



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Τομέας Μεταλλευτικής Τεχνολογίας - Εργαστήριο Μελέτης &**

**Σχεδιασμού Εκμεταλλεύσεων**

**SCHOOL OF MINERAL RESOURCES ENGINEERING**

**Division of Mining Technology – Laboratory of Mine Design**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ:**

**ΠΑΡΕΛΘΟΝ, ΠΑΡΟΝ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΚΑΝΕΛΛΟΣ**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Εξαδάκτυλος Γεώργιος, Καθηγητής Π.Κ (επιβλέπων)

Γαλετάκης Μιχαήλ, Καθηγητής Π.Κ

Σαράτσης Γεώργιος, ΕΔΙΠ

**ΧΑΝΙΑ**  
**ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ, 2021**

Η έγκριση της παρούσας διπλωματικής εργασίας από το Πολυτεχνείο Κρήτης, δεν σημαίνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Νόμος 5343/1932, άρθρο 202).

αφιερώνεται στους γονείς μου Αλεξάνδρα και Σταύρο  
και στον αδερφό μου Τάσο

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, Δρ. Εξαδάκτυλο Γεώργιο, καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης και διευθυντή του εργαστηρίου μελέτης και σχεδιασμού εκμεταλλεύσεων, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου την εκπόνηση του θέματος αυτού, καθώς επίσης για την πολύτιμη καθοδήγησή του και την άριστη συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την πορεία της φοιτητικής μου διαδρομής, αλλά και κατά την διάρκεια πραγμάτωσης της εργασίας.

Ιδιαίτερος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γεώργιο Σαράτση, μέλος του εργαστηρίου μελέτης και σχεδιασμού εκμεταλλεύσεων, για την συνεισφορά του στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για την πολύτιμη καθοδήγηση και συμβουλευτική βοήθειά του.

Εγκάρδιες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω και στους κα. Δημήτρα Αλτ, κ. Γεράσιμο Πανόπουλο, κ. Κωνσταντίνο Σαρρή, κ. Δημήτριο Τσεβά και κ. Δημήτριο Φελέκη για την πολύτιμη βοήθειά τους και άψογη συνεργασία τους στο παρελθόν, παρόν και μέλλον.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γαλετάκη Μιχαήλ, μέλος της εξεταστικής επιτροπής.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υπομονή και την πολύτιμη υποστήριξή τους σε όλη μου τη σπουδαστική διαδρομή.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον αδερφικό φίλο και συνάδελφο κ. Παπαδόπουλο - Μενιδιάτη Χαράλαμπο για την ανιδιοτελή υποστήριξή του και την φιλοξενία του, όποτε την χρειάστηκα.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κλάδος των διακοσμητικών λίθων, αποτελεί έναν τομέα μείζονος σημασίας για τη χώρα μας. Από την εξόρυξη έως την πώληση του τελικού προϊόντος, περιλαμβάνονται πολλά στάδια κοπής και επεξεργασίας των διακοσμητικών πετρωμάτων, τα οποία παρουσιάζονται εκτενώς στο παρόν πόνημα. Εκτίθεται μια γενική επισκόπηση και ανάλυση των μεθόδων και τεχνικών κοπής των διακοσμητικών λίθων, τόσο σύγχρονων όσο και παλαιότερων, σχεδιασμένες λαμβάνοντας υπόψη τα τεχνικά χαρακτηριστικά, ιδιότητες και διαφορές μεταξύ των διαφόρων πετρωμάτων στα οποία γίνεται αναφορά. Παρουσιάζονται επίσης στατιστικά στοιχεία του κλάδου καθώς και η σημαντική συνεισφορά της βιομηχανίας αυτής στην ελληνική οικονομία. Τέλος, μέσα από μια προσπάθεια πρόβλεψης του μέλλοντος του κλάδου, προτείνονται βελτιωτικές διαδικασίες για τους τομείς που επιδέχονται περαιτέρω έρευνα καθώς και η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών με σκοπό την μεγαλύτερη ασφάλεια, τη μείωση των χρόνων παραγωγικής διαδικασίας και την εξοικονόμηση κεφαλαίου και ενέργειας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	viii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1.: Εισαγωγικό Σημείωμα .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2.: Στόχος της εργασίας.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1.: Κυριότεροι Φυσικοί Διακοσμητικοί Λίθοι .....	10
2.1.1. Το Μάρμαρο .....	10
2.1.2. Γρανίτης.....	15
2.1.3. Φυσικές και Μηχανικές Ιδιότητες Διακοσμητικών Λίθων .....	20
2.2.: Στατιστικά της Βιομηχανίας Διακοσμητικών Λίθων.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΣΕ .....	29
ΛΑΤΟΜΕΙΑ / ΕΞΟΡΥΞΗ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ.....	29
3.1.: Εισαγωγικά στοιχεία .....	29
3.2.: Μέθοδοι και Τεχνικές Κοπής στο Λατομείο.....	31
3.2.1.: Γάζωμα .....	31
3.2.2.: Συρματοκοπή.....	33
3.2.3.: Κοπή με αλυσοπρίονο .....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΣΕ .....	37
ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ (ΣΧΙΣΤΗΡΙΑ) / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ .....	37
ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ.....	37
4.2. Πρωτογενής κοπή – Ορθογωνισμός των όγκων .....	39

4.3. Δευτερογενής κοπή – Σχίσσιμο των όγκων .....	43
4.4. Τριτογενής κοπή – Διαμόρφωση λωρίδων και πλακιδίων.....	46
4.5. Τεταρτογενής κοπή – Ειδικές κοπές, Επεξεργασία & Παραγωγή τελικών προϊόντων	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ.....	53
ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ.....	53
ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ.....	53
5.1. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υλικών και του μηχανολογικού εξοπλισμού .....	53
5.2. Μείωση κόστους διαδικασιών – Εξοικονόμηση ενέργειας .....	53
5.3.: Αντικατάσταση της χρήσης τελάρων σε πολύσυρμα μηχανήματα για την κοπή του μαρμάρου .....	55
5.4. Ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στη βιομηχανία διακοσμητικών λίθων .....	56
5.5. Το πρόβλημα της γραφειοκρατίας .....	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	58

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Παρθενώνας, ένα θαύμα του κόσμου από Πεντελικό μάρμαρο [www.flickr.com/photos/68686051@N00/2416778389] .....	1
Εικόνα 2: Παρουσίαση διακοσμητικών λίθων ανά Περιφέρεια [Ι.Γ.Μ.Ε.] .....	2
Εικόνα 3: Άτλαντας των κυριότερων διακοσμητικών πετρωμάτων και δομικών λίθων της Ελλάδας (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2015) .....	3
Εικόνα 4: Τύποι εμπορικών μαρμάρων [www.tinostone.com/types-of-marble] .....	5
Εικόνα 5: Τύποι εμπορικών γρανιτών [www.wikipedia.org/wiki/Granite#/media/File:Various_granites.jpg] .....	6
Εικόνα 6: Τύποι Τεχνομαρμάρων [www.squarefootflooring.com/olympia-tiles-porcelain- tiles-floor-wall-tiles/tech-marble-matte-and-semi-polished-porcelain-tiles-color-mud-beige- grey-white-size-12x24/] .....	7
Εικόνα 7: Δείγματα Τεχνογρανιτών [http://atcmayflower.com/?page_id=282] .....	8
Εικόνα 8: Δείγματα Τεχνοχαλαζιτών [https://www.precisionstonedesigns.com/products/quartz-countertops/] .....	8
Εικόνα 9: Προϊόντα μαρμάρου σε πλατεία σχιστηρίου .....	10
Εικόνα 10: Δείγματα διαφορετικών ειδών εμπορικών μαρμάρων .....	11
Εικόνα 11: Πιθανά "ψεγάδια" στο μάρμαρο .....	13
Εικόνα 12: Εξορυγμένος όγκος γρανίτη, έτοιμος για επεξεργασία και κοπή [https://www.regattaexports.com/product/kuppam-green-granite-block/] .....	15
Εικόνα 13: Τύποι εμπορικών γρανιτών .....	16
Εικόνα 14: Πιθανά "ψεγάδια" στο γρανίτη (Stone, 2015) .....	18
Εικόνα 15: Ευρωπαϊκά πρωτόκολλα σε δοκιμές φυσικών .....	20
Εικόνα 16: Σημαντικότερες σε εξαγωγές χώρες .....	23
Εικόνα 17: Κύριες χρήσεις προορισμού του μαρμάρου [Εργαστήριο Λίθος, Ι.Γ.Μ.Ε., 2006] .....	24
Εικόνα 18: Γεωγραφική κατανομή λατομείων μαρμάρου [Η διαχείριση των λατομείων μαρμάρου .....	25
Εικόνα 19: Αριθμητική κατανομή λατομείων μαρμάρου [Η διαχείριση των λατομείων μαρμάρου .....	25
Εικόνα 20: Κύριοι εξαγωγικοί εταίροι της Ελλάδας και μερίδιο εξαγωγών για .....	26
Εικόνα 21: Πορεία ελληνικών εξαγωγών 2012-2019 (σε εκατ. ευρώ) [ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing] .....	27
Εικόνα 22: Πορεία ελληνικών εξαγωγών την περίοδο του Covid-19 σε σύγκριση με τους ...	27
Εικόνα 23: Πορεία παγκόσμιων εξαγωγών την περίοδο του Covid-19, σε σύγκριση με τους	28
Εικόνα 24: Εξορυγμένος όγκος μαρμάρου έτοιμος για επεξεργασία .....	29
Εικόνα 25: Κάθετα και οριζόντια διατρήματα για εξόρυξη .....	30
Εικόνα 26: Μεταλλικές Σφήνες [www.stonecontact.com/products-789032/mining-dia-22mm- rock-splitting-shims-and-wedges] .....	32
Εικόνα 27: Διογκώσιμο Μίγμα [https://www.stonecontact.com/products-498572/expansive- mortar] .....	32



Εικόνα 28: Όψη συστήματος συρματοκοπής [«Diamond wire cutting: failure modes, risks for safety and .....]	33
Εικόνα 29: Σύστημα συρματοκοπής [ <a href="http://www.dazzinimacchine.com/uk/diamond-wire-machines-for-marble/series-1000-widecutter-for-marble.asp">http://www.dazzinimacchine.com/uk/diamond-wire-machines-for-marble/series-1000-widecutter-for-marble.asp</a> ] .....	33
Εικόνα 30: Μεγεθυμένη άποψη συρματοσκοίνου .....	34
Εικόνα 31: Αλυσοπρίονο [ <a href="https://www.fantinispa.it/en/70superh-bank-chain-saw-machine/">https://www.fantinispa.it/en/70superh-bank-chain-saw-machine/</a> ] .....	35
Εικόνα 32: Παράδειγμα χρήσης αλυσοπρίονου στο πεδίο .....	36
Εικόνα 33: Άποψη διαφόρων σταδίων κοπής σε σχιστήριο .....	37
Εικόνα 34: Στιγμιότυπο ορθογωνισμού όγκου .....	39
Εικόνα 35: Μονόλαμο εν αναμονή φόρτωσης .....	40
Εικόνα 36: Μονόσυρμα σε λειτουργία ορθογωνισμού γρανιτικού όγκου [ <a href="https://www.pedrini-italia.it/en/products/singlewire-jupiter-gs210">https://www.pedrini-italia.it/en/products/singlewire-jupiter-gs210</a> ] .....	41
Εικόνα 37: Γιγαντιαίος δίσκος κοπής κατά τη διαδικασία διαχωρισμού όγκου [ <a href="https://www.pedrini-italia.it/en/products/genesis-gs141-142">https://www.pedrini-italia.it/en/products/genesis-gs141-142</a> ] .....	42
Εικόνα 38: Σχισμένες πλάκες μαρμάρου και γρανίτη στην πλατεία σχιστηρίου .....	43
Εικόνα 39: Τελάρο εν αναμονή φόρτωσης .....	44
Εικόνα 40: Πολύσυρμα κατά τη διάρκεια κοπής όγκου γρανίτη [ <a href="https://www.pedrini-italia.it/en/products/multiwire-jupiter-gs220-0">https://www.pedrini-italia.it/en/products/multiwire-jupiter-gs220-0</a> ] .....	45
Εικόνα 41: Κόφτης σε αναμονή .....	46
Εικόνα 42: Κόφτης σε λειτουργία .....	47
Εικόνα 43: Κόφτης λωρίδων [ <a href="https://www.pedrini-italia.it/en/products/m744">https://www.pedrini-italia.it/en/products/m744</a> ] .....	48
Εικόνα 44: Λουστρική [ <a href="https://www.pedrini-italia.it/en/products/calibrating-polishing-machine-galaxy-slabs">https://www.pedrini-italia.it/en/products/calibrating-polishing-machine-galaxy-slabs</a> ] .....	49
Εικόνα 45: Διάφορα είδη φινιρίσματος για τραχιά επιφάνεια διακοσμητικού πετρώματος [Οδηγός Αγοράς TECH4STONE, 2008] .....	49
Εικόνα 46: Μουρελομηχανή .....	50
Εικόνα 47: Διάφορα είδη φινιρίσματος σε μουρέλα και κεφάλια .....	50
Εικόνα 48: Waterjet [ <a href="https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/waterjet-cutting-systems.c115396/waterjet-cutting-machines.125566/brembana-aquatec.125567">https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/waterjet-cutting-systems.c115396/waterjet-cutting-machines.125566/brembana-aquatec.125567</a> ] .....	51
Εικόνα 49: CNC κόφτης [ <a href="https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/cnc-machining-centers.c115395/5-6-axes-cnc-machines.115405/brembana-grex.12315">https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/cnc-machining-centers.c115395/5-6-axes-cnc-machines.115405/brembana-grex.12315</a> ] .....	52
Εικόνα 50: Πιστό αντίγραφο της Νίκης της Σαμοθράκης [ <a href="https://www.fhl.gr/el/εγκαταστάσεις-μηχανήματα">https://www.fhl.gr/el/εγκαταστάσεις-μηχανήματα</a> ] .....	52

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1.: Εισαγωγικό Σημείωμα

Ζούμε σε έναν ευλογημένο τόπο, όπου η Ελλαδική Γη μας προσφέρει απλόχερα τους θησαυρούς της. Υπό το πρίσμα του Μηχανικού Ορυκτών Πόρων, αυτός ο πλούτος γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτός καθώς αποκτά διάφορα ονόματα, με ποικίλα χρώματα, ιδιότητες και μορφές. Το παρόν πόνημα πραγματεύεται έναν κλάδο που σημαίνει πολλά για τη χώρα μας. Την λάξευση των διακοσμητικών λίθων, την κοπή και επεξεργασία του μαρμάρου και του γρανίτη, διακοσμητικά υλικά με φυσική ομορφιά και μεγάλη αντοχή στο χρόνο. Όπως άλλωστε μου είπε ένας σοφός μαρμαράς που έχει φύγει πλέον από τη ζωή, *«Τα μάρμαρα μιλούν μεσ' από τους αιώνες, χωρίς αυτά η Ελλάδα, δεν θα 'χε Παρθενώνες (εικόνα 1).»*



Εικόνα 1: Παρθενώνας, ένα θαύμα του κόσμου από Πεντελικό μάρμαρο [[www.flickr.com/photos/68686051@N00/2416778389/](http://www.flickr.com/photos/68686051@N00/2416778389/)]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2.: Στόχος της εργασίας

Στόχος της εργασίας αυτής, είναι μια γενική επισκόπηση και συγκεντρωτική ανάλυση στις **μεθόδους και τεχνικές κοπής διακοσμητικών λίθων**, σε όλη τη χρονική διάρκεια που νοούνται ως βιομηχανική διαδικασία, καθώς επίσης και προβλέψεις, προτάσεις και συμπεράσματα από την έρευνα του τομέα. Με την πάροδο των ετών και την ανάπτυξη της τεχνολογίας και των μηχανημάτων εξόρυξης, παραγωγής και επεξεργασίας διακοσμητικών λίθων, έχουν αλλάξει πολύ οι δυνατότητες τόσο στο κομμάτι της εξόρυξης όσο και στο κομμάτι της κοπής και επεξεργασίας. Παρατηρώντας και αναλύοντας την εξέλιξη αυτή λοιπόν, προκύπτει η ανάγκη **πρόβλεψης για το μέλλον** ως προς τα τμήματα και τους τομείς που επιδέχονται περαιτέρω έρευνα για βελτίωση, αλλά και την προσθήκη και **προσαρμογή νέων τεχνολογιών** για την καλύτερη παραγωγική διαδικασία υπό το πρίσμα του **κόστους, του χρόνου και της ασφάλειας**.

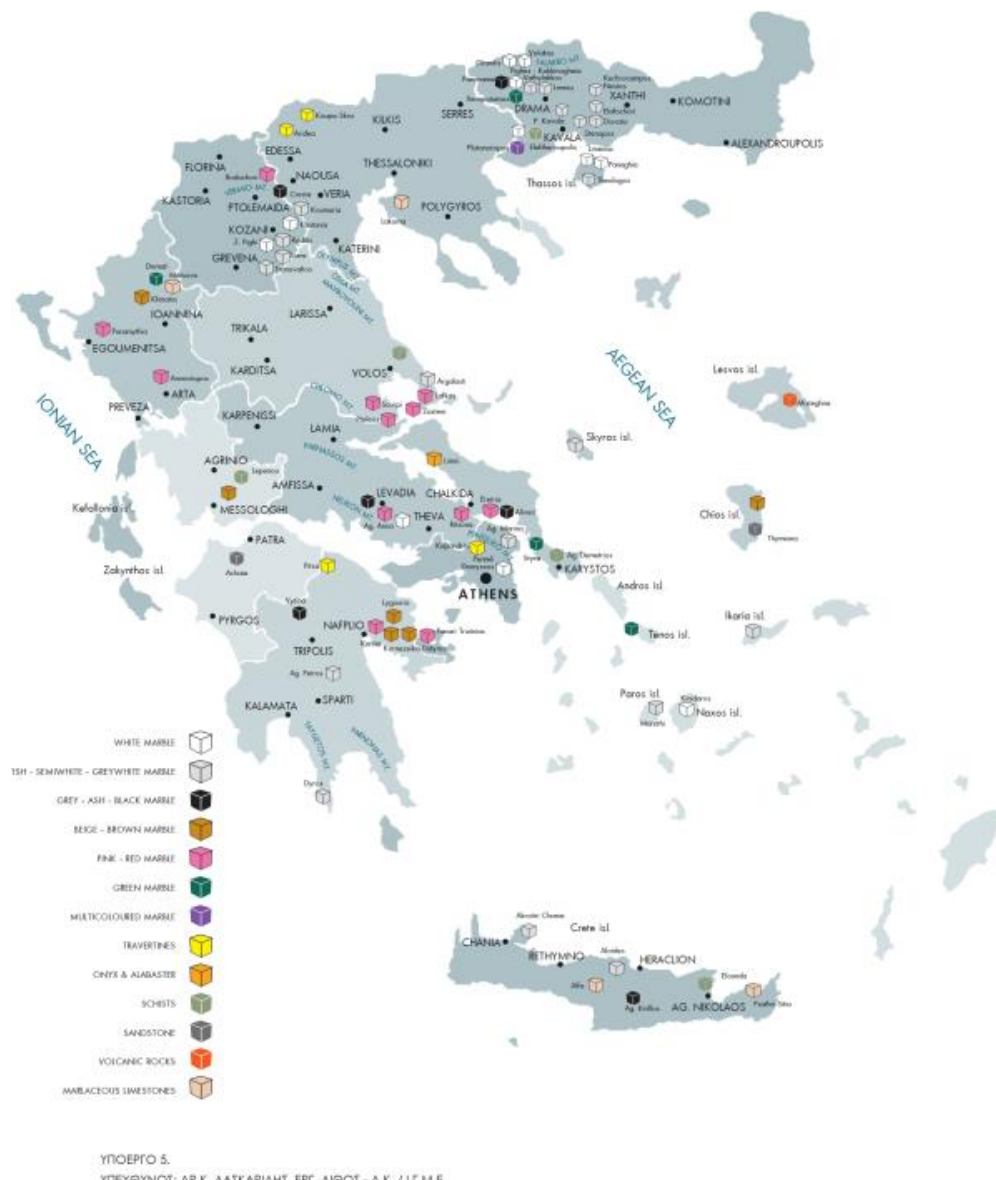
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΟΙ ΛΙΘΟΙ

Στο παρόν κεφάλαιο, αναπτύσσονται γενικότερα θέματα για το μάρμαρο και το γρανίτη σαν υλικά, όπως ο σχηματισμός, η προέλευση και οι χρήσεις τους, καθώς και οι φυσικές και μηχανικές τους ιδιότητες. Αναφέρονται επίσης κάποιες πληροφορίες για την ιστορία τους, τη σχέση τους με τον ελληνικό χώρο και την εξαιρετική τους ποιότητα.



Εικόνα 2: Παρουσίαση διακοσμητικών λίθων ανά Περιφέρεια [Ι.Γ.Μ.Ε.]

Ως διακοσμητικούς λίθους, μπορούμε να ορίσουμε τα φυσικά πετρώματα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί κοπή σε πλακίδια και πλάκες μικρού σχετικά πάχους και περαιτέρω επεξεργασία λείανσης ή/και στίλβωσης, των οποίων οι ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά και η αισθητική τα καθιστούν κατάλληλα για εφαρμογές και χρήσεις στους κλάδους της κατασκευής, της διακόσμησης, της δόμησης, ακόμη και των καλών τεχνών, με κυριότερο παράδειγμα την γλυπτική. Η μοναδικότητα κάθε πετρώματος, έχει άμεση σχέση με την «καταγωγή» του, τον τόπο δηλαδή από τον οποίο εξορύσσεται, αλλά όχι μόνο. Η ορυκτολογική σύστασή του, οι διεργασίες σχηματισμού του, η γεωλογική εποχή της δημιουργίας του είναι μερικοί από τους παράγοντες που δίνουν στον κάθε διακοσμητικό λίθο την «ταυτότητά» του. Η Ελλάδα είναι μια χώρα με μεγάλη παρουσία και ποικιλία διακοσμητικών λίθων, όπως διαφαίνεται στις εικόνες 2 και 3.



