# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**
**ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

# ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΑΡΙΔΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: ΜΟΥΤΣΑΤΣΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ**

**ΑΘΗΝΑ 2012**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

Μουτσάτσου Αγγελική , Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.(επιβλέπουσα)

Τσίμας Σταμάτιος, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Κορδάτος Κων/νος , Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο : *Χρήση Βιομηχανικών Ορυκτών και Παραπροϊόντων στην Κεραμοποιία* πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας της σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου υπό την επίβλεψη της Καθηγήτριας κας Μουτσάτσου Αγγελικής .

Η διεξαγωγή και ολοκλήρωση της δεν θα ήταν δυνατή χωρίς τη βοήθεια, τη συμβολή, και τη συμπαράσταση αρκετών ανθρώπων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτρια κα Μουτσάτσου Αγγελική για τον χρόνο, τη βοήθεια και τις πολύτιμες γνώσεις που μου έδωσε σε όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης θέλω να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον Δρ. Χημικό Μηχανικό κ. Βασίλη Πρωτονοτάριο και την Υπ. Δρ. Πρωτονοτάριου- Καραμπέρη Αλεξία για το χρόνο που ξόδεψαν, για την πολύτιμη καθοδήγηση τους, την βοήθεια και την εμπειρία που μου προσέφεραν απλόχερα και οι οποίες ήταν καθοριστικές για την περάτωση της εργασίας..

Οφείλω να ευχαριστήσω τα παιδιά που βρίσκονται στο εργαστήριο: τον Ηλία, την Χριστίνα, την Όλγα και τη Μόνικα για τη συνεργασία τους, και τη βοήθεια που μου έδωσαν, όποτε την είχα ανάγκη για τη χρήση των εργαστηριακών οργάνων και την πραγματοποίηση των αναλύσεων. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω και τον Υπ. Δρ Μηχανικό Μεταλλείων- Μεταλλουργό κ Κυπριανό Θεωδορόπουλο.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω μέσα από την καρδιά μου, την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους στα χρόνια των σπουδών και σε κάθε βήμα της ζωής μου, όπως επίσης και τους συγγενείς και φίλους που είναι δίπλα μου τόσα χρόνια.

*Σαριδάκης Εμμανουήλ*

*Αθήνα, Σεπτέμβριος 2012*

# ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία με θέμα : Χρήση Βιομηχανικών Ορυκτών και Παραπροϊόντων στην Κεραμοποιία, εξετάσθηκε η προσθήκη κάποιων ουσιών στις πρώτες ύλες του τούβλου ώστε να διαπιστωθεί αν και κατά πόσον το αποτέλεσμα θα ικανοποιούσε τις ιδιότητες των προϊόντων σύμφωνα με τις προδιαγραφές που τα διέπουν από την αντίστοιχη κοινοτική οδηγία και κατ'επέκτασην αν αυτή η πρακτική θα μπορούσε να εφαρμοστεί στη βιομηχανία.

Οι ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν και μελετήθηκε η προσθήκη τους στα τούβλα είναι α) η σμύριδα (ενός ορυκτού που βρίσκεται στην Ελλάδα σε αφθονία στο νησί της Νάξου) σε ποσοστό 25%, β) το πυρηνόξυλο ( αποτελεί ένα παραπροϊόν των πυρηνελουργείων) σε ποσοστό 5%, και γ) λάσπη ( υπόλειμμα από την έκπλυση μεταλλικών καλουπιών) σε ποσοστό 5 και 10 %.

Για τις ανάγκες της εργασίας παρασκευάστηκαν δοκίμια αναφοράς (κανένα πρόσθετο υλικό), δοκίμια με σύσταση 25% % κ.β. σε σμύριδα, 5% κ.β. σε πυρηνόξυλο και 5 και 10 % κ.β. σε λάσπη. Τα δοκίμια αυτά υποβλήθηκαν σε διάφορες δοκιμασίες όπως αντοχή σε θλίψη, μέτρηση υδατοαπορροφητικότητας, μέτρηση συρρίκνωσης όπως επίσης και μέτρηση της απώλειας μάζας.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με τη σμύριδα έχουν σε γενικές γραμμές τις ίδιες μηχανικές ιδιότητες με τα δοκίμια αναφοράς αφού δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά ούτε στην αντοχή στη θλίψη, ούτε στην μέτρηση της συρρίκνωση από αυτά, και εμφανίζουν μια ελάττωση στην υδατοαπορροφητικότητα , πράγμα που είναι πολύ σημαντικό για την αντοχή και την ποιότητα των τούβλων. Επίσης η προσθήκη σμύριδας έχει αποδείξει από παλιότερες έρευνες ότι μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, γεγονός που της δίνει ένα πλεονέκτημα για την χρήση σαν πρόσθετο στην κεραμοποιία [30].

Από την άλλη τα δοκίμια με πρόσθετο το πυρηνόξυλο δεν παρουσίασαν ενθαρρυντικές ιδιότητες στις δοκιμασίες που υποβλήθηκαν. Παρουσίασαν τη μικρότερη αντοχή σε θλίψη , πράγμα που εξηγείται και από το μεγάλο βαθμό υδατοαπορροφητικότητας που εμφάνισαν. Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής δεν συστήνεται η χρήση του πυρηνόξυλου σαν πρόσθετο στην κεραμοποιία.

Τέλος όσον αφορά τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με προσθήκη λάσπης, εμφάνισαν ελαφρώς μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη από τα δοκίμια αναφοράς , ιδίως τα δοκίμια με 5% κ.β. σε λάσπη. Από την άλλη όμως εμφάνισαν και αυξημένη υδατοαπορροφητικότητα αλλά σε επίπεδα που μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέα. Γενικά , παρουσίασαν την καλύτερη εικόνα σε σχέση με τα υπόλοιπα δοκίμια. Το μοναδικό ίσως μειονέκτημα της είναι ότι περιέχει αρκετό θείο στη σύσταση της.

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ιστορία του τούβλου

Η χρήση των τούβλων στην διαδικασία της δόμησης έχει τις ρίζες της στα αρχαία χρόνια. Η ιδιότητα των τούβλων να έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε κρύες και υγρές καιρικές συνθήκες , έδωσε το έναυσμα για την κατασκευή κτιρίων και κατοικιών σε περιοχές όπου η ύπαρξη αντίξοων καιρικών συνθηκών δρούσε ως απαγορευτικός παράγοντας για την εγκατάσταση του ανθρώπου και την ανάπτυξη κοινωνικού ιστού. Τα τούβλα έχουν το μεγάλο προτέρημα της αποθήκευσης θερμότητας από τον ήλιο κατά τη διάρκεια της μέρας και την σταδιακή απελευθέρωση αυτής για αρκετές ώρες κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Οι πρώτες χρήσεις των τούβλων εντοπίζονται τόσο στην αρχαία Αίγυπτο όσο και στον πολιτισμό που αναπτύχτηκε κατά την εποχή του χαλκού στην κοιλάδα του Ινδού ποταμού όπου γινόταν ευρεία χρήση τούβλων κατασκευασμένων από λάσπη η οποία ξηραινόταν στον ήλιο. Στην κοιλάδα του Ινδού ποταμού όλα τα τούβλα είχαν την ίδια αναλογία 4:2:1.

Επίσης οι Σουμέριοι είχαν αναπτύξει έντονα την τεχνοτροπία κατασκευής τούβλων. Πιο πρόσφατα , για τη θεμελίωση της Αγία Σοφίας στην Κωνσταντινούπολη έγινε χρήση τούβλων και ειδικού κονιάματος ως συνδετικό , το οποίο είχε αναμειχτεί με μίγμα κριθαριού , φλοιό φτελιάς και ιερών λειψάνων.

Κατά τους ρωμαϊκούς χρόνους η κατασκευή τούβλων πραγματοποιούνταν από τις ρωμαϊκές λεγεώνες όπου εξειδικευμένοι λεγεωνάριοι χειρίζονταν μεταφερόμενους κλιβάνους. Τα ρωμαϊκά τούβλα σφραγίζονταν συνήθως με το έμβλημα της λεγεώνας η οποία επόπτευε την παραγωγή τους. Με βάση αναφορές του Ρωμαίου αρχιτέκτονα Βιτρούβιου οι Ρωμαίοι κατασκεύαζαν τα τούβλα με υψηλές προδιαγραφές και κατασκευαστικούς κανόνες. Τα τούβλα τους ήταν σχετικά μακριά και λεπτά και κυμαίνονταν από 25mm έως 37mm σε πάχος , ενώ απαντιόνταν σε τρία μεγέθη τα οποία χαρακτηρίζονταν από ελληνικά ονόματα : πεντάδωρον (πέντε παλάμες η κάθε διάσταση) τα οποία χρησιμοποιούνταν στα δημόσια κτήρια , τετράδωρον ( τέσσερις παλάμες η κάθε διάσταση ) και δίδωρον ( 304 mm μήκος * 152 mm πλάτος ) τα οποία χρησιμοποιούσαν για κατασκευή κατοικιών. Τα τούβλα συνδέονταν με ασβεστοκονίαμα που είχε ενσωματωμένη ως πρόσθετο ηφαιστειακή στάχτη και το πάχος του ήταν παρόμοιο με το πάχος του τούβλου. [1]

Στην προ-μοντέρνα Κίνα, η κατασκευή του τούβλου ήταν δουλειά ανειδίκευτων τεχνιτών αλλά ο χειριστής του κλιβάνου είχε αναγνωρίσιμη θέση στην κοινωνία. Ο χειριστής του κλιβάνου έπρεπε να διασφαλίσει ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κλιβάνου παρέμενε σε επίπεδα τέτοια ώστε ο πηλός στο εσωτερικό του κλιβάνου να έχει το χρώμα λιωμένου χρυσού ή ασημιού. Έπρεπε επίσης να γνωρίζει πότε να σβήσει τον κλίβανο με νερό ώστε να επιτύχει το απαιτούμενο γυάλισμα της επιφάνειας του τούβλου. Οι άσημοι εργάτες αναλαμβάνουν τα στάδια της εργασίας που δεν απαιτούν μεγάλη εξειδίκευση όπως ανάμιξη της αργίλου με νερό , τη λειοτρίβηση του μίγματος, την συμπίεση του μίγματος σε ξύλινα πλαίσια ( για παραγωγή τούβλου 42 cm μήκος ,20 cm πλάτος, 10 cm πάχος), την τύπωση του

λογότυπου που ανέφερε τη προέλευση του τούβλου και το όνομα του κατασκευαστή, την τοποθέτηση των τούβλων στον κλίβανο, την εξαγωγή τους από τον κλίβανο όταν αυτά ήταν ακόμα ζεστά προκειμένου να διανεμηθούν. Ήταν αναμφισβήτητα μια πολύ δύσκολη δουλειά.

Κατά την περίοδο της Αναγέννησης οι τοίχοι με εμφανή τούβλα δεν ήταν τόσο δημοφιλείς και ήταν συνήθως καλυμμένοι με σοβά. Μόνο μετά τα μέσα του 18$^{ου}$ αιώνα αυτό το είδος τεχνοτροπίας κέρδισε έδαφος στον τομέα της αισθητικής.

Τα τούβλα συχνά χρησιμοποιούνταν ακόμα και σε περιοχές όπου υπήρχε πέτρα για λόγους ταχύτητας και οικονομίας. Κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης τα κτίρια στην Αγγλία κατασκευάζονταν σε μεγάλο βαθμό από τούβλα και ξύλο λόγω πρωτοφανούς ζήτησης που είχε δημιουργηθεί.

Κατά την εκρηκτική οικοδομική ανάπτυξη που ακλούθησε τον 19$^{ο}$ αιώνα στις ανατολικές παράκτιες πόλεις της Αμερικής όπως η Βοστόνη και η Νέα Υόρκη, τα τοπικά τούβλα προτιμούνταν έναντι της χαρακτηριστική καφέ πέτρας του New Jersey και του Connecticut.

Η τάση της προς άνω δόμησης κοντά στα τέλη του 19$^{ου}$ αιώνα παραγκώνισε τη χρήση του τούβλου ως κύριου υλικού δόμησης το οποίο έδωσε τη θέση του στο σίδηρο και μεταγενέστερα στο χάλυβα και το τσιμέντο. Μέχρις σήμερα το τούβλο χρησιμοποιείται ως υλικό για την κατασκευή φέρουσας τοιχοποιίας για κτίρια μικρού και μεσαίου ύψους και μη φέρουσας τοιχοποιίας ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως διακοσμητικό υλικό για κάλυψη τοίχων ή μπετόν.[2]

**Κεραμοποιίες που δραστηριοποιούνται στον ελληνικό χώρο**

Οι κυριότερες κεραμοποιίες που δραστηριοποιούνται στον ελληνικό χώρο με βάση στοιχεία του Συνδέσμου Ελληνικών Βιομηχανιών Κεραμοποιίας (ΣΕΒΚ)[3] παρουσιάζονται παρακάτω.

Στη Θράκη:

- ΒΕΑΚ Α.Ε.
- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ ΕΒΡΟΣ

Στη Μακεδονία:

- ΚΟΘΑΛΗΣ Α.Ε.
- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ ΑΕ
- Β. ΜΑΛΙΟΥΡΗΣ Α.Β.Ε
- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΙΔΗ ΑΕ
- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ ΜΑΥΡΙΔΗΣ Α.Ε
- ΑΦΟΙ Γ. και Δ. ΡΟΙΔΗ Ο.Ε.
- ΑΦΟΙ Δ. ΠΡΙΝΤΕΖΗ ΑΠΕΤΕ

Στη Θεσσαλία:

- ALPHA CERAMICA SA ΑΦΟΙ Θ. ΣΑΠΟΥΝΑ ΚΑΙ ΣΙΑ

Στη Στερεά Ελλάδα:

- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ << Η ΧΑΛΚΙΣ>> Α.Ε.Β.Ε.Ε.
- Δ. Ι. ΚΟΚΚΙΝΟΓΕΝΗΣ Α.Ε.
- ΚΕΡΑΜΟΥΡΓΙΚΗ ΡΑΦΗΝΑΣ Α.Ε.
- ΠΛΙΝΘΟΚΕΡΑΜ ΕΠΕ
- ΚΩΝ/ΝΟΣ Α. ΤΖΑΒΑΡΑΣ

Στην Πελοπόννησο:

- ΑΦΟΙ ΑΝΑΓΝΩΣΤΑΡΑ ΑΕ
- ΚΕΡΑΜΟΤΟΥΒΛΟΠΟΙΙΑ << ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ Α.Β.Ε.Ε.>>
- Γ. ΣΑΚΕΛΑΡΑΚΟΣ Α.Ε.
- ΚΕΡΑΜΙΔΙΑ ΑΡΓΟΣ Α.Β.Ε.Ε.
- ΑΦΟΙ ΑΡΙΣΤΕΙΔΟΠΟΥΛΟΙ ΚΕΡΑΜΟΥΡΓΙΚΗ Α.Β.Ε.Ε.
- << Ο ΤΙΤΑΝ >> ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΘΑΝ. ΜΟΥΓΙΟΣ Ε.Ε.Ε.
- ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ ΣΠΑΡΤΗΣ

## ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΟΥΒΛΟΥ

### Εισαγωγή

Οι θεμελιώδεις αρχές που διέπουν την παραγωγική διαδικασία του τούβλου ( και γενικότερα των κεραμικών προϊόντων ) παρέμειναν αναλλοίωτες με την πάροδο του χρόνου. Παρόλα αυτά, η πρόοδος της τεχνολογίας οδήγησε στη δημιουργία σύγχρονων εργοστασίων τα οποία είναι αποτελεσματικότερα και δίνουν προϊόντα υψηλής ποιότητας. Η πληρέστερη γνώση των πρώτων υλών ( σύσταση, ιδιότητες κτλ.), ο καλύτερος έλεγχος των συνθηκών πύρωσης, ο εξελιγμένος σχεδιασμός των φούρνων στους οποίους πραγματοποιείται η πύρωση καθώς και η ύπαρξη εξελιγμένου μηχανολογικού εξοπλισμού, οδήγησαν στην πρόοδο της κεραμουργικής βιομηχανίας.

### Πρώτες ύλες

Η άργιλος είναι από τα φυσικά υλικά που βρίσκονται σε αφθονία στη γη. Προκειμένου η άργιλος να χρησιμοποιηθεί στην κεραμοποιία πρέπει να πληροί κάποιες συγκεκριμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά. Η κατηγορία αυτή της αργίλου πρέπει να έχει πλαστικότητα , ιδιότητα που της επιτρέπει την εύκολη μορφοποίηση ή την εύκολη τοποθέτηση σε καλούπια όταν αναμιγνύεται με τον νερό. Είναι πολύ σημαντικό να διαθέτει επαρκή αντοχή τόσο στο νωπό σώμα όσο και στο ξηραμένο έτσι ώστε να διατηρεί το σχήμα του προϊόντος πριν και μετά την ξήρανση. Επίσης κατά την έκθεση τους σε κατάλληλες θερμοκρασίες, τα σωματίδια της αργίλου πρέπει να τήκονται μαζί και ομοιόμορφα.

Οι άργιλοι απαντώνται σε τρεις βασικές μορφές, οι οποίες έχουν την ίδια χημική σύνθεση αλλά διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά. Γίνεται διάκριση τους στα ακόλουθα είδη:

1. **Επιφανειακές άργιλοι (surface clays) :** Μπορεί να είναι αποθέσεις παλαιότερων ή και πρόσφατων ιζηματογενών σχηματισμών. Όπως υπονοείται από την ονομασία τους, βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης.
2. **Σχιστόλιθοι ( shales) :** είναι άργιλοι που έχουν υποβληθεί σε υψηλές πιέσεις και έχουν αποκτήσει μεγάλη σκληρότητα ( βρίσκονται σε μορφή πλακών).
3. **Πυρίμαχες άργιλοι ( fire clays):** Είναι άργιλοι που εξορύσσονται από βαθύτερα επίπεδα της γης σε σχέση με τα άλλα είδη αργίλων και έχουν πυρίμαχες ιδιότητες.

