ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΩΣ ΠΟΛΥΤΙΜΟΙ ΛΙΘΟΙ

ΑΓΑΠΙΟΣ Γ. ΑΓΑΠΙΔΗΣ(Α.Μ. 9220224)

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ(ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΕΜΜ. ΜΑΝΟΥΤΣΟΓΛΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΛΕΒΙΖΟΣ ΕΠ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΧΑΝΙΑ 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία φέρει τον τίτλο «Μέθοδοι αξιολόγησης ορυκτών που χρησιμοποιούνται ως πολύτιμοι λίθοι». Το αντικείμενο πραγμάτευσης, όπως μαρτυρά και ο τίτλος, είναι η μελέτη και η αξιολόγηση διαφόρων τύπων ορυκτών και πετρωμάτων, που έχουν ιδιότητες πολύτιμων λίθων. Αρχικά ερευνάται η σχέση της θρησκείας και της αστρολογίας με τα ορυκτά και τους πολύτιμους λίθους και στη συνέχεια γίνεται μία ιστορική αναδρομή στην ανάπτυξη των επιστημών ορυκτολογίας, πετρολογίας και γεμολογίας.

Στο κύριο μέρος δίνεται ο ορισμός των ορυκτών, αναφέρονται οι πολύτιμοι λίθοι που θα εξεταστούν και στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται ορυκτολογικά. Περιγράφονται οι ιδιότητες των φυσικών, αλλά και των συνθετικών πολύτιμων λίθων, και προχωρώντας στη δομή της εργασίας, εξετάζονται οι μέθοδοι αξιολόγησης τους, τα όργανα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό σε ένα τυπικό εργαστήριο, αλλά και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται.

Τέλος, αναφέρονται οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στα αντιπροσωπευτικά δείγματα που εξετάστηκαν(διαμάντι, σμαράγδι, ρουμπίνι, νεφρίτης, τοπάζιο, άκουα μαρίνα κ.α.) στο εργαστήριο πετρολογίας με τα διαθέσιμα όργανα. Η εργασία κλείνει, με συμπεράσματα σχετικά με την ταυτοποίηση των δειγμάτων, την αποτελεσματικότητα των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και την παράθεση κάποιων φωτογραφιών των δειγμάτων και πινάκων που χρησιμοποιήθηκαν.

ABSTRACT

The title of this dissertation is 'Research methods of minerals used as gems'. The object of this assignment, as stated by the title, is the research and evaluation of different types of minerals and rocks, which possess gem quality. Initially, the relation between gems, religion and astrology will be investigated, to be followed by a historical review back to the development of the sciences of mineralogy,petrology and gemmology.

In the main part, the definition of minerals is given, all the examined gems are listed and categorised, depending on their mineral characteristics. There will be a description of the attributes of natural and synthetic gems, and furthermore, all of their evaluation methods will be investigated, instruments used for this purpose in a typical gemology lab, and the difficulties we dealt with.

Finally there will be a reference to the methods which were used on the typical samples we examined (diamond, emerald, ruby, jade, topaz, aqua marina etc) in the petrology laboratory using the available instruments. The dissertation will close, with conclusions about the identification of the samples, the effectiveness of the methods used, as well as photographs of the samples and tables with facts that were used.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται ένα κλάδο των γεωεπιστημών ο οποίος έχει στοιχεία από την ορυκτολογία και την πετρολογία. Ο κλάδος αυτός ονομάζεται γεμολογία (gemology). Στόχος των επιστημόνων αυτού του κλάδου είναι αρχικά ο προσδιορισμός ακατέργαστων ορυκτών και πετρωμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πολύτιμοι λίθοι και σε δεύτερη φάση, ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση των κατεργασμένων πολύτιμων λίθων που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Αξιολόγηση η οποία γίνεται όσον αφορά σε πρώτο επίπεδο στην αυθεντικότητα και τα φυσικά χαρακτηριστικά των πολύτιμων λίθων, σε δεύτερο επίπεδο στην αξιολόγηση τους με βάση εμπορικά πρότυπα (βάρος σε καράτια, χρώμα, καθαρότητα, κοπή) και τελικά την εμπορική τους αξία.

Η ορυκτολογία και η πετρολογία, αποτελούν επιστήμες που έχουν καθιερωθεί τους δύο τελευταίους αιώνες. Η χρήση όμως των ορυκτών και των πολύτιμων λίθων λαμβάνει χώρα από τα προϊστορικά ακόμη χρόνια. Οι άνθρωποι εκείνης της εποχής είχαν γοητευτεί από ορυκτά και πετρώματα με ασυνήθιστα χαρακτηριστικά όπως η λάμψη, η σκληρότητα και τα έντονα χρώματα σε σύγκριση με άλλα υλικά. Προσπάθησαν από την αρχή της ανθρώπινης ιστορίας να τα χρησιμοποιήσουν ως πρώτη ύλη για τη δημιουργία εργαλείων, όπλων, διακοσμητικών αντικειμένων, οικιακών σκευών, γυάλινων αντικειμένων και κοσμημάτων. Προχωρώντας μέσα στο χρόνο και φτάνοντας στην αρχαιότητα, οι γνώσεις για τα ορυκτά γενικά, και τους πολύτιμους λίθους ειδικότερα, αυξάνονται.[1]

Η γεμολογία εμφανίστηκε σαν κλάδος της ορυκτολογίας στη Βρετανία το δέκατο ένατο αιώνα και θεωρείται σήμερα, μία θετική-πειραματική επιστήμη. Η μελέτη όμως των πολύτιμων λίθων, όπως και η χρήση τους, είχαν κάποτε θρησκευτικούς, αστρολογικούς και θεραπευτικούς σκοπούς.. Η χρήση τους λοιπόν στη διακόσμηση αγαλμάτων των θεών, αλλά και η θρησκευτική τους χρήση, ανάγεται στην αρχαιότητα. Υπήρχε η θεώρηση, πως κάποια υπερφυσική ουσία εκδηλωνόταν μέσα στο λίθο,

[1] Ελευθερία Ν. Δαβή «Πετρολογία», Έκδοση Β’, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991

οπότε τοποθετούταν πάνω στους νεκρούς σαν το "διαβατήριο" που θα εξασφάλιζε την ασφαλή είσοδο της ψυχής στη χώρα της ευδαιμονίας. Τα πιο παλιά δείγματα χρησιμοποίησης των ορυκτών για θρησκευτικούς σκοπούς προέρχονται από τους Αιγύπτιους και αφορούν ένα έθιμο κατά το οποίο, χάραζαν πάνω σε πολύτιμους λίθους, οι οποίοι ήταν κομμένοι σε διάφορα συμβολικά σχήματα, κάποια κομμάτια κειμένου από τη «Βίβλο των Νεκρών». Με αυτό το έθιμο εξασφαλιζόταν προστασία της ψυχής από τα εμπόδια ή τις κακές επιρροές. Κάποια από τα φυλακτά που συνήθιζαν να χρησιμοποιούν ήταν και η *αγκράφα (θετ),* το *φυλαχτό δεδ,* το *σκήπτρο από πάπυρο ουατς*, το πολύ γνωστό *φυλαχτό σε σχήμα καρδιάς αμπ* κ.α.[2]

Οι πολύτιμοι λίθοι συνδέονται επίσης και με την αστρολογία. Η επιρροή των λίθων που έχουν στενή σχέση με τους πλανήτες και με τα σημεία του ζωδιακού κύκλου, συνδέεται με τον αρχικό σχηματισμό των πολύτιμων λίθων. Κατά την ταλισμανική επιρροή «... Τα μέταλλα και οι πολύτιμοι λίθοι συνήθως βρίσκονται βαθιά μέσα στη γη και χρειάζονται συνεχή υγρασία και μία μέτρια θερμότητα. Αυτά τα αποκτούν μέσω της αντανάκλασης του ήλιου και των άλλων άστρων στην πολλαπλή κίνηση του ουρανού», έτσι, τα μέταλλα και οι πολύτιμοι λίθοι έχουν στενή σχέση με τους πλανήτες και τα άστρα, αφού τους επηρεάζουν και παράγουν τις ιδιόμορφες ιδιότητές τους. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το ζωδιακό κόσμημα είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό σύμβολο, επειδή δυναμώνει την επιρροή του ζωδίου σε εκείνους που έχουν γεννηθεί σε αυτό και αποτελεί ένα μέσον για τη μεταβίβαση των αστρικών επιρροών.[3]

Ως η πηγή για τη θεραπευτική χρήση των πολύτιμων λίθων παρουσιάζεται, από τα αρχαία ακόμη χρόνια και πάλι η Αίγυπτος. Εκεί η χημική σύσταση των λίθων αντιμετωπιζόταν λογικότερα από ότι στην Ευρώπη. Για παράδειγμα, ο αιματίτης (οξείδιο του σιδήρου), συνήθιζε να χρησιμοποιείται για να σταματήσουν αιμορραγίες και για να θεραπευθούν τυχόν φλεγμονές. Αργότερα βέβαια, θεωρήθηκε πως οι δυνάμεις τους αυξανόταν σε αρκετά μεγάλο βαθμό, όταν σκαλιζόταν πάνω στους πολύτιμους λίθους η εικόνα κάποιου θεού ή κάποιου συμβολικού αντικειμένου. Ακόμη

(2),(3)Τζορτζ Φ. Κουντς «Οι μυστικές δυνάμεις των πολύτιμων λίθων», Αθήνα 1993 Σελ. 265-267, Σελ. 391-393 και σήμερα πολλοί επιστήμονες θεωρούν πως το κεχριμπάρι και κάποιες ακόμη ουσίες που περιέχονται σε ορυκτά, έχουν θεραπευτικές επιδράσεις.[4]

Το αρχαιότερο σύγγραμμα που γνωρίζουμε, σε σχέση με τα ορυκτά, είναι εκείνο του Θεόφραστου, ο οποίος γεννήθηκε στην Ερεσσό της Λέσβου (372-287π.Χ.). Ο τίτλος του συγγράμματος είναι «Περί λίθων» και στο ξεκίνημά του αναφέρει «...Από τη γη προέρχονται οι λίθοι, και απ' αυτούς οι πιο πολύτιμοι, όπως και τα διάφορα είδη χρωμάτων που διακρίνονται μεταξύ τους από την ιδιαιτερότητα στο χρώμα, τη λάμψη, την πυκνότητα ή άλλες ιδιότητες.»[5]. Ακολουθούν συγγράμματα αρκετών άλλων Ελλήνων συγγραφέων (Αριστοτέλης κ.α.) φτάνοντας έως τον Πλίνιο (23-79μ.Χ.), τα οποία περιγράφουν γνώσεις και έργα Ελλήνων που σχετίζονται με τους λίθους, καθώς και συγγράμματα του Αραβικού κόσμου, στην περίοδο της ακμής του. Στη συνέχεια, η σκυτάλη περνά στη Δύση, όπου αρχίζουν να μελετώνται τα ορυκτά σε συστηματική πλέον βάση.

Στις αρχές του 20^ου^ αιώνα, αφού έχουν εδραιωθεί πλέον οι ορυκτολογικές επιστήμες, αρχίζουν να μπαίνουν οι βάσεις της γεμολογίας. Στο Λονδίνο (1908), ξεκινούν μαθήματα από το σύλλογο χρυσοχόων, περί πολύτιμων λίθων, γεγονός που οδηγεί στην ίδρυση του «Gemmological association of Great Britain», που σήμερα αποτελεί ένα από τα κορυφαία ιδρύματα παγκοσμίως για τη γεμολογία. Στο Colorado των Η.Π.Α., το έτος 1909, διδάσκεται το μάθημα της γεμολογίας στο «Colorado school of mines», και συνεχίζεται σε διάφορα Πανεπιστήμια της χώρας. Από τότε και ως τις μέρες μας, η γεμολογία αναπτύσσεται σε πολλές χώρες, όπως στη Γερμανία, Ινδία, Ισραήλ, Νότια Αφρική. Η διδασκαλία της βέβαια, εφαρμόζεται κυρίως σε Ιδιωτικά Ινστιτούτα και ελάχιστα σε Πανεπιστήμια. Στη χώρα μας δυστυχώς, δε βρίσκεται ούτε καν στα σπάργανα, με ευνόητες συνέπειες για την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών, τόσο στους επαγγελματίες που ασχολούνται με το κόσμημα, όσο και για τους ιδιώτες.

[4] Τζορτζ Φ. Κουντς «Οι μυστικές δυνάμεις των πολύτιμων λίθων», Αθήνα 1993 Σελ 421-424

[5] Θεόφραστος «Περί λίθων», μετάφραση Αθ. Κατερινόπουλος, έκδοση Συλλόγου Ελλήνων Συλλεκτών Ορυκτών και Απολιθωμάτων, Αθήνα 2003.

Καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας, οι πολύτιμοι λίθοι αποτελούσαν αντικείμενα θαυμασμού και, εξαιτίας της ποιότητας και της σπανιότητας κάποιων από αυτούς, απέκτησαν υψηλή οικονομική και αισθητική αξία. Αυτό με τη σειρά του οδήγησε στην εξάπλωση της κατασκευής υποκατάστατων πολύτιμων λίθων, όπως και στην επινόηση έξυπνων τεχνικών ενίσχυσης των φυσικών ιδιοτήτων των πολύτιμων λίθων, ώστε η αισθητική και οικονομική τους αξία να αυξηθεί. Σαν αποτέλεσμα, είναι συνεχής η ανάγκη για σωστή και ακριβή αναγνώριση και ταξινόμηση των πολύτιμων λίθων. Η εργασία των γεμολόγων είναι πλέον γεμάτη προκλήσεις, αλλά διευκολύνεται από τα διαθέσιμα και αποτελεσματικά όργανα που υπάρχουν.[6]

[6] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΟΡΙΣΜΟΣ & ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός του Κεφαλαίου είναι να έχει ο αναγνώστης μία πρώτη επαφή με τον όρο «ορυκτά» και τον όρο «πολύτιμοι λίθοι». Αρχικά θα γίνει αναφορά στον ορισμό των ορυκτών και στη συνέχεια θα εξεταστεί ο διαχωρισμός τους σε φυσικούς και συνθετικούς πολύτιμους λίθους, ενώ προχωρώντας θα αναφερθούν οι τάξεις των ορυκτών. Ακόμη, θα γίνει μία αναφορά στις οργανικές ενώσεις, ενώ η έρευνα θα εστιαστεί κυρίως στις ανόργανες ενώσεις, και στην ταξινόμηση τους. Στο τέλος του κεφαλαίου θα περιγραφούν οι ιδιότητες των πιο γνωστών ορυκτών που χρησιμοποιούνται ως πολύτιμοι λίθοι.

1.1 Ορισμός ορυκτών

Τα ορυκτά είναι ομογενή φυσικά συστατικά του στερεού φλοιού της γης και των υπολοίπων ουρανίων σωμάτων. Σαν ομογενές σώμα κάθε ορυκτό είναι σε όλη την έκταση του, θεωρητικά, ενιαίο ως προς τη χημική του σύσταση και τις φυσικές του ιδιότητες. Η ομογένεια των ορυκτών ως προς τη χημική σύσταση εκφράζεται με το ότι κάθε ορυκτό έχει μια συγκεκριμένη ή κυμαινόμενη μέσα σε ορισμένα όρια χημική σύσταση που δίνει ένα χαρακτηριστικό χημικό τύπο.[7]

Τα ορυκτά βρίσκονται σε στερεά κατάσταση (εκτός από τον υδράργυρο), και εκτός μερικών εξαιρέσεων, είναι ανόργανες ενώσεις. Τα ορυκτά αποτελούν κυρίως, ενώσεις διαφόρων στοιχείων, όπως είναι ο ασβεστίτης ($CaCO_3$), ενώ, ελάχιστα, έχουν σχηματιστεί από ένα μόνο στοιχείο. Για παράδειγμα, ο χρυσός, ο άργυρος, ο χαλκός και ο άνθρακας, αποτελούν στοιχεία που μπορούμε να τα συναντήσουμε αυτούσια στη φύση. Στην παρούσα μελέτη, θα εξεταστούν ορισμένα από τα ορυκτά, αυτά που χρησιμοποιούνται ως πολύτιμοι ή ημιπολύτιμοι λίθοι, και από αυτά θα εξεταστεί ένας αριθμός, ανάλογα με την εμπορική τους αξία και την διάδοσή τους.[7]

Στη συντριπτική τους πλειοψηφία, τα ορυκτά βρίσκονται σε κρυσταλλική κατάσταση, δηλαδή παρουσιάζουν κανονικά γεωμετρικά σχήματα που, όταν το μέγεθος του ορυκτού είναι αρκετά μεγάλο, φαίνονται ακόμη και με γυμνό μάτι. Τα ορυκτά που ενδιαφέρουν στην παρούσα εργασία, είναι εκείνα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πολύτιμοι λίθοι (Gem Quality), εμφανίζονται σε αρκετά μεγάλους κρυστάλλους (>1cm) ή σε γεώδη(π.χ. ζαφείρια-κορούνδιο), και οι ιδιότητές τους, όπως το χρώμα, η καθαρότητα κλπ, πρέπει να ξεπερνούν κάποια όρια που έχουν τεθεί.[8]

---

[7] Γ. Κωστάκη «Γενική Ορυκτολογία», Μέρος Ι: Γεωμετρική Κρυσταλλογραφία, Χανιά 1988.

[8] Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

1.2 Φυσικοί και συνθετικοί πολύτιμοι λίθοι

Εκτός από τα φυσικά, εδώ και αρκετά χρόνια, παράγονται και συνθετικά ορυκτά, είτε για βιομηχανική χρήση, είτε για να χρησιμοποιηθούν ως πολύτιμοι λίθοι. Ένα σημαντικό κομμάτι της γεμολογίας ασχολείται με τη διάκριση και την πιστοποίηση των ορυκτών που είναι φυσικά και εκείνων που είναι συνθετικά, λόγω του ότι η παρουσίαση και η πώληση ενός συνθετικού π.χ. διαμαντιού, συνιστά απάτη, και προκύπτουν μεγάλες αποκλίσεις στην τιμή πώλησης. Εκτός των συνθετικών ορυκτών, στην επιστήμη της γεμολογίας, και κατ' επέκταση στην αγορά των πολύτιμων λίθων, υπάρχει και ένα άλλο θέμα που δεν απασχολεί την ορυκτολογία: η αλλαγή και κυρίως η ενίσχυση (enhancement) κάποιας ιδιότητας του ορυκτού. Αν δεν δηλωθεί κάτι τέτοιο (π.χ. αλλαγή του χρώματος των διαμαντιών, κατά την εισαγωγή τους σε πυρηνικό αντιδραστήρα), υπάρχει και πάλι απάτη και δόλια αύξηση της τιμής του εν λόγω πολύτιμου λίθου.

