

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Εφαρμογή του μαρμάρου σε Αρχαίους Ναούς



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:

Γεωργαλά Μαρία

Μπατζάκη-Γκολφινόπουλου Λίνα



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Παναγιώτης Κακαβάς

ΠΑΤΡΑ 2011

Περίληψη της Πτυχιακής εργασίας

Τα Ελληνικά μάρμαρα είναι γνωστά σε όλο τον κόσμο γιατί έχουν ταυτιστεί με τα αριστουργήματα της γλυπτικής και της αρχιτεκτονικής της αρχαίας Ελλάδας, με έργα τέχνης μοναδικά και ανεπανάληπτα, που συνεχίζουν μέσα στους αιώνες να αποσπούν τον παγκόσμιο θαυμασμό. Στην αρχαία Ελλάδα η χρήση του μαρμάρου ήταν ευρύτατη. Από τα βάθη των αιώνων οι Έλληνες γλύπτες και αρχιτέκτονες ανακάλυψαν ότι η πέτρα και το μάρμαρο ήταν δομικά υλικά με ξεχωριστή γοητεία, που με την ομορφιά τους είχαν την δυνατότητα να μετατρέπουν τις άψυχες κατασκευές σε έργα τέχνης. Και επέλεξαν το μάρμαρο για να εκφράσουν πάνω του την αίγλη του πολιτισμού της αρχαίας Ελλάδας.

Στην εργασία μας θα ασχοληθούμε με την ιστορία του μαρμάρου στο πέρασμα των αιώνων, καθώς και με την τεχνολογία του μαρμάρου ξεκινώντας από την λάξευση του, την τοποθέτηση του στους αρχαίους ελληνικούς ναούς, την *διαστασιολόγηση* των μαρμάρων αλλά και με τις διάφορες ονοματολογίες και τις ιδιότητες του υλικού.

Ως προς τα μνημεία, θα ασχοληθούμε με τη χρήση του μαρμάρου σε ναούς όπως, ο ναός του Επικούριου Απόλλωνα στις Βάσσειες, ο ναός της Αγίας Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη κ.α..

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ:

Γεωργαλά Μαρία

Μπατζάκη-Γκολφινόπουλου Λίνα

Ευχαριστούμε όλους όσους μας βοήθησαν και ιδιαίτερα τον καθηγητή μας κ. Κακαβά που με την εμπειρία και τις παρατηρήσεις του βοήθησε στη βελτίωση και την καλύτερη παρουσίαση της εργασίας αυτής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη της Πτυχιακής εργασίας	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	12
ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΜΑΡΜΑΡΑ	12
➤ Μάρμαρο	12
➤ Τέχνη του μαρμάρου	15
➤ Εφαρμογές του μαρμάρου στη γλυπτική	15
➤ Η Θάσος	19
➤ Η Αττική	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	23
ΤΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΕΞΟΡΥΞΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ	23
➤ Η απόσχιση από το μητρικό πέτρωμα	24
➤ Η Γωνίαση του όγκου	26
➤ Εργαλεία κατεργασίας μαρμάρου	27
➤ Ανατροπή μαρμάρινων όγκων	29
➤ Μεταφορά από το λατομείο	30
➤ Αρχαία Βαρούλκα	34
➤ Λιθαγωγία και Ανάβαση στον Ιερό Βράχο (περίπτωση Ακρόπολης)	36
➤ Το σύστημα των αντίσταθμων αμαξών	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	39
ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ - ΓΝΩΣΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ	39
➤ Εισαγωγικά στοιχεία	39
➤ Το πεντελικό μάρμαρο (Bianco Di Pendeli)	40
➤ Το μάρμαρο της Θάσου	42
➤ Το μάρμαρο της Νάξου (Marmo Di Naxos)	45
➤ Ο λυχνίτης της Πάρου (Marmo Grecheto Duro)	45

	4
➤ Το μάρμαρο της Πάρου (Marmo Pario).....	46
➤ Το μάρμαρο του Υμηττού (Marmo Imetto Antico).....	47
➤ Το μάρμαρο της Αγριλέζας (Marmo Di Agrileza).....	48
➤ Το μάρμαρο της Κέρκυρας (Selenite Di Corfu).....	48
➤ Το μάρμαρο της Λακωνίας (Marathon De Grece).....	48
➤ Το μάρμαρο της Κορίνθου (Marmo Giallo Tigrato Antico).....	49
➤ Το μάρμαρο της Ολυμπίας (Marmo Greco Duro Antico).....	49
➤ Το μάρμαρο της Λέσβου (Marmo Greco Giallognolo).....	49
➤ Το μάρμαρο του Ταΐναρου (Marmo Nepo Antico).....	50
➤ Το μαύρο της Χίου (Marmo Africano Antico).....	50
➤ Το μάρμαρο της Ρόδου (Marmo Giallo E Nero Antico).....	51
➤ Το ροζ της Ηπείρου (Rose Epire).....	51
➤ Το κόκκινο της Ερέτριας (Rosso Di Eretria).....	52
➤ Το κόκκινο της Χίου (Brecffiato Rosso Antico).....	53
➤ Τα μάρμαρα της Σκύρου (Skyros Marmor).....	53
➤ Το σιπολίνο της Καρύστου (Marmo Cipollino Antico).....	55
➤ Το πράσινο της Λάρισσας (Verde Antico Di Larissa).....	56
➤ Ποικιλίες μαρμάρων Ελλάδος.....	58
➤ Μάρμαρα άλλων χωρών.....	60
➤ Ελληνικά και ξένα μνημεία και κτίρια.....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	64
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ 40 ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ.....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	74
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.....	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	79
ΝΑΟΣ ΤΩΝ ΒΑΣΣΩΝ.....	79
➤ Γενικά.....	79
➤ Αρχιτεκτονική και διάκοσμος.....	81

➤ Οι αναστηλωτικές εργασίες.....	84
➤ Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του ναού.....	85
➤ Σηκός.....	87
➤ Στέγη.....	87
➤ Άδυτο.....	88
➤ Θεμελίωση.....	88
➤ Προσανατολισμός του ναού.....	89
➤ Χρονολόγηση και συσχέτιση με άλλους ναούς.....	89
➤ Σύντομη αναφορά στο ναό της Αγίας Σοφίας (Κωνσταντινούπολη).....	91
➤ Αρχιτεκτονική.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	95
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΟΓΚΩΝ.....	95
➤ Κιονόκρανα.....	95
➤ Ρυθμοί.....	96
➤ Αιολικός ρυθμός.....	98
➤ Κρηπίδα.....	99
➤ Στερεοβάτης.....	100
➤ Οι λαβές για την ανύψωση των λίθων.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	108
Η ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ.....	108
➤ Γενικά.....	108
➤ Μελέτες.....	108
➤ Προσομοιώσεις σεισμού.....	110
➤ Σεισμική συμπεριφορά των κίωνων.....	112
➤ Επίλογος.....	114
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 ^ο	116
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	116
➤ Εισαγωγή.....	116

➤ A. Μικροσκοπική εξέταση	116
➤ Έκθεση μικροσκοπικής εξέτασης πετρώματος.....	122
➤ B. Χρώση των ορυκτών	123
➤ Γ. Διαχωρισμός των ορυκτών	124
➤ Δ. Ακτινογραφική εξέταση.....	125
➤ Ακτινογραφική ανάλυση – Περιθλασίμετρο	127
➤ E. Χημική ανάλυση.....	129
➤ Η συμβολή των γεωχημικών τεχνικών στην αρχαιολογία	131
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	136
Βιβλιογραφία - Internet.....	149

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Φυσικό (ακατέργαστο) μάρμαρο.....	12
Εικόνα 2 Τεχνητό μάρμαρο τοποθετημένο σε δάπεδο	14
Εικόνα 3 Η Φτερωτή Νίκη της Σαμοθράκης	16
Εικόνα 4 Η Αφροδίτη της Μήλου	16
Εικόνα 5 Μαρμάρινο άγαλμα.....	17
Εικόνα 6 Μαρμάρινα στοιχεία αποθηκευμένα σε αρχαιολογικό χώρο	18
Εικόνα 7 Οι μαρμάρινοι κίονες της Ακρόπολης	19
Εικόνα 8 Μαρμάρινη επένδυση σε εξώπορτες	20
Εικόνα 9 Λατομείο μαρμάρου	23
Εικόνα 10 Η εξόρυξη του μαρμάρου.....	24
Εικόνα 11 Η αποκόλληση	26
Εικόνα 12 Η γωνίαση του όγκου.....	27
Εικόνα 13 Εργαλεία επεξεργασίας μαρμάρου.....	28
Εικόνα 14 Η ανατροπή του μαρμάρινου όγκου	29

Εικόνα 15	Ο μαρμάρινος όγκος δέχεται επιπλέον κατεργασία ώστε να αποκτήσει σταδιακά μία νέα γεωμετρική μορφή κατά το δυνατόν πιο κοντά σ' αυτή του αρχιτεκτονικού μέλους για το οποίο προορίζεται.	30
Εικόνα 16	Η φόρτωση του όγκου.	30
Εικόνα 17	Η μετακίνηση του μαρμάρινου όγκου	31
Εικόνα 18	Μετακίνηση μαρμάρινου όγκου με απλή περιέλιξη του σκοινιού σε διαδοχικούς πασσάλους, πακτωμένους στις πλευρές της οδού.	32
Εικόνα 19	Ο μαρμάρινος όγκος φορτώνεται στην τετράκυκλη άμαξα.	32
Εικόνα 20	Ο μαρμάρινος όγκος μεταφέρεται στην τετράκυκλη άμαξα.	33
Εικόνα 21	Τρόπος μεταφοράς μέσω θαλάσσης	33
Εικόνα 22	Ελαφρύ τύπου βαρούλκο αγκυρωμένο (με το λεπτότερο σχοινί) σε ισχυρό πάσσαλο. Το ελκτικό σχοινί προσφύεται στον εργατοκύλινδρο μέσω τεσσάρων περιελίξεων.	34
Εικόνα 23	Αριστερά: Το ανώφλιο του «θησαυρού του Μινύου» στον Ορχομενό. Φάσεις της παραμόρφωσης (πρώτα η κάτω επιφάνεια), της μεταφοράς (οι σωζόμενες αποτμήσεις γωνιών μαρτυρούν περιδεδση και έλξη με ισχυρά σχοινιά) και της τελικής μόρφωσης μετά την τοποθέτηση. Δεξιά: Βαρούλκο.	34
Εικόνα 24	Το βαρούλκο της εικόνας 23 σε λειτουργία: 2 και 3, πάσσαλος και σχοινί αγκύρωσης· 4, εργατοκύλινδρος· 5, μοχλοί ή σκυτάλες· 6' και 6", ενεργό και άτονο μέρος του ελκτικού σχοινιού· 7, φορείο του ελκτικού σχοινιού· 8, ρυθμιστής της πρόσφυσης του σχοινιού στον εργατοκύλινδρο· 9, αποθηκάριος του σχοινιού· 10, εργάτες περιστροφής. Σχήμα 3 (κάτω δεξιά): Η περιστροφή γίνεται μέσω μοχλών (οι επιφραφικώς μαρτυρημένες σκυτάλες) κάθετων προς τον άξονά του. Με ωφέλιμο μήκος μοχλού δεκαπλάσιο του αθροίσματος της διαμέτρου του σχοινιού, η εισαγόμενη στο άκρον του δύναμη εξέρχεται στο σχοινί εικοσαπλασιασμένη.	35
Εικόνα 25	Παρθενών, αναπαράσταση της τοποθέτησης του ακρωτηρίου της ΝΑ γωνίας του κτιρίου με γερανό. Ο διπλός γερανοβραχίων (δίκωλος μηχανή) είναι κινητός παραλλήλως προς το κτίριο (χάρης σε κύλιστρα και τροχιές κάτω από την βάση του), αλλά και προς το κτίριο χάρις στους επιτόνους (σχοινιά και πολύσπαστα) που συνδέουν την κορυφή του με το οπίσθιο άκρον της βάσεως (όπου και το ακραίο αντίβαρο- μάλλον κάποιοι απ' τους σπονδύλους που αχρηστεύθηκαν κατά την περσική εισβολή). Το ανυψούμενο βάρος (3.800 χγρ.) αντισταθμίζεται από την δύναμη έξι εργατών (120 χγρ.), η οποία πολλαπλασιάζεται έως 12 φορές λόγω του μήκους των μοχλών και εν συνεχεία σχεδόν τρεις φορές λόγω των τροχαλιών του τρισπάστου.	36
Εικόνα 26	Λιθαγωγία και ανάβαση σε βράχο.....	37
Εικόνα 27	Τελειοποίηση λάξευσης μαρμάρινου όγκου.....	38
Εικόνα 28	Ο Παρθενώνας.....	39
Εικόνα 29	Αρχαιολογικός χώρος.....	39

Εικόνα 30	<i>Οι μαρμάρινοι κίονες του Παρθενώνα</i>	40
Εικόνα 31	<i>Μαρμάρινη λεπτομέρεια</i>	41
Εικόνα 32	<i>Μάρμαρο Θάσου</i>	42
Εικόνα 33	<i>Αναπαράσταση της βασίλισσας Αρσινόης και του συζύγου της πάνω σε θασίτικο μάρμαρο</i>	44
Εικόνα 34	<i>Μαρμάρινοι κίονες</i>	46
Εικόνα 35	<i>Η Υγεία</i>	55
Εικόνα 36	<i>Κύριες μαρμαροφόρες περιοχές Ελλάδος (Ι.Γ.Μ.Ε., 1995).</i>	57
Εικόνα 37	<i>Εσωτερικό του ναού</i>	80
Εικόνα 38	<i>Κάτοψη του ναού</i>	81
Εικόνα 39	<i>Θραύσμα μετόπης με απεικόνιση Αμαζόνας. Εκτίθεται στο Βρετανικό Μουσείο</i> ...	81
Εικόνα 40	<i>Θραύσμα ποδιού από κολοσσιαίο άγαλμα που βρέθηκε στις Βάσσειες. Εκτίθεται στο Βρετανικό Μουσείο</i>	82
Εικόνα 41	<i>Άποψη της εξωτερικής δωρικής κιονοστοιχίας του ναού</i>	82
Εικόνα 42	<i>Εξωτερική άποψη του ναού</i>	83
Εικόνα 43	<i>Το εξωτερικό του ναού το 1985 πριν την τοποθέτηση του στεγάστρου</i>	84
Εικόνα 44	<i>Εξωτερική άποψη του ναού με το προστατευτικό στέγαστρο που τον καλύπτει</i>	84
Εικόνα 45	<i>Αναλυτική κάτοψη</i>	85
Εικόνα 46	<i>Άποψη της Ανατολικής πλευράς του Ναού του Επικούριου Απόλλωνος</i>	86
Εικόνα 47	<i>Μέρος του σηκού</i>	87
Εικόνα 48	<i>Ναός Επικούριου Απόλλωνα</i>	89
Εικόνα 49	<i>Ο σηκός του ναού από Νότο</i>	90
Εικόνα 50	<i>Εσωτερικό του ναού</i>	90
Εικόνα 51	<i>Τομή στο δυτικό πτερό και στην προέκταση του σηκού, έφερε στο φώς σε βάθος 1.19μ. τοίχο από επίπεδους απελέκτους που είναι παράλληλος με τον τοιχοβάτη του σηκού. Ο τοίχος αυτός παρουσιάζει εξωτερικά καλοχτισμένο πρόσωπο ενώ εσωτερικά η επιφάνεια είναι ανώμαλη· ίσως δεν ήταν έτσι αρχικά και παραμορφώθηκε όταν ανοίχτηκε η τάφος θεμελίωσης του στερεοβάτη του σηκού.</i>	91
Εικόνα 52	<i>Η Αγία Σοφία σήμερα</i>	91
Εικόνα 53	<i>Διαμήκης τομή</i>	92

Εικόνα 54	<i>Εγκάρσια τομή</i>	92
Εικόνα 55	<i>Εσωτερικό Αγίας Σοφίας</i>	93
Εικόνα 56	<i>1) Σχεδιαστική αναπαράσταση του Ιερού του Αμυκλαίου Απόλλωνα, 2) Μαρμάρινη διακόσμηση του θρόνου, 3) Τμήμα της μαρμάρινης σίμης του θρόνου, 4) Τα λεοντοπόδαρα από το θρόνο του θεού</i>	95
Εικόνα 57	<i>Ένδειξη κιονόκρανου - αρχιτεκτονική</i>	96
Εικόνα 58	<i>Ιωνικό κιονόκρανο</i>	97
Εικόνα 59	<i>Κορινθιακό κιονόκρανο</i>	97
Εικόνα 60	<i>Αιολικός ρυθμός</i>	98
Εικόνα 61	98
Εικόνα 62	<i>Το κορινθιακό κιονόκρανο του Επικούριου Απόλλωνα (σχέδιο H. von Hallerstein).</i>	99
Εικόνα 63	<i>Κρηπίδωμα στον ναό του Ποσειδώνα στο Σούνιο</i>	99
Εικόνα 64	<i>Θεμέλιο αρχαίου ελληνικού ναού. 1) κίονας, 2) τοίχος του ναού, 3) στυλοβάτης ή τοιχοβάτης, 4) στερεοβάτης, 5) ευθυντηρία, 6) κρηπίδωμα</i>	100
Εικόνα 65	<i>Βάση κίονα</i>	100
Εικόνα 66	<i>Βάση κίονα στο Ιερό του Απόλλωνα</i>	101
Εικόνα 67	<i>α) Παρθενών, βόρειες μετόπες. Οριζόντιες αύλακες ανάρτησης αντιθήματος,</i>	101
Εικόνα 68	<i>Απεικόνιση συστημάτων υποδοχής των σχοινιών αναρτήσεως</i>	102
Εικόνα 69	<i>Ενώσεις με σιδερένιο σύνδεσμο</i>	103
Εικόνα 70	<i>Σύνδεσμος από τον νότιο τοίχο της ανατολικής στοάς των Προπυλαίων. Κατά την παραμόρφωση του τοίχου ο σιδερένιος σύνδεσμος έσπασε με αποτέλεσμα το μάρμαρο να διατηρήσει την ακεραιότητα του.</i>	104
Εικόνα 71	<i>Αριστερά: α) Τοποθέτηση του πόλου μέσα στο κάτω ήμισυ του εμπολίου. β) ο τόρμος στον άξονα του σφονδύλου για την τοποθέτηση του εμπολίου. Διακρίνεται η επιγραφή που ορίζει ακριβώς τη θέση του σφονδύλου στο κτίριο των Προπυλαίων. Οι δύο εγκοπές αριστερά και δεξιά του κεντρικού τόρμου είναι νεότερες της ανασύλωσης Μπαλάνου.</i>	104
Εικόνα 72	<i>(α-γ) Τέσσερα διαδοχικά στάδια κατεργασίας σφονδύλων δωρικών κίωνων του Προπαρθενώνα, (δ) κατώτατος σφόνδυλος του Προπαρθενώνα έτοιμος για τοποθέτηση.</i>	105
Εικόνα 73	<i>Ο Ναός της Έγεστας στην Σικελία</i>	105
Εικόνα 74	<i>Φωτογραφική απεικόνιση εσοχής του εμπολίου σε κίονα</i>	106

	10
Εικόνα 75 Κατασκευαστική λεπτομέρεια χρήσης εμπολίου.....	106
Εικόνα 76 Απεικόνιση διάφορων τύπων εμπολίων στον κίονα.....	106
Εικόνα 77 α) Γωνιακός θριγκός από πώρινο δωρικό ναό της Ακροπόλεως, του πρώτου μισού του 6ου αι. π.Χ. β) Ο θριγκός της νοτιοανατολικής γωνίας του Παρθενώνα.	107
Εικόνα 78 Το Ερέχθειο	109
Εικόνα 79 Ο Ναός του Ποσειδώνα στο Σούνιο. Απόψεις της εντυπωσιακής τοποθεσίας του μαζί με τον αρχαίο ναό.	109
Εικόνα 80 Τα μοναστήρια του Αγίου Όρους αποτελούν, εκτός από σημαντικά μνημεία της Ορθοδοξίας, και πρότυπες αντισεισμικές κατασκευές.	111
Εικόνα 81 Μετρήσεις μικρού θορύβου σε κίονα της Ελληνιστικής Στοάς της Ακρόπολης της Λίνδου.....	112
Εικόνα 82 α) Σύστημα πόλου-εμπολίων, β) Προσοίωμα κίονα υπό σεισμική διέγερση, γ) Ακρόπολη της Λίνδου.....	114
Εικόνα 83 Λεπτή τομή μαρμάρου του Μεσοζωικού από Λεκάνη Καβάλας. Χ40. N+.....	123
Εικόνα 84 Περιθλασιόγραμμα τυχαία προσανατολισμένου παρασκευάσματος αμιγούς ασβεστόλιθου του Ιουρασικού από το Βαφειοχώρι Κιλκίς. C = ασβεστίτης.....	127
Εικόνα 85 Περιθλασιόγραμμα τυχαία προσανατολισμένου παρασκευάσματος δολομίτη του Νεογενούς από την Αιανή Κοζάνης. D = δολομίτης, Q = χαλαζίας.	127
Εικόνα 86 Τιμές $\delta^{13}\text{C}$ σε συνάρτηση με τιμές $\delta^{18}\text{O}$ ορισμένων λευκών μαρμάρων της Ελλάδος (Herz, 1988).	134
Εικόνα 87 Λευκός Πύργος, Ασβεστόλιθος, πρασινοσχιστόλιθος και κεραμικά.....	141
Εικόνα 88 Είσοδος αρχαίου σταδίου Ολυμπίας, Πωρόλιθος.	142
Εικόνα 89 Σχολή Αριστοτέλη (Κοπανάς Ναούσης). Ασβεστόλιθος.	142
Εικόνα 90 Πρόσοψη τάφου Φιλίππου Β' (Βεργίνα). Πωρόλιθος και δολομίτης.....	142
Εικόνα 91 Κεφαλή Αλεξάνδρου (Πέλλα). Πωρόλιθος.	143
Εικόνα 92 Κεφαλή Αλεξάνδρου (Θάσος). Δολομίτης.....	143
Εικόνα 93 Κούρος Ευρωπού Κιλκίς. Πωρόλιθος.	144
Εικόνα 94 Κούρος Θάσου. Δολομίτης.....	144
Εικόνα 95 Ανάγλυφα εμβλήματα – Γλυπτά έργα.	145
Εικόνα 96 Πλάκες επένδυσης. Σχιστόλιθος Ελευθερούπολης.	146
Εικόνα 97 Λίθοι δόμησης (Στενάρια). Σχιστόλιθος Πηλίου.....	146

Εικόνα 98 Πλάκες δαπέδου. Σχιστόλιθος Καρύστου.	146
Εικόνα 99 Άμβωνας. Μάρμαρο Πεντέλης.	147
Εικόνα 100 Λίθοι δόμησης. Σκαπιτσαριστός ασβεστόλιθος Καρνεζαίικων.	147
Εικόνα 101 Μεσαιωνική Ρόδος. Παράλια πετρώματα.	148
Εικόνα 102 Ψηφιδωτά από ασβεστολιθικές κροκάλες και κίονες από πωρόλιθο (Αρχαία Πέλλα).	148
Εικόνα 103 Λατομείο δολομίτη. Νικήσιανη Καβάλας.	148

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1⁰

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΜΑΡΜΑΡΑ

➤ Μάρμαρο¹

Το μάρμαρο είναι πέτρωμα αποτελούμενο κατά το μέγιστο ποσοστό του από ασβεστίτη. Είναι προϊόν ανακρυστάλλωσης ασβεστόλιθων. Η λέξη ετυμολογείται από την αρχαιοελληνική *μάρμαρος*, δηλαδή «λαμπερός λίθος».



Εικόνα 1 Φυσικό (ακατέργαστο) μάρμαρο

• Φυσικά χαρακτηριστικά

Το μάρμαρο χαρακτηρίζεται από *κοκκοβλαστικό ιστό*. Τα μάρμαρα με μικρό ποσοστό μαρμαρυγιών χαρακτηρίζονται ως *σιπολίνες*. Οι διαφορετικές ποικιλίες του μαρμάρου είναι, αρχικά, προϊόντα ιζηματογένεσης του ασβεστίτη (μιας αργής διαδικασίας γεωλογικού σχηματισμού) και διαφέρουν μεταξύ ως προς το χρώμα, τη σύσταση και τη χημική σύνθεση. Η σκληρότητά του είναι 3-4, ανάλογα με τη σύνθεσή του και η θραύση του ακανόνιστη, ενώ το ειδικό βάρος του ποικίλλει από 1,8 - 2,85 περίπου.

Το μάρμαρο έχει τη χημική σύνθεση του ανθρακικού ασβεστίου ή ασβεστίτη (CaCO_3) ή του *δολομίτη* ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) ή και συνδυασμό των δύο ορυκτών. Ο καθαρός ασβεστίτης είναι λευκός, αλλά ορυκτές προσμίξεις προσθέτουν χρώμα σε τυχαία πρότυπα. Για παράδειγμα ο αιματίτης προσθέτει το κόκκινο χρώμα. Όλα τα άλατα ανθρακικών οξέων, δεχόμενα την άμεση επίθεση των οξέων, παράγουν διαλυτά οξέα και διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, η όξινη βροχή αποτελεί τον μεγαλύτερο εχθρό των μαρμάρων μαζί με την ατμοσφαιρική μόλυνση.

¹ <http://el.wikipedia.org/wiki/Μάρμαρο>

- **Πλεονεκτήματα**

Μεταξύ των ευρέως διαδεδομένων πετρών, μόνο το μάρμαρο έχει μικρής διαύγειας επιφάνεια που είναι συγκρίσιμη με αυτή του ανθρώπινου δέρματος. Είναι αυτή η διαύγεια που δίνει σε ένα μαρμάρينو γλυπτό ένα οπτικό βάθος πέρα από την επιφάνειά του και αυτό προκαλεί ένα συγκεκριμένο ρεαλισμό όταν χρησιμοποιείται για παραστατικά έργα. Το μάρμαρο έχει επίσης το πλεονέκτημα ότι όταν αρχικά εξορύσσεται είναι σχετικά μαλακό και εύκολο να επεξεργαστεί και να γυαλιστεί. Το ολοκληρωμένο μάρμαρο με το πέρασ του χρόνου γίνεται σκληρότερο και πιο ανθεκτικό. Η προτίμηση για το φθηνότερο και λιγότερο διαφανή ασβεστόλιθο βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην λεπτότητα των κόκκων του μαρμάρου, η οποία επιτρέπει στον γλύπτη να δημιουργήσει λεπτομέρειες όπου με τον ασβεστόλιθο δεν είναι τόσο εύκολο. Είναι επίσης πιο ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες.

- **Μειονεκτήματα**

Τα μάρμαρα δεν αντέχουν στην επαφή, εφόσον απορροφάνε τα έλαια του δέρματος, τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται κηλίδες της γνωστής απόχρωσης του κίτρινου-καφέ. Ενώ είναι πιο ανθεκτικό από τον ασβεστόλιθο, υπόκειται σε προσβολή από ασθενή οξέα, και έτσι έχει χαμηλή επίδοση, σε εξωτερικούς χώρους όπου προσβάλλονται από όξινη βροχή. Για πιο έντονες εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντα χώρου, ο γρανίτης έχει μεγαλύτερη διάρκεια στο χρόνο, αλλά είναι πολύ πιο δύσκολο να επεξεργαστεί και είναι λιγότερο κατάλληλο για εκλεπτυσμένη εργασία.

Σε σύγκριση με μέταλλα όπως ο χαλκός, το μάρμαρο στερείται ολκιμότητας και δύναμης, που απαιτούνται για ειδικές διαρθρωτικές εκτιμήσεις κατά το σχεδιασμό ενός γλυπτού.

- **Αρχαιολογία**

Η εικόνα που συνδέεται συνήθως με την αρχαιοελληνική μνημειακή γλυπτική είναι αγάλματα και οικοδομήματα από λευκό μάρμαρο. Μια εικόνα λανθασμένη, ωστόσο, γιατί αφενός το μάρμαρο ως υλικό διαθέτει τόση λευκότητα όση του επιτρέπουν οι προσμίξεις του, αφετέρου γιατί η θέαση του λευκού μαρμάρου στην αρχαία Ελλάδα ισοδυναμούσε σχεδόν με ιεροσυλία.

Οι φιλολογικές μαρτυρίες για τους τρόπους εξόρυξης των μαρμάρων είναι λιγοστές έως ανύπαρκτες. Τα διάφορα ευρήματα ή οι όποιες διαπιστώσεις μας προκύπτουν από έρευνες στα αρχαία λατομεία και από πειραματικές εφαρμογές μεθόδων που διατηρούνταν ως πρόσφατα –στις αρχές του περασμένου αιώνα- για την εξόρυξη του μαρμάρου.

- **Τεχνητό μάρμαρο²**

Το *τεχνητό μάρμαρο* ή *τεχνομάρμαρο* είναι εμφανές έγχρωμο σκυρόδεμα ενισχυμένο με πολυεστερικές ίνες που βγαίνει σε πολλά χρώματα και σχέδια. Τα πρώτα τεχνητά μάρμαρα κατασκευάζονταν από συμπίεση θρυμμάτων μαρμάρων και *τσιμεντοειδές* συγκολλητικού υλικού σε μεγάλους όγκους, η επεξεργασία τους ήταν η ίδια με τα φυσικά. Σήμερα στην κατασκευή τους χρησιμοποιούνται *ρητίνες*, πληρωτικό υλικό και χρωστικές ουσίες.



Εικόνα 2 Τεχνητό μάρμαρο τοποθετημένο σε δάπεδο

Το τεχνητό μάρμαρο παράγεται σε καλούπια και έχει καλύτερη ομοιομορφία από το φυσικό. Χρησιμοποιείται όπως και το φυσικό στην πλακόστρωση δαπέδων και επένδυση τοίχων κτιρίων, στην πλακόστρωση εξωτερικών χώρων, σε επένδυση τζακιών και άλλες χρήσεις. Ευρεία είναι η χρήση του σε πάγκους μπάνιου και κουζίνας.

Τεχνητά μάρμαρα χρησιμοποιούνται και στην αρχαιολογία στην συντήρηση αγαλμάτων και μνημείων. Με τεχνητό μάρμαρο έχει κατασκευαστεί εκμαγείο της δυτικής ζωφόρου του Παρθενώνα.

² http://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητό_μάρμαρο

➤ Τέχνη του μαρμάρου

Η ενασχόληση των αρχαίων γλυπτών με το μάρμαρο ξεκινά τον 7ο αλλά εξαπλώνεται ιδιαίτερα μέσα στον 6ο αιώνα. Αρχικά μεγαλύτερη ζήτηση είχαν τα νησιωτικά μάρμαρα, από την Πάρο και τη Νάξο. Στον 5ο αιώνα η Αθήνα ανέπτυξε δικά της λατομεία στο όρος Πεντελικό και έτσι πολλά από τα αττικά γλυπτά είναι κατασκευασμένα από αυτό το λεπτόκοκκο, γαλακτόχρωμο μάρμαρο, αν και το κρυστάλλινο, διάφανο παριανό προτιμούνταν κυρίως για ανεξάρτητα αγάλματα. Κατά περίπτωση χρησιμοποιούνταν το γαλαζωπό γκρι μάρμαρο Υμηττού, ενώ σε διάφορες περιπτώσεις χρησιμοποιούνταν και τοπικής προέλευσης μάρμαρα, όπως το μάρμαρο της Θάσου και τα μάρμαρα Δολιανών. Όλα τα ελληνικά μάρμαρα ήταν λευκά ή υπόλευκα, ενώ οι πολύχρωμοι λίθοι που προτιμούνταν στη Ρώμη ή την Αίγυπτο δεν ήταν αγαπητοί στην Ελλάδα.

Τα μαρμάρινα γλυπτά αποτελούν το πιο συχνό υλικό κατάλοιπο της αρχαίας γλυπτικής, λόγω του υλικού τους που ήταν βαρύ, άρα δύσκολο δηλαδή να μεταφερθεί, καθώς και του γεγονότος ότι για την καταστροφή τους χρειαζόταν λιώσιμο σε *ασβεστοκάμινο*, γεγονός σπάνιο.

➤ Εφαρμογές του μαρμάρου στη γλυπτική

Ενδεικτικά αριστουργήματα κατασκευασμένα από παριανό μάρμαρο είναι:

- Τα περίφημα σήμερα κυκλαδικά ειδώλια "ο Αρπιστής" και "ο Αυλητής" (2.800 - 2.300π.Χ.) που βρέθηκαν στη Κέρο.
- Οι Κούροι της Θάσου, της Κέας και της Μήλου καθώς και της Αναβύσσου.
- Η Φρασίκλεια, έργο του Παριανού γλύπτη Αριστίωνα (540π.Χ.), (Εθνικό Αρχαιολογικό Μουσείο).
- "Ο παις του Κριτίου" (Μουσείο Ακρόπολης)
- "Η πεπλοφόρος κόρη" (Μουσείο Ακρόπολης)
- "Ο Θησαυρός των Αθηναίων" στους Δελφούς.
- "Το Μαυσωλείο της Αλικαρνασσού"
- "Ο Ναός του Δία" στην Ολυμπία.
- "Η Νίκη της Πάρου" (Αρχαιολογικό Μουσείο Πάρου).
- "Η Νίκη του Παιωνίου" (Μουσείο Ολυμπίας).
- "Η Νίκη της Σαμοθράκης" (Μουσείο Λούβρου).

- "Ο Ερμής του Πραξιτέλη"
- "Η Αφροδίτη της Μήλου", κ.ά.³



Εικόνα 3 *Η Φτερωτή Νίκη της Σαμοθράκης*



Εικόνα 4 *Η Αφροδίτη της Μήλου*

³ http://el.wikipedia.org/wiki/Μάρμαρο_Πάρου

Τα ελληνικά μάρμαρα είναι γνωστά σε όλο τον κόσμο γιατί έχουν ταυτιστεί με τα αριστουργήματα της γλυπτικής και της αρχιτεκτονικής της αρχαίας Ελλάδας, με έργα τέχνης μοναδικά και ανεπανάληπτα, που συνεχίζουν μέσα στους αιώνες να αποσπούν τον παγκόσμιο θαυμασμό.

Στην αρχαία Ελλάδα η χρήση του μαρμάρου ήταν ευρύτατη. Το μάρμαρο και η πέτρα ήταν τα υλικά που συγκίνησαν βαθιά την ανθρώπινη ύπαρξη, που άγγιξαν τις ευαίσθητες χορδές της και την παρέσυραν στον κόσμο της αισθητικής και της συμμετρίας.



Εικόνα 5 *Μαρμάρινο άγαλμα*

Από τα βάθη των αιώνων οι Έλληνες γλύπτες και αρχιτέκτονες ανακάλυψαν ότι η πέτρα και το μάρμαρο ήταν τα δομικά υλικά με την ξεχωριστή γοητεία, που μπορούσαν, με τη φυσική ομορφιά τους, να μετατρέψουν τις άψυχες κατασκευές σε έργα τέχνης. Και επέλεξαν το μάρμαρο και την πέτρα για να εκφράσουν πάνω τους την αίγλη του πολιτισμού της αρχαίας Ελλάδας.

Τα τόσα μνημεία, διάσπαρτα σε κάθε γωνιά της ελληνικής γης, αλλά και τα γλυπτά αριστουργήματα που κοσμούν τα μουσεία της Ελλάδας και του εξωτερικού μαγνητίζουν τον παρατηρητή, αφού στην κάθε τους λεπτομέρεια κρύβουν μια ξεχωριστή μεγαλοπρέπεια που μόνο το μάρμαρο μπορεί να διασφαλίσει. Λες και το μάρμαρο που λαξεύεται υπομονετικά, απορροφά, κτύπημα με το κτύπημα, όλο και περισσότερη από την ενέργεια και το πάθος του καλλιτέχνη για να αποκτήσει πλαστικότητα και κίνηση για να μετασχηματιστεί τελικά σε μνημειώδες έργο τέχνης.

Η Αφροδίτη της Μήλου, ο Ερμής του Πραξιτέλη, η Νίκη της Σαμοθράκης, αλλά και ο Παρθενώνας, το Ερεχθείο, τα Προπύλαια της Ακρόπολης των Αθηνών είναι μερικά μόνο αντιπροσωπευτικά δείγματα έκφρασης του αρχαίου πνεύματος πάνω στο απαράμιλλο ελληνικό μάρμαρο.



Εικόνα 6 *Μαρμάρινα στοιχεία αποθηκευμένα σε αρχαιολογικό χώρο*

Η εξόρυξη και η χρήση του μαρμάρου στην Ελλάδα αρχίζει από τα βάθη των αιώνων. Ήδη από τη Μέση Νεολιθική Εποχή (5.000π.Χ. περίπου) έχουμε μαρμάρινα γυναικεία εδώλια, ενώ αργότερα ακολουθεί και η σειρά των περίφημων κυκλαδικών εδωλίων. Στην αρχιτεκτονική της αρχαίας Ελλάδας το μάρμαρο χρησιμοποιείται πολύ αργότερα, αν και στην αρχή οι εφαρμογές του είναι περιορισμένες. Τον 6ο π.Χ. αιώνα το μάρμαρο χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τον πωρόλιθο σε πολλά μνημεία. Αντιπροσωπευτικά δείγματα τέτοιων μνημείων είναι ο ναός του Δία στην Ολυμπία, με μαρμάρινα και πώρινα αρχιτεκτονικά μέλη, καθώς και ο ναός του Απόλλωνα στους Δελφούς με Παριανό μάρμαρο στην πρόσοψη και πωρόλιθο στην υπόλοιπη κατασκευή.

Επίσης στο Πεισιστράτειο Εκατόμπεδο και στην Ακρόπολη των Αθηνών οι μετόπες, τα γείσα και οι σιμές ήταν από μάρμαρο και όλα τα άλλα μέλη πώρινα. Το μάρμαρο, τότε, φαίνεται ότι χρησιμοποιούταν κυρίως για την κατασκευή των μερών των πώρινων οικοδομημάτων που ήταν εκτεθειμένα στη βροχή και η διαφορά στο χρώμα των δυο υλικών εξαλειφόταν με την τοποθέτηση επιχρισμάτων στον πωρόλιθο.

Τον 5ο και τον 4ο π.Χ. αιώνα το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε ευρύτερα. Τα λατομεία των Κυκλάδων έδιναν ήδη άφθονη πρώτη ύλη. Στην Πάρο εξορυσσόταν το λευκό ομοιογενές μάρμαρο, ιδιαίτερα εύκολο στη Λάξευση, που ήταν γνωστό στους αρχαίους σαν Παρία ή Πάριος Λίθος ή Λυχνίτης, γιατί η εξόρυξη του γινόταν σε υπόγειες στοές με το φως των Λυχναριών. Από το μάρμαρο αυτό κατασκευάστηκαν

αριστουργήματα της γλυπτικής, όπως ο Ερμής του Πραξιτέλη, η Αφροδίτη της Μήλου κ.ά.



Εικόνα 7 Οι μαρμάρινοι κίονες της Ακρόπολης

Επίσης, στη Νάξο εξορυσσόταν Λευκό μάρμαρο, κατώτερο όμως ποιοτικά εκείνου της Πάρου. Το Ναξιώτικο μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε στο πρώτο μισό του 5ου π.Χ. αιώνα στη γλυπτική και αρχιτεκτονική, όχι μόνο στη Νάξο, αλλά και στην Ολυμπία, στην Αλίφειρα στο ναό της Αθηνάς και στην Καλυδώνια.

Λατομεία λευκού μαρμάρου υπήρχαν και σε άλλα νησιά του Αιγαίου, στην Ανάφη, στην Τήνο, στη Θάσο κ.α. Ιδιαίτερα τα λευκά θασίτικα μάρμαρα ήταν καλής ποιότητας, αλλά δε δουλεύονταν εύκολα. Εξάγονταν όμως στα γειτονικά νησιά, στις ακτές της Θράκης και της Μ. Ασίας. Ο κριοφόρος Κούρος που υπάρχει στο Μουσείο της Θάσου και έχει ύψος 3,5 μέτρα προέρχεται από αρχαϊκό λατομείο.

➤ **Η Θάσος**

Η Θάσος είναι ένα από τα γνωστότερα σημαντικά κέντρα εξόρυξης μαρμάρου της αρχαιότητας και εδώ μπορεί κανείς να δει λατομεία όλων των εποχών. Όπως είπε στο "Ελληνικό Μάρμαρο" το 1992 ο Γάλλος Tony Kozelj μέλος της αποστολής της Γαλλικής Αρχαιολογικής Σχολής στην Ελλάδα που προωθεί τις ανασκαφές στη Θάσο και μέλος του Διεθνούς Οργανισμού των λιγοστών επιστημόνων που μελετούν την εκμετάλλευση των λατομείων μαρμάρου κατά την αρχαιότητα, στη Θάσο έχουν εντοπιστεί λατομεία της προϊστορικής εποχής, νεολιθικά και αρχαϊκά τα οποία είναι πολύ σπουδαία και της ίδιας εποχής με τα λατομεία της Νάξου. Αρχαϊκά λατομεία

υπάρχουν στο Βαθύ, όπου βρίσκονται και τα λατομεία του "Ηρακλή" με επιγραφές που είναι του 6ου π.Χ. αιώνα και στον Πύργο, όπου υπάρχει μνημείο: ο Φάρος του Ακήρατου, καθώς και στην Αλυκή, όπου έχουν εντοπιστεί δυο αρχαϊκά κτίρια, όχι όμως και ίχνη αυτών των λατομείων, γιατί καταστράφηκαν από τους μεταγενέστερους.

Υπάρχουν ακόμη ίχνη από κλασικά και ελληνοιστικά λατομεία στο Βαθύ και αλλού, αλλά πολύ περισσότερα είναι τα ρωμαϊκά λατομεία. Στους ρωμαϊκούς χρόνους τα ελληνοιστικά λατομεία εκμεταλλεύτηκαν πολύ οργανωμένα. Στα λατομεία τότε υπήρχαν πύργοι - φυλάκια, όπου έμεναν οι στρατιώτες που φύλαγαν τα λατομεία, αλλά και τους εργαζόμενους σκλάβους. Οι Ρωμαίοι έκτιζαν στο χώρο των λατομείων και οικισμούς όπου έμεναν οι σκλάβοι που δούλευαν στα λατομεία. Αργότερα στους πρώτους μεταχριστιανικούς χρόνους στους οικισμούς αυτούς κατασκευάστηκαν και μικρές εκκλησίες από τους χριστιανούς. Στην Αλυκή βρέθηκε επιγραφή που λέει περίπου ότι "το χειρότερο για έναν ισοβίτη είναι να τον βάλουν να δουλέψει σε λατομείο ή μεταλλείο στα ελληνικά νησιά".



Εικόνα 8 *Μαρμάρινη επένδυση σε εξώπορτες*

Στα βυζαντινά λατομεία, που και αυτά είναι πολλά, υπάρχουν χαραγμένοι στα μέτωπα σταυροί, αλλά και το παγώνι που συμβόλιζε το θεό. Τέτοια σύμβολα έχουν βρεθεί και στα μέτωπα ρωμαϊκών λατομείων.

Αργότερα, την εποχή της Τουρκοκρατίας, τα λατομεία δε δουλεύτηκαν εντατικά. Η κατάσταση συνεχίστηκε η ίδια μέχρι το 1920 περίπου, όταν άρχισε η σύγχρονη εκμετάλλευσή τους.

➤ Η Αττική

Λατομεία μαρμάρου υπήρχαν και στην Αττική που άρχισαν να λειτουργούν κυρίως μετά τους Περσικούς πολέμους. Στην περιοχή αυτή εξορυσσόταν το λευκό μάρμαρο της Πεντέλης, που θεωρούταν το καλύτερο, το υποκύανο μάρμαρο του Υμηττού που ήταν κατώτερης ποιότητας, καθώς και ένα στικτό εύθρυπτο μάρμαρο στην Αγριλέζα, κοντά στο Σούνιο, που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του ναού του Ποσειδώνα.

Τα αρχαία λατομεία του Πεντελικού μαρμάρου βρίσκονταν κυρίως στη νοτιοδυτική πλάγια του Πεντελικού όρους, στη σημερινή κοιλάδα της Σπηλιάς. Αναφέρεται ότι εκεί υπήρχαν 25 λατομεία από όπου εξορύχτηκαν περισσότερα από 400.000 κυβικά μέτρα όγκων. Τα περισσότερα ίχνη από τις αρχαίες εργασίες έχουν εξαλειφθεί με τη νεότερη εξόρυξη και μόνο ένα αρχαίο λατομείο διατηρείται σήμερα σχετικά καλά, στην κοιλάδα της Σπηλιάς, σε υψόμετρο 700 μ. περίπου.

Εξόρυξη στο Πεντελικό όρος, σε μικρότερη όμως έκταση, γινόταν και στα ανώτατα τμήματα της κοιλάδας της Χούνης, πιθανόν δε και σε άλλες θέσεις.

Λαϊκοί οικοδόμοι, φημισμένοι λαϊκοί αρχιτέκτονες, λαϊκοί τεχνίτες που οι περισσότεροι δεν ενδιαφέρονταν για την υστεροφημία τους, συχνά παρέλειπαν να χαράξουν το όνομα τους πάνω σε κάποιο αγκωνάρι.

Ο πελεκάνος των μπουζουκιών, ο άνθρωπος που λάξευε τ' αγκωνάρια, τα υπέρθυρα, τις παραστάδες και τα άλλα στοιχεία ενός έργου ήταν η ψυχή της ομάδας. Η δουλειά του απαιτούσε πολύχρονη πείρα της οικοδομικής τέχνης και κάποια καλλιτεχνική ευαισθησία, γι' αυτό την ειδικότητα του πελεκάνου ασκούσε συνήθως ο πρωτομάστορας, που εκτός από τις δύσκολες κατασκευές σκάλιζε στα αγκωνάρια λουλούδια, σταυρούς, επιγραφές, πουλιά και άλλα διακοσμητικά σύμβολα.

Όλοι αυτοί, οι επώνυμοι και ανώνυμοι αυτοδίδακτοι τεχνίτες της πέτρας με την ξεχωριστή καλλιτεχνική ευαισθησία, ήταν οι άνθρωποι που σημάδεψαν στις επόμενες γενιές την αγάπη για το μάρμαρο και την πέτρα, ήταν οι άνθρωποι που έβαλαν τα γερά θεμέλια για την ανάπτυξη στη χώρα μας μιας σύγχρονης βιομηχανίας μαρμάρου με βαθιές ρίζες.

Ο πλούτος της ελληνικής γης σε φυσικά διακοσμητικά πετρώματα και ιδιαίτερα σε εκλεκτής ποιότητας λευκά μάρμαρα, σε συνδυασμό με την πείρα αιώνων στην τέχνη της εξόρυξης και της μαρμαρογλυπτικής, αποτελούν τις βασικές προϋποθέσεις για μια δυναμική πορεία που θα διαγράψει ο κλάδος στη συνέχεια. Ήδη από τα τέλη του περασμένου και από τις αρχές του αιώνα μας, η αγγλική εταιρεία "Grecian Marbles" προχωρεί στη συστηματική εκμετάλλευση πολλών λατομείων μαρμάρου σε διάφορες περιοχές της χώρας και πραγματοποιεί σημαντικές εξαγωγές στη Δυτική Ευρώπη, γεγονός που κάνει γνωστά και περιζήτητα τα ελληνικά μάρμαρα σε όλο τον κόσμο.⁴

<u>ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΑ</u>			
Νεολιθική περίοδος	8000	έως	3000 π.Χ.
Εποχή του Χαλκού	3000/2500	έως	1000 π.Χ.
Εποχή του Σιδήρου	1000	έως	700 π.Χ.
<u>ΙΣΤΟΡΙΑ</u>			
Αρχαϊκή περίοδος	700	έως	460 π.Χ.
Κλασική εποχή	460	έως	330 π.Χ.
Ελληνιστική εποχή	330	έως	30 π.Χ.
Ρωμαϊκοί χρόνοι	30π.Χ.	έως	4 ^{ος} αι.μ.Χ.
Παλαιοχριστιανική περίοδος	4ος	έως	7 ^{ος} αι.μ.Χ.
Μεσοβυζαντινή περίοδος	7ος	έως	13 ^{ος} αι.μ.Χ.
Υστεροβυζαντινή περίοδος	13ος	έως	1453 μ.Χ.

⁴ <http://osme.8m.com/greekmarbles.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΤΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΚΑΙ Η ΕΞΟΡΥΞΗ ΤΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ



Εικόνα 9 Λατομείο μαρμάρου

Στις μέρες μας διασώζονται πολλά αρχαία λατομεία, όπως της Πεντέλης, του Σελινούντος, των Συρακουσών, της Βραυρώνος κ.α., με αποτέλεσμα να μπορούμε να έχουμε στη διάθεσή μας αρκετά στοιχεία σχετικά με την εξόρυξη των λίθων στην αρχαιότητα. Φαίνεται ότι η εξόρυξη δε διέφερε και πολύ από εκείνη που εφαρμόζαν οι λατόμοι, μέχρι πριν λίγα χρόνια, πριν δηλαδή γενικευτεί η χρήση των σύγχρονων μηχανημάτων εξόρυξης (συρματοκοπές, εξοπλισμός πεπιεσμένου αέρα, μηχανήματα φόρτωσης μεγάλης ισχύος κ.ά.).

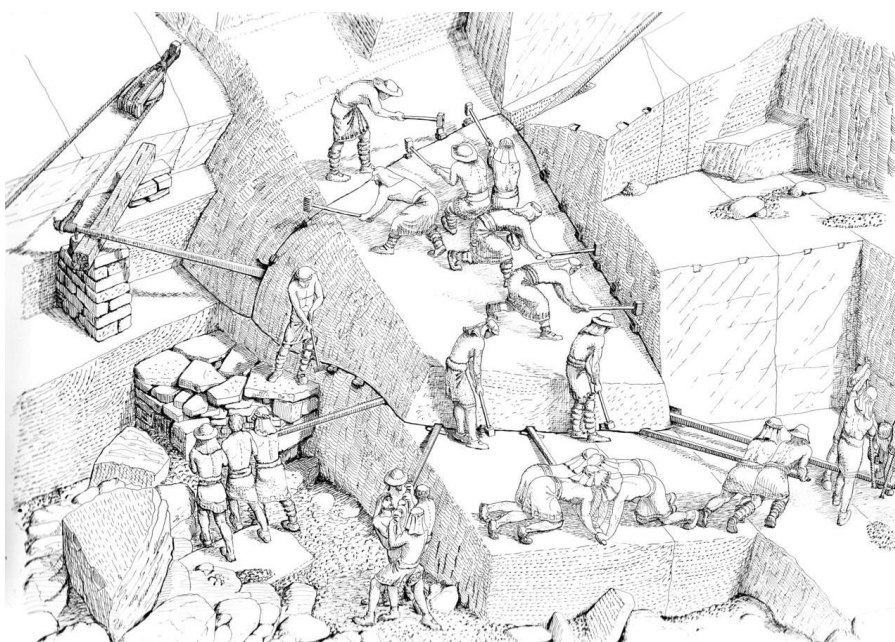
Εν γένει τα αρχαία λατομεία διακρίνονταν σε *επιφανειακά* ή *υπόγεια*, σε *συγκυριακά* ή *μόνιμα*. Τα συγκυριακά εξυπηρετούσαν μάλλον τις ανάγκες ενός συγκεκριμένου έργου, ενώ στα μόνιμα οργανωμένα λατομεία εξορυσσόταν ορυκτό για διάφορα έργα που μεταφερόταν ενίοτε σε μεγάλες αποστάσεις. Τα μεγάλα αυτά αρχαία λατομεία, στο μεγαλύτερο ποσοστό έχουν καταστραφεί από μεταγενέστερες εκμεταλλεύσεις, αφού κατά κανόνα όπου υπήρχε λατομείο οι μεταγενέστεροι συνέχιζαν την εκμετάλλευσή του.