Οι επιφανειακές και οι πυρίμαχες άργιλοι έχουν διαφορετική φυσική δομή από τους σχιστόλιθους αλλά έχουν ίδια χημική σύνθεση. Οι τρεις αυτοί τύποι αποτελούνται κυρίως από χαλαζία ( silica, $SiO_2$ ) και αλούμινα ( $Al_2O_3$ ) και ποικίλα ποσοστά από μεταλλικά οξείδια. Τα μεταλλικά οξείδια δρουν ως ρευστοποιητές βοηθώντας την τήξη σε χαμηλότερες θερμοκρασίες . τα οξείδια του σιδήρου, του μαγνησίου και του ασβεστίου επηρεάζουν το χρώμα του τελικού προϊόντος. Ο παρασκευαστής ελαττώνει την πολυπλοκότητα της χημικής σύστασης και των φυσικών ιδιοτήτων αναμειγνύοντας αργίλους από διαφορετικά σημεία του λατομείου. Η χημική σύνθεση της αργίλου διαφέρει από σημείο σε σημείο μέσα στο λατομείο. Οι διαφορές αυτές αντιμετωπίζονται με την τροποποίησης της παραγωγικής διαδικασίας ούτως ώστε να προκύψει προϊόν με τις ίδιες ιδιότητες. Παρόλα αυτά, τούβλα από τον ίδιο παραγωγό μπορεί να παρουσιάζουν ελαφρώς διαφορετικές ιδιότητες σε μεταγενέστερες

παραγωγές. Ακόμα τούβλα από διαφορετικούς παραγωγούς που είναι ίδια από πλευράς εμφάνισης μπορεί να διαφέρουν στις υπόλοιπες ιδιότητες[4].

**Παραγωγική διαδικασία**

Παρόλο που οι βασικές αρχές της παρασκευής του τούβλου είναι σχετικά οι ίδιες κάθε εργοστάσιο προσαρμόζει την παραγωγή του κατά τρόπο τέτοιο ώστε να ταιριάζει με τις πρώτες ύλες που διαθέτει. Αναλυτικότερα, η Παρασκευή του τούβλου γίνεται με την ανάμειξη της αργίλου με νερό. Στη συνέχεια γίνεται η μορφοποίηση του νωπού σώματος στο επιθυμητό σχήμα. Ακολουθεί η ξήρανση και η πύρωση. Στα αρχαία χρόνια η μορφοποίηση σε καλούπια γίνονταν με το χέρι. Παρόλα αυτά, μετά την εφεύρεση των μηχανών στο δεύτερο μισό του 19$^{ου}$ αιώνα τα τούβλα παράγονταν σε μαζικές ποσότητες χωρίς την <<παρέμβαση>> του ανθρώπου.

Η παραγωγική διαδικασία αποτελείται από έξι βασικές φάσεις:

1. εξόρυξη και αποθήκευση πρώτων υλών,
2. προετοιμασία των πρώτων υλών ( ελάττωση μεγέθους και κοσκίνισμα ),
3. μορφοποίηση νωπού σώματος,
4. ξήρανση νωπού σώματος,
5. πύρωση ( όπτηση)[5] και ακολούθως ψύξη
6. έξοδος των τελικών προϊόντων ( τούβλα ) από τον φούρνο και αποθήκευση τους.

Τα βασικά είδη της παραγωγικής διαδικασίας των τούβλων φαίνονται στο σχήμα που ακόλουθοι.

**Εξόρυξη και αποθήκευση πρώτων υλών**

Στο στάδιο αυτό η άργιλος ( οι επιφανειακοί άργιλοι , οι σχιστόλιθοι , και ορισμένες πυρίμαχες άργιλοι ) εξορύσσεται από ανοιχτό λατομεία με τη βοήθεια μηχανημάτων. Στη συνέχεια μεταφέρεται στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης εντός του εργοστασίου όπου και αποθηκεύεται υπαίθρια ή σε κλειστές αποθήκες όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία. Έπειτα εισέρχεται σε μύλο ελάττωσης μεγέθους για την αρχική μείωση των αδρομερών υλικών.

Η παραγωγή τούβλων είναι συνεχής ανεξαρτήτως καιρικών συνθηκών και αυτό εξασφαλίζεται με την αποθήκευση ποσοτήτων πρώτων υλών που επαρκούν για πολλές μέρες λειτουργίας του εργοστασίου.

Σε μια κεραμοποιία υπάρχουν αρκετές περιοχές αποθήκευσης (μια για κάθε πηγή εξόρυξης ) στις οποίες πραγματοποιείται η ανάμειξη των αργίλων ( blending) προκειμένου να προκύψει άργιλος επιθυμητής χημικής σύνθεσης. Επίσης η ανάμειξη οδηγεί σε πιο ομοιογενείς πρώτες ύλες , βοηθάει στην επίτευξη του επιθυμητού χρώματος.

**Προετοιμασία πρώτων υλών**

Η καλύτερη ανάμειξη της αργίλου με νερό επιτυγχάνεται όταν η άργιλος μετατρέπει σε λεπτόκοκκο υλικό. Για το λόγο αυτό το υλικό υπόκειται σε άλεση με χρήση

κατάλληλου εξοπλισμού όπως μύλοι άλεσης. Οι τύποι μύλων άλεσης που χρησιμοποιούνται τυπικά περιλαμβάνουν ξηρούς δίσκους άλεσης ( dry pan grinders), κυλινδρόμυλους και σφαιρόμυλους[5]. Στη συνέχεια η άργιλος περνά από δονούμενα κόσκινα ( τράπεζες κοσκινίσματος ) προκειμένου να γίνει έλεγχος του μεγέθους των σωματιδίων.

**Μορφοποίηση**

Το πρώτο στάδιο της διεργασίας μορφοποίησης είναι η δημιουργία μιας ομογενούς πλαστικής μάζας αργίλου. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη νερού στην άργιλο σε κοχλία ( φωτογραφία). Η αργιλική πλαστική μάζα που προκύπτει είναι έτοιμη για μορφοποίηση. Υπάρχουν τρεις κύριες διεργασίες μορφοποίησης τούβλων: α) Η εξώθηση ( stiff mud extrusion process) , β) Η υγρή διαδικασία σε πρέσα και γ) Η ξηρή διαδικασία σε πρέσα [4,5].

Αναλυτικότερα:

- **Εξώθηση:** στ διεργασία της εξώθησης ( φωτο ) , νερό σε ποσοστό 10 έως 15 % αναμειγνύεται με άργιλο για την επίτευξη πλαστικότητας. Μετά την έξοδο από τον κοχλία , η πλαστική μάζα ( πηλός) εισέρχεται σε θάλαμο κενού ( 375- 725 mmHg ) όπου αφαιρούνται οι φυσαλίδες αέρα από το σώμα της . η υγρασία του υλικού που διέρχεται στο θάλαμο κενού κυμαίνεται τυπικά μεταξύ 14 και18 %. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πλαστικότητας της προκύπτουσας μάζας και κατά συνέπεια την αύξηση της αντοχής.

  Στη συνέχεια το υλικό εξωθείται μέσω μητρών. Η συνεχόμενη 'στήλη' που προκύπτει , λιπαίνεται με λάδι ή άλλο λιπαντικό για να μειωθεί η τριβή κατά την διάρκεια της εξώθησης . σε αυτό το στάδιο, μπορεί να γίνουν ποικίλες επιφανειακές διεργασίες, όπως προσθήκη διοξειδίου του μαγνησίου, οξειδίου του σιδήρου και χρωμιούχου σιδήρου, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η προσθήκη χρώματος ή κατάλληλης υφής στο προϊόν ( coating and glazing) [4,5]. ακολουθεί η κοπή της ανωτέρω 'στήλης' σε μεμονωμένους οπτόπλινθους , οι οποίοι τοποθετούνται μηχανικά ή χειρωνακτικά σε βαγόνια των κλιβάνων.

- **Υγρή διαδικασία σε πρέσα:** η υγρή διαδικασία σε πρέσα χρησιμοποιείται για άργιλο που είναι πολύ υγρή για εξώθηση . σε ένα μικρό μύλο , ο άργιλος αναμιγνύεται με νερό , ώστε να αυξηθεί η υγρασία από 15 έως 28 % και οι οπτόπλινθοι διαμορφώνονται σε καλούπια και ξηραίνονται πριν στοιβαχτούν μηχανικά σε βαγόνια κλιβάνων. Για την αποφυγή της προσκόλλησης του υλικού στο καλούπι γίνεται είτε τοποθέτηση λεπτού στρώματος άμμου στο καλούπι ή διαβρέχεται το καλούπι με νερό. Το τούβλο παρασκευάζεται είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά.
- **Ξηρή διαδικασία με πρέσα:** Ο άργιλος αναμιγνύεται με μικρή ποσότητα νερού ( μέχρι 10%)[4] και διαμορφώνεται σε χαλύβδινα καλούπια εφαρμόζοντας πίεση 500- 1500 pounds/in$^2$ . Σε συνέχεια της μορφοποίησης σε ειδικά βαγόνια, οι οπτόπλινθοι εισέρχονται σε ξηραντήριο θαλάμων.

**Ξήρανση**

Τα νωπά τούβλα που προκύπτουν από τη διεργασία της μορφοποίησης περιέχουν 7 έως 30 % υγρασία, ανάλογα με τη μέθοδο μορφοποίησης τους . πριν την έναρξη της όπτησης , το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας αυτής εξατμίζεται σε ειδικούς θαλάμους ( dryer chambers)[4] σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται μεταξύ 38 και 204 ̊C. Ο συνήθης χρόνος ξήρανσης κυμαίνεται ανάλογα με το είδος της αργίλου από 24 έως 48 ώρες. Παρά το γεγονός ότι η θερμότητα μπορεί να παράγεται αποκλειστικά για τους θαλάμους ξήρανσης από ειδικές διατάξεις, η θερμότητα με την οποία αυτοί τροφοδοτούνται, συνήθως προέρχεται από τη θερμότητα που απορρίπτει ο κλίβανος όπτησης έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί θερμική απόδοση τους. Σε κάθε περίπτωση τόσο η θερμότητα όσο και η υγρασία πρέπει να ρυθμίζονται προσεκτικά έτσι ώστε να αποφευχθεί ο σχηματισμός ρωγμών στο τούβλο.

**Πύρωση ( Όπτηση)**

Το επόμενο στάδιο κατά την παραγωγική διαδικασία των τούβλων αποτελεί η πύρωση ή όπτηση. Τα τούβλα που εξέρχονται από τους θαλάμους ξήρανσης φορτώνονται στον κλίβανο με τη βοήθεια ρομπότ ή άλλων μηχανικών μέσων. Ο τρόπος τοποθέτησης των τούβλων μέσα στον κλίβανο παίζει σημαντικό ρόλο όσων αφορά την βέλτιστη απόδοση του και κατά συνέπεια την ποιότητα και εμφάνιση του τούβλου. Ο πιο συνήθης τρόπος φόρτωσης του κλίβανου είναι η φόρτωση όπου πάνω σε ανά δύο πλάγια τοποθετημένα τούβλα ( stretchers ) τοποθετούνται πέντε τούβλα με την 'κεφαλή' ( header)[1] . Ακόμα τα τούβλα που τοποθετούνται 'κεφαλή με κεφαλή' θα έχουν πιο ομοιόμορφο χρώμα από αυτά που τοποθετούνται 'σταυρωτά' ή 'κεφαλή με πλάτη'.

Η διάρκεια της πύρωσης εξαρτάται από τον τύπο του κλιβάνου και άλλες παραμέτρους. Υπάρχουν πολλά είδη κλιβάνων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία. Τα βασικότερα είδη είναι οι κλίβανοι τύπου Tunnel ή Hoffman με τους Tunnel να είναι συνηθέστεροι [4,5] . Ως καύσιμο στο εξωτερικό, το φυσικό αέριο είναι το πιο διαδεδομένο που χρησιμοποιείται στην όπτηση και ακολουθούν ο άνθρακας και τα πριονίδια. Στην Ελλάδα , χρησιμοποιείται επίσης μαζούτ , ενώ κάποιες εγκαταστάσεις έχουν πυρηνόξυλο διαθέσιμο ως βοηθητικό καύσιμο[5].

Σε ένα κλίβανο Tunnel τα τούβλα φορτώνονται σε ειδικές διατάξεις ( βαγόνια) και περνάνε από μια ποικιλία θερμοκρασιακών ζωνών καθώς κινούνται κατά μήκος του εσωτερικού του κλιβάνου. Οι συνθήκες μεταφοράς θερμότητας σε κάθε ζώνη ελέγχονται προσεκτικά και η κατάσταση του κλιβάνου ελέγχεται συνεχώς. Περιοδικός κλίβανος είναι κλίβανος που φορτώνεται , τίθεται σε λειτουργία , αφήνεται να κρυώσει και εκφορτώνεται κ.ο.κ. Τα ξηραμένα τούβλα τοποθετούνται σε περιοδικούς κλιβάνους με το ανάλογο μοντέλο κυκλοφορίας των θερμών αερίων στο εσωτερικό του κλιβάνου.
Επισημαίνεται, ότι σε όλους τους κλιβάνους η όπτηση πραγματοποιείται σε 6 στάδια:

1. εξάτμιση ελεύθερου νερού,
2. αφυδάτωση,
3. οξείδωση,
4. υαλοποίηση,
5. κυρίως όπτηση ,
6. ψύξη.

Όλα τα στάδια εκτός της ψύξης σχετίζονται με αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κλιβάνου.

Παρόλο που οι πραγματικές θερμοκρασίες διαφέρουν ανάλογα με το είδος της αργίλου η ξήρανση ολοκληρώνεται σε θερμοκρασία περίπου 204° C, η αφυδάτωση ( δεσμευμένο νερό) πραγματοποιείται από τους 149° C μέχρι 982 ° C, η οξείδωση πραγματοποιείται από τους 538 ° C μέχρι 982 ° C και η υαλοποίηση από 800 ° C μέχρι 1316° C. Για τους περισσότερους τύπους οπτόπλινθων η ξήρανση , όπτηση και η διαδικασία ψύξης διαρκεί 20 και 50 ώρες.

Η άργιλος σε αντίθεση με τα μέταλλα , κατά την έκθεση της σε αυξανόμενες θερμοκρασίες μαλακώνει και τήκεται ή υαλοποιείται σταδιακά. Η υαλοποίηση επιτρέπει στην άργιλο να μετατραπεί σε μια σκληρή ,συμπαγή μάζα με σχετικά χαμηλή υδατοαπορρόφηση.

Η τήξη λαμβάνει χώρα σε τρία στάδια:

1. **Αρχική τήξη ( sintering):** Σε δεδομένη θερμοκρασία τα σωματίδια της αργίλου μαλακώνουν σε τέτοιο βαθμό ώστε να κολλήσουν μεταξύ τους και να μετατραπούν σε ενιαία μάζα όταν ψυχθούν.
2. **Υαλοποίηση ( vitrification):** Όταν σε δεδομένη υψηλότερη θερμοκρασία (από Αυτή της αρχικής τήξη) πραγματοποιείται εκτεταμένη ρευστοποίηση και η μάζα γίνεται συνεκτική , στερεή και μη απορροφητική όταν ψηχθεί.
3. **Ιξώδης τήξη ( viscous fusion):** Σε συνθήκες υπερθέρμανσης η αργιλική μάζα καταρρέει και μετατρέπεται σε τήγμα οδηγώντας σε άμορφο σχήμα.

Είναι πολύ σημαντικό επομένως , κατά τη διεργασία της πύρωσης ( όπτησης) , να γίνεται έλεγχος της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κλιβάνου ώστε να λαμβάνουν χώρα τόσο η αρχική τήξη όσο και η υαλοποίηση αλλά να αποφεύγεται η ιξώδης τήξη.

Ο ρυθμός της μεταβολής της θερμοκρασίας στον κλίβανο πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά και εξαρτάται τόσο από τις πρώτες ύλες όσο και το μέγεθος του τούβλου που παράγεται. Συνήθως οι κλίβανοι είναι εφοδιασμένοι με αισθητήρες θερμοκρασία για τον έλεγχο της θερμοκρασίας στο κάθε βήμα της διεργασίας όπτησης[4].

**Ψύξη**

Αφού η θερμοκρασία φτάσει τη μέγιστη τιμή της μέσα στον κλίβανο και διατηρηθεί για προκαθορισμένο χρόνο, αρχίζει η διεργασία ψύξης. Ο χρόνος ψύξης συνήθως ξεπερνάει τις 10 ώρες για κλιβάνους τύπου Tunnel, και κυμαίνεται από 5 έως 24 ώρες για περιοδικούς κλιβάνους. Η διεργασία της ψύξης είναι ένα πολύ σημαντικό στάδιο στη διαδικασία παρασκευής τούβλων καθώς ο ρυθμός ψύξης έχει μεγάλη σημασία για τν αντοχή του προϊόντος και το χρώμα του.

**Αποθήκευση**

Μετά την ολοκλήρωση της διεργασία ψύξης πραγματοποιείται η εκφόρτωση των τούβλων από τον κλίβανο. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται συχνά με τη βοήθεια ρομπότ ( Φώτο). Τα τούβλα εν συνεχεία ταξινομούνται και πακετάρονται. Ακολούθως τοποθετούνται στην περιοχή αποθήκευσης ή φορτώνονται στα φορτηγά

για παράδοση. Η πλειοψηφία των τούβλων σήμερα πακετάρονται σε μορφή κύβων (παλέτες ),κατά τρόπο τέτοιο ώστε να αφαιρείται εύκολα η συσκευασία και να γίνεται χρήση τους στον τόπο που εκτελούνται τα έργα.

