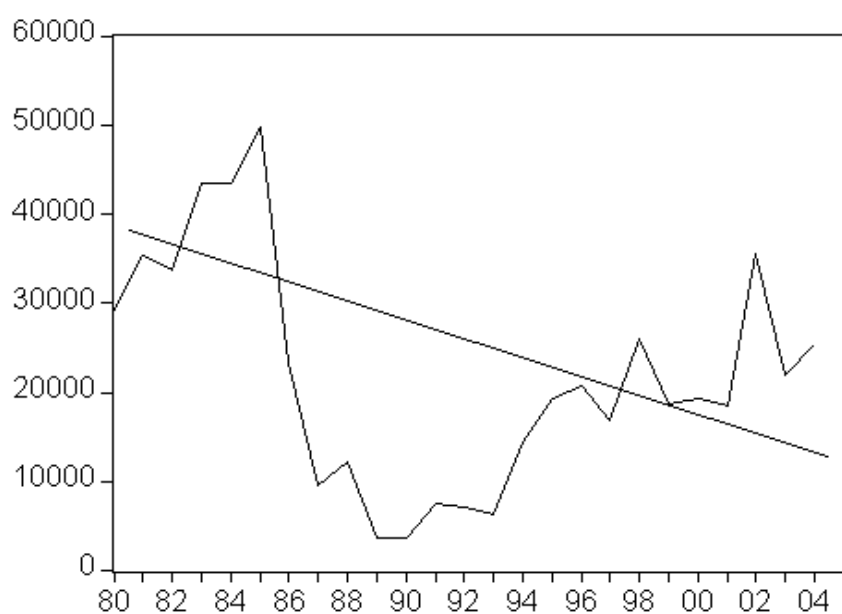
Σχετικά με το υπόδειγμα που προσπαθεί να εξηγήσει τις εξαγωγές βωξίτη υπάρχει παράδοξο, καθώς σύμφωνα με το υπόδειγμα, μια ανατίμηση του ευρώ έναντι του δολαρίου οδηγεί σε αύξηση των εξαγωγών. Από τη θεωρία όμως είναι γνωστό ακριβώς το αντίθετο, καθώς οι εξαγωγές μιας χώρας ακριβαίνουν σε αυτή την περίπτωση. Αιτία γι' αυτό το παράδοξο πιθανό να είναι η μικρή συμμετοχή των Η.Π.Α. στις εξαγωγές ελληνικού βωξίτη. Η θετική συσχέτιση των τιμών του βωξίτη με τις εξαγωγές οφείλεται στην ανελαστικότητα ζήτησης του βωξίτη ( $\epsilon=0,018$ ) και στην ύπαρξη υψηλών μονοπωλιακών κερδών. Ειδικότερα, ο βωξίτης σε τιμή 10 δολάρια ανά τόνο αντιπροσωπεύει το 8% περίπου του κόστους κατασκευής αλουμινίου. Ένας διπλασιασμός της τιμής βωξίτη θα αύξανε το μερίδιό του στο κόστος κατασκευής αλουμινίου μόλις στο 12% (Pindyck, 1977). Συμβατό με τη θεωρία είναι το αποτέλεσμα της θετικής συσχέτισης των εξαγωγών βωξίτη με το ρυθμό μεγέθυνσης της πρώην Ε.Σ.Σ.Δ. Αντίθετα, η θεωρία δε συμφωνεί με την αρνητική με το ρυθμό

μεγέθυνσης της Ε.Ε. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην πρώτη περίπτωση στην επίτευξη οικονομιών κλίμακας, ενώ στη δεύτερη περίπτωση στο ότι οι Ευρωπαϊκές αγορές προσανατολίζονται περισσότερο σε άλλους παραγωγούς βωξίτη. Στο σχήμα 8 παρουσιάζεται η πτωτική τάση που παρουσιάζουν οι εξαγωγές βωξίτη και η οποία μπορεί να εξηγήσει αυτή την αρνητική συσχέτιση.

Στο υπόδειγμα που επιχειρεί να εξηγήσει τις εξαγωγές μαγνησίτη προκύπτει αρνητική συσχέτιση εξαγωγών και λόγου ισοτιμιών, γεγονός που επιβεβαιώνεται και θεωρητικά, καθώς μια υποτίμηση του ευρώ έχει ως αποτέλεσμα οι εξαγωγές να γίνουν φθηνότερες με συνέπεια να αυξηθεί ο όγκος τους. Συμφωνία με τη θεωρία υπάρχει επίσης στην αρνητική συσχέτιση των τιμών μαγνησίτη με τις εξαγωγές και στη θετική συσχέτιση με το ρυθμό μεγέθυνσης των Η.Π.Α. και την παραγωγή. Αντίθεση με τη θεωρία υπάρχει σχετικά με την αρνητική συσχέτιση εξαγωγών και ρυθμού μεγέθυνσης της Ε.Ε. Αυτό το παράδοξο όμως πιθανόν εξηγείται από τη γενικότερη έντονη τάση πτώσης των εξαγωγών μαγνησίτη (Σχήμα 9). Διαφωνία με τη θεωρία υπάρχει τέλος και στη θετική συσχέτιση των εξαγωγών μαγνησίτη με τη διεθνή τιμή πετρελαίου. Αυτό πιθανόν εξηγείται από την επίτευξη οικονομιών κλίμακας. Σύμφωνα με την έκθεση του Συνδέσμου Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων το 2005, 'οι υψηλές τιμές των καυσίμων και των ναύλων, η αυστηρή νομοθεσία, αλλά και γενικότερα το υψηλό κόστος της ελληνικής αγοράς όσον αφορά το εργατικό δυναμικό αποτελούν τη βασική αιτία της επιδίωξης των ελληνικών επιχειρήσεων του κλάδου για δημιουργία οικονομιών κλίμακας μέσω επενδύσεων και εξαγωγών. Διασαφηνίζεται πως οι ελληνικές μεταλλευτικές βιομηχανίες έχουν τα πλεονεκτήματα μιας μακράς εμπειρίας, εφόσον η χώρα είναι αναγνωρισμένος παραγωγός αυτών των προϊόντων με υψηλή ποιότητα και μεγάλη γνώση των αγορών και των απαιτήσεών τους. Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα, εξάγονται με την μορφή επενδύσεων.'



Σχήμα 8. Εξαγωγές βωξίτη και παρουσίαση της τάσης τους.



Σχήμα 9. Εξαγωγές μαγνησίτη και παρουσίαση της τάσης τους.

## Περίληψη

Ο βωξίτης και ο μαγνησίτης αποτελούν δυο από τα πιο σημαντικά προϊόντα της ελληνικής μεταλλευτικής βιομηχανίας, με μεγάλο μερίδιο στις εξαγωγές του κλάδου. Η Ελλάδα είναι η μεγαλύτερη παραγωγός βωξίτη και η μεγαλύτερη χώρα εξαγωγής μαγνησίτη στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η εκμετάλλευση κοιτασμάτων βωξίτη ξεκίνησε το 1925 στην περιοχή του Παρνασσού, ενώ αυτή του μαγνησίτη το 1912 στο Βάβδο Χαλκιδικής.

Η έννοια της αξίας είναι βασική στα οικονομικά των ορυκτών πόρων, όπως άλλωστε και σε όλους τους κλάδους των οικονομικών. Η έννοια της αξίας έχει μια ιδιαιτερότητα στην περίπτωση των ορυκτών πόρων επειδή είναι μη ανανεώσιμοι. Επίσης, ιδιαίτερη σημασία έχει η έννοια της προσφοράς ορυκτών πρώτων υλών στην αγορά η οποία επηρεάζεται από τη γεωγραφική κατανομή των κοιτασμάτων, το βάθος στο οποίο βρίσκονται, την ποιότητά τους και τα αποθέματά τους. Η περιφερειακή ανάπτυξη επηρεάζεται από την παρουσία μεταλλευτικών βιομηχανιών, καθώς προσελκύουν δευτερογενείς επενδύσεις, αυξάνουν την τοπική απασχόληση και την οικονομική ευημερία. Οι επενδύσεις στο μεταλλευτικό κλάδο επηρεάζονται από τη μεταλλευτική πολιτική του κράτους, τις συνθήκες της αγοράς, το τοπικό δίκτυο μεταφορών, τις συναλλαγματικές ισοτιμίες, τη νομοθεσία και τέλος την ποσότητα και ποιότητα του εργατικού δυναμικού. Το κύριο σημείο κάθε σύγχρονης μεταλλευτικής πολιτικής είναι η αειφορία της εξόρυξης. Ωστόσο η έννοια της αειφορίας μπορεί να είναι αμφίσημη. Για έναν επιχειρηματία μπορεί να σημαίνει εξόρυξη λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος, ενώ για κάποιον άλλο μπορεί να σημαίνει αποφυγή κάθε δραστηριότητας εξόρυξης. Η πραγματικότητα ωστόσο θα πρέπει να προκύπτει από τη σύνθεση και των δυο παραπάνω απόψεων και να εξορύσσεται η άριστη ποσότητα μεταλλεύματος. Ιστορικά η παγκοσμιοποίηση της αγοράς μεταλλευμάτων έχει βοηθήσει την προσφορά μεταλλευμάτων στο να συμβαδίζει με τη ζήτηση, αν και οι τιμές συνεχώς μειώνονται, όπως και η κρατική συμμετοχή στις μεταλλευτικές επιχειρήσεις.

Ο μεταλλευτικός – λατομικός κλάδος της Ελλάδος χαρακτηρίζεται από έντονο εξαγωγικό προσανατολισμό. Η συμμετοχή των επιχειρήσεων εξόρυξης, επεξεργασίας,

τυποποίησης και παραγωγής τελικών και ενδιάμεσων προϊόντων από ορυκτές πρώτες ύλες στο Α.Ε.Π. της χώρας ανέρχεται σε σημαντικό ποσοστό. Με στόχο την αντιμετώπιση των προκλήσεων της παγκοσμιοποιημένης αγοράς, οι μεταλλευτικές επιχειρήσεις θα πρέπει να εκσυγχρονίσουν την παραγωγή τους, να διεισδύσουν σε νέες αγορές και να ανακαλύψουν νέα προϊόντα σε καινοτόμες χρήσεις.

Ο ελληνικός βωξίτης χαρακτηρίζεται από μοναδικά πλεονεκτήματα, όπως είναι η υψηλή περιεκτικότητά του σε  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , η χαμηλή περιεκτικότητα σε  $\text{CaO}$ , η χαμηλή απώλεια πύρωσης και η χαμηλή περιεκτικότητα του βωξίτη σε υγρασία σε σχέση με τους κυριότερους ανταγωνιστές (Γουινέα, Αυστραλία, Τζαμάικα, Βραζιλία και Κίνα). Αντίθετα, οι ελληνικοί βωξίτες μειονεκτούν στο ότι περιέχουν υψηλά ποσοστά  $\text{SiO}_2$ , γεγονός που αυξάνει τη σκληρότητά τους και δυσκολεύει την επεξεργασία τους.

Το επικρατέστερο ορυκτό των δειγμάτων που αναλύθηκαν είναι το διάσπορο (74-95%). Στο δείγμα B-2 προσδιορίστηκαν επίσης μπαιμίτης και γκιψίτης (2% και 9%, αντίστοιχα). Προσδιορίστηκε ακόμη αμεσίτης και αιματίτης, η μέση περιεκτικότητα των οποίων είναι 3% και 5%, αντίστοιχα. Στο δείγμα B-6 εντοπίστηκε αοβεσίτης σε σημαντικό ποσοστό (20%), ενώ στο δείγμα B-2 το ποσοστό του είναι μικρό (2%). Τέλος, μόνο στο δείγμα B-2 προσδιορίστηκε ανατάσης (8%).