Η απόκτηση μεγάλων δομήσιμων λίθων στο λατομείο ήταν εύκολη μόνο εάν τύχαινε οι λίθοι να βρίσκονται αποσπασμένοι από το μητρικό τους πέτρωμα. Στην αντίθετη περίπτωση η απόσπαση των δομήσιμων λίθων γινόταν με τη βοήθεια κοπτικών και σχιστικών εργαλείων, παράλληλα με την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθοδολογίας.⁵

⁵ http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p228.html

➤ Η απόσχιση από το μητρικό πέτρωμα

Η απόσχιση ενός όγκου από το μητρικό πέτρωμα πραγματοποιούνταν με τη βοήθεια σφηνών κατά μήκος των στρωμάτων ή των νοητών επιφανειών ευκολότερου σχισμού, εφόσον ο λίθος ήταν περιμετρικά ελεύθερος. Η περιμετρική απελευθέρωση του όγκου πραγματοποιούνταν με τεχνητή τομή σε βάθος αντίστοιχο προς το ύψος ή το πάχος του, διαδικασία αρκετά δύσκολη σε περιπτώσεις συνεχούς και αρραγούς πετρώματος. Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο λαξεύονταν είτε στενοί αύλακες σε βάθος 50-60εκ., είτε πλατιά τάφρος για μεγαλύτερο βάθος. Οι διαδικασίες αυτές ήταν χρονοβόρες και με σημαντικό βαθμό δυσκολίας και γι' αυτό οι λατόμοι φρόντιζαν να εκμεταλλεύονται στο μέγιστο βαθμό τις φυσικές ασυνέχειες των πετρωμάτων, ακολουθώντας τους ήδη υπάρχοντες φυσικούς αρμούς. Σε περιπτώσεις που οι αποστάσεις των αρμών ήταν πολύ μικρές, το υλικό αχρηστεύονταν. Όλα τα προηγούμενα είχαν σαν αποτέλεσμα με το πέρασμα των χρόνων κάθε λατομείο να αποκτά μία ιδιαίτερα ακανόνιστη μορφή.



Εικόνα 10 Η εξόρυξη του μαρμάρου

Το σπουδαιότερο γνώρισμα του πετρώματος είναι η ευκολία ή η δυσκολία με την οποία μπορεί να σχίζεται ομαλά κατά τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Παράλληλα, με τις πιθανές αθέατες εσωτερικές ασυνέχειες, τους επικίνδυνους κομμούς, τις διακοπές της κρυσταλλικής ασυνέχειας και τα λιθοτεχνικά ελαττώματά του, από το συνολικό πέτρωμα πάντα μόνο ένα τμήμα είναι λατομίσσιμο και από αυτό πάλι μόνο ένα μέρος απομένει ως ωφέλιμος όγκος, καθώς το υπόλοιπο θυσιάζεται στα διάφορα στάδια

εργασίας. Έτσι από τους αρχαίους επιλέγονταν συνήθως τα κομμάτια που χωρίζονταν σαφώς από το υπόλοιπο συνεχές πέτρωμα, με ελεύθερες πλευρές και φυσικούς αρμούς.

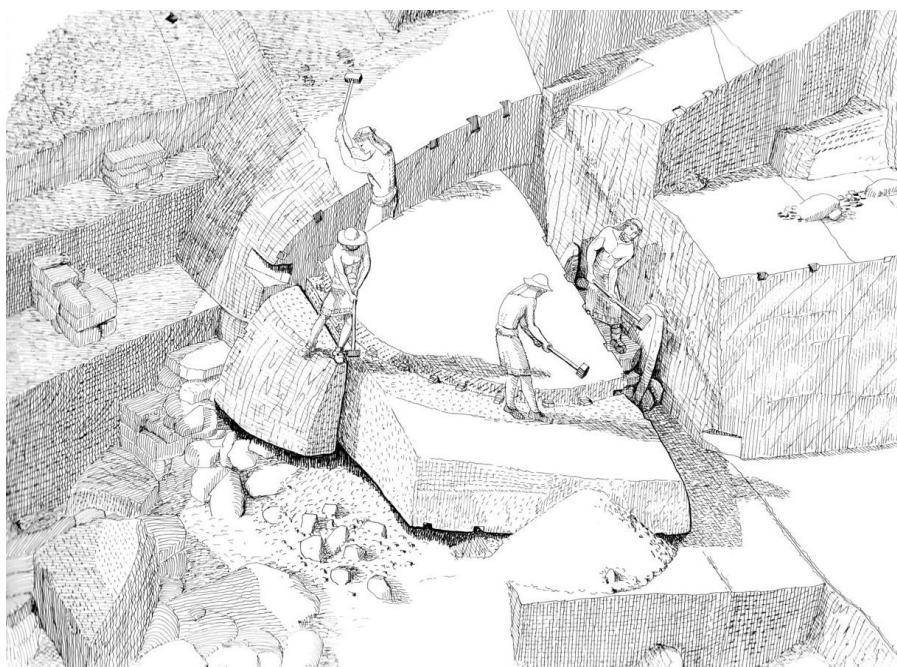
Η απόκλιση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα γινόταν με την τοποθέτηση σιδερένιων ή ξύλινων σφηνών και μεγάλων μοχλών στις καλύτερες σχετικές θέσεις. Σ' αυτές τις θέσεις λάξευαν βαθιές φωλιές, προσέχοντας να επιτύχουν ακριβώς τις κατάλληλες διαστάσεις και κυρίως τη σύγκλιση των επιφανειών στις φωλιές των σφηνών. Μετά τη δοκιμή της καλής εφαρμογής των σιδερένιων σφηνών, που προσαρμόζονταν εκεί με τα κατάλληλα ελάσματα, τοποθετούνταν και οι βαρύτεροι σιδερένιοι μοχλοί, ικανοί να πολλαπλασιάζουν μέχρι και 30 φορές την ανθρώπινη δύναμη. Η επίκρουση των σφηνών πραγματοποιούνταν με τις βαρείες και με πολλές ωθήσεις επάνω στους μοχλούς, μέχρι να ακουστούν οι πρώτοι τριγμοί μαζί με τα πρώτα σύννεφα σκόνης. Η σταδιακή αυτή αποκόλληση είχε σαν αποτέλεσμα οι αρμοί να χαλαρώνουν και ορισμένες από τις σφήνες να χάνονται μέσα στο κενό. Τότε μεγαλύτερες σφήνες τοποθετούνταν στις ίδιες θέσεις για τις επόμενες κρούσεις. Στην άλλη περίπτωση των σφηνών από ξερό ξύλο, αυτό όταν βρεχόταν διογκωνόταν και βοηθούσε στην απόσπαση του όγκου από το μητρικό πέτρωμα.

Όπως υποστηρίζει ο Γάλλος Tony Kozelj, της αποστολής της Γαλλικής Αρχαιολογικής Σχολής που εργάζεται στη Θάσο, δεν είναι σωστό αυτό που λέγεται ότι οι αρχαίοι έβγαζαν τα μάρμαρα με ξύλινες σφήνες που τις έβρεχαν για να "φουσκώσει" το ξύλο και να κοπεί έτσι το μάρμαρο. Κατά τον Tony Kozelj οι αρχαίοι χρησιμοποιούσαν τις ξύλινες σφήνες, 25-27cm, μόνο στα λατομεία του σχιστόλιθου και ασβεστόλιθου.

Έβραζαν τις ξύλινες σφήνες στο νερό να φουσκώσουν όλη τη νύχτα και μετά τις άφηναν όλη την ημέρα στον ήλιο για να ξεραθεί το ξύλο. Έτσι το ξύλο γινόταν πολύ ξερό και μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εξόρυξη της πέτρας, όχι όμως και του μαρμάρου. Στα λατομεία μαρμάρου χρησιμοποιούσαν πάντα μεταλλικές σφήνες. Ο Tony Kozelj έχει υπολογίσει ότι χρειάζονταν 22 ώρες συνεχούς δουλειάς από δύο άτομα για να ανοίξουν οι αρχαίοι αυλάκι μήκους 1 μέτρου και να κάνουν τις τρύπες για τις σφήνες.

Μετά την αποκόλληση του όγκου και την πρώτη χαλάρωση των αρμών, κατάλληλα σκληρά γεμίσματα του σχηματιζόμενου κενού εξυπηρετούσαν την αποτελεσματική

δράση των μοχλών. Το κενό όλο και μεγαλύτερο σιγά - σιγά, επέτρεπε στο τέλος τους λατόμους να χωράνε μέσα σ' αυτό και να δουλεύουν σε κάθε μία από τις πλευρές του όγκου.



Εικόνα 11 Η αποκόλληση

Παράλληλα, ξεκινούσε η χονδρική αφαίρεση με την αποκοπή ολόκληρων τεμαχίων από τον όγκο, τα οποία θα έπρεπε μάλιστα να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερα, ώστε να χρησιμοποιηθούν για τη λάξευση μικρότερων αρχιτεκτονικών μελών του κτιρίου. Για την απόσχιση των περιττών μερών του όγκου τοποθετούνταν και πάλι σφήνες μέσα σε κατάλληλα λαξευμένες αυλακώσεις, τις οποίες έκρουαν οι λατόμοι. Κάθε αντίστοιχο τεμάχιο αποκόπτονταν με τη βοήθεια σφηνών, αλλά και με τη βοήθεια συνεχών λαξευτών αυλακών στις θέσεις του επιθυμητού σχισμού. Όλες αυτές οι θέσεις ήταν υπολογισμένες έτσι ώστε με την αποκοπή να προσεγγίζεται κατά το δυνατόν, το νοητό σχήμα του μελλοντικού αρχιτεκτονικού μέλους. Τέλος με μεγάλη προσοχή ο κύριος όγκος ξεσκονίζονταν και καθαρίζονταν με σκληρή βούρτσα και καθαρό νερό.

➤ **Η Γωνίαση του όγκου**

Η εργασία συνεχιζόταν με την απομάκρυνση των αποκομμάτων και την απολάξευση σε όλες της πλευρές του κύριου όγκου, ώστε να αφαιρεθεί το περιττό πάχος, μέσα από ακριβέστερες μετρήσεις και γεωμετρικές πράξεις. Αμέσως μετά ετοιμάζονταν λαξευτοί οδηγοί για την επιπέδωση της άνω πλευράς και κάθετοι οδηγοί στις

τέσσερις γωνίες για την επιπέδωση των πλευρικών επιφανειών, αλλά και για την ακριβή εύρεση των ορίων της κάτω πλευράς.

Η κανονική γεωμετρική διαμόρφωση του όγκου άρχιζε με τη διαμόρφωση ενός αρχικού επιπέδου αναφοράς, το οποίο οριζόταν από περιμετρικούς λαξευτούς οδηγούς. Η συνεπιπεδότητα των οδηγών επιτυγχάνονταν με διαδοχικές διορθώσεις, έτσι ώστε δύο μακροί ευθύγραμμοι πήχεις, ξύλινοι αρχικά σιδερένιοι μετά, τοποθετημένοι σε δύο αντίθετες πλευρές να σκοπεύονται ακριβώς ο ένας επί του άλλου. Στο παρόν στάδιο εμφανίζονταν οι *αγκώνες*, τα μέρη δηλαδή αυτά της αρχικής μάζας τα οποία δεν αφαιρούνταν, έτσι ώστε να μαρτυρούν το πάχος του μαρμάρου που αφαιρέθηκε σε διάφορα στάδια της εργασίας, αλλά και ως σημεία λαβής ή στήριξης των όγκων κατά τη μετακίνηση, ανύψωση και μεταφορά τους.

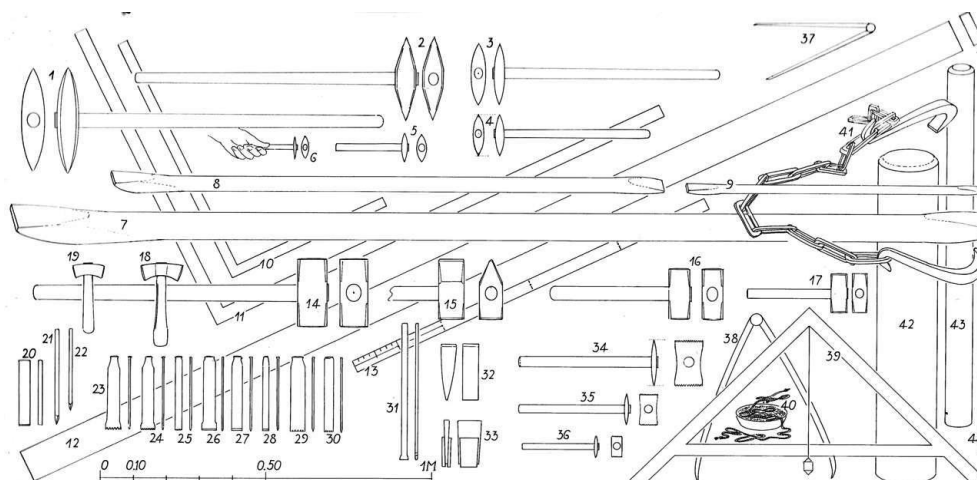


Εικόνα 12 Η γωνίαση του όγκου

➤ **Εργαλεία κατεργασίας μαρμάρου**

Πολλά από τα εργαλεία κατεργασίας των μαρμάρων αποτελούν εξέλιξη των εργαλείων του ξύλου και του πωρόλιθου. Άλλα βέβαια πάλι επινοήθηκαν απλά για τη λάξευση του μαρμάρου. Τα εργαλεία αυτά χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τα *λατομικά*, τα *λιθοξοϊκά* και τα *γλυπτικά*. Από τα σημαντικότερα *λατομικά* και *λιθοξοϊκά* εργαλεία είναι τα *κοπτικά* τα οποία ταξινομούνται σε *αμέσως κρούοντα* ή *αμεσοκρουστικά* (*κρούοντα*) ή τα *εμμέσως κρούοντα* ή *εμμεσοκρουστικά* (*κρουόμενα*).

Από τα *κρούοντα* τα οποία είναι κουραστικά εργαλεία στη χρήση τους, σημαντικότεροι είναι οι *τύκοι* (*σώκοι*, *πικούνια*), οι *θραπίνες* και τα διάφορα *σκέπαρνα*.



Εικόνα 13 Εργαλεία επεξεργασίας μαρμάρου

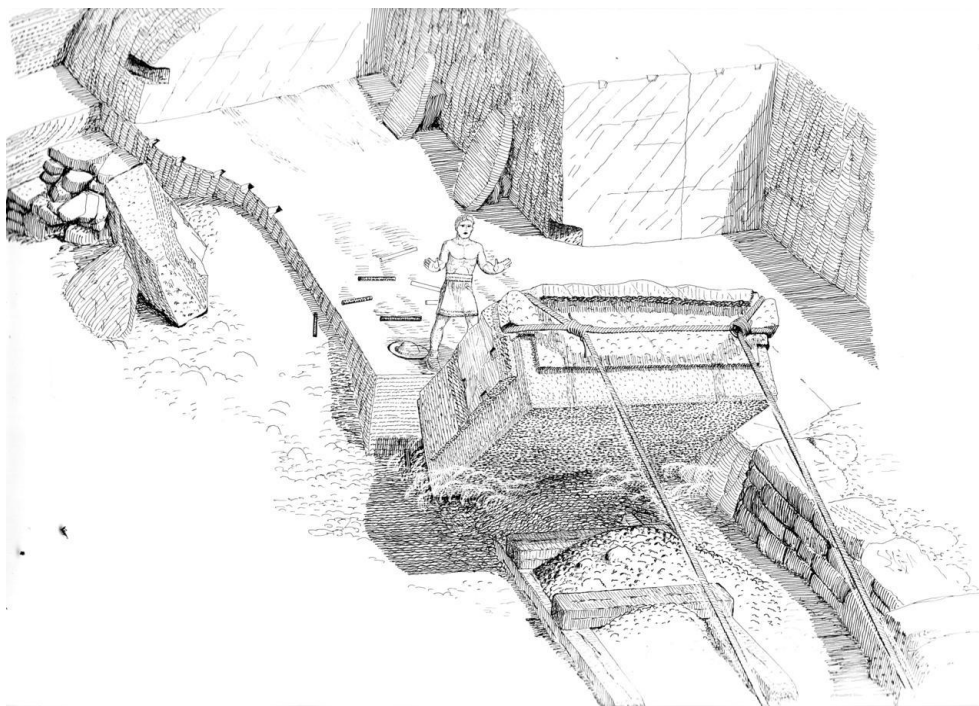
Τα *κρούόμενα* (*σμίλες*, *βελόνια*, *ξοίδες*) παρέχουν χτυπήματα ελαφρά και ακριβή. Οι σμίλες χαρακτηρίζονται από διάφορα σχήματα τα οποία χρησιμοποιούνταν ανάλογα με τη σκληρότητα και το είδος του λίθου. Οι αιχμηρές σμίλες για παράδειγμα χρησιμοποιούνταν σε σκληρά, ενώ οι επίπεδες σε μαλακότερα πετρώματα. Η διπλή αιχμηρή σφύρα χρησιμοποιούνταν για μία αδρή προετοιμασία των ογκολίθων.

Τα *τρυπάνια* (*τρύπανα*) αρχικά από σωληνωτά κόκαλα και έπειτα από μέταλλο, λειτουργούσαν περιστροφικά με τη βοήθεια του χεριού ή ενός δοξαριού, τόσο από τους τεχνίτες, όσο και από τους γλύπτες.

Στην αρχαία εποχή η κατεργασία μεγάλων επιφανειών βασιζόταν κυρίως στη χρήση των κρουόντων εργαλείων, ενώ τα κρούόμενα χρησιμοποιούνταν κυρίως κατά μήκος των ακμών των όγκων ή των ορίων των επιφανειών, γιατί εκεί τα πλήγματα έπρεπε να είναι ελαφρύτερα και ακριβώς κατευθυνόμενα. Γενικώς τα αρχαία λιθουργικά εργαλεία ήταν σκληρότερα από τα σημερινά, πιο άθραυστα, οξύτερα, με κίνηση πολύ ταχύτερη και αριθμό πληγμάτων ανά λεπτό μεγαλύτερο.

Για τη χάραξη ευθειών ή στρογγυλεμένων ακμών χρησιμοποιούνταν οι *ασάλινες βελόνες* και οι *διαβήτες*, καθώς επίσης και οι *γωνίες*. Το *νήμα της στάθμης* σε συνδυασμό με μία γωνία αποτελούσε μέρος της στάθμης (*αλφάδι*) η οποία είχε σχήμα κεφαλαίου Α και χρησίμευε για τον έλεγχο της οριζόντιας ευθείας.

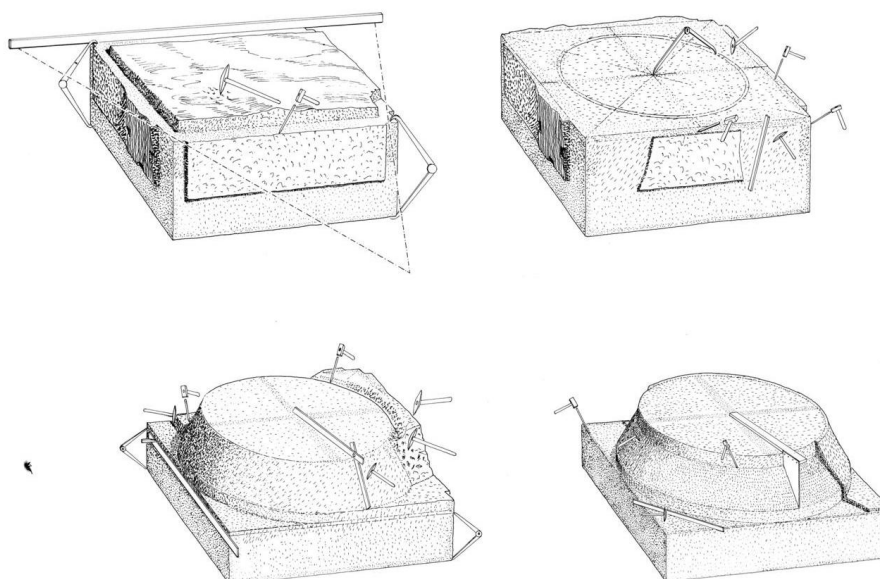
➤ **Ανατροπή μαρμάρινων όγκων**



Εικόνα 14 Η ανατροπή του μαρμάρινου όγκου

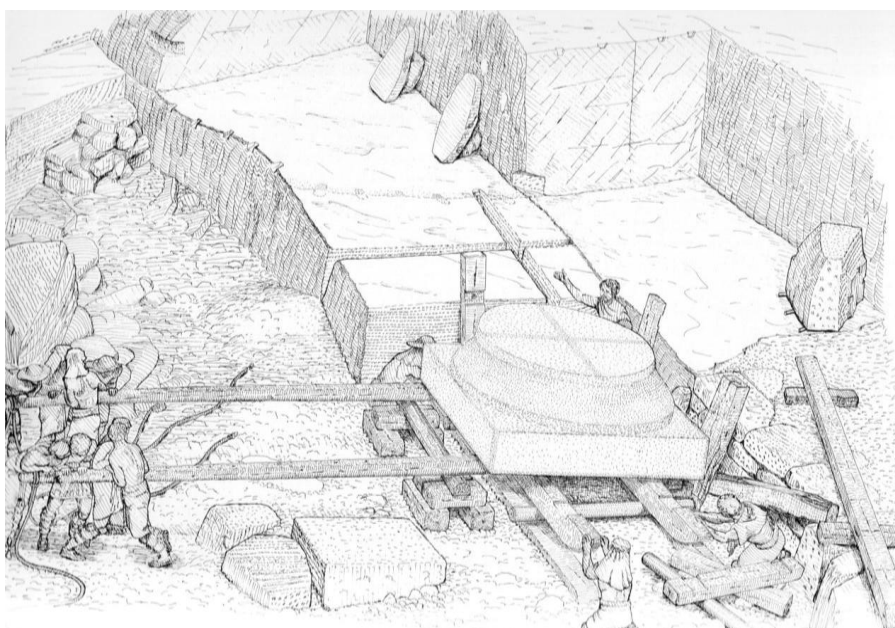
Μετά την ετοιμασία της επάνω πλευράς και τη λάξευση των γωνιακών οδηγών, ακολουθούσε η ανατροπή του λίθου και η χονδρική κατεργασία της κάτω πλευράς του. Με πολύ ισχυρούς σιδερένιους μοχλούς ανασηκώνονταν για λίγο ο μαρμάρινος όγκος, ενώ από κάτω έμπαιναν μερικά σιδερένια κυλινδρικά *κύλιστρα*, τα οποία διευκόλυναν τη μετακίνησή του. Η όλη προσπάθεια πραγματοποιούνταν και με τη βοήθεια σιδερένιων μοχλών και *βαρούλκων*, με αποτέλεσμα το μάρμαρο να σύρεται ή να ανασηκώνεται και να πέφτει τελικά επάνω στα ισχυρά ξύλα με τα οποία θα γινόταν έπειτα η οριζόντια μεταφορά του. Οι λίθοι έπρεπε να αναστρέφονται κατά τη διάρκεια της κατεργασίας ή της τοποθέτησής τους τουλάχιστον μία ή και δύο φορές ανάλογα με την κανονικότητα της κάτω επιφάνειάς τους.

Ο όγκος απαλλαγμένος από το μεγάλο βάρος του και ανεστραμμένος σε αρκετή απόσταση από κει όπου εξορύχτηκε, δεχόταν μία νέα κατεργασία ώστε να αποκτήσει σταδιακά μία νέα γεωμετρική μορφή κατά το δυνατόν πιο κοντά σ' αυτή του αρχιτεκτονικού μέλους για το οποίο προοριζόταν. Με τη χρήση των απαραίτητων εργαλείων - κανόνες, διαβήτες και γωνίες - το κομμάτι ξεχονδρύζονταν με τον *τύκο* και λαξεύονταν οι οδηγοί με τη βοήθεια του *κοπέα*, δηλαδή με το *βελόνι*.



Εικόνα 15 Ο μαρμάρινος όγκος δέχεται επιπλέον κατεργασία ώστε να αποκτήσει σταδιακά μία νέα γεωμετρική μορφή κατά το δυνατόν πιο κοντά σ' αυτή του αρχιτεκτονικού μέλους για το οποίο προορίζεται.

➤ **Μεταφορά από το λατομείο**



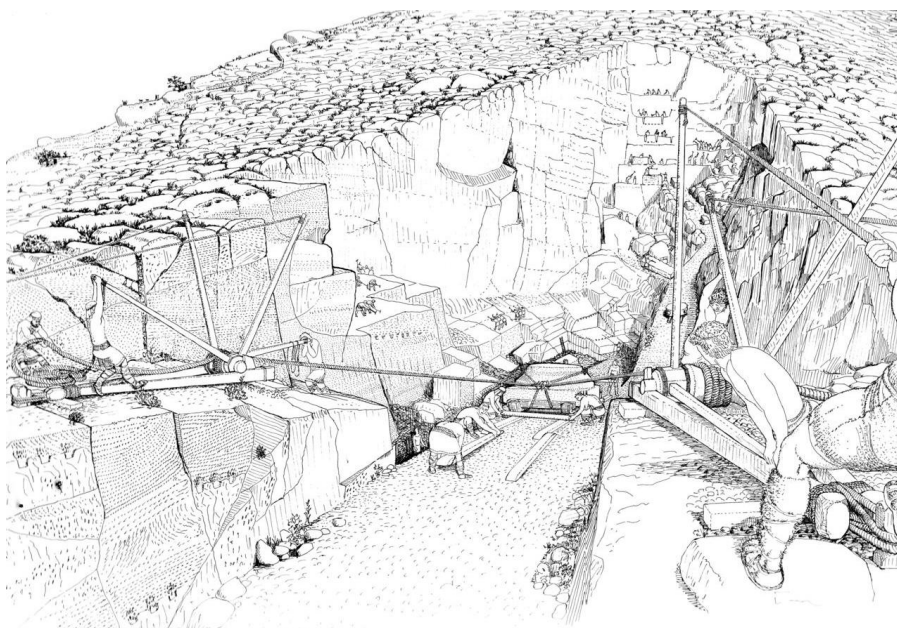
Εικόνα 16 Η φόρτωση του όγκου.

Για τη μετακίνηση του όγκου απαραίτητα ήταν τα σκοινιά, οι τροχαλίες, τα βαρούλκα, οι διάφοροι μοχλοί, οι ξύλινοι στρωτήρες, αλλά και οι κύλινδροι. Με μεγάλους, ξύλινους μοχλούς ξεκινούσε το ανασήκωμα του όγκου, κάτω από τον οποίο τοποθετούνταν όλα τα μικρά και μεγάλα ξύλα τα οποία θα συναρμολογούνταν και θα

σχημάτιζαν το στέρεο έλκηθρο για την ανέλκυσή του από το λατομείο και το κατέβασμά του στη βάση του βουνού.

Για τη μετακίνηση του ελκήθρου που έφερε τον όγκο, τοποθετούνταν μακριά ξύλα κατά μήκος της διαδρομής μέχρι την έξοδο από το λατομείο. Ταυτόχρονα, δύο μεγάλα σχοινιά δένονταν επάνω στο έλκηθρο τα οποία από την άλλη πλευρά περνούσαν γύρω από τους ισχυρούς ξύλινους άξονες των μεγάλων βαρούλκων που ήταν τοποθετημένα λίγο πιο ψηλά από την έξοδο του λατομείου.

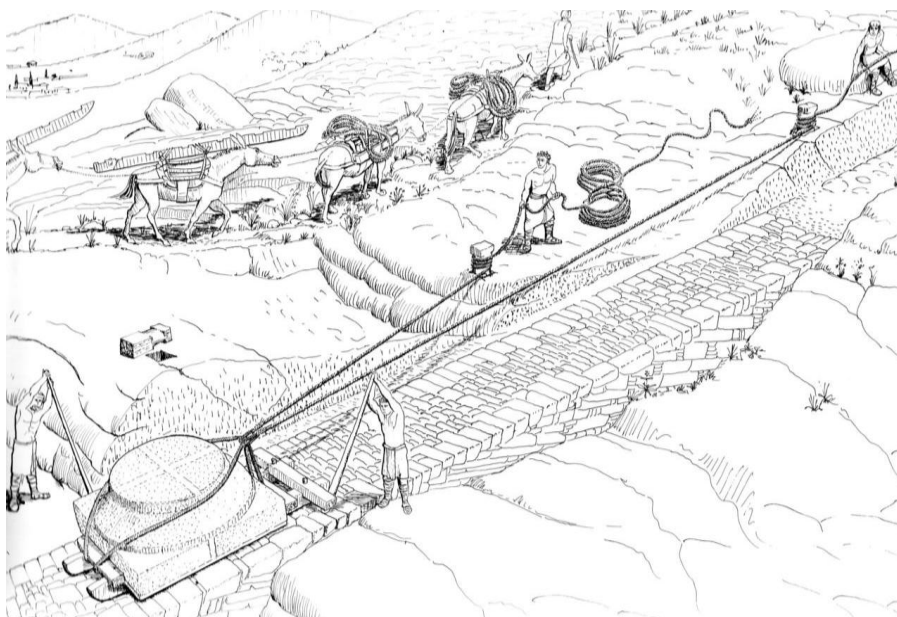
Στους άξονες των βαρούλκων δίνονταν οι πρώτες στροφές μέχρι να τανιστούν τα σχοινιά, ενώ κάτω από το έλκηθρο τοποθετούνταν οι *φάλαγγες*, κυλινδρικά σκληρά πρινόξυλα, καθώς και η πέδη στο πίσω μέρος, για την αποφυγή πιθανής οπισθοχώρησης. Οι φάλαγγες μάλιστα θα έπρεπε συνεχώς να ανατοποθετούνται από το πίσω στο πρόσθιο μέρος του ελκήθρου. Έτσι με τη σταδιακή περιστροφή των βαρούλκων το μεγάλο φορτίο μπορούσε να μετακινείται.



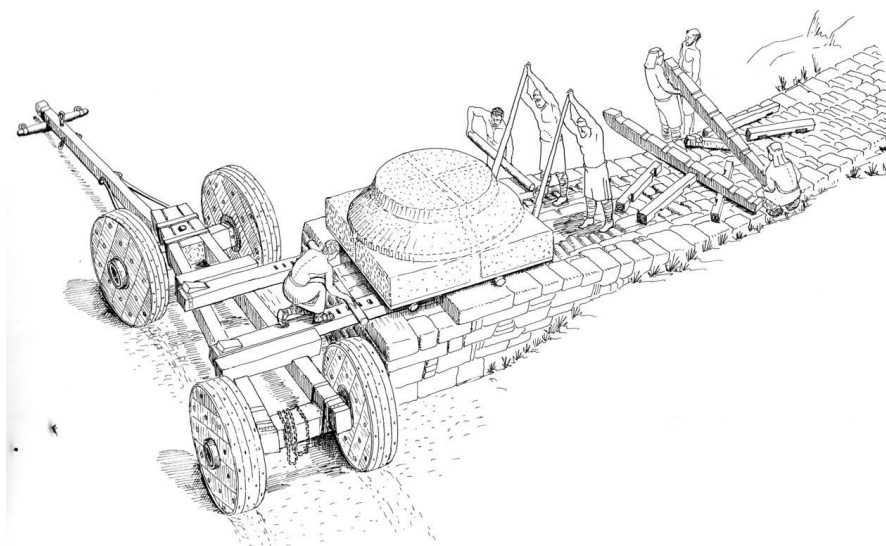
Εικόνα 17 Η μετακίνηση του μαρμάρινου όγκου

Η τριβή της ολίσθησης του ελκήθρου στο επικλινές λιθόστρωτο, μετριασμένη ίσως και με λίγο ζωικό λίπος, δεν ξεπερνούσε την καθοδική δύναμη του βάρους. Έτσι η καταγωγή επιτυγχάνονταν με ξύλινους μοχλούς για την οδήγηση του ελκήθρου και με σχοινιά εκτυλισσόμενα αργά από ξύλινους σταθερούς πασσάλους για την ανάσχεση της ορμής, οι οποίοι στερεώνονταν σε τετράγωνες οπές λαξευμένες στο βράχο. Άλλοι ειδικοί τρόποι πεδήσεως του ελκήθρου ήταν με απλή περιέλιξη του σχοινοῦ σε διαδοχικούς πασσάλους, πακτωμένους στις πλευρές της οδού, όπως για παράδειγμα

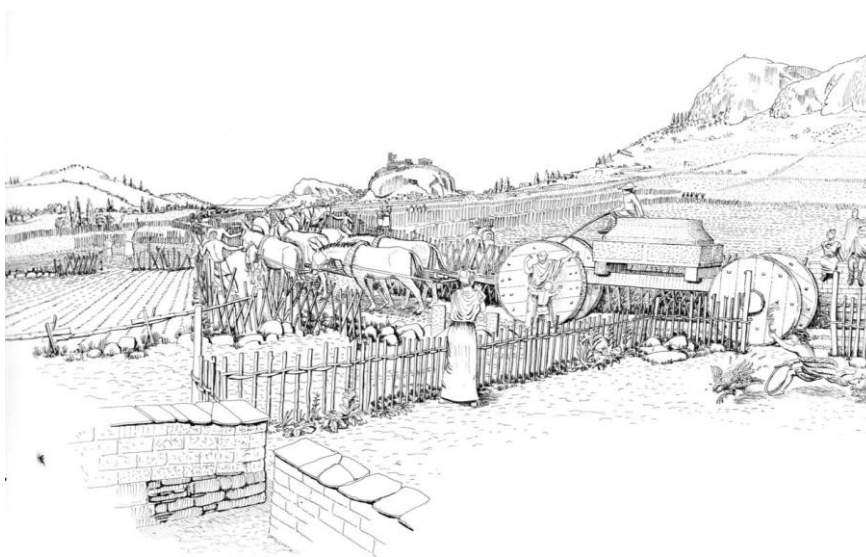
στο Λατομείο της Σπηλιάς όπου σώζονται οι σχετικές οπές ή με περιέλιξη του σκοινιού σε ένα πάσσαλο πακτωμένο οριζοντίως στο τοίχωμα της οδού, επίσης σωζόμενο στο λατομείο της Σπηλιάς. Οι οπές πακτώσεως των πασσάλων που σώζονται στο λατομείο της Σπηλιάς είναι τετράγωνης διατομής περίπου 30εκ. και βάθους 35-40εκ. Τα σχοινιά που εκτυλίσσονταν γύρω από τους πασσάλους πέδιζαν την ολίσθηση του ελκθήρου, ώστε αυτό να διατηρεί σταθερή ταχύτητα. Η δύναμη αντιστάσεως παρέχονταν από τον πάσσαλο στα σχοινιά, μόνον ως δεσμός τριβής μεταξύ περιελίξεων και ξύλου. Οι πάσσαλοι ήταν δυνατόν να πακτώνονται και στις δύο πλευρές του δρόμου ή μόνο στη μία.



Εικόνα 18 Μετακίνηση μαρμάρινου όγκου με απλή περιέλιξη του σκοινιού σε διαδοχικούς πασσάλους, πακτωμένους στις πλευρές της οδού.



Εικόνα 19 Ο μαρμάρινος όγκος φορτώνεται στην τετράκυκλη άμαξα.



Εικόνα 20 Ο μαρμάρινος όγκος μεταφέρεται στην τετράκυκλη άμαξα.

Μετά την κατάβαση από το ύψωμα, ο όγκος φορτώνονταν στην τετράκυκλη άμαξα, πράγμα που απαιτούσε δύο ισχυρές δοκούς, μερικές χονδρές φάλαγγες τορνευμένες με πολύ σκληρό ξύλο και τρεις - τέσσερις μεγάλους ξύλινους μοχλούς. Η μεταφόρτωση στην άμαξα θα έπρεπε να διευκολύνεται με κατάλληλες λιθόκτιστες, υπερυψωμένες διαμορφώσεις του κάτω μέρους της οδού καταγωγής, καθώς και με ισχυρά ξύλα για την ακινητοποίηση της άμαξας και τη σύνδεσή της με τη λιθόστρωτη επιφάνεια της οδού καταγωγής.



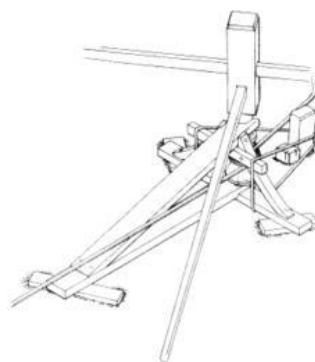
Εικόνα 21 Τρόπος μεταφοράς μέσω θαλάσσης

Εν γένει φθηνότερη μεταφορά θεωρείτο θαλάσσια και γινόταν με "φορηγίδες λιθαγωγούς" στις οποίες στοίβαζαν τους μικρότερους όγκους, ενώ τους μεγαλύτερους -για να είναι ελαφρύτεροι μέσω της άνωσης- τους κρεμούσαν στο νερό από ξύλινα δοκάρια, που στηρίζονταν σε δυο αμφίπρυμνες φορηγίδες.⁶

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία το μάρμαρο έχει χαρακτηριστεί λατομικό ορυκτό.

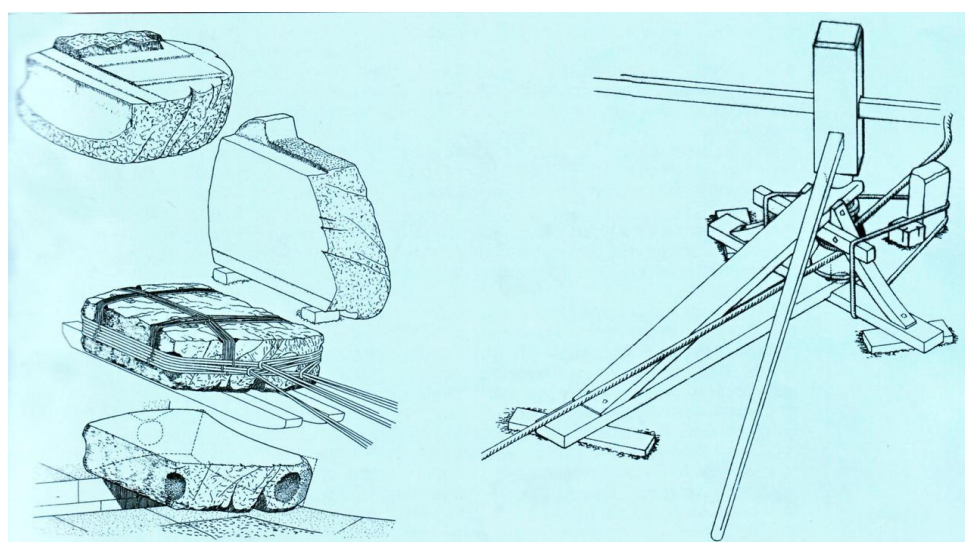
⁶ <http://osme.8m.com/marblequarring.htm>

➤ **Αρχαία Βαρούλκα⁷**



Εικόνα 22 Ελαφρύ τύπου βαρούλκο αγκυρωμένο (με το λεπτότερο σχοινί) σε ισχυρό πάσσαλο. Το ελκτικό σχοινί προσφύεται στον εργατοκύλινδρο μέσω τεσσάρων περιελίξεων.

Η εμφάνιση του βαρούλκου τοποθετείται χρονικά στον 6ο αιώνα π.Χ., παράλληλα με την ανάγκη ανύψωσης βαρών δεκάδων τόνων. Το βαρούλκο αποτελούσε το μόνο μέσον μεγάλης αυξήσεως της ανυψωτικής ικανότητας του πολύσπαστου. Το αρχαίο όνομά του, ήταν *Εργάτης* ή *Εργατοκύλινδρος*.



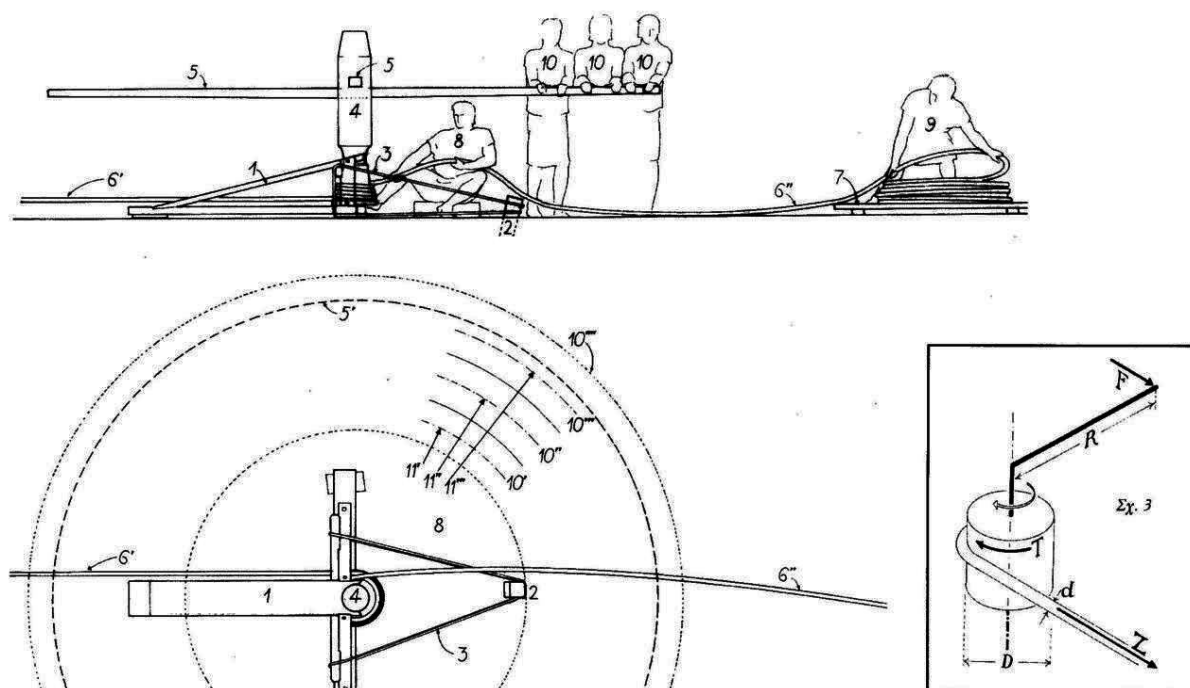
Εικόνα 23 Αριστερά: Το ανώφλιο του «θησαυρού του Μινύου» στον Ορχομενό. Φάσεις της παραμόρφωσης (πρώτα η κάτω επιφάνεια), της μεταφοράς (οι σωζόμενες αποτμήσεις γωνιών μαρτυρούν περιόδεση και έλξη με ισχυρά σχοινιά) και της τελικής μόρφωσης μετά την τοποθέτηση. Δεξιά: Βαρούλκο.

Πρόκειται για έναν ισχυρό, ξύλινο κύλινδρο, στρεφόμενο περί τον άξονά του, ο οποίος συμπαρασύρει το περιελιγμένο σε αυτόν σχοινί (εικ.23). Η περιστροφή γίνεται μέσω μοχλών κάθετων προς τον άξονά του. Με ωφέλιμο μήκος μοχλού δεκαπλάσιο του αθροίσματος της διαμέτρου του κυλίνδρου και του σχοινιού, η εισαγόμενη στο

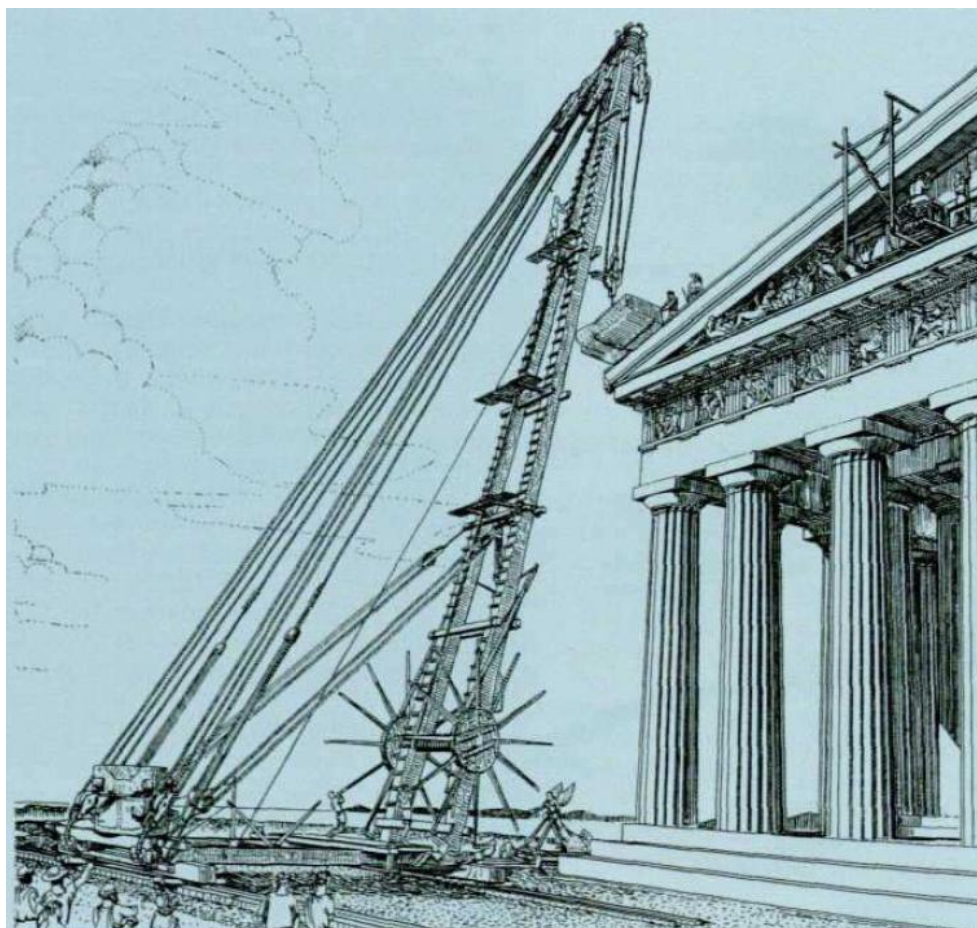
⁷ http://www.tmth.edu.gr/aet/thematic_areas/p234.html

άκρο του δύναμη εξέρχεται στο σκοινί εικοσαπλασιαζόμενη. Για την αποφυγή κινδύνου φθοράς και θραύσεως του σκοινιού, η διάμετρός του δεν έπρεπε να υπερβαίνει το 1/10 της διαμέτρου του κυλίνδρου. Μόνο ένα μέγεθος σκοινιού μπορούσε να είναι το πλέον κατάλληλο, σε σχέση με την ειδική αντοχή των φυτικών ινών, τα εργονομικά χαρακτηριστικά του βαρούλκου και του μέγιστου αριθμού τροχαλιών.

Τα αρχαία βαρούλκα διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: σε αυτά τα οποία περιελίσσουν όλο το σκοινί στον κύλινδρο και σε αυτά που ως κωνικές τροχαλίες τριβής το έλκουν αφήνοντάς το να αποθηκεύεται σε ικανή απόσταση από αυτά (εικ.24). Αυτά της πρώτης κατηγορίας είχαν κατά κύριο λόγο οριζόντιο άξονα περιστροφής και ευρύτατη χρήση στους γεραμούς. Τα βαρούλκα της δεύτερης κατηγορίας, τα γνωστά ως *εργάτες* ή *εργατοκύλινδροι*, είχαν σχεδόν πάντα κατακόρυφο άξονα και αποτελούσαν μόνιμο εξάρτημα κάθε πλοίου για την αναβίβαση της άγκυρας, με ευρεία όμως χρήση και στα οικοδομικά.



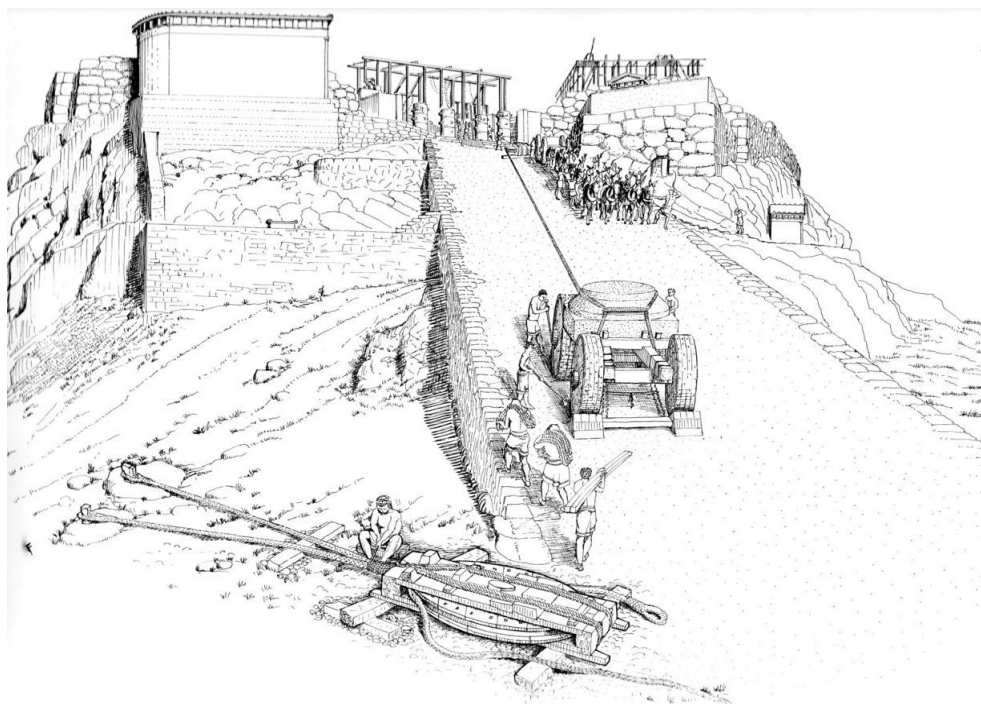
Εικόνα 24 Το βαρούλκο της εικόνας 23 σε λειτουργία: 2 και 3, πάσσαλος και σχοινί αγκύρωσης· 4, εργατοκύλινδρος· 5, μοχλοί ή σκυτάλες· 6' και 6'', ενεργό και άτονο μέρος του ελκτικού σχοινιού· 7, φορείο του ελκτικού σχοινιού· 8, ρυθμιστής της πρόσφυσης του σχοινιού στον εργατοκύλινδρο· 9, αποθηκάριος του σχοινιού· 10, εργάτες περιστροφής. Σχήμα 3 (κάτω δεξιά): Η περιστροφή γίνεται μέσω μοχλών (οι επιφραφικώς μαρτυρημένες σκυτάλες) κάθετων προς τον άξονά του. Με ωφέλιμο μήκος μοχλού δεκαπλάσιο του αθροίσματος της διαμέτρου του σχοινιού, η εισαγόμενη στο άκρον του δύναμη εξέρχεται στο σκοινί εικοσαπλασιασμένη.