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥΒΛΟΥ

Όλες οι ιδιότητες των τούβλων επηρεάζονται από τη χημική σύνθεση των πρώτων υλών και την παραγωγική διαδικασία. Οι περισσότεροι κατασκευαστές τούβλων αναμειγνύουν διαφορετικά είδη αργίλων για να επιτύχουν τις επιθυμητές ιδιότητες των πρώτων υλών και του τελικού προϊόντος. Στόχος πάντα είναι η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων. Ο έλεγχος της ποιότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας επιτρέπει στον κατασκευαστή να θέσει όρια στις τιμές των επιθυμητών ιδιοτήτων και να κατασκευάσει ένα άρτιο ομογενές προϊόν.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες που μετρώνται σε ένα τούβλο είναι:

1. Η ανθεκτικότητα (αντοχή σε παγετό, διαλυτά άλατα),
2. Το χρώμα,
3. Η διακύμανση του μεγέθους,
4. Αντοχή σε θλίψη,
5. Υδατοαπορρόφηση,
6. Οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας,
7. Ανθεκτικότητα στη διάβρωση,
8. Εξάνθιση,
9. Αισθητική

### Ανθεκτικότητα

Ο καθορισμός της ανθεκτικότητας γίνεται μέσω κατηγοριοποίησης της σε α) *αντοχή στον παγετό* και β) *περιεχόμενα διαλυτά άλατα.*

### α) Αντοχή στον παγετό

όταν γίνεται μια επιλογή ως προς το ποια στάθμη αντοχής στον παγετό ενός τούβλου θα πρέπει να καθοριστεί για ιδιαίτερα στοιχεία τοιχοποιίας από άργιλο , είναι αναγκαίο να αξιολογείται ο πιθανός βαθμός έκθεσης την οποία πρόκειται να υποστούν τα τούβλα περιλαμβανόμενης της προστασίας έναντι του διαποτισμού της κατασκευής από τοιχοποιία.

Η έκθεση ( σκληρή , μέτρια και παθητική) εκφράζει τον κίνδυνο μιας τοιχοποιίας να βρεθεί εκτεθειμένη σε υψηλό ποσοστό υγρασίας συνδυαζόμενο με κύκλους κατάψυξης και ανάτηξης, λόγω τοπικών κλιματολογικών συνθηκών σε συνδυασμό με τον σχεδιασμό της κατασκευής [6]. Οι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι κατάψυξης και ανάτηξης έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τάσεων [1] καθώς το νερό παγώνει. Οι παράγοντες που αποτελούν μέρος της αποτίμησης της έκθεσης, είναι οι συνθήκες της θερμοκρασίας και της υγρασίας , καθώς και η ύπαρξη διαβρωτικών ουσιών. Κατά την αποτίμηση χρειάζεται να ληφθούν υπόψη οι τοπικές και εθνικές εμπειρίες.

Η επίδραση των διαφόρων επιφανειακών επιστρώσεων ( σοβάτισμα , βάψιμο) πρέπει να αποτιμάται ιδιαίτερα σε συνάρτηση με επιστρώσεις λεπτού στρώματος. Μια επιφανειακή στρώση μπορεί σε περιοχές με παραθαλάσσια κλίματα τυπικής θερμοκρασία να καταλήγει σε αυστηρότερες απαιτήσεις για την κατασκευή.

Η τοιχοποιία ανάλογα με την έκθεση των τούβλων διακρίνεται σε [6]:

- **Τοιχοποιία υποκείμενη σε σκληρή έκθεση:** Τοιχοποιία ανθεκτική σε διαποτισμό μαζί με επαναλαμβανόμενη κατάψυξη και ανάτηξη.

- **Τοιχοποιία υποκείμενη σε μέτρια έκθεση:** Τοιχοποιία ανθεκτική σε επαναλαμβανόμενη κατάψυξη και ανάτηξη αλλά χωρίς να υπόκειται σε διαποτισμό.

- **Τοιχοποιία υποκείμενη σε παθητική έκθεση:** Τοιχοποιία η οποία είναι ευάλωτη σε επαναλαμβανόμενη κατάψυξη και ανάτηξη εάν δεν προστατεύεται όπως συνίσταται από το πρότυπο EN 771: 2003 (Παράρτημα Β). Σε καταστάσεις όπου υπάρχει κίνδυνος διαβροχής συνοδευόμενης από παγετό , η προστασία θα πρέπει να λάβει τη μορφή μιας αδιάβροχης επικάλυψης.

**β) Διαλυτά άλατα**

Η άργιλος που χρησιμοποιείται στη παραγωγή τούβλων περιέχει συχνά διαλυτά άλατα ασβεστίου, μαγνησίου , καλίου, νατρίου, και θειικά άλατα. Αυτά τα άλατα ποικίλουν ανάλογα με την γεωλογική τοποθεσία της αργίλου.

Η ταξινόμηση των τούβλων σύμφωνα με τα περιεχόμενα διαλυτά άλατα έχει σοβαρές συνέπειες για τους αρχιτέκτονες και τους κεραμοποιούς ως προς την αντοχή της ολοκληρωμένης εργασίας τούβλων, αφού τα διαλυτά άλατα του θείου μπορούν να καταστρέψουν το τσιμεντοκονίαμα αν η ολοκληρωμένη εργασία τούβλων υπόκειται σε παρατεταμένες συνθήκες υγρού κλίματος. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται επίσης στα θειικά του εδάφους και τις κυρίαρχες γεωλογικές συνθήκες. Σε κάθε περίπτωση η φθορά που προκαλούν τα θειικά προκύπτει μόνο όταν συνδυαστούν οι εξής τρείς παράγοντες [6,7].

- *Νερό.* Αν και είναι παρόν σε όλη τη διάρκεια της εργασίας, δεν είναι αυτό η αιτία. Αντίθετα είναι η αιτία όταν επικρατεί υγρό κλίμα για μεγάλο χρονικό διάστημα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την παραμονή του νερού στο έδαφος και την συνεχή επαφή των τούβλων με το βρόχινο νερό.
- *Τριασβέστιο του αργίλου* ( Tricalcium aluminate $Ca_3Al_2O_6$ $3CaO.Al_2O_3$) ( $C_3A$). Βρίσκεται στο τσιμέντο Portland σε ποσότητες 8-13%
- *Διαλυτά θειικά.* Βρίσκονται συχνά στα τούβλα ή στο έδαφος. Αν ο τοίχος έχει παρατεταμένη έκθεση σε νερό (π.χ. βροχή) τότε τα διαλυτά θειικά άλατα θα διαλυθούν και θα μεταναστεύσουν στους συνδέσμους του ασβεστοκονιάματος στην επιφάνεια του τοίχου, αντιδρώντας χημικά με το *τριασβέστιο του αργίλου* στο τσιμέντο. Αυτό αρχικά θα εμφανιστεί μέσω του ασβεστοκονιάματος του οποίου το χρώμα θα ανοίξει και στην συνέχεια θα δημιουργήσει ρωγμές στον σύνδεσμο. Τελικά το

ασβεστοκονίαμα θα σπάσει και θα θρυμματιστεί. Αυτή η αποσύνθεση μπορεί ακόμη να οδηγήσει στο κύρτωμα του τοίχου και αυτός να γίνει αδύναμος και ασταθής. Η παραπάνω αλυσιδωτή φθορά που προκαλείται από τα θειικά εμφανίζεται μετά από δύο με τρία χρόνια αφού ο τοίχος κτιστεί.

Η προσβολή από τα θειικά μπορεί να αποφευχθεί αν ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Χρήση τύπου τούβλων ανθεκτικών στον παγετό και με μικρό ποσοστό αλάτων
- Χρήση τσιμέντου ανθεκτικού στα θειικά σε μεγάλο ποσοστό μέσα στο κονίαμα , το οποίο κονίαμα θα είναι πιο ανθεκτικό στον κορεσμό από ότι είναι σε ένα φτωχότερο μίγμα σε τσιμέντο.
- Διεξαγωγή δοκιμών για διαλυτά άλατα με τυχαία δείγματα δέκα τούβλων. Οι δοκιμές θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη χημική ανάλυση.
- Σχεδιασμός και κατασκευή της τοιχοποιίας έτσι ώστε να μην εκτίθεται σε υψηλό ποσοστό υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η ανθεκτικότητα ενός τούβλου εξαρτάται από τη επίτευξη της αρχικής τήξης και της υαλοποίησης κατά την διεργασία της πύρωσης ( όπτησης). Οι τιμές της αντοχής σε θλίψη και της υδατοαπορρόφησης είναι αλληλένδετες με τη θερμοκρασία πύρωσης και τις γενικότερες συνθήκες που επικρατούν στον κλίβανο. Οι τιμές αυτές μπορούν να μας οδηγήσουν σε συμπεράσματα όσον αφορά τν ανθεκτικότητα ενός τούβλου. Παρόλα αυτά, λόγω της ποικιλομορφίας των πρώτων υλών και των κατασκευαστικών μεθόδων ένα ζεύγος τιμών αντοχής σε θλίψη και υδατοαπορρόφησης δεν μπορεί να αποτελέσει αξιόπιστη ένδειξη για το βαθμό της πύρωσης που πρέπει να υποστεί το τούβλο που έχει εξέλθει από το θάλαμο ξήρανσης.

**Χρώμα**

Το χρώμα των τελικών προϊόντων εξαρτάται από τη χημική σύσταση της αργίλου, τη θερμοκρασία πύρωσης και τον έλεγχο των συνθηκών πύρωσης. Από όλα τα οξείδια τα οποία βρίσκονται στον άργιλο, τη μεγαλύτερη επίδραση στο χρώμα του τούβλου την έχει το οξείδιο του σιδήρου. Ανεξάρτητα από το πραγματικό της χρώμα , η άργιλος που περιέχει σίδηρο, πρακτικά σε οποιαδήποτε μορφή θα αποκτήσει απόχρωση του κόκκινου όταν εκτεθεί σε οξειδωτικό περιβάλλον λόγω του σχηματισμού οξειδίου του σιδήρου. Κατά την πύρωση της σε αναγωγική ατμόσφαιρα (αναγωγική πύρωση) η άργιλος θα αποκτήσει μια σκούρα ( ή μαύρη ) απόχρωση.

Με δεδομένη πρώτη ύλη και κατασκευαστική μέθοδο , πιο σκούρα χρώματα συνδέονται με υψηλότερες θερμοκρασίες πύρωσης, χαμηλότερες τιμές υδατοαπορροφητικότητας και υψηλότερες τιμές αντοχής σε θλίψη. Παρόλα αυτά για προϊόντα που αποτελούνται από διαφορετικές πρώτες ύλες ( διαφορετικές χημικές συστάσεις), δεν μπορεί να γίνει αυτού του είδους η συσχέτιση μεταξύ αντοχής σε θλίψη ,χρώματος και υδατοαπορροφητικοτητας[4].

**Μεταβολή διαστάσεων**

Οι άργιλοι γενικά συρρικνώνονται κατά τη διάρκεια τόσο της ξήρανσης όσο και της πύρωσης ( όπτηση). Για το σκοπό αυτό έχουν καθοριστεί κάποια όρια μεταξύ των οποίων πρέπει να κυμαίνονται οι τιμές συρρίκνωσης. Τα συνήθη όρια είναι:

- Ξήρανση: 2 έως 4 %
- Πύρωση: 2,5 έως 4 %

Η συρρίκνωση λόγω πύρωσης αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας πύρωσης, πράγμα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκούρων σκιών στην επιφάνεια του τούβλου. Όταν είναι επιθυμητό ένα μεγάλο εύρος χρωμάτων, κάποια σχετική διακύμανση μεταξύ των σκουρόχρωμων και των ανοιχτόχρωμων προϊόντων είναι αναπόφευκτη. Προκειμένου να δημιουργηθούν προϊόντα με ομοιόμορφο μέγεθος, οι κατασκευαστές ελέγχουν παράγοντες, όπως η αρχική τήξη (sintering) και η υαλοποίηση οι οποίοι συνεισφέρουν στη συρρίκνωση του προϊόντος. Λόγω της ποικιλίας των πρώτων υλών και των θερμοκρασιακών συνθηκών που αναπτύσσονται στου κλιβάνους ανάλογα με τον κατασκευαστή, η απόλυτη ομοιομορφία των προϊόντων είναι πρακτικά απίθανη[4].

**Αντοχή σε θλίψη**

Η ικανότητα να αντέχουν είτε στο βάρος είτε σε πλευρικά βάρη έγκειται κυρίως στην αντοχή των τούβλων, την αντοχή του ασβεστοκονιάματος και τις διαστάσεις του τοίχου. Οι απαιτούμενες τιμές σε αντοχή σε θλίψη που εμφανίζονται στο πρότυπο ASTM για τα τούβλα βασίζονται στην γενικότερη αντοχή που έχουν. Η δομική ανάλυση μπορεί να απαιτεί μια μεγαλύτερη σε θλίψη προκειμένου να αντέχει στα εφαρμόσιμα βάρη. Η αντοχή σε θλίψη της τοιχοποιίας είναι ένα από τα βασικά κριτήρια στις εργασίες της ενισχυμένης τοιχοποιίας.

Τυπικά , τα περισσότερα υλικά κρίνονται με βάση την αντοχή. Τα περισσότερα τούβλα που παράγονται σήμερα έχουν αντοχή που η τιμή τους κυμαίνεται από 3.000 psi (20,7MPa) μέχρι 20.000 psi (138 MPa) , με μέσο όρο περίπου 10.000 psi (68,9 MPa) ( ASTM Standard Specifications for Brick). Σπάνια είναι πρόβλημα η επίτευξη ικανοποιητικής αντοχής σε θλίψη.

Μέχρι στιγμής , υπάρχουν δυο ευρέως αποδεκτές μέθοδοι που διασφαλίζουν την αντοχή σύμφωνα με τα πρότυπα ASTM:

α) η αντοχή όπως προβλέπεται από την αντοχή σε θλίψη, την απορροφητικότητα ή

β) την αντοχή όπως καθορίζεται από την αντοχή σε θλίψη και το πέρασμα από 50 κύκλους ψύξης και θέρμανσης.

Τα κριτήρια σε κάθε ASTM καθορίζουν τον τύπο ή την τάξη στην οποία κατατάσσονται τα τούβλα. Η ποικιλία των καιρικών συνθηκών και των διάφορων εφαρμογών απαιτεί συγκεκριμένες φυσικές ιδιότητες . τα τούβλα ταξινομούνται σε αυτούς τους τύπους ή τις τάξεις σύμφωνα με την αντοχή τους στην ψύξη όταν είναι υγρά. Ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες ορίζεται ένας δείκτης κλίματος (weathering index). Βασιζόμενοι σε αυτόν τον δείκτη και σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα ορίζεται ο απαιτούμενος βαθμός έκθεσης του τούβλου , είτε είναι πρόσοψης

(facing), οικοδομικό ή με οπές (hollow). Στη παρακάτω εικόνα φαίνονται οι κλιματικές συνθήκες περιοχών στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι περισσότερες κεραμοποιίες παράγουν τούβλα ικανά να αντέχουν στις πιο άσχημες καιρικές συνθήκες (severe weathering) , έτσι ώστε να μεταφέρουν τούβλα σε ολόκληρη τη χώρα. Ορισμένες κεραμοποιίες παράγουν τούβλα που έχουν σχεδιαστεί για μέτριες καιρικές συνθήκες, (moderate weathering). Τα τούβλα με το σήμα NW (negligible weathering) χρησιμοποιούνται σε εσωτερικές εφαρμογές και γενικότερα εκεί όπου είναι προστατευμένα από την απορρόφηση νερού και την ψύξη. Οι παραγωγοί τούβλων μπορούν να προμηθευτούν μια πιστοποίηση που να επιβεβαιώνει ότι το προϊόν τους είναι ορισμένου τύπου ( SW,MW,NW).

Για δεδομένο είδος αργίλου και μεθόδου παρασκευής , με την αύξηση της θερμοκρασίας πύρωσης έχουμε αύξηση των τιμών αντοχής σε θλίψη και ελάττωση των τιμών υδατοαπορρόφησης. Παρόλο που οι τιμές της υδατοαπορρόφησης και της αντοχής σε θλίψη μπορούν να ελέγχονται με κατασκευαστικές μεθόδους πύρωσης , εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες των πρώτων υλών.

**Υδατοαπορρόφηση**

Η απορροφητικότητα μπορεί να χωριστεί σε δύο διακριτές κατηγορίες – απορροφητικότητα και αρχικός ρυθμός απορροφητικότητας ( Initial Rate of Absorption, IRA) που είναι και οι δύο απαραίτητες στην επιλογή του κατάλληλου τούβλου. Η απορροφητικότητα ενός τούβλου εκφράζεται με ένα ποσοστό και ορίζεται σαν το λόγο του βάρους του νερού που απορροφάται από το τούβλο διαιρεμένο με το ξηρό βάρος της μονάδας. Η υδατοαπορροφητικότητα μετριέται με δύο τρόπους: 1) βυθίζοντας το δόκιμο σε νερό θερμοκρασίας δωματίου για 24 ώρες και 2) βυθίζοντας το δοκίμιο σε νερό που βράζει για 5 ώρες. Αυτές ονομάζονται υδατοαπορροφητικότητα 24 ωρών και υδατοαπορροφητικότητα 5 ωρών αντίστοιχα. Αυτές οι δύο χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή κορεσμού διαιρώντας την υδατοαπορροφητικότητα 24 ωρών με την υδατοαπορροφητικότητα 5 ωρών. Ο συντελεστής κορεσμού χρησιμοποιείται για να προβλεφθεί η αντοχή με βάση τα πρότυπα ASTM.

