



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



Διπλωματική εργασία

ΛΕΥΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΔΡΑΜΑΣ



Μουλιστάνος Γεώργιος

ΑΕΜ : 5790

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Καντηράνης Νικόλαος, Αν. Καθηγητής

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2023



Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των προπτυχιακών σπουδών του τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στην κατεύθυνση Ορυκτολογίας- Πετρολογίας.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ Ν. Καντηράνη Αν. Καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής μου, για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους υπαλλήλους και τον διευθυντή της εταιρείας OMYA HELLAS για την ωφέλιμη βοήθεια που μου πρόσφεραν ώστε να εξάγω τα αποτελέσματα των μετρήσεων της λευκότητας στις εγκαταστάσεις τους. Καθώς και τις λατομικές επιχειρήσεις του Ν. Δράμας που μου επέτρεψαν να πάρω τα δείγματα για την εργασία μου.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω καθώς και να αφιερώσω την πτυχιακή μου εργασία στην οικογένεια μου και σε κοντινούς μου ανθρώπους για την αμέριστη συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια φοίτησης στο τμήμα Γεωλογίας του ΑΠΘ.



Περιεχόμενα

| | |
|---|--------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | - 4 - |
| • 1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ | - 5 - |
| 1.1) Η έννοια του μαρμάρου..... | - 6 - |
| 1.2) Μάρμαρα της Π.Ε. Δράμας..... | - 6 - |
| • 2) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ | - 9 - |
| 2.1) Δειγματοληψία μαρμάρων από θέσεις λατομικών χώρων της περιοχής της Δράμας..... | - 10 - |
| 2.2) Κονιοποίηση δειγμάτων και τοποθέτηση σε μηχανικό γουδί αχάτη. | - 11 - |
| 2.2) Κονιοποίηση δειγμάτων και τοποθέτηση σε μηχανικό γουδί αχάτη. | - 12 - |
| 2.3) Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD). | - 13 - |
| 2.4) Όργανο μέτρησης παραμέτρων χρώματος..... | - 15 - |
| • 3) ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ | - 16 - |
| 3.1) Τριχρωματικές τιμές X Y Z | - 17 - |
| 3.2) Τιμές L* a* b* | - 19 - |
| 3.3) Χρώμα C, απόχρωση H και λευκότητα R457..... | - 20 - |
| • 4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ | - 21 - |
| 4.1) - 28 -Διαγράμματα διασποράς χρωματικών δεικτών & κύριων ορυκτών | - 28 - |
| • 5) ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΔΡΑΜΑΣ | - 31 - |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ | - 35 - |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | - 36 - |





ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες που μπορεί να έχει ένας ορυκτός πόρος καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την οικονομική σημασία του. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει το ποσοστό λευκότητας και την ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων που εντοπίζονται στην περιοχή του Φαλακρού Όρους. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 7 λατομικούς χώρους του ΒΔ και ΝΔ τμήματος του Φαλακρού. Τα δείγματα αναλύθηκαν σε περιθλασίμετρο ακτίνων Χ και όργανο μέτρησης χρωματικών παραμέτρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως στο ΝΔ τμήμα εμφανίζεται υψηλότερο ποσοστό λευκότητας επειδή αποτελείται εξ' ολοκλήρου από δολομιτικό μάρμαρο, ενώ στο ΒΔ τμήμα εντοπίζεται δολομιτικά μάρμαρα με παρεμβολές ασβεστιτικού μαρμάρου. Επομένως, από τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτή η ιδιαιτερότητα και η μοναδικότητα του μαρμάρου της Π.Ε. Δράμας, το οποίο λόγω της λευκότητας του κατατάσσεται στα δημοφιλή διακοσμητικά πετρώματα παγκοσμίως.



1) ΕΙΣΑΓΩΓΗ



1.1) Η έννοια του μαρμάρου

Το μάρμαρο είναι κρυσταλλοσχιστόδες πέτρωμα που αποτελείται είτε από ασβεστίτη είτε από συνδυασμό ασβεστίτη και δολομίτη. Προέρχεται από τη μεταμόρφωση πετρωμάτων, ανθρακικών και δολομιτικών ανθρακικών χημικής ή βιογενούς προέλευσης. Στη βιομηχανία, μάρμαρο θεωρείται κάθε πέτρωμα το οποίο κόβεται σε πλάκες, λειαινείται και στιλβώνεται.

Η Ελλάδα ανήκει στις πιο περιζήτητες χώρες παραγωγής και εξαγωγής μαρμάρου σε παγκόσμιο επίπεδο λόγω της ξεχωριστής ποιότητας, της αξιόλογης ποικιλίας και της ταύτισης των ελληνικών μαρμάρων με την αρχιτεκτονική της αρχαίας Ελλάδας, ενώ η υψηλή τους ζήτηση έχει σαν αποτέλεσμα τηνστήριξη της εθνικής οικονομίας. (Δηλγεράκη Ζ. Πάτρα 2014.)

Από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα, το μάρμαρο αποτελεί την βασική πρώτη ύλη για την κατασκευή έργων με απεριόριστες χρήσεις και εφαρμογές καθώς και με σημαντική συμβολή στην αισθητική και διακόσμηση ενός χώρου.

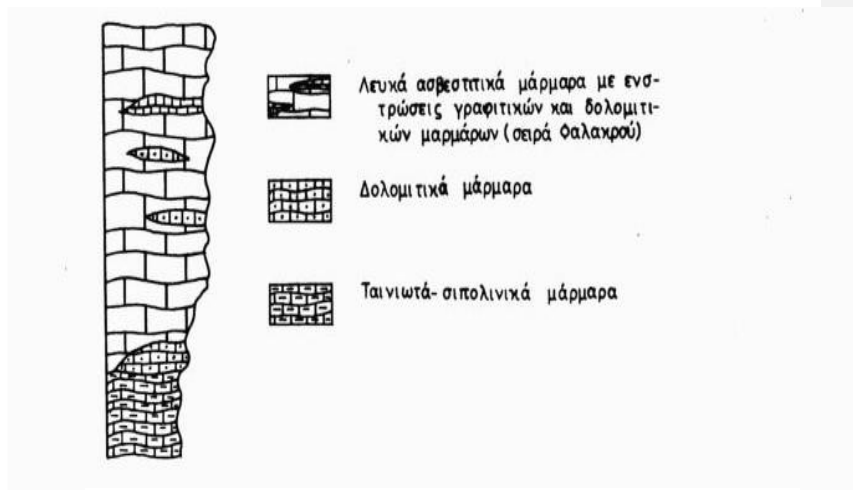
Μάρμαρα με υψηλή εμπορική αξία όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στη διακοσμητική εμφανίζουν υψηλή αισθητική και ικανοποιητικές φυσικομηχανικές ιδιότητες. Βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την εμπορικότητα είναι: η χημική – ορυκτολογική σύσταση, η κοκκομετρία του πετρώματος, ο χρωματισμός του και ορισμένες τεκτονικές δομές (Χατζηπαναγής Ι. και Βουγιούκας Δ., 2005.).

