

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Διπλωματική εργασία

<<Ορυκτολογική μελέτη και δοκιμές εμπλουτισμού
σιδηρομεταλλεύματος από την περιοχή Σκινέ Ν.Χανίων>>

Τρίχος Δημήτριος

Εξεταστική επιτροπή

Γεώργιος Αλεβίζος, Επίκουρος Καθηγητής (Επιβλέπων)
Θεόδωρος Μαρκόπουλος, Καθηγητής
Ηλίας Σταμπολιάδης, Καθηγητής

Χανιά
Μάρτιος, 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ερευνά τις ορυκτολογικές φάσεις καθώς και την κατανομή τους ύστερα από την εφαρμογή δοκιμών εμπλουτισμού, σε δείγματα σιδηρομεταλλεύματος της περιοχής Σκινέ Χανίων Δυτικής Κρήτης.

Το υπό διερεύνηση σιδηρομετάλλευμα απαντάται σε φακοειδή μορφή στην επαφή των φυλλιτών – χαλαζιτών της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς της Κρήτης και των υπερκείμενων ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Όσον αφορά τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά του μεταλλεύματος είναι κυρίως γκαιίτης, αιματίτης και χαλαζίας. Σε μικρότερα ποσοστά απαντώνται μοσχοβίτης, λεπιδοκροκίτης, γκιπσίτης, τάλκης και σιδηροπυρίτης.

Σύμφωνα με τη μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων του μεταλλεύματος η μεταλλοφορία σιδήρου, η οποία αναπτύσσεται κυρίως με μορφή γκαιίτη εντός των μητρικών πετρωμάτων φυλλιτών-χαλαζιτών αντικαθιστώντας σταδιακά το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων, είναι δευτερογενούς προέλευσης. Η δομή του μεταλλεύματος χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.

Μετά από διαδικασία θραύσης με σιαγωνωτό σπαστήρα και κοσκίνισης του αρχικού δείγματος SK προκύπτουν κοκκομετρικά μεγέθη (-8+4 mm), (-4+1 mm), (-1+0.250 mm), (-0.250+0.063 mm) και (-0.063 mm), που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγμαγματοποίηση των μεθόδων εμπλουτισμού. Για τις δοκιμές εμπλουτισμού χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι του βαρυτομετρικού και του μαγνητικού διαχωρισμού. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα πιστοποιήθηκαν μέσω χημικών και ορυκτολογικών αναλύσεων και με μικροσκοπική παρατήρηση.

Όσον αφορά το βαρυτομετρικό διαχωρισμό, παρόλο που στο σύνολο των κοκκομετρικών κλασμάτων έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση Fe και των ορυκτολογικών φάσεων (αιματίτης, γκαιίτης) στα βαριά και υψηλότερη συγκέντρωση Si και επομένως χαλαζία στα ελαφρά προϊόντα, κάτι το επιθυμητό, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντικό ποσοστό SiO₂ στο βαρύ προϊόν του -0.250+0.063 mm και σημαντικό ποσοστό Fe₂O₃ στα ελαφριά κλάσματα των -8+4 mm και -4+1 mm. Επομένως ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός του μεταλλεύματος δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Ομοίως όσον αφορά το μαγνητικό διαχωρισμό, παρατηρούμε ότι στο σύνολο των κοκκομετρικών κλασμάτων έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση Fe (άρα και αιματίτη, γκαιίτη) στα μαγνητικά και υψηλότερη συγκέντρωση Si (χαλαζία) στα μη μαγνητικά προϊόντα, κάτι το επιθυμητό. Όμως λόγω της παρουσίας σημαντικού ποσοστού SiO₂ στο Μαγνητικό 3 προϊόν του -4+1 mm και στα Μαγνητικό 1 και Μαγνητικό 2 του -0.250+0.063 mm, ο μαγνητικός διαχωρισμός του μεταλλεύματος δεν έδωσε γενικά τα επιθυμητά αποτελέσματα. Εξαίρεση αποτελούν τα Μαγνητικά 2 προϊόντα των

κοκκομετρικών κλασμάτων $-8+4$ mm, $-4+1$ mm και $-1+0.250$ mm, όπου παρατηρείται οριακά ένας εμπλουτισμός του μεταλλεύματος.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή κ. Γ. Αλεβίζου. Η εργασία αυτή αναφέρεται στην ορυκτολογική έρευνα και στον εμπλουτισμό σιδηρομεταλλεύματος από την περιοχή του Σκινέ της Δυτικής Κρήτης. Η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και η περαιτέρω ασχολία, ανάλυση και επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων που αφορούν το σιδηρομετάλλευμα έγινε λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός, ότι ο σίδηρος είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό μέταλλο που έχει πολλές εφαρμογές στην καθημερινή μας ζωή. Πρόκειται για ένα εμπορικό μέταλλο που η βιομηχανία του διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια βιομηχανική ανάπτυξη.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Γ. Αλεβίζο για την καθοδήγησή του σε όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της εργασίας, για την ουσιαστική βοήθειά του στην ολοκλήρωσή της και για τις γνώσεις που αποκόμισα από εκείνον σε όλο το διάστημα της συνεργασίας μας.

Επίσης, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Σταμπολιάδη και τον Καθηγητή κ.Μαρκόπουλο, που απαρτίζουν μαζί με τον κ. Αλεβίζο την εξεταστική επιτροπή, για τη συνεισφορά τους στην ολοκλήρωση και διαμόρφωση της τελικής μορφής της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, τις θερμές μου ευχαριστίες οφείλω στον κ. Α. Στρατάκη για τη βοήθειά του στις χημικές αναλύσεις με τη μέθοδο της φασματομετρίας ακτίνων-Χ (XRF) και στις ορυκτολογικές αναλύσεις με τη χρήση της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD), στον κ. Γ. Αποστολάκη για την παρασκευή των στιλπνών τομών που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη μικροσκοπική εξέταση και στην κα. Ό. Παντελάκη για τη βοήθειά της στη διεξαγωγή των πειραματικών δοκιμών εμπλουτισμού και στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	viii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΙΔΗΡΟΣ	1
1.1 Γενικά περί σιδήρου	1
1.2 Ο σίδηρος και τα κράματά του	2
1.3 Γενικά περί σιδηρομεταλλευμάτων	5
1.4 Βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα	7
1.4.1 Ελληνικές εταιρίες χάλυβα	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΚΙΝΕ ΧΑΝΙΩΝ.....	11
2.1 Γεωλογία της Κρήτης	11
2.2 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία της περιοχής Σκινέ Χανίων.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΜΕΘΟΔΩΝ	14
3.1 Ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων	14
3.2 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD).....	14
3.3 Το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.....	15
3.4 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM).....	16
3.5 Μέθοδος φασματομετρίας ακτίνων-Χ	17
3.6 Δοκιμές εμπλουτισμού σιδηρομεταλλεύματος	19
3.6.1 Γενικά για τη μέθοδο βαρυτομετρικού διαχωρισμού	19
3.6.2 Γενικά για τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.....	23
4.1 Δειγματοληψία	23
4.2 Ορυκτολογική εξέταση του σιδηρομεταλλεύματος.....	23
4.3 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων	30
4.4 Συσχετισμός ορυκτολογικών-χημικών αναλύσεων	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΔΟΚΙΜΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΟΥ	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	35
5.1 Διαδικασία δοκιμών βαρυτομετρικού διαχωρισμού	35
5.2 Αποτελέσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού	36
5.3 Μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων της δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού	47
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΔΟΚΙΜΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ	51
6.1 Διαδικασία δοκιμών εμπλουτισμού με μαγνητικό διαχωρισμό.....	51
6.2 Αποτελέσματα του μαγνητικού διαχωρισμού.....	52
6.3 Μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων της δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού	67
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	72
7.1 Συμπεράσματα ορυκτολογικής εξέτασης.....	72
7.2 Συμπεράσματα δοκιμών εμπλουτισμού.....	72
7.3 Προτάσεις	74
 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75
 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν αντικείμενο την ορυκτολογική εξέταση και διεξαγωγή δοκιμών εμπλουτισμού με τις μεθόδους βαρυτομετρικού και μαγνητικού διαχωρισμού για τη μελέτη σιδηρομεταλλεύματος της περιοχής Σκινέ Χανίων Δυτικής Κρήτης. Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη των ορυκτολογικών φάσεων και της κατανομής τους στα κλάσματα των προϊόντων των δοκιμών εμπλουτισμού.

Για την ορυκτολογική εξέταση, πραγματοποιήθηκαν ορυκτολογικές αναλύσεις μέσω της περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD), χημικές αναλύσεις με τη χρήση της μεθόδου της φασματομετρίας ακτίνων-Χ (XRF) καθώς και παρατήρηση των ορυκτών με τη βοήθεια της μικροσκοπίας.

Οι μέθοδοι εμπλουτισμού που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη του στόχου αυτού είναι ο διαχωρισμός με βαρέα υγρά και ο μαγνητικός διαχωρισμός. Στην αρχή έγινε θραύση των αρχικών δειγμάτων και κοσκίνιση, ώστε να γίνει επιλογή των αντίστοιχων κοκκομετρικών κλασμάτων που θα χρησιμοποιηθούν στις δοκιμές εμπλουτισμού. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν αυτές οι δοκιμές. Στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό τα ορυκτά διαχωρίζονται σύμφωνα με τα ειδικά τους βάρη, ενώ στο μαγνητικό διαχωρισμό διαχωρίζονται ανάλογα με τις μαγνητικές τους ιδιότητες.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με το σίδηρο και τα σιδηρομεταλλεύματα, οι εφαρμογές και χρήσεις του και η σημασία του στη βιομηχανία. Επίσης δίνονται στοιχεία για το κοίτασμα από το οποίο λήφθηκαν τα προς εξέταση δείγματα (περιοχή Σκινέ Χανίων), όσον αφορά τη γεωλογία της περιοχής. Στη συνέχεια περιγράφονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για τις ορυκτολογικές και χημικές αναλύσεις και οι μέθοδοι του βαρυτομετρικού και μαγνητικού διαχωρισμού. Στην περιγραφή αυτή παρατίθεται αναλυτικά η πορεία του πρακτικού μέρους της εργασίας από την πειραματική διαδικασία μέχρι και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Τέλος, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ορυκτολογική, χημική και μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων που προέκυψαν από το βαρυτομετρικό και μαγνητικό διαχωρισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΙΔΗΡΟΣ

1.1 Γενικά περί σιδήρου

Πρόκειται για λευκό, ελατό και αγωγίμο, μεταλλικό χημικό στοιχείο που μαγνητίζεται εύκολα, διαβρώνεται πολύ γρήγορα (σκουριάζει). Είναι το πιο κοινό και σπουδαίο μέταλλο και τα κράματά του ειδικά το ασάλι χρησιμοποιείται εκτεταμένα. Είναι το πιο ανθεκτικό από τα ελατά μέταλλα στη συνηθισμένη θερμοκρασία, εκτός από το κοβάλτιο και το νικέλιο και είναι ζωτικό στοιχείο στα φυτά και τα ζώα. Το χημικό του σύμβολο είναι Fe. Έχει ατομικό βάρος 55,847, ατομικό αριθμό 26, ειδικό βάρος 7,86, σημείο τήξης 1.535°C και σημείο βρασμού 3.000°C (Live-Pedia.gr).

Τα κοιτάσματα του σιδήρου εμφανίζονται:

- σαν μαγματικά πρωτογενή, μετάθετα και περιμαγματικά.
- σαν επιγενή: α) σαν φλεβικά και β) σαν κοιτάσματα αντικατάστασης ασβεστολίθου και
- σαν ιζηματογενή κοιτάσματα. (Live-Pedia.gr)

▪ **Μαγματικά και περιμαγματικά κοιτάσματα σιδήρου:** Βρίσκονται κυρίως στα πλουτώνεια κυρίως πετρώματα. Ειδικότερα στο βόρειο ημισφαίριο, στις αρχέγονες ονομαζόμενες περιοχές (Καναδάς, Σκανδιναβία, Σιβηρία). Εδώ υπάγεται κι ο αυτοφυής σίδηρος. Επίσης αρκετά τέτοια κοιτάσματα υπάρχουν και στα Ουράλια όρη, στη ζώνη που αρχίζει απ' τα ανατολικά του Περμ μέχρι το Όρενμπουργκ και στο βουνό Γκόρα Βλαγοδάτι. Καθώς και στη Σιβηρία, στον ποταμό Ιενεσέη. Υπάρχουν και στην Ελλάδα τέτοια κοιτάσματα, ειδικότερα στη Λοκρίδα.

▪ **Επιγενή κοιτάσματα:**

- **Φλεβικά:** Δεν έχουν βιομηχανική αξία. Βρίσκονται στα Ιμαλάια, στη Βόρεια Αφρική και Ασία, στη Μεσόγειο και στα Πυρηναία.
- **Κοιτάσματα αντικατάστασης ασβεστολίθων:** Κυριότερα είναι του Κούμβερανοδ και Λαγκασσάιρ στην Αγγλία, της Βισκαΐας στην Ισπανία, των Πυρηναίων και της νοτιοδυτικής Γαλλίας, της Σικελίας, του νησιού Έλβα και Σερίφου, και σ' άλλα μέρη της Ελλάδας, όπως στο Γραμματικό της Αττικής και στο Λαύριο.
- **Ιζηματογενή κοιτάσματα:** Είναι τα πιο σπουδαία από όλα. Σχηματίστηκαν στην Ευρώπη και στην Αμερική κυρίως. Διακρίνονται σε θαλάσσια, λιμναία και ηπειρωτικά.

- **Θαλάσσια:** Σπουδαία είναι της Ντάνεμορ, που είναι καθαρά και χωρίς φωσφόρο. Εξίσου σπουδαία είναι της Τζελλιβάρα. Υπάρχουν και στις Η.Π.Α. και κυρίως στην Άνω Λίμνη, όπου βρίσκονται τα 7:8 της παραγωγής της Αμερικής. Τα κοιτάσματα αυτά απέχουν περισσότερο από 1500 χιλ. απ' τον τόπο της εκκαμίνευσής.
- **Λιμναία και ηπειρωτικά:** Βρίσκονται στην κάτω Αλσατία, στη Σικελία, στο Βανάτο, στη Φινλανδία κ.ά.

1.2 Ο σίδηρος και τα κράματά του

Ο σίδηρος πολύ σπάνια χρησιμοποιείται στη χημικά καθαρή του μορφή. Συνήθως είναι αναμειγμένος με άλλα στοιχεία, όπως άνθρακα μαγγάνιο, νικέλιο, χρώμιο, πυρίτιο, κ.α. Αναλόγως των ιδιοτήτων και του τρόπου παρασκευής τους, διακρίνουμε τις εξής γενικές κατηγορίες κραμάτων σιδήρου (wikipedia.org):

- I. Ακατέργαστος χυτοσίδηρος
- II. Χυτοσίδηρος χυτηρίου
- III. Χάλυβες άνθρακα
- IV. Κράματα χάλυβα

Αναλυτικά οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

I. Ακατέργαστος χυτοσίδηρος

Ο τύπος αυτός του χυτοσιδήρου προέρχεται απ' ευθείας από την υψικάμινο υπό μορφή ακατέργαστων κομματιών διαφόρων σχημάτων. Υπό τη μορφή αυτή ο χυτοσίδηρος δε χρησιμοποιείται γιατί δεν είναι εύκολη η κατεργασία του, και δεν έχει τις κατάλληλες μηχανικές ιδιότητες. Οι περιεκτικότητες του χυτοσιδήρου αυτού σε στοιχεία είναι σίδηρος (Fe) 92-97%, άνθρακας (C) 0.25-3.51%, μαγγάνιο (Mn) 0.5-1.5%, πυρίτιο (Si) 0.5-4%, θείο (S) 0.02-0.5% και φώσφορος (P) 0.1-0.3% .

Ο άνθρακας στο χυτοσίδηρο παρουσιάζεται με δύο μορφές, ενωμένος με το σίδηρο υπό μορφή καρβιδίου, οπότε ο χυτοσίδηρος τείνει να πάρει χρώμα προς το άσπρο, και υπό μορφή σφαιροειδούς γραφίτη οπότε ο χυτοσίδηρος έχει το χρώμα της στάχτης. Από τις δύο αυτές μορφές είναι προτιμότερη από μηχανουργική άποψη, η μορφή με τη μεγαλύτερη δυνατή περιεκτικότητα σε σφαιροειδή γραφίτη. Οι τύποι αυτοί του χυτοσιδήρου παρουσιάζουν μικρότερη σκληρότητα και ρευστότητα στην υγρή κατάσταση. Η παρουσία του πυριτίου υποβοηθά τη δημιουργία γραφίτη. Το θείο δεν είναι ιδιαίτερα επιθυμητό σε μεγάλα ποσοστά, γιατί αυξάνει τη σκληρότητα του χυτοσιδήρου. Αντίθετα, η παρουσία μαγγανίου είναι πολύ επιθυμητή γιατί δεσμεύει το θείο και έτσι μειώνει τη σκληρότητα του χυτοσιδήρου. Επίσης, αυξάνεται και η ρευστότητα του μετάλλου.

Η παρουσία του φωσφόρου σε μικρά ποσοστά βελτιώνει πολύ τη ρευστότητα του χυτοσιδήρου, πράγμα πολύ σημαντικό για την κατασκευή χυτών

αντικειμένων. Σε μεγάλα ποσοστά, ο φώσφορος καθιστά τον χυτοσίδηρο ψαθυρό και πορώδη.

II. Χυτοσίδηρος χυτηρίου.

Ο ακατέργαστος χυτοσίδηρος της υψικαμίνου για να γίνει υλικό κατάλληλο για χύτευση, υφίσταται διάφορες θερμικές κατεργασίες σε ρευστή κατάσταση και προστίθενται και διάφορα άλλα μέταλλα για τη βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του. Τα συνηθισμένα στοιχεία που προστίθενται στο κράμα είναι, το νικέλιο (Ni) σε ποσοστά 2.5-6%, και σε χυτοσιδήρους μεγάλης αντοχής έως 20%, το χρώμιο (Cr) σε ποσοστά 0.5-4%, το αλουμίνιο, το μολυβδένιο (Mo), ο χαλκός (Cu), κ.α.

III. Χάλυβες άνθρακα.

Οι χάλυβες του τύπου αυτού περιέχουν κυρίως σίδηρο και άνθρακα σε ποσοστά που ποικίλουν από 0-1.81%. Για την παραγωγή των χαλύβων αυτών χρησιμοποιείται ακατέργαστος χυτοσίδηρος και κομμάτια παλαιού χάλυβα, τα οποία αφού θερμανθούν μέχρι ρευστοποιήσεως σε καμίνους τύπου BESSEMER ή ηλεκτρικούς υφίστανται μείωση του περιεχομένου άνθρακα με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα που διοχετεύεται στη ρευστή μάζα του μετάλλου.

Αναλόγως της περιεκτικότητας του χάλυβα σε άνθρακα μεταβάλλονται και οι μηχανικές ιδιότητές του. Γενικά, οι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα παρουσιάζουν μεγαλύτερο σημείο θραύσεως και σκληρότητα, αλλά μικρότερη αντοχή σε κρουστικά φορτία.

Οι μηχανουργικές ιδιότητες των χαλύβων είναι δυνατό να βελτιωθούν με διάφορες μηχανικές κατεργασίες, όπως η σφυρηλάτηση ή η έλαση, καθώς και με διάφορες θερμικές κατεργασίες, όπως η ανόπτηση, η αναθέρμανση, η βαφή, κ.α. Επίσης, είναι δυνατή η επιφανειακή χημική επεξεργασία του χάλυβα για τη βελτίωση τοπικά των ιδιοτήτων του. Παρόμοιες επεξεργασίες είναι η ενανθράκωση, η εναζώτωση, για την αύξηση της επιφανειακής σκληρότητας του μετάλλου, οι διάφορες επιμεταλλώσεις, κ.α. Οι κατεργασίες αυτές δεν είναι ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των χαλύβων άνθρακα αλλά χρησιμοποιούνται κατά κόρον και στα λοιπά είδη χάλυβα.

Το βασικό πλεονέκτημα των χαλύβων άνθρακα είναι η χαμηλή τιμή τους σε σχέση με τα άλλα κράματα χάλυβα, δεν παρουσιάζουν όμως την ποικιλία ιδιοτήτων που απαιτεί η σύγχρονη τεχνολογία (Wikipedia.gr).

IV. Κράματα χάλυβα

Τα κράματα χάλυβα είναι δυνατόν να διαχωριστούν στις έξης κατηγορίες:

1. Χάλυβες Μαγγανίου.
2. Χάλυβες Νικελίου.

3. Χάλυβες Νικελίου-Χρωμίου, Νικελίου-Χρωμίου-Μολυβδαινίου, Νικελίου-Χρωμίου-Βαναδίου.
4. Χάλυβες Χρωμίου.
5. Χάλυβες Μολυβδενίου.
6. Χάλυβες Χρωμίου-Μολυβδενίου.
7. Ανοξείδωτοι Χάλυβες.
8. Χάλυβες Πυριτίου.
9. Ταχυχάλυβες.

Αναλυτικά οι κατηγορίες αυτές έχουν ως εξής:

1. Χάλυβες Μαγγανίου.

Γενικά όλοι οι χάλυβες περιέχουν μαγγάνιο σε μικρά ποσοστά. Το μαγγάνιο σε μικρά ποσοστά 1-2% βελτιώνει την αντοχή, ολκιμότητα, και αντοχή σε κρούση των χαλύβων άνθρακα. Το μαγγάνιο σε μεγάλα ποσοστά 10-15%, δημιουργεί με βαφή και κατεργασία εν ψυχρώ, μεγάλη επιφανειακή σκληρότητα και αντοχή σε φθορά. Η κατεργασία των χαλύβων αυτών απαιτεί κοπτικά εργαλεία μεγάλης σκληρότητας.

2. Χάλυβες Νικελίου.

Το νικέλιο χρησιμοποιείται σε διάφορες αναλογίες που κυμαίνονται από 6 έως και άνω του 50% σε νικέλιο. Το νικέλιο σε μικρά ποσοστά βελτιώνει την αντοχή, τη σκληρότητα και την ολκιμότητα του χάλυβα. Επίσης, διευκολύνει τη θερμική κατεργασία και τη βαφή.

Σε μεγάλες περιεκτικότητες το νικέλιο αυξάνει τη σκληρότητα του χάλυβα και βελτιώνει την αντοχή σε φθορά. Επίσης, μειώνει το συντελεστή διαστολής και βελτιώνει τις μαγνητικές ιδιότητες του υλικού.

3. Χάλυβες Νικελίου-Χρωμίου-Μολυβδενίου-Βαναδίου.

Οι χάλυβες νικελίου-χρωμίου είναι η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη κατηγορία χαλύβων. Οι χάλυβες αυτοί χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητη η υψηλή μηχανική αντοχή και σκληρότητα.

Οι περιεκτικότητες σε στοιχεία των χαλύβων αυτών είναι:

- S** Άνθρακας 0.1-0.55%
- S** Νικέλιο 1.0-4.75%
- S** Χρώμιο 0.45-1.75%
- S** Μαγγάνιο 0.3-0.81%

Το μολυβδένιο προστιθέμενο στο κράμα του χρωμιονικελιούχου χάλυβα βελτιώνει την αντοχή σε κρούση και διευκολύνει τις θερμικές κατεργασίες του μετάλλου, μειώνοντας έτσι το κόστος κατασκευής. Τα χρησιμοποιούμενα ποσοστά είναι 0.3-0.6%. Το βανάδιο (V) χρησιμοποιείται για τη βελτίωση της αντοχής του κράματος σε δυναμικά φορτία και την αύξηση της σκληρότητας. Χρησιμοποιείται σε ποσοστά 0.2%, ή και σε μεγαλύτερα για τη κατασκευή κοπτικών εργαλείων.

4. Χάλυβες Χρωμίου.

Το χρώμιο προστιθέμενο σε μικρά ποσοστά 0.2-1.6% αυξάνει το όριο θραύσεως του χάλυβα μαγγανίου.

5. Χάλυβες Μολυβδενίου.

Το μολυβδένιο προστιθέμενο σε ποσοστό 0.2-0.7% βελτιώνει την ολκιμότητα του χάλυβα άνθρακα, και χρησιμοποιείται για χύτευση, έλαση και σφυρηλάτηση.

6. Χάλυβες Χρωμίου-Μολυβδενίου.

Οι χάλυβες της κατηγορίας αυτής περιέχουν χρώμιο σε ποσοστά 0.4-10% και μολυβδένιο 0.2-1.5% και παρουσιάζουν μεγάλη μηχανική αντοχή και ολκιμότητα. Χρησιμοποιούνται για χύτευση, έλαση και σφυρηλάτηση.

7. Ανοξειδωτοι χάλυβες

Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι κράμα σιδήρου-άνθρακα-χρωμίου με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο 10,5% κ.β. Το χρώμιο δημιουργεί ένα μικροσκοπικό στρώμα (10–100 nm) τριοξειδίου του χρωμίου (Cr_2O_3), το οποίο προστατεύει το μεταλλικό υπόστρωμα από την οξείδωση και την διάβρωση. Εκτός από χρώμιο, οι ανοξειδωτοι χάλυβες μπορεί να περιέχουν και άλλα κραματικά στοιχεία, όπως νικέλιο, μολυβδαίνιο, μαγγάνιο, κ.λπ.

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες παράγονται σε ηλεκτρικές καμίνους με ανάτξη παλαιοσιδήρου (σκραπ), σιδηροκραμάτων (π.χ. σιδηροχρώμιο, σιδηρονικέλιο, κ.λπ.) και άλλων μεταλλικών προσθηκών. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές που απαιτούν αντοχή στην διάβρωση για λόγους οικονομικούς (π.χ. χημική βιομηχανία), για λόγους αισθητικούς (π.χ. αρχιτεκτονική) ή για λόγους υγιεινής (π.χ. μαγειρικά σκεύη).

Σε σύγκριση με τους κοινούς χάλυβες, οι ανοξειδωτοι χάλυβες, εκτός από την πολύ υψηλότερη αντοχή στην διάβρωση, παρουσιάζουν επιπλέον και υψηλότερη μηχανική αντοχή. Ωστόσο, είναι πιο σκληροί από τους κοινούς χάλυβες και γι' αυτό πιο δυσκατέργαστοι. Οι ανοξειδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν επίσης χαμηλή θερμική αγωγιμότητα σε σύγκριση με τους κοινούς χάλυβες. (Wikipedia.gr)

1.3 Γενικά περί σιδηρομεταλλευμάτων

Σαν σιδηρομεταλλεύματα χαρακτηρίζονται μίγματα σιδηρούχων ορυκτών που περιέχουν στείρα ορυκτά σε διάφορες αναλογίες. Τα σιδηρομεταλλεύματα κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την ορυκτολογική, χημική και μηχανική τους σύσταση.

Ανάλογα με την ορυκτολογική μορφή του σιδήρου, κατατάσσονται σε οξειδία, οξυγονούχα και τιτανιούχα σιδηρομεταλλεύματα. Η σημαντικότερη κατηγορία είναι τα οξειδία τα οποία ανάλογα με το ορυκτό που κυριαρχεί χαρακτηρίζονται σαν αιματιτικά, λειμωνιτικά, μαγνητιτικά κλπ.

Τα οξυγονούχα διακρίνονται σε ανθρακικά και πυριτικά και θεωρούνται μεταλλεύματα μικρότερης οικονομικής σημασίας. Στα ανθρακικά ο σίδηρος είναι σε μορφή σιδηρίτη ή αγκερίτη, ενώ στα πυριτικά είναι σε μορφή σαμοζίτη, στιλπνομέλανος, γκρουνερίτη κλπ. Τέλος τα τιτανιούχα περιέχουν το σίδηρο με μορφή ιλμενίτη.

Ανεξάρτητα από τον ορυκτολογικό τύπο του μεταλλεύματος, την εμπορευσιμότητά του καθορίζει :

- η χημική του σύνθεση και ιδιαίτερα η περιεκτικότητά του % σε Fe και
- η φύση των σύνδρομων ορυκτών και η παρουσία ή μη ορισμένων επιβλαβών στοιχείων.

Σιδηρομεταλλεύματα με περιεκτικότητα σε Fe πάνω από 52% είναι εμπορεύσιμα όπως εξορύσσονται, ενώ τα φτωχά (20% - 52% σε Fe) εμπλουτίζονται κυρίως με βαρυτομετρικές μεθόδους, μαγνητικό διαχωρισμό ή επίπλευση, για να γίνουν εμπορεύσιμα (Πανταζής & Παντελής, 1982).

Τα κύρια σύνδρομα ορυκτά των σιδηρομεταλλευμάτων είναι χαλαζίας, ασβεστίτης, δολομίτης και αργιλοπυριτικά ορυκτά. Καμιά φορά περιέχουν βαρύτη και θειούχα ορυκτά σε μικρές αναλογίες.

Η παρουσία επιβλαβών στοιχείων όπως Cu, Zn, Pb, As, S και P έχει μεγάλη σημασία. Ο φώσφορος πρέπει να είναι σε πολύ χαμηλά επίπεδα (κάτω του 0.045%) με μια σχέση P:Fe μικρότερη από 0.00075 ιδιαίτερα στη χρησιμοποίηση όξινου μεταλλάκτη για την απόληψη του περιεχόμενου σιδήρου.

Το είδος και οι περιεκτικότητες των σύνδρομων ορυκτών και των επιβλαβών στοιχείων παίζουν καθοριστικό ρόλο στο στάδιο της μεταλλουργικής κατεργασίας. Συγκεκριμένα η παρουσία οξειδίων βασικών μετάλλων όπως Ca, Na, Mg, K, Al είναι επιθυμητή γιατί αυτά δεν ανάγονται μέσα στην κάμινο και επομένως δεν αλλάζουν τη σύσταση του παραγόμενου χυτοσιδήρου. Επίσης τα οξειδία Ca, Mg και το οξείδιο του Al σε περιεκτικότητα μικρότερη του 5% είναι τακέρτα. Στην περίπτωση που η περιεκτικότητα του μεταλλεύματος σε βασικά οξείδια είναι μικρότερη από την περιεκτικότητα σε αδιάλυτα, τότε τα παραπάνω βασικά οξείδια προστίθενται υπό μορφή βασικού συλλιπάσματος στην τροφοδοσία της φρεατώδους καμίνου (Πανταζής & Παντελής, 1982).

Από την άποψη της μηχανικής σύστασης η μεταλλουργία διακρίνει δύο κλάσματα :

- α) το χονδρομερές (-200 + 5 mm) και
- β) το ψιλομερές (-5 mm)

Στις περιπτώσεις ψιλομερών μεταλλευμάτων ή συμπυκνωμάτων πριν από τη φάση της μεταλλουργικής κατεργασίας για την απόληψη του σιδήρου, γίνεται συσσωμάτωση του μεταλλεύματος ή συμπυκνώματος (σφαιροποίηση, συσσωμάτωση, μπρικετοποίηση).

Τα περισσότερα ερευνημένα κοιτάσματα κοινών σιδηρομεταλλευμάτων στη χώρα μας είναι ίσως εκείνα της Θάσου και της Σερίφου. Οι ευνοϊκότερες αναλύσεις που μπορούν να παραχθούν από μετάλλευμα Θάσου δείχνουν μια περιεκτικότητα Fe 57%, SiO₂ 8.3%. Για το μέταλλευμα της Σερίφου, οι πρώτες δοκιμές εμπλουτισμού έδωσαν συμπύκνωμα με Fe 54% και SiO₂ 11% περίπου. Υπάρχουν βέβαια και αρκετές εμφανίσεις κοινών σιδηρομεταλλευμάτων στη χώρα, των οποίων τα ποιοτικά δεδομένα και πολύ περισσότερο οι δυνατότητές τους να δώσουν ποιοτικά κατάλληλο συμπύκνωμα δεν είναι γνωστά. Για παράδειγμα, ο μαγνητίτης του Λαυρίου θα μπορούσε να αποδειχθεί ένα τεχνικά αποδεκτό μέταλλευμα, εφόσον αληθεύουν οι πληροφορίες για την περιεκτικότητά του (Fe 58%) και οι άλλες προσμίξεις δεν είναι απαγορευτικές (Πανταζής & Παντελής, 1982).

1.4 Βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα

Η βιομηχανία σιδήρου και χάλυβα περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές (Πανταζής & Παντελής, 1982):

- Την επεξεργασία του σιδηρομεταλλεύματος για την παραγωγή πρωτογενούς σιδήρου. Παραδοσιακή μέθοδος είναι η υψικάμινος από όπου παράγεται παγκόσμια το συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό πρωτογενούς σιδήρου με τη μορφή χυτοσίδηρου (σίδηρος με αυξημένη περιεκτικότητα άνθρακα). Μια άλλη μέθοδος που αποκτά βιομηχανική εφαρμογή είναι η μέθοδος της άμεσης αναγωγής (DR). Η βασική διαφορά των δύο μεθόδων εκφράζεται στα προϊόντα τους. Συγκεκριμένα, στη μεν υψικάμινο τόσο ο σίδηρος όσο και τα μη αναγόμενα οξείδια (πυριτίου, ασβεστίου, αργιλίου κλπ.) τήκονται και απομακρύνονται χωριστά, ενώ στην άμεση αναγωγή οι θερμοκρασίες είναι πολύ χαμηλότερες και οι προσμίξεις παραμένουν στο σπογγώδη σίδηρο, που επομένως παράγεται με μειωμένη περιεκτικότητα σε Fe.
- Την παραγωγή ρευστού χάλυβα από το χυτοσίδηρο, το σπογγώδη σίδηρο ή από παλαιοσίδηρο (σκραπ). Η χαλυβοποίηση γίνεται για το χυτοσίδηρο σε καμίνους με εκφύσηση οξυγόνου ή και σε καμίνους Siemens-Martin, ενώ το σκραπ και ο σπογγώδης σίδηρος τήκονται συνήθως σε καμίνους τόξου.
- Τη μορφοποίηση του χάλυβα και σε δεύτερη μοίρα του χυτοσίδηρου για την παραγωγή προϊόντων χυτών ή προϊόντων εξέλασης (λαμαρίνες, σίδηρος μπετόν, σύρματα, μπιγιέτες κλπ.). Η εξέλαση γίνεται είτε θερμή (για παραγωγή χαλυβδόφυλλων σχετικά μεγάλου πάχους, μπετόβεργας κλπ.) είτε ψυχρή (λαμαρίνες μικρού πάχους, σύρματα κλπ.).

Μια βιομηχανική μονάδα μπορεί να έχει σαν αντικείμενο την πραγματοποίηση είτε της μιας από τις παραπάνω φάσεις, είτε των δύο, είτε συγχρόνως και των τριών σαν ολοκληρωμένο κάθετο χαλυβουργικό σύμπλεγμα. Στη χώρα μας η χαλυβουργική βιομηχανία περιλαμβάνει 6 μονάδες σε Αθήνα, Βόλο και Θεσσαλονίκη. Η μία –Χαλυβουργική– είναι πλήρως καθετοποιημένη: υψικάμινοι (με εισαγόμενο μετάλλευμα και κωκ παραγόμενο επί τόπου από εισαγόμενους γαιάνθρακες), έλαστρα επιμήκων και πλατεών προϊόντων θερμής και ψυχρής εξέλασης. Από τα μέσα του 1981 δουλεύει κυρίως σα μονάδα εξέλασης χρησιμοποιώντας εισαγόμενη πρώτη ύλη ή και χάλυβα από σκραπ που παράγεται σε καμίνους τόξου. Μια ακόμη μονάδα εντοπίζει τη δραστηριότητά της σε επανέλαση εισαγόμενης λαμαρίνας θερμής εξέλασης για την παραγωγή πλατεών προϊόντων ψυχρής εξέλασης και σωλήνων, ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις είναι καθετοποιημένες μονάδες δευτερογενούς χάλυβα (κάμινοι τήξης σκραπ, παραγωγή κύρια επιμήκων προϊόντων). Η τεχνολογική τους συγκρότηση είναι γενικά σύγχρονη και τα προϊόντα τους από πλευράς ποιότητας θεωρούνται συναγωνιστικά με τα ξένα ομοειδή. Υπάρχουν βέβαια και ορισμένες μικρές μονάδες που περιορίζονται σε ψυχρή μόνο εξέλαση.

Το σκραπ των ελληνικών χαλυβουργιών προέρχεται κατά ένα μέρος (γύρω στους 300.000 τόννους το χρόνο) από τη εσωτερική αγορά και το υπόλοιπο από εισαγωγές. Είναι κοινή αντίληψη ότι οι δυνατότητες της ντόπιας αγοράς βρίσκονται πολύ ψηλότερα, αλλά η αποτελεσματικότερη τροφοδότηση της χαλυβουργίας παρακωλύεται από τις αδυναμίες του συστήματος συλλογής και τη χαμηλή τυποποίηση του σκραπ.

Στην περίπτωση της χαλυβουργίας, δεν μπορούμε να παραβλέψουμε ότι πάντα θα υπάρχει πιθανότητα να παρουσιαστεί έλλειψη χαλυβοπροϊόντων που μπορεί να φτάσει και σε κάποιο σημαντικό ύψος. Η κάλυψη του ελλείματος μπορεί να γίνει είτε με αύξηση των εισαγωγών, είτε με νέα εγχώρια παραγωγή, είτε με συνδυασμό των δύο, που ίσως αποτελέσει και την προσφορότερη λύση. Η αύξηση της εγχώριας παραγωγής ρευστού μετάλλου προϋποθέτει κάποιες σοβαρές επενδύσεις. Πρωταρχικά, όμως, πρέπει να γίνει επιλογή του τρόπου παραγωγής που μπορεί να είναι δευτερογενής (από σκραπ) ή πρωτογενής (αναγωγή σιδηρομεταλλεύματος σε υψικάμινο ή άμεση αναγωγή με μία από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται).

Η παραγωγή από σκραπ είναι ενδεχομένως μια εξυπηρετική λύση τόσο από πλευράς επενδύσεων όσο και από πλευράς χρόνου που απαιτείται για την υλοποίησή της.

Η εγκατάσταση υψικαμίνου σε συνδυασμό βέβαια με αντίστοιχη αύξηση της δυναμικότητας των μονάδων χαλυβοποίησης είναι ιδιαίτερα σημαντική και συχνά συνδέεται με την προοπτική ολικής αναδιάρθρωσης της παραγωγικής βάσης της χαλυβοβιομηχανίας. Μπορεί να δώσει διέξοδο σε πολλά προβλήματα της ελληνικής χαλυβοπαραγωγής. Όμως οι επενδύσεις που απαιτούνται είναι υπερβολικά υψηλές, η εγκατάσταση είναι χρονοβόρα και η διάθεση του περισσεύματος χάλυβα δεν είναι διασφαλισμένη.

Η παραγωγή σπογγώδους σιδήρου με άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων είναι μια επιλογή που προβάλλεται ιδιαίτερα και συσχετίζεται κυρίως με τα σιδηρομεταλλεύματα της Θάσου και το φυσικό αέριο του Πρίνου.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι άμεσης αναγωγής των σιδηρομεταλλευμάτων. Το βασικό χαρακτηριστικό που διακρίνει αυτές τις μεθόδους είναι το αναγωγικό μέσο που χρησιμοποιούν. Σημασία έχει και ο τύπος του αντιδραστήρα, αφού καθορίζει τεχνικά την ποιότητα του φορτίου, το οποίο βέβαια με τη σειρά του προσδιορίζεται λίγο ή πολύ από το αναγωγικό μέσο. Τα αναγωγικά μέσα μπορεί να είναι αέρια ή στερεά. Σαν αέριο αναγωγικό μέσο χρησιμοποιείται μίγμα μονοξειδίου και υδρογόνου που παράγεται από μετατροπή φυσικών αερίων και άλλων υδρογονανθράκων με ατμό ή με το διοξείδιο που παράγεται κατά την ίδια τη διαδικασία της αναγωγής του σιδηρομεταλλεύματος. Σα στερεό αναγωγικό μέσο χρησιμοποιείται άνθρακας ή και λιγνίτης (Πανταζής & Παντελής, 1982).

1.4.1 Ελληνικές εταιρίες χάλυβα

Η εγχώρια παραγωγή χάλυβα εξακολουθεί να καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς, ενισχύοντας διαχρονικά τη θέση της έναντι των εισαγωγών τα τελευταία χρόνια ενώ μείωση παρατηρείται στην εξαγωγική επίδοση, σε σχέση με τη δεκαετία του 1990.

Αυτά αναφέρει μεταξύ άλλων μελέτη της Διεύθυνσης Οικονομικών Μελετών της ICAP Group για την ελληνική χαλυβουργία, κλάδο τον οποίο χαρακτηρίζει «σύμβολο της βαριάς βιομηχανίας της χώρας μας που έχει συνδεθεί στενά με την ανάπτυξη της ελληνικής οικονομίας»(Wikipedia.gr).

Σύμφωνα με τη μελέτη ο κλάδος της χαλυβουργίας στην Ελλάδα είναι συγκεντρωμένος σε πέντε (5) μονάδες, στις οποίες περιλαμβάνονται δύο ζεύγη συγγενών-συνδεδεμένων επιχειρήσεων. Οι περισσότερες επιχειρήσεις στη χώρα μας δραστηριοποιούνται στον τομέα των επιμήκων προϊόντων. Η διακίνηση των προϊόντων χάλυβα πραγματοποιείται είτε απευθείας από τις χαλυβουργίες, είτε μέσω εμπορικών επιχειρήσεων. Οι εμπορικές επιχειρήσεις κατηγοριοποιούνται σε εισαγωγικές, σε μεικτές και σε αυτές που εμπορεύονται εγχωρίως παραγόμενα προϊόντα. Ορισμένες εμπορικές επιχειρήσεις έχουν πλέον αναπτύξει ως ένα βαθμό μεταποιητική και αποθηκευτική δραστηριότητα, ασχολούμενες με επεξεργασία, κοπή και μορφοποίηση προϊόντων χάλυβα, προετοιμάζοντας τα προϊόντα για χρήση από τις βιομηχανίες.

Η συνολική εγχώρια παραγωγή τελικών προϊόντων χάλυβα παρουσίασε ανοδική πορεία στη διάρκεια της περιόδου 1995-2007, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4,4%. Τα επιμήκη προϊόντα κατέλαβαν το 88,1% της συνολικής εγχώριας παραγωγής ετοίμων προϊόντων χάλυβα το 2007, ενώ τα πλατέα κάλυψαν μερίδιο 11%. Η παραγωγή ρόλων θερμής έλασης κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης των εν λόγω προϊόντων καλύπτεται από εισαγωγές.

Η εγχώρια φαινομενική κατανάλωση των τελικών προϊόντων χάλυβα εμφάνισε ανοδική τάση την περίοδο 1995-2007, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 4,5%. Η εγχώρια παραγωγή εξακολουθεί να καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της αγοράς, ενισχύοντας διαχρονικά τη θέση της έναντι των εισαγωγών τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, παρατηρείται τάση μείωσης της εξαγωγικής επίδοσης, σε σχέση με τη δεκαετία του 1990. Η εισαγωγική διείσδυση ακολούθησε ανοδική πορεία μέχρι και το 1998, οπότε και ανήλθε σε 51%. Έκτοτε εμφάνισε πτωτικές τάσεις, με αποτέλεσμα το 2007 να διαμορφωθεί σε 32%. Είναι αξιοσημείωτο ότι, ενώ την περίοδο 1999-2003 παρατηρείται αύξηση της εγχώριας παραγωγής, παράλληλα περιορίζεται ο βαθμός εξωστρέφειας.

Οι δυο σημαντικότερες εταιρίες χάλυβα είναι η Χαλυβουργία Α.Ε. και η Χαλυβουργική Α.Ε.

ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε.

Η ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΑ ΕΛΛΑΔΟΣ Α.Ε. διαθέτει σύγχρονες βιομηχανικές μονάδες παραγωγής προϊόντων χάλυβα υψηλών προδιαγραφών στον Ασπρόπυργο, το Βελεστίνο και το Βόλο. Η εταιρία λειτουργεί δύο από τις πέντε πλήρως καθετοποιημένες μονάδες παραγωγής χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος στην Ελλάδα (www.hlv.gr).

ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ ΑΕ

Σε ένα υπερσύγχρονο Χαλυβουργείο, παράγεται χάλυβας σε μορφή πρισμάτων τετραγωνικής διατομής (μπιγέτες). Τα βασικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας περιλαμβάνουν την παραγωγή ρευστού χάλυβα από την τήξη παλαιοσιδήρου (scrap), τη δευτερογενή επεξεργασία του ρευστού χάλυβα και τέλος τη χύτευσή του. Είναι ένα ολοκληρωμένο συγκρότημα παραγωγής χάλυβα και θεωρείται από τα πιο προηγμένα σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, έχοντας τη δυνατότητα να παράγει όλες τις κατηγορίες χάλυβα με τις πιο αυστηρές προδιαγραφές.

Το συγκρότημα του Χαλυβουργείου περιλαμβάνει:

- Ηλεκτρικούς φούρνους τόξου (EAF) δυναμικότητας 100 τόνων έκαστος για την τήξη του παλαιοσιδήρου.
- Εγκατάσταση δευτερογενούς μεταλλουργίας (LF).
- Μηχανές συνεχούς χύτευσης (CCM) υψηλής ταχύτητας με όλες τις απαραίτητες βοηθητικές εγκαταστάσεις.
- Σύγχρονη μονάδα επεξεργασίας νερού ψύξης των εγκαταστάσεων Βέλτιστης Διαθέσιμης Τεχνολογίας (**BAT**).
- Εγκαταστάσεις καθαρισμού απαερίων Βέλτιστης Διαθέσιμης Τεχνολογίας (**BAT**).

Η ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ λόγω της παραγωγικής της διαδικασίας αποτελεί σημαντική μονάδα ανακύκλωσης καθώς χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη παλαιοσίδηρο (www.halyourgiki.com).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΙΔΗΡΟΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΣΚΙΝΕ ΧΑΝΙΩΝ

2.1 Γεωλογία της Κρήτης

Η Κρήτη εξεταζόμενη γεωλογικά παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον αφού αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ των αλπικώς σχηματισθέντων ορέων της ΝΑ Ευρώπης και της Μικράς Ασίας (Χριστοδούλου, 1963).

Η γεωλογία του νησιού χαρακτηρίζεται από τα αλληπάλληλα επωθημένα τεκτονικά καλύμματα των Ελληνίδων ζωνών, τα οποία συνωθούνται στο μικρό σχετικά γεωγραφικό χώρο του νησιού, με γενική κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο. Η Κρήτη συγκροτείται από ένα αυτόχθονο σύστημα που είναι η ενότητα Ταλέα Όρη των πλακωδών ασβεστολίθων, πάνω στο οποίο τοποθετούνται με λεπιοειδή τεκτονική διάταξη οι σειρές των πετρωμάτων των άλλων ζωνών και ενοτήτων (Μουντράκης, 1985).

Η ενότητα Ταλέα Όρη – Πλακώδεις ασβεστόλιθοι περιλαμβάνει κυρίως τυπικούς πλακώδεις ασβεστολίθους με πυριτικές ενστρώσεις και κερατολιθικούς κονδύλους, αλλά επίσης και μαζώδεις ασβεστολίθους, δολομίτες, ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή και φυλλιτικές – χαλαζιτικές παρεμβολές. Η σειρά αυτή έχει ηλικία από το Πέρμιο μέχρι το Ηώκαινο, είναι ημιμεταμορφωμένη και αποτελεί το σχετικά αυτόχθονο υπόβαθρο της Κρήτης. Μεγάλες μάζες των ορεινών όγκων των Λευκών ορέων και της Ίδης δομούνται από τη σειρά των πλακωδών ασβεστολίθων.

Πάνω στη σειρά των πλακωδών ασβεστολίθων βρίσκεται μια σειρά κροκαλοπαγών – λατυποπαγών ασβεστολίθων που ονομάζεται σειρά Τρυπαλίου. Η ηλικία της θεωρήθηκε Άνω Τριαδική – Κάτω Ιουρασική αν και δεν αποκλείεται και πολύ νεώτερη ηλικία.

Επωθημένη πάνω στην ενότητα Τάλεα όρη και στη σειρά Τρυπαλίου βρίσκεται μια φυλλιτική – χαλαζιτική σειρά ηλικίας Περμίου – Τριαδικού, που αποτελείται από φυλλίτες, χαλαζίτες, μετα - κροκαλοπαγή, μετα - ψαμμίτες, φακοειδείς ανακρυσταλλωμένους ασβεστολίθους, μεταβασίτες και μετα-ανδεσίτες. Η συγκεκριμένη φυλλιτική – χαλαζιτική σειρά συναντάται στην περιοχή Σκινέ των Χανίων. Η μεταμόρφωση της σειράς έγινε σε συνθήκες υψηλής πίεσης. Η γεωτεκτονική της θέση παραμένει άγνωστη. Πάνω στη φυλλιτική σειρά τοποθετείται η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως και σε ανώτερη τεκτονική θέση βρίσκεται επωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Πίνδου. Σε ακόμη ανώτερη τεκτονική θέση βρίσκονται και αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των εσωτερικών ζωνών (Μουντράκης, 1985).