Ένας πολύτιμος λίθος από συνθετικό υλικό, έχει σχεδόν την ίδια χημική σύσταση, κρυσταλλική δομή και σε πολλές περιπτώσεις παρόμοιες φυσικές και οπτικές ιδιότητες με αυτές που έχει και ο φυσικός πολύτιμος λίθος, τον οποίο μιμείται. Αυτές οι διαφορές στις ιδιότητες, αν και είναι μικρές, απαιτείται να προσδιοριστούν, έτσι ώστε να ανιχνευτεί και να διαχωριστεί το συνθετικό υλικό από το φυσικό. Η τεχνητή σύνθεση κρυστάλλων πολύτιμων λίθων, όπως η σύντηξη κορούνδιου, σπινέλιου, ορυκτού οξείδιου τιτανίου, είναι διαθέσιμη εδώ και πάνω από έναν αιώνα.[9]

1.3 Κατηγοριοποίηση ορυκτών

[9] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America.

1.3.1 Συνήθεις πολύτιμοι λίθοι

Αν θεωρήσουμε πως τα πιο γνωστά ορυκτά αριθμούνται γύρω στα 2800, λιγότερα από 100 διαθέτουν τις αναγκαίες ιδιότητες, που τους επιτρέπουν να θεωρηθούν ως πολύτιμοι λίθοι. Τα πιο συνηθισμένα και εκείνα που συναντώνται ευρέως παρατίθενται στον Πίνακα 1.1.[10]

Πίνακας 1. 1 – **Συνηθισμένα ορυκτά που θεωρούνται ως πολύτιμοι λίθοι** Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.

Συνήθεις Πολύτιμοι Λίθοι
Διαμάντι
Κορούνδιο (ρουμπίνι, ζαφείρι, star ruby, star sapphire)
Βήρυλλος (σμαράγδι, ακουαμαρίνα, μοργκανίτης, γκοσενίτης,)
Χρησοβήρυλλος (μάτι της γάτας, αλεξανδρίτης)
Σπινέλιος
Τοπάζι
Ζιρκόνιο
Τουρμαλίνης
Γρανάτες
Χαλαζίας
Νεφρίτης
Τυρκουάζ
Τανζανίτες

[10] Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.

1.3.2 Ταξινόμηση ορυκτών

Ο Τομέας της ορυκτολογίας που έχει ως σκοπό την περιγραφή, το χαρακτηρισμό και την ταξινόμηση των ορυκτών με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά, τη δομή και τις φυσικές τους ιδιότητες, ονομάζεται συστηματική ορυκτολογία.

Ο Σουηδός J.J. Berzelius, ήταν εκείνος που δημοσίευσε το πρώτο σύστημα ταξινόμησης ορυκτών. Το έτος 1912, ο M.v.Laue, ανακάλυψε την περίθλαση των ακτινών Χ πάνω στους κρυστάλλους και έτσι στις επόμενες δεκαετίες διαλευκάνθηκαν οι δομές από πολλές κρυσταλλικές ουσίες. Λίγο αργότερα, το 1941, ο H.Strunz παρουσίασε τους λεγόμενους ορυκτολογικούς πίνακες, στους οποίους τα ορυκτά ταξινομούνται σύμφωνα με κρυσταλλοχημικά κριτήρια. Αυτό το σύστημα, προσαρμοσμένο στα δεδομένα της εποχής μας, χρησιμοποιείται ακόμη και σήμερα, συμπεριλαμβάνοντας τις τάξεις του παρακάτω πίνακα:[11]

Πίνακας 1. 2 – **Το κρυσταλλοχημικό σύστημα ταξινόμησης, H.Strunz 1941,** Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

Κρυσταλλοχημικό Σύστημα Ταξινόμησης
Αυτοφυή στοιχεία (συμπεριλαμβάνονται τα κράματα, καρβίδια, νιτρίδια & φωσφίδια)
Θειούχα (συμπεριλαμβάνονται τα σεληνίδια, τελλουρίδια, αρσενίδια, βισμουτίδια & αντιμονίδια)
Αλογονίδια
Οξείδια & Υδροξείδια
Ανθρακικά (συμπεριλαμβάνονται βορικά & νιτρικά)
Θειϊκά (συμπεριλαμβάνονται τα τελλουρικά, χρωμικά, μολυβδαινικά & βολφραμικά)

[11] Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

Φωσφορικά (συμπεριλαμβάνονται τα αρσενικά και βαναδιακά)
Πυριτικά
Οργανικές Ενώσεις

1.3.3 Οργανικές και ανόργανες ενώσεις

Γενικά, τα ορυκτά και τα πετρώματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες ενώσεων, τις οργανικές και τις ανόργανες. Οργανικά είναι τα στοιχεία εκείνα που έχουν σχηματιστεί μέσα σε ιζήματα από οργανικές ουσίες, είτε ζωικής, είτε φυτικής προέλευσης και βρίσκονται αυτούσια στη φύση υπό τη μορφή ορυκτών. Για παράδειγμα, το διαμάντι και το θείο είναι καθαρά χημικά στοιχεία. Τα οργανικά μόρια μπορεί να συνυπάρξουν με ανόργανα συστατικά, και έτσι να προκύψουν άλατα οργανικών οξέων, υδρογονάνθρακες και ρητίνες που συγκαταλέγονται στα ορυκτά.

Τα ορυκτά, είναι φυσικά στερεά σώματα, ανόργανες χημικές ενώσεις που δημιουργούνται με γεωλογικές και γεωχημικές διαδικασίες στο εσωτερικό της γης. Η χημική τους σύσταση είναι σταθερή, η δομή τους είναι κρυσταλλική και οι φυσικές τους ιδιότητες είναι συγκεκριμένες και αμετάβλητες σε κάποια έκταση. Αποτελούν συστατικά των πετρωμάτων, και τα πετρώματα, όπως είναι γνωστό, δομούν τον στερεό φλοιό της Γης (τη λιθόσφαιρα). Η χημική σύσταση των ορυκτών μπορεί να είναι πολύ απλή – μπορεί να αποτελείται από ένα μόνο στοιχείο, μπορεί να είναι απλό άλας ή οξείδιο, ή σύνθετες και περίπλοκες χημικές ενώσεις. [12]

Οι ανόργανες αυτές ενώσεις χωρίζονται σε κατηγορίες ή αλλιώς τάξεις από τις οποίες θα παρουσιάσουμε τις τρεις που απαρτίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό της μάζας του στερεού φλοιού της γης[13]: 1. τα πυριτικά, 2. τα οξείδια και 3. τα ανθρακικά.

1. Τα πυριτικά, αποτελούν περίπου το ένα τρίτο του συνόλου των ορυκτών και μαζί με τα ορυκτά του SiO_2 (κυρίως ο χαλαζίας και ο οπάλιος), περίπου το 91.5% της μάζας του στερεού φλοιού της γης. Τα πιο σημαντικά στοιχεία που

[12] Ελευθερία Ν. Δαβή «Πετρολογία», Έκδοση Β', Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991.

σχηματίζουν τα πυριτικά ορυκτά είναι τα μονοσθενή Na, K, (Li), τα δισθενή Ca, Mg, Fe^{2+}, (Mn^{2+}), (Be^{2+}), τα τρισθενή Al, Fe^{3+}, (B), τα τετρασθενή κατιόντα Si, Zr, Ti, όπως και τα O, (F), H (H^+, OH^-, H_2O). Η βασική μονάδα δόμησης των πυριτικών είναι το σύμπλοκο $[SiO_4]^{4-}$. Τα πυριτικά περιλαμβάνουν σημαντικά βιομηχανικά ορυκτά, όπως ο καολίνης, οι άστριοι, ο τάλκης, ο αμίαντος κ.α., πολύτιμους ή ημιπολύτιμους λίθους όπως το σμαράγδι, το τοπάζιο κ.α., ή συστατικά μεταλλευμάτων, σπανίων γαιών ή βιομηχανικών πετρωμάτων μεγάλης οικονομικής σημασίας. Η ταξινόμηση των πυριτικών στηρίζεται στην κρυσταλλική τους δομή και έτσι προκύπτουν οι παρακάτω οικογένειες:

- *Νησοπυριτικά ή ορθοπυριτικά:* ολιβίνες, ζιρκόνιο, γρανάτες και τα ορυκτά του Al_2SiO_5.
- *Σωροπυριτικά:* ορυκτά των ομάδων του μελιλίθου και του επιδότου-ζοϊσίτη.
- *Κυκλοπυριτικά:* βήρυλλος, κορδιερίτης, τουρμαλίνης.
- *Ινοπυριτικά ή αλυσσοπυριτικά:* ορυκτά ομάδας πυρόξενων.
- *Φυλλοπυριτικά:* ομάδα καολινίτη, ομάδα σερπεντίνη.
- *Τεκτοπυριτικά:* νεφελίνης, λευκίτης, άστριοι κλπ.

2. Τα οξείδια, αποτελούν μία τάξη στην οποία ανήκουν τα τιτανικά, αντιμονικά, νιοβικά, τανταλικά, ακόμη και τα ορυκτά που συνθέτουν ενώσεις οξυγόνου με ένα ή περισσότερα μέταλλα. Σύμφωνα με τον αριθμό ενώσεών τους, χωρίζονται σε απλά και πολλαπλά οξείδια. Τα οξείδια και οι ενώσεις τους, σχηματίζονται στο στερεό φλοιό της γης ενδομαγματικά, πηγματιτικά, πνευματολυτικά, υδροθερμικά αλλά και κατά τη μεταμόρφωση επαφής στην επιφάνεια της γης ή σε υποθαλάσσιο περιβάλλον. Από τα σημαντικότερα κοιτάσματα τους, είναι εκείνα των οξειδίων του σιδήρου.

   Οι κρυσταλλικές δομές τους είναι ιοντικές και παρουσιάζουν υψηλή συμμετρία, ενώ τα πιο πολλά οξείδια έχουν υψηλή σκληρότητα όπως και υψηλό σημείο τήξης. Επίσης εμφανίζουν μεγάλη χημική σταθερότητα. Τα υδροξείδια από την άλλη, έχουν χαμηλή κρυσταλλική συμμετρία και σημείο τήξης, καλό σχισμό, και μικρή χημική σταθερότητα. Σημαντικά οξείδια είναι:

- Οι ενώσεις M_2O και MO, όπως είναι ο κυπρίτης Cu_2O και ο ψευδαργυρίτης ZnO.
- Οι ενώσεις M_3O_4, όπως είναι η ομάδα των σπινελλίων, ο μαγνητίτης Fe_3O_4, ο φρανκλινίτης $(Zn,Mn^{2+})(Fe^{3+},Mn^{3+})_2O_4$, ο χρωμίτης $(Fe^{2+},Mg)Cr_2O_4$.
- Ενώσεις M_2O_3, όπως είναι η ομάδα κουρουνδίου-αιματίτη.
- Ενώσεις MO_2, όπως είναι η ομάδα του SiO_2, η ομάδα του ρουτιλίου, η ομάδα του πυρολουσίτη

3. Τα ανθρακικά, είναι άλατα του οξυγόνου στα οποία τα ανιόντα $[CO_3]^{2-}$ αποτελούν βασικές, επίπεδες, κύριες μονάδες δόμησης των κρυστάλλων. Οι δομικές αυτές ομάδες είναι διατεταγμένες στις δομές των κρυστάλλων, ως «νησίδες», ενώ η υποδιαίρεσή τους είναι χημική.

   Σε αυτή την κατηγορία, τα ανιόντα $[CO_3]^{2-}$ δεν συνδέονται μεταξύ τους μέσω κοινών οξυγόνων και τα κρυσταλλικά τους πλέγματα δημιουργούνται από τη σύνδεση του $[CO_3]^{2-}$ με κατιόντα μεγάλου ή μεσαίου μεγέθους όπως είναι τα: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+} κ.α.

   Τα ανθρακικά υποδιαιρούνται σε ελεύθερα νερού και ένυδρα, και ακόμη, σε ανθρακικά με ή χωρίς επιπρόσθετα ανιόντα. Τα σημαντικότερα από άποψη εξάπλωσης αλλά και οικονομικής φύσεως, είναι τα ελεύθερα νερού, τα οποία κρυσταλλώνονται με βάση το μέγεθος των κατιόντων, στις τρεις ομάδες του παρακάτω Πίνακα. Τα ανθρακικά έχουν σχετικά μικρή σκληρότητα (2.5 και 4.5 έως 5 το πολύ), είναι άχρωμα ή ετερόχροα με κάποιες όμως εξαιρέσεις όπως είναι τα ανθρακικά των Co, Cu, Mn, Ni $[UO]^{+2}$. Κατά τη θέρμανση, διασπώνται σε θερμοκρασίες 500^o και 900^o C.[13]

Πίνακας 1. 3 – Τα σημαντικότερα ανθρακικά, ελεύθερα από H_2O και (OH) Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

[13] Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

Ομάδα του ασβεστίτη (Τριγωνικό σύστημα, Κρυστ. Τάξη D_{3d}-3m)	**Ομάδα του δολομίτη (Τριγωνικό σύστημα, Κρυστ. Τάξη C_{3i}-3)**	**Ομάδα του αραγονίτη (Ρομβικό σύστημα, Κρυστ. Τάξη D_{2h}-mmm)**
Ασβεστίτης $Ca[CO_3]$	**Δολομίτης $CaMg[CO_3]_2$**	**Αραγονίτης $Ca[CO_3]$**
Ροδοχρωσίτης $Mn[CO_3]$	**Ανκερίτης $CaFe[CO_3]_2$**	**Στροντιανίτης $Sr[CO_3]$**
Σιδηρίτης $Fe[CO_3]$	**Κουτναχορίτης $CaMg[CO_3]_2$**	**Βιθερίτης $Ba[CO_3]$**
Σμιθσονίτης $Zn[CO_3]$		**Κερουσσίτης $Pb[CO_3]$**
Μαγνησίτης $Mg[CO_3]$		

1.4 Κατάλογος Πολύτιμων Λίθων

Παρακάτω παρατίθεται κατάλογος με τις χαρακτηριστικές ιδιότητες των πιο συνηθισμένων πολύτιμων λίθων.[14]

- *Αδάμας C*: Ανήκει στην ομάδα του άνθρακα και στο κυβικό σύστημα. Η σκληρότητά του είναι 10 και παρουσιάζει σαφή ανισοτροπία. Τόσο η ανισοτροπία όσο και ο σχισμός του πολύτιμου αυτού λίθου, διευκολύνουν την επεξεργασία του. Η πυκνότητά του είναι 3.50-3.53. Ο κρύσταλλος είναι εύθραυστος με οστρακοειδή θραυσμό. Παρουσιάζει φωταύγεια στις υπεριώδεις ακτίνες. Είναι συνήθως άχρους, διαυγής και σπανιότερα σε ποικιλία χρωμάτων, με πιο σπάνιο και ακριβό το κόκκινο (περίπου 50 γνωστές πέτρες στον κόσμο σήμερα), και το ροζ.

  Εγκλείσματα: ολιβίνου, διοψιδίου, γρανάτη, σπινέλλιου και άλλων ορυκτών.

[14] Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

- *Σπινέλλιος:* Είναι οξείδιο $MgAl_2O_4$. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα και σχηματίζει οκταεδρικούς κρυστάλλους. Έχει σκληρότητα 7.5-8 και πυκνότητα 3.6. Έχει υαλώδη λάμψη, είναι διαυγής, εμφανίζεται σε διάφορα χρώματα (κυανό, πράσινο, βαθύ κόκκινο) και σπάνια είναι άχρωμος. Σχηματίζεται σε ζώνες μεταμόρφωσης επαφής ασβεστόλιθων και μεταμορφωσιγενών αργιλικών πετρωμάτων, πτωχών σε SiO_2, εμπλουτίζεται σε προσχωσιγενείς σχηματισμούς από όπου και εξορύσσεται (Sri Lanka, Burma, Ταϊλάνδη κ.α.).

  Απαντάται: Πρωτογενώς, σε κιμπερλιτικούς λαιμούς (PiPes) στη Ν. Αφρική, σε όλη τη Δυτική Αφρική, στη Σιβηρία και γενικότερα σε ηπειρωτικές μάζες μεγάλης ηλικίας. Δευτερογενώς, σε προσχώσεις που προέρχονται από αποσάθρωση κιμπερλιτών.

- *Χρυσοβήρυλλος:* Είναι οξείδιο $BeAl_2O_4$ και ανήκει στο ρομβικό σύστημα. Σχηματίζει πλακοειδείς κρυστάλλους. Έχει χρώμα κιτρινοπράσινο και σμαραγδοπράσινο, υαλώδη λάμψη και είναι διαφανής. Παραλλαγή του είναι ο Αλεξανδρίτης, που έχει στο φως της ημέρας πράσινο και στο φως της λάμπας κόκκινο χρώμα. Έχει σκληρότητα 8.5 και πυκνότητα 3.7.

  Απαντάται: Σε πηγματίτες, γρανίτες, σχιστόλιθους που προέρχονται από μεταμόρφωση επαφής, καθώς και σε προσχωσιγενείς σχηματισμούς. Κοιτάσματα υπάρχουν στη Βραζιλία, Sri Lanka, τα Ουράλια Όρη κ.α.

- *Κορούνδιο:* Είναι οξείδιο α-Al_2O_3 και κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 9, δεν παρουσιάζει σχισμό και έχει ακανόνιστο θραυσμό. Έχει πυκνότητα 4 και εμφανίζεται σε πολλά χρώματα όπως κυανό π.χ. ζαφείρι, ή ερυθρό π.χ. ρουμπίνι, με αστεροειδή οπαλισμό (star). Αποτελεί ορυκτό μαγματικής και πηγματικής γενέσεως, απαντάται όμως και σε μεταμορφωμένα πετρώματα. Επειδή είναι ανθεκτικό στους παράγοντες αποσάθρωσης απαντάται και σε ιζήματα. Κοιτάσματα κουρουνδίου ποιότητας πολύτιμου λίθου υπάρχουν στη Sri Lanka, Burma, Ινδία, Ταϊλάνδη, Βραζιλία, Αφρική (Ζάμπια κλπ).[15]

[15] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

- *Χαλαζίας:* Είναι οξείδιο SiO_2 και κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα. Δεν εμφανίζει σχισμό αλλά οστρακοειδή θραυσμό. Έχει υαλώδη λάμψη και μπορεί να είναι διαφανής άχρωμος, ή έγχρωμος. Παρουσιάζει ποικιλία χρωμάτων και η πυκνότητά του είναι 2.65. Έχει σκληρότητα 7

- *Χονδρόκοκκος Χαλαζίας:*

  - *Αμέθυστος*: Ιώδες χρώμα που προέρχεται από ίχνη σιδήρου (έως 0.2%Fe_2O_3).