1.2) Μάρμαρα της Π.Ε. Δράμας

Η περιοχή της Δράμας βρίσκεται στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Η Δράμα κατατάσσεται στις πλουσιότερες περιοχές της Ελλάδας σε ΟΠΥ (Ορυκτές Πρώτες Ύλες). Οι περισσότερες εκμεταλλεύσεις ΟΠΥ γίνονται στην περιοχή του Φαλακρού Όρους. Το Φαλακρό όρος, αποτελείται από τρεις μεγάλες λιθολογικές ενότητες (Χατζηπαναγής, 1991):

- Η ενότητα των γενεσίων του υποβάθρου.
- Η ενότητα λιθολογικών εναλλαγών (σχιστόλιθων – γενέσιων – αμφιβολιτών – μαρμάρων).
- **Η ενότητα μαρμάρων.**

Η ενότητα των μαρμάρων του Φαλακρού παρουσιάζει έκταση περισσότερο από 700 τ.χλμ. και το πάχος της φτάνει τα 1.500 m.. Τα μάρμαρα χωρίζονται σε τρεις σειρές, στην σειρά των ταινιωτών-σιπολινικών μαρμάρων, στην σειρά των δολομιτικών μαρμάρων και στην σειρά των λευκών ασβεστιτικών μαρμάρων (Εικ.1).



Εικόνα 1: Σειρές μαρμάρων που συναντώνται στο Όρος Φαλακρό του Π.Ε. Δράμας (Χατζηπαναγής, 1991)

Μάρμαρα προς εκμετάλλευση στην περιοχή της Δράμας είναι κυρίως τα δολομιτικά και τα δολομιτικά-ασβεστιτικά. Το ποσοστό του δολομίτη σε αυτά κυμαίνεται από 85% έως 97%, ενώ του ασβεστίτη από 3% έως 12%. Ως επουσιώδη ορυκτά



συμμετέχουν: ο χαλαζίας, το πλαγιόκλαστο, ο καλιούχος άστριος , ο μοσχοβίτης και η αμφίβολος, τα οποία χαρακτηρίζονται ως υπέρ-λεπτόκοκκα, με ιστό γρανοβλαστικό, ενώ ο τρόπος σύνδεσης των κρυστάλλων τους είναι τύπου “τριπλά σημεία επαφής” και “λοβοειδής”. Χάρη στην παρουσία του λεπτόκοκκου δολομίτη στην περιοχή εντοπίζονται μάρμαρα λευκού χρώματος. Το τεφρό χρώμα οφείλεται στην κοκκομετρική διαφοροποίηση, καθώς και στην παρουσία οργανικής ύλης (Παπατρέχας Χρήστος, 2011).

Λόγω της υψηλής ζήτησης που παρουσιάζουν τα λευκά μάρμαρα της Δράμας σε παγκόσμιο επίπεδο, η ποσοτική μελέτη της λευκότητας τους και η γεωγραφική μεταβολή της στην περιοχή παρουσιάζούν ιδιαίτερο εμπορικό και ερευνητικό ενδιαφέρον. Για τον λόγο αυτό στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε η μελέτη προσδιορισμού των κύριων ορυκτών φάσεων και η εύρεση των χρωματικών ιδιοτήτων (λευκότητα R457) των μαρμάρων που εμφανίζονται στο Όρος Φαλακρό.



2) ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ



Για την επίτευξη του σκοπού της εργασίας χρειάστηκε να ακολουθήσουν οι παρακάτω διαδικασίες:

- ✚ Δειγματοληψία μαρμάρων από θέσεις λατομικών χώρων της περιοχής της Δράμας.
- ✚ Κοινοποίηση δειγμάτων και τοποθέτηση σε μηχανικό γουδί αχάτη.
- ✚ Τοποθέτηση σε περιθλασίμετρο XRD.
- ✚ Τοποθέτηση σε όργανο μέτρησης παραμέτρων χρώματος.
- ✚ Επεξεργασία δεδομένων.

2.1) Δειγματοληψία μαρμάρων από θέσεις λατομικών χώρων της περιοχής της Δράμας.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία συγκεντρώθηκαν δείγματα μαρμάρου από διάφορα λατομικές εταιρείες του Ν. Δράμας στο Όρος Φαλακρό και συγκεκριμένα από τις περιοχές Βόλακα και Πύργων αντίστοιχα. Ο αριθμός των λατομείων, από τα οποία έγινε η δειγματοληψία είναι επτά (7) (Εικόνα 2). Από κάθε λατομείο ανάλογα με την οπτική μεταβολή της λευκότητας συλλέγονταν 1 – 3 δείγματα του 1 Kg, με τον συνολικό αριθμό των δειγμάτων που συγκεντρώθηκαν να είναι δεκαέξι (16).

Σε κάθε λατομικό χώρο που γινόταν λήψη του δείγματος, γινόταν η μέτρηση των συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ 87 . Στον παρακάτω πίνακα είναι καταγεγραμμένες οι συντεταγμένες και το υψόμετρο από την πλατεία του κάθε λατομικού χώρου που έγινε η λήψη των δειγμάτων:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Θέσεις δειγματοληψίας μαρμάρου από τους λατομικούς χώρους

| ΤΡΕΧΟΥΣΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (ΕΓΣΑ 87) | | | |
|---|------------|-------------|------------|
| | X | Y | ΥΨΟΜΕΤΡΟ m |
| 1: | 506172.544 | 4566376.385 | 1000.26 |
| 2: | 505824.026 | 4566609.969 | 937.29 |
| 3: | 502180.906 | 4569572.855 | 901.72 |
| 4: | 501561.39 | 4573239.37 | 1002.42 |
| 5: | 498573.119 | 4572827.302 | 965.13 |
| 6: | 501838.88 | 4572848.137 | 1057.02 |
| 7: | 502255.52 | 457842.353 | 1201.81 |



Εικόνα 2: Θέσεις δειγματοληψίας στον χάρτη μέσω Google Earth.

2.2) Κονιοποίηση δειγμάτων και τοποθέτηση σε μηχανικό γουδί αχάτη.

Η προετοιμασία και επεξεργασία των δειγμάτων έγινε στον χώρο του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, στον Τομέα Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας.

Σε πρώτο στάδιο έγινε η κονιοποίηση των μαρμάρων και τοποθετήθηκαν σε αεροστεγή σακουλάκια με την μορφή αναφούς σκόνης. Υπό αυτήν την μορφή μπορούν να δοθούν κάποιες πληροφορίες για τις προσμίξεις και τα συνοδά ορυκτά που περιέχονται στο πέτρωμα.

Ο χρόνος κονιοποίησης ενός δείγματος επιδρά στο μέγεθος του κόκκου. Λόγω της διαφορετικής σκληρότητας των ορυκτών, μεγαλύτερη σκληρότητα συνεπάγεται και περισσότερο χρόνο επεξεργασίας κατά την κονιοποίηση. Όσο πιο λεπτόκοκκο είναι ένα δείγμα, τόσο πιο αντιπροσωπευτική είναι η μέτρηση των χρωματικών παραμέτρων.