Τέλος πάνω σε αυτούς τους αλπικούς σχηματισμούς κάθονται με στρωματογραφική ασυμφωνία ιζήματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς

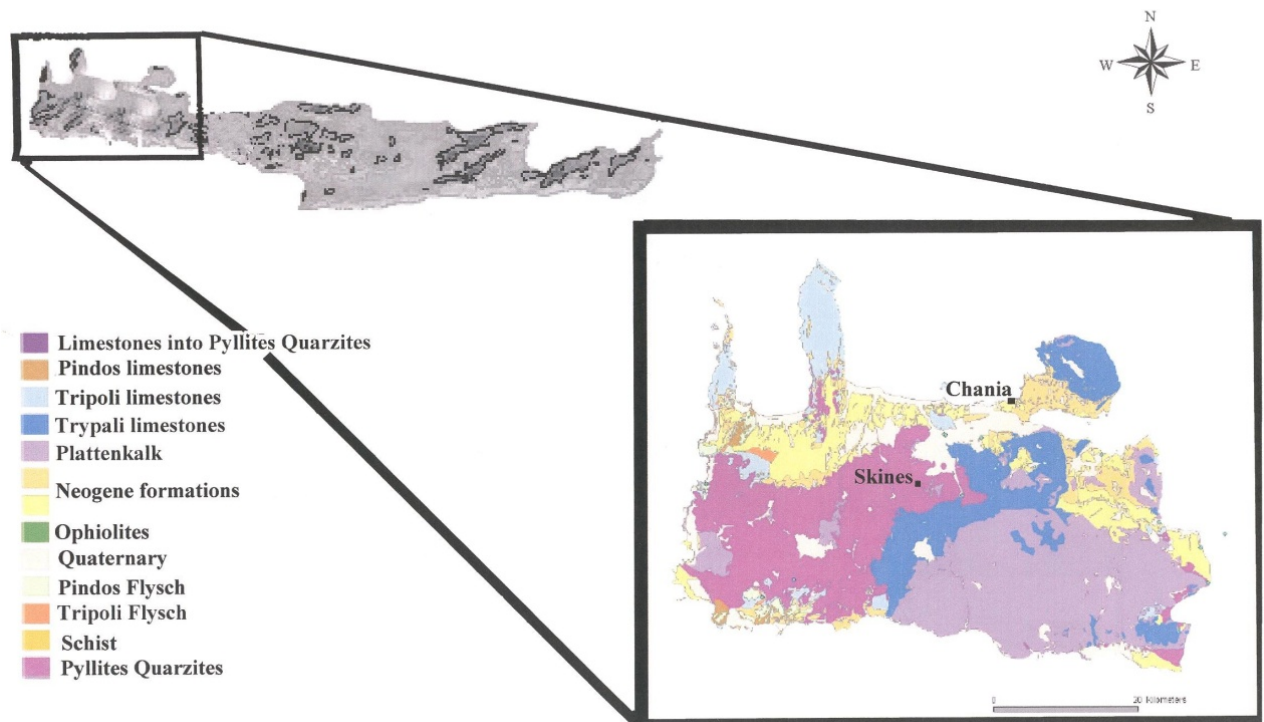
(κυρίως κλαστικά θαλάσσια ιζήματα) τα οποία έχουν μεγάλη εξάπλωση και πάχος στις παραλιακές περιοχές της Κρήτης (Μουντράκης, 1985).

2.2 Γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία της περιοχής Σκινέ Χανίων

Στη Δυτική Κρήτη απαντάται σημαντικός αριθμός εμφανίσεων σιδηρομεταλλευμάτων, μερικά από τα οποία έχουν κατά καιρούς εξορυχθεί. Τα μεταλλεύματα αυτά βρίσκονται μέσα στη Φυλλιτική - Χαλαζιτική σειρά και συνδέονται άμεσα με την τεκτονική της περιοχής. Τα σιδηρομεταλλεύματα σχηματίζουν κυρίως στρώματα ή φακούς ή πληρούν ρήγματα εντός της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς (Σχ. 2.1). Η σειρά αυτή αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και χαλαζίτες, ενώ σε αυτή συναντώνται επίσης μετακροκαλοπαγή, μάρμαρα, ασβεστιτικοί φυλλίτες και μεταβασάλτες (Dornsiepen & Manutsoglu, 1994).

Η Φυλλιτική - Χαλαζιτική σειρά απαντάται πάνω στην ενότητα του Τριπαλίου και της υποκείμενης αυτής σειράς των πλακωδών ασβεστολίθων, που θεωρείται σαν το αυτόχθονο υπόβαθρο της Κρήτης. Πάνω από τη Φυλλιτική - Χαλαζιτική σειρά ακολουθεί η ενότητα της Τρίπολης.

Η υπό διερεύνηση εμφάνιση βρίσκεται 17 km νοτιοδυτικά των Χανίων πλησίον του χωριού Σκινές. Το μέταλλευμα απαντάται σε φακοειδή μορφή στην επαφή των φυλλιτών – χαλαζιτών της Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής σειράς και των υπερκείμενων ασβεστολιθικών πετρωμάτων. Η ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος είναι κυρίως γκαιίτης, αιμαίτης και χαλαζίας. Σε μικρότερα ποσοστά υπάρχουν μοσχοβίτης, λεπιδοκροκίτης, γκιπσίτης, τάλκης και σιδηροπυρίτης (Alevizos, 2006).



Σχήμα 2.1: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Σκινέ Χανίων (Ηλεκτρονική έκδοση).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΜΕΘΟΔΩΝ

3.1 Ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων

Η ορυκτολογική ανάλυση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γενικής και Τεχνικής Ορυκτολογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης με τη χρήση περιθλασιμέτρου ακτίνων-Χ (XRD), τύπου D8 της εταιρείας Brucker και χρησιμοποιήθηκε λυχνία χαλκού. Η μελέτη των ορυκτολογικών φάσεων των δειγμάτων του σιδηρομεταλλεύματος πραγματοποιήθηκε μέσω στιλπνών τομών με τη βοήθεια του μεταλλογραφικού μικροσκοπίου (μικροσκοπίου ανακλώμενου φωτός). Η μικροφωτογράφιση των τομών έγινε με ψηφιακή κάμερα τύπου NIKON. Επίσης, για την περιγραφή και φωτογράφιση των δειγμάτων του μεταλλεύματος χρησιμοποιήθηκε και ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM), ενώ έγινε και στοιχειακή ανάλυση με το σύστημα φασματομέτρου διαχωριστικής ενέργειας (EDS) τύπου LING Qx2000 της εταιρείας OXFORD.

3.2 Μέθοδος περιθλασιμετρίας ακτίνων-Χ (XRD)

Με τη μέθοδο του περιθλασίμετρου ακτίνων-Χ μετρώνται απευθείας τόσο οι γωνίες, όσο και οι εντάσεις των ανακλάσεων των ακτίνων-Χ που προσπίπτουν σε ένα παρασκεύασμα κρυσταλλικής κόνεως. Το περιθλασίμετρο ακτίνων-Χ αποτελείται από τις εξής μονάδες: τη μονάδα παραγωγής υψηλής τάσης, τη λυχνία ακτίνων-Χ, το γωνιόμετρο, τον απαριθμητή των ακτίνων Χ, την ηλεκτρονική μονάδα επεξεργασίας και καταγραφής των κρούσεων και τη μονάδα μικροϋπολογιστή. Με τη μονάδα του μικροϋπολογιστή γίνεται η διαχείριση όλου του συστήματος και αξιολογούνται τα δεδομένα που προκύπτουν από την εξέταση του δείγματος.

Το παρασκεύασμα που θέλουμε να μελετήσουμε τοποθετείται στο δειγματοφορέα του γωνιομέτρου. Ο δειγματοφορέας βρίσκεται σε τέτοια θέση, ώστε να παραμένει πάντα στο κέντρο ενός κύκλου που διαγράφει ο απαριθμητής και το επίπεδο του δείγματος να είναι πάντα κάθετο προς το επίπεδο αυτού του κύκλου.

Την ίδια στιγμή, ως προς τον ίδιο άξονα περιστρέφεται ο απαριθμητής υπό σταθερή γωνιακή ταχύτητα ($2\theta/\text{min}$) και το επίπεδο του δείγματος με γωνιακή ταχύτητα ίση με τη μισή τιμή της γωνιακής ταχύτητας του απαριθμητή, έτσι ώστε με ταυτόχρονη μετατόπιση του απαριθμητή και περιστροφή του δείγματος, ο απαριθμητής να σχηματίζει την ίδια γωνία ως προς το επίπεδο του δείγματος με το σημείο εξόδου των ακτίνων Χ της λυχνίας. Έτσι μπορεί

και γίνεται η καταγραφή της ακτινοβολίας που περιθλάται στους κρυσταλλικούς κόκκους του δείγματος που βρίσκονται σε τέτοια γωνία ως προς την κατεύθυνση της δέσμης των ακτίνων Χ της λυχνίας, ώστε για κάποια ομάδα πλεγματικών επιπέδων να επαληθεύεται η εξίσωση του Bragg: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$ (n: τάξη ανάκλασης λ: το μήκος κύματος d: η πλεγματική απόσταση των επιπέδων ανάκλασης του κρυστάλλου θ: γωνία πρόσπτωσης) (Κωστάκης, 1988).

Η μονάδα περίθλασης ακτίνων-Χ έχει την δυνατότητα να δώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με :

- i. Την σύνθεση και τον δομικό χαρακτηρισμό ενώσεων, με έμφαση στα υλικά νέων τεχνολογιών
- ii. Την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση της περιεκτικότητας του εξεταζόμενου δείγματος.
- iii. Την ανάλυση της σύστασης ορυκτών και χημικά επεξεργασμένων ορυκτών προϊόντων.
- iv. Την ανάλυση της σύστασης και δομής κεραμικών και άλλων σύνθετων υλικών, κρυσταλλικών και άμορφων, με μεγάλο τεχνολογικό και βιομηχανικό ενδιαφέρον.

3.3 Το μεταλλογραφικό μικροσκόπιο

Στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο ο ανακλαστήρας, που έχει τοποθετηθεί ανάμεσα στον αντικειμενικό και τον προσοφθάλμιο φακό, κατευθύνει το προσπίπτον φως κάθετα στη στιλβωμένη επιφάνεια του παρασκευάσματος που μελετάμε. Χρησιμοποιούνται ειδικοί αντικειμενικοί φακοί για την παρατήρηση μη καλυμμένων παρασκευασμάτων. Η περιστρεφόμενη τράπεζα μετακινείται ελεύθερα προς τα πάνω ή προς τα κάτω, ώστε να μπορεί να γίνει η εστίαση σε διαφορετικά πάχη παρασκευασμάτων. Τα συνήθη μεταλλογραφικά μικροσκόπια διαθέτουν δύο τύπους ανακλαστήρων: τη γυάλινη πλάκα και το πρίσμα ολικής ανάκλασης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιλεκτικά (Αλεβίζος, 2005) .

Προετοιμασία δειγμάτων

Για την μελέτη του μεταλλεύματος θα πρέπει να παρασκευαστεί μια στιλβωμένη τομή, η οποία στην επιφάνειά της δεν πρέπει να έχει χαραγές και ανωμαλίες. Το υλικό που προορίζεται για στίλβωση πρέπει αρχικά να εμποτιστεί σε τεχνητή ρητίνη. Μετά τοποθετείται σε ειδικές φόρμες, διαμέτρου περίπου 4 εκατοστών, στις οποίες προστίθεται ποσότητα του υγρού υλικού έγκλισης. Στη συνέχεια, γίνεται λείανση της επιφάνειας του δείγματος. Η διαδικασία της λείανσης ολοκληρώνεται σε τρία στάδια με διαφορετικές κοκκομετρίες των λειαντικών μέσων το καθένα. Ως λειαντικό μέσο χρησιμοποιείται καρβίδιο του πυριτίου ή βολφραμίου. Το παρασκεύασμα λειαίνεται πάνω σε έναν περιστρεφόμενο μεταλλικό δίσκο πάνω σε πλάκα, παρουσία νερού.

Τέλος γίνεται η διαδικασία της στίλβωσης. Χρησιμοποιείται η μέθοδος Vanderwilt-Rehwald, καθώς είναι η μοναδική μέθοδος στίλβωσης με την οποία παρασκευάζονται στιλπνές τομές ελεύθερες από ανάγλυφο και χαραγές. Στη μέθοδο αυτή, γίνεται χρήση της συσκευής Rehwald και επιλέγονται διάφορα μέσα στίλβωσης (π.χ. αδαμανταλοιφές, καρβίδιο του βορίου). Ως λιπαντικό μέσο χρησιμοποιείται ένα μίγμα από παραφινέλαιο, πετρέλαιο και εκχυλίσματα πίσσας. Η ποιότητα της στίλβωσης εξαρτάται τόσο από τη διάρκεια αυτής, όσο και από τη χρήση αλοιφής MgO κατά το τελικό στάδιο της στίλβωσης (Αλεβίζος, 2005).

3.4 Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)

Το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης είναι ένα όργανο που λειτουργεί όπως περίπου και ένα οπτικό μικροσκόπιο μόνο που χρησιμοποιεί δέσμη ηλεκτρονίων υψηλής ενέργειας αντί για φως, για να εξετάσει αντικείμενα σε λεπτομερή κλίμακα. Τα ηλεκτρόνια λόγω της κυματικής τους φύσης μπορούν να εστιαστούν όπως και τα φωτεινά κύματα αλλά σε πολύ μικρότερη επιφάνεια (π.χ. κόκκος υλικού). Η δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει την επιφάνεια του δείγματος με το οποίο αλληλεπιδρά. Από την αλληλεπίδραση αυτή προκύπτουν πληροφορίες σε σχέση με τα άτομα των στοιχείων που απαρτίζουν το εξεταζόμενο υλικό. Από τα άτομα των στοιχείων εκπέμπονται κυρίως δευτερογενή (secondary) και οπισθοσκεδαζόμενα (backscattered) ηλεκτρόνια καθώς και ακτίνες X. Η ένταση των εκπεμπομένων ηλεκτρονίων επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας. Έτσι το SEM δίνει πληροφορίες που αφορούν κυρίως στη μορφολογία και στη σύσταση της επιφανείας. Εφαρμόζοντας ένα σύστημα ανίχνευσης της διασποράς των ενεργειών των ακτίνων X που δημιουργούνται στην επιφάνεια από την προσπίπτουσα δέσμη, μπορεί να γίνει ημιποσοτική στοιχειακή ανάλυση του υλικού (www.ntua.gr).

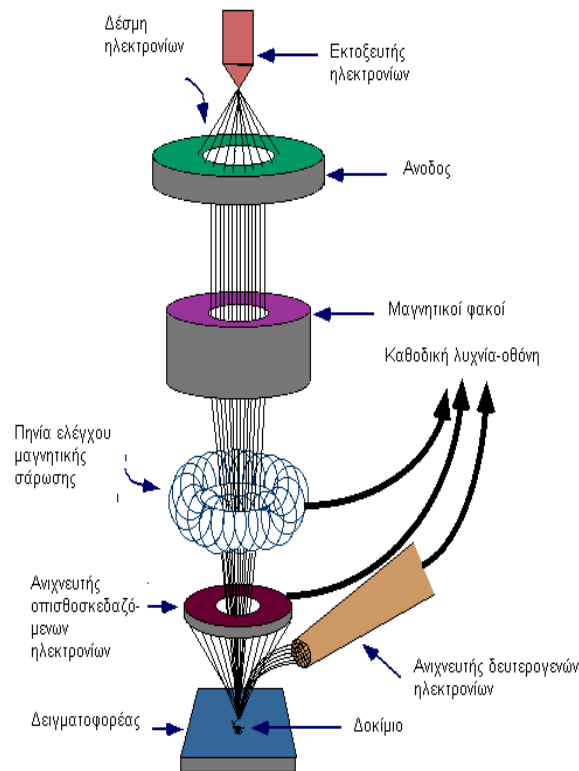
Επομένως το SEM χρησιμοποιείται για την εξέταση μικροδομής στερεών δειγμάτων και για να δίνει εικόνες υψηλού βαθμού διείσδυσης.

Η λειτουργία του SEM στηρίζεται στις αλληλεπιδράσεις του προς εξέταση δείγματος και της προσπίπτουσας σε αυτό δέσμης ηλεκτρονίων. Οι βασικές διατάξεις που υπάρχουν στο μικροσκόπιο είναι το σύστημα παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων, το σύστημα κατεύθυνσης της δέσμης, το σύστημα πληροφοριών και τέλος το σύστημα κενού (www.ntua.gr).

Τα βασικά στάδια λειτουργίας ενός ηλεκτρονικού μικροσκοπίου είναι:

- Σχηματίζεται μιά δέσμη ηλεκτρονίων από την πηγή η οποία επιταχύνεται προς το δείγμα μέσω ενός θετικού ηλεκτρικού δυναμικού
- Χρησιμοποιώντας μεταλλικά ανοίγματα, ηλεκτρομαγνητικούς φακούς και πηνία σάρωσης, επιτυγχάνεται μιά λεπτή εστιασμένη μονοχρωματική δέσμη η οποία σαρώνει την επιφάνεια του δείγματος
- Οι αλληλεπιδράσεις δέσμης δείγματος καταγράφονται από τους ανιχνευτές και μετατρέπονται σε εικόνα.

Τα παραπάνω στάδια ισχύουν για όλους τους τύπους ηλεκτρονικών μικροσκοπίων (www.ntua.gr).



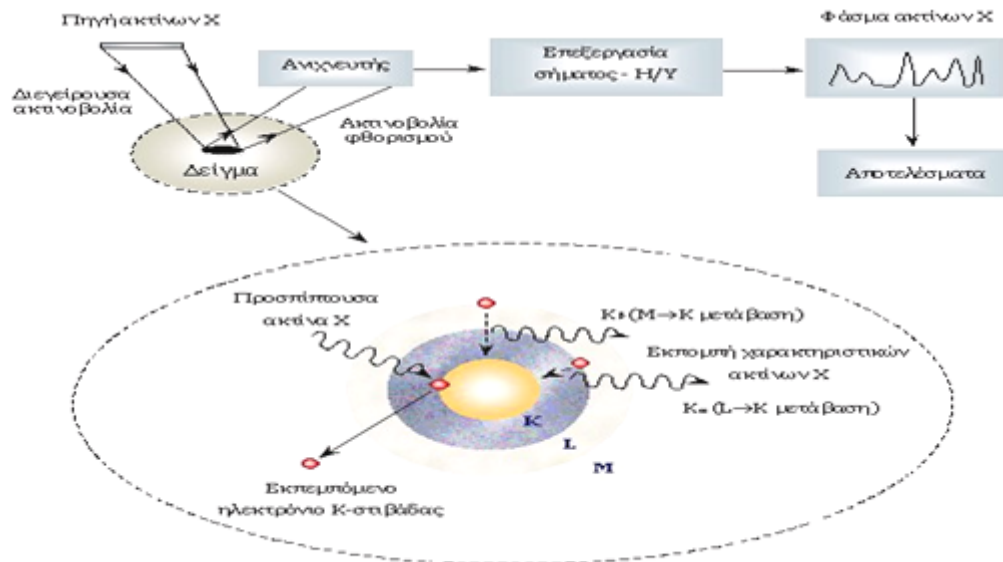
Σχήμα 3.1: Διάγραμμα λειτουργίας ηλεκτρονικού μικροσκοπίου

3.5 Μέθοδος φασματομετρίας ακτίνων-X

Όταν ένα άτομο βομβαρδιστεί με ενέργεια μεγαλύτερη της αντίστοιχης του δεσμού των ηλεκτρονίων του, τότε έχουμε μετακίνηση ηλεκτρονίων από εσωτερικές σε εξωτερικές στιβάδες. Έτσι, δημιουργούνται κενές θέσεις ηλεκτρονίων που καλύπτονται από ηλεκτρόνια που πέφτουν στις θέσεις αυτές από τις εξωτερικές στιβάδες. Η πλήρωση των κενών θέσεων συνοδεύεται με εκπομπή ακτίνων X, ενέργειας ίσης με τη διαφορά ενέργειας της εξωτερικής από την εσωτερική στιβάδα. Η διέγερση του δείγματος για εκπομπή ακτίνων X γίνεται με ειδικές λυχνίες ακτίνων X, ενέργειας πολλαπλάσιας αυτής που θέλουμε να διεγείρουμε.

Η γεωμετρία του φασματόμετρου ακτίνων X είναι όμοια με αυτή του περιθλασιμέτρου ακτίνων X. Ο προσδιορισμός του μήκους κύματος γίνεται με τη βοήθεια της εξίσωσης του Bragg: $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$. Το δείγμα διεγείρεται και

στη συνέχεια εκπέμπει ακτίνες X των στοιχείων που το αποτελούν. Σαρώνοντας μια συγκεκριμένη περιοχή 2θ με το γωνιόμετρο του φασματομέτρου, παρατηρούνται ανακλάσεις εφόσον πληρείται η εξίσωση του Bragg. Στη συνέχεια, λύνοντας την εξίσωση αυτή ως προς λ ($2d$: σταθερό, θ : μετράται) προσδιορίζεται το αντίστοιχο χημικό στοιχείο (Περδικάκης και Πεντάρη, 2003).



Σχήμα 3.2: Η αρχή λειτουργίας και η τυπική διάταξη φασματοσκοπίας XRF

Μια τυπική διάταξη φασματοσκοπίας φθορισμού ακτίνων X περιλαμβάνει μια πηγή πρωτογενούς ακτινοβολίας (ραδιοϊσότοπο ή λυχνία ακτίνων X) και ένα σύστημα ανίχνευσης της δευτερεύουσας ακτινοβολίας του δείγματος (Περδικάκης και Πεντάρη, 2003).

Για ποσοτική μελέτη με τη μέθοδο XRF απαιτείται βαθμονόμηση του συστήματος με πρότυπα δείγματα, γνωστής περιεκτικότητας, στην περιοχή συγκεντρώσεων του υπό εξέταση δείγματος. Η ακρίβεια της βαθμονόμησης εξαρτάται ισχυρά από τη μορφολογία του δείγματος, η οποία πρέπει να συμπίπτει κατά το δυνατόν με εκείνη του προτύπου. Σημαντικό είναι επίσης να διατηρείται σταθερή γεωμετρία κατά την παρασκευή και τοποθέτηση των δειγμάτων στο σύστημα XRF (uoi.gr) .

Οι ελάχιστες συγκεντρώσεις που είναι δυνατόν να προσδιοριστούν μέσω της φασματοσκοπίας XRF, καθορίζονται τόσο από τα όρια ανίχνευσης του ανιχνευτικού συστήματος όσο και από τα όρια ανίχνευσης της αναλυτικής μεθόδου (π.χ. προετοιμασία του δείγματος, χρονική διάρκεια της μέτρησης κλπ.). Ανάλογα με το είδος του στοιχείου που προσδιορίζεται και τη μήτρα του δείγματος τα κατώτερα όρια ανίχνευσης κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 100 ppm (uoi.gr).

Προετοιμασία δειγμάτων

Οι μέθοδοι προετοιμασίας των δειγμάτων ποικίλουν ανάλογα με το είδος της μελέτης (επιτόπια ή επεμβατική). Η ομοιογένεια του δείγματος είναι σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα της ανάλυσης. Δείγματα σε μορφή λεπτών κόκκων διαμορφώνονται συνήθως σε λεπτά δισκία με τη βοήθεια υδραυλικού πιεστηρίου. Η ξήρανση των δισκίων είναι απαραίτητη εφόσον το ποσοστό υγρασίας ανέρχεται σε 20%, λόγω των αλλαγών που προκαλούνται στη μήτρα του δείγματος. Για αναλύσεις μεγαλύτερης ακρίβειας, τα δείγματα υποβάλλονται σε καύση με πυροφωσφορικά ή τετραβορικά άλατα.

3.6 Δοκιμές εμπλουτισμού σιδηρομεταλλεύματος

Μέθοδος εμπλουτισμού λέγεται η διεργασία η οποία εφαρμόζεται με σκοπό την εκμετάλλευση της φυσικής ή τεχνητής διαφοράς στις ιδιότητες του χρήσιμου συστατικού και του στείρου ενός μεταλλεύματος ή ορυκτού για το μεταξύ τους διαχωρισμό. Για να εφαρμοστεί μια μέθοδος εμπλουτισμού πρέπει από τη μια μεριά να έχει επέλθει αποδέσμευση του μεταλλεύματος από το στείρο και από την άλλη να έχει εξευρεθεί η φυσική ή επιβληθεί η τεχνητή διαφορά στις μεταξύ τους ιδιότητες.

3.6.1 Γενικά για τη μέθοδο βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Βαρυτομετρικός διαχωρισμός ονομάζεται μια σειρά διαδικασιών εμπλουτισμού μεταλλευμάτων, που στηρίζονται στη διαφορά των πυκνοτήτων τους για το διαχωρισμό ορυκτών. Το αποτέλεσμα του διαχωρισμού αυτού εξαρτάται ωστόσο από το μέγεθος και το σχήμα των τεμαχιδίων (Σταμπολιάδης, 2001) .

Η μέθοδος των βαρέων υγρών ανήκει στις βαρυτομετρικές μεθόδους εμπλουτισμού. Η αρχή της μεθόδου στηρίζεται στο γεγονός ότι ένα σώμα αιωρείται σε ένα υγρό όταν το ειδικό του βάρος ταυτίζεται με αυτό του υγρού. Όταν το ειδικό βάρος του σώματος είναι μικρότερο από του υγρού, τότε το σώμα επιπλέει στο υγρό, ενώ στην αντίθετη περίπτωση καταβυθίζεται σε αυτό. Η συγκεκριμένη μέθοδος στηρίζεται στο διαχωρισμό των ορυκτών του μεταλλεύματος κατά ειδικά βάρη με τη χρήση μιας σειράς βαρέων υγρών. Επειδή τα ειδικά βάρη των χρησιμοποιούμενων υγρών αυξάνουν σταδιακά, το μετάλλευμα διαχωρίζεται σε επιμέρους κλάσματα ειδικών βαρών. Προϋπόθεση της μεθόδου είναι τα προς διαχωρισμό ορυκτά να έχουν μια διαφορά ειδικού βάρους τουλάχιστον $0,05 \text{ gr/cm}^3$. Δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση όπου τα ορυκτά έχουν μεγάλη πυκνότητα, αφού το υγρό με το μεγαλύτερο ειδικό βάρος που χρησιμοποιείται είναι το διάλυμα Clerici με πυκνότητα $4,5 \text{ gr/cm}^3$ (όπως φαίνεται από τον παρακάτω πίνακα). Η χρήση των βαρέων υγρών γενικά είναι περιορισμένη, αφού δεν μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και η παραγωγή τους έχει υψηλό κόστος

(Μαρτίνη, 2004). Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται μερικά απο τα συνηθέστερα βαρέα υγρά:

Βαρύ Υγρό	Πυκνότητα(gr/cm^3)
Τετραβρωμιούχος ασετυλίνη(CHBr_3)	2.904
Διάλυμα Thoulet	3.196
Ιωδιούχο μεθυλένιο(CH_2I_2)	3.32
Διάλυμα Clerici	4.5
Τετραχλωράνθρακας	1.59
Τετραβρωμοαιθάνιο	2.96
Βρωμοφόρμιο	2.82

Πίνακας 3.1: Βαρέα υγρά που χρησιμοποιούνται στη βαρυτομετρική μέθοδο και πυκνότητές τους

3.6.2 Γενικά για τη μέθοδο του μαγνητικού διαχωρισμού

Με την ανάπτυξη των μεθόδων εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων ή ορυκτών και με τη συνεχή έρευνα των φυσικοχημικών ιδιοτήτων ως μέσο εμπλουτισμού τους, διαπιστώθηκε ότι η μαγνητικότητα ή μη αυτών ήταν ικανό στοιχείο διαχωρισμού 2 ορυκτών. Η εφαρμογή του μαγνητικού πεδίου εξετάζεται, όπως είναι φυσικό, σε ομάδα κινούμενων τεμαχίων. Εξετάζεται επομένως η μεταξύ τους αλληλεπίδραση και η συμπεριφορά τους κατά τη διέλευση μέσα από τις μαγνητικές γραμμές. Η εισαγωγή τεμαχίων μεταλλεύματος μέσα σε μαγνητικό πεδίο και η διέλευση των μαγνητικών γραμμών από αυτά τα καθιστά μαγνήτες που προσανατολίζονται σύμφωνα με τη θέση των αντίστοιχων πόλων. Έτσι δημιουργείται μια αμοιβαία έλξη του ενός προς το άλλο και το μαγνητικό πεδίο παρουσιάζεται πλήρως από συσσωματωμένα τεμάχια κατά μήκος των μαγνητικών γραμμών (www.ntua.gr).

Ο μαγνητικός διαχωρισμός είναι η μέθοδος εμπλουτισμού που στηρίζεται στη διαφορά μαγνητικών ιδιοτήτων ανάμεσα στο μέταλλευμα και το στείρο. Μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο όλα τα υλικά αντιδρούν με συγκεκριμένο τρόπο, εκτός βέβαια από μερικά υλικά που η αντίδραση αυτή είναι τόσο μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί πρακτικά. Ανάλογα με τη μαγνητική τους συμπεριφορά, τα υλικά διακρίνονται σε 2 μεγάλες κατηγορίες τα διαμαγνητικά και τα παραμαγνητικά (Σταμπολιάδης, 2001). Διαμαγνητικά ονομάζονται τα υλικά που απωθούνται από τα σημεία μαγνητικού πεδίου μεγάλης έντασης και οδηγούνται στα σημεία όπου η έντασή του εξασθενεί. Τα διαμαγνητικά υλικά δεν έχουν προϋπάρχουσα μαγνητική ροπή. Η μαγνητική επιδεκτικότητα είναι αρνητική και ανεξάρτητη της θερμοκρασίας και της έντασης του μαγνητικού πεδίου. Παραδείγματα διαμαγνητικών σωμάτων είναι ο ασβεστίτης (CaCO_3), το ορυκτό άλας ή αλίτης (NaCl), ο χαλαζίας (SiO_2), η γύψος ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), τα μέταλλα Au, Ag, Bi καθώς επίσης τα ορυκτά που οι κρύσταλλοί τους σχηματίζονται με δυνάμεις ομοιοπολικού δεσμού ή έχουν

ιόντα με διαμόρφωση ίδια με εκείνη που έχουν τα ευγενή αέρια. Παραμαγνητικά είναι τα υλικά που έλκονται από τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου και κατευθύνονται στα σημεία που η έντασή του αυξάνει. Παραδείγματα παραμαγνητικών υλικών είναι το Li, K, Na, Al, Mn, Pt, Pd, Cd, U και οι ενώσεις CuCl_2 , NiSO_4 , γκαιίτης ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ή $\alpha\text{-FeOOH}$), λεπιδοκροκίτης ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ ή $\gamma\text{-FeOOH}$), ο αιματίτης (Fe_2O_3), ο χρωμίτης (FeCr_2O_4) και ο ιλμενίτης (FeTiO_3) (www.ntua.gr).

Υπάρχουν και άλλες 3 υποκατηγορίες υλικών ανάλογα με τις μαγνητικές τους ιδιότητες: τα σιδηρομαγνητικά, τα αντισιδηρομαγνητικά και τα σιδηριμαγνητικά.

Τα σιδηρομαγνητικά υλικά είναι μια κατηγορία παραμαγνητικών υλικών, στα οποία η δύναμη έλξης από τα μαγνητικά πεδία είναι πολύ μεγάλη σε σύγκριση με τα υπόλοιπα παραμαγνητικά υλικά. Είναι πολύ επιρρεπή στις μαγνητικές δυνάμεις και πολλά από αυτά παραμένουν μαγνητισμένα ύστερα από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου. Παραδείγματα σιδηρομαγνητικών υλικών είναι ο Fe, Ni, Co, Cd, Dy και τα κράματά τους, ο μαγκεμίτης ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), ο μαγνητίτης (Fe_3O_4) και οι ενώσεις FeS και Fe_3C . Τα σιδηρομαγνητικά ορυκτά και τα παραμαγνητικά υλικά εμπλουτίζονται εύκολα με τη βοήθεια μαγνητικών μαγνητικών διαχωριστών χαμηλής έντασης πεδίου. Μαγνητικοί διαχωριστές υψηλής έντασης (πεδίο πιο ισχυρό από 2 T) χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό ορυκτών παραμαγνητικών ορυκτών με μικρή διαφορά στην μαγνητική επιδεκτικότητα, όπως ζirkόνιο (ZrO_2), απατίτης ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F,Cl,OH})$), κ.λπ. Αντίθετα, τα αντισιδηρομαγνητικά υλικά είναι εκείνα στα οποία η δύναμη έλξης είναι μικρή σε σχέση με τα υπόλοιπα παραμαγνητικά υλικά. Αντισιδηρομαγνητικά είναι οι ενώσεις MnF_2 , MnO_2 , FeF_2 , FeCl_2 , FeO , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής), Ti_2O_3 , TiCl_3 , VO_2 , Cr_2O_3 , CoO , NiO , $\text{CuCl}\cdot\text{H}_2\text{O}$, Fe_2TiO_4 . Τα σιδηριμαγνητικά έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα σιδηρομαγνητικά με επιπλέον μόνιμη αρχική μαγνήτιση και εξάρτηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας από τη θερμοκρασία (www.metal.ntua.gr).

Οι μηχανές με τις οποίες πετυχαίνεται η συνεχής απομάκρυνση των μαγνητικών από τα μη μαγνητικά τεμάχια και η λήψη των αντίστοιχων προϊόντων είναι οι μαγνητικοί διαχωριστές. Οι μαγνητικοί διαχωριστές διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τους μαγνητικούς διαχωριστές με μόνιμους μαγνήτες και τους μαγνητικούς διαχωριστές με ηλεκτρομαγνήτες. Όπως σε κάθε μηχανή εμπλουτισμού, λαμβάνονται υπόψη ορισμένα απαραίτητα στοιχεία για την αποδοτική τους λειτουργία. Τα στοιχεία αυτά είναι :

- Δημιουργία κατάλληλου συγκλίνοντος μαγνητικού πεδίου
- Ευχερής ρύθμιση της έντασης του πεδίου
- Ομαλή τροφοδότηση των τεμαχίων του μεταλλεύματος είτε σε μορφή λεπτού στρώματος είτε σε συνεχή μονοτεμαχιακή γραμμή
- Έλεγχος της ταχύτητας διέλευσης των τεμαχίων μέσα από το μαγνητικό πεδίο
- Αποφυγή (ή και διόρθωση) της παγίδευσης μη μαγνητικών τεμαχίων μεταξύ ή μέσα στα μαγνητικά συσσωματώματα
- Μέριμνα, αν είναι απαραίτητη, για τη λήψη ενδιάμεσου προϊόντος

- Περιορισμός στο ελάχιστο των κινούμενων (φθειρόμενων) εξαρτημάτων της μηχανής

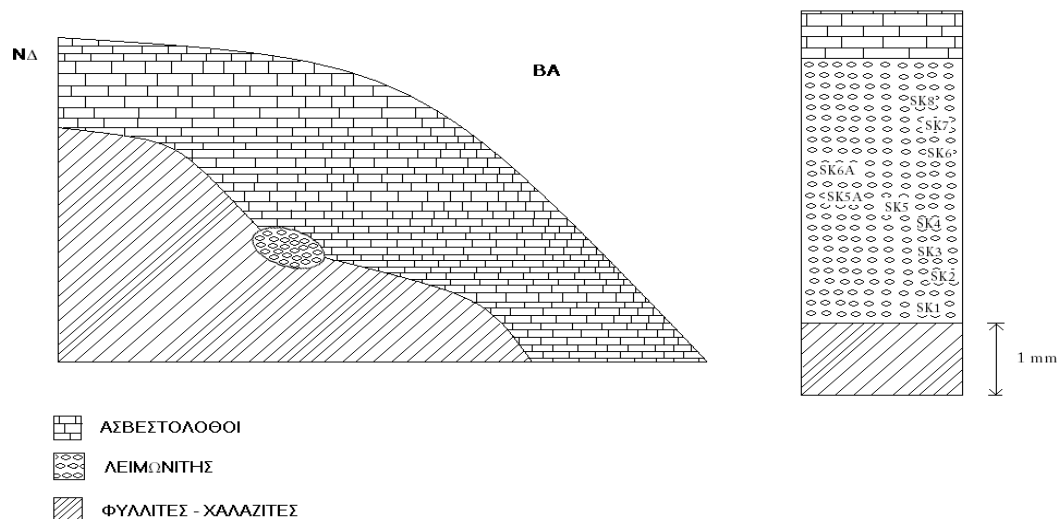
Παγιδεύσεις μη μαγνητικών υλικών μέσα στα μαγνητικά συσσωματώματα είναι ιδιαίτερα σοβαρές, από την άποψη της ποιότητας του συμπυκνώματος στους διαχωριστές που λειτουργούν σε ξηρό περιβάλλον και τροφοδοτούνται με μικρομερή τεμαχίδια ισχυρών μαγνητικών ιδιοτήτων. Οι παγιδεύσεις, βέβαια, περιορίζονται σημαντικά όταν τα τεμάχια είναι χονδρομερή και ταξινομημένα σε κοκκομετρικά κλάσματα. (www.metal.ntua.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΡΧΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

4.1 Δειγματοληψία

Το υπό διερεύνηση μετάλλευμα βρίσκεται σε φακοειδή μορφή στην επαφή φυλλιτών-χαλαζιτών της Φυλλιτικής-Χαλαζιτικής σειράς και των υπερκείμενων ασβεστολιθικών πετρωμάτων (Σχ. 4.1). Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η λήψη των δειγμάτων (SK1, SK2, SK3, SK4, SK5, SK5A, SK6, SK6A, SK7, SK8) πραγματοποιήθηκε στο στρώμα του λειμωνίτη που βρίσκεται ενδιάμεσα στο ασβεστολιθικό στρώμα και στο στρώμα φυλλιτών-χαλαζιτών.



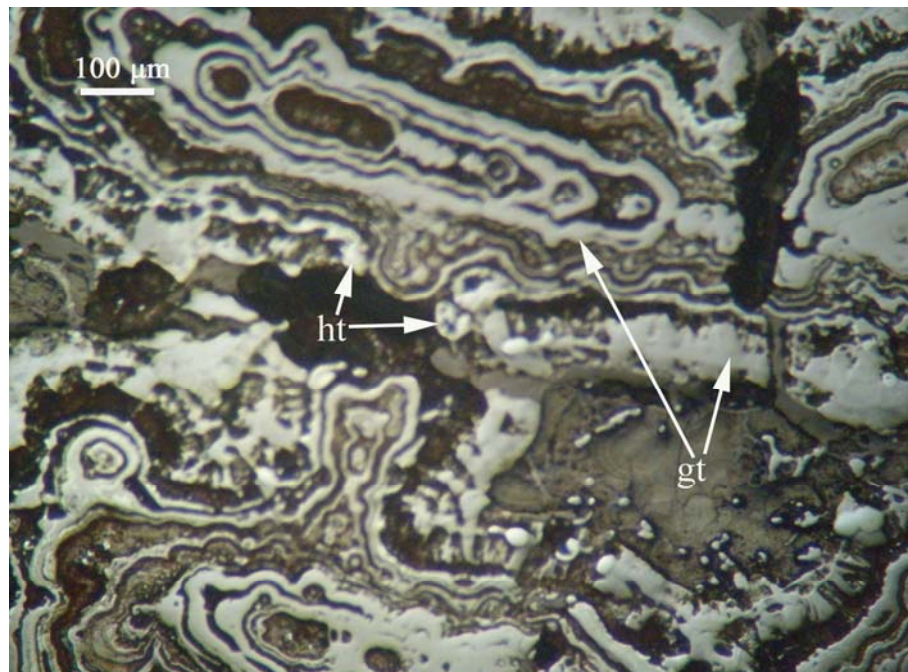
Σχήμα 4.1 Γεωλογική τομή και στρωματογραφική στήλη του σιδηρομεταλλεύματος της περιοχής Σκινέ Χανίων.

4.2 Ορυκτολογική εξέταση του σιδηρομεταλλεύματος

Η ορυκτολογική εξέταση και η ιστολογική περιγραφή των δειγμάτων του μεταλλεύματος έγινε κατά μήκος τομής από τη βάση προς την οροφή της εμφάνισης.

Δείγμα SK1

Το δείγμα SK1 αποτελείται κυρίως από χαλαζία, γκαιίτη και δευτερευόντως από γκιπσίτη, αιματίτη και μοσχοβίτη, σύμφωνα με την ακτινοσκοπική εξέταση. Ο χαλαζίας βρίσκεται με τη μορφή αλλοτριόμορφων κρυστάλλων, οι οποίοι είναι σε μεγάλο βαθμό κατακερματισμένοι και είναι διάσπαρτοι στο συνδετικό υλικό του χαλαζιτικού μητρικού πετρώματος. Το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων αντικαθίσταται σταδιακά από σιδηρούχα διαλύματα επιγεννητικής προέλευσης, τα οποία εναποτίθενται με μορφή γκαιίτη. Ο γκαιίτης σχηματίζει συγκεντρικές επιφλοιώσεις κατά μήκος ρωγμών, διάκενων και γύρω από τους κόκκους χαλαζία (Σχ. 4.2). Ο γκαιίτης μεταβαίνει βαθμιαία σε αιματίτη, λόγω αφυδάτωσης. Κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη μικρού σχετικά μεγέθους παρατηρήθηκαν επίσης διάσπαρτοι στο συνδετικό υλικό του μεταλλεύματος.

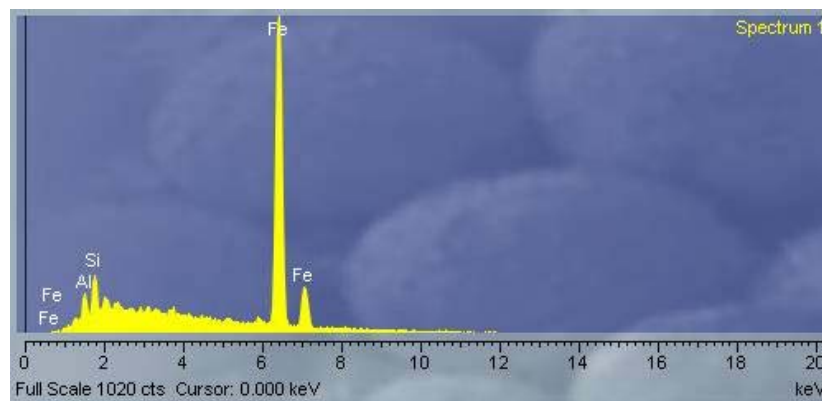
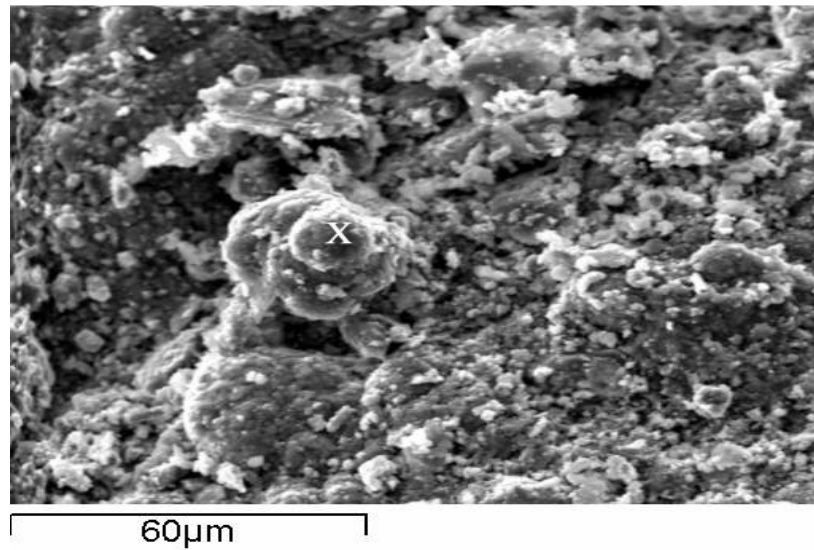


Σχήμα 4.2: Συγκεντρικές επιφλοιώσεις γκαιίτη γύρω από διάκενα, ο οποίος μεταβαίνει σταδιακά σε αιματίτη. (gt : γκαιίτης, ht : αιματίτης).
Δείγμα SK1. Ανακλώμενο φως, //Nicols

Δείγμα SK2

Ο γκαιίτης αποτελεί το κύριο συστατικό του δείγματος SK2 (Σχ. 4.3), ενώ τα επιμέρους συστατικά είναι ο χαλαζίας, ο αιματίτης, ο μοσχοβίτης, ο γκιπσίτης και ο λεπιδοκροκίτης. Η σιδηρούχος μεταλλοφορία αναπτύσσεται μεταξύ των κόκκων χαλαζία με μορφή γκαιίτη και μερικώς με μορφή λεπιδοκροκίτη, αντικαθιστώντας το συνδετικό υλικό του χαλαζίτη. Επίσης παρατηρούνται συγκεντρικές δομές των σιδηρούχων ορυκτών κατά μήκος ορίων κόκκων και διάκενων, όπου ο αιματίτης αντικαθιστά μερικώς το γκαιιτικό υλικό.

Σποραδικά παρατηρούνται κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη με μικρό σχετικά μέγεθος

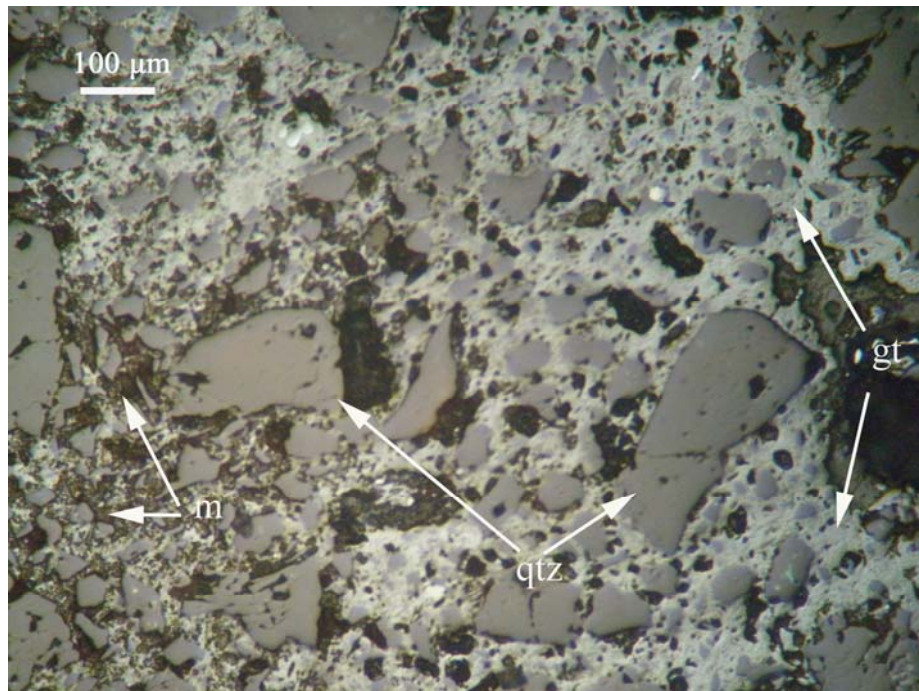


Σχήμα 4.3: Μικροφωτογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) και σημειακή στοιχειακή ανάλυση (EDS) σιδηρομεταλλεύματος (γκαιίτη)

Δείγμα SK3

Η κυρίαρχη ορυκτολογική φάση του δείγματος SK3 είναι ο χαλαζίας, ενώ ανιχνεύτηκε γκαϊπίτης σε σχετικά μικρό ποσοστό, ο οποίος αντικαθιστά βαθμιαία το συνδετικό υλικό (Σχ. 4.4). Τα επιμέρους συστατικά του δείγματος είναι αιματίτης, μοσχοβίτης, τάλκης και γκιπσίτης σύμφωνα με την ακτινοσκοπική εξέταση. Οι κρύσταλλοι χαλαζία έχουν διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό και είναι έντονα κατακερματισμένοι, λόγω τεκτονικής καταπόνησης. Ο

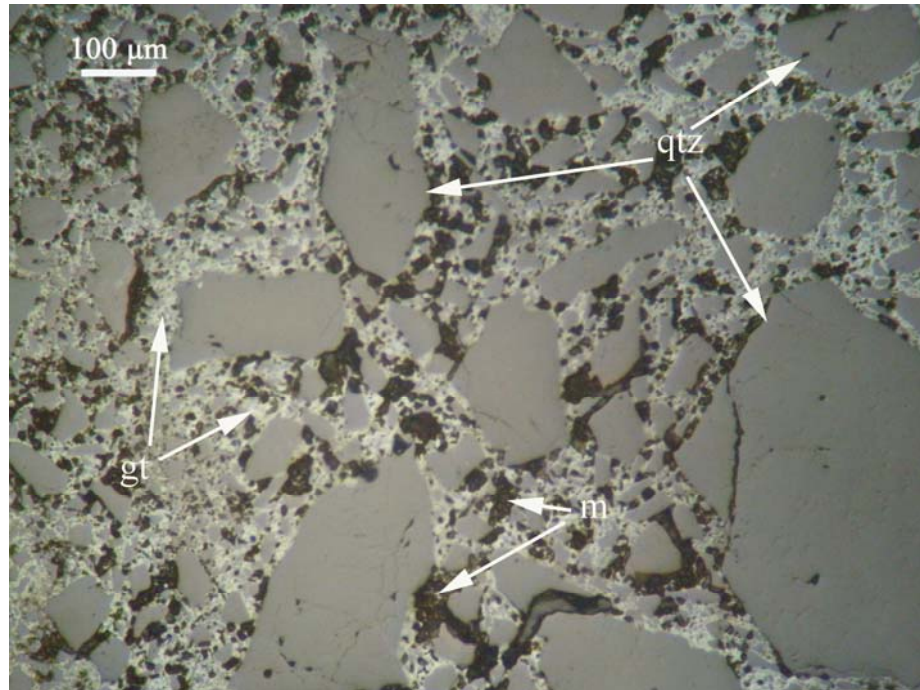
γκαιίτης απαντάται κατά μήκος ρηγματογενών κενών του μητρικού πετρώματος.