Ο αρχικός ρυθμός απορροφητικότητας ( IRA) ή η απορρόφηση (suction) είναι ο ρυθμός της ποσότητας νερού που ένα τούβλο ροφά κατά την διάρκεια ενός λεπτού αφού έρθει σε επαφή με την επιφάνεια του νερού. Η απορρόφηση παίζει σημαντικό ρόλο στον δεσμό του τούβλου και του ασβεστοκονιάματος (mortar). Από πειραματικές μετρήσεις φαίνεται ότι όταν ένα τούβλο εμφανίζει υψηλή απορρόφηση (πάνω από 30 grams/min/30 $in^2$ [30 grams/min/194cm2]),δεν επιτυγχάνει ισχυρό , αδιάβροχο δεσμό. Για αυτόν τον λόγο , τα τούβλα που εμφανίζουν υψηλή απορρόφηση θα πρέπει να βρέχονται θα πρέπει να βρέχονται ( 3 με 24 ώρες) πριν τοποθετηθούν για να μειωθεί η απορρόφηση και στη συνέχεια να αφήνεται η επιφάνεια των τούβλων να στεγνώσει. Τούβλα που έχουν πολύ χαμηλή απορρόφηση θα πρέπει να καλύπτονται και να διατηρούνται ξηρά στον χώρο εργασίας. Ο προμηθευτής τούβλων θα πρέπει να ενημερώσει για την απορρόφηση των τούβλων πριν την κατασκευή.

Η χρήση υλικών καλής ποιότητας και η σωστή εργασία μπορούν να εξασφαλίσουν έναν ικανοποιητικό βαθμό ανθεκτικότητας στο νερό. Όταν το νερό περνά μέσα από τοίχους τούβλων , τότε προκαλεί μόνιμες ρωγμές ανάμεσα στα τούβλα και το

ασβεστοκονίαμα. Είναι ουσιαστικά αδύνατο να περάσουν κατευθείαν μέσα από το τούβλο σημαντικές ποσότητες νερού. Επομένως, τα τούβλα που αναπτύσσουν ισχυρούς δεσμούς με το ασβεστοκονίαμα παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ανθεκτικότατα στην υγρασία. Οι ιδιότητες των τούβλων και του ασβεστοκονιάματος θα πρέπει να συγκριθούν για να περιέχουν συμβατά υλικά που θα καταλήξουν σε πιο αδιάβροχα τούβλα. Μέχρι στιγμής , δεν υπάρχουν απαιτήσεις για τον βαθμό της ανθεκτικότητας στην υγρασία ενός τοίχου.

**Διακυμάνσεις θερμοκρασίας**

Το τούβλο θα πρέπει να αντέχει κατά την διάρκεια της ζωής του σε ημερήσιους θερμοκρασιακούς κύκλους και ακραίες εποχικές θερμοκρασίες (-34 έως 49 ̊C) ανάλογα με την τοποθεσία. Η θερμική διαστολή και συστολή του τούβλου δεν είναι καθοριστική στην επιλογή του τούβλου, αλλά είναι σημαντικό οι σχεδιαστές να προβλέψουν αυτή την 'κίνηση' του τούβλου στον σχεδιασμό και την κατασκευή. Το τούβλο εμφανίζει επίσης ανθεκτικότητα σε ακραίες θερμοκρασίες σε φωτιά. Ο λόγος είναι ότι τούβλο έχει προκύψει από πύρωση και έτσι δεν θα καεί αλλά θα συμπεριφερθεί σαν ένα άριστο εμπόδιο στην φωτιά αφού είναι μη εύφλεκτο.

**Ανθεκτικότητα στη διάβρωση**

Αυτή η ιδιότητα είναι σημαντική όταν το τούβλο χρησιμοποιείται στην κατασκευή πεζόδρομου. Η ανθεκτικότητα στην διάβρωση επηρεάζεται από τον βαθμό της πύρωσης και την φύση των πρώτων υλών. Η ανθεκτικότητα στ διάβρωση προβλέπεται με δυο τρόπους. Υπολογίζεται σε όρους υδατοαπορροφητικότητας 24 ωρών και σε όρους αντοχής σε θλίψη. Αυτές οι δύο ιδιότητες, με βάση το πρότυπο ASTM , παράγουν έναν δείκτη διάβρωσης που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τον τύπο κίνησης για τον οποίο είναι κατάλληλο το συγκεκριμένο τούβλο.

Επιπλέον τιμές των τούβλων σε διάφορους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό του οικοδομήματος είναι η διείσδυση της υγρασίας , οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και τα δομικά βάρη. Δεν υπάρχει κανένα πρότυπο που να ικανοποιεί όλες τις χρήσεις και τα σχέδια και έτσι ο σχεδιαστής θα πρέπει να αξιολογεί την σχετική επίδραση του κάθε παράγοντα στην επιλογή του υλικού και της συναρμολόγησης.

**Εξάνθιση**

Ο όρος εξάνθιση περιγράφει το άσπρο απόθεμα σε μορφή πούδρας κρυσταλλωμένων διαλυτών αλάτων που έχουν σχηματιστεί επάνω ή κοντά στην επιφάνεια της εργασίας των τούβλων. Είναι πολύ συχνό φαινόμενο η εμφάνιση της σε τοίχους που έχουν πρόσφατα ολοκληρωθεί , αφού στεγνώσουν για πρώτη φορά. Σπάνια εμφανίζεται μετά την επόμενη βροχή καθώς απομακρύνεται από τον άνεμο και τη βροχή. Όταν είναι πιο επίμονο το φαινόμενο ή έντονο τότε είναι άσχημο αισθητικά αλλά δεν είναι επιβλαβές για τη τοιχοποιία.

Αν και παρουσιάζεται στα τούβλα , μπορεί επίσης να κάνει την εμφάνιση της στον σύνδεσμο οπότε υποδηλώνει την παρουσία των διαλυτών αλάτων στην άμμο του ασβεστοκονιάματος. Μπορεί όμως να τονίζει και το γεγονός ότι ο σύνδεσμος είναι ο αγωγός μέσω του οποίου αναπνέει ο τοίχος. Τα άλατα είναι γενικά άλατα χλωρίου η

θειικά του ασβεστίου, καυστικού μαγνησίου ή νατρίου που υπάρχουν φυσικά στις αργίλους που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τούβλων. Τα τούβλα που δεν αποθηκεύονται σωστά ή παραμένουν στο έδαφος και σε διάφορες καιρικές συνθήκες μολύνονται με μεταλλικά στοιχεία του εδάφους. Η χρήση οικιακών απορρυπαντικών σαν πλαστικοποιητές συμβάλλει στην εμφάνιση εξάνθισης αφού περιέχουν κοινά άλατα. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο κατάλληλα διαμορφωμένοι πλαστικοποιητές για ασβεστοκονίαμα.

Η εξάνθιση δημιουργείται καθώς τα διαλυμένα άλατα μεταναστεύουν στην επιφάνεια του τοίχου καθώς αυτός στεγνώνει. Όσο μειώνεται το ποσοστό υγρασίας , τόσο αυξάνει η συγκέντρωση μέχρι να επιτευχτεί κρυστάλλωση είτε μέσα στους πότους του τούβλου είτε στην επιφάνεια του.

Οι κεραμοποιοί θα πρέπει να αναφέρουν την εξάνθιση των τούβλων τους μέσα από πιστοποιημένες δοκιμές. Αν και οι δοκιμές δίνουν μια αξιολόγηση της αιτιότητας του τούβλου για την εξάνθιση, το αποτέλεσμα μπορεί να επηρεάζεται και από τα άλατα των υλικών του ασβεστοκονιάματος , τη ρύπανση της περιοχής ή ακόμα και από τα άλατα της θάλασσας σε παραθαλάσσιες περιοχές. Η αιτιότητα των τούβλων για την εξάνθιση αυξάνεται αν τα τούβλα κορεσθούν σε νερό όταν βρίσκονται σε στοίβες ή αν η μισοτελειωμένη εργασία τούβλων μείνει έκθετη και κορεσθεί σε νερό. Επομένως, αν και είναι ζωτικής σημασίας η ανθεκτικότητα στη ψύξη και το ποσοστό των περιεχόμενων διαλυτών αλάτων στο στάδιο του σχεδιασμού, οι σχεδιαστές θα πρέπει επίσης να καλύψουν την εργασία των τούβλων για να την προστατεύουν από τον κορεσμό. Μεγάλα γείσα μπορούν να προστατεύουν τον τοίχο και να ελαχιστοποιούν την πιθανότητα εμφάνισης εξάνθισης. Επιπλέον , είναι απαραίτητος ο έλεγχος των εργατών για την αποθήκευση των τούβλων μακριά από το έδαφος και την κάλυψη τους ώστε να προστατευθούν από ενδεχόμενη μόλυνση. Οι νεόδμητοι τοίχοι θα πρέπει να προστατεύονται από την βροχή τουλάχιστον για μια εβδομάδα αφού ολοκληρωθούν.

Η αντιμετώπιση της εξάνθισης δεν μπορεί να γίνει με καθαριστικά τούβλων αφού αυτό μόνο θα επιδεινώσει την κατάσταση[1,7].

**Αισθητική**

Η χρήση του τούβλου σαν οικοδομικό υλικό χρονολογείται πολλούς αιώνες. Χάρη στη δύναμη του και τις αναρίθμητες εμφανίσεις του, οι σχεδιαστές μπορούν να ικανοποιήσουν τις δημιουργικές τους απαιτήσεις με το τούβλο. Το τούβλο είναι ήδη διαθέσιμο σε πολλά μεγέθη, χρώματα, υφές και σχήματα. Αυτές οι επιλογές μπορούν να υιοθετηθούν προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό ύφος ή έκφραση.

Μια ποικιλία των πιο κοινών μεγεθών τούβλων φαίνονται στην (εικόνα). Το μικρό μέγεθος του τούβλου μπορεί να σχετιστεί με το μέγεθος του τοίχου. Αυτά τα μεγέθη μπορούν να συνδυαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν διαφορετικές εμφανίσεις και τεχνοτροπίες. Το μέγεθος του τούβλου δεν επηρεάζει μόνο την κλίμακα και την εμφάνιση αλλά και το κόστος του τοίχου αφού όσο μεγαλύτερη είναι η μονάδα τόσο λιγότερα τούβλα απατούνται και επομένως λιγότερη εργασία. Όταν καθορίζεται το μέγεθος των μονάδων, οι διαστάσεις θα πρέπει να αναφέρονται με την ακόλουθη σειρά: πάχος(πλάτος), ύψος, μήκος, με βάση τα πρότυπα ASTM.

Οι παράγωγοι τούβλων προσφέρουν επίσης μια μεγάλη ποικιλία χρωμάτων. Σήμερα παράγονται μονάδες των οποίων το χρώμα κυμαίνεται από κόκκινο και κεραμιδί μέχρι άσπρο και κιτρινοκόκκινο. Πολλοί παραγωγοί παράγουν πάνω από εκατό χρώματα. Αρκετές από τις διακυμάνσεις στα χρώματα παράγονται κατά την διαδικασία της πύρωσης. Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασία και η σειρά με την οποία οι μονάδες στοιβάζονται στον φούρνο καθορίζει τις αποχρώσεις. Στην επιφάνεια του τούβλου μπορούν να απλωθούν επικαλύψεις άμμου , αραιής τσιμεντολάσπης και βερνίκι για να επιτευχθούν χρώματα που δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθούν με ορισμένες αργίλους. Οι επιλογές χρήσης μονάδων διαφορετικών χρωμάτων ώστε να δημιουργηθεί χρωματική αντίθεση και αναρίθμητες τεχνοτροπίες είναι δυνατή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείγματα που θα δείχνουν την τελική εμφάνιση και έτσι θα είναι πιο εύκολη η επιλογή του επιθυμητού χρώματος. Ένα άλλο αισθητικό χαρακτηριστικό είναι η υφή. Η υφή ενός τούβλου μπορεί να είναι απαλή, βελουτέ, τραχιά κ.α. η υφή αλληλεπιδρά με το φώς και δημιουργεί διαφορετικές και περίεργες αποχρώσεις. Μοναδικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά μπορούν να επιτευχθούν εύκολα χρησιμοποιώντας ειδικά σχήματα τούβλων. Το τούβλο μπορεί να φτιαχτεί σε καλούπι και να πάρει οποιοδήποτε σχήμα , από απλά σχήματα με αυλακώσεις μέχρι τούβλα που προεξέχουν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εκτρέψουν τη ροή του βρόχινου νερού, και συνεπώς να προστατεύουν τον τοίχο από την υγρασία και την μακροπρόθεσμη δημιουργία ρωγμών. Για τους περισσότερους παραγωγούς είναι ευκολότερο να παράγουν σχήματα μέσω της παραγωγικής διαδικασίας που χρησιμοποιεί καλούπια από ότι μέσω της εκβολής. Η παραγωγή πολύ μεγάλων σχημάτων μπορεί να είναι πού δύσκολη εξαιτίας των προβλημάτων της σωστής ξήρανσης και πύρωσης.

Υπάρχουν πολλές φυσικές ιδιότητες που παίζουν ρόλο στην επιλογή του τούβλου. Κάποιες από αυτές περιλαμβάνουν την αντοχή, την απορροφητικότητα, την αντοχή σε θλίψη και την ανθεκτικότητα στην διάβρωση ( abrasion resistance). Οι απαιτούμενες τιμές των φυσικών ιδιοτήτων για να έχουμε τούβλα καλής απόδοσης δίνονται σε πρότυπα ASTM για τα τούβλα.

**Λοιπές ιδιότητες**

Άλλες προϋποθέσεις που θα πρέπει να τηρούν τα τούβλα είναι[7]:

- Ένα τούβλο που έχει υποστεί σωστή πύρωση παρουσιάζει ενιαία υφή εσωτερικά όταν κοπεί. Αντίθετα, το τούβλο που δεν έχει υποστεί σωστή πύρωση δεν είναι ανθεκτικό και αποσυντίθεται εύκολα.

- **Ήχος.** Γενικά ένα τούβλο καλής ποιότητας εκπέμπει έναν οξύ ήχο όταν συγκρούεται με ένα άλλο. Ένα τούβλο μέτριας ή κακής ποιότητας δίνει έναν αμβλύ ήχο.

- **Υλικά.** Οι άργιλοι που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τούβλων θα πρέπει να συντίθεται από υλικά καλά αναμεμιγμένα ώστε να παράγουν ένα προϊόν καλής ποιότητας. Αν ο ασβέστης που μερικές φορές προστίθεται δεν έχει αλεσθεί καλά τότε προκαλεί 'φυσήματα ασβέστη' (lime blows). Αυτό συμβαίνει όταν τα μόρια του CaO (που έχει προέλθει από την καύση του ασβέστη απελευθερώνοντας $CO_2$ ) που είναι κοντά στην επιφάνεια του τούβλου επεκτείνονται όταν έρχονται σε επαφή με το

βρόχινο νερό. Το αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση μικρών κωνικών τρυπών στην επιφάνεια του τοίχου.

- **Χωρίς ψεγάδια.** Από τον χώρο εργασίας μέχρι την ολοκλήρωση του τοίχου , τα τούβλα μεταχειρίζονται πολλές φορές. Αν δεν γίνεται προσεκτική η μεταχείριση τους , τότε ένα μεγάλο ποσοστό θα φθαρεί και έτσι δεν θα μπορούν να τοποθετηθούν σε επιφάνειες αλλά μόνο σε εργασίες όπου στο τελικό αποτέλεσμα δεν θα φαίνονται. Η διαδικασία αυτή έχει φυσικά κόστος.

## ΕΙΔΗ ΤΟΥΒΛΩΝ

Τα τούβλα είναι διαθέσιμα σε πολλά διαφορετικά μεγέθη και ονομάζονται με πολλά διαφορετικά ονόματα. Αυτή η ποικιλία μεγεθών και ονομάτων μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στον σχεδιαστή. Το πρόβλημα εντείνεται από την ανάγκη να διαχωρίσουμε τις διαστάσεις σε ονομαστικές , προσδιορισμένες και πραγματικές. Πρόσφατες προσπάθειες της Ένωσης Κεραμοποιών οδήγησαν στην ανάπτυξη μιας πρότυπης ονοματολογίας για τα τούβλα που αντιπροσωπεύουν το ενενήντα τοις εκατό όλων των μεγεθών που έχουν πρόσφατα παραχθεί.

### Ονοματολογία, Μεγέθη τούβλων και Διαστάσεις Τούβλων

Το μέγεθος των τούβλων έχει αλλάξει κατά την διάρκεια των αιώνων , αλλά ήταν πάντα παρόμοιο με το σημερινό. Το μέγεθος του τούβλου έχει παραμείνει ιστορικά αρκετά μικρό ώστε να μπορούμε να το κρατάμε στο χέρι και τα περισσότερα τούβλα έχουν παραμείνει μικρά. Το τούβλο είναι ένα οικοδομικό στοιχείο σε ανθρώπινη κλίμακα. Επιπλέον , η χρήση υπερμεγεθών μονάδων κάνει τον τοίχο να δείχνει μικρότερο εξαιτίας του μικρού μεγέθους του τούβλου που υπάρχει στην αντίληψη όλων.

Με το πέρασμα του χρόνου έχουν αναπτυχθεί καινούργια σχέδια ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες σχεδιαστικές , παραγωγικές και κατασκευαστικές. Οι νέοι τύποι κατασκευής απαιτούν καινούργια μεγέθη , όπως τούβλα με οπές για ενισχυμένη τοιχοποιία και μεγαλύτερες μονάδες για αυξημένη οικονομία. Τα τούβλα με οπές έχουν ποικιλία σχεδίων. Ορισμένοι τύποι τούβλων με οπές έχουν μεγαλύτερα κελία από τα συνηθισμένα που επιτρέπουν την τοποθέτηση κάθετης ενίσχυσης. Οι μονάδες με μεγαλύτερες διαστάσεις πρόσοψης επιτρέπουν στον κτίστη να κτίσει μεγαλύτερη επιφάνεια τοίχου ανά ημέρα. Τέτοιες μονάδες, σε σύγκριση με μονάδες κανονικού μεγέθους μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του αριθμού των τούβλων που τοποθετούνται ανά ημέρα μεγαλύτερη από 50%. Παρόλα αυτά καθώς οι μονάδες γίνονται μεγαλύτερες και βαρύτερες, υπάρχει ένα σημείο όπου η απόδοση αρχίζει να φθίνει. Επίσης , οι μονάδες με μεγαλύτερα ύψη δυσχεραίνουν την τοποθέτηση του τελικού συνδέσμου με ασβεστοκονίαμα.