Στην συνέχεια ελήφθησαν από κάθε δείγμα 100g αναφούς σκόνης και τοποθετήθηκαν το καθένα για 15 λεπτά σε μηχανικό γουδί αχάτη (Εικόνα 3), με αποτέλεσμα η σκόνη να έρθει σε υφή πούδρας, δηλαδή τα δείγματα να γίνουν περισσότερο λεπτόκοκκα. Τέλος τοποθετήθηκαν και πάλι σε αεροστεγή σακουλάκια (Εικόνα 4).



Εικόνα 3: Μηχανικό γουδί αχάτη.



Εικόνα 4: Δείγματα υπο την μορφή σκόνης.



2.3) Περιθλασιμετρία ακτίνων – X (XRD).

Η περίθλαση ακτίνων-X από δείγματα σε μορφή σκόνης, επιτρέπει τον προσδιορισμό της δομής και της σύστασης του δείγματος, το οποίο μπορεί να περιέχει περισσότερες από μία κρυσταλλικές ενώσεις. Μελετώνται στερεά οποιασδήποτε χημικής φύσης όπως απλές και σύνθετες χημικές ενώσεις, κράματα μετάλλων και ορυκτά, οργανικά μόρια και άλλα.

Με το παρόν εξοπλισμό το σύστημα λειτουργεί στη γεωμετρία θ - θ και είναι ικανό να μετρά από ελάχιστη γωνία 1° έως 90° . Τα δείγματα της έρευνας μπορεί να είναι είτε λεπτή σκόνη είτε υμένα. Η δέσμη των ακτίνων-X παράγεται από ειδική λυχνία και μέσω διαφραγμάτων προσπίπτει στο δείγμα, το οποίο βρίσκεται σε ειδική υποδοχή. Η ακτινοβολία που ανακλάται από το δείγμα, αφού περάσει από διαφράγματα, καταλήγει στον ανιχνευτή και καταγράφεται από κατάλληλοπολογιστικό σύστημα. Το διάγραμμα περίθλασης ακτίνων-X αποτελεί την καταγραφή της γωνίας και του αντίστοιχου αριθμού ακτίνων-X που εντοπίστηκαν στην συγκεκριμένη γωνία περίθλασης. Το σύστημα είναι εξοπλισμένο με τη βάση δεδομένων PDF-2 του International Center for Diffraction Data στην οποία υπάρχουν στοιχεία όλων των γνωστών ενώσεων που έχουν μελετηθεί, γεγονός που καθιστά ευνοϊκότερη την ταυτοποίηση των διαφόρων ενώσεων του δείγματος. Επίσης, έχουν εγκατασταθεί προγράμματα διερεύνησης και πιστοποίησης ακτινογραφημάτων που καταγράφονται.



Εικόνα 5: Περιθλασίμετρο ακτίνων X (XRD) του Τομέα Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας

Μορφοποιήθηκε: Αριστερά



2.4) Όργανο μέτρησης παραμέτρων χρώματος.

Το όργανο που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις των δειγμάτων λειτουργεί σύμφωνα με τις εγκεκριμένες μεθόδους της CIE δηλαδή ποσοτικοποιεί και ψηφιοποιεί την εκτίμηση που αντιστοιχεί στο χρώμα που θα αντιλαμβανόταν το ανθρώπινο μάτι. Το μέσο που χρησιμοποιήθηκε είναι το TMI Brightness and Colour Meter (Εικόνα 6) και είναι κατασκευασμένο να μετρά τις χρωματικές παραμέτρους χρώματος μιας επιφάνειας ενός αντικειμένου σύμφωνα με τις προδιαγραφές της CIE και τα ISO τεχνικά πρότυπα. Η συσκευή ανήκει στην εταιρεία OMYA HELLAS.

Για κάθε δείγμα ακολουθήθηκε η ίδια τακτική:

- ✓ Κονιοποιημένο υλικό τοποθετείται στον δακτύλιο όπου στη βάση έχει αφαιρούμενο τζάμι και κάτω βιδωτή βάση.
- ✓ Πάνω από το υλικό τοποθετείται μεταλλικός δίσκος και πιέζεται με την πρέσα.
- ✓ Αφού πακτωθεί το δείγμα αφαιρείται η πρέσα και ο δίσκος και στη θέση του δίσκου τοποθετείται βιδωτό μεταλλικό καπάκι.
- ✓ Απομακρύνεται η βάση και αφαιρείται το τζάμι. Η επιφάνεια υλικού που αποκαλύπτεται είναι η επιθυμητή για τη μέτρηση.



3) ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑ



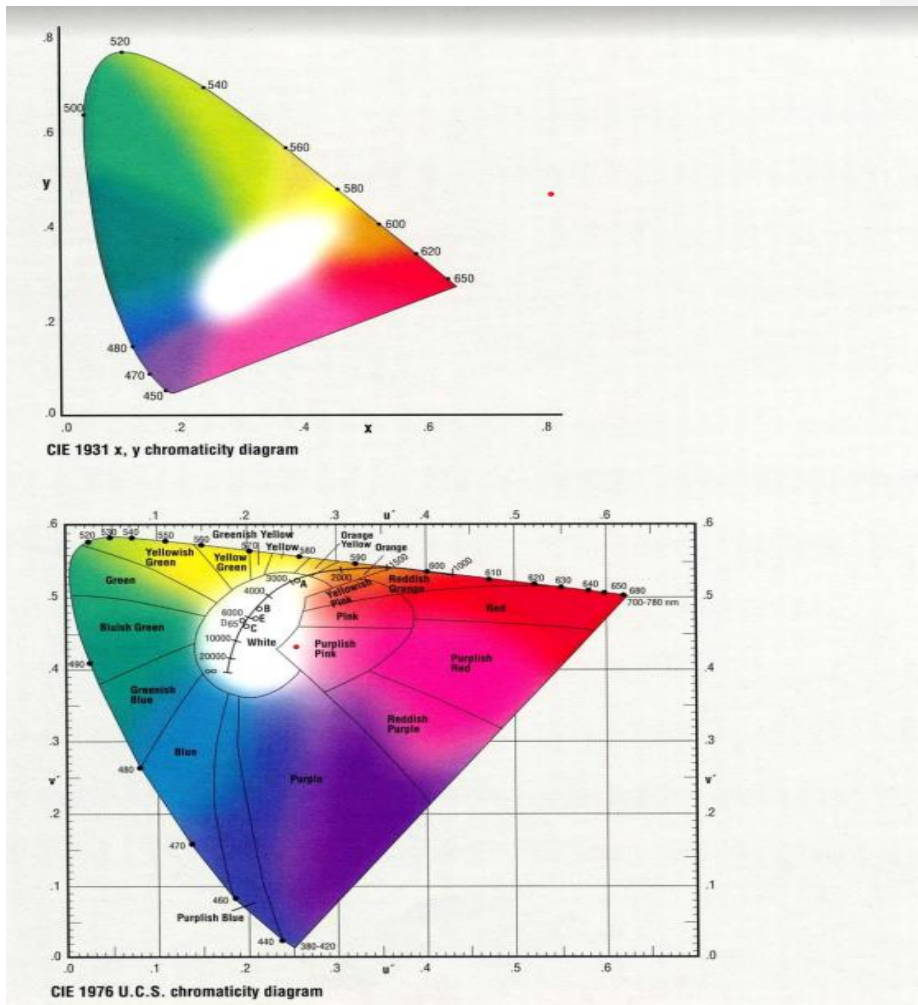
Το χρώμα ανήκει στα βασικά χαρακτηριστικά των ανθρακικών πετρωμάτων. Ως χρώμα χαρακτηρίζεται η φυσική ιδιότητα των σωμάτων και μεταφράζεται ανάλογα το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που αντανακλάται από την επιφάνεια πρόσπτωσης στο ανθρώπινο μάτι, ενώ η χρωματομετρία είναι η επιστήμη που μεταφράζει σε αριθμούς την αντίληψη των ανθρώπων για το χρώμα. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί διαδικασία μετάφρασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του οπτικού ερεθίσματος. Τα παραγόμενα δεδομένα κρίνεται απαραίτητο να είναι κατανοητά στην ευρύτερη επιστημονική κοινότητα. Έτσι θεωρήθηκε αναγκαία η ύπαρξη μιας κοινής γλώσσας με καθορισμένες τιμές και συνθήκες για την αποφυγή συγχύσεων και λήψη ορθών αποτελεσμάτων.