Εικόνα 3: Άτλαντας των κυριότερων διακοσμητικών πετρωμάτων και δομικών λίθων της Ελλάδας (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2015)

Από τη σκοπιά της **Γεωλογίας**, μπορούμε να πούμε πως οι διακοσμητικοί λίθοι, χωρίζονται σε τρεις διαφορετικές ομάδες, με βάση την προέλευση και τη δημιουργία τους, τα ιζηματογενή, τα εκρηξιγενή και τα μεταμορφωμένα πετρώματα.

- **Ιζηματογενή Πετρώματα**, μπορούμε να ορίσουμε τα πετρώματα που αποτελούν προϊόντα αποσάρθρωσης άλλων εύθρυπτων, ευδιάλυτων φυσικών υλικών. Από την αρχική τους θέση στο φλοιό της γης, δεχόμενα εξωγενείς επιδράσεις με κυριότερη την επίδραση του νερού της βροχής αλλά και αλλαγές στη θερμοκρασία, αιολικές επιδράσεις κ.ά., οδηγήθηκαν σε κατάλληλες για ιζηματογένεση κοιλότητες. Έτσι, με την πάροδο του χρόνου, μετατράπηκαν σε ομογενείς λίθους. Βασικότερα παραδείγματα ιζηματογενών πετρωμάτων είναι οι ασβεστόλιθοι, οι μάργες, οι τραβερτίνες, τα λατυποπαγή και τα ψαμμιτικά πετρώματα.
- **Εκρηξιγενή Πετρώματα**, μπορούμε να ορίσουμε τα πετρώματα που αποτελούν προϊόντα ηφαιστειακής δραστηριότητας. Συνοπτικά, τόσο στην επιφάνεια από κάποια ηφαιστειακή έκρηξη, όσο και σε μεγαλύτερα βάθη του υπεδάφους με παρουσία μάγματος, υπό συγκεκριμένες κατάλληλες συνθήκες πιέσεων και θερμοκρασίας στην πάροδο του χρόνου, έχουμε στερεοποίηση του μάγματος, από την οποία προκύπτουν τα πετρώματα αυτά. Ανάλογα με τις συνθήκες και το βάθος δημιουργίας τους, χωρίζονται σε δύο βασικές υποκατηγορίες, (α) *τους πλουτωνίτες*, που αφορούν πετρώματα που δημιουργήθηκαν στο υπέδαφος, με κυριότερα από αυτά τους πραγματικούς γρανίτες, τους διορίτες, τους γάββρους και τους περιδοτίτες και (β) *τους ηφαιστίτες*, που όπως μαρτυρά και η ονοματολογία τους, προέρχονται από ηφαιστειακή λάβα που έφτασε στην επιφάνεια της γης, ψύχθηκε και στερεοποιήθηκε. Χαρακτηριστικά πετρώματα από την κατηγορία αυτή είναι οι ανδεσίτες, πορφυρίτες, ρυόλιθοι, δακίτες και βασάλτες.
- **Μεταμορφωμένα Πετρώματα**, μπορούμε να ορίσουμε τα πετρώματα από τα δύο προηγούμενα σύνολα που υφίστανται ολική ή μερική μεταμόρφωση. Ως μεταμόρφωση, καλείται ένα σύνολο φυσικών και χημικών μεταβολών, υπό υψηλές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Λόγω του τρόπου γένεσής τους, τα μεταμορφωμένα πετρώματα παρουσιάζουν έντονη κρυσταλλοσχιστότητα. Παραδείγματα της κατηγορίας αυτής είναι τα γνήσια μάρμαρα, οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, τα δολομιτικά μάρμαρα, ο όνυχας, οι σχιστόλιθοι και οι γνεύσιοι.



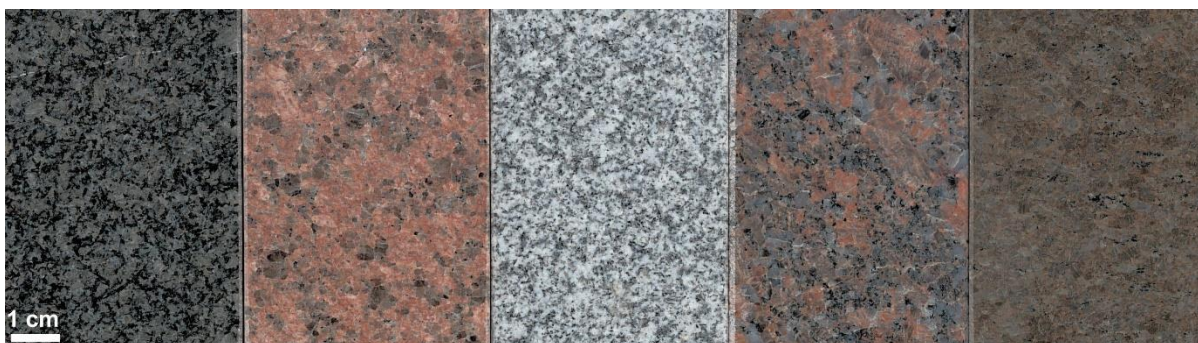
Οι κλάδοι όμως που αφορούν τους διακοσμητικούς λίθους, πολλές φορές δεν συμπορεύονται με τις ακριβείς επιστημονικές ονομασίες και διαχωρισμούς, έτσι στη **βιομηχανία διακοσμητικών λίθων** και στην εμπορική τους διάσταση, τα πετρώματα αυτά χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, που περιλαμβάνουν πληθώρα διαφορετικών τύπων πετρωμάτων. Τα **μάρμαρα** και τους **γρανίτες**.



Εικόνα 4: Τύποι εμπορικών μαρμάρων [[www.tinostone.com/types-of-marble](http://www.tinostone.com/types-of-marble)]

Ως **μάρμαρα** (εικόνα 4), εννοούνται στην αγορά συνήθως τόσο ασβεστολιθικά όσο δολομιτικά πετρώματα με χαμηλής σχετικά σκληρότητας ορυκτά, στο εύρος 3-4 της κλίμακας του Mohs.

Συμπληρωματικά, ως **γρανίτες** (εικόνα 5) εννοούνται τα φυσικά πετρώματα με μεγαλύτερη σκληρότητα (5 - 7 στην κλίμακα του Mohs). Αυτά είναι κυρίως εκρηξιγενή πετρώματα όπως οι πλουτωνίτες, οι γρανίτες, οι διορίτες κ.ά.



Εικόνα 5: Τύποι εμπορικών γρανιτών [[www.wikipedia.org/wiki/Granite#/media/File:Various\\_granites.jpg](http://www.wikipedia.org/wiki/Granite#/media/File:Various_granites.jpg)]

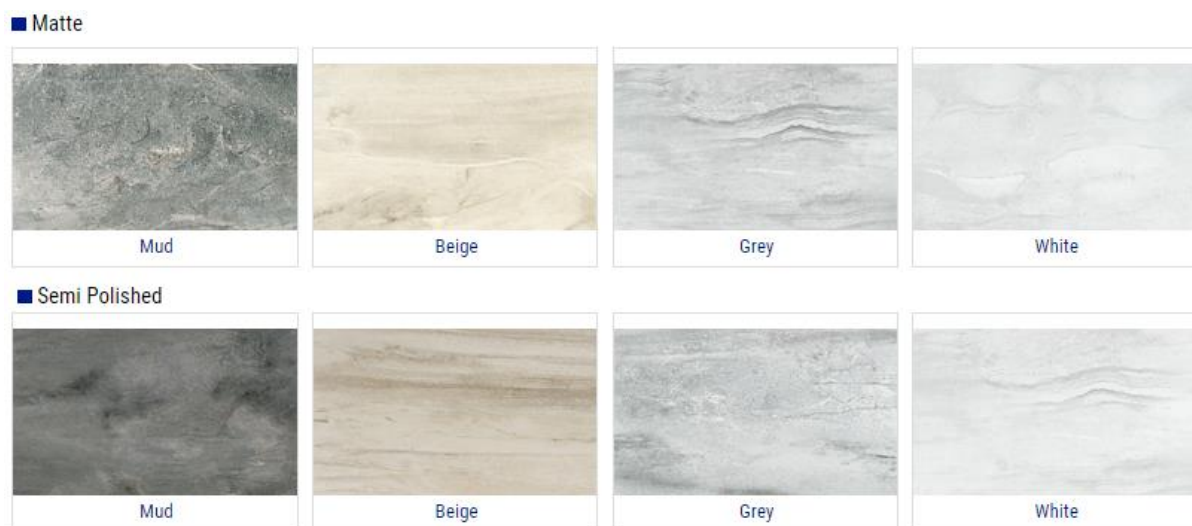
### *Τεχνητοί Διακοσμητικοί Λίθοι*

Μιλώντας για τη βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων, δεν μπορεί να μη γίνει αναφορά σε ένα μεγάλο κομμάτι της «πίτας» της αγοράς, τα **τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα**. Στην παρούσα εργασία δεν θα μας απασχολήσει, καθώς δεν εξορύσσεται αλλά παράγεται με βιομηχανικές μεθόδους και οι μέθοδοι και τεχνικές κοπής τους, ανάλογα με τον τύπο τους συμπίπτουν με αυτές των φυσικών πετρωμάτων, η ανάγκη όμως δημιουργίας τους τις τελευταίες δεκαετίες, μας οδηγεί σε σκέψεις για το μέλλον του κλάδου και το πως μπορούμε να εκμεταλλευτούμε τα δεδομένα που αντλούμε από τις παραγωγικές διαδικασίες και τα αποτελέσματά του, για να βελτιστοποιήσουμε διαδικασίες που αφορούν τα φυσικά μάρμαρα και τους γρανίτες.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα φυσικά πετρώματα, όντας μοναδικά, συνοδεύονται και από κάποια αρνητικά χαρακτηριστικά για την εμπορεύσιμη υπόστασή τους, όπως η ανομοιογένεια, πιθανές ρηγματώσεις, οξείδωση, ύπαρξη υαλώδους υλικού στη σύσταση της επιφάνειας που στη βιομηχανία πολλές φορές αναφέρεται ως «ψώρα» και άλλα μειονεκτήματα που θα αναλυθούν περαιτέρω σε επόμενα κεφάλαια. Αναζητήθηκαν λοιπόν υλικά, που ξεπερνούν τα παραπάνω προβλήματα, διατηρώντας όμως τα θετικά χαρακτηριστικά των φυσικών πετρωμάτων, όπως η αντοχή και η υψηλή αισθητική τους. Με περιεκτικότητα πάνω από 90% σε φυσικά πετρώματα και συγκολλητικές ρητινούχες ουσίες, οι τεχνητοί διακοσμητικοί λίθοι, χωρίζονται σε τρεις εμπορικές κατηγορίες:

- **Τεχνομάρμαρα** (εικόνα 6)

Αποτελούνται από έγχρωμο σκυρόδεμα με ενισχυτικά πολυεστερικά ινώδη υλικά. Όταν ξεκίνησε η παραγωγή τους, αρκετές δεκαετίες παλαιότερα, χρησιμοποιούνταν κυρίως θρύμματα φυσικών μαρμάρων σε κατάλληλη κοκκομετρία και τσιμέντο. Αποτέλεσμα της διαδικασίας ήταν τεχνητά ξωφάρια, όγκοι τεχνομαρμάρου που ακολουθούσαν τις διεργασίες επεξεργασίας και κοπής του φυσικού μαρμάρου. Τη σημερινή εποχή, συνήθως παράγεται σε ειδικά καλούπια, με κύρια συστατικά του ρητίνες, πληρωτικά υλικά και ειδικές ουσίες χρωματισμού. Έτσι, επιτυγχάνεται πολύ καλύτερη ομοιομορφία συγκριτικά με έναν φυσικό όγκο. Οι χρήσεις του όμοιες με αυτές του φυσικού μαρμάρου. Τα τελευταία χρόνια, βρίσκουν χώρο και στην επιστήμη της αποκατάστασης μνημείων, με εκμαγείο της ζωοφόρου του Παρθενώνα, να έχει κατασκευαστεί από τεχνητό μάρμαρο.

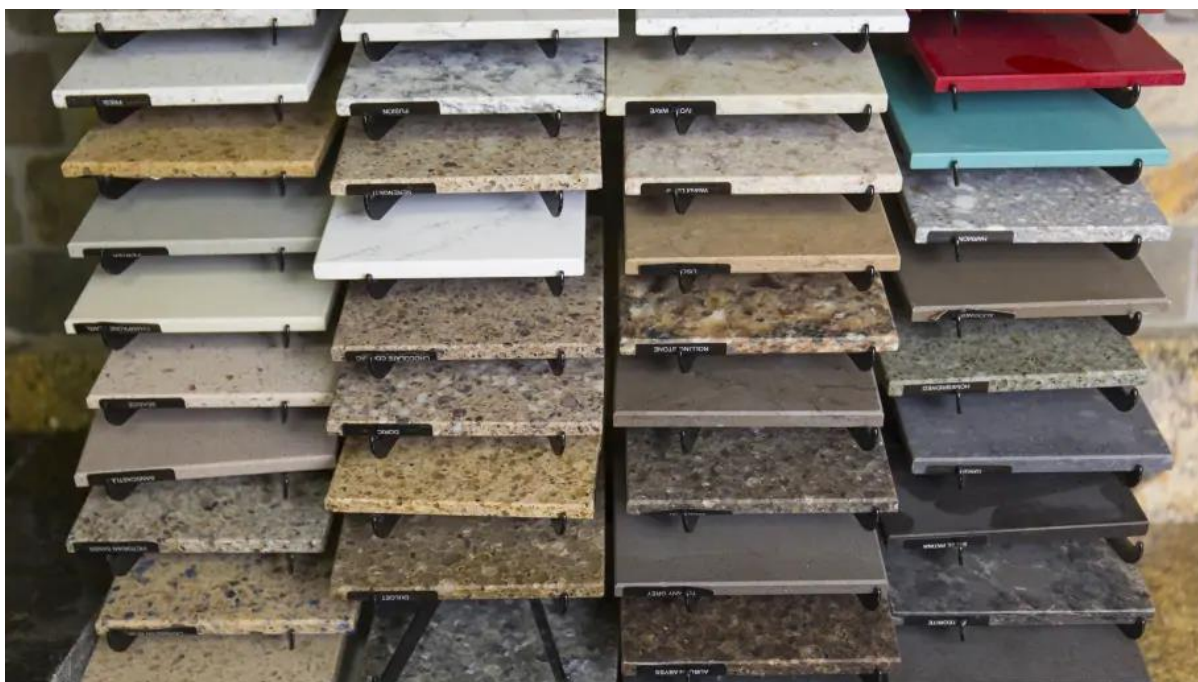


Εικόνα 6: Τύποι Τεχνομαρμάρων [[www.squarefootflooring.com/olympia-tiles-porcelain-tiles-floor-wall-tiles/tech-marble-matte-and-semi-polished-porcelain-tiles-color-mud-beige-grey-white-size-12x24/](http://www.squarefootflooring.com/olympia-tiles-porcelain-tiles-floor-wall-tiles/tech-marble-matte-and-semi-polished-porcelain-tiles-color-mud-beige-grey-white-size-12x24/)]

- **Τεχνογρανίτες** (εικόνα 7)

Ο Τεχνογρανίτης είναι συνθετικό χαλαζιακό πέτρωμα, με παρόμοια συστατικά με το τεχνητό μάρμαρο, αλλά μεγαλύτερη σκληρότητα, χαμηλή υδατοαπορροφητικότητα και μεγάλες μηχανικές αντοχές, κυρίως σε χάραξη. Λόγω των παραπάνω, η παραγωγή του τεχνογρανίτη διαφέρει έντονα από αυτή των τεχνομαρμάρων, καθώς παράγεται απευθείας σε μορφή πλακών, ώστε να αποφευχθεί η κοπή του. Κύριες χρήσεις του συναντώνται στον κλάδο της κατασκευής.

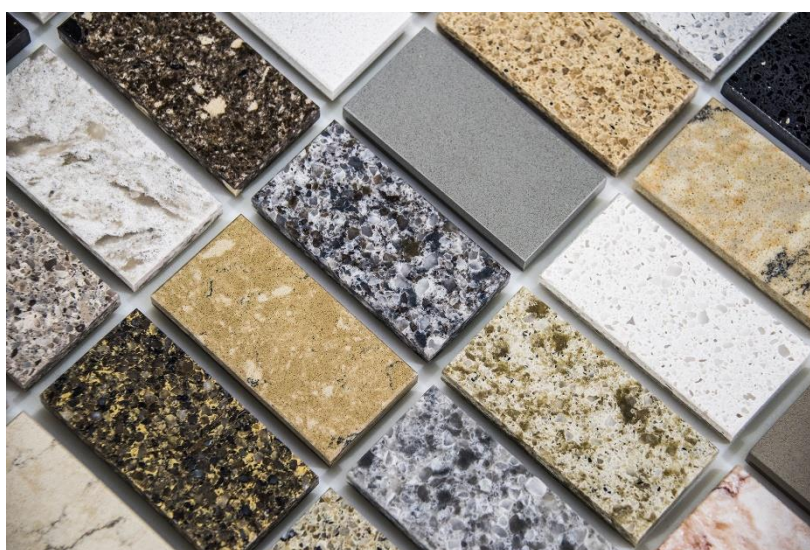




Εικόνα 7: Δείγματα Τεχνογρανιτών [[http://atcmayflower.com/?page\\_id=282](http://atcmayflower.com/?page_id=282)]

- **Τεχνοχαλαζίτες (εικόνα 8)**

Ο Τεχνοχαλαζίτης, αποτελεί συνθετικό πέτρωμα, με βασικό του συστατικό τη φυσική χαλαζιακή άμμο ή «σπασμένο» φυσικό χαλαζία. Η παραγωγή, η επεξεργασία και οι χρήσεις του, ακολουθούν τα παραπάνω τεχνητά διακοσμητικά πετρώματα.



Εικόνα 8: Δείγματα Τεχνοχαλαζιτών [<https://www.precisionstonedesigns.com/products/quartz-countertops/>]

Οι τεχνητοί διακοσμητικοί λίθοι παρουσιάζουν πληθώρα πλεονεκτημάτων έναντι των φυσικών πετρωμάτων όπως την παραγωγή όγκων και πλακών σε καθορισμένες διαστάσεις, χωρίς ρετάρια και φύρες, την απόλυτη ομοιομορφία και την πολύ μεγάλη χρωματική γκάμα. Επίσης η βιομηχανία παραγωγής τους, είναι πάντα σε εγρήγορση ώστε να περιορίζονται ή και να εξαλείφονται οι αρνητικές τους ιδιότητες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως παρελθοντικά προβλήματα όπως η απορροφητικότητα, η χαμηλή τριβή και η χρωματική αλλοίωση των συνθετικών ρητινών, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα συγκριτικά με το χρόνο ύπαρξής τους, κατάφεραν να εξαφανιστούν με τη χρήση διαφορετικών αναλογιών και συστατικών στις «συνταγές» των τεχνητών πετρωμάτων.

Μέσα σε λίγες δεκαετίες, κατάφεραν να αποτελούν μια δυναμική εναλλακτική έναντι των φυσικών πετρωμάτων, με μικρότερο παραγωγικό κόστος και χρήσεις εφάμιλλης ποικιλίας που παλαιότερα μόνο άλλα φυσικά υλικά μπορούσαν να καλύψουν.

*Η άγρια ομορφιά ενός προϊόντος δημιουργημένου από τη φύση, σπάνια μπορεί να συγκριθεί με κάτι δημιουργημένο σε ένα εργοστάσιο, με «ζυγισμένα» υλικά και καθορισμένη συνταγή. Συζητώντας τα παραπάνω με διάφορους κατασκευαστές μου συνέκριναν το παραπάνω «δίλημμα» με κάτι άλλο που συναντάται πλέον πολύ συχνά στον κλάδο της δόμησης. Την επιλογή μεταξύ δαπέδου φυσικής ξυλείας, το λεγόμενο parquet, έναντι των τεχνητών ξύλινων δαπέδων τύπου laminate. Τον τελικό λόγο τον έχει ο καταναλωτής και η προσωπική του αισθητική και προτίμηση.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1.: Κυριότεροι Φυσικοί Διακοσμητικοί Λίθοι



Εικόνα 9: Προϊόντα μαρμάρου σε πλατεία σχιστηρίου

### 2.1.1. Το Μάρμαρο

Ως **μάρμαρο**, καλούμε ένα μεταμορφωμένο κρυσταλλικό πέτρωμα, με προέλευση από ασβεστόλιθους και δολομίτες έχοντας υποστεί πολύ ισχυρή μεταμόρφωση. Απαντάται κυρίως ως μονόμικτο πέτρωμα με βασικό συστατικό ορυκτό τον ασβεστίτη, σε περιεκτικότητες που φτάνουν και το 99%, αλλά μπορεί να συναντήσουμε και μάρμαρα με κύριο συστατικό το δολομίτη.

Ενώ λόγω του ασβεστίτη, η βασική χρωματική γκάμα στην οποία ανήκει το πέτρωμα είναι από λευκό έως γκρίζο, όπως διαφαίνεται και στην εικόνα 9, παρατηρούμε μεγάλη χρωματική ποικιλία στα εμπορικά μάρμαρα. Η παρουσία συγκεκριμένων συστατικών, ακόμη και σε πολύ μικρό ποσοστό, είναι ικανά να μεταβάλλουν το χρώμα του μαρμάρου. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η παρουσία σιδηρούχων ή μαγγανιούχων οξειδίων μπορεί να μεταβάλει το χρώμα του



μαρμάρου σε μαύρο, ενώ η παρουσία αιματίτη μπορεί να δώσει στο μάρμαρο ερυθρό χρωματισμό.

Στη βιομηχανία των διακοσμητικών πετρωμάτων, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι παράγοντες καθορισμού ποιότητας ενός υλικού. Έτσι τα τελικά προϊόντα κοπής και επεξεργασίας του μαρμάρου, διαχωρίζονται σε διαφορετικές ποιότητες και εύρη τιμών. Μετά από πολύμηνη παρουσία σε σχιστήρια και βιομηχανικές μονάδες του κλάδου, παρατήρηση και συζήτηση με τα στελέχη των εταιρειών αυτών ακολουθεί μια εμπειρική λίστα με τα **βασικότερα χαρακτηριστικά ενός μαρμάρου που επηρεάζουν την κλάση ποιότητας και την εμπορική του αξία:**

- **Το είδος του:** Ανάλογα με το είδος και την γεωγραφική προέλευση ενός μαρμάρου, οι διαφορετικοί τύποι χρωματισμών και οπτικών χαρακτηριστικών, έχουν οδηγήσει την βιομηχανία να χωρίσει σε εμπορικές κατηγορίες όπως τα λευκά μάρμαρα Πεντέλης – Διονύσου, τα ημίλευκα μάρμαρα Δράμας, Καβάλας και Θάσου, τα πράσινα μάρμαρα Τήνου, τα λευκά μάρμαρα Νάξου, τα κόκκινα μάρμαρα Ριτσώνας, τα ροζ μάρμαρα Λαύκου, το λευκό Βέροιας, το έγχρωμο Σκύρου κ.ά, με δείγματα κάποιων εξ αυτών να παρουσιάζονται στην εικόνα 10.



