

## ΟΙ ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΑΚΟΣΜΗΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΗΜΑΝΣΗΣ CE

Λασκαριδής Κ. και Πατρώνης Μ.

Εργαστ. ΛΙΘΟΣ, Δ/νση Κοιτασματολογίας, Ι.Γ.Μ.Ε., 1<sup>ο</sup> χλμ. Λεωφ. Μαρκοπούλου, 19002 Παιανία Αττικής, lithosgr@otenet.gr

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα, δηλ. τα μάρμαρα, οι γρανίτες κ.λπ., είναι υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα στο παρελθόν και "κερδίζουν" πάλι τον σύγχρονο κατασκευαστικό κλάδο, ο οποίος χρησιμοποιεί τα 7/10 της παγκόσμιας κατανάλωσης πετρωμάτων, κατέχοντας πρωταγωνιστική θέση μεταξύ των άλλων δομικών υλικών, αφού τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα είναι περισσότερο ευέλικτα από άλλα υποκατάστατα υλικά. Οι εφαρμογές των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων στα σύγχρονα κτίρια, δεν γίνονται μόνο για το αισθητικό αποτέλεσμα που αυτά προσφέρουν, αλλά κυρίως γιατί πληρούν τις οικονομικές, τεχνικές και οικολογικές απαιτήσεις με μία καλύτερη σχέση ποιότητας / τιμής. Επομένως απαιτείται η πιστοποίηση της ποιότητας του πετρώματος, μετά από εξέταση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων του, από τις οποίες εξαρτάται η ικανότητά του να αντισταθεί στις περιβαλλοντικές επιδράσεις και στις μηχανικές καταπονήσεις, λαμβάνοντας υπόψη και το κλίμα στην περιοχή του έργου. Η σήμανση CE που αποδίδεται σε τελικά προϊόντα αποδεικνύει ότι ο παραγωγός έχει λάβει υπόψη του όλο το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο και σημαίνει συμμόρφωση με τα ενσωματωμένα ευρωπαϊκά πρότυπα ή τις ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις, υποδηλώνοντας ότι, το προϊόν μπορεί να κυκλοφορήσει νόμιμα στην αγορά.

### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ελληνικά διακοσμητικά πετρώματα και κυρίως τα μάρμαρα είναι γνωστά σε όλον τον κόσμο, γιατί έχουν ταυτιστεί με τα αριστουργήματα της γλυπτικής και της αρχιτεκτονικής της Αρχαίας Ελλάδας, τα οποία συνεχίζουν μέσα στους αιώνες να προκαλούν τον παγκόσμιο θαυμασμό. Από τα βάθη των αιώνων, οι Έλληνες γλύπτες και αρχιτέκτονες ανακάλυψαν ότι ο λίθος και το μάρμαρο είναι τα δομικά εκείνα υλικά, που με την ξεχωριστή γοητεία και τη φυσική ομορφιά τους μπορούσαν να μετατρέψουν τις άψυχες κατασκευές σε έργα τέχνης. Τα μάρμαρα είναι υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα από τους αρχαίους χρόνους για την κατασκευή προτομών και αγαλμάτων, καθώς και για την κατασκευή ναών, μνημείων και ανδριάντων κολοσσιαίων διαστάσεων.

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

Τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα, δηλ. τα μάρμαρα, οι γρανίτες κ.λπ. είναι υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα στο παρελθόν και "κερδίζουν" πάλι το σύγχρονο κατασκευαστικό κλάδο, ο οποίος χρησιμοποιεί τα 7/10 της παγκόσμιας κατανάλωσης πετρωμάτων, κατέχοντας πρωταγωνιστική θέση μεταξύ των άλλων δομικών υλικών, αφού τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα είναι περισσότερο ευέλικτα από άλλα υποκατάστατα υλικά.

Σήμερα, οι εφαρμογές των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων στις κατασκευές είναι πρακτικώς απεριόριστες και, για τον λόγο αυτό, καταφεύγουν στη χρήση τους πολύ περισσότεροι από όσοι στο παρελθόν, σε όλον τον κόσμο. Η παγκόσμια αγορά διακοσμητικών πετρωμάτων και μάρμαρων ανέρχεται σήμερα στα  $710 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Η Ελλάδα, ειδικότερα για το 2004, είχε εξαγωγές διακοσμητικών πετρωμάτων (όγκοι, πλάκες, κατεργασμένα προϊόντα), τόσο σε παραδοσιακές αγορές (Η.Π.Α., Γερμανία, Ιταλία, Ιαπωνία, Άπω ή Μέση Ανατολή), όσο και σε νέες, όπως η Ανατολική Ευρώπη, η περιοχή της Μεσογείου κ.λπ., που έφτασαν τα  $107,17 \times 10^6 \text{ €}$ , σημειώνοντας μια περιορι-