  - *Ροδόχρους Χαλαζίας*: Είναι ροδόχρωμος και το χρώμα του οφείλεται στην παρουσία ιόντων Ti^{4+}.

  - *Καπνίας*: Φαιό ή σχεδόν μαύρο χρώμα που οφείλεται στην παρουσία ιόντων Al^{3+}.

  - *Κίτρινον*: Ανοιχτό κίτρινο χρώμα που οφείλεται σε FeOOH διεσπαρμένο στους κρυστάλλους.

- *Μικροκρυσταλλικός Χαλαζίας:*

  - *Αχάτες:* αποτελούνται συχνά από πολύ λεπτές ομόκεντρες φλοιοειδείς ή επίπεδες παράλληλες στρώσεις χαλκηδονίου διαφόρων χρωμάτων.

  - *Οπάλιος:* Είναι οξείδιο SiO_2, είναι άμορφος και έχει περιεκτικότητα σε H_2O. Είναι διαφανής ή αδιαφανής, άχρωμος ή κιτρινωπός και φαιός, με σκληρότητα 5.5-6.5 και πυκνότητα 2-2.2. Κύριες παραλλαγές του είναι ο κοινός οπάλιος (π.χ. ξυλοπάλιος), ο ευγενής οπάλιος (χρησιμοποιείται για κατασκευή κοσμημάτων), ο υαλίτης, ο γκεϋσιρίτης και η γη διατόμων (πολλαπλές χρήσεις).

- *Ζιρκόνιο*: Ανήκει στα πυριτικά – $Zr[SiO_4]$ και ανήκει στο τετραγωνικό σύστημα. Είναι διαφανές με αδαμαντώδη λάμψη. Έχει σκληρότητα 7.5 και πυκνότητα 4.67. μπορεί να περιέχει Hf, Y, Ce και άλλες σπάνιες γαίες. Απαντάται κυρίως σε μαγματικά πετρώματα αλλά και σε ιζήματα και σπανίως σε μεταμορφωμένα.

- *Γρανάτες:* Αποτελούν ομάδα ορυκτών που σχηματίζουν μεικτούς κρυστάλλους με το γενικό τύπο:

$R3^{2+}R2^{3+}[SiO_4]_3$

όπου μπορεί να είναι

R^{2+}=Ca, Mg, Fe^{2+}, Mn^{2+}

και

R^{3+}=Fe^3, Al, Cr^{3+}, Ti^{3+}, Sn^{4+}, V^{3+}

Ανήκουν στο κυβικό σύστημα και εμφανίζονται σε διάφορα χρώματα ανάλογα με τη χημική σύσταση. Έχουν υαλώδη, λιπώδη ή ρητινώδη λάμψη και η σκληρότητά τους ποικίλει μεταξύ 6.5 και 7.5, ενώ η πυκνότητά τους μεταξύ 3.5 και 4.1. Οι πιο σημαντικοί γρανάτες είναι οι:

- *Γροσσουλάριος:* $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ με χρώμα ανοικτό κοκκινοκαφέ ή λευκό.
- *Πυρωπό*: $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ με χρώμα κόκκινο του αίματος.
- *Αλμανδίνης:* $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$ με χρώμα σκοτεινό κοκκινοκάστανο.
- *Σπεσσαρτίνης:* $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$ με χρώμα κίτρινο έως κοκκινοκάστανο.
- *Ανδραδίτης:* $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$ με χρώμα σκοτεινό καστανό.
- *Ουβαροβίτης:* $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$ με χρώμα σκοτεινό πράσινο, σμαράγδινο.

- *Τοπάζιο:* Ανήκει στα πυριτικά – $Al_2[F_2/SiO_4]$, και στο ρομβικό σύστημα. Οι κρύσταλλοί του είναι ποικίλων μορφών και μπορεί να είναι άχρωμοι, κίτρινοι, πρασινωποί, κυανίζοντες ή άλλου χρώματος, με υαλώδη λάμψη, διαφανείς ή διαφώτιστοι. Έχει σκληρότητα 8 και πυκνότητα 3.5-3.6. εμφανίζεται σε πηγματίτες και γρανίτες, αλλά και σε προσχώσεις.

- *Βήρυλλος:* Ανήκει στα κυκλοπυριτικά- $Al_2Be_3[Si_6O_{18}]$, και κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα. Έχει σκληρότητα 7.5-8 και πυκνότητα 2.63-2.80. Είναι διαφανείς έως διαφώτιστοι, άχρωμοι ή τις περισσότερες φορές σμαραγδοπράσινοι, κιτρινοπράσινοι, κυανοπράσινοι, κυανοί ή ρόδινοι. Ανάλογα με το χρώμα και το βαθμό διαφάνειας υπάρχουν διάφορες παραλλαγές όπως:

- *Σμαράγδι:* Έχει βαθύ πράσινο χρώμα που οφείλεται σε μικρή ποσότητα Cr. Όταν οι κρύσταλλοί του είναι διαφανείς, χρησιμοποιούνται ως πολύτιμοι λίθοι.
- *Ακουαμαρίνα:* Έχει κυανοπράσινο χρώμα και είναι διαφανής παραλλαγή του. Είναι επίσης πολύτιμος λίθος.
- *Μοργκανίτης:* Είναι ο ροδόχρους ή ο ροδοκόκκινος (Morganit).
- *Ηλιόδορος:* Είναι κίτρινος και διαφανής.

➢ *<u>Τουρμαλίνης</u>:* Σχηματίζει σειρά μεικτών κρυστάλλων με μεγάλες διακυμάνσεις στη χημική τους σύσταση. Ο κρυσταλλοχημικός του τύπος είναι:

$XY_3Z_6[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$

όπου

X : Na, Ca, Mn^{2+},

Y : Li, Mg, Fe_2+, Mn_2+, Al,

Z : Al, Fe^{2+}, Ti^{3+}, Mg

Το OH μπορεί να αντικαθίσταται εν μέρει από F και O. Η μεταβαλλόμενη χημική σύσταση οδηγεί σε διάφορες παραλλαγές:

- *Ελβαΐτης (elbaite):* $Na(Li,Al)_3Al_6[(OH)_4/(BO_3)/Si_6O_{18}]$
- *Δραβίτης (dravite):* $NaMg_3Al_6[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$
- *Σχερλ (schorl):* $NaFe_3^{2+}(Al, Fe^{3+})_6[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$
- *Ουβίτης (uvite):* $CaMg_3(Al_5Mg)[(OH)_4/(BO_3)_3/Si_6O_{18}]$

Ο Τουρμαλίνης κρυσταλλώνεται στο τριγωνικό σύστημα, έχει σκληρότητα 6-7.5 και πυκνότητα 2.9-3.2. Δεν παρουσιάζει σχισμό, έχει λάμψη υαλώδη έως ρητινώδη και διάφορα χρώματα. Μπορεί να είναι πράσινοι, κόκκινοι, ροδόχρωμοι, καστανοί, κίτρινοι, μαύροι, κυανοί, άχρωμοι κλπ.

➢ *<u>Νεφρίτης</u>:* Αποτελεί μία παραλλαγή του ακτινολίθου και απαντάται σε μορφή πολύ συμπαγών κρυπτοκρυσταλλικών μαζών. Ο ακτινόλιθος ανήκει στο μονοκλινές σύστημα, το χρώμα του είναι πράσινο και η πυκνότητά του είναι 3.1-3.2.

- *Λαζουρίτης:* $(Na, Ca)_8[SO_4, S, Cl)_2/(AlSO_4)_6]$. Κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα και σχηματίζει λεπτόκοκκες συμπαγείς μάζες κυανού ή μερικές φορές πρασινίζοντος ή ιώδους χρώματος. Έχει σκληρότητα 5.5 και πυκνότητα 2.38-2.24. Απαντάται συνήθως σε ζώνες επαφής αλκαλικών (συηνίτες, γρανίτες και πηγματίτες) με ασβεστολιθικά πετρώματα.[16]

[16] Γ. Κωστάκης «Συστηματική Ορυκτολογία» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2001.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΟΡΓΑΝΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός του κεφαλαίου είναι να περιγραφούν τα όργανα και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των πολύτιμων λίθων. Αρχικά, θα γίνει μία έρευνα των περισσότερο διαδεδομένων οργάνων μέτρησης και διαφόρων μεθόδων, ενώ στη συνέχεια θα αναφερθούν και τα πιο σπάνια χρησιμοποιούμενα. Προχωρώντας στη δομή του κεφαλαίου, θα εξεταστούν ακόμη περισσότερα όργανα αλλά και μέθοδοι που βοηθούν στην αξιολόγηση της διαύγειας, κοπής, βάρους των πολύτιμων λίθων.

2.1 Όργανα και μέθοδοι αξιολόγησης πολύτιμων λίθων

Ο επιτυχημένος έλεγχος των πολύτιμων λίθων, εξαρτάται από δύο παράγοντες: τον επαρκή εξοπλισμό, αλλά και την ικανότητα της χρήσης του. Μερικές φορές είναι δυνατή η οπτική αναγνώριση, αλλά τις περισσότερες είναι απαραίτητη η χρήση των κατάλληλων οργάνων.

Ένα ιδανικό εργαστήριο αξιολόγησης πολύτιμων λίθων περιλαμβάνει όλα εκείνα τα όργανα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση τους, ακόμη και αν κάποια πολύ εξειδικευμένα από αυτά θα χρησιμοποιούνταν σπάνια. Οι περισσότεροι γεμολόγοι υπολογίζουν την αποδοτικότητα έναντι του κόστους όταν πρόκειται για την αγορά οργάνων τέτοιου είδους. Στη γεμολογία οι μέθοδοι αξιολόγησης είναι αποκλειστικά μη καταστρεπτικές, ενώ αυτό δεν συμβαίνει στην ορυκτολογία και την πετρολογία, όπου υπάρχουν και μέθοδοι που μπορεί να προκαλέσουν φθορές κατά την επεξεργασία των ορυκτών και των πετρωμάτων.

Σχεδόν σε κάθε διαδικασία αξιολόγησης πολύτιμων λίθων, είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός τριών χαρακτηριστικών: του δείκτη διάθλασης, της μονής ή διπλής διάθλασης, και της διάκρισης μεταξύ συνθετικής ή φυσικής προέλευσης. Παρακάτω, θα μελετηθούν τα όργανα εκείνα που είναι τα πιο χρήσιμα για τον καθορισμό των παραπάνω χαρακτηριστικών, καθώς και πολλά άλλα που είναι απαραίτητα σε ένα πλήρως εξοπλισμένο εργαστήριο.[17]

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιολόγησης πολύτιμου λίθου είναι τα λεγόμενα "4C" που αφορούν τα διαμάντια. Αυτά λόγω της δημοτικότητας και του όγκου πωλήσεων που έχουν παγκοσμίως είναι οι πιο γνωστοί αλλά και οι πιο καλά μελετημένοι πολύτιμοι λίθοι. Η αξιολόγηση γίνεται λοιπόν με βάση το χρώμα(color), την κοπή (cut),την καθαρότητα (clarity) και το βάρος (carat). Μεταξύ επαγγελματιών χρησιμοποιούνται και άλλες παράμετροι όπως ο φθορισμός (fluorescence), αλλά για το ευρύ κοινό τα παραπάνω συνήθως είναι αρκετά.

[17] Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.

2.1.1 Διαθλασίμετρο (Refractometer)

Ο δείκτης διάθλασης είναι πιο εύκολο να προσδιοριστεί με ένα διαθλασίμετρο πολύτιμων λίθων και, αφού ο προσδιορισμός του δείκτη διάθλασης είναι συνήθως απαραίτητος στις περισσότερες αξιολογήσεις, αυτό το χρήσιμο και σχετικά φθηνό όργανο είναι απαραίτητο σε ένα εργαστήριο. Το διαθλασίμετρο λοιπόν, είναι ένα όργανο το οποίο λαμβάνει ακριβείς μετρήσεις των κρίσιμων γωνιών, αλλά το αποτέλεσμα εξασφαλίζεται μόνο μετά από τριγωνομετρικό υπολογισμό. Μόλις η επίπεδη γυαλιστερή επιφάνεια ενός πολύτιμου λίθου τοποθετηθεί πάνω στη γυάλινη επιφάνεια του οργάνου (αφού έχουμε εφαρμόσει μία σταγόνα υγρού υψηλής διάθλασης, για να ενεργοποιήσει την οπτική επαφή μεταξύ δύο επιφανειών), η κλίμακα του οργάνου φαίνεται μέσα από τον προσοφθάλμιο φακό, να είναι τμηματικά στη σκιά και τμηματικά να φωτίζεται. Το τμήμα της σκιάς αναπαριστά τις μερικώς διαθλώμενες ακτίνες από την πέτρα, και το φωτεινότερο τμήμα, φωτίζεται από τις ολοκληρωτικά ανακλώμενες ακτίνες. Η θέση των ακμών στη σκιά, βοηθά τον χειριστή να διαβάσει τον δείκτη διάθλασης από την κλίμακα, ή σε συγκεκριμένα όργανα, να διαβάζει τους αριθμούς από τους οποίους μπορούν να αποκτηθούν οι σωστοί δείκτες, έχοντας ως αναφορά μία κάρτα βαθμονόμησης.

Εικόνα 2.1 - **Διαθλασίμετρο,** Richard T. Liddicoat, Jr ‘Handbook of Gem Identification’, Gemmological Institute of America

Ένα διαθλασίμετρο, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει την ανάκλαση της δέσμης, τον οπτικό χαρακτήρα, και μερικές φορές το οπτικό σημείο (optical sign). Αν και αυτός ο τρόπος είναι ο πιο αποτελεσματικός στον προσδιορισμό του δείκτη διάθλασης, ωστόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι, εφόσον είναι διαθέσιμος ο κατάλληλος εξοπλισμός.[18]

2.1.2 Πολωσιοσκόπιο (Polariscope)

Το πολωσιοσκόπιο είναι ένα απλό όργανο που ουσιαστικά αποτελείται από δυο πολωτικά φίλτρα τοποθετημένα σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, ώστε να επιτρέπουν την εξέταση πολύτιμων λίθων ανάμεσα τους. Συνήθως το κάτω φίλτρο, το οποίο βρίσκεται πάνω από την φωτεινή πηγή, είναι σταθερό, ενώ το επάνω μπορεί να περιστρέφεται. Το όργανο αυτό χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε διπλή διάθλαση σε πολύτιμους λίθους με την ανάλογη προσοχή ώστε να χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο οπτικό άξονα για τον κάθε πολύτιμο λίθο.

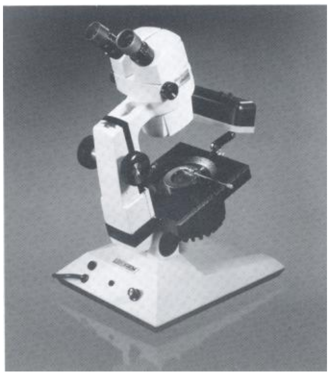
Εικόνα 2.2 - **Πολωσιοσκόπιο,** Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.1.3 Μικροσκόπια(Magnifiers)

Πιθανώς, το πιο σημαντικό όργανο στην αξιολόγηση των πολύτιμων λίθων είναι ένας καλό μικροσκόπιο, με μία αποτελεσματική πηγή φωτός, η οποία να μπορεί να φωτίζει το εσωτερικό των διάφανων πολύτιμων λίθων. Από το πλήθος των μικροσκοπίων που είναι διαθέσιμα, εκείνα που είναι ειδικά προσαρμοσμένα για τον έλεγχο των λίθων είναι πολύ λίγα. Το GemoLite και το GemScope, τα οποία είναι κατασκευασμένα από την εταιρία GIA GEM Instruments, είναι διοπτρικά μικροσκόπια

[18] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

με ενσωματωμένες πηγές φωτός είναι αντιπροσωπευτικά .Στη γεμολογία δεν είναι απαραίτητο το πολωμένο φως στο μικροσκόπιο, πρέπει μόνο η φωτεινή πηγή να είναι στους 5500 ^{o} ,όσον αφορά στο χρώμα του φωτός. [19]



Εικόνα 2.3 – Μικροσκόπιο Mark VII GemoLite, Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.1.4 Φασματοσκόπιο (Spectroscope)

Τα πρισματικά φασματοσκόπια, είναι διαθέσιμα σε πολλούς τύπους και μεγέθη, από μικρές μονάδες χειρός, μέχρι μεγάλων διαστάσεων μοντέλα με βαθμονομημένη κλίμακα μήκους κύματος. Έχουν επίσης ποικίλες επιλογές φωτισμού. Τα επιτραπέζια φασματοσκόπια είναι σπάνια στα εργαστήρια πολύτιμων λίθων. Είναι ακόμη πιο ακριβά και από τα γεμολογικά μικροσκόπια. Η χρήση του είναι ουσιώδης στον διαχωρισμό των τεχνητά χρωματισμένων διαμαντιών από τα φυσικά και σε πολύτιμους λίθους που προέρχονται από το κορούνδιο, αλλά πρέπει ο χρήστης να είναι επαρκώς εκπαιδευμένος για να πάρει σωστά αποτελέσματα .[20]

2.2 Λιγότερο συχνά χρησιμοποιούμενα όργανα

[19],[20] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.2.1 Διχρωσκόπιο (Dichroscope)

Το διχρωσκόπιο είναι ένα μικρό όργανο εξέτασης κρυστάλλων, που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό πλεοχρωισμού (την ιδιότητα έκθεσης δύο ή περισσότερων χρωμάτων όταν παρατηρούνται από διαφορετικές κατευθύνσεις στο εκπεμπόμενο φως). Αν και η παρουσία πλεοχρωισμού αποτελεί απόδειξη διπλής διάθλασης, η απουσία του δεν αποτελεί επαρκή απόδειξη μονής διάθλασης, ειδικά στις ελαφρώς χρωματισμένες πέτρες. Από τους διάφορους τύπους διχρωσκοπίων που είναι διαθέσιμοι, μερικοί χρησιμοποιούν πρίσματα ασβεστίτη, ενώ άλλοι πολωτικά φίλτρα. Ο προτιμότερος τύπος είναι του ασβεστίτη, αλλά και οι δυο τύποι παράγουν αποτελέσματα.[21]