Εικόνα 25 Παρθενών, αναπαράσταση της τοποθέτησης του ακρωτηρίου της ΝΑ γωνίας του κτιρίου με γερανό. Ο διπλός γερανοβραχίων (δίκωλος μηχανή) είναι κινητός παραλλήλως προς το κτίριο (χάρη σε κύλιστρα και τροχιές κάτω από την βάση του), αλλά και προς το κτίριο χάρη στους επιτόνους (σχοισιά και πολύσπαστα) που συνδέουν την κορυφή του με το οπίσθιο άκρον της βάσεως (όπου και το ακραίο αντίβαρο- μάλλον κάπιοι απ' τους σπονδύλους που αχρηστεύθηκαν κατά την περσική εισβολή). Το ανυψούμενο βάρος (3.800 χγρ.) αντισταθμίζεται από την δύναμη έξι εργατών (120 χγρ.), η οποία πολλαπλασιάζεται έως 12 φορές λόγω του μήκους των μοχλών και εν συνεχεία σχεδόν τρεις φορές λόγω των τροχαλιών του τρισπάστου.

➤ **Λιθαγωγία και Ανάβαση στον Ιερό Βράχο (περίπτωση Ακρόπολης)**

Η διαδικασία της μεταφοράς του μαρμάρου μέσω της άμαξας από το λατομείο μέχρι τον τόπο του μνημείου ονομαζόταν *λιθαγωγία*. Αυτών των ειδών οι μεταφορές γινόταν κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, ώστε οι δρόμοι να είναι στεγνοί και η διαδρομή να γίνεται πιο άνετα. Από τις επιγραφικές μαρτυρίες γίνεται γνωστό ότι για την έλξη των τετράτροχων, τετράκυκλων, αμαξών της λιθαγωγίας προς την Ακρόπολη χρησιμοποιήθηκαν ημιόνιοι, παρόλα αυτά όμως οι πληροφορίες δεν επιτρέπουν ακριβή αναπαράσταση των αμαξών, αλλά ούτε και τον προσδιορισμό του ακριβούς αριθμού των ελκτικών ημιόνων.

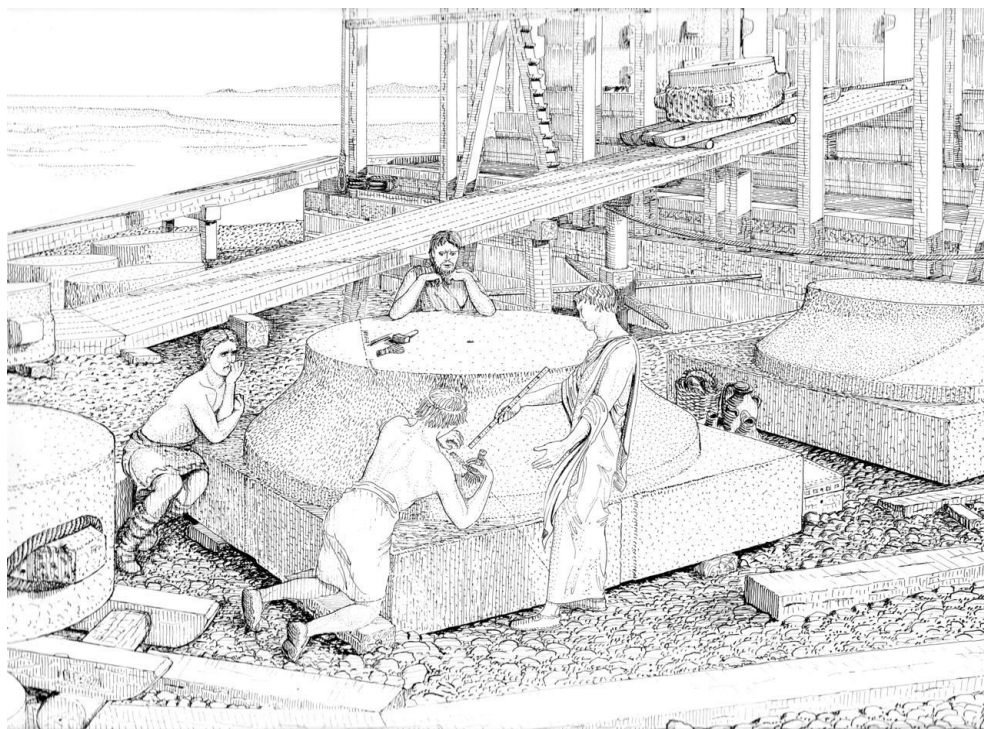


Εικόνα 26 Λιθαγωγία και ανάβαση σε βράχο

➤ Το σύστημα των αντίσταθμων αμαξών

Για την ανάβαση των λίθων στην Ακρόπολη προτείνεται το σύστημα των *αντίσταθμων* αμαξών το οποίο απαιτούσε τη χρήση πολύ μεγάλων, ισχυρών και ευκίνητων τροχαλιών στο άνω μέρος κάθε απλής διαδρομής, καθώς και πολύ ισχυρών σκοιινιών. Με το σύστημα αυτό η προς τα πάνω έλξη μίας φορτωμένης άμαξας αντιστρεφόταν με την τροχαλία και γινόταν πολύ εύκολη, επειδή σ' ένα βαθμό προσφερόταν έτοιμη από το βάρος μιας άλλης άμαξας η οποία είχε ανέβει προηγουμένως και έπρεπε τώρα να καταβιβαστεί με ασφάλεια. Έτσι τα ζώα αντί να έλκουν προς την ανηφόρα έπρεπε απλώς να έλκουν την κενή άμαξα προς τα κάτω. Έτσι μετατρέπονταν το μειονέκτημα του νεκρού βάρους σε πλεονέκτημα, εξυπηρετώντας όχι μόνο την αναβίβαση των φορτωμένων αμαξών, αλλά και την ασφαλή καταβίβαση των κενών.

Η χρήση των αντίσταθμων αμαξών περιγράφεται από τον Ήρωνα (Μηχανικά, 3.9), ενώ ο Κορρές υποθέτει ότι θα ήταν ο μόνος πιθανός τρόπος για την αναβίβαση τόσο πολλών λίθων σε τόσο βραχύ χρόνο στην Ακρόπολη.



Εικόνα 27 Τελειοποίηση λάξευσης μαρμάρινου όγκου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΜΑΡΜΑΡΑ - ΓΝΩΣΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΤΗΤΑ

➤ Εισαγωγικά στοιχεία

Δυστυχώς μέχρι σήμερα δεν έχει δει το φως της δημοσιότητας καμιά συστηματική καταγραφή των πολυαρίθμων αρχαίων λατομείων που "έδωσαν" τα θαυμάσια μάρμαρα για τη δημιουργία σημαντικών μνημείων όχι μόνο στον ελλαδικό χώρο, αλλά σε όλο τον αρχαίο κόσμο.



Εικόνα 28 Ο Παρθενώνας

Σε μια πολύ ενδιαφέρουσα εργασία του με τίτλο *"Το εις την μαρμαρικήν τέχνη χρήσιμα πετρώματα της Ελλάδος"*, ο καθηγητής του Ε.Μ.Π. κ. *Ιωάννης Παπαγεωργάκης* έχει περιλάβει αρκετά ιστορικά στοιχεία. Επίσης στο βιβλίο του με τίτλο *"Marmologia"*, ο *Ιταλός Mario Pirelli*, επιχειρώντας μια συνοπτική καταγραφή των μαρμάρων όλου του κόσμου, αναφέρει αρκετά από τα μάρμαρα που εξορύχτηκαν στην Ελλάδα από τους αρχαίους χρόνους.



Εικόνα 29 Αρχαιολογικός χώρος

Με βάση τις δύο παραπάνω πηγές, αλλά και στοιχεία από άλλες διάσπαρτες, δημοσιεύονται στη συνέχεια ορισμένες ενδιαφέρουσες πληροφορίες για μερικά μόνο από τα ελληνικά μάρμαρα που εξορύχτηκαν στην αρχαιότητα. Τα στοιχεία αυτά, "ποτιστική κληρονομιά" του κλάδου, αποδείξεις μιας παράδοσης αιώνων στην τέχνη του μαρμάρου, μπορούν να αποτελέσουν ένα ακόμη ισχυρό του όπλο για τις εξαγωγικές επιχειρήσεις μαρμάρου στο σκληρό ανταγωνισμό που αντιμετωπίζουν στη διεθνή αγορά.

➤ Το πεντελικό μάρμαρο (**Bianco Di Pendeli**)

Με τις *Bianco di Pendeli*, *Bianco statuaire*, *Marmo greco fino* είναι γνωστά στην παγκόσμια αγορά τα περίφημα λευκά μάρμαρα της Πεντέλης, που άρχισαν να εξορύσσονται κατά την αρχαιότητα στη νοτιοδυτική πλευρά του όρους, που σήμερα ονομάζεται Κοιλάδα της Σπηλιάς. Από τα πεντελικά μάρμαρα έχουν κατασκευαστεί ο *Παρθενώνας*, το *Ερεχθείο*, τα *Προπύλαια της Ακρόπολης*, το *θησείο*, ο *ναός του Ολυμπίου Διός* και πολλοί άλλοι ναοί και μνημεία των Αθηνών και άλλων αρχαίων πόλεων της Ελλάδας.



Εικόνα 30 Οι μαρμάρيني κίονες του Παρθενώνα

Σήμερα στην περιοχή των αρχαίων λατομείων και σε υψόμετρο 700 μέτρων διατηρείται σε σχετικά καλή κατάσταση ένα από τα αρχαία μέτωπα εξόρυξης.

Η νεότερη εξόρυξη στην Πεντέλη άρχισε το 1836, επί της βασιλείας του Όθωνα και συνεχίστηκε μέχρι το 1976 σε διάφορες θέσεις της νότιας πλευράς του Πεντελικού

όρους. Κατά τους νεότερους χρόνους, κατασκευάστηκαν με το Πεντελικό μάρμαρο η Βαλλιάνειος Βιβλιοθήκη, η Ακαδημία Αθηνών και πολλά άλλα σημαντικά κτίρια.

Από το 1976 η εξόρυξη πεντελικού μαρμάρου συνεχίζεται μόνο στη βόρεια πλευρά της Πεντέλης, στην περιοχή του Διονύσου, την αθέατη από το λεκανοπέδιο των Αθηνών.

Τα πεντελικά μάρμαρα παρουσιάζουν σχιστότητα, ιδιότητα που διευκολύνει την εξόρυξη των ογκόλιθων και γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή κατά τη μηχανική επεξεργασία του πετρώματος.

Έχουν λεπτό υποσακχαροειδή ιστό και μεγάλη συνεκτικότητα, φυσιολογική αντοχή στη θραύση και στιλβώνονται εύκολα.

Είναι χρώματος λευκού, μεγάλης καθαρότητας, χωρίς διάστιξη και διεσπαρμένες φλέβες.

Όταν τα πεντελικά μάρμαρα εκτεθούν στους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, δημιουργείται χρυσό επιφανειακό επίχρισμα, που κάνει ιδιαίτερα επιβλητικά τα αγάλματα που κατασκευάζονται από το μάρμαρο αυτό. Το Πεντελικό μάρμαρο χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στη διακοσμητική και αρχιτεκτονική και είναι κατάλληλο και για εξωτερικές χρήσεις, όταν δε διαθέτει τον κατάλληλο ιστό και χρωματισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη γλυπτική.



Εικόνα 31 *Μαρμάρινη λεπτομέρεια*

Δύο ιδιαίτεροι τύποι των πεντελικών μαρμάρων γνωστοί από την αρχαιότητα είναι το *Pentelique Statuaire* και το *marmo greco fino* ή *marmor pentelicum*, όπως το ονόμαζαν οι Ρωμαίοι.

Ο τύπος *Pentelique Statuaire* διαφέρει από το Λευκό μάρμαρο ως προς την απόχρωση του Λευκού που είναι αδύνατο να περιγραφεί. Μόνο ένας ειδικός είναι σε θέση να εκτιμήσει τη διαφορά.

Αυτός ο τύπος του πεντελικού μαρμάρου χρησιμοποιήθηκε στην αρχιτεκτονική, ιδιαίτερα όμως στη γλυπτική. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι κατά την κλασική περίοδο, οι γλύπτες χρησιμοποιούσαν το πεντελικό μάρμαρο για την κατασκευή των γυμνών μερών των αγαλμάτων.

Το *Pentelique Statuaire* είναι μάρμαρο εξαιρετικής ποιότητας και μοναδικό στο είδος του. Τα μόνα μάρμαρα με τα οποία θα μπορούσε να συγκριθεί, είναι εκείνα της *Carrara* και της *Versillia*, χωρίς όμως να έχει προσδιοριστεί ένας συγκεκριμένος τρόπος διάκρισης μεταξύ τους.

Ο τύπος *greco fino* είχε τις περισσότερες εφαρμογές στην αρχιτεκτονική των Ρωμαίων και στην ελληνική γλυπτική. Είναι ένα μάρμαρο κατάλευκο και λεπτοκοκκώδες (διαφορά από το μεσοκοκκώδες μάρμαρο της Πάρου). Με το μάρμαρο αυτό έχει κατασκευαστεί ένας Ερμής, με το κεφάλι του νεαρού *Αύγουστου*, που βρίσκεται στο μουσείο *CHIAROMONTI* του Βατικανού, στη Ρώμη.

➤ Το μάρμαρο της Θάσου

Το μάρμαρο αυτό ανακαλύφθηκε στη Θάσο από τους Φοίνικες, οι οποίοι από το 24π.Χ. είχαν μετατρέψει το νησί σε μεγάλο ναυτιλιακό κέντρο.



Εικόνα 32 Μάρμαρο Θάσου

Τα πολυάριθμα αρχαία λατομεία που συναντώνται σήμερα στο νησί αποδεικνύουν ότι εκεί γινόταν συστηματική και εντατική εκμετάλλευση του μαρμάρου. Από στοιχεία

που υπάρχουν από έρευνες της Γαλλικής Αρχαιολογικής Σχολής τα αρχαία λατομεία λειτούργησαν κατά τους αρχαϊκούς χρόνους, κυρίως όμως κατά τους κλασικούς και ρωμαϊκούς χρόνους, αλλά και κατά τους Βυζαντινούς.

Το Θάσιο μάρμαρο είχε χρώμα λευκό κιτρινωπό, με συμπαγή ιστό και λαμπυρίζοντες, μέτριου μεγέθους κρυστάλλους, θεωρούταν υλικό μέτριας ποιότητας, σε σύγκριση με τα άλλα ελληνικά μάρμαρα, χρησιμοποιήθηκε όμως ευρύτατα, τόσο από τους Έλληνες όσο και από τους Ρωμαίους. Από αυτό το μάρμαρο έχει κατασκευαστεί η *Αψίς του Γαλέριου*, στη Θεσσαλονίκη.

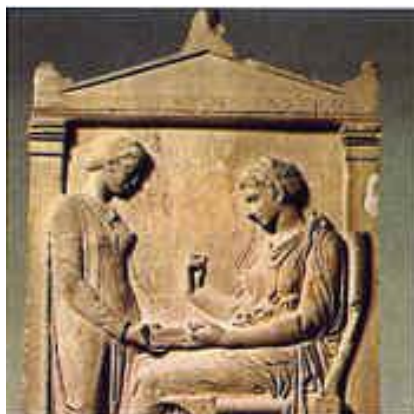
Στη Θάσο λευκό χοντρόκοκκο μάρμαρο έβγαινε από την αρχαιότητα στη χερσόνησο της Αλυκής ΝΑ του νησιού, όπου αντικρίζει κανείς μέχρι σήμερα μεγάλους όγκους μαρμάρου, κομμένους πολυεδρικά. Επίσης στη Θάσο λευκό μάρμαρο εξορυσσόταν στο ακρωτήριο Φανάρι, στη ΒΑ πλευρά του νησιού, όπου πάλι φαίνονται οι αρχαίες λατομήσεις, καθώς και στο ακρωτήριο Βαθύ πιο πάνω, στην ακτή του οποίου είδε ο αρχαιολόγος *W. Deonna* το 1990 καλυμμένα από λαξευμένα μάρμαρα, σπονδύλους κίωνων, μέλη σαρκοφάγων από πέτρες κατεργασμένες τοξοειδώς. Ίχνη λάξευσης στις πέτρες βλέπει κανείς και σήμερα σία μέρη αυτά.

Είναι γνωστό και το λατομείο του *Ακήρατου*, ενός Θάσιου που στο τέλος του 6ου αιώνα π.Χ. έκτισε έναν πύργο στο ακρωτήριο του Πύργου της Θάσου. Ο πύργος ήταν και το μνήμα του, όπως μαθαίνουμε από την επιγραφή στα ερείπια του: *"Είμαι το μνήμα του Ακήρατου, του γιου του Φρασηρίδη και κείτομαι στην άκρη του παραβοστασιού, σώζοντας τα πλοία που ταξιδεύουν και τους ναύτες. Αλλά χαίρετε"* (Inscr. Graec. XII, 8, 683). Ένα άλλο λατομείο που έγινε για τη δημιουργία δύο Κρυσφόρων Κούρων -ο ένας από τους οποίους βρίσκεται στο μουσείο Θάσου- ήταν μάλλον στην Ακρόπολη του νησιού, στο Ιερό του Πύθιου Απόλλωνα.

Το θασίτικο μάρμαρο εξαγόταν στη Σαμοθράκη, στα γειτονικά νησιά, στις ακτές της Μ. Ασίας, στη νότια Ελλάδα. Στο κέντρο του Ιερού των Μεγάλων Θεών στη Σαμοθράκη το Τέμενος, ένας ορθογώνιος περίβολος που κτίστηκε γύρω στο 340π.Χ., ανάθημα ίσως του *Φιλίππου*, είχε πρότυλο από θασίτικο μάρμαρο.

Η ανωδομή της θόλου, ενός κτιρίου που η βασίλισσα *Αρσινόη*, θρυλική για τις μηχανορραφίες της, ακόμα και εναντίον του ίδιου του συζύγου της, βασιλιά της Θράκης *Λυσιμάχου*, αφιέρωσε στο Ιερό το 288-281π.Χ., ήταν επίσης από θασίτικο

μάρμαρο. Στη Ρώμη αργότερα το θασίτικο μάρμαρο εισαγόταν σε μεγάλες ποσότητες κατά τους Αυτοκρατορικούς χρόνους, από τον 1ο αιώνα π.Χ. ως τον 3ο αιώνα μ.Χ. Ο Πλίνιος (Hist. Nat., XXXVI, 6, 64) γράφει ότι στη Ρώμη άρεσαν πολύ τα μάρμαρα Θάσου.



Εικόνα 33 Αναπαράσταση της βασίλισσας Αρσινόης και του συζύγου της πάνω σε θασίτικο μάρμαρο

Για το θασίτικο μάρμαρο υπάρχουν πολλές αναφορές σε αρχαία κείμενα: Ο Βιτρούβιος που γράφει το 25-23π.Χ. αναφέρει (De Archit. X, II, 15) ότι ο βοσκός Πιξόδαρος μαζί με κατοίκους της Εφέσου αποφάσισε να ιδρύσει στην πόλη ιερό της Αρτέμιδος. Τα μάρμαρα του κτιρίου θα τα έφερναν από την Πάρο, την Προκόννησο, την Ηράκλεια και τη Θάσο. Ο Πλούταρχος τον 1ο αιώνα μ.Χ. στους Παράλληλους Βίους του (Κάτων, 11) γράφει ότι ο Κάτων έφτιαξε για τον αδερφό του μνημείο από θασίτικο μάρμαρο στον Αίνο της Θράκης. Ο Σενέκας, που επισκέφθηκε την έπαυλη του Σκιπίωνα του Αφρικανού στη Ρώμη, εκτιμώντας το ήθος του άντρα και τη λιτή κατοικία του, σαρκάζει (Epist. 86, 6) τους σύγχρονους, τους νεόπλουτους τον 1ου αιώνα μ.Χ. για τη σπάταλη, χωρίς πνευματικότητα ζωή τους, που την εξόδευαν στο πώς να διακοσμήσουν με μάρμαρα τα σπίτια τους. “Μα ποιος στην εποχή μας θα μπορούσε ν’ αντέξει ένα τέτοιο παλιομοδίτικο μπάνιο σαν του Σκιπίωνα; Εμείς θεωρούμε τους εαυτούς μας φτωχούς και μίζερους, αν η πίσίνα μας δεν έχει επενδυθεί με θασίτικο μάρμαρο”. Ο Σουπιώνιος συγγραφέας του 1ου αιώνα π.Χ., σημειώνει ότι ο οικογενειακός τάφος των Δομπίων, όπου τάφηκε και ο Νέρων, είχε κατασκευασθεί από θασίτικο μάρμαρο. Ο Παιουσανίας επίσης που περιηγείτο την Ελλάδα επισημαίνει ότι πριν φθάσει κανείς στο ναό του Ολυμπίου Διός στην Αθήνα συναντούσε δύο ανδριάντες του Αδριανού από μάρμαρο Θάσου.

➤ Το μάρμαρο της Νάξου (Marmo Di Naxos)

Το μάρμαρο αυτό εξορυσσόταν κατά την αρχαιότητα από τα λατομεία του Απόλλωνα, όπου διατηρούνται ακόμα πολλά ίχνη αρχαίων εργασιών.

Το μάρμαρο των λατομείων του Απόλλωνα είναι λευκό με μία ελαφριά ανοιχτότερη απόχρωση και με σκοτεινότερες περιοχές και ραβδώσεις, ενώ συχνά εμφανίζεται διάσπικτο από μεμονωμένους τεφρούς κόκκους. Είναι αδιαφανές και χονδροκοκκώδες.

Ο Κολοσσός της Ρόδου, άγαλμα ημιτελές, μήκους 10,5 μέτρων, έχει κατασκευασθεί από το μάρμαρο αυτό.

➤ Ο λυχνίτης της Πάρου (Marmo Grecheto Duro)

Πρόκειται για το περίφημο μάρμαρο της Πάρου με το όνομα "λυχνίτης" ή "λυχνίας μάρμαρος".

Επειδή η αντοχή του πετρώματος είναι αρκετά μεγάλη το μάρμαρο αυτό είναι γνωστό στην Ιταλία σαν *Marmo Greco* χωρίς όμως να έχει την έννοια της μεγαλύτερης σκληρότητας σε σχέση με τα άλλα είδη μαρμάρου.

Το αρχαίο λατομείο του Αυχνίτη βρίσκεται σε απόσταση 5,5χλμ. από την Παροικία της Πάρου και η εξόρυξη ίου γινόταν υπόγεια, με τη διάνοιξη εκτεταμένων στοών. Το στρώμα του λυχνίτη που βρισκόταν μεταξύ των στοών και ίων υπόγειων χώρων εξορύχτηκε σχεδόν ολοκληρωτικά κατά την αρχαιότητα.

Τα ίχνη των αρχαίων εργασιών διατηρούνται ακόμα.

Ο λυχνίτης είναι χιονόλευκος με μια ελαφρά κυανότεφρη απόχρωση και είναι ένα μεσοκοκκώδες πέτρωμα με γρανοβλαστικό ιστό. Οι κρύσταλλοι ασβεστίτη, ανώμαλου γενικά σχήματος, είναι διαυγείς, ιδιότητα στην οποία οφείλεται η μεγάλη διαφάνεια δειγμάτων πάχους μέχρι 35 χιλιοστά. Η διαφάνεια αυτή προσδίδει ιδιαίτερη αίγλη και ζωηρότητα στα αγάλματα που κατασκευάστηκαν από λυχνίτη, κυρίως στα τμήματα που παριστούν τα γυμνά μέρη του ανθρώπινου σώματος.

Ο λυχνίτης χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία των πιο ωραίων αγαλμάτων της αρχαιότητας, όπως είναι η *Αφροδίτη της Μήλου* και ο *Ερμής του Πραξιτέλη*.



Εικόνα 34 *Μαρμάρινοι κίονες*

Χρησιμοποιήθηκε επίσης στην κατασκευή του Ναού της Ιερουσαλήμ, ενώ λέγεται ότι το δάπεδο στο παλάτι του βασιλιά της Περσίας Ξέρξη κατασκευάστηκε από μάρμαρο *smeraldino* και λυχνίτη.

Παρ' όλο που κατά τους νεότερους χρόνους έγινε κατά περιόδους εξόρυξη μικρών ποσοτήτων λυχνίτη από τα υπόγεια μέτωπα, η εξόρυξη σήμερα θεωρείται ασύμφορη.

➤ **Το μάρμαρο της Πάρου (Marmo Pario)**

Μάρμαρο της Πάρου που εξορυσσόταν από την αρχαιότητα στο νησί. Είναι πέτρωμα χονδροκοκκώδες με σακχαροειδή συμπαγή ιστό και δεν παρουσιάζει δυσκολίες στην στίλβωση και γενικά στην επεξεργασία. Οι μεγάλοι κρύσταλλοι παρέχουν στο πέτρωμα μεγαλύτερη λάμψη και καθαρότητα χρώματος, σε σχέση με το μάρμαρο της Πεντέλης. Η διαύγεια και η διαφάνειά του που φθάνει τα 6 - 7 εκατοστά βάθος, και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και τα 30 εκατοστά, όπου περνώντας έτσι το φως χαρίζει αυτή τη μοναδικότητα. Το μαργαριτοχρούν μάρμαρο της Πάρου είναι μία ποικιλία του προηγούμενου και έχει πάρει αυτή την ονομασία από τη λεπτή μαργαριτώδη απόχρωσή του. Δεν έχει κανένα χρωματισμό και είναι κατάλληλο για την κατασκευή αγαλμάτων και για εφαρμογές στην αρχιτεκτονική και διακόσμηση.

Αναφέρεται ότι στην αρχαία Ελλάδα χαράσσονταν τα αποφθέγματα πάνω σε πλάκες από μάρμαρο Πάρου.

Η διαφάνεια αυτή του μαρμάρου της Πάρου, της λεγόμενης "*Παρίας λίθου*" είχε καταστεί τόσο γνωστή που λάμβανε και θεϊκό συμβολισμό. Όπως μάλιστα σημειώνει στους λόγους του ο Ευσέβιος:

"Ο Θεός, αρχή φωτεινή, που εδρεύει στο μέσον του πυρός, του πιο ευαίσθητου, μένει για πάντα αόρατη στα μάτια εκείνων που δεν ανυψώνονται υπεράνω της υλικής ζωής. Γι' αυτό η θέα των διαφανών σωμάτων, όπως του κρυστάλλου, του **παριανού μαρμάρου** και ακόμα του ελεφαντοστού οδηγεί στην ιδέα του θεϊκού φωτός, όπως η θέα του χρυσού οδηγεί στην ιδέα της καθαρότητας."

➤ Το μάρμαρο του Υμηττού (**Marmo Imetto Antico**)

Το μάρμαρο αυτό είναι γνωστό σαν "*υμήππειο μάρμαρο*", και χρησιμοποιήθηκε κατά τους αρχαιοελληνικούς χρόνους για την κατασκευή απλών μνημείων. Αργότερα οι Ρωμαίοι που το ονόμαζαν *marmor imettium*, συνέχισαν εντατικά την εξόρυξη και το μετέφεραν στη Ρώμη με την μορφή μεγάλων ογκόλιθων. Την εποχή εκείνη η εξόρυξη γινόταν κυρίως στη ΒΑ πλαγιά και στους πρόποδες του Υμηττού. Σήμερα ελάχιστα ίχνη των αρχαίων λατομείων διατηρούνται, γιατί εξαλείφθηκαν από τη εντατική εκμετάλλευση των νεώτερων χρόνων. Το Μάρμαρο του Υμηττού έχει συμπαγή μακροκρυσταλλικό ιστό. Κατά θέσεις το πέτρωμα αποτελείται από μάζα τόσο λεπτοκοκκώδη που η όλη εμφάνισή του δίδει την εντύπωση στιφρού ασβεστόλιθου.

Το υμήππειο μάρμαρο ήταν το πρώτο που εισήγαγαν οι Ρωμαίοι από το εξωτερικό. Το μάρμαρο εισαγόταν με τη μορφή κολόνων, πολλές από τις οποίες υποστηρίζουν τον κύριο νάρθηκα στο Ναό της *S. Maria maggiore*, στο *S. Pietro* στο *Vincali* και στην εκκλησία του *S. Paolo*.

Το πέτρωμα που εξορύχτηκε κατά τους νεότερους χρόνους χρησιμοποιήθηκε κυρίως για πλακοστρώσεις, ενώ είχε ελάχιστες εφαρμογές στις εξωτερικές επενδύσεις, μια από τις οποίες αποτελείτο κτίριο της Αγροτικής Τράπεζας Θεσσαλονίκης.

➤ **Το μάρμαρο της Αγριλέζας (Marmo Di Agrileza)**

Πρόκειται για το μάρμαρο της Λαυρεωτικής. Στην κοιλάδα της Αγριλέζας, 4 περίπου χιλιόμετρα βόρεια του ακρωτηρίου του Σουνίου, υπάρχουν αρχαία λατομεία, από τα οποία εξορύχτηκε το μάρμαρο για την οικοδόμηση των ναών του Ποσειδώνα και της Αθηνάς στο Σούνιο. Το μάρμαρο της Αγριλέζας είναι λευκό, έχει όμως ανοικτή κυανότεφρη απόχρωση και φέρει συχνά τεφρές ραβδώσεις. Ο ιστός είναι γρανοβλαστικός και λεπτοκοκκώδης.

Σε αντίθεση με τα μνημεία που κατασκευάστηκαν από το πεντελικό μάρμαρο, τα μάρμαρα των ναών του Σουνίου δε φέρουν τη χαρακτηριστική καστανόχρωμη πατίνα, παρόλο που έχουν υποστεί έντονη διάβρωση. Αυτό οφείλεται στην απουσία σιδηρούχου σκόνης από τα μάρμαρα της Αγριλέζας. Η σκόνη που παρατηρείται μακροσκοπικά είναι αργιλοπυριτικής σύστασης και σε αυτή οφείλεται το λευκό χρώμα του μαρμάρου. Οι γκρίζες αποχρώσεις οφείλονται στην ύπαρξη ανθρακούχου σκόνης και στη διαύγεια και διαφάνεια του ασβεστίτη.

➤ **Το μάρμαρο της Κέρκυρας (Selenite Di Corfu)**

Πρόκειται για ένα μάρμαρο που εξορυσσόταν στην Κέρκυρα κατά την αρχαιότητα. Εμφανίζει υποσακχαροειδή, αρκετά συμπαγή ιστό, είναι μεσοκοκκώδες, με μέσες τιμές σκληρότητας και παρουσιάζει μικρή αντοχή στη θραύση. Είναι χρώματος λευκότεφρου.

Σημειώνεται ότι η ονομασία που έχει δοθεί στο κερκυραϊκό μάρμαρο είναι λανθασμένη.

➤ **Το μάρμαρο της Λακωνίας (Marathon De Grece)**

Το μάρμαρο αυτό εξορυσσόταν σε περιοχή του νομού Λακωνίας. Χαρακτηρίζεται από υποσακχαροειδή συμπαγή ιστό και κοκκώδες μέτριου μεγέθους. Παρουσιάζει μέτρια αντοχή στη θραύση.

Σε στιλβωμένη επιφάνεια παρουσιάζει ένα λευκόγκρίζο φόντο που διασχίζεται από αρκετές, καλά σχηματισμένες ανοιχτόχρωμες φλέβες.

Γενικά, πρόκειται για υλικό μέτριας ποιότητας και συνιστάται περισσότερο για εσωτερικές χρήσεις.

➤ **Το μάρμαρο της Κορίνθου (Marmo Giallo Tigrato Antico)**

Οι αρχαίοι Ρωμαίοι έδωσαν στο μάρμαρο αυτό την ονομασία *marmor corinthium*, γιατί εξορυσσόταν σε περιοχή της Κορίνθου. Σε στιλβωμένη επιφάνεια παρατηρείται ένα φόντο ανοιχτού, χρώματος με σκουρόχρωμες κυκλικές φλέβες, που κατά τόπους εμφανίζονται ιδιαίτερα έντονες με αποτέλεσμα το μάρμαρο αυτό να παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το δέρμα του πάνθηρα ή της λεοπάρδαλης. Παρέχει άριστα στιλβωμένες επιφάνειες, εμφανίζεται όμως μερικές φορές διάτρητο από τρύπες, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για ορισμένες χρήσεις.

➤ **Το μάρμαρο της Ολυμπίας (Marmo Greco Duro Antico)**

Επειδή το μάρμαρο αυτό είχε λεπτότερη και ελαφρότερη δομή, οι αρχαίοι Ρωμαίοι του έδωσαν την ονομασία *marmor porinum* (πόρος, άνοιγμα), θέλοντας να κάνουν έναν παραλληλισμό με το πορώδες των τάφων. Η παρατήρηση όμως αυτή δεν ήταν αξιόπιστη, γιατί το μάρμαρο αυτό ήταν συγχρόνως αρκετά συμπαγές, μάλλον σκληρό και χρησιμοποιούταν πολύ στη γλυπτική, παρ' όλο που δεν ήταν υλικό άριστης ποιότητας.

Τα λατομεία όπου γινόταν η εξόρυξη, βρίσκονταν κοντά στην Ολύμπιο της Πελοποννήσου. Με το μάρμαρο αυτό κατασκευάστηκαν οι τοίχοι του ναού του Ολυμπίου Διός, ο τάφος του Δαρείου στην Περσέπολη και το γλυπτό "*Belvedere*", που κοσμεί το μουσείο του Βατικανού.

➤ **Το μάρμαρο της Λέσβου (Marmo Greco Giallognolo)**

Οι Ρωμαίοι το ονόμαζαν *Marmo Lesbium* γιατί η εξόρυξή του γινόταν στη Λέσβο. Με το μάρμαρο αυτό κατασκευάστηκαν η *Αφροδίτη του Καπιτωλίου* και το άγαλμα της *Giulia Pia* που βρίσκεται στο μουσείο του Βατικανού στη Ρώμη.

Επίσης το υλικό αυτό χρησιμοποιήθηκε πολύ στις κατασκευές τάφων και μνημείων.

➤ Το μάρμαρο του Ταίναρου (*Marmo Nero Antico*)

Οι Ρωμαίοι το ονόμαζαν *Marmor taenarium*, γιατί η εξόρυξη του γινόταν κοντά στο ακρωτήριο Ταίναρο της νότιας Πελοποννήσου. Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς το ονομάζουν "μέλαν μάρμαρο", χωρίς όμως να δίνουν πληροφορίες για τα λατομεία του. Νεότεροι ερευνητές που αναζήτησαν τα λατομεία αυτά σε όλη την περιοχή του ακρωτηρίου Ταίναρο δεν μπόρεσαν να εντοπίσουν τη θέση όπου εξορυσσόταν το μαύρο αυτό πέτρωμα.

Η χερσόνησος του ακρωτηρίου Ταίναρο αποτελείται κυρίως από κυανότεφρα ως σχεδόν λευκά μάρμαρα, τα οποία δεν έχουν καμία σχέση με το *Nero antico*. Πάντως το πέτρωμα αυτό είναι ωραιότατο και στην αρχαιότητα θεωρούταν το μάρμαρο πολυτελείας. Ήταν λεπτοκοκκώδες με συμπαγή ιστό και βαθύ μαύρο χρώμα. Μερικές φορές στο μαύρο φόντο διακρίνουμε πολλές, μικρές, λευκές, τριχοειδείς γραμμώσεις.

Δείγματα από το μάρμαρο αυτό υπάρχουν στο μουσείο του Καπιτωλίου στη Ρώμη, δύο κολόνες στην Εκκλησία της *Regina coeli*, ένα θαυμάσιο τραπέζι στο μέγαρο *Altemps*.

➤ Το μαύρο της Χίου (*Marmo Africano Antico*)

Οι Ρωμαίοι το ονόμαζαν *Marmor chium* γιατί εξορυσσόταν στη Χίο. Στη συνέχεια το μάρμαρο αυτό πήρε, κακώς, την ονομασία *Africano*.

Σύμφωνα με την αναφορά του Πλίνιου (1ος αιώνας μ.Χ.) το μάρμαρο αυτό ήταν μαύρο με πολύχρωμες κηλίδες, χωρίς να διασχίζεται από φλέβες. Επίσης διέθετε συμπαγή δομή και παρουσίαζε μεγάλη σκληρότητα.

Εκείνα τα χρόνια γινόταν συστηματικότερη εκμετάλλευση του μαρμάρου αυτού και η ετήσια παραγωγή του ήταν πολύ υψηλή. Με το υλικό αυτό κατασκεύασαν τα τείχη της πόλης της Χίου.

Δείγματα από το μάρμαρο *Africano* υπάρχουν στην Ιταλία και συγκεκριμένα στη Ρώμη. Οι κολόνες της πρόσοψης της Βασιλικής του Αγίου Πέτρου έχουν κατασκευαστεί από αυτό το μάρμαρο και στην οκταγωνική αυλή του Μουσείου του Βατικανού υπάρχει ένα κομμάτι κολόνας, που θεωρείται το ωραιότερο δείγμα του μουσείου.

Υπήρχαν και άλλες ποικιλίες μαρμάρου, που εξορύσσονταν στη Χίο κατά την αρχαιότητα, όπως το *grigio africanato* με τεφρές κηλίδες και το *verde africanato* με πράσινες κηλίδες.

➤ **Το μάρμαρο της Ρόδου (Marmo Giallo E Nero Antico)**

Οι Ρωμαίοι ονόμασαν το μάρμαρο αυτό *marmor rodium* γιατί εξορυσσόταν κατά την αρχαιότητα από λατομεία της Ρόδου. Το νησί αυτό ήταν επικεφαλής των νησιών της Ρωμαϊκής Επαρχίας επί Διοκλητιανού (297π.Χ.).

Κατά τον Πλίνιο, το μάρμαρο αυτό είχε συμπαγή, ανθεκτικό ίσιο, το δε μαύρο φόντο διέσχιζαν πολυάριθμες χρυσές φλέβες.

Το προσωπείο στον τάφο του Παύλου (Ρωμαίος Πάπας, 1534-1549), στο Βασιλικό Βοτανικό, έχει κατασκευαστεί με τέτοιο μάρμαρο, το οποίο παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το ιταλικό μάρμαρο "*portoro*", που εξορύσσεται στην περιοχή της *La Spezia*.

Αποκλείεται ωστόσο να χρησιμοποιήθηκε το ιταλικό μάρμαρο για την κατασκευή του μνημείου, γιατί όταν άρχισε η εξόρυξη του, ο γλύπτης του προσωπείου, *Goulielmo de la Porta* (1500-1577) είχε ήδη πεθάνει.

Από το μάρμαρο της Ρόδου έχουν επιπλέον κατασκευαστεί γλυπτές διακοσμήσεις θυρών, παραθύρων και κιόνων στο *Παλάτι Ιπποτών της Ρόδου*.

Τέλος, αναφέρεται ότι το μάρμαρο της Ρόδου μπορεί να θεωρηθεί μάρμαρο *portoro antico*.

➤ **Το ροζ της Ηπείρου (Rose Epire)**

Το μάρμαρο αυτό εξορυσσόταν κατά την αρχαιότητα στην Ήπειρο. Πρόκειται για συμπαγή ασβεστόλιθο που μετατράπηκε με μεταμόρφωση σε κρυσταλλικό μάρμαρο. Χαρακτηρίζεται από ένα φόντο χρώματος κιτρινωπού με ελαφριά ροζ απόχρωση, μέσα στο οποίο διακρίνονται φλέβες σε αποχρώσεις του κόκκινου, που αναπτύσσονται σε σχήμα zik-zak. Επιπλέον παρατηρούνται διασπαρμένα, διάφορα ιδιόμορφα σχήματα γκρίζου χρώματος, ενώ μέσα στη συμπαγή μάζα υπάρχουν αρκετά υπολείμματα απολιθωμάτων. Έτσι το μάρμαρο αυτό αποτελεί ένα

κροκαλοπαγές πέτρωμα με αρκετά μεγάλη σκληρότητα και αντοχή στη θραύση. Επεξεργάζεται με ευκολία, είναι ανθεκτικό, συμπαγές και αποτελείται από πυκνή κοκκώδη μάζα. Το χρώμα των χαρακτηριστικών φλεβών του μαρμάρου της Ηπείρου, οφείλεται στην περιεκτικότητά του σε αιματίτη.

Είναι υλικό πολύ καλής ποιότητας, κατάλληλο και για εξωτερικές χρήσεις. Από το ροδόχρωμο αυτόν ασβεστόλιθο αποτελούνται οι επενδύσεις των λουτρών των βασιλικών ανακτόρων Αθηνών και Τατοΐου, οι επενδύσεις του προθάλαμου του Αρχαιολογικού Μουσείου Αθηνών κ.ά.

➤ **Το κόκκινο της Ερέτριας (Rosso Di Eretria)**

Πρόκειται για το γνωστό μάρμαρο της Ερέτριας, που οφείλει το όνομα του στην αρχαία πόλη Ερέτρια, από την οποία σήμερα έχουν απομείνει μόνο τα ερείπια του λιμανιού και της ακρόπολης. Η παρουσία των αρχαίων λατομείων, που βρίσκονται 3χλμ. βορειοδυτικά της Ερέτριας, αποδεικνύει ότι το πέτρωμα αυτό χρησιμοποιήθηκε πολύ κατά τους αρχαίους και βυζαντινούς χρόνους σαν υλικό διακόσμησης ναών και κτιρίων.

Το μάρμαρο της Ερέτριας έχει λεπτοκοκκώδη μάζα και γρानοβλαστικό ιστό. Επίσης έχει υψηλή αντοχή στη θραύση, μεγάλη σκληρότητα και στιλβώνεται εύκολα.

Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία σχεδίων με καστανέρυθρα, ερυθροϊώδη, ρόδινα, λευκά και πρασινότεφρα χρώματα σε διάφορες αποχρώσεις. Οι λευκές και τεφρές περιοχές σχηματίζουν φλέβες ποικίλης μορφής και μεγέθους. Επιπλέον παρατηρούνται διασπαρμένα μαύρα φλεβίδια και στίγματα.

Οφείλει τη χρωματική του απόχρωση στην περιεχόμενη αιματιτική σκόνη, ενώ συμβάλλει και το περιεχόμενο μαγγάνιο που σταθεροποιεί περισσότερο το χρώμα και το καθιστά λιγότερο ευαίσθητο στη δράση των ατμοσφαιρικών παραγόντων.

Το μάρμαρο της Ερέτριας αποτελεί άριστο υλικό διακόσμησης εσωτερικών χώρων και κτιρίων, χάρη στα ζωηρά χρώματά του, που συνθέτουν μεγάλη ποικιλία σχεδίων. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται ευρύτατα στη διακόσμηση και στην αρχιτεκτονική.

➤ Το κόκκινο της Χίου (*Breccfiato Rosso Antico*)

Οι αρχαίοι Ρωμαίοι το ονόμασαν *Lidium*. Εκτιμάται ότι το μάρμαρο αυτό εξορυσσόταν μάλλον σε κάποια περιοχή της Χίου, απ' όπου άλλωστε εξορυσσόταν και το μεγαλύτερο μέρος των κροκαλοπαγών και μαρμάρων ποιότητας κατά την αρχαιότητα.

Ο *Paolo Silenziario* αναφέρει ότι το χρώμα του μαρμάρου αυτού ήταν μια ανάμιξη κόκκινου και λευκού. Το φόντο, κόκκινου χρώματος, δεν παρουσίαζε καθόλου λευκές φλέβες ή μαύρες γραμμώσεις.

Η αναγνώριση του κροκαλοπαγούς και η διάκριση του από το *Rosso antico* γινόταν από τα μικρά πολυάριθμα θραύσματα γκριζόλευκου μαρμάρου. Το κόκκινο φόντο αποτελούσε ουσιαστικά τη συγκολλητική ύλη.

Δείγματα βρίσκονται στη Ρώμη, στην Εκκλησία *S. Luigi dei Franzesi* όπου δύο κολόνες από το μάρμαρο αυτό, κοσμούν έναν τάφο στο προαύλιο.

➤ Τα μάρμαρα της Σκύρου (*Skyros Marmor*)

Η ονομασία αυτή δίνεται στα κροκαλοπαγή πετρώματα ή κροκαλοπαγή μάρμαρα, που κατά την αρχαιότητα εξορύσσονταν στη Σκύρο των βόρειων Σποράδων. Τα μάρμαρα που φέρουν το όνομα αυτό είναι:

- *Skyros A Di Grecia,*
- *Skyros Grec chiaro,*
- *Skyros rouge.*

- **Skyros A Di Grecia:**

Πρόκειται για ένα κροκαλοπαγές μάρμαρο ομογενές, συμπαγές με σακχαροειδή ιστό και μέτρια σκληρότητα.

Υπερισχύει το λευκό φόντο, που διασχίζεται από πολύχρωμες φλέβες. Με την επίδραση αραιού HCL πάνω σε σκόνη από το μάρμαρο αυτό, καθιζάνει ίζημα, ενώ παραμένει αμετάβλητο το ροζ χρώμα του διαλύματος. Η περιεκτικότητα σε CaCO₃

φτάνει μέχρι 98%, ενώ περιέχεται ακόμη 1% πυρίτιο, ελάχιστος τρισθενής σίδηρος και ίχνη από μαγγάνιο.

- **Skyros Grec chiaro:**

Είναι ένα κροκαλοπαγές μάρμαρο με σακχαροειδή μάζα και κανονικές τιμές σκληρότητας και συνεκτικότητας. Έχει λευκό φόντο, που διασχίζεται από χαρακτηριστικές πολύχρωμες φλέβες. Το μάρμαρο αυτό δίνει σκόνη λευκή με ελαφρά γκρίζα απόχρωση. Έχει περιεκτικότητα σε CaCO_3 98%, λίγο πυρίτιο, ελάχιστο τρισθενή σίδηρο και ίχνη μαγγανίου. Είναι λευκό χωρίς χρωματισμό.

Το χρώμα των φλεβών οφείλεται στον περιεχόμενο αιματίτη, αλλά και στα θραύσματα μαγνητίτη, τα οποία προσδίδουν στο υλικό μια μεταλλική όψη, όμοια με εκείνη που παρουσιάζουν οι φλέβες των κροκαλοπαγών μαρμάρων της *Ceravezza* της *Carrara* και της *Versilia*. Το μάρμαρο αυτό είναι κατάλληλο για εσωτερικές χρήσεις και για την κατασκευή κολόνων, στηλών, τόξων και αψίδων, τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικά, μη εκτεθειμένα στους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, σημεία των κατασκευών.

- **Skyros rouge:**

Πρόκειται για ένα τυπικό κροκαλοπαγές μάρμαρο, με μέτρια σκληρότητα και αντοχή στη θραύση. Είναι συμπαγές, ομογενές και περιέχει ανθρακικό ασβέστιο σε αναλογία 96%, πυρίτιο σε αναλογία 2%, λίγο τρισθενή σίδηρο και ίχνη μαγγανίου.

Έχει κόκκινο καφέ φόντο που διασχίζεται από κίτρινες φλέβες. Η σκόνη του είναι χρώματος ροζ, με ελαφρά ιώδη απόχρωση.

Οι αποχρώσεις αυτού του μαρμάρου είναι ιδιαίτερα έντονες και οφείλονται στον περιεχόμενο αιματίτη, στο μαγγάνιο που προσδίδει το κόκκινο χρώμα, και στις πυριτικές ενώσεις του μαγγανίου, στις οποίες οφείλονται οι ιώδεις αποχρώσεις του μαρμάρου. Το κίτρινο χρώμα των φλεβιδίων οφείλεται στον περιεχόμενο Λειμωνίτη.

Η ποιότητα αυτού του μαρμάρου, το οποίο εξορύσσεται εδώ και 2.000 χρόνια, θεωρείται άριστη. Το υλικό αυτό συνιστάται και για εξωτερικές χρήσεις, γιατί τα χρώματα παραμένουν αναλλοίωτα με την επίδραση των ατμοσφαιρικών παραγόντων.



Εικόνα 35 Η Υγεία

➤ **Το σιπολίνο της Καρύστου (Marmo Cipollino Antico)**

Πρόκειται για το μάρμαρο Καρύστου-Στύρων. Το μάρμαρο αυτό ήταν γνωστό από την αρχαιότητα με το όνομα "*Καρυστία λίθος*" ή "*Καρύστιο μάρμαρο*". Οι Ρωμαίοι το ονόμαζαν *Marmo caristium*, γιατί εξορυσσόταν κοντά στην Κάρυστο της νότιας Εύβοιας. Τα αρχαία Λατομεία διατηρούνται και σήμερα.

Το μάρμαρο *Cipollino antico* είχε ανοιχτό πράσινο χρώμα, με σκουρόχρωμες πράσινες φλέβες, χαρακτηριστικό που το διαφοροποιεί από τα *Cipollini moderni*. Η λέξη *Cipollino* οφείλεται στην ομοιότητα των φλεβών του μαρμάρου αυτού με εκείνες του κρεμμυδιού. Χαρακτηρίζεται από λευκό σακχαροειδή κρυσταλλικό ιστό και περιέχει έγχρωμες μίκες και τάλκη. Συχνά παρατηρείται διάσπαρτο το λευκό και κόκκινο χρώμα.

Ο *Stazio Papinio*, ποιητής του 1ου αιώνα παρομοίαζε το μάρμαρο *Cipollino* με τα κύματα της θάλασσας γιατί "*έμοιαζε με αυτά τόσο στο χρώμα, όσο και στη μορφή*". Υπάρχουν διαφορές ποικιλίες του μαρμάρου αυτού, όπως το *Mandolato verde*, με πράσινες ραβδώσεις που διασταυρώνονται μέσα στο λευκό φόντο, το *Mandolato rosso*, με κόκκινο φόντο και κόκκινες ραβδώσεις και το *Cipollino marino*, που χαρακτηρίζεται από μια λευκή συμπαγή μάζα με πολυάριθμα λεπτά φλεβίδια έντονου πράσινου χρώματος.

Δείγματα της τελευταίας ποικιλίας μαρμάρου υπάρχουν στη *Villa albani* κοντά στη Ρώμη.