Στο παρελθόν, ένα δεδομένο μέγεθος τούβλου ήταν γνωστό με διάφορα ονόματα λόγω γεωγραφικών διαφορών[4].

Σήμερα τα μεγέθη και γενικότερα τα είδη των τούβλων έχουν κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 771-1:2003, όπως αναφέρεται παρακάτω.

**ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

**Προδιαγραφή στοιχείων τοιχοποιίας – Μέρος 1: Κεραμικά Τούβλα**

**Παράγραφος 3**

**3.2 Κεραμικό τούβλο**

στοιχείο τοιχοποιίας κατασκευασμένο από άργιλο ή άλλο αργιλώδες υλικό με ή χωρίς άμμο , καύσιμο ή άλλα πρόσθετα, υποβληθέν σε επαρκώς υψηλή θερμοκρασία ώστε να σχηματιστεί κεραμικός δεσμός.

**3.3 προστατευμένη τοιχοποιία**

τοιχοποιία η οποία προστατεύεται έναντι διείσδυσης νερού. Μπορεί να είναι είτε τοιχοποιία σε εξωτερικούς τοίχους που προστατεύεται, ( π.χ. δια ενός στρώματος κατάλληλου επιχρίσματος ή δια επικάλυψης), ή μπορεί να είναι το εσωτερικό φύλλο ενός κοιλώματος τοίχου ή μπορεί να είναι ένας εσωτερικός τοίχος. Μπορεί να είναι φέρουσα ή μη φέρουσα.

**3.4 τούβλο ΧΠ**

κεραμικό τούβλο με χαμηλή μεικτή ξηρά πυκνότητα προς χρήση σε προστατευόμενη τοιχοποιία.

**3.5 τούβλο ΥΠ**

κεραμικό τούβλο για μη προστατευόμενη τοιχοποιία καθώς και κεραμικό τούβλο με υψηλή μεικτή ξηρά πυκνότητα προς χρήση σε προστατευόμενη τοιχοποιία.

**3.6 ισοδύναμο μέγεθος**

μέγεθος του προσδιορισμένου ισοδύναμου όγκου για ένα στοιχείο τοιχοποιίας που περιλαμβάνει επιτρεπτέ όρια για αρμούς και ανοχές.

**3.7 ωφέλιμο μέγεθος**

μέγεθος ενός στοιχείου τοιχοποιίας καθορισμένο για την παραγωγή του, με το οποίο το πραγματικό μέγεθος συμμορφώνεται εντός των επιτρεπτών αποκλίσεων.

**3.8 πραγματικό μέγεθος**

μέγεθος ενός στοιχείου τοιχοποιίας προερχόμενο από μέτρηση

**3.9 στοιχείο τοιχοποιίας κανονικού σχήματος**

στοιχείο τοιχοποιίας συνολικού σχήματος ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου

**3.10 στοιχείο τοιχοποιίας ειδικού σχήματος EN 771-1:2003 9**

στοιχείο τοιχοποιίας το οποίο δεν αποτελεί ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο.

**3.11 ειδικό τεμάχιο**

στοιχείο τοιχοποιίας που είναι σχηματισμένο έτσι ώστε να προσφέρει μια συγκεκριμένη υπηρεσία .π.χ. να συμπληρώνει την γεωμετρία της τοιχοποιίας

**3.12 χαρακτηριστικά εμπλοκής**

Προεξοχές και αυλακώσεις ταιριαστού σχήματος σε στοιχεία τοιχοποιίας , π.χ. συστήματα γλώσσας και αύλακος

**3.13 κατακόρυφη οπή**

Διαμορφωμένο διάκενο το οποίο διαπερνά τελείως ένα στοιχείο τοιχοποιίας κάθετα προς την πλευρά τοποθέτησης του

**3.14 οριζόντια οπή**

Διαμορφωμένο διάκενο το οποίο διαπερνά τελείως ένα στοιχείο τοιχοποιίας παράλληλα προς την πλευρά τοποθέτησης του

**3.15 κελί**

Διαμορφωμένο διάκενο το οποίο δεν διαπερνά τελείως ένα στοιχείο τοιχοποιίας

**3.16 κοιλότητα**

Κοίλωμα διαμορφωμένο στη μία ή και στις δύο πλευρές τοποθέτησης ενός στοιχείου, των οποίων όλων αυτών των κοιλωμάτων ο ολικός όγκος δεν υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο όριο του συνολικού όγκου του στοιχείου , ήτοι μήκους * πλάτους * ύψους

**3.17 αυλάκωση**

Κοίλωμα ή χαραγή σε μια ή περισσότερες επιφάνειες ενός στοιχείου τοιχοποιίας (π.χ. θύλακας για κονίαμα, οδηγός επιχρίσματος, οπή πιασίματος)

**3.18 οπή πιασίματος**

Ένα διαμορφωμένο κενό που διαπερνά τελείως ένα στοιχείο τοιχοποιίας κάθετα προς την πλευρά τοποθέτησης του με σκοπό το πιάσιμο του στοιχείου τοιχοποιίας

**3.19 κέλυφος**

Περιφερειακό υλικό μεταξύ μιας οπής και της επιφάνειας ενός στοιχείου τοιχοποιίας

**3.20 ιστός**

Στερεό υλικό μεταξύ των οπών σε ένα στοιχείο τοιχοποιίας

**3.24 τούβλο με υδατοστεγή στρώση**

Κεραμικό τούβλο το οποίο όταν τοποθετείται σε δύο στρώσεις με ενδιάμεσο δεσμό μια ισχυρή τσιμεντοκονία , εμποδίζει την ανύψωση υγρασίας στην τοιχοποιία.

**3.25 κεραμικό τούβλο υψηλής ακρίβειας**

Κεραμικό τούβλο με μικρή ανοχή διαστάσεων, ιδιαίτερα για το ύψος του τούβλου

**3.26 κεραμικό τούβλο διάτρητο κατακόρυφα ή κούφιο**

Κεραμικό τούβλο με ένα ή περισσότερα κενά τα οποία διαπερνούν πλήρως το τούβλο κάθετα προς την πλευρά τοποθέτησης του.

**3.27 κεραμικό τούβλο διάτρητο οριζόντια ή κούφιο**

Κεραμικό τούβλο με ένα ή περισσότερα κενά τα οποία διαπερνούν πλήρως το τούβλο παράλληλα προς την πλευρά τοποθέτησης του.

**3.28 κεραμικό τούβλο για γέμισμα με σκυρόδεμα ή κονίαμα**

Κεραμικό τούβλο με ειδική οπή , κατάλληλη για γέμισμα με σκυρόδεμα ή κονίαμα

**3.29 κεραμικό τούβλο για πετάσματα τοιχοποιίας**

Κεραμικό τούβλο κατάλληλο για παραγωγή οπλισμένων πετασμάτων τοιχοποιίας ή πετασμάτων τοιχοποιίας ύψους ορόφου με κατακόρυφα κενά για γέμισμα με σκυρόδεμα ή κονίαμα

**3.30 κεραμική τοιχοποιία υποκείμενη σε σκληρή έκθεση**

Τοιχοποιία ή στοιχεία τοιχοποιίας τα οποία υπό ακραίες συνθήκες χρήσης υπόκεινται σε διαποτισμό με νερό ( νερό βροχής, υπόγειο νερό) σε συνδυασμό με συχνούς κύκλους κατάψυξης/ανάτηξης, που οφείλονται σε κλιματικές συνθήκες και απουσία προστατευτικών χαρακτηριστικών.

**3.31 κεραμική τοιχοποιία υποκείμενη σε μέτρια έκθεση**

Τοιχοποιία ή στοιχεία τοιχοποιίας τα οποία υπό ακραίες συνθήκες χρήσης εκτίθενται σε υγρασία και κύκλους κατάψυξης/ανάτηξης, με εξαίρεση κατασκευές που υπόκεινται σε σκληρή έκθεση

**3.32 κεραμική τοιχοποιία υποκείμενη σε παθητική έκθεση**

Τοιχοποιία ή στοιχεία τοιχοποιίας τα οποία υπό ακραίες συνθήκες χρήσης δεν είναι σχεδιασμένα για να εκτεθούν σε συνθήκες υγρασίας και παγετού

### 3.33 στοιχεία τοιχοποιίας Κατηγορίας I

Στοιχεία με μια δηλωμένη αντοχή σε θλίψη με πιθανότητα να φτάσουν σε αποτυχία που δεν υπερβαίνει το 5%. Αυτό μπορεί να καθοριστεί μέσω της μέσης ή της χαρακτηριστικής τιμής.

### 3.34 στοιχεία τοιχοποιίας Κατηγορίας II

Στοιχεία που δεν είναι σχεδιασμένα να συμμορφώνονται με την στάθμη εμπιστοσύνης των στοιχείων Κατηγορίας I

### 3.35

Το άθροισμα των παχών των κελυφών και των ιστών από μια πλευρά έδρασης ή πλαϊνή ενός στοιχείου τοιχοποιίας μέχρι την απέναντι πλευρά έδρασης ή πλαϊνή αντίστοιχα κατά μήκος οποιασδήποτε διαδρομής , μέσω των διαμορφωμένων κενών, παρέχει την μικρότερη τιμή, εκφραζόμενη ως ένα εκατοστιαίο ποσοστό επί του πλάτους ή του μήκους του στοιχείου αντίστοιχα

## ΧΡΗΣΕΙΣ – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥΒΛΩΝ

### Κατασκευή Πεζόδρομων

Η πιο συνηθισμένη χρήση των τούβλων μετά την τοιχοποιία είναι η κατασκευή πεζόδρομων στα οποία μπορούν να κινούνται πεζοί ή οχήματα. Αναφορικά με την αισθητική των πεζοδρομίων , τα τούβλα έχουν ιδιότητες που παρέχουν μια ποικιλία σχεδίων και εμφανίσεων.

Το σχετικά μικρό μέγεθος των τούβλων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή πεζόδρομων δημιουργεί μια επιφάνεια όπου η εναλλαγή χρωμάτων είναι εμφανής και μπορούν να δώσουν σε μεγάλες αποστάσεις την εντύπωση μικρότερων διαστάσεων. Το χρώμα των πεζόδρομων είναι ουσιαστικά σταθερό σε όλο το μήκος του καθώς και πολύ ανθεκτικό στις καιρικές αλλαγές χάρη στην υαλοποιημένη σύνθεση των τούβλων.

Η κατασκευή των πεζόδρομων δεν είναι τόσο απλή όσο μπορεί να θεωρείται αλλά διαφέρει ανάλογα με τη χρήση για την οποία αυτοί προορίζονται.

Συνήθως , η πιο οικονομική λύση είναι η τοποθέτηση άμμου στην περιοχή ορισμού. Το σύστημα βασίζεται στην ανάπτυξη συνδέσμου που δημιουργείται μέσω της τριβής των τούβλων και του συνδετικού υλικού της άμμου. Αυτό επιτρέπει στα τούβλα να λειτουργούν σαν μέρος του δομικού συστήματος του πεζόδρομου. Ανάλογα με τη μετέπειτα χρήση του πεζόδρομου (κίνηση πεζών, κίνηση οχημάτων) ορίζεται και το πάχος της βάσης , η οποία μπορεί να αποτελείται από μίγμα άμμου και χαλικιών. Η άκρη συγκράτησης χρησιμεύει στη δημιουργία σταθερού συνδέσμου και στην αντοχή του οριζόντιου βάρους που μετά φέρεται από τους πεζούς ενώ η επιλογή της εξαρτάται από τη μετέπειτα χρήση του πεζόδρομου.

**Εξωτερική Επικάλυψη Οικοδομημάτων**

Η επικάλυψη με τούβλα προσδίδει ιδιότητες στο οικοδόμημα όπως είναι η ανθεκτικότητα σε φωτιά , η υψηλή ανθεκτικότητα στη διείσδυση νερού και ο χαμηλός ρυθμός μεταφοράς θερμότητας. Η επικάλυψη των τούβλων στηρίζεται από μια βάση και τοποθετείται στο οικοδόμημα εξωτερικά με τη βοήθεια συνδέσμων. Πίσω από την επικάλυψη δημιουργείται ένα διάκενο αέρα που κατευθύνει το νερό σε ειδικές αυλακώσεις οι οποίες οδηγούν σε σύστημα αποστράγγισης.

Τα πλεονεκτήματα της επικάλυψης αυτής είναι η θερμομόνωση , αφού τα τούβλα έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν τη θερμότητα και να την απελευθερώνουν με αργό ρυθμό, η αντίσταση στη φωτιά , η ηχομόνωση που προκαλείται από το διάκενο αέρα και η αντίσταση στην υγρασία.

**Διαμόρφωση κήπων**

Τα τούβλα χρησιμοποιούνται στην κατασκευή αυλακών γύρω από τα δέντρα οι οποίοι σχεδιάζονται έτσι ώστε να συγκρατείται το νερό γύρω από τις ρίζες τους αλλά χωρίς να λιμνάζει γύρω από αυτά.

**Σχηματισμός καμάρων**

Οι καμάρες δέχονται τάσεις των οποίων η υπερνίκηση αντιμετωπίζεται ευκολότερα με τη χρήση τούβλων που εμφανίζουν υψηλή αντοχή σε θλίψη.

**Σε αυτοκινητόδρομους για τα μείωση του θορύβου**

Η ηχορύπανση, που προκαλείται από την μεγάλη κίνηση των οχημάτων στους αυτοκινητόδρομους που βρίσκονται κοντά σε κατοικημένες περιοχές , οδήγησε στην κατασκευή τοίχων από τούβλα οι οποίοι έχουν το αισθητικό πλεονέκτημα να εναρμονίζονται με το περιβάλλον και παράλληλα να παρέχουν την απαραίτητη ηχομόνωση.

Η ηχομόνωση εξαρτάται μεταξύ άλλων και από την ηχομόνωση που προσφέρει το ίδιο το υλικό του τοίχου. Τα χαρακτηριστικά του ηχομονωτικού υλικού εξαρτώνται από το βάρος του και την ακαμψία που αυτό εμφανίζει. Ο δείκτης ηχομόνωσης σχετίζεται με την αναλογία της ενέργειας του ήχου προς την ενέργεια που τελικά μεταφέρεται μέσω του υλικού. Οι τιμές του δείκτη αυτού που εμφανίζει το τούβλο είναι υψηλότερες από τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ηχομόνωσης[4].

## ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΥΛΙΚΑ

### Σμύριδα

### Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες της σμύριδας

Η σμύριδα είναι ένα γκρι-μαύρο, κοκκώδες πέτρωμα, ποικίλης ορυκτολογικής σύστασης, με κυριότερα ορυκτά τα: κορούνδιο ($Al_2O_3$), μαγνητίτη ($Fe_3O_4$) και αιματίτη ($Fe_2O_3$). Περιέχονται ακόμα τα ορυκτά διάσπορον, τουρμαλίνης, μαργαρίτης, χλωριτοειδής, σπινέλλιο και ρουτίλιο. Πιο σπάνια συναντάται ιλμενίτης, λειμονίτης, σιδηροπυρίτης, υδραργυλλίτης, δισθενής, σιλλιμανίτης, σταυρόλιθος, μοσχοβίτης, βιοτίτης, χλωρίτης, άστριος, καολινίτης, τάλκης, απατίτης, χαλαζίας και γρανάτης.

Η λειαντική ικανότητα της σμύριδας οφείλεται στο κορούνδιο, το οποίο έχει σκληρότητα 9 στην κλίμακα Mohs, τη δεύτερη μεγαλύτερη μετά το διαμάντι. Η σκληρότητα της σμύριδας στην κλίμακα Mohs είναι μεταξύ 7-9. Το ειδικό βάρος της κυμαίνεται μεταξύ 3,2-4,5 gr/cm3, εξαρτάται όμως από την ορυκτολογική σύσταση και την καθαρότητα του πετρώματος[9].

Η σμύριδα που απαντάται στην Ελλάδα και την Τουρκία είναι ένα μίγμα από κορούνδιο και μαγνητίτη, με ή χωρίς αιματίτη (προερχόμενος από το μαγνητίτη). Αυτή η ποιότητα σμύριδας χαρακτηρίζεται από κοκκινόμαυρο χρώμα. Η σμύριδα που προέρχεται από το ορυκτό σπινέλλιο, είναι ένα μίγμα σπινέλλιου, κορουνδίου και μαγνητίτη, συνήθως ένα βαρύ, μαύρο, λεπτόκοκκο μίγμα αδρανών με σκούρους γκρι κρυστάλλους κορουνδίου, οι οποίοι συχνά είναι σπασμένοι και σε μεγάλη ποσότητα μεταμορφωμένοι σε ένυδρο μαρμαρυγία.[10] Η σμύριδα που προέρχεται από άστριο είναι πανομοιότυπη με τη σμύριδα που προέρχεται από σπινέλλιο αλλά περιέχει 30-50% πλαγιόκλαστο. Η σμύριδα δημιουργείται από:

Ανακρυστάλλωση βωξίτη σε ξενόλιθο που αφομοιώθηκε από πλουτόνια πετρώματα.
Μεταμόρφωση επαφής, με την παρείσφρηση σε βοξιτικά στρώματα με μάρμαρο μεσογειακού τύπου ή μέσω τοπικής μεταμόρφωσης του βωξίτη[11].