2.2.2 Γεμολογικό μικροσκόπιο (Gemological microscope)

Ένα πολωτικό μικροσκόπιο, προσαρμοσμένο στην εξέταση πολύτιμων λίθων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε έναν μεγάλο αριθμό ελέγχων: του δείκτη διάθλασης, του οπτικού χαρακτήρα και του πλεοχρωισμού. Δεν είναι ωστόσο τόσο αποτελεσματικό όσο το διοπτρικό μικροσκόπιο Gemolite, το πολωσιοσκόπιο και το διαθλασίμετρο – όργανα τα οποία αντιγράφει το γεμολογικό μικροσκόπιο. Τα γεμολογικά μικροσκόπια είναι ακριβά, και απαιτούν εκπαίδευση και εξάσκηση για να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά. Για τους περισσότερους ελέγχους καταναλώνουν περισσότερο χρόνο από ότι τα όργανα που είναι σχεδιασμένα αποκλειστικά για την αξιολόγηση των πολύτιμων λίθων.[22]

[21,22] Richard T. Liddicoat, Jr ‘Handbook of Gem Identification’, Gemmological Institute of America

Εικόνα 2.4 – Μικροσκόπιο MaxiLab VIII, Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.2.3 Υπεριώδεις λυχνίες (Ultraviolet lamps)

Σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, η υπεριώδης ακτινοβολία διεγείρει πολλά υλικά και προκαλεί φθορισμό. Αυτό το φαινόμενο, είναι πολύτιμο στην αναγνώριση των λίθων που παρουσιάζουν αυτή την ιδιότητα. Τα πιο αποδοτικά μήκη κύματος είναι στα 253,7 και 366nm.[23]

2.2.4 Εργαλεία για την αξιολόγηση της σκληρότητας

Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν αιχμές και πλακίδια για την μέτρηση της σκληρότητας. Σήμερα, τα παραδοσιακά αυτά εργαλεία χρησιμοποιούνται μόνο ως τελευταία λύση, όταν όλοι οι άλλοι έλεγχοι αποτυγχάνουν . Σπάνια χρειάζονται στον έλεγχο διάφανων πολύτιμων λίθων, αλλά είναι χρήσιμα στην αναγνώριση αδιαφανών λίθων. Υπό την έννοια αυτή, είναι απαραίτητα στα γεμολογικά εργαστήρια. Τα εργαλεία αυτά είναι φθηνά και εύκολα στη χρήση, αλλά μία απροσεξία μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτη βλάβη σε έναν ευαίσθητο πολύτιμο λίθο. Γρατζουνιές στο πίσω μέρος ενός αδιαφανούς λίθου δεν μειώνουν την ομορφιά του, αλλά πάνω σε μία διάφανη πολύτιμη πέτρα, τέτοια σημάδια μπορεί να είναι ορατά από την κορώνα του κοσμήματος μειώνοντας σημαντικά την εμπορική του αξία .[24]

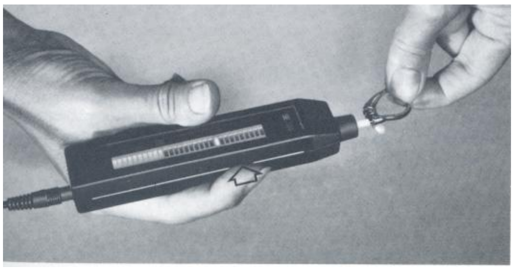
[23,24] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.2.5 Μονοχρωματική πηγή φωτός

Η αυξημένη διαύγεια και η αιχμηρότητα διαβάσματος του δείκτη διάθλασης, που λαμβάνεται στο μονοχρωματικό φως, κάνουν μία τέτοια λάμπα να αποτελεί σημαντική προσθήκη σε ένα καλά εξοπλισμένο εργαστήριο. Ο συνδυασμός του μονοχρωματικού φωτός και ενός διαθλασίμετρου, βοηθά στον προσδιορισμό της ανάκλασης σε δύο δέσμες, και ενίοτε στον προσδιορισμό του οπτικού χαρακτήρα.[25]

2.2.6 Στυλό διαμαντιού

Με αυτό το όργανο, ανάλογα με το μοντέλο, μετράμε τη θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα του εξεταζόμενου λίθου και γίνεται διάκριση μεταξύ διαμαντιών και απομιμήσεων. Δεν προσφέρει μεγάλη αξιοπιστία και πρέπει να χρησιμοποιείται με φειδώ. Στα τελευταία μοντέλα υπάρχει η δυνατότητα διάκρισης και του μοϊσανίτη (moisanite)[26]



Εικόνα 2.5 – Στυλό διαμαντιού, Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

[25,26] Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.2.7 Μέτρηση της θερμικής αγωγιμότητας

Η ικανότητα του διαμαντιού να άγει τη θερμότητα, είναι μοναδική. Στην αγορά, υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από όργανα που χρησιμοποιούν αυτή την ιδιότητα για το διαχωρισμό του διαμαντιού από τα υποκατάστατά του. Πρώτο ήταν το Ceres Probe, και ακολούθησαν πολλά άλλα, συμπεριλαμβανομένου του GIA GEM Instruments, που είναι ένα όργανο μεγέθους «τσέπης», που βοηθά στην αξιολόγηση των διαμαντιών.[27]

2.2.8 Thermolyzer/2

Το συγκεκριμένο όργανο είναι πολύ χρήσιμο και συμπαγές, και χρησιμοποιείται για το διαχωρισμό των διαμαντιών από τις απομιμήσεις. Δουλεύει με ρεύμα αλλά και με μπαταρίες. Βασίζεται και αυτό στη μέτρηση της θερμικής αγωγιμότητας. Αποτελείται από ένα μεταλλικό άκρο, μία πηγή ενέργειας, έναν ενισχυτή και μία ψηφιακή οθόνη. Ένα στοιχείο θερμότητας, διανέμει μία συνεχή θερμοκρασία στο μεταλλικό άκρο χαλκού. Όταν το επιχρυσωμένο σημείο του άκρου τοποθετηθεί πάνω στον πολύτιμο λίθο, ο δεύτερος αποκτά κάποια θερμότητα από το άκρο. Αυτή τη διαφορά στην θερμοκρασία, επεξεργάζεται το ηλεκτρονικό σύστημα. Σαν τελική ένδειξη, τα διαμάντια αναγνωρίζονται στην πράσινη κλίμακα, ενώ οι απομιμήσεις στο κόκκινο πεδίο.[28]

2.3 Άλλες τεχνικές και/ή εξοπλισμός που έχουν ενίοτε αξία για τον γεμολόγο

[27] Richard T. Liddicoat, Jr ‘Handbook of Gem Identification’, Gemmological Institute of America

[28] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. ‘Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading’, 11th new revised, enlarged Edition 1993.

2.3.1 Μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων (SEM)

Εκτός από εκείνα τα όργανα που θεωρούνται απαραίτητα σε κάθε εργαστήριο επεξεργασίας πολύτιμων λίθων, υπάρχουν και άλλα που χρησιμοποιούνται πιο σπάνια, ιδιαίτερα σε εξεζητημένα εργαστήρια. Ένα μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων έχει ιδιαίτερη αξία, όταν κάποιος επιθυμεί πολύ υψηλή μεγέθυνση της τάξης των 200x και μέχρι 50,000 ή μεγαλύτερη. Χρησιμεύουν για παράδειγμα στην εξέταση του χαραγμένου οπαλίου, για να δούμε αν οι ρωγμές μεταξύ των σφαιρών του χαλαζία, έχουν καλυφθεί με πλαστικό. Όταν τα SEMs εξοπλίζονται με μονάδες διανομής ενέργειας, είναι πιθανόν να καθοριστεί η ποιοτική σύνθεση ενός άγνωστου υλικού.[29]

2.3.2 Μικροσκόπιο Σάρωσης Σήραγγας (STM)

Μία εντυπωσιακή μορφή υψηλής μεγέθυνσης, παρέχεται από το μικροσκόπιο σάρωσης σήραγγας (STM), το οποίο χρησιμοποιεί μία νέα τεχνική για να δείξει τα ξεχωριστά άτομα, έτσι ώστε να μπορούν να μελετηθούν τα υλικά σε ένα βαθμό λεπτομέρειας, που ποτέ άλλοτε δεν ήταν δυνατόν. Αν και δεν έχει χρησιμοποιηθεί ποτέ για τον έλεγχο των πολύτιμων λίθων, οι δυνατότητές του είναι προφανείς.[30]

2.3.3 Ακτίνες Χ (X-rays)

Οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται για πολλούς σκοπούς στο πεδίο των πολύτιμων λίθων. Η ανάλυση της σκόνης με ακτίνες Χ, χρησιμεύει στον προσδιορισμό της φύσης των υλικών, συγκεκριμένα στα αδιαφανή και τα διαφανή υλικά, τα οποία μπορεί να αποτελούνται ή και όχι, μόνο από ένα υλικό. Για υλικά, όπως για παράδειγμα ο μαύρος νεφρίτης, που μπορεί να είναι περισσότερο μία πέτρα παρά ένα ορυκτό, η σύνθεση του φαίνεται με την μέθοδο περίθλασης με ακτίνες Χ.[31]

[29,30.31] Richard T. Liddicoat, Jr ‘Handbook of Gem Identification’, Gemmological Institute of America

2.3.4 Αντιδραστήρια (Reagents)

Υπάρχουν πολλά χημικά – αν και ο όρος «αντιδραστήριο» είναι περισσότερο περιγραφικός – που χρησιμοποιούνται για την πυκνότητά τους ή την διαθλαστικότητά τους. Οξέα, διαλύτες και λευκαντικές ουσίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμα. Το αραιωμένο υδροχλωρικό οξύ, χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει τα στοιχεία του άνθρακα, ή την παρουσία χρωστικής ουσίας. Το ασετόν και το μετουσιωμένο αλκοόλ, χρησιμοποιούνται επίσης για την ανίχνευση χρωστικών. Άλλα διαλυτικά μέσα χρησιμοποιούταν κατά καιρούς, είτε στην ανίχνευση χρωστικών, είτε στην αφαίρεσή τους.[32]

2.4 Όργανα βαθμονόμησης του χρώματος

Το χρώμα, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό μέγιστης σημασίας για τους λάτρεις των πολύτιμων λίθων, και είναι ένα θέμα ύψιστης σημασίας για την ταυτότητα του πολύτιμου λίθου και τον προσδιορισμό της αξίας του. Το θέμα που τίθεται σχετικά με το χρώμα, είναι τεράστιο και σύνθετο. Το χρώμα, συνεπάγεται μία συγκεκριμένη αντίδραση του ματιού και των νευρικών μηχανισμών σε συγκεκριμένα είδη φωτός. Για το λόγο αυτό διεξήχθησαν εργαστηριακές μετρήσεις έτσι ώστε να αναγνωριστεί το χρώμα του κάθε πολύτιμου λίθου και να μπορέσει να αξιολογηθεί αντικειμενικά.

Εδώ και αρκετά χρόνια, ο άνθρωπος εμπλούτιζε τεχνητά το χρώμα ανεβάζοντας την αισθητική και εμπορική αξία των πολύτιμων λίθων. Ωστόσο, η γρήγορη πρόοδος στην επιστημονική γνώση, είχε σαν αποτέλεσμα την ανακάλυψη πολλών νέων τεχνικών που χρησιμοποιούνται νόμιμα και παράνομα, έτσι ώστε να προσθέσουν αξία σε πολλούς πολύτιμους λίθους. Η τεχνική εμπλουτισμού χρώματος εφαρμόζεται σε πολλούς λίθους και το ηθικό και νομικό θέμα που προκύπτει αφορά το ποσοστό επεξεργασίας πέρα από το οποίο πρέπει να γνωστοποιείται στους πιθανούς αγοραστές. Οι διεθνείς οργανισμοί κοσμημάτων, έχουν επιχειρήσει να λύσουν αυτό το ηθικό δίλλημα, θέτοντας κανόνες που αποκαλύπτουν ή ανιχνεύουν τον εμπλουτισμό χρώματος. Για παράδειγμα, η CIBJO προτείνει τα διαμάντια, οι

[32] Richard T. Liddicoat, Jr ‘Handbook of Gem Identification’, Gemmological Institute of America

χρωματισμένες πέτρες και τα μαργαριτάρια που έχουν χρωματιστεί ή που έχουν βελτιώσει το χρώμα τους με φυσικό ή χημικό τρόπο, μέσω ακτινοβολίας ή χημικών, να προσδιορίζονται κάτω από το εγκεκριμένο όνομα του λίθου, αναφέροντας την επεξεργασία. Εξαιρέσεις αυτού του κανόνα συμπεριλαμβάνουν τους εμπλουτισμένους με χρώμα λίθους, όπως είναι ο αχάτης, ακουαμαρίνα, ροζ τοπάζι, χρωματισμένη τουρμαλίνη, τανζανίτης, ζαφείρι.[33]

2.4.1 Λυχνίες φωτός-ημέρας (Day-light lamps)

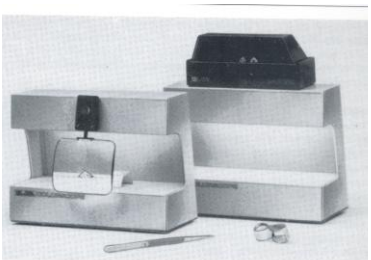
Ποικίλες και καλές τεχνητές πηγές φωτός είναι πλέον διαθέσιμες και μπορούν να προταθούν σε πολλές περιπτώσεις. Η λάμπα Dialite είναι μία από αυτές, της οποίας η θερμοκρασία χρώματος που βρίσκεται στους 5500^{o} K (D55), και οι τρεις ειδικές λυχνίες φωτός ημέρας των 8Watt, βρίσκονται σε συμφωνία με το πρότυπο RAL/CIBJO. Παράγουν ένα φωτεινό, αλλά όχι θαμπό, φως ημέρας. Τρεις εντάσεις φωτός μπορούν να ενεργοποιηθούν, για να διευκολύνουν στην ευαισθησία που μπορεί να παρουσιάσουν τα μάτια. Η πηγή παράγει διάχυση φωτός, ενώ η διανομή του φάσματος και η ένταση παραμένουν σταθερά. Σαν αποτέλεσμα, οι χρωματισμένες αντανακλάσεις και τα χρώματα του φάσματος που προκαλούνται από την υψηλή διάχυση του διαμαντιού, το οποίο, σύμφωνα με την υπεροχή των κίτρινων ή των γαλαζωπών αντανακλάσεων στο φάσμα του φωτός της ημέρας μπορούν να επηρεάσουν το τελικό χρώμα θετικά ή αρνητικά, καταστέλλονται. Η λάμπα δεν παράγει κανένα κουραστικό θόρυβο, και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μία συνηθισμένη λάμπα γραφείου. Είναι επίσης κατάλληλη για τη βαθμονόμηση της καθαρότητας.[34]

[33] Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.

Εικόνα 2.6 – **Λάμπες φωτός Dialite,** Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America

2.4.2 Χρωματοσκόπιο (Colorscope)

Αποτελείται από μία παραλληλόγραμμη μεταλλική θήκη με το μπροστινό σημείο ανοικτό. Το εσωτερικό είναι λευκό και έχει μικρές διαστάσεις (24x10cm), πιάνει πολύ λίγο χώρο και μπορεί εύκολα να μεταφερθεί. Διαθέτει δύο λυχνίες φωτός ημέρας των 6Watt (5500^{o} K), με διαφορετικό διακόπτη η κάθε μία. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του οργάνου αυτού είναι η προσθήκη ενός φακού διπλής μεγέθυνσης, ο οποίος μπορεί να ενσωματωθεί στο χρωματοσκόπιο. Η χρήση του μεγεθυντικού φακού, φέρνει τις πέτρες πιο κοντά στο μάτι και κάνει πιο ευδιάκριτες τις επισκιάσεις του χρώματος.[35]

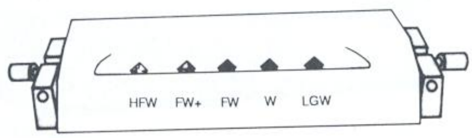


Εικόνα 2.7 – Χρωματοσκόπιο με λάμπα φωτός 5500^{o} Kelvin, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993

[34,35] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.

2.4.2 Βαθμονομητής Χρώματος (Color-Grader)

Είναι ένα όργανο που αναπτύχθηκε από την εταιρία GIA, για τον προσδιορισμό του χρώματος των διαμαντιών. Αποτελεί πρόσθετο κομμάτι εξοπλισμού του μικροσκοπίου του ίδιου κατασκευαστή, και μπορεί να προσδεθεί στην πλατφόρμα του. Αποτελείται από μία λευκή, πλαστική βάση, με ένα σφηνοειδές κανάλι στο οποίο οι πέτρες(ακτινοβολημένα ζιργκόν) βαθμονόμησης χρώματος τοποθετούνται στη σειρά . Μία επιπρόσθετη πηγή φωτός πάνω από το μικροσκόπιο διαχέει λευκό φως το οποίο φιλτράρεται μέσω ενός μη-γυαλιστερού (ματ) γυαλιού, κάθετα προς το βαθμονομητή χρώματος. Ο βαθμονομητής χρώματος επιτρέπει τον έλεγχο του χρώματος, ακόμη και κάτω από μικροσκοπική μεγέθυνση, που πολλές φορές μπορεί να είναι πολύ χρήσιμη. Από την άλλη, ο χρωματικός έλεγχος που αφορά πέτρες διαφορετικού μεγέθους με μεγέθυνση 10x, καθίσταται δύσκολος, λόγω της διαφορετικής εστίασης που απαιτείται. Ένα ακόμη μειονέκτημα είναι, πως το περιβάλλον δεν αποκόπτεται εντελώς, έτσι το χρώμα επηρεάζεται από τους εξωτερικούς παράγοντες και μπορεί να πάρουμε μη ακριβή αποτελέσματα.[36]



Εικόνα 2.8 – Βαθμονομητής χρώματος, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993**.**

2.4.3 Φασματοφωτόμετρο (Spectrophotometer)

Με το όργανο αυτό μετράμε το φως που εκπέμπεται από ένα πολύτιμο λίθο όχι μόνο στα μπλε και κίτρινα μήκη κύματος αλλά σε όλο το ορατό φάσμα,

[36,37] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.