3.1) Τριχρωματικές τιμές X Y Z

Σε αυτή την περίπτωση, τα δεδομένα τοποθετούνται σε ένα τριαξονικό σύστημα, το τριχρωματικό διάγραμμα. Τριχρωματικές τιμές (tristimulus values) εκφράζουν το ανθρώπινο ερέθισμα σε κάποιο χρώμα. Στο τρισδιάστατο χώρο κάθε σημείο του αντιπροσωπεύει ένα χρώμα. Ο όρος τριχρωματικό χρησιμοποιείται διότι με κατάλληλους συνδυασμούς τριών βασικών χρωμάτων συνδυάζονται με κατάλληλο τρόπο ώστε να δώσουν άλλα δευτερεύοντα κάθε φορά (color matching).

Οι τιμές X Y Z (τριχρωματικές) και οι χρωματικές συντεταγμένες x y προκύπτουν απευθείας από το όργανο με την τιμή Y να αποτελεί την φωτεινότητα (lightness) καθώς, επίσης, αντιπροσωπεύει την ανακλαστικότητα και τις συντεταγμένες x y να αντιπροσωπεύουν την χρωματικότητα (chromaticity). Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές x y υπολογίζονται μετά την μέτρηση των τιμών X Y Z. Από τα αποτελέσματα αυτού του υπολογισμού (αποτελέσματα των x y τιμών), καθορίζεται η θέση του μετρήσιμου χρώματος στο διάγραμμα χρωματικότητας όπως επίσης γίνεται γνωστή και η χροιά (hue) και ο κορεσμός (saturation). Η καμπύλη του διαγράμματος σε μορφή γλώσσας

δείχνει το φασματικό τόπο, ο οποίος περιλαμβάνει τα φάσματα όλων των χρωμάτων (από το κόκκινο έως το ιώδες). Το κέντρο της καμπύλης αντιπροσωπεύει την περιοχή του λευκού. Η αλλαγή του κορεσμού του χρώματος διαφαίνεται πηγαίνοντας από το κέντρο προς τις άκρες, από τα πιο αχνά και σκιώδη στα πιο έντονα και βαθιά (Κρικώνα Χριστίνα, 2015).



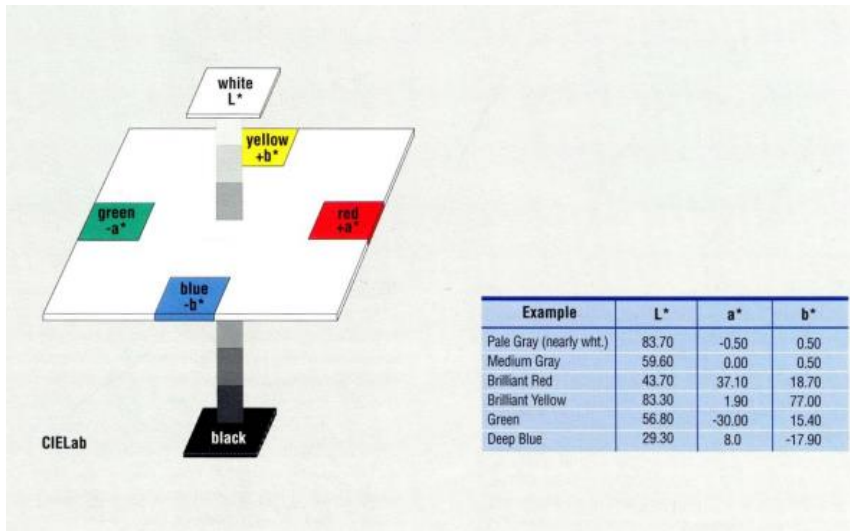
Εικόνα 6: Τριχρωματικός χώρος CIE 1931 και 1976.



3.2) Τιμές L^* a^* b^*

Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, εκτός από τις CIE συντεταγμένες. Στο διάγραμμα χρωματικότητας CIE δεν μπορεί να αντιπροσωπευτεί η διαφορά μεταξύ δυο χρωμάτων με ακρίβεια καθώς η χωρική κατανομή της απόστασης μεταξύ των σημείων δεν αντιστοιχεί στην διαφορά που έχουν τα χρώματα οπτικά.

Η CIE συνέστησε έναν ομοιόμορφο χρωματικό χώρο LAB που αντιπροσωπεύεται από τις τιμές L^* a^* b^* . Αυτό το τρισδιάστατο σύστημα χρησιμοποιεί αυτές τις τιμές ώστε να εκφράσει το χρώμα, με τις τρεις τιμές να αποτελούν τους τρεις άξονες που είναι κάθετοι μεταξύ τους. Η αρχή των αξόνων τοποθετείται στο κέντρο του L^* όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7. Το L εξαρτάται από το Y για αυτό και αντιπροσωπεύει και αυτό τη φωτεινότητα. Η τιμή L^* είναι μηδέν σε ένα μαύρο σώμα που απορροφά τελείως το φως, ενώ είναι 100 για ένα σώμα που αντανακλά εξολοκλήρου το φως (ολόλευκο σώμα).. Επομένως, δημιουργείται μια κλίμακα από το 0 έως το 100 για να γίνει ποσοτικοποίηση του βαθμού φωτεινότητας ενός χρώματος ή του βαθμού της σκοτεινότητας του. Οι a^* και b^* αποτελούν χρωματικούς δείκτες και αντιπροσωπεύουν τις χρωματομετρικές συντεταγμένες στον τρισδιάστατο χώρο χρώματος. Πιο συγκεκριμένα, δείχνουν τις κατευθύνσεις των χρωμάτων, η a^* από το κόκκινο στο πράσινο, ενώ η b^* από το κίτρινο στο μπλε. Η θετική τιμή του a^* αντιπροσωπεύει την ροπή του χρώματος προς το κόκκινο ενώ η αρνητική προς το πράσινο και αντίστοιχα η θετική τιμή του b^* δείχνει την ροπή του χρώματος στο κίτρινο ενώ η αρνητική προς το μπλε (Κρικώνη Χριστίνα, 2015).



