

## **Μάρμαρα και Ζεόλιθοι: Ποιοτικά χαρακτηριστικά – Αποθέματα και αξία – Βιομηχανικές, περιβαλλοντικές και αγροτικές εφαρμογές**

**Ανέστης Φιλίππιδης<sup>1</sup> & Ανανίας Τσιραμπίδης<sup>2</sup>**

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ορυκτολογίας-Πετρολογίας-Κοιτασματολογίας, 54124 Θεσσαλονίκη.

<sup>1</sup> Καθηγητής Ορυκτολογίας-Κοιτασματολογίας, Κινητό 6972-778862, Γραφείο 2310-998468, Fax. 2310-998463, Email: [anestis@geo.auth.gr](mailto:anestis@geo.auth.gr) Website: <http://anestis.webpages.auth.gr>

<sup>2</sup> Ομότιμος Καθηγητής Ορυκτολογίας-Πετρολογίας, Κινητό 6972-503640, Γραφείο 2310-998504, Email: [ananiass@geo.auth.gr](mailto:ananiass@geo.auth.gr) Website: <http://users.auth.gr/ananiass>

### **ΜΑΡΜΑΡΑ**

#### **Εισαγωγή**

Οι ορυκτές ύλες όπως είναι τα μάρμαρα, θεωρούνται πλουτοπαραγωγικές πηγές. Είναι εξίσου σημαντικές με τις εύφορες πεδιάδες, τα πυκνά δάση, τα αλιεύματα των θαλασσών και τις καθαρές ακρογιαλιές. Τα παγκόσμια αποθέματα ανθρακικών πετρωμάτων, τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των Βιομηχανικών Ορυκτών και Πετρωμάτων (ΒΟΠ), είναι τεράστια. Υψηλής καθαρότητας ασβεστόλιθοι και δολομίτες, κατάλληλοι για ειδικές χρήσεις, περιορίζονται σε ορισμένες περιοχές. Οι μεγαλύτερες ποσότητες των κύριων προϊόντων των ανθρακικών πετρωμάτων (αδρανή, τσιμέντο, ασβέστης) διαθέτονται στις ποικίλες κατασκευές (κατοικίες, δρόμοι, άλλα τεχνικά έργα), που εξαρτώνται από το εθνικό προϊόν, την ανάπτυξη του πληθυσμού και τους προϋπολογισμούς των κυβερνητικών δαπανών.

Στην επιστημονική ορολογία μάρμαρο είναι ένα μεταμορφωμένο πέτρωμα που αποτελείται κυρίως από λεπτό- μέχρι αδρόκοκκο ανακρυσταλλωμένο ασβεστίτη και/ή δολομίτη. Ο ιστός του είναι γρανοβλαστικός ή σακχαροειδής που σημαίνει ότι όλοι οι κόκκοι του έχουν σχεδόν ίσο μέγεθος. Στην τεχνική ως "μάρμαρο" χαρακτηρίζεται κάθε πέτρωμα κοκκώδες ή στιφρό. Και στις δύο περιπτώσεις αυτά τα πετρώματα μπορούν να κοπούν, να λειανθούν, να στιλβωθούν και να δώσουν πλάκες για επίστρωση και επένδυση.

Ο κλάδος του μαρμάρου αποτελεί έναν από τους πλέον υγιείς παραγωγικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας. Η μεγάλη συμβολή των Περιφερειών Μακεδονίας και Θράκης στην Εθνική Οικονομία επιβεβαιώνεται από τη λειτουργία 160 λατομείων μαρμάρων (σε σύνολο 240), 80 λατομείων αδρανών υλικών (270), 39 λατομείων βιομηχανικών ορυκτών (68) και 9 μεταλλείων (24) (στοιχεία 2005).

Χρειάζεται εκσυγχρονισμός και αναμόρφωση του θεσμικού πλαισίου που ισχύει και αφορά την εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου μας και ιδιαίτερα των μαρμάρων. Νομοθετικά κενά τόσο του Ελληνικού Κράτους όσο και της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εμποδίζουν την ορθολογική ανάπτυξη του κλάδου. Η εμπλοκή πολλών υπουργείων ή άλλων φορέων του δημοσίου στην έκδοση των απαραίτητων αδειών για την εγκατάσταση ενός λατομείου και μιας μονάδας επεξεργασίας, θεωρείται επίσης σημαντικό πρόβλημα.

Επιβάλλεται η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στο φυσικό περιβάλλον από την εκμετάλλευση των μαρμάρων. Η προστασία του περιβάλλοντος και η αποκατάστασή του μετά την ολοκλήρωση των λατομικών εργασιών δεν είναι κατοχυρωμένες στον επιθυμητό βαθμό, ούτε ο έλεγχος των επίσημων οργάνων του Κράτους ουσιαστικός και αποτελεσματικός.

Επενδύσεις σε εξοπλισμό υψηλής παραγωγικότητας και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας για την παραγωγή προϊόντων υψηλής αξίας με καλύτερες ιδιότητες, θεωρούνται προαπαιτούμενα για μεγαλύτερη ανάπτυξη των εξορυκτικών επιχειρήσεων στο μέλλον. Θεωρείται αναγκαία η συνεργασία του επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού των φορέων του δημοσίου και των επιχειρήσεων που θα συμβάλει στην αύξηση της αποληψιμότητας, στην ποιοτική βελτίωση, στη μεγιστοποίηση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών

μαρμάρων και επομένως στην ενίσχυση της Εθνικής Οικονομίας.

Σημαντικό μερίδιο της ανησυχητικής απώλειας ανταγωνιστικότητας που εμφανίζει η χώρα μας, οφείλεται στην εμφανή αδυναμία προσέλκυσης ξένων επενδύσεων που κατά γενική ομολογία αποτελούν την αχίλλειο πτέρνα της ελληνικής οικονομίας. Τα τελευταία χρόνια η Ελλάδα απουσιάζει από τους πίνακες διεθνών οίκων που εξειδικεύονται σε επενδύσεις στο μεταλλευτικό τομέα, εξαιτίας του αρνητικού επενδυτικού κλίματος. Τα 7 κριτήρια/κλειδιά για την ένταξη μιας χώρας στο μεταλλευτικό χάρτη είναι:

- κατάσταση οικονομίας,
- σταθερότητα νομίσματος,
- φορολογικό καθεστώς,
- κοινωνικές αντιδράσεις στην εξορυκτική δραστηριότητα,
- καθυστερήσεις αδειοδοτήσεων,
- πολιτικό σύστημα,
- βαθμός διαφθοράς.

Επιπλέον χρειάζονται ουσιαστικές βελτιώσεις στους τομείς των: Τηλεπικοινωνιών, μεταφορών και ενέργειας.

**Η ακαθάριστη αξία των βέβαιων, πιθανών και ενδεικτικών αποθεμάτων των βιομηχανικών ορυκτών και πετρωμάτων της Ελλάδος είναι περίπου 60 δισεκ. €. Σ' αυτή τη συνολική αξία δεν συνυπολογίζονται το μικροκρυσταλλικό ανθρακικό ασβέστιο, τα ανθρακικά αδρανή, τα ανθρακικής σύστασης διακοσμητικά πετρώματα (όπως μάρμαρα και δολομίτες), οι σχιστόλιθοι, οι πηλοί και οι άργιλοι κεραμοποιίας, τα αποθέματα των οποίων είναι ανεξάντλητα.**

## Εφαρμογές

Η γνώση των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων του μαρμάρου θεωρείται απαραίτητη τόσο για τον καθορισμό της ποιότητας, όσο και της εμπορικής του αξίας. Αυτή η γνώση είναι ουσιαστική για την πλήρη και κατατοπιστική διαφήμισή του στην αγορά.