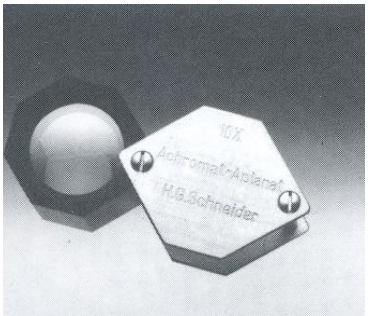
χρησιμοποιώντας κατάλληλες μονοχρωματικές διατάξεις. Σε παλαιότερα όργανα σχηματίζονταν γραφήματα για κάθε μήκος κύματος και συνδυάζοντας τα είχαμε ένα αντικειμενικό και αναμφισβήτητο αποτέλεσμα για το χρώμα του εξεταζόμενου λίθου. Παρότι στα σύγχρονα όργανα αυτό γίνεται αυτόματα, λόγω του κόστους του οργάνου και του χρόνου χρήσης που απαιτούσαν τα παλαιότερα από αυτά, σπάνια το βρίσκουμε σε γεμολογικά εργαστήρια και κυρίως χρησιμοποιείται σε ερευνητικά κέντρα.[37]

2.5 Βαθμονόμηση της καθαρότητας

2.5.1 Φακός (Loupe)

Ο φακός αποτελούσε πάντα ένα από τα εργαλεία των γεμολόγων και των εμπόρων διαμαντιών, και είναι τελείως απαραίτητος στην εξέταση των προσμίξεων. Για τη βαθμονόμηση της καθαρότητας των διαμαντιών ο μεγεθυντικός φακός 10x αποτελεί σήμερα το διεθνές πρότυπο εργαλείο. Άλλοι πολύτιμοι λίθοι με μικρότερη διαύγεια εξετάζονται επίσης με φακό αλλά σε αυτούς η σημασία της καθαρότητας είναι μικρότερη από ότι στα διαμάντια. Σε έγχρωμους λίθους (σμαράγδι,ζαφείρι) ο φακός αποτελεί διαγνωστικό στοιχείο και για την αυθεντικότητα τους Ο φακός πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας. Πρέπει να είναι *αχρωματικός* και *απλανητικός*. *Απλανητικός*, σημαίνει πως οποιοδήποτε σφάλμα προκληθεί από τη διεύρυνση του οπτικού πεδίου, διορθώνεται. Ο *αχρωματικός* φακός, αποτελείται από δύο φακούς άνισης δύναμης και αντίθετης καμπύλωσης, που συγκεντρώνουν φως από όλα τα μήκη κύματος.[38]

[38] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.



Εικόνα 2.9 – Φακός Schneider, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993

2.6 Βαθμονόμηση της κοπής

Ο τρόπος που μπορεί κάποιος να κρίνει την κοπή ενός πολύτιμου λίθου, βασίζεται στην εντύπωση που κερδίζεται από την πρώτη ματιά, στην οποία η ομορφιά και η στιλπνότητα κρίνονται απλά από προσωπικά πρότυπα. Ο ειδικός όμως, κατευθύνει την προσοχή του στη συμμετρία του σχήματος της κοπής. Εδώ, οι γωνίες από τις πλευρές του διαμαντιού και οι αναλογίες τους πρέπει να ελέγχονται για την ακρίβειά τους. Η βαθμονόμηση της ποιότητας της κοπής είναι πάντα βασισμένη σε δύο στοιχεία: την υποκειμενική γνώμη της στιλπνότητας, και την αντικειμενική κρίση του ελέγχου και των μετρήσεων των αναλογιών.

Η βαθμολόγηση της ποιότητας της κοπής, ως «πολύ καλή», «καλή», «μέτρια», ή «μικρής αξίας», προκαλεί προβλήματα, ιδιαίτερα σε κάποιον που δεν είναι έμπειρος, επειδή οι παράγοντες που σχετίζονται με αυτήν είναι πολυσύνθετοι και μπορεί να βασιστούν σε πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς και ποικιλίες αναλογιών, συμμετρίας, και εξωτερικών χαρακτηριστικών. Τα εξωτερικά χαρακτηριστικά και τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά συμμετρίας, καθορίζονται κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης και χαρακτηρίζονται ως «πολύ καλή», «καλή», «μέτρια», ή «χαμηλής αξίας», σύμφωνα με το μέγεθος, τη θέση του διαμαντιού και το βαθμό καθαρότητας και την επίδρασης της στιλπνότητας. Εκτεταμένες ζημιές, όπως οι ρωγμές στις άκρες του διαμαντιού, κρίνονται με βάση την απώλεια στο βάρος, επειδή η πέτρα θα χρειαστεί να κοπεί ξανά. Αυτή η προσεγγιστική απώλεια βάρους εξισώνεται με μία βέβαιη μείωση της αξίας του.

Αν η κριτική της ποιότητας ενός διαμαντιού ήταν μία καθαρά θεωρητική διαδικασία, και δεν σχετιζόταν με την πράξη, η κοπή μίας πέτρας που έχει μία μεγάλη πλευρά, αλλά με πολύ καλή κοπή, θα αξιολογούταν ως μέτρια. Αλλά πρέπει να αξιολογηθεί από όλες τις απόψεις. Η αξιοσημείωτη αύξηση στην τιμή για τα σκληρά διαμάντια τα τελευταία χρόνια, οδήγησε στην κοπή όλο και περισσότερων διαμαντιών με βάση το «βάρος» τους, μη δίνοντας σημασία στην ποιότητα της κοπής τους. Κατά τη διαδικασία αυτή, γίνεται προσπάθεια να διατηρηθεί η απώλεια του βάρους όσο πιο χαμηλά γίνεται, χωρίς να αναφέρονται οι αναλογίες.

Οι παράγοντες που συμβάλλουν στις αναλογίες είναι:

- Η διάμετρος της ζώνης του διαμαντιού
- Η διάμετρος της κορυφαίας και επίπεδης έδρας του διαμαντιού
- Το συνολικό ύψος
- Το ύψος της κορόνας
- Το πάχος της ζώνης ενός διαμαντιού (girdle)
- Το βάθος του κατώτερου τμήματος του διαμαντιού (pavilion)
- Η γωνία του κατώτερου τμήματος του διαμαντιού με τη ζώνη (girdle)
- Η γωνία των εδρών του κατώτερου τμήματος του διαμαντιού με την ζώνη.

Όσο μεγαλύτερες αποκλίσεις υπάρχουν, τόσο επηρεάζεται η στιλπνότητα και μειώνεται η ποιότητα της κοπής. Ωστόσο, μία μικρή απόκλιση από τις πρότυπες αναλογίες, δεν επιφέρει ευδιάκριτες απώλειες στην στιλπνότητα ακόμη και για κάποιον ειδικό. Μόνο όταν ένα διαμάντι αποκλίνει πέρα από τα όρια της ανοχής, δεν μπορεί να αξιολογηθεί ως «πολύ καλό», αλλά μόνο ως «καλό», «μέτριο» ή «μικρής αξίας».

Ο έλεγχος των χαρακτηριστικών συμμετρίας σχετίζεται με:

- Τη θέση της μεγαλύτερης επίπεδης επιφάνειας του διαμαντιού (ή αλλιώς τράπεζα «table») και του κατώτερου αιχμηρού σημείου του διαμαντιού (culet).
- Το μέγεθος και η ακρίβεια των εδρών (facets), της ζώνης (girdle) και κατώτερου αιχμηρού σημείου (culet).

Οι πέτρες ποιοτικά αξιολογούνται σε:

- *Πολύ καλή:* εξαιρετική στιλπνότητα, καθόλου ή πολύ λίγα εξωτερικά σημάδια, τα οποία διακρίνονται με δυσκολία, καθόλου ή πολύ λίγα χαρακτηριστικά ασυμμετρίας, πολύ λεπτή έως λεπτή ζώνη.
- *Καλή:* καλή στιλπνότητα, λίγα εξωτερικά σημάδια, λίγα ευδιάκριτα σημάδια ασυμμετρίας, λεπτή έως μεσαία ζώνη.
- *Μέτρια:* μειωμένη στιλπνότητα, πολλά εξωτερικά σημάδια, πολλά και εύκολα παρατηρούμενα χαρακτηριστικά ασυμμετρίας, μεσαία έως παχιά ζώνη.
- *Μικρής αξίας:* φανερά μειωμένη στιλπνότητα, πολυάριθμα εξωτερικά σημάδια, εύκολα ορατά, πολλά χαρακτηριστικά ασυμμετρίας, μεσαία έως παχιά ζώνη.

Για άλλους πολύτιμους λίθους εκτός των διαμαντιών, επειδή η τιμή τους δεν επηρεάζεται έντονα λόγω της κοπής δεν χρειάζεται κάποια ιδιαίτερη αναφορά. [39]

2.6.1 Παχύμετρο Ika

Είναι ένα ακριβές εργαλείο μέτρησης, το οποίο επιτρέπει διάβασμα της μέτρησης με ακρίβεια μέχρι το ένα εκατοστό του χιλιοστού, με εκτιμώμενη ικανότητα στο ένα χιλιοστό του χιλιοστού. Το παχύμετρο έχει μία έκταση μετρήσεων μέχρι τα 20mm. Είναι πολύ χρήσιμο αλλά όχι κατάλληλο για τη μέτρηση λίθων δεμένων σε κοσμήματα.[40]

2.6.2 Παχύμετρο «FT 30»

Αυτό το όργανο ακριβείας είναι κατάλληλο για διαμάντια όπως και για έγχρωμες πέτρες. Η απόσταση μέτρησης είναι 30mm και η ανοχή 0,01mm. το όργανο είναι φτιαγμένο από σκληρό μέταλλο, για να εξασφαλίσει αντοχή.

[39,40] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. ‘Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading’, 11th new revised, enlarged Edition 1993.

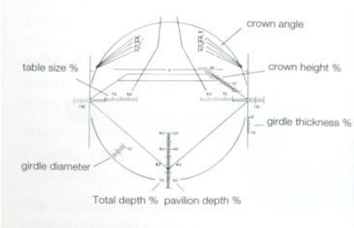
.

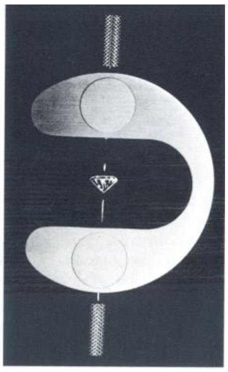
2.6.3 Περιστροφικό μικρόμετρο (Screw-micrometer)

Το περιστροφικό μικρόμετρο είναι κατάλληλο για πολύ συγκεκριμένες μετρήσεις. Με αυτό, μπορούν να εξασφαλιστούν αποτελέσματα ακριβείας έως το ένα εκατοστό του χιλιοστού. Το διαστήλιο εκτείνεται έως 25.5 χιλιοστά.

2.6.4 Αναλυτής αναλογιών (Proportion analyzer)

Βοηθά στη γρήγορη μέτρηση των αναλογιών της κοπής του διαμαντιού και στον καθορισμό των ποσοστών τους. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο αυτό, το διαμάντι που πρόκειται να εξεταστεί, στηρίζεται μεταξύ της μεγάλης επίπεδης πλευράς της κορόνας του και του κάτω μέρους του, όπου συγκλίνουν όλες οι πλευρές του, μέσα σε μία ειδική διάταξη συγκράτησης της πέτρας. Το φως διεισδύει από την κάτω πλευρά, εμφανίζοντας μία εικόνα με τη σκιά της πέτρας πάνω στην διαφάνεια προβολής μέσα στον αναλυτή. Με μία μεγέθυνση, καθώς και με τον μηχανισμό εστίασης του μικροσκοπίου, το διαμάντι προβάλλεται σε τέτοιο μέγεθος, ώστε να συμπίπτει η ζώνη του διαμαντιού με τη ζώνη του σχεδίου του αναλυτή.





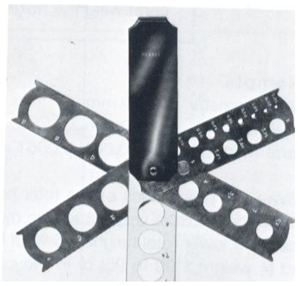
Εικόνα 2.10 – Μέτρηση αναλογιών διαμαντιού, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. ‘Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading’, 11th new revised, enlarged Edition 1993

Με τη σύγκριση του σχεδιασμένου διαμαντιού, το οποίο προβάλλεται σε διάφορες κλίμακες, προσδιορίζονται εύκολα οι αναλογίες της πέτρας, όσον αφορά τη διάμετρο της τράπεζας της κορόνας, την πάχος της ζώνης, το βάθος μέχρι το κατώτερο άκρο του διαμαντιού, το συνολικό ύψος, και τη συμμετρία του διαμαντιού.[41]

2.7 Όργανα εκτίμησης του βάρους

2.7.1 Μέτρητης διαμαντιού (Diamond gauge)

Το συγκεκριμένο εργαλείο αποτελείται από μερικές διάτρητες λάμες των οποίων οι τρύπες αντιστοιχούν σε μεγέθη στρογγυλής κοπής διαμαντιών από 0,01καράτια έως 8,00καράτια(1καράτι-0.2 γραμμάρια). Η συσκευή αυτή εφαρμόζεται σωστά μόνο σε διαμάντια με πολύ καλής ποιότητας κοπή ,διαφορετικά ο χρήστης πρέπει να έχει μεγάλη εμπειρία για να πάρει σωστά αποτελέσματα.[42]

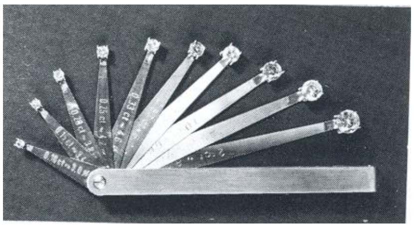


Εικόνα 2.11 – Μετρητές διαμαντιών, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.

2.7.2 Ενδείκτης καρατιών (Carat indicator)

Ο ενδείκτης καρατιών περιέχει δείγματα από πέτρες που είναι απομιμήσεις διαμαντιών, σε ποικιλία μεγεθών, οι οποίες έχουν το σχετικό βάρος των καρατιών του διαμαντιού. Το βάρος υπολογίζεται, συγκρίνοντας οπτικά το μέγεθος του δείγματος, με το μέγεθος του διαμαντιού που πρόκειται να υπολογιστεί.[43]

[41,42,43] Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.



Εικόνα 2.12 – Ενδείκτης καρατιών, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.

2.7.3 Ζυγαριές (Scales)

Στο εμπόριο υπάρχει ποικιλία ζυγαριών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη ζύγιση πολύτιμων λίθων ,πλέον κυριαρχούν οι ηλεκτρονικές και ανάλογα με την ακρίβεια και την ποιότητα έχουν και την ανάλογη τιμή.

3^{o} ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

ΣΚΟΠΟΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράφονται οι εργαστηριακές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αντιπροσωπευτικά δείγματα που θα αναφερθούν στη συνέχεια, στο εργαστήριο πετρολογίας με τα διαθέσιμα όργανα και που περιλαμβάνουν την εξέταση ειδικού βάρους, εξέταση με διχρωσκόπιο, με διαθλασίμετρο, με μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων (SEM), εξέταση XRD, αλλά και οπτική εξέταση με μικροσκόπιο σε μεγεθύνσεις x10, x25, x50 και x100. Στη συνέχεια, θα γίνει ανάλυση όλων των αποτελεσμάτων και θα σημειωθούν οι μέθοδοι που είχαν καταστροφικά αποτελέσματα για τους πολύτιμους λίθους.

3.1 Εργαστηριακές εξετάσεις

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι εργαστηριακές εξετάσεις (δηλαδή τα πειράματα) που έχουν γίνει, για τον έλεγχο αντιπροσωπευτικών δειγμάτων διαφόρων πολύτιμων λίθων. Οι λίθοι που μελετήθηκαν είναι διαμάντι, σμαράγδι, ρουμπίνι, νεφρίτης ,γρανάτης ,τουρμαλίνη, τανζανίτης, άκουα-μαρίνα, τοπάζι, ζιρκόνιο, αχάτης, ροδονίτης, τυρκουάζ.

3.1.1 Εξέταση ειδικού βάρους

Μία βασική μέθοδος για την ταυτοποίηση ενός πολύτιμου λίθου σε ένα γεμολογικό εργαστήριο, είναι η μέτρηση του ειδικού βάρους. Η ακρίβεια της συγκεκριμένης μέτρησης, μας βοηθά να εντοπίσουμε την ταυτότητά του λίθου. Για παράδειγμα το διαμάντι έχει ειδικό βάρος 3.5. Ένα συνηθισμένο υποκατάστατο του διαμαντιού είναι το ονομαζόμενο στην αγορά ζιργκόν, που έχει ειδικό βάρος 5.8. Γίνεται αντιληπτό πως μόνο με τη μέτρηση του ειδικού βάρους, ο γεμολόγος θα εντοπίσει ποιο από τα δύο υλικά είναι το εξεταζόμενο. Μεγάλες διαφορές στο ειδικό βάρος έχει και το ένα μέταλλο από το άλλο. Οι διαφορές αυτές μας βοηθούν να προσδιορίσουμε το μέταλλο από το οποίο είναι κατασκευασμένο ένα αντικείμενο, π.χ. ένα νόμισμα. Έτσι μετρώντας το ειδικό βάρος μιας χρυσής λίρας, εύκολα διαπιστώνουμε αν είναι πράγματι χρυσή ή είναι κατασκευασμένη από επίχρυσο μπρούντζο, καθώς ο χρυσός έχει ειδικό βάρος 19.3, ενώ ο μπρούτζος περίπου 8.5.

Η μέτρηση του ειδικού βάρους, γίνεται με δύο μεθόδους:

1. *Η πρώτη μέθοδος* χρησιμοποιεί υγρά, με καθορισμένο και γνωστό ειδικό βάρος. Αν τοποθετήσουμε ένα ορυκτό που έχει ειδικό βάρος 4, μέσα σε ένα υγρό που έχει ειδικό βάρος 3, το ορυκτό θα βυθιστεί. Αν το ίδιο ορυκτό το τοποθετήσουμε μέσασε υγρό που έχει ειδικό βάρος 5, το ορυκτό θα επιπλεύσει. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία, εντοπίζεται με ακρίβεια το ειδικό βάρος.