Η μέση χημική σύσταση των δειγμάτων βωξίτη που αναλύθηκαν είναι: 54,81%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 19,94%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 7,34  $\text{SiO}_2$ , 0,98%  $\text{CaO}$  και η μέση απώλεια πύρωσης 12,83%.

Η μέση σύσταση των δειγμάτων σε ιχνοστοιχεία είναι: 450 ppm Ni, 54,29 ppm Zn και 37,14 ppm Sr.

Τα πλεονεκτήματα του ελληνικού ακατέργαστου λευκολίθου σε σχέση με αυτά του ανταγωνισμού είναι η χαμηλή περιεκτικότητα σε Fe και η υψηλή λευκότητα. Η ελληνική δίπυρη μαγνησία πλεονεκτεί του ανταγωνισμού, καθώς χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα χαμηλή περιεκτικότητα σε Fe και από υψηλό ειδικό βάρος, χαμηλό πορώδες και χαμηλή ενυδάτωση. Η έρευνα και ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων προσβλέπει στην ανακάλυψη νέων χρήσεων για τα προϊόντα του μαγνησίου, όπως τα επιβραδυντικά καύσης, βυρσοδεψία και περιβαλλοντικές χρήσεις.

Όλα τα δείγματα περιέχουν από 94% έως 99% μαγνησίτη. Η μέση περιεκτικότητά τους σε αργιλικά ορυκτά είναι 2% και αθροιστικά σε χαλαζία και δολομίτη περίπου 1%.

Η μέση χημική σύσταση των δειγμάτων μαγνησίτη που αναλύθηκαν είναι: 43,74% MgO, 4,25% SiO<sub>2</sub>, 0,21% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και απώλεια πύρωσης 50,08%.

Μεταξύ των ιχνοστοιχείων, η μέση περιεκτικότητα των δειγμάτων σε Ni είναι 365,46 ppm, ενώ οι περιεκτικότητες σε Zn, Ba και Sr είναι κάτω από το όριο ανίχνευσης.

Στον τομέα του βωξίτη όπου δραστηριοποιούνται οι εταιρείες S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε., Δελφοί Δίστομον Α.Μ.Ε. και ΕΛΜΙΝ Α.Ε., η συνολική παραγωγή το 2005 ανήλθε στους 2.490.000 τόνους περίπου. Από αυτούς περισσότεροι από 900.000 τόνοι κατευθύνθηκαν σε αγορές του εξωτερικού, κυρίως σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, της πρώην Σοβιετικής Ένωσης και στις Η.Π.Α. Στην εγχώρια αγορά ο κύριος καταναλωτής είναι η εταιρεία Αλουμίνον της Ελλάδος με ετήσιο ρυθμό 1.500.000 τόνων. Η εταιρεία παράγει ένυδρη αλουμίνα και αλουμίνιο. Η Αλουμίνον της Ελλάδος αποτελεί τη μητρική εταιρεία της Δελφοί Δίστομον Α.Μ.Ε. Η S&B Βιομηχανικά Ορυκτά Α.Ε. αποτελεί τη μητρική εταιρεία ενός επιχειρηματικού Ομίλου, με σημαντική διεθνή παρουσία και δραστηριότητα και ηγετικές θέσεις στις αγορές στις οποίες δραστηριοποιείται, σε παγκόσμιο επίπεδο. Μια ματιά στον κύκλο εργασιών των εταιρειών που δραστηριοποιούνται στο χώρο του βωξίτη μας επιτρέπει να συμπεράνουμε πως η S&B έχει διαχρονικά τον υψηλότερο κύκλο εργασιών από τις υπόλοιπες δυο εταιρείες του κλάδου. Αυτό προφανώς οφείλεται στο ότι η εταιρεία δεν δραστηριοποιείται αποκλειστικά στο χώρο του βωξίτη, σε αντίθεση με την ΕΛΜΙΝ και την Δελφοί Δίστομον. Από την άλλη η ΕΛΜΙΝ έχει το μικρότερο κύκλο εργασιών, αλλά αυτός παρουσιάζει μια διαρκή ανοδική τάση. Η αποδοτικότητα κεφαλαίου και συνεπώς η αποτελεσματικότητα της διοίκησης της S&B είναι η υψηλότερη του κλάδου του βωξίτη, ενώ η ΕΛΜΙΝ παρουσιάζει τη χαμηλότερη αποδοτικότητα. Αξιοσημείωτο είναι πως το 2004 η αποδοτικότητα κεφαλαίου της εταιρείας είναι ισχνή (0,0077). Η εταιρεία Δελφοί Δίστομον υπερτερεί των άλλων δυο εταιρειών του κλάδου σε ό,τι αφορά το δείκτη οικονομικής αυτοτέλειας κατά τα έτη 1999, 2001 και 2004, η S&B

κατά το έτος 2000 και η ΕΛΜΙΝ κατά τα έτη 2002 και 2003. Τέλος, μόνον η εταιρεία Δελφοί Δίοτομον φαίνεται πως το διάστημα 1999-2004 είχε τη δυνατότητα κάλυψης των επενδύσεών της με ίδια κεφάλαια, ενώ στο συγκεκριμένο τομέα μόνο κατά το 2004 η S&B υπερτερεί της ΕΛΜΙΝ.

Η εταιρεία Ελληνικοί Λευκόλιθοι, η μοναδική παραγωγός προϊόντων μαγνησίτη στην Ελλάδα μετά το κλείσιμο κατά τη δεκαετία του 1990 της Viomagn (πρώην Fimisco) και της Magnomin Gemco οι οποίες εκμεταλλευόταν τα κοιτάσματα μαγνησίτη της Β. Εύβοιας και του Βάβδου αντίστοιχα, απετέλεσε και για το 2005 τη μεγαλύτερη εξαγωγική επιχείρηση μαγνησίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η αποδοτικότητα κεφαλαίου της εταιρείας Ελληνικοί Λευκόλιθοι Α.Ε. ακολουθεί μια φθίνουσα πορεία, γεγονός που φανερώνει φθίνουσα αποτελεσματικότητα. Η δυνατότητα ανταπόκρισης της εταιρείας στις υποχρεώσεις της έχει μειωθεί πολύ σε σχέση με το επίπεδο των ετών 1999-2000, εντούτοις παραμένει σταθερή τα έτη 2003-2004. Τέλος, η δυνατότητα της εταιρείας να χρηματοδοτεί τις επενδύσεις της με ίδια κεφάλαια παρουσιάζει διαχρονικά μια μείωση, χωρίς όμως αυτό να θέτει σε κίνδυνο την υγιή χρηματοδότηση των επενδύσεων και την οικονομική ασφάλεια για την επιχείρηση. Η πτώση αυτή πιθανό να οφείλεται στα μεγάλα επενδυτικά προγράμματα της εταιρείας με σκοπό τον εκσυγχρονισμό της παραγωγής.

Σε μια προσπάθεια διευκρίνησης των παραγόντων που επηρεάζουν τις εξαγωγές του ακατέργαστου βωξίτη και μαγνησίτη, επιλέχθηκαν σύμφωνα με την οικονομική θεωρία ο όγκος της παραγωγής, οι τιμές, το κόστος επεξεργασίας και μεταφοράς, οι συναλλαγματικές ισοτιμίες και ο ρυθμός ανάπτυξης των χωρών που εισάγουν τα εμπορεύματα ως ανεξάρτητες μεταβλητές, και ο όγκος των εξαγωγών ως εξαρτημένη μεταβλητή του υποδείγματος με στατιστικά στοιχεία από το 1980 έως το 2005. Σχετικά με το βωξίτη, όλες οι παραπάνω ανεξάρτητες μεταβλητές είναι στατιστικά σημαντικές, εκτός από τη μεταβλητή που αντιπροσωπεύει το κόστος επεξεργασίας και μεταφοράς. Στο υπόδειγμα των εξαγωγών του μαγνησίτη, στατιστικά ασήμαντες είναι μόνο οι μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν τους ρυθμούς μεγέθυνσης των κύριων αγορών του (χώρες της Ε.Ε. και Η.Π.Α.).

## Summary

Bauxite and magnesite are two of the most important commodities of Greek mining industry. Greece is the largest bauxite producer and magnesite exporter of the European Union. The exploitation of bauxite ores in Greece begun in 1925 in the Parnassus area, while that of magnesite in 1912 at Vavdos, Chalkidiki.

The concept of value as far as minerals are concerned is not conventional because of the non – renewability of mineral resources. There are many aspects on the above subject that have been formulated by several economists. Another important subject of mineral economics is the supply of mineral products, which is affected by the geographical distribution of mineral deposits, the depth of their appearance, their quality, the size of the deposit, the cost of mining, the market demand and the cost of mining and exploitation of the deposit. Regional development is also influenced by the presence of mining industries in an area, as it attracts the flow of secondary investments and also increases the local rates of prosperity. Mineral investments are influenced by the mineral policy of the state, the market conditions, the local transportation infrastructure, the exchange rates, the local laws and finally by the quantity and quality of the local labor. The main point of every modern mineral policy is the sustainability of mining. However the general concept is to protect the environment as well as exploit the optimum part of a mineral deposit. The globalization of mineral market has helped the mineral supply meet the mineral demand, while the state is withdrawing from the mining branch.

The mineral industry of Greece is mainly export orientated. In order to meet the demand of the globalised mineral market, Greek mining industries have to modernize their production, infiltrate to new markets and discover new and more effective products.

Greek bauxite offers high concentration of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , low of  $\text{CaO}$ , low loss of ignition and low humidity comparing to the largest bauxite exporters of the globe (Guinea, Australia, Jamaica, Brazil and China). However Greek bauxite has the disadvantage of high  $\text{SiO}_2$  concentration, which makes it difficult to process.

The most common mineral of the bauxite studied is diasporite (74-95%). In B-2 sample boehmite and diasporite was also detected (2% and 9% respectively), as well as anatase (8%) and calcite (2%). Amesite and hematite were detected with an average concentration of 3% and 5% respectively. Finally, sample B-6 contains a high amount of calcite (20%).

The average chemical composition of the bauxite samples is: 54,81%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 19,94%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 7,34%  $\text{SiO}_2$ , 0,98%  $\text{CaO}$  and 12,83% loss of ignition. The average concentration of trace elements is: 450 ppm Ni, 54,29 ppm Zn and 37,14 ppm Sr.

The benefits of Greek raw magnesite mined on Gerakini are the low concentration of Fe and the high whiteness. The Greek caustic calcined magnesia is of high quality because of its low Fe concentration, of its special characteristics given during calcination, like high specific gravity, low porosity and low hydration. Research and development aims to find new applications for the magnesite commodities, like flame retardants and environmental uses.

All of the magnesite samples contain 94% to 99% magnesite. The average concentration of total clay minerals is 2% and that of the sum quartz and dolomite is 1%.

The average chemical composition of the magnesite samples is: 43,74%  $\text{MgO}$ , 4,25%  $\text{SiO}_2$ , 0,21%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and 50,08% loss of ignition. The average concentration of the trace element Ni is 365,46 ppm. The concentrations of Zn, Ba and Sr are below detection limits.