Η καταλληλότητα ενός μαρμάρου που χρησιμοποιείται σε μια κατασκευή δεν εξαρτάται ποτέ από μια μόνο ιδιότητα, αλλά από συνδυασμό περισσοτέρων. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να τις γνωρίζουμε όλες. Επιπλέον, μια σειρά από χαρακτηριστικά των μαρμάρων (π.χ. η αντοχή του χρώματος στο χρόνο) δεν είναι δυνατό να μετρηθούν με κάποιες δοκιμές, γι' αυτό η καταλληλότητα ενός μαρμάρου θα πρέπει να καθορίζεται και από παρατηρήσεις της συμπεριφοράς του στις διάφορες κατασκευές από τα προηγούμενα χρόνια μέχρι σήμερα.

Οι σπουδαιότερες εφαρμογές των μαρμάρων στις σύγχρονες κατασκευές είναι:

Δαπεδοστρώσεις εσωτερικών ή εξωτερικών χώρων. Τα μάρμαρα πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην επιφανειακή τριβή, καθώς και στην κρούση και θλίψη.

Επενδύσεις εσωτερικές. Πρέπει να είναι σημαντικά τα αισθητικά τους χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα με τους ποικίλους τόνους, τα σχέδια των φλεβών κ.ά.

Επενδύσεις εξωτερικές. Σήμερα, με την εφαρμογή αυστηρών προδιαγραφών, αρκετά μάρμαρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, πέρα από το καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα, για μεγαλύτερη θερμική μόνωση και στεγανότητα. Αυτά τα μάρμαρα πρέπει να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στη θλίψη και κάμψη, καθώς και μικρή απορροφητικότητα. Τέτοια μάρμαρα είναι τα λεπτόκοκκα και ομογενή, δηλαδή εκτός του ασβεστίτη ή δολομίτη να μην περιέχουν κρυστάλλους άλλων ορυκτών.

Χώροι υγιεινής. Το νερό, η υγρασία και οι θερμοκρασιακές μεταβολές που χαρακτηρίζουν τις συνθήκες σε τέτοιους χώρους, επιβάλλουν την επιλογή ομογενών στη σύσταση μαρμάρων και με μικρή απορροφητικότητα.

Τζάκια. Για τις επενδύσεις τους χρησιμοποιούνται πολλές ποικιλίες χρωματικές και φυσικών σχεδίων.

Σκάλες. Χρειάζονται μάρμαρα ιδιαίτερα ανθεκτικά στην επιφανειακή τριβή, καθώς και στην κάμψη, κρούση και θλίψη μετά από παγετό. Επίσης, επειδή οι σκάλες λερώνονται

ευκολότερα, εξαιτίας της συχνής χρήσης, πρέπει να επιλέγονται μάρμαρα όσο το δυνατόν πιο συμπαγή και ομογενή.

Έπιπλα. Το χρώμα και η μεγάλη αντοχή στην τριβή, κρούση και κάμψη είναι οι σημαντικότερες ιδιότητες που πρέπει να ελέγχονται κατά την επιλογή των μαρμάρων για τέτοιες εφαρμογές.

Καλλιτεχνήματα. Γλυπτά έργα, μνημεία, σιντριβάνια και άλλες εφαρμογές απαιτούν συνήθως μάρμαρα ανοιχτόχρωμα, λεπτόκοκκα και ομογενή στη σύσταση.

Λιθοστρώσεις - Πλακοστρώσεις. Σε έργα διαμόρφωσης αστικών χώρων (π.χ. πλατείες, πεζοδρόμια κ.ά.) χρησιμοποιούνται, εκτός των σχιστόλιθων ή άλλων φυσικών ή τεχνητών προϊόντων, ασβεστόλιθοι και μάρμαρα. Τα μάρμαρα για τέτοιες εφαρμογές πρέπει να είναι υγιή, χωρίς ρωγμές και 'νερά' και να παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στη φθορά από τριβή.

## **Πετρογραφικοί τύποι**

### **α. Ανθρακικά αδρανή**

Η ακαθάριστη αξία παραγωγής ανθρακικών σκύρων και άμμου ξεπερνά τα 300 εκατ. €, με μέση ετήσια αύξηση 6% μέχρι το 2009. Ο αριθμός των ενεργών και αργούντων λατομείων είναι 222. Η συνολική παραγωγή του 2011 ήταν 38 εκατ. τόνοι, η χαμηλότερη της τελευταίας 10ετίας. Η ποσοστιαία συμμετοχή αυτού του κλάδου στην εξορυκτική δραστηριότητα είναι περίπου 40%.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εντοπιστεί διάφορα πετρώματα κατάλληλα για την παραγωγή σκληρών αδρανών υψηλής ποιότητας για αντιολισθηρά οδοστρώματα. Τέτοια πετρώματα είναι κυρίως ανδεσίτες, διαβάσες και γάβροι. Σήμερα, αντίστοιχα λατομεία λειτουργούν στη Λήμνο, Πολύκαστρο, Γιαννιτσά και Μικροκλεισούρα Γρεβενών. Η ετήσια παραγωγή σκληρών αδρανών είναι περιορισμένη, αν και η ζήτησή τους είναι μεγάλη.

Επιπρόσθετα, στην Ελλάδα λειτουργούν 45 εταιρίες παραγωγής δομικών υλικών, 3 τσιμεντοβιομηχανίες, 80 εταιρίες σκυροδέματος και 43 εταιρίες προϊόντων τσιμέντου. Αυτές οι εταιρίες καταναλώνουν σχεδόν το σύνολο της παραγωγής των ανθρακικών αδρανών υλικών.

Τα αποθέματα των ανθρακικών αδρανών είναι ανεξάντλητα, ενώ εκείνα των σκληρών αδρανών υψηλών προδιαγραφών είναι περιορισμένα. Οι τιμές των αδρανών κυμαίνονται από 4€/t (ανθρακικά) έως 10€/t (σκληρά).

### **β. Μικροκρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι**

Λευκοί εύθρυπτοι μικροκρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι υπάρχουν στη Ζάκυνθο (Κουναφάς και Μαρίνα) και Κεφαλονιά (Μήνυες) τα οποία είναι τα κύρια κέντρα παραγωγής λευκών ανθρακικών προϊόντων. Αυτοί οι ασβεστόλιθοι, δολομιτικά και ασβεστιτικά μάρμαρα, καθώς και χουντίτης, είναι τα ακατέργαστα υλικά που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ανθρακικών πληρωτικών στην Ελλάδα. Οι κύριοι παραγωγοί είναι: IONIAN KALK A.E., ΖΑΦΡΑΝΑΣ-ΠΕΤΡΟΧΗΜ Α.Ε. και Μάρμαρα Διονύσου-Πεντέλης Α.Ε.Β.Ε.

Η συνολική παραγωγή προϊόντων μικροκρυσταλλικού ανθρακικού ασβεστίου το 2011 ήταν 400.000 τόνοι. Τα αποθέματά του είναι ανεξάντλητα.