Εικόνα 10: Δείγματα διαφορετικών ειδών εμπορικών μαρμάρων  
[ [www.dionyssomarble.com](http://www.dionyssomarble.com) - Καρτέλα Προϊόντων ]

- **Η ομοιομορφία του:** Σε ολόκληρη τη ζητούμενη επιφάνεια ενός μαρμάρου, θα πρέπει η σύσταση, το χρώμα, η κατεύθυνση των «νερών» του και γενικά η εμφάνιση του να είναι όσο το δυνατόν πιο όμοια. Αναλόγως του είδους του μαρμάρου, ποικίλλουν οι δείκτες που καθορίζουν την ομοιομορφία του. Για παράδειγμα σε ένα μάρμαρο Διονύσου, οι αλλαγές στο χρωματισμό, στα νερά και στην έντασή τους, η διχρωμία των νερών κ.ά. Σε ένα μάρμαρο τύπου Τήνου, σημαντική είναι η ομοιομορφία του «σχεδίου» του μαρμάρου, να μην υπάρχουν έντονες διαφοροποιήσεις στους κρυσταλλικούς του σχηματισμούς.

- **Το πάχος και το μέγεθος της επιφάνειας του μαρμάρου:** Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος και το ενιαίο μέγεθος επιφάνειας ενός ζητούμενου τεμαχίου μαρμάρου, τόσο αυξάνεται και η τιμή του. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η διαφορά τιμής σε μάρμαρο πάχους δύο εκατοστών με ένα τεμάχιο ίδιας επιφάνειας, τριών εκατοστών, είναι κοντά στο 40%. Βέβαια, όσο μεγαλύτερη είναι η ενιαία επιφάνεια του τεμαχίου, υπάρχει ανάλογη σπανιότητα ως προς την ομοιομορφία και την ομοιογένεια της επιφάνειας, ενώ όσο το ζητούμενο μέγεθος τεμαχίου μειώνεται, γίνεται ευκολότερο να επιλεχθούν καθαρότερα τμήματα.

- **Τα «νερά» του μαρμάρου:** Σε αρκετά μάρμαρα, μεγάλη σημασία έχουν τα νερά και οι σχηματισμοί του μαρμάρου. Τα νερά, έχουν μεγάλη ποικιλία χρωματισμών, ειδών και κατευθύνσεων που επηρεάζουν την επιλογή, αλλά ο κυριότερος παράγοντας είναι η ένταση των νερών. Όσο πιο απαλά και αχνά είναι τα νερά, για παράδειγμα σε ένα μάρμαρο Διονύσου, τόσο αυξάνεται και η τιμή αυτού, γιατί το μάρμαρο θεωρείται καθαρό.

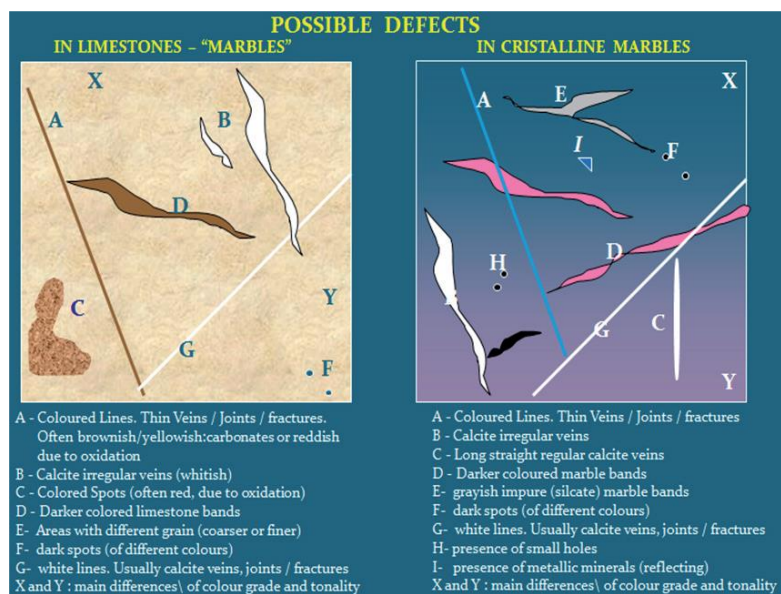
Εκτός από αυτούς τους παραπάνω βασικούς παράγοντες, υπάρχει και μια δεύτερη ομάδα χαρακτηριστικών, που αναφέρονται στα σφάλματα και τις ασυνέχειες που μπορεί να εντοπισθούν σε μια πλάκα μαρμάρου, που αν δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν στην επιλογή του υλικού ή στο σχεδιασμό κοπής, επηρεάζουν ανάλογα την τιμή και την καθαρότητα του μαρμάρου και αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- **Ψώρα** – ύπαρξη υαλώδους υλικού στη σύσταση της επιφάνειας του μαρμάρου που προκαλεί έντονη αλλαγή στο χρωματισμό και την υφή του.

- **Ραγίσματα και σπασίματα (Ασπροκομμοί)** – Είτε λόγω φυσικών είτε ανθρώπινων αιτιών, σε ορισμένες πλάκες μαρμάρου, μπορεί να εντοπισθούν ρηγματώσεις που επηρεάζουν την αντοχή του μαρμάρου και πρέπει να αποφεύγονται.
- **Τρύπες** – Τυχαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις να εμφανιστούν μικροί πόροι στην επιφάνεια του υλικού είτε λόγω διαφοροποιήσεων στη σύσταση της επιφάνειας, είτε λόγω παγιδευμένου αέρα σε θύλακες εντός του πετρώματος.
- **Ελιές** – Ορισμένα νερά των μαρμάρων, δεν ακολουθούν το ρεύμα τους και συσσωρεύονται σε σημεία, δημιουργώντας έτσι πυκνές κυκλικές δομές, τις λεγόμενες «ελιές».
- **Οξειδώσεις** – Συχνά, είτε λόγω περιβαλλόντων πετρωμάτων, είτε δημιουργημένες στα στάδια της εξόρυξης και της επεξεργασίας, εντοπίζονται κόκκινοι λεκέδες οξείδωσης που πρέπει να αποφεύγονται.

Γραφικά παραδείγματα των παραπάνω, βλέπουμε στην εικόνα 11.

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, που σχετίζονται με την καθαρότητα και τις ιδιότητες του μαρμάρου, σημαντικός παράγοντας στην επιλογή του κατάλληλου μαρμάρου, είναι η προσωπική άποψη του καταναλωτή και αν η οπτική εικόνα του μαρμάρου, καλύπτει τις ανάγκες του, σε σχέση με την αισθητική και τη διακόσμηση του χώρου που πρόκειται να τοποθετηθεί.



Εικόνα 11: Πιθανά "ψεγάδια" στο μάρμαρο

Η αρχική σύσταση του ασβεστόλιθου και του δολομίτη από τα οποία προέχεται ένα μάρμαρο, καθώς και οι διαδικασίες και η ένταση της μεταμόρφωσης που έχει υποστεί, είναι οι βασικότεροι παράγοντες που διακρίνουν το μάρμαρο στις διάφορες ποιότητες και τύπους.

Κατά τον Δρ. Κωνσταντίνο Ι. Ρήγα, όπως συνέγραψε στη Διδακτορική του Διατριβή - [«Γεωλογική Έρευνα των ελληνικών μαρμάρων και οι δυνατότητες αξιοποίησής τους», 1986] – τα μάρμαρα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στα παρακάτω σύνολα: (Ρήγας, 1986)

- **Γνήσια Μάρμαρα** – Μεταμορφωμένα ή ανακρυσταλλωμένα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστολιθικά ή δολομιτικά) και σιπολλίνες
- **Ασβεστόλιθοι** – Ιζηματογενή πετρώματα, που μπορούν να διαχωριστούν στα παρακάτω υποσύνολα: Βιογενείς, Λιθογραφικοί, Ωολιθικοί και Κονδυλώδεις.
- **Λατυποπαγή / Κροκαλλοπαγή** – Πετρώματα που συνίστανται από γωνιώδη και αποστρογγυλεμένα κομμάτια πετρώματος, συγκολλημένα με φυσικό τσιμέντο ασβεστιτικής ή άλλης σύστασης
- **Όνυχες / Αλάβαστρα** – Πετρώματα που παρουσιάζουν ημιδιαφάνεια και ταινιώδη υφή, με τους γνήσιους όνυχες να είναι πυριτικής σύστασης και τους κοινούς να προέρχονται από ασβεστιτικά και αραγωνιτικά ορυκτά.
- **Σερπεντίνιτες / Οφειτοασβεστίτες** – με τους πρώτους να προέρχονται από серπεντινίωση περιδοτιτών και άλλων συγγενικών πετρωμάτων και τους οφειτοασβεστίτες να αποτελούν μεταμορφωμένα πετρώματα με κύρια συστατικά τους τον οφείτη και τον ασβεστίτη.



### 2.1.2. Γρανίτης



Εικόνα 12: Εξορυγμένος όγκος γρανίτη, έτοιμος για επεξεργασία και κοπή  
[<https://www.regattaexports.com/product/kuppam-green-granite-block/>]

Ως **γρανίτη** (εικόνα 12), καλούμε ένα συμπαγές, πυριγενές, πλουτώνιο πέτρωμα το οποίο αποτελείται κυριότερα από χαλαζία, ορθόκλαστα, μαρμαρυγίες, κεροστίλβες, αυγίτη. Ανάλογα με τον τύπο, το είδος και την γεωγραφική προέλευση του γρανίτη, μπορεί να συναντηθούν ως συστατικά του ορυκτά όπως ο μαγνησίτης, ο αιματίτης, ο τουρμαλίνης κ.ά. Συνήθως, περίπου το ½ της σύστασης ενός κοινού γρανιτικού πετρώματος αποτελούν αλκαλιούχοι άστριοι και το υπολειπόμενο από χαλαζία, πλαγιόκλαστα και βιοτίτη.



Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο για το μάρμαρο, τα επιμέρους συστατικά του είναι αυτά που καθορίζουν και το χρώμα του πετρώματος. Ένα γρανιτικό προϊόν σπάνια έχει ένα μοναδικό χρώμα, αλλά πολλές φορές ένα από τα χρώματα που περιλαμβάνει κυριαρχεί στην επιφάνειά του κι έτσι κατηγοριοποιείται χρωματικά με βάση το χρώμα αυτό. Το πραγματικό χρώμα ενός γρανίτη, φαίνεται μόνο μετά από τις διαδικασίες επεξεργασίας της λείανσης και της στίλβωσης. Στην παρακάτω εικόνα 13, βλέπουμε τελικά επεξεργασμένα δείγματα από δύο τύπους εμπορικών γρανιτών.



Εικόνα 13: Τύποι εμπορικών γρανιτών  
[[www.dionyssomarble.com](http://www.dionyssomarble.com) - Καρτέλα Προϊόντων]

Οι κυριότεροι **χρωματισμοί** από τη σύσταση ενός γρανιτικού πετρώματος αναφέρονται συνοπτικά:

- *Χαλαζίας*: υπόλευκος, υποκύανος, ερυθρωπός, σπανίως και κιτρινωπός
  - *Αστριοί*: σαρκόχρωμοι, κιτρινόχρωμοι, υπόλευκοι, ερυθρωποί
  - *Πλαγιόκλαστα*: Κιτρινωπά, υπόλευκα
- Κεροστίλβη*: Μελανό και πράσινο χρώμα, σε μορφή κόκκων ή ράβδων

Λόγω της πολύ μεγάλης σκληρότητάς τους, τα γρανιτικά πετρώματα χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε δομικές κατασκευές. Κυριότερη χρήση του γίνεται σε τόσο εσωτερική όσο και εξωτερική επένδυση τοίχων και προσόψεων, στην εσωτερική διακόσμηση (τζάκια, κουζίνες κ.ά.), αλλά και σε τεχνικές παρασκευές σε τύπους ειδικού σκυροδέματος, μίγματα οδοποιίας κ.ά.

Όπως αναφέρθηκε και στο υποκεφάλαιο των μαρμάρων, στη βιομηχανία των διακοσμητικών πετρωμάτων, ιδιαίτερη σημασία έχουν οι παράγοντες καθορισμού ποιότητας ενός υλικού. Έτσι τα τελικά προϊόντα κοπής και επεξεργασίας του γρανίτη, διαχωρίζονται σε διαφορετικά εμπορικά είδη και τιμές. Μετά από πολύμηνη παρουσία σε σχιστήρια και βιομηχανικές μονάδες του κλάδου, παρατήρηση και συζήτηση με τα στελέχη των εταιρειών αυτών ακολουθεί μια εμπειρική λίστα με τα **βασικότερα χαρακτηριστικά των γρανιτών που επηρεάζουν την εμπορική του κατηγοριοποίηση και την τιμή του**:

- **Το χρώμα του**: Καθώς οι περισσότεροι εμπορικοί γρανίτες μοιράζονται παρόμοια τεχνικά χαρακτηριστικά, το χρώμα του γρανίτη, αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα επιλογής του ως προϊόν από τον καταναλωτή.

- **Η ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών του**: Σε ολόκληρη τη ζητούμενη επιφάνεια ενός γρανίτη, θα πρέπει τα συστατικά ορυκτά του να είναι κατανεμημένα με κάποια σχετική τάξη.

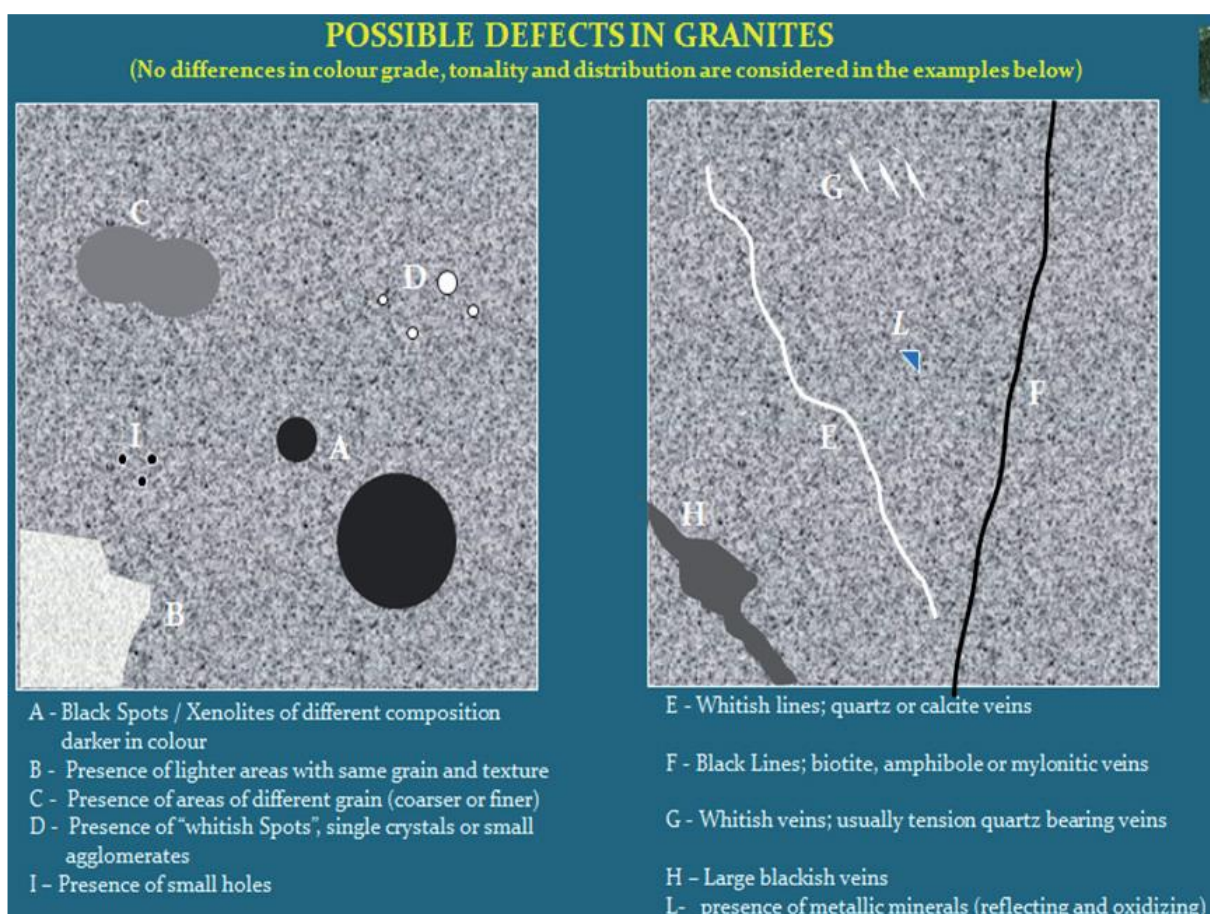
- **Το πάχος και το μέγεθος της επιφάνειας του γρανίτη**: Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος και το ενιαίο μέγεθος επιφάνειας ενός ζητούμενου τεμαχίου γρανίτη, τόσο αυξάνεται και η τιμή του.

- **Η κοκκομετρία των συστατικών ορυκτών**: Αναλόγως του μεγέθους των συστατικών ορυκτών ενός γρανίτη, το τελικό αποτέλεσμα μπορεί να διαφέρει έντονα με ένα παρόμοιας σύστασης πέτρωμα. Σε έναν χονδρόκοκκο γρανίτη με μεγάλους άστριους, έχουμε ένα πολύ ανοιχτόχρωμο αποτέλεσμα και σε μια επιφάνεια με μεγάλους κρυστάλλους χαλαζία, παρατηρείται μεγάλη λάμψη λόγω ανάκλασης του φωτός.

Εκτός από αυτούς τους παραπάνω βασικούς παράγοντες, υπάρχει και μια δεύτερη ομάδα χαρακτηριστικών, που αναφέρονται στα σφάλματα και τις ασυνέχειες που μπορεί να εντοπισθούν σε μια πλάκα μαρμάρου, που αν δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν στην επιλογή του υλικού ή στο σχεδιασμό κοπής, επηρεάζουν ανάλογα την τιμή και την καθαρότητα του μαρμάρου και αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- **Πόροι** – Τυχαίνει σε ορισμένες περιπτώσεις να εμφανιστούν μικροί πόροι στην επιφάνεια του υλικού είτε λόγω διαφοροποιήσεων στη σύσταση της επιφάνειας, είτε λόγω αποκόλλησης κάποιου συστατικού ορυκτού.
- **Στίγματα** – Λευκά και μαύρα σημεία διαφορετικής σύστασης στην επιφάνεια του γρανίτη, που δεν συνάδουν με την ομοιομορφία της υπόλοιπης επιφάνειας.
- **Οξειδώσεις** – Συχνά, είτε λόγω περιβαλλόντων πετρωμάτων, είτε δημιουργημένες στα στάδια της εξόρυξης και της επεξεργασίας, εντοπίζονται κόκκινοι λεκέδες οξείδωσης που πρέπει να αποφεύγονται.
- **Φλέβες** – Λευκές (χαλαζίας, ασβεστίτης) ή μαύρες (βιοτίτες, αμφίβολοι) φλέβες στην επιφάνεια της πλάκας γρανίτη, που χαλούν τη συνολική εικόνα του πετρώματος.

Γραφικά παραδείγματα των παραπάνω, βλέπουμε στην εικόνα 14.



Εικόνα 14: Πιθανά "ψεγάδια" στο γρανίτη (Stone, 2015)

Κατά τον Δρ. Κωνσταντίνο Ι. Ρήγα, όπως συνέγραψε στη Διδακτορική του Διατριβή - [«Γεωλογική Έρευνα των ελληνικών μαρμάρων και οι δυνατότητες αξιοποίησής τους», 1986] – οι γρανίτες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στα παρακάτω σύνολα: (Ρήγας, 1986)

- ***Πραγματικοί Γρανίτες** – Όξινα φανεροκρυσταλλικά πλουτόνια πετρώματα, με κύρια ορυκτολογικά συστατικά τους καλιονατριούχους άστριους, το χαλαζία και τους μαρμαρυγίες*
- ***Άλλα μαγματικά πλουτόνια πετρώματα** – Περιλαμβάνονται οι γρανοδιορίτες, οι διορίτες, οι συηνίτες, οι ανορθωσίτες κ.ά. Διαφέρουν από τους πραγματικούς γρανίτες ως προς τους αστρίους, τα φεμικά συστατικά και την παρουσία ή απουσία χαλαζία και αστριοειδών.*
- ***Ηφαιστίτες** – Ιζηματογενή πετρώματα ασβεστιτικής ή αραγωνιτικής σύστασης, με χαρακτηριστική πορώδη υφή που επιδέχονται κοπή και επεξεργασία.*

Μια άλλη κατηγοριοποίησή τους είναι αυτή που τους διαχωρίζει σε αλκαλικούς – που περιέχουν 30% χαλαζία και δεν περιέχουν πλαγιόκλαστα – και τους ασβεσταλκαλικούς – όπου οι αλκαλικοί άστριοι εμφανίζονται σε μικρότερες αναλογίες [Αποστολίδης κ.ά., 1991].

### 2.1.3. Φυσικές και Μηχανικές Ιδιότητες Διακοσμητικών Λίθων

Οι διακοσμητικοί λίθοι, αποτελούν βασική επιλογή σε όλους τους κλάδους που αναφέρονται παραπάνω, όχι μόνο για την αισθητική τους εικόνα. Σαν αποτέλεσμα διαφόρων μελετών, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα πως ενώ σε πρώτη εκτίμηση, συγκρίνοντας μόνο τις αρχικές τιμές πώλησής τους φαίνονται σαν ακριβά υλικά, φαίνεται πολύ γρήγορα πως αποτελούν μια επιλογή VFM (Value for Money), καθώς λόγω των υψηλής ποιότητας ιδιοτήτων τους, η επένδυση αποσβένεται από τα κόστη συντήρησης, καθαριότητας και προστασίας αυτών.