2. *Η δεύτερη μέθοδος* γίνεται με τη χρησιμοποίηση μιας ζυγαριάς ακριβείας. Κάνουμε δύο ζυγίσεις της πέτρας, μία ζύγιση στον αέρα και μία ζύγιση με την πέτρα βυθισμένη σε νερό. Το ειδικό βάρος προκύπτει από τον τύπο SG=Wa / Wa-Ww, όπου SG είναι το ειδικό βάρος, Wa είναι το βάρος της πέτρας στον αέρα, και Ww είναι το βάρος της πέτρας στο νερό..

Εικόνα 3. 1 – Ειδική ζυγαριά μέτρησης ειδικού βάρους **,** Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.

Τα αποτελέσματα εξέτασης του ειδικού βάρους μετη μέθοδο της ζύγισης για τους πολύτιμους λίθους που αναφέρθηκαν παραπάνω και που αποτελούν την ομάδα έρευνας μας, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3. 1 – Ειδικό βάρος πολύτιμων λίθων

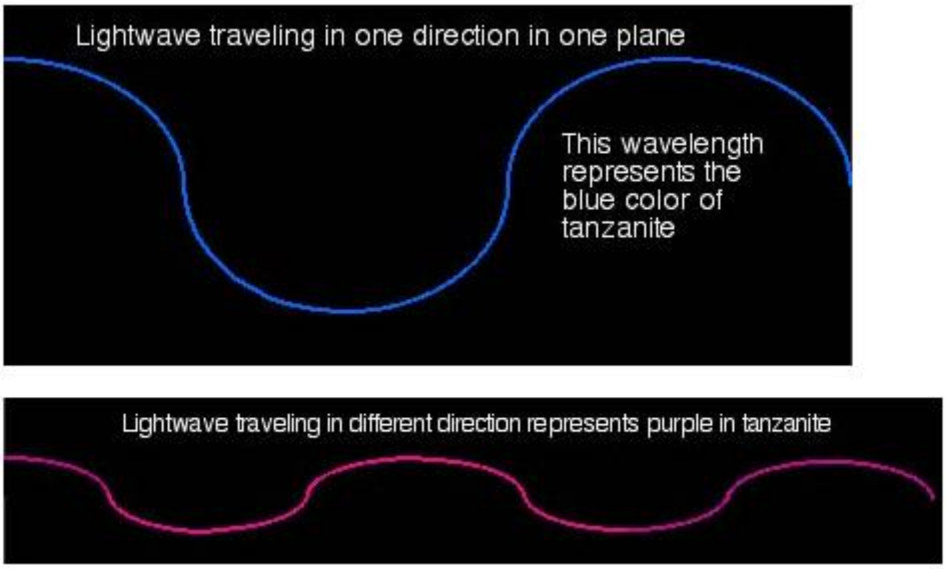
Πολύτιμοι Λίθοι	Ειδικό Βάρος
Διαμάντι	3.5
Σμαράγδι	2.73 (κυμαίνεται από 2.67-2.9)
Ρουμπίνι	3.99 (κυμαίνεται από 3.97-4.05)
Νεφρίτης	3

Γρανάτης	3.8 (κυμαίνεται από 3.5 – 4.3)
Τουρμαλίνη	3.15 (κυμαίνεται από 3 - 3.4)
Τανζανίτης	3.35
Άκουα-μαρίνα	2.75
Τοπάζι	3.52 (κυμαίνεται από 3.4 - 3.6)
Ζιρκόνιο	4.2 (κυμαίνεται από 3.9 - 4.8)
Αχάτης	2.57 (κυμαίνεται από 2.5 - 2.7)
Ροδονίτης	3.54 (κυμαίνεται από 3.4 - 3.7)
Τυρκουάζ	2.8

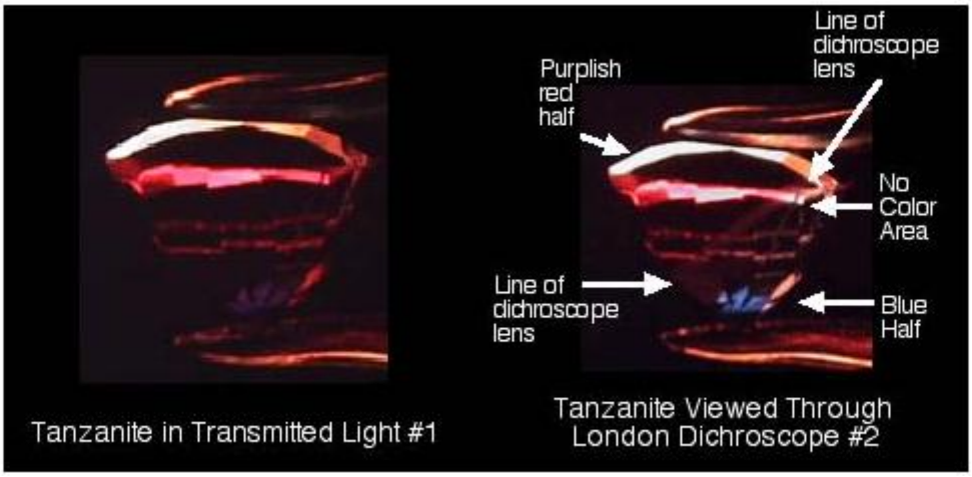
3.1.2 Εξέταση με διχρωσκόπιο

Είναι ένα απλό αλλά πολύ σημαντικό γεμολογικό εργαλείο, το οποίο επιτρέπει στον επαγγελματία να δει τη διπλή διάθλαση , αν παρουσιάζεται στο συγκεκριμένο λίθο, καθώς απορροφά επιλεκτικά συγκεκριμένα μήκη κύματος φωτός, ενώ επιτρέπει σε κάποια άλλα να περνούν μέσω του διχρωσκοπίου. Πολλοί πολύτιμοι λίθοι, όπως ο σπινέλιος και το διαμάντι, είναι μονά διαθλαστικοί και συνεπώς προσφέρουν μόνο ένα χρώμα στο διχρωσκόπιο. Αλλά οι περισσότεροι άλλοι πολύτιμοι λίθοι είναι διπλά διαθλαστικοί, που σημαίνει πως παράγουν δύο ή περισσότερα χρώματα του εκπεμπόμενου φωτός τα περισσότερα από τα οποία, δεν μπορεί να διαχωρίσει το ανθρώπινο μάτι, επειδή είναι τόσο κοντά σε μήκος κύματος ή χρώμα. Οι πολύτιμοι λίθοι κυρίως, προσφέρουν δύο ή περισσότερα χρώματα, που το μάτι μας τα συνδυάζει, για να φτιάξει το τελικό ορατό χρώμα του λίθου. Στο διχρωσκόπιο, μπορούν να διαχωριστούν όλα τα διαφορετικά χρώματα του λίθου. Είναι σημαντικό εργαλείο για παράδειγμα, για το διαχωρισμό του ρουμπινί από το κόκκινο χρώμα, αφού ο κόκκινος σπινέλιος είναι μονά διαθλαστικός και προσφέρει μόνο μία απόχρωση κόκκινου, ενώ το ρουμπίνι θα προσφέρει δύο χρώματα.

Το φως ταξιδεύει σε κύματα. Όσο πιο στενό είναι το κύμα, τόσο πιο μπλε είναι το χρώμα, όσο πιο πλατύ είναι το κύμα τόσο πιο κόκκινο είναι το χρώμα.



Εικόνα 3. 2 – Μήκη κύματος φωτός



Εικόνα 3. 3 – Εικόνα από διχρωσκόπιο, Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993**.**

3.1.3 Εξέταση με διαθλασίμετρο

Κατά το φαινόμενο της διάθλασης, μία ακτίνα φωτός που μπαίνει σε κάποιο υλικό «σπάζει» (αποκλίνει), με τον τρόπο που φαίνεται να «σπάζει» το πλαστικό καλαμάκι σ' ένα ποτήρι νερό.

Η διάθλαση είναι μία ιδιότητα του υλικού που χρησιμοποιεί η επιστήμη της γεμολογίας, για να προσδιορίσει την ταυτότητα του. Όταν υπάρχει διπλή διάθλαση, η εισερχόμενη στο υλικό ακτίνα, δεν αποκλίνει απλώς σαν μία ακτίνα, αλλά χωρίζεται σε δύο ακτίνες. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται στο ασβεστίτη, μοϊσανίτη, και άλλα υλικά.

Το διαθλασίμετρο λοιπόν, είναι ένα οπτικό όργανο που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το δείκτη διάθλασης (δηλ. την απόκλιση της ακτίνας) μίας ουσίας.. Κάθε υλικό έχει τη δική του γωνία διάθλασης, οπότε από την τιμή που θα μας δώσει το διαθλασίμετρο μπορούμε να προσδιορίσουμε το υλικό.

Σύμφωνα με τις πειραματικές μετρήσεις, ο δείκτης διάθλασης των υπό εξέταση πολύτιμων λίθων φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3. 2 – Δείκτης διάθλασης πολύτιμων λίθων

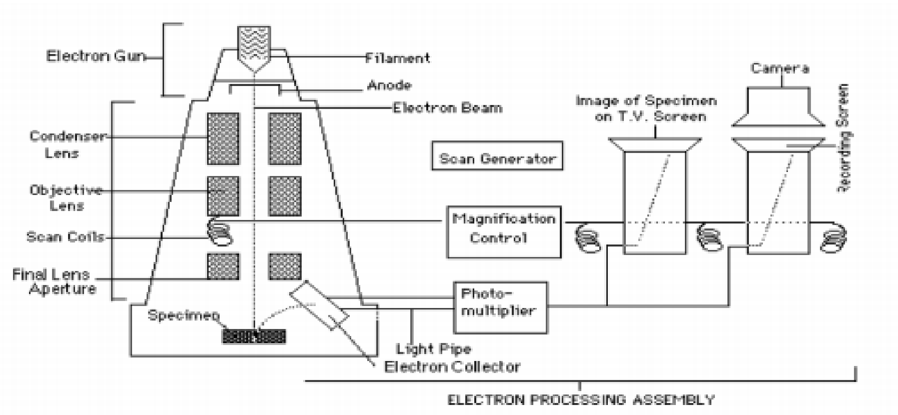
Πολύτιμοι Λίθοι	Δείκτης Διάθλασης
Διαμάντι	2.42
Σμαράγδι	1.58
Ρουμπίνι	1.77
Νεφρίτης	1.6
Γρανάτης	1.81
Τουρμαλίνη	1.71
Τανζανίτης	1.69

Άκουα-μαρίνα	1.58
Τοπάζι	1.62
Ζιρκόνιο	2.1
Αχάτης	1.54
Ροδονίτης	1.7
Τυρκουάζ	1.63

3.1.4 Εξέταση SEM

Είναι η διαδικασία εκείνη, στην οποία για την παρατήρηση ενός δείγματος στο εργαστήριο, χρησιμοποιούνται μικροσκόπια που δε βασίζουν τη λειτουργία τους στο φως, αλλά σε δέσμες ηλεκτρονίων. Τα μικροσκόπια αυτά ονομάζονται ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης ή πιο απλά SEM. Έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα μικροσκόπια που χρησιμοποιούν φως. Έχουν αρκετά μεγάλο εύρος πεδίου, το οποίο δίνει τη δυνατότητα να εστιάζουμε ταυτόχρονα σε ένα αρκετά μεγάλο αριθμό δειγμάτων. Επίσης δίνουν απεικονίσεις πολύ υψηλής ανάλυσης, που σημαίνει ότι αρκετά συμπαγή είδωλα μπορούν να ερευνηθούν σε πολύ μεγάλη ανάλυση. Η προετοιμασία των δειγμάτων είναι σε πολλές περιπτώσεις σχετικά εύκολη καθώς απαιτείται κυρίως το δείγμα να είναι αγώγιμο.

Το πάχος του δείγματος δεν αποτελεί κρίσιμη παράμετρο επειδή εκείνο που μελετάται είναι η επιφάνειά του. Η εικόνα σχηματίζεται χωρίς τη χρήση μεγεθυντικών φακών, γεγονός που παρουσιάζει δύο πλεονεκτήματα. Το πρώτο πλεονέκτημα είναι ότι αποφεύγονται τα σφάλματα των φακών. Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι η εικόνα σχηματίζεται από ηλεκτρικό σήμα και κατά συνέπεια μπορεί να ενισχυθεί ηλεκτρονικά και γενικά να υποστεί οποιαδήποτε ηλεκτρονική επεξεργασία. Η επιδίωξη μας στη συγκεκριμένη περίπτωση ήταν να εντοπιστούν διαδικασίες κατεργασίας για την ενίσχυση φυσικών ιδιοτήτων των δειγμάτων(ενίσχυση του χρώματος στο ζαφείρι κ.α.) και η χρήση του αναλυτή για των εντοπισμό τεχνητών πολύτιμων λίθων Τα εργαστηριακά πειράματα που έλαβαν χώρα για τη μέτρηση των προαναφερόμενων πολύτιμων λίθων δεν έδωσαν χρήσιμα αποτελέσματα για την έρευνά μας.



Εικόνα 3. 4 – Σχηματικό διάγραμμα μικροσκοπίου SEM,πολυτεχνείο Κρήτης ,εργαστήριο πετρολογίας

3.1.5 Εξέταση XRD

Η περίθλαση ακτινών Χ από δείγματα σε μορφή σκόνης, επιτρέπει τον προσδιορισμό της δομής και της σύστασης του δείγματος το οποίο μπορεί να περιέχει περισσότερες από μια κρυσταλλικές ενώσεις. Μελετώνται στερεά οποιασδήποτε χημικής φύσης όπως απλές και σύνθετες χημικές ενώσεις, κράματα μετάλλων και ορυκτά. Η πιστοποίηση της καθαρότητας ή της αναλογίας των προσμίξεων είναι καθημερινό αντικείμενο πολλών ερευνητών και βοηθάει σημαντικά στην πρόοδο της επιστήμης και την κατανόηση των μηχανισμών που διέπουν τη σύνθεση και τις ιδιότητες των υλικών. Η δέσμη των ακτινών Χ παράγεται από ειδική λυχνία και μέσω διαφραγμάτων προσπίπτει στο δείγμα το οποίο βρίσκεται σε ειδική υποδοχή. Η ανακλώμενη από το δείγμα ακτινοβολία αφού περάσει από διαφράγματα καταλήγει στον ανιχνευτή και καταγράφεται από το ειδικό υπολογιστικό σύστημα. Το διάγραμμα περίθλασης ακτινών Χ αποτελεί την καταγραφή της γωνίας και του αντίστοιχου αριθμού ακτινών Χ που ανιχνεύθηκαν στη συγκεκριμένη γωνία περίθλασης.

Δίνει πληροφορίες που έχουν σχέση με:

- Τη σύνθεση και το δομικό χαρακτηρισμό ενώσεων, με έμφαση στα υλικά νέων τεχνολογιών.

- Την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση της περιεκτικότητας του εξεταζόμενου δείγματος.
- Την ανάλυση της σύστασης ορυκτών και χημικά επεξεργασμένων ορυκτών προϊόντων.
- Την ανάλυση της σύστασης και δομής κεραμικών και άλλων σύνθετων υλικών, κρυσταλλικών και άμορφων, με μεγάλο τεχνολογικό και βιομηχανικό ενδιαφέρον.

Παρόλα αυτά, η εργαστηριακή εξέταση των πολύτιμων λίθων με αυτή τη μέθοδο δεν μας έδωσε χρήσιμα αποτελέσματα, και ο λόγος είναι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, πως το εξεταζόμενο δείγμα θα έπρεπε να είναι σε σκόνη, οπότε θα έπρεπε να καταστραφούν οι πολύτιμοι λίθοι μας. Βέβαια, μπορεί να γίνει χρήση της παραπάνω μεθόδου σε θραύσματα ακατέργαστων λίθων πριν την κοπή τους, για των εντοπισμό συνθετικών .

3.1.6 Οπτική εξέταση με μικροσκόπιο

Το μικροσκόπιο χρησιμοποιείται ευρέως στην πετρολογία και την ορυκτολογία. Η χρήση του στη γεμολογία είναι πιο απλή π.χ., δεν χρειάζεται πόλωση του φωτός. Καταρχήν η χρήση του μικροσκοπίου γίνεται για την κατηγοριοποίηση της καθαρότητας των πολύτιμων λίθων όπου ανάλογα με τη μεγέθυνση που θα χρησιμοποιηθεί καταχωρείται στο πιστοποιητικό του πολύτιμου λίθου και η ανάλογη διάκριση, για παράδειγμα με μεγέθυνση μέχρι X10 , καθορίζεται ως “loupe clean” ή αν εξεταστεί με μεγαλύτερη μεγέθυνση καθορίζεται ως “i.f (internally flawless)”.

Πέρα από αυτή τη χρήση, το μικροσκόπιο χρησιμοποιείται σε μεγεθύνσεις έως X100 για τον προσδιορισμό της αυθεντικότητας ενός πολύτιμου λίθου και τη διάκρισή του από ένα τεχνητό, π.χ., στα τεχνητά σμαράγδια με τη μέθοδο verneille οι γραμμές σχηματισμού του κρυστάλλου που φαίνονται σε μεγέθυνση X80, στην πλαϊνή όψη ενός κομμένου (cut) λίθου είναι καμπύλες (curved striae) σε αντίθεση με το φυσικό σμαράγδι που οι ίδιες γραμμές είναι ευθείες.

Μια άλλη σημαντική χρήση του μικροσκοπίου, αφού έχει διαπιστωθεί η αυθεντικότητα ενός πολύτιμου λίθου, είναι ότι μπορούμε να προσδιορίσουμε με μεγάλη ακρίβεια τον τόπο καταγωγής αυτού του λίθου. Ειδικά στα ρουμπίνια, σμαράγδια και ζαφείρια, επειδή έχουμε εγκλείσματα τριών φάσεων (αέριο-υγρό-στερεό), αυτά λειτουργούν όπως τα δακτυλικά αποτυπώματα στον άνθρωπο και χρησιμοποιώντας φωτογραφίες από βιβλία μπορούμε να προσδιορίσουμε ακόμα και τη στοά του ορυχείου από το οποίο εξορύχτηκαν.

Όταν ένας γεμολόγος εργάζεται, συνήθως χρησιμοποιεί μια λούπα με μεγέθυνση Χ10 με κατάλληλους φακούς (achromatic, aplanatic) και, σε περίπτωση που εντοπίσει οτιδήποτε ύποπτο, καταφεύγει στο μικροσκόπιο. Στις μεγάλες εταιρίες που εκδίδουν πιστοποιητικά αυθεντικότητας πολύτιμων λίθων (GIA,HRD,EGL), πάντα χρησιμοποιείται μικροσκόπιο για την εξέταση των πολύτιμων λίθων.