Οι Ρωμαίοι θεωρούσαν το *Marmo cipollino* μέτριας ποιότητας, γιατί χαρακτηρίζεται από μεγάλη σχιστότητα και εύκολο αποχωρισμό κατά μήκος των πράσινων σωματιδίων, ιδιότητα που το καθιστά ακατάλληλο για την αγαλματοποιία. Αποτελεί όμως άριστο υλικό διακόσμησης των οικοδομών και οι αρχαίοι το χρησιμοποιούσαν υπό μορφή ορθογωνίων ογκόλιθων, μερικές φορές γιγαντιαίων διαστάσεων, όπως δείχνουν οι πολυάριθμες εγκαταλειμμένες κολόνες στα αρχαία Λατομεία της Καρύστου.

Κατά τις πρώτες δεκαετίες του αιώνα, έγινε εντατική εξόρυξη του μαρμάρου Καρύστου-Στύρων και χρησιμοποιήθηκε, τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Από το μάρμαρο αυτό αποτελούνται οι κίονες της Δημόσιας Βιβλιοθήκης στη Ν. Υόρκη, διάφορες διακοσμήσεις και αρχιτεκτονικά μέλη του *New sessions house*, του ρωμαιοκαθολικού Καθεδρικού Ναού *Westminster* και των αιθουσών αναψυκτικών του *Waterloo Station* του Λονδίνου, οι παραστάσεις της αίθουσας τελετών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, οι επενδύσεις των υπόγειων διαβάσεων της Ομόνοιας κ.ά.

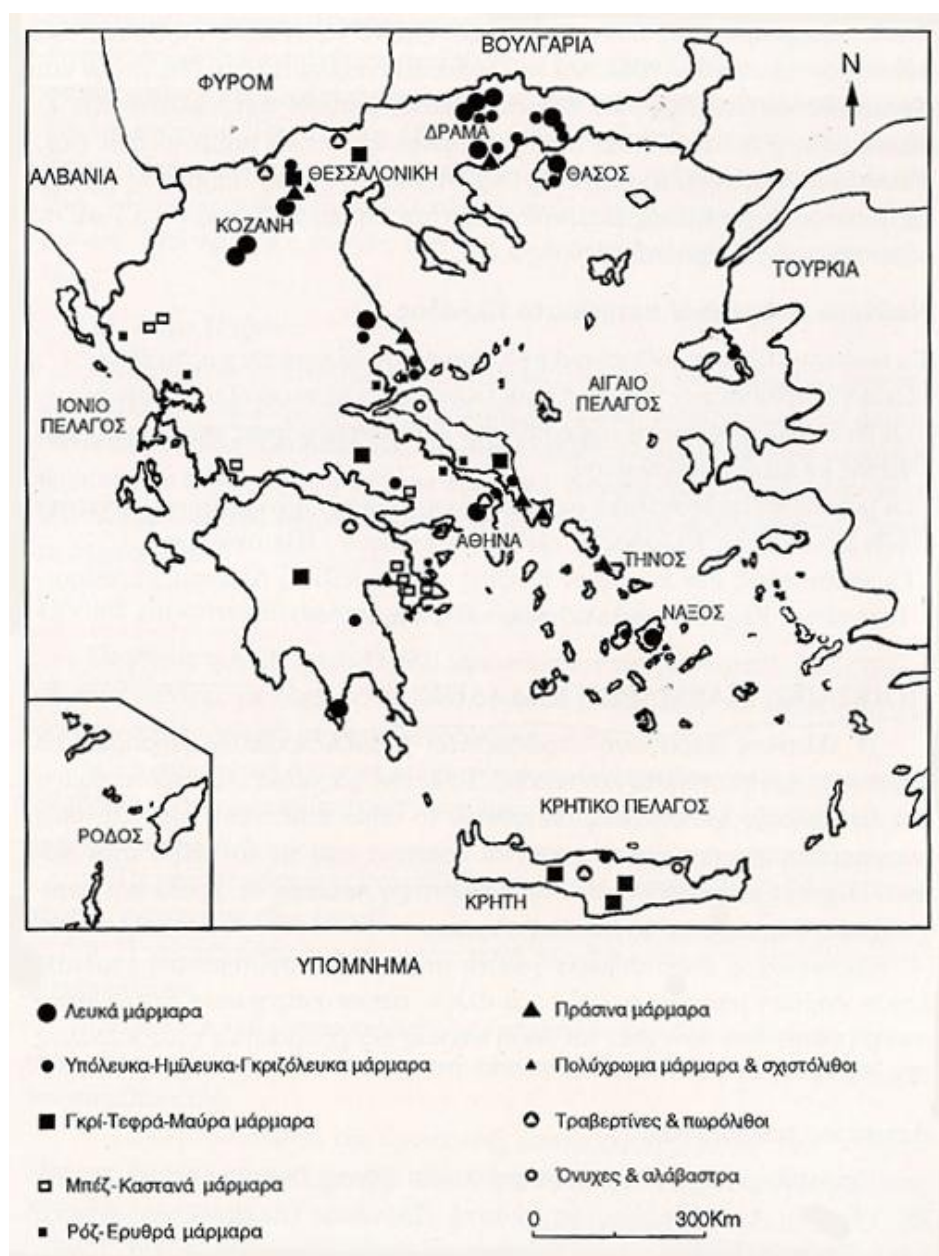
➤ Το πράσινο της Λάρισας (*Verde Antico Di Larissa*)

Πρόκειται για το πράσινο μάρμαρο της Λάρισας, γνωστό και με την ονομασία "*πράσινος θεσσαλικός ή ατράγιος λίθος*". Κατά την αρχαιότητα έγινε εντατική εξόρυξη μαρμάρου σε πολλές θέσεις στην περιοχή. Πολλά από τα αρχαία λατομεία διατηρούνται ακόμα ανέπαφα.

Το πράσινο μάρμαρο της Λάρισας είναι στην πραγματικότητα λατυποπαγές σερπεντινίτη - μαρμάρου. Αποτελείται από γωνιώδεις λατύπες διαφόρων διαστάσεων και από την ενδιάμεση μάζα. Ορισμένες λατύπες είναι πρασινόμαυρες και αποτελούνται από σχιστοφυή σερπεντινίτη και άλλες είναι τεφρό-λευκού χρώματος και αποτελούνται από γνήσιο μάρμαρο. Η ενδιάμεση μάζα η οποία είναι λευκοπράσινη ως πρασινωπή και αποτελείται κυρίως από λεπτοκοκκώδη ασβεστίτη, συγκολλά τις λατύπες και καθιστά το πέτρωμα πολύ συμπαγές. Μέσα στη μάζα αυτή συναντώνται επίσης φλεβίδια και φακιόλια αμιάντου, του ίδιου ή ανοικτότερου χρώματος.

Οι πράσινες αποχρώσεις του λατυποπαγούς αυτού μαρμάρου οφείλονται στο δισθενή σίδηρο, χλωρίτη και σερπεντίνη. Το "Verde antico" όπως λεγόταν στη διεθνή αγορά, ήταν υλικό πολύ καλής ποιότητας και χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα.

Από το μάρμαρο αυτό αποτελούνται διάφορες διακοσμήσεις και αρχιτεκτονικά μέλη της Τράπεζας County Westminster, του Ρωμαιοκαθολικού Καθεδρικού Ναού (Westminster) και του New Sessions House του Λονδίνου, οι κολόνες των ναών Αγίου Δημητρίου και Αγίας Σοφίας Θεσσαλονίκης κ.ά.⁸



Εικόνα 36 Κύριες μαρμαροφόρες περιοχές Ελλάδος (Ι.Γ.Μ.Ε., 1995).

⁸ <http://osme.8m.com/greekmarbleinanc.htm>

➤ Ποικιλίες μαρμάρων Ελλάδος

Η Ελληνική παραγωγή περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία μαρμάρων σε διάφορους χρωματισμούς και τύπους. Τα λευκά μάρμαρα και κυρίως εκείνα της Ανατολικής Μακεδονίας αποτελούν το σήμα κατατεθέν της Ελληνικής μαρμαροβιομηχανίας και θεωρούνται ποιοτικά από τα καλύτερα στον κόσμο. Η χώρα μας παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ποικιλία σε λευκά και ανοιχτόχρωμα μάρμαρα σε παγκόσμια κλίμακα.

Οι περιοχές όπου σήμερα γίνεται περιοδική ή συστηματική εκμετάλλευση γνήσιων μαρμάρων, αλλά και άλλων τύπων ανθρακικών πετρωμάτων αναφέρονται στη συνέχεια με βάση κυρίως τις χρωματικές τους ποικιλίες (εικόνα 36):

➤ Λευκά ως τεφρόλευκα

Πάρος (λυχνίτης), Νάξος (κρυσταλλίνα), Τήνος, Κρήτη, Λέσβος, Πεντέλη, Υμητός, Αγία Μαρίνα, Αργαλαστή, Πάρνωνας (Δολιανά, Αγ. Πέτρος κ.α.), Ζάστενη, Κοκκινάρας, Μαραθώνας, Αλιβέρι (τεφρό), Σπηλιά, Τισάιο Μαγνησίας, Καμβούνια όρη (Τρανόβαλτος κ.α.), Βέρμιο όρος (Κουμαριά, Καστανιά Βεροίας κ.α.), Μενοίκιο όρος (Βροντού, Πανόραμα κ.α.), Παγγαίο όρος (Νικήσιανη), Φίλιπποι, Φαλακρό όρος (Ξηροπόταμος, Μοναστηράκι Βώλακας κ.α.), Δράμα (άγιαξ, άριστον), Πηγές Νέστου, λευκά και ημίλευκα Κεχροκάμπου – Στενωπού – Ελαφοχωρίου Καβάλας, τεφρόλευκα Χαλκερού – Νέας Καρβάλης Καβάλας (κρυσταλλίνα), Θάσος (χιονόλευκο), Μάκρη, Μαρώνεια. Τα περισσότερα από τα λευκά μάρμαρα εμφανίζουν χαρακτηριστική διαφάνεια σε πλάκες ορισμένου πάχους. Σχετικά με την ορυκτολογική τους σύσταση τα μάρμαρα της Δράμας, της Καβάλας, της Θάσου και πολλών άλλων περιοχών της Ανατολικής Μακεδονίας είναι δολομιτικά. Αυτά αποτελούνται από δολομίτη, ασβεσίτη, καθώς και τα επουσιώδη χαλαζία και φυλλοπυριτικά με συνολικό περιεχόμενο από 4%.τα δολομιτικά μάρμαρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη υδαταπορρόφηση και χαμηλότερη αντοχή στη θλίψη και κάμψη σε σχέση με τα τυπικά ασβεστιτικά μάρμαρα. Το λευκό της Βέροιας παρουσιάζει πολύ μικρή υδαταπορρόφηση και μεγάλες αντοχές στη θλίψη, στην κάμψη και στη φθορά από τριβή.

➤ Ροδόχρωμα

Τισάιο Μαγνησίας, Χλωμό όρος (Πτελεός, Σούρπη κ.α.), Ροδοχώρι Ναούσης, Νέα Σάντα Κιλκίς, Ρόδος. Επουσιώδη ορυκτά είναι ο χαλαζίας και τα φυλλοπυριτικά με

συνολικό περιεχόμενο μικρότερο από 5%. Η ποικιλία του Πτελεού εμφανίζει υψηλή αντοχή στη θλίψη.

➤ **Ερυθρά ως καστανά**

Μάνη (rosso antico), Επίδαυρος, Ερμιόνη, Τροιζηνία, Θήβα, Δόμβρainer, Ερέτρια, Δομοκός, Ιωάννινα, Καστοριά, Φλώρινα, Γρεβενά, Χίος, Ρόδος. Επουσιώδη ορυκτά είναι ο δολομίτης μέχρι 2% (εκτός της ποικιλίας της Χίου, όπου φτάνει το 35%), ο χαλαζίας μέχρι 4% και τα φυλλοπυριτικά ορυκτά μέχρι 3%. Η ποικιλία της Μάνης περιέχει επίσης λειμωνίτη μέχρι 2% και παρουσιάζει υψηλή αντοχή στη θλίψη.

Γνωστά είναι επίσης τα ερυθρά κροκαλολατυποπαγή Ροδοχωρίου Ναούσης και Εδέσσης.

➤ **Μπεζ**

Καπανδρίτι, Δόμβρainer, Αλμυρός, Δωδώνη, Ιωάννινα (Κληματιά, Καρίτσα, Ζίτσα, Γραμμενοχώρια κ.α.), Άρτα, Αλμωπία, Νάουσα, Βέροια, Μεσσολόγγι (αμιγής ψαμμίτης) και οι κροκαλοπαγείς και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι των Καρνεζαΐικων, Διδύμων, Μυκηνών, Λυγουρίου, Ναυπλίου, Σκύρου (φαντασία) και Κοζάνης. Όλα περιέχουν δολομίτη μέχρι 3% και χαλαζία μέχρι 3%. Επίσης, φυλλοπυριτικά ορυκτά μέχρι 2% βρίσκονται στα λατυποπαγή των Καρνεζαΐικων, Μυκηνών και Σκύρου. Το μπεζ των Ιωαννίνων εμφανίζει την υψηλότερη αντοχή στη θλίψη και κάμψη μεταξύ όλων των Ελληνικών ποικιλιών.

➤ **Μαύρα**

Βυτίνα (ρουδιστοφόρο), Μάνη, Μέθανα, Λειβαδιά, Φάρσαλα, Βόλος, Καστοριά, Χορυγί (ρουδιστοφόρο), Ρόδος, Κρήτη. Επουσιώδη συστατικά είναι ο δολομίτης, ο χαλαζίας, τα φυλλοπυριτικά και ο αλβίτης με συνολικό περιεχόμενο μικρότερο από 4%. Αυτά τα μάρμαρα χαρακτηρίζονται από χαμηλή υδαταπορρόφηση και χαμηλή αντοχή στη θλίψη και κάμψη.

➤ **Τραβερίνες**

Λευκοί μέχρι κιτρινόχρωμοι. Βρίσκονται στην Κόρινθο, Ιωάννινα, Έδεσσα, Αριδαία και Κούπα Κιλκίς.

➤ **Όνυχες**

Λευκοί μέχρι κιτρινόχρωμοι. Βρίσκονται στον Όλυμπο με περιεχόμενο σε δολομίτη μέχρι 10% και στην Κρήτη με περιεχόμενο σε δολομίτη μέχρι 2% και χαλαζία μέχρι 1%.

➤ **Πράσινα (σερπεντινιτικά)**

Τήνος (verde imperiale), Λάρισα (verde antico), Στύρα και Κάρυστος Ευβοίας (cipollino verde antico), Αρκοχώρι, Φυτιά, Σκύρος. Το χαμηλότερο περιεχόμενο σε ασβεστίτη (14%) και το υψηλότερο σε σερπεντίνη (55%) και χαλαζία (26%) εμφανίζει η ποικιλία της Λάρισας. Άλλα επουσιώδη ορυκτά συστατικά είναι ο χρωμίτης μέχρι 4%, τα φυλλοπυριτικά, το επίδοτο, ο αλβίτης, ο αιματίτης, ο μαγνησίτης και ο χαλκηδόνιος. Η ποικιλία verde antico εμφανίζει τη μεγαλύτερη αντοχή στη θλίψη και κάμψη απ' όλες τις πράσινες ποικιλίες. Ο σιπολίνης της Εύβοιας παρουσιάζει, εξαιτίας των φυλλωδών ορυκτών σερικήτη και χλωρίτη που περιέχει, έντονη σχιστότητα παράλληλα με τη στρώση που μειώνει την αντοχή του και τον κάνει ακατάλληλο για ορισμένες εφαρμογές (π.χ. αγαλματοποιία).

➤ **Μάρμαρα άλλων χωρών**

Μάρμαρα άλλων χωρών πολύ γνωστά σε παγκόσμια κλίμακα είναι:

- Τα λευκά μάρμαρα της Καρράρα Ιταλίας και τα λευκά της Τσεχίας.
- Τα κίτρινα της Προβηγκίας.
- Τα ροδόχρωμα της Νορβηγίας και της Ρουμανίας.
- Τα ερυθρά της Γαλλίας.
- Τα πράσινα των Άλπεων και της Σουηδίας.
- Τα κυανά της Πορτογαλίας.
- Τα φαιόμαυρα των Αρδενών και του Μαρόκου.
- Τα μαύρα του Βελγίου, των Πυρηναίων και του Μαρόκου.

➤ **Ελληνικά και ξένα μνημεία και κτίρια**

Τα Ελληνικά μάρμαρα που είναι γνωστά σε όλο τον κόσμο από την αρχαιότητα, έχουν ταυτιστεί με τα μεγαλύτερα αρχιτεκτονικά αριστουργήματα όλων των εποχών, αποτελούν αντικείμενο θαυμασμού και προκαλούν έκσταση σε όσους τα αντικρίζουν. Ποτέ μέσα στο πέρασμα των αιώνων δε βρέθηκε κάποιο άλλο υλικό με τόσες

χαρισματικές ιδιότητες. Και δεν είναι μόνο τα αριστουργήματα της γλυπτικής. Μεγάλα οικοδομήματα (π.χ. θέατρα, ναοί, αγορές κ.α.) έχουν κατασκευαστεί από το απαράμιλλο υλικό, καθώς και από το ίδιο στη σύσταση, αλλά κατώτερο στην ποιότητα πωρόλιθο. Αυτά τα θαυμάσια οικοδομήματα και αγάλματα του αρχαίου ελληνικού πολιτισμού διατηρούνται μέχρι σήμερα αναλλοίωτα, γιατί κατασκευάστηκαν από το ανθεκτικό στο χρόνο και στις καιρικές μεταβολές πολύτιμο υλικό, το μάρμαρο.

Με λευκό, λεπτόκοκκο μάρμαρο Πεντέλης κατασκευάστηκαν ή επενδύθηκαν μνημεία ή κτίρια όπως ο Παρθενώνας, το Ερέχθειο, τα Προπύλαια της Ακρόπολης, το Θησείο, ο Ναός του Ολυμπίου Διός, η Ακαδημία των Αθηνών, η Βαλλιάνειος Βιβλιοθήκη κ.α. Αυτό το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε πρόσφατα για επενδύσεις στην Τράπεζα Πίστεως και στο Μέγαρο Μουσικής Αθηνών, στα υποκαταστήματα των Τραπεζών της Κύπρου σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη, στο Διεθνές Κέντρο Δικαιοσύνης της Χάιφα, στο ναό Μπαχάι του Νέου Δελχί κ.α.

Ο λυχνίτης λίθος της Πάρου, εκτός των ωραίων αγαλμάτων και άλλων κατασκευών της αρχαιότητας, χρησιμοποιήθηκε στα νεώτερα χρόνια σε κατασκευές πολυτελών κτιρίων, ναών κ.α.

Με χιονόλευκο, χοντρόκοκκο μάρμαρο Θάσου επενδύθηκε η αψίδα του Γαλερίου (Καμάρα) της Θεσσαλονίκης. Αυτό το μάρμαρο χρησιμοποιήθηκε επίσης για επενδύσεις στα κεντρικά γραφεία των εταιρειών NCR (κομπιούτερς) και ESSO (πετρέλαιο) στο Άμστερνταμ, στο Ολυμπιακό μουσείο της Λωζάνης, στο αεροδρόμιο της Βαρκελώνης, στο πολυκατάστημα Mitsukoshi και στο μουσείο Sapporo στο Τόκιο, στην κεντρική Τράπεζα Capital της Φλόριδας των ΗΠΑ, στο Κοινοβούλιο της Σαουδικής Αραβίας κ.α.

Με λευκά μάρμαρα Καβάλας έχουν επενδυθεί η Κεντρική Τράπεζα Ολανδίας στο Άμστερνταμ, η αίθουσα του Κογκρέσου και άλλα δημόσια κτίρια στο Παρίσι, τα ξενοδοχεία Μάλεμε στα Χανιά, Silver Bay στη Λοκρίδα και Eagles Palace στη Χαλκιδική, τα νομαρχιακά κτίρια στην Κομοτηνή και Καβάλα κ.α.

Με λευκά μάρμαρα Βώλακα Δράμας επενδύθηκε το Μέγαρο Διεθνών Συνεδρίων στη Μαδρίτη. Με λευκά μάρμαρα Πηγών Δράμας επενδύθηκε ο Πύργος Marfre της Βαρκελώνης.

Με λευκά μάρμαρα Βέροιας έγιναν όλες οι εσωτερικές επενδύσεις του νέου Ολυμπιακού Σταδίου στην Αθήνα, καθώς και εσωτερικές και εξωτερικές επενδύσεις του Υπουργείου Δημόσιας Τάξης, του Εμπορικού Κέντρου Ψυχικού και άλλων κτιρίων γραφείων και καταστημάτων σε πολλές πόλεις της χώρας.

Με λευκά μάρμαρα Κοζάνης έχουν επενδυθεί το κτίριο Μεντιπερανό της Θεσσαλονίκης, το Ινστιτούτο Γκαίτε της Αθήνας κ.α.

Με λευκόγκριζο μάρμαρο Υμηττού κατασκευάστηκαν πολλές από τις κολώνες ναών της Ρώμης κατά την αρχαιότητα. Στους νεώτερους χρόνους χρησιμοποιήθηκε για επενδύσεις κτιρίων (π.χ. Αγροτική Τράπεζα Θεσσαλονίκης) ή καταστημάτων.

Με λευκοπράσινο μάρμαρο (σιπολίνη) Ευβοίας κατασκευάστηκαν οι παραστάδες στην παλαιά αίθουσα τελετών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, οι επενδύσεις στις υπόγειες διαβάσεις της ομόνοιας, οι κολώνες της Αδριάνειου Βιβλιοθήκης και της Ρωμαϊκής αγοράς της Αθήνας, των ναών Αγίου Πέτρου της Ρώμης, Αγίου Μάρκου της Βενετίας, Αγίας Σοφίας και Αγίων Αποστόλων της Κωνσταντινούπολης, της Δημόσιας Βιβλιοθήκης της Ν. Υόρκης και κολώνες του Καθεδρικού Ναού Westminster και οι επενδύσεις αιθουσών του Λονδίνου (π.χ. σταθμός Waterloo) και του κτιρίου Loos-Haus της Βιέννης κ.α.

Με πράσινο μάρμαρο (λατυποπαγής σερπεντίνιτης) Τήνου διακοσμήθηκαν κτίρια του Λονδίνου και της Ρώμης, ο Ναός του Αγίου Διονυσίου Αθηνών, η παλαιά αίθουσα τελετών του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κ.α. Πρόσφατα χρησιμοποιήθηκαν, τόσο το πράσινο όσο και το λευκό της Τήνου, για επενδύσεις στο πολυτελές ξενοδοχείο Sheraton της Βοστώνης.

Με πράσινο μάρμαρο (λατυποπαγής σερπεντίνιτης) Λάρισας κατασκευάστηκαν οι κολώνες του αρχαίου Ναού της Αρτέμιδος Εφέσου, της Αγίας Σοφίας Κωνσταντινούπολης, Αγίας Σοφίας και Αγίου Δημητρίου Θεσσαλονίκης, Αγίου Παύλου και Αγίου Ιωάννου Ρώμης, καθώς και διάφορα τμήματα ναών και άλλων δημόσιων κτιρίων του Λονδίνου κ.α.

Τα μάρμαρα της Σκύρου χρησιμοποιήθηκαν για την πλακόστρωση τμήματος της Βασιλικής της Βραυρώνας, για τη διακόσμηση του Αγίου Δημητρίου Θεσσαλονίκης, της Τράπεζας της Ελλάδος Αθηνών, πολλών δημοσίων κτιρίων και εκκλησιών του Λονδίνου κ.α. Τα πιο γνωστά Σκυριανά μάρμαρα υπήρξαν το λευκό με τις κυανές

αποχρώσεις, το λευκό με τις χρυσοκίτρινες αποχρώσεις, το λευκό με τα καστανά και ερυθρά φλεβίδια και τέλος, το τεκτονικό λατυπτοπαγές με τις πολλές ποικιλίες του.

Με μπεζ των Ιωαννίνων έχει επενδυθεί το ξενοδοχείο Athenaeum Intercontinental, καθώς και το Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο στην Αθήνα.

Με τραβερτίνη Αριδαίας επενδύθηκε το εμπορικό κέντρο Πανοράματος Θεσσαλονίκης, ενώ με τραβερτίνη Κούπας Κιλκίς επενδύθηκε το κτίριο διοίκησης της Τράπεζας Μακεδονίας – Θράκης στη Θεσσαλονίκη.

Σύγχρονες πολυτελείς κατοικίες, καταστήματα, δημόσια κτίρια και εμπορικά κέντρα σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη και άλλες πόλεις, έχουν επενδυθεί κυρίως με λευκά μάρμαρα Θάσου, Διονύσου Πεντέλης, Δράμας, Βέροιας, Τρανοβάλτου, αλλά και με έγχρωμα άλλων περιοχών (π.χ. πράσινα Τήνου, μαύρα Λειβαδιάς, ροζ Πτελεού), καθώς και με τραβερτίνη και πωρόλιθο. Το ροζ Πτελεού, το πράσινο Τήνου, το ερυθρό Ερέτριας, καθώς και ο πωρόλιθος, εξάγονται τελευταία συστηματικά στις ΗΠΑ για επενδύσεις κατοικιών και κτιρίων.⁹

⁹ Α. Ε. Τσιραμπίδη, Τα Ελληνικά Μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά Πετρώματα, εκδ. University Studio Press, Θεσ/κη 1996

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ 40 ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΜΑΡΜΑΡΩΝ



PENTELIKON WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.717
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,11
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.136
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	196
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,68



THASSOS SNOW WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.850
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,23
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	997
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	133
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,60



TRANOVALTOS SEMI-WHITE

ΕΠΙΧΡΑΣΗ ΑΝΤΙΡΑΓΝΩΣΤΗ

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.718
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,12
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.184
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	227
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,92



VOLAKAS WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.760
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,28
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.399,8
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	90,4
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,23*



AG. MARINA SEMI-WHITE

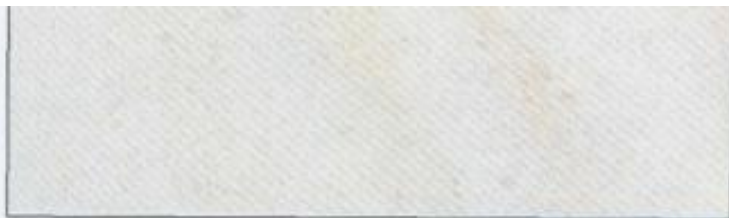
ΕΠΙΧΡΑΣΗ ΑΝΤΙΡΑΓΝΩΣΤΗ

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.705
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,11
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	965
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	155
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	8,55



PIGES DRAMA WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.834
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,20
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.353
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	125
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,96



NESTOS WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.680
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,09
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	785
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	169,5
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,16*



SEMI-WHITE OF STENOPOS

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.709
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,07
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.002
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	151
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,00*



AJAX

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.840
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,21
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.322
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	217
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,11



DOLIT

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.790
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,72
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.519
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	97
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,90



KAVALA SEMI-WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.709
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,07
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.002
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	151
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,00



KRISTALLINA OF THASSOS

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.705
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,09
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	919
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	132
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,57



PARNONAS SEMI-WHITE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.712
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,08
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	946
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	129
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,50



KRISTALLINA OF NAXOS

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.710
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,09
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	906
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	131
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	8,56



ALIVERI GREY

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.714
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,12
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.005
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	189
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,54



PINK OF PTELEOS

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.724
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,05
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.066
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	189
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,09



DESERT PINK

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.690
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,54
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.086
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	123
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,70*



PILION ROSE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.650
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,07
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	828
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	178
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,41*



AMBROSIA DREAM

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.760
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,28
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.399,8
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	90,4
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	7,23*



PINK OF ARTA

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.660
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,27
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.092
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	109,3
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,44*



GOLDEN SPIDER

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.776
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,20
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.598
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	133
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,71



SANTA HELENA

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.690
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,54
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.086
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	123
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,70*



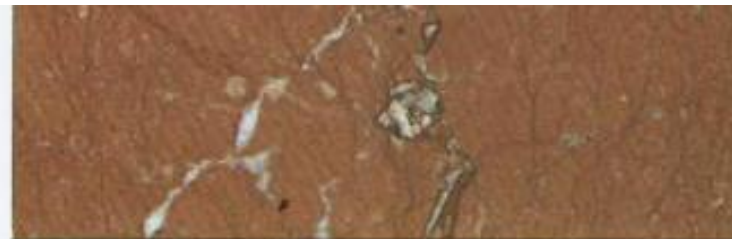
ERETRIA RED

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.685
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,28
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.114
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	143
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,93



IOANNINA BEIGE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.606
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,67
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.026
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	111,5
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	4,79*



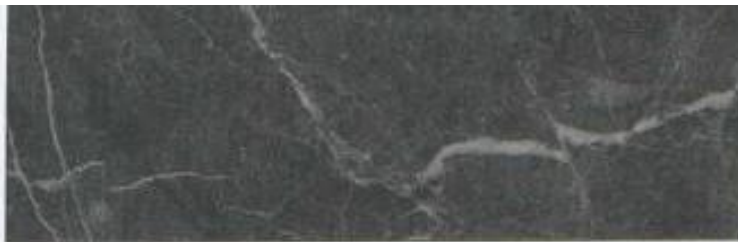
RITSONA RED

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.685
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,28
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.120
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	145
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,93



BRECCIA OF KARNAZEIKA

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Aparent specific weight	(kg/m ³)	2.710
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,26
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	981
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	142
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,22*



GREY-BLACK OF CRETE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.700
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		1,01
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.373
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	119
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	4,10*



DIDYMON BEIGE

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.720
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,27
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.122
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	124
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	2,81*



TRIKAZ GREY

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.700
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,03
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	960
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	221
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,28*



BEIGE LYGOYRIO

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.754
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,11
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	918
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	176
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,12



LEVADIA BLACK

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.680
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,02
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	723
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	149
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,5B*



CIPOLLINO VERDE ANTICO

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.721
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,10
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.082
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	156
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,37



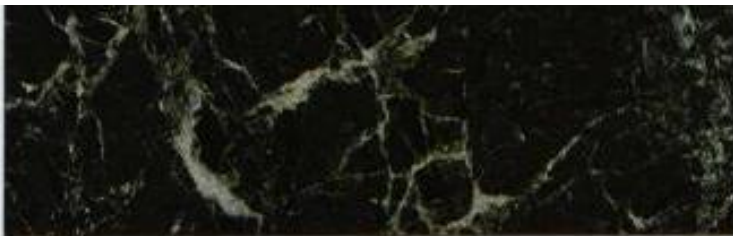
VITINA BLACK

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.717
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,13
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	980
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	139
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	6,74



TINOS GREEN

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.670
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient (wt%)		0,84
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.285
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	342
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	3,21



TINOS GREEN

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.802
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,41
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	1.132
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	244
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	2,50*



XIROPOTAMOS DRAMA GREEN / GREEN STAR

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.646
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,18
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	551
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	80
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	5,81



DEMATIOY

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.610
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	1,06
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	689
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	62,1
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	4,45



NAOUSA GREEN / MACEDONIA GREEN

Φαινόμενο ειδικό βάρος / Apparent specific weight	(kg/m ³)	2.701
Συντελεστής απορροφητικότητας / Absorption coefficient	(wt%)	0,22
Αντοχή σε θλίψη / Compressive strength	(kg/cm ²)	963
Αντοχή σε εφελκυσμό από κάμψη / Modulus of rupture	(kg/cm ²)	203
Αντοχή σε φθορά από τριβή / Abrasion resistance	(mm)	2,86*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΑΡΜΑΡΟΥ

Η αγορά του μαρμάρου εκτιμάται ότι κατά το 1997 ξεπέρασε τα 147,5 δις δραχμές. Το 81,9% του μεγέθους αυτού αφορά πωλήσεις εσωτερικού, ενώ το υπόλοιπο 18,1% αφορά πωλήσεις εξωτερικού.

Οι εισαγωγές στον κλάδο είναι περιορισμένες, αν και τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν σημαντική αυξητική τάση. Οι εξαγωγές του κλάδου παρά τις διακυμάνσεις τους βρίσκονται πάντα σε υψηλά επίπεδα. Σημειωτέον ότι ο κλάδος θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους σε αξία εξαγωγικούς κλάδους της Μεταποίησης με ισχυρό όνομα στις ξένες αγορές (η Ελλάδα είναι μια από τις πέντε πρώτες μαρμαροπαραγωγικές χώρες στον κόσμο).

Η κατανάλωση και η παραγωγή συνδέονται στενά με την εξέλιξη της οικοδομικής δραστηριότητας και τα διαρθρωτικά της χαρακτηριστικά. Το σημαντικότερο τμήμα της κατανάλωσης μαρμάρου αφορά επικαλύψεις επιφανειών (δαπέδων, τοίχων) στα κτίρια. Μετά το 1990 το μάρμαρο αυξάνει σημαντικά το μερίδιό του στην επικάλυψη επιφανειών στα κτίρια, σε βάρος των υποκατάστατων προϊόντων (κεραμικά πλακίδια και ξύλο), χωρίς ωστόσο να απειλείται η κυριαρχία των κεραμικών πλακιδίων.

Οι τιμές στον κλάδο ακολούθησαν συγκρατημένη άνοδο σε σχέση με το σύνολο των οικοδομικών υλικών καθώς την περίοδο 1990-1996, αυξήθηκαν συσσωρευτικά μόνο κατά 18% έναντι αύξησης 85% που παρουσίασε ο γενικός δείκτης οικοδομικών υλικών.

Στον κλάδο εξόρυξης, κοπής και επεξεργασίας μαρμάρου στην Ελλάδα, εκτιμάται ότι δραστηριοποιούνται περίπου 4.300 επιχειρήσεις (εξόρυξη, μεταποίηση, εμπόριο και υπηρεσίες), οι οποίες συνολικά απασχολούν περίπου γύρω στα 60.000 άτομα. Σύμφωνα με πρόσφατη έρευνα αγοράς (δημιουργία δικτύου συνεργαζόμενων επιχειρήσεων επεξεργασίας μαρμάρου στη Β. Ελλάδα- 1995) υπάρχουν εν ενεργεία 295 λατομεία, 454 μονάδες κοπής και επεξεργασίας μαρμάρων, 812 μαρμαρογλυφεία, και 2.739 επιχειρήσεις εμπορίας και τοποθέτησης μαρμάρων. Οι επιχειρήσεις του κλάδου παρουσιάζουν έντονη γεωγραφική συγκέντρωση στην Κεντροανατολική και Δυτική Μακεδονία και στην Ήπειρο. Βασική αιτία της υψηλής

αυτής συγκέντρωσης είναι το ότι οι περισσότεροι χώροι λατόμευσης βρίσκονται στη Β. Ελλάδα και κατά συνέπεια τα κόστη μεταφοράς είναι μειωμένα. Το 65,8% των λατομείων και το 26,7% των παραγωγικών μονάδων είναι εγκαταστημένο στη Μακεδονία, όπου υπάρχει και το 30% της συνολικής οικοδομικής δραστηριότητας. Οι μεγαλύτερες παραγωγικές μονάδες του κλάδου βρίσκονται εγκατεστημένες στη Β. Ελλάδα και διαθέτουν οι περισσότερες εξ' αυτών αρκετά λατομεία στην ιδιοκτησία τους.

Ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής στον κλάδο μαρμάρου παρουσίασε μια πορεία αντίστοιχη με εκείνη του κλάδου της κατασκευής προϊόντων από μη μεταλλικά ορυκτά, αλλά μετά το 1993 διατηρείται σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτόν των μη μεταλλικών ορυκτών. Από τις αρχές τις δεκαετίας του 1990 έως και το 1994 - έτος ύφεσης τόσο της ελληνικής, όσο και της ευρωπαϊκής βιομηχανίας - έχασε πάνω από 23 ποσοστιαίες μονάδες. Την ύφεση της περιόδου 1990 - 1994 διαδέχθηκε ανάκαμψη μικρής έκτασης, η οποία επιταχύνθηκε σημαντικά μετά το 1996. Εντούτοις στα τέλη του 1997, ο δείκτης βιομηχανικής παραγωγής του κλάδου εξακολουθούσε να βρίσκεται σε επίπεδα χαμηλότερα από εκείνα του 1990 (γύρω στις 13 περίπου ποσοστιαίες μονάδες). Αντίθετα ο κλάδος των μη μεταλλικών ορυκτών παρουσιάζει συνεχή πτώση του δείκτη αυτού από το 1990 έως και το 1992, την οποία διαδέχεται αργή, αλλά σταθερή ανάκαμψη κατά τα επόμενα έτη και ειδικότερα μετά το 1995.

Η συνολική παραγωγή όγκων μαρμάρου εκτιμάται ότι βρίσκεται γύρω στους 2.600 χιλιάδες τόνους, την τριετία 1995 - 1997. Τα τελευταία χρόνια όμως φαίνεται να δημιουργείται πρόβλημα επάρκειας πρώτων υλών, για την εκτέλεση των παραγγελιών των επιχειρήσεων του κλάδου, σαν συνέπεια των σοβαρών θεσμικών προβλημάτων που επικρατούν (ανανέωση υφιστάμενων αδειών λατόμευσης, πληθώρα εκκρεμών νέων αδειών, κλπ). Αποτέλεσμα αυτών είναι το ότι αρκετές επιχειρήσεις να οδηγούνται σε εισαγωγές μαρμάρων από γειτονικές χώρες στην προσπάθεια τους να λύσουν το πρόβλημα της πρώτης ύλης.

Το εμπορικό ισοζύγιο σε ακατέργαστα και κατεργασμένα μάρμαρα είναι θετικό, αλλά παρουσιάζει κάμψη στην εξεταζόμενη περίοδο (1990 - 1996). Το γεγονός αυτό οποίο υποδηλώνει ότι παρά το μικρό τους μέγεθος οι εισαγωγές μαρμάρων παρουσιάζουν συνεχή αυξητική τάση η οποία οφείλεται στα προβλήματα λατόμευσης που υφίστανται στην Ελλάδα και υποχρεώνουν τις επιχειρήσεις σε εισαγωγές διακοσμητικών πετρωμάτων (2,329 χιλ. τόνοι το 1990 και 24,475 χιλ. τόνοι το 1996).

Χαρακτηριστική είναι η διαχρονική κάμψη των μέσων τιμών των εξαγόμενων προϊόντων (462,7 ECU/τόνο το 1990 και 364,1 το 1996), που οφείλεται στην όξυνση του ανταγωνισμού και στην προσπάθεια των ελληνικών επιχειρήσεων να διατηρήσουν τα μερίδια τους στις ξένες αγορές. Σε απόλυτα μεγέθη οι εξαγωγές του κλάδου μαρμάρου τη χρονική περίοδο 1990 - 1996 σε όγκο κυμαίνονται από 206,7 χιλ. τόνους έως 275,0 χιλ. τόνους και σε αξία από 87,4 εκατ. ECU έως 112,7 εκατ. ECU. Οι εξαγωγές προς τρίτες πλην ΕΕ χώρες απορροφούν τις μεγαλύτερες ποσότητες, αυξάνοντας μάλιστα σημαντικά το μερίδιό τους μετά το 1993. Ο δείκτης εξωστρέφειας του κλάδου διαχρονικά παρουσιάζει πτώση.

Από την ανάλυση του εξωτερικού εμπορίου της Ελλάδας στον κλάδο του μαρμάρου προκύπτει ότι, οι εξωκοινοτικές συναλλαγές κατέχουν σε όγκο το υψηλότερο μερίδιο (από 72,2% έως 82,3% για την περίοδο 1990 - 1996) των συνολικών εξαγωγών μαρμάρων. Τα ακατέργαστα μάρμαρα αντιπροσωπεύουν το 20% περίπου των συνολικών εξαγωγών, ενώ τα προϊόντα μαρμάρου έχουν αυξηθεί σημαντικά και κατέχουν το υπόλοιπο 80%. Παρατηρείται αύξηση της προστιθέμενης αξίας των ελληνικών προϊόντων μαρμάρου και είναι συνέπεια του εκσυγχρονισμού του κλάδου και της σταδιακής διαφοροποίησης των προϊόντων του.

Το εισαγωγικό εμπόριο παρουσιάζει συνεχή αυξητική τάση σε όλη τη διάρκεια της εξεταζόμενης περιόδου. Τα μεγέθη τους σε σχέση με την κατανάλωση και τις εξαγωγές είναι μικρά, αλλά ο συνδυασμός των θεσμικών προβλημάτων και η έλλειψη επαρκών πρώτων υλών στην αγορά, συνηγορούν στο ότι στο άμεσο μέλλον οι εισαγωγές μαρμάρου θα αυξηθούν ακόμα περισσότερο.

Το ελληνικό μάρμαρο έχει πλέον καθιερωθεί στις αγορές του εξωτερικού και οι εξαγωγικές του επιδόσεις του, στη διάρκεια της περιόδου 1990 -1996, θεωρούνται αξιολογικές και με σημαντικές προοπτικές περαιτέρω βελτίωσης. Ο κλάδος θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους σε αξία εξαγωγικούς κλάδους της μεταποίησης. Οι ελληνικές επιχειρήσεις, παρά τον οξύτατο ανταγωνισμό κυρίως της Ιταλίας και των νέων μαρμαροπαραγωγικών χωρών (Ν. Κορέα, Τουρκία, κλπ), κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, έχουν τη δυνατότητα να διευρύνουν σημαντικά τα μερίδια τους στη διεθνή αγορά.

Η ποιότητα των ελληνικών μαρμάρων αποτελεί πάντα το συγκριτικό πλεονέκτημα των εξαγωγικών επιχειρήσεων του κλάδου. Το συγκριτικό του μειονέκτημα όμως

πηγάξει από τα σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζει τα τελευταία χρόνια, σαν απόρροια των θεσμικών προβλημάτων στη λατόμευση και στις άδειες που χορηγούνται από το κράτος στις επιχειρήσεις.

Η έλλειψη πρώτων υλών και ο οξύς ανταγωνισμός των τρίτων χωρών, αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες οι οποίοι λειτουργούν ανασταλτικά στην αύξηση των εξαγωγών του κλάδου με βάση την παραγωγική του δυναμικότητα. Συνεπικουρούν σε αυτές ο αθέμιτος ανταγωνισμός σε εσωτερικό επίπεδο μεταξύ των ελληνικών επιχειρήσεων, ειδικά σε ότι αφορά τις τιμές, και η αδυναμία αρκετών εξ αυτών να ανταποκριθούν σε μεγάλα μεγέθη παραγγελιών, τόσο εξαιτίας του προβλήματος εύρεσης πρώτης ύλης, όσο και εξαιτίας της υφιστάμενης παραγωγικής τους δυναμικότητας.

Η έλλειψη συνεργατικών δομών, η πολυφωνία σε θεσμικό επίπεδο και η απουσία κατάλληλων και σύγχρονων εκθεσιακών χώρων, λειτουργούν ανασταλτικά, κυρίως για τις μικρομεσαίες επιχειρήσεις του κλάδου, στο να προβληθούν τα προϊόντα τους στην Ελλάδα και στο εξωτερικό.

Η ζήτηση για τα προϊόντα μαρμάρου εξαρτάται πρωτίστως από το επίπεδο και τις εξελίξεις της ιδιωτικής και της δημόσιας οικοδομικής δραστηριότητας. Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της οικοδομικής δραστηριότητας έχουν μια σειρά από παράγοντες όπως:

1. Η μεταβολή στα διαρθρωτικά μεγέθη της οικοδομικής δραστηριότητας.
2. Η σημαντική αύξηση του μέσου κόστους μιας κατοικίας.
3. Η μειωμένη προσφορά γης, ειδικά στα μεγάλα αστικά συγκροτήματα.
4. Η σημαντική άνοδος των τιμών των λοιπών προσδιοριστικών παραγόντων που καθορίζουν το συνολικό κόστος μιας οικοδομής.

Οι ειδικοί παράγοντες διαμόρφωσης της ζήτησης για μάρμαρα συνδέονται με τις μεταβολές:

1. Στην σύνθεση των οικοδομών.
2. Στις τάσεις επικάλυψης δαπέδων και τοίχων.

3. Στα υλικά κατασκευής των δομικών στοιχείων επικάλυψης δαπέδων και τοίχων.

Οι ειδικοί παράγοντες επηρεασμού της ζήτησης για μάρμαρα συνδέονται με τις μεταβολές:

1. Στη σύνθεση των νέων οικοδομών μεταξύ κατοικιών και καταστημάτων.
2. Στην κατανομή των νέων κατοικιών σχετικά με την αστικότητα.
3. Στην έκταση του ανταγωνισμού από τα υποκατάστατα προϊόντα.
4. Στο γενικό επίπεδο των επισκευών κατοικιών.¹⁰

¹⁰ <http://www.osme.8m.com/kladiki2.htm>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΝΑΟΣ ΤΩΝ ΒΑΣΣΩΝ



«... Έτρεξα ανυπόμονος. Ήξερα πως ήταν ο ναός αυτός ένας από τους λαμπρότερους της Ελλάδας, έργο του Ικτίνου, χτισμένος ύστερα από τη μεγάλη νίκη του Παρθενώνα. Εδώ, στα βουνά τούτα, είχαν καταφύγει οι Φιγάλιοι, γλίτωσαν από τη πανούκλα και ύψωσαν το ναόν αυτό για να ευχαριστήσουν τον Επικούρειον Απόλλωνα.

Από μακριά, στο άνοιγμα δύο λόφων, μέσα στη πρασινάδα, διέκρινα μίαν άκρα του ναού. Οι κολόνες ήταν από γαλαζωπή πέτρα, η ερημιά γύρα ήταν απέραντη, μήτε πουλί μήτε τσομπάνης μήτε νερό. Στο βάθος, κοντά στο νότο, φράζοντας τον ορίζοντα, κυμάτιζε ανάρια γαλάζιος ανοιχτός, παντοδύναμος και γαλήνιος ο Ταΰγετος.

Δύσκολα μπορώ να νιώσω τους αρχαίους ναούς, στη πρώτη επαφή μένω εντελώς ασυγκίνητος.....».¹¹

➤ Γενικά ¹²

Ο ναός του Επικούρειου Απόλλωνα στις Βάσσεις της Φιγάλειας είναι ένας από τους σπουδαιότερους και επιβλητικότερους της αρχαιότητας, αποτελεί ένα από τα καλύτερα σωζόμενα μνημεία της κλασικής αρχαιότητας. Συγκεκριμένα, είναι ο καλύτερα διατηρημένος ναός μετά τον ναό του Ηφαίστου στην Αθήνα. Από όλους τους ναούς της Πελοποννήσου, ύστερα από τον ναό της Τεγέας, θα μπορούσε αυτός να πάρει την πρώτη θέση για το κάλλος του μαρμάρου και το αρμονικό σύνολο. Αφιερώθηκε από τους Φιγαλείς στον Απόλλωνα διότι τους βοήθησε να ξεπεράσουν

¹¹ Ν. Καζαντζάκης: «Ταξιδεύοντας»

¹² Το παραπάνω κείμενο έχει μερικά βασισθεί σε κείμενο ειδικού φυλλαδίου της Αρχαιολογικής Υπηρεσίας

μια επιδημία πανώλης. Ο ναός υψώνεται επιβλητικά στα 1.130 μέτρα, στο κέντρο της Πελοποννήσου, πάνω στα βουνά μεταξύ Ηλείας, Αρκαδίας και Μεσσηνίας και βρίσκεται 14χλμ. νότια της Ανδρίτσαινας και 11χλμ. βορειοανατολικά των Περιβολιών. Στην τοποθεσία αυτή, που στην αρχαιότητα ονομαζόταν Βάσσεσ (που σημαίνει μικρή κοιλάδα μέσα στα βράχια και είναι κτισμένος από ντόπιο ασβεστόλιθο), οι κάτοικοι της γειτονικής Φιγάλειας είχαν ιδρύσει, από τον 7ο αι. π.Χ., ιερό του Απόλλωνος Βασσίτα, τον οποίο και λάτρευαν με την προσωνυμία του Επικούρειου - συμπαρασάτη στον πόλεμο ή στην αρρώστια.



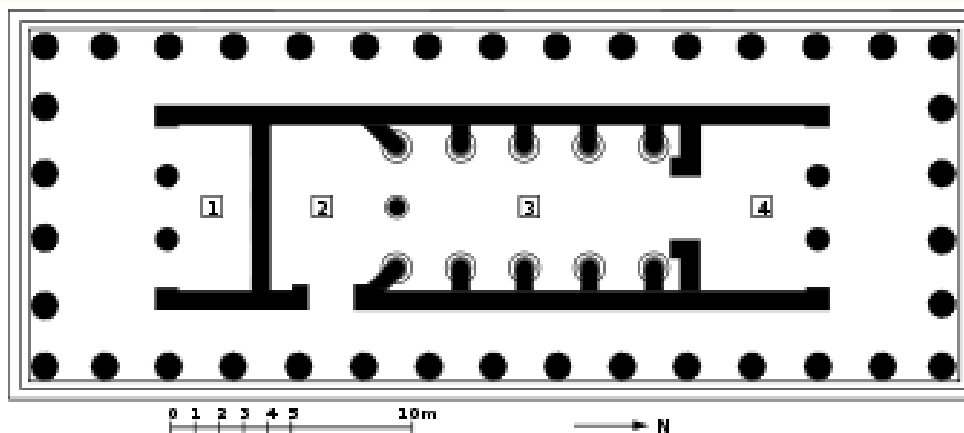
Εικόνα 37 *Εσωτερικό του ναού*

Το επίθετο Επικούρειος δόθηκε την εποχή των πολέμων με τους Σπαρτιάτες, γύρω στο 650π.Χ. Ο ναός ανεγέρθηκε το δεύτερο μισό του 5ου αιώνα π.Χ. (420-410π.Χ.) στη θέση ενός παλαιότερου, αρχαϊκού ναού και αποδίδεται στον Ικτίνο, τον αρχιτέκτονα του Παρθενώνα. Το μνημείο αυτό με την πανανθρώπινη σημασία και συνάμα ένα από τα καλύτερα σωζόμενα της κλασικής αρχαιότητας ήταν το πρώτο στην Ελλάδα που περιλήφθηκε στα Μνημεία Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO το 1986. Τμήμα της ζωφόρου του ναού αποσπάστηκε το 1814 και εκτίθεται στο Βρετανικό Μουσείο στο Λονδίνο.

➤ Αρχιτεκτονική και διάκοσμος

Ναῶν δ' ὅσοι πελοποννησίους εἰσί, μετὰ γε τὸν ἐν Τεγέα προτιμῶτο οὗτος ἂν τοῦ λίθου τε ἐς κάλλος καὶ τῆς ἁρμονίας ἔνεκα.