Παρακάτω λοιπόν, αναφέρονται οι ιδιότητες αυτές που κάνουν τα διακοσμητικά πετρώματα ιδιαίτερα θελκτική επιλογή στο χώρο των κατασκευών και που καθοδηγούν για την επιλογή του καταλληλότερου πετρώματος αναλόγως του τύπου του έργου, την φυσική του τοποθεσία και τους εξωγενείς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν τη μακροβιωσιμότητα του υλικού. Ο εντοπισμός και καθορισμός του εύρους των τιμών των χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των φυσικών πετρωμάτων, πραγματοποιείται με εργαστηριακές τεχνικές δοκιμές καθώς και πετρογραφικές μεθόδους βασισμένες σε διεθνείς κανονισμούς, ώστε να είναι πιστοποιημένη η καταλληλότητά τους για τη χρήση που απαιτούνται (Πρωτόκολλα EN, Τεχνική Επιτροπή CEN/TC 246, εικόνα 15).

(Frisa Morandini & Miramonti, 2003)

Table 2 Published European Standards on natural stone test methods

EN 1925:1999	Natural stone test methods – Determination of water absorption coefficient by capillarity
EN 1926:1999	Natural stone test methods – Determination of compressive strength
EN 1936:1999	Natural stone test methods – Determination of real density and apparent density and of total and open porosity
EN 12370:1999	Natural stone test methods – Determination of resistance to salt crystallisation
EN 12372:1999	Natural stone test methods – Determination of flexural strength under concentrated load
EN 12407:2000	Natural stone test methods – Petrographic description of natural stones
EN 12371:2001	Natural stone test methods – Determination of frost resistance
EN 13161:2001	Natural stone test methods – Determination of flexural strength under constant moment
EN 13364:2001	Natural stone test methods – Determination of breaking load at dowel hole
EN 13755:2001	Natural stone test methods – Determination of water absorption at atmospheric pressure
EN 13919:2002	Natural stone test methods – Determination of resistance to ageing by SO <sub>2</sub> action in presence of humidity
EN 14231:2003	Natural stone test methods – Determination of the slip resistance by means of the pendulum tester
EN 13373:2003	Natural stone test methods – Determination of geometric characteristics
EN 14066:2003	Natural stone test methods – Determination of resistance to ageing by thermal shock
EN 14147:2003	Natural stone test methods – Determination of resistance to ageing by salt mist
EN 14205:2003	Natural stone test methods – Determination of Knoop micro hardness
EN 14146: 2004	Natural stone test methods – Determination of dynamic elastic modulus by means of fundamental resonance frequency
EN 14158: 2004	Natural stone test methods – Determination of rupture energy

Εικόνα 15: Ευρωπαϊκά πρωτόκολλα σε δοκιμές φυσικών πετρωμάτων

### *Φυσικές Ιδιότητες*

- **Ειδικό Βάρος:** Είναι ο λόγος βάρους / όγκου ενός φυσικού πετρώματος. Καθώς όμως οι φυσικοί διακοσμητικοί λίθοι είναι πορώδεις και μπορούμε επίσης να συναντήσουμε κενά και κοιλότητες, ο παρονομαστής όγκος λαμβάνει δύο τιμές, τη φαινόμενη και την πραγματική, με και χωρίς τα κενά αντίστοιχα.
- **Υδατοαπορροφητικότητα (σε ατμοσφαιρική πίεση / μέσω τριχοειδών):** Είναι ο λόγος της μάζας ενός δοκιμίου κορεσμένου σε νερό / ξηρού. Ο συντελεστής υδατοαπορρόφησης μέσω τριχοειδών μας δείχνει την ποσότητα που απορροφάται ανά εμβαδική μονάδα πετρώματος.
- **Πορώδες:** Όπως αναφέρθηκε και στο ειδικό βάρος, κάθε φυσικό πέτρωμα περιλαμβάνει πόρους. Το πορώδες αποτελεί τον όγκο των πόρων αυτών προς το συνολικό όγκο του πετρώματος. Χωρίζεται σε ανοικτό και ολικό πορώδες, αν υπολογίζεται με βάση τον φαινόμενο ή πραγματικό του όγκο αντίστοιχα.
- **Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής:** Είναι η επιμήκυνση που υφίσταται ένα φυσικό πέτρωμα από την αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος του κατά 1 βαθμό Κελσίου.

### *Μηχανικές Ιδιότητες*

- **Αντοχή σε θλίψη:** Είναι το μέγιστο φορτίο ανά μονάδα επιφάνειας ενός δοκιμίου πετρώματος σε ανεμπόδιστη θλίψη. Εκφράζει την αντίσταση που παρουσιάζει σε εξωγενείς μηχανικούς παράγοντες που μπορεί να το θλίψουν – παραμορφώσουν.
- **Αντοχή σε κάμψη:** Είναι η αντίσταση που προβάλλει το πέτρωμα σε καμπτικές δυνάμεις και υπολογίζεται ως η μέγιστη τάση που ασκείται στο κάτω μέρος ενός πλακιδίου όταν αυτό υφίσταται καμπτική καταπόνηση.
- **Μέτρο του Young:** Η μέτρο ελαστικότητας, είναι ο λόγος της μεταβολής της τάσης προς την μεταβολή της αξονικής ανοιγμένης παραμόρφωσης.

- **Αντοχή σε τριβή:** Είναι η αντίσταση που εμφανίζουν τα φυσικά υλικά από την κυκλοφορία εξωγενών παραγόντων στην επιφάνειά τους, όπως άτομα, ροδοφόρα μηχανήματα και οχήματα. Μετράται λοιπόν η απώλεια υλικού από την επιφάνεια ενός προϊόντος και καθορίζεται η φθορά.
- **Αντοχή σε πρόσκρουση:** Είναι η αντοχή σε θραύση ενός υλικού από ελεύθερη πτώση ενός στερεού σώματος. Εκφράζεται ως ελάχιστο ύψος όπου μια σφαίρα σταθερής μάζας προκαλεί θραύση στην επιφάνεια ενός πλακιδίου.
- **Αντίσταση σε ολίσθηση:** Είναι η αντίσταση που παρουσιάζει ένα τελικό προϊόν φυσικού λίθου σε ολίσθηση και προσδιορίζεται εργαστηριακά με δοκιμή με εκκρεμές.
- **Μικροσκληρότητα Κνοορ:** Σταθερή δοκιμή με συγκεκριμένο φορτίο από αδαμάντινη ακίδα τύπου Κνοορ σε στιλβωμένη επιφάνεια ενός φυσικού πετρώματος. Βοηθά στην εκτίμηση φθοράς και δυνατότητας επεξεργασίας ενός υλικού.

#### *Ιδιότητες σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες*

- **Αντοχή σε παγετό:** Μέσα από διάφορες δοκιμές, εκτιμάται η ανθεκτικότητα ενός φυσικού πετρώματος σε αποσάρθρωση και η συμπεριφορά του σε ψυχρά και υγρά κλίματα.
- **Αντοχή στην επιταχυνόμενη γήρανση:** Οι επιδράσεις των ατμοσφαιρικών στοιχείων και παραγόντων είναι ιδιαίτερα καθοριστικές στην πορεία της διάβρωσης ενός φυσικού υλικού και σειρά δοκιμών βοηθούν στην εκτίμηση και πρόβλεψη των μεταβολών που ενδέχεται να προκύψουν. Η επίδραση του οξυγόνου, των αλάτων, των αιφνίδιων θερμοκρασιακών μεταβολών, το νερό της βροχής, η υπεριώδης ακτινοβολία, η επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα μελετώνται για την προσδοκώμενη συμπεριφορά ενός διακοσμητικού λίθου.

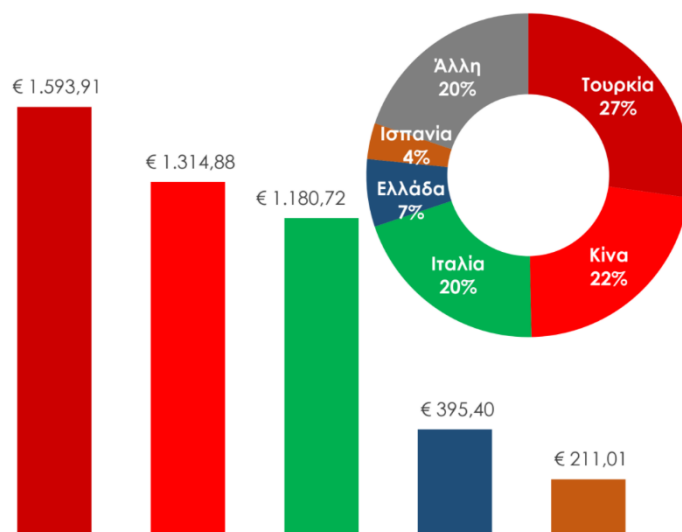
(Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), 2015)

## 2.2.: Στατιστικά της Βιομηχανίας Διακοσμητικών Λίθων

Η Βιομηχανία Διακοσμητικών Λίθων αποτελεί έναν κλάδο ορόσημο για τη χώρα μας. Συμβάλλει σημαντικά στην εθνική μας οικονομία και τα μάρμαρα ελληνικής προέλευσης αποτελούν ιδιαίτερης σημασίας εξαγωγίμο προϊόν. Στον κλάδο αυτό, απασχολούνται **6205 εργαζόμενοι σε 670 επιχειρήσεις** σε όλη τη χώρα. Ενδεικτικά αναφέρεται πως η προσφορά του κλάδου μαρμάρου στην ελληνική οικονομία το 2018, άγγιξε τα **1,27 δις ευρώ**. (ICAP Group, 2020)

Την τελευταία δεκαετία, οι επιχειρήσεις της βιομηχανίας διακοσμητικών λίθων, πέτυχαν σημαντικούς στόχους και επιτεύγματα, που τις τοποθετούν στις υψηλότερες θέσεις των ελληνικών επιχειρήσεων.

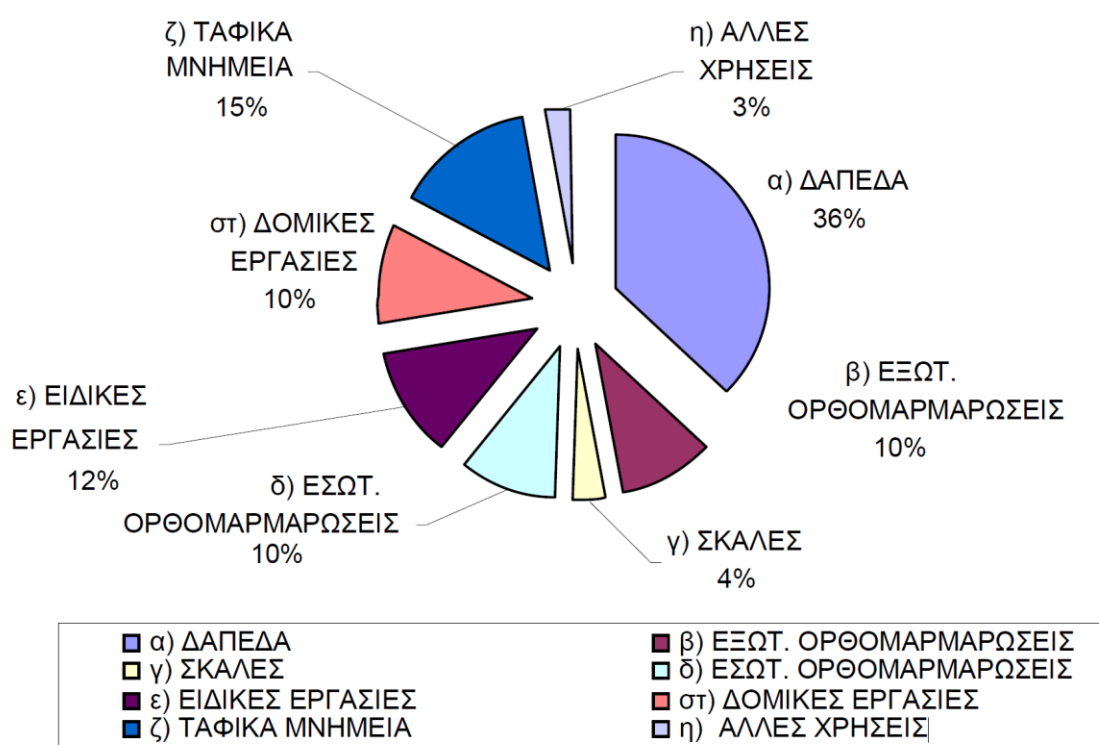
- **4<sup>η</sup> θέση** στην παγκόσμια κατάταξη εξαγωγικών δραστηριοτήτων προϊόντων μαρμάρου, όπως βλέπουμε και στο διάγραμμα της εικόνας 16.
- **3<sup>η</sup> θέση** στην παγκόσμια κατάταξη εξαγωγικών δραστηριοτήτων ακατέργαστου μαρμάρου.
- **1<sup>η</sup> θέση** στην εξαγωγή ακατέργαστων/κατεργασμένων πρώτων υλών για την ελληνική βιομηχανία.
- Τον **τριπλασιασμό** των εξαγωγών του ελληνικού μαρμάρου, συγκριτικά με προηγούμενες δεκαετίες.
- Σημαντική αύξηση των **θέσεων εργασίας** στην ελληνική πραγματικότητα.



Εικόνα 16: Σημαντικότερες σε εξαγωγές χώρες παγκοσμίως και μερίδιο εξαγωγών (σε εκατ. ευρώ)  
[ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing]

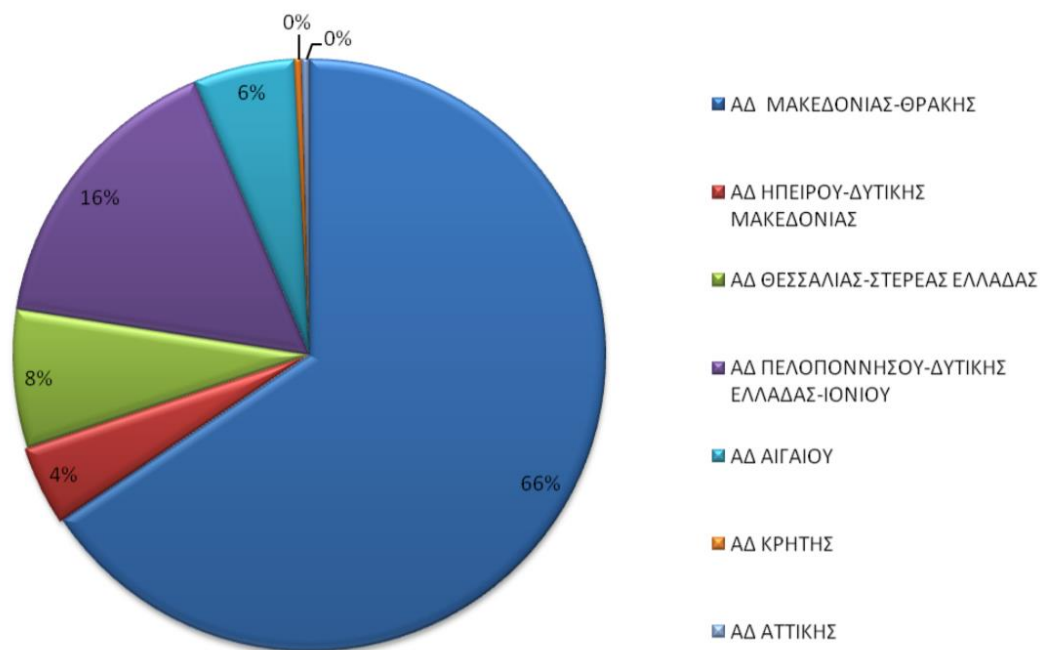


Οι χρήσεις του μαρμάρου πολλές, και η ποιότητα των ελληνικών μαρμάρων αξεπέραστη. Όπως βλέπουμε και στην Εικόνα 17, το μεγαλύτερο ποσοστό εφαρμογής του μαρμάρου αποτελεί η δαπεδόστρωση, αλλά παρατηρώντας συνολικά τα στατιστικά, παρατηρούμε πως **άνω του 70%** της πίτας, αναλογεί σε χρήσεις του πετρώματος σε **κατασκευαστικές / δομικές εργασίες**. Άξια αναφοράς είναι και η χρήση του μαρμάρου στα ταφικά μνημεία, μέρος της ελληνικής παράδοσης.

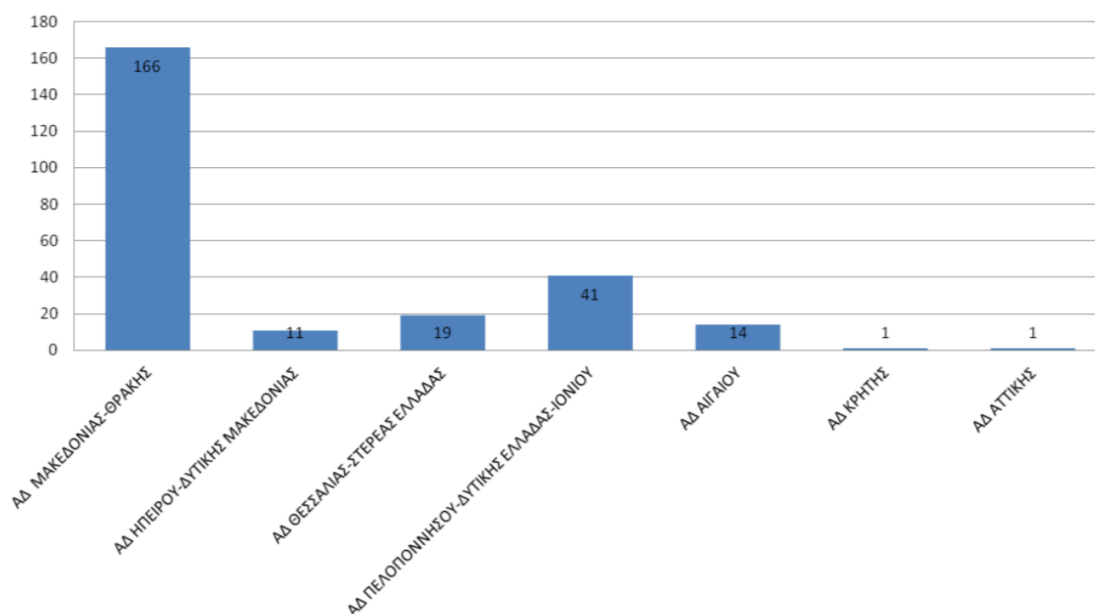


Εικόνα 17: Κύριες χρήσεις προορισμού του μαρμάρου [Εργαστήριο Λίθος, Ι.Γ.Μ.Ε., 2006]

Στη συνέχεια, βλέπουμε τις εικόνες 18 και 19, όπου παρουσιάζεται η γεωγραφική και αριθμητική κατανομή λατομείων μαρμάρου στη χώρα μας. Παρατηρούμε πως το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών με διαφορά, βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα **Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης**. Ειδικότερα, στην Π.Ε. αυτή, υπάρχουν **5 ενεργά λατομικές περιοχές** μαρμάρου, με περισσότερα από **135 λατομεία** και περί των **4000 εργαζομένων** στον κλάδο. Οι επιχειρήσεις αυτές, αναλογικά με την πυκνότητά τους στη γεωγραφική περιοχή, καλύπτουν άνω του **90%** της ποσότητας και των εμπορικών εξαγωγών της Ελλάδας. Ενδεικτικά αναφέρεται, πως μόνο στην **Περιφερειακή Ενότητα Δράμας**, τα έσοδα των 71 επιχειρήσεων του κλάδου ήταν **408,4 εκατ. Ευρώ (2018)** με απασχολούμενους **2470 εργαζόμενους**.