Τα δείγματα που εξετάστηκαν στο εργαστήριο πετρολογίας κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της παρούσης εργασίας ήταν πολύ χαμηλής ποιότητας για λόγους κόστους. Αυτό προσέδωσε ενδιαφέρον σε αυτά που βλέπαμε με το μικροσκόπιο. Για παράδειγμα, στο δείγμα διαμαντιού, μεγέθους 0,40 καρατίων, στρογγυλής κοπής, είδαμε όλα τα πιθανά εγκλείσματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία: κρυστάλλους διαμαντιών, ολιβίνες , πυρόξενους, γρανάτες. Ομοίως και στα υπόλοιπα δείγματα, στις διάφορες μεγενθύσεις που εξετάστηκαν, είδαμε τα εγκλείσματα και τα φυσικά χαρακτηριστικά που αναμένονταν από τον κάθε πολύτιμο λίθο. Στο σμαράγδι με τη βοήθεια του "Photoatlas of inclusions in gemstones" [44] προσδιορίστηκε ότι προέρχεται από τη Ζάμπια

[44] E.J. Gùbelin-J.I. Koivula "Photoatlas of inclusions in gemstones" ABC edition Zurich

3.2 Αξιολόγηση πολύτιμων λίθων χωρίς τη χρήση οργάνων

Στις προηγούμενες ενότητες της εργασίας εξετάστηκαν τρόποι αξιολόγησης των πολύτιμων λίθων χρησιμοποιώντας διάφορα όργανα. Ακόμη, προηγήθηκαν και τα εργαστηριακά πειράματα που συμπεριέλαβαν μετρήσεις για τον έλεγχο του ειδικού βάρους των πολύτιμων λίθων, εξέταση με διχρωσκόπιο, με διαθλασίμετρο, αλλά και με ειδικά ηλεκτρονικά μικροσκόπια σάρωσης ή πιο απλά SEM. Επιπλέον, στις εργαστηριακές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος XRD, που αφορά την περίθλαση ακτινών Χ από δείγματα σε μορφή σκόνης, που όμως δεν έδωσε κάποιο χρήσιμο αποτέλεσμα αφού η μέθοδος απαιτεί την κονιοποίηση του πολύτιμου λίθου, με άλλα λόγια την καταστροφή του. Τέλος, μετρήσεις λήφθηκαν και με το πλέον σημαντικό όργανο εξέτασης των λίθων, το μικροσκόπιο.

Είναι παρόλα αυτά χρήσιμο να γνωρίζει κάποιος που ασχολείται με τους πολύτιμους λίθους, πως ακόμη και χωρίς τη χρήση οργάνων, μία γνώση των ιδιοτήτων όλων των βασικών πολύτιμων λίθων, μπορεί να βοηθήσει στην αναγνώριση και αξιολόγησή τους. Έχοντας υπόψη τις οπτικές τους ιδιότητες, ο δείκτης διάθλασης των πολύτιμων λίθων δύσκολα μπορεί να εκτιμηθεί από την εσωτερική του λάμψη ή από τον διχρωισμό της πέτρας, όταν τη βλέπουμε από διαφορετική κατεύθυνση. Η διπλή του διάθλαση μπορεί να καθοριστεί με αξιοσημείωτη ακρίβεια, κατά ένα μέρος, κρατώντας την πλευρά της τράπεζας της πέτρας κοντά στο μάτι και παρατηρώντας τις διαθλώμενες εικόνες μίας μικρής πηγής φωτός (όπως μίας φλόγας κεριού). Σε μία διπλά διαθλώμενη πέτρα, οι εικόνες της φλόγας, θα φαίνονται να διπλασιάζονται, σε ένα βαθμό, ανάλογα με τις γωνίες της τράπεζας και τη φύση της πέτρας (Εφημερίδα της Γεμολογίας, Ιανουάριος 1979).[44]

3.3 Μία Ξεχασμένη Τεχνική Αξιολόγησης

Μία μαγνητική ράβδος είναι ένα από τα πιο χρήσιμα, και λιγότερο γνωστά, εργαλεία για τη βασική αναγνώριση των πολύτιμων λίθων. Ένα εξαιρετικά ευαίσθητο

[45] Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.

όργανο, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει πολύ μικρή ποσότητα μαγνητισμού στους λίθους. Είναι μικρό, φορητό και εύχρηστο. Αντίθετα με τα υπόλοιπα γεμολογικά εργαλεία, οι μαγνήτες είναι προσπελάσιμοι σε όλους. Οι ράβδοι μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν με πολύ μικρό κόστος.

Εικόνα 4. 1 – Μαγνητική Ράβδος, Kirk Feral 2009

Ανάμεσα στις πολλαπλές χρήσεις της, μία μαγνητική ράβδος παρέχει ένα από τα γρηγορότερα μέσα αναγνώρισης του γρανάτη. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για το διαχωρισμό των φυσικών πολύτιμων λίθων από τους συνθετικούς. Για παράδειγμα, ο φυσικός σπινέλιος μπορεί εύκολα να διαχωριστεί από τον συνθετικό, και ένα πακέτο από διαμάντια μπορεί γρήγορα να σαρωθεί για την αναζήτηση συνθετικών. Ένας μαγνήτης είναι ένας αποτελεσματικός διαχωριστής για πολλά είδη πολύτιμων λίθων που μοιάζουν, όπως είναι η ακουαμαρίνα και το μπλε τοπάζι. Ο μαγνητικός έλεγχος είναι επίσης μία σημαντική μέθοδος επιβεβαίωσης των αποτελεσμάτων που έχουν ληφθεί από τα υπόλοιπα όργανα αξιολόγησης.[45]

Αν κάποιος συλλέγει, πουλάει ή εργάζεται με πολύτιμους λίθους και χρειάζεται να γνωρίζει τον τρόπο αναγνώρισης τους, τότε η μαγνητική ράβδος ανήκει στα βασικά εργαλεία ελέγχου που πρέπει να διαθέτει, μαζί με το διαθλασίμετρο, το πολωσιοσκόπιο, το φασματοσκόπιο και το μικροσκόπιο που αναφέρθηκαν παραπάνω.

[45] Kirk Feral 2009.

Εικόνα 4. 2 – Αξιολόγηση πολύτιμων λίθων με τη μαγνητική ράβδο, Kirk Feral 2009

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ & ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού, που αποτελεί και το τελευταίο κομμάτι της εργασίας, είναι να δοθεί μία σύνοψη των βασικών στοιχείων της. Θα αναφερθούν κάποιες προκλήσεις που τίθενται κατά τη διαδικασία αναγνώρισης και αξιολόγησης των πολύτιμων λίθων και τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας.

Ένας γεμολόγος-όπως και ένας ορυκτολόγος και ένας πετρολόγος άλλωστε- μπορεί να κάνει τη δουλειά του στο "πεδίο" έχοντας μαζί του μερικά απλά εργαλεία με ελάχιστο κόστος. Στη περίπτωση του γεμολόγου χρειάζεται ένα μεγεθυντικό φακό, μια ζυγαριά ή ένα μετρητή βάρους και δυο-τρια άλλα φορητά και εύχρηστα όργανα (διχρωσκόπιο, φασματοσκόπιο, πηγή φωτός) Ένα τυπικό εργαστήριο γεμολογίας πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μερικά ακόμη μηχανήματα αυξάνοντας το κόστος (διαθλασίμετρο, φασματοφωτόμετρο, ζυγαριές, μικροσκόπια) και τελικά φτάνουμε στα πλήρως εξοπλισμένα εργαστήρια των ερευνητικών κέντρων και των μεγάλων εταιριών που εκδίδουν πιστοποιητικά αυθεντικότητας όπου οι πολύτιμοι λίθοι εξετάζονται και πιστοποιούνται , πέραν πάσης αμφιβολίας, για την αυθεντικότητα τους.

Η εμπορική πλευρά της γεμολογίας την κάνει να διαφέρει από τις άλλες γεωεπιστήμες στο ότι πολλές ανακαλύψεις, τεχνικές και μηχανήματα δεν κοινοποιούνται λόγω της εμπορικής αξίας που προκύπτει από την εκμετάλλευση τους. Αυτό βέβαια σε έναν ανεξάρτητο ερευνητή ή επαγγελματία δημιουργεί προβλήματα γιατί η πρόκληση για την ταυτοποίηση ενός πολύτιμου λίθου γίνεται μεγαλύτερη λόγω των εξελίξεων στις τεχνικές για την κατασκευή τεχνητών (imitations) λίθων και στην ενίσχυση κάποιων από τις φυσικές τους ιδιότητες. Η πρόκληση δεν περιορίζεται μόνο στα παραπάνω αλλά και στην ακριβή ταυτοποίηση ενός λίθου η οποία μπορεί να φτάσει ακόμα και στον προσδιορισμό της στοάς του ορυχείου από το οποίο εξορύχτηκε .Όπως σε όλες τις θετικές -πειραματικές επιστήμες έτσι και στη γεμολογία δεν αρκούν τα ακριβά και πολύπλοκα όργανα, αλλά πρέπει να έχει την απαραίτητη γνώση και εμπειρία και ο χειριστής τους.

Στο εργαστήριο πετρολογίας λοιπόν έγινε για πρώτη φορά στο πολυτεχνείο Κρήτης παρόμοια εργασία, πιθανώς σε επίπεδο διπλωματικής εργασίας και στον Ελλαδικό χώρο, εξετάσαμε αντιπροσωπευτικά δείγματα των συνηθέστερων πολύτιμων λίθων και καταλήξαμε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα. Στα δείγματα μας υπήρχαν αυθεντικοί πολύτιμοι λίθοι και για κάποιους από αυτούς οι αντίστοιχες απομιμήσεις. Οι απομιμήσεις δυστυχώς ήταν πλαστικά αντίγραφα (σε διαμάντι, ρουμπίνι, τανζανίτη) που εντοπίστηκαν από την αρχή οπτικά και επιβεβαιώθηκε η πλαστότητα τους με τη χρήση μικροσκοπίου και τη μέτρηση του ειδικού βάρους, έτσι δεν χρειάστηκαν περαιτέρω εξέταση και δεν παρουσίαζαν άλλο ενδιαφέρον.

Στη συνέχεια εξετάστηκαν τα δείγματα των αυθεντικών πολύτιμων λίθων όπως αναφέρονται στους πίνακες 3.1 και 3.2 και με σχετική ευκολία ταυτοποιήθηκαν, χωρίς όμως να μπορούμε να καταλήξουμε σε συμπέρασμα αν υπάρχουν κατεργασίες ενίσχυσης του χρώματος σε κάποια από αυτά (ρουμπίνι, σμαράγδι, τανζανίτης) λόγω έλλειψης του κατάλληλου εξοπλισμού. Όπως φαίνεται στο κεφ. 3 έγιναν και κάποιες εξετάσεις (SEM, XRD) οι οποίες δεν μπόρεσαν να δώσουν αποτελέσματα, έπρεπε όμως να ερευνηθούν οι δυνατότητες τους αφού ήταν διαθέσιμα τα αντίστοιχα μηχανήματα.

Καταλήγοντας, μπορούμε να πούμε ότι ο σκοπός της εργασίας επετεύχθη, διερευνήθηκαν οι συσκευές τα όργανα και οι μέθοδοι για την ταυτοποίηση των πολύτιμων λίθων και με όσα από αυτά υπήρχαν διαθέσιμα εξετάστηκε πληθώρα δειγμάτων και ταυτοποιήθηκαν στο βαθμό που ήταν εφικτό.

Η γεμολογία είναι μια επιστήμη και μια τέχνη ταυτόχρονα, υψηλής προστιθέμενης αξίας, η περαιτέρω ανάπτυξη της οποίας θα δώσει τη δυνατότητα μεταφοράς τεχνογνωσίας και γνώσης σε ένα σημαντικό πεδίο στη χώρα μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- Γ. Κωστάκη «Γενική Ορυκτολογία», Μέρος Ι: Γεωμετρική Κρυσταλλογραφία, Χανιά 1988.
- Γ. Κωστάκη "Συστηματική ορυκτολογία" Πολυτεχνείο Κρήτης ,Χανιά 2001
- Ελευθερία Ν. Δαβή «Πετρολογία», Έκδοση Β', Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1991
- Θεόφραστος «Περί λίθων», μετάφραση Αθ. Κατερινόπουλος, έκδοση Συλλόγου Ελλήνων Συλλεκτών Ορυκτών και Απολιθωμάτων, Αθήνα 2003.

ΞΕΝΗ

- James E. Shigley, «A review of current challenges for the identification of gemstones», GEOLOGIJA. 2008. Vol. 50. No. 4(64).
- Kirk Feral 2009.
- Richard T. Liddicoat, Jr 'Handbook of Gem Identification', Gemmological Institute of America.
- Robert Webster «GEMS their sources, descriptions and Identification», Fifth Edition.
- Shigley et al., 2004; Martineau et al., 2004; Shigley, 2005
- Wang et al., (2005)
- Τζορτζ Φ. Κουντς «Οι μυστικές δυνάμεις των πολύτιμων λίθων», Αθήνα 1993 Σελ. 265-267
- Verena Pagel-Theisen, G.G., F.G.A. 'Diamond grading ABC, Handbook for diamond Grading', 11th new revised, enlarged Edition 1993.
- E.J. Gùbelin-J.I. Koivula "Photoatlas of inclusions in gemstones" ABC edition Zurich

Πίνακες φυσικών ιδιοτήτων πολύτιμων λίθων, προέλευση από τη βιβλιογραφία

MOHS HARDNESS TABLE

Diamond	10	Pollucite	6½	Sphene	5-5½
Silicon carbide	9¼	GGG	6½	Obsidian	5-5½
Corundum & Syn.	9	Spodumene	6-7	Datolite	5-5½
Chrysoberyl	8½	Sinhalite	6-7	Bowenite (serpentine)	5-5½
Syn. cubic zirconia	8½	Epidote	6-7	Apatite	5
YAG	8¼	Sillimanite	6-7	Scheelite	5
Spinel & Syn.	8	Cassiterite	6-7	Dioptase	5
Painite	8	Zoisite	6-7	Smithsonite	5
Topaz	8	Rutile & Syn.	6-6½	Odontolite	5
Taaffeite	8	Microcline	6-6½	Stibiotantalite	5
Rhodizite	8	Albite-Oligoclase	6-6½	Syn. turquoise	5
Beryl & syn. emerald	7½-8	Orthoclase	6-6½	Apophyllite	4½-5
Phenakite	7½-8	Nephrite	6-6½	Syn. Opal	4½
Gahnite	7½-8	Pyrite	6-6½	Zincite	4½
Gahnospinel	7½-8	Benitoite	6-6½	Kyanite	4-7
Zircon (high, medium)	7½	Marcasite	6-6½	Variscite	4-5
Almandite garnet	7½	Prehnite	6-6½	Augelite	4
Hambergite	7½	Ekanite	6-6½	Fluorite	4
Euclase	7½	Amblygonite	6	Rhodochrosite	3½-4½
Rhodolite garnet	7-7½	Labradorite	6	Malachite	3½-4
Pyrope garnet	7-7½	Leucite	6	Azurite	3½-4
Spessartite garnet	7-7½	Petalite	6	Sphalerite	3½-4
Tourmaline	7-7½	Hematite	5½-6½	Coral	3½-4
Andalusite	7-7½	Rhodonite	5½-6½	Conch pearl	3½
Iolite	7-7½	Beryllonite	5½-6	Calcite	3
Staurolite	7-7½	Anatase	5½-6	Verdite	3
Grossularite garnet	7	Brazilianite	5½	Black coral	3
Quartz & Syn.	7	Enstatite	5½	Hemetine	2½-6
Danburite	7	Willemite	5½	Pearl	2½-4½
Dumortierite	7	Moldavite	5½	Jet	2½-4
Chalcedony	6½-7	Thomsonite	5½	Pseudophite	2½
Peridot	6½-7	Opal	5½	Agalmatolite	2½
Jadeite	6½-7	Diopside	5-6	Serpentine	2-4
Andradite garnet	6½-7	Glass	5-6	Amber	2-2½
Axinite	6½-7	Strontium titanate	5-6	Copal	2
Saussurite	6½-7	Lazulite	5-6	Alabaster	2
Idocrase	6½	Lazurite (lapis lazuli)	5-6	Stichtite	1½-2
Scapolite	6½	Turquoise	5-6	Steatite (soapstone)	1-2½
Kornerupine	6½	Sodalite	5-6		
Zircon (low)	6½	Chlorastrolite	5-6		