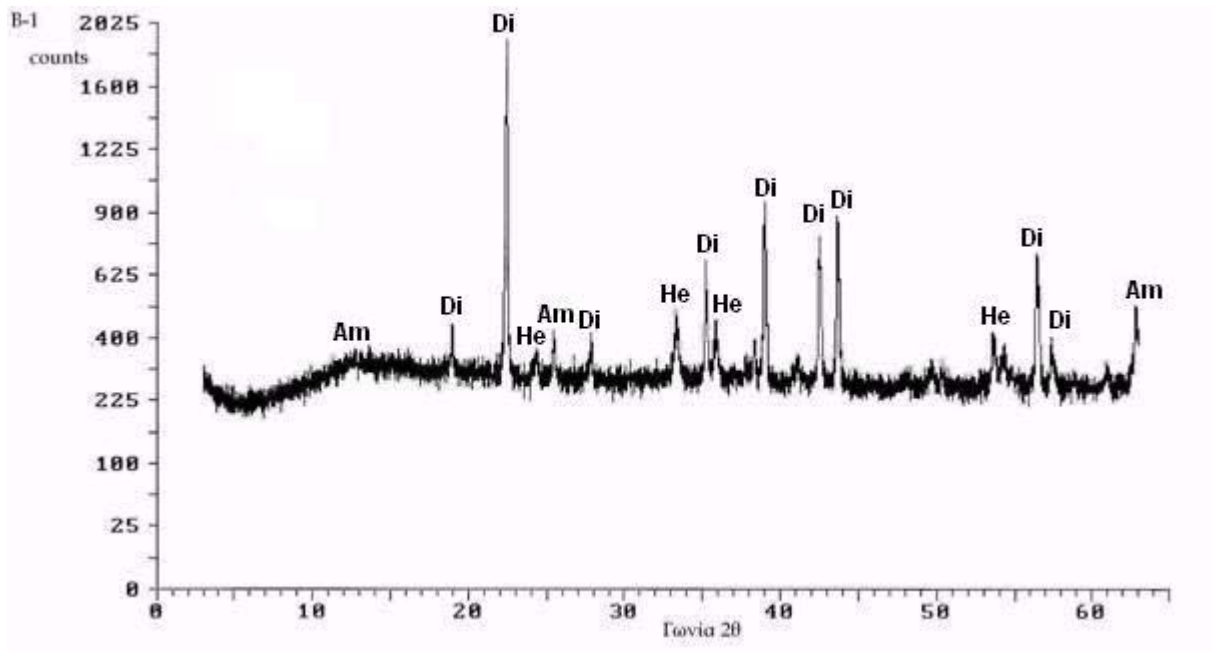
Today there are three mining industries that mine bauxite in Greece. These are S&B industrial minerals S.A., Delphi Distomo S.A. and ELMIN S.A. The main export target of Greek bauxite is European Union countries and former Soviet countries like Russia, Ukraine and Romania. The main domestic consumer is Aluminum of Greece S.A. S&B industrial minerals S.A. is one of the largest mining industries globally, owning mines in Germany, Georgia, Bulgaria and Hungary. Moreover S&B has the highest turnover, capital profitability and management efficiency of all the Greek mining industries. Finally Delphi Distomo has advantage over the other two industries as far as the financial affordability and independence is concerned.

The only magnesite mining industry after the shutdown of Viomagn in 1990 is Grecian Magnesite S.A., which is the largest exporter of magnesia in the European Union. The capital profitability and management efficiency of the industry is declining from 1999 to 2004. The financial affordability and independence is low but this is probably due to the large investments in new technologies of the industry.

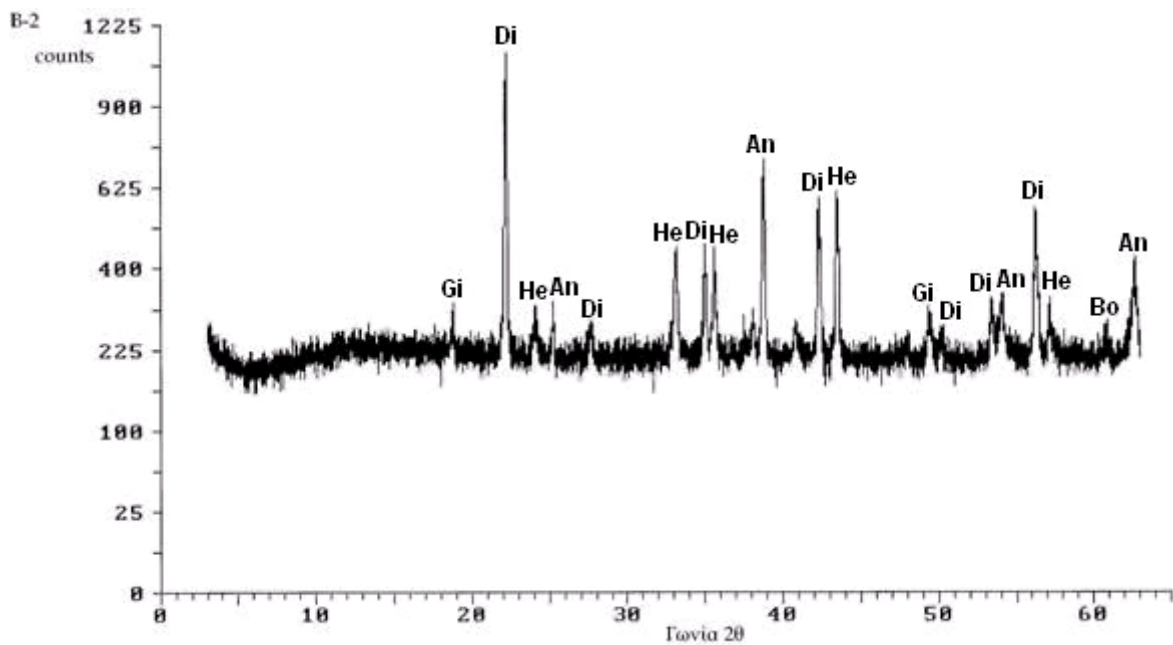
An attempt to elucidate the factors affecting the exports of raw bauxite and magnesite should include the study of the volume of production, the price, the cost of extraction and transport, the exchange rate and the growth rate of the country that imports the commodity. Panel – data methodology has been used for time series for each of the above variables from 1980 to 2005, adopting exports in tones as the dependent variable. As far as bauxite is concerned, all of the above independent variables are likely to be statistically significant, except of the cost of extraction and transport, represented by the oil price volatility. As far as magnesite is concerned, the growth rates of the main importers of magnesite (E.U. countries and U.S.A.) seem to be statistically insignificant, while the rest of the variables are likely to be statistically significant.

## Παράρτημα Ι

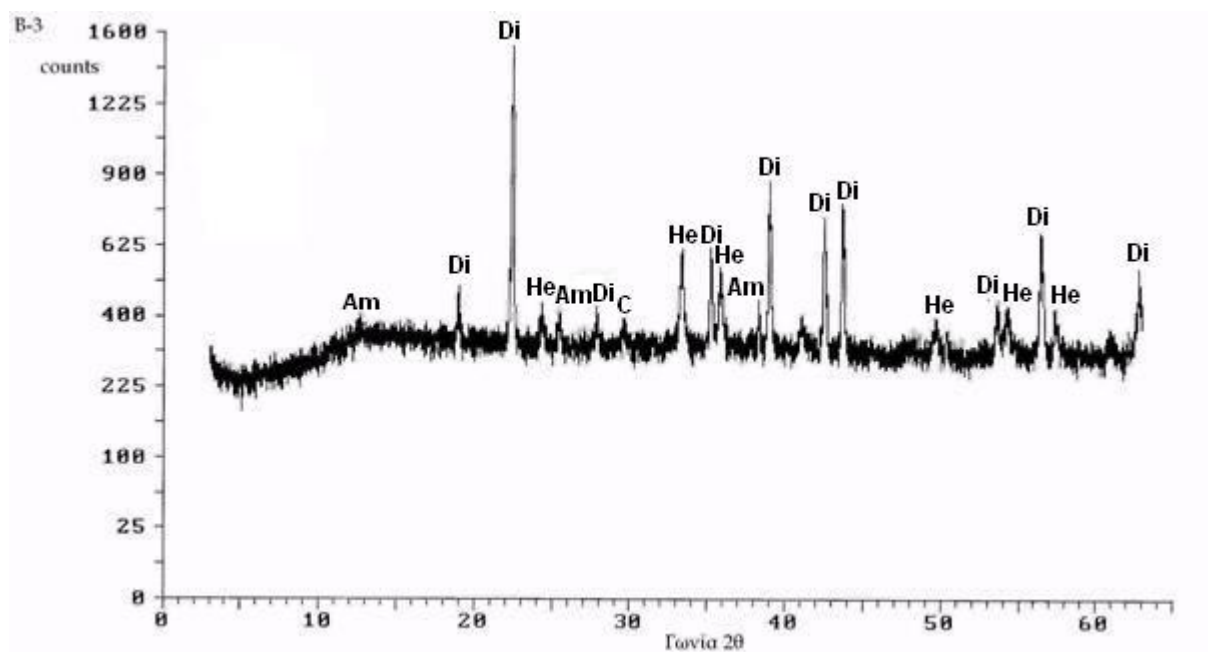
### Περιθλασιγράμματα βωξίτη Κλεισούρας



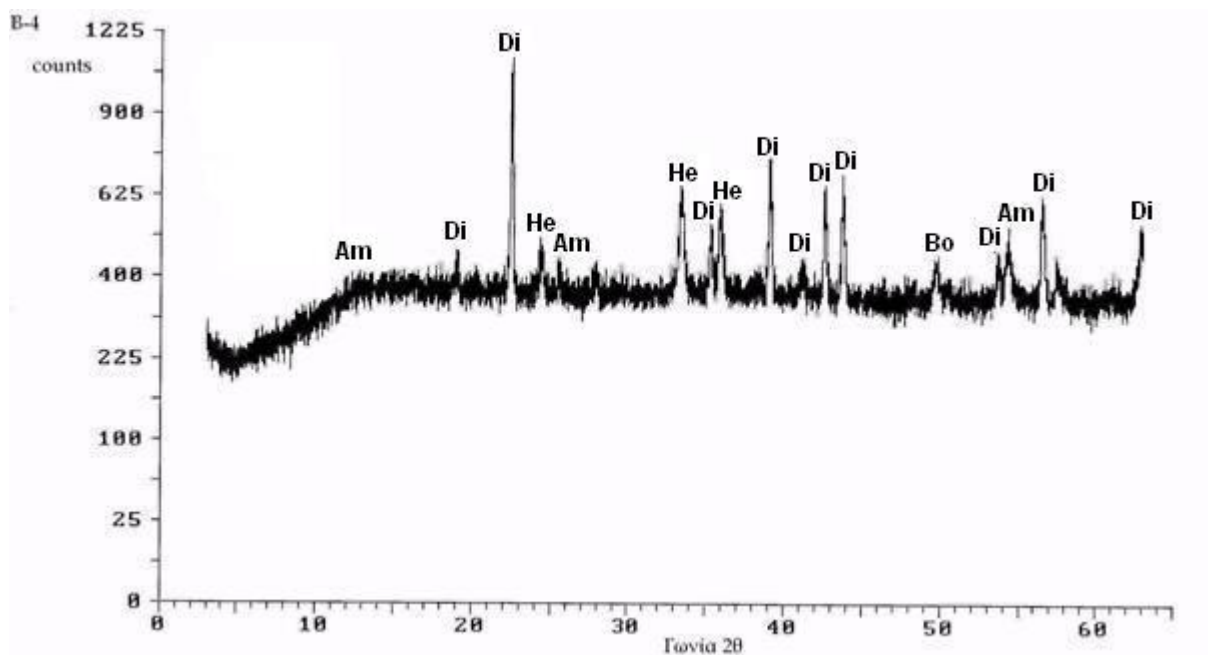
Σχήμα 1. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-1.  
Di=διάσπορο, Am=αμεσίτης, He=αιματίτης.