### **γ. Χουντίτης**

Οι συγκεντρώσεις χουντίτη-υδρομαγνησίτη βρίσκονται στη λεκάνη της Κοζάνης, όπου δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες αποτελούν το υπόβαθρο. Αυτά τα ανθρακικά ορυκτά έχουν κλαστικό χαρακτήρα και βρίσκονται μέσα σε στρώματα ποταμολιμναίων φάσεων. Το κοίτασμα αποτελείται από: 95% (χουντίτη + υδρομαγνησίτη) σε σχέση 1:1 και 5% (αραγωνίτη + δολομίτη + ασβεσίτη + μαγνησίτη).

Η παραγωγή χουντίτη γίνεται από δύο ορυχεία από την εταιρία ΛΕΥΚΑ ΟΡΥΚΤΑ [ανήκει κατά 100% στην Ολλανδική Minerals Plus (τέως Ankerpoort), θυγατρική του Βελγικού ομίλου Sibelco]. Στο εργοστάσιο κοντά στα Λεύκα Κοζάνης η εταιρία

επεξεργάζεται το εξορυσσόμενο υλικό από το γειτονικό ορυχείο και παράγει ένα τελικό προϊόν το περισσότερο του οποίου εξάγεται. Μόνο μια εγχώρια χαρτοβιομηχανία χρησιμοποιεί μικρές ποσότητες αυτού του υλικού ως πληρωτικό.

Το υλικό που εξάγεται είναι μίγμα χουντίτη - υδρομαγνησίτη σε ποσοστό 60% και 40%, αντίστοιχα. Όλη η παραγωγή του ακατέργαστου χουντίτη και το 80% του κατεργασμένου εξάγεται.

Η παραγωγή του 2011 ήταν 23.800 τόνοι. Τα ενδεικτικά αποθέματα χουντίτη στα Λεύκαρα Κοζάνης είναι 4 εκατ. τόνοι και η ακαθάριστη αξία τους 160 εκατ. €. Οι τιμές του χουντίτη κυμαίνονται από 40 €/t (ακατέργαστος) έως 300 €/t (επεξεργασμένος).

#### **δ. Ασβεστόλιθοι**

Αμιγείς ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι υπάρχουν σε όλη τη χώρα. Οι υγείς ασβεστόλιθοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή λίθων δόμησης ή διακόσμησης, ενώ οι πτυχωμένοι ή κατακερματισμένοι για την παραγωγή αδρανών υλικών ή άλλων προϊόντων.

#### **ε. Τραβερτίνες**

Είναι σκληροί, λεπτοκρυσταλλικοί, συμπαγείς ή μαζώδεις και συχνά συγκριματικοί, χρώματος λευκού μέχρι καστανού. Χρησιμοποιούνται ως λίθοι διακόσμησης.

#### **στ. Δολομίτες**

Πολύ καθαροί δολομίτες, με  $MgO > 20\%$ , είναι άφθονοι στην Ελλάδα. Αν και τα αποθέματά τους στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι κατάλληλα για μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως παραγωγή καυστικής μαγνησίας και πυρίμαχων μαζών, η διαθεσιμότητα υψηλής ποιότητας μαγνησίτη εμποδίζει τη χρήση του δολομίτη σε τέτοιες εφαρμογές. Οι υγείς δολομίτες χρησιμοποιούνται ως λίθοι διακόσμησης.

#### **ζ. Μάρμαρα**

Τα ολόλευκα, λεπτόκοκκα και ομογενή ασβεστιτικά μάρμαρα, όπως είναι αυτά της Πεντέλης και της Πάρου, είναι πολύ σπάνια. Η θαυμάσια εμφάνιση αυτών οφείλεται στη διαφάνειά τους, καθώς και στην ικανότητά τους να αντανακλούν το φως. Λειτουργούν όμως εκατοντάδες άλλα λατομεία που παράγουν κατώτερης ποιότητας μάρμαρα. Η βιομηχανία μαρμάρου, συμπεριλαμβανομένων και των άλλων φυσικών διακοσμητικών πετρωμάτων, συνεχίζει να είναι ένας από τους πλέον παραγωγικούς τομείς της ελληνικής οικονομίας.

Σήμερα, τα λειτουργούντα λατομεία μαρμάρων είναι περισσότερα από 200, ενώ η μαρμαροβιομηχανία περιλαμβάνει περίπου 2.500 επιχειρήσεις (εξόρυξη, επεξεργασία, εμπορία), μεταξύ των οποίων αρκετές είναι μεγάλες και καθετοποιημένες μονάδες. Το 60% της συνολικής παραγωγής και δραστηριότητας αναπτύσσεται στη Μακεδονία. Τα εξορυσσόμενα λευκά μάρμαρα προέρχονται κυρίως από τις Περιφερειακές Ενότητες Δράμας και Καβάλας (συμπεριλαμβανομένης και της Θάσου που είναι παγκόσμια γνωστή για τους χιονόλευκους δολομίτες της).

Όλα τα λευκά μάρμαρα της Ελλάδος είναι μονόμικτα, με τον ασβεστίτη να εμφανίζεται σε ποσοστά  $>96\%$  (στα ασβεστιτικά) και το δολομίτη σε ποσοστά  $>86\%$  (στα δολομιτικά). Όλα τα ελληνικά μάρμαρα, λευκά ή έγχρωμα, ασβεστιτικά ή δολομιτικά, είναι υψηλής καθαρότητας με μέση τιμή ξένων προσμίξεων 2%. Σημειώνεται, ότι ο παγκόσμιος μέσος όρος προσμίξεων των ασβεστολιθικών πετρωμάτων είναι 8%.

Τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή μαρμάρων στην Ελλάδα φθίνει συνεχώς, με αποτέλεσμα να εισάγεται περίπου το 1/3 σε ακατέργαστους όγκους. Έτσι, σημαντικές νέες εκμεταλλεύσεις στη χώρα μας δεν δημιουργούνται εκτός από ελάχιστες εξαιρέσεις. Επιπλέον, αρκετές μεγάλες επιχειρήσεις μαρμάρων αναπτύσσουν δραστηριότητες στο εξωτερικό, εξαιτίας της οικονομικής κρίσης της χώρας, της κρατικής γραφειοκρατίας και των περιορισμών για νέες αδειοδοτήσεις.

Το 2005 η παγκόσμια παραγωγή διακοσμητικών πετρωμάτων έφτασε τους 150 εκατ. τόνους με συνολική αξία περίπου 35 δισεκ. €. Οι κυριότερες παραγωγικοί χώρες είναι η Κίνα (14 εκατ. τόνοι), Ινδία, Ιταλία και Ισπανία, με συνολικό ποσοστό παραγωγής 53%. Η Ελλάδα σήμερα βρίσκεται μόλις στην 20<sup>η</sup> θέση σε σχέση με την 3<sup>η</sup> ή 4<sup>η</sup> που είχε πριν 20 χρόνια.

Οι τιμές των προϊόντων μαρμάρου εξαρτώνται από το χρώμα, την ομογένεια στη σύσταση και στο κρυσταλλικό μέγεθος, τη ζήτηση και άλλους παράγοντες. Συνήθως τα ολόλευκα, λεπτόκοκκα και ομογενή μάρμαρα παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές.

Η παραγωγή μαρμάρων το 2011 ήταν 1,1 εκατ. τόνοι. Τα αποθέματα των κοινών ασβεστιτικών μαρμάρων και δολομιτών είναι ανεξάντλητα. Ορισμένες ενδεικτικές τιμές προϊόντων ανθρακικών πετρωμάτων είναι:

Αδρανή: 4-10 €/t, Πληρωτικά: 70-100 €/t, Ακατέργαστοι όγκοι: 200-1.300 €/t,

Πλακίδια διαστάσεων 30x30 cm ή 40x40 cm και πάχους 1 cm έως 2 cm: 20-80 €/m<sup>2</sup>.