Σχήμα 4.4: Σιδηρούχος μεταλλοφορία υπό μορφή γκαιίτη αντικαθιστά βαθμιαία το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων.
(gt : γκαιίτης, qtz : χαλαζίας, m : συνδετικό υλικό)
Δείγμα SK3. Ανακλώμενο φως, //Nicols

Δείγμα SK4

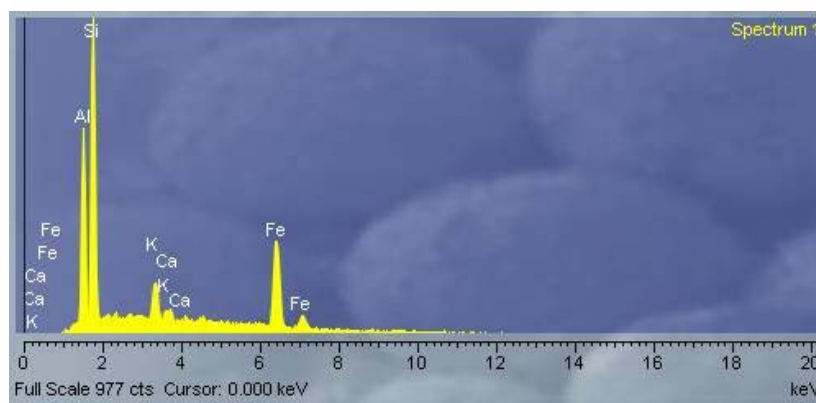
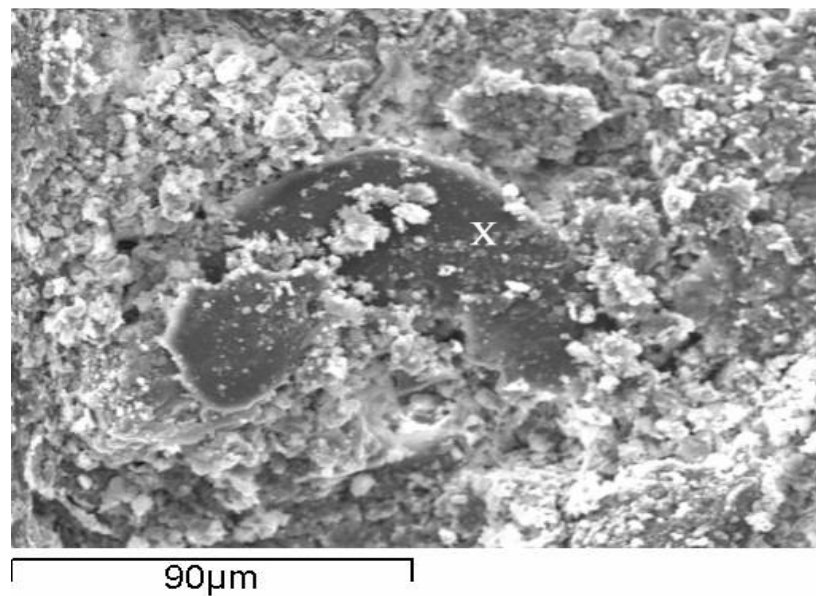
Ο χαλαζίας είναι το βασικό συστατικό του δείγματος SK4, ενώ ο γκαιίτης, ο αιματίτης, ο μοσχοβίτης και ο γκιπσίτης αποτελούν τα επιμέρους συστατικά του. Οι χαλαζιακοί κόκκοι είναι σε μεγάλο βαθμό κατακερματισμένοι, γεγονός που οφείλεται σε τεκτονική καταπόνηση των μητρικών πετρωμάτων. Η σιδηρούχος μεταλλοφορία αντικαθιστά σταδιακά το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων (Σχ. 4.5). Μερικώς διεισδύει με βελονοειδή μορφή εντός των χαλαζιακών κόκκων. Τα σιδηρούχα διαλύματα εναποτίθενται με μορφή γκαιίτη, που μεταβαίνει σταδιακά σε αιματίτη.



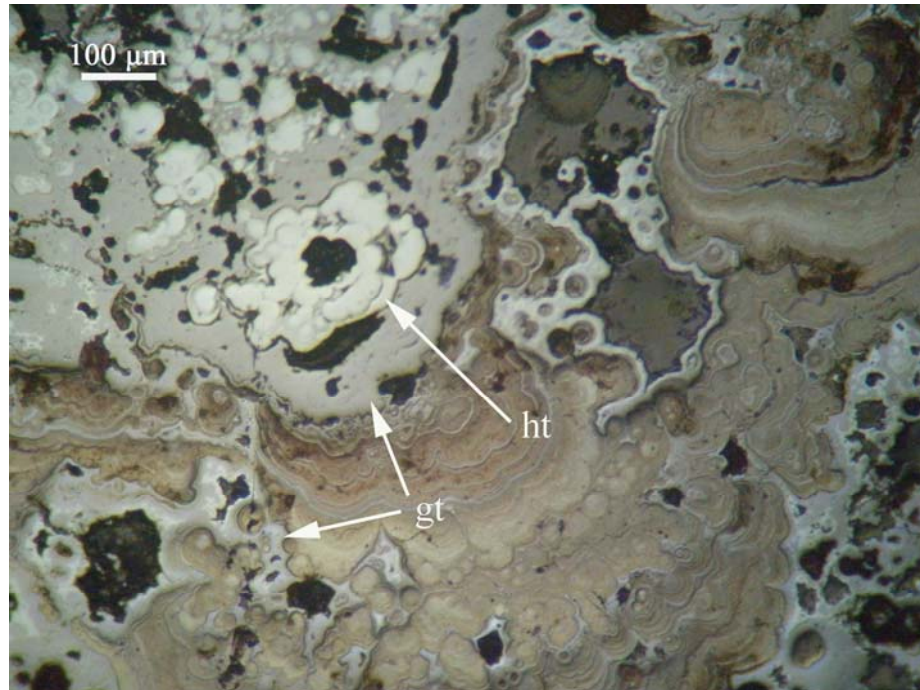
Σχήμα 4.5: Γκαίιτης αντικαθιστά σταδιακά το συνδετικό υλικό μεταξύ των χαλαζιακών κόκκων. (gt : γκαίιτης, qtz : χαλαζίας, m : συνδετικό υλικό)
Δείγμα SK4. Ανακλώμενο φως, //Nicols

Δείγματα SK5 και SK5A

Τα δείγματα SK5 και SK5A αποτελούνται κυρίως από χαλαζία και μερικώς από γκαίιτη, αιματίτη, μοσχοβίτη, τάλκη και γκιπσίτη. Οι κόκκοι του χαλαζία έχουν υποστεί σε μεγάλο βαθμό τεκτονική καταπόνιση με αποτέλεσμα τον κατακερματισμό τους. Σποραδικά στο συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων υπάρχουν φυλλάρια μοσχοβίτη (Σχ. 4.6), που έχουν διαταχθεί κυρίως σε μια κατεύθυνση. Ο γκαίιτης βρίσκεται σε μικρό ποσοστό αντικαθιστώντας τοπικά το συνδετικό υλικό του μητρικού πετρώματος (Σχ. 4.7).



Σχήμα 4.6: Μικροφωρογραφία ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM) και σημειακή στοιχειακή ανάλυση (EDS) μοσχοβίτη, ο οποίος υπόκειται σε σταδιακή αντικατάσταση από σιδηρούχα διαλύματα



Σχήμα 4.7: Τα σιδηρούχα διαλύματα σχηματίζουν συγκεντρικές επιφλοιώσεις με μορφή γκαιίτη, ο οποίος μεταβαίνει σταδιακά σε αιματίτη.

(gt : γκαιίτης, ht : αιματίτης)

Δείγμα SK5. Ανακλώμενο φως, //Nicols

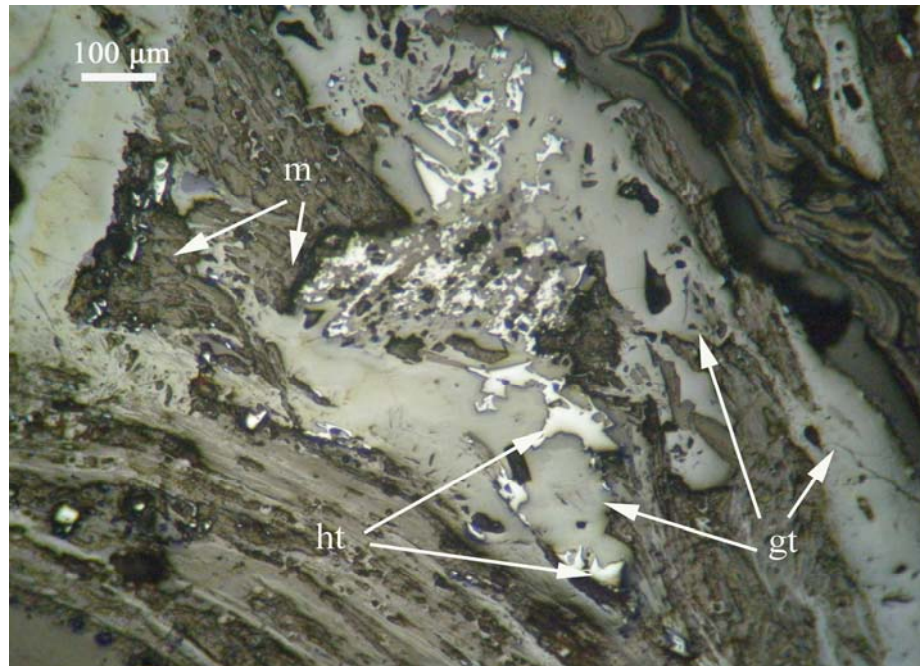
Δείγματα SK6 και SK6A

Τα βασικά ορυκτολογικά συστατικά των δειγμάτων SK6 και SK6A είναι κυρίως γκαιίτης, χαλαζίας και δευτερευόντως μοσχοβίτης, αιματίτης, γκιπσίτης και επιπλέον στο δείγμα SK6 καλιούχος άστριος, ενώ στο δείγμα SK6A τάλκης. Οι κρύσταλλοι του χαλαζία είναι αλλοτριόμορφοι και στο σύνολό τους κατακερματισμένοι. Τα φυλλοπυριτικά ορυκτά τάλκης και μοσχοβίτης απαντώνται σε βελονοειδή και λεπιοειδή μορφή αντίστοιχα, σχηματίζοντας φλεβίδια, που αναπτύσσονται μεταξύ των χαλαζιακών κόκκων. Τα σιδηρούχα διαλύματα αντικαθιστούν σταδιακά τόσο το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων, όσο και τα φυλλοπυριτικά ορυκτά και εναποτίθενται με μορφή γκαιίτη. Ο γκαιίτης σχηματίζει σποραδικά συγκεντρικές επιφλοιώσεις κατά μήκος ρωγμών και διάκενων μεταβαίνοντας βαθμιαία σε αιματίτη.

Δείγμα SK7

Το δείγμα SK7 αποτελείται κυρίως από χαλαζία και σε μικρότερο ποσοστό από γκαιίτη, αιματίτη και μοσχοβίτη. Ο χαλαζίας βρίσκεται με τη μορφή αδρόκοκκων κρυστάλλων, οι οποίοι είναι σε μεγάλο βαθμό κατακερματισμένοι. Ο γκαιίτης αντικαθιστά μερικώς το συνδετικό υλικό

μεταξύ των κόκκων χαλαζίτη, μεταβαίνοντας σταδιακά σε αιματίτη, λόγω αφυδάτωσης (Σχ. 4.8).



Σχήμα 4.8: Γκαιίτης αντικαθιστά το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων και μεταβαίνει βαθμιαία σε αιματίτη, λόγω αφυδάτωσης.
(gt : γκαιίτης, ht : αιματίτης, m : συνδετικό υλικό)
Δείγμα SK7. Ανακλώμενο φως, //Nicols

Δείγμα SK8

Η ορυκτολογική σύσταση του δείγματος SK8 είναι κυρίως γκαιίτης και χαλαζίας. Σαν επιμέρους συστατικά απαντώνται επίσης αιματίτης, μοσχοβίτης και γκιπσίτης. Ο χαλαζίας αποτελείται κυρίως από αδρόκοκκους ανισοκοκκώδεις κρυστάλλους. Σιδηρούχος μεταλλοφορία με μορφή γκαιίτη απαντάται επίσης κατά μήκος ρωγμών και διάκενων, σχηματίζοντας συγκεντρικές δομές.

Η μικροσκοπική εξέταση των δειγμάτων κατά μήκος της τομής έδειξε, ότι μια μεγάλης έκτασης μεταλλοφορία σιδήρου δευτερογενούς προέλευσης αναπτύσσεται κυρίως με μορφή γκαιίτη εντός των μητρικών πετρωμάτων φυλλιτών-χαλαζιτών αντικαθιστώντας βαθμιαία το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων. Η δομή του μεταλλεύματος χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.

4.3 Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων

Οι χημικές αναλύσεις καθώς και ο προσδιορισμός της απώλειας πύρωσης (LOI) των αρχικών δειγμάτων του σιδηρομεταλλεύματος αναγράφονται στον

πίνακα 4.1. Η απώλεια πύρωσης δείχνει το ποσοστό του κρυσταλλικού νερού και του διοξειδίου του άνθρακα που περιέχουν τα δείγματα.

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα 4.1, στα δείγματα SK1, SK3, SK4, SK5 και SK7 το ποσοστό του SiO_2 είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του Fe_2O_3 . Αντίθετα στα SK2, SK6A και SK8 το ποσοστό Fe_2O_3 είναι πολύ μεγαλύτερο του ποσοστού του SiO_2 . Τέλος, στα δείγματα SK5A και SK6 τα ποσοστά SiO_2 και Fe_2O_3 δε διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Και στα 10 δείγματα υπάρχει ένα μικρό αλλά σημαντικό ποσοστό Al_2O_3 . Στα δείγματα SK5A, SK6 και SK6A υπάρχει μικρό ποσοστό TiO_2 , K_2O και MgO αντίστοιχα.

Πίνακας 4.1: Χημικές αναλύσεις αρχικών δειγμάτων

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΔΕΙΓΜΑΤΑ									
κ.β. (%)	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK5A	SK6	SK6A	SK7	SK8
SiO ₂	71.62	16.96	68.12	65.91	57.77	43.61	40.70	14.43	73.90	24.69
Fe ₂ O ₃	15.17	63.96	17.74	18.37	28.03	36.81	37.94	63.00	15.38	55.76
Al ₂ O ₃	8.30	4.29	8.32	9.89	6.98	8.64	10.91	5.55	6.61	5.69
MgO	0.00	0.00	0.55	0.00	0.43	0.73	0.00	1.57	0.00	0.00
K ₂ O	0.30	0.12	0.34	0.24	0.50	0.92	1.30	0.72	0.40	0.18
TiO ₂	0.18	0.07	0.19	0.18	0.26	0.99	0.60	0.33	0.25	0.12
SO ₃	0.00	0.12	0.06	0.05	0.10	0.09	0.10	0.13	0.05	0.18
CaO	0.08	0.19	0.15	0.15	0.15	0.23	0.19	0.37	0.07	0.22
MnO	0.21	0.35	0.49	0.20	0.21	0.15	0.18	0.41	0.09	0.34
P ₂ O ₅	0.03	0.19	0.14	0.20	0.18	0.53	0.10	0.48	0.10	0.21
ZnO	0.01	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
Cr ₂ O ₃	0.02	0.00	0.02	0.06	0.02	0.04	0.00	0.08	0.02	0.00
A.Π.	3.92	13.86	4.18	5.11	5.15	6.81	8.41	13.15	3.60	12.67
Σύνολο	99.84	100.14	100.31	100.37	99.80	99.57	100.45	100.24	100.48	100.08

4.4 Συσχετισμός ορυκτολογικών-χημικών αναλύσεων

Το δείγμα SK1 περιέχει πολύ υψηλό ποσοστό SiO_2 (71,62 %). Αυτό δικαιολογείται από την παρουσία χαλαζία και μοσχοβίτη. Επίσης υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό Fe_2O_3 (15,17 %) και Al_2O_3 (8,30 %). Η παρουσία του Fe_2O_3 οφείλεται στην ύπαρξη γκαιίτη, λεπιδοκροκίτη και αιματίτη. Το ποσοστό του Al_2O_3 που βρέθηκε οφείλεται κυρίως στην παρουσία γκιπσίτη. Ένα σημαντικό ποσοστό του αργιλίου όμως ενδέχεται να έχει ενσωματωθεί στον γκαιίτη. Σύμφωνα με τον Thiel (1963) και τον Schellmann (1964) στο πλέγμα του γκαιίτη μπορεί να ενδομηθεί μέχρι και 33 Mol-% AlOOH .

Το δείγμα SK2 περιέχει πολύ υψηλό ποσοστό Fe_2O_3 (63,96 %). Το υψηλό αυτό ποσοστό δικαιολογείται λόγω της ύπαρξης γκαιίτη, αιματίτη και λεπιδοκροκίτη. Η παρουσία SiO_2 οφείλεται στην ύπαρξη χαλαζία και μοσχοβίτη, ενώ του Al_2O_3 στην ύπαρξη γκιπσίτη και μερικώς στον γκαιίτη. Μικρές συγκεντρώσεις SiO_2 και Al_2O_3 σε αιματίτη αναφέρονται επίσης από τους Αλεβίζο κ.α. (2010), σε μικροαναλύσεις που έγιναν στο σιδηρομετάλλευμα της περιοχής Άνω Βαλσαμόνερο Ρεθύμνου.

Στα δείγματα SK3, SK4, SK5 έχουμε υψηλότερο ποσοστό SiO_2 που δηλώνει την ύπαρξη χαλαζία και μοσχοβίτη. Το ποσοστό του Fe_2O_3 οφείλεται στην ύπαρξη γκαιίτη και αιματίτη. Επίσης υπάρχει ένα μικρό αλλά σημαντικό ποσοστό Al_2O_3 που οφείλεται στον γκιπσίτη και στον γκαιίτη.

Στα δείγματα SK5A, SK6 έχουμε υψηλότερο ποσοστό SiO_2 (43,61 % και 40,70 % αντίστοιχα). Εξίσου υψηλά είναι και τα ποσοστά του Fe_2O_3 (36,81 % και 37,94 % αντίστοιχα). Και στα δύο δείγματα τα υψηλά ποσοστά του Fe_2O_3 δικαιολογούνται από την ύπαρξη γκαιίτη και αιματίτη, ενώ τα υψηλά ποσοστά SiO_2 οφείλονται στην ύπαρξη χαλαζία, μοσχοβίτη και τάλκη. Η παρουσία μικρών ποσοστών Al_2O_3 και K_2O οφείλεται στην ύπαρξη γκιπσίτη και μοσχοβίτη. Ειδικά στο δείγμα SK6 μέσω της ακτινοσκοπικής εξέτασης (XRD), παρατηρούμε ότι υπάρχει και καλιούχος άστριος εκτός από μοσχοβίτη. Αυτό δικαιολογεί και το γεγονός, ότι τα ποσοστά του Al_2O_3 και του K_2O στο συγκεκριμένο δείγμα είναι μεγαλύτερα σε σχέση με τα άλλα δείγματα.

Το δείγμα SK6A έχει υψηλή περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , γεγονός που δικαιολογείται κυρίως από την παρουσία γκαιίτη. Στο συγκεκριμένο δείγμα οι μικρές σχετικά συγκεντρώσεις του SiO_2 συνδέονται εκτός από τον χαλαζία και με την ύπαρξη μοσχοβίτη και τάλκη.

Στο δείγμα SK7 όπως και στα SK3, SK4, SK5 έχουμε υψηλότερο ποσοστό SiO_2 που οφείλεται στην ύπαρξη χαλαζία και μοσχοβίτη, ενώ το χαμηλότερο ποσοστό Fe_2O_3 που παρατηρείται, συνδέεται με την παρουσία γκαιίτη και αιματίτη.

Τέλος στο SK8 σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση σε Fe_2O_3 (παρουσία γκαιίτη και αιματίτη) σε σχέση με αυτή του SiO_2 (παρουσία χαλαζία και μοσχοβίτη). Το ποσοστό του Al_2O_3 σχετίζεται κυρίως με την παρουσία γκιπσίτη.

Η διαφορά των αποτελεσμάτων που παρατηρείται σε σχέση με την ανάλυση του XRD, οφείλεται στο γεγονός ότι η ποσότητα του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση XRD δεν είναι αντιπροσωπευτική του συνολικού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΟΚΙΜΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΒΑΡΥΤΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

5.1 Διαδικασία δοκιμών βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Το υλικό από τα αρχικά δείγματα SK(σιδηρομετάλλευμα), αφού περάσει από τις διαδικασίες θραύσης με σιαγονωτό σπαστήρα και κοσκίνισης χωρίζεται σε κοκκομετρικά κλάσματα μεγεθών (-8 +4 mm), (-4 +1 mm), (-1 +0.250 mm), (-0.250 +0.063 mm) και (-0.063 mm). Τα κοκκομετρικά κλάσματα στη συνέχεια χωρίζονται σε 2 σχεδόν ισοβαρή μέρη, ώστε το ένα μέρος να χρησιμοποιηθεί για τη διαδικασία βαρυτομετρικού διαχωρισμού και το άλλο για τη διαδικασία του μαγνητικού διαχωρισμού. Από τα κλάσματα αυτά, το (-0.063 mm) δε χρησιμοποιείται για διαχωρισμό.

Οι χημικές αναλύσεις των κοκκομετρικών κλασμάτων του αρχικού δείγματος σε επιλεγμένα κύρια στοιχεία παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1:

Πίνακας 5.1: Χημικές αναλύσεις των κοκκομετρικών κλασμάτων του αρχικού δείγματος.

Κοκκομετρικά κλάσματα	Βάρος (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	CaO (%)	LOI (%)
-8+4 mm	55,72	16,61	61,87	5,01	0,43	0,30	9,01
-4+1 mm	25,87	30,28	51,51	6,61	0,33	0,31	8,68
-1+0.250 mm	10,19	32,92	40,23	6,59	0,17	0,49	8,01
-0.250+0.063 mm	5,45	36,15	41,63	7,86	0,62	1,12	8,98
-0.063 mm	2,77	37,98	44,24	6,22	0,46	0,33	9,06
Σύνολο	100,00	23,47	56,42	5,77	0,39	0,37	9,38

Από την αξιολόγηση των χημικών αναλύσεων στα διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα προκύπτει ότι μεγαλύτερη συγκέντρωση του Fe₂O₃ έχουμε στα μεγαλύτερα κοκκομετρικά μεγέθη (-8+4 mm, -4+1 mm). Η συγκέντρωσή του μειώνεται στα μικρότερα κοκκομετρικά μεγέθη των τεμαχιδίων, παρουσιάζοντας αυξομειώσεις στην τιμή της. Αντίθετα, η συγκέντρωση του SiO₂ παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή της στο μικρότερο κοκκομετρικό

κλάσμα (-0.063 mm). Η συγκέντρωσή του μειώνεται στα μεγαλύτερα κοκκομετρικά μεγέθη των τεμαχιδίων. Συγκεκριμένα η μικρότερη τιμή της παρουσιάζεται στο κλάσμα (-8+4 mm). Επίσης παρατηρούμε ότι υπάρχει μικρή ποσότητα Al_2O_3 σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα με τη μεγαλύτερη τιμή να παρατηρείται στο (-0.250+0.063 mm). Οι συγκεντρώσεις των άλλων στοιχείων στα διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα κυμαίνονται σε χαμηλά ποσοστά.

5.2 Αποτελέσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού

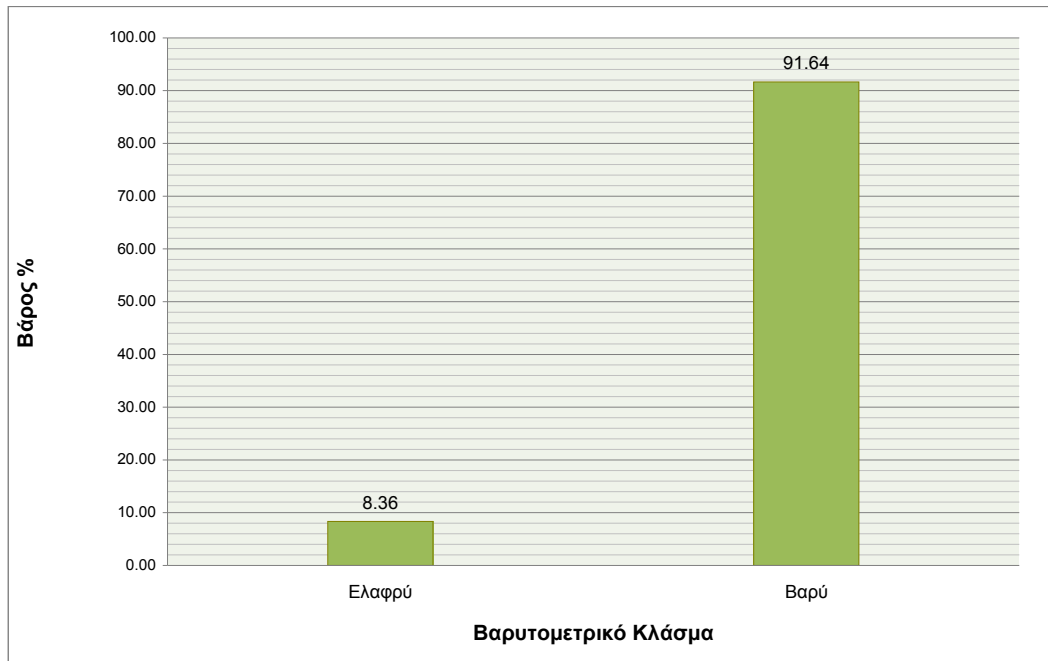
Στην πειραματική διαδικασία του βαρυτομετρικού διαχωρισμού, το βαρύ υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το τετραβρωμοαιθάνιο με πυκνότητα ίση με 2.96 gr/cm^3 . Στη συνέχεια το μέρος από το κάθε κοκκομετρικό κλάσμα που επιλέχθηκε για το βαρυτομετρικό διαχωρισμό τοποθετείται προοδευτικά σε δοχείο, εντός του οποίου έχει τοποθετηθεί το τετραβρωμοαιθάνιο. Μέσω της διαδικασίας αυτής προκύπτουν δυο νέα κλάσματα: οι κόκκοι του μεταλλεύματος που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του υγρού (2.96 gr/cm^3) καταβυθίζονται και οι κόκκοι που έχουν ειδικό βάρος μικρότερο του υγρού επιπλέουν. Οι κόκκοι που επιπλέουν στο υγρό συνιστούν το στείο υλικό. Αφού πλέον φαίνονται ευδιάκριτα τα δύο κλάσματα (sink και float) μέσα στο δοχείο, γίνεται η συλλογή των προϊόντων του βαρυτομετρικού διαχωρισμού. Στη συνέχεια γίνεται έκπλυση αυτών με διαλύτη, ώστε να απομακρυνθεί κάθε ίχνος του υγρού από την επιφάνειά τους. Ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε είναι η ακετόνη. Μετά την έκπλυση, τοποθετούνται στο φούρνο για ξήρανση και στη συνέχεια τα κλάσματα ζυγίζονται.

Στον παρακάτω πίνακα 5.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού:

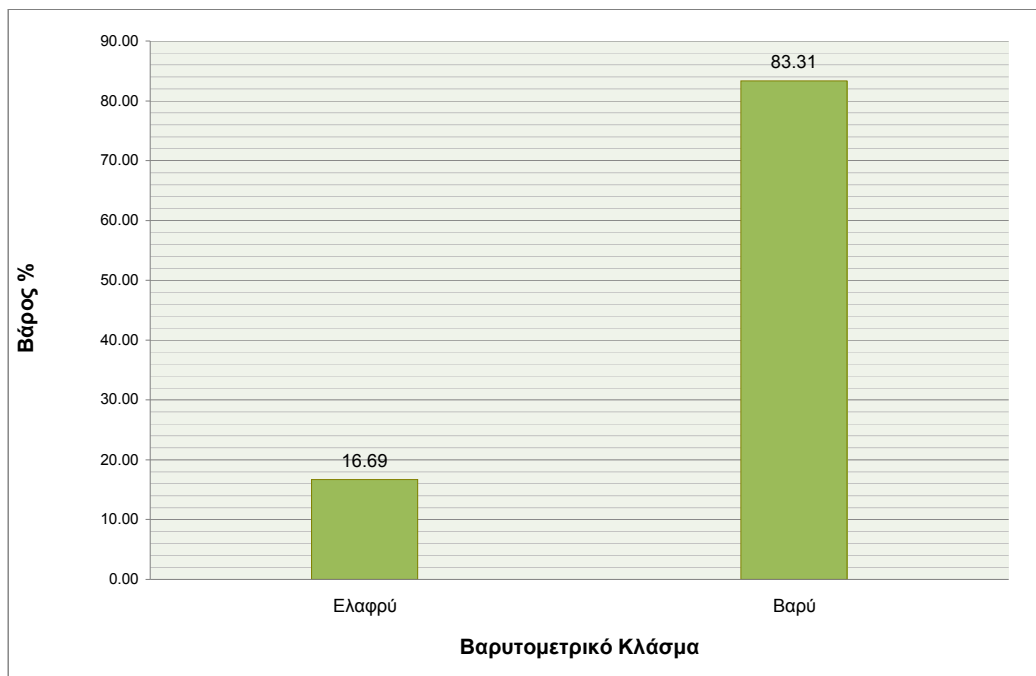
Πίνακας 5.2 : Αποτελέσματα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού

		Βάρος(%)		Χημικές αναλύσεις					Κατανομή κλάσματος (%)				
Μέγεθος κόκκων	Βαρυτομετρικά κλάσματα	Βάρος κλάσματος	Βάρος επί αρχικού	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO
- 8 + 4 mm	Ελαφρύ	8,36	4,66	41,82	43,32	0,15	5,14	0,00	5,08	29,73	5,86	9,59	
	Βαρύ	91,64	51,06	71,24	9,34	0,22	4,42	0,00	94,92	70,27	94,14	90,41	
	Σύνολο:	100,00	55,72	68,78	12,18	0,21	4,48	0,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
- 4 + 1 mm	Ελαφρύ	16,69	4,32	43,93	39,46	0,29	5,62	0,35	12,90	26,80	18,86	15,63	100,00
	Βαρύ	83,31	21,55	59,43	21,60	0,25	6,08	0,00	87,10	73,20	81,14	84,37	0,00
	Σύνολο:	100,00	25,87	56,84	24,58	0,26	6,00	0,06	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
- 1 + 0.250 mm	Ελαφρύ	24,56	2,50	15,97	66,51	0,81	8,10	0,25	10,94	52,71	45,96	34,89	13,10
	Βαρύ	75,44	7,69	42,34	19,43	0,31	4,92	0,54	89,06	47,29	54,04	65,11	86,90
	Σύνολο:	100,00	10,19	35,86	30,99	0,43	5,70	0,47	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
- 0.250 + 0.063 mm	Ελαφρύ	12,21	0,67	22,41	57,66	1,68	13,64	0,00	6,25	20,97	19,75	22,57	0,00
	Βαρύ	87,79	4,78	46,77	30,23	0,95	6,51	0,59	93,75	79,03	80,25	77,43	100,00
	Σύνολο:	100,00	5,45	43,79	33,58	1,04	7,38	0,52	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-0,063	Σύνολο:	100,00	2,77	44,24	37,98	0,33	6,22	0,46					
	Σύνολο:		100,00	60,30	19,19	0,30	5,20	0,03					

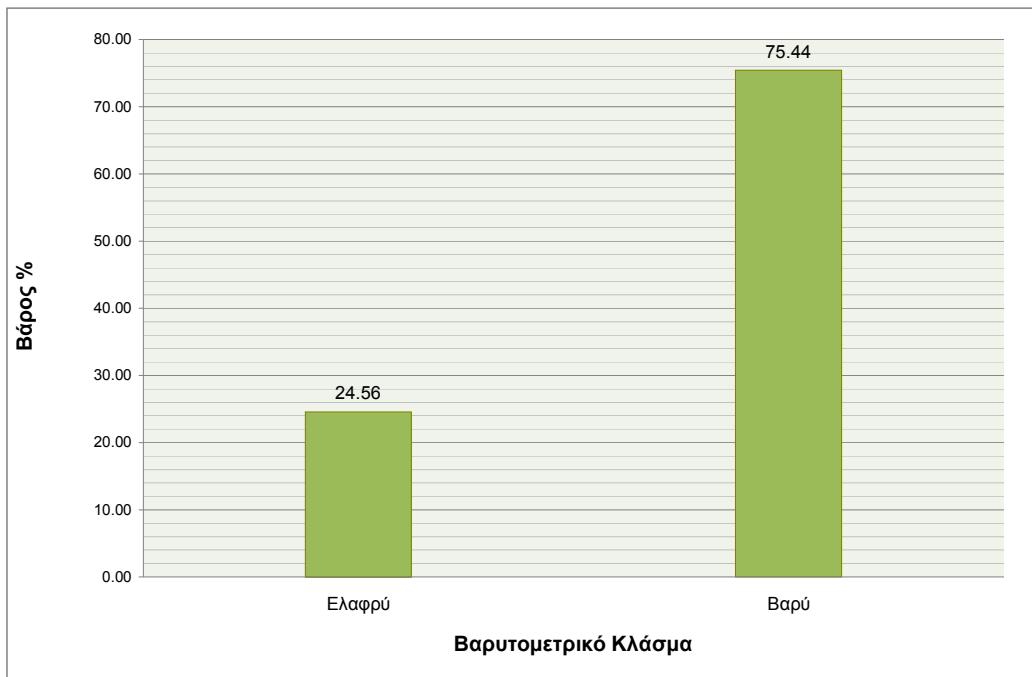
Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα κατανομής βάρους προϊόντων (%) του διαχωρισμού:



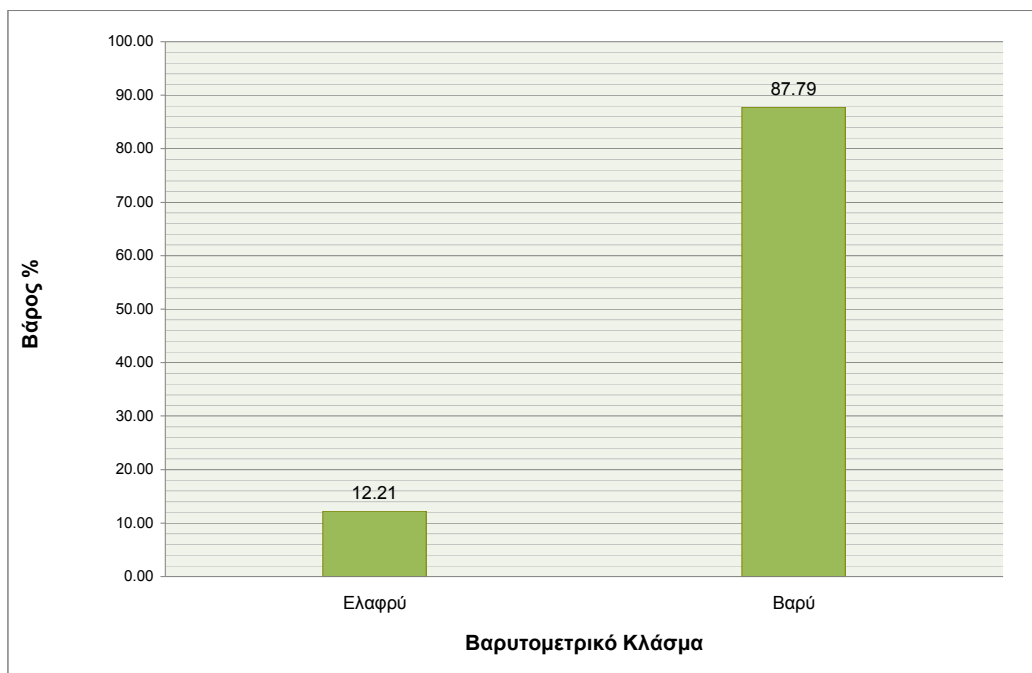
Σχήμα 5.1 : Κατανομή βάρους βαρυτομετρικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



Σχήμα 5.2 : Κατανομή βάρους βαρυτομετρικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)

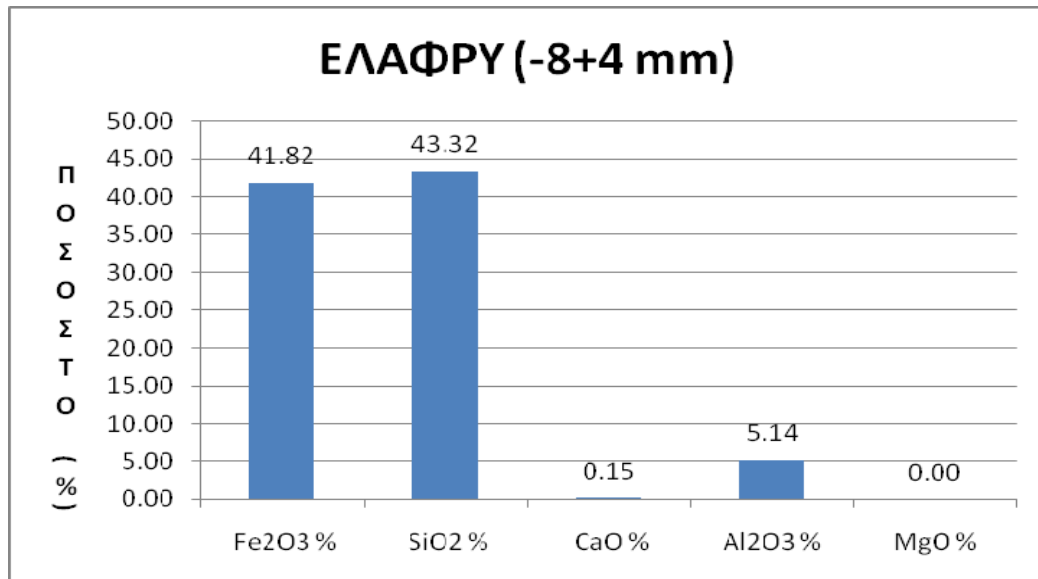


Σχήμα 5.3 : Κατανομή βάρους βαρυτομετρικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)

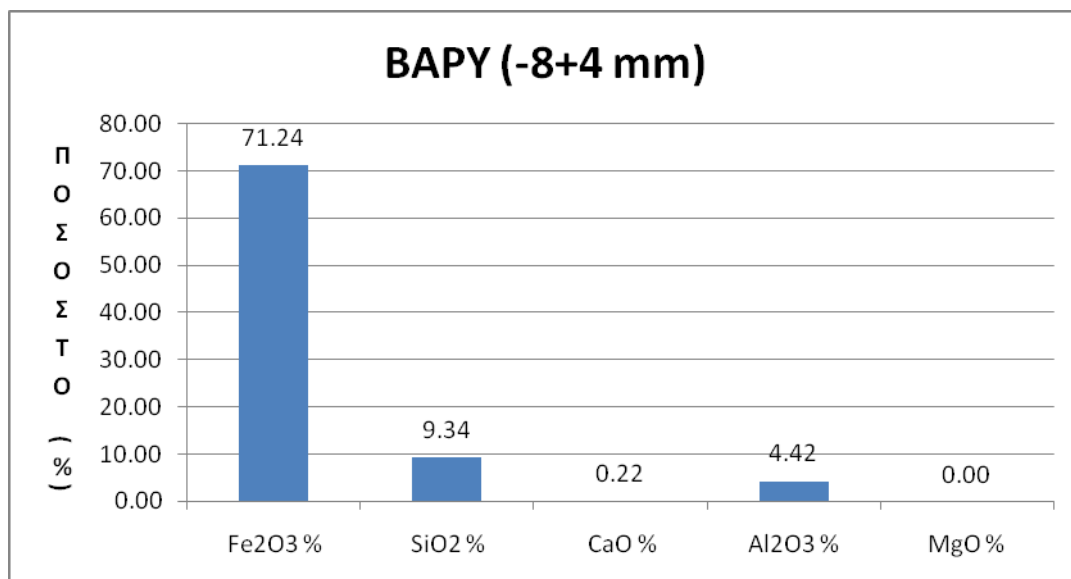


Σχήμα 5.4 : Κατανομή βάρους βαρυτομετρικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)

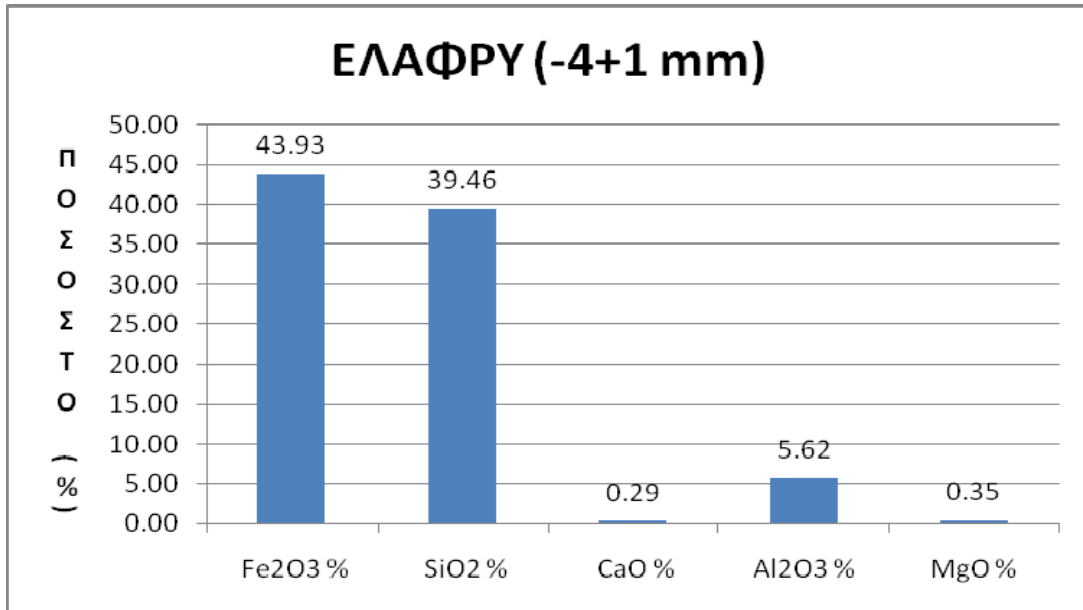
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των προϊόντων βαρυμετρικού διαχωρισμού σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO :



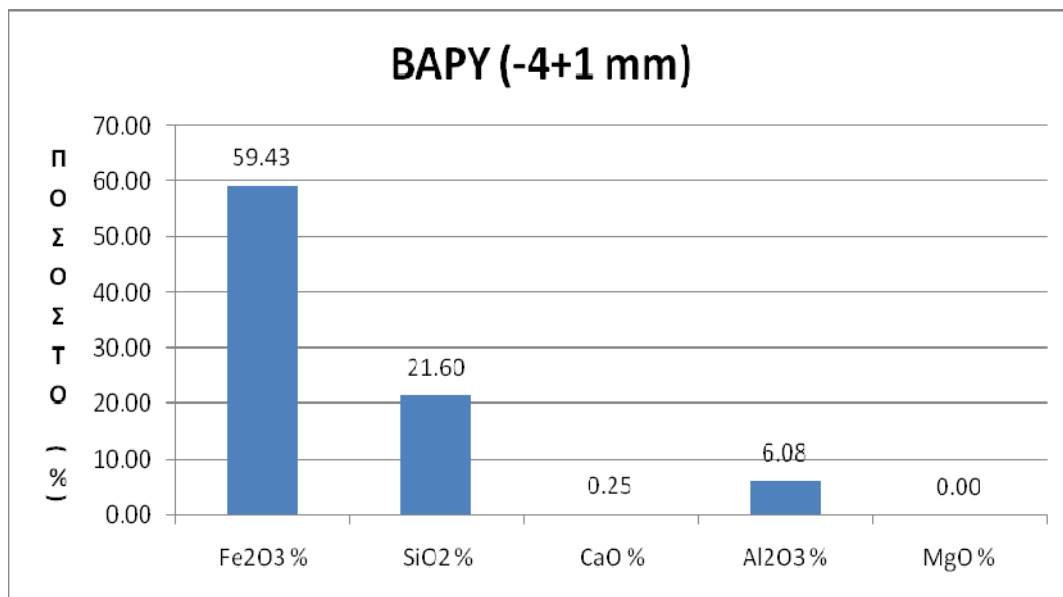
Σχήμα 5.5 : Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO για το ελαφρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



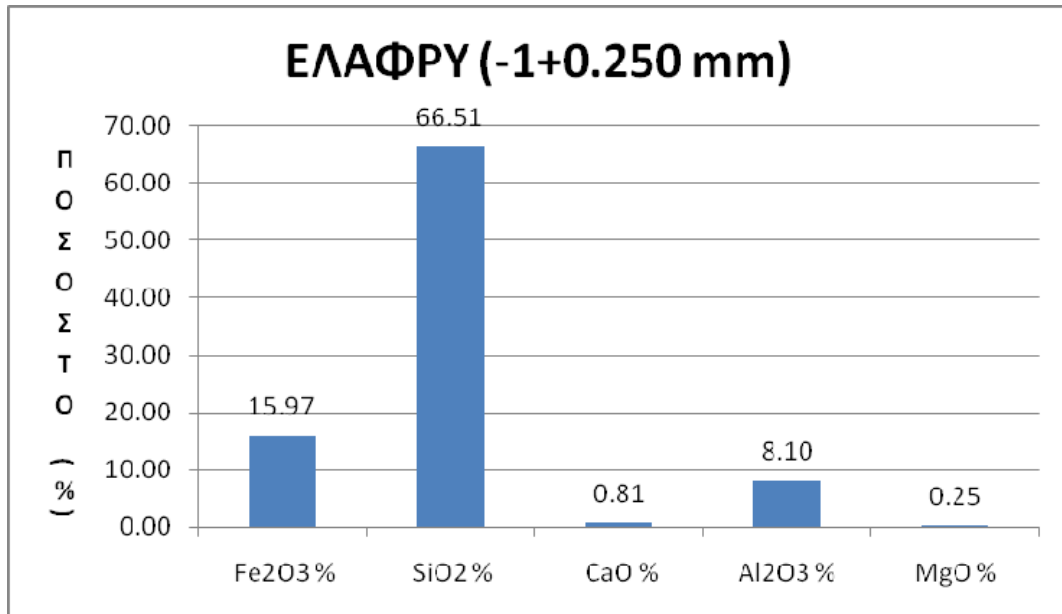
Σχήμα 5.6 : Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO για το βαρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



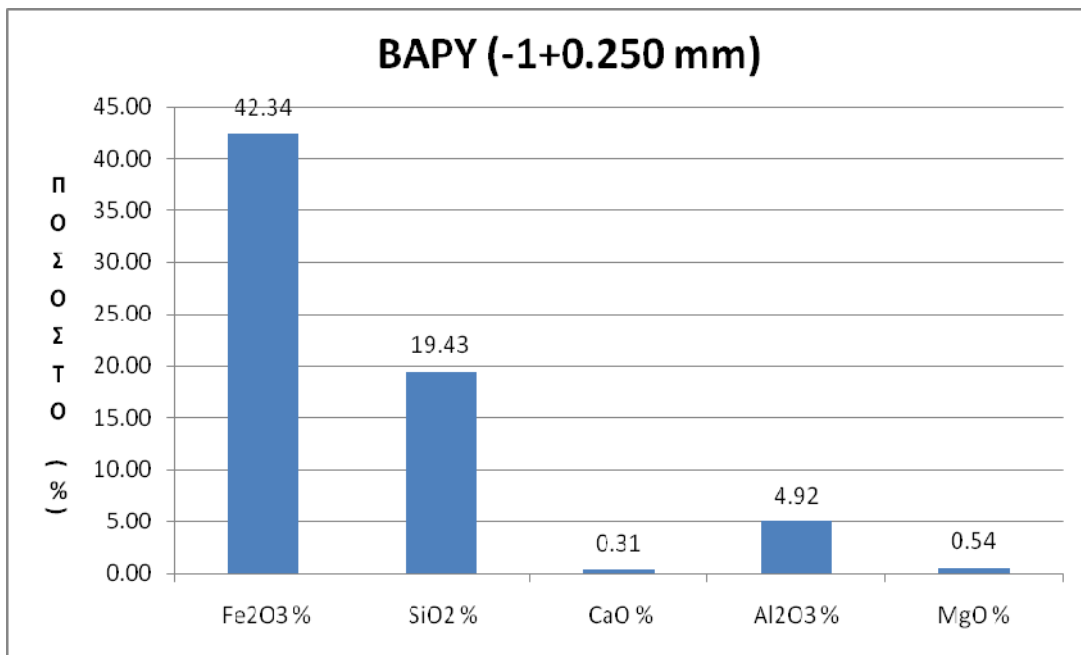
Σχήμα 5.7 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το ελαφρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