Πίνακας 1,σκληρότητα πολύτιμων λίθων κατά Mohs

SPECIFIC GRAVITY TABLE

Stibiotantalite	7.50(±.30)
GGG	7.02(±.07)
Cassiterite	6.95(±.08)
Scheelite	6.12
Syn. cubic zirconia	5.80(±.20)
Zincite	5.70
Hematite	5.20(±.08)
Strontium titanate	5.13(±.02)
Pyrite	5.00(±.10)
Marcasite	4.85(±.05)
Zircon	
(high)	4.70(±.03)
(medium)	4.32(±.25)
Gahnite	4.55
YAG	4.55
Smithsonite	4.30(±.10)
Rutile & Syn.	4.26(±.02)
Spessartite	4.15(±.03)
Almandite	4.05(±.12)
Sphalerite	4.05(±.02)
Painite	4.01
Gahnospinel	4.01(±.40)
Zircon (low)	4.00(±.07)
Corundum & Syn.	4.00(±.03)
Malachite	3.95(-.70, +.15)
Anatase	3.90
Andradite	3.84(±.03)
Rhodolite	3.84(±.10)
Azurite	3.80(-.50, +.07)
Pyrope	3.78(-.16, +.09)
Chrysoberyl	3.73(±.02)
Syn. alexandrite	3.71(±.02)
Staurolite	3.71(±.06)
Rhodochrosite	3.70
Syn. spinel	3.64 (-.12, +.02)
Benitoite	3.64(±.03)
Kyanite	3.62(±.06)
Grossularite	3.61 (-.27, +.12)
Taaffeite	3.61
Spinel	3.60(-.03, +.30)
Topaz	3.53(±.04)
Diamond	3.52(±.01)
Sphene	3.52(±.02)
Rhodonite	3.50(±.20)
Sinhalite	3.48
Idocrase	3.40(±.10)
Epidote	3.40(±.08)
Rhodizite	3.40
Peridot	3.34(-.03, ±.14)
Jadeite	3.34(±.04)
Zoisite	3.30(±.10)
Dioptase	3.30(±.05)
Kornerupine	3.30(±.05)
Saussurite	3.30
Dumortierite	3.30(±.10)
Diopside	3.29(±.03)
Axinite	3.29(±.02)
Ekanite	3.28
Enstatite	3.25(±.02)
Sillimanite	3.25(±.02)
Chlorastrolite	3.20
Fluorite	3.18(±.01)
Apatite	3.18(±.02)
Spodumene	3.18(±.03)
Andalusite	3.17(±.04)
Euclase	3.10(±.01)
Odontolite	3.10
Lazulite	3.09(±.05)
Tourmaline	3.06(-.05, +.15)
Amblygonite	3.02
Danburite	3.00(±.01)
Psilomelane	3.0
Nephrite	2.95(±.05)
Phenakite	2.95(±.01)
Datolite	2.95
Brazilianite	2.94
Pollucite	2.92
Verdite	2.90
Prehnite	2.88(±.06)
Beryllonite	2.85(±.02)
Conch pearl	2.85
Agalmatolite	2.80
Turquoise	2.76(-.45, +.08)
Steatite	2.75
Lazurite (lapis lazuli)	2.75(±.25)
Beryl	2.72(-.05, +.12)
Pearl	2.70(-.02, +.15)
Labradorite	2.70(±.05)
Augelite	2.70
Pseudophite	2.70
Calcite	2.70
Scapolite	2.68(±.06)
Syn. emerald	
(hydroth.)	2.68(±.02)
(Gilson)	2.68(±.02)
(flux)	2.66
Quartz & Syn.	2.66(±.01)
Syn. turqoise	2.66
Albite-oligoclase	2.65(±.02)
Coral	2.65(±.05)
Iolite	2.61(±.05)
Chalcedony	2.60(±.05)
Serpentine	2.57(±.06)
Orthoclase	2.56(±.01)
Microcline	2.56(±.01)
Variscite	2.50(±.08)
Leucite	2.50
Obsidian	2.40(-.07, +.10)
Moldavite	2.40(±.04)
Petalite	2.40
Apophyllite	2.40(±.10)
Thomsonite	2.35(±.05)
Hambergite	2.35
Alabaster	2.30
Glass	2.3 to 4.5
Sodalite	2.24(±.05)
Chrysocolla	2.20(±.10)
Stichtite	2.18(±.02)
Opal	2.15(-.90, +.08)
Coral(golden)	2.12(±.1)
Syn. opal	2.05(±.03)
Coral (black)	1.35(±.05)
Jet	1.32(±.02)
Plastics	1.30(±.25)
Amber	1.08(±.02)

Πίνακας 2, ειδικό βάρος πολύτιμων λίθων

Refractive Index Table

The left- and right-hand columns give the low and high readings for doubly refractive gem materials. The center column gives the reading for singly refractive materials.

Rutile & Syn.	2.616		2.903
Anatase	2.493		2.554
Diamond		2.417	
Strontium titanate	2.409		
Stibiotantalite	2.37		2.45
Sphalerite		2.37	
Syn. cubic zirconia		2.15 (±.03)	
GGG		1.97 (±.06)	
Zincite	2.013		2.029
Cassiterite	1.997		2.093
Zircon (high)	1.925		1.984
Scheelite	1.918		1.934
Sphene	1.900 (±.018)		2.034 (±.020)
Zircon (medium)	1.875 (±.045)		1.905 (±.075)
Andradite garnet		1.875 (±.020)	
YAG		1.833	
Zircon (low)	1.810 (±.030)		1.815 (±.030)
Spessartite garnet		1.81 (±.010)	
Gahnite		1.80	
Almandite garnet		1.79 (±.030)	
Painite	1.787		1.816
Corundum	1.762 (-.003, +.007)		1.770 (-.003, +.008)
Synthetic corundum	1.762		1.770
Rhodolite garnet		1.76 (±.010)	
Gahnospinel		1.76 (±.02)	
Benitoite	1.757		1.804
Pyrope garnet		1.746 (-.026, +.010)	
Chrysoberyl	1.746 (±.004)		1.755 (±.005)
Synthetic alexandrite	1.742 (±.004)		1.751 (±.005)
Staurolite	1.736		1.746
Grossularite garnet		1.735 (+.015,-.035)	
Azurite	1.73 (±.010)		1.84 (±.010)
Synthetic spinel		1.73 (±.01)	
Rhodonite	1.73		1.74
Epidote	1.729 (-.015, +.006)		1.768 (-.035, +.012)
Taaffeite	1.719		1.723
Spinel		1.718 (-.006, +.044)	
Kyanite	1.716 (±.004)		1.731 (±.004)

Πίνακας 3,Δείκτης διάθλασης

REFRACTIVE INDEX TABLE

Idocrase	1.713 (±.012)		1.718 (±.014)
Zoisite	1.691 (±.002)		1.704 (±.003)
Willemite	1.69		1.72
Rhodizite		1.69	
Dumortierite	1.678		1.689
Axinite	1.678		1.688
Diopside	1.675 (-.010, +.027)		1.701 (-.007, +.029)
Sinhalite	1.668 (±.003)		1.707 (±.003)
Kornerupine	1.667 (±.002)		1.680 (±.003)
Jadeite	1.66 (±.007)		1.68 (±.009)
Malachite	1.66		1.91
Spodumene	1.660 (±.005)		1.676 (±.005)
Jet		1.66 (±.020)	
Sillimanite	1.659		1.68
Enstatite	1.658 (±.005)		1.668 (±.005)
Dioptase	1.655 (±.011)		1.708 (±.012)
Peridot	1.654 (±.020)		1.690 (±.020)
Euclase	1.654 (±.004)		1.673 (±.004)
Phenakite	1.654 (-.003, +.017)		1.670 (-.004, +.026)
Chlorastrolite	1.65		1.66
Apatite	1.642 (-.012, +.003)		1.646 (-.014, +.005)
Andalusite	1.634 (±.006)		1.643 (±.004)
Danburite	1.630 (±.003)		1.636 (±.003)
Datolite	1.626		1.670
Tourmaline	1.624 (±.005)		1.644 (±.006)
Smithsonite	1.621		1.849
Topaz	1.619 (±.010)		1.627 (±.010)
Prehnite	1.615		1.646
Turquoise & Syn.	1.61		1.65
Lazulite	1.612		1.643
Amblygonite	1.612		1.636
Bakelite		1.61 (±.06)	
Nephrite	1.606		1.632
Brazilianite	1.602		1.621
Odontolite	1.60 (±.03)		1.61 (±.03)
Ekanite		1.597	
Rhodochrosite	1.597		1.817
Verdite		1.580	
Beryl	1.577 (±.016)		1.583 (±.017)
Augelite	1.574		1.588
Synthetic emerald (Gilson iron-doped)	1.571		1.579

Πίνακας 3,Δείκτης διάθλασης(συνέχεια)

Refractive Index Table

Pseudophite	1.57		1.58
Synthetic emerald (hydrothermal)	1.568 (±.02)		1.573 (±.02)
Synthetic emerald (flux)	1.561		1.564
Variscite	1.56		1.59
Serpentine	1.56 (-.07)		1.570 (-.07)
Coral (black & golden)	1.56 (±.01)		1.57 (±.01)
Ladradorite feldspar	1.559		1.568
Hambergite	1.555		1.625
Beryllonite	1.552		1.562
Agalmatolite	1.55		1.60
Scapolite	1.550 (±.002)		1.572
Quartz & Syn.	1.544 (±.000)		1.553 (±.000)
Iolite	1.542 (-.010, +.002)		1.551 (-.011, +.045)
Steatite	1.54		1.590
Amber		1.540	
Chalcedony	1.535		1.539
Apophyllite	1.535		1.537
Albite-oligoclase feldspar	1.532 (±.007)		1.542 (±.006)
Pollucite		1.525	
Microcline feldspar	1.522		1.530
Alabaster	1.520		1.529
Orthoclase feldspar	1.518		1.526
Stichtite	1.516		1.542
Thomsonite	1.515		1.540
Leucite		1.508	
Petalite	1.502		1.518
Lazurite (lapis lazuli)		1.500	
Obsidian		1.500	
Lucite		1.495 (±.005)	
Natrolite	1.49		1.50
Calcite	1.486		1.658
Coral	1.486		1.658
Sodalite		1.483 (±.003)	
Glass (normal)		1.48 to 1.70	
Glass (extreme)		1.44 to 1.77	
Moldavite		1.48	
Plastic		1.46 to 1.70	
Opal		1.45 (-.080, +.020)	
Synthetic opal		1.44	
Fluorite		1.434	

Πίνακας 3, Δείκτης διάθλασης(συνέχεια)

Pleochroism Table

The symbols S, D, W, and VW signify strong, distinct, weak, and very weak pleochroism. Only two colors are given for biaxial gemstones when little color difference is detectable between two of the three directions. Colors may vary from those described, depending on hue and depth of color.

Purple or violet gemstones

Andalusite	(S) Brownish-green and dark red to purple
Beryl	(D-S) Violet and colorless
Chrysoberyl (alexandrite)	(S) Dark red-purple, orange, and dark green (trichroic)
Corundum (sapphire)	(S) Violet and orange
Quartz (amethyst)	(W-D) Purple and reddish purple
Spodumene (kunzite)	(S) Violet to purple and colorless to pink
Topaz	(D-S) Light to very light purple
Tourmaline	(S) Purple and light purple

Blue gemstones

Apatite	(S) Blue and yellow
Benitoite	(S) Colorless and dark blue
Beryl	(W-D) Light blue and darker blue
Corundum	(S) Dark violetish-blue and light greenish blue
Iolite	(S) Colorless to yellow, blue, and dark blue-violet (trichroic)
Topaz	(W-D) Colorless and light blue
Tourmaline	(S) Dark blue and light blue
Zircon	(S) Medium blue and colorless to gray
Zoisite	(S) Blue, purple, and greenish yellow

Green Gemstones

Andalusite	(S) Brownish green and dark red
Beryl (emerald)	(S) Green and blue-green
Chrysoberyl (alexandrite)	(S) Dark red, orange, and green (trichroic)
Corundum (sapphire)	(S) Green and yellow-green
Peridot	(W) Yellow-green and green
Topaz	(D) Blue-green and light green
Sphene	(D) Brownish green and blue-green
Tourmaline	(S) Blue-green to dark brownish green and yellow-green
Zircon	(W-D) Brownish green and green

Πίνακας 4, Πλεοχρωισμός πολύτιμων λίθων

Yellow gemstones

Beryl	(W) Light greenish yellow and light blue-green
Chrysoberyl	(D) Colorless, very light yellow, and greenish yellow (trichroic)
Corundum	(W) Yellow and light yellow
Danburite	(W) Very light yellow and light yellow
Phenakite	(D) Colorless and orange-yellow
Quartz (citrine)	(VW) Light yellow and very light yellow
Spodumene	(D) Light yellow and very light yellow
Topaz	(D) Brownish yellow, yellow, and orange-yellow (trichroic)
Tourmaline	(D) Light yellow and dark yellow
Zircon	(W) Yellow-brown and yellow

Brown and orange gemstones

Axinite	(S) Purple, yellow-brown, and green (trichroic)
Corundum	(S) Yellow-brown to orange and colorless
Quartz	(W) Brown and reddish brown
Topaz	(D) Yellow-brown and brown
Tourmaline	(S) Yellowish brown and dark greenish brown
Zircon	(W-D) Brownish yellow and purplish brown

Pink and red gemstones

Andalusite	(S) Dark red and brownish green
Beryl (morganite)	(D) Light red and red-purple
Chrysoberyl (alexandrite)	(S) Dark red, orange, and green (trichroic)
Corundum (ruby)	(S) Purplish red and orangy red
Quartz (rose quartz)	(S) Brownish red to light pink
Syn corundum	(S) Purplish red and orangy red
Spodumene (kunzite)	(S) Light red to purple and colorless
Topaz	(D-S) Light red and yellow
Tourmaline	(S) Dark red and light red
Zircon	(D) Reddish purple and reddish brown

Πίνακας 4, Πλεοχρωισμός πολύτιμων λίθων(συνέχεια)

Φωτογραφίες των δειγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία στην αρχική τους μορφή (άκοπα) και στην τελική τους μορφή (κομμένα). Λόγω έλλειψης κατάλληλου εξοπλισμού για την ποιοτική φωτογράφιση των δειγμάτων οι φωτογραφίες προέρχονται από τη βιβλιογραφία.

Φωτογραφία 1,Διαμάντι σε κοπή μπριγιάν ,άκοπο διαμάντι

Φωτογραφία 2, Σμαράγδι κομμένο και άκοπο

Φωτογραφία 3, Ρουμπίνι κομμένο και άκοπο

Φωτογραφία 4, Νεφρίτης σε κόσμημα και ακατέργαστος(ακτινόλιθος)

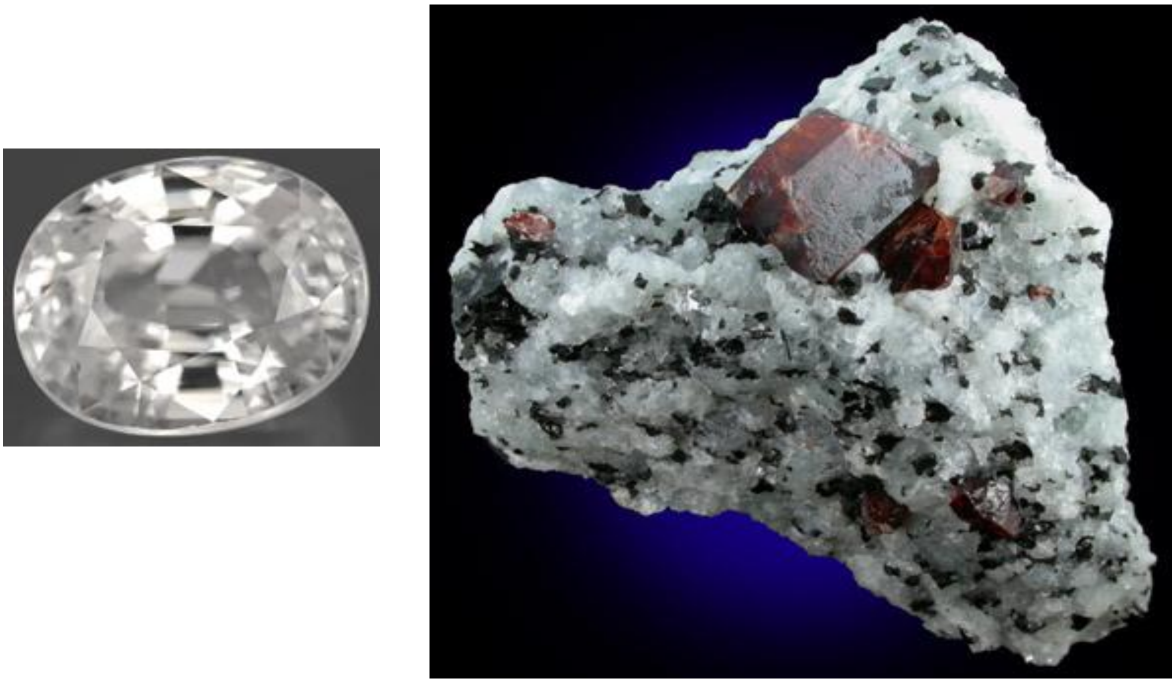
Φωτογραφία 5, Γρανάτης κομμένος και άκοπος(αλμανδίνης)


Φωτογραφία 6, Τουρμαλίνη κομμένη και άκοπη


Φωτογραφία 7, Τανζανίτης κομμένος και άκοπος

Φωτογραφία 8, Άκουαμαρίνα κομμένη και άκοπη

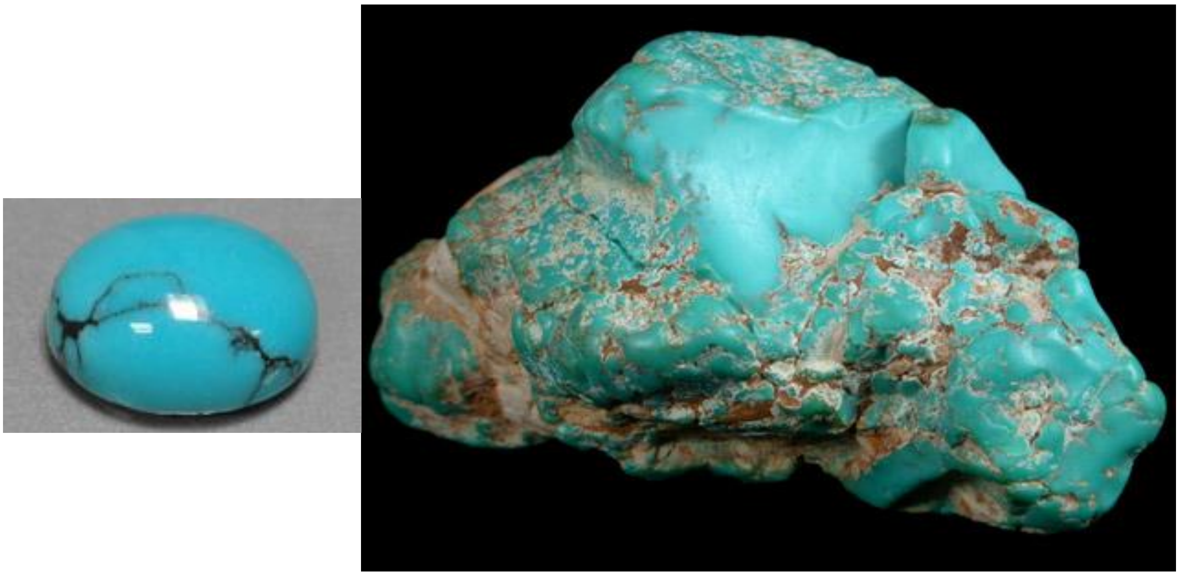
Φωτογραφία 9, Τοπάζι κομμένο και άκοπο



Φωτογραφία 10, Ζιρκόνιο κομμένο και άκοπο

Φωτογραφία 11, Αχάτης κομμένος και σε γεώδες

Φωτογραφία 12, Ροδονίτης κομμένος και άκοπος



Φωτογραφία 13, Τυρκουάζ κομμένο και άκοπο