σμένη αύξηση 2,3% σε αξία και μείωση 7.9% σε ποσότητα σε σύγκριση με το 2003, σύμφωνα με στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας. Έτσι, διατήρησε τις εξαγωγικές της επιδόσεις της τελευταίας τριετίας σε ικανοποιητικά επίπεδα, παρά την ένταση του ανταγωνισμού στη διεθνή αγορά των διακοσμητικών πετρωμάτων εξαιτίας της επιθετικής πολιτικής των ανταγωνιστριών χωρών, με χαμηλά κοστολόγια παραγωγής (Κίνα, Τουρκία, κ.ά.). Το ποσό αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 1,1% του συνόλου των ελληνικών εξαγωγών.

Οι εφαρμογές των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων στα σύγχρονα κτίρια, δεν γίνονται μόνο για το αισθητικό αποτέλεσμα που αυτά προσφέρουν, αλλά κυρίως γιατί πληρούν τις οικονομικές, τεχνικές, αισθητικές και οικολογικές απαιτήσεις. Επίσης, επιλέγοντας κανείς τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα πετυχαίνει την καλύτερη σχέση ποιότητας / τιμής.

Σύμφωνα με μελέτη του Ινστιτούτου Battelle της Γερμανίας(1991), το οποίο συνέκρινε 10 διαφορετικά υλικά, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν σε πέντε σημαντικούς τύπους κτιρίων για δαπεδοστρώσεις, κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι αν και τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα ανήκουν στα ακριβά υλικά, ο λιγότερος κόπος που απαιτείται για την προστασία τους και την καθαριότητά τους, καθώς επίσης και η αντοχή που επιδεικνύουν, τα καθιστά ανταγωνιστικά και μέσα σε μερικά έτη μπορούν να αποδειχθούν οικονομικότερα.

Αφού λοιπόν ληφθούν υπόψη ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και η αισθητική παρουσίαση του κτιρίου, μετά από την αξιολόγηση των μακροσκοπικών χαρακτηριστικών (αισθητική εμφάνιση, παρουσία ή όχι φλεβιδίων, διάταξη αυτών, παρουσία ή όχι εγκλεισμάτων - «λεκέδων») μιας μεγάλης ποικιλίας φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων με διαφορετικά χρώματα, καθώς επίσης και την παρουσίαση των σχεδίων του κτιρίου, φθάνει κανείς στο πρώτο επίπεδο, της προεπιλογής του υλικού.

Οι παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την τελική επιλογή του φυσικού διακοσμητικού πετρώματος, είναι κυρίως οι ακόλουθοι:

- Η δυνατότητα εφαρμογής της κατάλληλης τεχνολογίας επεξεργασίας, για να επιτύχουμε την επιθυμητή επεξεργασμένη επιφάνεια στο επιλεγθέν υλικό, καθώς και η ποιοτική και ποσοτική εξασφάλιση του υλικού που θα χρειαστεί για το συνολικό έργο.
- Οι χημικές - φυσικομηχανικές ιδιότητες του πετρώματος, οι οποίες πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές ώστε να μην επηρεαστεί μελλοντικά το υλικό από τις κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής, όπου θα τοποθετηθεί.
- Το συνολικό κόστος της επένδυσης.

Από τα προαναφερόμενα, βλέπουμε ότι απαιτείται η πιστοποίηση της ποιότητας του πετρώματος, μετά από εξέταση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων του, από τις οποίες εξαρτάται η ικανότητά του να αντισταθεί στις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις μηχανικές καταπονήσεις, λαμβάνοντας υπόψη και το κλίμα στην περιοχή του έργου.

Ο έλεγχος και η πιστοποίηση καταλληλότητας του υλικού γίνεται μόνο μετά από πλήρη εργαστηριακή έρευνα, μέσα από μία σειρά εξετάσεων, τις οποίες μπορούμε να εκτελέσουμε στο Διαπιστευμένο Εργαστήριο «ΛΙΘΟΣ» (ΕΣΥΔ / 70, κατά ΕΛΟΤ EN ISO / IEC 17025). Η ροή της ερευνητικής διαδικασίας καθορίζεται ανάλογα με το σχετικό αίτημα του κάθε ενδιαφερόμενου.

Η γνώση λοιπόν των φυσικομηχανικών και τεχνικών ιδιοτήτων των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων, μας δίνει τη δυνατότητα να προβλέψουμε τη συμπεριφορά του πετρώματος στην οικοδόμη, με την πάροδο του χρόνου.