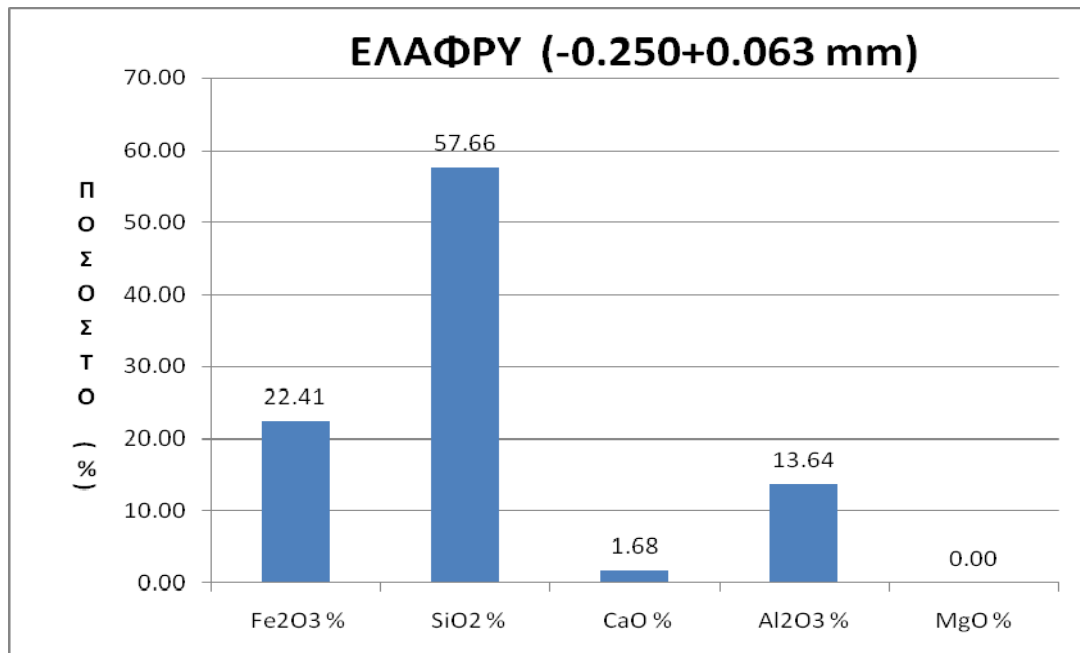
Σχήμα 5.8 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το βαρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



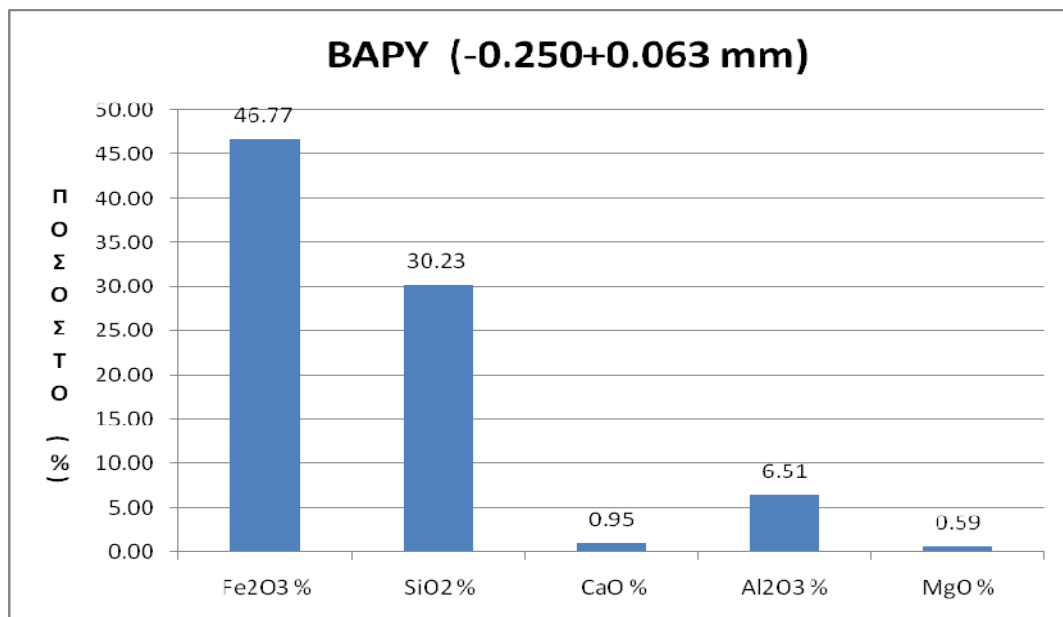
Σχήμα 5.9 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το ελαφρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)



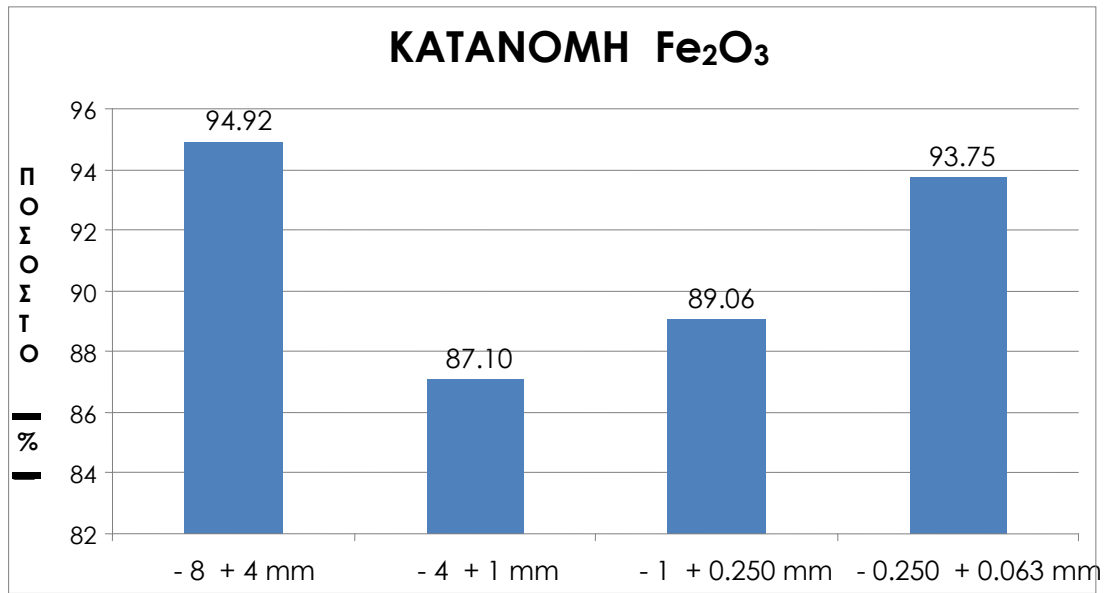
Σχήμα 5.10 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το βαρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)



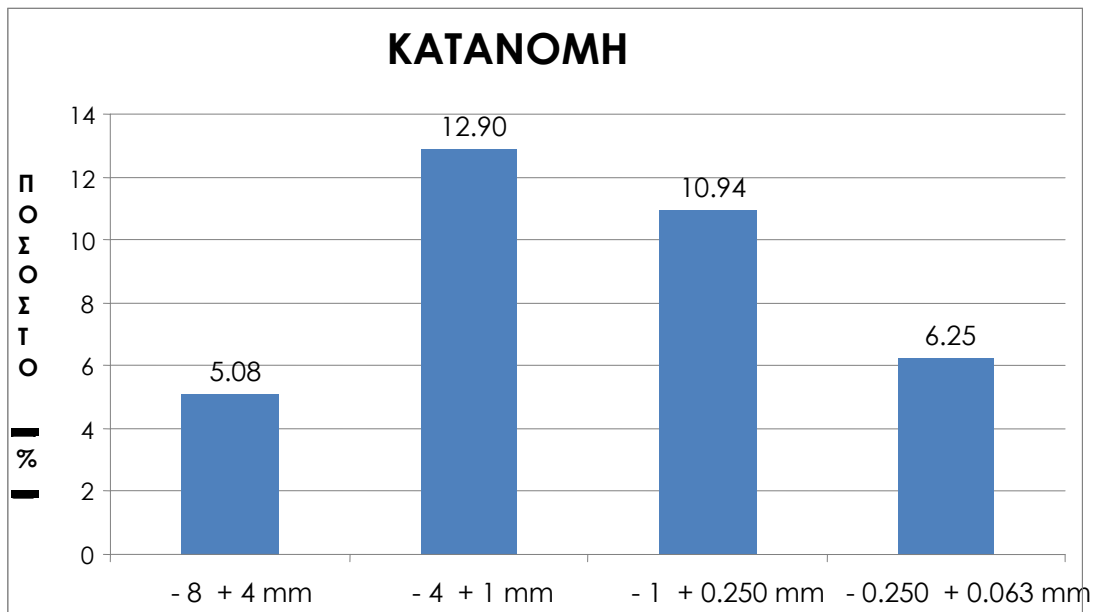
Σχήμα 5.11 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το ελαφρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)



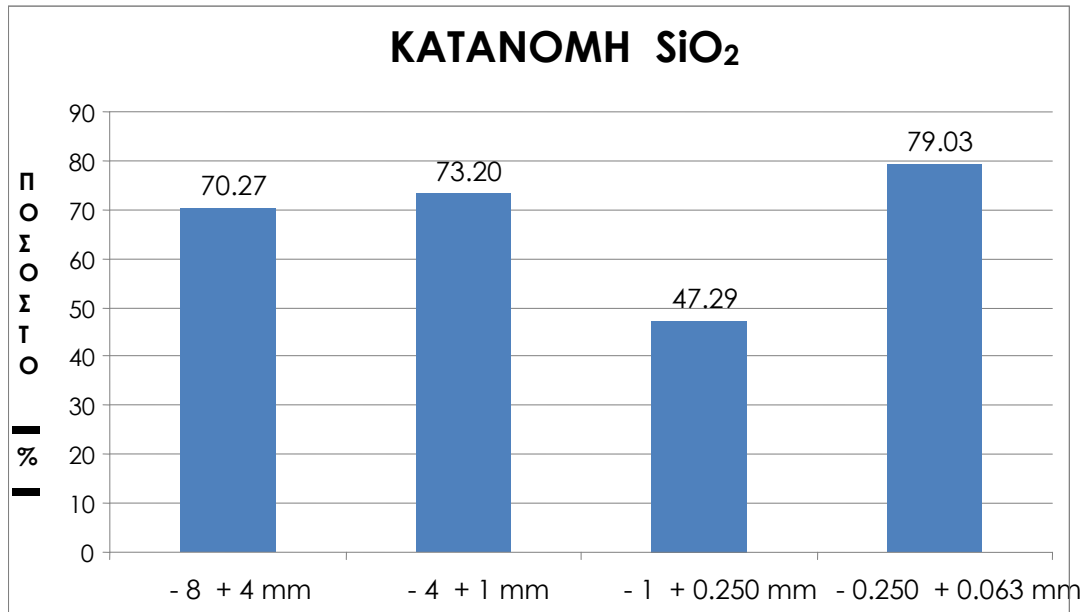
Σχήμα 5.12 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το βαρύ προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)



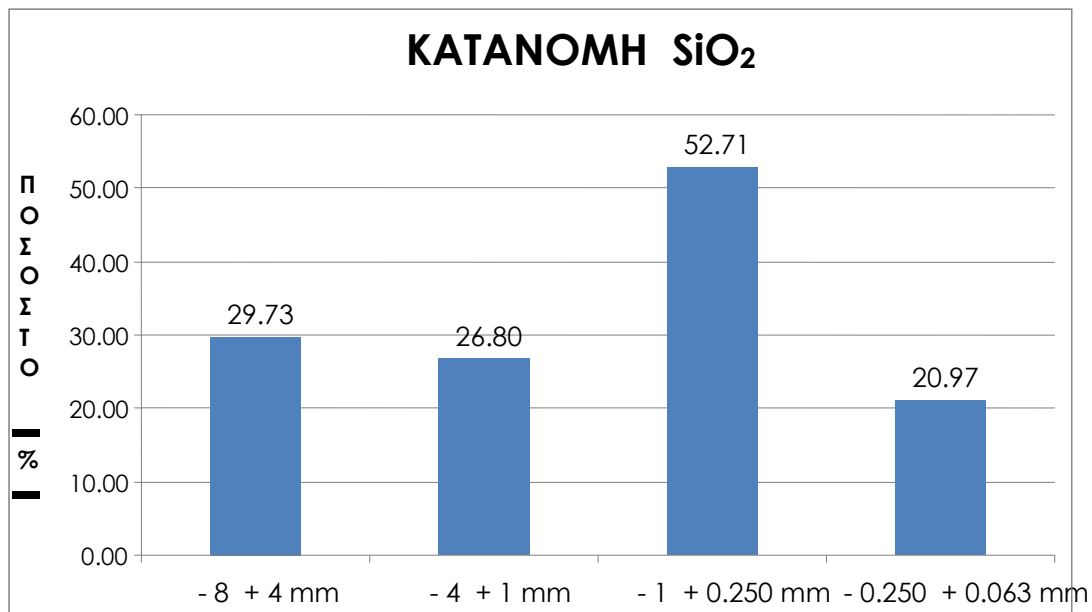
Σχήμα 5.13 : Η κατανομή του Fe_2O_3 στα βαριά προϊόντα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού



Σχήμα 5.14 : Η κατανομή του Fe_2O_3 στα ελαφρά προϊόντα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού



Σχήμα 5.15 : Η κατανομή του SiO_2 στα βαριά προϊόντα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού



Σχήμα 5.16 : Η κατανομή του SiO_2 στα ελαφρά προϊόντα του βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Παρατηρήσεις

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά βάρους των βαρέων προϊόντων είναι ψηλότερα σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα, και στα λεπτομερή και στα χονδρομερή.

Από τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα κοκκομετρικά κλάσματα μετά το τέλος του βαρυτομετρικού διαχωρισμού (Πίν. 5.2), παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 είναι μεγαλύτερη στα βαρέα προϊόντα του διαχωρισμού. Επομένως οι σιδηρούχες ορυκτολογικές φάσεις (γκαιίτης, λεπιδοκροκίτης και αιματίτης) συγκεντρώνονται κυρίως στο συμπύκνωμα. Αυτό είναι και το επιθυμητό αποτέλεσμα. Παρατηρούμε πιο αυξημένα ποσοστά στα μεγαλύτερα κοκκομετρικά κλάσματα. Συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή στο κλάσμα $-8+4$ mm (71.24 % κ.β.). Επίσης, η κατανομή του στα βαριά προϊόντα κυμαίνεται από 87.10 % μέχρι 94.92 % (σχήμα 5.13) και παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή της στα κοκκομετρικά κλάσματα $-8+4$ mm και $-0.250+0.063$ mm. Επίσης η κατανομή του στα βαριά προϊόντα είναι υψηλότερη από την κατανομή του SiO_2 . Στο βαρύ προϊόν του $-0.250+0.063$ mm υπάρχει ένα πολύ σημαντικό ποσοστό SiO_2 , κάτι το οποίο σημαίνει ότι υπάρχουν μη αποδεσμευμένοι κόκκοι χαλαζία και σιδηρούχων ορυκτών ή κατά τη συλλογή προϊόντων μετά το τέλος της διαδικασίας του διαχωρισμού παρασύρθηκαν και κόκκοι χαλαζία.

Η περιεκτικότητα του SiO_2 είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του Fe_2O_3 στα ελαφρά προϊόντα του διαχωρισμού, αποτέλεσμα αναμενόμενο. Αυτό σημαίνει, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του χαλαζία οδηγείται στο απόρριμμα. Εξαίρεση αποτελεί το ελαφρύ προϊόν του κλάσματος $-4+1$ mm. Πιο αυξημένα ποσοστά SiO_2 παρατηρούνται στα κλάσματα $-1+0.250$ mm και $-0.250+0.063$ mm. Παρατηρούμε μέσω των σχημάτων 5.15 και 5.16 ότι η κατανομή του SiO_2 παρουσιάζει πολύ υψηλές τιμές στα βαριά προϊόντα, κάτι το οποίο οφείλεται όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς στη μη ισοδυναμη κατανομή των βαρέων και των ελαφρών προϊόντων. Βέβαια η κατανομή του στα βαριά είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του Fe_2O_3 , ενώ στα ελαφριά έχει υψηλότερη τιμή από την κατανομή του Fe_2O_3 . Στο ελαφρύ κλάσμα του $-8+4$ mm υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό Fe_2O_3 (41.82 % κ.β.). Το ίδιο συμβαίνει και στο κλάσμα $-4+1$ mm, όπου το αντίστοιχο ποσοστό είναι 43.93 %. Αυτό σημαίνει ότι στα ελαφρά προϊόντα του διαχωρισμού στα χονδρομερή κλάσματα υπάρχουν μη αποδεσμευμένοι κόκκοι σιδηρούχων ορυκτών και χαλαζία.

Οι χημικές αναλύσεις έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε Al_2O_3 στα ελαφρά προϊόντα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα βαριά. Εξαίρεση αποτελεί το κλάσμα $-4+1$ mm. Μάλιστα στα ελαφρύ προϊόν του ($-0.250+0.063$ mm) η συγκεκριμένη περιεκτικότητα εμφανίζει την υψηλότερη τιμή της. Επομένως οι ορυκτολογικές φάσεις γκιπσίτης και μοσχοβίτης συγκεντρώνονται κυρίως στο απόρριμμα. Η περιεκτικότητα σε MgO και CaO είναι πολύ χαμηλή στα βαρέα και στα ελαφρά προϊόντα του διαχωρισμού όλων των κοκκομετρικών κλασμάτων.

Παρόλο που στο σύνολο των κοκκομετρικών κλασμάτων έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση Fe_2O_3 στα βαριά και υψηλότερη συγκέντρωση SiO_2 στα ελαφρά

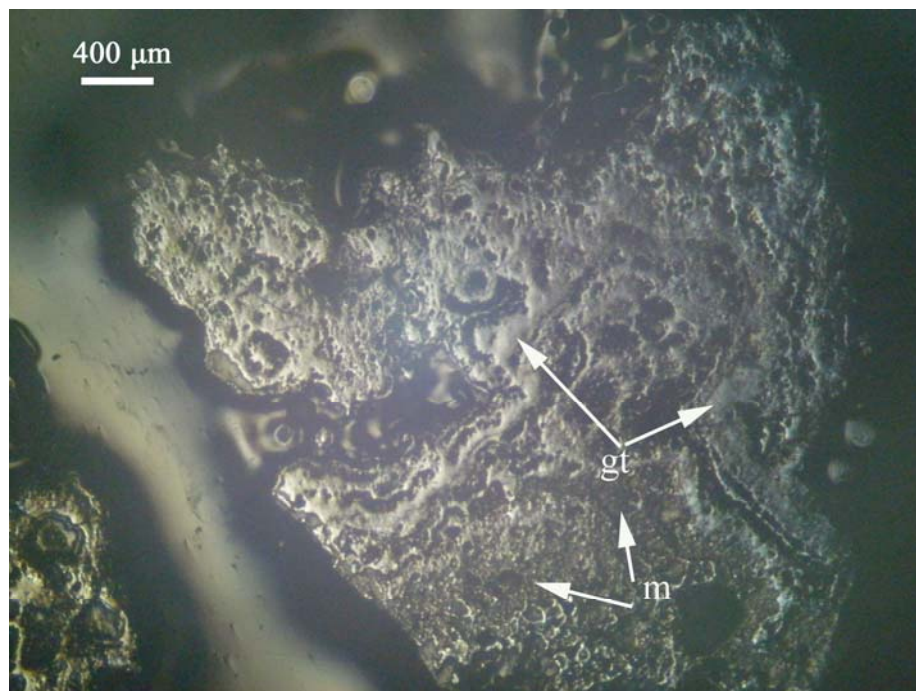
προϊόντα, κάτι το επιθυμητό, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντικό ποσοστό SiO_2 στο βαρύ προϊόν του $-0.250+0.063$ mm και σημαντικό ποσοστό Fe_2O_3 στα ελαφριά κλάσματα των $-8+4$ mm και $-4+1$ mm. Μάλιστα στο ελαφρύ κλάσμα του $-4+1$ mm το ποσοστό του Fe_2O_3 είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του SiO_2 , κάτι μη επιθυμητό. Επομένως ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός του μεταλλεύματος δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

5.3 Μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων της δοκιμής του βαρυτομετρικού διαχωρισμού

Κοκκομετρικό κλάσμα $-8 +4$ mm

Στην τομή του float προϊόντος παρατηρούνται κυρίως κόκκοι χαλαζία με συνδετικό υλικό.

Στην τομή του sink προϊόντος παρατηρούνται κόκκοι γκαιίτη σε πολύ μεγάλο ποσοστό με συνδετικό υλικό (σχήμα 5.17).

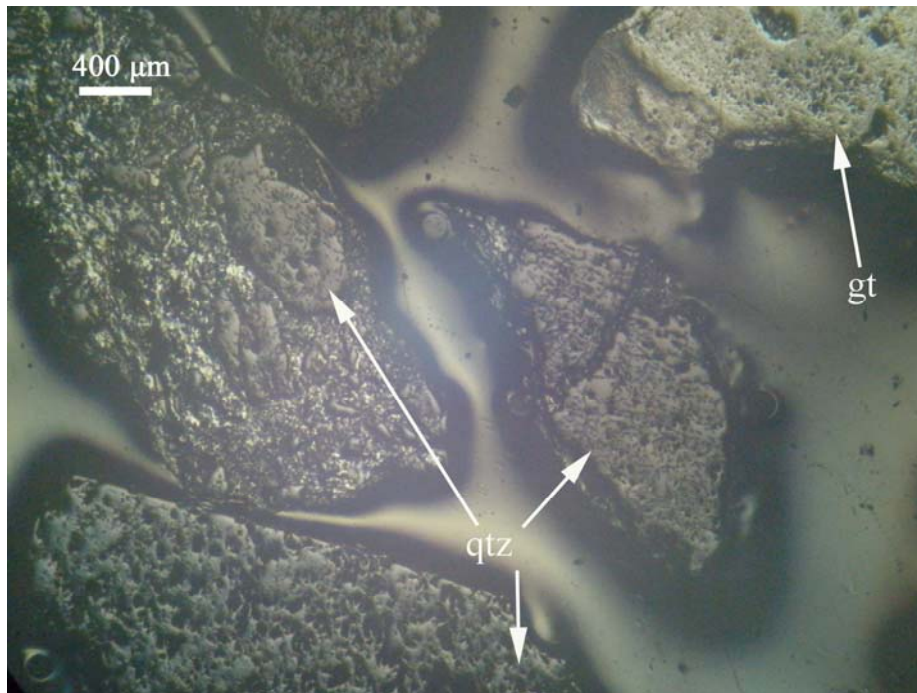


Σχήμα 5.17: Κόκκοι γκαιίτη με συνδετικό υλικό.
 Βαρύ προϊόν για το κοκκομετρικό κλάσμα ($-8+4$ mm).
 (gt : γκαιίτης, m : συνδετικό υλικό). Ανακλώμενο φως, // Nicols

Κοκκομετρικό κλάσμα -4 +1 mm

Στην τομή του float προϊόντος παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία με λίγο γκαιίτη (σχήμα 5.18).

Στην τομή του sink προϊόντος παρατηρούνται κυρίως κόκκοι γκαιίτη.

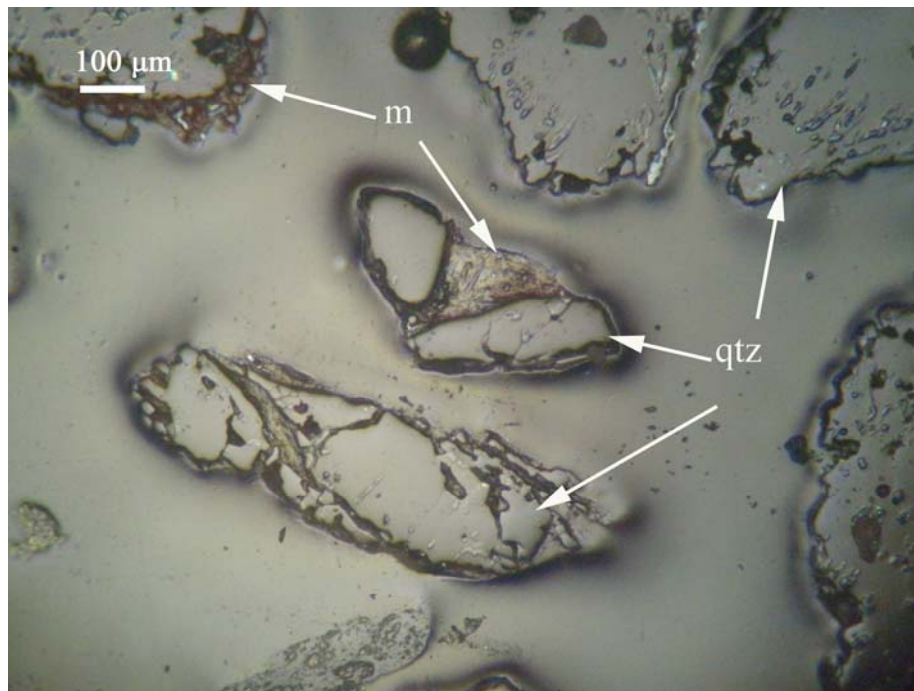


Σχήμα 5.18 : Κόκκοι χαλαζία με λίγο γκαιίτη.
Ελαφρύ προϊόν για το κοκκομετρικό κλάσμα (-4+1 mm).
(gt : γκαιίτης, qtz : χαλαζίας). Ανακλώμενο φως, // Nicols

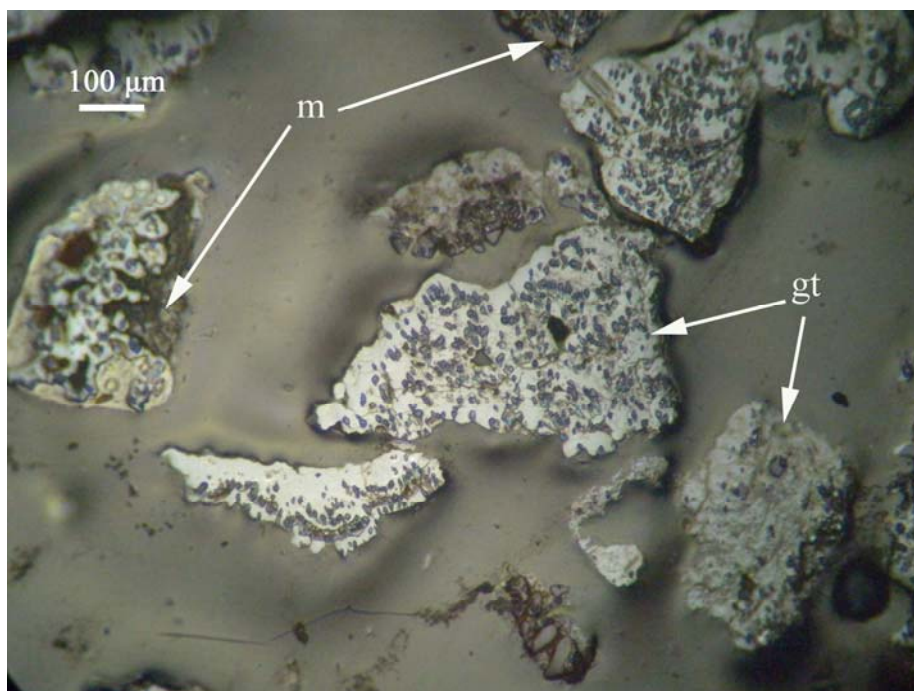
Κοκκομετρικό κλάσμα -1 +0.250 mm

Στην τομή του float προϊόντος παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία σε μεγάλο ποσοστό καθώς και συνδετικό υλικό (σχήμα 5.19).

Στην τομή του sink προϊόντος παρατηρούνται κόκκοι γκαιίτη με συνδετικό υλικό (σχήμα 5.20).



Σχήμα 5.19 : Κόκκοι χαλαζία μερικώς με συνδετικό υλικό.
Ελαφρύ προϊόν για το κοκκομετρικό κλάσμα (-1+0.250 mm).
(qtz : χαλαζίας, m : συνδετικό υλικό). Ανακλώμενο φως, // Nicols



Σχήμα 5.20 : Κόκκοι γκαϊίτη με συνδετικό υλικό.
Βαρύ προϊόν για το κοκκομετρικό κλάσμα (-1+0.250 mm).
(gt: γκαϊίτης, m : συνδετικό υλικό). Ανακλώμενο φως, // Nicols

Κοκκομετρικό κλάσμα -0.250 +0.063 mm

Στην τομή του float προϊόντος παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία με συνδετικό υλικό, ενώ στην τομή του sink προϊόντος υπάρχουν κυρίως κόκκοι γκαιίτη με περιορισμένο αριθμό κόκκων χαλαζία καθώς και συνδετικό υλικό (σχήμα 5.21).



Σχήμα 5.21 : Κόκκοι γκαιίτη, μικρός αριθμός χαλαζιακών κόκκων και συνδετικό υλικό. Βαρύ προϊόν για το κοκκομετρικό κλάσμα (-0.250+0.063 mm). (qtz : χαλαζίας, m : συνδετικό υλικό, gt : γκαιίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΟΚΙΜΗ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

6.1 Διαδικασία δοκιμών εμπλουτισμού με μαγνητικό διαχωρισμό

Μετά το τέλος της διαδικασίας του βαρυτομετρικού διαχωρισμού το υπόλοιπο υλικό που έχει μείνει από τα αρχικά μας δείγματα το χρησιμοποιούμε για τον εμπλουτισμό με μαγνητικό διαχωρισμό. Οι δοκιμές εμπλουτισμού έγιναν στα κλάσματα $(-8 +4 \text{ mm})$, $(-4 +1 \text{ mm})$, $(-1 +0.250 \text{ mm})$ και $(-0.250 +0.063 \text{ mm})$. Το κλάσμα (-0.063 mm) δεν ενδείκνυται για διαχωρισμό.

Για τα κοκκομετρικά κλάσματα $(-1+0.250 \text{ mm})$ και $(-0.250+0.063 \text{ mm})$ χρησιμοποιήθηκε ο ξηρός μαγνητικός διαχωριστής υψηλής έντασης (High Intensity Induced Roll Magnetic Separator MIH 111-5 της Carpcos, σχήμα 6.1).

Για τα συγκεκριμένα κλάσματα το υλικό διαχωρίστηκε αρχικά σε συνθήκες με ταχύτητα περιστροφής 180 rpm και ένταση 1.6 A. Από τη διαδικασία προέκυψαν δυο προϊόντα: το μαγνητικό και το μη μαγνητικό. Στη συνέχεια το μη μαγνητικό υλικό χρησιμοποιήθηκε για την τροφοδότηση του διαχωριστή. Σε αυτό το στάδιο η τιμή της έντασης ήταν 3.2 A και προέκυψαν δυο νέα προϊόντα.



Σχήμα 6.1: Ξηρός μαγνητικός διαχωριστής υψηλής έντασης

Για τα κοκκομετρικά κλάσματα (-8 +4 mm) και (-4 +1 mm) χρησιμοποιήθηκε ο ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής (Perm Roll, σχήμα 6.2).

Και στα δυο αυτά κοκκομετρικά κλάσματα η διαδικασία είναι ίδια. Το κάθε κλάσμα διαχωρίστηκε με μειούμενη ένταση ξεκινώντας από ταχύτητα περιστροφής τυμπάνου 180 rpm, συνεχίζοντας με 150 rpm και τέλος με 100 rpm. Στις παραπάνω ταχύτητες περιστροφής πραγματοποιήθηκαν τρία διαδοχικά περάσματα του υλικού. Σε κάθε πέρασμα το μαγνητικό προϊόν συλλέγεται και ζυγίζεται, ενώ το μη μαγνητικό χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του επόμενου περάσματος. Κάθε φορά συλλέγεται το μαγνητικό υλικό και τελικά στις 100 rpm παίρνουμε το τελικό μη μαγνητικό προϊόν.



Σχήμα 6.2: Ταινιοφόρος μαγνητικός διαχωριστής

6.2 Αποτελέσματα του μαγνητικού διαχωρισμού

Στον παρακάτω πίνακα 6.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μαγνητικού διαχωρισμού:

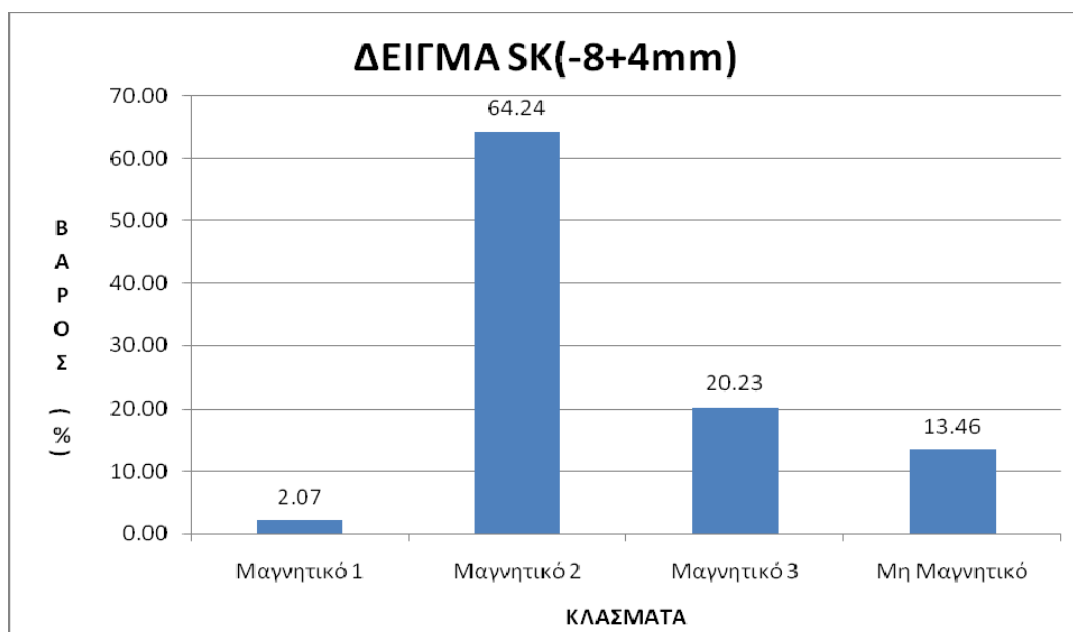
Πίνακας 6.1: Αποτελέσματα προϊόντων μαγνητικού διαχωρισμού

Μέγεθος κόκκων	Προϊόντα	Βάρος(%)		Χημικές αναλύσεις					Κατανομή κλάσματος (%)				
		Βάρος κλάσματος	Βάρος επί αρχικού	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %
-8+4 mm	Μαγνητικό 1	2,07	1,15	52,13	24,45	0,53	4,80	0,60	1,83	2,41	2,77	1,79	1,44
	Μαγνητικό 2	64,24	35,79	63,79	15,44	0,48	5,62	0,92	69,49	47,15	77,84	65,17	68,28
	Μαγνητικό 3	20,23	11,27	60,96	18,95	0,24	4,52	0,95	20,91	18,22	12,25	16,50	22,20
	Μη Μαγνητικό	13,46	7,50	34,04	50,35	0,21	6,80	0,52	7,77	32,23	7,14	16,53	8,09
	Σύνολο	100,00	55,72	58,97	21,04	0,40	5,54	0,87	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-4+1 mm	Μαγνητικό 1	18,19	4,70	64,35	16,28	0,24	5,44	0,00	25,72	8,23	12,26	13,70	0,00
	Μαγνητικό 2	42,36	10,96	54,76	25,35	0,50	6,36	0,62	50,98	29,84	59,50	37,30	40,77
	Μαγνητικό 3	21,44	5,55	38,11	44,71	0,20	8,06	0,62	17,96	26,64	12,05	23,92	20,64
	Μη Μαγνητικό	18,01	4,66	13,50	70,52	0,32	10,06	1,38	5,34	35,30	16,19	25,08	38,59
	Σύνολο	100,00	25,87	45,50	35,99	0,36	7,22	0,64	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-1+0.250 mm	Μαγνητικό 1	24,21	2,47	57,48	19,56	0,41	6,34	0,00	31,19	13,59	18,17	20,52	0,00
	Μαγνητικό 2	42,92	4,37	54,76	23,98	0,39	6,79	0,69	52,69	29,53	30,65	38,96	100,00
	Μη Μαγνητικό	32,87	3,35	21,87	60,30	0,85	9,22	0,00	16,12	56,88	51,17	40,52	0,00
	Σύνολο	100,00	10,19	44,61	34,85	0,55	7,48	0,30	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-0.250+0.063 mm	Μαγνητικό 1	69,48	3,79	46,83	31,57	0,93	7,40	0,73	82,57	56,64	53,93	61,67	41,62
	Μαγνητικό 2	19,06	1,04	31,43	46,53	1,35	10,36	0,93	15,20	22,89	21,47	23,68	14,54
	Μη Μαγνητικό	11,46	0,62	7,68	69,15	2,57	10,65	4,66	2,23	20,47	24,59	14,65	43,84
	Σύνολο	100,00	5,45	39,41	38,73	1,20	8,34	1,22	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-0.063 mm	Σύνολο	100,00	2,77	44,24	37,98	0,33	6,22	0,46					
	Σύνολο		100,00	52,55	27,75	0,44	6,34	0,76					

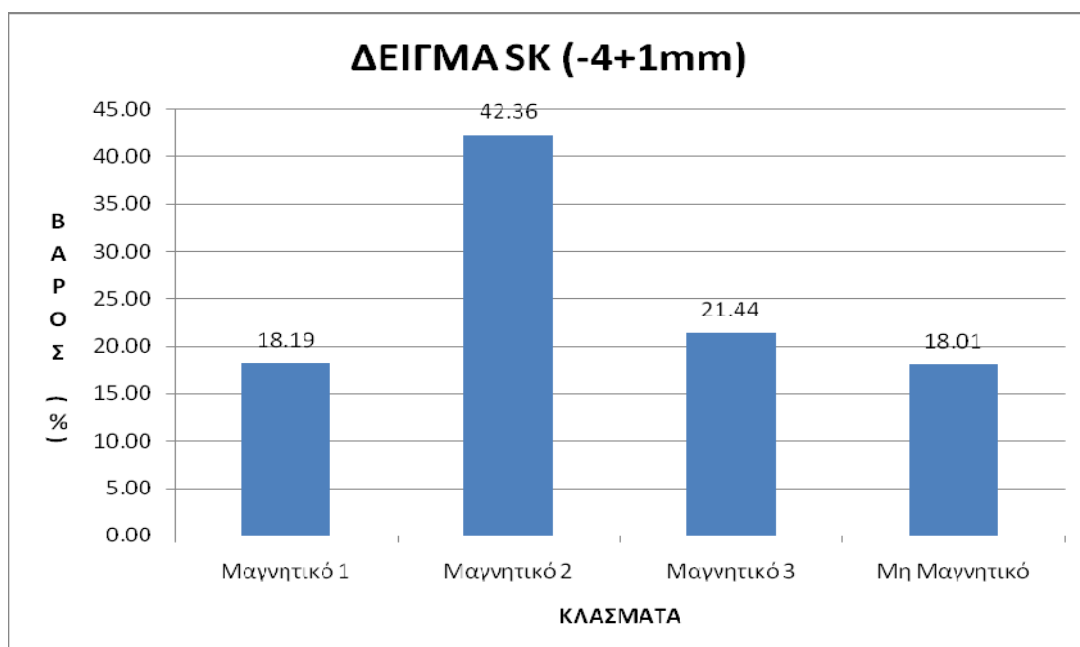
Πίνακας 6.2 : Πίνακας αθροιστικών μαγνητικών

		Βάρος (%)		Χημικές αναλύσεις					Κατανομή κλάσματος (%)				
Μέγεθος κόκκων	Προϊόντα	Βάρος κλάσματος	Βάρος επί αρχικού	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	Al ₂ O ₃ %	MgO %
-8+4 mm	Μαγνητικό 1	2,07	1,15	52,13	24,45	0,53	4,80	0,60	1,83	2,41	2,77	1,79	1,44
	Μαγνητικό 2	66,31	36,94	63,43	15,72	0,48	5,59	0,91	71,32	49,56	80,61	66,97	69,71
	Μαγνητικό 3	86,54	48,21	62,85	16,48	0,43	5,34	0,92	92,23	67,77	92,86	83,47	91,91
-4+1 mm	Μαγνητικό 1	18,19	4,70	64,35	16,28	0,24	5,44	0,00	25,72	8,23	12,26	13,70	0,00
	Μαγνητικό 2	60,55	15,66	57,64	22,62	0,42	6,08	0,43	76,70	38,07	71,76	50,99	40,77
	Μαγνητικό 3	81,99	21,21	52,53	28,40	0,36	6,60	0,48	94,66	64,70	83,81	74,92	61,41
-1+0.250 mm	Μαγνητικό 1	24,21	2,47	57,48	19,56	0,41	6,34	0,00	31,19	13,59	18,17	20,52	0,00
	Μαγνητικό 2	67,13	6,84	55,74	22,39	0,40	6,63	0,44	83,88	43,12	48,83	59,48	100,00
-0.250+0.063 mm	Μαγνητικό 1	69,40	3,79	46,83	31,57	0,93	7,40	0,73	82,57	56,64	53,93	61,67	41,62
	Μαγνητικό 2	88,54	4,83	43,51	34,79	1,02	8,04	0,77	97,77	79,53	75,41	85,35	56,16

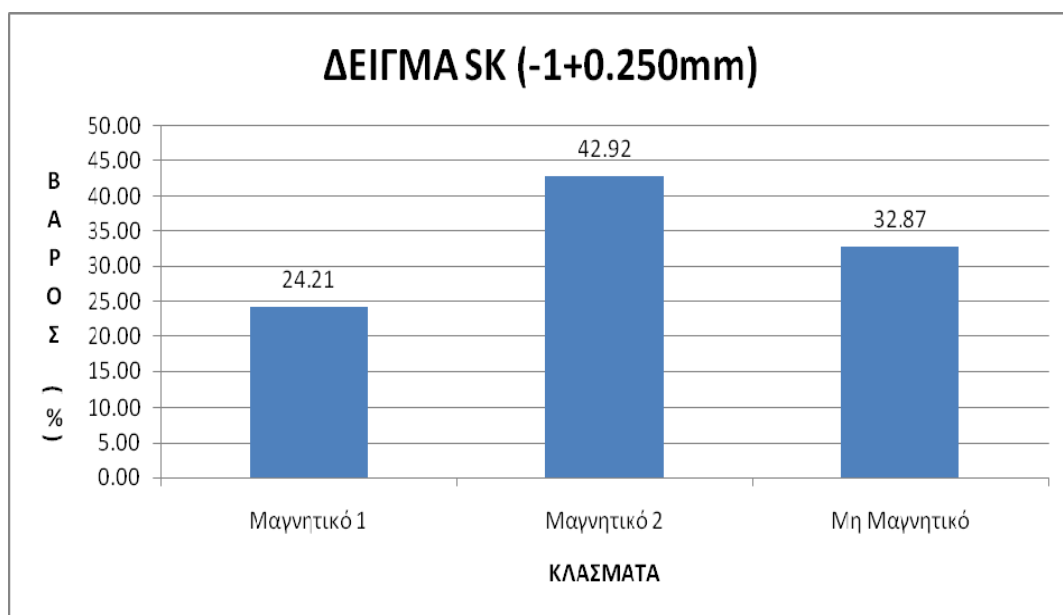
Από τους παραπάνω πίνακες προκύπτουν τα παρακάτω σχήματα κατανομής βάρους προϊόντων (%) του διαχωρισμού:



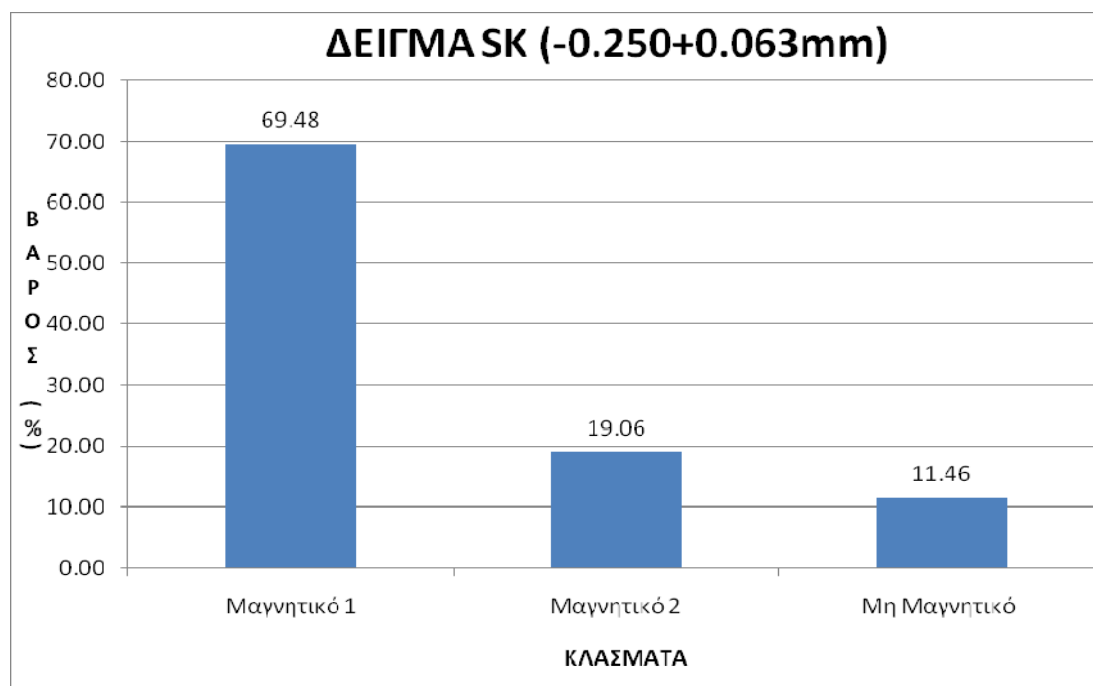
Σχήμα 6.3 : Κατανομή βάρους μαγνητικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



Σχήμα 6.4 : Κατανομή βάρους μαγνητικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)

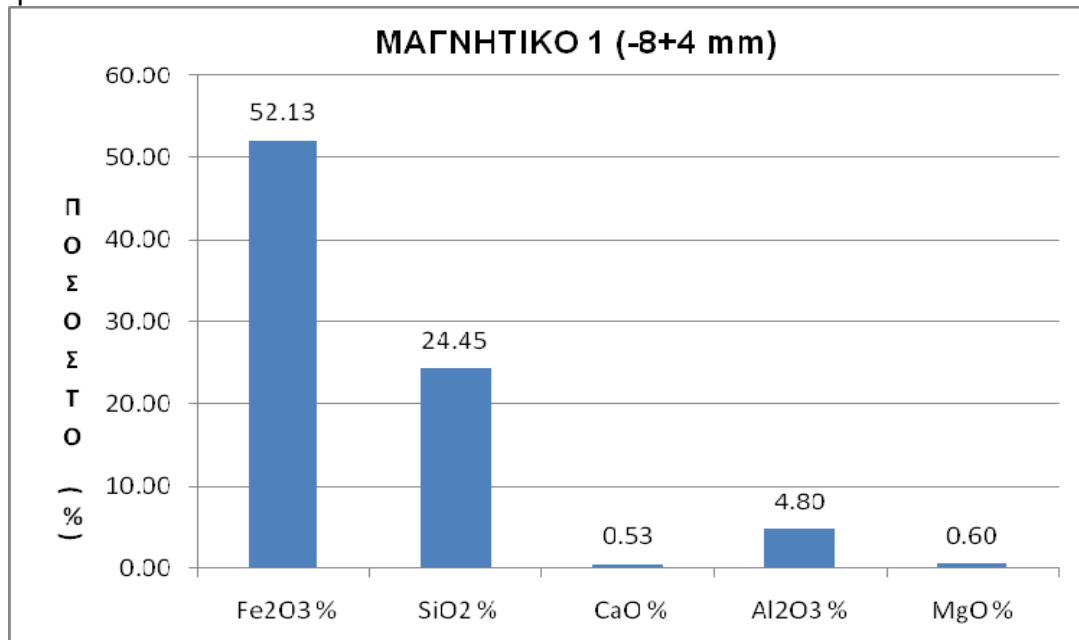


Σχήμα 6.5 : Κατανομή βάρους μαγνητικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)

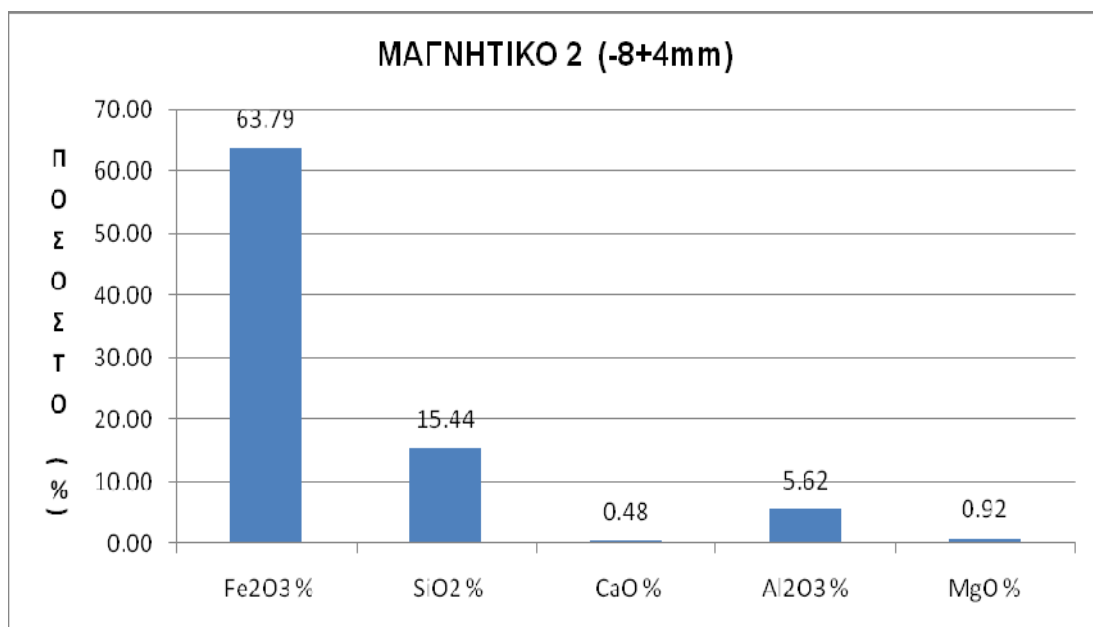


Σχήμα 6.6 : Κατανομή βάρους μαγνητικών κλασμάτων του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)