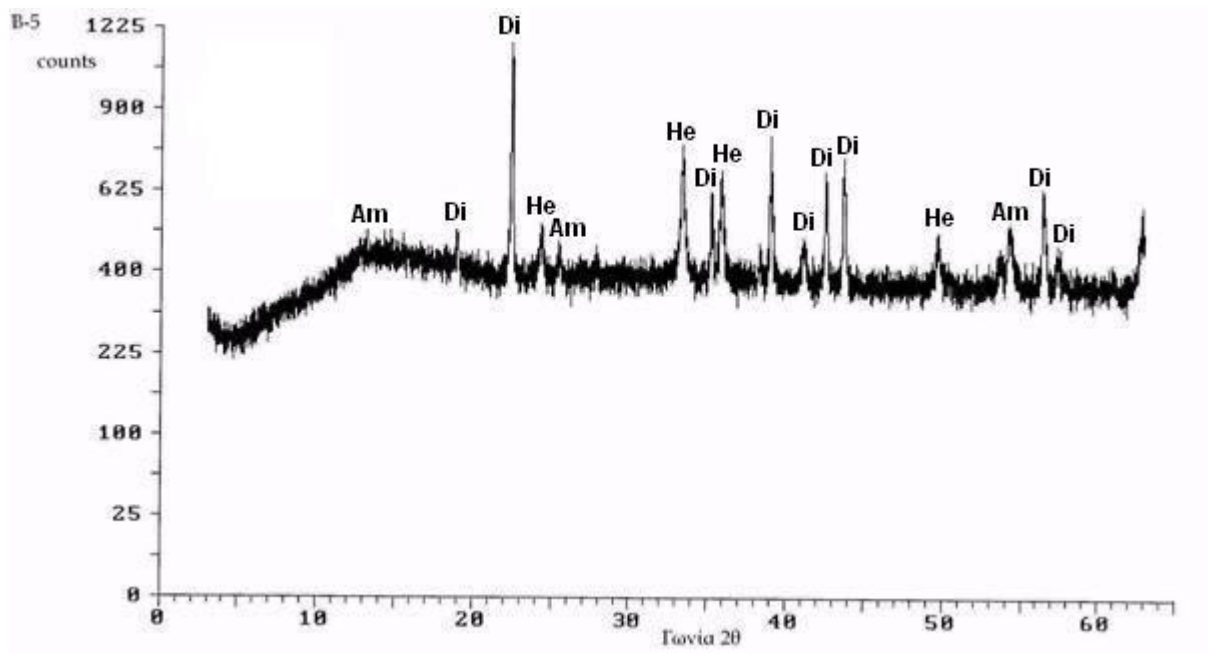
Σχήμα 2. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-2.  
Di=διάσπορο, Bo=μπαιμίτης, Gi=γκιψίτης, An=ανατάσης, He=αιματίτης.



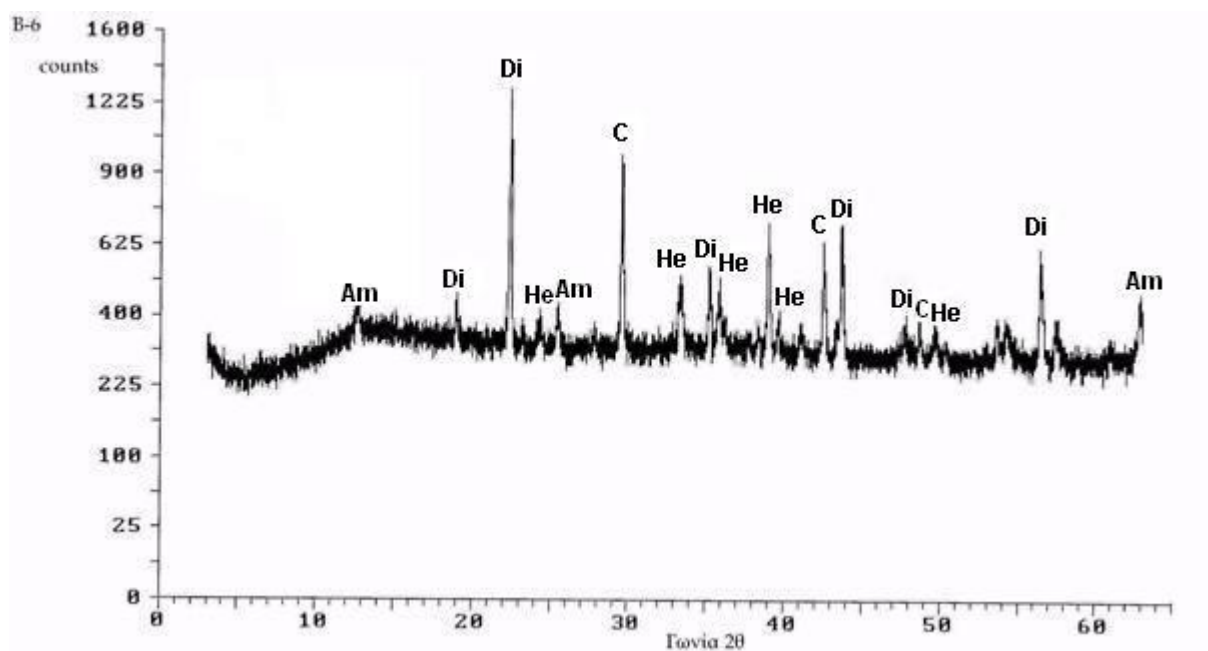
Σχήμα 3. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-3.  
Di=διάσπορο, Am=αμεσίτης, He=αιματίτης, C=ασβεστίτης.



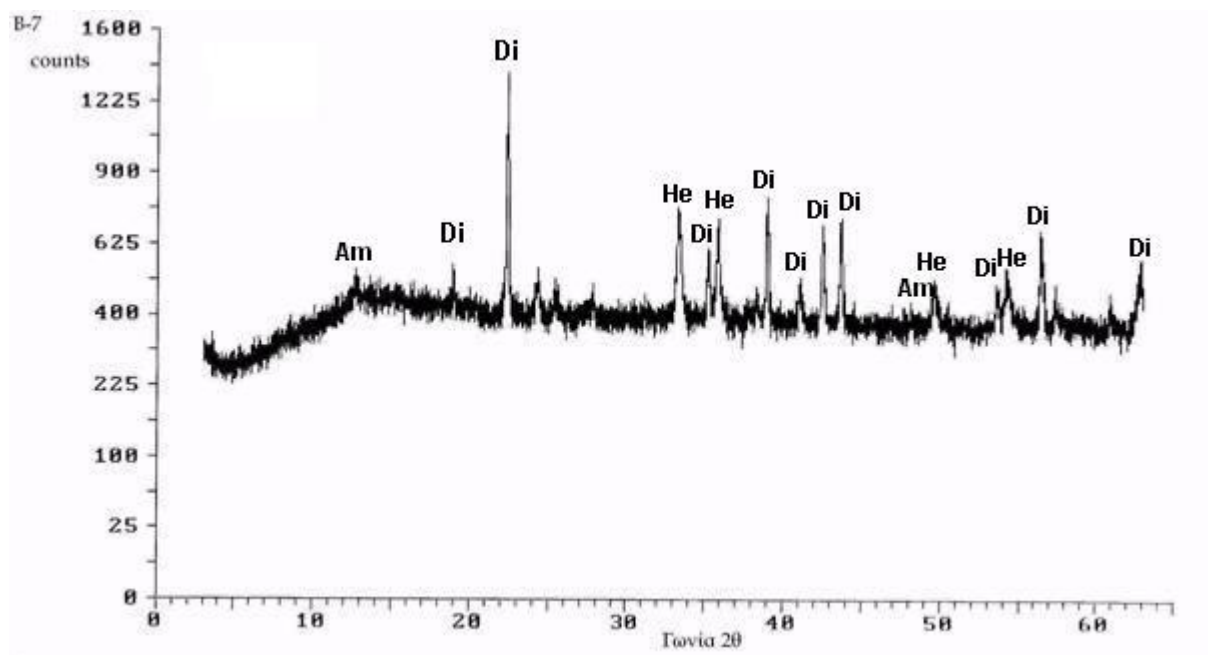
Σχήμα 4. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-4.  
Di=διάσπορο, Bo=μπαιμίτης, Am=αμεσίτης, He=αιματίτης.



Σχήμα 5. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-5.  
Di=διάσπορο, Am=αμεσίτης, He=αιματίτης.



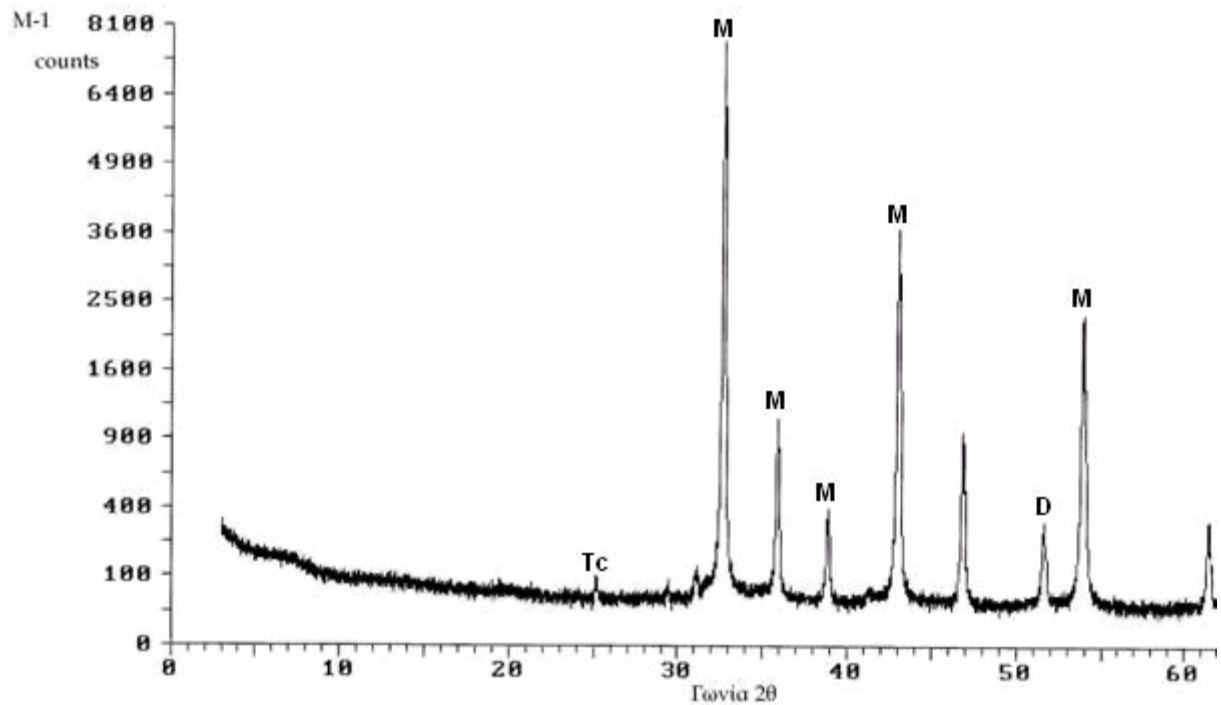
Σχήμα 6. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-6.  
Di=διάσπορο, Am=αμεσίτης, He=αιματίτης, C=ασβεσίτης.