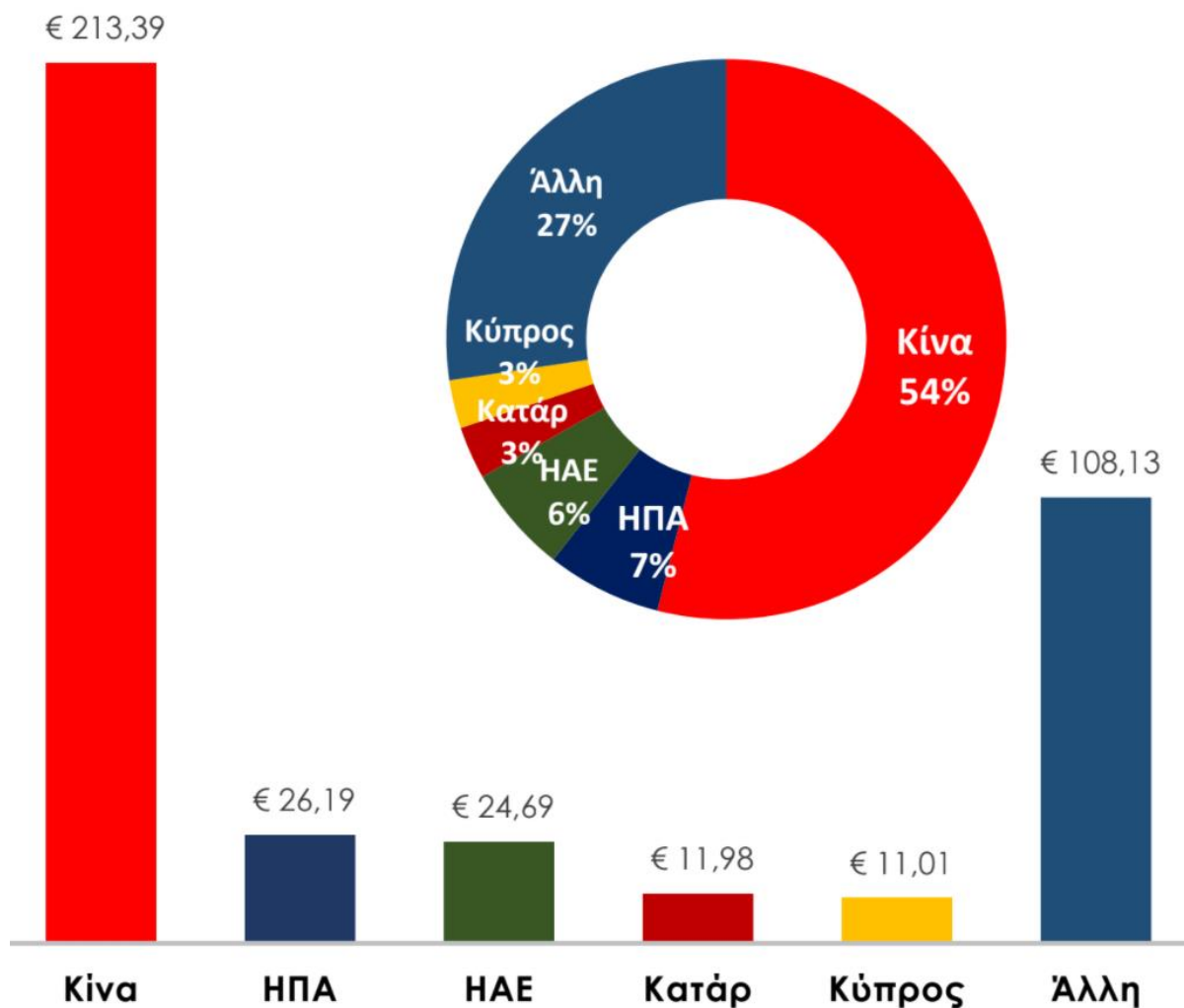
Εικόνα 18: Γεωγραφική κατανομή λατομείων μαρμάρου [Η διαχείριση των λατομείων μαρμάρου στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, Παντράκης Αθανάσιος, 2016]



Εικόνα 19: Αριθμητική κατανομή λατομείων μαρμάρου [Η διαχείριση των λατομείων μαρμάρου στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης, Παντράκης Αθανάσιος, 2016]

Ο ελληνικός κλάδος του μαρμάρου, στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εξαγωγική του δραστηριότητα. Τα τελευταία χρόνια, έχει φτάσει στα υψηλότερα επίπεδά της, με το **76% της παραγωγής να αποστέλλεται στο εξωτερικό**, με κυριότερο εισαγωγέα ελληνικών πετρωμάτων την

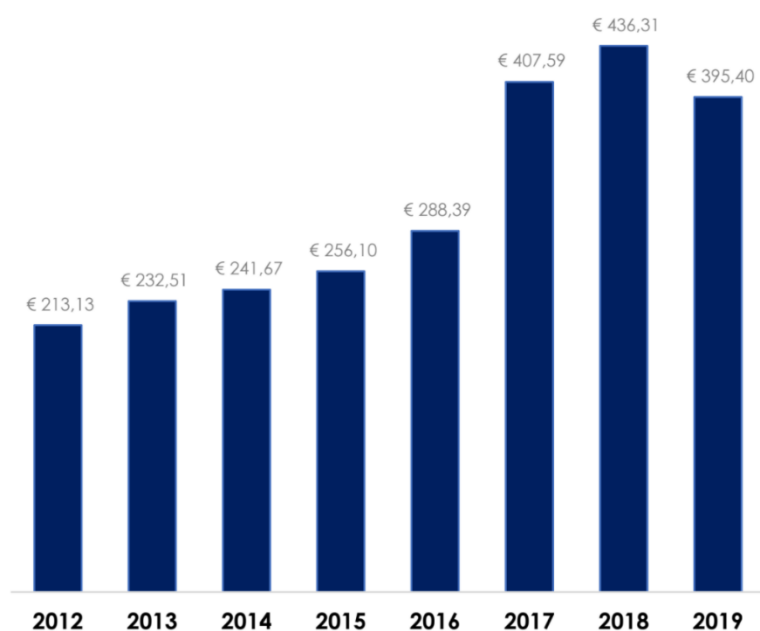
**Κίνα**, που είναι υπεύθυνη για το **54%** των ελληνικών εξαγωγών. Άλλες χώρες που έχουν σημαντική θέση στην εξαγωγική «σκακιέρα» του μαρμάρου, είναι οι **Η.Π.Α.**, με ποσοστό **7%**, τα **Η.Α.Ε.** με ποσοστό **6%** και με ποσοστό **3%** η **Κύπρος** και το **Κατάρ** (εικόνα 20).



Εικόνα 20: Κύριοι εξαγωγικοί εταίροι της Ελλάδας και μερίδιο εξαγωγών για μάρμαρα (σε εκατ. ευρώ) [ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing]

Έχοντας ξεκαθαρίσει πως η Κίνα, παίζει ιδιαίτερος σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία του ελληνικού μαρμάρου, σημειώνεται – για μελλοντικούς αναγνώστες – πως το πόνημα αυτό, γράφεται τους τελευταίους μήνες του 2020, μια δύσκολη περίοδο παγκοσμίως, λόγω της πανδημίας του Covid-19. Τα στοιχεία λοιπόν που παρουσιάζονται παρακάτω στο υποκεφάλαιο αυτό, έχουν άμεση σχέση με την παρούσα αυτή περίοδο.

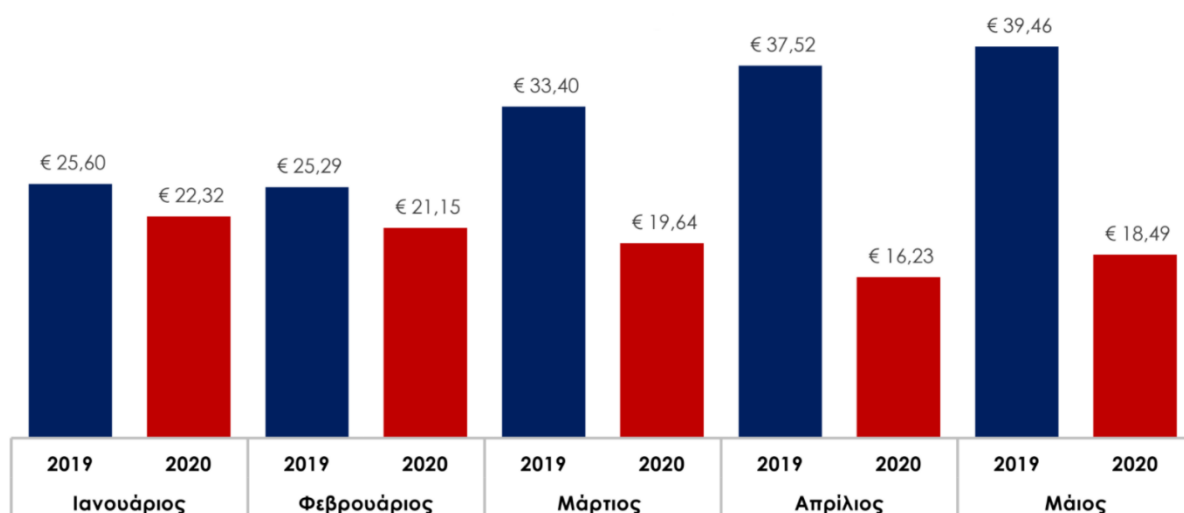
Με τις απαγορεύσεις που προκύπτουν λόγω της πανδημίας, ο κόσμος της βιομηχανίας των διακοσμητικών λίθων εκφράζει ανησυχία. Η μείωση, ακόμη και απαγόρευση των πτήσεων σε



Εικόνα 21: Πορεία ελληνικών εξαγωγών 2012-2019 (σε εκατ. ευρώ)  
[ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing]

κάποιες χρονικές περιόδους, αφαιρεί τη δυνατότητα των κινέζων εισαγωγέων να επισκεφθούν τη χώρα μας με σκοπό την επιλογή προϊόντων. Άξια αναφοράς είναι και η **αναβολή** της μεγαλύτερης παγκόσμιας έκθεσης μαρμάρου στο Ξιαμέν της Κίνας, φέροντας αναταραχή στο σχεδιασμό πολλών εταιρειών. Η υποχώρηση του ρυθμού ανάπτυξης της κινεζικής οικονομίας και ο παγωμένος κατασκευαστικός της κλάδος, επηρεάζει έντονα τη

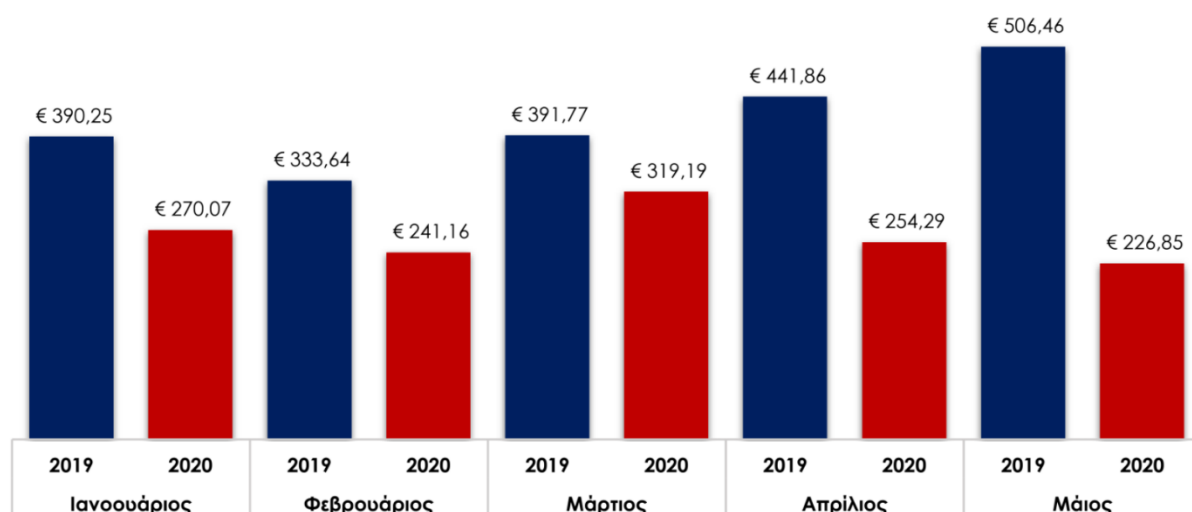
βιομηχανία του μαρμάρου στη χώρα μας. Αναφέρεται πως **τα έτη 2019 - 2020** μετά από σχεδόν μια δεκαετία σημαντικής ανόδου των εξαγωγών όπως φαίνεται και στην εικόνα 21, για πρώτη φορά εμφανίζουν **αρνητικούς δείκτες** στις εξαγωγές ακατέργαστου μαρμάρου.



Εικόνα 22: Πορεία ελληνικών εξαγωγών την περίοδο του Covid-19 σε σύγκριση με τους αντίστοιχους μήνες του 2019 (σε εκατ. ευρώ) [ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing]

Παραπάνω, στην εικόνα 22, διαφαίνεται η διαφορά της εξαγωγικής δραστηριότητας του κλάδου ανά μήνα, συγκριτικά για το τρέχον και το αμέσως προηγούμενο έτος. Γίνεται αντιληπτή μια γιγαντιαία διαφορά. Μόνο από τις μεταβολές στις εξαγωγές προς την Κίνα, η μέση απόκλιση για τους **πέντε πρώτους μήνες του 2020**, ξεπέρασε το **-50%** [ICAP, 2020].

Κλείνοντας, με την παρατήρηση της εικόνας 23, που παρουσιάζει την πορεία των εξαγωγών του κλάδου σε παγκόσμιο επίπεδο την περίοδο της πανδημίας, βλέπουμε πως η κατακόρυφη πτώση στις εξαγωγές διακοσμητικών λίθων, δεν αποτελεί ελληνικό φαινόμενο, αλλά είναι κάτι που συμβαίνει διεθνώς. Με την διατάραξη του παγκόσμιου εμπορίου, τις δυσκολίες των αεροπορικών μεταφορών, την μεγάλη πτώση του κατασκευαστικού κλάδου, η βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων περνά μια πολύ δύσκολη περίοδο.



Εικόνα 23: Πορεία παγκόσμιων εξαγωγών την περίοδο του Covid-19, σε σύγκριση με τους αντίστοιχους μήνες του 2019 (σε εκατ. ευρώ) [ITC, 2020 – Επεξεργασία DK Marketing]

*Τονίζοντας για μια ακόμη φορά την μεγάλη σημασία του κλάδου για την ελληνική οικονομία, ας ελπίσουμε πως με το πέρας της πανδημίας, θα επανέλθει στην πρότερη ανοδική της πορεία.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΣΕ

### ΛΑΤΟΜΕΙΑ / ΕΞΟΡΥΞΗ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο, αναπτύσσονται γενικότερα στοιχεία για την εξόρυξη των διακοσμητικών λίθων σε ένα λατομείο και αναλύονται μέθοδοι και τεχνικές κοπής, τόσο παλαιότεροι όσο και σύγχρονοι. Παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των διαφόρων μεθόδων.



Εικόνα 24: Εξορυγμένος όγκος μαρμάρου έτοιμος για επεξεργασία

#### 3.1.: Εισαγωγικά στοιχεία

Η εκμετάλλευση ενός λατομείου, είναι η αρχή του ταξιδιού ενός διακοσμητικού λίθου από τη φυσική του θέση, έως το τελικό προϊόν στα χέρια του καταναλωτή. Τα προϊόντα της εκμετάλλευσης είναι οι όγκοι των μαρμάρων (εικόνα 24), που στα επόμενα στάδια παραγωγής επιδέχονται περαιτέρω επεξεργασίας και κοπής, ώστε να δημιουργηθεί το τελικό αποτέλεσμα, όπως θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Είτε επιλεγεί υπαίθρια, είτε υπόγεια εκμετάλλευση, οι μέθοδοι εξόρυξης του πετρώματος, έχουν πολύ **μεγάλο εύρος** πολυπλοκότητας. Από πολύ απλές και με ελάχιστη χρήση

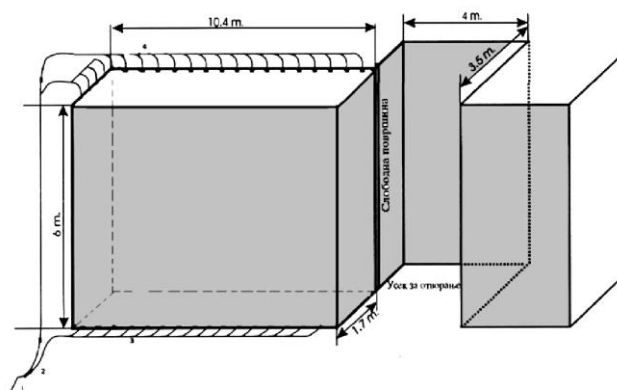


τεχνολογικών μέσων, έως και ιδιαιτέρως ανεπτυγμένες τεχνολογικά μεθοδολογίες, που απαιτούν βαρέα μηχανήματα και προσεκτικό σχεδιασμό. Σε μια γενική διαπίστωση, μπορούμε να πούμε πως στην εξόρυξη των μαρμάρων χρησιμοποιούνται σχετικά ανεπτυγμένες μέθοδοι κοπής, ενώ στους γρανίτες, λόγω της μεγάλης τους σκληρότητας, μέχρι ακόμη και σήμερα, συναντούμε περισσότερο απλοϊκές μεθοδολογίες, που διατηρούν τις βασικές αρχές αρχαιότερων μεθόδων διάτρησης και αποκοπής, που βέβαια με την πάροδο των ετών και την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας των μηχανημάτων και των υλικών, αυτό φαίνεται να εξελίσσεται.

Οι μέθοδοι και τεχνικές της απομάκρυνσης του πετρώματος από το φυσικό του περιβάλλον, μπορούν να διαχωρισθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

*Τις συμβατικές παλαιότερου τύπου εξορύξεις, που αποτελούνται κυρίως από διάτρηση και ανατίναξη του πετρώματος και τις σύγχρονες μηχανικές εξορύξεις. (Rehman, et al., 2018)*

**Οι συμβατικές εξορύξεις** εκμεταλλεύόμενες τον σχηματισμό και τις φυσικές ασυνέχειες του πετρώματος, πραγματοποιούνται διατρήματα σε κατάλλη-



Εικόνα 25: Κάθετα και οριζόντια διατρήματα για εξόρυξη πετρώματος (Dambov, Stojkoski, & Kostoski, 2013)

λες θέσεις με είτε μέσα πεπιεσμένου αέρα είτε υδραυλικά, τόσο κάθετα όσο και οριζόντια, στα όρια του ζητούμενου προς αποκοπή όγκου (εικόνα 25). Στη συνέχεια γομώνονται με κατάλληλο τύπο και ποσότητα εκρηκτικής ύλης η οποία στη συνέχεια εναύεται και το πέτρωμα αποκόπτεται. Η διαδικασία αυτή έχει πολλά μειονεκτήματα, καθώς δεν προσφέρει μεγάλη ακρίβεια και υπάρχει πολύ μεγάλο ποσοστό φύρας, εναπομείναντος πετρώματος συνήθως στη βάση του ζητούμενου όγκου καθώς και θρυμματισμός υγιούς πετρώματος. Λόγω του ακανόνιστου σχήματος του εξορυγμένου όγκου, πιθανό είναι επίσης να χρειαστούν περαιτέρω εργασίες ορθογωνισμού ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά του όγκου. Εκτός από τα παραπάνω, η εξέλιξη των τεχνικών αδιατάρακτης κοπής και οι αλλαγές στη νομολογία λατόμευσης, έχουν οδηγήσει τη χρήση εκρηκτικών να έχουν περισσότερο υποβοηθητικό χαρακτήρα στην εξόρυξη πετρωμάτων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ένα απόσπασμα από το **Άρθρο 6 «Γενικά κριτήρια ορθολογικής δραστηριότητας» του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών:**

*«Οι σχετικές εργασίες, πρέπει να γίνονται με τρόπο ώστε, να μην καταστρέφονται τμήματα του κοιτάσματος που έχουν καταρχήν εμπορεύσιμη ποιότητα, να μην υποβαθμίζεται η ποιότητα του εξορυσσόμενου προϊόντος και να μην απορρίπτονται αξιόλογες ποσότητες χρήσιμων υλικών με τα στείρα, χωρίς να εξασφαλίζεται η δυνατότητα άμεσης ή και μελλοντικής απόληψής τους. Γενικότερα, θα πρέπει να αποφεύγεται κάθε τρόπος κατασπατάλησης ή ευκαιριακής εκμετάλλευσης του κοιτάσματος και η εκμετάλλευση θα πρέπει να διενεργείται ορθολογικά και να στοχεύει στην μεγαλύτερη δυνατή αποληψιμότητα του κοιτάσματος.»* (Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, ΥΑ2223 ΦΕΚ122714/06/01)

*Οι σύγχρονες μηχανικές εξορύξεις χωρίς τη χρήση εκρηκτικών, με τη χρήση μηχανημάτων όπως μεγάλα αλυσοπρίονα ή μηχανήματα αδαμαντοκοπής. Συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους, παρουσιάζουν πληθώρα προτερημάτων, καθώς επιτρέπουν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια στο επιθυμητό μέγεθος του εξορυσσόμενου όγκου και ομαλές επιφάνειες.*

*Τη σημερινή εποχή, στη βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων, χρησιμοποιούνται τεχνικές και από τις δύο κατηγορίες, αναλόγως του είδους του πετρώματος και των χαρακτηριστικών του αλλά και του επιθυμητού τελικού στόχου – αποτελέσματος. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια σύγχρονη μέθοδος όπως η συρματοκοπή για την αποκοπή του όγκου στον κάθετο άξονα της εκμετάλλευσης, αλλά στη βάση του όγκου να πραγματοποιηθούν διατρήματα και εκρηκτικά για την τελική αποκόλληση. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλυσοπρίονο για την δημιουργία δύο ελεύθερων επιφανειών και διατρήματα στα οποία τοποθετούνται διευρυντικά μέσα (π.χ. μεταλλικές ή ξύλινες σφήνες, διογκώσιμα υλικά, νερό κ.ά.) για την τελική απομάκρυνση του όγκου.*

## **3.2: Μέθοδοι και Τεχνικές Κοπής στο Λατομείο**

Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνηθέστερες και κάποιες σπανιότερες διαδικασίες κοπής με σκοπό την εξόρυξη όγκων διακοσμητικών πετρωμάτων.

### **3.2.1: Γάζωμα**

Το γάζωμα αποτελεί ίσως μια από τις παλαιότερες διαδικασίες στην εξόρυξη διακοσμητικών λίθων. Η όρυξη με γάζωμα, απαιτεί τη διάνοιξη κάθετων συνεχόμενων, σε περιπτώσεις ακόμη και επικαλυπτόμενων διατρημάτων μέχρι να «κοπεί» η ζητούμενη επιφάνεια του πετρώματος.



Στο παρελθόν, πριν αναπτυχθούν οι τεχνολογίες συρματοκοπής και τα αλυσοπρίονα που παρουσιάζονται παρακάτω, υπήρχαν λατομεία όπου εξόρυσαν μόνο με συνεχόμενη διάτρηση έως ότου ελευθερωθούν όλες του οι επιφάνειες. Στην πορεία, η απόσταση μεταξύ των διατρημάτων αυξήθηκε, σε βήμα από 10 έως 40 εκατοστά. Στη συνέχεια ακολουθούνταν διάφορες μέθοδοι αποκοπής του πετρώματος. Αναφέρονται ενδεικτικά:

**- Γόμωση με εκρηκτικά:** Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα διατρήματα, κατάλληλου βάθους, ανάλογου με το επιθυμητό ύψος της βαθμίδας προς εξόρυξη, γομώνονται με εκρηκτικά και στη συνέχεια εναύονται.

**- Χρήση μεταλλικών σφηνών (εικόνα 26):** Μεταλλικές σφήνες τοποθετούνται εντός των διατρημάτων. Με χρήση σφυρών και χρήση κατάλληλης δύναμης, το πέτρωμα αποκολλάται από το μητρικό.



Εικόνα 26: Μεταλλικές Σφήνες  
[[www.stonecontact.com/products-789032/mining-dia-22mm-rock-splitting-shims-and-wedges](http://www.stonecontact.com/products-789032/mining-dia-22mm-rock-splitting-shims-and-wedges)]

**-Χρήση ξύλινων σφηνών:** Στις οπές εισάγονται ξύλινες σφήνες. Στη συνέχεια, το διάτρημα γεμίζεται με νερό. Το νερό διογκώνει τις ξύλινες σφήνες και το πέτρωμα απομακρύνεται.