Παυσανίας VIII, 41,8



Εικόνα 38 Κάτοψη του ναού

1 = Οπισθόδομος, 2 = Ἄδυτον, 3 = Σηκός, 4 = Πρόναος

Ο αρχαίος περιηγητής Παυσανίας που τον επισκέφθηκε, θαμπώθηκε από την ομορφιά του και τον κατέταξε δεύτερο μετά της Τεγέας σε κάλλος και αρμονία. Ο ναός ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους κλασικούς ναούς της αρχαιότητας γιατί δεν εμφανίζει ανατολικομεσημβρινό προσανατολισμό αλλά είναι κατασκευασμένος με διεύθυνση από βορά προς νότο λόγω οικονομίας του χώρου ή για λατρευτικούς λόγους που συνδέονται με τις παραδόσεις των Αρκάδων μιας και άλλοι ναοί της περιοχής φέρουν ίδιο προσανατολισμό.



Εικόνα 39 Θραύσμα μετόπης με απεικόνιση Αμαζόνας. Εκτίθεται στο Βρετανικό Μουσείο



Εικόνα 40 Θραύσμα ποδιού από κολοσσιαίο άγαλμα που βρέθηκε στις Βάσσες. Εκτίθεται στο Βρετανικό Μουσείο

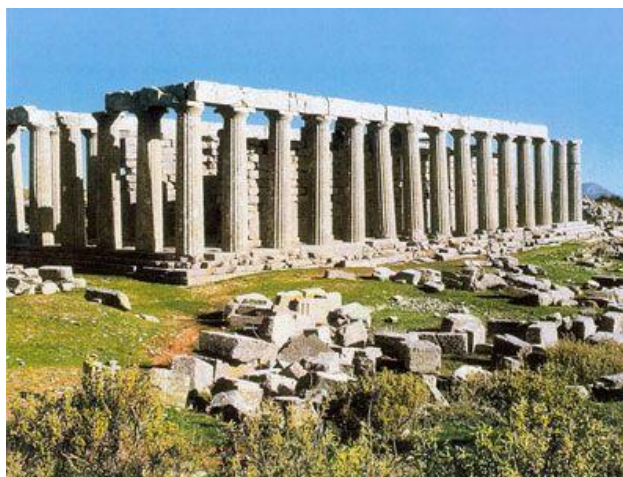
Ο ναός συνδυάζει αρχαϊκά, κλασικά και παραδοσιακά αρκαδικά χαρακτηριστικά. Έτσι προσφέρει ένα ελκυστικό μείγμα του παλιού και του νέου, του αγροτικού και του εκλεπτυσμένου. Η επιμήκης περίπτερη δομή (39,87x16,13 μέτρα) είναι κατασκευασμένη κυρίως από γκρίζο ασβεστόλιθο τοπικής προέλευσης. Η εξωτερική κιονοστοιχία του εξάστηλου ναού ακολουθεί έναν εξαιρετικά αυστηρό δωρικό ρυθμό (οι μετόπες δεν είναι λαξευμένες).



Εικόνα 41 Αποψη της εξωτερικής δωρικής κιονοστοιχίας του ναού

Όμως στο εσωτερικό, έξοχης ποιότητας γλυπτική συνταιριάζεται με έναν πιο περίτεχνο αρχιτεκτονικό ρυθμό. Το εμπρόσθιο τμήμα του πρόναου και του οπισθόδομου με δύο κίονες *εν παραστάσι* (in antis) αναδιατυπώνουν το δωρικό ρυθμό. Χαρακτηρίζεται λοιπόν ως ναός δωρικός, δίστυλος *εν παραστάσι* περίπτερος. Αντιθέτως στον σηκό μια σειρά εντοιχισμένων ιωνικών κιώνων στέκονται απέναντι σε χαμηλούς τοίχους στήριξης. Στο νότιο τμήμα όπου βρίσκεται το άδυτο, οι δύο τελευταίοι ιωνικοί κίονες του σηκού στέκονται στο μακρινό άκρο λοξών τοίχων, ενώ ανάμεσά τους βρίσκεται ένας κορινθιακός κίονας, μόνος στο κέντρο του ναού. Το κιονόκρανο του κίονα αυτού αποτελεί «το αρχαιότερο σωζόμενο δείγμα και θεωρείται

πρότυπο για όλα τα "Κορινθιακά" μνημεία του ελληνικού, ρωμαϊκού και μεταγενέστερων πολιτισμών. Η διακόσμηση είναι αξιοσημείωτη ειδικά λόγω των διαφορετικών υλικών που χρησιμοποιούνται: οι τοίχοι, οι βάσεις και οι κίονες είναι από ασβεστόλιθο, τα ιωνικά κιονόκρανα και το κορινθιακό κιονόκρανο είναι από μάρμαρο Δολιανών όπως και οι λαξευτές μετόπες της εξωτερικής ζωφόρου του κυρίως ναού, οι βάσεις της ιωνικής ζωφόρου στο εσωτερικό του τεμένους, τα ερείσματα και τα κεραμίδια της οροφής.¹³



Εικόνα 42 Εξωτερική άποψη του ναού

Η ζωφόρος του ναού είναι ένα πραγματικό αριστούργημα, αποτελούμενη από είκοσι τρεις μαρμάρινες πλάκες, από τις οποίες οι έντεκα δυτικά παρίσταναν κενταυρομαχία (Λάπηθες - Κένταυροι) και οι έντεκα ανατολικά αμαζονομαχία (Αθηναίοι - Αμαζόνες). Η κεντρική στο βάθος παρίστανε τον Απόλλωνα που με τη συνδρομή της Αρτέμιδος έκανε να επέλθει η δικαιοσύνη, που διαταράχτηκε από τους αίτιους των φοβερών μαχών (Κενταύρους - Αμαζόνες). Πρόκειται για πραγματικό αριστούργημα που η ζωντάνια και η έκφραση των μορφών, καθώς και η συνταιριασμένη πλοκή των σκηνών, το κατατάσσουν στους καλύτερους γλυπτικούς διακόσμους της αρχαιότητας. Δυστυχώς τα μοναδικά αυτά γλυπτά της ζωφόρου του Επικούρειου Απόλλωνα, κατά τη διάρκεια της Τουρκοκρατίας έγιναν αντιληπτά από ευρωπαίους αρχαιοκάπηλους και εκλάπησαν.

Σήμερα το μεγαλύτερο μέρος τους κοσμεί τις προθήκες του βρετανικού μουσείου, αλλά και του μουσείου του Λούβρου και του Μονάχου. Μέσα στον ναό υπήρχε και μεγάλο (12 πόδια) χάλκινο άγαλμα του Απόλλωνα, το οποίο, κατά τις μαρτυρίες του

¹³ http://el.wikipedia.org/wiki/Ναός_Επικούρειου_Απόλλωνα

Παυσανία, όταν ιδρύθηκε η Μεγάλη Πόλις μεταφέρθηκε και τοποθετήθηκε εκεί, μπροστά από το τέμενος του Λυκαίου Διός.

➤ **Οι αναστηλωτικές εργασίες**

Η πρώτη προσπάθεια αναστήλωσης του ναού πραγματοποιήθηκε το 1902 υπό τον Π. Καββαδία και κράτησε έξι χρόνια. Το 1965 ο ναός παθαίνει μεγάλες ζημιές από τον καταστρεπτικό σεισμό που έπληξε την περιοχή. Τον ίδιο χρόνο γίνονται οι πρώτες σωστικές παρεμβάσεις, ενώ τον επόμενο ένας κεραυνός δημιουργεί νέα προβλήματα στο μνημείο, το οποίο πλέον κινδυνεύει άμεσα, αφού έχουν πάρει κλίση οι κίονες και ολόκληρο το κτίριο έχει παραμορφωθεί.



Εικόνα 43 Το εξωτερικό του ναού το 1985 πριν την τοποθέτηση του στεγάστρου



Εικόνα 44 Εξωτερική άποψη του ναού με το προστατευτικό στεγαστρο που τον καλύπτει

Το 1970 δημιουργείται η Επιτροπή Συντήρησης του Ναού Επικούρειου Απόλλωνος (ΕΣΝΕΑ). Κατά τη δεκαετία 1985-1995 η Επιτροπή προχώρησε σε τέσσερα βασικά μέτρα προστασίας του ναού. Δημιούργησε ένα προστατευτικό στεγαστρο πάνω τον

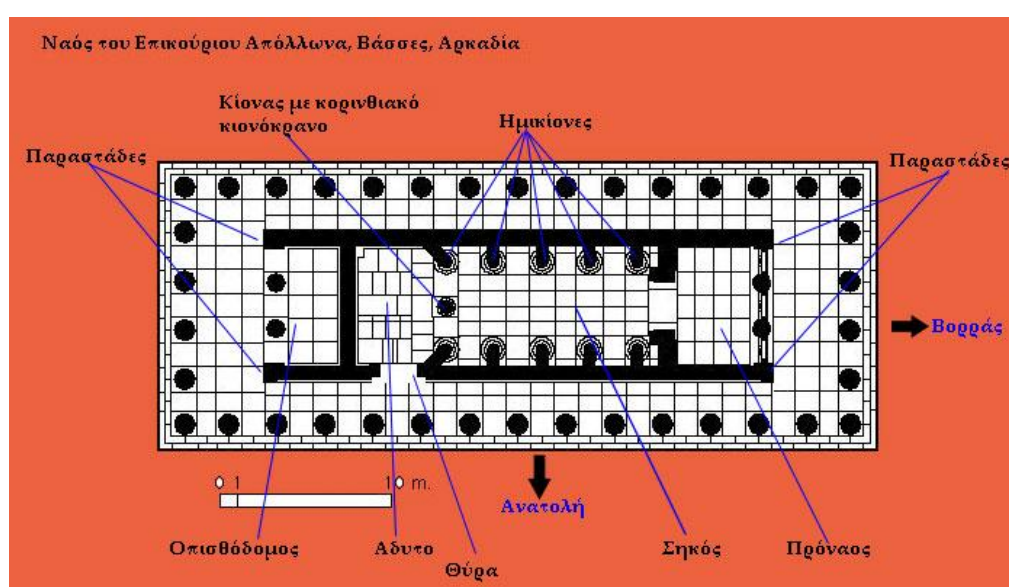
νάο, έλαβε αντισεισμικά μέτρα, απομάκρυνε τα όμβρια ύδατα και έλαβε μέτρα προστασίας από τους κεραυνούς.

Του Ιουνίου του 1997 το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο, ύστερα από μαραθώνια συζήτηση, αποφάσισε να προχωρήσει σε ουσιαστικά έργα στερέωσης και αποκατάστασης του ναού.

Συγκεκριμένα αποφάσισε ότι το μνημείο για να σωθεί πρέπει να διαλυθεί, να υπάρξει καταβίβαση των επιστυλίων και μεταφορά των κιόνων προκειμένου να ενισχυθεί η θεμελίωση, και να συντηρηθούν τα 2.000 αρχιτεκτονικά μέλη, που θα κατέβουν.

Μετά παρέλευση τριών ετών αδράνειας –παρότι ο ναός κινδύνευε πλέον με κατάρρευση– το Κεντρικό Αρχαιολογικό Συμβούλιο ξανασυνεδρίασε (Σεπτέμβριος 2000), παρουσία της ΕΣΝΕΑ. Στη συνεδρίαση υπήρξαν διαφωνίες και διατυπώθηκαν διαμετρικά αντίθετες απόψεις περί του τρόπου στερέωσης και αποκατάστασης του ναού. Τελικά αποφασίστηκε κατά πλειοψηφία να εγκριθεί «κατ' αρχάς» η μελέτη για επέμβαση στο βόρειο περσό του ναού, με την «πιλοτική» μετακίνηση της βορειοδυτικής γωνιάς του, δηλαδή των τεσσάρων επιστυλίων και των τριών κιόνων του και τη διάλυση της κρηπίδας όπου εδράζονται.

➤ Αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του ναού¹⁴



Εικόνα 45 Αναλυτική κάτοψη

¹⁴ http://elladomania.blogspot.com/2010/02/blog-post_20.html

Ο ναός είναι δίστυλος εν παραστάσι περίπτερος, δωρικού ρυθμού. Ένα από τα πολλά ιδιόμορφα γνωρίσματά του είναι οι 15 κίονες στη μακριά πλευρά του και όχι 13 που ήταν η κανονική αναλογία για την εποχή εκείνη, που θέλει οι μακριές πλευρές να έχουν διπλάσιο αριθμό κίωνων από τις στενές, συν ένα.

Εκτός από του δωρικού ρυθμού εξωτερική κιονοστοιχία, συνυπάρχουν στην αρχιτεκτονική του και ο κορινθιακός και ο ιωνικός ρυθμός. Η κρηπίδα του ναού αποτελείται από τρεις βαθμίδες. Ο καθορισμός των ακριβών διαστάσεων της παρουσιάζει δυσκολίες λόγω των μεγάλων καθιζήσεων και αποκλίσεων που έχει υποστεί μέχρι σήμερα ο ναός.

Πάνω στην ανώτερη βαθμίδα κρηπίδας, το στυλοβάτη, εδράζονταν 38 κίονες (οι 36 βρίσκονται σήμερα στη θέση τους). Ένα –όχι συνηθισμένο σε ελληνικούς ναούς– χαρακτηριστικό είναι η διαφορά πάχους μεταξύ των κίωνων. Οι κίονες της βόρειας κιονοστοιχίας είναι πιο χοντροί σε σχέση με τους υπόλοιπους. Ακόμη, η περίπτωση του ναού συγκεντρώνει δύο από τα αρχαίζοντα χαρακτηριστικά του κτηρίου: το πολύ μεγάλο μήκος της κρηπίδας σε σχέση με το πλάτος της και τα μεγαλύτερα μεταξύ των διαστήματα των στενών πλευρών (βόρεια και νότια) έναντι των μακρών (ανατολικά και δυτικά). Όσον αφορά τη διατήρηση του δομικού υλικού στη περίπτωση, η κατάσταση που βρίσκονται σήμερα οι κίονες είναι αρκετά καλή, σε αντίθεση με εκείνη της κρηπίδας που παρουσιάζει θραύσεις. Σοβαρότερα προβλήματα παρουσιάζει η κατάσταση των επιστυλίων όπου παρατηρούνται αποκολλήσεις επιφανειακών τεμαχίων, διαμπερείς ρωγμές και θρυμματισμός κυρίως της πάνω επιφάνειάς τους.



Εικόνα 46 Άποψη της Ανατολικής πλευράς του Ναού του Επικουρίου Απόλλωνος

➤ Σηκός

Πολλά ιδιόμορφα στοιχεία συνυπάρχουν στο σηκό. Σε αυτά υιοθετήθηκαν από τον αρχιτέκτονα επιλογές αρχιτεκτονικής σύνθεσης που ήταν τολμηρές και πρωτοπόρες για την εποχή. Στη σχεδίαση του εσωτερικού του ναού χρησιμοποιήθηκαν και οι τρεις ρυθμοί, ο δωρικός, ο ιωνικός και ο κορινθιακός και αυτό τον κάνει να είναι ο ναός του Επικούριου Απόλλωνα από τους σημαντικότερους της αρχαίας Ελλάδας.

Καταγράφουμε τα επιμέρους στοιχεία της αρχιτεκτονικής του σηκού. Ιωνική κιονοστοιχία με τοιχάρια, τη διαγώνια διάταξη του ζεύγους των νοτιότερων ημικιόνων, τη κορινθιακή κιονοστοιχία, την ανάγλυφη ιωνική ζωφόρο, το διαχωρισμό του κυρίως σηκού από το άδυτο και τη θύρα στον ανατολικό τοίχο.



Εικόνα 47 Μέρος του σηκού

➤ Στέγη

Η διακόσμηση του σηκού του ναού με τον κορινθιακό, του ιωνικού ρυθμού κιονοστοιχία και την ιωνική ζωφόρο, οδήγησαν στην άποψη ότι ο κεντρικός χώρος του σηκού ήταν αστέγαστος ώστε να φωτίζεται από το φως της μέρας. Σήμερα δεν αμφισβητείται η άποψη πως υπήρχε δίρριχτη στέγη, την οποία κάλυπτε μαρμάρινη κεράμωση κορινθιακού τύπου. Πρόκειται για ένα σύστημα κάλυψης της στέγης που διαφέρει από τα συνήθη. Στις 17 σειρές κεραμίδων που κάλυπταν τη στέγη του ναού η επίπεδη πλάκα του στρωτήρα είναι συμφυής με τη μικρή δίρριχτη στέγη του καλυπτήρα.

Το έξυπνο αυτό τέχνασμα χρησιμοποιήθηκε για να μειωθεί η δυνατότητα διείσδυσης νερού και ο κίνδυνος αποξήλωσης της στέγης από τους δυνατούς ανέμους που πνέουν στη περιοχή.

➤ **Άδυτο**

Πίσω από την εγκάρσια κιονοστοιχία με τον κορινθιακό κίονα διαμορφώνεται ένας μικρότερος σε διαστάσεις χώρος σε σχέση με το σηκό, το άδυτο. Ο χώρος αυτός έρχεται σε αντίθεση με το σηκό, δηλαδή, ενώ ο χώρος του κυρίως σηκού είναι πλήρης αρχιτεκτονικών στοιχείων, εκείνος του αδύτου χαρακτηρίζεται από την απόλυτη λιτότητα όσον αφορά τη μορφή του. Το μόνο αρχιτεκτονικό στοιχείο που του προσδίδει μια ιδιαίτερη μορφή σε σχέση με τον κυρίως σηκό είναι η ύπαρξη θύρας στον ανατολικό τοίχο. Η παρουσία μιας δεύτερης εισόδου στο εσωτερικό του σηκού αποτελεί ιδιόμορφη αρχιτεκτονική επιλογή. Ορισμένοι μελετητές υποστηρίζουν ότι η ανατολική θύρα οφείλεται σε θρησκευτικούς λόγους (οι ναοί έχουν προσανατολισμό από τα Α προς τα Δ). Άλλα τη συνδέουν με τη παρουσία του λατρευτικού αγάλματος στο χώρο του αδύτου και πιο συγκεκριμένα προς τη πλευρά του δυτικού τοίχου προς ανάγκη του φωτισμού και της θέασης του αγάλματος.

➤ **Θεμελίωση**

Ο ναός του Επικούριου Απόλλωνα είναι θεμελιωμένος πάνω σε βραχώδες έδαφος που το προετοίμασαν κατάλληλα ώστε να χτιστεί ο ναός. Έγιναν δηλαδή επιχωματώσεις αλλά και βράχοι απολαξεύτηκαν, ώστε το έδαφος να γίνει επίπεδο. Λόγω της φυσικής κατωφέρειας του εδάφους από τα ανατολικά προς τα δυτικά, ο φυσικός βράχος είναι σχεδόν επιφανειακός στα ανατολικά ενώ στα δυτικά συναντάται σε πολύ μεγαλύτερο βάθος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ευθυντηρία του ναού στα ανατολικά του ναού να εδράζεται σχεδόν απ' ευθείας στο βράχο επάνω, χωρίς τη παρουσία θεμελίωσης. Αντίθετα στα δυτικά χρειάστηκε να κατασκευαστεί μεγάλη θεμελίωση έως το επίπεδο που είναι ο φυσικός βράχος. Το ίδιο έγινε και στη θεμελίωση του σηκού και συγκεκριμένα στους τοίχους του.

Η θεμελίωση του δυτικού πτερού είναι εκείνη που παρουσιάζει περισσότερα στατικά προβλήματα. Μεγάλες δηλαδή καθιζήσεις οι οποίες έχουν ως συνέπεια, η δυτική κιονοστοιχία του ναού να αποκλίνει σε μεγάλο βαθμό από τη κατακόρυφο.

➤ Προσανατολισμός του ναού

Χαρακτηριστικό γνώρισμα του ναού είναι ο προσανατολισμός του από Βορρά προς Νότο σε αντίθεση με τους περισσότερους αρχαίους ναούς που είναι από Ανατολικά προς Δυτικά. Ο προσανατολισμός αυτός επιβλήθηκε λόγω της συγκεκριμένης θέσης που κτίστηκε. Κατά άλλη άποψη, ίσως, λόγω της πανάρχαιης λατρείας του Απόλλωνα ως "Υπερβόρειου", ως θεού δηλαδή που έρχεται πέρα από τις χώρες του Βορρά, την άνοιξη, ορίζοντας τη περίοδο της ανθοφορίας και καρποφορίας της γης και επιστρέφει στις χώρες αυτές το φθινόπωρο. Άλλοι ναοί με αυτό το προσανατολισμό υπάρχουν στη Πελοπόννησο όπως ο ναός της Αθηνάς στην Αλίφειρα, της Αθηνάς Σωτείρας και του Ποσειδώνα στην Ασέα (αρχαία πόλη της Αρκαδίας) και στο δωρικό ναό στο Πρασιδάκι (κοντά στο Λέπρεο Ηλείας).

➤ Χρονολόγηση και συσχέτιση με άλλους ναούς

Ο ναός του Επικούριου Απόλλωνα χτίστηκε το τελευταίο τέταρτο του 5^{ου} αι. π.Χ. (420-400π.Χ.). Διαθέτει κοινά χαρακτηριστικά με τους σύγχρονους ναούς δωρικού ρυθμού της Αττικής, του δεύτερου μισού του 5^{ου} αι. π.Χ. (κιονοστοιχίες στις τρεις πλευρές του σηκού), όπως ο σηκός στο Θησείο (449-444π.Χ.) και του Παρθενώνα (447-432π.Χ.).



Εικόνα 48 Ναός Επικούριου Απόλλωνα¹⁵

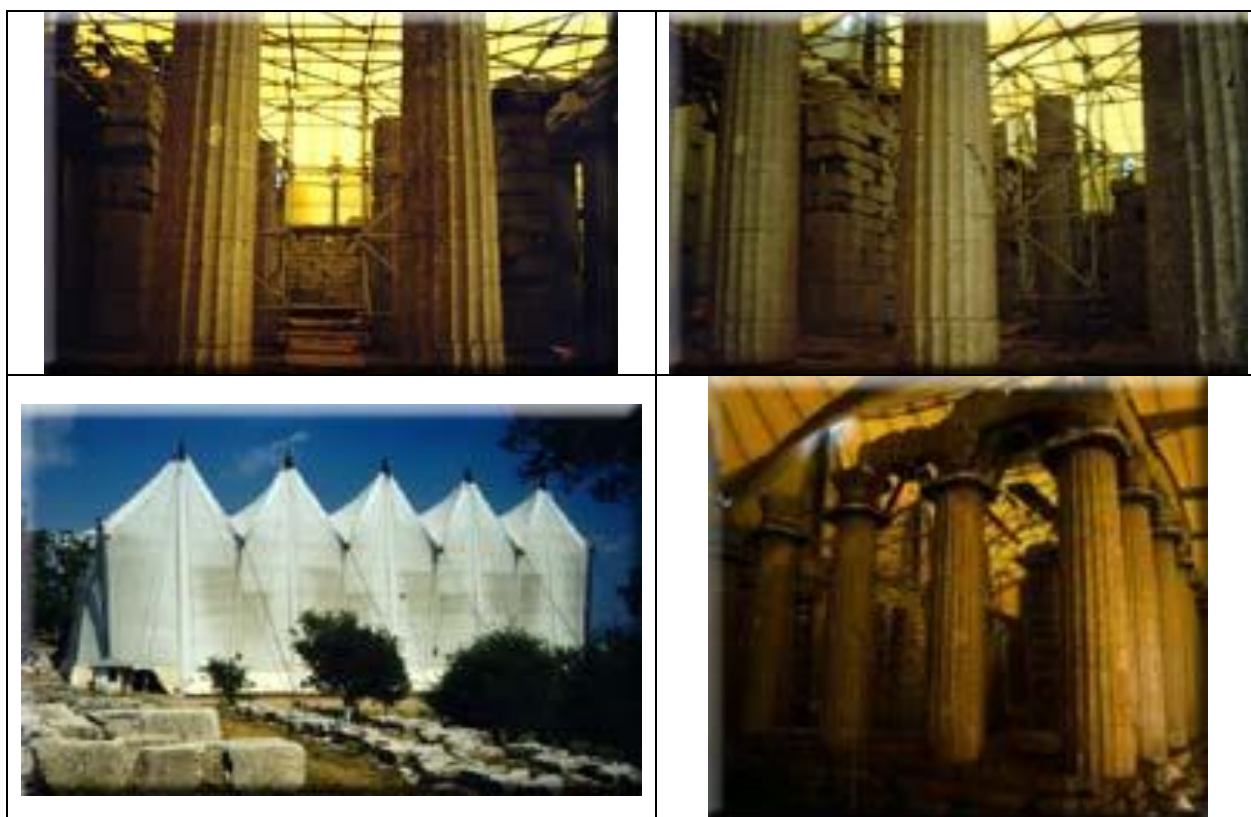
Ο αρχιτέκτονας του ναού διατηρεί πολλά αρχαϊκά χαρακτηριστικά. Η ασυνήθης αναλογία των κιόνων της πρόσοψης με αυτούς των μακρών πλευρών του και η υπερβολικά στενόμακρη κάτοψη της περιστάσης, παραπέμπουν στο πρότυπό του, το μεγάλο ναό του Απόλλωνα στους Δελφούς (6^{ος} αι. π.Χ.).

¹⁵ <http://www.hellenica.de/>

Είναι πιθανό η προσπάθεια εξισορρόπησης αντιθετικών στοιχείων στην αρχιτεκτονική του ναού να υποδηλώνει ότι ο Ικτίνος ανέλαβε την ευθύνη να συνεχίσει ένα οικοδόμημα με ήδη κατασκευασμένη θεμελίωση και κρηπίδα και κατά συνέπεια με δεδομένες τις βασικές διαστάσεις της περίπτωσης και του σηκού. Κλήθηκε να μετατρέψει ένα ναό που ήταν ήδη σε φάση κατασκευής με στοιχεία αρχαϊκής περιόδου σε ναό κλασικής περιόδου χρησιμοποιώντας έξυπνα τεχνάσματα, ώστε να καταλήξει σε ένα επιτυχές αποτέλεσμα μίξης του νέου και του παλαιού.



Εικόνα 49 Ο σηκός του ναού από Νότο



Εικόνα 50 Εσωτερικό του ναού



Εικόνα 51 Τομή στο δυτικό πτερό και στην προέκταση του σηκού, έφερε στο φώς σε βάθος 1.19μ. τοίχο από επίπεδους απελέκητους που είναι παράλληλος με τον τοιχοβάτη του σηκού. Ο τοίχος αυτός παρουσιάζει εξωτερικά καλοχτισμένο πρόσωπο ενώ εσωτερικά η επιφάνεια είναι ανώμαλη· ίσως δεν ήταν έτσι αρχικά και παραμορφώθηκε όταν ανοίχτηκε η τάφος θεμελίωσης του στερεοβάτη του σηκού.

➤ **Σύντομη αναφορά στο ναό της Αγίας Σοφίας (Κωνσταντινούπολη)¹⁶**



Εικόνα 52 Η Αγία Σοφία σήμερα

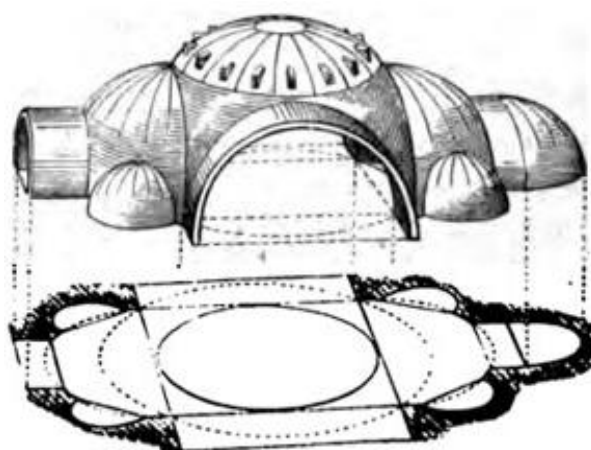
¹⁶ [http://el.wikipedia.org/wiki/Αγία_Σοφία_\(Κωνσταντινούπολη\)](http://el.wikipedia.org/wiki/Αγία_Σοφία_(Κωνσταντινούπολη))



Εικόνα 53 Διαμήκης τομή

Ο Βυζαντινός Ναός της Αγίας Σοφίας ή απλά *Η Μεγάλη Εκκλησία*, ήταν από το 360 μέχρι το 1453 ορθόδοξος καθεδρικός ναός της Κωνσταντινούπολης, με εξαίρεση την περίοδο 1204 - 1261 κατά την οποία ήταν ρωμαιοκαθολικός ναός, ενώ μετά την άλωση της Κωνσταντινούπολης μετατράπηκε σε τέμενος, μέχρι το 1934 και αποτελεί σήμερα μουσειακό χώρο.

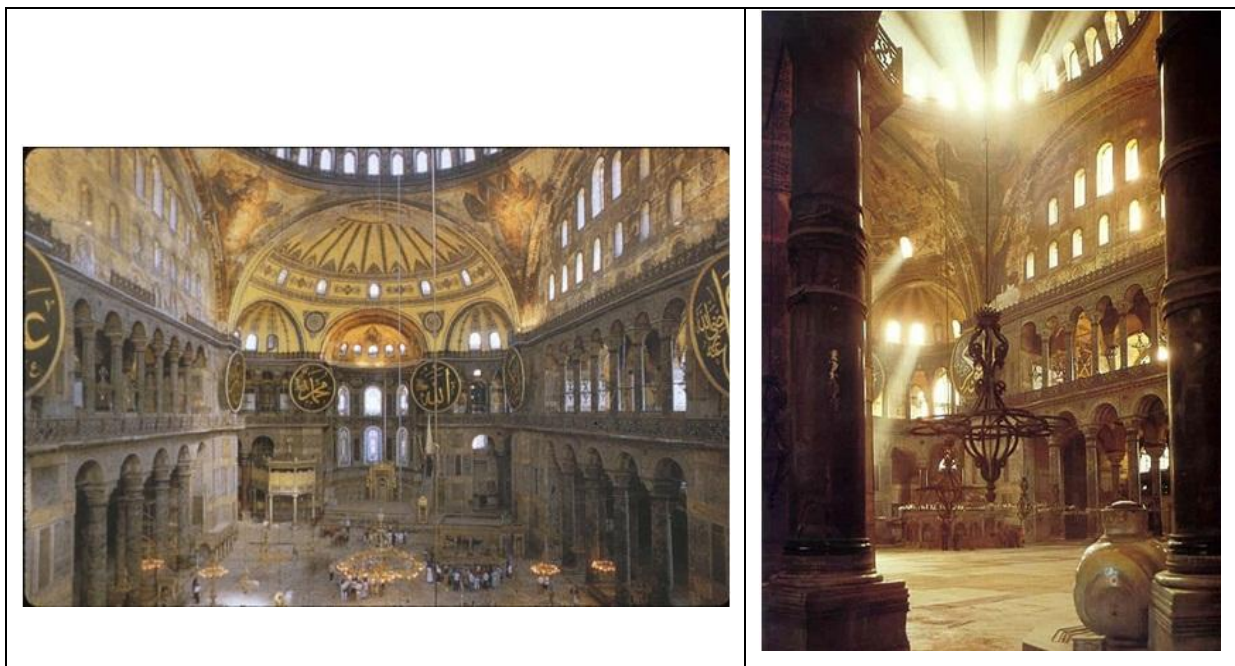
Ανήκει στις κορυφαίες δημιουργίες της βυζαντινής ναοδομίας, πρωτοποριακού σχεδιασμού, και υπήρξε σύμβολο της πόλης, τόσο κατά τη βυζαντινή όσο και κατά την οθωμανική περίοδο. Το παρόν κτίσμα ανεγέρθηκε τον 6ο αιώνα, επί βασιλείας του Ιουστινιανού Α', από τους μηχανικούς Ανθέμιο από τις Τράλλεις και Ισίδωρο από τη Μίλητο. Στο ίδιο σημείο, επί του πρώτου λόφου της Κωνσταντινούπολης και σε κοντινή απόσταση από το Μέγα Παλάτιον και τον Ιππόδρομο της πόλης, είχαν χτιστεί παλαιότερα δύο ακόμα ναοί που καταστράφηκαν από πυρκαγιά.



Εικόνα 54 Εγκάρσια τομή

Το οικοδόμημα ακολουθεί τον αρχιτεκτονικό ρυθμό της τρουλαίας βασιλικής και συνδυάζει στοιχεία της πρώιμης βυζαντινής ναοδομίας, σε πολύ μεγάλη κλίμακα.

Αρχιτεκτονικές επιρροές της Αγίας Σοφίας εντοπίζονται σε αρκετούς μεταγενέστερους ορθόδοξους ναούς αλλά και σε οθωμανικά τζαμιά, όπως στο *τέμενος του Σουλεϊμάν* και στο *Σουλταναχμέτ τζαμί*. Εκτός από τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό της, η Αγία Σοφία ξεχωρίζει επίσης για τον πλούσιο εσωτερικό διάκοσμό της, που σε μεγάλο βαθμό καταστράφηκε στην πορεία του χρόνου.



Εικόνα 55 Εσωτερικό Αγίας Σοφίας

➤ Αρχιτεκτονική

Όταν το 532 ο Ιουστινιανός έλαβε την απόφαση να κτίσει το ναό, ήταν αποφασισμένος όπως ο νέος ναός υπερβεί όλους τους άλλους σε λαμπρότητα. Μία εγκύκλιος απεστάλη σ' όλους τους κυβερνήτες των επαρχιών να στείλουν στην πρωτεύουσα τα ωραιότερα μάρμαρα από τα πιο φημισμένα λατομεία της αυτοκρατορίας, και τα πιο πολύτιμα υλικά όπως ήταν χρυσός, άργυρος ελεφαντοστό και άλλους πολύτιμους λίθους. Δύο Έλληνες Μικρασιάτες, ο Ανθέμιος από τις Τράλλεις (Αϊδινί) και ο Ισίδωρος από τη Μίλητο ανέλαβαν την πραγματοποίηση του κολοσσιαίου έργου το οποίο εγκαινιάστηκε στις 27 Δεκεμβρίου 537, μόλις 5 έτη από την ημέρα που ερίφθη ο πρώτος λίθος. Ύστερα από τις πολύπαθες εμπειρίες του παρελθόντος, δεν χρησιμοποίησαν το ξύλο σαν υλικό κατασκευής. Έφεραν από διάφορες περιοχές της Αυτοκρατορίας πολύτιμα μάρμαρα. Πολλές από τις κολόνες του εσωτερικού, προέρχονται από ναούς αρχαίους, όπως του *Μπάαλμπεκ* της Συρίας, της *Ηλιουπόλεως της Αιγύπτου*, της *Εφέσου* και των *Δελφών*. Στο ναό υπάρχουν: λευκά μάρμαρα από την

Προκόνησο, πράσινα από τη *Θεσσαλία*, την *Κάρυστο*, τη *Μάνη*, χρυσαφιά από τη *Λιβύη*, ροδόχροα με λευκές φλέβες από τη *Φρυγία*, ανοιχτόμαυρα με γαλάζιες φλέβες από το *Βόσπορο*, κόκκινα με λευκά στίγματα από τη *Θήβα* της Αιγύπτου, και μάρμαρα με διάφορους άλλους χρωματισμούς από διάφορες περιοχές. Κοκκαλί από την *Καππαδοκία*, χρησιμοποιήθηκαν για τις κολόνες, τα κιονόκρανα και τις επενδύσεις των τοίχων. Για τον τρούλο χρησιμοποίησαν τούβλα, όπως επίσης και για τα τόξα και τους τοίχους. Η διακόσμηση που κάλυπτε το εσωτερικό του ναού ήταν ίσης σπουδαιότητας με την αρχιτεκτονική του. Υψηλοί κίονες από πορφύρα, λευκό και πρασινωπό διάστικτο μάρμαρο, στεφανωμένοι με μαρμάρινα κιονόκρανα ήταν διακοσμημένοι με γραμμές χρώματος μπλε ή χρυσαφί. Οι τοίχοι καλύπτονταν με μάρμαρα πολύχρωμα, ζωγραφισμένα από τους πιο επιδέξιους ζωγράφους, και από ψηφιδωτά που έλαμπαν μέσα στο βαθύ μπλε ή αργυρό φόντο.

Μέσα στο βόρειο κλίτος βρίσκεται η περίφημη μαρμάρινη κολόνα που ιδρώνει. Υγραίνεται από μία στέρνα που υπάρχει εκεί από κάτω. Αν βάλουμε το δάχτυλο μας σ' ένα βαθούλωμα σκαμμένο στην κολόνα, που είναι στο τμήμα αυτό καλυμμένη από μπρούντζινες προστατευτικές πλάκες, θα αισθανθούμε υγρασία. Από τα βυζαντινά χρόνια, είχε θεωρηθεί θαυματουργή. Στο νότιο τμήμα του κεντρικού κλίτους, φαίνεται στο δάπεδο ένα μέρος μωσαϊκού από διαφόρων χρωμάτων μάρμαρα, που θεωρείται ως ο βυζαντινός *Ομφαλός* (ή κέντρο του κόσμου), όπου εκεί γινόταν η τελετή της στέψεως των Αυτοκρατόρων.

Οι Οθωμανοί σουλτάνοι πλούτισαν το κτίριο με έργα ισλαμικής τέχνης. Ο *Μουράτ ο 3ος* (1574-1595), κατασκεύασε τον άμβωνα του «*μουεζζίν*» (ιεροψάλτη) αξιόλογο για τη λεπτοδουλειά στο μάρμαρο. Δύο μαρμάρινες υδρίες, ελληνιστικής εποχής, που προέρχονταν από την *Πέργαμο*, τοποθετήθηκαν δεξιά και αριστερά της εισόδου. Τις πρόσθεσαν και από μία βρύση και τις χρησιμοποιούσαν σαν κρήνες καθαρισμού. Τους δύο μεγάλους κηροστάτες, που βρίσκονται πλάι στο «*Μιχράμπ*» (Ιερό), τους έφερε ο *Σουλεϊμάν ο Μεγαλοπρεπής* από τη *Βουδαπέστη*, ύστερα από την εκστρατεία του κατά της Ουγγαρίας. Το μαρμάρινο «*Μιμπέρ*» (άμβωνας) και η μαρμάρινη εξέδρα του ιεροκήρυκα, αριστερά κάτω από τον κεντρικό τρούλο, έγιναν επί *Μουράτ* του 4ου (1625 - 1640).¹⁷

¹⁷ <http://www.remaliacub.gr/forum/showthread.php?t=2709>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΜΑΡΜΑΡΙΝΩΝ ΟΓΚΩΝ



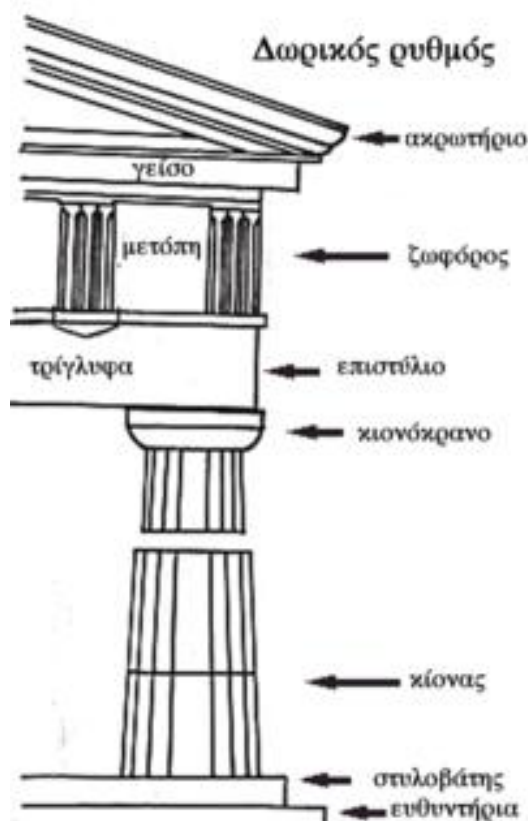
Εικόνα 56 1) Σχεδιαστική αναπαράσταση του Ιερού του Αμυκλαίου Απόλλωνα, 2) Μαρμάρινη διακόσμηση του θρόνου, 3) Τμήμα της μαρμάρινης σίμης του θρόνου, 4) Τα λεοντοπόδαρα από το θρόνο του θεού

➤ Κιονόκρανα¹⁸

Κιονόκρανο (*Κιονόκρανον*) ονομάζεται το λεγόμενο "κράνος", η κεφαλή του κίονα, που επιστέφει μία κολόνα, (κοινώς: *κεφαλοκόλονο* ή *κεφαλοκολόνα*). Κιονόκρανα απαντώνται από την αρχαία αρχιτεκτονική μέχρι και τη σύγχρονη.

Το κιονόκρανο είναι το ανώτερο μέλος του κίονα το οποίο και φέρεται να υποβαστάζει το επικαθήμενο σ' αυτό επιστύλιο (οριζόντιο μέρος) της οροφής του οικοδομήματος. Το ανώτερο αυτό τμήμα του κίονα ποικίλει τόσο κατά το σχήμα όσο και κατά τη διακόσμηση, καθώς και κατά τόπο, χρονική περίοδο και ύλη.

¹⁸ <http://el.wikipedia.org/wiki/Κιονόκρανο>



Εικόνα 57 Ένδειξη κιονόκρανου - αρχιτεκτονική

➤ Ρυθμοί

Το *Κρητικομυκηναϊκό* κιονόκρανο αποτελείται από δύο κυρίως μέλη: του λεγόμενου "εχίνου" (μοιάζει με στρογγυλό προσκέφαλο) και του "άβακα" (απλής τετράγωνης πλάκας).

Το *Αιολικό* κιονόκρανο αποτελείται από εχίνο διακοσμημένο με φύλλα και κρινοειδή έλικες και οριζόντιου επιθήματος ή προσκεφάλου.

Το *Δωρικό* κιονόκρανο αποτελείται από εχίνο στρογγυλό και από τετράγωνο άβακα.

Το *Ιωνικό* κιονόκρανο αποτελείται από εχίνο τετραγωνισμένο του οποίου τα άκρα ελίσσονται, προς τα κάτω σε έλικες, και από τον άβακα.

Το *Κορινθιακό* κιονόκρανο αποτελείται από υψηλό εχίνο που ονομάζεται "κάλαθος", που περιβάλλεται από σειρές φύλλων ακάνθης με σπειροειδείς ελισσόμενους "καυλούς" (= μίσχους) και ανθεμίων (ανθών), και τον άβακα με υπόκοιλες πλευρές. Ο τύπος αυτός από την όψη που παρουσιάζει λέγεται και "ανθεμωτό κιονόκρανο".

Τα τρία παραπάνω τελευταία είδη κιονόκρανου δηλαδή το Δωρικό, το Ιωνικό και το Κορινθιακό αποτελούν κατά την αρχαιολογία και την αρχιτεκτονική, τους τρεις βασικούς ρυθμούς του ελληνικού κιονόκρανου, από τους οποίους προήλθαν στους μετέπειτα χρόνους τα κιονόκρανα του ρωμαϊκού πολιτισμού (ρωμαϊκού ρυθμού) και στη συνέχεια χριστιανικού κόσμου (χριστιανικού ρυθμού) των οποίων τελικά κύριες διαφορές είναι μόνο στο διάκοσμο.



Εικόνα 58 *Ιωνικό κιονόκρανο*



Εικόνα 59 *Κορινθιακό κιονόκρανο*

➤ Αιολικός ρυθμός

Αιολικός ονομάζεται ο αρχιτεκτονικός ρυθμός που ευδοκίμησε στο γεωγραφικό χώρο της λεγόμενης Αιολίδας, δηλαδή στο μικρασιατικό αιγιαλό από την Τροία έως τη Σμύρνη, καθώς και στο νησί της Λέσβου, όπου ήρθαν στο φως τα περισσότερα και σημαντικότερα μνημεία του αιολικού ρυθμού.



Εικόνα 60 Αιολικός ρυθμός

Δύο αιολικοί ναοί των Αρχαϊκών χρόνων έχουν ερευνηθεί στην ορεινή θέση της Κλοπεδής Λέσβου, που ταυτίστηκαν με το ιερό του λεγόμενου Ναπταίου Απόλλωνος. Από τα αιολικά κιονόκρανα, που βρέθηκαν στην πόλη της Μυτιλήνης, στην Ερεσό και στην αγροτική περιοχή του παραδοσιακού οικισμού της Νάπης, αποδεικνύεται η πυκνότητα των κτισμάτων αιολικού ρυθμού, που ήταν διάσπαρτα σε ολόκληρη τη Λέσβο.¹⁹

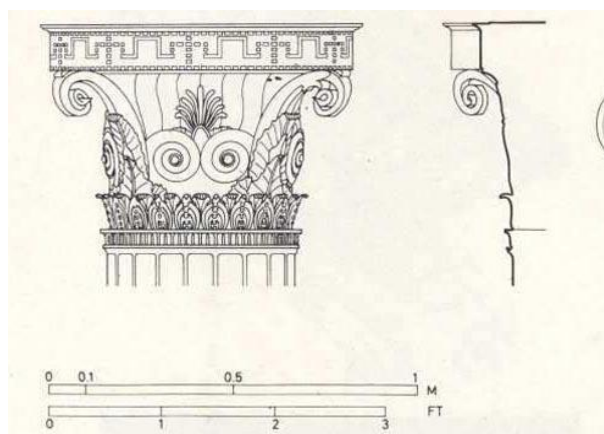


Εικόνα 61

Αριστερά: Κιονόκρανο εντοιχισμένο σε ρωμαϊκό τοίχο. Δεξιά: Αρχαϊκό κιονόκρανο της στοάς εντοιχισμένο σε δεύτερη χρήση. Φώτο Γ. Κουράγιος.²⁰

¹⁹ Απόσπασμα από κείμενο της Άννας-Μαγδαληνής Αργύρη

²⁰ Πηγή Φώτο: Περιοδικό Αρχαιολογίας - Ιστορίας των Πολιτισμών «Corpus», τεύχος 47, άρθρο «Δεσποτικό, η ανακάλυψη ενός Ιερού με πανελλήνια ακτινοβολία στο μικρό νησί των Κυκλάδων», Γιάννος Κουράγιος - Σοφία Λετοράτου - Bryan Burns, σελίδα 48



Εικόνα 62 Το κορινθιακό κιονόκρανο του Επικούριου Απόλλωνα (σχέδιο H. von Hallerstein).

➤ **Κρηπίδα**²¹

Κρηπίδα ή κρηπίδωμα ονομάζεται η βάση με σκαλοπάτια, πάνω στην οποία χτίζονταν οι ναοί στην αρχαία Ελλάδα.

Το κρηπίδωμα χτιζόταν επάνω στην ευθυντήρια. Αρχικά το κρηπίδωμα είχε τρία σκαλοπάτια. Το ψηλότερο σκαλοπάτι είναι μεγαλύτερο από τα άλλα δύο για αισθητικούς λόγους. Το τελευταίο σκαλί είναι ταυτόχρονα και η βάση του υπόλοιπου ναού, αφού απάνω του στηρίζονται οι κίονες και όλος ο ναός. Γι' αυτό και έχει ειδικό όνομα:

- Στους ναούς που είχαν κίονες περιμετρικά, τους λεγόμενους περίπτερους ναούς, λέγεται *στυλοβάτης*
- Σε ναούς χωρίς περιμετρικές κολώνες λέγεται *τοιχοβάτης*.

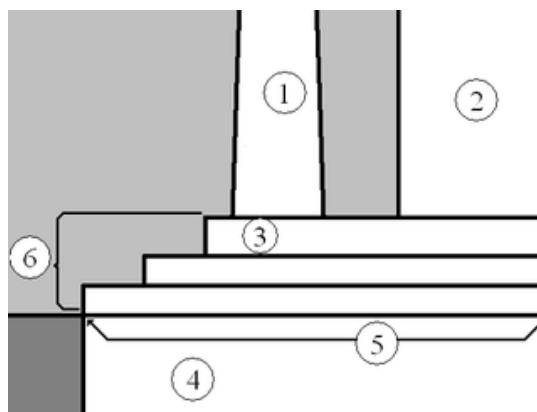


Εικόνα 63 Κρηπίδωμα στον ναό του Ποσειδώνα στο Σούνιο.

²¹ <http://el.wikipedia.org/wiki/Κρηπίδα>

➤ Στερεοβάτης

Ο στερεοβάτης (αρχ. Ελλ. στερεός και βάσις) είναι το θεμέλιο στο οποίο χτίζονταν οι ναοί στην αρχαία Ελλάδα. Η κατασκευή του γινότανε από χοντροκομμένες πέτρες που είχαν σχήμα κύβου. Η επίστρωσή του, η ονομαζόμενη ευθυντηρία γινόταν με καλά επεξεργασμένες πέτρες με λεία επιφάνεια. Η ευθυντηρία είναι έτσι κατασκευασμένη και τοποθετημένη που να υπερέχει του εδάφους.



Εικόνα 64 Θεμέλιο αρχαίου ελληνικού ναού.

1) κίονας, 2) τοίχος του ναού, 3) στυλοβάτης ή τοιχοβάτης, 4) στερεοβάτης, 5) ευθυντηρία, 6) κρηπίδωμα

Για να τοποθετήσουν τον στερεοβάτη, οι εργάτες έσκαβαν το χώμα ή τρυπούσαν την πέτρα του εδάφους αν το μέρος ήταν βραχώδες. Τις χοντροκομμένες πέτρες τις σώριαζαν χωρίς ιδιαίτερο τρόπο. Επάνω από αυτές κατασκεύαζαν την ευθυντηρία η οποία χρησίμευε ως βάση του ναού. Επάνω στην ευθυντηρία χτίζανε μετά το κρηπίδωμα που σχημάτιζε σκαλάκια για να προσφέρει την πρόσβαση στον ναό.

Ο στερεοβάτης και το κρηπίδωμα (που δεν αποτελεί μέρος του στερεοβάτη, αλλά είναι ανεξάρτητο τμήμα) αποτελούσαν την βάση ή το θεμέλιο του ναού.