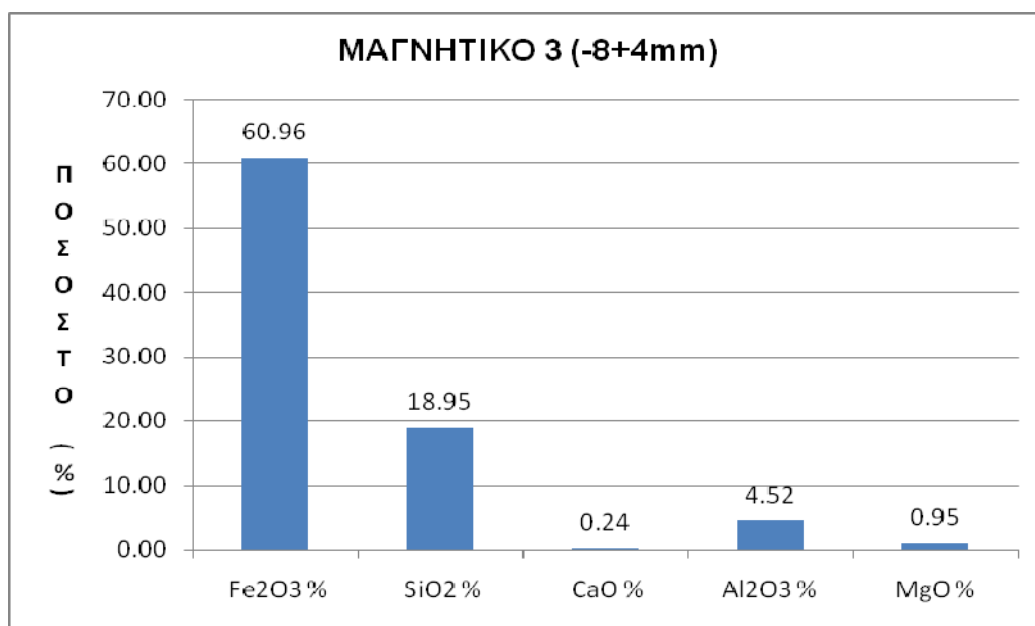
Στα παρακάτω σχήματα παρουσιάζεται η περιεκτικότητα των προϊόντων του διαχωρισμού σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO στα διάφορα κοκκομετρικά κλάσματα:



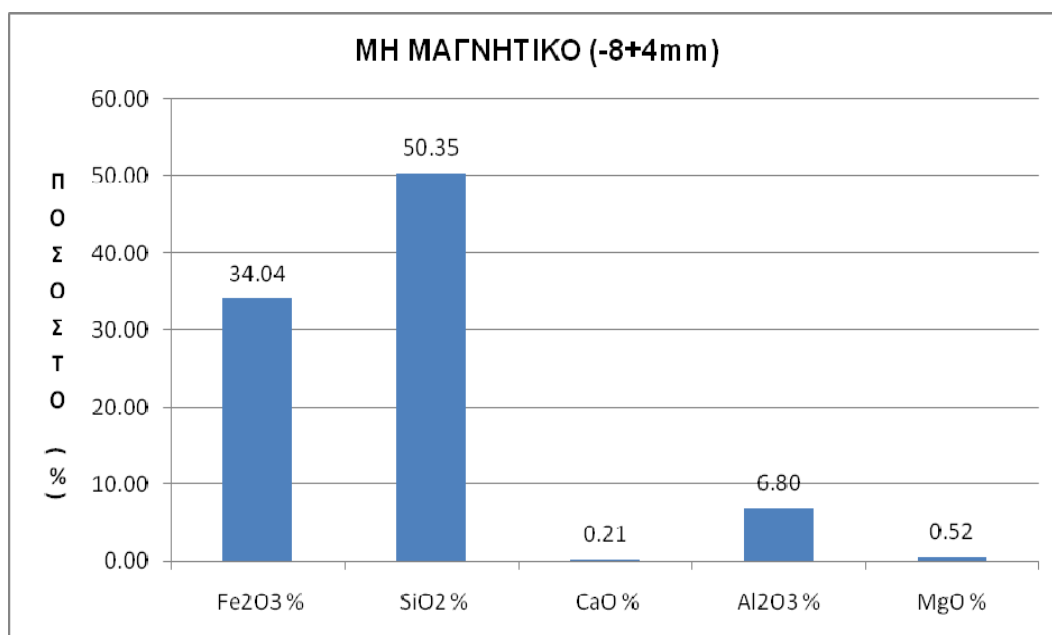
Σχήμα 6.7 : Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO για το Μαγνητικό 1 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



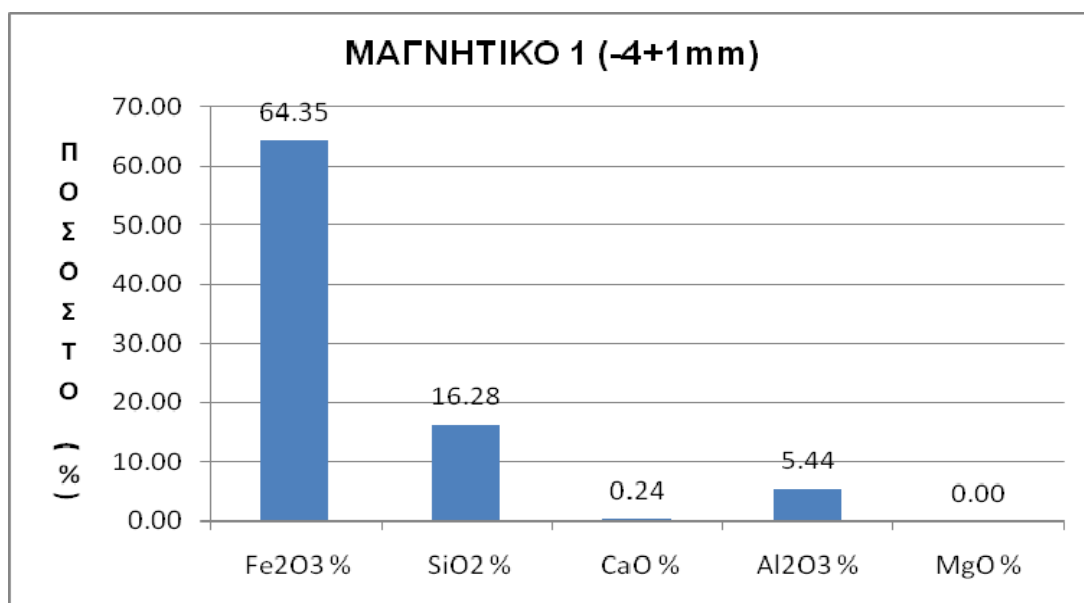
Σχήμα 6.8 : Περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 και MgO για το Μαγνητικό 2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



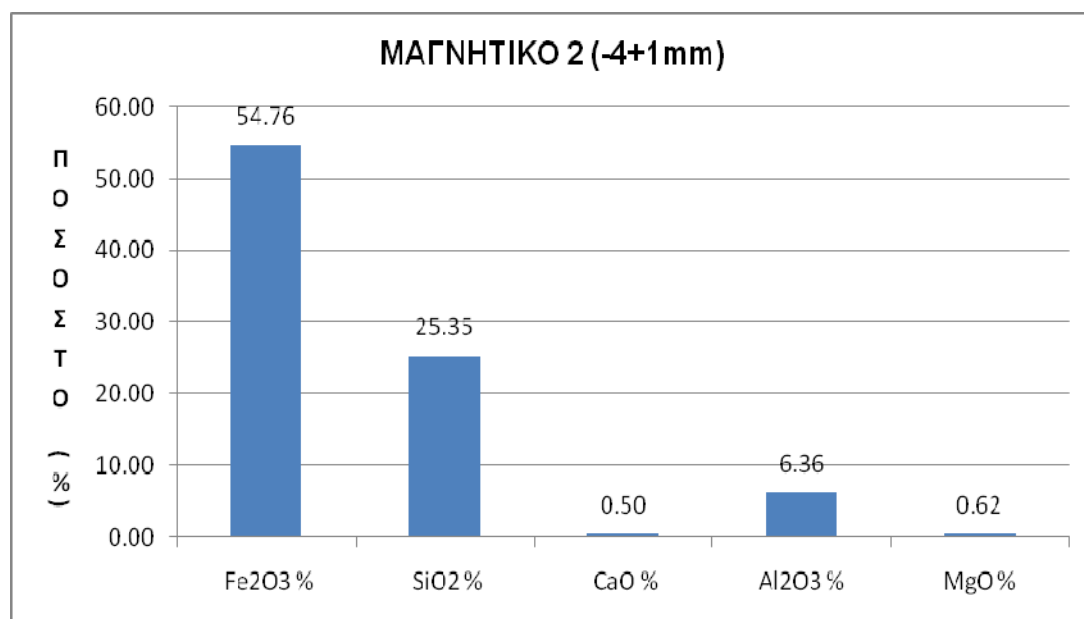
Σχήμα 6.9 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό 3 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



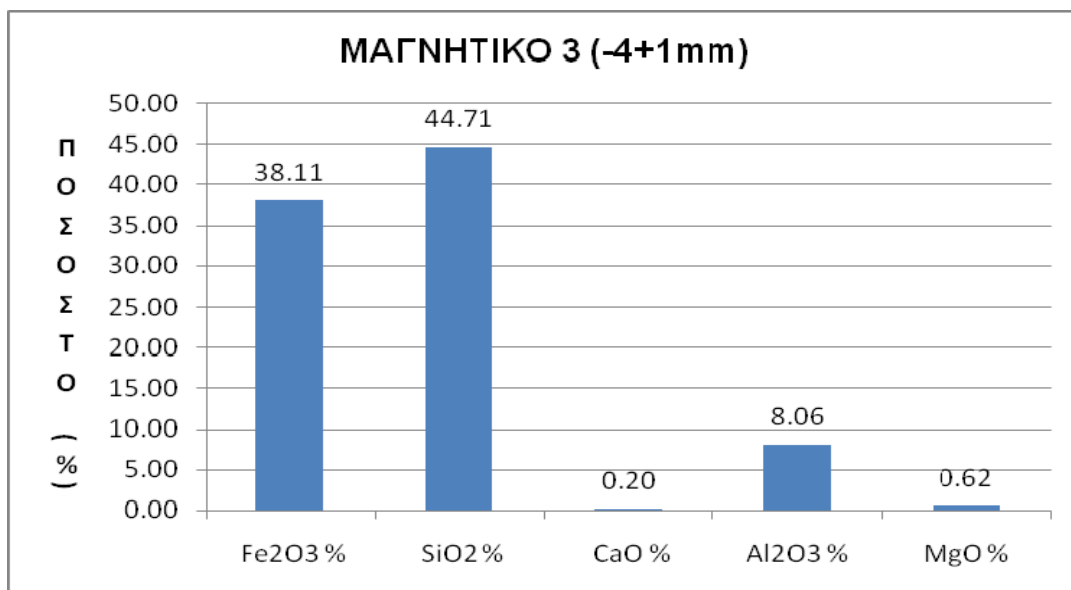
Σχήμα 6.10 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μη Μαγνητικό προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-8+4 mm)



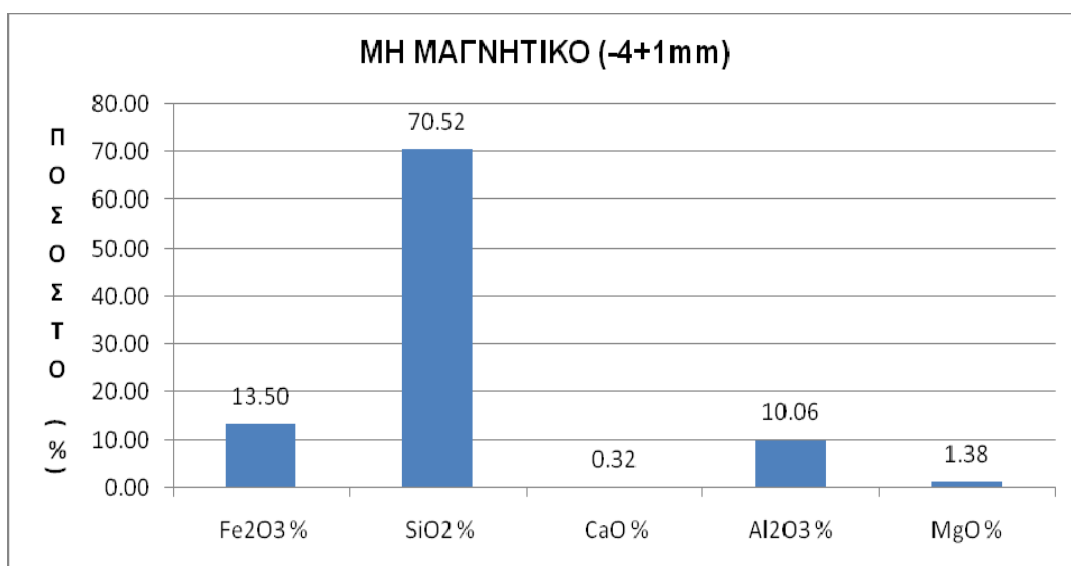
Σχήμα 6.11 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό 1 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



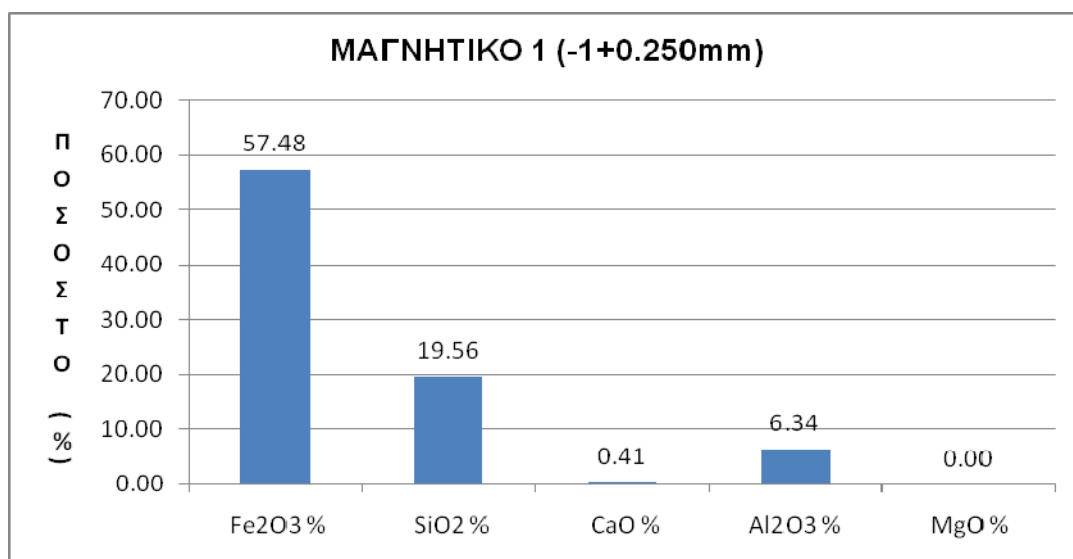
Σχήμα 6.12 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό 2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



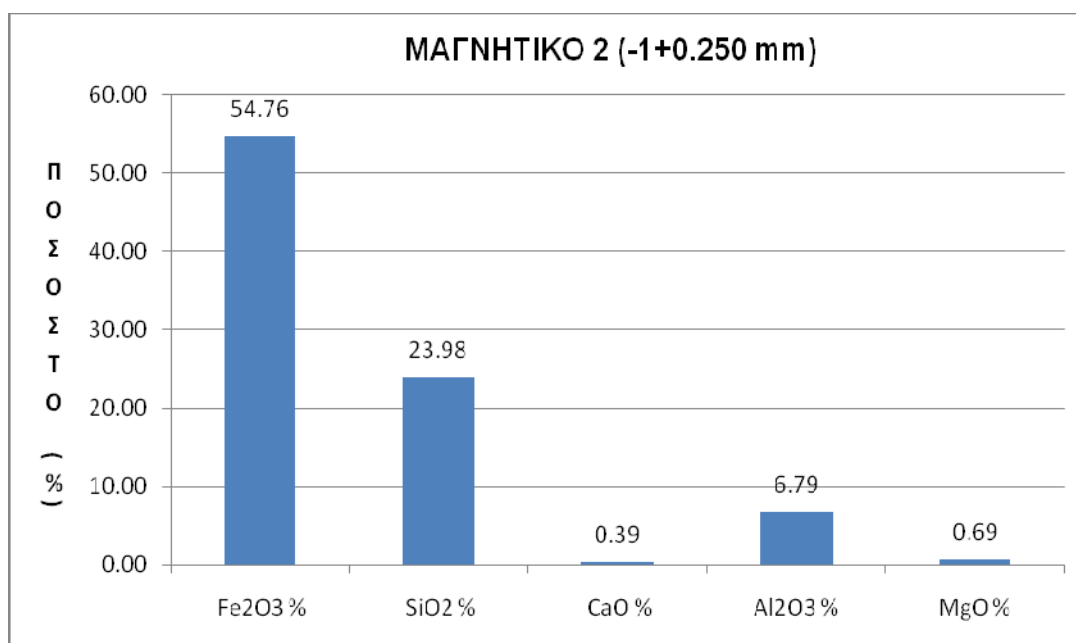
Σχήμα 6.13 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό3 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



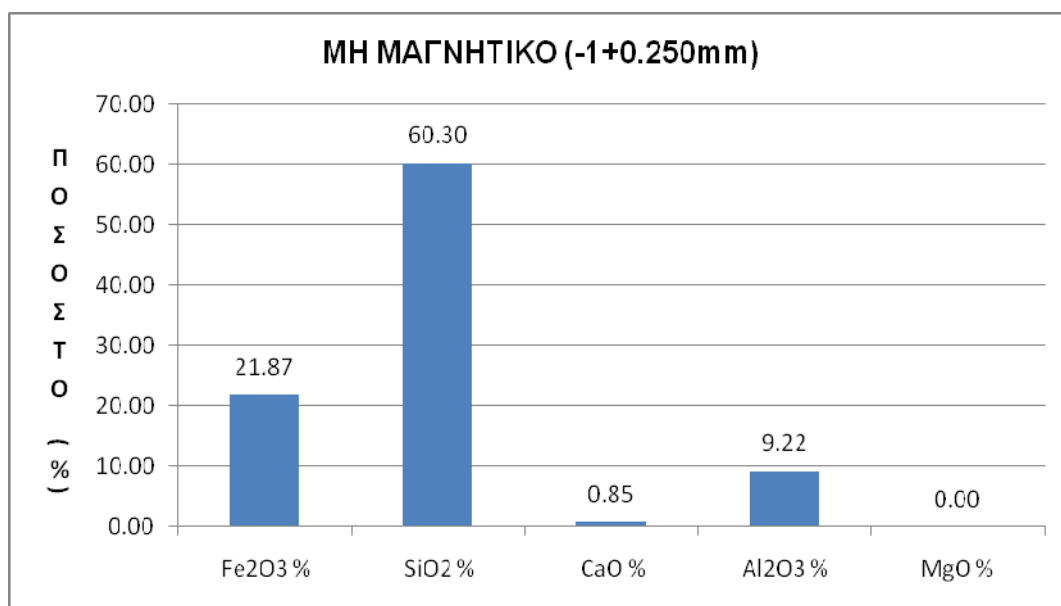
Σχήμα 6.14 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μη Μαγνητικό προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-4+1 mm)



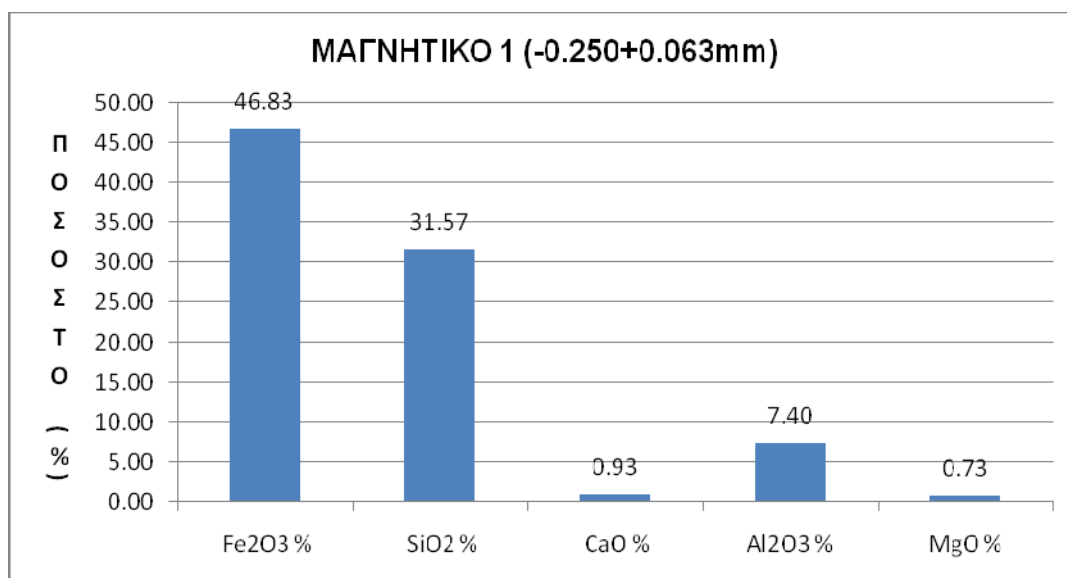
Σχήμα 6.15 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό 1 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)



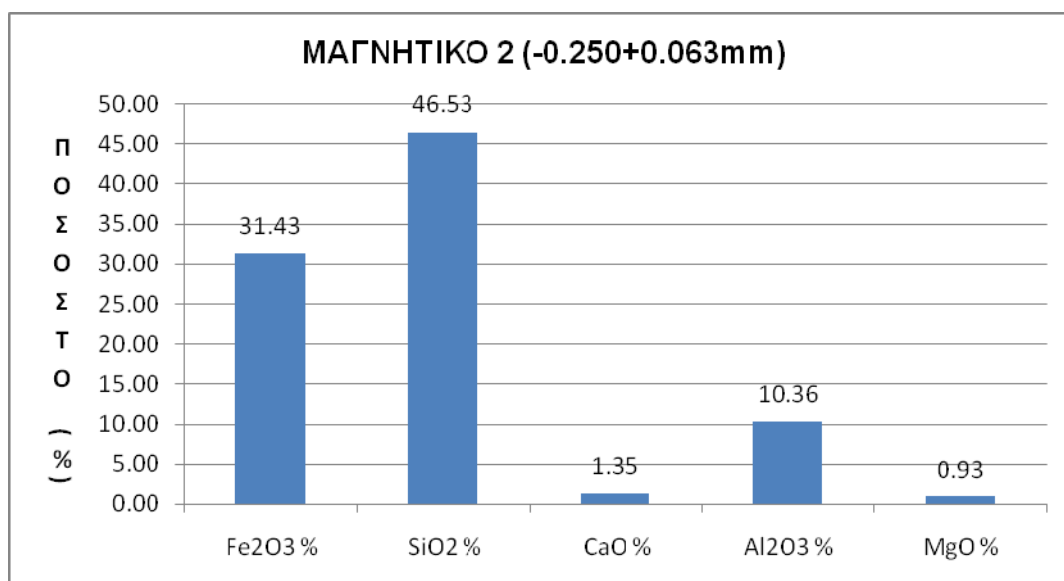
Σχήμα 6.16 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό 2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)



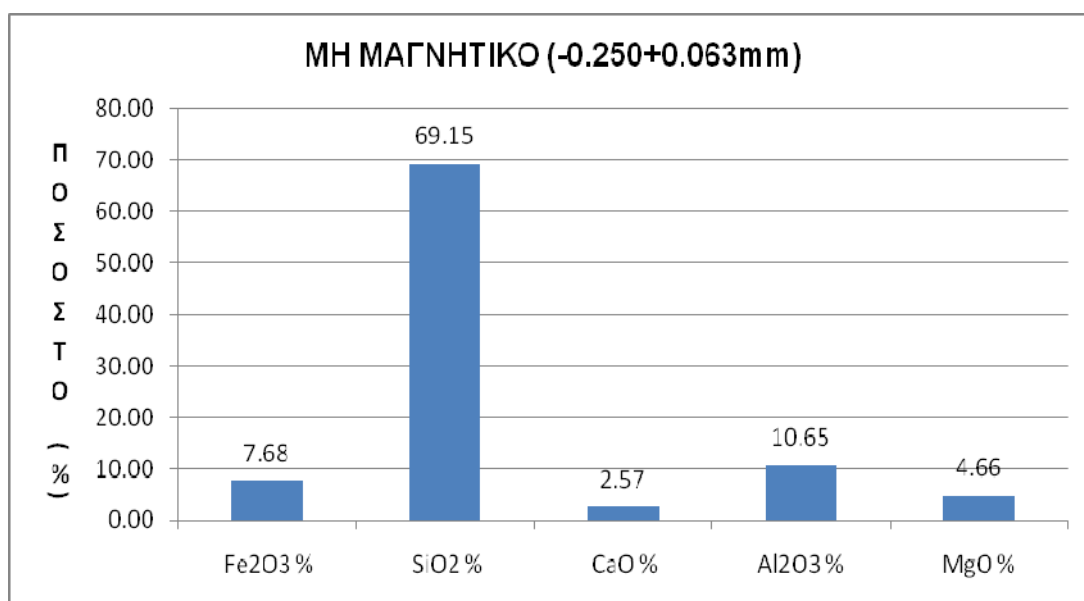
Σχήμα 6.17 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μη Μαγνητικό προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-1+0.250 mm)



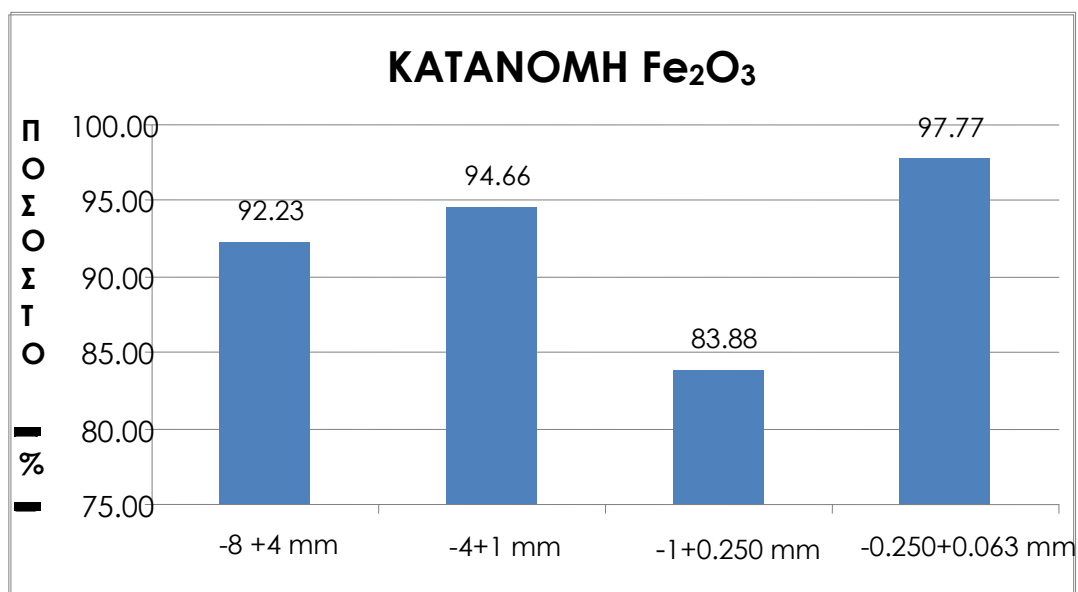
Σχήμα 6.18 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό1 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)



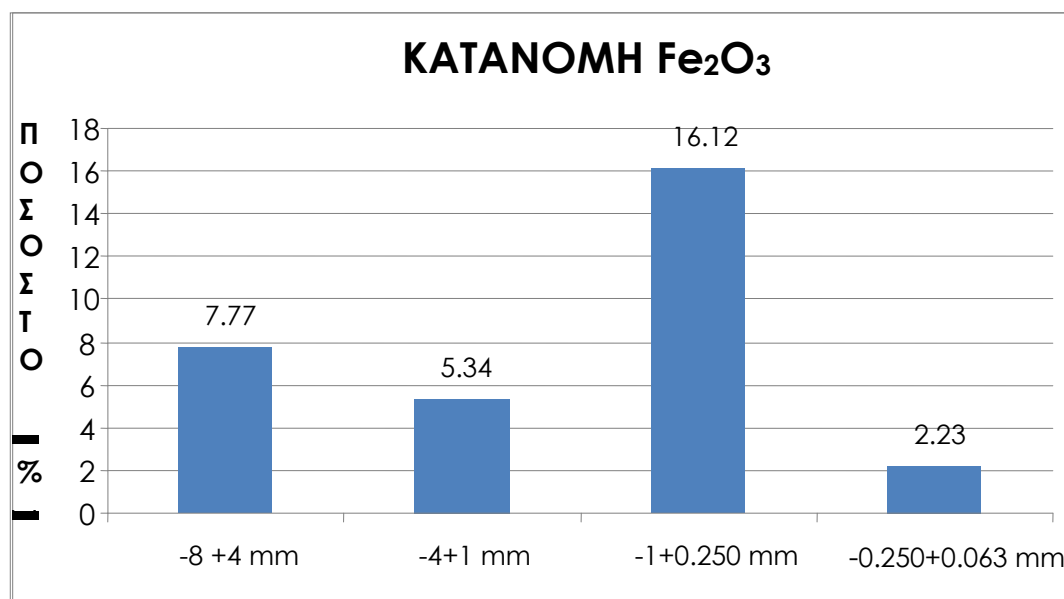
Σχήμα 6.19 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μαγνητικό2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)



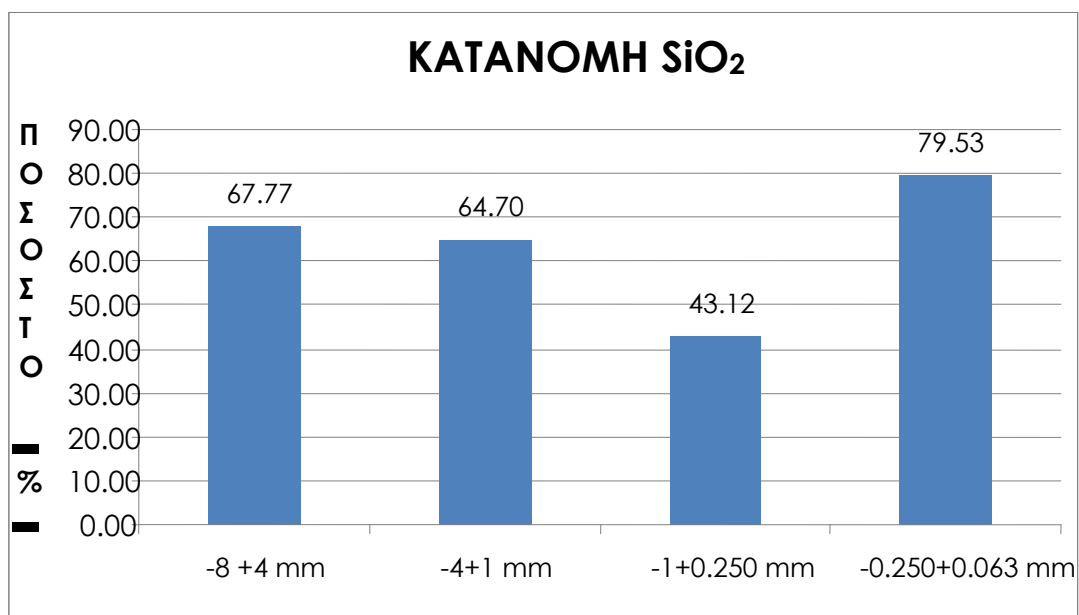
Σχήμα 6.20 : Περιεκτικότητα σε Fe₂O₃, SiO₂, CaO, Al₂O₃ και MgO για το Μη Μαγνητικό προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος (-0.250+0.063 mm)



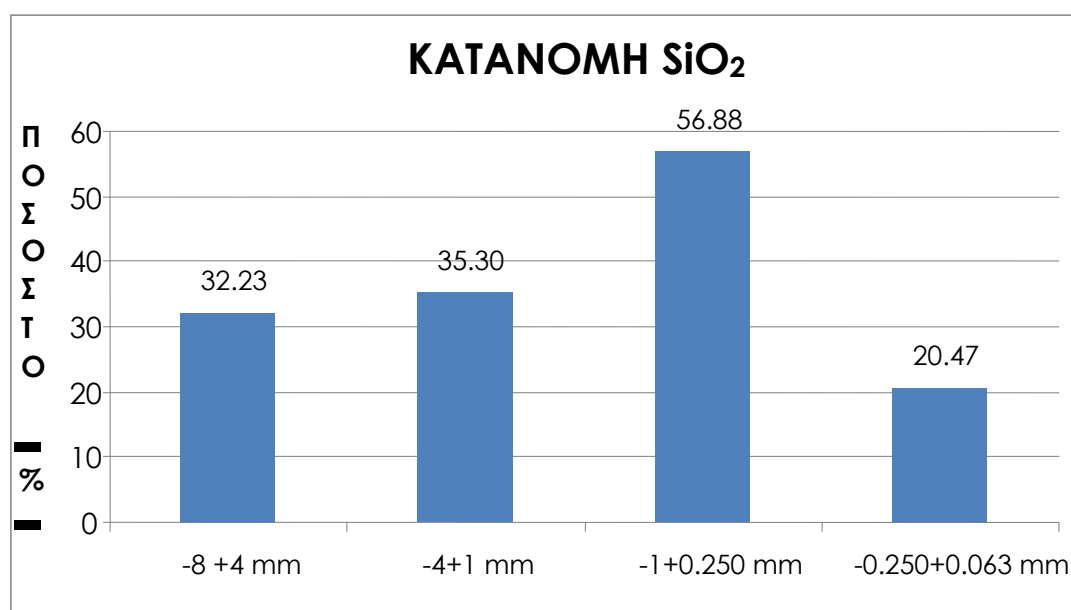
Σχήμα 6.21 : Η κατανομή του Fe_2O_3 στα μαγνητικά προϊόντα του μαγνητικού διαχωρισμού



Σχήμα 6.22 : Η κατανομή του Fe_2O_3 στα μη μαγνητικά προϊόντα του μαγνητικού διαχωρισμού



Σχήμα 6.23 : Η κατανομή του SiO₂ στα μαγνητικά προϊόντα του μαγνητικού διαχωρισμού



Σχήμα 6.24 : Η κατανομή του SiO₂ στα μη μαγνητικά προϊόντα του μαγνητικού διαχωρισμού

Παρατηρήσεις

Παρατηρούμε ότι τα ποσοστά βάρους των μαγνητικών προϊόντων είναι ψηλότερα σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα, τόσο στα χονδρομερή όσο και στα λεπτομερή.

Η περιεκτικότητα του Fe_2O_3 είναι μεγαλύτερη στα μαγνητικά προϊόντα σε σχέση με τα μη μαγνητικά (Πίν. 6.1), συνεπώς τα σιδηρούχα ορυκτά (γκαιίτης, λεπιδοκροκίτης και αιματίτης) συγκεντρώνονται στο συμπύκνωμα. Η κατανομή του στα μαγνητικά προϊόντα κυμαίνεται από 83.88% μέχρι 97.77% (σχήμα 6.21), με τη μεγαλύτερη τιμή της να την παρουσιάζει στο $-0.250+0.063$ mm. Πιο αυξημένα ποσοστά παρατηρούμε στα χονδρομερή κλάσματα. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση του Fe_2O_3 παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές της στα Μαγνητικό2 και Μαγνητικό3 προϊόντα του κλάσματος $-8+4$ mm και στο Μαγνητικό1 του $-4+1$ mm. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα μαγνητικά είναι πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη του SiO_2 . Έχουμε κι ένα σημαντικό ποσοστό SiO_2 στα προϊόντα Μαγνητικό 3 του $-4+1$ mm και στα Μαγνητικό 1 και Μαγνητικό 2 του $-0.250+0.063$ mm. Μάλιστα στα προϊόντα Μαγνητικό 3 του $-4+1$ mm και Μαγνητικό 2 του $-0.250+0.063$ mm το ποσοστό του SiO_2 είναι μεγαλύτερο του ποσοστού του Fe_2O_3 , κάτι ανεπιθύμητο. Όπως και στα αντίστοιχα αποτελέσματα του βαρυτομετρικού, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν μη αποδεσμευμένοι κόκκοι χαλαζία και σιδηρούχων ορυκτών ή κατά τη συλλογή προϊόντων μετά το τέλος της διαδικασίας του διαχωρισμού παρασύρθηκαν και κόκκοι χαλαζία.

Αντίθετα στα μη μαγνητικά έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση SiO_2 σε σχέση με αυτή στα μαγνητικά. Αυτό σημαίνει, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό χαλαζία οδηγείται στο απόρριμμα. Πρόκειται για αναμενόμενο αποτέλεσμα. Μελετώντας τα σχήματα κατανομής 6.23 και 6.24 παρατηρούμε ότι η κατανομή του SiO_2 παρουσιάζει πολύ υψηλές τιμές στα μαγνητικά προϊόντα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι όπως και στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό δεν έχουμε ισοδύναμη κατανομή μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων. Βέβαια η κατανομή του SiO_2 στα μη μαγνητικά είναι πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη του Fe_2O_3 .

Επίσης παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση του Al_2O_3 παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές της στα μη μαγνητικά προϊόντα σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα και κατ' επέκταση τα ορυκτά γκιπσίτης και μοσχοβίτης συγκεντρώνονται κυρίως στο απόρριμμα. Οι συγκεντρώσεις CaO και MgO είναι πολύ χαμηλές στα διάφορα προϊόντα του διαχωρισμού και παρουσιάζουν αυξομείωση στην τιμή τους.

Παρατηρούμε ότι στο σύνολο των κοκκομετρικών κλασμάτων έχουμε υψηλότερη συγκέντρωση Fe_2O_3 στα μαγνητικά και υψηλότερη συγκέντρωση SiO_2 στα μη μαγνητικά προϊόντα, κάτι το επιθυμητό.

Τα καλύτερα αποτελέσματα του μαγνητικού διαχωρισμού παρατηρήθηκαν στα Μαγνητικά προϊόντα 1 και 2 των κοκκομετρικών κλασμάτων $-8+4$ mm, $-4+1$ mm και $-1+0.250$ mm, όπου η περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 για το κλάσμα $-8+4$ mm ανέρχεται στο 63,43% και η κατανομή στο 71,32% αντίστοιχα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό του SiO_2 οδηγείται στο μη μαγνητικό προϊόν. Για το κλάσμα $-4+1$ mm το 57,64% του Fe_2O_3 συγκεντρώνεται στο συμπύκνωμα με ανάκτηση 76,70% αντίστοιχα, ενώ το

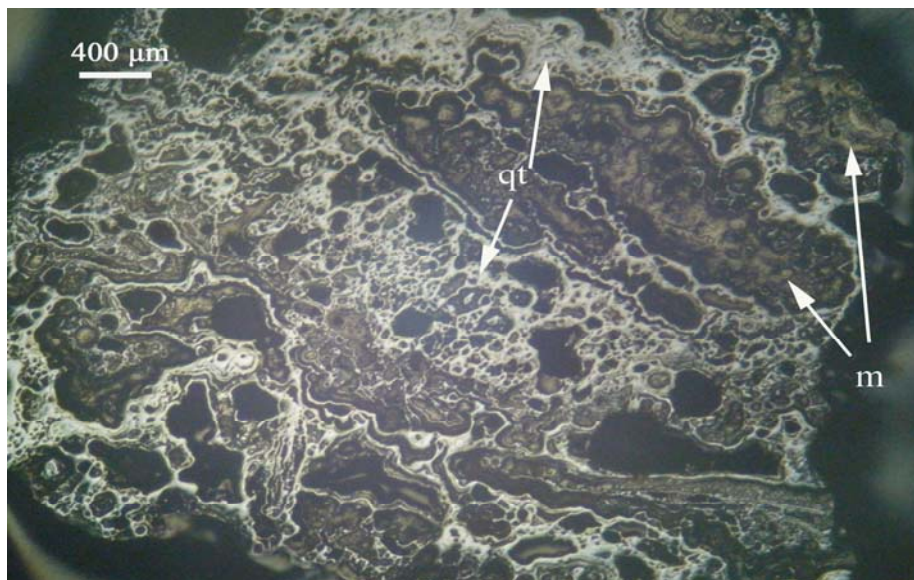
μεγαλύτερο ποσοστό του SiO_2 κατανέμεται στο απόρριμμα της μεθόδου. Τέλος, στο κλάσμα $-1+0.250$ mm η συγκέντρωση του Fe_2O_3 στα Μαγνητικά προϊόντα 1 και 2 ανέρχεται στο 55,74% και η κατανομή στο 83,88% αντίστοιχα, ενώ το SiO_2 στο μεγαλύτερο του ποσοστό οδηγείται στο μη μαγνητικό προϊόν.

Ο μαγνητικός διαχωρισμός δεν έδωσε γενικά ικανοποιητικά αποτελέσματα κυρίως λόγω της παρουσίας σημαντικού ποσοστού SiO_2 στο Μαγνητικό 3 προϊόν του $-4+1$ mm και στα Μαγνητικό 1 και Μαγνητικό 2 προϊόντα του $-0.250+0.063$, γεγονός που οφείλεται στην κακή αποδέσμευση του μεταλλεύματος από το χαλαζιακό υλικό. Στο Μαγνητικό 2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος $-8+4$ mm διαπιστώθηκε το σχετικά καλύτερο συμπύκνωμα με περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 63,43% και ανάκτηση 71,32% κ.β. αντίστοιχα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό SiO_2 οδηγείται στο απόρριμμα.

6.3 Μικροσκοπική εξέταση των προϊόντων της δοκιμής του μαγνητικού διαχωρισμού

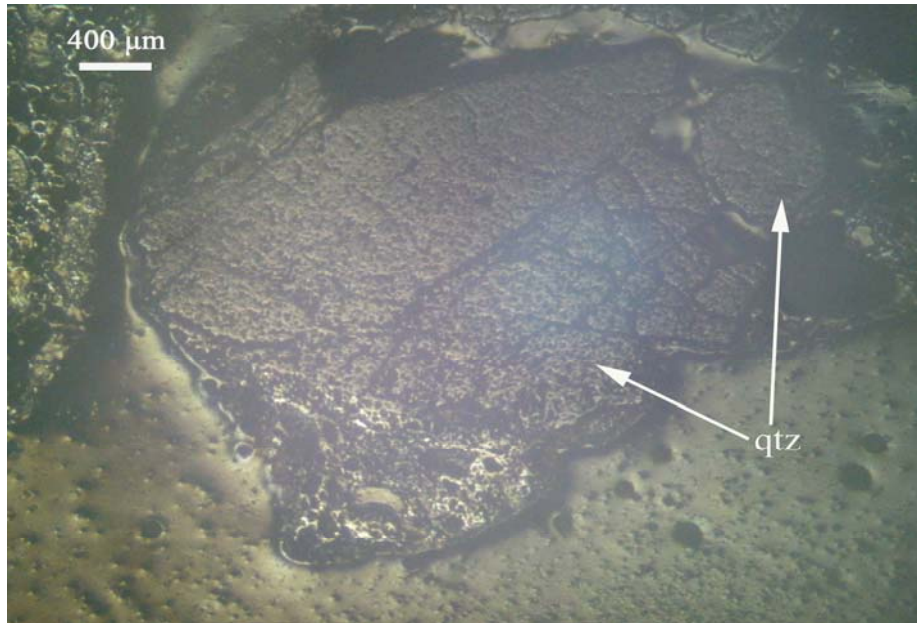
Κοκκομετρικό κλάσμα $-8 +4$ mm

Στις τομές M1 (μαγνητικό 1), M2 (μαγνητικό 2) και M3 (μαγνητικό 3) παρατηρούνται κόκκοι γκαϊτίτη με συνδετικό υλικό (σχήμα 6.25).



Σχήμα 6.25 : Κόκκοι γκαϊτίτη με συνδετικό υλικό.
Μαγνητικό 1 προϊόν για το κλάσμα $(-8+4$ mm).
(m : συνδετικό υλικό, gt : γκαϊτίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

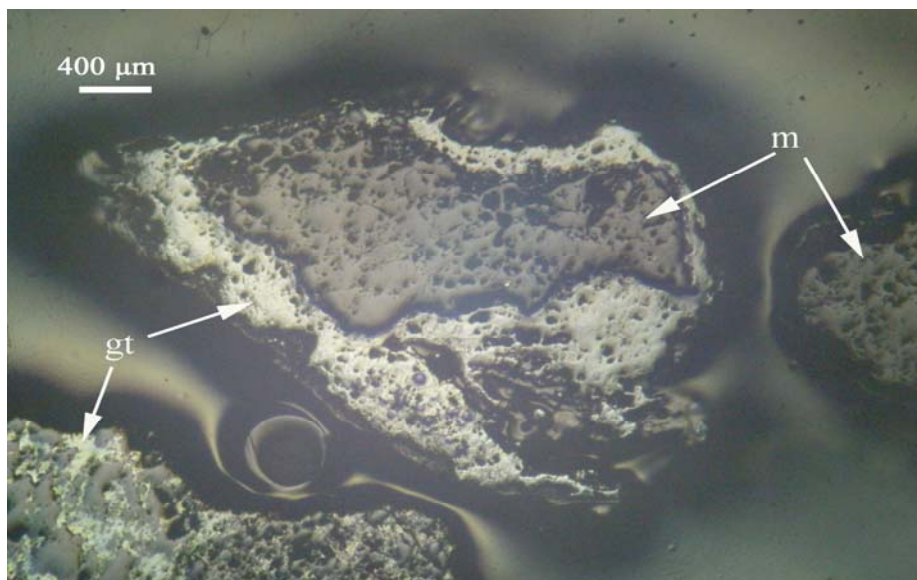
Στην τομή M4 (μη μαγνητικό) παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία (σχήμα 6.26)



Σχήμα 6.26 : Κόκκοι χαλαζία.
Μη Μαγνητικό προϊόν για το κλάσμα (-8+4 mm).
(qtz : χαλαζίας). Ανακλώμενο φως, // Nicols

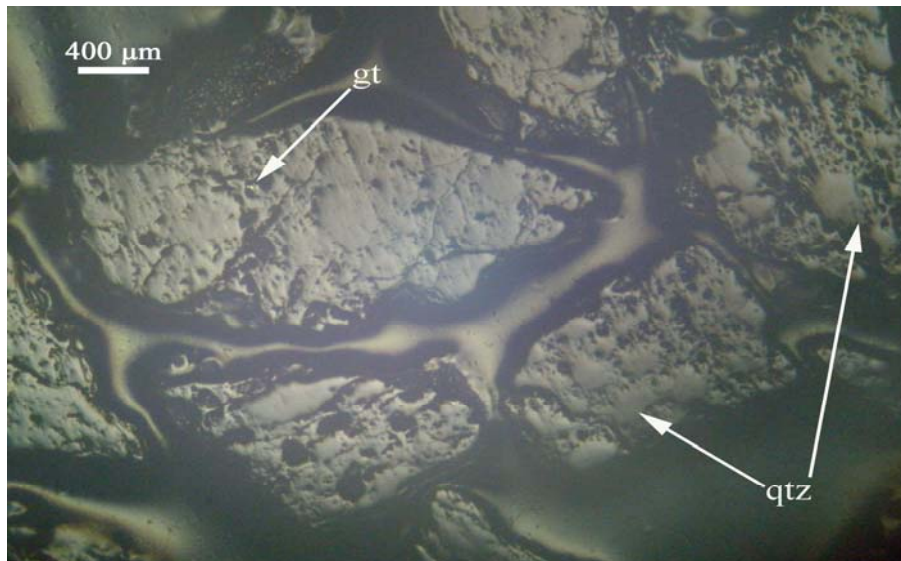
Κοκκομετρικό κλάσμα -4 +1 mm

Στις τομές M5 (μαγνητικό 1), M6 (μαγνητικό 2) και M7 (μαγνητικό 3) υπάρχουν κόκκοι γκαιίτη με μικρό ποσοστό συνδετικού υλικού (σχήμα 6.27).



Σχήμα 6.27 : Κόκκοι γκαιίτη με συνδετικό υλικό.
Μαγνητικό 2 προϊόν για το κλάσμα (-4 +1 mm).
(m : συνδετικό υλικό, gt : γκαιίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

Στην τομή M8 (μη μαγνητικό) παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία με ίχνη γκαϊτίτη (σχήμα 6.28).