### Ελληνική Σμύριδα

Η παραγωγή της ελληνικής σμύριδας γίνεται στη Νάξο. Την περίοδο 1930-1985 η σμύριδα είχε μεγάλη ζήτηση και η παραγωγή της μεγιστοποιήθηκε. Τα τελευταία όμως χρόνια το βιομηχανικό αυτό ορυκτό στον τομέα των λειαντικών έχει αντικατασταθεί από τα τεχνητά αποξεστικά υλικά που κυριάρχησαν στην αγορά.

### Κοιτασματολογικά

Η ποιότητα της ναξιακής σμύριδας θεωρείται, γενικά, πολύ καλή λόγω της αυξημένης ποσότητάς της σε κορούνδιο (58-66,5%). Φακοειδής μάζες του ορυκτού βρίσκονται μέσα σε ασβεστόλιθο και περιέχουν κορούνδιο, μαγνητίτη, αιματίτη, διάσπορο, υδραργιλίτη και μαρμαρυγία. Ο σχηματισμός της σμύριδας έγινε μάλλον κατά τη διάρκεια της Μεσοζωικής περιόδου, από μετασωματισμό επαφής. Η σμύριδα εμφανίζεται σε στρωματοειδής κοίτες, σε μήκος μεγαλύτερο των 100 μέτρων και με πάχος 1-5 μέτρα. Οι κοίτες αυτές προέρχονται μάλλον από στρωσιγενή βωξίτη ή

φακούς βωξίτη και όχι από υλικά πληρώσεως καρστικών έγκοιλων (φαινόμενο Boudinage).[8]

**Πιθανά αποθέματα σμύριδας**

Σύμφωνα με μελέτες, αναφέρεται για τα αποθέματα της ναξιακής σμύριδας ότι:
Η επιφάνεια που μεταλλοφόροι είναι 3,54x106 τ. μ.
Το ποσοστό που μεταλλοφόροι στο σύνολο της ορατής επαφής είναι 7,91%.
Το μέσο πάχος μεταλλοφορίας εκτιμάται σε 2,42 μέτρα.
Το ποσοστό εμπορεύσιμης σμύριδας είναι 82%.
Η συνολική ποσότητα σμύριδας εκτιμάται σε 2,2x106 τόνους.
Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι τα αποθέματα της σμύριδας ανήκουν στο ελληνικό κράτος και το Υπουργείο Ανάπτυξης συντονίζει τις πωλήσεις του ορυκτού.

**Φυσικοχημικές ιδιότητες σμύριδας- σύγκριση με άλλα κοιτάσματα σμύριδας**

Η ναξιακή σμύριδα έχει την ακόλουθη χημική σύσταση, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακα 1: Χημική σύσταση της σμύριδας Νάξου.

| Χημική Ένωση | Περιεκτικότητα (% κ.β.) |
|---|---|
| SiO2 | 3-12 |
| B2O3 | 0-0,4 |
| Al2O3 | 55-66,5 |
| Fe2O3 | 16-24,27 |
| FeO | 3,5-8,5 |
| MgO | 0-1 |
| CaO | 0,36-2,32 |
| Na2O3 | 0-0,38 |
| K2O | 0-0,32 |
| TiO2 | 0-3,07 |
| P2O5 | 0-0,09 |
| H2O | 0,37-3,65 |
| CO2 | 0-0,5 |

Πηγή: Παπασταματίου, 1951

.

Από τις χημικές αναλύσεις της σμύριδας προκύπτει ότι είναι ένα πέτρωμα πλούσιο σε Al2O3, λόγω του κορουνδίου, αλλά και λόγω των ορυκτών πυριτικών αλάτων, τα οποία συνοδεύουν το κορούνδιο. Το SiO2 σπάνια βρίσκεται με τη μορφή χαλαζία, καθώς εμφανίζεται στο σχηματισμό των πυριτικών ορυκτών όπως μαρμαρυγία, χλωριτοειδούς κ.α. Το ειδικό βάρος της ελληνικής σμύριδας κυμαίνεται γύρω στο 4 gr/cm3.[12]

**Οι διαφορετικές ποιότητες της ελληνικής σμύριδας**

Υπάρχουν διάφορες ποιότητες σμύριδας. Αυτές διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:
Α) Κατώτερη: Βρίσκεται μέσα στο μάρμαρο Αμόμαξης, είναι κοκκώδης και δεν φέρει χλωριτοειδή ως ουσιώδες συστατικό.

Β) Ανώτερη: Περιέχεται στο μάρμαρο Ζα, είναι λεπτόκοκκη ως στιφρά. Ο χλωριτοειδής είναι βασικό συστατικό της σμύριδας αυτής. Οι ρωγμές πληρούνται από χλωριτοειδή και κορούνδιο.
Γ) Μεσαία: Περιέχεται μέσα στο μάρμαρο Φαναρίου και έχει μικτό χαρακτήρα.
Στον Πίνακα 2 αναφέρονται ενδεικτικά οι χημικές αναλύσεις σε δείγματα των τριών παραπάνω κατηγοριών.[10]

Πίνακας 2: Χημική ανάλυση σμύριδας ανά ποιότητα.

| Χημική ένωση | Α Ποιότητα (%) | Β Ποιότητα (%) | Γ Ποιότητα (%) |
|---|---|---|---|
| Al2O3 | 63,69 | 58,09 | 56,94 |
| Fe2O3 | 25,90 | 22,19 | 19,23 |
| FeO | 4,31 | 4,31 | 3,23 |
| SiO2 | 3,00 | 9,60 | 11,20 |
| B2O3 | 0-0,4 | 0-0,4 | 0-0,40 |
| MgO | 0,27 | 0,46 | 0,54 |
| CaO | 1,04 | 1,18 | 2,42 |
| Na2O3 | 0-0,38 | 0-0,38 | 0-0,38 |
| K2O | 0,24 | 1,2 | 0,54 |
| TiO2 | 2,60 | 2,56 | 2,60 |
| P2O5 | 0-0,09 | 0-0,09 | 0-0,09 |
| H2O | 0,37-3,65 | 0,37-3,65 | 0,37-3,65 |
| CO2 | 0-0,50 | 0-0,50 | 0-0,50 |

Πηγή: Αθανασάκης, 1986.

**Η τουρκική σμύριδα και η σμύριδα των Η.Π.Α.**

Όσον αφορά στη σμύριδα άλλης προέλευσης, η παραγωγή αυτής στην Τουρκία καλύπτει το 80% της παγκόσμιας ζήτησης, καθώς επίσης και τα ποσοστά της παραγωγής σμύριδας και στις Η.Π.Α. είναι ικανοποιητικά και αυτό λόγω της μεγάλης τους σκληρότητας (8-9 στην κλίμακα Mohs), και των καλών ορυκτολογικών χαρακτηριστικών τους.

**Ανταγωνιστικά προϊόντα**

Τα ανταγωνιστικά προϊόντα της σμύριδας, που θα αναφερθούν στη συνέχεια, ανήκουν στην κατηγορία των υψηλής σκληρότητας και έχουν μεγάλη αντοχή στη φυσική φθορά, στην προσβολή και στη θερμική καταπόνηση.

**Κορούνδιο**

Το κορούνδιο ανήκει στα οξείδια των ορυκτών πρώτων υλών με μεγάλο ειδικό βάρος και μεγάλη σκληρότητα. Η σκληρότητά του με βάση την κλίμακα Mohs είναι 9, το ειδικό βάρος 3,98-4,02 gr/cm3 και σημείο τήξης 2000-2500oC. Το χρώμα του είναι συνήθως λευκό-γκρι αλλά και μπλε, κόκκινο, κίτρινο, πράσινο. Παρασκευάζεται τεχνητά με θέρμανση ορυκτών του Al.

Η σημασία του κορουνδίου στη βιομηχανία βασίζεται στη μεγάλη σκληρότητά του. Σε σύγκριση με τη σμύριδα το κορούνδιο έχει μεγαλύτερη σκληρότητα και παρουσιάζει μεγαλύτερη σταθερότητα στις φυσικοχημικές του ιδιότητες.[7]

**Διοξείδιο του πυριτίου-χαλαζίας-πυριτική άμμος**

Ο χαλαζίας SiO2 έχει σκληρότητα 7 βάση της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 2,65 gr/cm3. Είναι κυρίως άχρωμο υλικό, ενώ οι έγχρωμες ποικιλίες του είναι ο αμέθυστος (μωβ), ο καπνιάς (καστανόμαυρος) και ο κιτρίνης (κίτρινος).

Η πυριτική άμμος είναι το πιο διαδεδομένο αποξεστικό μέσο αμμοβολής ανάμεσα στις άμμους. Χρησιμοποιούνταν ευρύτατα παλαιότερα στην αμμοβολή ενώ σήμερα η χρήση της έχει μειωθεί σημαντικά.

Στην Ελλάδα, η πυριτική άμμος χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό ως πρόσμιξη στο σκυρόδεμα, στα ασφαλτικά μίγματα, στα χρώματα, στα βιομηχανικά δάπεδα κ.α. Ο κύριος λόγος χρησιμοποίησής της είναι ο συνδυασμός της χαμηλής τιμής και της μεγάλης σκληρότητας.

**Γρανάτης**

Γρανάτες ονομάζονται μια οικογένεια πολύπλοκων όξινων πυριτικών ορυκτών που έχουν παραπλήσιες φυσικές ιδιότητες και κρυσταλλώνονται στο κυβικό σύστημα. Οι φυσικές ιδιότητες του γρανάτη, όπως: οι γωνιώδεις κόκκοι που προκύπτουν από τη θραύση του, η υψηλή αντοχή σε φυσικές και χημικές διεργασίες, κ.α. καθιστούν το ορυκτό αυτό υψηλής ζήτησης στη βιομηχανία των αποξεστικών υλικών.

Η σκληρότητα του γρανάτη κυμαίνεται από 6,5-7,5 της κλίμακας Mohs και έχει ειδικό βάρος 3,5-4,3 gr/cm3. Έχει χρώμα βαθύ ερυθρωπό ως καστανέρυθρο (πυρωπό, αλμανδίνης, σπεσσαρτίνης), άσπρο ως πρασινίζον (γροσσουλάριος), κιτρινοπράσινο ως μαύρο (ανδραδίτης), σμαραγδί (ουβαροβίτης).

Εξαιτίας της φυσικής και χημικής ιδιομορφίας που παρουσιάζει ο γρανάτης είναι ιδανικός για λείανση φακών, οργάνων και ημιαγωγών. Χρησιμοποιείται, επίσης, για την κατασκευή γυαλόχαρτων και λειαντικών τροχών για τη λείανση πολύτιμων λίθων, ξύλου, μετάλλων και πλαστικών. Χαμηλότερης ποιότητας γρανάτης χρησιμοποιείται για την κατασκευή φίλτρων νερού επειδή είναι αδρανές υλικό και αντιστέκεται στη χημική αποδόμηση. Τέλος, ο γρανάτης βρίσκει εφαρμογή σε εργασίες αμμοβολής και υδροκοπής.

**Τηγμένο οξείδιο του αλουμινίου ($Al_2O_3$)**

Το λευκό ή το καφέ οξείδιο του αλουμινίου (γνωστό και ως τεχνητό κορούνδιο) παρασκευάζεται από τήξη βωξίτη. Έχει σκληρότητα μεγαλύτερη του 9 στην κλίμακα Mohs και ειδικό βάρος περίπου 4 gr/cm3. Το υψηλής καθαρότητας οξείδιο του αλουμινίου παρασκευάζεται από εξαιρετικά καθαρή αλούμινα, δηλαδή περιέχει τουλάχιστο 99,5% Al2O3 και είναι σκληρότερο αλλά και πιο εύθρυπτο από το συνηθισμένο οξείδιο.

Το οξείδιο του αλουμινίου βρίσκει κυρίως εφαρμογή ως αποξεστικό και λειαντικό μέσο.

**Καρβίδιο του πυριτίου (SiC)**

Το καρβίδιο του πυριτίου παρασκευάζεται από τήξη πυριτικής άμμου υψηλής καθαρότητας (ελάχιστο 99,5% SiO2) και κωκ. Το παραγόμενο προϊόν περιέχει 50-100% SiC. Το υψηλής καθαρότητας (πράσινο) καρβίδιο του πυριτίου βρίσκεται στον πυρήνα του προϊόντος και έχει περιεκτικότητα 99-99,8% SiC. Το μαύρο SiC βρίσκεται πολύ κοντά στον πυρήνα και έχει περιεκτικότητα παραπάνω από 99,2% SiC, ενώ το υπόλοιπο περιέχει 59-95% SiC.

Επίσης, το καρβίδιο του πυριτίου ως υλικό έχει σκληρότητα μεγαλύτερη από 9,5 της κλίμακας Mohs και ειδικό βάρος 3,12-3,22 gr/cm3. Τέλος, οι σημαντικότερες εφαρμογές του καρβιδίου του πυριτίου είναι:
α) Οι λειαντικές
β) Οι αποξεστικές
γ) Οι μεταλλουργικές
δ) Στη βιομηχανία πυρίμαχων

**Μεταλλικά αποξεστικά**

Τα μεταλλικά αποξεστικά κατασκευάζονται από ακατέργαστα υλικά και κράματα τα οποία τήκονται σε φούρνο και η σύνθεσή τους ρυθμίζεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να ικανοποιεί τις απαιτούμενες προδιαγραφές για το σίδηρο και το χάλυβα.

Οι συνήθεις χρήσεις των μεταλλικών αποξεστικών είναι: καθαρισμός και προετοιμασία μεταλλικών επιφανειών για επίστρωση και βαφή, ελαφρύς καθαρισμός συγκολλήσεων και άλλων χαλύβδινων προϊόντων, σιδερένιων ή μη καλουπιών καθώς και θερμικά κατεργασμένων προϊόντων, προετοιμασία της επιφάνειας πλαστικών προϊόντων ενισχυμένων με fiberglass, απόξεση κυλινδρικών χυτηρίων, βελτίωση των ιδιοτήτων κόπωσης των μεταλλικών προϊόντων, διαμόρφωση της επιφάνειας σε επιφάνειες αεροσκαφών και ελάττωση χημικά συνδεδεμένων καλουπωμένων όγκων άμμου χυτηρίου προς ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση τους.

**Απαιτούμενα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και φυσικοχημικές ιδιότητες σμύριδας και ανταγωνιστικών ορυκτών υλών και προϊόντων**

Τα απαιτούμενα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και φυσικοχημικές ιδιότητες της σμύριδας και των ανταγωνιστικών της υλικών αναφέρονται στις παρακάτω χρήσεις:
α) Διεργασίες λείανσης
β) Αδρανή – Αποξεστικά υλικά και σκύρα
γ) Πρώτες ύλες για βιομηχανικά δάπεδα και πλακίδια
δ) Άλλες χρήσεις

**Διεργασίες Λείανσης**

Με τον όρο «διεργασίες λείανσης» ονομάζεται η αφαίρεση ανεπιθύμητων προσμίξεων μέσω της τριβής με σκληρούς κόκκους. Χωρίζονται σε:
α) Απλή λείανση (grinding)
β) Λείανση με ράβδους (honing)
γ) Λείανση με λειαντικό μίγμα (lapping)

δ) Υψηλής ακρίβειας τελείωμα (superfishing)
ε) Γυάλισμα (polishing)

Απλή λείανση ονομάζεται η αφαίρεση ανεπιθύμητων προσμίξεων από μια επιφάνεια με τη χρήση λειαντικού τροχού από κόκκους σκληρού υλικού που συγκρατούνται από συνδετικό υλικό και αποτελεί την πλέον χρησιμοποιούμενη διεργασία αποπεράτωσης. Η διεργασία αποπεράτωσης που πραγματοποιείται από μια σειρά λειαντικών ράβδων μέσω περιστροφών και παλινδρομήσεων, εφαρμόζεται κυρίως στη λείανση των κυλίνδρων των μηχανών εσωτερικής καύσης.

Λείανση με λειαντικό μίγμα ονομάζεται η επιφανειακή επεξεργασία που επιτυγχάνει ποιότητα επιφάνειας μέγιστης ακρίβειας και ομαλότητας και γίνεται με παροχή υγρού, εντός του οποίου «αναρτώνται» πολύ μικροί κόκκοι, μεταξύ της υπό επεξεργασίας επιφάνειας και της λειαντικής πλάκας. Επιπλέον, το λειαντικό μίγμα περιλαμβάνει κόκκους με τυπικές διαστάσεις μεταξύ 300-600 μm.

Η υψηλής ακρίβειας λείανση είναι παρόμοια με τη λείανση με ράβδους, καθώς χρησιμοποιούνται λειαντικά ραβδιά, τα οποία πιέζονται στις υπό επεξεργασία επιφάνειες και επιτυγχάνουν την κοπή μέσω παλινδρόμησης του ραβδιού και της ταυτόχρονης περιστροφής του κομματιού.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά των λειαντικών υλικών, ορισμένα από τα οποία είναι η αντοχή, η σταθερότητα σε υψηλές θερμοκρασίες και η ικανότητα συγκόλλησης πάνω στον τροχό.
Σκληρότητα, Ψαθυρότητα, Σχήμα κόκκου.

Επίσης, οι παράγοντες κόστους και διαθεσιμότητας έχουν βαρύτητα. Ωστόσο, καμία ιδιότητα από μόνη της δεν εξασφαλίζει τη χρήση ενός αποξεστικού μέσου σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Ενδέχεται, δηλαδή, το αρχικό κόστος ενός τεχνητού υλικού να είναι υψηλότερο από αυτό ενός φυσικού, αλλά η απόδοσή του να είναι μεγαλύτερη έτσι ώστε τελικά να καταλήγει ως πιο συμφέρουσα επιλογή. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος που τα τεχνητά αποξεστικά υλικά αντικατέστησαν σε μεγάλο βαθμό τα φυσικά[15].