Εικόνα 7: Ομοιόμορφος χρωματικός χώρος $L^*a^*b^*$.

3.3) Χρώμα C, απόχρωση H και λευκότητα R457

Σύμφωνα με την CIE του 1976 ο βαθμός κορεσμού των χρωμάτων ενός σημείου του τρισδιάστατου χώρου a^*b^* υποδεικνύεται σε αριθμητική μορφή με το χρωματικό χώρο Lab (χρωματική καθαρότητα) . Ένας δακτύλιος 360° χρησιμοποιείται για να δείξει την γωνία της απόχρωσης στο εν λόγω χρωματικό χώρο. Η γωνία της απόχρωσης του δείγματος εκφάζει την φύση των χρωμάτων. Επίσης, μια ολοκληρωμένη περιγραφή της ποιότητας του χρώματος ενός δείγματος αντιπροσωπεύεται από τη γωνία της τιμής H μαζί με την τιμή της φωτεινότητας. Τέλος η λευκότητα όπως ορίστηκε από την επιτροπή ISO TC6 υποδηλώνεται από την τιμή R457(Κρικώνα Χριστίνα, 2015).



4) ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα μελέτη αναλύθηκαν 16 δείγματα από 7 λατομικούς χώρους του ΒΔ και ΝΔ Φαλακρού. Οι χρωματικοί δείκτες των υπό μελέτη μαρμάρων δίνονται στον πίνακα 2.

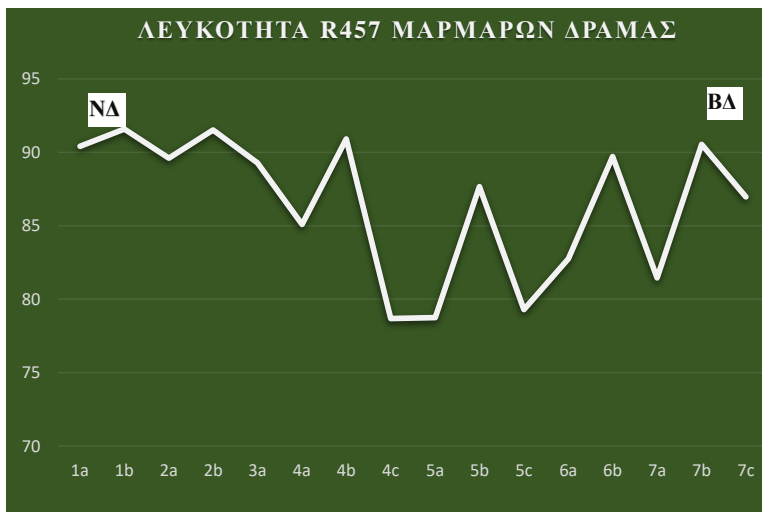
Πίνακας 2: Χρωματικοί δείκτες των υπό μελέτη μαρμάρων

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | Y | R457 | YELLOWNESS | L* | a* | b* |
|-------------------|-------|-------|------------|-------|------|------|
| 1a | 92.58 | 90.4 | 2.81 | 96.94 | 0.08 | 1.46 |
| 1b | 93.34 | 91.58 | 2.28 | 97.28 | 0.04 | 1.19 |
| 2a | 91.92 | 89.6 | 3.04 | 96.66 | 0.1 | 1.57 |
| 2b | 93.21 | 91.51 | 2.2 | 97.22 | 0.1 | 1.13 |
| 3a | 91.45 | 89.28 | 2.87 | 96.48 | 0.1 | 1.48 |
| 4a | 87.46 | 85.09 | 3.3 | 94.79 | 0.28 | 1.6 |
| 4b | 92.82 | 90.9 | 2.47 | 97.06 | 0.05 | 1.29 |
| 4c | 82.04 | 78.68 | 4.96 | 92.37 | 0.52 | 2.32 |
| 5a | 82.93 | 78.75 | 6.22 | 92.69 | 0.78 | 2.88 |
| 5b | 90.95 | 87.66 | 4.38 | 96.2 | 0.34 | 2.18 |
| 5c | 86.92 | 79.28 | 11.01 | 94.16 | 1.72 | 5.09 |
| 6a | 84.74 | 82.76 | 2.81 | 93.65 | 0.18 | 1.37 |
| 6b | 92.46 | 89.7 | 3.56 | 96.86 | 0.11 | 1.85 |
| 7a | 84.59 | 81.45 | 4.46 | 93.53 | 0.22 | 2.22 |
| 7b | 91.54 | 90.53 | 1.31 | 96.58 | 0.01 | 0.69 |
| 7c | 90.12 | 86.96 | 4.21 | 95.88 | 0.12 | 1.57 |

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν πως τα εξεταζόμενα δείγματα στην τιμή R457 παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα με τις τιμές του Y να κυμαίνονται μεταξύ 82,04 (δείγμα 4c) και 93.34 (δείγμα 1b). Ο δείκτης φωτεινότητας L* παρουσίασε μεγαλύτερες τιμές από εκείνες του Y, με διακύμανση από 92,37 (δείγμα 4c) έως 97,28 (δείγμα 1b) . Η παράμετρος του a* εμφανίζει ελάχιστο 0,01 (δείγμα 7b) και μέγιστο 1.72 (δείγμα 5c) και αυτή του b* 0.69 (δείγμα 7b) και 5.09 (δείγμα 5c)

αντίστοιχα. Δεν εντοπίστηκαν αρνητικές τιμές a^* και b^* καθώς στα δείγματα δεν παρατηρείται πράσινη και μπλε απόχρωση αντίστοιχα.

Επομένως, μέσα από τους συντελεστές R457, Y και L, οι οποίοι έχουν υψηλές τιμές δείχνουν πως στην περιοχή μελέτης τα μάρμαρα έχουν υψηλή καθαρότητα, λευκότητα και φωτεινότητα αντίστοιχα. Τα δείγματα (1a – 3a) που πάρθηκαν από την περιοχή Πύργου (ΝΔ κομμάτι του Φαλακρού Όρους) παρουσιάζουν από τις πιο υψηλές τιμές λευκότητας και φωτεινότητας. Τα υπόλοιπα δείγματα (4a – 7c) είναι από την περιοχή του Βόλακα (ΒΔ κομμάτι του Φαλακρού) όπου και εκεί υπάρχουν υψηλές τιμές λευκότητας αλλά οι τιμές a^* και b^* αρχίζουν να έχουν μεγαλύτερες τιμές από ότι στην περιοχή των Πύργων (το δείγμα 5c είναι αυτό που έχει τις μεγαλύτερες τιμές a^* και b^*). Επίσης, παρατηρείται πως στο ΝΔ τμήμα του Φαλακρού που οι τιμές των a^* και b^* είναι πιο σταθερές μεταξύ τους από τον κάθε λατομικό χώρο που μελετήθηκε για αυτό το λόγο και οι συντελεστές R457, Y και L δεν παρουσιάζουν μεγάλη ποσοτική διαφορά. Σε αντίθεση με το ΒΔ τμήμα, στο οποίο σε κάθε λατομικό χώρο υπάρχει διαφορά των a^* και b^* από κάθε δείγμα που αναλύθηκε και επηρεάζει και τους συντελεστές R457, Y και L, οι οποίοι εμφανίζουν ποσοτική διαφορά (Διάγραμμα 1).