Σχήμα 6.28 : Κόκκοι χαλαζία με ίχνη γκαϊτίτη.
Μη Μαγνητικό προϊόν για το κλάσμα (-4+1 mm).
(qtz : χαλαζίας, gt : γκαϊτίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

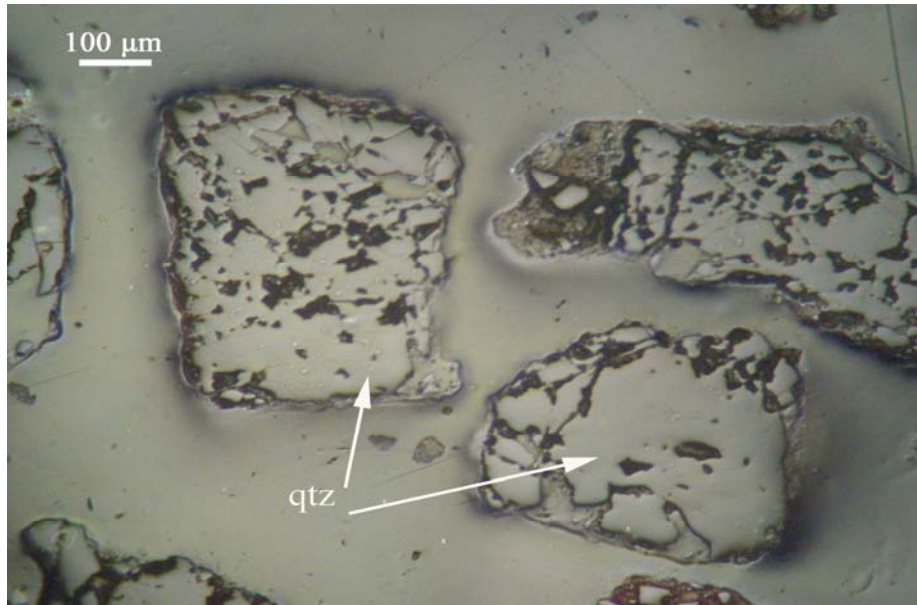
Κοκκομετρικό κλάσμα -1 +0.250 mm

Στις τομές M9 (μαγνητικό 1) και M10 (μαγνητικό 2) παρατηρούνται κόκκοι γκαϊτίτη με ίχνη χαλαζία (σχήμα 6.29).



Σχήμα 6.29 : Κόκκοι γκαϊτίτη με ίχνη χαλαζία.
Μαγνητικό 2 προϊόν για το κλάσμα (-1 +0.250 mm).
(qtz : χαλαζίας, gt : γκαϊτίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

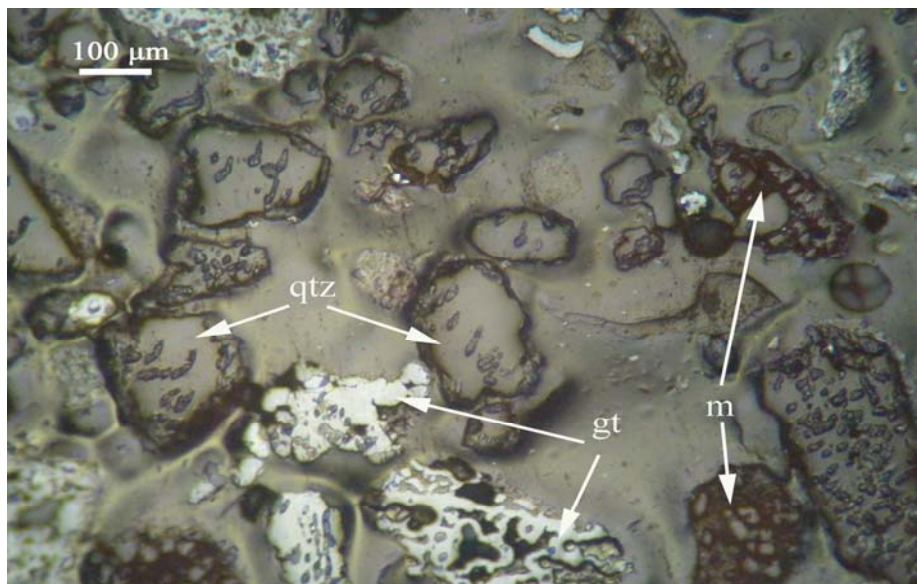
Στην τομή M11 (μη μαγνητικό) παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία (σχήμα 6.30)



Σχήμα 6.30 : Κόκκοι χαλαζία.
Μη Μαγνητικό προϊόν για το κλάσμα (-1+0.250 mm).
(qtz : χαλαζίας). Ανακλώμενο φως, // Nicols

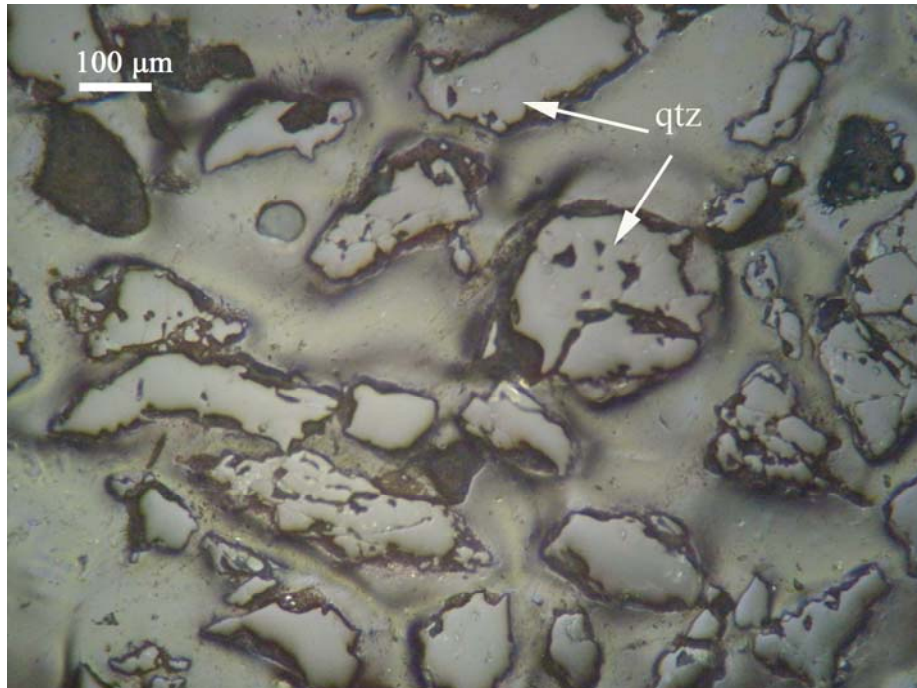
Κοκκομετρικό κλάσμα -0.250 +0.063 mm

Οι τομές M12 (μαγνητικό 1) και M13 (μαγνητικό 2) παρατηρούνται κόκκοι γκαϊτίτη μαζί με χαλαζία και συνδετικό υλικό (σχήμα 6.31)



Σχήμα 6.31: Κόκκοι γκαϊτίτη με χαλαζία και συνδετικό υλικό.
Μαγνητικό 1 προϊόν για το κλάσμα (-0.250+0.063 mm).
(qtz : χαλαζίας, m : συνδετικό υλικό, gt : γκαϊτίτης). Ανακλώμενο φως, // Nicols

Στην τομή M14 (μη μαγνητικό) παρατηρούνται κόκκοι χαλαζία (σχήμα 6.32).



Σχήμα 6.32: Κόκκοι χαλαζία.
Μη Μαγνητικό προϊόν για το κλάσμα $(-0.250+0.063 \text{ mm})$.
(qtz : χαλαζίας). Ανακλώμενο φως, // Nicols

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

7.1 Συμπεράσματα ορυκτολογικής εξέτασης

- Τα σιδηρομεταλλεύματα σχηματίζουν κυρίως στρώματα ή φακούς και βρίσκονται μέσα στη Φυλλιτική – Χαλαζιτική σειρά. Η σειρά αυτή αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και χαλαζίτες, ενώ σε αυτή συναντώνται επίσης μετακροκαλοπαγή, ασβεστιτικοί φυλλίτες και μεταβασάλτες.
- Η ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος είναι κυρίως γκαιίτης, αιματίτης και χαλαζίας. Σε μικρότερα ποσοστά υπάρχουν μοσχοβίτης, λεπιδοκροκίτης, γκιπσίτης και τάλκης. Οι κόκκοι του χαλαζία έχουν υποστεί σε μεγάλο βαθμό τεκτονική καταπόνιση με αποτέλεσμα τον κατακερματισμό τους.
- Όπως παρατηρήθηκε στη μικροσκοπική εξέταση η επικρατούσα μορφή στα υπό εξέταση δείγματα ήταν η επιγενετικής προέλευσης σιδηρούχος μεταλλοφορία υπό μορφή γκαιίτη, που αντικαθιστά το συνδετικό υλικό μεταξύ των κόκκων χαλαζία του μητρικού πετρώματος. Ο γκαιίτης σχηματίζει συγκεντρικές επιφλοιώσεις κατά μήκος ρωγμών, διάκενων και γύρω από τους κόκκους χαλαζία. Κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη μικρού σχετικά μεγέθους παρατηρήθηκαν επίσης διάσπαρτοι στο συνδετικό υλικό του μεταλλεύματος.
- Σύμφωνα με τη μικροσκοπική διερεύνηση των ιστολογικών χαρακτηριστικών του σιδηρομεταλλεύματος, η δομή του χαρακτηρίζεται γενικά ως εμπλεκτική διακοκκώδης.

7.2 Συμπεράσματα δοκιμών εμπλουτισμού

Βαρυτομετρικός διαχωρισμός

Στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό και στα τέσσερα κοκκομετρικά κλάσματα παρατηρούμε ότι μετά τη δοκιμή εμπλουτισμού, στο ελαφρύ προϊόν υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό SiO_2 , ενώ στο βαρύ υπάρχει μεγαλύτερο ποσοστό Fe_2O_3 , κάτι αναμενόμενο. Οι ορυκτολογικές φάσεις του Fe, αιματίτης και γκαιίτης, κυρίως εμφανίζονται στα βαρέα προϊόντα, κάτι που πιστοποιείται και από την μικροσκοπική εξέταση των στιλπνών τομών των διαφόρων κοκκομετρικών κλασμάτων. Αντίθετα το

Si παρουσιάζεται στα ελαφρά προϊόντα περισσότερο, όπως και το ορυκτό χαλαζίας. Όμως μετά το τέλος της διαδικασίας του εμπλουτισμού, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντικό ποσοστό SiO_2 στο βαρύ προϊόν του $-0.250+0.063$ mm και σημαντικό ποσοστό Fe_2O_3 στα ελαφριά κλάσματα των $-8+4$ mm και $-4+1$ mm, κάτι το οποίο είναι ανεπιθύμητο. Μάλιστα στο ελαφρύ κλάσμα του $-4+1$ mm το ποσοστό του Fe_2O_3 είναι μεγαλύτερο, κάτι μη επιθυμητό. Αυτό σημαίνει ότι δεν έγινε σωστή αποδέσμευση και παρασύρθηκαν κόκκοι χαλαζία στο βαρύ προϊόν και Fe_2O_3 στο ελαφρύ. Τέλος, η κατανομή του SiO_2 παρουσιάζει υψηλές τιμές στα βαριά προϊόντα, κάτι το οποίο οφείλεται, όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς, στη μη ισοδυναμη κατανομή των βαρέων και των ελαφρών προϊόντων. Συγκεκριμένα το βάρος των βαρέων είναι πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των ελαφριών, κάτι που πιθανώς επηρεάζει και τα τελικά αποτελέσματα. Βέβαια η κατανομή του SiO_2 στα βαριά είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη του Fe_2O_3 , ενώ στα ελαφριά έχει υψηλότερη τιμή από την κατανομή του Fe_2O_3 . Επομένως ο βαρυτομετρικός διαχωρισμός του μεταλλεύματος δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Μαγνητικός διαχωρισμός

Σε όλα τα κοκκομετρικά κλάσματα παρατηρούμε ότι στα μαγνητικά προϊόντα έχουμε μεγαλύτερα ποσοστά Fe_2O_3 ενώ στα μη μαγνητικά μεγαλύτερα ποσοστά SiO_2 , κάτι αναμενόμενο. Όπως και στο βαρυτομετρικό διαχωρισμό, έτσι και στο μαγνητικό αφού το μεγαλύτερο ποσοστό του Fe παρουσιάζεται στα μαγνητικά και οι αντίστοιχες ορυκτολογικές του φάσεις (αιματίτης, γκαιτίτης) θα εμφανίζονται στα μαγνητικά προϊόντα. Η κατανομή του Fe_2O_3 στα μαγνητικά είναι πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη του SiO_2 . Αντίθετα το Si και επομένως ο χαλαζίας θα εμφανίζονται στα μη μαγνητικά. Στο Μαγνητικό 2 προϊόν του κοκκομετρικού κλάσματος $-8+4$ mm διαπιστώθηκε το σχετικά καλύτερο συμπύκνωμα με περιεκτικότητα σε Fe_2O_3 63,43% και ανάκτηση 71,32% κ.β. αντίστοιχα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό SiO_2 οδηγείται στο απόρριμμα. Δεν πρέπει να παραβλέψουμε ότι έχουμε ένα σημαντικό ποσοστό SiO_2 στα προϊόντα Μαγνητικό 3 του $-4+1$ mm και στα Μαγνητικό 1 και Μαγνητικό 2 του $-0.250+0.063$ mm. Μάλιστα στα προϊόντα Μαγνητικό 3 του $-4+1$ mm και Μαγνητικό 2 του $-0.250+0.063$ mm το ποσοστό του SiO_2 είναι μεγαλύτερο του ποσοστού του Fe_2O_3 , κάτι ανεπιθύμητο. Όπως και στα αντίστοιχα αποτελέσματα του βαρυτομετρικού, αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν μη αποδεσμευμένοι κόκκοι χαλαζία και σιδηρούχων ορυκτών ή κατά τη συλλογή προϊόντων παρασύρθηκαν και κόκκοι χαλαζία. Σε αντίθεση με το βαρυτομετρικό, στο μαγνητικό διαχωρισμό έχουμε καλύτερη αλλά όχι ισοδύναμη κατανομή βαρών μεταξύ μαγνητικών και μη μαγνητικών προϊόντων. Τέλος παρατηρούμε ότι η κατανομή του SiO_2 παρουσιάζει υψηλές τιμές στα μαγνητικά προϊόντα, κάτι που οφείλεται στο ότι δεν έχουμε ισοδύναμη κατανομή μαγνητικών και μη μαγνητικών. Βέβαια η κατανομή του SiO_2 στα μη μαγνητικά είναι πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη του Fe_2O_3 . Άρα ο μαγνητικός διαχωρισμός δεν έδωσε τόσο ικανοποιητικά αποτελέσματα. Εξαίρεση αποτελούν τα Μαγνητικά 2 προϊόντα των κοκκομετρικών κλασμάτων $-8+4$ mm, $-4+1$ mm και $-1+0.250$ mm, όπου παρατηρείται οριακά ένας εμπλουτισμός του μεταλλεύματος.

7.3 Προτάσεις

- Πραγματοποίηση και άλλων μεθόδων εμπλουτισμού, ώστε να ερευνηθεί περαιτέρω η ανάκτηση σιδήρου.
- Για τη μέθοδο του βαρυτομετρικού διαχωρισμού, χρήση βαρέος υγρού με μεγαλύτερη πυκνότητα, ώστε να επιτευχθεί καλύτερη κατανομή βαρών sink και float προϊόντων.
- Για τη μέθοδο μαγνητικού διαχωρισμού για τις κοκκομετρίες $-1+0.250$ mm και $-0.250+0.063$ mm να εφαρμοστεί και τρίτη μεταβολή ταχύτητας περιστροφής τυμπάνου, ώστε να έχουμε τρία μαγνητικά προϊόντα και ένα μη μαγνητικό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνικές και διεθνείς πηγές

1. Αλεβίζος, Γ., Στρατάκης Α., Πετράκης Ε. (2010). Ορυκτολογική εξέταση και δοκιμές εμπλουτισμού του σιδηρομεταλλεύματος της περιοχής Άνω Βαλσαμόνερο Ρεθύμνου. Ορυκτός Πλούτος Νο 155, σελ. 33-46.
2. Αλεβίζος, Γ. (2005). Μικροσκοπία ορυκτών πρώτων υλών και τεχνητών προϊόντων. Τεύχος Β', Σημειώσεις του μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
3. Alevizos, G. 2006, *Mineralogisch-erzmikroskopische Untersuchung an Eisenerze des Vorkommens von Skines, West-Kreta (Griechenland)*. –Ber. Deutsch. Mineral. Ges., Beih. z. Eur. J. Mineral. Vol. 18, p. 6.
4. Αναστασίου Β. (1980). Η ελληνική χαλυβουργία στην επόμενη εικοσαετία. Διαλέξεις-συζητήσεις ΤΕΕ, Αθήνα.
5. Αναστόπουλος, Ι. (1966). Εισηγητική έκθεση επί της εκτελεσθείσας κοιτασματολογικής μελέτης των σιδηρομεταλλευμάτων της νήσου Θάσου. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
6. Αργύρης, Χ. & Καρκασίνας, Γ. (1978). Αναξιοποίητα αποθέματα ορυκτού πλούτου. Ομάδα εργασίας της επιτροπής μεταλλευτικής τεχνολογίας του ΤΕΕ, Αθήνα.
7. Γεωργακέλλος, Ν. (1977). Άμεσος αναγωγή των σιδηρομεταλλευμάτων. Σημείωμα-Διάλεξη, Αθήνα.
8. Γρόσσου-Βαλτά, Μ. & Φουφρής, Αλ. (1979). Πρόδρομη έκθεση για τη δυνατότητα εμπλουτισμού φτωχών σιδηρομεταλλευμάτων Σερίφου. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
9. Creutzburg, N. & Seidel, E. (1975). *Zum stand der Geologie des Präneogens auf Kreta*. N. Jb. Geol. Pal Abh., 149, 363 – 383.
10. Dornsiepen, U.F. und Manutsoglu, E., (1994). *Zur Gliederung der Phyllit-Decke Kretas und des Peloponnes*. Z. dt. geol. Ges. 145, S. 286-304.
11. ΕΤΒΑ (1981). Η ελληνική χαλυβουργία σήμερα και στην επόμενη δεκαετία. Διαλέξεις, Αθήνα.
12. Θεοδωρίκας, Σ. (1997). Γεωχημεία. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
13. Θεοφιλόπουλος Δ. (1982). Μελέτη σιδηρομεταλλευμάτων Θάσου, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

14. Κορνίτσας, Κ. (2005). *Μεταλλουργικές διεργασίες*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
15. Κούνης, Γ. (1971). *Έκθεσις επί τεντών κοιτασμάτων σιδηρομεταλλευμάτων Σκύρου- αξιολόγησις υφιστάμενων γεωλογικών-κοιτασματολογικών στοιχείων*. Μελέτη για το Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών υπεδάφους, Αθήνα.
16. Κωστάκης, Γ. (2005). *Οπτική κρυσταλλογραφία*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
17. Κωστάκης, Γ. (1992). *Ορυκτοδιαγνωστική*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
18. Κωστάκης, Γ. (1988). *Φυσικές ιδιότητες των ορυκτών*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
19. Μαράτος, Γ. (1972). *Γεωλογία της Ελλάδος*. Γεωτεχνικό γραφείο ΓΕ.ΜΕΛ.ΕΡ., Αθήνα.
20. Μουντράκης, Δ. (1985). *Γεωλογία της Ελλάδος*. University studio press, Θεσσαλονίκη.
21. Πανταζής, Μ. & Παντελής, Γ. (1982). *Τα ελληνικά σιδηρομεταλλεύματα σαν αντικείμενο μελέτης του ΙΓΜΕ*. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
22. Παπασταματίου, Ι (1952). *Ο ορυκτός πλούτος της Κρήτης*. Έκθεση αδημοσίευτη, Νο 256, Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα, σελ.38.
23. Παπασταματίου, Ι (1959). *Τα σιδηρομεταλλεύματα της νήσου Σκύρου*. Μελέτη για το Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών υπεδάφους, Αθήνα.
24. Περδικάσης, Β. & Πεντάρη, Δ. (2003). *Εργαστηριακές ασκήσεις γεωχημείας*. Εργαστηριακές Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
25. Schellmann, W. (1964). *Zur Rolle des Aluminiums in Nadeleisenerz-Ooiden*. N. Jahrbuch f. Mineralogie, Monatshefte, S. 49-56.
26. Σταθογιάννη, Φ. (2007). *Ορυκτολογική εξέταση και δοκιμές εμπλουτισμού του σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος της περιοχής Κομνηνών Βερμίου*. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
27. Σταμπολιάδης, Η. (2001). *Εμπλουτισμός μεταλλευμάτων*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

28. Thiel, R. (1963). *Zum System α -FeOOH - α -AlOOH*. Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, Band 326, S. 70-78.
29. Τσαϊλάς, Δ. (1969). *Οικονομική σημασία των ελληνικών λατεριτικών κοιτασμάτων χρωμιονικελιούχων σιδηρομεταλλευμάτων*. Μελέτη για το Ινστιτούτο Γεωλογίας και Ερευνών υπεδάφους, Αθήνα.
30. Φρουφρής, Α (1980). *Μελέτη δυνατότητας εμπλουτισμού φτωχών σιδηρομεταλλευμάτων Νήσου Σερύφου*. Έκθεση αδημοσίευτη, No 23, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, σελ. 40.
31. Χρηστίδης, Γ. (2002). *Κοιτασματολογία Ι*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
32. Χρηστίδης, Γ. (2002). *Κοιτασματολογία ΙΙ*. Σημειώσεις μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
33. Χριστοδούλου, Γ. (1963). *Γεωλογικά και μικροπαλαιοντολογικά έρευναι επί του νεογενούς της νήσου Κρήτης*. Διατριβή επί υφηγεσία. Πανεπ. Θεσσαλονίκης

Διαδικτυακές πηγές

Ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη Ε.Μ.Π.

<http://www.ntua.gr>

Chemical Elements

<http://www.chemicalelements.com>

Livopedia

<http://www.livopedia.gr>

Mining Intelligence and Technology

<http://www.infomine.com>

Primary Industries and Resources SA

<http://www.pir.sa.gov.au>

<http://www.portegeogeo.com>

Wikipedia

<http://www.wikipedia.gr>

Χαλυβουργική Α.Ε.

<http://www.halyvourgiki.com>

Χαλυβουργία Ελλάδος

<http://www.hlv.gr>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

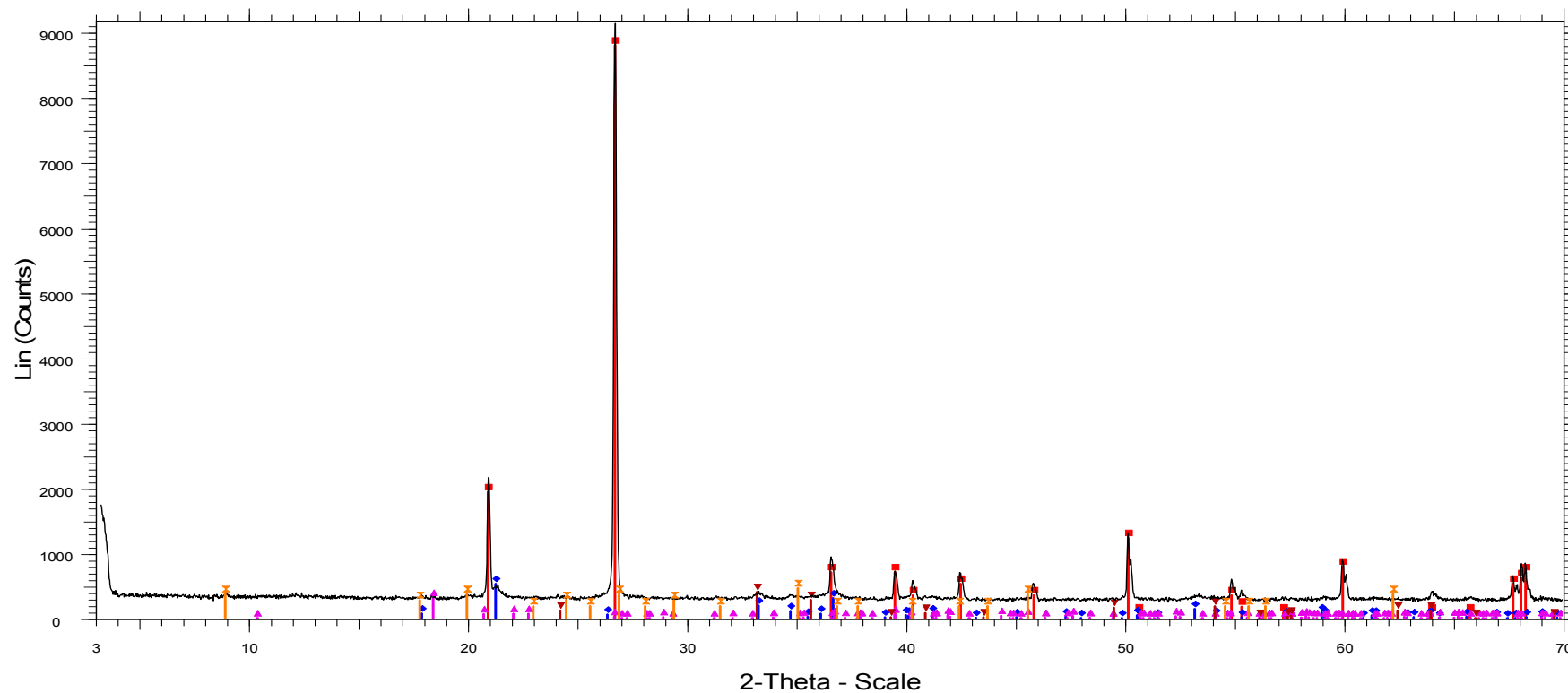
**Πίνακας αντιστοιχίας κωδικών δειγμάτων – προϊόντων
του βαρυτομετρικού και μαγνητικού διαχωρισμού**

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΡΟΪΟΝ
DT1	ΕΛΑΦΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -4+1 mm
DT2	ΒΑΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -4+1 mm
DT3	ΕΛΑΦΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -8+4 mm
DT4	ΒΑΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -8+4 mm
DT5	ΕΛΑΦΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -1+0.250 mm
DT6	ΒΑΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -1+0.250 mm
DT7	ΕΛΑΦΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -0.250+0.063 mm
DT8	ΒΑΡΥ ΠΡΟΪΟΝ ΤΟΥ -0.250+0.063 mm
M1	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 1 ΤΟΥ -8+4 mm
M2	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 2 ΤΟΥ -8+4 mm
M3	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 3 ΤΟΥ -8+4 mm
M4	ΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΟΥ -8+4 mm
M5	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 1 ΤΟΥ -4+1 mm
M6	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 2 ΤΟΥ -4+1 mm
M7	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 3 ΤΟΥ -4+1 mm
M8	ΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΟΥ -4+1 mm
M9	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 1 ΤΟΥ -1+0.250 mm
M10	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 2 ΤΟΥ -1+0.250 mm
M11	ΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΟΥ -1+0.250 mm
M12	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 1 ΤΟΥ -0.250+0.063 mm
M13	ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ 2 ΤΟΥ -0.250+0.063 mm
M14	ΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΤΟΥ -0.250+0.063 mm

Ορυκτολογικός ημι-ποσοτικός προσδιορισμός

Δείγμα	Χαλαζίας	Γκαϊίτης	Αιματίτης	Μοσχο- βίτης	Τάλκης	Γκιπσί- της	Λεπιδο- κροκίτης	Άστριος	Ασβε- στίτης
SK1	72	18	3	5		2			
SK2	14	66	8	7		3	2		
SK3	70	20	2	5	1	2			
SK4	68	23	3	4		2			
SK5	60	28	3	6	1	2			
SK5A	43	39	2	11	2	3			
SK6	35	38	2	15		7		3	
SK6A	8	69	3	11	7	2			
SK7	74	20	2	4					
SK8	25	62	2	6		5			
DT1	40	50	4	3	3				
DT2	20	65	3	7		3	2		
DT3	44	45	3	4		3	1		
DT4	9	79	3	5		2	2		
DT5	67	22	2	5	1	3			
DT6	20	47	4	21	5	2	1		
DT7	58	30	2	6		4			
DT8	31	54	3	8	2	2			
M1	25	58	3	9	3	2			
M2	13	68	3	7	5	2	2		
M3	19	67	3	6	2	2	1		
M4	50	40	2	6	1	1			
M5	16	72	3	7		1	1		
M6	23	59	3	8	3	3	1		
M7	42	43	3	6	3	3			
M8	71	19	1	5	1	3			
M9	20	63	5	8		3	1		
M10	23	61	3	8	2	3			
M11	56	25	2	14		3			
M12	29	51	4	8	4	4			
M13	45	38	2	8	2	3			2
M14	68	14	1	8	1	4			4

SK1



SK1 - File: d8070653.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.153 ° - End: 70.122 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 3.153 ° - Theta: 1.500 ° - Chi: Operations: Displacement -0.333 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 96.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) -

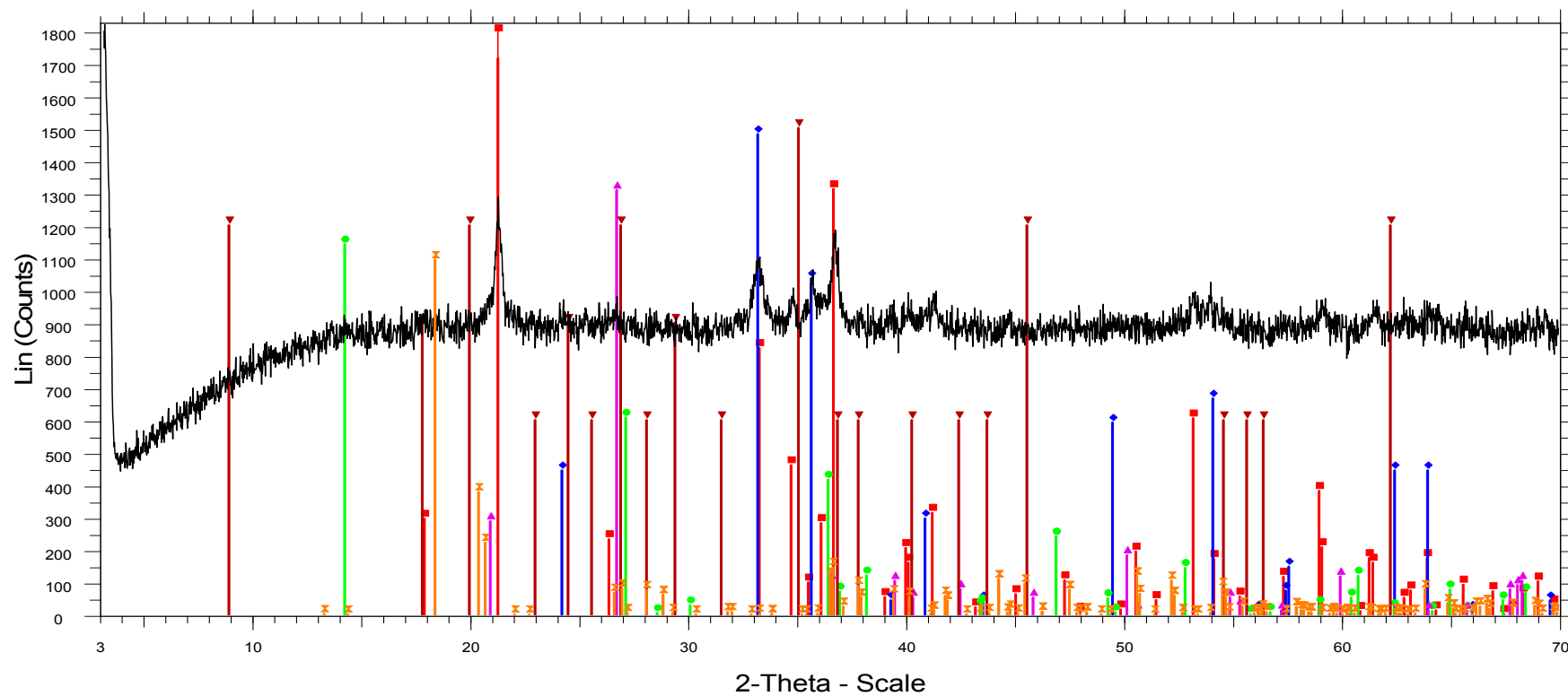
01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 5.79 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6

01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 3.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 4

00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 4.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (

00-005-0652 (D) - Muscovite, Chromian - K(Al,Cr)₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂ - Y: 5.06 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -

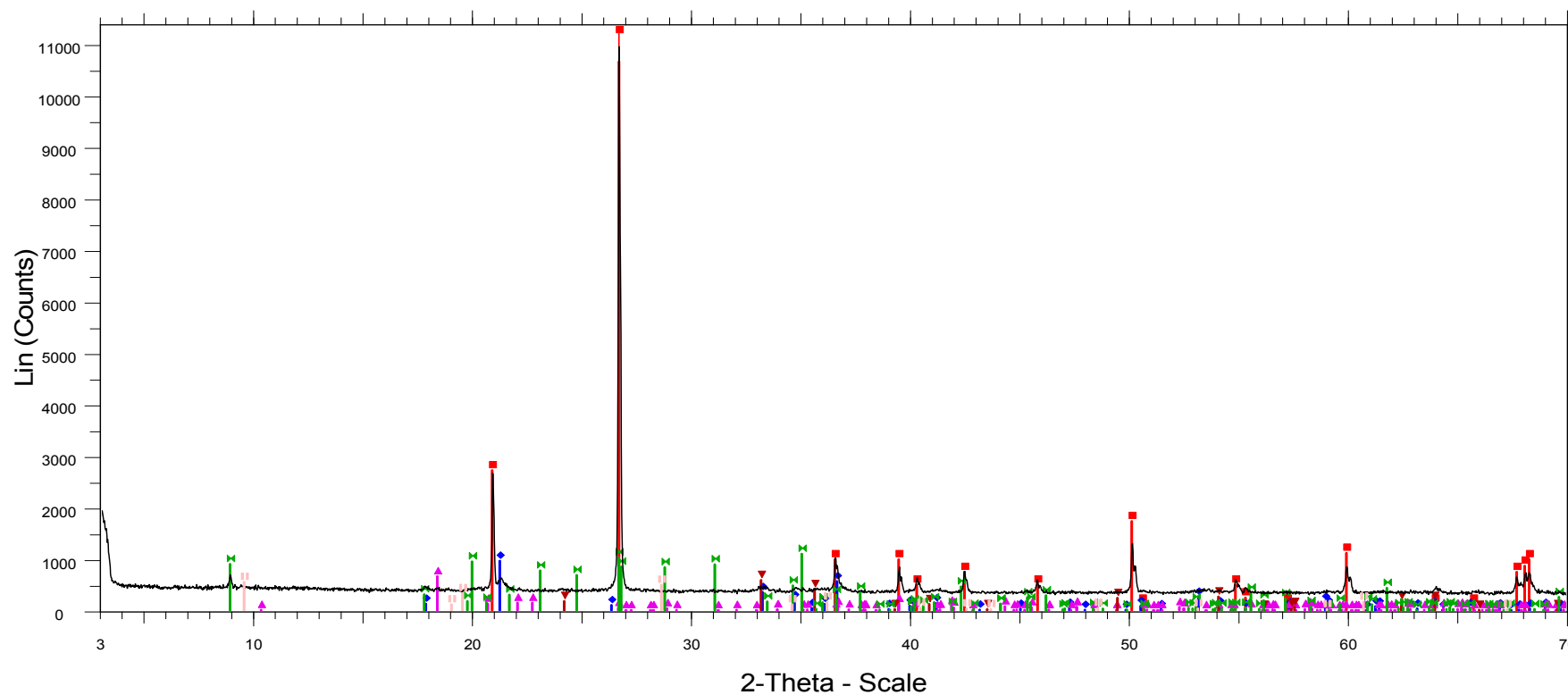
SK2



SK2 - File: d8070654.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.077 ° - End: 70.060 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 3.077 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement -0.167 | Import

■ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 124.09 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primit
◆ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe_2O_3 - Y: 81.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Prim
● 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 62.75 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-
▲ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO_2 - Y: 71.96 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P32
▼ 00-005-0652 (D) - Muscovite, Chromian - $\text{K}(\text{Al,Cr})_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH,F})_2$ - Y: 82.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -
× 01-076-1782 (C) - Gibbsite - $\text{Al}(\text{OH})_3$ - Y: 60.15 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.64100 - b 5.07040 - c 9.71900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/

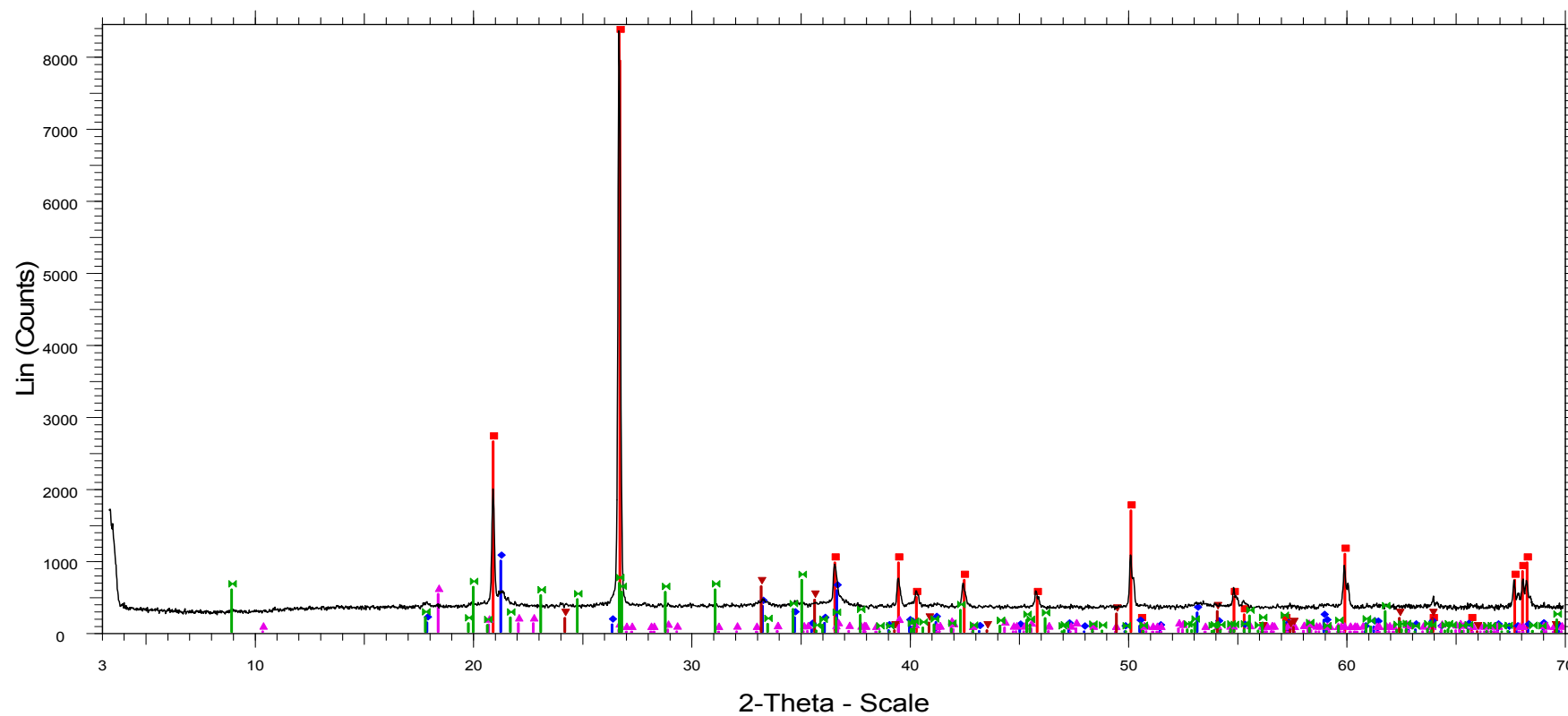
SK3



SK3 - File: d8070655.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.998 ° - End: 69.995 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 2.998 ° - Theta: 1.500 ° - Operations: Displacement 0.005 | Displacement -0.151 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 112.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 8.79 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pb (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 6.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 5.35 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 9.98 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 5.00 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Base

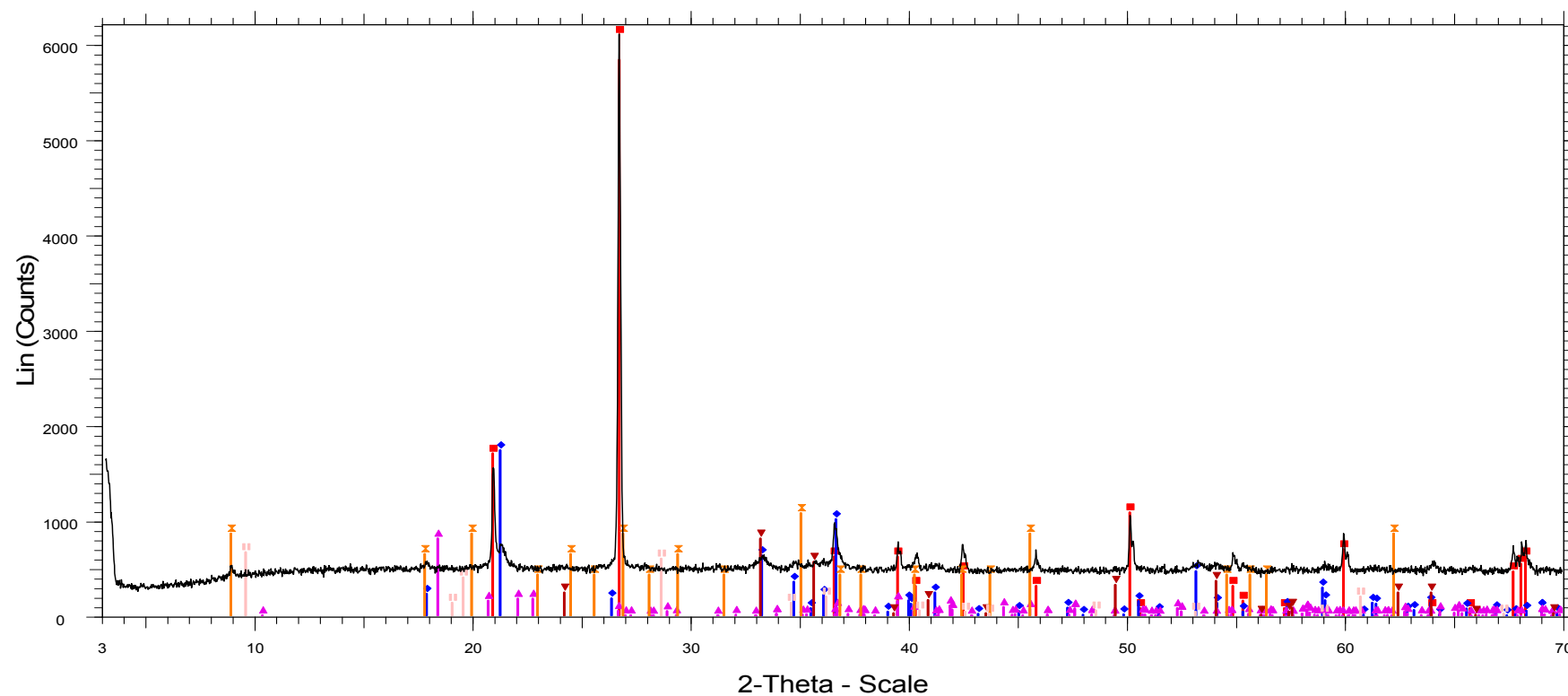
SK4



SK4 - File: d8070656.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.229 ° - End: 70.185 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.229 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement -0.500 | Displacement -0.417 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 144.01 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 11.84 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primiti
 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 6.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 7.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primit
 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 8.63 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.0

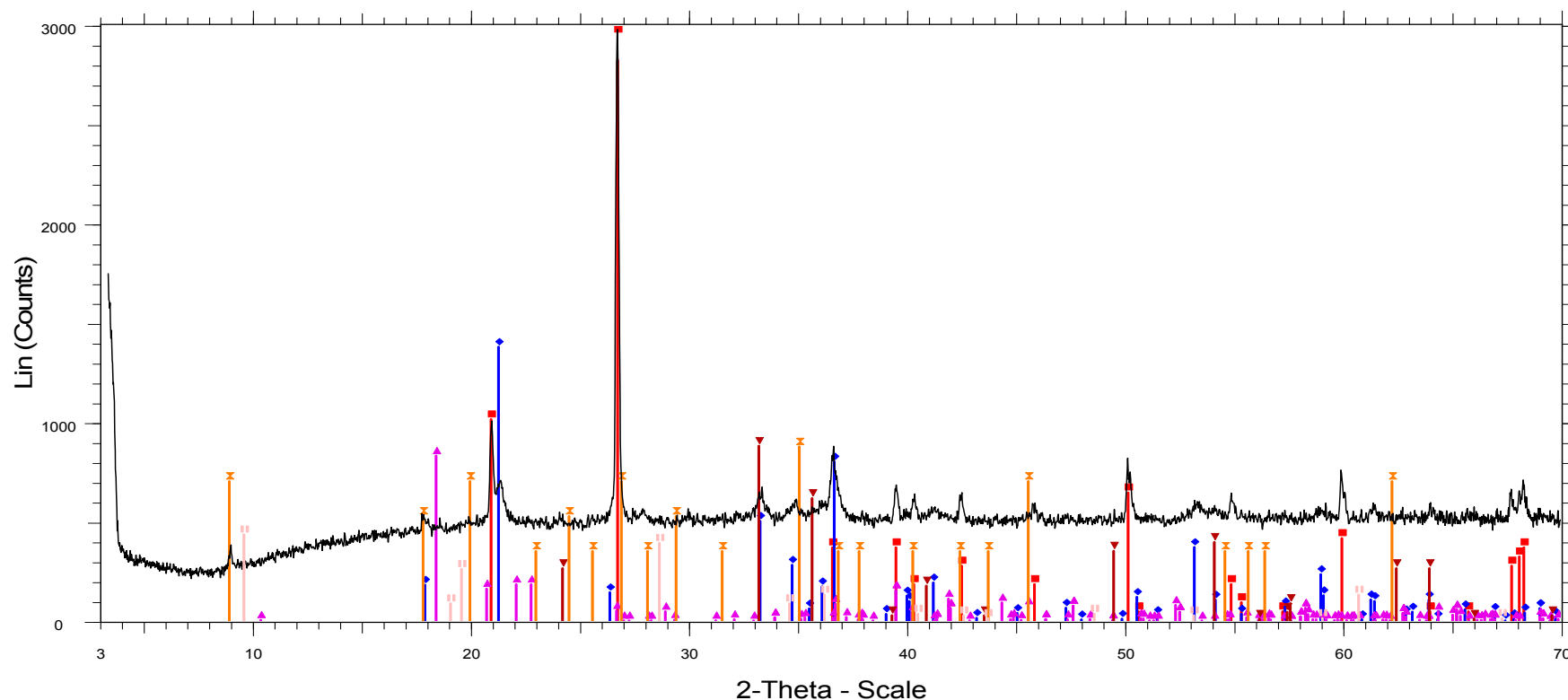
SK5



SK5 - File: d8070657.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.077 ° - End: 70.060 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.077 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement -0.167 | Displacement -0.083 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 126.82 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 28.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 13.22 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 13.22 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
 00-005-0652 (D) - Muscovite, Chromian - K(Al,Cr)₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂ - Y: 17.62 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000
 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 10.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000

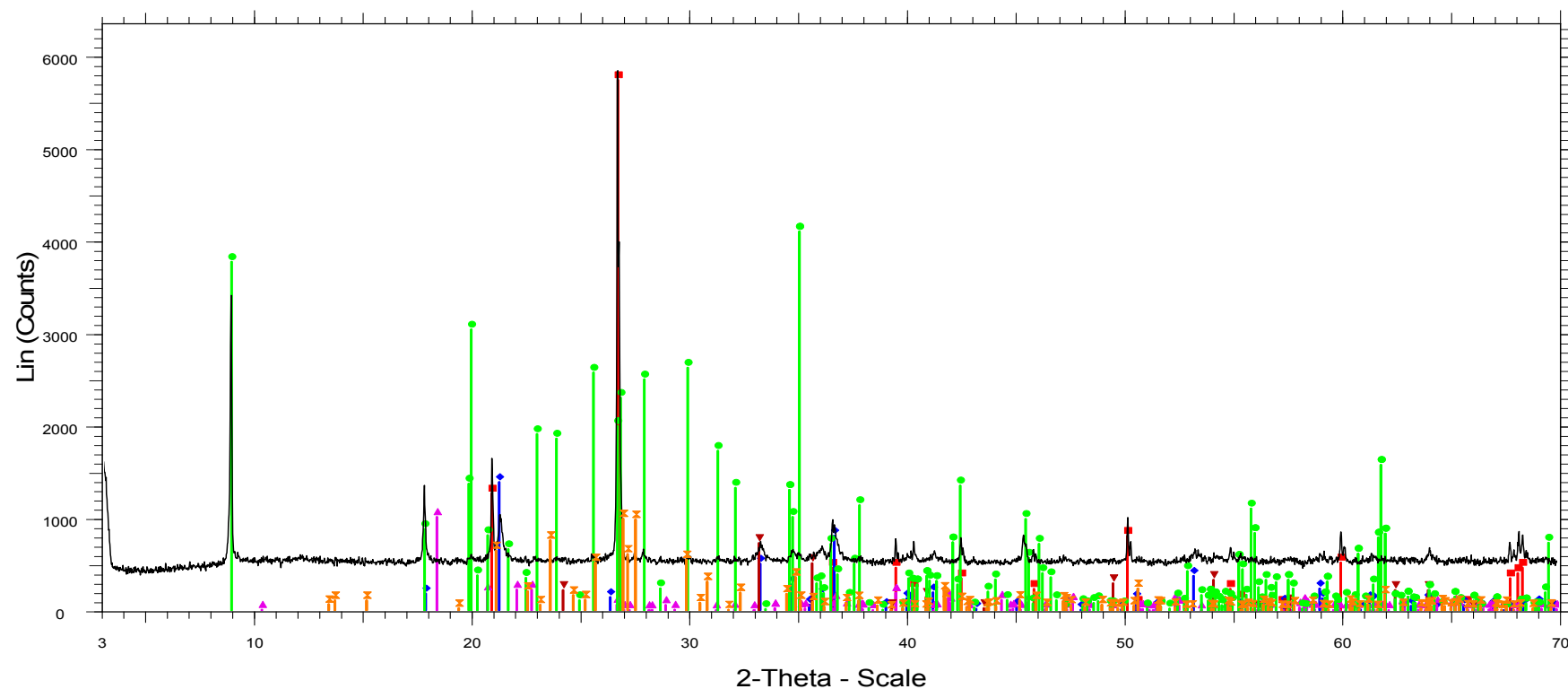
SK5A



SK5A - File: d8070658.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.267 ° - End: 70.216 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.267 ° - Theta: 1.
 Operations: Displacement -0.583 | Displacement -0.667 | Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 154.93 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 46.32 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite, syn - Al(OH)₃ - Y: 27.91 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 29.57 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
- 00-005-0652 (D) - Muscovite, Chromian - K(Al,Cr)₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂ - Y: 29.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 14.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c