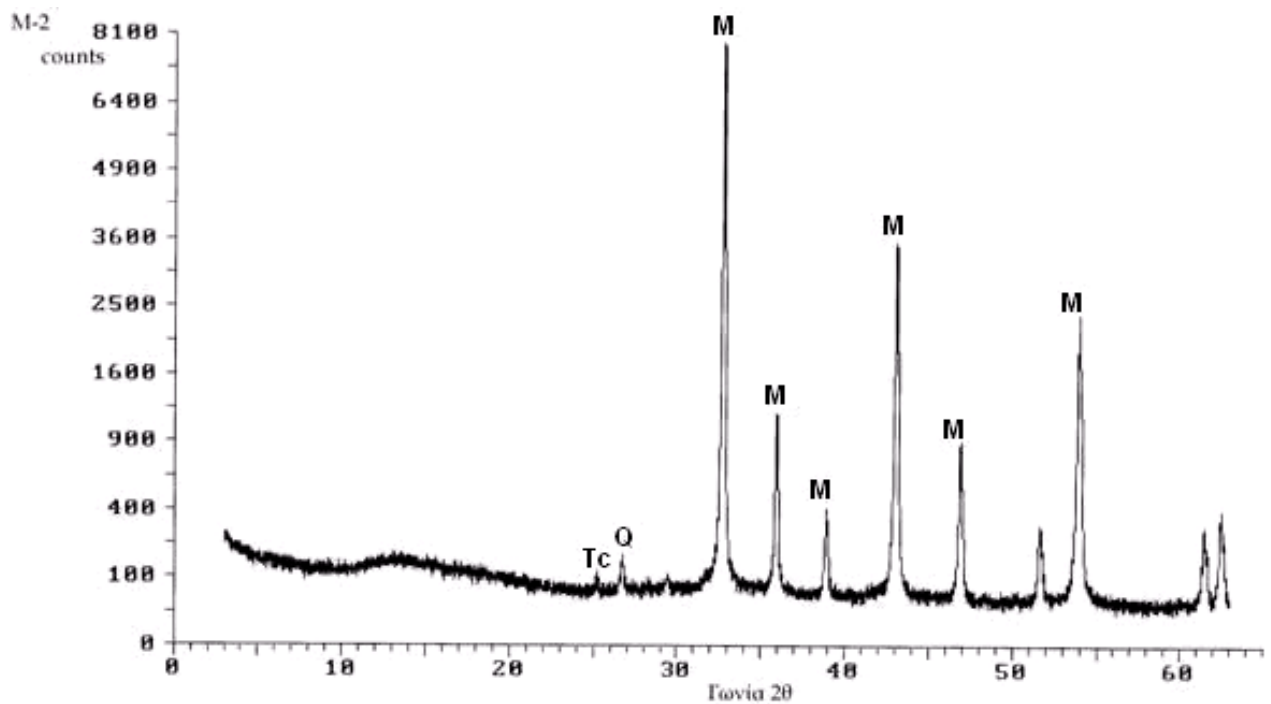
Σχήμα 7. Περιθλασιόγραμμα δείγματος B-7.  
Di=διάσπορο, Am=αμεσοίτης, He=αιματίτης.

## Παράρτημα II

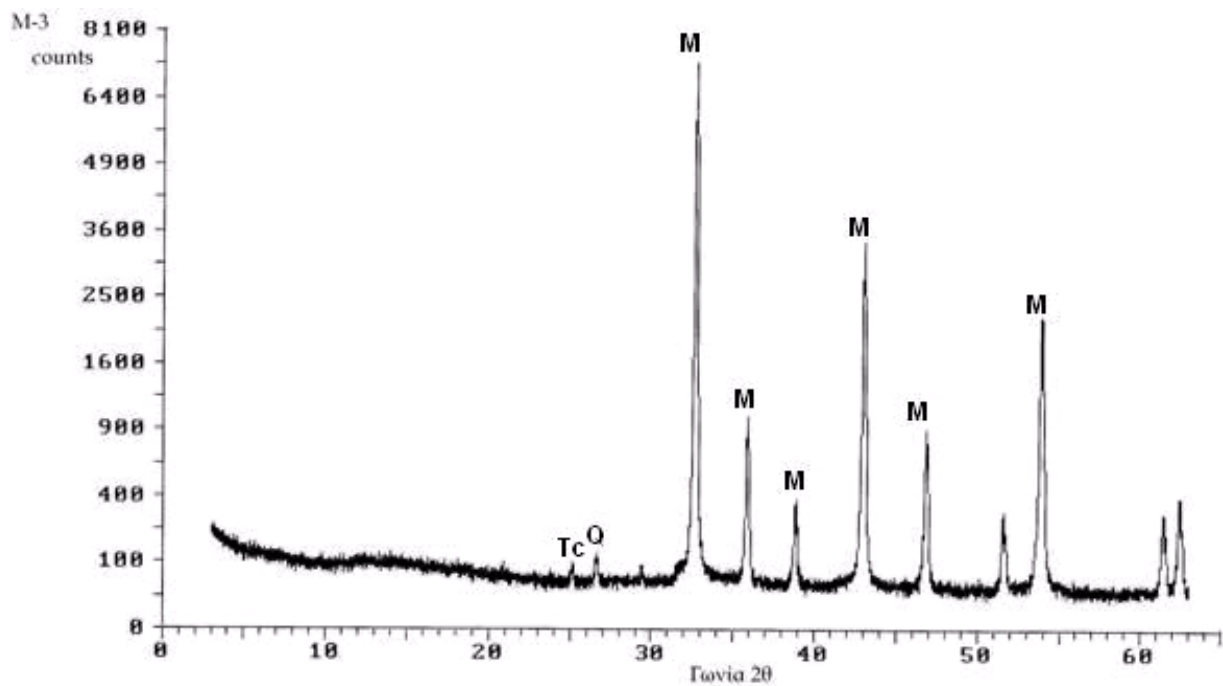
### Περιθλασιγράμματα μαγνησίτη Γερακινής



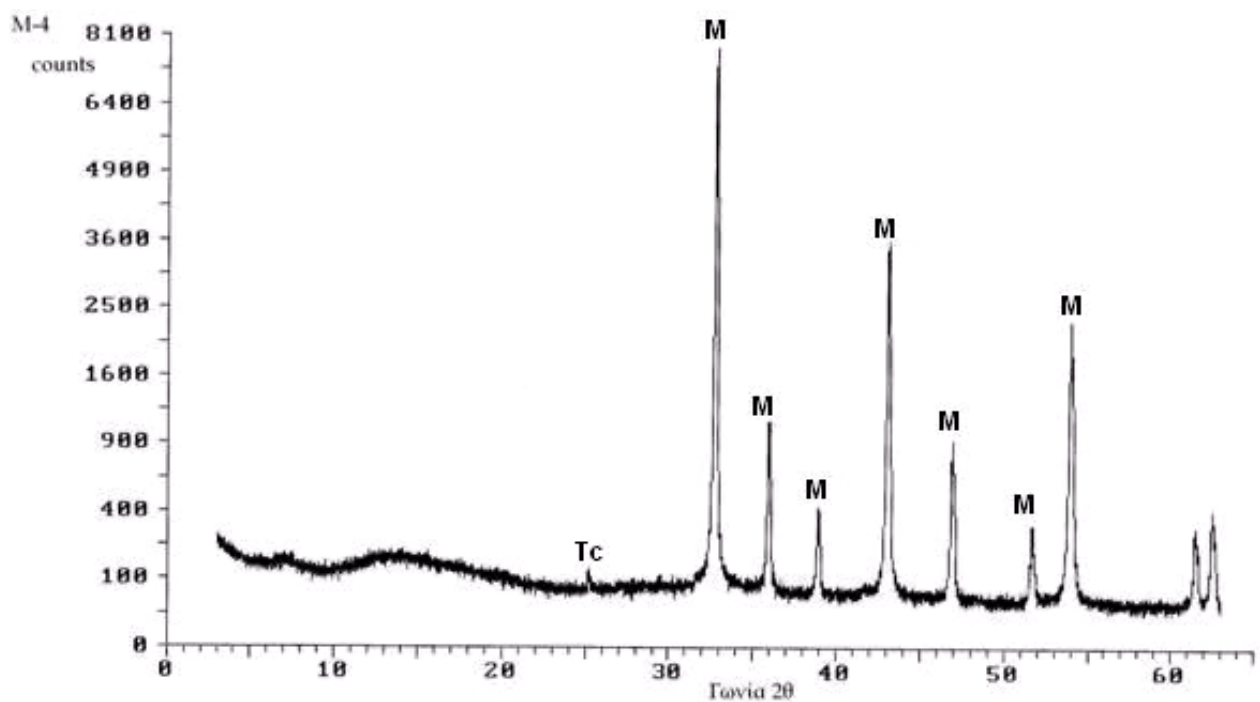
Σχήμα 1. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-1.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



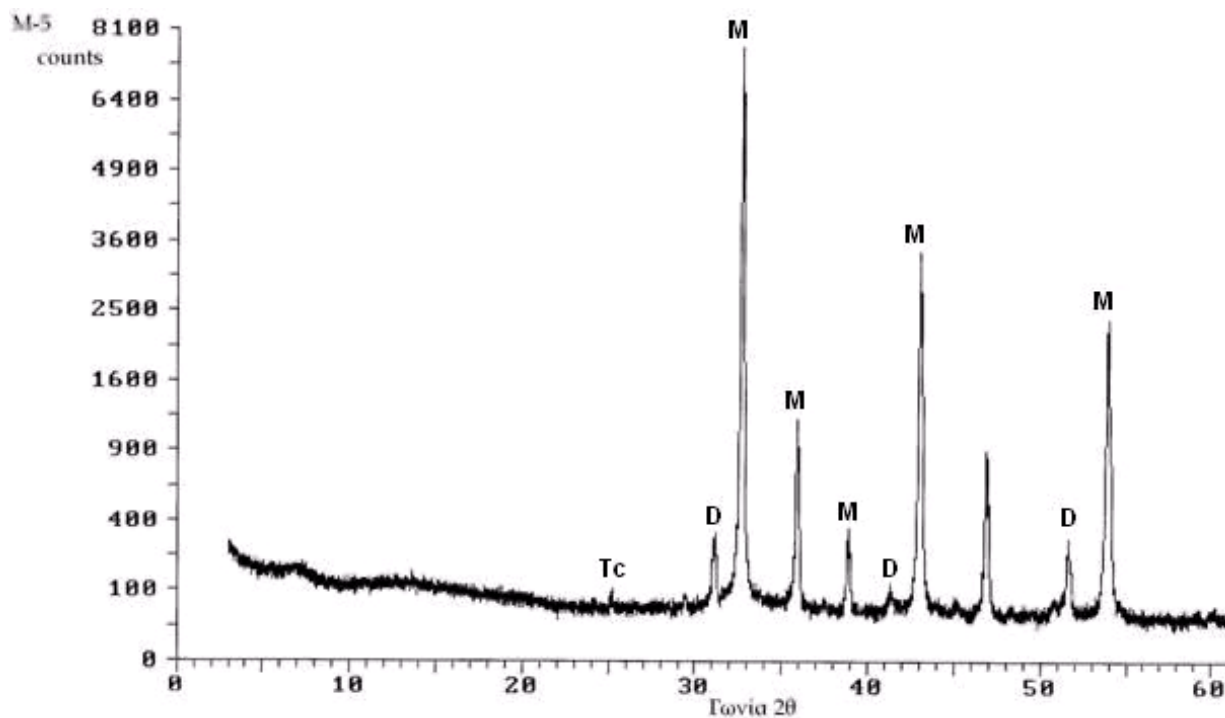
Σχήμα 2. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-2.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