<b>Κύριες ποιοτικές απαιτήσεις για χρήση των ανθρακικών πετρωμάτων με βάση: Μέγεθος τεμαχιδίων, χημική σύσταση (%κ.β.) και τις τιμές των φυσικομηχανικών ιδιοτήτων τους</b>									
Λίθοι δόμησης / τεχνικών έργων	Μέγεθος τεμαχιδίων >30 cm								
Παραγωγή αδρανών	Μέγεθος τεμαχιδίων = 1-200 mm								
Παραγωγή ασβέστου	Μέγεθος τεμαχιδίων <40 mm, >95% CaCO <sub>3</sub> , <1% SiO <sub>2</sub>								
Βελτιωτικά εδαφών	Μέγεθος τεμαχιδίων <5 mm, <5% MgO								
Τσιμεντοβιομηχανία	>65% CaCO <sub>3</sub> , <4% MgO, <1,5% A.Y., <0,1% F, <0,5% (P+Zn+Pb), <3% L.O.I.								
Βιομηχανία λιπασμάτων	Μέγεθος τεμαχιδίων = 0,2-2 mm, >60% CaCO <sub>3</sub> , 5-20% MgO								
Μεταλλουργία	Μέγεθος τεμαχιδίων <30 mm, >97% CaCO <sub>3</sub> , <3% (SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO+MnO), <0,02% P, <0,1% S								
Κατεργασία σακχαρότευτλων	>98,5% CaCO <sub>3</sub> , <0,5% SiO <sub>2</sub>								
Περιβαλλοντικές χρήσεις ή αποθείωση καπνοδόχων	Μέγεθος τεμαχιδίων <0,1 mm, >95% CaCO <sub>3</sub> , 2% SiO <sub>2</sub> , 1-2% MgO, 1% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 0,02% MnO, 1000 ppm Cl								
Συμπληρώματα ζωοτροφών	>98% CaCO <sub>3</sub> , ≈0 SiO <sub>2</sub> , ≈0 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ≈0 (As+F+Hg+Pb+H.M.)								
Παραγωγή υαλοπινάκων	Μέγεθος τεμαχιδίων	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	A.Y.	C	Υγρασία
		%	%	%	%	%	%	%	%
	▶ Ασβεστιτικό:	1-5 mm	>55	<0,8	<0,35	<0,08	<0,05	<0,6	<0,1
▶ Δολομιτικό:	1-5 mm	>30	>21,5	<0,40	<0,25	<0,20	<0,6	<0,4	<0,05
Παραγωγή φιαλών	Μέγεθος τεμαχιδίων = 1-5 mm, <0,1% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <0,001% Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , <0,1% υγρασία								
Χαρτοβιομηχανία	Μέγεθος κόκκων <10 μm, 95-97% CaCO <sub>3</sub> , >90% λευκότητα, <35 mg αποξεστικότητα, <30 ml/100 g απορροφητικότητα ελαίου								
Βιομηχανία ελαστικών	Μέγεθος κόκκων <10 μm, >98% CaCO <sub>3</sub> , <0,03% (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O), <0,02% MnO, <0,005% CuO, <0,2% L.O.I.								
Παραγωγή ασβεστοκαρβιδίου	>97% CaCO <sub>3</sub> , <1,2% SiO <sub>2</sub> , <0,5% (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), <0,5% MgO, <0,004% P, S = ίχνη								
Φαρμακευτική	>98,8% CaCO <sub>3</sub> , <1% (Mg+αλκάλια), <0,05% Fe, <0,002% H.M., <0,0005% F, <3 ppm As, <3 ppm Pb, <0,5 ppm Hg, <0,2% A.Y.								
A.Y. = αδιάλυτο υπόλειμμα, H.M. = βαρέα μέταλλα, L.O.I. = απώλεια πύρωσης.									

## **Προβλήματα μαρμαροβιομηχανίας**

Αυτά συνδέονται με τα δομικά χαρακτηριστικά της οικονομικής ανάπτυξης της Ελλάδος όπως είναι:

- Η γραφειοκρατία της δημόσιας διοίκησης.
- Η επιβάρυνση του κόστους παραγωγής ιδιαίτερα από εξωγενείς παράγοντες (π.χ. χαμηλή ποιότητα υποδομών).
- Η χαμηλότερη απόδοση στην παραγωγή, διανομή και χρήση της ενέργειας σε σχέση με άλλες χώρες.
- Το χαμηλό επίπεδο εφαρμογών της πληροφορικής.
- Το χαμηλό επίπεδο έρευνας και ανάπτυξης.
- Οι αναντιστοιχίες ανάμεσα στην προσφορά και ζήτηση εξειδικευμένου ανθρώπινου δυναμικού και οι δυσλειτουργίες στην αγορά εργασίας.

Ο περιορισμός του ενδιαφέροντος τα τελευταία χρόνια των Ελλήνων παραγωγών ή εμπόρων μαρμάρων για συμμετοχή τους στην κλαδική έκθεση MAPMIN, οφείλεται στο υψηλό κόστος συμμετοχής, στην αδυναμία μετάκλησης από το εξωτερικό μεγάλων οίκων εμπορίας ή κατασκευών, αλλά και στην περιορισμένη προβολή της τόσο εντός όσο και εκτός Ελλάδος.

Εξαιτίας της ανεπαρκούς ή παραποιημένης πληροφόρησης σχετικά με τις φυσικομηχανικές ιδιότητες του μαρμάρου, είναι διαρκώς απαραίτητες οι πληροφορίες σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, την επιλογή, τη φροντίδα και τον καθαρισμό του.

Το δίκτυο οργανωμένης εμπορίας στο εξωτερικό είναι ανύπαρκτο. Δεν υπάρχει συνεργασία με τους εμπορικούς ακολούθους των ελληνικών πρεσβειών ή προξενείων, ούτε και με τα ισχυρά κέντρα του ελληνισμού στην Αμερική, Αυστραλία, Γερμανία ή αλλού. Τα γραφεία Οικονομικών και Εμπορικών Υποθέσεων (ΟΕΥ) δεν απέδωσαν ακόμη τα αναμενόμενα.

## **Εκμετάλλευση μαρμάρων σε άλλες χώρες**

Η Ιταλία με το 25% της παραγωγής ελέγχει το 75% της παγκόσμιας αγοράς, γιατί:

- Το Ιταλικό Ινστιτούτο Εξωτερικού Εμπορίου με έδρα τη Ρώμη απασχολεί 1600 ειδικούς επιστήμονες σε 38 γραφεία της Ιταλίας και 75 γραφεία εξωτερικού, 4 των οποίων στις Η.Π.Α. Με έρευνες αγοράς σε κάθε χώρα και σε κάθε χρονική περίοδο είναι έτοιμο να προβάλλει οποιοδήποτε Ιταλικό προϊόν με τον ελκυστικότερο τρόπο. Οργανώνει ημερίδες στο εξωτερικό και επισκέψεις στην Ιταλία δημοσιογράφων, ειδικών επαγγελματιών ή επιστημόνων και εμπόρων.
- Υπάρχει άριστη συνεργασία με τον κατασκευαστικό κόσμο. Απονέμονται αρχιτεκτονικά βραβεία κάθε χρόνο στη διεθνή έκθεση της CARRARA.
- Οι Ιταλοί έχουν μεγάλη παράδοση στη χρησιμοποίηση της πέτρας από την περίοδο της Αναγέννησης. Έτσι, έχουν καθημερινά το σχετικό ερέθισμα.
- Έχουν δική τους βιομηχανία παραγωγής σύγχρονων μηχανημάτων εξόρυξης και επεξεργασίας μαρμάρου.
- Οι Ιταλοί της διασποράς με τις οργανώσεις τους έχουν παίξει σημαντικό ρόλο στην προώθηση των Ιταλικών προϊόντων.