**-Χρήση ύδατος:** Στη βιβλιογραφία συναντώνται περιπτώσεις, όπου σε πολύ χαμηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντα, τα διατρήματα γεμίζονται με νερό και αφήνονται να παγώσουν. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην απλή αρχή πως το νερό όταν μετατρέπεται σε πάγο διογκώνεται. Όπως λοιπόν και στο προηγούμενο παράδειγμα, η διόγκωση του νερού, αποκόλλει τον όγκο από τη φυσική του θέση.

**-Χρήση υδραυλικών μέσων:** Ειδικά μηχανήματα εισέρχονται στα διατρήματα, ασκώντας ειδικά κατανεμημένες δυνάμεις και πιέσεις με σκοπό την αποκόλληση του όγκου.

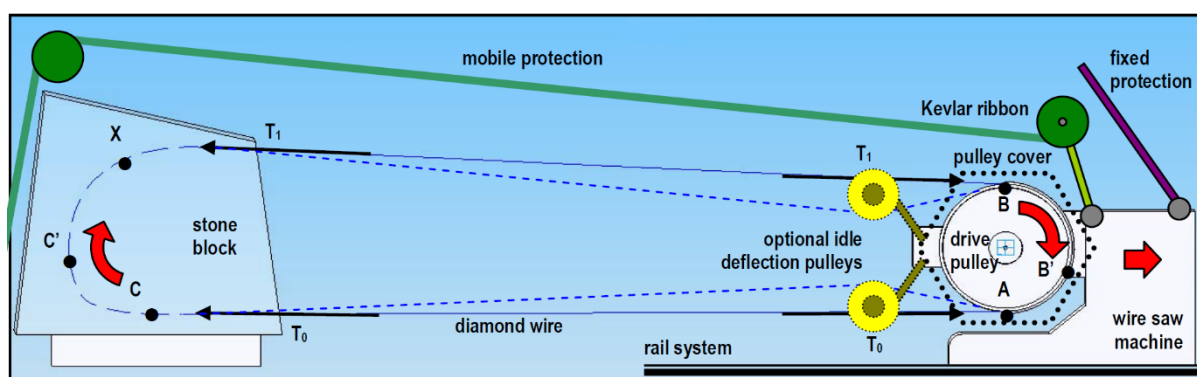


Εικόνα 27: Διογκώσιμο Μίγμα  
[<https://www.stonecontact.com/products-498572/expansive-mortar>]

**- Χρήση διογκώσιμων υλικών (εικόνα 27):** Τα διατρήματα γομώνονται με ειδικά μίγματα, τα οποία με την προσθήκη νερού διογκώνονται και οδηγούν στην αποκόλληση του όγκου. (Ashmole & Motloun , 2008)

### 3.2.2: Συρματοκοπή

Η **συρματοκοπή**, αποτελεί στις μέρες μας την πιο συνήθη μέθοδο κοπής στα λατομεία διακοσμητικών λίθων. Είναι η μέθοδος με την μεγαλύτερη εξέλιξη και βελτίωση τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και των υλικών, φέρνουν συνεχώς στην αγορά νεότερους βελτιωμένους τύπους συρμάτων, κινητήρων και σχεδιασμού στην εγκατάσταση της μεθόδου της συρματοκοπής. Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται είναι η **φθορά της επιφάνειας ενός πετρώματος, από τη συνεχή κυκλική κίνηση ενός σύρματος**, ενισχυμένου με κοπτικά (πέρλες) οπλισμένα με συνθετικά διαμάντια. Η συνήθης αναλογία των κοπτικών σε σχέση με το σύρμα είναι 25 – 30 πέρλες / m. Γραφικό σχέδιο της μεθόδου, απεικονίζεται στην εικόνα 28.



Εικόνα 28: Όψη συστήματος συρματοκοπής [«Diamond wire cutting: failure modes, risks for safety and workers' protection», G. Tantussi & M. Lanzetta, S. Gentile & G. Depperu, 2008]

Ο κινητήρας και το σύρμα είναι τα βασικότερα μέρη της εγκατάστασης συρματοκοπής, όπως βλέπουμε στην εικόνα 29 και μπορεί να συμπεριλαμβάνει σύστημα σιδηροτροχιών ή ακόμη και ερπύστριες για την κίνησή της. Αναλόγως των ελευθέρων επιφανειών του εξορυσσόμενου



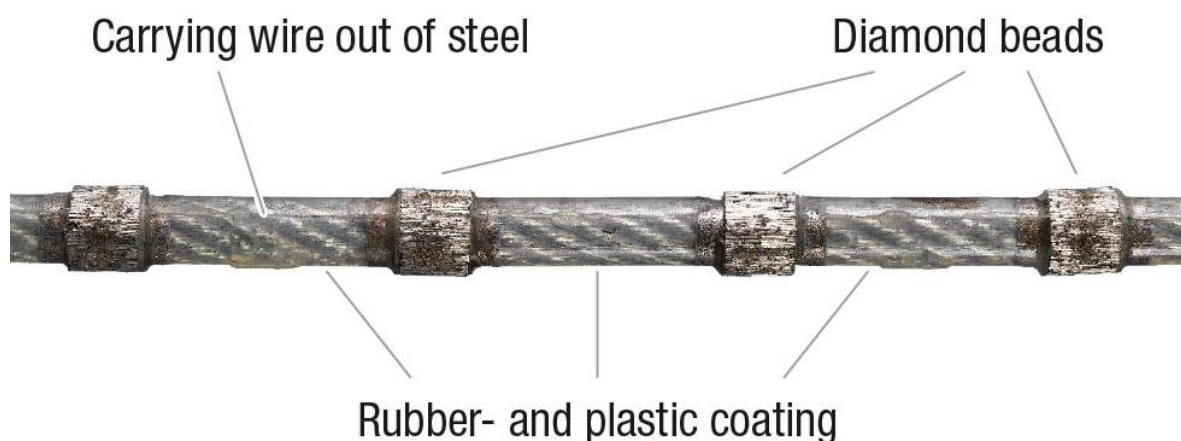
Εικόνα 29: Σύστημα συρματοκοπής  
[<http://www.dazzinimacchine.com/uk/diamond-wire-machines-for-marble/series-1000-widecutter-for-marble.asp>]

όγκου, είναι πιθανό να απαιτηθεί κάποια προπαρασκευαστική διαδικασία, όπως η όρυξη διατρήμάτων ή η χρήση αλυσοπρίονου για τη δημιουργία της αρχικής επιφάνειας. Η βασική αρχή λειτουργίας της συρματοκοπής, προϋποθέτει δύο κάθετα μεταξύ τους διατρήματα, από τα οποία πρέπει να περαστεί το σύρμα, του οποίου οι δύο άκρες στη συνέχεια ενώνονται, ώστε να κλείσει το σύστημα κοπής. Στη συνέχεια το σύρμα περιστρέφεται συνεχώς με τη βοήθεια του κινητήρα και παραμένει συνεχώς **τεντωμένο** με την κίνηση

στις σιδηροτροχιές ή βοήθεια ειδικών γραναζιών. Σημαντική είναι η συνεχής ύπαρξη **νερού για την ψύξη** του εξοπλισμού. Η μέθοδος αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα έναντι παλαιότερων τεχνικών εξόρυξης. Οι εξορυσσόμενοι όγκοι, έχουν ιδιαίτερα καλό σχηματισμό κι έτσι έχουμε μειωμένα κόστη εξομάλυνσης και ορθογωνισμού ενός όγκου καθώς και μεγάλη μείωση της φύρας και κατ' επέκταση μεγαλύτερη αποληψιμότητα του πετρώματος. Η μέθοδος αυτή έχει πολύ καλούς χρόνους παραγωγής και μικρότερο κόστος από άλλες, καθώς η συντήρηση και η αγορά ανταλλακτικών είναι ιδιαίτερα εύκολη. Επίσης, είναι σαφώς φιλικότερη προς το περιβάλλον από εκρηκτικές εξορυκτικές μεθόδους και παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια για το προσωπικό.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μεθόδου ποικίλουν, αναλόγως των ζητούμενων εργασιών και του είδους/σκληρότητας του διακοσμητικού λίθου. Πλέον μπορούμε να βρούμε στην αγορά και μικρού μεγέθους συρματοκοπές, για χρήση μόνο σε μικρούς όγκους για την εξομάλυνση των πλευρών τους. Στα μεγάλα συστήματα εξόρυξης, η ισχύς του κινητήρα κυμαίνεται από **30 έως 100 HP**, η διάμετρος της τροχαλίας από **Φ600 έως Φ1500 (σε m)**.

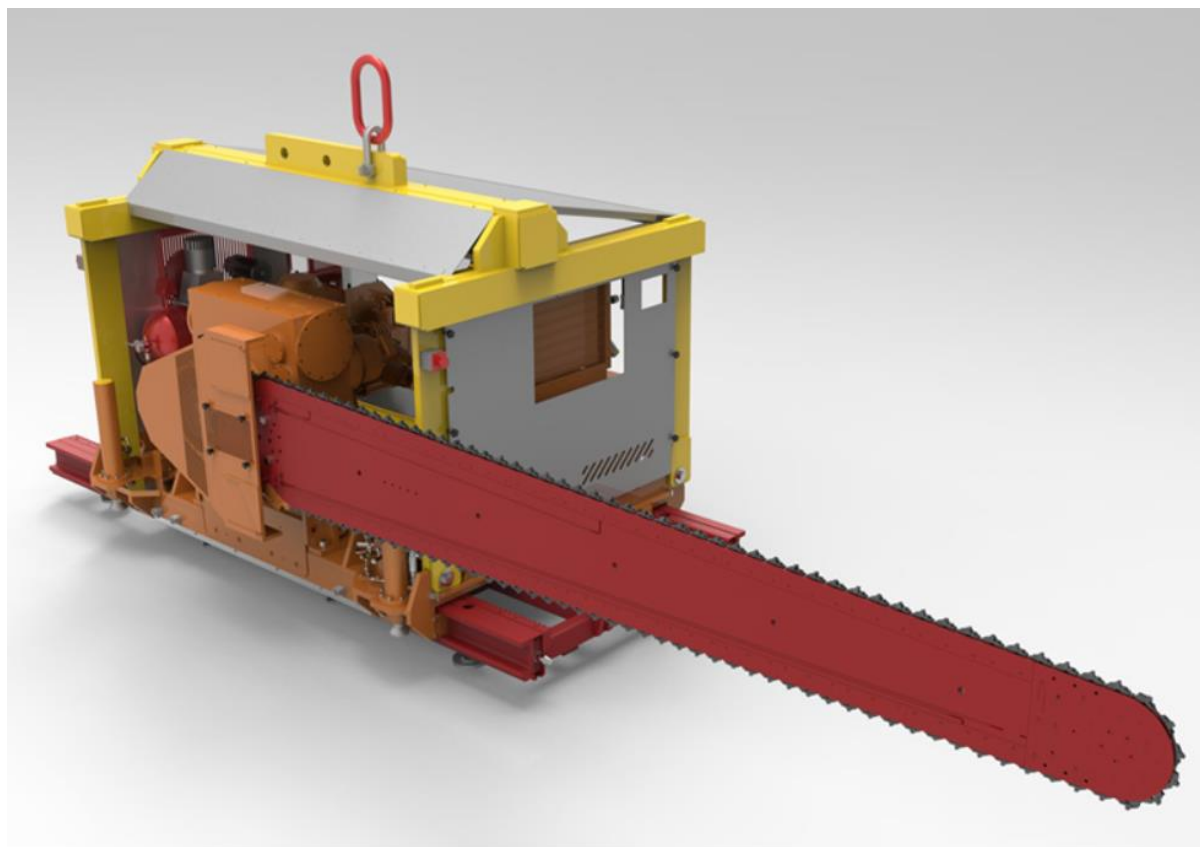
Αναφορικά με το σύρμα, συνήθως χρησιμοποιείται τύπου ανοξείδωτου χάλυβα με διάμετρο **5mm**, με τα κοπτικά να εξέχουν του σύρματος με διπλάσια διάμετρο **10mm**. Για να διατηρηθεί σταθερός ο ρυθμός κοπής, δεδομένου ότι η ταχύτητα της τροχαλίας ρυθμίζεται, ανάμεσα στα κοπτικά αδαμαντοφόρα σφαιρίδια υπάρχουν είτε ελατήρια, είτε διαχωριστικά από πλαστικό, ορείχαλκο ή καουτσούκ με σκοπό να **ισαπέχουν** (εικόνα 30). (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2007)



Εικόνα 30: Μεγεθυμένη άποψη συρματοσκοινου  
[<https://www.diabue.com/produkte/diamant-saegeseile/?lang=en>]

### 3.2.3: Κοπή με αλυσοπρίονο

Μια επίσης αρκετά συνηθισμένη μέθοδος κοπής σε λατομεία είναι η **κοπή με αλυσοπρίονο** (εικόνα 31). Μοιράζεται πολλά θετικά χαρακτηριστικά με τη συρματοκοπή, καθώς είναι μια μέθοδος που δεν χρησιμοποιεί εκρηκτικά και το σχήμα των παραγομένων από τη διαδικασία όγκων διακοσμητικού πετρώματος έχει πολύ καλό σχηματισμό. Με τα αλυσοπρίονα, η κοπή είναι δυνατή τόσο στον **οριζόντιο** όσο και στον **κάθετο** επίπεδο του μετώπου.



Εικόνα 31: Αλυσοπρίονο [<https://www.fantinispa.it/en/70superh-bank-chain-saw-machine/>]

Όσο εξελίσσεται η τεχνολογία, τόσο βελτιώνεται και η μέθοδος αυτή. Στις μέρες μας, βρίσκουμε στην αγορά μηχανές μέχρι και **80kW**. Τα βάθη κοπής για τα υπαίθρια αλυσοπρίονα ξεκινούν από **2m** και φτάνουν μέχρι και τα **8m**, ενώ σε υπόγειες εκμεταλλεύσεις έως τα **3m** βάθος. Με την περιστροφή του βραχίονα από  $180^{\circ}$  –  $360^{\circ}$ , η ευελιξία που προσφέρουν είναι μεγάλη. Ένα επίσης μεγάλο πλεονέκτημα είναι πως ουσιαστικά δεν υπάρχει όριο στο μήκος κοπής, καθώς ο μοναδικός περιορισμός είναι από το σύστημα των οδοντωτών σιδηροτροχιών – ραγών, όπου περισσότερα ή λιγότερα μέρη μπορούν να ενωθούν ώστε να καλύπτεται το επιθυμητό μήκος.



Η αλυσίδα κοπής, ανά μικρά διαστήματα περί των 10cm, είναι ενισχυμένη με χαλύβδινα ή αδαμάντινα κοπτικά άκρα και με τη συνεχή της κυκλική κίνηση απομακρύνει σε κάθε περιστροφή μέρος της ζητούμενης επιφάνειας προς αποκοπή.

Η μέθοδος αυτή, απαιτεί μεγάλη προσοχή στη σωστή λειτουργία του συστήματος, με χρήση νερού για την κατάλληλη ψύξη των μερών του και ειδικών λιπαντικών μέσων για την εύρυθμη και απρόσκοπτη λειτουργία του. Επίσης η τεχνική της κοπής με αλυσοπρίονο είναι δυσκολότερη σε χειρισμό συγκριτικά με τη συρματοκοπή και απαιτεί χειριστές – τεχνίτες με μεγάλη εμπειρία. Στην εικόνα 32, παρατηρούμε το σύστημα του αλυσοπρίονου, τοποθετημένο σε σύστημα σιδηροτροχιών καθώς πραγματοποιείται κάθετη κοπή σε μέτωπο μαρμάρου. (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε., 2007)



Εικόνα 32: Παράδειγμα χρήσης αλυσοπρίονου στο πεδίο  
[<https://www.fantinispa.it/en/70superh-bank-chain-saw-machine/>]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΣΕ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΑ (ΣΧΙΣΤΗΡΙΑ) / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ

Στο παρόν κεφάλαιο, αναπτύσσονται γενικότερα στοιχεία για την κοπή και επεξεργασία των διακοσμητικών λίθων σε ένα σχιστήριο και αναλύονται μέθοδοι και τεχνικές κοπής.



Εικόνα 33: Αποψη διαφόρων σταδίων κοπής σε σχιστήριο

### 4.1. Εισαγωγικά

Συνεχίζοντας στο ταξίδι ενός διακοσμητικού ογκόλιθου, μετά την εξόρυξή του από τη φυσική του θέση, φτάνουμε στον επόμενο σταθμό εργασίας, την κοπή και επεξεργασία του στο εργοστάσιο – σχιστήριο. Στιγμιότυπα από τις διαδικασίες αυτές, βλέπουμε στην εικόνα 33. Ένα σχιστήριο διακοσμητικών λίθων δεν αποτελεί απαραίτητα συνέχεια παραγωγής κάποιου λατομείου. Τόσο τα λατομεία όσο και τα σχιστήρια μπορούν να σταθούν αυτοτελώς στην βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων. Έτσι συναντώνται τόσο ως μέλη ενός κοινού ομίλου όσο και αυτοτελώς στην αγορά. Ενώ τα προϊόντα της εκμετάλλευσης είναι τα ογκομάρμαρα, το αποτέλεσμα της διαδικασίας κοπής και επεξεργασίας αποτελούν τα τελικά προϊόντα διακοσμητικών λίθων, έτοιμα για το επόμενο τελικό στάδιο της εγκατάστασης και τοποθέτησης.

Οι κύριες κατηγορίες προϊόντων ενός σχιστηρίου είναι οι εξής:

- **Ενδιάμεσα προϊόντα:** (Τα προϊόντα αυτά δεν βρίσκονται στην τελική τους μορφή, επιδέχονται περαιτέρω κοπή, επεξεργασίας και προσαρμογής από τεχνίτες ή καλλιτέχνες)

- Πλάκες με ή χωρίς κατεργασία σε ποικιλία παχών, με τα συνηθέστερα να είναι 2cm και 3cm.



- Ορθογωνισμένοι όγκοι μικρότερων διαστάσεων ειδικών παραγγελιών με σκοπό την καλλιτεχνική κοπή ή λάξευση.

- **Τελικά προϊόντα:** (Τα προϊόντα αυτά έχουν υποστεί όλα τα στάδια κοπής και επεξεργασίας, παραδίδονται στον καταναλωτή συσκευασμένα και έτοιμα για τοποθέτηση)

- Πλάκες τυποποιημένων διαστάσεων πάχους δύο ή τριών εκατοστών.
- Σκαλοπάτια πάχους τριών εκατοστών
- Πλακίδια κανονικού σχήματος για επένδυση δαπέδων ή τοίχων
- Περβάζια και ποδιές παραθύρων
- Πάγκοι κουζίνας και λουτρού
- Ταφικά μνημεία

Αξίζει να αναφερθεί, πως εκτός από τα παραπάνω προϊόντα, σε μεγάλο βαθμό αξιοποιήσιμο μπορεί να είναι και το απόρριμμα των διαδικασιών κοπής που παρασύρεται από το ψυκτικό νερό. Οι κόκκοι που απομένουν, με κατάλληλη επεξεργασία ξήρανσης και λειοτρίβησης στις επιθυμητές κοκκομετρίες, το παραπροϊόν αυτό ενός σχιστηρίου, η λεγόμενη μουργάνα, αποτελεί εξαιρετική πρώτη ύλη για την παραγωγή συγκολλητικών υλικών, μαρμαρόσκονη, κόλλες πλακιδίων και άλλα προϊόντα.

**Οι διαδικασίες κοπής σε ένα εργοστάσιο μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:**

- Πρωτογενής κοπή – **Ορθογωνισμός των όγκων**
- Δευτερογενής κοπή – **Σχίσσιμο των όγκων**
- Τριτογενής κοπή – **Διαμόρφωση λωρίδων και πλακιδίων**
- Τεταρτογενής κοπή – **Ειδικές κοπές, Επεξεργασία & Παραγωγή τελικών προϊόντων**

Στα παρακάτω υποκεφάλαια, γίνεται εκτενής ανάλυση των παραπάνω σταδίων επεξεργασίας, των διαφόρων μηχανημάτων και των χρήσεών τους.

## 4.2. Πρωτογενής κοπή – Ορθογωνισμός των όγκων

Καθώς οι όγκοι των πετρωμάτων που φθάνουν στο εργοστάσιο προς επεξεργασία δεν έχουν πάντα σταθερές διαστάσεις και μορφή, δημιουργείται η ανάγκη χρήσης των μηχανημάτων που αναλύονται παρακάτω για την επιθυμητή διαμόρφωση των όγκων.

Οι **βασικοί λόγοι** για τη διαδικασία της πρωτογενούς κοπής είναι οι εξής:



Εικόνα 34: Στιγμιότυπο ορθογωνισμού όγκου μαρμάρου

- **Ειδική διαστασιολόγηση:** Πολλές φορές, τυχαίνει να ζητηθούν όγκοι και πλάκες ειδικών διαστάσεων και πάχους, που δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν με τα μηχανήματα των επόμενων σταδίων παραγωγής. Έτσι, για παράδειγμα αν απαιτηθεί μια πλάκα ενός πετρώματος άνω των τεσσάρων ή πέντε εκατοστών, η κοπή της πραγματοποιείται στο στάδιο αυτό.

- **Οριζοντιοποίηση βάσης:** Ένας όγκος πετρώματος, για να τοποθετηθεί σε κάποιο μηχάνημα της δευτερογενούς κοπής, όπως για παράδειγμα το τελάρο που θα αναλυθεί παρακάτω, θα πρέπει να έχει τουλάχιστον μια επιφάνεια του οριζόντια, ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί σε αυτό με ασφάλεια και ισορροπία. Αυτό όμως δεν συμβαίνει πάντα κι έτσι απαιτείται η πρωτογενής κοπή και ορθογωνισμός του όγκου (εικόνα 34).

- **Οριοθέτηση διαστάσεων:** Πολλά από τα μηχανήματα των επόμενων σταδίων παραγωγής, έχουν μέγιστες διαστάσεις που μπορούν να δεχθούν, τόσο στον οριζόντιο, όσο και στον κάθετο άξονα. Έτσι αν ένας όγκος προς επεξεργασία ξεπερνά τα όρια αυτά, πρέπει να κοπεί ανάλογα για να συνεχιστεί η παραγωγική διαδικασία.