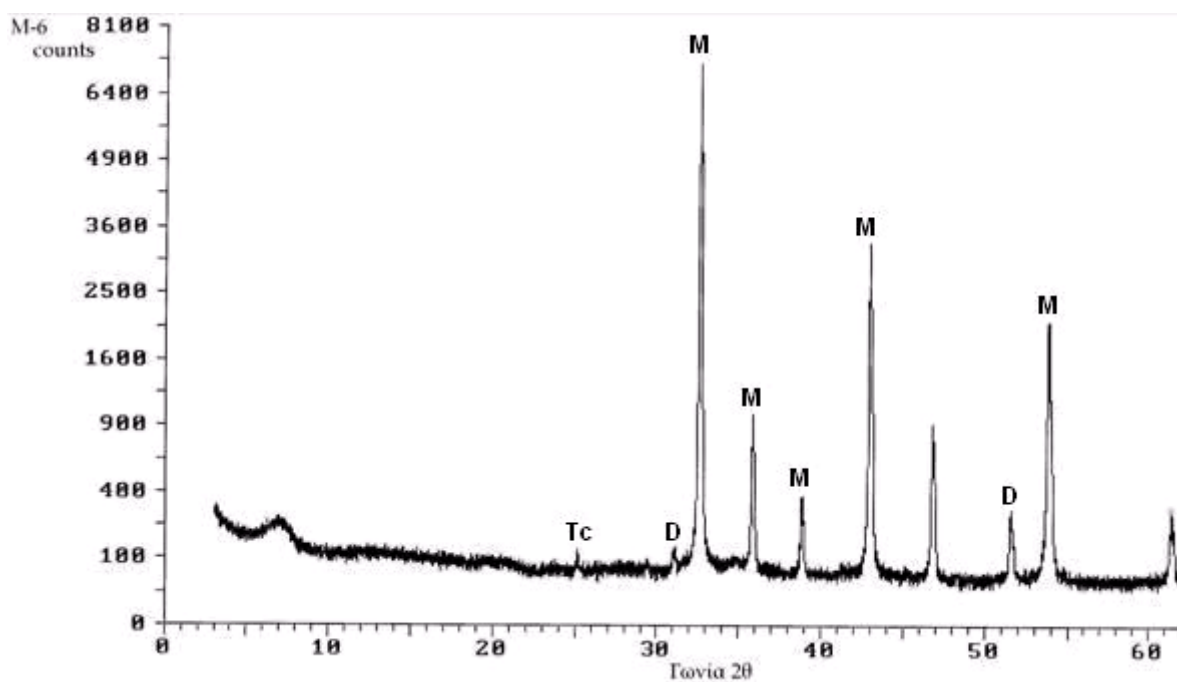
Σχήμα 3. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-3.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



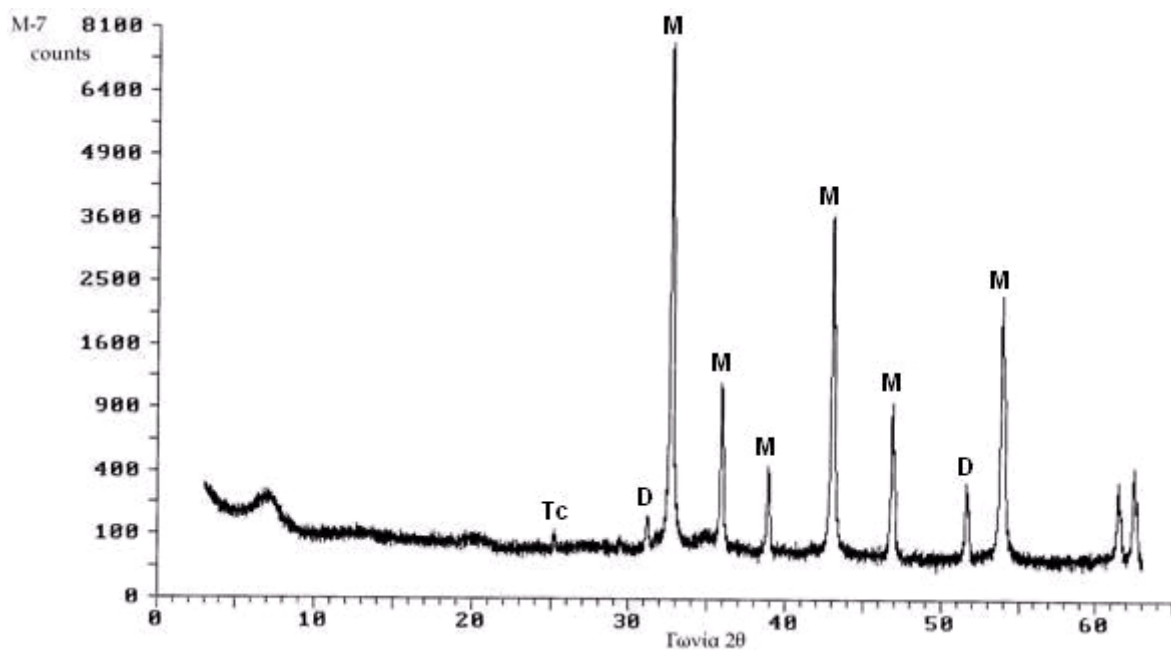
Σχήμα 4. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-4.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



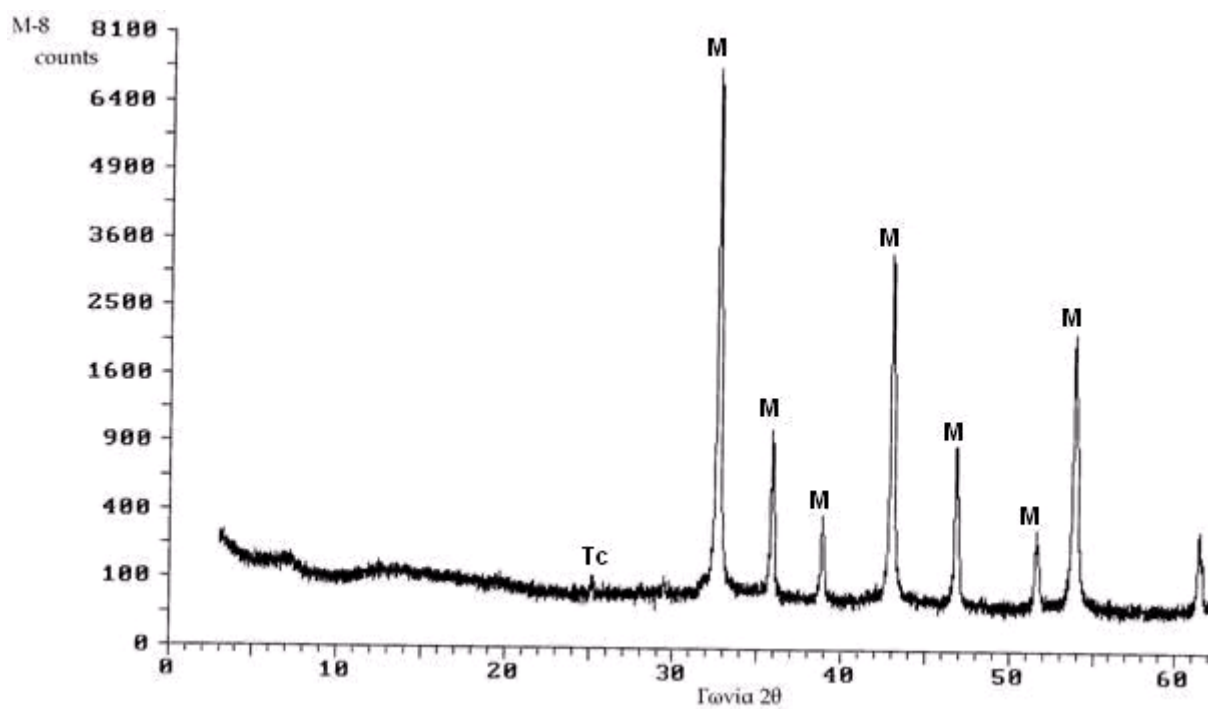
Σχήμα 5. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-5.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



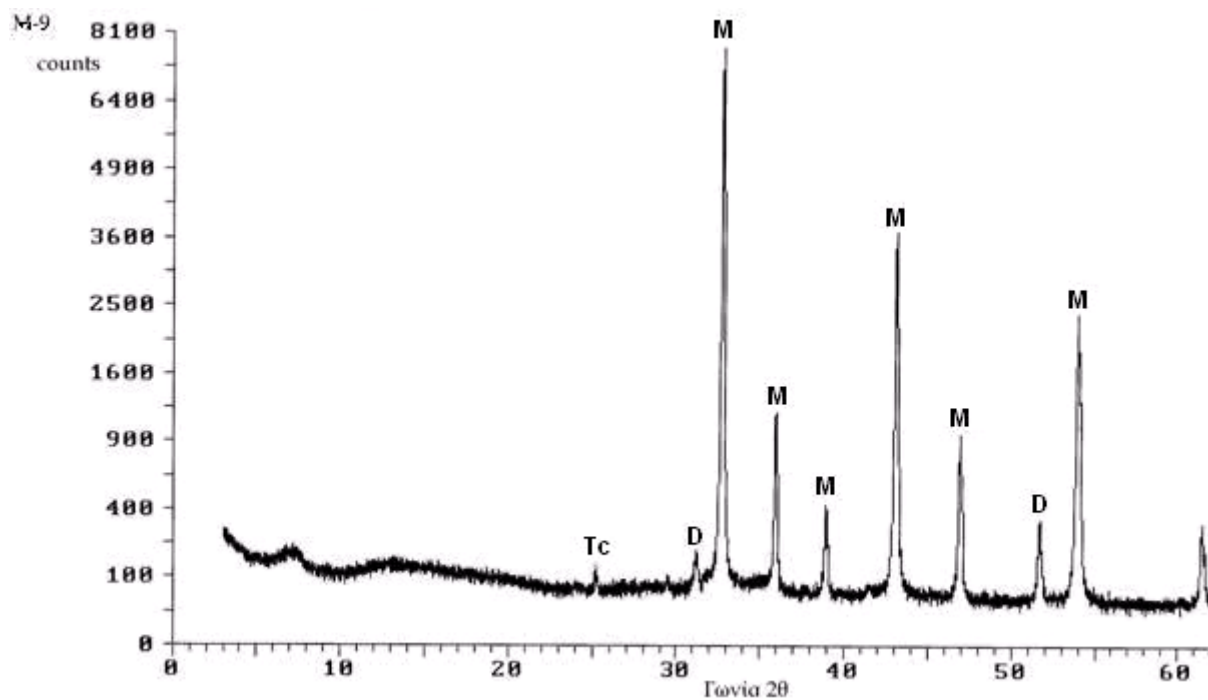
Σχήμα 6. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-6.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