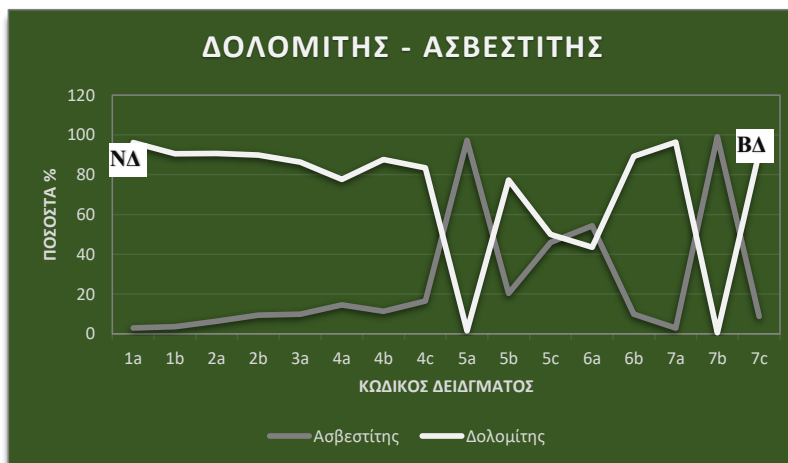
Διάγραμμα 1: Μεταβολή της λευκότητας των μαρμάρων του Όρους Φαλακρού από ΝΔ προς τα ΒΔ.

Πίνακας 3: Ορυκτολογική σύσταση των μαρμάρων του Όρους Φαλακρού.

| ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|
| % | Cc | Do | Pl | Q | Kf | Am | M |
| ΔΕΙΓΜΑ 1a | 3.0 | 96.2 | 0.7 | - | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 1b | 3.6 | 90.5 | 2.1 | - | 2.0 | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 2a | 6.4 | 90.7 | 0.6 | 0.6 | 1.5 | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 2b | 9.5 | 89.9 | - | 0.5 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 3a | 9.91 | 86.4 | 1.4 | - | 2.2 | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 4a | 14.5 | 77.7 | 2.1 | 2.1 | 3.5 | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 4b | 11.3 | 87.6 | 1.0 | - | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 4c | 16.5 | 83.5 | - | - | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 5a | 97.3 | 1.6 | 0.5 | 0.5 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 5b | 20.4 | 77.4 | - | 2.1 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 5c | 46 | 50 | - | 1 | - | 1 | 1 |
| ΔΕΙΓΜΑ 6a | 54.3 | 43.5 | - | 2.0 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 6b | 9.9 | 89.3 | 0.7 | - | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 7a | 2.9 | 96.4 | 0.5 | 0.1 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 7b | 99.1 | 0.5 | - | 0.2 | - | - | - |
| ΔΕΙΓΜΑ 7c | 8.9 | 91.1 | - | - | - | - | - |

Με βάση τα αποτελέσματα που βγήκαν από την περιθλασιμετρία των ακτίνων Χ, προκύπτει πως η περιοχή που εξετάστηκε αποτελείται κυρίως από δολομιτικά μάρμαρα. Τα μάρμαρα του Ν. Δράμας αποτελούνται κυρίως από δολομίτη και ασβεστίτη σαν κύρια ορυκτά, ενώ σαν επουσιώδη ορυκτά υπάρχουν ο χαλαζίας, πλαγιόκλαστο, καλιούχος άστριος, αμφίβολος και μοσχοβίτης.

Στο ΝΔ τμήμα (κοντά στην περιοχή Πύργοι) παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά δολομίτη με τιμές από 86,4 – 96,2, που το καθιστούν κύριο ορυκτό, ενώ τον ασβεστίτη σαν δευτερεύον ορυκτό, με τιμές από 3,0- 9,91. Ενώ στο ΒΔ τμήμα (κοντά στην περιοχή Βόλακα) εντοπίζονται μάρμαρα που έχουν και τον δολομίτη και τον ασβεστίτη σαν κύρια ορυκτά με τα ποσοστά τους να είναι σε σχετικά πιο κοντινές τιμές, όπως στα δείγματα 5c και 6a. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον εντοπίζεται στον λατομικό χώρο 7, όπου παρατηρείται πως και ο δολομίτης και ο ασβεστίτης εντοπίζονται με μεγάλη διακύμανση σε διαφορετικά δείγματα, με τον δολομίτη στα δείγματα με κωδικούς 7a και 7c να έχει ποσοστά 96,37 και 91,15 αντίστοιχα και χαμηλά ποσοστά ασβεστίτη, ενώ το δείγμα 7b έχει το μεγαλύτερο ποσοστό ασβεστίτη (99,1) και χαμηλό ποσοστό δολομίτη.



Διάγραμμα 2: Ποσοτική μεταβολή του δολομίτη και ασβεστίτη

Από την ορυκτολογική σύσταση μπορούν εύκολα να επιβεβαιωθούν και τα αποτελέσματα των μετρήσεων των χρωματικών παραμέτρων. Στο ΝΔ Φαλακρό που αποτελείται κυρίως από δολομίτη βλέπουμε και ότι και οι παράμετροι της λευκότητας R457, Y και L να έχουν υψηλές τιμές, αλλά και τις παραμέτρους a* και b* να έχουν χαμηλά και σταθερά ποσοστά. Σε αντίθεση με το ΒΔ τμήμα που παρατηρείται και δολομιτικό και ασβεστιτικό μάρμαρο, οι συντελεστές R457, Y και L μειώνονται ελάχιστα και οι παράμετροι a* και b* επηρεάζουν το χρώμα του μαρμάρου.



Εικόνα 8: Μάρμαρα του ΒΔ Φαλακρού

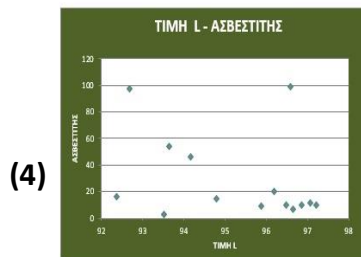
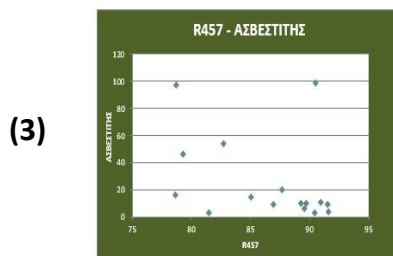
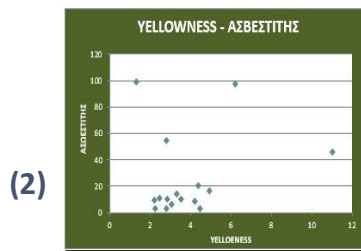
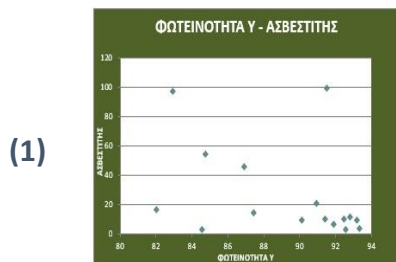