- Διαχωρισμός ογκοπετρώματος για διαφορετική επεξεργασία: Πολλές φορές ζητείται από τον ίδιο όγκο μαρμάρου, να παραχθούν πλάκες διαφορετικών παχών. Έτσι, μετά από κατάλληλες μετρήσεις, ο όγκος χωρίζεται σε κατάλληλα πάχη για τα επόμενα βήματα.

Για την πρωτογενή αυτή κοπή, χρησιμοποιούνται τρεις τύποι μηχανημάτων, το **μονόλαμο**, το **μονόσυρμο** και ο **γιγαντιαίος δίσκος κοπής**.

- **Μονόλαμο:**



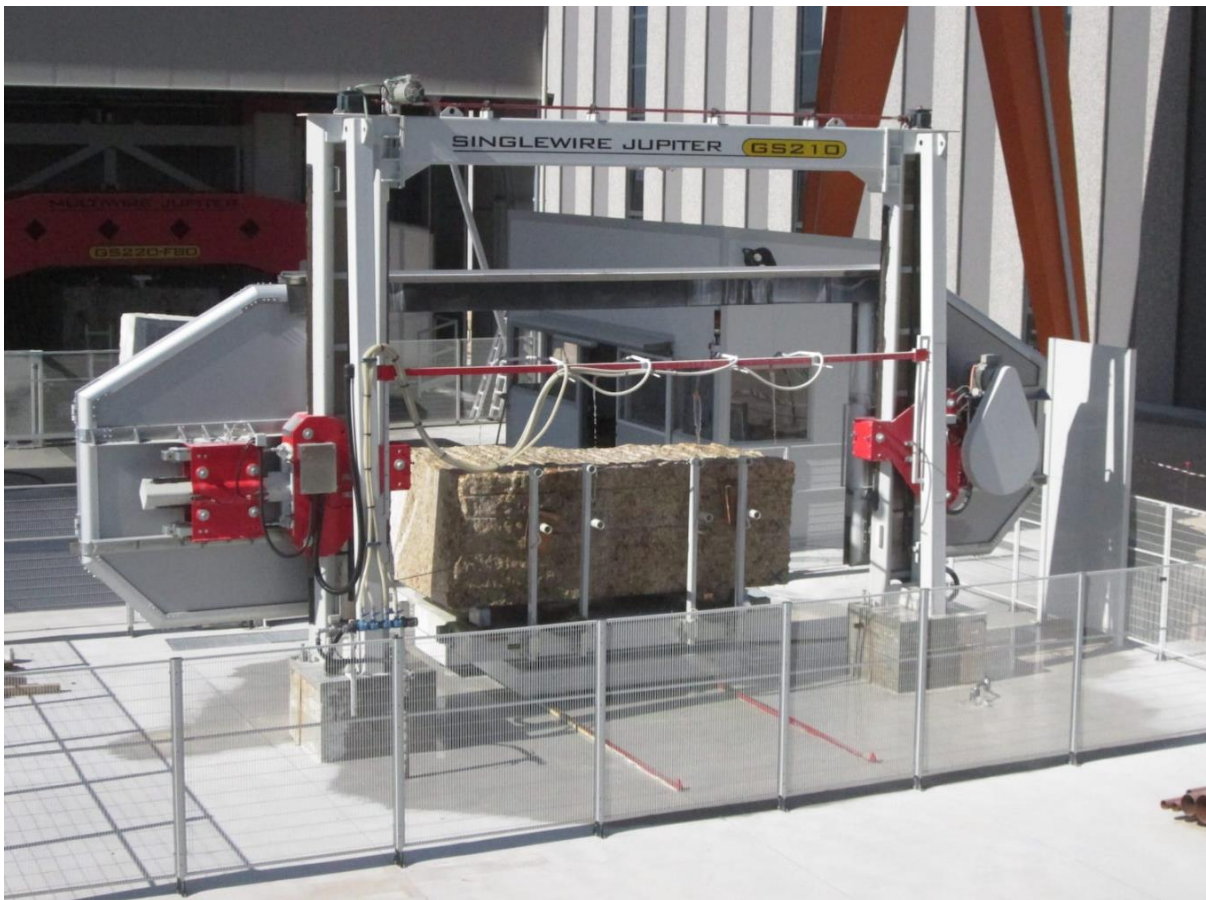
Εικόνα 35: Μονόλαμο εν αναμονή φόρτωσης

Το **μονόλαμο** (εικόνα 35), όπως μαρτυρά και το όνομά του είναι ένα μηχάνημα με μια μόνο λάμα, ενισχυμένη στα άκρα της με αδαμαντοφόρα κοπτικά. Πραγματοποιώντας παλινδρομική κίνηση και μετατοπιζόμενη και στον κατακόρυφο άξονα, κόβει μια επιφάνεια του όγκου.

Για την ορθή χρήση του μονόλαμου, απαιτείται κατάλληλη ροή ψυκτικού υγρού ώστε να διασφαλίζεται η βέλτιστη διάρκεια φθοράς της λάμας. Σε αυτό σημαντικό ρόλο παίζει και η

επιλογή της κατάλληλης ταχύτητας της κατακόρυφης και παλινδρομικής κίνησης, με σκοπό τόσο την καλή ποιότητα του τελικού αποτελέσματος αλλά και την ικανοποιητική ωριαία απόδοση. Επίσης ενδείκνυται να κόβονται όσο πιο σταθερής ποιότητας και σκληρότητας όγκοι, ώστε να βελτιστοποιείται ο χρόνος ζωής των λεπίδων. Αν υπάρχει αλλαγή στο αντικείμενο κοπής, προτείνεται και η αντίστοιχη αλλαγή της λεπίδας.

- **Μονόσυρμο:**



Εικόνα 36: Μονόσυρμο σε λειτουργία ορθογωνισμού γρανιτικού όγκου [<https://www.pedrinitalia.it/en/products/singlewire-jupiter-gs210>]

Το **μονόσυρμο** (εικόνα 36), έχει πολλές ομοιότητες με το μονόλαμο. Βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας, μόνο που ως κοπτικό μέσο δεν χρησιμοποιείται λάμα αλλά ένα τανυσμένο σύρμα, όπως στην περίπτωση της συρματοκοπής που αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μια άλλη διαφορά που μπορεί να παρατηρηθεί είναι πως λόγω της μεγαλύτερης τους κοπτικής απόδοσης έναντι του μονόλαμου, τα μονόσυρμα χρησιμοποιούνται στον ορθογωνισμό όγκων γρανιτών που έχουν μεγάλη σκληρότητα, ενώ τα μονόλαμα σε ογκομάραμα. Όσον αφορά την



εξέλιξή του μονόσυρμου με την πάροδο των ετών, ακολουθεί την ίδια πορεία με τη συρματοκοπή, με **το σύρμα τύπου «διαμαντέ»** με αδαμαντοφόρα κοπτικά μέσα, να αντικαθιστά το ελικοειδές χαλύβδινο σύρμα με παρουσία κοπτικής σκόνης που χρησιμοποιούνταν τα παλαιότερα χρόνια.

- **Γιγαντιαίος δίσκος κοπής:**



Εικόνα 37: Γιγαντιαίος δίσκος κοπής κατά τη διαδικασία διαχωρισμού όγκου [<https://www.pedrini-italia.it/en/products/genesis-gs141-142>]

Για τις παραπάνω διαδικασίες κοπής, ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί και **γιγαντιαίος δίσκος κοπής** με τη διάμετρό του να φτάνει μέχρι τα **3,5 m**. Όπως και στα προηγούμενα μέσα, όλη η περιφέρεια του δίσκου, είναι ενισχυμένη με αδαμαντοφόρα κοπτικά. Η ψύξη γίνεται με συνεχή ροή νερού κατά τη διάρκεια της κοπής, όπως φαίνεται και στην εικόνα 37.

### 4.3. Δευτερογενής κοπή – Σχίσσιμο των όγκων



Εικόνα 38: Σχισμένες πλάκες μαρμάρου και γρανίτη στην πλατεία σχιστηρίου

Μετά τον **ορθογωνισμό** τους, οι όγκοι είναι έτοιμοι για το επόμενο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, το **σχίσσιμο**. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι όγκοι κόβονται ταυτόχρονα σε πολλές πλάκες μεγάλων διαστάσεων (εικόνα 38), σε διαφορετικά πάχη, αναλόγως με τη μεταγενέστερη χρήση τους. Στο στάδιο αυτό, σημαντικότερος χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός είναι το **τελάρο** και το **πολύσυρμο**.

- **Τελάρο:**

Η κοπή σε **τελάρο** (εικόνα 39) αποτελεί την συνηθέστερη μέθοδο για παραγωγή πλακών μαρμάρου. Προσαρμοσμένη σε σταθερό πλαίσιο, βρίσκεται μια μετακινούμενη βάση στην οποία προσαρμόζεται μεγάλος αριθμός (40 έως 60) λαμών με προσαρμοσμένα κοπτικά στα άκρα τους. Η απόσταση μεταξύ τους μεταβάλλεται αναλόγως του ζητούμενου πάχους κοπής που συνήθως είναι **2 ή 3 cm**. Η βασική αρχή λειτουργίας του είναι αυτή του μονόλαμου, με



πολλαπλάσιο αριθμό λεπίδων για ταυτόχρονη κοπή πολλών πλακών. Με την περιστροφή μιας μεγάλης τροχαλίας, επιτυγχάνεται η παλινδρομική κίνηση στις αδαμαντοφόρες λεπίδες, και είτε ο φορέας των λαμών κινείται κατακόρυφα ώστε να έρθουν σε επαφή με τον προς κοπή όγκο, είτε η βάση στην οποία είναι σταθεροποιημένος ο όγκος είναι μεταβαλλόμενου ύψους και ανέρχεται με σταθερή ταχύτητα έως ότου ολοκληρωθεί η κοπή.



Εικόνα 39: Τελάρο εν αναμονή φόρτωσης

Η παραπάνω διαδικασία, είναι αποτελεσματική σε όγκους μαρμάρου λόγω της μικρής αντοχής του σε τριβή. Στην περίπτωση ενός όγκου γρανίτη, τα τελάρα παλινδρομικής κίνησης δεν είναι τόσο αποτελεσματικά. Στο παρελθόν, για το σχίσιμο γρανίτη σε πλάκες, χρησιμοποιούνταν **τελάρα έκκεντρης παλινδρομικής κίνησης**, που εκμεταλλεύονταν την χαμηλότερη αντοχή του γρανίτη σε κρούση και στην ουσία με επαναλαμβανόμενη κρούση των κοπτικών των λεπίδων στην επιφάνεια του γρανίτη είχαμε απομάκρυνση υλικού και τελικά την κοπή. Η διαδικασία όμως αυτή ήταν ιδιαιτέρως κοστοβόρα και στην πορεία αντικαταστάθηκε με τη χρήση πολύσυρμων μηχανημάτων.

- **Πολύσυρμος:**

Όπως το τελάρο ακολουθεί την ίδια λογική με το μονόλαμο, έτσι και το **πολύσυρμος** (εικόνα 40), βασίζεται στη λειτουργία του μονόσυρμου και της μεθόδου της συρματοκοπής. Πρόκειται στην ουσία για ένα τελάρο, που οι λάμες έχουν αντικατασταθεί με σύρματα. Τα σύρματα αυτά, πραγματοποιούν ταυτόχρονη παλινδρομική κίνηση και το καθένα από αυτά συνδέεται με ανεξάρτητες περιστρεφόμενες τροχαλίες.



Εικόνα 40: Πολύσυρμος κατά τη διάρκεια κοπής όγκου γρανίτη [<https://www.pedrini-italia.it/en/products/multiwire-jupiter-gs220-0>]

Τα πολύσυρμα αποτελούν μηχανήματα πολύ καλής ακρίβειας και αξιοπιστίας, αλλά χαμηλής παραγωγικότητας συγκριτικά με άλλες μεθόδους.

#### 4.4. Τριτογενής κοπή – Διαμόρφωση λωρίδων και πλακιδίων

Με έτοιμες τις πλάκες των διακοσμητικών πετρωμάτων, η παραγωγή συνεχίζεται με το επόμενο στάδιο κοπής. Από τη διαδικασία αυτή τόσο ορθογωνισμένα πλακίδια τυποποιημένων διαστάσεων, όσο και λωρίδες πετρωμάτων για αυτούσια χρήση σε περβάζια, σοβατεπιά κ.ά. Αναλόγως του επιθυμητού τελικού αποτελέσματος, τα κυριότερα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτό το στάδιο είναι ο **κόφτης** – φρέζα σε κινούμενη τράπεζα και ο κόφτης **λωρίδων**.

- **Κόφτης**



Εικόνα 41: Κόφτης σε αναμονή

Ο **κόφτης** (εικόνα 41) αποτελείται από μια οριζόντια περιστρεφόμενη επιφάνεια κοπής (η οποία επενδύεται με ξύλινα δοκάρια, που λειτουργούν υποστηρικτικά και προστατευτικά για τις πλάκες που εναποτίθενται στη βάση) και τους αποσπώμενους κινητούς τροχούς κοπής. Στους



τροχούς κοπής τοποθετούνται αναλώσιμοι δίσκοι με περιφερειακά κοπτικά, που επιλέγονται ανάλογα με το είδος του υλικού της πλάκας προς κοπή και τη σκληρότητά του υλικού.

Τα **βασικά βήματα** που ακολουθούνται κατά την κοπή πλακών είναι:

1. **Τοποθέτηση πλάκας στην επιφάνεια κοπής με τη βοήθεια της εσωτερικής γερανογέφυρας μεταφοράς.** Στο συγκεκριμένο βήμα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για να μην προκληθούν ατυχήματα κυρίως στο ανθρώπινο δυναμικό του εργοστασίου αλλά και στο υλικό.
2. **Ευθυγράμμιση πλάκας,** με τη βοήθεια πλακιδίων ορισμένου μήκους και γωνιών, που χρησιμεύουν ως οδηγοί.
3. **Σχεδιασμός κοπής:** Το ζητούμενο στο βήμα αυτό είναι η σωστή επιλογή μεθόδου, διαστάσεων και διεύθυνσης κοπής, ώστε να καλύπτει τις προδιαγραφές που ζητούνται (μέγεθος, κατεύθυνση νερών κ.α.) αλλά και να έχουμε όσο το δυνατόν λιγότερη ζημία, δηλαδή φύρα του υλικού.
4. **Ευθυγράμμιση – Καλιμπράρισμα τροχού κοπής και έναρξη κοπής.** Σε όλη τη διάρκεια κοπής, όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες διαδικασίες κοπής, υποχρεωτική είναι η χρήση νερού για την μείωση της θερμοκρασίας των τροχών και την απομάκρυνση της δημιουργούμενης σκόνης.



Εικόνα 42: Κόφτης σε λειτουργία

- **Κόφτης λωρίδων**



Εικόνα 43: Κόφτης λωρίδων [<https://www.pedrini-italia.it/en/products/m744>]

Σε αναλογία με το μονόσυρμο και το πολύσυρμο, ο **κόφτης λωρίδων** (εικόνα 43) είναι ένας πολυκόφτης, με πολλούς παράλληλους τροχούς ρυθμιζόμενων αποστάσεων για την ταχύτερη παραγωγή επιμήκων λωρίδων σταθερού πλάτους. Η παρουσία του σε ένα σχιστήριο μπορεί να αυξήσει ιδιαίτερα τους χρόνους παραγωγής. Χρησιμοποιείται για την ταυτόχρονη παραγωγή πλακιδίων σε μήκος και πλάτος ή για την παραγωγή λωρίδων πετρώματος για αυτόνομη χρήση.



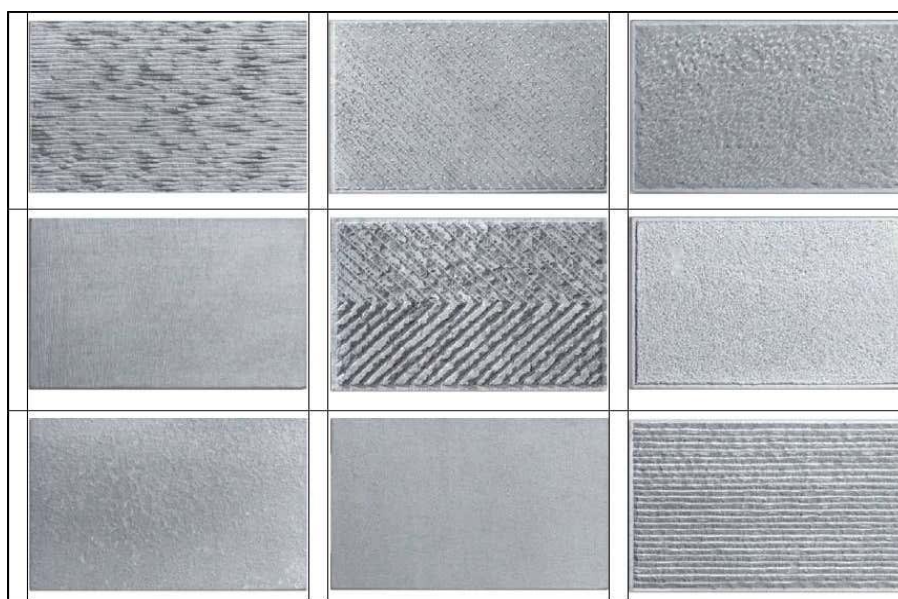
#### 4.5. Τεταρτογενής κοπή – Ειδικές κοπές, Επεξεργασία & Παραγωγή τελικών προϊόντων

Τα τελικά προϊόντα διακοσμητικών λίθων συνήθως πωλούνται με γυαλισμένη ή/και στιλβωμένη επιφάνεια. Υπάρχει όμως η δυνατότητα, η οποία κερδίζει τα τελευταία χρόνια κομμάτι



Εικόνα 44: Λουστρική [<https://www.pedrini-italia.it/en/products/calibrating-polishing-machine-galaxy-slabs>]

της αγοράς, οι επιφάνειες να υποστούν επεξεργασία που να τους προσδώσει τραχύτητα (φινίρισμα, σκαπιτσάρισμα). Η διαδικασία αυτή συμβαίνει για δύο σημαντικούς λόγους, τόσο την αισθητική του καταναλωτή, όσο και για να γίνει η επιφάνεια αντλιοσθητική, ανοίγοντας έτσι ακόμη περισσότερο τις επιλογές τοποθέτησης. Οι παραπάνω διαδικασίες αποτελούν το φινίρισμα των επιφανειών και πραγματοποιούνται σε μηχανές όπως αυτή της εικόνας 44, που με κατάλληλες κεφαλές, δημιουργούν πληθώρα τελικών αποτελεσμάτων. Τέλος, σε αυτήν την κατηγορία επεξεργασίας, μπορούν να ενταχθούν και οι καμένες και υδροβολισμένες επιφάνειες, που όπως μαρτυρά και η ονομασία τους η επιφάνεια κατεργάζεται θερμικά και με νερό υπό υψηλή πίεση αντίστοιχα. Παραδείγματα των παραπάνω επεξεργασμένων επιφανειών παρουσιάζονται στην εικόνα 45.



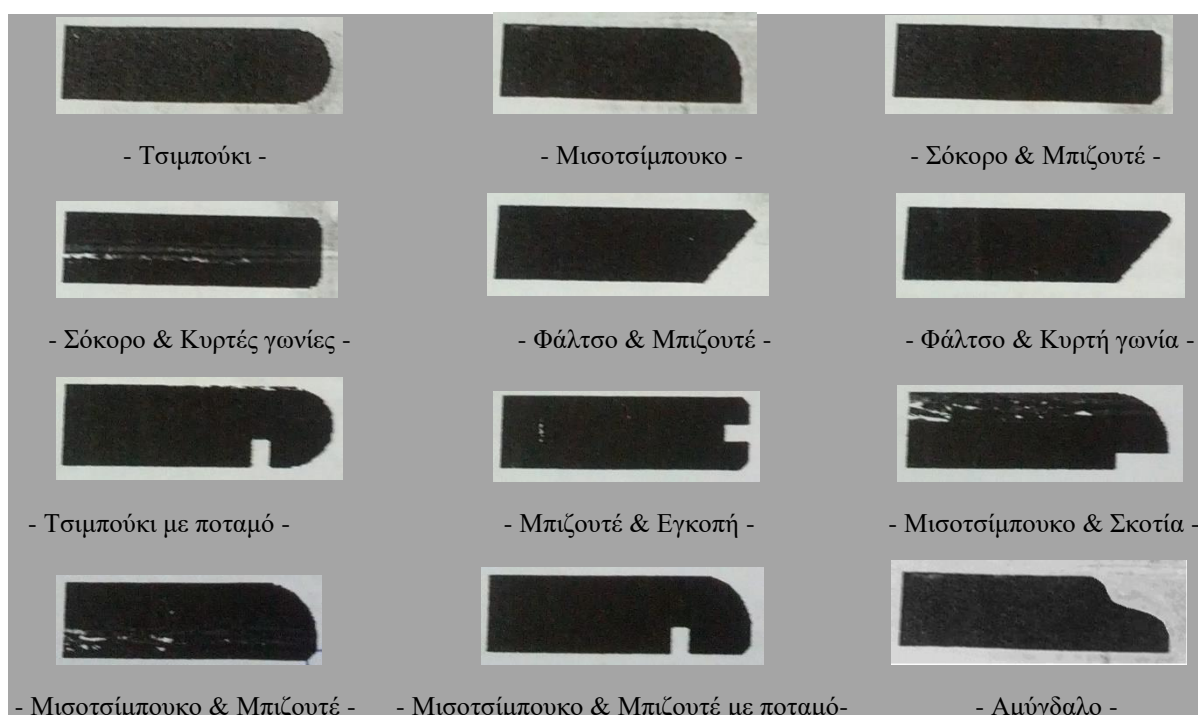
Εικόνα 45: Διάφορα είδη φινιρίσματος για τραχιά επιφάνεια διακοσμητικού πετρώματος [Οδηγός Αγοράς TECH4STONE, 2008]





Εικόνα 46: Μουρελομηχανή

Μια άλλη κατηγορία καλλιτεχνικών κοπών όπως συχνά ονομάζονται στην αγορά είναι το φινιρίσμα των πλευρικών επιφανειών. Στην αγορά οι κατά μήκος πλευρικές επιφάνειες αναφέρονται ως «μουρέλα» και οι κατά πλάτος «κεφάλια» της πλάκας του πετρώματος. Η επεξεργασία αυτή γίνεται σε μηχανήματα που ονομάζονται **μουρελομηχανές** (εικόνα 46). Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής δεν γίνεται μόνο για αισθητικούς λόγους αλλά και για τη βελτίωση της λειτουργικότητας του προϊόντος, όπως για παράδειγμα η δημιουργία ποταμού για την απομάκρυνση υδάτων όπου αυτό χρειάζεται. Χαρακτηριστικά φινιρίσματα πλευρικών επιφανειών, βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα 47.