Άλλες χώρες, άγνωστες μέχρι πριν λίγα χρόνια, υποσκέλισαν τη χώρα μας στο διεθνή χώρο, γιατί:

- Έχουν φθηνότερο κόστος παραγωγής και επεξεργασίας, εξαιτίας χαμηλών μισθών.
- Έχουν άφθονα αποθέματα διακοσμητικών πετρωμάτων πολύ καλής ποιότητας.
- Δεν υπάρχουν οι υπερβολές στην εφαρμογή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας.
- Προβάλλουν πληρέστερα αυτόν το φυσικό πλούτο τους. Ο βαθμός συνεργασίας και συντονισμού με τις κρατικές υπηρεσίες τους είναι άριστος.

## ΖΕΟΛΙΘΟΙ – ΖΕΟΛΙΘΙΚΟΙ ΤΟΦΦΟΙ

### Ποιοτικά Χαρακτηριστικά των Ζεολιθικών Τόφφων

Σήμερα, είναι γνωστά 67 είδη φυσικών ζεολίθων, ενώ έχουν παρασκευαστεί περισσότερα από 100 είδη συνθετικών ζεολίθων. Οι συνθετικοί ζεόλιθοι είναι κατά πολύ ακριβότερα υλικά από τους φυσικούς, έχουν ειδικά πεδία εφαρμογών, όπως μοριακά κόσκινα και ηλεκτρονικά, ειδικές μεμβράνες και πολυμερή. Ζεολιθικός τόφφος είναι το πέτρωμα που περιέχει ένα ή περισσότερα από τα 67 είδη φυσικών ζεολίθων. Εκτός από τον ζεόλιθο τύπου-HEU, ο ζεολιθικός τόφφος συνήθως περιέχει τουλάχιστον και άλλα 4-10 ορυκτά, όπως μαρμαρυγία, σμεκτίτη, ιλλίτη, σελαδονίτη, χαλαζία, χριστοβαλίτη, τριδυμίτη, οπάλιο, αλκαλιούχο-άστριο και πλαγιόκλαστο. Ο φυσικός ζεόλιθος με τις πολυάριθμες εφαρμογές-χρήσεις είναι ο ζεόλιθος τύπου-HEU (κλινοπτιλόλιθος-εουλανδίτης). Στους ζεολιθικούς τόφφους ο ζεόλιθος τύπου-HEU παρουσιάζει πινακοειδείς κρυστάλλους (1-100 μm σε μέγεθος), περιέχει μικρο/νανο-πόρους σε πλέγμα 10-μελών και 8-μελών δακτυλίων, διαστάσεων 7,5x3,1 Å, 4,6x3,6 Å, 4,7x2,8 Å και συνήθως είναι ενδιάμεσης σύστασης (K,Ca,Mg,Na)<sub>4-6</sub>Al<sub>6-9</sub>Si<sub>27-30</sub>O<sub>72</sub>·20-24H<sub>2</sub>O με λόγο Si/Al = 3-5.

Τα σημαντικότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά για αγροτικές, υδατικές, βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές-χρήσεις των ζεολιθικών τόφφων τύπου-HEU (κλινοπτιλόλιθος-εουλανδίτης) είναι δέκα (10). Οι αναγκαίες προϋποθέσεις είναι οι πρώτες πέντε (1<sup>η</sup>-5<sup>η</sup>) και αναδεικνύονται με την πλήρη ορυκτολογική και χημική σύσταση. Οι προϋποθέσεις είναι:

- 1<sup>η</sup>) Ορυκτολογικά, να μην περιέχουν ινώδη ζεόλιθο και άλλα ινώδη ορυκτά. Η παρουσία ινωδών ζεολίθων (π.χ. εριονίτη, μορντενίτη, ρογγιανίτη, μαζίτη, σκολεσίτη, μεσόλιθο, νατρόλιθο, φερριερίτη) είναι απαγορευτική για τη χρήση των ζεολιθικών τόφφων.
- 2<sup>η</sup>) Ορυκτολογικά, η περιεκτικότητα σε ζεόλιθο τύπου-HEU να είναι >75 %κ.β. Ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής του ζεόλιθου τύπου-HEU, οι ζεολιθικοί τόφφοι διακρίνονται ως:  
α) >85% πολύ υψηλής ποιότητας, β) 85-76% υψηλής ποιότητας, γ) 75-66% μέτριας ποιότητας, δ) 65-56% χαμηλής ποιότητας, ε) <55% φτωχής ποιότητας.
- 3<sup>η</sup>) Χημικά, τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία να μην υπερβαίνουν τις Μέγιστες Επιτρεπτές Συγκεντρώσεις γεωργικών εδαφών, σύμφωνα με την Παγκόσμια, Ευρωπαϊκή και Ελληνική νομοθεσία, καθώς επίσης να μην είναι εμπλουτισμένα σε σύγκριση με τη μέση τιμή πετρωμάτων και του φλοιού της Γης.
- 4<sup>η</sup>) Ορυκτολογικά, να μην περιέχουν διογκούμενα αργιλικά ορυκτά (ποζολανική δράση ≈ ισοδύναμο σε δράση με το τσιμέντο).
- 5<sup>η</sup>) Ορυκτολογικά, η περιεκτικότητα των μη μικροπορωδών ορυκτών (χαλαζίας + χριστοβαλίτης + τριδυμίτης + οπάλιος + αλκαλιούχοι-άστριοι + πλαγιόκλαστα) να είναι ≤14%, ενώ των μικροπορωδών ορυκτών (ζεόλιθος τύπου-HEU + μαρμαρυγίας + αργιλικά ορυκτά) ≥86%. Ιδιαίτερα για χρήσεις ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων, η περιεκτικότητα των πολύμορφων φάσεων του διοξειδίου του πυριτίου (χαλαζίας + χριστοβαλίτης + τριδυμίτης + οπάλιος) να είναι ≤3%.
- 6<sup>η</sup>) Τα βασικά ιοντο-ανταλλάξιμα κατιόντα στον ζεόλιθο τύπου-HEU να είναι Ca, K, Mg και Na.
- 7<sup>η</sup>) Οι δεσμευτική ικανότητα (ιοντοανταλλακτική ικανότητα) των ζεολιθοφόρων τόφφων να είναι >165 meq/100g.
- 8<sup>η</sup>) Η βιοδιαθεσιμότητα κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων να είναι <1%. Τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία να βρίσκονται μέσα στην κρυσταλλική δομή του ζεόλιθου (απορρόφηση-ιοντοανταλλαγή) και όχι στην επιφάνεια των κρυστάλλων του ζεόλιθου (προσρόφηση-επιφανειακή επικάλυψη). Ο Πολύ Υψηλής Ποιότητας Ζεολιθικός Τόφφος (ΠΥΠΖΤ) επιλεκτικά δεσμεύει και καθλώνει τα επικίνδυνα-επιβλαβή μέταλλα-ιχνοστοιχεία με ισχυρούς χημικούς δεσμούς και δεν τα επιτρέπει να μεταφερθούν π.χ. στα φυτά, ενώ τα ωφέλιμα χημικά στοιχεία είναι στη διάθεση του φυτού, διότι αυτά επιλεκτικά δεσμεύονται με χαλαρούς χημικούς δεσμούς στον ΠΥΠΖΤ.