Εικόνα 9: Μάρμαρα του ΝΔ Φαλακρού



Συγκεντρωτικά, από τον συνδυασμό των μεθόδων περιθλασιμετρίας με ακτίνες X και των χρωματικών παραμέτρων βγαίνει το συμπέρασμα ότι, στα λατομεία του ΒΔ Φαλακρού συναντώνται δολομιτικά μάρμαρα, κυρίως με λευκού χρώματος με καφέ έως ερυθρωπές ταινίες (Εικόνα 8). Στα λατομεία του ΝΔ Φαλακρού εξορύσσονται λευκά και ταινιωτά δολομιτικά μάρμαρα (Εικόνα 9). Επίσης, υπάρχουν έρευνες που αναφέρουν πως στο ΝΑ τμήμα του Φαλακρού αποτελείται από ασβεστιτικούς τύπους μαρμάρων, αλλά για εμπορικούς λόγους οι λατομικές επιχειρήσεις επιλέγουν να εκμεταλλεύονται δολομιτικά και όχι τόσο ασβεστιτικά μάρμαρα.

4.1) Διαγράμματα διασποράς χρωματικών δεικτών & κύριων ορυκτών



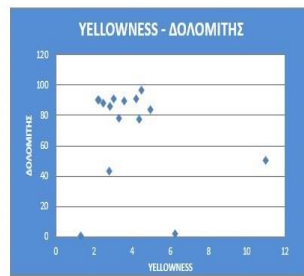
Εικόνα 10: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ & ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ

1. X: ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ Υ – Y: ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
2. X : YELLOWNESS - Y: ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
3. X: R457 - Y: ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ
4. X : ΤΙΜΗ L - Y: ΑΣΒΕΣΤΙΤΗΣ

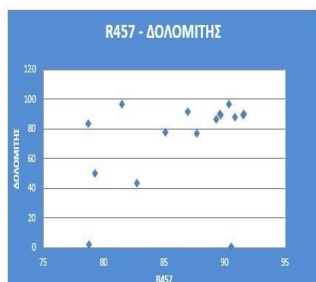
(1)



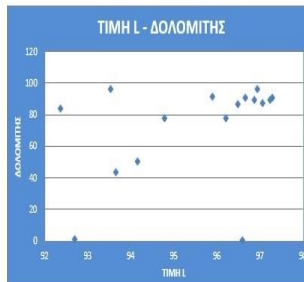
(2)



(3)



(4)



Εικόνα 11: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ & ΔΟΛΟΜΙΤΗ

1. : ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ Υ – Υ: ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ
2. X : YELLOWNESS - Y: ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ
3. X: R457 - Y: ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ
4. X : ΤΙΜΗ L - Y: ΔΟΛΟΜΙΤΗΣ

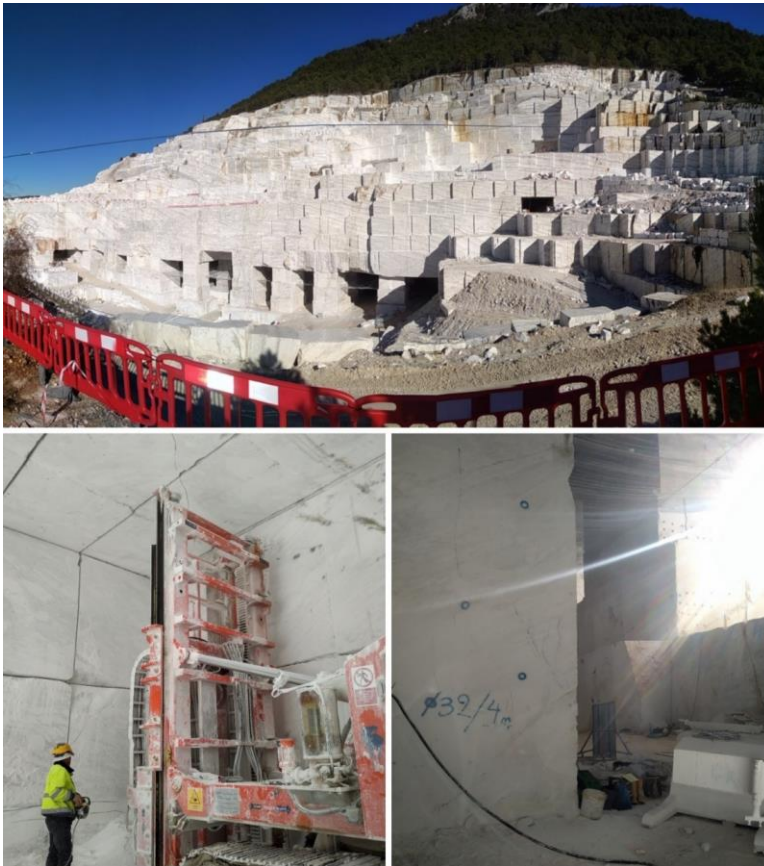


Συμπερασματικά, από τα διαγράμματα διασποράς των χρωματικών δεικτών με τα κύρια ορυκτά των μαρμάρων του νομού Δράμας προκύπτει ότι με την παρουσία δολομίτη οι χρωματικοί δείκτες των μαρμάρων αυξάνονται με αποτέλεσμα να αυξάνεται και η λευκότητα του μαρμάρου. Σε αντίθεση από τα διαγράμματα διασποράς με την παρουσία ασβεστίτη βγαίνει το συμπέρασμα πως όσο πιο υψηλό ποσοστό του υπάρχει, τόσο πιο χαμηλό είναι το ποσοστό χρωματικών δεικτών, άρα και πιο χαμηλά τα ποσοστά της λευκότητας.



5) ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΔΡΑΜΑΣ

Οι λατομικές επιχειρήσεις μαρμάρων του Ν. Δράμας απασχολούν χιλιάδες κατοίκους της περιοχής. Τα περισσότερα λατομεία έχουν τις δικές τους θυγατρικές επιχειρήσεις και εξάγουν τα προϊόντα μαρμάρου που παράγουν. Απευθύνονται κυρίως στην Κίνα, Ιαπωνία, Σιγκαπούρη και σε δεύτερο στάδιο στην Ευρώπη και ΗΠΑ. Τα τελευταία χρόνια οι λατομικές επιχειρήσεις πέρα από την επιφανειακή εκμετάλλευση των μαρμάρων, καθιέρωσαν ένα νέο και καινοτόμο τύπο εκμετάλλευσης, την υπόγεια εξόρυξη. (Εικόνα 12)