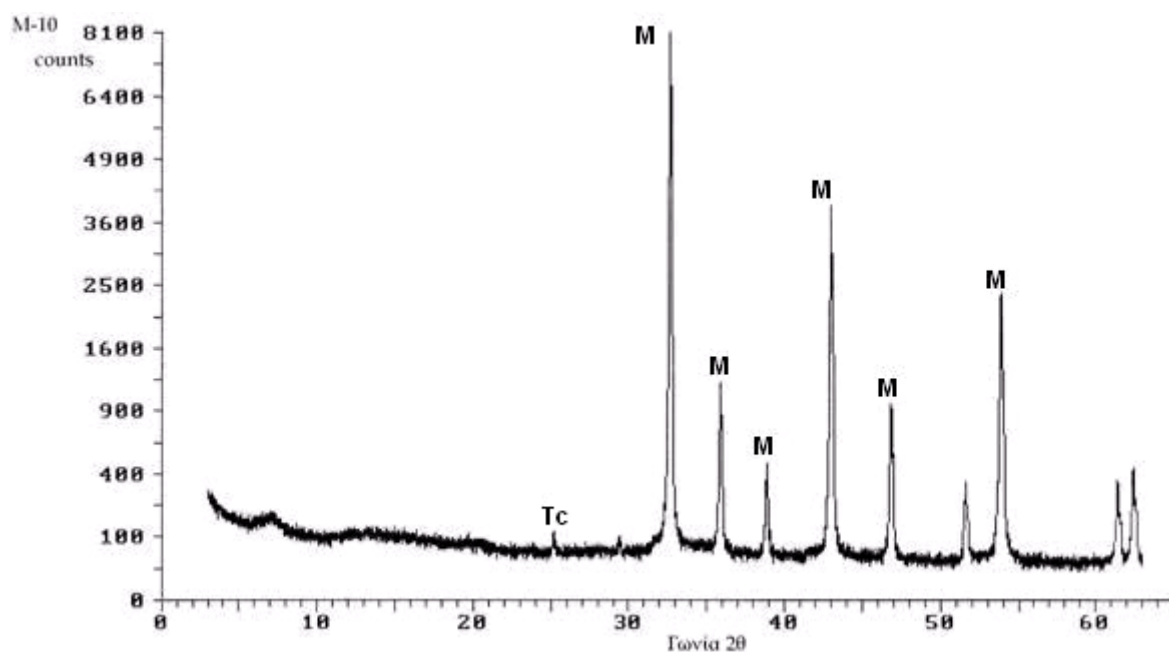
Σχήμα 7. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-7.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



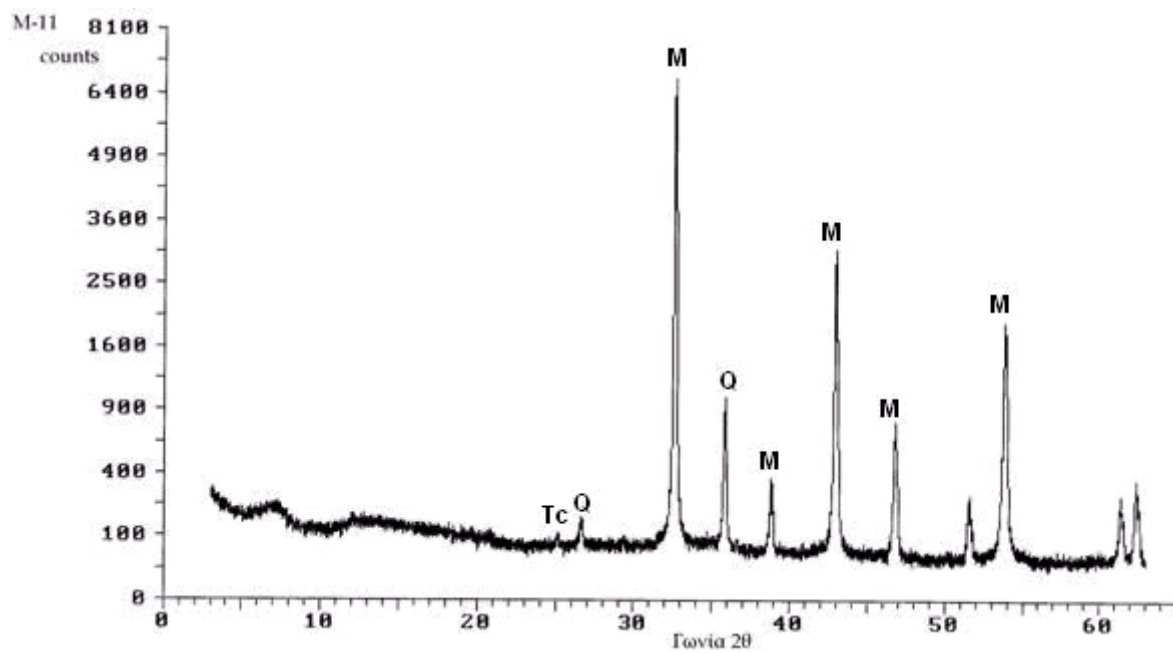
Σχήμα 8. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-8.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



Σχήμα 9. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-9.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



Σχήμα 10. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-10.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.



Σχήμα 11. Περιθλασιόγραμμα δείγματος M-11.  
M=μαγνησίτης, D=δολομίτης, TC=αργιλικά ορυκτά.

## Βιβλιογραφία

- Allen V.T., 1952. Petrographic relations in some typical bauxite and diasporite deposits. *Bul. Geol. Soc. Amer.*, 63 (7), 649 – 688.
- Anderson S.W., 2000. Identifying and managing risk in international mining projects.
- Aronis G., 1955. Distribution géographique, situation géologique et opinions sur la genèse des bauxites grecques. *Bull. Geol. Soc. Greece*, II, 55 – 59.
- Βαβελίδης Μ., Φιλιππίδης Α., Μιχαηλίδης Κ., 1998. Σημειώσεις Οικονομικής Κοιτασματολογίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.
- Bardossy G., 1982. *Karst Bauxites. (Bauxite Deposits on Carbonate Rocks)*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
- Bardossy G. and Mack E., 1967. Zur Kenntnis der bauxite des Parnass – Kiona Gebirges. *Mineral Deposita* 2, 334 – 348.
- Baugmart W. and Dohr H., 1965. Spurelemente in eisenarmen Gelmagnesiten. – *Ber. Dtsch. Keram. Ges.*, 42, 11 – 17.
- Beneslavsky S.J., 1959. Chemical and mineralogical composition of bauxites and some problems concerning the genesis of their minerals. *Acta Geol. Acad. Sc Hungary*, 6, 55 – 64.
- Beneslavsky S.J., 1963. *Mineralogy of bauxites*. Gosgeoltekhizdat, Moscow, (second edition).
- Benda L., 1980. Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene. Correlation of marine, brackish and continental sediments in Macedonia, and the late Cenozoic paleogeographic evolution of Northern Greece.
- Bolger R., 1997. Non-refractory bauxite, Variety but not much spice. *Industrial Minerals*, 3, 21-29.
- Bossat R., 1976. Etude du comportement de fer et des certaines elements en trace dans quelques gisements de bauxite du bassin de Bringoles (Var). *Doct. 3e cycle Univ. Paris VI*.
- Bristow C.M., 1987. Society' s changing requirements for primary raw materials. *Industrial Minerals*, 1, 59 -65.

- Burgath K., Kockel F., Mohr M., Raschka H., Jung, D., Mussalam K., 1979. A complex of sheeted dykes and pillow lavas in the southern part of the Chalkidiki peninsula, Greece. 2<sup>nd</sup> Int. ophiolite symposium, abstracts, pp. 20.
- Burgath K., Grisseman C., Johannes W., Jung D., Knolke H., Kockel F., Makris J., Mohr M., Mussalam K., Raschka H., 1980. On the genesis of magnesite deposits in Northern Greece.
- Combes P. J., 1969. Researches sur la genese des bauxites dans le Nord - Est de l' Espagne Le Languedoe et l' Ariège (France). Mem. Centre Et. Resh. Geol. Hydrogeol. Montpellier.
- Combes P. J., 1978. Nouvelles donnees sur les relations entre la paleogeographie et gitologie de bauxite du 3eme horizon dans la zone du Parnasse (Grece). 4<sup>th</sup> Int. Cong. ICSOBA.
- Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C. and Zemmels I., 1975. Methods of sample preparation and X-ray diffraction analysis in X-ray mineralogy laboratory. In: A.G. Kaneps *et al.*, Editors, *Init. Repts DSDP*, Print. Office, Washington, DC, pp. 997-1007.
- Coope B.M., 1987. The World magnesia industry: Smaller but fitter and purer. *Industrial Minerals*, 2, 21 - 49.
- Coyle R. G., 1973. Modelling the future of mining groups. *Dynamica*.
- Crouch F., 1993. Shipping practices. *Industrial Minerals*, 9, 39 - 47.
- Crowson P.C.F, 1982. Mineral Development financing and cooperation. *Resources Policy*, 8 (2), 117-124.
- Dabitziias S.G, 1980. Petrology and genesis of Vavdos cryptocrystalline magnesite deposits, Chalkidiki Penisula, Northern Greece. *Economic Geol.*, 75, 1138 - 1151.
- Deer W.A., Howie R.A. and Zussman J., 1975. An Introduction to the rock - forming minerals, 2<sup>nd</sup> Ed. Addison Wesley Ltd Essex.
- De Lepparent J., 1930. Comportement mineralogique et chimique des produits d' alteration elabores aux depens des gneiss du Massif Central francais avant l' etablisement des depots sedimentaires de l' Oligocene. *C. R. Ac. Sc. Fr.m*, 190, 1062 -1064.

- De Young, J.H., Jr. and Singer D.A., 1981. Physical factors that could restrict mineral supply, in *Economic Geology, 75th Anniversary Volume*: Lancaster, Pennsylvania, Lancaster press, Inc., pp. 939-954.
- Δουρδούνης, Ε.Χ., 2004. Ανάπτυξη μεθόδου παραγωγής προϊόντος υψηλής προστιθέμενης αξίας, αλουμινούχου τιμέντου, από εγχώρια παραγόμενα μεταλλουργικά και μεταλλευτικά παραπροϊόντα και απορρίμματα. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Χημικών Μηχανικών.
- Einsele W., 1938. *Archib. Hydrobiol.* 33, 361.
- Erwin G. and Osborn E.F., 1959. The system  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ . *J. Geol.*, 59, 381 - 394.
- Global Mining Initiative, 2001. Accessed November 16, 2001, at <http://www.globalmining.com/index.asp>.
- Goldschmidt V. M., 1934. Drei Vortrage uber Geochemie. *Geol. Foren, Forhandl*, 56, 385 - 427.
- Goonan T., 2001. U.S. Department of the Interior. U.S.G.S. Policy - A Factor Shaping Minerals Supply and Demand. Pen File Report.
- Gout R., 1973. Sur l' existence de deux varietes de diaspore naturel. *Compt. Rend. Acad. Sc. Paris*, 277, 809 - 812.
- Harben P.W., 2002. *The Industrial Minerals Handybook*, 4<sup>th</sup> Edition.
- Harder E.C., 1952. Examples of bauxite deposits Illustrating Variations in Origin. *Problems of Clay and Lateritic Genesis*. AIME. New York, 35 - 64.
- Hartmann J.A, 1955. Origin of heavy minerals in Jamaican bauxite. *Econ. Geol.*, 50, 738 - 747.
- Hatjilazaridou K., Chalkiopolou F., Grossou - Valta M., 1998. Greek industrial minerals. Current status and trends. *Industrial Minerals*, 6, 45-63
- Hill V.G., 1955. The mineralogy and genesis of bauxite deposits of Jamaica. *Am. Min.*, 40, 676 - 688.
- Humphrey D., 1983. The value of mineral resources, *Perspectives and Conflicts*.
- Humphrey D., 1995. Whatever happened to security of supply? Minerals policy in the post - Cold War world. *Resources Policy*, 21 (2), 91-97.
- I.G.M.E., 1960. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Αμφισσα, κλίμακα 1:50.000, Αθήνα.