9<sup>η</sup>) Οι κοκκομετρίες χρήσης των ζεολιθικών τόφφων να λαμβάνουν υπόψη το μέγεθος των shards και το είδος της χρήσης.

10<sup>η</sup>) Σύγκριση κόστους, οικονομικού και περιβαλλοντικού οφέλους.

Ο Πολύ Υψηλής Ποιότητας Ζεολιθικός Τόφος (ΠΥΠΖΤ) τύπου-HEU, δεσμεύει βακτήρια, μύκητες, αέρια, ανόργανες, οργανικές και οργανομεταλλικές ενώσεις. Ο ΠΥΠΖΤ ρυθμίζει προς το ουδέτερο το pH εδαφών και υδάτων, εμπλουτίζει τα ύδατα με οξυγόνο (οξυγονούχα ρεύματα), δρώντας ως δέκτης και ως δότης πρωτονίων. Η δέσμευση αερίων έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του αέρα σε οξυγόνο και την αξιοσημείωτη μείωση της δυσοσμίας. Η ρόφηση και καθήλωση διάφορων συστατικών στους μικρο/νανο-πόρους του ζεόλιθου τύπου-HEU, καθώς και τους μέσο- και μακρο-πόρους του ΠΥΠΖΤ, αποδίδονται σε διεργασίες απορρόφησης (ιοντο-ανταλλαγή), προσρόφησης και επιφανειακής επικάλυψης. Σημαντικό ρόλο στις διεργασίες αυτές παίζουν οι επιφανειακές βασικές κατά Lewis (-) και όξινες κατά Brønsted (+) ενεργές θέσεις των κρυστάλλων του ζεόλιθου τύπου-HEU. Ο ζεόλιθος τύπου-HEU, εξαιτίας της ύπαρξης στη δομή του, αυτών των επιφανειακών θέσεων, αντιδρά με θετικά και αρνητικά φορτισμένα χημικά συστατικά, ακόμη και με μόρια στην αέρια κατάσταση. Οι χημικές αυτές διεργασίες σχετίζονται με φυσικοχημικά φαινόμενα ρόφησης και καθήλωσης ιόντων και μορίων και αφορούν τόσο τους κενούς χώρους στο εσωτερικό (μικρο/νανο-πόρους), όσο και την επιφάνεια των κρυστάλλων του ζεόλιθου τύπου-HEU, συνεπώς και τους μέσο- και μακρο-πόρους του ΠΥΠΖΤ.

Οι μέτριας-χαμηλής-φτωχής ποιότητας ζεολιθικοί τόφοι χρησιμοποιούνται ως λίθοι δόμησης και διακόσμησης, για κατασκευή κατοικιών, ιερών ναών, διάφορων κτισμάτων, στάβλων, αρδευτικών καναλιών και αναχωμάτων κατά τις πλημμύρες ποταμών. Η χρήση τους ως λίθοι δόμησης κατασκευών, δημιουργούν δροσερό περιβάλλον το καλοκαίρι και θερμό τον χειμώνα, ενώ στους στάβλους μειώνουν την αμμωνία και τη δυσοσμία. Η παγκόσμια ετήσια κατανάλωση (λίθοι δόμησης και πρόσθετο τσιμέντων) είναι περίπου 10 εκατ. Τόνοι. Ορισμένα μηχανικά και φυσικά χαρακτηριστικά των ζεολιθικών τόφφων δείχνουν μεγάλη διακύμανση, ειδικά το πορώδες και η αντοχή σε θλίψη. Σε σύγκριση με άλλα οικοδομικά υλικά (τούβλο, σκυρόδεμα, βασάλτης, γρανίτης, ασβεστόλιθος, μάρμαρο, ψαμμίτης), εμφανίζουν υψηλότερο πορώδες, ασθενέστερες μηχανικές ιδιότητες, κατώτερη αντοχή και χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα.

<b>Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες εμπορικών ζεολιθικών τόφφων σε σύγκριση με κάποια κοινά οικοδομικά υλικά.</b>					
	Μονάδα Βάρους (kN/m <sup>3</sup> )	Πορώδες (%)	Μονοαξονική αντοχή σε θλίψη (MPa)	Θερμική αγωγιμότητα (W/m.K)	Ειδική θερμότητα (kJ/kg.K)
Ζεολιθικοί τόφοι	10-24	8-61	1-177	0.32-0.38	1.09
Τούβλο	15-24	8-42	10-45	0.69	0.84
Σκυρόδεμα				0.93	0.65
Βασάλτης	27-31	1-3	196-392		
Γρανίτης				1.70-3.98	0.84
Ασβεστόλιθος	23-27	5-15	49-147	0.69	0.92
Μάρμαρο				2.08-2.94	0.88
Ψαμμίτης	18-27	4-20	39-127		

Παγκοσμίως, ~1% των ζεολιθικών τόφφων είναι πολύ υψηλής ποιότητας και ~0,1% των στρωμάτων είναι κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο, ως συμπληρώματα διατροφής. Συνήθως τα στρώματα αυτά είναι πολύ λεπτά (1-3 cm). Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται για όσους λαμβάνουν φάρμακα.



<b>Βιοδιαθεσιμότητα, Μέγιστες Επιτρεπόμενες Συγκεντρώσεις (ΜΕΣ), Συνηθισμένες Περιεκτικότητες (ΣΠ) σε Ζεολιθικούς Τόφφους</b>				
mg/kg = ppm	Φλοιός της Γης	Βιοδιαθέσιμο (%)	ΜΕΣ εδάφους	ΣΠ Ζεολιθικών τόφφων
Cd	0.2	0.6000	1-3	2-10
Ni	75	0.0453	30-75	20-100
Pb	13	0.1163	50-300	40-100
Zn	70	0.1000	150-300	40-100

### Ελληνικοί Ζεολιθικοί Τόφφοι – Φυσικοί Ζεόλιθοι

Σε 68 θέσεις φυσικών ζεολιθών στην Ελλάδα, απαντούν 7 είδη ζεολιθών, κλινοπτιλόλιθος-ευλανδίτης, μορντενίτης, ανάλκιμο, λομοντίτης, σιλβίτης, φιλλιψίτης και χαβαζίτης. Τριάντα-μία (31) θέσεις ζεολιθικών τόφφων περιέχουν ιώδη ζεόλιθο (μορντενίτη), 34 θέσεις είναι μέτριας-χαμηλής-φτωχής ποιότητας, 2 θέσεις είναι υψηλής ποιότητας (77% και 78% ζεόλιθος τύπου-HEU) και στη θέση «Ρέμα Ντρίστα» (δέσμευση της GEO-VET N. Αλεξανδρίδης & Σια Ο.Ε.) του χωριού Πετρωτά του Νομού Έβρου, εντοπίστηκε Πολύ Υψηλής Ποιότητας Ζεολιθικού Τόφφου (ΠΥΠΖΤ) τύπου-HEU (κλινοπτιλόλιθος-ευλανδίτης), αποκαλούμενος **ΕΛΦΥΖΕ: Ελληνικός Φυσικός Ζεόλιθος**.