SK6



SK6 - File: d8070659.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.885 ° - End: 69.903 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 2.885 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement 0.250 | Displacement 0.000 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 98.26 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P32

01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 23.72 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primiti

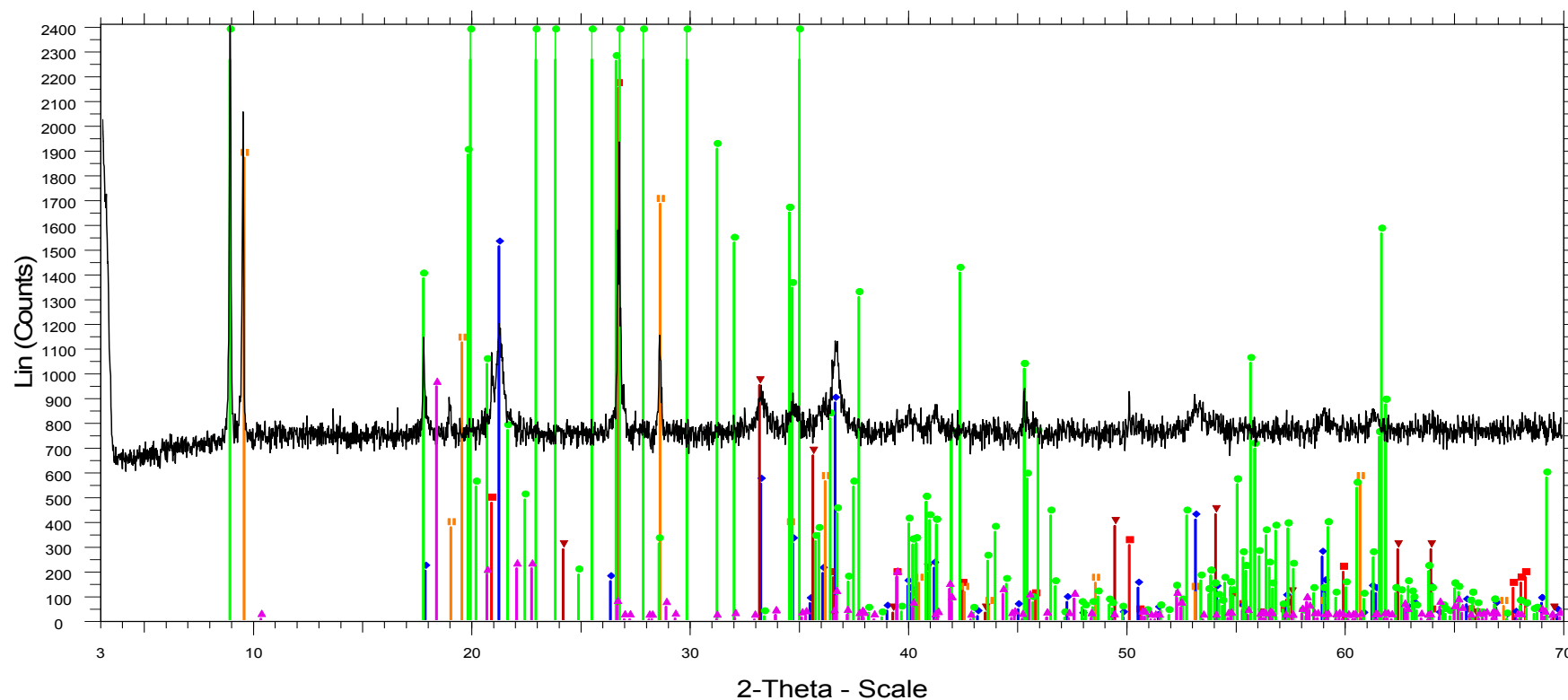
01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 17.31 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c

00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 12.44 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Prim

01-076-0668 (C) - Muscovite 2M1 - K₂(Al_{3.74}Fe_{0.26})(Si₆Al₂O₂₀)(OH)₄ - Y: 70.19 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19180 - b 9.01530 - c 20.04568 - alpha 90.000 - beta 95.73

01-076-0825 (C) - Orthoclase - (K_{0.88}Na_{0.10}Ca_{0.009}Ba_{0.012})(Al_{1.005}Si_{2.995}O₈) - Y: 16.96 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 8.56300 - b 12.99000 - c 7.21000 - alpha 90.000 - beta 11

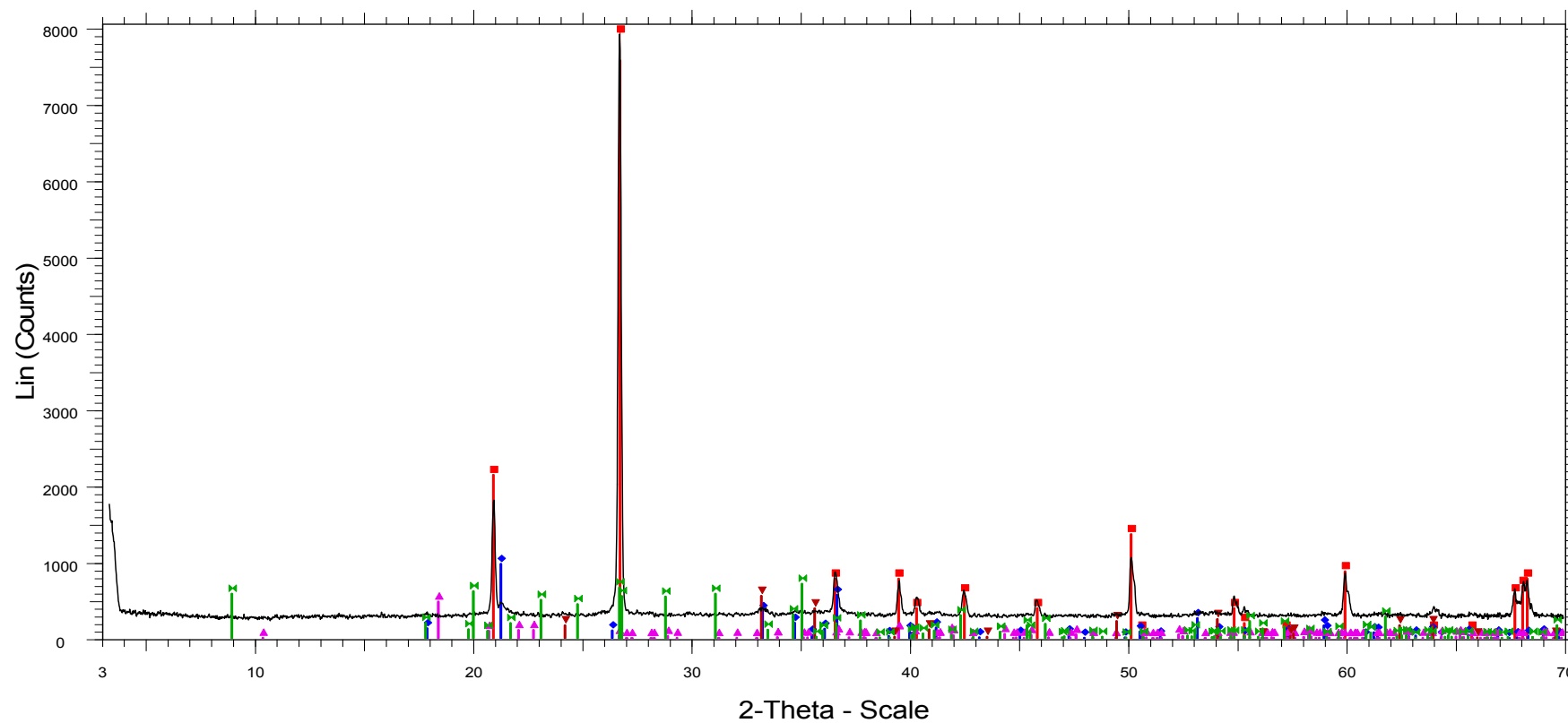
SK6A



SK6A - File: d8070660.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 69.997 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 3.000 ° - Theta: 1.
 Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 89.55 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P32
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 62.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite, syn - Al(OH)₃ - Y: 39.27 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 39.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P32
- 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 77.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
- 01-072-1503 (C) - Muscovite - KAl₂(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 194.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19980 - b 9.02660 - c 20.10580 - alpha 90.000 - beta 95.782 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c

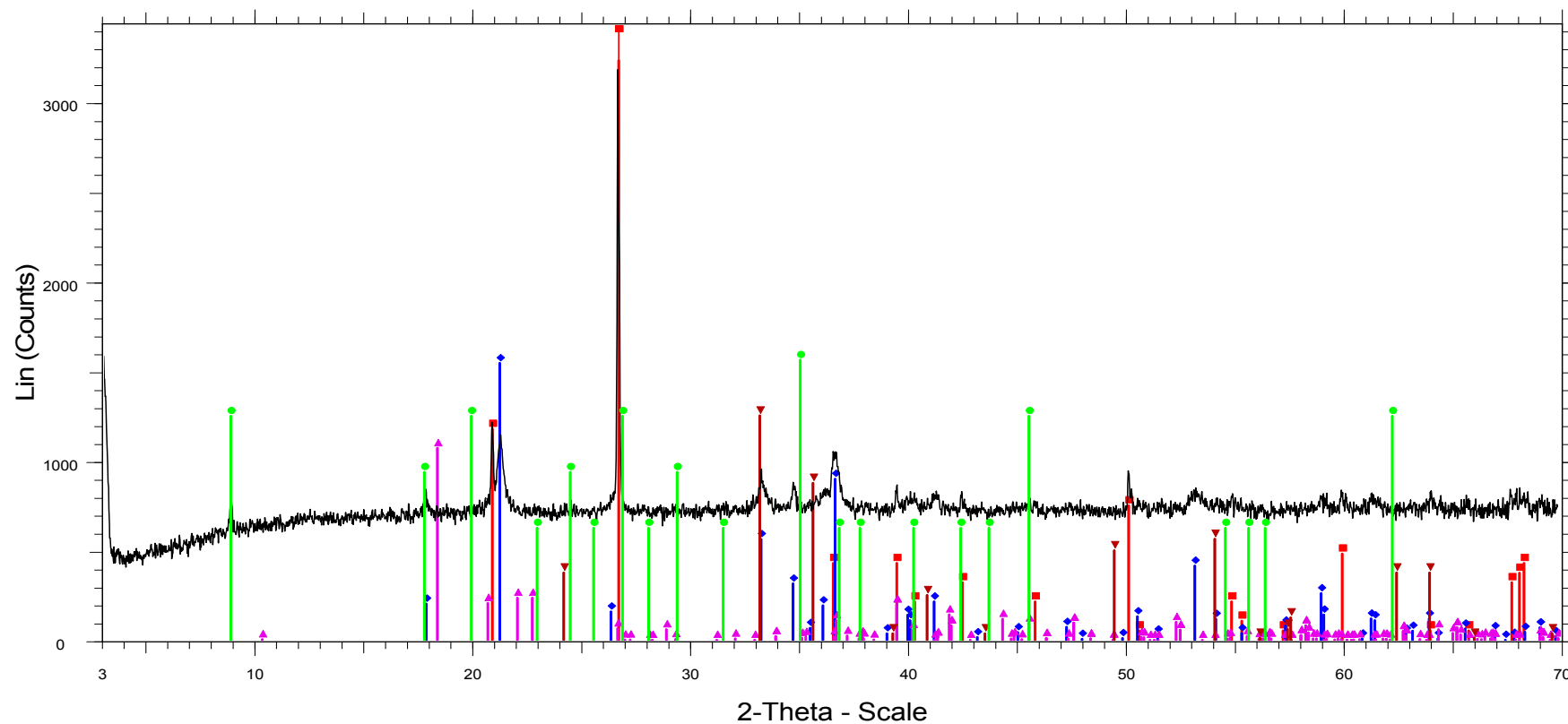
SK7



SK7 - File: d8070661.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.229 ° - End: 70.185 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 3.229 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement -0.500 | Import

■ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 122.91 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3
◆ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 12.27 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primiti
▲ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 6.05 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c
▼ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 6.99 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primit
■ 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 8.96 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.0

SK8



SK8 - File: d8070662.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 2.847 ° - End: 69.872 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 15.9 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 2.847 ° - Theta: 1.5
 Operations: Displacement 0.333 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 168.52 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3

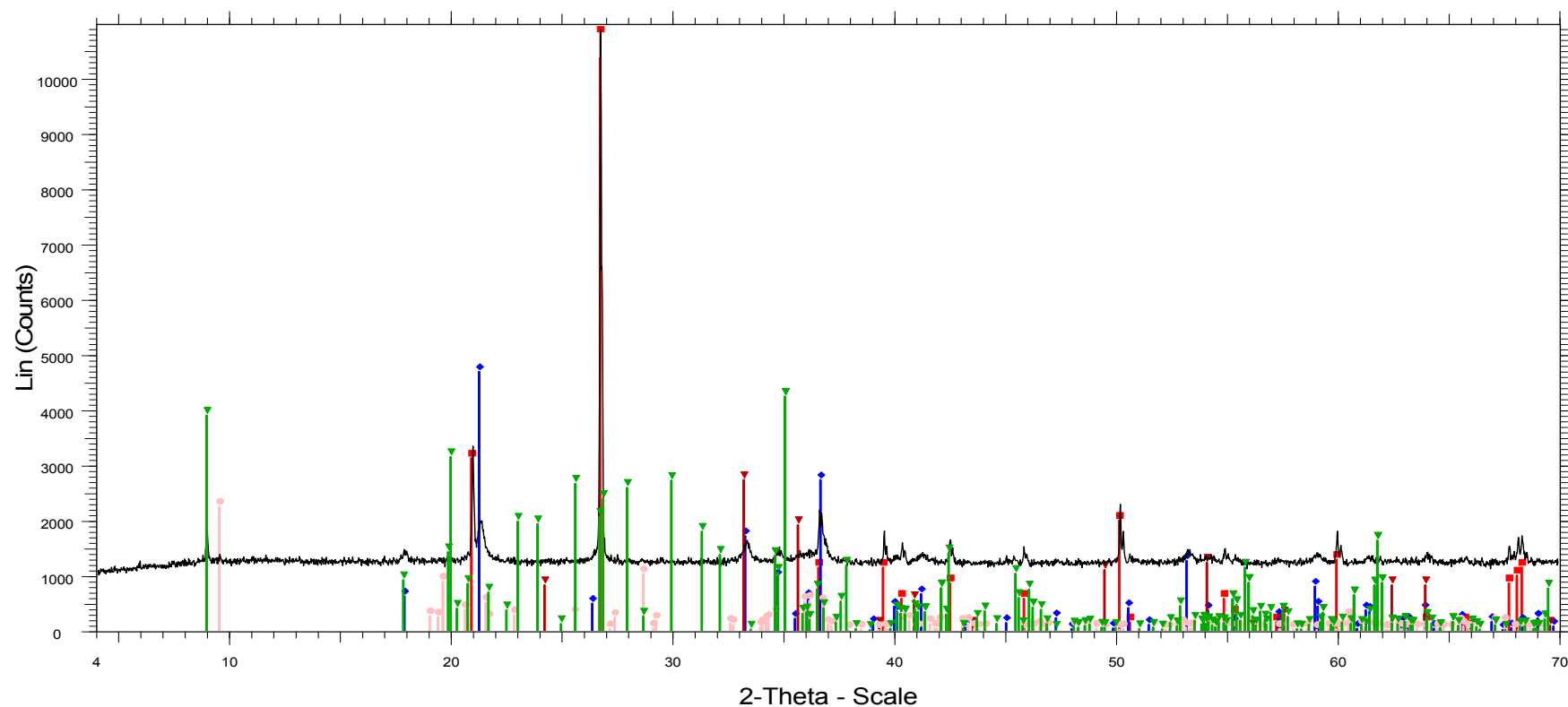
01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 48.58 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primiti

01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 33.68 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c

00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 39.38 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Prim

00-005-0652 (D) - Muscovite, Chromian - K(Al,Cr)₂(Si₃Al)O₁₀(OH,F)₂ - Y: 49.12 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 -

DT1



DT1 - File: d8080564.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.972 ° - End: 69.982 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.972 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.062 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 130.22 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3

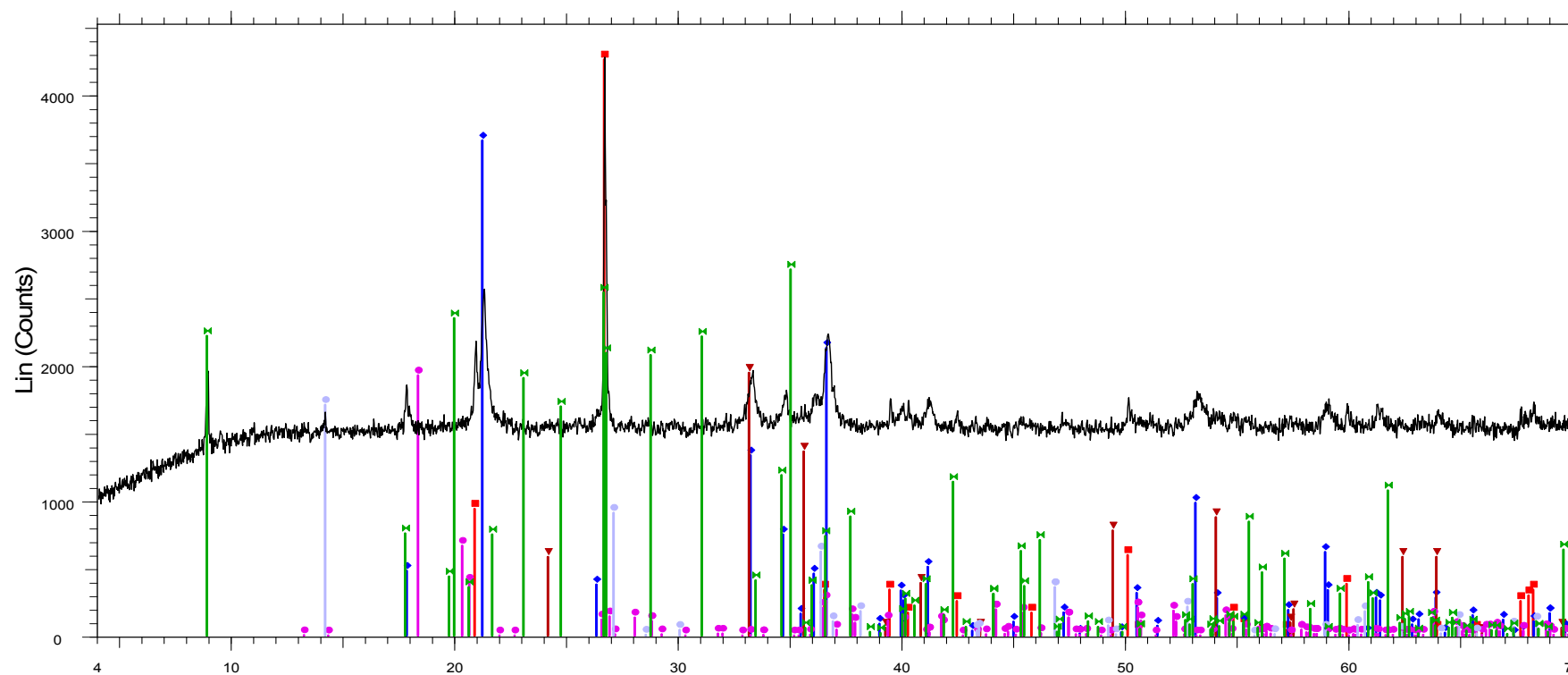
01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 43.05 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62

00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 25.03 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1

01-076-0668 (C) - Muscovite 2M1 - K₂(Al_{3.74}Fe_{0.26})(Si₆Al₂O₂₀)(OH)₄ - Y: 38.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19180 - b 9.01530 - c 20.04568 - alpha 90.000 - beta 95.735 - gamma 90

01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 20.56 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

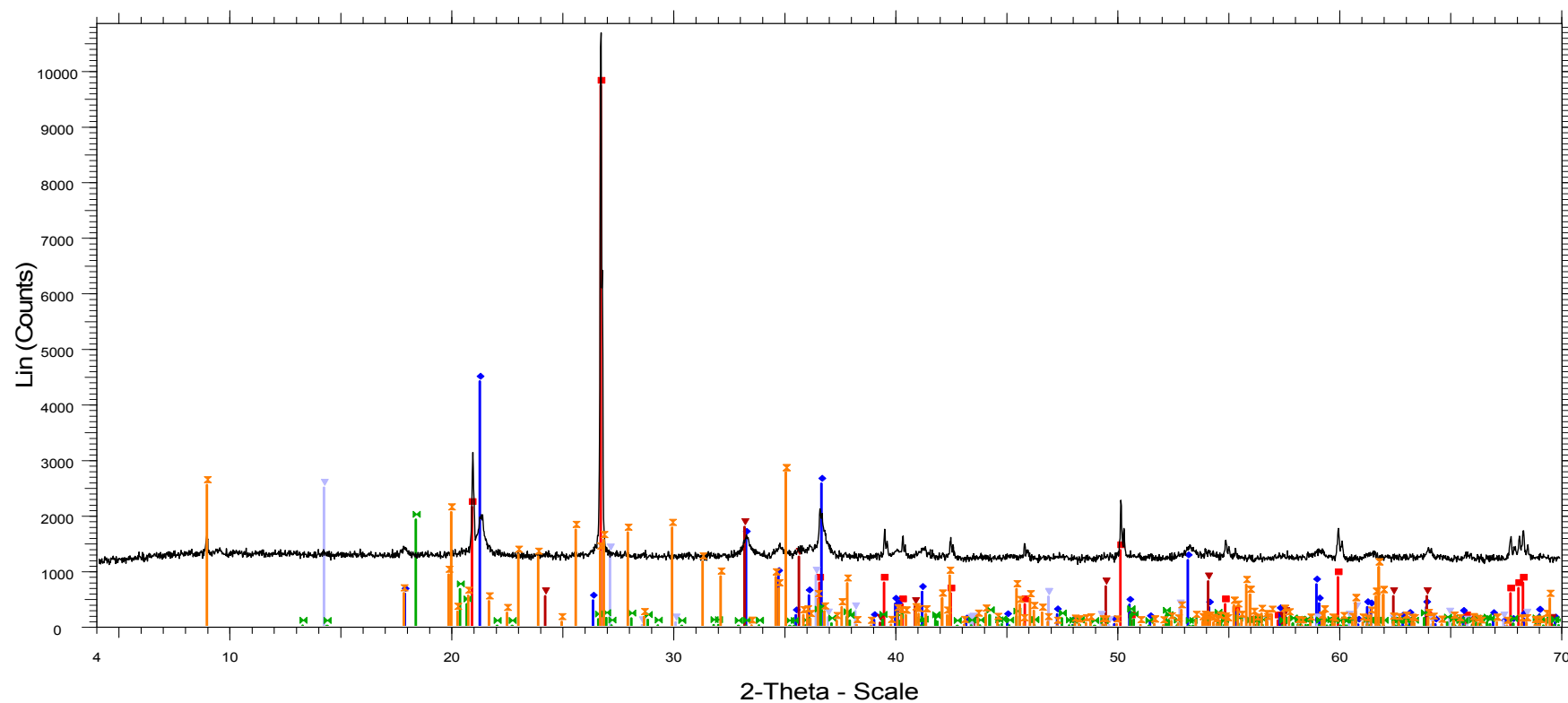
DT2



DT2 - File: d8080567.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.895 ° - End: 69.920 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.895 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.229 | Displacement 0.094 | Displacement 0.135 | Displacement 0.156 | Displacement 0.187 | Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 99.65 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 85.62 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 45.49 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 63.32 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 45.01 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.64100 - b 5.07040 - c 9.71900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 - 42
- 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 39.91 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centered - A

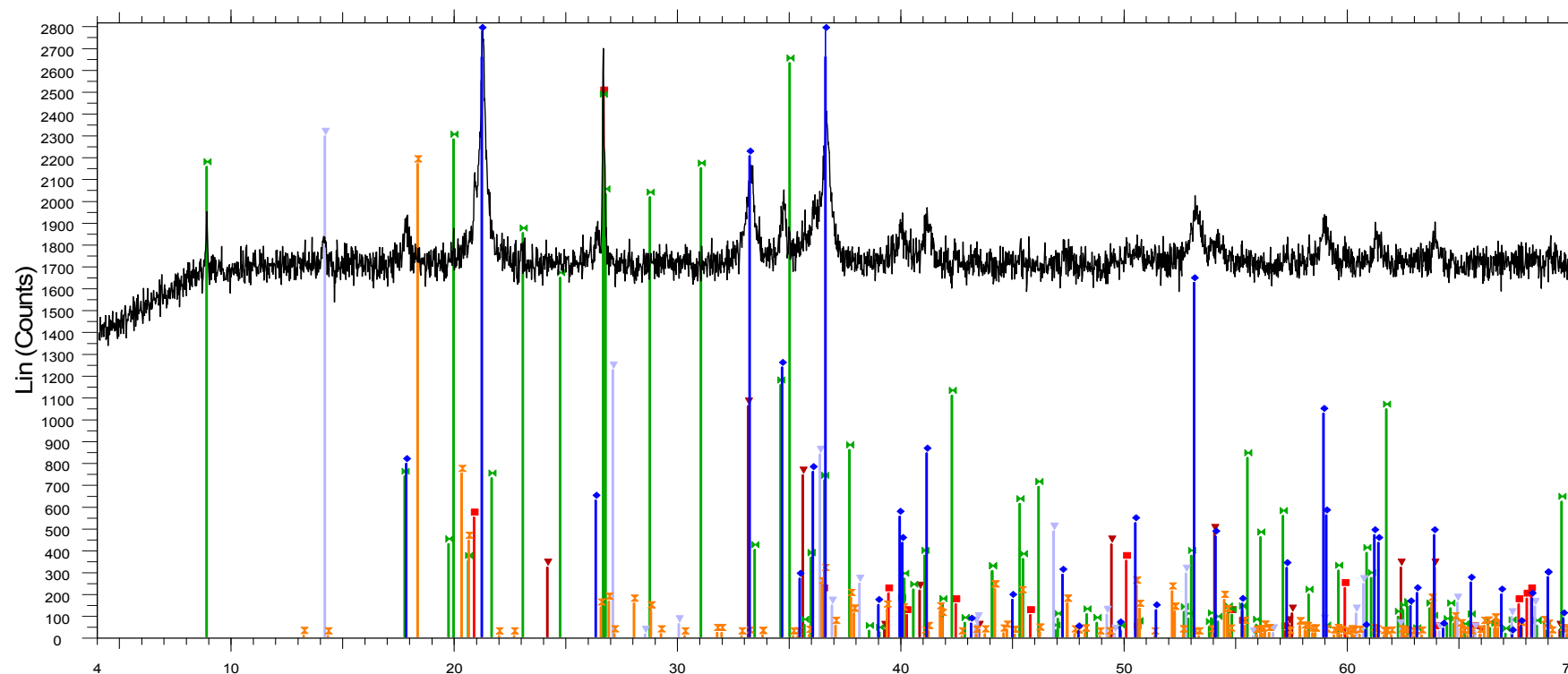
DT3



DT3 - File: d8080565.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.976 ° - End: 69.986 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.976 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.052 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 91.18 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 41.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) -
 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 16.65 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1) -
 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 23.31 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centered - A -
 01-076-0668 (C) - Muscovite 2M1 - K₂(Al_{3.74}Fe_{0.26})(Si₆Al₂O₂₀)(OH)₄ - Y: 25.83 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.19180 - b 9.01530 - c 20.04568 - alpha 90.000 - beta 95.735 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 - 42
 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 17.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.64100 - b 5.07040 - c 9.71900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 - 42

DT4



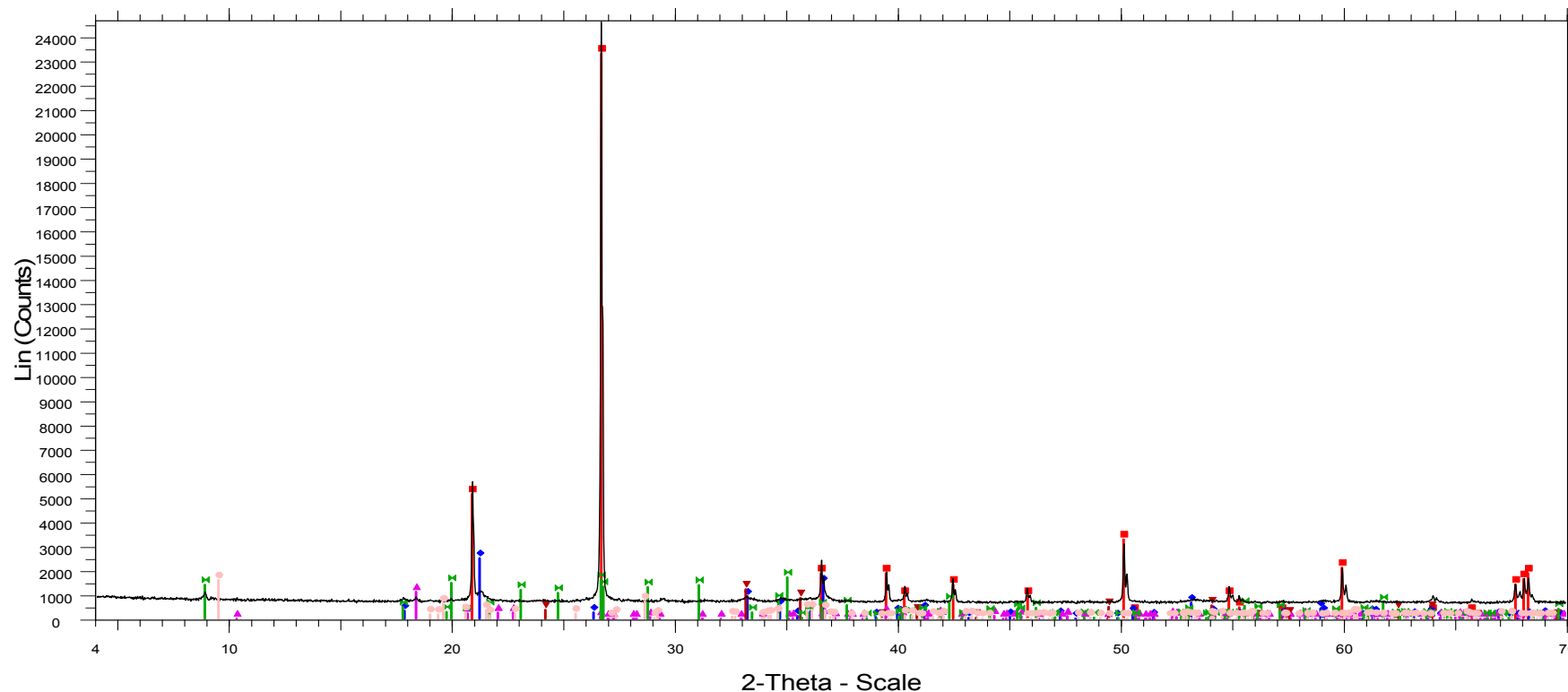
2-Theta - Scale

DT4 - File: d8080566.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0

Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 88.46 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 215.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6) -
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 37.64 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1) -
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 93.69 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P6₃/mmc (2) -
- 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 81.70 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centered - Acm2 (4) -
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 77.19 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.64100 - b 5.07040 - c 9.71900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 - 42

DT5

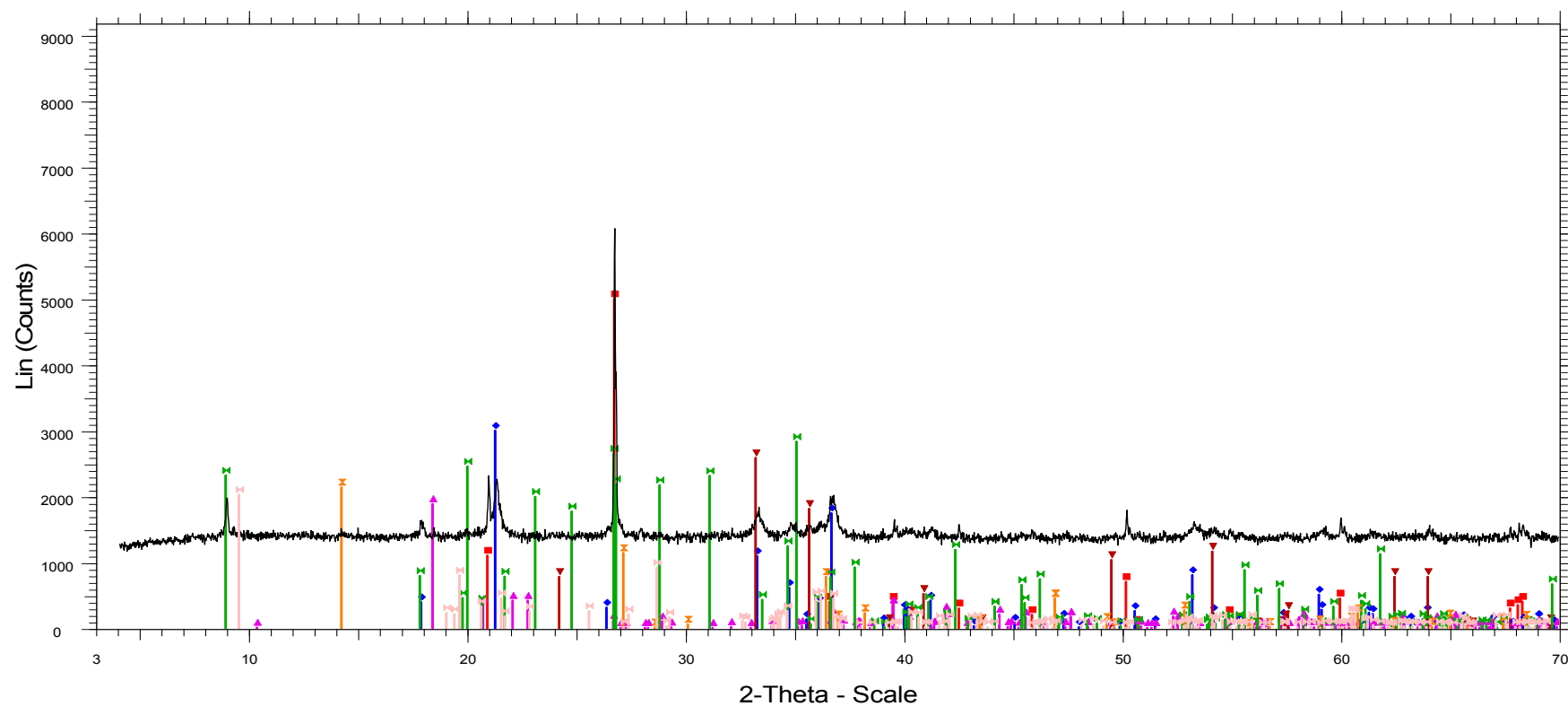


DT5 - File: d8080563.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.

Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 94.82 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 10.14 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 4.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 421
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 4.92 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 6.90 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
- 01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 6.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

DT6

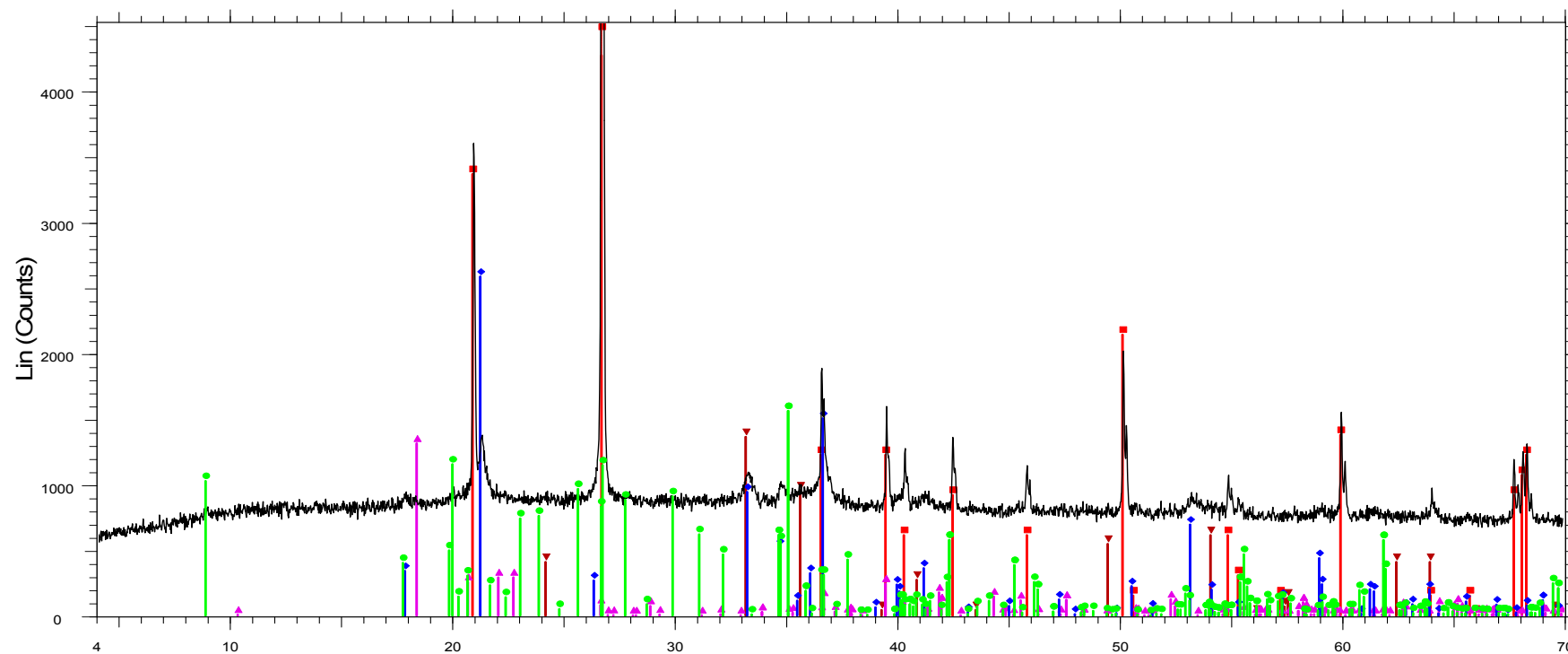


DT6 - File: d8080568.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - S 01-083-1768 (C) - Talc - $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ - Y: 33.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.2

Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO_2 - Y: 82.45 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.913
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 49.48 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - $\text{Al}(\text{OH})_3$ - Y: 31.06 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.623
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe_2O_3 - Y: 42.64 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - $\text{K}(\text{Al}_{1.91}\text{Fe}_{0.09})(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ - Y: 46.68 % - d x by:
- 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 35.24 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic

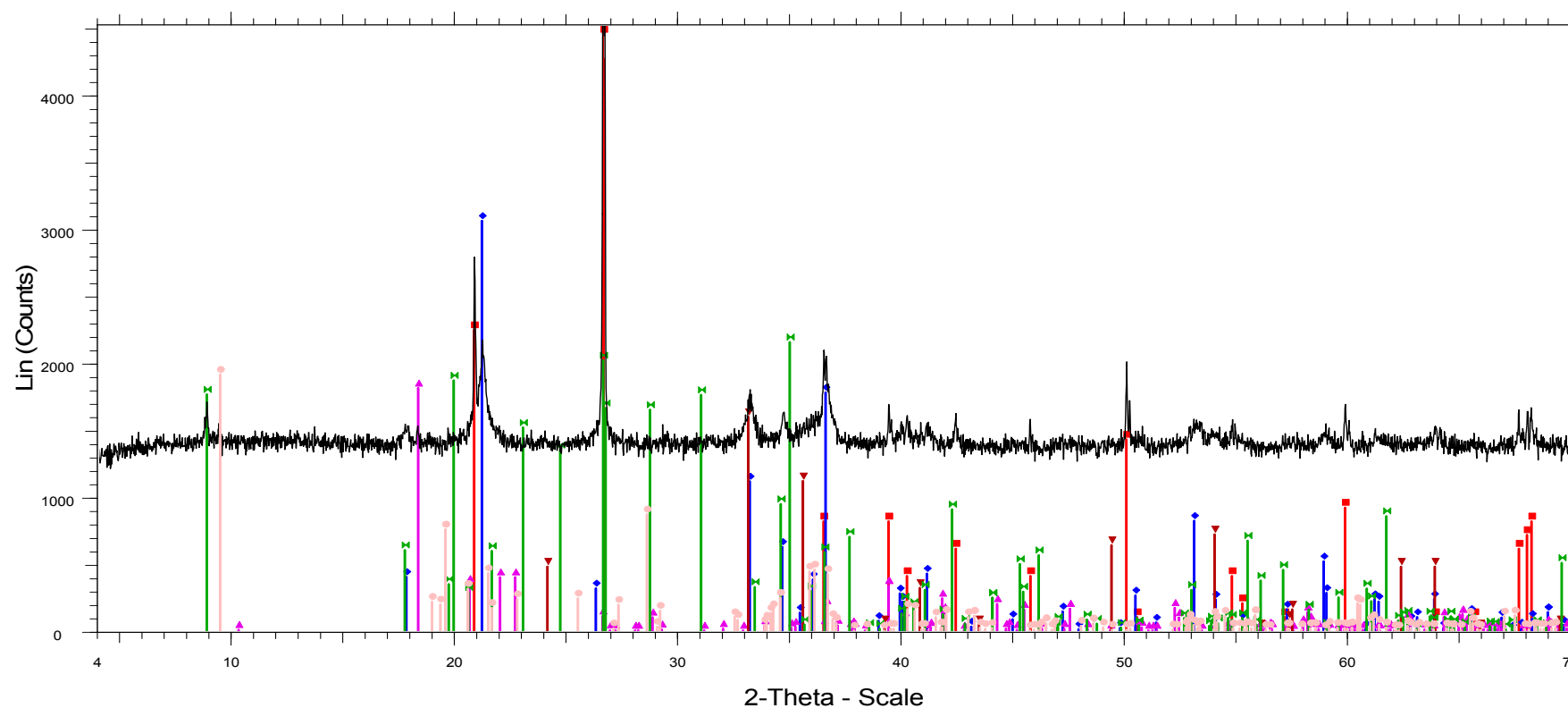
DT7



2-Theta - Scale

DT7 - File: d8080579.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.957 ° - End: 69.970 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.957 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.094 | Displacement 0.062 | Import
 ▼ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 11.07 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
 ■ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 124.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
 ▲ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 10.67 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
 ◆ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 21.01 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
 ● 01-074-2428 (C) - Muscovite 2M1 - KAl₃Si₃O₁₀(OH)₂ - Y: 12.69 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.18900 - b 8.99500 - c 20.09700 - alpha 90.000 - beta 95.180 - gamma 90.000 - Base-cent

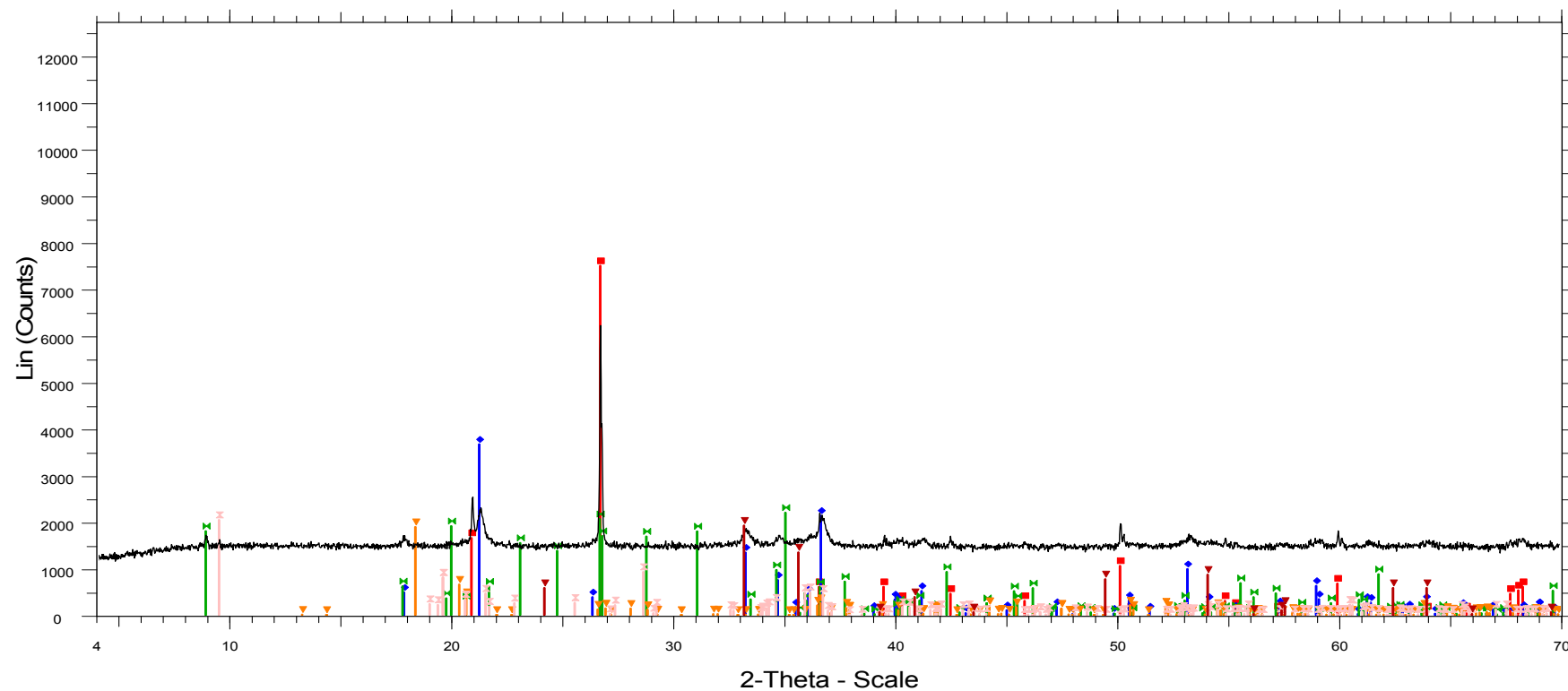
DT8



DT8 - File: d8080569.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 131.70 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 39.50 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 23.38 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 20.60 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 27.81 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
- 01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 24.69 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

M1



M1 - File: d8080590.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.962 ° - End: 69.975 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.962 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
 Operations: Displacement 0.083 | Displacement 0.052 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 120.69 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3

01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 58.99 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)

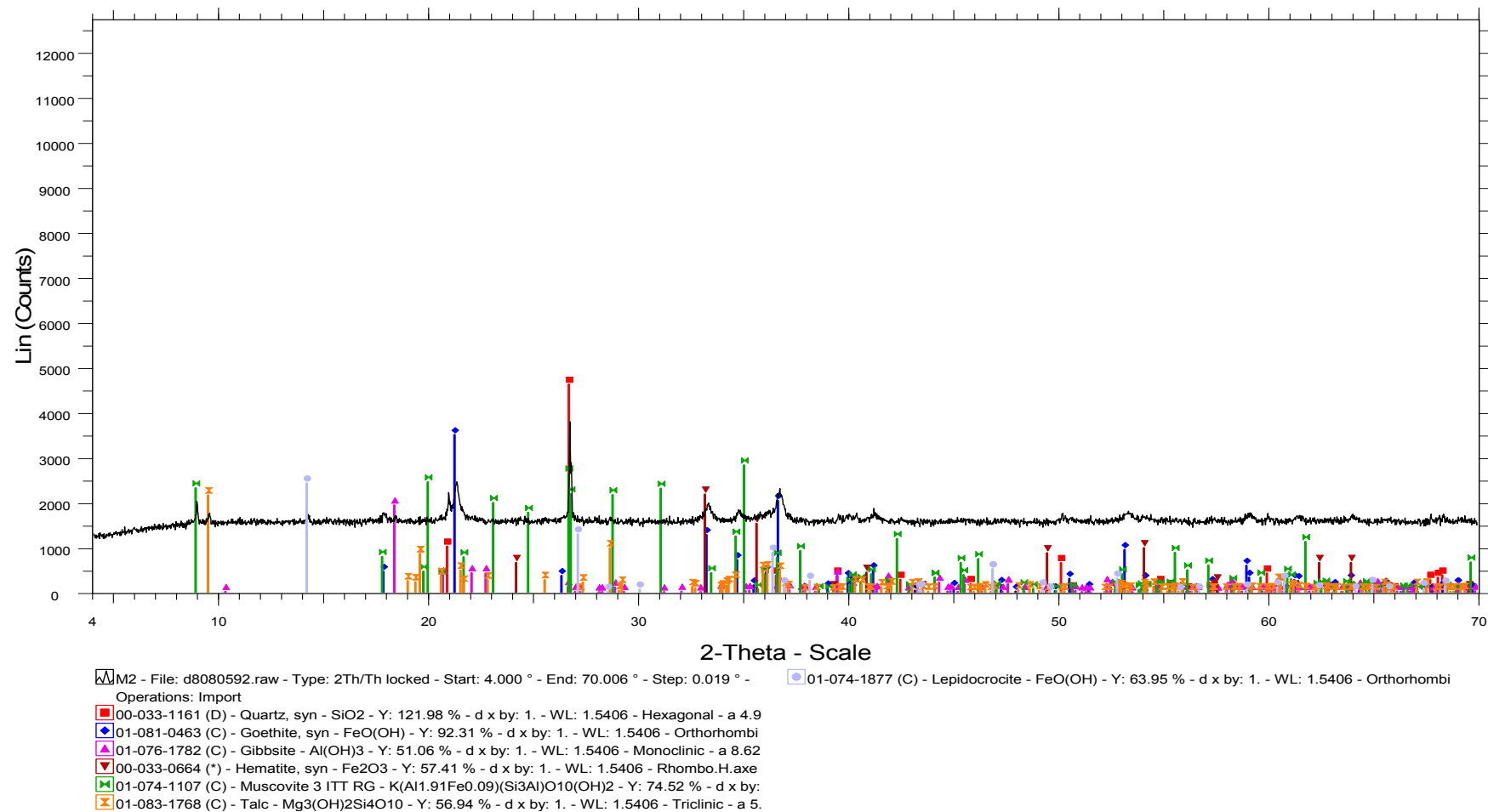
00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 30.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)