**Αδρανή υλικά**

Ως αδρανή υλικά ορίζεται το σύνολο των άμμων, χαλικιών, θραυστών λίθων και άλλων παρόμοιων υλικών ανόργανης σύστασης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με συγκολλητικό μέσο (τσιμέντο, άσφαλτος, κτλ.) για σχηματισμό μιγμάτων όπως σκυροκονιάματα, ασφαλτικά σκυροδέματα και σκυρωτά οδοστρώματα ή και αυτούσια (π.χ. έρματα σιδηροδρομικών γραμμών). Επίσης, αποκαλούνται αδρανή γιατί η πλειονότητά τους δεν αντιδρά χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες. Πληροφοριακά, οι κατηγορίες αδρανών υλικών είναι:
α) Αδρανή Σκυροδέματος
β) Αδρανή Οδοποιίας
γ) Αδρανή Οδοποιίας Αντιολισθητικά
δ) Αδρανή Σιδηροδρόμων
ε) Ελαφρά Αδρανή Διαχωρισμάτων
στ) Υλικά Κοινών Επιχωμάτων

**Αποξεστικά μέσα αμμοβολής**

Το αποξεστικό μέσο περιλαμβάνει όλα τα φυσικά ή τεχνητά υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη λείανση, την τριβή και τον καθαρισμό μεταλλικών ή μη μεταλλικών επιφανειών, ύστερα από εφαρμογή τριβής ή κρούσης πάνω σε αυτές.

**Αντιολισθητικά δάπεδα-πλακίδια**

Η κατασκευή των βιομηχανικών δαπέδων γίνεται με συγκεκριμένες προδιαγραφές όπως:
Αντοχή σε θλίψη
Αντίσταση σε τριβή
Σκληρότητα
Συμπεριφορά σε χάραξη
Αντοχή σε εφελκισμό-θραύση[12].

**Λοιπές χρήσεις**

Η σμύριδα, επίσης, αναφέρεται ότι χρησιμοποιείται σε χρηματοκιβώτια, όπου λόγω της σκληρότητάς της φθείρει τις κεφαλές των τρυπανιών, χωρίς όμως να υπάρχουν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Επίσης, η σμύριδα χρησιμοποιείται στις ασιατικές χώρες για την αποφλοίωση των κόκκων ρυζιού.

**Απολογισμός και συμπεράσματα για τη σμύριδα**

Η σμύριδα έχει σκληρότητα μεταξύ 7,5 και 9 της κλίμακας Mohs, εξαρτώμενη από την περιεκτικότητά της σε κορούνδιο (50-65%) [2]. Η σμύριδα βρίσκει βασικά εφαρμογή ως υλικό καθαρισμού, τράχυνσης, λείανσης, φινιρίσματος και γυαλίσματος διαφόρων επιφανειών.

Επίσης, ως αποξεστικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αμμοβολές χαμηλής πίεσης. Ως προσθετικό υλικό χρησιμοποιείται στην κατασκευή αντιολισθητικών δαπέδων και πλακών καθώς και αντιολισθητικών οδοστρωμάτων. Μάλιστα, οι πρώτες εφαρμογές έδειξαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Άλλες χρήσεις είναι τα χρηματοκιβώτια και η αποφλοίωση των κόκκων ρυζιού.

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, σημειώνονται τα κάτωθι:

Η ναξιακή σμύριδα θεωρείται, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε κορούνδιο πολύ καλή ποιοτικά, εφάμιλλη των τουρκικών κοιτασμάτων. Η Νάξος διαθέτει μεγάλα αποθέματα σμύριδας, της τάξης των 2,2x106 τόνων. Τα τεχνητά αποξεστικά υλικά αντικατέστησαν τη σμύριδα, σε μεγάλο βαθμό, στις λειαντικές χρήσεις. Οι πολύ καλές φυσικοχημικές ιδιότητες που διακρίνουν τα υλικά αυτά υπερτερούν της σμύριδας και περιορίζουν συνεχώς τη χρήση της σε λειαντικές εργασίες.

Οι μη αποξεστικές εφαρμογές της σμύριδας εξαρτώνται από τις φυσικομηχανικές ιδιότητες του υλικού, όπως η περιεκτικότητα σε κορούνδιο, το ειδικό βάρος, το μέγεθος των κόκκων, η σκληρότητα, η ανθεκτικότητα, η χημική αδράνεια, κ.α. Οι τιμές των ιδιοτήτων αυτών ικανοποιούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές και καθιστούν το υλικό κατάλληλο για:

Λειαντικά- αποξεστικά προϊόντα συγκεκριμένων προδιαγραφών (τροχοί, γυαλόχαρτα, μυλόπετρες, κ.λπ.)
Προσθετικά σε βιομηχανικά δάπεδα με αντιολισθητικές ιδιότητες
Προσθετικά σε πλάκες πεζοδρομίου με αντιολισθητικές ιδιότητες
Προσθετικά-σκληρυντικά σκυροδέματος
Αποξεστικά υλικά αμμοβολών
Αντιολισθητικά αδρανή υλικά για οδοστρώματα
Υλικά γόμωσης χρηματοκιβωτίων, κ.λπ.

Σύμφωνα με τις παραπάνω χρήσεις, κύρια ανταγωνιστικά υλικά για τη σμύριδα θεωρούνται τα κάτωθι:

1. Φυσικό κορούνδιο
2. Τεχνητό κορούνδιο
3. Πυριτικά ορυκτά
4. Γρανάτης
5. Συνθετικό διαμάντι
6. Φυσικό διαμάντι
7. Διάφορα καρβίδια (π.χ. ανθρακοπυρίτιο, καρβίδιο του βορίου, καρβίδιο του ζιρκονίου, κ.α.)
8. Διάφορα μεταλλικά αποξεστικά.

Επίσης, σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι σήμερα η Τουρκία κατέχει την πρώτη θέση, όσον αφορά την παγκόσμια παραγωγή σμύριδας, με περίπου 15.500 τόνους και πλούσια εξαγωγική δραστηριότητα, ακολουθεί η Ελλάδα με 8.000 τόνους και οι Η.Π.Α. με 3.000 τόνους ετησίως.

Τα προηγούμενα χρόνια η μισή παραγωγή της ελληνικής σμύριδας εξαγόταν χωρίς επεξεργασία και η υπόλοιπη παρέμενε στη χώρα για αξιοποίηση. Σήμερα διακινούνται στο εσωτερικό της χώρας μικρές ποσότητες και έχουν διακοπεί οι εξαγωγές. Το Υπουργείο Βιομηχανίας έχει προκηρύξει διαγωνισμό για τις ποσότητες σμύριδας που βρίσκονται στις αποθήκες.

**Συμπεράσματα της επισκόπησης της διεθνούς αγοράς**

Από την επισκόπηση της διεθνούς αγοράς, προκύπτουν τα ακόλουθα κύρια σημεία:
Η αξιοποίηση της σμύριδας στη αγορά των λειαντικών-αποξεστικών υλικών θεωρείται εξαιρετικά δύσκολη, καθώς τα συνθετικά υλικά (κορουνδίου, καρβιδίων, κ.λπ.) και η πυριτική άμμος κυριαρχούν στις συγκεκριμένες εφαρμογές. Εξαίρεση αποτελούν ορισμένες κατηγορίες λειαντικών ειδικού τύπου (π.χ. φθηνά λειαντικά)

Η αγορά των υλικών αμμοβολής εμφανίζει, επίσης, μειωμένες δυνατότητες ως προς την αξιοποίηση της σμύριδας, καθώς:

Τα αποκαμινεύματα της μεταλλουργικής βιομηχανίας αποτελούν ένα φθηνό και ικανοποιητικό αποξεστικό μέσο, ειδικά για τη ναυπηγοεπισκευαστική βιομηχανία. Η απομάκρυνση των υλικών αυτών από τη συγκεκριμένη αγορά θα μπορούσε να προκληθεί μόνο από άλλους, εξωγενείς, παράγοντες (π.χ. περιβαλλοντική νομοθεσία που θα απαγορεύει τη χρήση τους).

Διάφορα φυσικά αποξεστικά (π.χ. γρανάτης) προσφέρουν πολύ καλά αποτελέσματα στις εργασίες αμμοβολής. Τα υλικά αυτά εμφανίζουν υψηλή διαθεσιμότητα και χαμηλότερο κόστος παραγωγής από τη σμύριδα.

Άλλοι βιομηχανικοί κλάδοι που χρησιμοποιούν κλειστά, κυρίως, συστήματα αμμοβολής επιλέγουν σχεδόν αποκλειστικά διάφορους τύπους μεταλλικών ή συνθετικών αποξεστικών. Τα υλικά αυτά προσφέρουν υψηλό δυναμικό ανάκτησης και επαναχρησιμοποίησης και, κατά συνέπεια, χαμηλότερο κόστος ανά παραγόμενο προϊόν, παρά την υψηλή καταρχήν τιμή τους.

Παρά την αρνητική εικόνα που εμφανίζει η κατάσταση στην αγορά των λειαντικών-αποξεστικών υλικών (εξαίρεση αποτελούν μόνο ορισμένες ειδικές εφαρμογές, όπως μύλοι αποφλοίωσης, λείανση φακών, κ.λπ.), η ζήτηση της σμύριδας τις δυο τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται, γενικά, σταθερή. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι είναι συνδυαστικό αποτέλεσμα των ιδιοτήτων, της τιμής του υλικού και των ιδιαίτερων απαιτήσεων των βιομηχανικών χρηστών.

Το δυναμικό ανάπτυξης της σμύριδας δεν έχει αξιοποιηθεί πλήρως, καθώς υπάρχει μια σειρά εφαρμογών (π.χ. αντιολισθητικά αδρανή), από τις οποίες η σμύριδα, για λόγους που είναι ήδη γνωστοί, απουσιάζει.

**Δεδομένα της ελληνικής αγοράς**

Σύμφωνα με έρευνα αγοράς που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα ελληνικών βιομηχανιών, οι οποίες χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη για την παρασκευή των προϊόντων τους υλικά, φυσικά ή συνθετικά, τα οποία εντάσσονται στην κατηγορία των σκληρών αδρανών υλικών, τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τη γενικότερη εικόνα που σχηματίστηκε από τη διεθνή έρευνα αγοράς. Επιπρόσθετα, όμως, επέτρεψαν τον εντοπισμό μιας σειράς κρίσιμων παραμέτρων, η αποκωδικοποίηση των οποίων ανέδειξε μια σειρά προβλημάτων της ελληνικής σμύριδας και παράλληλα, την κατεύθυνση των λύσεων στο θέμα της αξιοποίησής της. Αναλυτικότερα:

Οι εταιρείες παραγωγής λειαντικών προϊόντων χρησιμοποιούν, σχεδόν αποκλειστικά, συνθετικά υλικά (τεχνητό κορούνδιο και καρβίδιο του πυριτίου). Μάλιστα, δεν είναι διατεθειμένες να αντικαταστήσουν το υλικό που χρησιμοποιούν με τη σμύριδα, δεδομένου ότι τα υλικά που χρησιμοποιούν τους προσφέρουν, πέραν διαθεσιμότητας, αξιοπιστίας προμηθευτή, ποικιλία κοκκομετρικών κλασμάτων κ.α., σταθερή και υψηλή ποιότητα στα τελικά προϊόντα. Αντίστοιχες απόψεις εξέφρασε και μια εταιρεία αμμοβολών.

Οι εταιρείες που παράγουν βιομηχανικά δάπεδα και πλάκες πεζοδρομίου με αντιολισθητικές ιδιότητες, αντοχή σε τριβή κ.λπ., χρησιμοποιούν πυριτική άμμο. Η βασικότερη αιτία, μολονότι λανθάνουσα σε κάποιες περιπτώσεις, φαίνεται ότι είναι η απουσία της σμύριδας από τη αγορά. Σε αυτό οδηγούν τα παρακάτω στοιχεία:

Δύο από τις εταιρείες προμηθεύονταν κατά το παρελθόν σμύριδα από ελληνικές εταιρείες και αναζήτησαν εναλλακτική λύση λόγω έλλειψης υλικού από την αγορά. Ύψιστης σημασίας για όλους τους χρήστες είναι η σκληρότητα του υλικού, παράμετρος η οποία αποτελεί το ισχυρότερο πλεονέκτημα της σμύριδας έναντι της πυριτικής άμμου.

Οι συγκεκριμένοι βιομηχανικοί χρήστες εξέφρασαν θετική άποψη για τη χρησιμοποίηση της σμύριδας στην παραγωγική τους διαδικασία, διότι πιστεύουν ότι θα βελτιώσει σημαντικά την ποιότητα των τελικών προϊόντων. Για το λόγο αυτό, εξάλλου, είναι διατεθειμένοι να αντικαταστήσουν την πυριτική άμμο με τη σμύριδα. Μάλιστα, θεωρούν ότι η βελτίωση των τελικών προϊόντων θα επιτευχθεί χωρίς σημαντική επιβάρυνση του κόστους, δεδομένου ότι η τιμή που προμηθεύονταν τη σμύριδα κυμαίνεται σε αντίστοιχα επίπεδα, για τις χαμηλές κοκκομετρίες, με αυτήν της πυριτικής άμμου (πυριτική άμμος: 0,14Ευρώ/kg, σμύριδα: 0,18-0,20Εύρώ/kg).

Τα προβλήματα της ελληνικής σμύριδας εντοπίζονται κυρίως σε θέματα μάνατζμεντ και μάρκετινγκ και δεν αφορούν στην ποιότητά της (εξαίρεση αποτελεί ο κλάδος των λειαντικών). Το συμπέρασμα αυτό συνάγεται από την έρευνα αγοράς δεδομένου ότι:
Εκτός από τη σκληρότητα, παράμετροι κρίσιμης σημασίας για τους χρήστες είναι η διαθεσιμότητα του υλικού, η αξιοπιστία του προμηθευτή και η κοκκομετρία του (εναλλακτικά προϊόντα διαφορετικών κλασμάτων).

Οι παραπάνω παράμετροι και η τυποποίηση του υλικού αποτελούν παράγοντες-κλειδιά για την εισαγωγή της σμύριδας στην αγορά. Οι παράμετροι αυτές μπορούν εύκολα να ελεγχθούν μέσα από ένα προσεκτικό σχέδιο αξιοποίησης και διαχείρισης του υλικού.

Υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό χρηστών (περίπου 37%), το οποίο δεν γνωρίζει παρά ελάχιστα στοιχεία (θετικά παρόλα ταύτα) για τη σμύριδα, λόγω ανεπαρκούς ενημέρωσης του υλικού. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει το πρόβλημα του μάρκετινγκ, αλλά και ενισχύει την αισιοδοξία για την αναγέννηση της ελληνικής σμύριδας, καθώς και οι χρήστες αυτοί θα μπορούσαν να αποτελέσουν δυνητικούς πελάτες.

Συμπερασματικά, τα μηνύματα της ελληνικής αγοράς, με εξαίρεση την κατηγορία των λειαντικών προϊόντων, είναι ενθαρρυντικά για το μέλλον της σμύριδας, καθώς:

Ποσοστό 50% του δείγματος έχει θετική εικόνα για τη σμύριδα και είναι διατεθειμένο να την εισάγει στην παραγωγική διαδικασία, υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Αρνητική γνώμη διατύπωσε μόλις το 13% των εταιρειών, οι οποίες προέρχονται από τον κλάδο παραγωγής λειαντικών.

Κατά τα προηγούμενα χρόνια, υπήρξε σποραδική, πλην όμως σαφής, ζήτηση για το υλικό. Σύμφωνα με την έρευνα αγοράς, ποσοστό 40% περίπου, πιστεύει ότι την επόμενη πενταετία θα υπάρξει αύξηση στη ζήτηση του συγκεκριμένου υλικού, έως και 10%.

**Έρευνα αγοράς για τη χρήση της φυσικής σμύριδας**

Η συγκεκριμένη έρευνα αγοράς πραγματοποιήθηκε σε δείγμα επιχειρήσεων της Ελλάδας και του εξωτερικού στο χρονικό διάστημα 01/05/04-30/06/04 και μέσα από τη διαμόρφωση των χαρακτηριστικών της αγοράς είχε ως βασικούς στόχους:
α) Τον προσανατολισμό στις πιο βιώσιμες εμπορικά λύσεις.
β) Τον εντοπισμό των φυσικών και επίκτητων ιδιοτήτων της σμύριδας, οι οποίες είναι καθοριστικής σημασίας για τους δυνητικούς πελάτες.
γ) Τον καθορισμό της δυνατής ακτίνας εμπορίας των προϊόντων.

δ) Τον εντοπισμό στοιχείων απαραιτήτων για την κατάλληλη και αποτελεσματική προώθηση της σμύριδας.
ε) Την ανάδειξη ενδεχομένως δευτερευουσών χρήσεων του υλικού.
στ) Τη διερεύνηση των δυνατοτήτων αντικατάστασης υλικών που χρησιμοποιούνται σήμερα στην παραγωγή και τις πιθανότητες επιτυχούς εισαγωγής του υλικού στην αγορά.

Κατόπιν, λοιπόν, υποβολής συγκεκριμένων ερωτήσεων όσον αφορά στη σμύριδας και την προτίμησή της ή όχι έναντι άλλων ανταγωνιστικών υλικών σε σχέση με τις ιδιότητες, το κόστος αγοράς και χρήσης της, από τις απαντήσεις των δυνητικών βιομηχανικών χρηστών της σμύριδας όπως εταιρείες που παράγουν ή χρησιμοποιούν: *Λειαντικά-αποξεστικά, Αντιολισθητικά αυτοκινητόδρομων, Βιομηχανικά αντιολισθητικά δάπεδα, Πλάκες πεζοδρομίου με αντιολισθητικές ιδιότητες, Κεραμοσκεπές, Σκυρόδεμα ειδικών απαιτήσεων και κονιάματα, Βαφές ειδικών απαιτήσεων, Χρηματοκιβώτια,* προέκυψαν τα παρακάτω στατιστικά στοιχεία:

Τα τεχνητά υλικά (τεχνητό κορούνδιο, καρβίδιο του πυριτίου, κ.α.) θεωρούνται αναντικατάστατα στην παραγωγή λειαντικών προϊόντων υψηλών προδιαγραφών, παρά το περίπου δεκαπλάσιο κόστος τους σε σχέση με τη σμύριδα.