<b>Ζεόλιθοι – Ζεολιθικοί Τόφφοι της Ελλάδας</b>					
Νομός-Νήσος	Αριθμός θέσεων				
	Με Ιώδη Ζεόλιθο	Φτωχής-Χαμηλής-Μέτριας Ποιότητας (≤75%)	Υψηλής Ποιότητας (77%, 78%)	Πολύ Υψηλής Ποιότητας (89%)	Σύν.
Σάμος	2	7	-	-	9
Κυκλάδων (Πολύαιγος, Μήλος, Κίμωλος, Σαντορίνη)	7	2	-	-	9
Ζάκυνθος, σε πορσελανίτη	-	1	-	-	1
Λευκάδα, σε πορσελανίτη	-	1	-	-	1
Κιλκίς (σε φλέβες)	-	1	-	-	1
Ροδόπης (1 θέση σε φλέβες)	7	2	-	-	9
Έβρου (σε φλέβες στη Σαμοθράκη)	15	20	2	1	38
Σύνολο	31	34	2	1	68
	46%	50%	3%	1%	

**Αποθέματα και αξία:** Τα βέβαια και ενδεικτικά αποθέματα των θέσεων για χρήση ως λίθοι δόμησης-διακόσμησης, καθώς και των θέσεων με υψηλής και πολύ υψηλής ποιότητας ζεολιθικών τόφφων είναι τουλάχιστον 600 εκατ. τόνους, αξίας περίπου 18 δισεκ. €.

<b>Ορυκτολογική Σύσταση και Δεσμευτική Ικανότητα (ικανότητα ανταλλαγής ιόντων) του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου (ΕΛΦΥΖΕ)</b>		
Ορυκτά	%κ.β.	Δ.Ι.
Ζεόλιθος τύπου-HEU (κλινοπτιλόλιθος-ευλανδίτης)	89	Δ.Ι.: Δεσμευτική Ικανότητα = 187 meq/100g
Μαρμαρυγίας + Αργιλικά ορυκτά (ιλλίτης, σμεκτίτης, σελαδονίτης)	4	
Άστριοι (αλκαλιούχος άστριος + πλαγιόκλαστο)	5	
Χαλαζίας + Χριστοβαλίτης	2	
Σύνολο	100	

Στον ΕΛΦΥΖΕ, ο ζεόλιθος τύπου-HEU (κλινοπιλόλιθος-ευλανδίτης) εμφανίζεται με τυπικούς πινακοειδείς κρυστάλλους (μεγέθους ~5-30 μm). Χαρακτηριστικά shards (ασυνεχής γραμμή) περιέχουν κρυστάλλους ζεόλιθου που περιβάλλονται από πολύ λεπτή ζώνη αργιλικών ορυκτών. Ο σελαδονίτης είναι μέλος της ομάδας του ιλλίτη. Ο χημικός τύπος του ζεόλιθου τύπου-HEU είναι  $Ca_{1,8}K_{1,1}Mg_{0,6}Na_{0,5}Al_{6,4}Si_{29,6}O_{72} \cdot 20H_2O$ .

### **Εφαρμογές – Χρήσεις του Ελληνικού Φυσικού Ζεόλιθου (ΕΛΦΥΖΕ)**

- Ρύθμιση προς το ουδέτερο του pH (7,4) υγρών αποβλήτων, αρχικού pH 5,5 σε 1 λεπτό και αρχικού pH 9,5 σε 10 λεπτά.
- Καθαρισμός υγρών αποβλήτων: Δέσμευση και απομάκρυνση βαρέων και τοξικών μετάλλων κατά 37-56% Cd, 70-82% Hg και 84-87% Ag
- Καθαρισμός ραδιενεργών υγρών αποβλήτων: Δέσμευση και απομάκρυνση ραδιονουκλιδίων κατά 55-58% Th, 37-40% U και 60-70% Cs.
- Καθαρισμός αστικών λυμάτων: 18-950% βελτίωση των ποιοτικών παραμέτρων. Οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων στο διαυγές νερό, με διαδοχικές κατεργασίες με τον ΕΛΦΥΖΕ, μπορούν να γίνουν μικρότερες από το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο των πρότυπων νερών, για διάθεση σε φυσικό αποδέκτη, για άρδευση, κολύμβηση και διαβίωση ψαριών.
- Αδρανοποίηση της λυματολάσπης και μετατροπή της σε άοσμη και συνεκτική ζεο-λυματολάσπη, κατάλληλη για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό στις γεωργικές καλλιέργειες.
- Καθαρισμός υγρών αποβλήτων και βελτίωση των ποιοτικών παραμέτρων: Βαφείου κατά 5-98%, βυρσοδεψείου κατά 18-99% και βιομηχανικής ζώνης κατά 5-100%.
- Αδρανοποίηση βιομηχανικής λάσπης και παραγωγή άοσμης-συνεκτικής ζεο-λάσπης κατάλληλης για ασφαλή απόθεση, λόγω της καθήλωσης των επιβλαβών συστατικών στους μικρο/νάνο-πόρους του ζεόλιθου τύπου-HEU, καθώς και τους μέσο- και μακρο-πόρους του ΕΛΦΥΖΕ, αυτά δεν εκπλύνονται και δεν μεταφέρονται με τη βροχή, προστατεύοντας έτσι την ποιότητα εδαφών, επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.
- Αδρανοποίηση επικίνδυνων βιομηχανικών στερεών αποβλήτων (στερεά απόβλητα μπαταριών).
- Δέσμευση και απομάκρυνση κυανοβακτηρίων κατά 51-92%.
- Λίμνες και επιφανειακά ύδατα: Η χρήση του ΕΛΦΥΖΕ σε λεκάνες λιμνών, αποτρέπει την έκπλυση μέσω της βροχής των επιβλαβών ουσιών-συστατικών στα νερά της λίμνης, μειώνει τη δυσοσμία και βελτιώνει τις συνθήκες ανάπτυξης οργανισμών και φυτών της παραλίμνιας ζώνης, ρυθμίζει το pH του νερού προς το ουδέτερο, εμπλουτίζει σε οξυγόνο το νερό, μειώνει τα βακτήρια, βελτιώνει τη διαβίωση και ανάπτυξη των οργανισμών και φυτών.
- Εξόρυξη μεταλλευμάτων: Αδρανοποίηση υγρών και στερεών αποβλήτων και των τελμάτων της Λεκάνης Διαχείρισης Τελμάτων (ΛΔΤ).
- Επιστροφή εδαφών για γεωργοκτηνοτροφική χρήση μετά την εξόρυξη μεταλλευμάτων.
- Βελτίωση καταπολέμησης των εντόμων (ραντισμός καρποφόρων-οπορωφόρων δένδρων με την προσθήκη παιπάλης ΕΛΦΥΖΕ στο διάλυμα).
- Καθαρισμός αέρα και μείωση της δυσοσμίας (εργοστάσιο παραγωγής ιχθυοτροφών).
- Προσθήκη ΕΛΦΥΖΕ στα γεωργικά εδάφη: Βελτιώνει τις φυσικοχημικές και θρεπτικές ικανότητες του εδάφους, ενισχύει το ριζικό σύστημα των φυτών, μειώνει τις ασθένειες του ριζικού συστήματος των φυτών, μειώνει τις απώλειες των φυτών (12% σε αμπέλι), ρυθμίζει το pH των εδαφών προς το ουδέτερο (βελτίωση κατά 47-55%), δεσμεύει και γίνεται φορέας των λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων, εντομοκτόνων και άλλων οργανικών ουσιών, αποθηκεύει και διαθέτει σταδιακά στα φυτά (νερό, θρεπτικά συστατικά, λιπάσματα), μειώνει την έκπλυση των θρεπτικών συστατικών και λιπασμάτων, παγιδεύει βαρέα μέταλλα, τοξικές συγκεντρώσεις μετάλλων, ραδιονουκλιδίων και άλλων επιβλαβών συστατικών, εμποδίζοντας αυτά να μεταφερθούν στα φυτά και έτσι προστατεύει τα φυτά και την ποιότητα των καρπών.
- Εξυγίανση επιβαρυσμένων εδαφών: Ο ΕΛΦΥΖΕ επιλεκτικά δεσμεύει και καθλώνει τα επικίνδυνα-επιβλαβή μέταλλα-ιχνοστοιχεία με ισχυρούς χημικούς δεσμούς και δεν τα