01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 35.32 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma

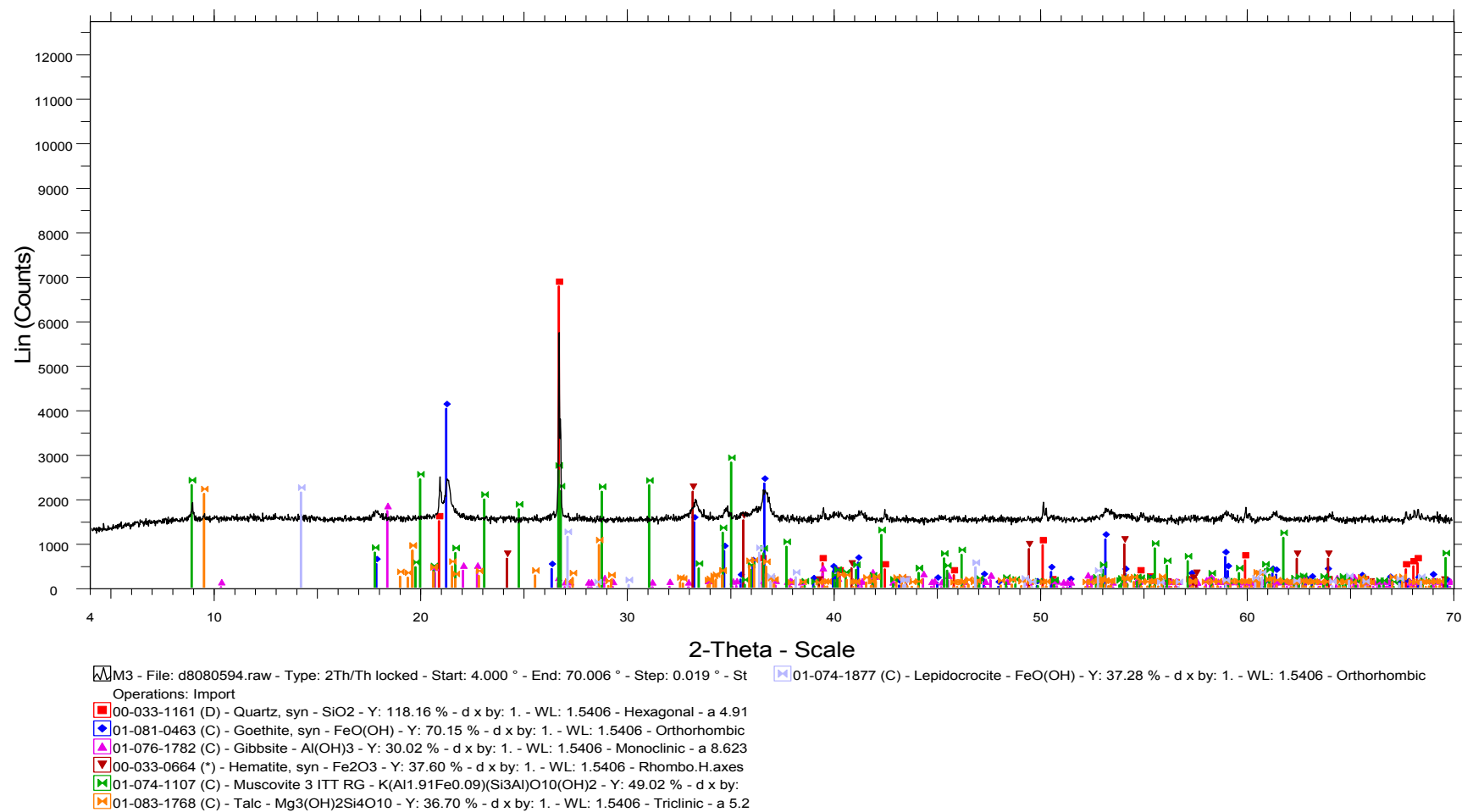
01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 30.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.64100 - b 5.07040 - c 9.71900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/n (14) - 8 - 42

01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 32.77 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

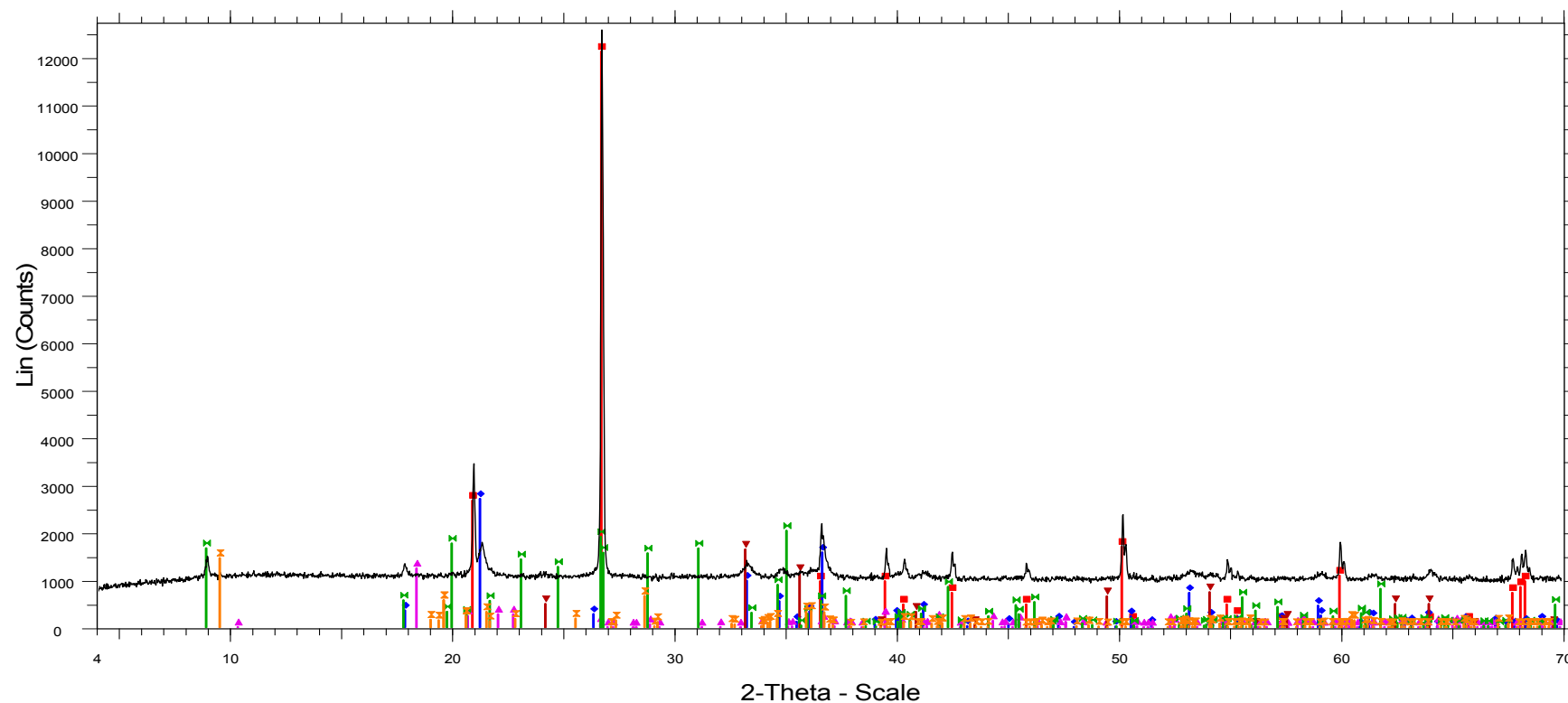
M2



M3

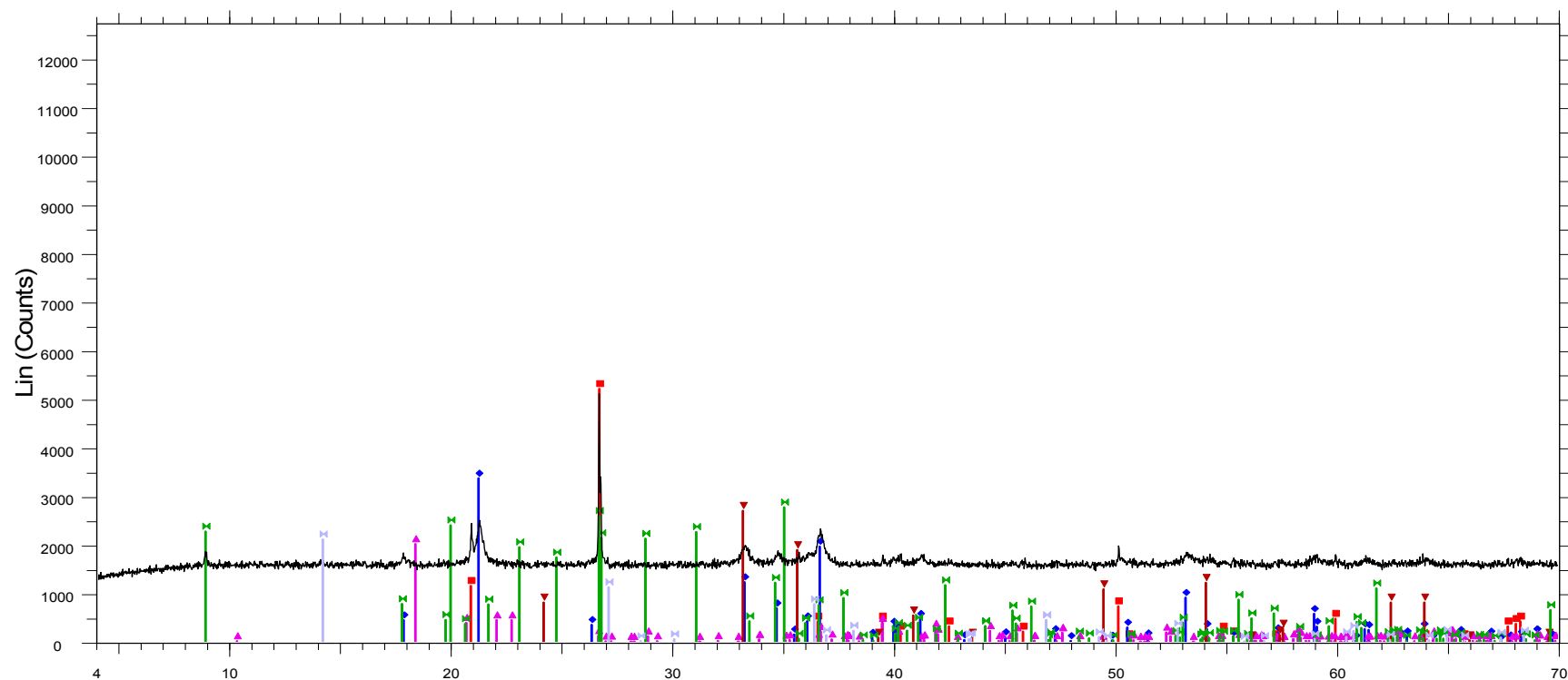


M4



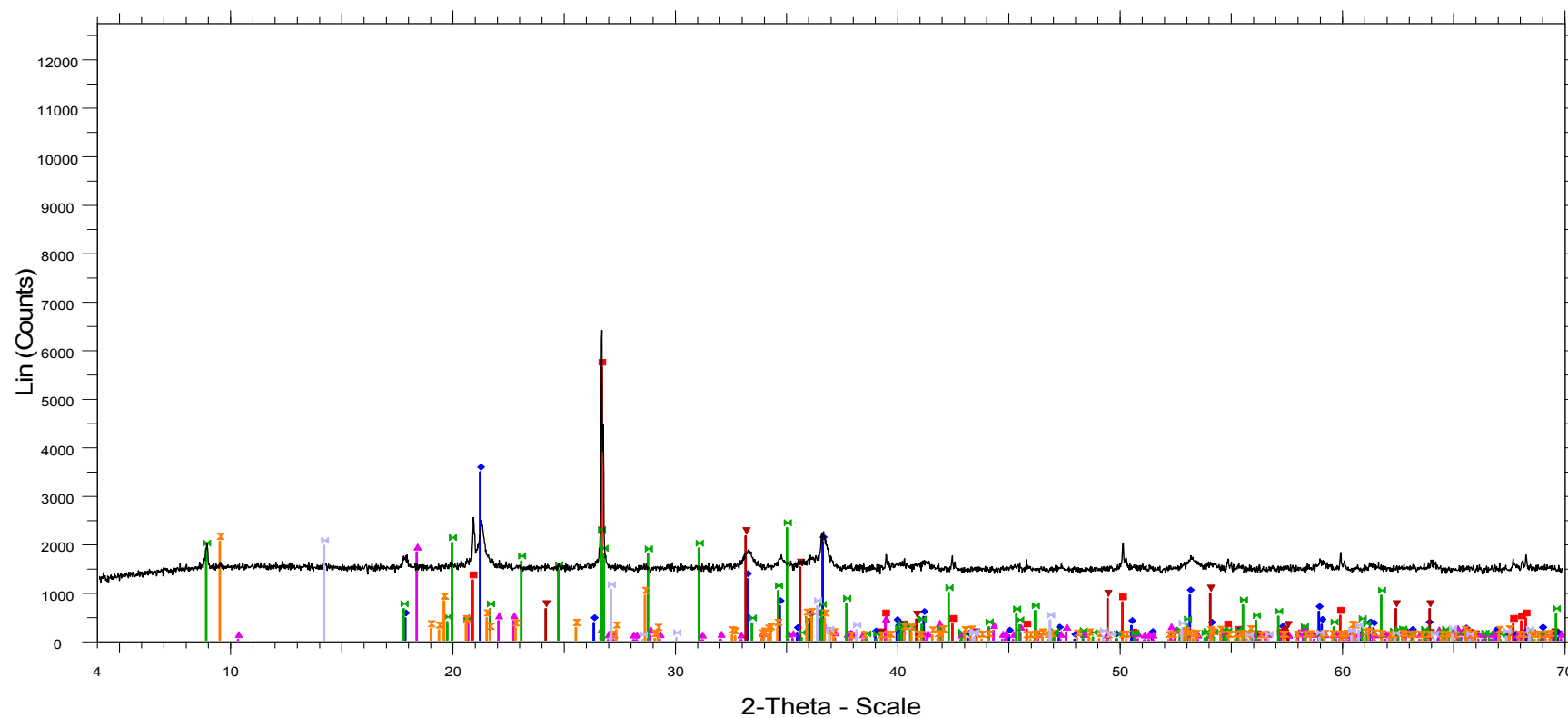
☒ M4 - File: d8080598.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.938 ° - End: 69.955 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.938 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.135 | Import
☒ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 96.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
☒ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 21.53 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (6)
☒ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 9.88 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 421
☒ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 13.05 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c ()
☒ 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 16.18 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P6₃/mmc (2)
☒ 01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 11.59 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) -

M5



M5 - File: d8080602.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
 Operations: Import
 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 102.08 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 65.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 39.37 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 52.84 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 54.23 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 41.30 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centered - A

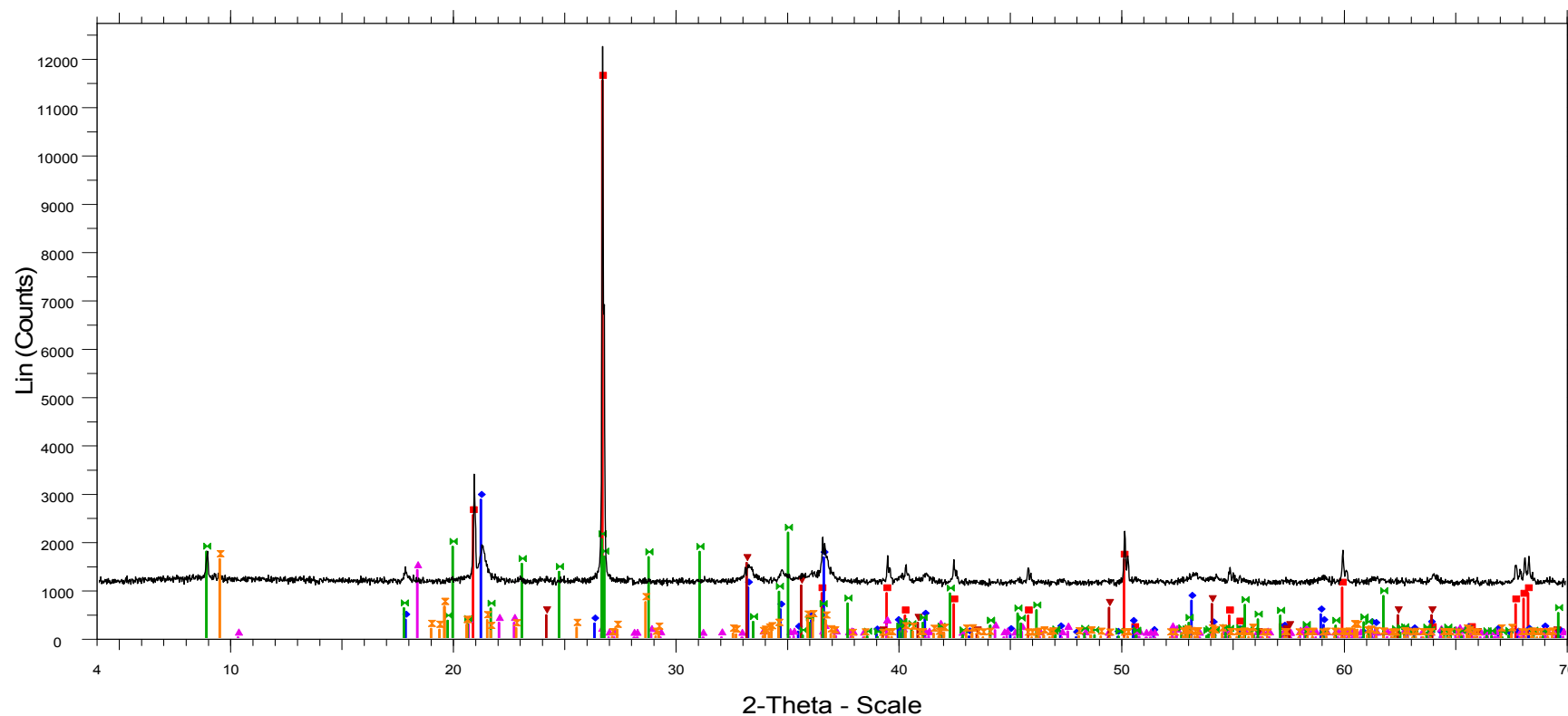
M6



M6 - File: d8080596.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - St 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 30.55 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic
Operations: Import

- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 88.12 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91
- 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 54.30 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic
- 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 28.41 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.623
- 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 33.63 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 36.31 % - d x by:
- 01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 31.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.

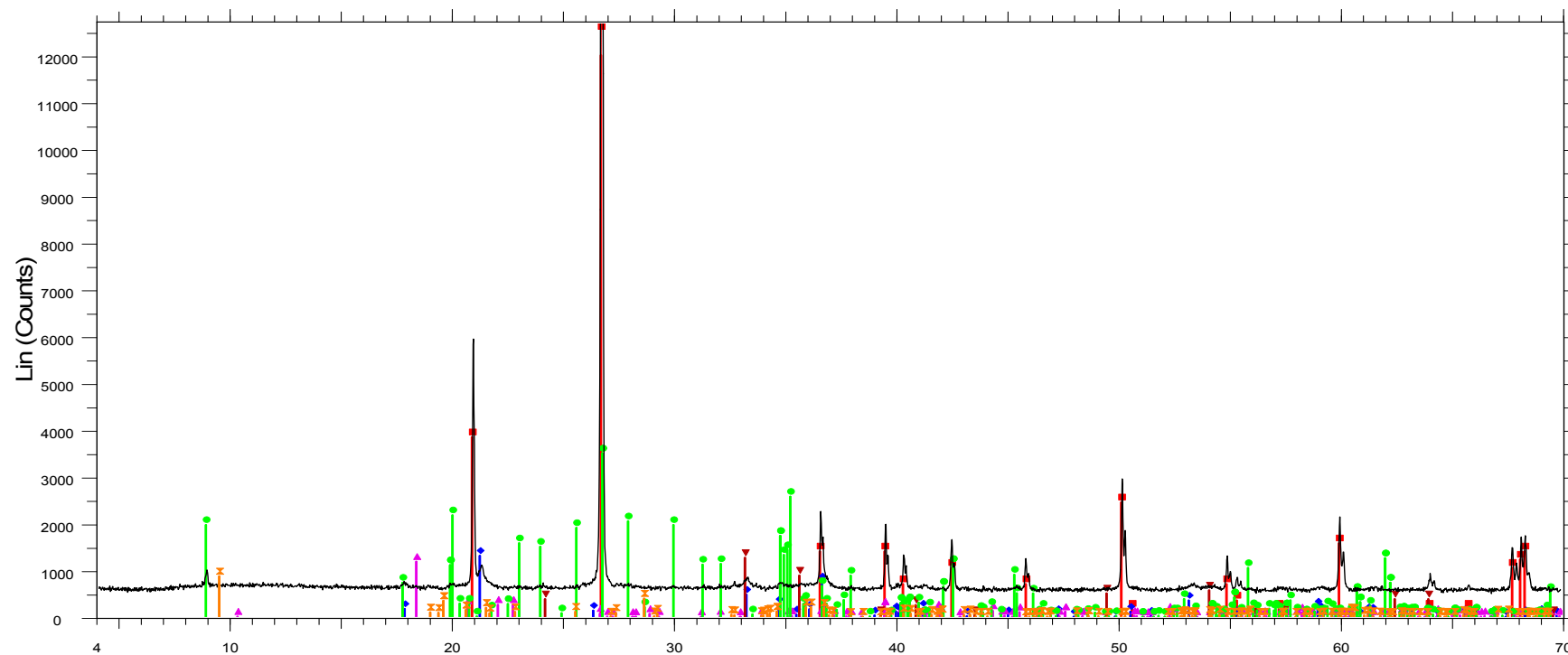
M7



M7 - File: d8080603.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
Operations: Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 94.28 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 23.35 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 11.43 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 12.65 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 17.78 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 13.28 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

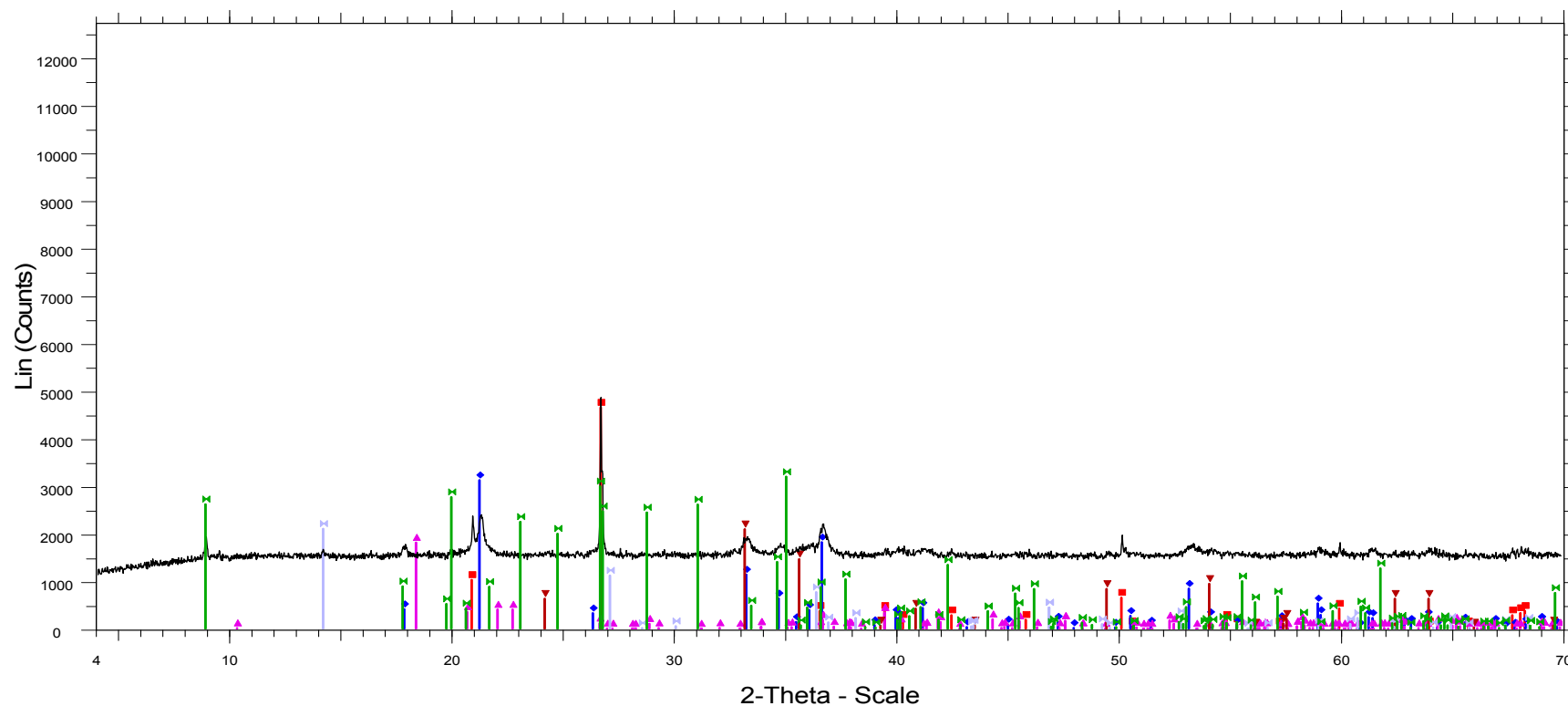
M8



2-Theta - Scale

☒ M8 - File: d8080595.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.929 ° - End: 69.947 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.929 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
 Operations: Displacement 0.156 | Displacement 0.104 | Import
☒ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 65.76 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
☒ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 4.91 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
☒ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 4.44 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 421.
☒ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 4.74 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (16)
☒ 01-077-2255 (C) - Muscovite 2M1 - KAl₂(AlSi₃O₁₀)(OH)₂ - Y: 13.16 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.18000 - b 8.96000 - c 20.10000 - alpha 90.000 - beta 95.670 - gamma 90.000 - Base-c
☒ 01-083-1768 (C) - Talc - Mg₃(OH)₂Si₄O₁₀ - Y: 3.26 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29000 - b 9.17300 - c 9.46000 - alpha 90.460 - beta 98.680 - gamma 90.090 - Base-centered - C-1 (0) - 2

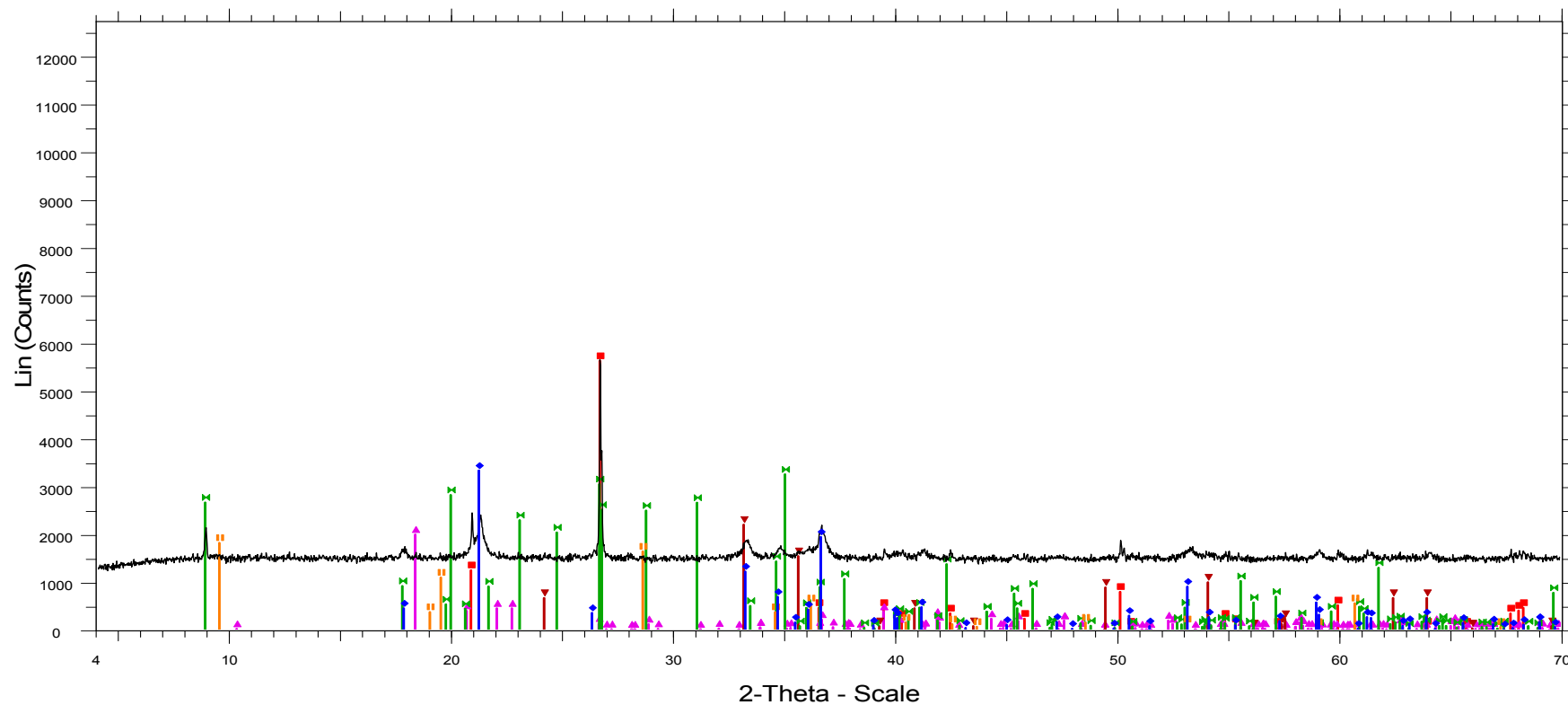
M9



M9 - File: d8080599.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.938 ° - End: 69.955 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 30 s - 2-Theta: 3.938 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.00
 Operations: Displacement 0.135 | Displacement 0.083 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 95.73 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 64.27 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 37.29 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 42.97 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 65.73 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
 01-074-1877 (C) - Lepidocrocite - FeO(OH) - Y: 43.14 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 3.87000 - b 12.51000 - c 3.06000 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Base-centered - A

M10



M10 - File: d8080597.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.972 ° - End: 69.982 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.972 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: Operations: Displacement 0.062 | Import

00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 99.68 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) -

01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 58.95 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (

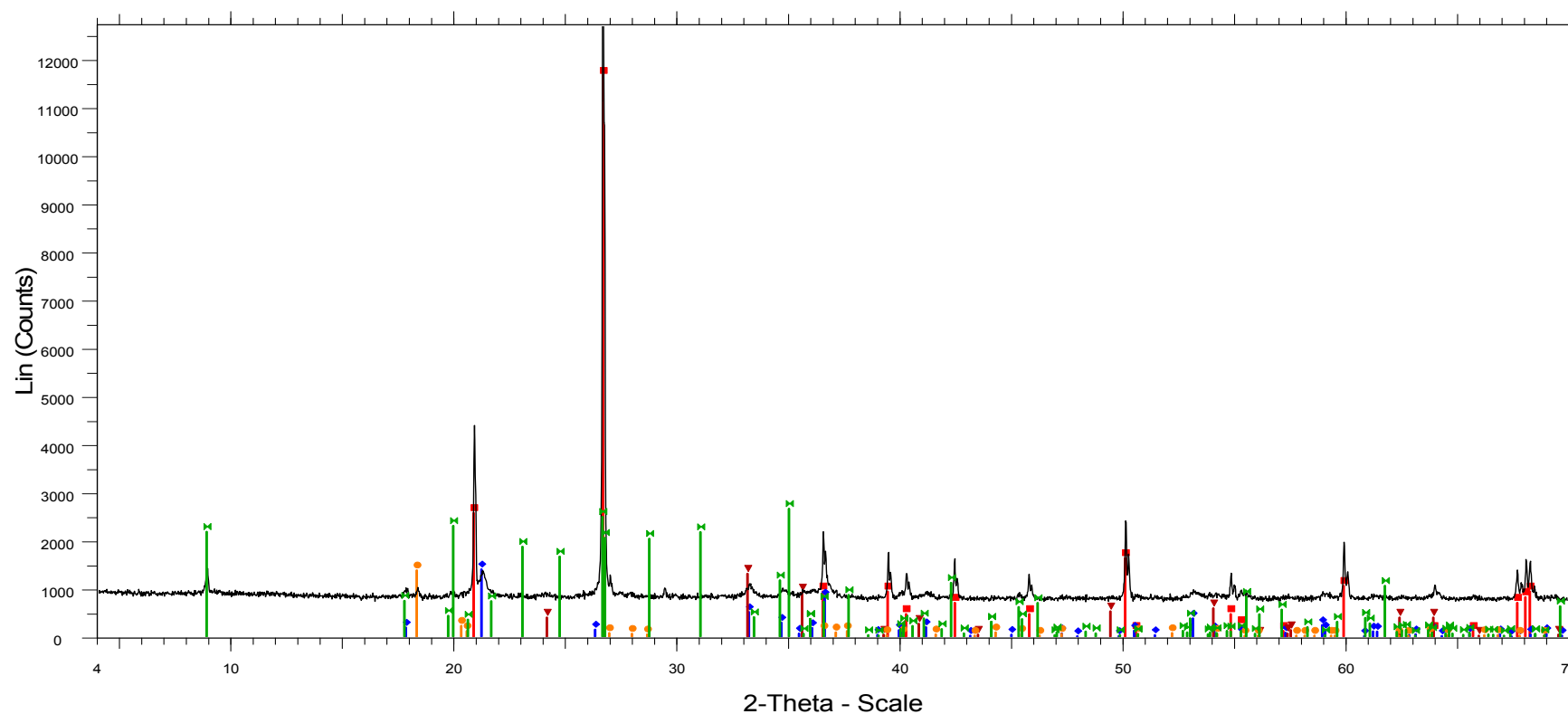
01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 35.20 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 -

00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 38.81 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c

01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 57.51 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gam

00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 32.13 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Base-cen

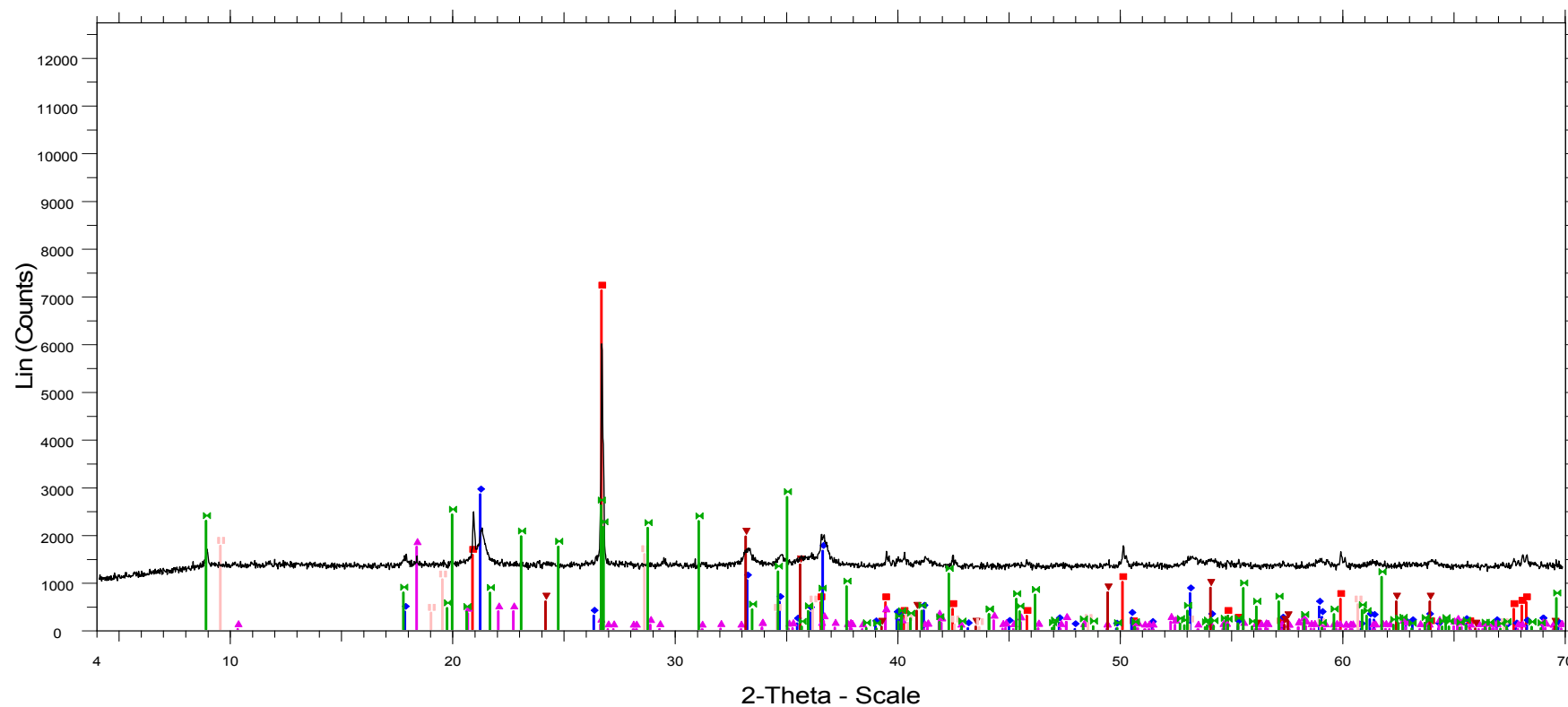
M11



M11 - File: d8080601.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 21 s - 2-Theta: 4.000 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
Operations: Import

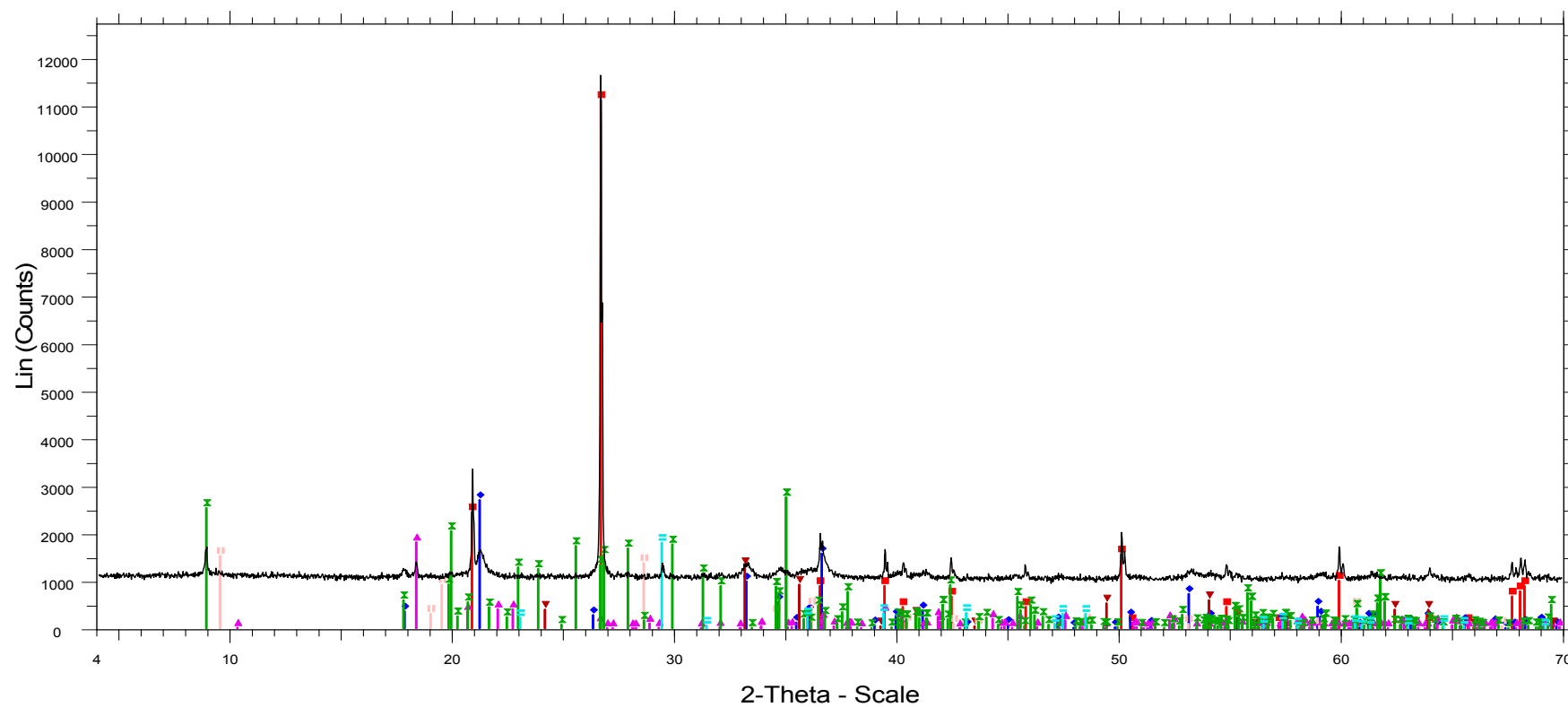
- 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 64.95 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3 -
- ◆ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 7.78 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62) -
- ▼ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 7.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (16) -
- 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 14.78 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P6₃/mmc (228) -
- 00-007-0324 (D) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 7.64 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.65900 - b 5.07700 - c 9.70300 - alpha 90.000 - beta 94.200 - gamma 90.000 - Primitive - P2₁/n (14) - 8 - 425.

M12



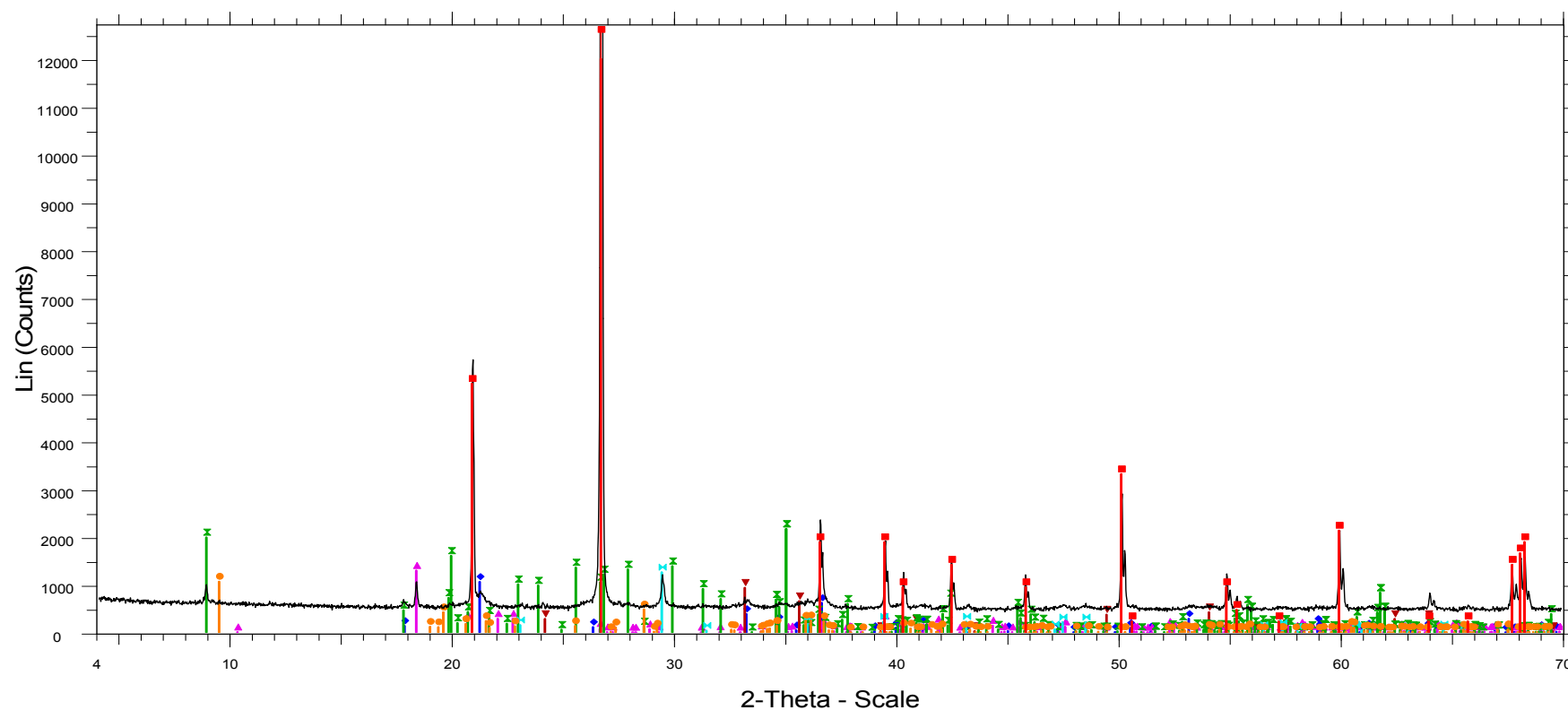
☒ M12 - File: d8080600.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.952 ° - End: 69.967 ° - Step: 0.019 ° - Step time: 31.8 s - Temp.: 25 °C (Room) - Time Started: 22 s - 2-Theta: 3.952 ° - Theta: 2.000 ° - Chi: 0.0
 Operations: Displacement 0.104 | Import
☒ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 118.87 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.91340 - b 4.91340 - c 5.40530 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - P3221 (154) - 3
☒ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 47.37 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic - a 4.61580 - b 9.95450 - c 3.02330 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 90.000 - Primitive - Pbnm (62)
☒ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 28.92 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.62360 - b 5.06020 - c 9.69900 - alpha 90.000 - beta 85.430 - gamma 90.000 - Primitive - P21/c (14) - 8 - 42
☒ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 32.56 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a 5.03560 - b 5.03560 - c 13.74890 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma 120.000 - Primitive - R-3c (1)
☒ 01-074-1107 (C) - Muscovite 3 ITT RG - K(Al_{1.91}Fe_{0.09})(Si₃Al)O₁₀(OH)₂ - Y: 46.43 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 5.19630 - b 5.19630 - c 29.97050 - alpha 90.000 - beta 90.000 - gamma
☒ 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 29.30 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 5.31900 - b 9.12600 - c 18.97500 - alpha 90.000 - beta 99.750 - gamma 90.000 - Base-center

M13



☒ M13 - File: d8080591.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 4.000 ° - End: 70.006 ° - Step: 0.019 ° - ☐ 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 15.47 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes -
 Operations: Import
☒ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 95.61 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.913
☒ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - FeO(OH) - Y: 23.20 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic
☒ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - Al(OH)₃ - Y: 15.56 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.623
☒ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe₂O₃ - Y: 11.25 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes
☒ 00-029-1493 (N) - Talc-2 ITM RG - Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂ - Y: 13.11 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Mo
☒ 01-076-0668 (C) - Muscovite 2M1 - K₂(Al_{3.74}Fe_{0.26})(Si₆Al₂O₂₀)(OH)₄ - Y: 23.68 % - d x by: 1. -

M14



☒ M14 - File: d8080593.raw - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.976 ° - End: 69.986 ° - Step: 0.019 ° - ■ 01-083-1768 (C) - Talc - $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ - Y: 3.80 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Triclinic - a 5.29
 Operations: Displacement 0.052 | Import
■ 00-033-1161 (D) - Quartz, syn - SiO_2 - Y: 84.42 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Hexagonal - a 4.913
◆ 01-081-0463 (C) - Goethite, syn - $\text{FeO}(\text{OH})$ - Y: 3.78 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Orthorhombic -
▲ 01-076-1782 (C) - Gibbsite - $\text{Al}(\text{OH})_3$ - Y: 4.62 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Monoclinic - a 8.6236
▼ 00-033-0664 (*) - Hematite, syn - Fe_2O_3 - Y: 3.34 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes -
✕ 01-076-0668 (C) - Muscovite 2M1 - $\text{K}_2(\text{Al}_3.74\text{Fe}_{0.26})(\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20})(\text{OH})_4$ - Y: 7.71 % - d x by: 1. -
✕ 00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO_3 - Y: 4.49 % - d x by: 1. - WL: 1.5406 - Rhombo.H.axes - a