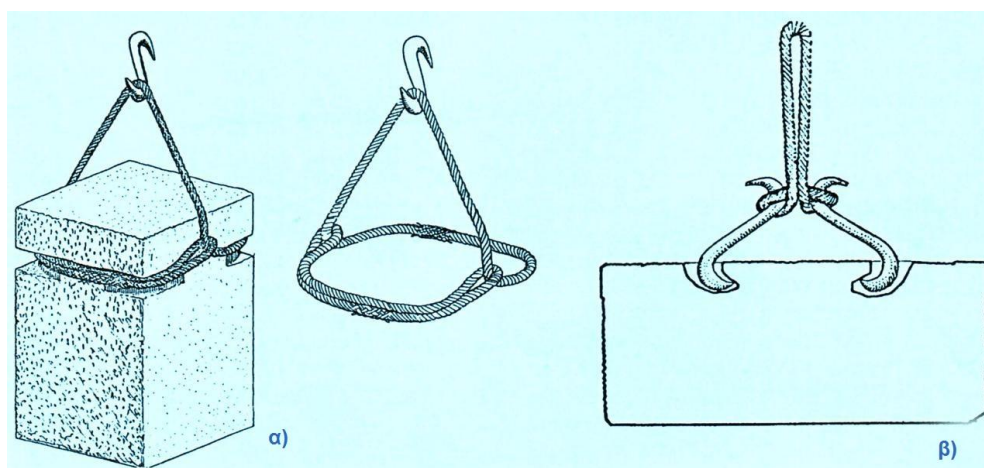


Εικόνα 65 Βάση κίονα



Εικόνα 66 Βάση κίονα στο Ιερό του Απόλλωνα

➤ **Οι λαβές για την ανύψωση των λίθων²²**



Εικόνα 67 α) Παρθενών, βόρειες μετόπες. Οριζόντιες αύλακες ανάρτησης αντιθήματος, β) Σχηματισμός αρπάγης με σχοινί και δύο άγκιστρα για τη λαβή λίθου εκ των άνω

Γνωστότερα συστήματα υποδοχής των σχοινιών αναρτήσεως είναι:

- α) οριζόντιες αύλακες, π.χ. πλείστα αντιθήματα μετοπών Παρθενώνος (εικόνα α)
- β) πλευρικές αύλακες, π.χ. επιστύλια ναού Αφαίας γ) υποκείμενες αύλακες, π.χ. θριγκός Ολυμπιείου Ακράγαντος,
- δ) υποκείμενες ορατές αύλακες, π.χ. επιστύλια ναού Απόλλωνος Επικουρίου,
- ε) σιφωνοειδείς οπές, π.χ. ναός Αθηνάς Προναίας Δελφών,

²² Μ. Κορρές, Αρχιτέκτων, Αναπληρωτής Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. «Αρχαία τεχνολογία υπερνίκησης μεγάλων βαρών»

στ) κατακόρυφες οπές, ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθαφαίρεση ξύλινων σφηνών ανάρτησης, π.χ. πώρινα επιστύλια ναού G Σελινούντος (έως 50Τ!), ναού Διός Ολυμπίας (έως 15Τ), γωνιαία γείσα Παρθενώνος (9Τ),

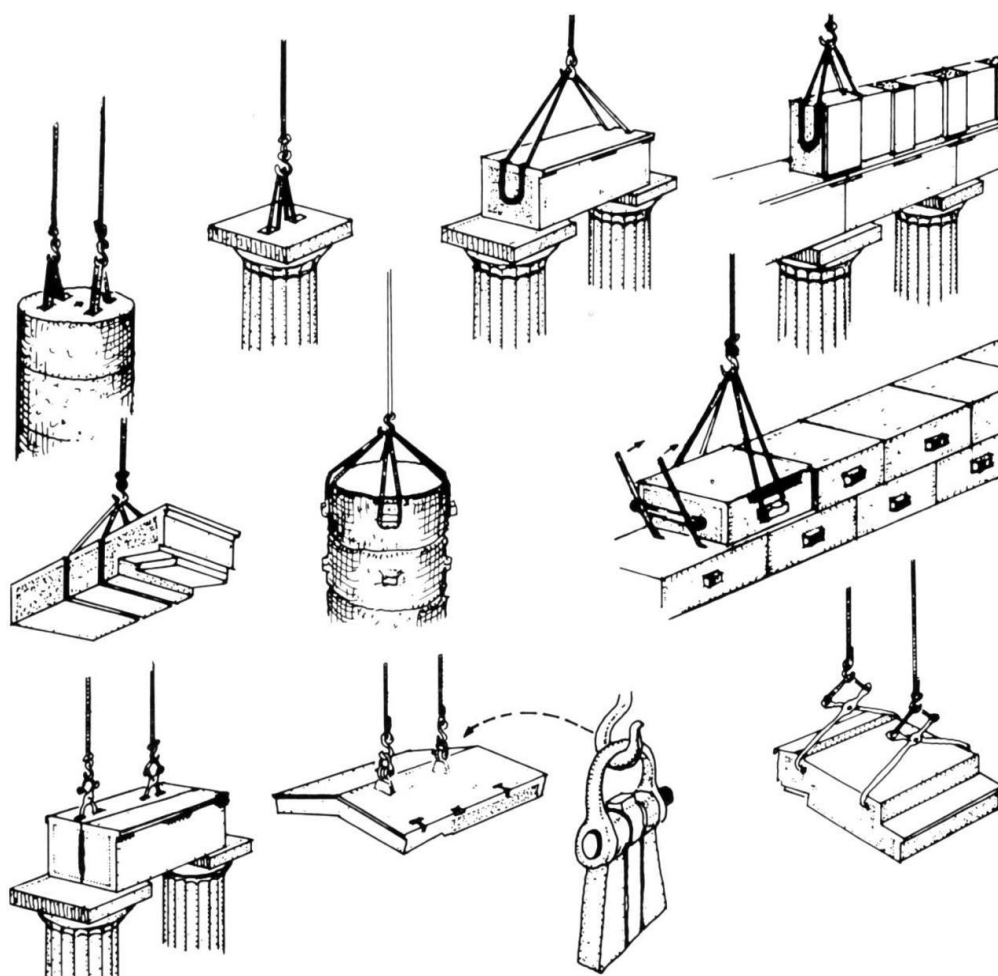
ζ) κατακόρυφες διαμπερείς οπές, π.χ. λίθοι αρχαϊκού ιωνικού κίονος ναού Αφαίας,

η) κατακόρυφες οπές ευρυνόμενες προς τα κάτω για την εκ των άνω προσθαφαίρεση σιδηρών σφηνών ανάρτησης (λύκος),

θ) αγκώνες, δηλαδή (προσωρινές) ισχυρές πλευρικές προεξοχές για την λαβή και την άρση ενός λίθου,

ι) άγκιστρα (εικόνα β), και σπανιότερα αρθρωτές αρπάγες (φέρουν ενίοτε τα αρχαία ονόματα καρκίνος ή λιθάγρα), των οποίων οι αιχμές εισχωρούν σε μεγάλες οπές στο άνω μέρος του λίθου (π.χ. επιστύλια ναού Ποσειδώνος στο Σούνιο) ή σε μικρές οπές δύο αντίθετων παρειών του λίθου (στα περισσότερα ρωμαϊκά έργα).

Σχετικώς προς τα σχοινιά πρέπει να τονιστεί ότι δεν δενόταν με κόμβους, αλλά αποτελούσαν έτοιμους κλειστούς βρόγχους με τις κατάλληλες για κάθε λαβή διαστάσεις.

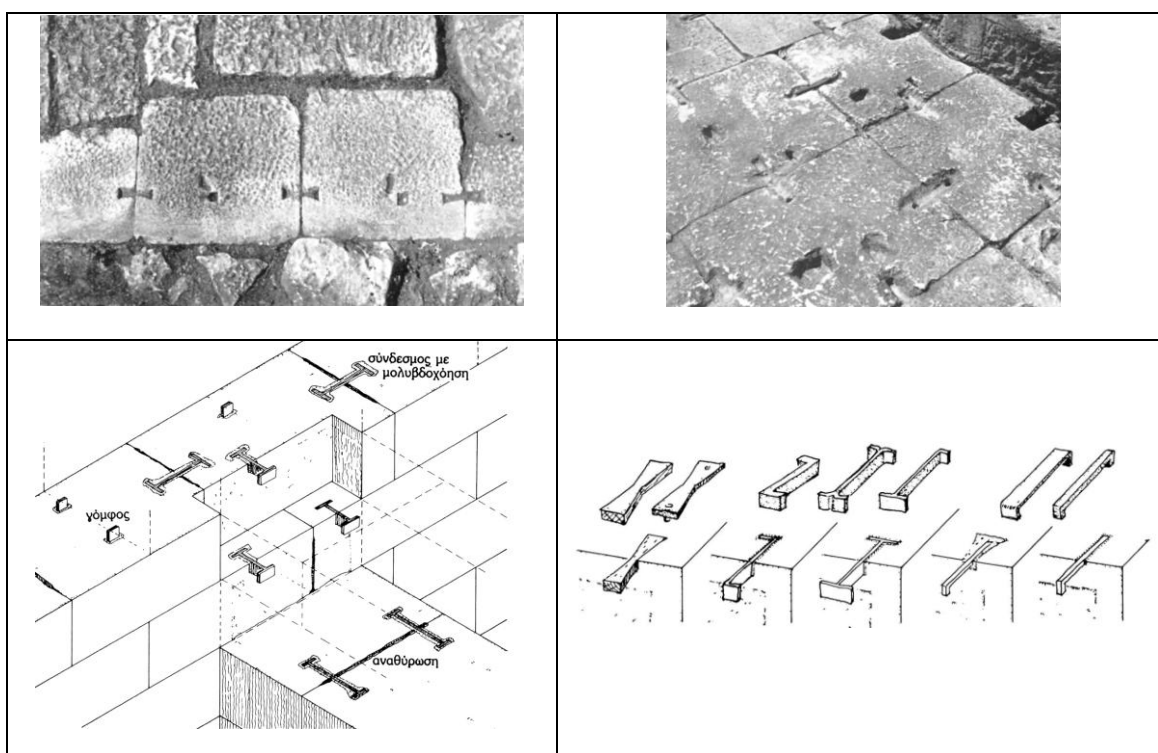


Εικόνα 68 Απεικόνιση συστημάτων υποδοχής των σχοινιών αναρτήσεως

➤ **Η οικοδομική τεχνολογία των αρχαίων Ελλήνων²³**

Οι οριζόντιοι σύνδεσμοι της κλασικής εποχής, μορφής διπλού ταυ, ήταν εκ κατασκευής ασθενέστεροι στο μέσον τους, με στόχο, σε περίπτωση μετακίνησης των λίθων από σεισμό, να σπάσει ο σύνδεσμος και όχι το μάρμαρο (εικ.70).

Οι αρχαίοι οικοδόμοι είχαν συνείδηση του ότι, σε μια σεισμική περιοχή όπως η Ελλάδα, τα λίθινα οικοδομήματα πρέπει να διαθέτουν σημαντικό βαθμό ευκαμψίας. Το μολύβι που περιέβαλλε τους σιδερένιους συνδέσμους δεν είχε σκοπό μόνο την προστασία των συνδέσμων από την οξείδωση, αλλά και την ευκαμψία της αγκύρωσης του σιδήρου μέσα στους λίθους. Όμως, ευκαμψία διασφαλιζόταν και στην κατασκευή των κίονων: οι σφόνδυλοι (οι κολουροκωνικοί λίθοι που απάρτιζαν έναν κίονα) συνδέονταν μόνο με τον πόλο, ένα κυλινδρικό κομμάτι ξύλου που σφηνωνόταν μέσα σε δύο κομμάτια ξύλου με σχήμα κόλουρης πυραμίδας, καθένα από τα οποία ήταν τοποθετημένο σε έναν τόρμο στο κέντρο των επιφανειών συναρμογής των σφονδύλων και απάρτιζαν το εμπόλιο (εικ.71). Επιπλέον, ο κατώτατος σφόνδυλος εδραζόταν επάνω στον στυλοβάτη χωρίς καμία σύνδεση.

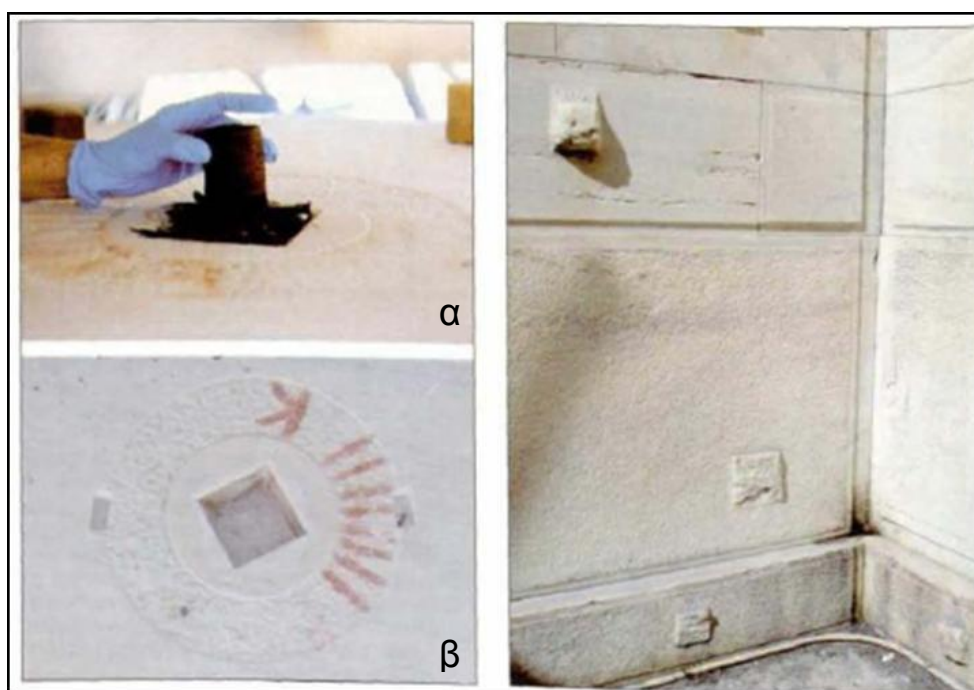


Εικόνα 69 Ενώσεις με σιδερένιο σύνδεσμο

²³ Τάσος Τανούλας, Δρ Αρχιτέκτων. Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως (ΥΠΠΟ)

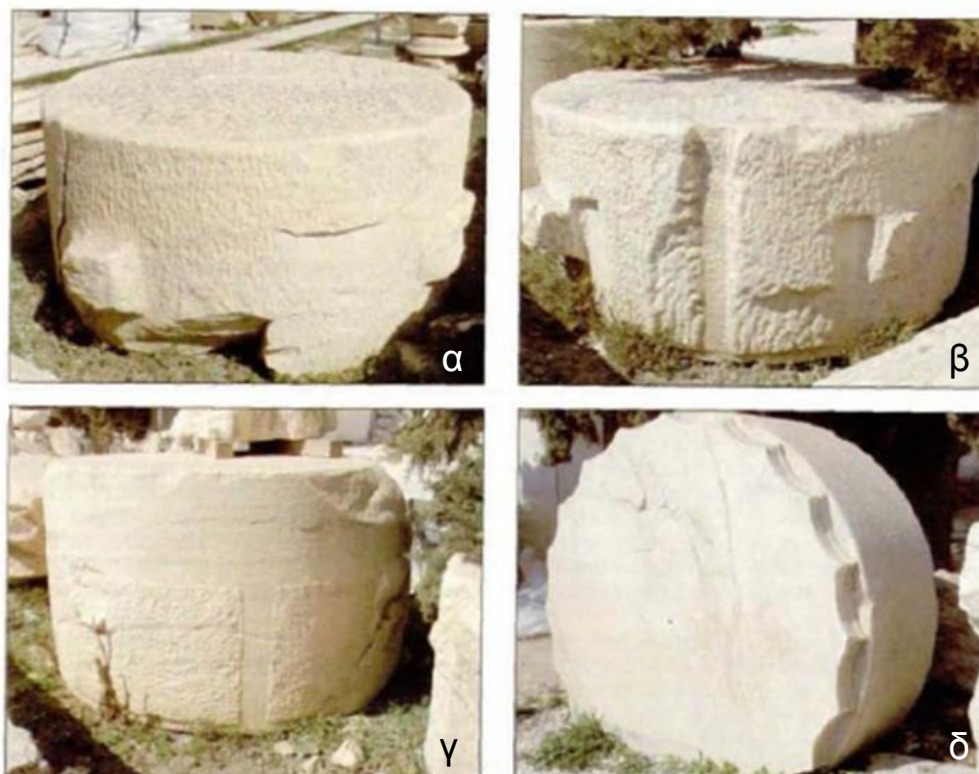


Εικόνα 70 Σύνδεσμος από τον νότιο τοίχο της ανατολικής στοάς των Προπυλαίων. Κατά την παραμόρφωση του τοίχου ο σιδερένιος σύνδεσμος έσπασε με αποτέλεσμα το μάρμαρο να διατηρήσει την ακεραιότητά του.



Εικόνα 71 Αριστερά: α) Τοποθέτηση του πλόου μέσα στο κάτω ήμισυ του εμπολίου. β) ο τόρμος στον άξονα του σφοδύλου για την τοποθέτηση του εμπολίου. Διακρίνεται η επιγραφή που ορίζει ακριβώς τη θέση του σφοδύλου στο κτίριο των Προπυλαίων. Οι δύο εγκοπές αριστερά και δεξιά του κεντρικού τόρμου είναι νεότερες της αναστύλωσης Μπαλάνου.

Δεξιά: Συμβολή των εξωτερικών επιφανειών του νότιου τοίχου του κεντρικού κτιρίου και του ανατολικού τοίχου της νότιας πτέρυγας των Προπυλαίων. Διακρίνονται τα προέχοντα στοιχεία για την μετακίνηση των λιθοπλίνθων (αγκώνες), οι προέχουσες προστατευτικές επιφάνειες (άπεργα) και, σε εσοχή, οι οδηγοί που ορίζουν την τελική επιφάνεια των τοίχων (περιτένειες).

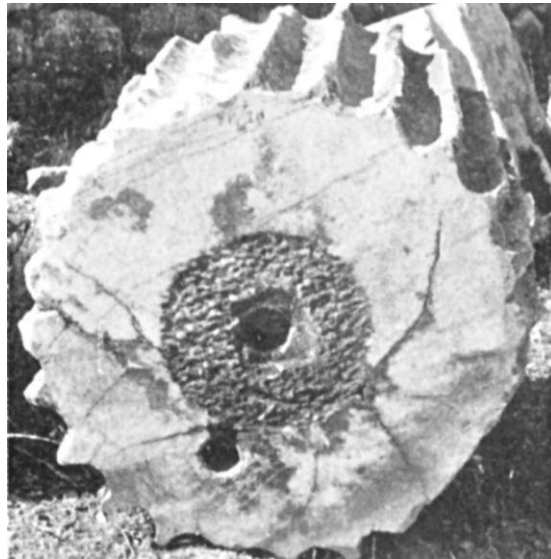


Εικόνα 72 (α-γ) Τέσσερα διαδοχικά στάδια κατεργασίας σφονδύλων δωρικών κίονων του Προπαρθενώνα, (δ) κατώτατος σφόνδυλος του Προπαρθενώνα έτοιμος για τοποθέτηση.

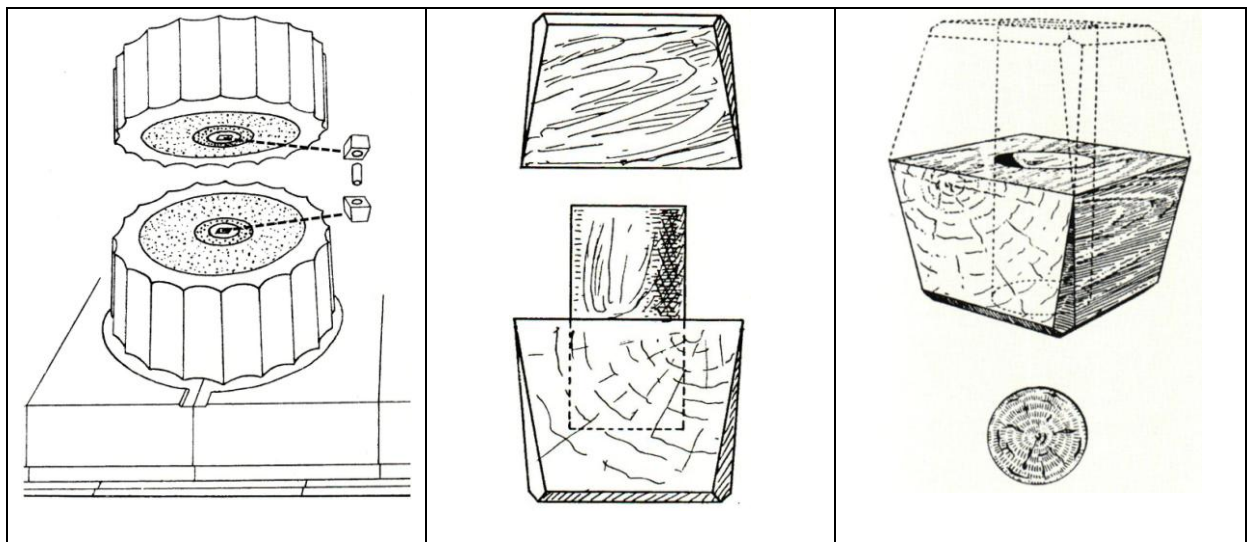
Οι σφόνδυλοι των κίονων ήταν αρράβδωτοι κατά την τοποθέτησή τους. Οι οδηγοί για την λάξευση των ραβδώσεων υπήρχαν μόνο στην βάση των κατώτατων σφονδύλων όπου, κατά την τοποθέτηση, υπήρχαν οδηγοί για όλες τις διαδοχικές φάσεις απολάξευσης των ραβδώσεων, και στο υποτραχήλιο των κιονοκράνων (εικ.72). Πρέπει να ήταν μια γενικευμένη πρακτική, οι κιονοστοιχίες να ανεγείρονται πριν από τους τοίχους των ναών. Ένα από τα κλασικά παραδείγματα γι' αυτό είναι ο ημιτελής ναός στην Έγεστα της Σικελίας (εικ.73).



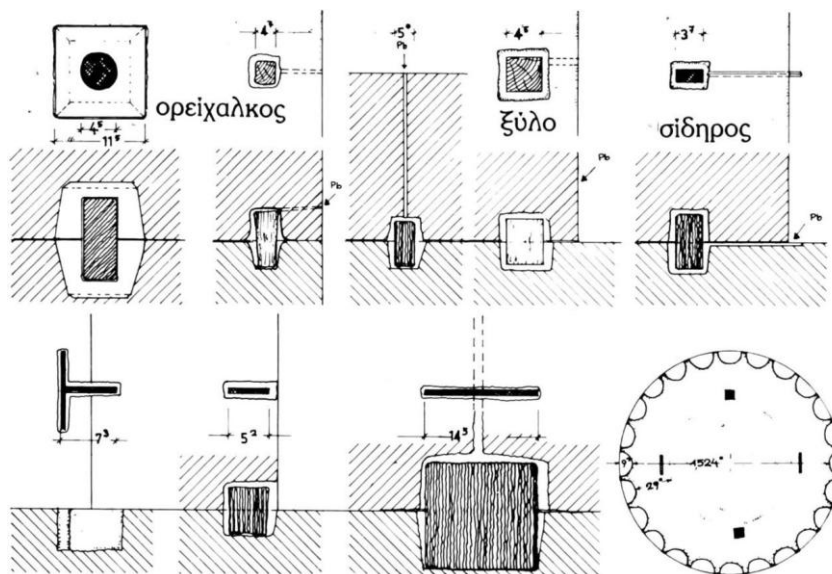
Εικόνα 73 Ο Ναός της Έγεστας στην Σικελία



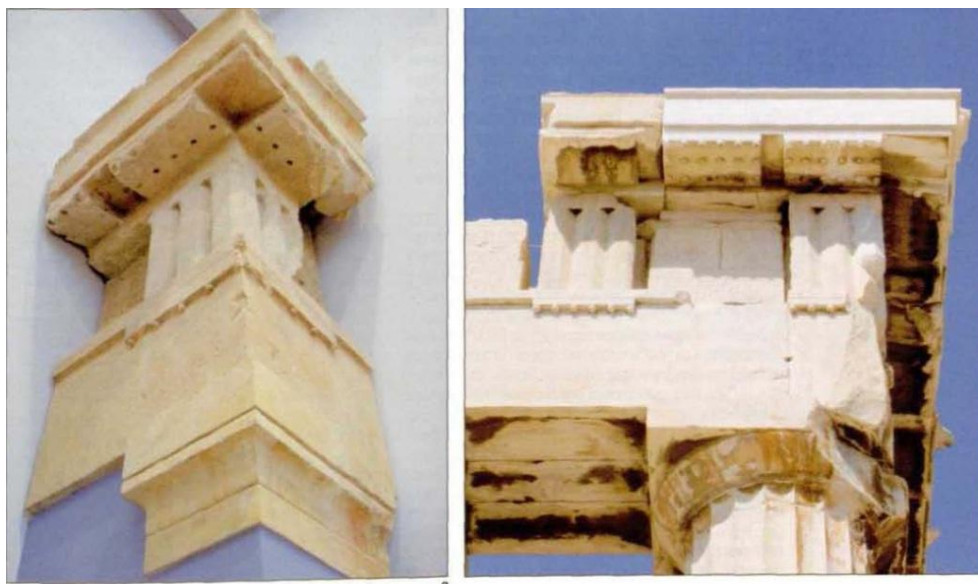
Εικόνα 74 Φωτογραφική απεικόνιση εσοχής του εμπολίου σε κίονα



Εικόνα 75 Κατασκευαστική λεπτομέρεια χρήσης εμπολίου



Εικόνα 76 Απεικόνιση διάφορων τύπων εμπολίων στον κίονα



Εικόνα 77 α) Γωνιακός θριγκός από πώρινο δωρικό ναό της Ακροπόλεως, του πρώτου μισού του 6ου αι. π.Χ. β) Ο θριγκός της νοτιοανατολικής γωνίας του Παρθενώνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

Η ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

➤ Γενικά

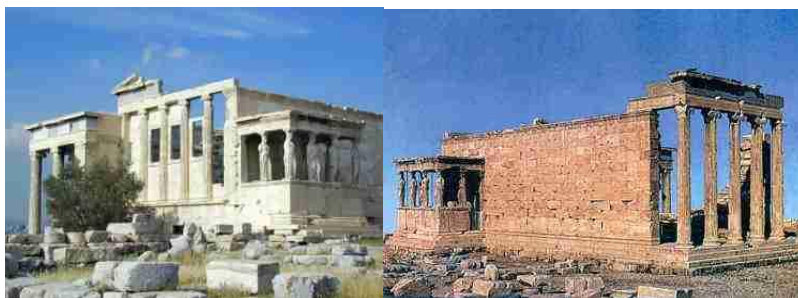
Τα τελευταία είκοσι χρόνια, η αντισεισμική συμπεριφορά των αρχαίων κατασκευών έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον επιστημόνων στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Διάφορες μελέτες έχουν εκπονηθεί κυρίως για τους κλασικούς αρχαίους μαρμάρινους ναούς της Ελλάδας και της Νότιας Ιταλίας. Οι πειραματικές και θεωρητικές μελέτες που έχουν δημοσιευθεί πρόσφατα αφορούν κυρίως τη συμπεριφορά των κίωνων καθώς και των επιστυλίων τους και συμπεραίνουν ότι η δυναμική τους απόκριση διαφέρει σημαντικά από τις σύγχρονες κατασκευές. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις αρχαίες κατασκευές, τα διάφορα μαρμάρια ή πέτρινα μέρη είναι τοποθετημένα προσεκτικά το ένα πάνω στο άλλο δίχως τη χρήση κάποιου συνδετικού υλικού.

Κατά την κλασική περίοδο στην Αρχαία Ελλάδα, τα διάφορα κομμάτια του κίονα ήταν συνδεδεμένα μεταξύ τους με ένα σύστημα το οποίο περιελάμβανε ένα μικρό ξύλινο πάσσαλο και δύο υποδοχές. Η διάμετρος των υποδοχών διέφερε σημαντικά από ναό σε ναό ανάλογα με το μέγεθος των επιμέρους κίωνων. Αυτό το στοιχείο σκιαγραφεί τον προσεκτικό σχεδιασμό των αρχαίων μηχανικών και αρχιτεκτόνων. Αξίζει να αναφερθεί ότι στον ναό του Ποσειδώνα στο Σούνιο η διάμετρος των υποδοχών ήταν 2,7 ενώ στο Ερεχθείο της Ακρόπολης των Αθηνών 4,7 εκατοστά του μέτρου. Κατά τη διάρκεια μιας σημαντικής σεισμικής δόνησης, τα επιμέρους στοιχεία του κίονα (σπόνδυλοι) δονούνται, αλλά και μετακινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο. Οι μετακινήσεις αυτές είναι της τάξης των μερικών χιλιοστών του μέτρου.

➤ ΜΕΛΕΤΕΣ

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του Δημήτριου Κωνσταντινίδη και του Νίκου Μακρή, από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley των ΗΠΑ και το Πανεπιστήμιο της Πάτρας, αντίστοιχα, οι μετακινήσεις των επιμέρους σπονδύλων του κίονα είναι ιδιαίτερα σημαντικές όσον αφορά την αντισεισμική του συμπεριφορά. Πιο συγκεκριμένα, οι δύο επιστήμονες απέδειξαν ότι η πιο αποτελεσματική συμπεριφορά

αυτών των κίωνων οφείλεται στην ελευθερία μετακίνησης στη διεπιφάνεια ανάμεσα στους δύο σπονδύλους σε σχέση με τους μονολιθικούς κίονες ίδιων διαστάσεων.



Εικόνα 78 Το Ερέχθειο^{24 25}

Κατά συνέπεια, οι σπονδυλωτοί κίονες αντέχουν σε σημαντικές σεισμικές δονήσεις χωρίς να καταρρέουν. Επιπλέον, οι ίδιοι επιστήμονες, με την εφαρμογή προσομοιώσεων, συμπέραναν ότι η χρήση του αρχαίου συστήματος του ξύλινου πασσάλου είναι καλύτερη από τη χρήση σύγχρονων μεταλλικών στοιχείων. Ο λόγος είναι ότι τα μεταλλικά μέρη καθιστούν άκαμπτα τα διάφορα μέρη του κίονα με αποτέλεσμα να υπάρχουν επιπτώσεις στην αντισεισμική του συμπεριφορά.



Εικόνα 79 Ο Ναός του Ποσειδώνα στο Σούνιο. Απόψεις της εντυπωσιακής τοποθεσίας του μαζί με τον αρχαίο ναό.

²⁴ Πηγή Φώτο: <http://www.e-yliko.gr/htmls/Fyyl/Istoria/apollo/90.jpg>

²⁵ Πηγή Φώτο: <http://dim-galat.pel.sch.gr/projects/akropolis/images/athens5.jpg>

➤ Προσομοιώσεις σεισμού

Αξιοσημείωτη είναι και η πειραματική προσέγγιση του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (ΕΜΠ). Οι ερευνητές του Πολυτεχνείου κατασκεύασαν ένα μοντέλο κίονα του Παρθενώνα σε κλίμακα ένα προς τρία. Ο εν λόγω κίονας κατασκευάστηκε από πεντελικό μάρμαρο όπως και οι πραγματικοί κίονες του Παρθενώνα. Υπενθυμίζεται ότι κατά τη διάρκεια ενός σεισμού η συμπεριφορά των κίωνων είναι μη γραμμική και εξαιρετικά πολύπλοκη. Συγκεκριμένα, μικρές μεταβολές στη δόνηση ή στις γεωμετρικές παραμέτρους του κίονα μεταβάλλουν σημαντικά τη συμπεριφορά του συστήματος. Λόγω αυτής της πολυπλοκότητας, η μαθηματική αντιμετώπιση του προβλήματος της ανάλυσης της αντισεισμικής συμπεριφοράς των αρχαίων ναών είναι σχεδόν αδύνατη. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο οι επιστήμονες καταφεύγουν σε αριθμητικές προσεγγίσεις και μεθόδους για την απλοποίηση των προβλημάτων και την εξεύρεση λύσεων. Στον αντίποδα, σύμφωνα με τους ερευνητές του ΕΜΠ, η πειραματική προσέγγιση μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς ενός κίονα. Για την προσομοίωση του σεισμού, ο κίονας υπό κλίμακα τοποθετήθηκε πάνω στη δονούμενη τράπεζα του Εργαστηρίου Αντισεισμικής Τεχνολογίας του ΕΜΠ. Η δονούμενη τράπεζα κινείται με έξι βαθμούς ελευθερίας, ενώ οι επιβαλλόμενες επιταχύνσεις είναι διπλάσιες της επιτάχυνσης της βαρύτητας στην οριζόντια διεύθυνση και τετραπλάσιες στην κατακόρυφη διεύθυνση. Για τη μέτρηση των επιταχύνσεων κατά τη δόνηση, τοποθετήθηκαν 14 αισθητήρες σε διάφορα σημεία του κίονα, ενώ δύο κάμερες κατέγραφαν τη συμπεριφορά του.

Η δονούμενη τράπεζα μπορεί να προγραμματιστεί κατάλληλα για την αναπαραγωγή διαφόρων σεισμικών δονήσεων που έλαβαν χώρα στο παρελθόν. Στη συγκεκριμένη μελέτη, οι επιστήμονες του ΕΜΠ προσομοίωσαν μεταξύ άλλων τον σεισμό της Κεφαλληνίας (17 Ιανουαρίου 1983), της Καλαμάτας (13 Σεπτεμβρίου 1986) και της Έδεσσας (21 Δεκεμβρίου του 1990). Οι σεισμοί αυτοί, αν και διαφορετικοί, είχαν ως κοινά σημεία το μικρό εστιακό τους βάθος καθώς και τις σημαντικές καταστροφές που προκάλεσαν. Το συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι ο κίονας έχει τη δυνατότητα να αντέξει σημαντικές παραμορφώσεις κατά τη διάρκεια των δονήσεων. Αναγνωρίστηκε επίσης ότι δεν είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τη συμπεριφορά των κίωνων από μοντέλα υπό κλίμακα. Παράλληλα επιβεβαιώθηκε η

εξάρτηση των αποτελεσμάτων από μικρές ατέλειες του μοντέλου καθώς και η μη επαναληψιμότητα των πειραμάτων.

Η αντισεισμική συμπεριφορά του Πρόναου του Παρθενώνα μελετήθηκε με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων από ερευνητές του ΕΜΠ και του Εθνικού Εργαστηρίου Μηχανικής στη Λισαβόνα της Πορτογαλίας. Η εν λόγω μελέτη επικεντρώθηκε κυρίως στην εύρεση βέλτιστης λύσης για τη μερική αναστύλωση του Πρόναου ο οποίος είχε καταρρεύσει μετά τη μεγάλη δόνηση του 1867. Η έρευνα αυτή επιβεβαιώνει από τη σκοπιά της προσομοίωσης τη μη γραμμικότητα της συμπεριφοράς των αρχαίων κιόνων κατά τη διάρκεια ενός σεισμού και επισημαίνει τις δυσκολίες για την ακριβή αντιμετώπιση του προβλήματος. Ένα από τα σημαντικά συμπεράσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης είναι ότι τα αρχαία μνημεία ήταν κατάλληλα κατασκευασμένα για τους συνήθεις σεισμούς. Παράλληλα όμως επισημαίνεται ότι στη σημερινή τους μορφή είναι πιο ευαίσθητα λόγω των ζημιών που έχουν υποστεί με την πάροδο των αιώνων. Πιο συγκεκριμένα, οι συνήθεις φθορές όπως η αποκόλληση κομματιών των κιόνων, η μετακίνηση τμημάτων του ναού και η καθίζηση των θεμελίων αποτελούν συνήθεις παράγοντες που επηρεάζουν καταλυτικά την αντισεισμική συμπεριφορά των αρχαίων μνημείων. Η αποκατάσταση αυτών των ζημιών στο μέτρο του δυνατού είναι απαραίτητη ώστε να διατηρηθούν τα αρχαία μνημεία σε καλή κατάσταση για τις επόμενες γενιές.



Εικόνα 80 Τα μοναστήρια του Αγίου Όρους αποτελούν, εκτός από σημαντικά μνημεία της Ορθοδοξίας, και πρότυπες αντισεισμικές κατασκευές.²⁶

²⁶ Πηγή Φώτο: Περιοδικό Περισκόπιο της Επιστήμης, τεύχος 303, σελίδα 53

➤ **Σεισμική συμπεριφορά των κιόνων**



Εικόνα 81 Μετρήσεις μικρού θορύβου σε κίονα της Ελληνιστικής Στοάς της Ακρόπολης της Λίνδου

Οι αρχαίοι Ελληνικοί ναοί άντεχαν ακόμη και τις πολύ μεγάλες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης, μέσω ενός «έξυπνου» συστήματος απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας.

Πρόκειται για το αποτέλεσμα της έρευνας για τη σεισμική συμπεριφορά των κιόνων σε αρχαίους ναούς, που διενήργησαν οι επιστήμονες του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), οι οποίοι εφάρμοσαν για πρώτη φορά στη χώρα και τη μέθοδο του μικρού θορύβου!

Όλα έγιναν κατά τη διάρκεια ενός ερευνητικού προγράμματος που πραγματοποιήθηκε από τον Σεπτέμβριο του 2005 έως και τον Δεκέμβριο του 2007.

Επιστημονικός υπεύθυνος της όλης προσπάθειας ήταν ο καθηγητής του Εργαστηρίου Εδαφομηχανικής, Γεωτεχνικής Σεισμικής Μηχανικής και Θεμελιώσεων του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του ΑΠΘ, Κυριαζής Πιτιλάκης.

Τότε δημιουργήθηκε μία ηλεκτρονική βάση δεδομένων με κατηγοριοποίηση των εδαφικών, των γεωμετρικών και των μηχανικών χαρακτηριστικών εννέα Ελληνικών ναών της κλασικής αρχαιότητας.

Με σύγχρονα λογισμικά εργαλεία ηλεκτρονικού υπολογιστή δημιουργήθηκαν και μελετήθηκαν διάφορες προσομοιώσεις των κιόνων και των συστημάτων πόλων-εμπολίων της Ελληνιστικής Στοάς της Ακρόπολης Λίνδου. Οι κίονες και οι πόλοι υποβλήθηκαν σε μία σειρά από σεισμικές διεγέρσεις.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας αναδείχθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του τρόπου ταλάντωσης των κίωνων για διαφορετικά συστήματα πόλων-εμπολίων (αποτελούμενα από ξύλο ή τιτάνιο).

Με αυτό τον τρόπο εκτιμήθηκε η θετική – αρνητική συνεισφορά του καθενός συστήματος στην σεισμική απόκριση του κίονα.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν –πλην κάποιων εξαιρέσεων- την πολύ καλή συμπεριφορά των δομικών συστημάτων των κίωνων, καθώς αυτοί παρουσίασαν εξαιρετική ευστάθεια ακόμη και για πολύ μεγάλες τιμές της εδαφικής επιτάχυνσης.

«Πρόκειται μία οικονομική και εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδος, που εφαρμόζεται για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών απόκρισης τους (μία οικονομική και εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδος), για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών απόκρισής τους (εικόνα 82(γ), εικόνα 81). Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωτεχνική σεισμική μηχανική και κατά τη διάρκεια των τελευταίων χρόνων επεκτάθηκε η εφαρμογή αυτής και στις αναδομές. Η μεθοδολογία ως καινοτόμα χρήζει περαιτέρω έρευνας.

Τα πρώτα αποτελέσματα όμως, είναι ιδιαίτερα ενθαρρυντικά για την εύρεση του «εν δυνάμει» τρόπου απόκρισης των κίωνων και συνεπώς της μεθοδολογίας προσέγγισης των αναστηλωτικών επεμβάσεων», ανακοίνωσαν οι επιστήμονες.

Χαρακτηριστικό είναι ότι οι αρχαίοι κίονες ήταν στατικά συστήματα μεταφοράς των φορτίων αποτελούμενα από ένα ή περισσότερα τεμάχια λίθων (σφόνδυλοι), τα οποία εδράζονταν εν επαφή χωρίς να χρησιμοποιείται κάποιο συνδετικό υλικό.

Οι σφόνδυλοι συνδέονταν μεταξύ τους μέσω των κατάλληλων στοιχείων σύνδεσης που ονομάζεται σύστημα πόλου-εμπολίου (εικόνα 82(α)). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιούνταν στην αρχαιότητα για την επίτευξη τέλειας έδρασης μίας μεταξύ των επιφανειών των σφονδύλων.

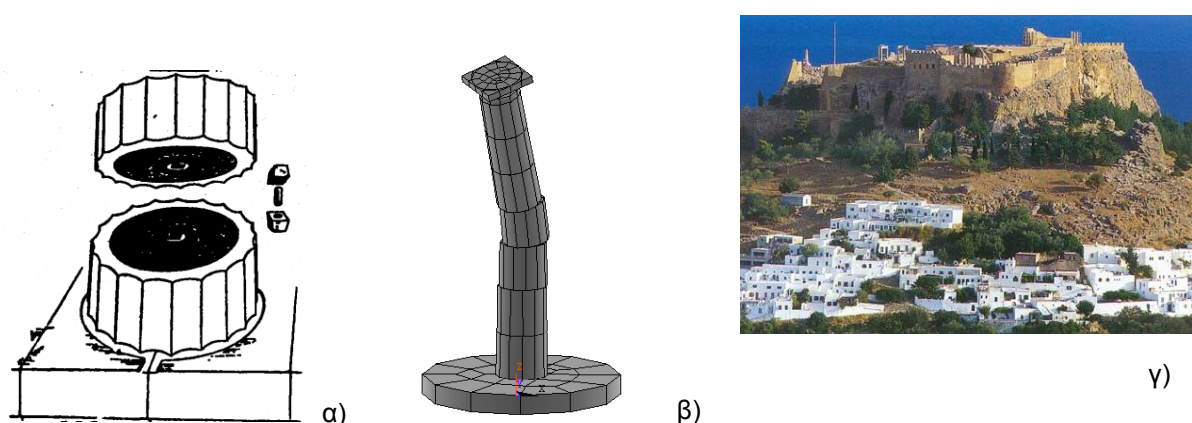
Άλλωστε, είναι γνωστή η εμμονή των αρχαίων Ελλήνων για την εξάλειψη των αρμών της ασυνέχειας.

Η σημασία του συγκεκριμένου συστήματος στη σεισμική μηχανική είναι, εξαιρετική, αφού αποτελεί ένα παράγοντα «έξυπνης» απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας μέσω της παραμόρφωσής του κατά τη διάρκεια της ταλάντωσης των κίωνων.

Η επιλογή του κατάλληλου υλικού και διατομής του πόλου αποτελεί καίριο ζήτημα κατά τις σύγχρονες αναστηλωτικές επεμβάσεις. Οι κίονες ως στατικά συστήματα που υποβάλλονται σε δυναμικές διεγέρσεις φαίνεται ότι παρουσιάζουν «χαοτικό» τρόπο συμπεριφοράς και αποτελούν αντικείμενο επιστημονικής έρευνας των τελευταίων δεκαπέντε ετών», εξήγησαν οι επιστήμονες.

Χαρακτήρισαν, μάλιστα, «καίριας σημασίας» την σεισμική συμπεριφορά αυτών των συστημάτων σε ότι αφορά στη βάθος γνώση του τρόπου απόσβεσης της σεισμικής ενέργειας, την αποτίμηση της τρωτότητάς τους και του βαθμού ασφάλειας των αναστηλωτικών επεμβάσεων.

Στην επιστημονική ομάδα που πραγματοποίησε την έρευνα συμμετείχαν τα εργαστήρια Εδαφομηχανικής- Γεωτεχνικής- Σεισμικής Μηχανικής και Αντοχής Υλικών του Α.Π.Θ., ο Τομέας Αρχαιολογίας του τμήματος Ιστορίας και Αρχαιολογίας του ίδιου πανεπιστημίου, καθώς και η Επιτροπή Στερεώσεως – Αναστυλώσεως των Μνημείων της Ακρόπολης Λίνδου.²⁷



Εικόνα 82 α) Σύστημα πόλου-εμπολίων, β) Προσομοίωμα κίονα υπό σεισμική διέγερση, γ) Ακρόπολη της Λίνδου

➤ Επίλογος

Τα αρχαία δομικά υλικά έχουν σίγουρα υποδεέστερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τα σύγχρονα υλικά. Παρόλα όμως τα περιορισμένα μέσα σχεδιασμού που διέθεταν, οι αρχαίοι μηχανικοί και τεχνίτες είχαν αναπτύξει ευφυείς μεθόδους κατανομής των φορτίων και σύνδεσης της κατασκευής. Αποτέλεσμα των προσπαθειών αυτών ήταν η αντισεισμική θωράκιση των κτηρίων χωρίς τη χρήση

²⁷ Το ρεπορτάζ αυτό δημοσιεύτηκε την Παρασκευή 27 Ιουνίου 2008 στην εφημερίδα «Απογευματινή»

ισχυρών υλικών. Η ποιοτική ανάλυση αυτών των κτηρίων, εκτός από την ιστορική τους σημασία, είναι σημαντική καθώς προσφέρει ιδέες για την κατασκευή των σύγχρονων κτηρίων. Επιπλέον καθίσταται αποτελεσματικότερη η αντισεισμική προστασία των αρχαίων κτηρίων και μνημείων. Ίσως οι αρχαίες μέθοδοι αντισεισμικής κατασκευής να έχουν και εφαρμογές και στις σεισμογενείς χώρες του Τρίτου κόσμου όπου δεν υπάρχει η σύγχρονη υποδομή και τα υλικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

➤ Εισαγωγή

Οι εργαστηριακές αναλύσεις ενός δείγματος ανθρακικού πετρώματος συνήθως ακολουθούν την παρακάτω σειρά:

α. Γίνεται προσπάθεια για μακροσκοπική αναγνώριση του πετρογραφικού τύπου δείγματος.

β. Κόβεται και κατασκευάζεται λεπτή ή στιλπνή τομή για εξέταση στο πολωτικό ή μεταλλογραφικό μικροσκόπιο αντίστοιχα.

γ. Γίνεται κονιοποίηση και διαχωρισμός των ορυκτών συστατικών του δείγματος με μαγνητικό διαχωριστή ή βαριά διαλύματα.

δ. Γίνεται ακτινογραφική εξέταση για ποιοτικό και ημιποσοτικό προσδιορισμό των ορυκτών συστατικών του δείγματος.

ε. Γίνονται ποικίλες χημικές αναλύσεις.

Βέβαια η παραπάνω σειρά εργασιών είναι γενική. Μπορεί να χρειάζονται όλες ή λιγότερες αναλύσεις ανάλογα με την περίπτωση που αντιμετωπίζεται. Κάθε ανάλυση παρουσιάζει τις ιδιαιτερότητές της που έχουν σχέση με το είδος του δείγματος, την κατάστασή του, τα στοιχεία που ζητούνται κ.α.

➤ Α. Μικροσκοπική εξέταση

Σημαντική πηγή πληροφοριών για τον ιστό και τη σύσταση ενός πετρώματος είναι η εξέταση λεπτών τομών του με τη χρήση του πολωτικού μικροσκοπίου. Επομένως, είναι πολύ σημαντική η εξάσκηση στην παρατήρηση όλων των διαγνωστικών χαρακτηριστικών των ορυκτών συστατικών του πετρώματος που μελετούμε σε λεπτή τομή του. Χωρίς τη σωστή εξάσκηση είναι δυνατό να γίνονται αργότερα σοβαρά λάθη στη διάκριση κοινών ορυκτών. Χρειάζεται επομένως υπομονή και επιμονή στον προσδιορισμό εκείνων των χαρακτηριστικών που είναι απόλυτα αναγκαία στην αναγνώριση κάθε ορυκτού συστατικού. Μερικές φορές είναι χρήσιμο να

παρατηρούμε το παρασκευάσμα με γυμνό μάτι για να δούμε που βρίσκονται τα διάφορα ορυκτά συστατικά. Μια τέτοια προκαταρκτική εξέταση μπορεί να αποκαλύψει τον ιστό και τη στρώση ή σχιστότητα του πετρώματος.

Η λεπτή τομή για μικροσκοπική εξέταση προετοιμάζεται ως εξής: Με διαμαντοτροχό κόβεται λεπτή φέτα του δείγματος πάχους περίπου 3-4 mm και επιφάνειας περίπου 8 cm². Το τμήμα του δείγματος από το οποίο θα κοπεί αυτή η φέτα έχει ιδιαίτερη σημασία, όταν μακροσκοπικά παρατηρούνται προσανατολισμός των ορυκτών συστατικών του, πιθανές εξαλλοιώσεις ή εγκλείσματα κ.α. Στη συνέχεια με ειδικό κόφτη χεριού δίνεται ορθογώνιο σχήμα στη φέτα με διαστάσεις περίπου 4Χ2 cm. Μετά η μια επιφάνειά της λειαίνεται με σκόνη λείανσης Νο 180-220 και επικολλάται με ειδική συγκολλητική ουσία (π.χ. βάλαμο του Καναδά με δ.δ. 1,54) σε αντικειμενοφόρο πλάκα. Ακολουθεί διαδικασία της λείανσης της ελεύθερης επιφάνειας που συνήθως γίνεται στην αρχή μηχανικά και στο τέλος με το χέρι. Το ιδανικό πάχος του παρασκευάσματος για μικροσκοπική εξέταση είναι περίπου 0,02-0,03 mm. Τελικά, η επιφάνεια του παρασκευάσματος καλύπτεται με γυάλινη καλυπτρίδα που επικολλάται πάλι με βάλαμο του Καναδά.

Κατά τη μελέτη ενός πετρώματος με τη χρήση του πολωτικού μικροσκοπίου πρέπει να καθοριστούν και να περιγραφούν τρία στοιχεία:

- Τα ιστολογικά χαρακτηριστικά του πετρώματος.
- Το είδος των διαφόρων ορυκτών συστατικών.
- Η ποσοτική συμμετοχή των διαφόρων ορυκτών συστατικών.

Στον προσδιορισμό της ποσοτικής συμμετοχής, εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπου απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, γίνεται χρήση και ειδικών εικόνων. Κατά την εξέταση στο μικροσκόπιο μπορούν να προσδιοριστούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά γνωρίσματα των ορυκτών:

α. Χρώμα. Αναφέρεται στο χρώμα της τομής των κρυστάλλων των ορυκτών.

β. Πλεοχροϊσμός. Αναφέρεται στην ένταση και στην ποικιλία των χρωμάτων.

γ. Δείκτης διάθλασης. Γίνεται εκτίμησή του χρησιμοποιώντας το ανάγλυφο των κρυστάλλων ενός ορυκτού σε σχέση με άλλα γειτονικά ορυκτά ή το βάλαμο του Καναδά ($\delta=1,54$). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κριτήριο της γραμμής Becke.

δ. Κρυσταλλογραφικά χαρακτηριστικά. Σημειώνεται το περίγραμμα και η συμμετρία των ιδιόμορφων ή υπιδιόμορφων τομών των κρυστάλλων των ορυκτών. Τα χωρίς ιδιόμορφο σχήμα ορυκτά χαρακτηρίζονται ως αλλοτριόμορφα.

ε. Σχισμός. Σημειώνεται το είδος, ο βαθμός τελειότητας και ο προσανατολισμός σε σχέση με κρυσταλλογραφικά στοιχεία.

στ. Αλλοιώσεις και εγκλείσματα. Περιγράφονται το είδος, η έκταση και τυχόν κρυσταλλογραφικές προσανατολιστικές σχέσεις των αλλοιώσεων. Για τα εγκλείσματα περιγράφεται η φύση τους, το μέγεθός τους, η διάταξη και η πυκνότητά τους.

ζ. Διπλοθλαστικότητα. Με βάση τα χρώματα πόλωσης και με τη χρήση της κλίμακας Michel-Levy περιγράφεται η έντασή της.