Εικόνα 12: Υπόγεια εξόρυξη

Ημίλευκα Ανατολικού Φαλακρού

Μεταξύ Ξηροποτάμου, Βαθύλακκου, Δενδρακίων, Μακρυπλαγίου και Μοναστηρακίου Δράμας υπάρχουν ρυθμικά επαναλαμβανόμενοι ορίζοντες, πάχους 4-5 m, και αποτελούνται από μεσόκοκκο έως, χονδρόκοκκο τεφρό λευκό μάρμαρο με διάσπαρτες σκουρόχρωμες «πιτσιλιές» ασβεστίτη και υπερλεπτόκοκκο γραφίτη. Αποτελεί τον παλαιότερο ποιοτικό – εμπορικό τύπο που εξορύσσονταν στην περιοχή. Στην ανατολική πλευρά του όρους Φαλακρού λειτουργούν 8 από τα περισσότερα από 250 λατομεία με ετήσια παραγωγή 11.500 m³ ογκομάρμαρα. Η αξία του εξορισσόμενου υλικού είναι χαμηλή (250-400 €/m³). Το σύνολο των παραγόμενων όγκων μαρμάρου είναι της τάξης των 350.000 m³ (Βουγιούκας & Χατζηπαναγής, 2006). **Λευκό Πύργων** Στις νότιες παρυφές του όρους Φαλακρού, στην περιοχή των Πύργων, εμφανίζεται λεπτόκοκκο δολομιτικό μάρμαρο λευκού χρώματος με σποραδικές παρεμβολές τεφρών νησίδων ασβεστιτικού μαρμάρου. Η ετήσια παραγωγή σε ογκομάρμαρα είναι ~4.000 m³ ενώ η συστηματική εκμετάλλευση στην περιοχή άρχισε πρόσφατα με τρία λατομεία. Τα αποθέματα της περιοχής δεν είναι γνωστά, ωστόσο υπάρχει εκτίμηση για αρκετές δεκάδες χιλιάδες m³. Η εμπορική του αξία κυμαίνεται μεταξύ 400 €/m³ και 750 €/m³ (Βουγιούκας & Χατζηπαναγής, 2006).



Εικόνα 13: Λατομείο στην περιοχή Πύργων.

Λευκό Βόλακα

Στην περιοχή του Βόλακα τα μάρμαρα διακρίνονται ως δολομιτικά με παρεμβολές ασβεστιτικού μαρμάρου και η ετήσια παραγωγή ανέρχεται στα 60.000 m³. Οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 300€/m³ και 800€/m³ για τα ποικιλόχρωμα ριγωτά και ταινιωτά και μεταξύ 200 €/ m³ και 500 €/ m³ για τα σκουρόχρωμα ριγωτά (Βουγιούκας & Χατζηπαναγής, 2006).



Εικόνα 14: Λατομεία στην περιοχή Βόλακα.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η περιοχή της Δράμας έχει κυρίαρχη θέση στην εκμετάλλευση βιομηχανικών ορυκτών, κυρίως μαρμάρου, τα οποία παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον τόσο για την τοπική κοινωνία, όσο και για την ίδια την χώρα.

Η παρούσα εργασία σχετίζεται τόσο με την ορυκτολογική σύσταση, όσο και με την λευκότητα που παρουσιάζουν τα μάρμαρα στο Όρος Φαλακρό του Ν. Δράμας. Οι περιοχές που εξετάστηκαν ανήκουν στο ΒΔ και ΝΔ τμήμα του Φαλακρού, καθώς εκεί υπάρχουν και οι περισσότεροι λατομικοί χώροι για να γίνει η λήψη δειγμάτων μαρμάρων.

Οι τρόποι έρευνας της ορυκτολογικής σύστασης και της λευκότητας έγιναν με χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων Χ και με συσκευή μέτρησης παραμέτρων χρώματος, αντίστοιχα.

Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, βγήκε το συμπέρασμα πως η περιοχή της Δράμας αποτελείται κατά κύρια βάση από λευκά δολομιτικά και δολομιτικά – ασβεστιτικά μάρμαρα. Στο ΝΔ τμήμα του φαλακρού (Περιοχή Πύργων) εξορύσσονται λευκά και ταινιωτά δολομιτικά μάρμαρα με σπαραδικές παρεμβολές ασβεστίτη, ο οποίος προσδίδει αυτή την απαλή γρίζα νεφελίωση στο λευκό μάρμαρο. Στο ΒΔ τμήμα (περιοχή Βόλακα) εκμεταλλεύονται κυρίως δολομιτικά μάρμαρα με παρεμβολές ασβεστιτικού μαρμάρου με καφέ ή ερυθρωπές αποχρώσεις. Στο ΝΑ τμήμα του Φαλακρού από άλλες μελέτες που έχουν γίνει φαίνεται πως υπάρχει ασβεστιτικό μάρμαρο με πιο γκρίζα απόχρωση.

Οι λατομικές επιχειρήσεις για εμπορικούς και ποιοτικούς κυρίως λόγους επιλέγουν την εξόρυξη πιο λευκών μαρμάρων και για αυτό το λόγο επιλέγεται η διάνοιξη των λατομικών χώρων να γίνει σε περιοχές, όπως στο ΒΔ και ΝΔ Φαλακρό, που υπάρχει περισσότερο δολομιτικό μάρμαρο .



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Chatzipanagis I. and Vougioukas D., 2004. The significance of the lithostratigraphy position and tectonic deformation for the location and the exploitation of the dolomitic marbles of Falacron mountain. Bulletin of the Geological Society of Greece. Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004.
- Hellenic Marble Directory, 1997. Hellenic Export Promotion Organization, Athens, Greece.
- Wyszecki G. and Stiles W.S., 2000. Color science: concepts and methods, quantitative data and formulae, 2nd edition. J. Willey & Sons, New York.
- Γεωργακάκη Μ.Ν., 2018. Τα βιομηχανικά ορυκτά και πετρώματα της Ανατολικής Μακεδονίας, με έμφαση στην Π.Ε. Δράμας. Πτυχιακή εργασία Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Τμήμα γεωλογίας ΑΠΘ Θεσσαλονίκη 2018.
- Δηλγεράκη Ζ. 2014. Μελέτη πετρογραφικών και φυσικομηχανικών ιδιοτήτων μαρμαροφόρων κοιτασμάτων από περιοχές των Νομών Δράμας και Σερρών. Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας, Πάτρα 2014.
- Κρικώνα Χριστίνα, 2015. Χρωματικοί δείκτες ανθρακικών πετρωμάτων. Πτυχιακή εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Τμήμα γεωλογίας ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη 2015.
- Παπατρέχας Χ., 2011. Συσχέτιση φυσικομηχανικών ιδιοτήτων με το κοκκομετρικό μέγεθος και την ορυκτολογική σύσταση των ανθρακικών πετρωμάτων της Ανατολικής Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη 2011.
- Χατζηπαναγής Ι. και Βουγιούκας Δ., 2005. Τα μάρμαρα της Ανατολικής Μακεδονίας. Βασικοί παράγοντες που χαρακτηρίζουν την εμπορικότητά τους σαν διακοσμητικά πετρώματα. Ποιότητες-Τιμές-Αποθέματα. 2ο Συνέδριο της Επιτροπής Οικονομικής Γεωλογίας, Ορυκτολογίας και Γεωχημείας, Θεσσαλονίκη Οκτώβριος 2005.
- Χατζηπαναγής Ι., 1991. Η γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του όρους Φαλακρού. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό. Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών. Αθήνα 1991

Εικόνες 2-3-4-8-9-10-11-12-13-14: Προσωπικό φωτογραφικό αρχείο.