Στο εργαστήριο λοιπόν, όλα τα προς χρήση πετρώματα υπόκεινται σε δοκιμές και εξετάσεις, με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικών, μηχανικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών ιδιοτήτων τους.

## 2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ EN – ΣΗΜΑΝΣΗ CE

Μέχρι πρόσφατα, όλες οι εξετάσεις γίνονταν με βάση τα διεθνή πρότυπα ASTM, DIN και UNI που αφορούν τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών όμως, έχουν εκπονηθεί και τεθεί σε ισχύ αρκετά ευρωπαϊκά πρότυπα EN για τους φυσικούς λίθους, από τις Τεχνικές Επιτροπές CEN/TC 246, 128 και 178 της Ε.Ε., ενώ παράλληλα προχωρεί η προετοιμασία και ολοκλήρωση των υπολοίπων.

Τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα είναι κατάλληλα για συγκεκριμένη χρήση, εάν έχουν χαρακτηριστικά τέτοια ώστε το έργο στο οποίο θα ενσωματωθούν, να ικανοποιεί (εφόσον έχει ορθώς σχεδιαστεί και κατασκευαστεί) τις εξής 6 βασικές απαιτήσεις:

- Μηχανική αντοχή και ευστάθεια.
- Πυρασφάλεια.
- Υγιεινή, υγεία και περιβάλλον.
- Ασφάλεια χρήσης.
- Προστασία κατά του θορύβου.
- Εξοικονόμηση ενέργειας και συγκράτηση θερμότητας.

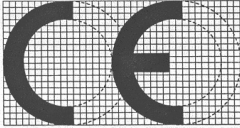
Οι βασικές αυτές απαιτήσεις ικανοποιούνται εάν τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα πληρούν συγκεκριμένες Ευρωπαϊκές τεχνικές προδιαγραφές, όπως:

- εναρμονισμένα ευρωπαϊκά πρότυπα (CEN),
- ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις (EOTA),
- αναγνωρισμένες εθνικές προδιαγραφές.

Τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα που συμφωνούν με μια από τις ανωτέρω προδιαγραφές, φέρουν τη σήμανση CE. Η σήμανση CE αποδεικνύει ότι, το τελικό προϊόν συμμορφώνεται με τα σχετικά εναρμονισμένα εθνικά πρότυπα ή με τις ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις και ότι το σύστημα βεβαίωσης της συμμόρφωσης, που ορίζεται με απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, έχει ορθώς εφαρμοστεί από τον παραγωγό. Η σήμανση CE (Σχ. 1) δεν είναι σήμανση ποιότητας, αλλά αποδεικνύει ότι ο παραγωγός έχει λάβει υπόψη του όλο το σχετικό νομοθετικό πλαίσιο και σημαίνει συμμόρφωση με τα ενσωματωμένα ευρωπαϊκά πρότυπα ή τις ευρωπαϊκές τεχνικές εγκρίσεις, υποδηλώνοντας ότι, το προϊόν μπορεί να κυκλοφορήσει νόμιμα στην αγορά.

Επισημαίνεται ότι, η σήμανση CE για εξωτερικές πλακοστρώσεις (EN 1341:2001, EN 1342:2001, EN 1343:2001) έχει τεθεί σε εφαρμογή από τον Οκτώβριο του 2003. Για τα υπόλοιπα προϊόντα φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων, τα σχετικά πρότυπα έχουν πρόσφατα υιοθετηθεί και μπορούμε να προβλέψουμε τις ακόλουθες ημερομηνίες για την υλοποίηση της σήμανσης CE:

1. Σχιστόλιθοι για οροφές - Μάιος 2006.
2. Προϊόντα για ορθομαρμάρωση και δαπεδόστρωση - Σεπτέμβριος 2006.
3. Στοιχεία τοιχοποιίας - Τέλη του 2007.

	
<b>AnyCo Ltd, P.O. Box 21, B - 1050</b>	
<b>01</b>	
EN 1341:2001	
Natural stone slabs for pedestrian and vehicular use	
Breaking strength:	3,6 MPa
Breaking strength:	3,2 MPa
(after freeze/thaw testing)	
Slipperiness:	45
Skid resistance	45
Abrasion	NPD

Σχήμα 1. Παράδειγμα σήμανσης CE.