η. Κατάσβεση. Μπορεί να είναι ομογενής ή κυματοειδής. Μπορεί να αποκαλύψει:

- Ζωνώδη δομή που μπορεί να είναι κανονική ή ανάστροφη.
- Δυομία που μπορεί να είναι απλή, πολλαπλή ή πολλαπλή πολυσύνθετη. Μπορεί να συνυπάρχουν δύο ή περισσότερες διδυμίες (π.χ. αλβιτική + περικλινική στα πλαγιόκλαστα).
- Ανώμαλα χρώματα πόλωσης που συνήθως οφείλονται σε πολύ χαμηλή διπλοθλαστικότητα ή σε πολύ ισχυρό διασκεδασμό.
- Κατασβεστική γωνία που είναι η μέγιστη γωνία που παρατηρείται μεταξύ μιας οπτικής κατεύθυνσης που πρέπει να καθοριστεί (π.χ. n_{α} , n_{β} , n_{γ} ή προβολής τους πάνω σε κάποια καθορισμένη τομή του ορυκτού) και κάποιας χαρακτηριστικής κρυσταλλογραφικής κατεύθυνσης (π.χ. επιμήκυνσης, των ιχνών ενός καλά αναπτυγμένου σχισμού κ.λ.π.).

θ. Επιμήκυνση. Όπου υπάρχουν επιμήκεις τομές σημειώνουμε αν παράλληλα με την επιμήκυνση έχουμε διέλευση του φωτός με το μεγαλύτερο ή μικρότερο δείκτη διάθλασης (χρήση αντισταθμιστή). Στους μονάξονες κρυστάλλους αυτό είναι αρκετό για καθορισμό του οπτικού χαρακτήρα τους (+ ή -), εφόσον είναι γνωστή η κρυσταλλογραφική κατεύθυνση της επιμήκυνσης.

Αναλυτικά, τα οπτικά χαρακτηριστικά ορισμένων σημαντικών ορυκτών συστατικών των ανθρακικών πετρωμάτων είναι:

1. Ασβεστίτης (τριγωνικό)

Τομές αλλοτριόμορφες. Άχρωμος ή νεφελώδης διάστικτος. Οι δείκτες διάθλασης (δ.δ.) έχουν τιμές 1,48-1,66. Διπλοθλαστικότητα πολύ υψηλή. Παρουσιάζει έντονη μεταβολή ανάγλυφου με στροφή της τράπεζας του μικροσκοπίου. Χρώματα πόλωσης χρυσέρυθρα, χρυσοκύανα, καστανόχρυσια. Σε αρκετούς κρυστάλλους ορατή πολυδυμία. Κύρια χαρακτηριστικά διάκρισής του είναι:

- Μεταβολή αναγλύφου και φαινομενικής έντασης του σχισμού κατά τη στροφή της τράπεζας του μικροσκοπίου.
- Άχρωμος ή διάστικτος. Ταινίες πολυδυμίας στους μεγαλύτερους κρυστάλλους.
- Χρώματα πόλωσης ανώτερης τάξης με αποχρώσεις χρυσαφιάς.
- Μονάξονας αρνητικός.

Σε σχέση με τον ασβεστίτη οι κρύσταλλοι του δολομίτη είναι συνήθως ιδιόμορφοι και εμφανίζονται με λιγότερες πολυδυμίες.

2. Χαλαζίας (τριγωνικό)

Τομές αλλοτριόμορφες. Άχρωμος, αναλλοίωτος, κατά κανόνα καθαρός, σπάνια περιέχει μικροεγκλείσματα. Δεν παρουσιάζει σχισμό ή διδυμίες. Οι δ.δ. είναι μεγαλύτεροι από το δ.δ. του βαλσάμου του Καναδά (1,54), αλλά παραπλήσιοι, γι' αυτό το ανάγλυφο του ορυκτού είναι πολύ χαμηλό. Διπλοθλαστικότητα ασθενής, χρώματα πόλωσης λευκόγκριζα ως κιτρινόλευκα. Πολλές φορές η κατάσβεση του χαλαζία είναι κυματοειδής. Κύρια χαρακτηριστικά διάκρισής του είναι:

- Έλλειψη χρώματος και πλεοχροϊσμού.
- Χαμηλό ανάγλυφο και ασθενής διπλοθλαστικότητα.
- Έλλειψη σχισμού και διδυμιών.
- Συνήθως καθαρός και πάντα αναλλοίωτος.
- Μονάξονας θετικός.

Είναι πολύ ανθεκτικός σε οποιαδήποτε εξαλλοίωση, γι' αυτό αποτελεί το κύριο ορυκτό συστατικό πολλών κλασικών ιζημάτων.

3. Μοσχοβίτης (μονοκλινές)

Τομές συνήθως υπιδιόμορφες επιμήκεις με σαφή τα ίχνη των σχισμογενών επιπέδων. Κατά κανόνα άχρωμος. Οι δ.δ. έχουν τιμές 1,55-1,62. Χρώματα πόλωσης

2ης ή 3ης τάξης. Η μεγάλη του διπλοθλαστικότητα διαπιστώνεται με την έντονη μεταβολή του αναγλύφου των κρυστάλλων του κατά τη στροφή της τράπεζας του μικροσκοπίου. $2V = 30-50^\circ$. Σε θέση κατάσβεσης παρατηρείται μαρμαρυγή. Κύρια χαρακτηριστικά διάκρισής του είναι:

- Σαφής μεταβολή αναγλύφου με στροφή της τράπεζας (εκτός από τομές παράλληλες στο σχισμό 001). Υψηλή διπλοθλαστικότητα. Χρώματα πόλωσης κίτρινα, ερυθρά, κυανά, κυανοπράσινα.
- Ορθή κατάσβεση ως προς το σχισμό. Σε θέση κατάσβεσης μαρμαρυγή.
- Διάξονας αρνητικός.

Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικός στη χημική εξαλλοίωση, γι' αυτό συμμετέχει στη σύσταση πολλών κλαστικών ιζημάτων.

4. Βιοτίτης (μονοκλινές)

Τομές επιμήκεις με σαφή ίχνη σχισμογενών επιπέδων και έντονα πλεοχροϊκές ή ψευδοεξαγωνικές χωρίς ίχνη σχισμού και με ασθενή ή καθόλου πλεοχροϊσμό. Οι $d.d.$ έχουν τιμές 1,56-1,70. Χρώμα πόλωσης 3ης ή ανώτερης τάξης. Στη θέση κατάσβεσης παρουσιάζει το φαινόμενο της μαρμαρυγής (κρύσταλλοι διάστικτοι από ημιφωτεινά σημεία). Παρουσιάζει συχνά εγκλείσματα και κυματοειδή κατάσβεση. Αλλοιώνεται προς χλωρίτη. Κύρια χαρακτηριστικά διάκρισής του είναι:

- Έντονος πλεοχροϊσμός (χρώματα καστανά-κίτρινα).
- Ορθή κατάσβεση ως προς το σχισμό. Σε θέση κατάσβεσης μαρμαρυγή.
- Διάξονας με πολύ μικρή $2V$ και αρνητικό οπτικό χαρακτήρα.

Σπανίζει στα ιζήματα, γιατί είναι πολύ ευπαθής στη χημική εξαλλοίωση.

5. Καλιούχοι άστριοι (μονοκλινές ή τρικλινές)

Περιλαμβάνονται τα μέλη: Σανίδινο, ορθόκλαστο και μικροκλινής. Χαρακτηριστικές είναι οι υδροθερμικές εξαλλοιώσεις των καλιούχων αστρίων:

α. Καολινίωση: Γενική θαμπάδα των κρυστάλλων που οφείλεται στην παρουσία πολυάριθμων μικροκρυστάλλων καολινίτη.

β. Σερικιτίωση: Παρουσία μικρών φυλλαρίων σερικίτη (λεπτομερής μοσχοβίτης) με υψηλό ανάγλυφο και υψηλά χρώματα πόλωσης.

Διάκριση καλιούχων αστρίων:

- Έχουν δ.δ. μικρότερο από τον αντίστοιχο του βαλσάμου του Καναδά.
- Παρουσιάζουν γενικά χαμηλή διπλοθλαστικότητα και είναι διάξονες αρνητικοί.
- Παρουσιάζουν σχισμό και διδυμίες ή πολυδυμίες.
- Παρουσιάζονται συχνά εξαλλοιωμένοι.
- Οι περθιτικές συμφύσεις χαρακτηρίζουν το ορθόκλαστο και τον μικροκλινη.

6. Πλαγιόκλαστα (τρικλινές)

Όλες οι φυσικές ιδιότητές τους είναι συνάρτηση της σύστασής τους. Έτσι, οι δ.δ. έχουν τιμές από 1,53-1,54 για τον αλβίτη μέχρι 1,58-1,59 για τον ανορθήτη. Ανάλογη είναι και η μεταβολή της γωνίας 2V και της διπλοθλαστικότητας. Τα χρώματα πόλωσης είναι γκρίζα ως γκριζόλευκα. Συχνά παρουσιάζονται με ζωνώδη δομή και διδυμίες ή πολυδυμίες. Οι πιο συνηθισμένες εξαλλοιώσεις τους είναι η σερικιτίωση και η σωσσυριτίωση (δυναμοθερμική εξαλλοίωση ασβεστιούχων πλαγιοκλάστων με σχηματισμό συσσωματώματος ορυκτών από ζοϊσίτη, επίδοτο, αλβίτη, ασβεστίτη και ζεολίθους).

Τα διαγνωστικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Χαμηλό ανάγλυφο. Άχρωμα χωρίς πλεοχροισμό.
- Χαμηλή διπλοθλαστικότητα ως μέση. Χρώματα πόλωσης κυρίως γκριζόλευκα.
- Διάξονα, άλλα μέλη θετικά άλλα αρνητικά, με γωνίες 2V γενικά μεγάλες.
- Παρουσία σχισμού και ζωνώδους δομής.
- Έντονη παρουσία διδυμιών και σύνθετων πολυδυμιών.
- Παρουσιάζονται συχνά εξαλλοιωμένα.

Από το χαλαζία διακρίνονται από την παρουσία σχισμού και διδυμιών, καθώς και τη διαξονικότητά τους. Από τους καλιούχους αστρίους διακρίνονται από τη μεγαλύτερη γενικά θλαστικότητα και διπλοθλαστικότητα. Ειδικότερα, από το σανίδινο και το ορθόκλαστο από την παρουσία των πολυδυμιών στα πλαγιόκλαστα, ενώ από το μικροκλινη, όταν αυτός παρουσιάζει σύνθετη πολυδυμία, από τη μεγαλύτερη θλαστικότητα και διπλοθλαστικότητα των πλαγιοκλάστων.

Άλλα επουσιώδη ορυκτά συστατικά των ανθρακικών πετρωμάτων είναι (εκτός των δολομιτικών πετρωμάτων) τα ανθρακικά ορυκτά, δολομίτης, αραγωνίτης, μαγνησίτης,

ανκερίτης, ροδοχρωσίτης, σιδηρίτης, καθώς και τα μη ανθρακικά ορυκτά χλωρίτης, καολινίτης, τάλκης, σερπεντίτης, γραφίτης, επίδοτο, ζοϊσίτης, σιδηροπυρίτης, μαγνητίτης, αιματίτης, λειμωνίτης, ολιβίνης, γρανάτες, διοψίδιος, τρεμολίτης, βολλαστονίτης κ.λ.π.

➤ **Έκθεση μικροσκοπικής εξέτασης πετρώματος**

Ο τυποποιημένος τρόπος περιγραφής μιας λεπτής τομής ενός πετρώματος βοηθάει αυτόν που το εξετάζει στο να δει όλα όσα είναι χρήσιμα και απαραίτητα για τον προσδιορισμό του τύπου, του ιστού, της σύστασης και μερικές φορές και της προέλευσης του πετρώματος. Η περιγραφή πρέπει να προχωράει από τα γενικότερα στα ειδικότερα χαρακτηριστικά, από τα μακροσκοπικά στα μικροσκοπικά, από τα κύρια συστατικά στα δευτερεύοντα. Η πορεία εργασίας είναι:

α. Μακροσκοπική περιγραφή του δείγματος: Χρώμα, μέγεθος κόκκων, ορατά συστατικά, προσανατολισμένη διάταξη των συστατικών κ.λ.π.

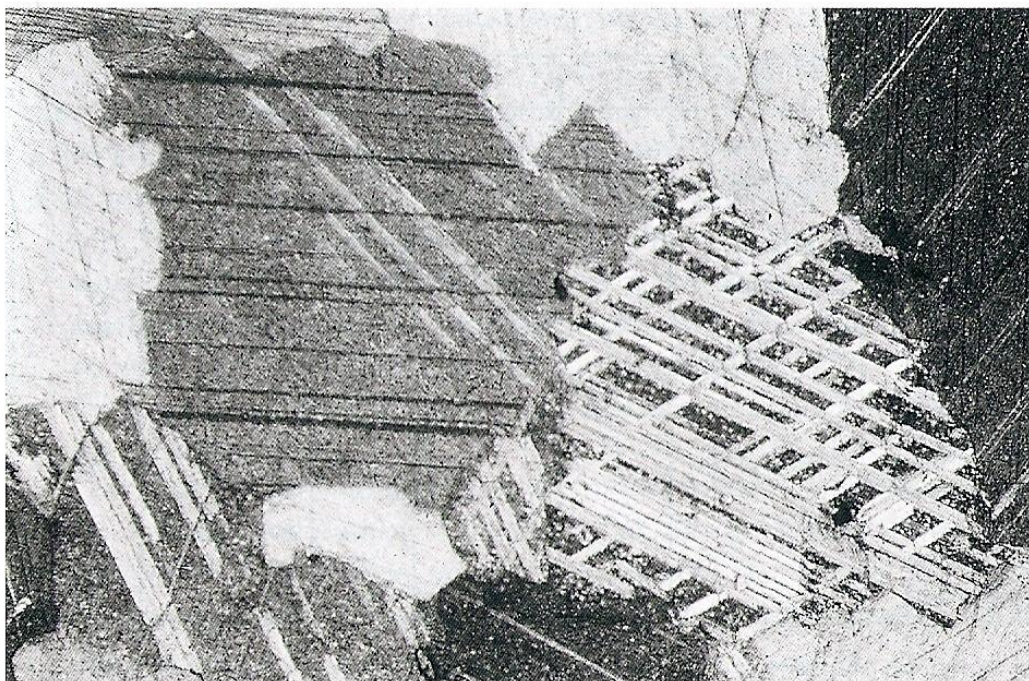
β. Λεπτή τομή: Με λίγες λέξεις εκτιμούμε τί περίπου είναι το πέτρωμα. Αναγράφονται τα κύρια συστατικά και δίνεται η εκατοστιαία αναλογία τους με χρήση ειδικών εικόνων.

γ. Περιγράφονται με λεπτομέρεια τα κύρια ορυκτά συστατικά. Η περιγραφή γίνεται κατά σειρά: Φεμικά, άστριοι, χαλαζίας. Ακολουθεί ο προσδιορισμός του υλικού πλήρωσης και του συγκολλητικού υλικού. Εξάγονται συμπεράσματα για τις συστάσεις των ορυκτών, όπου αυτό είναι δυνατό, από τα οπτικά τους χαρακτηριστικά. Σημειώνονται το σχήμα και το μέγεθος των κρυστάλλων των ορυκτών, τα τυχόν εγκλείσματα, οι διδυμίες ή πολυδυμίες, η ζωνώδης μορφή, οι εξαλλοιώσεις κ.λ.π.

δ. Περιγράφονται τα επουσιώδη ορυκτά συστατικά.

ε. Προσδιορίζεται ο πετρογραφικός τύπος του πετρώματος με βάση ειδικούς πίνακες ταξινόμησης, καθώς και η πιθανή προέλευσή του.

στ. Ιχνογραφείται η λεπτή τομή.



Εικόνα 83 Λεπτή τομή μαρμάρου του Μεσοζωικού από Λεκάνη Καβάλας. Χ40. Ν+.

Στην εικόνα 83 παρουσιάζεται λεπτή τομή μεσόκοκκου μαρμάρου από τη Λεκάνη Καβάλας. Είναι χαρακτηριστικές οι ταινίες πολυδυμίας των κρυστάλλων ασβεσίτη.

➤ **Β. Χρώση των ορυκτών**

Έχει ως στόχο τη διευκόλυνση της αναγνώρισης των ορυκτών συστατικών ενός παρασκευάσματος λεπτής τομής, όταν υπάρχει δυσκολία στην αναγνώρισή τους μόνο από τα οπτικά χαρακτηριστικά τους. Στον Πίνακα παρουσιάζονται συνηθισμένα ανθρακικά ορυκτά με τα χαρακτηριστικά τους χρώματα μετά την προσβολή τους από ειδικά αντιδραστήρια. Σε ορισμένα το αρχικό τους χρώμα παραμένει αμετάβλητο. Για όλες τις μορφές δειγμάτων (θρύμματα, σκόνη ή λεπτή τομή) ακολουθείται η ίδια διαδικασία. Τα αντιδραστήρια χρησιμοποιούνται μόνο μία φορά. Όλες οι χρώσεις είναι σταθερές εκτός από εκείνη με το διάλυμα Magneson. Στην αρχή γίνεται προσβολή με διάλυμα HCl (8-10 ml HCl σε 100 ml απεσταγμένου νερού). Ο χρόνος προσβολής κυμαίνεται από 0,5 μέχρι 3 λεπτά ανάλογα με το ορυκτό. Ακολουθεί η προσβολή με το αντιδραστήριο και το καλό ξέπλυμα του δείγματος με απεσταγμένο νερό.

Πίνακας. Τεχνικές χρώσεις ανθρακικών ορυκτών (Warne, 1962)

Ορυκτό	1	2	3	4	5	6
Ασβεσίτης	βαθύ κόκκινο					
Αραγωνίτης	βαθύ κόκκινο	μαύρο				
Δολομίτης						
Mg-ασβεστήτης	βαθύ κόκκινο					
Βιθερίτης	βαθύ κόκκινο		πορτοκαλί			
Ανυδρίτης						
Σιδηρίτης	καστανόμαυρο					
Ανκερίτης	μωβ					
Στροντιανίτης						
Κερουσίτης	καστανέρυθρο					
Ροδοχρωσίτης				μπλε		
Γύψος					σκούρο μπλε	
Μαγνησίτης					σκούρο μπλε	
Σμιθωνίτης						κίτρινο

1 = Ερυθρό της Αλιζαρίνης, 2 = Διάλυμα Feigl, 3 = Ροδιζονικό οξύ, 4 = Διάλυμα Βενζιδίνης, 5 = Διάλυμα Magneson, 6 = Διάλυμα Troppaeolin.

➤ Γ. Διαχωρισμός των ορυκτών

Οι μέθοδοι διαχωρισμού των ορυκτών που αναφέρονται παρακάτω εφαρμόζονται μετά από θρυμματισμό και κονιοποίηση του πετρώματος:

α. Διαχωρισμός με το χέρι.

β. Διαχωρισμός με τη χρήση μαγνητικού διαχωριστή.

γ. Διαχωρισμός με βάση την πυκνότητά τους (χρήση βαριών διαλυμάτων ή φυγοκέντρου).

δ. Διαχωρισμός με επίπλευση.

➤ **Δ. Ακτινογραφική εξέταση**

Ιστορικά η ακτινογραφική ανάλυση έδωσε τα πρώτα στοιχεία και συνεχίζει να είναι η βασικότερη και ακριβέστερη μέθοδος για την αναγνώριση και το χαρακτηρισμό των λεπτόκοκκων πετρωμάτων. Ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τις πλεγματικές διαστάσεις ενός ορυκτού είναι η σταθερότητα της χημικής του σύστασης. Γι' αυτό απαιτείται ιδανική κονιοποίηση (περιορισμός στο ελάχιστο της καταστροφής ή της διαστροφής των κρυσταλλικών πλεγμάτων) και καλή ομογενοποίηση για να είναι ολοκληρωτική η αφαίρεση των ανεπιθύμητων υλικών με τις χημικές κατεργασίες που εκτελούνται. Έτσι ο διαμερισμός των κόκκων όσο και κάθε αναλυτική τεχνική που εφαρμόζεται στη συνέχεια θα δίνει περισσότερο αξιόπιστα αποτελέσματα.

Για να πάρουμε αξιόπιστο διάγραμμα περίθλασης ενός δείγματος αυτό πρέπει να ικανοποιεί ορισμένους όρους όπως:

α. Να είναι αντιπροσωπευτικό του όλου υλικού.

β. Ο χρόνος κονιοποίησης του δείγματος είναι ανάλογος της σκληρότητάς του. Η έντονη και μακροχρόνια κονιοποίηση πρέπει να αποφεύγεται, γιατί καταστρέφει και/ή διαστρέφει το κρυσταλλικό πλέγμα, οπότε αλλοιώνεται η ποιότητα των κορυφών περίθλασης.

γ. Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι τόσο πιο λείες και ομαλές είναι οι κορυφές περίθλασης.

Συνήθως παίρνουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα με μέγεθος κόκκων <45 mm για ορυκτά χαμηλής συμμετρίας. Για ορυκτά υψηλής συμμετρίας το μέγεθος των κόκκων μπορεί να είναι μεγαλύτερο. Η ακρίβεια των ακτινογραφικών προσδιορισμών εξαρτάται από την επιτυχία παρασκευής του παρασκευάσματος, από την ευαισθησία του περιθλασιμέτρου, αλλά και από υποκειμενικά κριτήρια.

Για τον ημιποσοτικό προσδιορισμό ενός ορυκτού μετρίεται η ένταση μιας χαρακτηριστικής του αντανάκλασης σε γωνία 2θ , όπου αντιστοιχεί. Η ένταση της χαρακτηριστικής ανάκλασης είναι ανάλογη της αφθονίας του ορυκτού στο ίζημα. Ακόμη, είναι ανάλογη του μεγέθους των κόκκων και του βαθμού της κρυσταλλικής τελειότητάς τους. Λεπτομερείς κόκκοι δίνουν ασθενέστερες ανακλάσεις που δεν

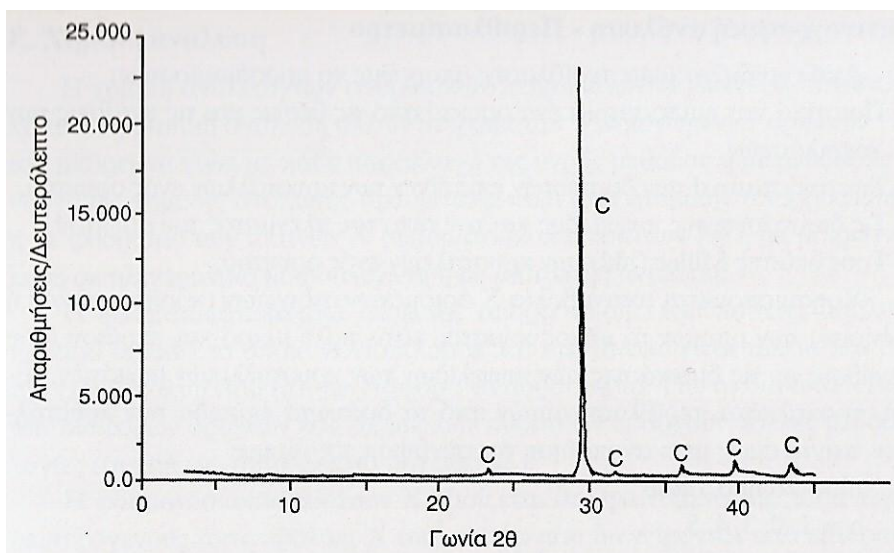
μπορούν να εκτιμηθούν ακριβώς, όταν υπάρχουν ισχυρότερες ανακλάσεις από πιο αδρομερείς κόκκους του ίδιου ορυκτού.

Για να εκτιμήσουμε την εκατοστιαία περιεκτικότητα ενός ορυκτού σ' ένα πέτρωμα από την ένταση της χαρακτηριστικής του ανάκλασης, πρέπει να αναλύσουμε με ακτίνες X διάφορα κλάσματα στενών ορίων των κόκκων αυτού του πετρώματος. Πρακτικά, ο διαχωρισμός των κόκκων δεν μπορεί να είναι τέλειος, ώστε να δώσει κλάσματα ενός μόνο ορυκτού. Προφανώς όμως αυτός αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα στην ποσοτική κατανομή των χημικών στοιχείων. Π.χ. έχοντας δύο κλάσματα πυριτικών ορυκτών, ένα με υψηλό περιεχόμενο σε K (συνήθως παίρνεται στην αδρόκοκκη άργιλο εξαιτίας της αυξημένης συμμετοχής καλιούχων ορυκτών σ' αυτή) και ένα με χαμηλό περιεχόμενο σε K (συνήθως παίρνεται στη λεπτόκοκκη άργιλο), θεωρείται σημαντικό αναλυτικό πλεονέκτημα από το να έχουμε ένα μόνο κλάσμα με ενδιάμεσο περιεχόμενο σε K.

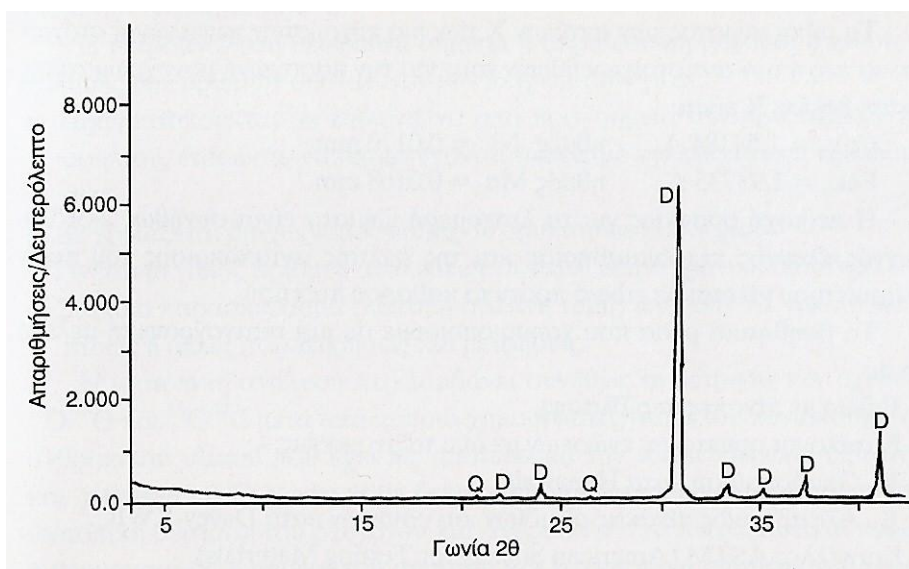
Για την ακτινογραφική εξέταση το παρασκεύασμα πρέπει να έχει τη μορφή επίπεδου στρώματος σκόνης μικρού πάχους. Χρησιμοποιούνται ειδικά πλακίδια αλουμινίου ή πλαστικά (plexiglass) στην υποδοχή των οποίων τοποθετείται ποσότητα σκόνης του πετρώματος που αναλύεται. Οι μορφές των παρασκευασμάτων που χρησιμοποιούνται για ακτινογραφική εξέταση είναι:

- α. Τυχαία προσανατολισμένο.
- β. Παράλληλα προσανατολισμένο.
- γ. Διαποτισμένο με αιθυλενογλυκόλη.
- δ. Πυρωμένο στους 550°C.
- ε. Κορεσμένο με K ή Na.

Στις εικόνες 68 και 69 παρουσιάζονται περιθλασιογράμματα ασβεστολίθου και δολομίτη ελληνικής προέλευσης.



Εικόνα 84 Περιθλασιόγραμμα τυχαία προσανατολισμένου παρασκευάσματος αμιγούς ασβεστόλιθου του Ιουρασικού από το Βαφειοχώρι Κιλίκης. C = ασβεσίτης.



Εικόνα 85 Περιθλασιόγραμμα τυχαία προσανατολισμένου παρασκευάσματος δολομίτη του Νεογενούς από την Αιανή Κοζάνης. D = δολομίτης, Q = χαλαζίας.

➤ Ακτινογραφική ανάλυση – Περιθλασίμετρο

Από ένα διάγραμμα περίθλασης μπορούμε να προσδιορίσουμε:

- α. Ποιοτικά και ημιοσοτικά ένα ορυκτό από τις θέσεις και τις εντάσεις των ανακλάσεων.
- β. Την απόσταση d των δικτυωτών επιπέδων των κρυστάλλων ενός ορυκτού.
- γ. Τις διαστάσεις της κυψελίδας και τον τύπο του πλέγματος του ορυκτού.

δ. Τους δείκτες Miller (hkl) των κρυστάλλων ενός ορυκτού.

Χρησιμοποιείται ακτινοβολία X ορισμένων στοιχείων (κυρίως χαλκού ή σιδήρου) των οποίων το μήκος κύματος είναι πολύ μικρό και περίπου ίσου μεγέθους με τις διαστάσεις των κυψελίδων των κρυσταλλικών σωμάτων. Έτσι, προκαλείται περίθλαση αυτών από τα δικτυωτά επίπεδα των κρυστάλλων, πάντα όμως με ικανοποίηση της συνθήκης του Bragg:

$$n\lambda = 2d \eta\mu\theta, \text{ όπου}$$

$$n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

λ = μήκος κύματος ακτινοβολίας που χρησιμοποιούμε

d = απόσταση δικτυωτών επιπέδων,

θ = γωνία μεταξύ ακτίνας που προσπίπτει ή ανακλάται και δικτυωτού επιπέδου.

Τα μήκη κύματος των ακτίνων X των πιο εύχρηστων κεφαλών ή στόχων και τα πάχη των αντίστοιχων ηθμών τους για την παραγωγή μονοχρωματικής ακτινοβολίας X είναι:

$$\text{Cu}k_{\alpha} = 1,54184 \text{ \AA}, \quad \eta\theta\mu\acute{o}\varsigma \text{ Ni} = 0,0170 \text{ mm}$$

$$\text{Fe}k_{\alpha} = 1,93735 \text{ \AA}, \quad \eta\theta\mu\acute{o}\varsigma \text{ Mn} = 0,0168 \text{ mm}$$

Η περιοχή σάρωσης για τα λεπτομερή ιζήματα είναι συνήθως $2-36^{\circ}2\theta$. Συχνός έλεγχος της ευαισθησίας και της σωστής ανταπόκρισης του περιθλασίμετρου γίνεται με ειδικό πρότυπο καθαρού πυριτίου.

Τα βοηθητικά μέσα που χρησιμοποιούμε σε μια ακτινογραφική μελέτη είναι:

α. Βιβλίο με πίνακες περίθλασης.

β. Κατάλογοι ορυκτών ή ενώσεων με δύο ταξινομήσεις:

β₁. Ομαδοποίηση κατά Hanawalt.

β₂. Αλφαβητικός πίνακας οξειδίων και ορυκτών κατά Davey-KWIC.

γ. Καρτέλες ASTM (American Society for Testing Materials). Καρτέλα με * σημαίνει ότι τα δεδομένα της είναι πολύ αξιόπιστα.

➤ Ε. Χημική ανάλυση

Η χημική ανάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων δε διαφέρει ουσιαστικά από τη βασική ανάλυση άλλων πετρωμάτων ή μεμονωμένων ορυκτών. Έτσι, μπορεί να γίνει με κάθε παραλλαγή της υγρής μεθόδου ή με μεθόδους ενόργανης χημικής ανάλυσης (φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης) ή με φθορισμό των ακτίνων Χ (φασματοσκοπία ακτίνων Χ) ή με μικροανάλυση σε ηλεκτρονικό μικροαναλυτή ή με ισοτοπική ανάλυση.

Η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης προϋποθέτει απόλυτα καθαρό ορυκτό το οποίο κονιοποιείται και ομογενοποιείται τέλεια και στη συνέχεια διαλυτοποιείται με διάφορα αντιδραστήρια. Για τη διαλυτοποίηση των διάφορων ορυκτών και κυρίως των πυριτικών υπάρχουν πολλές μεθοδολογίες (συντήξεις, αυτόκλειστα δοχεία κ.α.).

Η φασματοσκοπία ακτίνων Χ βασίζεται στο φαινόμενο της παραγωγής δευτερογενούς ακτινοβολίας Χ από τα άτομα που διεγείρονται από επίδραση πρωτογενών ακτίνων Χ. Από το κονιοποιημένο και ομογενοποιημένο τέλεια μαζί με βορικό οξύ ή γίνεται υαλοποίηση της ουσίας με την επίδραση ορισμένων αντιδραστηρίων.

Η μικροανάλυση θεωρείται σήμερα η ακριβέστερη μέθοδος χημικής ανάλυσης των ορυκτών συστατικών των πετρωμάτων γιατί:

- α. Πραγματοποιείται σε επιλεγμένα από πριν σημεία των κρυστάλλων του ορυκτού, έτσι ώστε να αποφεύγονται θέσεις με εγκλείσματα ή εξαλλοιώσεις.
- β. Δε χρειάζεται διαχωρισμός καθαρού ορυκτού σε ποσότητα.
- γ. Γίνεται μεγάλος αριθμός αναλύσεων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.
- δ. Στο ίδιο παρασκεύασμα (λεπτή ή στιλπνή τομή) μπορούν να γίνουν και οπτικές ή άλλες παρατηρήσεις και μετρήσεις.

Η ισοτοπική ανάλυση περιλαμβάνει συνήθως τη μέτρηση των σχέσεων $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ και $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ μετά από κάποια χημική κατεργασία του κονιοποιημένου ανθρακικού υλικού που έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση οξυγόνου και άνθρακα ως CO_2 από κάθε δείγμα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ισοτοπική σύσταση του οξυγόνου και άνθρακα σ' ένα πέτρωμα είναι κυρίως η θερμοκρασία, η χημική του σύσταση και

η ισοτοπική σύσταση του νερού. Διαφορές τιμών $\delta^{18}\text{O}$ μεγαλύτερες από 6‰ έχουν προσδιοριστεί μεταξύ ανθρακικών πετρωμάτων που σχηματίζονται σε θερμοκρασία περίπου 0°C στον πυθμένα των ωκεανών και άλλων που σχηματίζονται σε θερμοκρασία περίπου 30°C κοντά στη θαλάσσια επιφάνεια. Οι μεγάλες ισοτοπικές διαφορές τιμών σε ανθρακικά πετρώματα οφείλονται κυρίως:

α. Σε ανταλλαγή ισοτόπων μεταξύ των ανθρακικών και πυριτικών ορυκτών μέσα σ' αυτά τα πετρώματα ή στην επαφή με τα γειτονικά τους,

β. Σε απότομη μεταμορφική βαθμίδα και

γ. Σε αποσάθρωση.

Με αύξηση του βαθμού μεταμόρφωσης του ασβεστόλιθου σε μάρμαρο οι τιμές $\delta^{18}\text{O}$ μειώνονται και η μείωση εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας. Επίσης, η αποσάθρωση, κυρίως σ' ένα υγρό περιβάλλον, μπορεί να επηρεάσει τις ισοτοπικές σχέσεις.

Η ισοτοπική σύσταση του οξυγόνου στους ωκεανούς έχει αλλάξει με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου. Οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν ισοτοπικές συστάσεις που αντανακλούν τη σύσταση του θαλάσσιου νερού κατά το χρόνο της απόθεσής τους. Η ισοτοπική σύσταση του οξυγόνου του ωκεάνιου νερού, σε σχέση με το αντίστοιχο του προτύπου PDB, είναι $-29,47\text{‰}$, ενώ του μετεωρικού νερού σε εύκρατες ζώνες όπως π.χ. κεντρικό Αιγαίο, είναι περίπου $-32,40\text{‰}$ σε σχέση με το ίδιο πρότυπο (Faure, 1986).

Επίσης, μπορεί να προσδιοριστεί ο λόγος Sr/Ca, ο οποίος συνδέεται άμεσα με τις συνθήκες ιζηματογένεσης. Έτσι, μειωμένες τιμές του αδιάλυτου υπολείμματος, καθώς και αυτού του λόγου, σημαίνουν καθαρότερα μάρμαρα, δηλαδή παρουσία λιγότερου δολομίτη ή άλλων επουσιωδών ορυκτών. Σύμφωνα με τους Ρήγα κ.α. (1990β) τα Ελληνικά μάρμαρα ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες:

α. Σε αυτά που αφήνουν αδιάλυτο υπόλειμμα μικρότερο από 0,3% και τα οποία χαρακτηρίζονται ως καθαρώς ασβεστιτικά μάρμαρα.

β. Σε αυτά που αφήνουν αδιάλυτο υπόλειμμα μεγαλύτερο από 5,5% και τα οποία περιέχουν ξένες προσμίξεις.

➤ Η συμβολή των γεωχημικών τεχνικών στην αρχαιολογία

Γεωχημικές τεχνικές παρόμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται στις έρευνες για την αποσάθρωση και ορυκτολογική εξαλλοίωση των λοιπών πετρωμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν στις μελέτες των ανθρακικών πετρωμάτων, καθώς και στους προσδιορισμούς της προέλευσης αυτών. Ο σχηματισμός φλοιών αποσάθρωσης στα μαρμάρια ή άλλα πέτρινα μνημεία παράλληλα με άλλα διαγνωστικά επιφανειακά χαρακτηριστικά χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη μελέτη αρχαίων αντικειμένων. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι συνδυασμός του κρυσταλλικού μεγέθους, ορυκτολογικής σύστασης, ιστού και ιστορίας αποσάθρωσης. Συγκρίσεις φλοιών αποσάθρωσης από μαρμάρια αγάλματα και αρχαία λατομεία μπορεί να χρησιμοποιηθούν στον προσδιορισμό της ηλικίας τους, καθώς και των παραγόντων αποσάθρωσης.

Τιμές ισοτόπων οξυγόνου και άνθρακα έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα για απόδειξη της προέλευσης μαρμάρινων αγαλμάτων συσχετίζοντας αυτές με τις ισοτοπικές συστάσεις μαρμάρων αρχαίων και σύγχρονων λατομείων (Harz και Wenner, 1981). Παίρνοντας δείγματα από την αποσαθρωμένη επιφάνεια προς το αναλλοίωτο εσωτερικό τμήμα ενός αρχαίου μαρμάρινου αντικειμένου μπορούμε να προσδιορίσουμε την ισοτοπική του ιστορία που επηρεάστηκε από φυσικές ή τεχνικές προσβολές. Ισοτοπικά αποτελέσματα σε δείγματα αρχαίων λατομείων και αγαλμάτων δείχνουν βαθμιαία μείωση της ισοτοπικής τους σύστασης από το εσωτερικό προς την εξωτερική τους επιφάνεια (Margolis και Showers, 1988). Αυτό σημαίνει ανακρυστάλλωση και μικροτοποίηση του ανθρακικού πετρώματος σε επιφανειακά ή εδαφικά περιβάλλοντα αποσάθρωσης. Τα δολομικά μάρμαρα είναι λιγότερο ανθεκτικά στην αποσάθρωση. Τις περισσότερες φορές ως αποτέλεσμα της αποδολομιτώσεως σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα ασβεστίτη. Αυτό το λεπτό στρώμα έχει εντοπιστεί σε εμφανίσεις δολομικών μαρμάρων αρχαίων και σύγχρονων λατομείων της ΒΑ Ελλάδος (Herz, 1988). Αναλύσεις ιχνοστοιχείων αυτών των ασβεστιτικών φλοιών δείχνουν απώλεια Mg και προσθήκη Fe, Mn και αργλικών ορυκτών από το εσωτερικό προς το εξωτερικό. Η χημική επίδραση από την έκθεση στο μετεωρικό νερό ή νερό εδάφους είναι η κύρια αιτία εξαλλοίωσης και φθοράς των μαρμάρων και ασβεστολίθων. Επίσης, η βιολογική ενέργεια όπως είναι η ενέργεια ενδολιθικών φυκών, μυκήτων και λειχήνων, παίζει σημαντικό ρόλο στην αποσάθρωση αυτών των πετρωμάτων.

Οι φλοιοί αποσάθρωσης που σχηματίζονται σε αρχαία μαρμάρινα μνημεία και λατομεία, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της ηλικίας τους. Γενικά, όσο μακρύτερη είναι η περίοδος αποσάθρωσης τόσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του φλοιού αποσάθρωσης και τόσο μεγαλύτερη η μείωση στη ισοτοπική σύσταση σε άνθρακα και οξυγόνο του φλοιού σε σχέση με το αναλλοίωτο εσωτερικό. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά δεν εμφανίζονται σε κάθε αρχαίο μάρμαρο. Η ποικιλία στον ιστό και στη σύσταση, καθώς και η ιστορία αποσάθρωσης σε κάθε περιβάλλον μπορεί να τα επηρεάσουν.

Η εφαρμογή ειδικών μεθόδων ανάλυσης είναι πολύ σημαντική στον προσδιορισμό της προέλευσης των ανθρακικών πετρωμάτων. Τέτοιες μέθοδοι είναι η θερμοφωταύγεια, η δένδροχρονολόγηση, ο αρχαιομαγνητισμός, ο συντονισμός ηλεκτρονιακής στροφορμής, η ισοτοπική ανάλυση διαφόρων στοιχείων κ.α.

Ο προσδιορισμός της σχέσεις ισοτόπων στροντίου εμφανίζεται πολύ ενθαρρυντικός. Σήμερα όμως, πιο ενθαρρυντικός θεωρείται ο προσδιορισμός της προέλευσης των μαρμάρων από την ανάλυση της ισοτοπικής τους σύστασης σε οξυγόνο και άνθρακα που προτάθηκε αρχικά από τους Craigs (1972). Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι ισοτοπικές τιμές των μαρμάρων των περισσότερων κλασικών λατομείων είναι σχετικά ομογενείς και μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως γεωχημικοί δείκτες προέλευσης. Ο Herz (1987) έχει καθιερώσει μια τράπεζα πληροφοριών ισοτοπικών δεδομένων των κύριων κλασικών λατομείων και πολλές περιγραφές μαρμάρινων καλλιτεχνημάτων έχουν από τότε συσχετιστεί με αυτά. Η ισοτοπική ανάλυση έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στον έλεγχο της συσχέτισης μαρμάρινων θραυσμάτων. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής σε σχέση με άλλες είναι η χρήση πολύ μικρού δείγματος, περίπου 10 mg, που εύκολα παίρνεται χωρίς να προκαλείται ορατή καταστροφή στο καλλιτέχνημα.

Η μέθοδος της ισοτοπικής ανάλυσης, είναι αξιόπιστη, όταν οι ισοτοπικές τιμές είναι ομοιόμορφες σ' όλα τα τμήματα ενός καλλιτεχνήματος και σ' όλη την έκταση του αντίστοιχου λατομείου προέλευσης του μαρμάρου. Δεδομένα ισοτοπικών αναλύσεων από δείγματα λατομείων της Μικράς Ασίας, Κυκλάδων, Ηπειρωτικής Ελλάδος, Καρράρα Ιταλίας και Τυνησίας έχουν δημοσιευθεί από τους Graigs (1972), Herz και Wenner (1981), Herz (1987) κ.α., μαζί με σχεδιαγράμματα τιμών $\delta^{18}\text{O}$ σε συνάρτηση με τιμές $\delta^{13}\text{C}$. Έχει δημιουργηθεί μια τράπεζα πληροφοριών για μάρμαρα κλασικής περιόδου με περίπου 600 αναλύσεις από 39 λατομεία (Herz, 1987).

Στον Πίνακα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ιστοτοπικών αναλύσεων οξυγόνου και άνθρακα δειγμάτων ορισμένων λευκών μαρμάρων (Τσιραμπίδης, 1996), μαζί με πρόσθετα γεωχημικά δεδομένα άλλων ερευνητών. Υψηλές τιμές $\delta^{13}\text{C}$ ($>4\text{‰}$) σε ασβεστόλιθους και μάρμαρα σημαίνουν ουσιαστικά συνεισφορά ανόργανου CaCO_3 , ενώ χαμηλές τιμές $\delta^{13}\text{C}$ ($<2\text{‰}$) σημαίνουν βιογενή προέλευση του CaCO_3 (Herz, 1988). Έτσι, παραδέχεται ότι το δείγμα της Πάρου έχει ανόργανη προέλευση, ενώ του Υμηττού βιογενή. Τα υπόλοιπα με ενδιάμεσες τιμές σημαίνουν μικτή προέλευση, δηλαδή χημική καταβύθιση και βιογενή συσσώρευση. Η μεγάλη ημιδιαφάνεια και η ομοιόμορφη υφή του μαρμάρου της Πάρου ενισχύει αυτή την ερμηνεία (Herz, 1988).

Πίνακας. Αποτελέσματα ιστοτοπικών αναλύσεων Ελληνικών λευκών μαρμάρων (Τσιραμπίδης, 1996).

Προέλευση	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}^1$	Ca/Sr^2
Θάσος	-3,15	+3,52		
Υμηττός	-3,60	+1,88		9,80(4) ³
Πεντέλη	-8,41	+2,92	0,70830	13,85(2)
Πάρος	-3,68	+5,15	0,70757	9,72(5)
Νάξος	-5,84	+2,08	0,70832	21,80(4)
Δολιανά	-1,95	+2,32	0,70783	

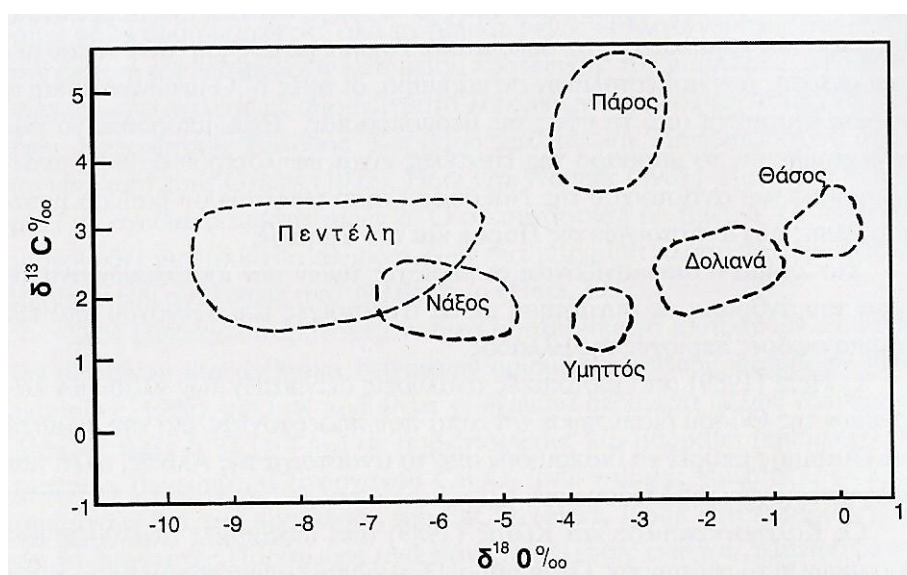
¹ από Herz (1987 και 1988), ² από Lazzarini et al. (1980), ³ αριθμός δειγμάτων.

Σχετικά με τις τιμές ιστοτόπων οξυγόνου εμφανίζονται χαμηλότερες στα δείγματα της Πεντέλης και Νάξου και υψηλότερες στα Δολιανά. Σύμφωνα με τον Herz (1988) υψηλότερες τιμές $\delta^{18}\text{O}$ εμφανίζονται σε ασβεστιτικά μάρμαρα και χαμηλότερες σε δολομιτικά. Ακόμη, με αύξηση του βαθμού μεταμόρφωσης των ασβεστόλιθων σε μάρμαρα, οι τιμές $\delta^{18}\text{O}$ μειώνονται και η μείωση εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας. Έτσι, μπορούμε να παραδεχτούμε ότι το μάρμαρο της Πεντέλης είναι υψηλότερου βαθμού μεταμόρφωσης των αντίστοιχων της Πάρου και του Υμηττού.

Στην εικόνα 86 απεικονίζονται οι περιοχές τιμών των ιστοτοπικών αναλύσεων του άνθρακα σε συνάρτηση με τις αντίστοιχες του οξυγόνου από έξι μαρμαροφόρες περιοχές της Ελλάδος.

Ο Herz (1989) από ισοτοπικές αναλύσεις δειγμάτων των κλασικών λατομείων της Θάσου διαπίστωσε ότι αυτά που προέρχονται από την περιοχή της Ποταμιάς μπορεί να διακριθούν από τα αντίστοιχα της Αλικής, αλλά και άλλων περιοχών της Μεσογείου.

Οι Καλογερόπουλος και Κίλιας (1989) από ισοτοπικές αναλύσεις ανθρακικών πετρωμάτων της Ολυμπιάδας Χαλκιδικής συμπέραναν ότι οι τιμές των ισοτόπων οξυγόνου $\delta^{18}\text{O}$ και άνθρακα $\delta^{13}\text{C}$ μειώνονται κατά τη μετάβαση από τον μη εξαλλοιωμένο ανώτερο ορίζοντα προς τον εξαλλοιωμένο υδροθερμικά κατώτερο.



Εικόνα 86 Τιμές $\delta^{13}\text{C}$ σε συνάρτηση με τιμές $\delta^{18}\text{O}$ ορισμένων λευκών μαρμάρων της Ελλάδος (Herz, 1988).

Οι Kalogeropoulos et al. (1989) προσδιόρισαν τα ισότοπα οξυγόνου και άνθρακα των μαρμάρων της Ολυμπιάδας Χαλκιδικής. Οι ισοτοπικές τιμές του άνθρακα ήταν μεταξύ $-3,8$ και $4,1$ ‰ με μέση τιμή μόλις μεγαλύτερη του 0 ‰, αντιπροσωπεύοντας έτσι θαλάσσια ανθρακικά πετρώματα. Αντίθετα, οι ισοτοπικές τιμές του οξυγόνου ήταν υψηλότερες στο ανώτερο στρώμα μαρμάρου και χαμηλότερες στο κατώτερο που σχετίζεται με την παρουσία μεταλλικών κοιτασμάτων. Κατά τους ίδιους συγγραφείς αυτή η μείωση οφείλεται στην ανταλλαγή οξυγόνου από υδροθερμικά διαλύματα.