- I.G.M.E., 1979. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, Φύλλο Πολύγυρος, κλίμακα 1:50.000, Αθήνα.
- I.G.M.E., 1999. Ορυκτός Πλούτος της Ελλάδος. Αθήνα, 1 σ.
- ICAP, 2000-2005. Ισολογισμοί Ελληνικών Εταιριών και Ομίλων.
- Industrial Minerals, January 1980- January 2005, Price Index.
- Jung S.W. and Marshall P.J., 1985. 'Export growth and causality in Developing countries: A review of recent theory and evidence'. Handbook of development economics and trade, North Holland, Amsterdam.
- Jung D., Mussalam K., Burgath K., Kockel F., Mohr M., Raschka H., 1980. Ultramafitite, Mafitite und zugehörige quarzreiche Differentiale von Chalkidiki: Mineralogie und Geochemie.
- Kaldor N., 1975. Γιατί είναι αναγκαίες οι περιφερειακές πολιτικές, στο Χατζημιχάλης Κ., 1992. Περιφερειακή Ανάπτυξη και Πολιτική. Εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα.
- Κατσικάτσος Γ., 1992. Γεωλογία της Ελλάδος. Αθήνα.
- Kauffmann G., Kockel F., Mollat H., 1976. Note on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula formation in the innermost zones of the Hellenides (Northern Greece). Bull. Geol. Soc. France.
- Kennedy G.C., 1959. Phase relations in system  $Al_2O_3 - H_2O$  at high temperatures and pressures. Am. J. Sc., 257, 563 - 573.
- Kockel F. and Mollat H., 1976. Untersuchungen an den Magnesitvererzungen in der westlichen Chalkidiki (N - Griecheland). Geol. Jb., D 16, 29 - 54.
- Kraft P., 1915. Über die genetischen Beziehungen des dichten Magnesits zu den Mineralien der Nickelsilikatgruppe. Arch. Lagerstättenforsch., 20, 115 p.
- Kreuzer H., 1980. Radiometric dating of rocks from the Chalkidiki peninsula.
- Λαζαρίδης Α., 2004. Οικονομετρία Ι. Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
- Λάσκου Μ. Δ., 1981. Μελέτη βωξιτικών εμφανίσεων περιοχών της ανατολικής Ελλάδος. Συμβολή εις την ορυκτολογία γεωχημείαν και γένεσιν των βωξιτών. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Lesser J., Dodds D., Zerbe R., 1997. Environmental economics and policy. USA: Resources for the Future Publications, 363-418.

- Loughnan F., 1969. Chemical weathering of the silicate minerals. Am. Elsevier Publishing Co., Inc., New York.
- Mackenzie B., Woodall R., 1988. Economic productivity of base metal exploration in Australia and Canada. In: Tilton JE, Eggert RG, Landsberg HH, editors. World mineral exploration – trends and economic issues. USA: Resources for the Future Publications, pp. 363-418.
- Maksimovic Z. and Dangic A., 1984. Mercury in Neogene hydrothermal systems in the Balkan Peninsula and genesis of magnesites. In: T. V. Janelidze (Ed.), Proceed. Quad. IAGOD Symp., Tibilisi, 6, 149 – 153.
- Manning D. A. C., 1995. Introduction to Industrial Minerals, Chapman and Hall, London.
- Μάρδας Δ., 2006. Διεθνείς Οικονομικές Σχέσεις. ‘Από την ανοικτή οικονομία στην παγκοσμιοποίηση’. Εκδόσεις Ζυγός, Θεσσαλονίκη.
- Mason B., 1952. Principles of Geochemistry, New York.
- Μελιδώνης Γ.Ν., 1992. Γενική Κοιτασματολογία. Πανεπιστήμιο Πατρών. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
- Μουντράκης Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Moller P., 1989. Minor and trace elements in magnesite. In: P. Moller (Ed.), On the formation of magnesite, Monograph Ser. Mineral Dep., 28, 173 – 196.
- Newman H.R., 1999. The Mineral Industry of Greece. USGS Minerals Yearbook, 13.1 – 13.8.
- Newman H.R., 2002. The Mineral Industry of Greece. USGS Minerals Yearbook, 11.1.
- Nia R., 1968. Geologische, petrographische und geochemische untersuchungen zum problem der Boehmit – Diaspore – genese in Griecheschen Oberkreiden – Bauxiten der Parnasse – Kiona Zone. Hamburg.
- Nieto C.C., 1997, Toward a holistic approach to the ideal of sustainability, 2001. Accessed at <http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/SPT/v2n2/pdf/cuello.pdf>
- Norton, S.A., 1973. Laterite and bauxite formation. *Economic Geology*, 68, 353–361
- Νταμπίζιας Σ. και Βακόνδιος Ι., 1994. Λευκόλιθος της Χαλκιδικής. Πρακτικά Ημερίδας Ορυκτός Πλούτος Ν. Χαλκιδικής – Περιβάλλον, 65 – 81.

- Οικονομόπουλος - Κυριακόπουλος Ν., 1991. Συγκριτική Γεωχημική και Ορυκτολογική Μελέτη των Βωξιτικών Οριζόντων της Κεντρικής Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων - Μεταλλουργών Μηχανικών του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, Αθήνα.
- Ο.Ο.Σ.Α. Organization for Economic Cooperation and Development, 2001. The Multilateral Agreement on Investment.
- Ο' Regan B. and Moles R., 2004. Using system dynamics to model the interaction between environmental and economic factors in the mining industry. J. Cleaner Production.
- Papastamatiou J., 1964. Les gisements de bauxite en Grece. 1. Symp. ICSOBA, Zagreb, 285 - 293.
- Παπασταύρου Σ.Ε., 1985. Οι ελληνικοί βωξίτες. (Περιγραφή - Κατάταξη - Κατανομή - Προβλήματα), Αθήνα.
- Petrascheck W., 1961. Zur Bildung griechischer Magnesitlagerstätten. Radex-Rundschau, 641 - 646.
- Pindyck S.R., 1977. Cartel pricing and the structure of world bauxite market. Massachusetts Institute of Technology MIT-EL 77-005WP.
- Pirajno F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer Verlag, Secaucus, New Jersey, U.S.A.
- Pohl W., 1990. Genesis of magnesite deposits - models and trends. Geologische Rundschau, Stuttgart, 79/2, 291 - 299.
- Πολύζος Σ., Πετράκος Γ., Αραμπατζής Γ., Σούτσας Κ., 2004. Η συμβολή των φυσικών πόρων στην περιφερειακή ανάπτυξη στην Ελλάδα. Σειρά Ερευνητικών Εργασιών, 10 (10), 259-282.
- Radetzki M., 1982. Regional development benefits of mineral projects.
- Rankama K. and Sahama T., 1968. Geochemistry. Uni. Of Chicago. London.
- Ρέππας Π., 2003. Οικονομική ανάπτυξη, Θεωρίες και στρατηγικές. Τόμος Β', Δεύτερη Έκδοση. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- Σαπουντζής Η.Σ. και Χριστοφίδης Γ.Θ., 1985. Ορυκτοδιαγνωστική. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

- Schellmann W., 1959. Experimentelle untersuchungen uber die sedimentare bildung von Goethit und Hamatit. *Chemie der Erde*, 20, 104 – 135.
- Shaffer J.W., 1975. Bauxitic Raw Materials. *Industrial Minerals and Rocks*, 443 – 462.
- Shenke D.E., 1995. Bauxite – a global review. *Industrial Minerals*, 8, 39-51.
- Shields D.J. and Solar S.V., 2000, Challenges to sustainable development in the mining sector. *Industry and Environment*, 23 (Special Issue), 16-19.
- Sikalidis C.A., Zampetakis Th., Dagilas C., 2003. The Effect of Magnesite Addition on the Properties and Production Process of Low Porosity Porcelain Type Ceramics. *J. L' Industrie céramique & verrière (Ind. céram. verr.)*, 988, 22-27.
- Sinclair J.G.L, 1967. Bauxite genesis in Jamaica. New evidence from trace element distribution. *Econ. Geol.*, 62, 482 – 486.
- Σ.Μ.Ε., 1998-2005. Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, Εκθέσεις Δραστηριοτήτων.
- Σ.Μ.Ε., 2007. Δελτίο Τύπου: Παραγωγική Δραστηριότητα Σ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Σολδάτος Κ. και Κασώλη - Φουρναράκη Α., 1986. Εισαγωγή στη Γεωχημεία. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Solow R.M., 1974. The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, 64, 102-114.
- Stanton R. L., 1972. *Ore petrology*. Mc Graw – Hill, New York.
- Sullivan D.E., Sznoppek, J.L., and Wagner, L.A., 2000. 20th century U.S. mineral prices decline in constant dollars: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-389, 12 p.
- The Government Stationery Office, 1995. National Minerals Policy Review Group. A New Minerals Policy, Dublin.
- Τσακλάγκανος Α., 1979. Οικονομική των Επιχειρήσεων – Μάνατζμεντ. Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τσακλάγκανος Α., 2004. Χρηματοοικονομική Λογιστική. Τόμος 1<sup>ος</sup>. 3<sup>η</sup> έκδοση. Αφοί Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Τσιραμπίδης Α., 2004. Πετρολογία Ιζηματογενών Πετρωμάτων, 2<sup>η</sup> Έκδοση. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη.

- Τσιραμπίδης Α., 2005. Ο Ορυκτός Πλούτος της Ελλάδος. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- Τσιραμπίδου Σ. και Τσιραμπίδης Α., 2005. Ο υψηλός βαθμός εξωστρέφειας των βασικών μετάλλων και των προϊόντων τους. Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Συνεδρίου Επιτρ. Οικ. Γεωλ. Ορυκτ. Γεωχ. (Ε.Γ.Ε.), 357 - 366.
- Valeton I., 1972. Bauxites. Elsevier Publ. Co, Amsterdam.
- Valeton I., 1985. Alpine Orogeny and genesis of the nickel laterites and bauxites during Jurassic and Cretaceous in Greece. Travaux ICSOBA, Zagreb, 14 - 15, 33 - 51.
- Vergely P., 1984. Technique des ophiolites dans les Hellenides internes (deformations, metamorphismes, et phenomenes sedimentaires). Consequences sur l' evolution des regions tethysiennes occidentals. These, sciences , Univ. Paris Sud.
- www.imf.org. World Economic Outlook Database.
- Wefers K., 1966. Zum System  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{H}_2\text{O}$ . Ber. Deut. Keram. Ges., 43, 677 - 684, 703 - 708.
- Weisse G. De., 1948. Les bauxites de l' Europe Centrale. Mem. Soc. Vadoise Sc. Nat. 58(a).
- Zachmann D. W. and Joannes W., 1989. Cryptocrystalline magnesite. In: P. Moller (Ed.), On the formation of magnesite, Monograph Ser. Mineral Deposits, 28, pp. 15 - 28.
- Zampetakis T. and Karatzovalis D., 2003. Caustic Magnesia in Environmental Applications.
- Zhilun Y., 1997. 'Exports spark EC debate'. Industrial Minerals, 9, 93-99.