### 3 ΦΥΣΙΚΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Οι προαναφερθείσες κατηγορίες ιδιοτήτων των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων που πρέπει να εξετάζονται, για την πιστοποίηση της ταυτότητας του υλικού και την ενδεχόμενη απόδοση της σήμανσης CE, είναι οι ακόλουθες:

#### 3.1 Φυσικές ιδιότητες

##### 3.1.1 Φαινόμενη πυκνότητα

Είναι ο λόγος της ξηρής μάζας του πετρώματος προς τον όγκο του. Επειδή όμως τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα έχουν πόρους, κοιλότητες και κενά, υπάρχουν δύο μετρούμενοι όγκοι: ο φαινόμενος, που είναι ο όγκος του πετρώματος μαζί με τα κενά, και ο πραγματικός, που είναι ο όγκος του πετρώματος χωρίς τα κενά. Επομένως, υπάρχουν δύο πυκνότητες για κάθε πέτρωμα, η φαινόμενη και η πραγματική. Χαρακτηριστική των πετρωμάτων είναι η φαινόμενη πυκνότητα, που εκφράζεται σε  $\text{kg/m}^3$ .

Με την ίδια διαδικασία που προσδιορίζουμε τη φαινόμενη πυκνότητα, μπορούμε να προσδιορίσουμε και άλλους δείκτες του πετρώματος, όπως ο βαθμός πυκνότητας ή συμπαγές (λόγος της ξηρής φαινόμενης πυκνότητας προς την πραγματική πυκνότητα) ή το ανοικτό και ολικό πορώδες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση.

##### 3.1.2 Υδαταπορρόφηση

Με τον όρο υδαταπορρόφηση, εννοούμε την ιδιότητα των πετρωμάτων να απορροφούν (κορένουνται με) νερό. Η υδαταπορρόφηση των φυσικών πετρωμάτων αποτελεί μέτρο της μάζας νερού που απορροφά ένα κορεσμένο δοκίμιο. Στον πίνακα 1 βλέπουμε μερικές ενδεικτικές τιμές των φυσικών ιδιοτήτων διάφορων διακοσμητικών πετρωμάτων.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές φυσικών ιδιοτήτων διάφορων φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων.

I. ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ( $\text{kg/m}^3$ )		
Μάρμαρα δολομικά		~ 2.820
Σερπεντινίτες και Οφιτασβεστίτες		~ 2.780
Μάρμαρα		~ 2.710
Γρανίτες		~ 2.600
Τραβερίνες - Πωρόλιθοι		~ 2.400
II. ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΟΡΩΔΕΣ (% κ.ο.)		
Άργιλοι	44 – 50	εξαιρετικά πορώδη
Ψαμμίτες	7 – 34	αρκετά πορώδη
Ηφαιστειακοί τόφφοι	20 – 30	αρκετά πορώδη
Τραβερίνες	5 – 10	πορώδη
Ασβεστόλιθοι συμπαγείς	0,4 – 2	λίγο πορώδη
Γρανίτες	0,4 – 1,5	λίγο πορώδη
Βασάλτες συμπαγείς	0,2 – 0,9	συμπαγή
Σερπεντινίτες	0,1 – 0,6	συμπαγή
III. ΥΔΑΤΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ (% κ.β.)		
Ασβεστόλιθοι συμπαγείς και γνήσια Μάρμαρα		0,06 - 0,34
Γρανίτες και συγγενή πετρώματα		~ 0,35
Ασβεστόλιθοι κοινοί και Οφιτασβεστίτες		0,4 - 0,45
Ασβεστόλιθοι πορώδεις και Τραβερίνες		~ 1,15

#### 3.2 Μηχανικές ιδιότητες

##### 3.2.1 Αντοχή σε θλίψη

Ως αντοχή σε θλίψη ενός πετρώματος ορίζεται ο λόγος του μέγιστου φορτίου που ασκείται σ' ένα δοκίμιο προς το εμβαδόν της εγκάρσιας διατομής του (κάθετη στη διεύθυνση φόρτισης). Κατά την καταπόνησή του και μέχρι την θραύση του, το πέτρωμα περνάει από διάφορες καταστάσεις (ε-

λαστική – πλαστική - εύθραυστη). Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την αντοχή σε θλίψη ενός πετρώματος είναι:

- Η ορυκτολογική σύσταση.
- Το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων.
- Η ανισοτροπία.
- Το πορώδες και ο βαθμός πυκνότητας.

Στον πίνακα 2 αναφέρονται ενδεικτικές τιμές αντοχής σε θλίψη διάφορων διακοσμητικών πετρωμάτων.

Πίνακας 2. Ενδεικτικές τιμές αντοχής σε θλίψη.

ΕΙΔΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ (Μpa)
Γρανίτες και συγγενή πετρώματα	~ 196
Οφίτασβεσίτες	~ 147
Γνήσια μάρμαρα και συμπαγείς ασβεστόλιθοι	88 - 147
Καταπονημένοι ασβεστόλιθοι, διάφορα λατυποπαγή και τραβερίνες	64 - 88
Γρανίτες & γνεύσιοι	140 - 160

### 3.2.2 Αντοχή σε κάμψη

Η αντοχή σε κάμψη των φυσικών πετρωμάτων είναι ο λόγος της ροπής κάμψης, κατά τη θραύση του δοκιμίου, προς την ροπή αντίστασης. Εξαρτάται επίσης από τα χαρακτηριστικά της σύστασης και της δομής του πετρώματος.

Στον πίνακα 3, αναφέρονται ενδεικτικές τιμές αντοχής σε κάμψη πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται ως διακοσμητικά.

Πίνακας 3: Ενδεικτικές τιμές αντοχής σε κάμψη.

ΕΙΔΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ (Μpa)
Ψαμμίτες	3 - 10
Τραβερίνες	4 - 10
Ασβεστόλιθοι	5 - 20
Μάρμαρα	6 - 20
Γρανίτες	7 - 20
Βασάλτες	10- 25

### 3.2.3 Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας

Το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας  $E$  ή μέτρο του Young, είναι μία σταθερά του πετρώματος που ισούται με το λόγο της μεταβολής της τάσης που επιβάλλεται σε ένα δοκίμιο προς την αντίστοιχη μεταβολή της ανοιγμένης αξονικής παραμόρφωσης,  $E = \Delta\epsilon / (\Delta l \times l^{-1})$ . Το δυναμικό μέτρο ελαστικότητας χρησιμοποιείται κυρίως για τον υπολογισμό της ελαστικότητας (λυγίσματος) πλακών, που θα τοποθετηθούν οριζοντίως ή επικλινώς.

## 3.3 Τεχνικές ιδιότητες

### 3.3.1 Αντίσταση σε τριβή

Η ιδιότητα αυτή εκφράζει την αντίσταση των πετρωμάτων στην τριβή (από κυκλοφορία ανθρώπων, οχημάτων κ.λπ.). Ως φθορά ορίζεται η προοδευτική απώλεια υλικού από την επιφάνεια ενός σταθερού δοκιμίου, που προκαλείται μέσω μηχανικών αιτίων (μηχανή τριβής).

### 3.3.2 Ενέργεια θραύσης (κρούση)

Η δοκιμή αυτή εκφράζει την αντοχή των πετρωμάτων σε θραύση από κρούση και, ειδικότερα, σε καταπονήσεις που υφίστανται αυτά από την ελεύθερη πτώση αντικειμένων. Η ενέργεια θραύσης εκφράζεται ως η ελάχιστη δυναμική ενέργεια σφαίρας ορισμένου βάρους που πέφτει επί δοκιμίου και προκαλεί τη θραύση του.

### 3.3.3 Μικροσκληρότητα Κποορ

Η ιδιότητα αυτή εκφράζει τη σχέση του συγκεκριμένου φορτίου που εξασκεί η ακίδα του διαμαντιού του μικροσκληρόμετρου τύπου Κποορ και της διαγωνίου του αποτυπώματος που αφήνει σε μία γυαλισμένη επιφάνεια διακοσμητικού πετρώματος. Μαζί με την ορυκτολογική και την πετρογραφική εξέταση, μάς παρέχει στοιχεία για την συμπεριφορά του πετρώματος στη φθορά, επεξεργασία κ.λπ.

### 3.3.4 Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής

Ο συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής εκφράζει την επιμήκυνση σε mm/m δοκιμίου φυσικού διακοσμητικού πετρώματος, από την αύξηση της θερμοκρασίας του κατά 1°C. Η γνώση της ιδιότητας αυτής είναι ιδιαίτερα σημαντική, όταν το μάρμαρο χρησιμοποιείται σε χώρες με έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές. Στον πίνακα 4, παρουσιάζονται μερικές ενδεικτικές τιμές των φυσικών ιδιοτήτων διάφορων διακοσμητικών πετρωμάτων.

Πίνακας 4. Μέσες τιμές τεχνικών ιδιοτήτων διάφορων φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων.

I. ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΤΡΙΒΗ (mm)	
Τραβερίνες - Πωρόλιθοι	3,0 – 3,5
Μάρμαρα δολομικά	2,7 – 3,5
Μάρμαρα	2,3 – 3,2
Ασβεστόλιθοι	2,0 – 2,3
Γρανίτες	1,0 – 1,5
II. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΘΡΑΥΣΗΣ (ΚΡΟΥΣΗ) – (J)	
Ασβεστόλιθοι & Τραβερίνες	2 – 4
Μάρμαρα	4 – 5
Γρανίτες, Συηνίτες, Διορίτες	5 – 6
Γνεύσιοι	8 – 9
Σχιστόλιθοι	9 – 10
III. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ( $\times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	
Γρανίτες	8
Ασβεστόλιθοι	8
Μάρμαρα	7
Ψαμμίτες	10
Σχιστόλιθοι	9

## 3.4 Περιβαλλοντικές δοκιμές

Σχεδόν όλα τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα, μετά την εξόρυξη, επεξεργασία και τοποθέτησή τους σε ανοικτούς χώρους, δέχονται την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων, με αποτέλεσμα την μερική διάβρωσή τους και, συνεπώς, την ελάττωση της αντοχής τους. Είναι γνωστό ότι δεν υπάρχουν πετρώματα απολύτως ανθεκτικά στο χρόνο, ισχύει δηλαδή και για αυτά ο νόμος της φθοράς. Σωστό λοιπόν είναι, τα φυσικά διακοσμητικά πετρώματα που θα χρησιμοποιηθούν για τοποθέτηση σε εξωτερικούς χώρους, όπου συνεχώς θα είναι σε επαφή με φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες, καθώς και με τις κλιματικές συνθήκες, να εξετάζονται ως προς την ανθεκτικότητά τους απέναντι σ'αυτούς.

Οι περιβαλλοντικές δοκιμές περιλαμβάνουν:

- *Αντίσταση σε παγετό (κύκλοι ψύξης - απόψυξης)*. Αυτή η εξέταση, μάς δίνει πληροφορίες για την ανθεκτικότητα των φυσικών πετρωμάτων στην ανθεκτικότητα και είναι καθοριστική για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς τους, γιατί πρόκειται να τοποθετηθούν σε κλίματα υγρά και ψυχρά. Η αντίσταση ενός πετρώματος στον παγετό εξαρτάται άμεσα από το πορώδες και την υδαταπορρόφηση του.
- *Αντίσταση σε γήρανση*. Η γνώση της αντίστασης σε γήρανση των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων από ατμοσφαιρικές επιδράσεις είναι καθοριστική για την συμπεριφορά τους, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους. Η επίδραση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας, το οποίο προκαλεί οξειδώσεις σε αρκετά ορυκτά, καθώς και η διαλυτική δράση του νερού της βροχής μαζί με το CO<sub>2</sub> και τους άλλους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές που περιέχει (όπως SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>) και δημιουργεί την επικίνδυνη φωτοχημική αιθαλομίχλη και τα διαβρωτικά

για τα πετρώματα οξέα (ανθρακικό, θειικό, νιτρικό, υδροχλωρικό), είναι οι κύριες χημικές επιδράσεις της ατμόσφαιρας πάνω στα πετρώματα. Η αντίσταση σε γήρανση των πετρωμάτων συνδέεται επίσης με την υπεριώδη ακτινοβολία και τις βίαιες εναλλαγές των καιρικών φαινομένων.

Στους πίνακες 5 και 6, μπορούμε να δούμε τη σημασία των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των διακοσμητικών πετρωμάτων, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία αυτά προορίζονται, καθώς και τα σχετικά πρότυπα με βάση τα οποία οι περισσότερες από αυτές εκτελούνται στο Εργαστήριο «ΛΙΘΟΣ».

#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ανακεφαλαιώνοντας, πρέπει να τονιστεί ότι η επιλογή των φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων για οποιαδήποτε εφαρμογή είναι συνάρτηση διάφορων προϋποθέσεων, οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη και να συνδυαστούν, έτσι ώστε να υπάρξει ένα σωστό, ασφαλές και καλαίσθητο αποτέλεσμα.

Σε γενικές γραμμές, οι βασικές προϋποθέσεις για την κατασκευή ενός τεχνικά και αισθητικά τέλειου έργου με φυσικά πετρώματα, το οποίο θα αντέξει στο χρόνο, είναι δύο:

1. Η αυστηρή επιλογή των υλικών με βάση τα φυσικομηχανικά τους χαρακτηριστικά, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, πράγμα που πετυχαίνεται με τον ακριβή εργαστηριακό έλεγχο τους.
2. Ο σωστός σχεδιασμός και μελέτη του έργου, πριν την έναρξη των εργασιών.