Εικόνα 47: Διάφορα είδη φινιρίσματος σε μουρέλα και κεφάλια

Στην περίπτωση που απαιτούνται πιο εξειδικευμένες κοπές μη γραμμικές, η **τεχνολογία** έρχεται να φέρει λύσεις στα προβλήματα που προκύπτουν. Μηχανήματα που μπορούν να επικοινωνήσουν με έναν υπολογιστή και να αναγνωρίσουν σχέδια μέσω **CAD** (Computer Aided Design), βοηθούν στην δημιουργία αποτελεσμάτων μεγάλης ακρίβειας, αδύνατων με ανθρώπινο χέρι. Ορισμένα μηχανήματα όπως ο **παντογράφος χάραξης** και ο **τόρνος** στο παρελθόν υπήρχαν σε χειροκίνητη μορφή, που όμως τώρα πια σπανίζουν. Στη θέση τους χρησιμοποιούνται πιο σύγχρονα μηχανήματα, με περισσότερες λειτουργίες. Τα κυριότερα και πιο συνήθη μηχανήματα τέτοιου τύπου είναι:

- **Waterjet – Μηχάνημα Υδροκοπής**



Εικόνα 48: Waterjet [<https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/waterjet-cutting-systems.c115396/waterjet-cutting-machines.125566/brembana-aquatec.125567>]

Το μηχάνημα αυτό, είναι κατάλληλο για την κοπή πλακών σε οποιοδήποτε σχήμα. Αποτελείται από μία σταθερή βάση στην οποία τοποθετείται η προς κοπή πλάκα και μια κινούμενη γέφυρα στην οποία προσαρμόζεται το εξάρτημα του εκτοξευτήρα νερού, όπως φαίνεται και στην εικόνα 48. Η κοπή πραγματοποιείται με το ακροφύσιο να εκτοξεύει πολφό νερού και κοπτικών συστατικών υπό εξαιρετικές πιέσεις και ταχύτητες. Ένας υπολογιστής συνδεδεμένος με το σύστημα, τροφοδοτείται με το ψηφιακό σχέδιο και είναι υπεύθυνος για το καλιμπράρισμα και την ολοκλήρωση της κοπής. Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για κάθε τύπο διακοσμητικού λίθου.

- **Κόφτης CNC – Computer Numerical Control**



Εικόνα 49: CNC κόφτης [<https://www.scmgroup.com/en/cmsstone/products/cnc-machining-centers.c115395/5-6-axes-cnc-machines.115405/brembana-grex.12315>]

Ο «βασιλιάς» των μηχανημάτων κοπής σε ένα σχιστήριο. Με τις λειτουργίες του να καλύπτουν σχεδόν όλα τα παραπάνω, το CNC (εικόνα 49) είναι το μηχάνημα που χρησιμοποιείται κατά κόρον σε κάθε μη παραδοσιακή κοπή. Ακολουθεί το στήσιμο της υδροκοπής που αναφέρθηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι στην περίπτωση του CNC το ακροφύσιο αντικαθίστανται με κοπτικά διαφόρων τύπων, μέχρι και δίσκους κοπής. Στο CNC μπορούν να πραγματοποιηθούν πρακτικά τα πάντα. Ένα πολύ όμορφο παράδειγμα που δείχνει τις πλήρεις δυνατότητες των ρομποτικών μηχανημάτων και συναντήθηκε κατά την έρευνα για το παρόν πόνημα είναι η κατασκευή του ακριβούς πιστοποιημένου αντιγράφου της Νίκης της Σαμοθράκης με ακρίβεια χιλιοστού και στις φυσικές του διαστάσεις, ύψους σχεδόν δύομισι μέτρων. Το μουσείο του Λούβρου προμήθευσε την εταιρία Κυριακίδης στη Δράμα με τρισδιάστατα ψηφιακά αρχεία και σμιλεύθηκε το αριστούργημα που βλέπουμε στην εικόνα 50.



Εικόνα 56: Πιστό αντίγραφο της Νίκης της Σαμοθράκης [<https://www.fhl.gr/el/εγκαταστάσεις-μηχανήματα>]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΛΙΘΩΝ**

*Στο παρόν κεφάλαιο, γίνονται προσπάθειες πρόβλεψης του μέλλοντος του κλάδου και προτάσεις για τη διατήρηση και βελτίωση της ανοδικής του πορείας.*

### **5.1. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υλικών και του μηχανολογικού εξοπλισμού**

Όπως σε κάθε κλάδο, έτσι και στη βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων, η έρευνα και ανάπτυξη νέων αναλώσιμων υλικών, μέσων και μηχανημάτων είναι ικανή να επιφέρει ουσιαστικές αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. Είναι σημαντικό λοιπόν οι παραγωγικές μονάδες του κλάδου να φροντίζουν να μένουν ενημερωμένες για τα νέα δεδομένα. Βέβαια, η πλήρης αντικατάσταση του εξοπλισμού τόσο σε ένα λατομείο όσο και σε ένα σχιστήριο μπορεί να αποδειχθεί απαγορευτική από άποψη κόστους. Κάτι τέτοιο μπορεί να προταθεί μόνο σε περίπτωση μη αναστρέψιμης βλάβης κάποιου μηχανήματος και την αντικατάστασή του με κάποιο πιο σύγχρονο και αποδοτικό μοντέλο.

Για να βελτιωθεί όμως η παραγωγική διαδικασία μπορεί να είναι αρκετή και μια μικρότερη κίνηση, όπως η αλλαγή ενός αναλώσιμου τύπου κοπτικού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μεγάλης αύξησης της παραγωγικότητας για κάθε τύπο συρματοκοπής ήταν η αντικατάσταση του ελικοειδούς σύρματος χάλυβα από τα σύρματα διαμαντιών. Υψηλότερες ταχύτητες κοπής, μεγαλύτερες διαστάσεις κοπής, υψηλότερη ποιότητα κοπής και μεγαλύτερη ευελιξία, με την αντικατάσταση του αναλώσιμου κοπτικού μέσου ενός μηχανήματος.

Έτσι λοιπόν, η συνεχής ενημέρωση, συμβούλευση και επικοινωνία των εταιρειών με τους επισημονικούς της συνεργάτες είναι απαραίτητη για τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης.

### **5.2. Μείωση κόστους διαδικασιών – Εξοικονόμηση ενέργειας**

Ένα σημαντικό ποσοστό του συνολικού κόστους είτε στην εξορυκτική είτε στη μονάδα επεξεργασίας προέρχεται από την κατανάλωση ενέργειας. Με την εισαγωγή νέων χωρών στον ανταγωνιστικό χάρτη του κλάδου τα τελευταία χρόνια, με χαμηλότερα ενεργειακά κόστη, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η **ενεργειακή βελτιστοποίηση** της βιομηχανίας διακοσμητικών λίθων.

Συμπληρωματικά, τα τελευταία χρόνια, δίνεται μεγάλη σημασία στην κατεύθυνση των τεχνικών και παραγωγικών επιχειρήσεων σε μια πιο φιλική προς το περιβάλλον λειτουργία. Παγκόσμιοι οργανισμοί πραγματοποιούν μελέτες και επιστημονική έρευνα - με κυριότερα πονήματα τη «*Συμφωνία του Παρισιού για την Κλιματική Αλλαγή*» και τους «*Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ο.Η.Ε.*» - ώστε να βοηθήσουν να καταστούν οι επιχειρήσεις αυτές πιο βιώσιμοι οργανισμοί, με βελτιωμένες περιβαλλοντικές επιδόσεις και να επιτευχθεί μακροπρόθεσμη, βιώσιμη ανάπτυξη. Στο πλαίσιο αυτό, μπορούν να υλοποιηθούν σημαντικές ενέργειες για ένα μέλλον χαμηλότερων εκπομπών άνθρακα και μελλοντικά να επιτευχθεί ακόμη και **μηδενικό αποτύπωμα άνθρακα**. Πριν από μερικούς μήνες, πραγματοποιήθηκε η πρώτη πτήση μηδενικού αποτυπώματος άνθρακα, μεγάλες αυτοκινητοβιομηχανίες μεταβαίνουν στην πράσινη ενέργεια και πληθώρα ελληνικών επιχειρήσεων και εργοστασίων τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούν σημαντικές προσπάθειες και κινήσεις προς την κατεύθυνση αυτή.

Στον κλάδο των διακοσμητικών λίθων, δεδομένων των μεγάλων εκτάσεων που δημιουργούνται μετά το πέρας της λατόμευσης, δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για έργα μείωσης ή απομάκρυνσης εκπομπών άνθρακα από την ατμόσφαιρα, όπως για παράδειγμα ένα πρόγραμμα δενδροφύτευσης και αναδάσωσης, χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και άλλες κινήσεις, όπως αλλαγές στη χρήση των καυσίμων που θα δούμε και στη συνέχεια.

Αναφορικά με τα κόστη ηλεκτρικής ενέργειας και καυσίμων, μερικά μέτρα εξοικονόμησης που μπορούν να ληφθούν, μικρού αλλά και μεγαλύτερου οικονομικού και περιβαλλοντικού αντικτύπου προτείνονται παρακάτω:

- ***Ορθή χρήση και καλύτερος σχεδιασμός χρόνου λειτουργίας των μηχανημάτων***

Συνήθης τακτική σε βιομηχανικές μονάδες είναι να **μένουν σε λειτουργία** συσκευές ανάμεσα σε περιόδους χρήσης τους, με σκοπό την αποφυγή της επανεκκίνησής τους. Αυτό όμως έχει σαν αποτέλεσμα την ανούσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και την αύξηση του κόστους. Με βελτίωση του προγραμματισμού και της οργάνωσης της παραγωγής μπορεί να μειωθεί ή και να αποφευχθεί. Συμπληρωματικά, η ορθότερη χρήση των μηχανημάτων, βασισμένη στις εργοστασιακές τους προδιαγραφές, σε χαμηλότερες ταχύτητες από τις συνήθειες, επίσης μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας.



- *Αλλαγή καυσίμου*

Ένα επίσης σημαντικό ενεργειακό ζήτημα είναι αυτό του καυσίμου. Μέχρι πριν μερικά χρόνια, το πετρέλαιο ήταν μονόδρομος για πολλά μηχανήματα και οχήματα του κλάδου. Τα τελευταία χρόνια όμως, με την εξέλιξη των τεχνολογιών, είναι δυνατή η χρήση διαφορετικού καυσίμου σε αρκετά στάδια της παραγωγής. Σημαντική διαφορά μπορεί να επιφέρει η μετατροπή των οχημάτων σε φθηνότερες λύσεις όπως αυτή του **φυσικού αερίου**, διαδικασία που με την πάροδο των ετών γίνεται όλο και πιο οικονομική και προσιτή.

- *Αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας*

Μια πρόταση που αφορά κυρίως τους λατομικούς χώρους, είναι η ενεργειακή ανεξαρτησία τους με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η γεωμορφολογία τους και η μεγάλη τους έκταση, καθιστά τα λατομεία ικανά να παράξουν ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως τη χρήση φωτοβολταϊκών ή την εγκατάσταση αιολικού πάρκου. Στο παρελθόν μια τέτοια πρόταση δεν θα ήταν διόλου βιώσιμη, καθώς το κόστος θα ήταν πολύ υψηλό. Με την πάροδο των ετών όμως και την **εξέλιξη του κλάδου των ΑΠΕ**, με μονάδες υψηλής ισχύος που θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες των βιομηχανιών, είναι μια πρόταση που χρήζει περαιτέρω έρευνας. Τα οφέλη από την ενεργειακή ανεξαρτησία των λατομείων δεν εντοπίζονται μόνο στα οικονομικά μεγέθη, αλλά βελτιώνουν την εικόνα του κλάδου σε έναν τομέα για τις σχέσεις του με τον οποίο κατακρίνεται συνεχώς, την φιλικότητα προς το περιβάλλον και τις προσπάθειες περιβαλλοντικής αποκατάστασης. Σε περιοχές όπως αυτή της Περιφερειακής Ενότητας Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης, όπου έχει παρουσία μεγάλος αριθμός διαφορετικών εταιρειών, θα μπορούσε να πραγματοποιηθούν **συνεργατικές** κινήσεις στο κομμάτι αυτό.

### **5.3.: Αντικατάσταση της χρήσης τελάρων σε πολύσυρμα μηχανήματα για την κοπή του μαρμάρου**

Ακόμη και σήμερα, παρατηρείται η μη βελτιστοποιημένη χρήση των τελάρων στην κοπή όγκων μαρμάρου. Αυτό συμβαίνει διότι συχνά κόβονται ογκομάρμαρα πολύ μικρότερου μεγέθους από τις μέγιστες διαστάσεις που μπορεί να χωρέσει το μηχάνημα. Εκτός από την ενεργειακή σπατάλη, έχει αντίκτυπο και στην ανομοιόμορφη φθορά των αναλώσιμων κοπτικών με αποτέλεσμα να παρατηρείται συχνότερη αλλαγή τους από τις προδιαγραφές, με τμήματα του



αποριμμένου ανταλλακτικού να είναι ακόμη πλήρως αποτελεσματικά. Τα πολύσυρμα, έναντι των τελάρων, λόγω της περιστροφικής κίνησης των αδαμαντοφόρων συρμάτων και της συνεχούς περιοδικής επαφής κάθε σημείου των κοπτικών με το προς αποκοπή πέτρωμα, παρουσιάζουν πιο **ομοιόμορφη κατανομή της φθοράς** κι έτσι γίνεται βελτιστοποιημένη χρήση των υλικών. Με κατάλληλη προσαρμογή των ρυθμίσεων της κοπής, χρόνους και ταχύτητες, καθώς και την κατάλληλη επιλογή αναλώσιμων για τα κύρια πετρώματα επεξεργασίας ενός σχιστηρίου, το πολύσυρμο έναντι του τελάρου λαμών μπορεί να αποτελέσει παράγοντα εξοικονόμησης και αύξησης της παραγωγικότητας.

#### **5.4. Ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στη βιομηχανία διακοσμητικών λίθων**

Εκτός από τη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων μεθόδων και μέσων, η εξέλιξη της τεχνολογίας φέρνει στη βιομηχανία νέους πρωτοπόρους τρόπους διεκπεραίωσης ορισμένων βημάτων, που με τη σωστή εφαρμογή τους μπορούν να επιφέρουν σημαντικές βελτιώσεις στην παραγωγή, το κόστος και την ασφάλεια του προσωπικού.

Οι περισσότερες μεγάλες εταιρείες κατασκευής μηχανημάτων του κλάδου, τα τελευταία χρόνια ερευνούν και παράγουν μεθόδους και συσκευές για τον **τηλεχειρισμό** των μηχανημάτων με πολλές από αυτές να μπορούν να προσαρμοστούν και στα παλαιότερου τύπου μηχανήματα. Η μετάβαση σε μια εποχή μεγαλύτερης χρήσης τηλεχειρισμού, μπορεί να μειώσει ή και να εξαλείψει ολόκληρες κατηγορίες εργατικών ατυχημάτων όπως για παράδειγμα η αστοχία συρμάτων κατά τη διάρκεια της συρματοκοπής.

Μια άλλη πρόταση που δύναται να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη βιομηχανία τόσο γενικώς στον κόσμο των εργοταξίων αλλά και ειδικότερα στον κλάδο των διακοσμητικών λίθων είναι η χρήση **ανεπάνδρωτων πτητικών μέσων (drones)** για την επίβλεψη των λατομείων. Η γοργή ανάπτυξη της τεχνολογίας των μη επανδρωμένων σκαφών τα τελευταία χρόνια, μπορεί να φέρει την επανάσταση στον τομέα της επίβλεψης. Η ποιότητα της εικόνας, η σταθερότητα του εξοπλισμού, η ταχύτητα μετακίνησης και οι νέες οπτικές γωνίες είναι ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής της τεχνολογίας αυτής.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι η εξοικονόμηση καυσίμου και η μείωση της φθοράς των οχημάτων, καθώς μειώνεται κατά πολύ η ανάγκη μετακίνησης από σημείο σε σημείο της εκμετάλλευσης. Τέλος, η τεχνολογία αυτή μπορεί να βοηθήσει την διαδικασία επίλυσης

ενδεχόμενων προβλημάτων στο λατομείο. Ο συνδυασμός της ποιοτικής εικόνας ενός drone με τον εύκολο διαμοιρασμό της μέσω του διαδικτύου, μπορεί να δώσει μια καλή πρώτη εικόνα σε έναν επιστημονικό συνεργάτη ή ακόμα και κάποιον τεχνικό σύμβουλο μιας εταιρείας για την επισκευή βλάβης σε κάποιο μηχάνημα, χωρίς να καθιστά απαραίτητη την παρουσία του στο πεδίο.

## 5.5. Το πρόβλημα της γραφειοκρατίας

Κλείνοντας το παρόν πόνημα, μια τελευταία πρόταση για το μέλλον του κλάδου και την συνέχιση της ανοδικής του πορείας, είναι η προσπάθεια περισσότερων ενεργειών για τη βελτίωση της σχέσης και συνεργασίας του κλάδου με τον κρατικό μηχανισμό. Παρατίθεται ένα τμήμα άρθρου της εφημερίδας Έθνος με τίτλο «Μάχη με τη γραφειοκρατία στα μαρμαρένια αλώνια»: (Τσουμής, 2020)

*«...Σύμφωνα με έρευνα του Συνδέσμου η αδειοδότηση (σ.σ. λειτουργίας ενός λατομείου) περιλαμβάνει 42 στάδια εκ των οποίων τα 26 διεκπεραιώνονται από δημόσιες υπηρεσίες. Οι κύριες δημόσιες υπηρεσίες που εμπλέκονται είναι η Αποκεντρωμένη Διοίκηση με 8 στάδια, οι Δασικές Υπηρεσίες με 9 στάδια, οι Περιβαλλοντικές Υπηρεσίες με 5 στάδια, το ΥΠΕΝ με 4 στάδια. Συνολικά τα 26 στάδια του δημοσίου ενσωματώνουν 57 πράξεις δημοσίων υπηρεσιών (δημόσια έγγραφα), οι οποίες με τη σειρά τους ενσωματώνουν περίπου 101 υπογραφές δημοσίων υπαλλήλων. Αναφορικά με το χρόνο που απαιτείται, η διαδικασία αδειοδότησης ενός λατομείου μαρμάρων έχει 5 περιόδους η συνολική διάρκεια των οποίων φτάνει τις 2.020 ημέρες (σύμφωνα με το υφιστάμενο χρονοδιάγραμμα αδειοδότησης και ανάπτυξης λατομείου η 1η περίοδος διαρκεί 390 ημέρες, η 2η περίοδος 415 ημέρες, η 3η περίοδος 320 ημέρες, η 4η περίοδος 335 ημέρες, 5η περίοδος 560 ημέρες για προετοιμασία εκμετάλλευσης/έρευνα και δημιουργία αγοράς)....»*

Όπως έγινε αντιληπτό και στο υποκεφάλαιο των στατιστικών δεδομένων για τη βιομηχανία των διακοσμητικών λίθων, το αποτύπωμα της βιομηχανίας στην ελληνική οικονομία είναι μεγάλο. Ειδικότερα το ελληνικό μάρμαρο, είναι ένα προϊόν μεγάλης ιστορικής και πολιτισμικής σημασίας για τη χώρα μας. Η επιτάχυνση και διευκόλυνση των διαδικασιών που απαιτούνται για την ορθή λειτουργία του, μπορούν να βοηθήσουν τον κλάδο να αναπτυχθεί σε ακόμα μεγαλύτερη δύναμη στον παγκόσμιο χάρτη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ashmole, I., & Motloung, M. (2008). Dimension stone: the latest trends in exploration and production technology. *Proceedings of the International Conference on Surface Mining* (Vol. 5, No. 8).
- Dambo, R., Stojkoski, G., & Kostoski, Z. (2013). Advanced modern techniques for exploitation of dimension stones. *Proceedings of the XII-th National conference with international participation of the open and underwater mining of minerals*.
- Frisa Morandini, A., & Miramonti, C. (2003). *European Standards and CE Marking on stone construction products*. Lisboa: Congresso Internacional de Pedra Natural, Arquitectura e Construção.
- ICAP Group. (2020). *Μελέτη Οικονομικών Επιπτώσεων στην Παγκόσμια Αγορά Μαρμάρου λόγω του COVID-19*. Αθήνα: ICAP Group.
- Rehman, Z., Hussain, S., Mohammad, N., Raza, S., Sherin, S., Khan, M., . . . Khan, M. (2018). Comparative analysis of different techniques used for dimension stone mining. *Journal of Himalayan Earth Sciences Volume*, 51(1), pp.23-33.
- Stone, D. (2015). The dimension stone sector: New perspectives on the global market and on the reporting of international mining standards. *European Geologist*, 24.
- ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2007). *Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου σε σχιστήρια και λατομεία μαρμάρου*. Αθήνα: ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε.
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.). (2015). *Ατλαντας Ελληνικών Διακοσμητικών Πετρωμάτων & Δομικών Λίθων*. Αθήνα: Ι.Γ.Μ.Ε.
- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών, ΥΑ2223 ΦΕΚ122714/06/01. (χ.χ.).
- Ρήγας, Κ. Ι. (1986). *"Γεωλογική έρευνα των ελληνικών μαρμάρων και οι δυνατότητες αξιοποίησής τους"*, Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα.
- Τσουμής, Ε. (2020, Φεβρουάριος 24). *"Μάχη με τη γραφειοκρατία στα μαρμαρένια αλώνια"*. Ανάκτηση από [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr): [https://www.ethnos.gr/oikonomia/90205\\_mahi-me-ti-grafeiokratia-sta-marmarenia-alonia](https://www.ethnos.gr/oikonomia/90205_mahi-me-ti-grafeiokratia-sta-marmarenia-alonia)