Οι De Groot et al. (1996) συμπέραναν ότι τα μάρμαρα των περιοχών Ολυμπιάδας, Αγκίστρου, Παγκαίου και Θάσου παρουσιάζουν κανονικές τιμές $\delta^{13}\text{C}$ θαλάσσιας προέλευσης και ποικίλες τιμές $\delta^{18}\text{O}$. Η πλειοψηφία αυτών των ανθρακικών πετρωμάτων αποτέθηκε σε θαλάσσιο περιβάλλον. Μερικά όμως μπορεί να έχουν σχηματιστεί μέσα σε θαλάσσιο νερό κάτω από υψηλές θερμοκρασίες. Ανταλλαγή

οξυγόνου και άνθρακα αυτών των πετρωμάτων με υδροθερμικά διαλύματα συνέβηκε εκτεταμένα σ' αυτές τις περιοχές. Οι ίδιοι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει ένδειξη για κάποια σημαντική παρεμβολή άνθρακα οργανικής προέλευσης.²⁸

²⁸ Α. Ε. Τσιραμπίδη, Τα Ελληνικά Μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά Πετρώματα, εκδ. University Studio Press, Θεσ/κη 1996

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Τύπος μαοιέρου	Ορυκτολογική σύσταση (βάρους %)										Χημική σύσταση (βάρους %)										Φυσικομηχανικές ιδιότητες								
	C	Do	Q	M	Se	Ch	Ab	Ep	He	Chr	Al	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	CO ₂	1	2	3	4	5	6	7		
Χιονόλευκο Θάσου	12	86	2								34,0	20,0	0,07	0,14	0,2	0,02	0,03	0,02	0,02	46,2	2850	0,23	997	133	749	6,6	321,6		
Λευκό Κερράκιλο Καβάλας	97	1	2								55,0	0,5	0,7	0,11	0,2	0,02	0,03	0,0	0,0	43,5	2680	0,09	785	169,5		6,16*			
Λευκό Λιμνιάς Καβάλας	99		1								54,8	0,5	0,07	0,14	0,6	0,05	0,2	0,02	0,02	43,05									
Λευκό Βουνοφωρίου Καβάλας	75	92,5									55,2	0,45	0,04	0,14	0,2	0,05	0,1	0,01	0,01	43,25	2720	0,07	705	204		5,28*			
Λευκό Πηγών Αγγίτη Δράμας	8	92									34,8	20,6	0,04	0,0	0,0	0,05	0,15	0,02	0,02	43,4	2834	0,2	1353	125	712,5	5,96	227		
Λευκό Βόλακα-Γρανίτη Δράμας											31,8	20,6	0,06	0,14	0,0	0,05	0,2	0,01	0,01	46,2	2760	0,28	1399,8	90,4		7,23*			
Λευκό Λιβαδερού Δράμας											55,35	0,6	0,07	0,14	0,2	0,01	0,04	0,01	0,01	43,35									
Λευκό Αγγίστρου Σερρών											56,15	0,6	0,08	0,14	0,4	0,06	0,17	0,01	0,01	43,15	2708	0,11	1034	179	678,6	6,89	166,9		
Λευκό-Γκρίζο Μενοικίου Σερρών																					2820	0,28	1245,5	93,2		6,21*			
Λευκό Κορίτσιας Παγγαίου Σερρών	98	1	1								54,9	0,25	0,06	0,14	0,4	0,04	0,07	0,02	0,02	43,2	2714	0,08	1123	218	565,6	5,69	134,1		
Λευκό Καστανιάς-Κουμαριάς Βέροιας	98	1	0,5	0,5	0,5						53,5	2,15	0,11	0,14	0,2	0,02	0,04	0,01	0,01	44,4	2718	0,12	1184	227	705,4	5,92	199,7		
Λευκό-Ημίλευκο Τραπεζοβάτου Κοζάνης											55,1	1,25	0,07	0,0	0,15	0,02	0,04	0,01	0,01	43,3									
Λευκό Λάβας Κοζάνης											55,6	1,3	0,03	0,14	0,03	0,04	0,04	0,01	0,01	43,75									
Λευκό Βλογού Καρδίτσας	98	2									53,25	2,75	0,08	0,14	0,0	0,04	0,04	0,01	0,01	43,8	2731	0,08	1133	253	726,3	6,46	145,4		
Λευκό Κεραμίδου-Βενέτου Μαγνησίας											55,0	1,15	0,04	0,14	0,0	0,01	0,03	0,01	0,01	43,2									
Λευκό Κεραμίδου Τρικάλων											55,0	0,8	0,22	0,14	0,4	0,05	0,05	0,02	0,02	43,2	2715	0,09	1140	203	494,4	6,17	141,2		
Λευκό Πεντέλης Αττικής	98	0,2	0,5	0,3	1						54,8	1,55	1,1	0,14	0,2	0,09	0,04	0,02	0,02	43,05	2717	0,11	1136	196	583,3	6,68	130,4		
Λευκό Λιονίσσου Αττικής	98	0,5	0,5	0,5	1																								
Λευκό Τραυματικού Αττικής																													
Λευκό Κριστάλλινα Νέσος	98	2									55,6	0,5	0,07	0,14	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	43	2710	0,09	906	131	362,8	8,56	144,6		
Λευκό Σκόφου											55,0	0,6	0,08	0,14	0,0	0,04	0,03	0,01	0,01	43,2	2714	0,1	1120	237	757,5	6,35	152,3		
Χιονόλευκο Πάρου (Λυχνίτης)	99,7		0,3								55,0	0,5	0,1	0,28	0,2	0,02	0,03	0,01	0,01	43,25	2706	0,04	1129	168	62,5	8,47	130		
Λευκό Ικαρίας	99	1									56,0	0,3	0,22	0,14	0,0	0,02	0,04	0,02	0,02	42,95									
Λευκό Ζάστεις Μαγνησίας	98	1	1								55,1	0,9	0,11	0,14	0,4	0,02	0,04	0,01	0,01	43,3	2718	0,04	1116	257	62,5	6,45	134,5		
Λευκό Σκοτεινών Πιρίαις																													
Υπόλευκο Ελακόνα Βουτιάς	13	87									33,0	19,0	0,7	0,1	0,1	0,2	0,11	0,01	0,01	46	2690	0,54	1086	123		3,7*			
Ημίλευκο Στενωπού Καβάλας	97	1	2								55,0	0,55	0,05	0,14	0,2	0,02	0,04	0,02	0,02	42,95	2709	0,07	1002	151	481,5	7	159		
Ημίλευκο Λιβάτου Καβάλας	99	1									56,0	0,55	0,08	0,28	0,6	0,02	0,03	0,01	0,01	43,6									
Ημίλευκο Ελαφοχώριου Καβάλας	98	2									54,5	0,58	1,2	0,17	0,21	0,04	0,03	0,03	0,03	42,6	2700	0,09	803	104,5		6,35*			
Ημίλευκο Επιροσπίου Δράμας	98	0,8	1	0,2							55,4	0,35	0,1	0,0	0,4	0,02	0,04	0,01	0,01	43,8	2715	0,07	1022	165	547,6	6,94	126		
Ημίλευκο Μοναστηριακού Δράμας	98	1	1								54,9	0,08	0,18	0,14	0,4	0,04	0,03	0,01	0,01	43,75	2712	0,11	1001	150	481,2	6,57	142		
Ημίλευκο Σκαλοτής Δράμας																													
Ημίλευκο Καστριού Δράμας											54,0	2,25	0,18	0,43	0,0	0,02	0,05	0,05	0,05	44									

Τύπος μαρμαρίου	Ορυκτολογική σύσταση (βάρος %)										Χημική σύσταση (βάρος %)										Φυσικοχημικές ιδιότητες						
	C	Do	Q	M	Se	Ch	Ab	Ep	He	Chr	Al	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	CO ₂	1	2	3	4	5	6	7
Ημιλιτικο Σιές-Αργελασής Μεγγινιάς	98			1		1					53,3	0,55	0,08	0,28	0,0	0,02	0,04	0,01	43,45	27,34	0,11	1121	244	615,6	8,48	106	
Ημιλιτικο Μαρολίνα Αττικής											55,4	0,7	0,11	0,28	0,0	0,02	0,04	0,02	43,55								
Ημιλιτικο Αγίας Μαρίας Αττικής	96	3	1								55,0	0,45	0,06	0,14	0,4	0,04	0,03	0,02	42,75	27,05	0,11	965	155	498,3	8,55	117	
Ημιλιτικο Αλμυροτάμου Ειφορίας	98,5	1,5									55,1	0,5	0,11	0,14	0,0	0,04	0,04	0,01	43,2								
Ημιλιτικο Παναγής Ειφορίας																											
Ημιλιτικο Μιχός-Καρίνης, Λαφόου	98	1	1								57,1	0,55	0,65	0,14	0,02	0,02	0,03	0,02	42,65	27,15	0,13	989	180	498,7	6,95	130	
Ημιλιτικο Πύργου Τήνου											56,0	0,8	0,7	0,14	0,0	0,04	0,05	0,01	42,5								
Ημιλιτικο Δολιχίων Αρκαδίας											55,0	0,75	0,08	0,14	0,0	0,02	0,04	0,02	43,15								
Ημιλιτικο Καστανίτσας Πάρωνα Αρκαδίας											55,0	0,65	0,07	0,14	0,0	0,02	0,03	0,02	43,25								
Ημιλιτικο Διφοί Μάνης Λακωνίας																											
Ημιλιτικο Καρέττα Σάμου											55,3	0,9	0,95	0,28	0,4	0,05	0,12	0,02	42,65								
Ημιλιτικο Γέρας Τρικάλων	96	3	1								54,3	0,49	0,92	0,09	0,13	0,02	0,04	0,01	43,48	26,40	0,21	834	195		5,46*		
Ημιλιτικο Δοξοφύ Ρεθίμνης Κρήτης	90	10									53,7	0,93	0,75	0,1	0,15	0,01	0,04	0,01	43,4	26,46	0,28	847	113			7,13*	
Ημιλιτικο Αλοΐων Ρεθίμνης Κρήτης	96	4									54,5	0,75	0,7	0,08	0,07	0,01	0,03	0,01	43,5	26,90	0,1	739	120			5,6*	
Ημιλιτικο Αγίας Ρεθίμνης Κρήτης																											
Τοπολιτικο Κάστρο Θάσου																											
Τοπολιτικο Κροταλίνα Θάσου	98	1	1								55,15	0,85	1,0	0,0	0,4	0,02	0,04	0,02	42,75	27,05	0,09	912	132	417,2	7,57	123	
Τοπολιτικο Νικητίνης Καβάλας (Αμα)	11	87	2								33,0	18,2	0,09	0,14	0,4	0,06	0,15	0,02	46,15	28,40	0,21	1322	217	800,8	5,11	219	
Τοπολιτικο Ταξιαρχών Δράμας	97	1	2								54,5	1,2	0,5	0,14	0,2	0,01	0,04	0,02	43,85	27,11	0,03	751	160			5,94*	
Τοπολιτικο Ρηγάτο Κνωσίου-Κρασιές Μεγγινιάς	95	4	0,8	0,2							55,1	1,85	0,05	0,14	0,4	0,01	0,03	0,01	43,35	27,35	0,1	1122	245	650	5,54	154	
Τοπολιτικο Πύργο	95	3	2								55,5	0,75	0,18	0,28	0,0	0,04	0,03	0,01	43,6	27,13	0,12	995	183	504,4	7,29	122	
Τοπολιτικο Ρηγάτο Αγ.Πέτρος Αρκαδίας	96	4									54,0	0,2	1,0	0,17	0,12	0,03	0,04	0,02	43,5	26,80	0,1	830	175			5,5*	
Τοπολιτικο Αρτασιανής Αγ.Πέτρος Αρκαδίας	98	1	1								54,9	1,55		0,28	0,4	0,13	0,04	0,02	43,15	27,12	0,08	946	129	537,2	7,5	136	
Γαυξόλιτικο Κροταλίνα Νισιρικής Καβάλας	96	2	2								54,25	1,7	0,15	0,14	0,6	0,02	0,04	0,01	43,55	27,12	0,07	965	178	402,3	6,6	133	
Γαυξόλιτικο Ροδαίου Σερρών	60	38	1			1					55,0	5,8	0,4	0,14	0,6	0,05	0,04	0,01	43,75	27,30	0,05	750	132			6,96	
Γαυξόλιτικο Τριανφάτου Κοζάνης	99	1									55,0	0,9	0,07	0,0	0,4	0,05	0,1	0,01	43,3	27,19	0,11	1135	205	616,1	6,03	154	
Γαυξόλιτικο Ζάπτινης Μεγγινιάς	99	1									55,3	0,81	0,04	0,08	0,01	0,04	0,01	0,04	0,0	43,52	27,11	0,09	1106	206	787,7	7,28	128
Γαυξόλιτικο Ρηγάτο Κοκκιναρά Αττικής	98	1	1								55,1	0,8	0,05	0,0	0,4	0,01	0,04	0,02	43,3	27,09	0,1	1114	174	647,2	6,38	121	
Γαυξόλιτικο Ρηγάτο Μαρών-Αρκασιές Τήνου											55,6	0,8	0,3	0,28	0,0	0,05	0,03	0,02	43,7	27,28	0,12	1065	145	542,6	6,84	107	
Γαυξόλιτικο Αγιάδη Ρεθίμνης Κρήτης	80	20									52,39	3,0	1,56	0,13	0,13	0,02	0,04	0,01	44,04	27,10	0,19	1030	82,5			5,28*	
Γαυξόλιτικο Ρηγάτο Λάρδοι Ρόδου	98,5	1,5									54,5	0,75	1,2	0,22	0,31	0,02	0,03	0,02	42,1	26,90	0,23	636	67,5			5,17*	
Ασπράκιρο Φειδοιάς, Μύκονος-Θεσπίας																											
Ασπράκιρο Νισιρικός-Θεσσαλονίκης											52,4	1,7	4,1	0,54	0,0	0,0	0,0	0,0	40,2	27,53	0,03		216			4,0*	
Γαυξόλιτικο Ειφορίας	93	4	2			1					54,3	0,9	0,13	0,28	0,6	0,12	0,03	0,02	43	27,14	0,12	1005	189	478,3	7,54	136	
Γαυξόλιτικο Αττικής																											
Γαυξόλιτικο Κροταλίνα Φιλιππών-Κρητών	99	1									54,8	0,7	0,18	0,14	0,2	0,02	0,03	0,01	43,5	26,84	0,04	840	112			6,38*	
Γαυξόλιτικο Πελοπόννησος Αιτίας (Ορεντα-Τίνας)	99	1									52,4	1,0	1,3	4,45	0,2	0,05	0,04	0,04	37,25	27,00	0,03	960	221			5,28*	
Γαυξόλιτικο Βεθελλόκου Δράμας											54,0	0,55	0,75	0,28	0,6	0,12	0,2	0,02	43,15								
Τομή Κροταλίνα Χολκαρού Καβάλας	99	1									55,2	0,75	0,2	0,14	0,4	0,02	0,04	0,02	43,35	27,12	0,08	928	139	350,9	7,06	139	
Τομή Σερπιάς Λάρισας	88	10	2								54,0	2,9	0,05	0,0	0,0	0,02	0,04	0,02	43,9	27,17	0,13	980	139	538,5	6,74	126	

Τύπος μαρμαριού	Ορυκτολογική σύσταση (βάρος %)											Χημική σύσταση (βάρος %)											Φυσικοχημικές ιδιότητες						
	C	Do	Q	M	Se	Ch	Ab	Ep	He	Chr	Al	CaO	MgO	SiO2	Fe2O3	Al2O3	K2O	Na2O	MnO	CO2	1	2	3	4	5	6	7		
	97	1	2									53,5	0,62	1,53	0,36	0,45	0,0	0,0	0,01	43,18									
Τερόο Παναγιώτης Τρικάλων																													
Τερόο Λατυνασιάνης Βοξίου Φιλιάδας																													
Τερόο Σαλαμίνης Αττικής																													
Τερόο Κόρφου Κορινθίας																													
Τερόο Κανδύλλας Αρκαδίας																													
Τερόο Μουίνδρου Ρεθύμνου Κρήτης	10	90																											
Τερόο Αγ.Κηρύλλου Ηρακλείου Κρήτης																													
Τερόο Ροδόδωλο Ρυγοτό Ζάστενης Μαγνησίας																													
Τερόο Φλεβοειδές Αγ.Αγυλλείου Πρεσπών																													
Τερόο Μοναχίτιου Γρεβενών																													
Τερόο Άγιοι Αγκάδας-Συκιάδας Χίου	63	35	2																										
Τερόο Άγιοι Χορηγίου Κιλκίς	98																												
Τερόο Άγιοι Ιππείου-Ουτζίδας Λέσβου	99	1																											
Τερόο Άγιοι Γάβρου Καστοριάς																													
Τερόο Άγιοι Μοδίου-Περίθα Μαγνησίας																													
Τερόο Άγιοι Φαρσάλων Λάρισας																													
Τερόο Άγιοι Βρονιάς Μαγνησίας																													
Τερόο Άγιοι Λειβυδίας Βοιωτίας	96	4																											
Τερόο Άγιοι Αμοικέλας Φοκίδας	97	3																											
Τερόο Άγιοι Μεσάνων Αργολίδας																													
Τερόο Άγιοι Κάμης Αρκαδίας																													
Τερόο Άγιοι Φαιστού Ηρακλείου Κρήτης	96	4																											
Τερόο Άγιοι Δαμάστας Ηρακλείου Κρήτης	38,5	61,5																											
Τερόο Άγιοι Σερπιάς Μάνης Λακωνίας (Νέο Αντίο)																													
Μαύρο Καλαμιάς Κοζάνης																													
Μαύρο Στενής Εμβόιας																													
Μαύρο Βοιτίνας Αρκαδίας	96	3	1																										
Μαύρο Αγ.Πέτρου Πάργονα Αρκαδίας	98		2																										
Μαύρο Μουίνδρου Ρεθύμνης Κρήτης	93	7																											
Μαύρο Άγιοι Ρεθύμνης Κρήτης	98		2																										
Ρος Πτελασού Μαγνησίας	96		3	1																									
Ρος Φλεβοειδές Σοφιάς Μαγνησίας																													
Ρος Ζάστενης Μαγνησίας	99	1																											
Ρος Ριζιανής Θεσσαρίας	99	1																											
Ρος Άρτας	98	1	1																										
Ροδόγροο Ανοιξιάς-Φλαδέλλειου Θεσ/νίκης																													
Ροδόγροο Αρναίας Χαλκιδικής																													
Ροδόγροο Σπολιάνης Περιστέρας Χαλκιδικής	90		5																										
Ροδόγροο Νέας Σάντας Κιλκίς	98		1																										
Ροδόγροο Κλινόβου Τρικάλων	99		1																										

Τύπος μαρμάρου	Ορυκτολογική σύσταση (βάρος %)											Χημική σύσταση (βάρος %)											Φυσικομηχανικές ιδιότητες						
	C	Do	Q	M	Se	Ch	Ab	Ep	He	Chr	Al	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	CO ₂	1	2	3	4	5	6	7		
Ροδόχρου Λιθότοπιου Κατοριάς												30,1	18,15	1,92	0,8	1,71	0,0	0,0	0,01	44,07	2790	0,9		1519	97			593	
Τυροφρούδηλο Κοκκινωγέιων Δράμης	20	80										34,5	18,5	1,2	0,19	1,71	0,01	0,02	0,03	45									
Ροδόχρου Γέρμας-Κοσταρτζίου Κατοριάς	98					1						52,43	1,4	0,61	0,22	0,3	0,0	0,0	0,01	43,55									
Κόκκινο Θυρών Βοιωτίας																													
Ερυθρό Λατινοπαγές Ροδόχρου Νάουσας	96	2	1			1						52,0	0,66	3,8	1,0	0,83	0,07	0,1	0,05	41,5									
Ερυθρό Διοκλής Κοζάνης	80	15	1			1						44,15	7,77	2,4	1,87	3,04	0,0	0,0	0,05	37,7									
Ερυθρό Αρεαίνου Κοζάνης												32,2	15,9	16,0	5,0	0,2	0,05	0,05	0,11	29,5									
Ερυθρό Ριπίνας Αττικής	92	7	1									46,2	5,5	3,2	0,85	0,95	0,5	0,07	0,01	42,5									
Ερυθρό Ερίφρας Εβροίας	92	2	3						3			51,29	1,55	2,44	0,38	2,03	0,0	0,0	0,0	41,69	2685	0,28	1114	143			393		
Ερυθρό Καρφομίλων-Δάρμανα Χίου																													
Ερυθρό Αγ. Βασίλειου Ρεθύμνου Κρήτης	15	80	1				3		1			34,0	17,3	2,6	0,47	1,13	0,24	0,06	0,02	43,5	2763	0,1	1115	97			3,3		
Ερυθρό Επιδόρου Αργολίδας (Ανακείο Rosso)																													
Ερυθρό Εσθητείας-Σούρας Βοιωτίας																													
Ερυθροειδής Μάνης Λακωνίας (Rosso Antico)	90	2	3				0,5		2			52,5	0,65	3,9	0,7	0,6	0,09	0,2	0,15	41,15	2712	0,08	1365	169	881,2	7,18	129		
Ερυθροειδής Απολάτου Επιδόρου Αργολίδας	94																												
Ερυθροειδής Εμάνης-Ηλεκταρού Αργολίδας	92	1	4									51,6	0,43	4,7	0,73	1,5	0,0	0,0	0,08	40,7	2710	0,14	975	138			3,83		
Ερυθροειδής Φεραίας-Προζώνης Αργολίδας	92	1	4									49,0	0,65	3,55	0,72	1,23	0,36	0,26	0,0	42	2700	0,3	924	142			4,35		
Μαζέ-Μαύρο Λατινοπαγές Καρυστίων Αργολίδας												36,75	4,03	24,0	3,75	0,25	0,03	0,06	0,05	31									
Μαζέ Λατινοπαγές Καρυστίων Αργολίδας	95	3	1									52,9	0,97	1,71	0,34	0,56	0,09	0,08	0,0	42,7	2700	0,15	1069	144			2,88*		
Μαζέ Ρηγάτο Καρυστίων Αργολίδας												46,9	7,19	0,68	0,18	0,26	0,06	0,09	0,0	44	2710	0,26	981	142			3,22*		
Πολύχρουν Λατινοπαγές Σπαρτοπόδου	97	1	1									54,01	0,69	0,84	0,13	0,21	0,06	0,08	0,0	43,33	2700	0,18	798	104			2,26*		
Μαζέ Ίθων-Κάντιας Αργολίδας	93	7										53,2	1,78	0,51	0,1	0,17	0,05	0,07	0,0	43,5	2620	0,8	1109	104,5			2,84*		
Πολύχρουν Λατινοπαγές Ίθων-Κάντιας Αργολίδας	90	7	2	0,5								51,3	1,86	2,2	0,48	0,62	0,1	0,07	0,02	42,56	2690	0,13	1120	91			2,81*		
Μαζέ Ρηγάτο Διόλων Αργολίδας	85	3	12									53,0	0,83	1,72	0,43	0,38	0,04	0,03	0,0	42,5	2720	0,27	1122	124			2,81*		
Μαζέ Ρηγάτο Σκούρο Διόλων Αργολίδας	96	3	1									35,0	16,5	1,9	0,3	0,34	0,04	0,03	0,0	45,2									
Μαζέ Λιγορού Αργολίδας (Κλαστικός)	96	3	1									53,8	2,2	0,7	0,14	0,0	0,0	0,0	0,0	41,9									
Μαζέ Λιγορού Αργολίδας (Δολιβερός)	96	3	1									54,0	0,47	0,9	0,12	0,09	0,02	0,1	0,0	43,5	2754	0,11	918	176			6,12*		
Μαζέ-Μαύλο Διόλων Βοιωτίας	98	1	1									54,5	0,46	1,0	0,14	0,3	0,09	0,1	0,0	43,5									
Μαζέ Μισολογγίου Αιτωλοακαρνανίας	27	1	52	5			10					55,4	1,0	1,8	0,11	0,0	0,02	0,01	0,0	43,2	2650	0,29	1376	210			2,58*		
Μαζέ Μαρτίνου-Αγ. Ιωάννη Βοιωτίας	99	1										54,5	0,68	0,58	0,13	0,1	0,0	0,0	0,01	43,43									
Μαζέ Τροπύλου-Δραγασιές Κοζάνης	92	6										49,75	1,35	6,65	0,48	0,76	0,0	0,0	0,01	40,35									
Μαζέ Αγ.Αννας Νεστορίου Κατοριάς												33,5	0,41	31,48	0,43	2,0	0,0	0,0	0,04	27,84									
Μαζέ Κίβατου-Αγ.Αννης Γρεβενών	98						2					50,7	1,24	1,93	0,37	0,43	0,0	0,0	0,0	42,87									
Μαζέ Καλοθέων Ρόδου	99	1										55,0	0,4	1,2	0,16	0,26	0,02	0,02	0,0	43	2680	0,12	915	76			4,05*		
"Μαζέ "Τεντ" Ιωαννίνων"	98	1	1									55,0	0,4	0,48	0,08	0,0	0,01	0,01	0,0	42,6	2677	0,26	750	219			2,44*		
"Μαζέ "Special" Ιωαννίνων"	98	1	1									56,0	0,4	0,5	0,02	0,0	0,0	0,01	0,0	43,05	2606	0,67	1026	111,5			4,79*		
"Μαζέ "Κοριάς" Ιωαννίνων"	98	1	1									54,5	0,3	1,0	0,21	0,32	0,0	0,0	0,05	43,6	2610	0,63	1109	110,2			3,89*		
"Μαζέ "Βρόχος" Ιωαννίνων"	98	1	1									54,0	0,44	1,5	0,21	0,24	0,07	0,03	0,05	43,4	2623	0,65	1374	79			3,89*		
"Μαζέ "Travertino" Ιωαννίνων"	98	1	1									56,2	0,4	1,09	0,13	0,0	0,02	0,02	0,0	42,8									
Μαζέ Δεδώνης Ιωαννίνων	98	1	1									55,1	0,52	1,05	0,12	0,0	0,02	0,01	0,0	43									

Τύπος μαρμαριού	Ορυκτολογική σύσταση (βάρος %)										Χημική σύσταση (βάρος %)										Φυσικοχημικές ιδιότητες							
	C	Do	Q	M	Se	Ch	Ab	Ep	He	Chr	Al	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	CO ₂	1	2	3	4	5	6	7	
Τραβερτίνης Βαμβουκοφύτου-Σφαλινού Σερρών											50,25	3,1	2,15	0,53	0,52	0,0	0,0	0,0	0,03	43,1								
Τραβερτίνης Αριάδας Πελλάνας	99										55,0	0,18	0,5	0,16	0,05	0,03	0,03	0,0	0,0	43,5								
Τραβερτίνης Κούτσας-Σκρά Πάικου Κιλκίς	99	1									54,0	0,28	1,5	0,3	0,24	0,04	0,05	0,03	0,03	43,5	24,18	1,19	273	59,3		6,49		
Τραβερτίνης Καπανδριτίου Αττικής																					2580	2,64	781	66,5		5,47		
Τραβερτίνης Πιτσών Κορινθίας											53,4	0,48	1,05	0,7	0,55	0,05	0,04	0,0	0,0	42,75	24,13	2,45	437	70,6		6,39*		
Ερυθρός Τραβερτίνης Βάμου Χανίων Κρήτης	99							1													2220	5,37	336	110,6		9,24*		
Πορφύρεος Αλάφ Ρεθύμνης Κρήτης	96	0,5	3							0,5	51,45	0,56	3,58	0,47	0,76	0,11	0,05	0,02	0,02	42,34	20,60	6,04	198	84,7		7,8*		
Αλφειάδα Ρεθύμνης Κρήτης	99,5										53,45	0,54	1,48	0,13	0,39	0,02	0,07	0,01	0,01	43,9	14,40	11,7	305	36		28,7*		
Πράσινο Φοιτιάς-Αρκοχωρίου Ημαθίας	26	22			46 @			2	4		16,75	26,6	28,65	7,25	0,5	0,04	0,04	0,12	20,15	27,01	0,22	963	203		2,86*			
Πράσινο Χασιμαλάς Λάρσας (Verte Aitico)	14	26			55 @		1	4			26,5	20,0	21,0	6,7	0,6	0,06	0,05	0,14	25,9	26,70	0,48	1265	342		3,21			
Πράσινο Τήνου (Verte Imperiale)	33	21			40 @		2	4			23,5	22,6	24,0	5,6	0,6	0,04	0,04	0,11	23,5	28,02	0,41	1132	244		2,5*			
Πράσινο Σπολιοναμίμαρο Ευβοίας	95	3	0,2			0,6	1	0,2			51,0	0,7	6,4	0,6	1,15	0,3	0,1	0,1	0,1	40,45	27,21	0,1	1082	156		563,7	6,37	154
Πράσινο Ουγοειδές Καρα-ντερέ Διμάδας																												
Πράσινο Ουγοειδές Αγ.Δημητρίου Πιερίας	90	10									54,2	1,4	1,0	2,3	1,15	0,05	0,09	0,05	0,05	40,85								
Κιτρινωπό Ουγοειδές Αγ.Δημητρίου Πιερίας											55,1	1,15	0,1	0,14	0,0	0,02	0,04	0,01	0,01	43,3	27,44	0,11	1045	179		769,1	5,87	153
Πράσινο Ουγοειδές Ελάφου Μαγνησίας	93	3	2								55,0	1,2	0,07	2,0	1,15	0,4	0,05	0,06	0,06	39	27,21	0,11	1052	218		666,7	5,86	128
Όνυχας Κρήτης	97	2	1								52,0	1,62	0,8	0,14	0,0	0,03	0,24	0,0	0,0	44,3	27,00	0,09	792	185		6,68		
Πολύχρωμο Πρεσπών Καστοριάς	92	8									50,4	2,52	1,64	0,42	0,71	0,0	0,0	0,0	0,01	43								
Πολύχρωμο Λατοπαράς Θεάπερας Πιερίας											54,45	0,24	0,43	0,13	0,19	0,0	0,0	0,0	0,01	43,41								
Πολύχρωμο Λατοπαράς Σκάρου	95	3							2		55,0	0,8	0,55	2,0	0,6	0,05	0,04	0,02	0,02	42,25	27,23	0,11	1091	212		530,8	5,65	150
Πολύχρωμο Ρηγάτο Βασιλικού Κρήτης	96	2	2								54,15	0,56	1,27	0,27	0,19	0,02	0,03	0,0	0,0	43,6								
Κιτρινωπό Φλεβειδές Αγ.Κυριακίτης Λέσβου											56,4	0,98	0,6	0,28	0,0	0,07	0,03	0,08	0,08	43								
Λευκοκίτρινο-Ροδοκίτρινο Φλεβειδές Σκάρου											54,32	0,61	0,66	0,85	0,42	0,05	0,02	0,02	0,02	43	27,12	0,05	1094	221		642,5	5,84	144
Γουόγκο Αλάβατρο Σπηλαίας Κρήτης											33,8	0,6	2,15	0,71	0,57	0,08	0,04	0,02	0,02	21,77								
Τεφρός Ψαμίτης Δεματίου Μετσόβου (ασβ)											51,0	1,2	4,5	0,54	1,1	0,17	0,01	0,04	0,1	41	26,10	1,06	689	62,1		4,45*		
Τεφρός Ψαμίτης Δεματίου Μετσόβου (πυρ)	46	16	12,5	13		2	10,5				18,0	7,0	43,0	1,72	6,84	1,43	1,34	0,07	19,8									
Πράσινο Μόνζο-Παράφης Αγ.Γερμανού Φλώρινας											52,7	3,15	60,97	4,82	14,94	3,51	3,45	0,12	1,52	27,70	0,25						2,86	517
Πρασινός Γρανοειδής Πασοδερίου Φλώρινας											3,42	1,84	66,8	4,07	14,4	3,14	3,34	0,1	0,8									
Ροδοκίτρινος Γρανίτης Φανού Κιλκίς											1,67	0,4	73,87	1,5	13,72	4,46	3,3	0,03	0,55									
Λευκοκίτρινος Γρανίτης Ξιλοπολής-Αιγινά Κιλκίς											1,41	0,7	72,56	1,57	13,34	5,52	3,04	0,04	0,83									

C = Αφεσσίτης, Do = Δολομίτης, Q = Χαλασίτης, M = Μοσχοβίτης, Se = Σερικίτης, Ch = Χλωρίτης, Ab = Αλβίτης, Ep = Επίδοσο, He = Αιματίτης, Chr = Χρομίτης, Al = Αργιλικά ορυκτά, @ = Σερπεντίνης.
 1 = Φατινόμενο ειδικό βάρος (kg/m³), 2 = Υδαταπορροφητικότητα (%), 3 = Αντοχή στη φλίση (kg/cm²), 4 = Αντοχή στην κάμψη (kg/cm²), 5 = Μέτρο ελαστικότητας (m/cm²), 6 = Αντοχή στη φόρα από τριβή (mm),
 7 = Μικροκλινότητα Κμορ (kg/mm²), * = Μέτρηση κατά DIN 52108.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ**Ορυκτολογική σύσταση (κατά βάρος %) - Mineralogical composition (wt %)**

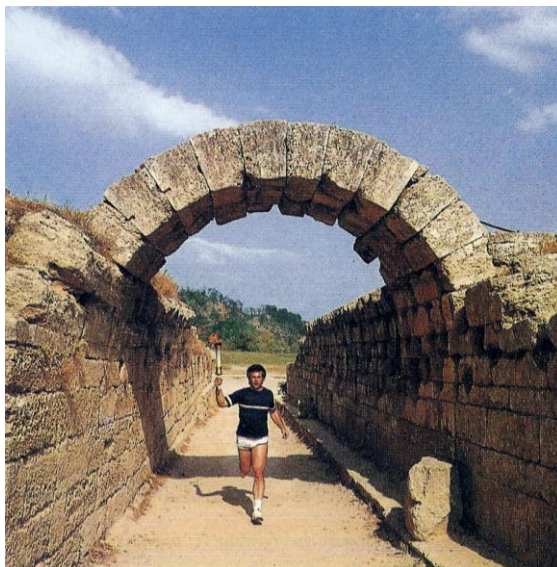
1. Ασβεστίτης - Calcite
2. Δολομίτης - Dolomite
3. Χαλαζίας - Quartz
4. Μοσχοβίτης ή Σερικίτης - Muscovite or Sericite
5. Σερπεντίνης - Serpentine
6. Χλωρίτης - Chlorite
7. Αργιλικά - Clay minerals
8. Λοιπά - Others

Φυσικομηχανικές ιδιότητες - Physicomechanical properties

1. Φαινόμενο ειδικό βάρος - Apparent specific weight (kg/m^3)
2. Υδαταπορρόφηση - Water absorption (wt %)
3. Αντοχή σε θλίψη - Compression strength (kg/m^3)
4. Αντοχή σε κάμψη - Tension strength (kg/m^3)
5. Αντοχή σε φθορά από τριβή - Friction strength (mm)



Εικόνα 87 *Λευκός Πύργος, Ασβεστόλιθος, πρσινοσχιστόλιθος και κεραμικά.*



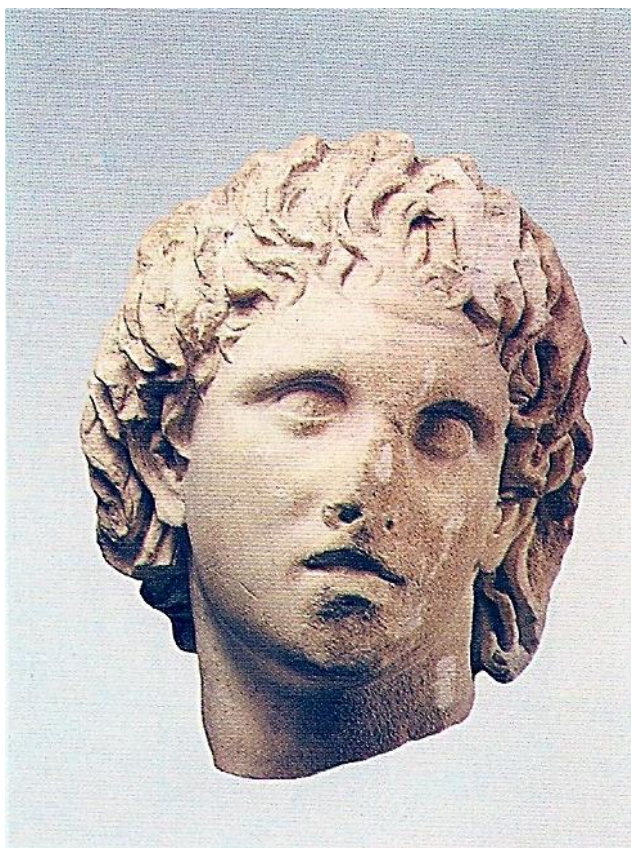
Εικόνα 88 Είσοδος αρχαίου σταδίου Ολυμπίας, Πωρόλιθος.



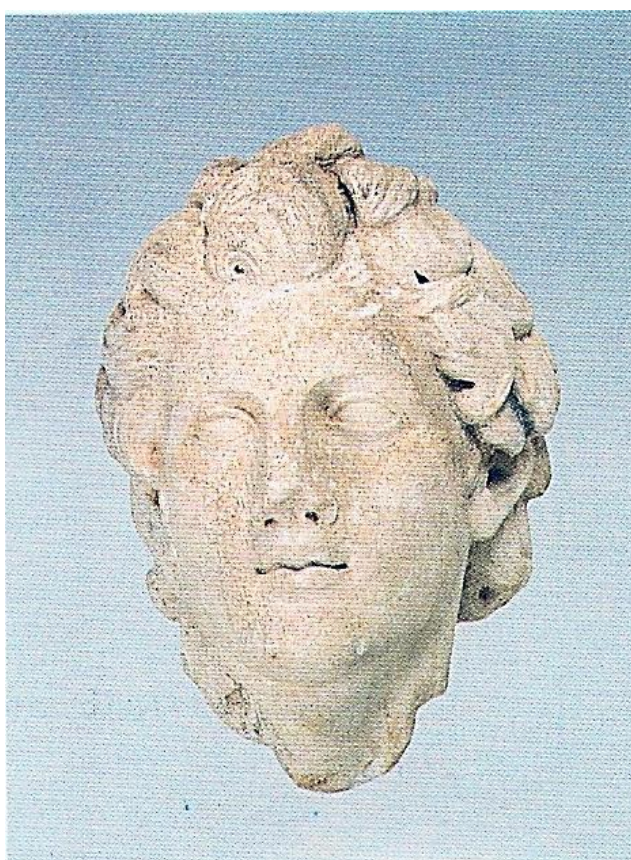
Εικόνα 89 Σχολή Αριστοτέλη (Κοπανός Ναούσης). Ασβεστόλιθος.



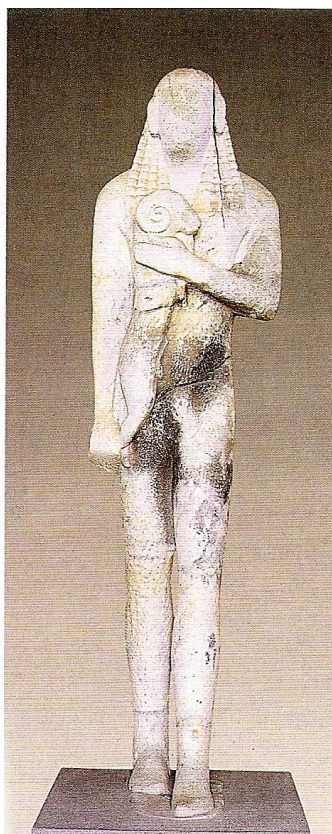
Εικόνα 90 Πρόσοψη τάφου Φιλίππου Β' (Βεργίνα). Πωρόλιθος και δολομίτης.



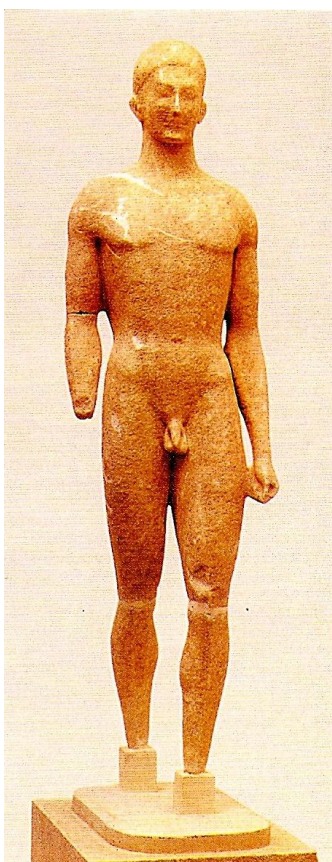
Εικόνα 91 *Κεφαλή Αλεξάνδρου (Πέλλα). Πωρόλιθος.*



Εικόνα 92 *Κεφαλή Αλεξάνδρου (Θάσος). Δολομίτης.*



Εικόνα 93 *Κούρος Ευρωπού Κιλκίς. Πωρόλιθος.*



Εικόνα 94 *Κούρος Θάσου. Δολομίτης.*



Εικόνα 95 Ανάγλυφα εμβλήματα – Γλυπτά έργα.



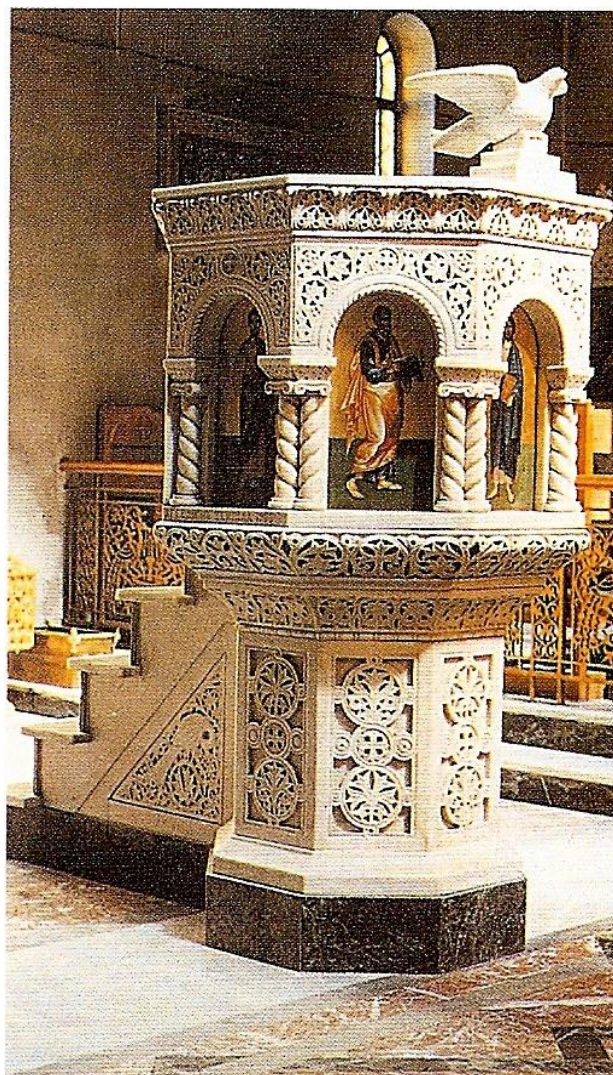
Εικόνα 96 Πλάκες επένδυσης. Σχιστόλιθος Ελευθερούπολης.



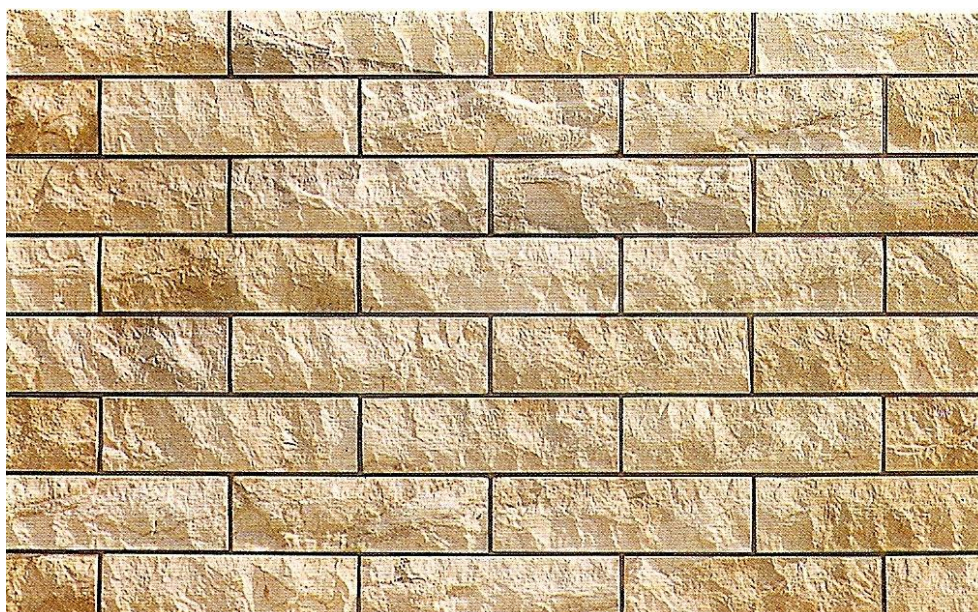
Εικόνα 97 Λίθοι δόμησης (Στενάρια). Σχιστόλιθος Πηλίου.



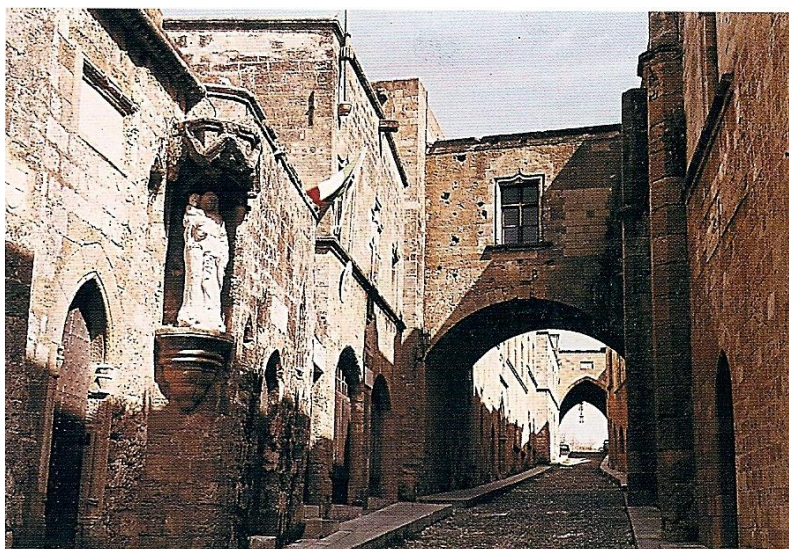
Εικόνα 98 Πλάκες δαπέδου. Σχιστόλιθος Καρύστου.



Εικόνα 99 *Αμβωνας. Μάρμαρο Πεντέλης.*



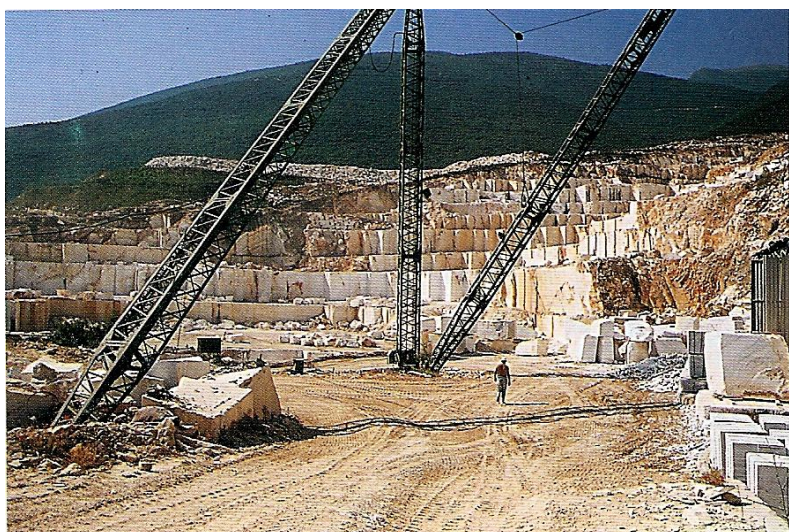
Εικόνα 100 *Λίθοι δόμησης. Σκαπιτσαριστός ασβεστόλιθος Καρνεζαίικων.*



Εικόνα 101 Μεσαιωνική Ρόδος. Παράλια πετρώματα.



Εικόνα 102 Ψηφιδωτά από ασβεστολιθικές κροκάλες και κίονες από πωρόλιθο (Αρχαία Γέλλα).



Εικόνα 103 Λατομείο δολομίτη. Νικήσιανη Καβάλας.

Βιβλιογραφία - Internet

1. Dimitrios Konstantinidis, Nicos Makris: SEISMIC RESPONSE ANALYSIS OF MULTIDRUM CLASSICAL COLUMNS, Proceedings of MeMat2005, June 1-3, 2005, Baton Rouge, Louisiana, USA.
2. H. P. Mouzakis et al.: EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EARTHQUAKE RESPONSE OF A MODEL OF A MARBLE CLASSICAL COLUMN, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 1681-1698, 2002.
3. I. N. Psycharis et al.: NUMERICAL STUDY OF THE SEISMIC BEHAVIOUR OF A PART OF THE PARTHENON PRONAOS, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 32, 2063-2084, 2003.
4. C. Papantonopoulos et al.: NUMERICAL PREDICTION OF THE EARTHQUAKE RESPONSE OF CLASSICAL COLUMNS USING THE DISTINCT ELEMENT METHOD, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31, 1699-1717, 2002.
5. J. S. Morrison et al.: THE ATHENIAN TRIREME, Cambridge University Press.
6. Χρήστος Δ. Λάζος: ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΑ ΕΛΛΑΔΑ, Αίολος.
7. <http://el.wikipedia.org/wiki/Μάρμαρο>
8. http://el.wikipedia.org/wiki/Τεχνητό_μάρμαρο
9. http://el.wikipedia.org/wiki/Μάρμαρο_Πάρου
10. <http://osme.8m.com/greekmarbles.htm>
11. http://www.tnth.edu.gr/aet/thematic_areas/p228.html
12. <http://osme.8m.com/marblequarring.htm>
13. http://www.tnth.edu.gr/aet/thematic_areas/p234.html
14. <http://osme.8m.com/greekmarbleinanc.htm>

15. Α. Ε. Τσιραμπίδη, Τα Ελληνικά Μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά Πετρώματα, εκδ. University Studio Press, Θεσ/κη 1996
16. <http://www.osme.8m.com/kladiki2.htm>
17. Ν. Καζαντζάκης: «Ταξιδεύοντας»
18. Ειδικό φυλλάδιο Αρχαιολογικής Υπηρεσίας (Ναός των Βασσών)
19. http://el.wikipedia.org/wiki/Ναός_Επικούριου_Απόλλωνα
20. http://elladomania.blogspot.com/2010/02/blog-post_20.html
21. <http://www.hellenica.de/>
22. [http://el.wikipedia.org/wiki/Αγία_Σοφία_\(Κωνσταντινούπολη\)](http://el.wikipedia.org/wiki/Αγία_Σοφία_(Κωνσταντινούπολη))
23. <http://www.remaliacub.gr/forum/showthread.php?t=2709>
24. <http://el.wikipedia.org/wiki/Κιονόκρανο>
25. Απόσπασμα από κείμενο της Άννας-Μαγδαληνής Αργύρη (Αιολικός ρυθμός)
26. <http://el.wikipedia.org/wiki/Κρηπίδα>
27. Μ. Κορρές, Αρχιτέκτων, Αναπληρωτής Καθηγητής Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. «Αρχαία τεχνολογία υπερνίκησης μεγάλων βαρών»
28. Τάσος Τανούλας, Δρ Αρχιτέκτων. Υπηρεσία Συντήρησης Μνημείων Ακροπόλεως (ΥΠΠΟ)
29. Ρεπορτάζ που δημοσιεύτηκε την Παρασκευή 27 Ιουνίου 2008 στην εφημερίδα «Απογευματινή», (Σεισμική συμπεριφορά των κιόνων)
30. http://www.apologitis.com/gr/ancient/byz_arxitektoniki.htm