Κλείνοντας, θα πρέπει να επισημάνουμε ότι, η γνώση των φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών κάθε φυσικού διακοσμητικού πετρώματος προσδιορίζει την ταυτότητά του και μέσω αυτής η αποδιδόμενη σήμανση CE, αυξάνει την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων παραγωγών και εισαγωγέων.

Ο κάθε ενδιαφερόμενος, λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία, μπορεί να χρησιμοποιήσει ανάλογα το κάθε προϊόν, ελαχιστοποιώντας έτσι τις πιθανότητες κακοτεχνίας που μπορεί να προκληθεί από τη μη σωστή επιλογή του.

Πίνακας 5. Βαθμός σπουδαιότητας των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων των διακοσμητικών πετρωμάτων, ανάλογα με τη χρήση για την οποία αυτά προορίζονται.

	Ακατέργαστα προϊόντα	Ημικατεργασμένα προϊόντα	Τελικά προϊόντα για τις ακόλουθες χρήσεις:					
			1		2		3	4
			α	β	α	β		
Πετρογραφική εξέταση	***	***	***	***	***	***	***	***
Μέγεθος και σχήμα	***	***	***	***	***	***	***	***
Φαινόμενη πυκνότητα	***	***	***	***	***	***	***	***
Αντοχή σε θλίψη	***	**	**	*	**	**	***	*
Αντοχή σε κάμψη	***	***	***	*	**	**	***	***
Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας	***	**	***	*	**	*	***	*
Ενέργεια θραύσης (κρούση)	***	***	**	**	***	***	***	***
Μικροσκληρότητα Knoop	***	**	*	*	***	***	**	*
Υδαταπορρόφηση	***	***	***	**	***	**	**	***
Συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής	**	**	***	*	**	**	**	**
Αντίσταση σε παγετό	***	**	***	*	***	*	**	***
Αντίσταση σε τριβή	***	***	**	**	***	***	***	*
Αντίσταση σε γήρανση	***	***	***	*	***	*	***	***

\* μικρός βαθμός σπουδαιότητας, \*\* μέτριος βαθμός σπουδαιότητας, \*\*\* μεγάλος βαθμός σπουδαιότητας

1. α. Επενδύσεις εξωτερικές, β. Επενδύσεις εσωτερικές 2. α. Δαπεδοστρώσεις εξωτερικές, β. Δαπεδοστρώσεις εσωτερικές, 3. Σκάλες, 4. Στέγες.

Πίνακας 6. Κατάλογος δοκιμών και αντίστοιχων προτύπων.

α/α	ΔΟΚΙΜΗ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ
1	Πραγματικό και φαινόμενο ειδικό βάρος Πραγματική και φαινόμενη πυκνότητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-97- 96</li> <li>• DIN 52102</li> <li>• EN 1936</li> </ul>
2	Ανοικτό και ολικό πορώδες	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-97-96</li> <li>• DIN 52102</li> <li>• EN 1936</li> </ul>
3	Συντελεστής εμποτισμού Υδαταπορρόφηση σε ατμοσφαιρική πίεση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-97-96</li> <li>• DIN 52103</li> <li>• EN 13755</li> </ul>
4	Ορυκτολογική και πετρολογική - πετρογραφική εξέταση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN EN 12407</li> <li>• DIN 52100-2</li> </ul>
5	Μικροσκληρότητα Κnoop	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 14205</li> </ul>
6	Αντίσταση σε κύκλους θερμοκρασιακών μεταβολών	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN ISO 10545-9</li> <li>• DIN 52204</li> <li>• EN 12326-2</li> </ul>
7	Αντοχή σε θλίψη	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-170-90</li> <li>• DIN 52105</li> <li>• EN 1926</li> <li>• EN 13364</li> </ul>
8	Φορτίο θραύσης στην οπή αγκύρωσης	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 13364</li> </ul>
9	Αντοχή σε κάμψη υπό συγκεντρωμένο φορτίο (3 σημείων) ή υπό σταθερή ροπή (4 σημείων) Συντελεστής θραύσης (από κάμψη)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-99-87</li> <li>• ASTM C-880-96</li> <li>• DIN 52112</li> <li>• EN 12372</li> <li>• EN 13161</li> <li>• EN 14158</li> </ul>
10	Ενέργεια θραύσης (κρούση)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 14158</li> </ul>
11	Συντελεστής ευθύγραμμης θερμικής διαστολής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN 18155</li> <li>• DIN EN ISO 10545-8</li> <li>• prEN 14581</li> </ul>
12	Αντίσταση σε τριβή	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN 52108</li> <li>• EN 14157</li> </ul>
13	Αντίσταση στον παγετό (κύκλοι ψύξης - απόψυξης)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM C-666-97</li> <li>• DIN 52104 Μέρος 1</li> <li>• EN 12371</li> </ul>
14	Αντίσταση σε γήρανση από αλατονέφωση	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASTM B 117-97</li> <li>• EN 14147</li> </ul>
15	Δυναμικό μέτρο ελαστικότητας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 14146</li> <li>• DIN 1048 Μέρος 5</li> </ul>
16	Αντίσταση σε γήρανση από θερμικό αιφνιδιασμό	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 14066</li> </ul>
17	Ολισθηρότητα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EN 14231</li> </ul>