επιτρέπει να μεταφερθούν στα φυτά, ενώ τα ωφέλιμα χημικά στοιχεία είναι στη διάθεση του φυτού, διότι αυτά επιλεκτικά δεσμεύονται με χαλαρούς χημικούς δεσμούς. (α) Δέσμευση-καθήλωση σε επιβαρυνμένα εδάφη κατά 33% Cd, 39% Cs, 44% Pb, 52% Zn και 60% Ni, (β) Δέσμευση-καθήλωση σε έδαφος μεταλλείου κατά 43% Cd, 52% Pb και 71% Zn, (γ) Μείωση συγκέντρωσης Hg σε τριφύλλι κατά 53-77% και σε γρασίδι κατά 47-78%.

➤ Αύξηση παραγωγής των αγροτικών προϊόντων φυτικής προέλευσης: Σιτάρι (29-57%), Κριθάρι (95%), Ρύζι (34%), Καλαμπόκι (50%), Πατάτα (94%), Σκόρδο (33%), Τομάτα (11-96%), Αμπέλι-Σταφύλι (25-99%), Μήλα (33-37%), Ροδάκινα (31-35%), Ακτινίδια (45%), Βαμβάκι (17%).

➤ Βελτίωση ποιότητας των αγροτικών προϊόντων φυτικής προέλευσης κατά 4-46%.

➤ Προσθήκη σε υποστρώματα θερμοκηπίων και ανθοκομικής: Αύξηση ανθοφορίας σε γαρίφαλο κατά 25-40%.

➤ Προσθήκη σε διάφορα υποστρώματα: Ανθεκτικότερο και υγιέστερο γρασίδι.

➤ Υγιεινή και ασφάλεια τροφίμων, βελτίωση διατήρησης τροφίμων.

➤ Ιχθυοκαλλιέργειες: Πρόσθετο στη τροφή και καθαρισμό των υδάτων. Μείωση αμμωνίας στο νερό (90%). Αύξηση βάρους σε πέστροφες (3-12%), σε σολομούς (3-11%).

➤ Βελτίωση ποιότητας πόσιμου νερού, νερού σε πισίνες και ενυδρεία.

➤ Αποσμητικό υλικό, άμμος υγιεινής για κατοικίδια ζώα.

➤ ΕΛΦΥΖΕ ως πρόσθετο ζωοτροφών και υλικό δαπέδου κτηνοτροφικών μονάδων: (α) Βελτίωση ποιότητας των προϊόντων ζωικής προέλευσης (2-28% μείωση λίπους σε χοίρους), (β) Μείωση της θνησιμότητας των νεογνών (20% σε χοιρίδια, 30% σε πέστροφες), (γ) Μείωση των ασθενειών (90% μείωση μαστίτιδας σε αγελάδες και 17% σε χοιρομητέρες) και της φαρμακευτικής αγωγής των ζώων, (δ) Μείωση της δυσσομίας και της αμμωνίας στον χώρο εκτροφής, (ε) Μετατροπή της κοπριάς σε άοσμο λίπασμα και (στ) Αύξηση παραγωγής προϊόντων ζωικής προέλευσης: Γαλακτοπαραγωγή σε αγελάδες (17-20%), βάρος σε κρεοπαραγωγές όρνιθες (2-12%), βάρος αυγών σε αυγοπαραγωγές όρνιθες (1-6%), αριθμός αυγών σε αυγοπαραγωγές όρνιθες (3%), βάρος χοίρων (2-3%), βάρος προβάτων (8-9%).

## Βιβλιογραφία

Τσιραμπίδης Α., Τα Ελληνικά μάρμαρα και άλλα διακοσμητικά πετρώματα. University studio press, Θεσσαλονίκη, 310σ., 1996.

Τσιραμπίδης Α., Ο ορυκτός πλούτος της Ελλάδος. Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, 391σ., 2005.

Τσιραμπίδης Α., Φιλιππίδης Α., Ορυκτοί Πόροι Ελλάδος: Αποθέματα και Αξία. Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 46σ., 2013.

Φιλιππίδης Α., Ζεόλιθοι Δήμου Τριγώνου του Νομού Έβρου στη βιομηχανική, αγροτική, κτηνοτροφική και περιβαλλοντική τεχνολογία. Ημερίδα «Δυνατότητες Ανάπτυξης στο Βόρειο Έβρο», Πετρωτά Έβρου, 4/08/2007, Πρακτικά, 89-107, 2007.

Φιλιππίδης Α., Ζεόλιθος-Ζεόλιθοι-Φυσικοί Ζεόλιθοι-Ζεολιθικοί Τόφοι Πολύ Υψηλής Ποιότητας – Χρήσεις 1982-2015. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 36σ., 2015.

Φιλιππίδης Α., Ποιοτικά χαρακτηριστικά και πολυάριθμες εφαρμογές των πολύ υψηλής ποιότητας ζεολιθικών τόφων τύπου-HEU. Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 103, 73-76, 2015.

Φιλιππίδης Α., Η χρήση ζεολιθικών τόφων Μεταξάδων-Αβδέλλας ως δομικοί λίθοι στη βιομηχανία κατασκευών. Επιστημονική Επετηρίδα, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 103, 77-80, 2015.

Filippidis A., Environmental, industrial and agricultural applications of Hellenic Natural Zeolite. Hellenic Journal of Geosciences, 45, 91-100, 2010.

Filippidis A., Industrial and municipal wastewater treatment by zeolitic tuff. Water Today, January, Volume-V (issue-X), 34-38, 2013.

- Filippidis A., Kantiranis N., Experimental neutralization of lake and stream waters from N. Greece using domestic HEU-type rich natural zeolitic material. *Desalination*, 213, 47-55, 2007.
- Filippidis A., Apostolidis N., Paragios I., Filippidis S., Zeolites clean up. *Industrial Minerals*, 487(April), 68-71, 2008.
- Filippidis A., Kantiranis N., Papastergios G., Filippidis S., Safe management of municipal wastewater and sludge by fixation of pollutants in very high quality HEU-type zeolitic tuff. *Journal of Basic and Applied Research International*, 7 (1), 1-8, 2015.
- Tsirambides A., Filippidis A., Greece seeks mineral lifeboat. *Industrial Minerals*, 532(January), 38-45, 2012.
- Tsirambides A., Filippidis A., Exploration key to growing Greek industry. *Industrial Minerals*, 533(February), 44-47, 2012.