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Ελληνικό Μάρμαρο 1999. Οδηγός Αγοράς, Αθήνα, 473σ.
- Κολοτούρος Κ. 2005. Εισαγωγές – Εξαγωγές μαρμάρων στην Ελλάδα το 2004. Μάρμαρο, 250σ.
- Λασκαρίδης Κ., Παπαϊωάννου Ν. & Κουσερής Ι. 2000. Επιλογή των Διακοσμητικών Πετρωμάτων με κριτήριο τις φυσικομηχανικές τους ιδιότητες. Πρακτικά 2ου Πανελ. Συν. «Το Ελληνικό Μάρμαρο», Θεσ/νίκη, 87-96σ.
- Λασκαρίδης Κ. & Πατρώνης Μ. 2003. «Καρυστία Λίθος»: Ένα διαχρονικό δομικό υλικό, 4ο Συμπόσιο Αρχαιομετρίας, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, 29 Μαΐου 2003, Αθήνα (υπό έκδοση).
- Λασκαρίδης Κ. 2005. Ευρωπαϊκά πρότυπα “EN” - Σήμανση “CE” για τα δομικά υλικά από διακοσμητικά πετρώματα. Ημερίδα Τ.Ε.Ε. & HELEXPO Α.Ε. με θέμα: “Νέα Βιομηχανική Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Σήμανση CE - Έλεγχος Αγοράς”, 19 Φεβρουαρίου 2005, Θεσσαλονίκη.
- Παπαϊωάννου Ν. & Βιδάκης Ε. 1995. Έλεγχος ποιότητας - κριτήρια - προδιαγραφές διακοσμητικών πετρωμάτων. Ημερίδα Τ.Ε.Ε. με θέμα: “Προβλήματα εκμετάλλευσης και διαχείρισης λατομικών υλικών”, 5 Μαΐου 1995, Αθήνα, 14σ.
- Battelle Institut e.V. 1991. Bodenbeläge - Ein Vergleich von Anforderungen und Kosten - Bericht für Deutscher Naturwerkstein - Verband e.V., Würzburg, 109s.
- Bruno R., Mondoto M. & Paspaliaris I. 2004. Characterisation methodologies and norms. OSNET Editions, Athens, Volume 5, Chapter 2.



Deutscher Naturwerkstein - Verband e.V. 1996. Bautechnische Information Naturwerkstein 1.5, Fassadenbekleidung, Würzburg, 66s.  
Deutscher Naturwerkstein - Verband e.V. 1996. Bautechnische Information Naturwerkstein 2.1, Fußbodenbeläge innen, Würzburg, 27s.  
Grassi E. 1993. Die Aussenbekleidung, veröffentlicht von Internationale Marmi e Macchine Carrara S.P.A, Regione Toscana, 53s.  
Web site: [www.cenorm.be](http://www.cenorm.be)

## ABSTRACT

### **THE PHYSICOMECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL ORNAMENTAL STONES AND THEIR USE IN THE ASSIGNMENT OF CE MARKING**

Laskaridis K. and Patronis M.

*LITHOS Laboratory, Department of Economic Geology, I.G.M.E, 1<sup>st</sup> km Markopoulou Ave., EL - 190 02 Paeanea, Attica, [lithosgr@otenet.gr](mailto:lithosgr@otenet.gr)*

Natural ornamental stones, i.e. marble, granite etc., have been widely used in the past and there is currently a renewed interest in them by the construction sector. This sector utilizes 7/10 of the world stone consumption, giving the natural ornamental stones a leading role among structural materials, since they are more "flexible" from other substitute materials. The natural ornamental stone applications in today's buildings not only add to their aesthetic appearance but also fulfill the relevant economic, technical and environmental demands at a very attractive quality to price ratio. Consequently, it is required that the stone quality must be certified by determining its physicommechanical properties, on which its endurance in environmental / climate impacts and mechanical stress depend. The CE marking being assigned to final products certifies that the producer has taken into account the relevant legislation framework and denotes the product's conformity with European Standards and / or Technical Approvals, so that it may legally be placed on the market.