Λόγω απουσίας της σμύριδας από την αγορά, το μοναδικό υλικό που χρησιμοποιείται σήμερα στην κατασκευή βιομηχανικών δαπέδων για την επίτευξη αντιολισθητικών ιδιοτήτων είναι η χαλαζιακή άμμος σε αναλογία 6 κιλών ανά τετ. μέτρο.

Όσον αφορά στην κατασκευή αντιολισθητικών πλακών πεζοδρομίου το υλικό που χρησιμοποιείται, για τους ίδιους λόγους, είναι η χαλαζιακή άμμος σε αναλογία 6 κιλών ανά τετ. μέτρο.

Κατά γενική ομολογία, η σκληρότητα ενός υλικού αποτελεί τη σπουδαιότερη παράμετρο στην επιλογή του για τις συγκεκριμένες χρήσεις. Παράμετροι υψηλής σπουδαιότητας με ποσοστό 75% θεωρούνται το μέγεθος των κόκκων, η διαθεσιμότητα και η αξιοπιστία του προμηθευτή.

Οι εταιρείες κατασκευής βιομηχανικών δαπέδων αναφέρουν ότι η σμύριδα προσδίδει μεγάλη σκληρότητα και αντοχή στα προϊόντα τους.

Η σμύριδα σε σχέση με τη χαλαζιακή άμμο πλεονεκτεί στη σκληρότητα ενώ μειονεκτεί στο κόστος αγοράς, στη διαθεσιμότητα και τις κοκκομετρικές κατανομές.

Για την αντικατάσταση ενός εδραιωμένου εμπορικά υλικού με τη σμύριδα, όλοι οι χρήστες θεωρούν ότι η διαθεσιμότητα του υλικού αποτελεί τη σπουδαιότερη παράμετρο για να προχωρήσει η εταιρεία στην ενέργεια αυτή. Παράμετροι υψηλής σπουδαιότητας με ποσοστό 83% είναι η αξιοπιστία του προμηθευτή, η σταθερή ποιότητα και η κάλυψη των απαιτήσεων. Το κόστος αγοράς του υλικού αποτελεί παράμετρο υψηλής έως μέτριας σπουδαιότητας για τις εταιρείες[17].

**ΛΑΣΠΗ**

Η λάσπη που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα υπόλειμμα από τη διεργασία έκπλυσης των μεταλλικών τσερκιών από βιομηχανία που εδρεύει στον ελληνικό χώρο και συγκεκριμένα την M.J. MAILIS GROUP. Παραπάνω πληροφορίες δεν έχουμε παρά μόνο τις χημικές αναλύσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό της σύστασης της και οι οποίες παραθέτονται στο Πειραματικό Μέρος της εργασίας.

ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ
Προέλευση της βιομάζας του πυρηνόξυλου

Ο ελαιοπυρήνας παράγεται σαν υποπροϊόν στα ελαιοτριβεία κατά την επεξεργασία των ελιών ( ελαιόκαρπος ) για την παραλαβή του ελαιολάδου. Η παραλαβή του ελαιολάδου, στην συντριπτική πλειοψηφία των ελαιοτριβείων, γίνεται με φυγοκεντρική σε φυγόκεντρους διαχωριστήρες δύο ή τριών φάσεων. Ο διφασικός διαχωριστήρας παράγει ελαιοπυρήνα υγρασίας 64% - 68%, ενώ ο τριφασικός ελαιοπυρήνα υγρασίας 48% - 54%. Και στις δύο περιπτώσεις ο ελαιοπυρήνας περιέχει ακόμη ελαιόλαδο της τάξης 8% - 12% ( επί ξηρού ) που δεν παραλήφθηκε από την φυγοκέντριση.

Στην συνέχεια ο ελαιοπυρήνας μεταφέρεται στα Πυρηνελαιουργεία για να γίνει η παραλαβή του παραμένοντος ελαιολάδου (ακατέργαστο – μπρούτο πυρηνέλαιο ) με την μέθοδο της εκχύλισης.

Στα τμήματα ξήρανσης των πυρηνελαιουργείων γίνεται η ξήρανση του ελαιοπυρήνα ώστε η υγρασία του να κατέλθει στο 8% - 10%. Η ξήρανση γίνεται σε ξηραντήρια (περιστρεφόμενοι κλίβανοι) όπου με την βοήθεια μεταλλικών πτερυγίων «λικνίζεται» και έρχεται σε άμεση επαφή με θερμό ρεύμα αέρα που παράγεται από την ανάμιξη των καυσαερίων μίας εστίας καύσης πυρηνόξυλου με αέρα του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια στα τμήματα εκχύλισης των πυρηνελαιουργείων γίνεται η εκχύλιση του ξηρού πια ελαιοπυρήνα για την απολαβή του πυρηνελαίου. Συνήθως χρησιμοποιείται ημισυνεχές σύστημα ( στατικοί εκχυλιστήρες και συνεχές σύστημα απόσταξης) και για εκχυλιστικό υγρό (διαλύτης) χρησιμοποιείται καθαρό εξάνιο. Ο διαλύτης διοχετεύεται στους εκχυλιστήρες και το μίγμα πυρηνελαίου - διαλύτη (μισέλα) που προκύπτει οδηγείται σε συνεχές αποστακτικό συγκρότημα όπου αποσταζόμενο αποδίδεται ο διαλύτης υπό αέριο μορφή, και το πυρηνέλαιο απαλλαγμένο διαλύτη .
Μετά την απομάκρυνση του εξανίου - διαλύτη, από τον εκχυλιστήρα, παραμένει μέσα σε αυτόν ο ξηρός – εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας ( πυρηνόξυλο ) πού απομακρύνεται με την βοήθεια ατμού, υπό μικρή πίεση.

Ιδιότητες του πυρηνόξυλου

Σύνθεση και χαρακτηριστικά του καυσίμου

Το πυρηνόξυλο αποτελείται :

από τον πυρήνα της ελιάς που είναι ξυλώδης και κατακερματισμένος
από το σαρκώδες μέρος - ψίχα της ελιάς ( αποξηραμένη ) υπό μορφή σκόνης
και από την φλούδα του καρπού επίσης υπό μορφή σκόνης

Με βάση υπάρχουσες αναλύσεις το ξυλώδες μέρος ανέρχεται περίπου στο 55% του βάρους του, ενώ το υπόλοιπο 45% είναι η σκόνη ( ψίχα και φλούδα ). Επίσης πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει και ένα ποσοστό λαδιού, της τάξης του 0,5% έως 1,2% ( επί ξηρού ), το οποίο δεν έχει παραληφθεί κατά την παραγωγική διαδικασία εκχύλισης στο Πυρηνελαιουργείο και παραμένει σαν υπόλειμμα λαδιού στο πυρηνόξυλο.
Το ειδικό βάρος του «χύδην» υλικού κυμαίνεται από 720 – 750 Kgr / m3 και η υγρασία του συνήθως από 12% - 15%.

Η σύνθεση του σαν καύσιμο είναι περίπου ίδια με αυτήν του ξύλου και σύμφωνα με τις υπάρχουσες αναλύσεις (ΕΜΠ 1981 και ΕΜΠ 2000) έχει όπως παρακάτω :

‘Άνθρακας ( C ) : 49,7% - 50,1 %
Υδρογόνο ( H ) : 6,0% – 7,0 %
‘Άζωτο ( N ) : 1,1% – 1,6 %
Θείο ( S ) : αμελητέο (0,01%-0,08%)
Οξυγόνο ( O ) : 38,1% - 38,8%

Από περιβαλλοντική άποψη είναι πολύ σημαντική η πολύ χαμηλή έως αμελητέα περιεκτικότητα του σε θείο και ότι το καύσιμο δεν περιέχει τοξικές ενώσεις ή βαρέα μέταλλα.

Σαν μειονεκτήματα μπορούν να αναφερθούν :
Η μυρωδιά – οσμή του αποθηκευμένου καυσίμου ( για αρκετό χρονικό διάστημα ) που οφείλεται στις ζυμώσεις που διενεργούνται στο σαρκώδες μέρος ( ψίχα ) και αναδύονται κατά την αναμόχλευση του υλικού ( φόρτωση, άδειασμα, μεταφορικές διατάξεις )

Ο κίνδυνος αυτανάφλεξης, όταν ειδικά αποθηκεύεται σε σωρούς μεγάλου ύψους, λόγω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του, πάλι λόγω ζυμώσεων του σαρκώδους μέρους. ( Όμως πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι η φλόγα δημιουργείται μετά από 1-2 ημέρες από την εμφάνιση προειδοποιητικού καπνού από το συγκεκριμένο σημείο )

Η δυσκολία ροής του υλικού όταν αυτό αποθηκεύεται σε μεγάλα silo ( πάνω από 1 m3 ) και έχει υγρασία άνω του 12%.

Πρέπει τέλος να αναφέρουμε ότι σε αρκετές μονάδες γίνεται αεροδιαχωρισμός του ξυλώδους από το σαρκώδες μέρος του πυρηνόξυλου ( σε περιπτώσεις που είναι δυνατή η διάθεση της ψίχας για άλλες χρήσεις – π.χ. συστατικό ζωοτροφών ) και σε αυτήν την περίπτωση το ξυλώδες μέρος δεν παρουσιάζει κανένα από τα παραπάνω μειονεκτήματα.

Θερμογόνος δύναμη

Η θερμογόνος δύναμη του καυσίμου, από εργαστηριακές αναλύσεις, υπολογίζεται στις 4.700 – 5.000 Kcal / Kgr

Θερμογόνα δύναμη (επί ξηρού) : 5.063 Kcal / Kgr (ΕΜΠ – Μάιος 2000)

19,7 KJ / gr = 19.700 KJ / Kgr = 4.710 Kcal / Kgr (ΕΜΠ – Μάιος 1981)

Αλλά και θεωρητικά από την στοιχειακή ανάλυση που παρουσιάζεται παραπάνω η θερμογόνος δύναμη (επί ξηρού) προκύπτει :

8.100*C+29.000*(H-O/8) + 2.500*S = 4.400 έως 4.650 Kcal / Kgr
Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη, όμως, είναι αρκετά μικρότερη για δύο κύριους λόγους :

· Την υγρασία του καυσίμου που κυμαίνεται από 10% - 18%

· Την ανάγκη παροχής αέρα καύσης με περίσσεια μέχρι και 50% ( για την επίτευξη τέλειας καύσης ) και άρα την σχετικά μεγάλη απώλεια θερμότητας στα καυσαέρια.

Η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται από αναλυτικούς Πίνακες (λόγω υγρασίας και λόγω απώλειας καυσαερίων ) και για παράδειγμα αναφέρουμε ότι για καύσιμο πυρηνόξυλο υγρασίας 10%, με περίσσεια αέρα καύσης 40% και με θερμοκρασία καυσαερίων στους 180ο C, η ωφέλιμη θερμογόνος δύναμη είναι 3.350 Kcal / Kgr, ενώ για αντίστοιχο πυρηνόξυλο υγρασίας 18% ( ίδια περίσσεια αέρα καύσης 40% και θερμοκρασία καυσαερίων στους 180ο C ) υποβιβάζεται στις 2.940 Kcal / Kgr.

Κατά την γνώμη του γράφοντα η τιμή που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στους γενικούς υπολογισμούς είναι 3.100 - 3.200 Kcal /Kgr.

Η θερμοδυναμική ισοδυναμία του πυρηνόξυλου έναντι άλλων καυσίμων έχει όπως παρακάτω (για υγρασία πυρηνόξυλου 14% , με περίσσεια αέρα καύσης 40% και θερμοκρασία καυσαερίων 180ο C) :
· έναντι του μαζούτ 3500 : 7.230 έναντι 3.150 Kcal / Kgr = 2,296
· έναντι του ντίζελ : 9.460 έναντι 3.150 Kcal / Kgr = 3,004
· έναντι του πετρελαϊκού κώκ : 6.830 έναντι 3.150 Kcal / Kgr = 2,167

(*) στις παραπάνω ισοδυναμίες έχει ληφθεί υπόψη η απώλεια των καυσαερίων πού υπολογίζεται με βάση τον απαιτούμενο αέρα καύσης και έχει όπως παρακάτω :

Πυρηνόξυλο : αέρας καύσης με περίσσεια 40% - απώλεια καυσαερίων 19,5%
Μαζούτ 3500 : αέρας καύσης με περίσσεια 15% - απώλεια καυσαερίων 8,2%
Ντίζελ : αέρας καύσης με περίσσεια 5% - απώλεια καυσαερίων 12,8%
Πετ. Κώκ : αέρας καύσης με περίσσεια 40% - απώλεια καυσαερίων 10,4%

Τέλος πρέπει να αναφέρουμε ότι εάν γίνει αεροδιαχωρισμός του πυρηνόξυλου σε ξυλώδες και σαρκώδες μέρος, με βάση υπάρχουσες στοιχειακές αναλύσεις, η ωφέλιμη θερμοδυναμική αξία των δύο μερών υπολογίζεται (για υγρασία 14%, αέρας καύσης με περίσσεια 40% και θερμοκρασία καυσαερίων 180ο C) :

Ξυλώδες μέρος (ξύλο πυρηνόξυλου) : 3.440 Kcal / Kgr
Σαρκώδες μέρος (ψίχα πυρηνόξυλου) : 2.800 Kcal / Kgr

Η κοκκομετρία του πυρηνόξυλου

Όπως αναλύεται στο άρθρο « Ζητήματα υπολογισμού κυκλωνικών διαχωριστήρων – Η ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΠΥΡΗΝΑ », η κοκκομετρία του ξηρού ελαιοπυρήνα, άρα και του πυρηνόξυλου έχει όπως παρακάτω :

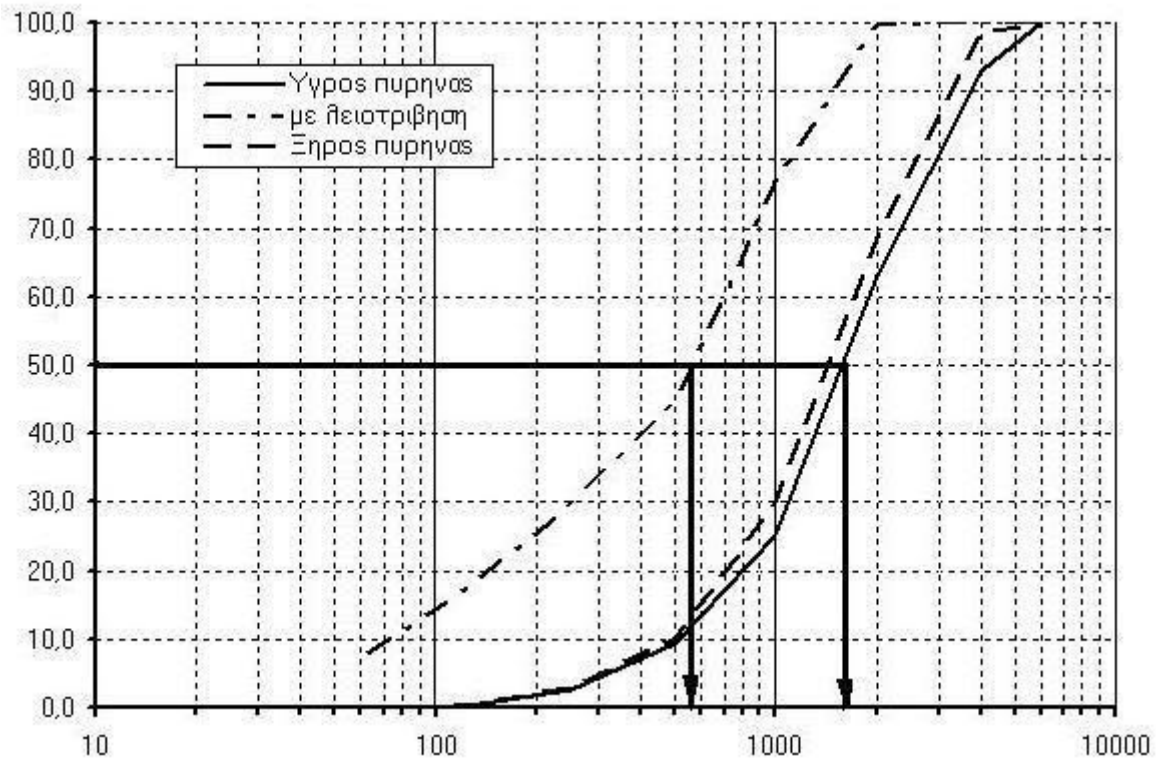
***ΠΙΝΑΚΑΣ 1*** *- Αθροιστικά διερχόμενο βάρος σωματιδίων*

( ξηρός ελαιοπυρήνας – πυρηνόξυλο )

| ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΟΚΚΩΝ (μ) | Υγρός ελαιοπυρήνας Χωρίς λειοτρίβιση ( % ) | Υγρός ελαιοπυρήνας Μετά από λειοτρίβιση ( % ) | Ξηρός ελαιοπυρήνας Χωρίς λειοτρίβιση ( % ) |
|---|---|---|---|
| ως 63 | 0,00 | 8,00 | 0,00 |
| 63 - 125 | 0,20 | 17,60 | 0,40 |
| 125 - 250 | 2,60 | 29,40 | 2,90 |
| 250 - 500 | 9,40 | 44,40 | 10,00 |
| 500 - 1.000 | 25,10 | 76,40 | 29,90 |
| 1.000 - 2.000 | 63,30 | 99,70 | 68,50 |
| 2.000 - 4.000 | 93,00 | 100,00 | 98,60 |
| 4.000 - 6.000 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

(*) Η ανάλυση έγινε την περίοδο 1996 – 97 στο «Εργαστήριο Εμπλουτισμού Μετ/των & Βιομ. Ορυκτών» του τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, του Πολυτεχνείου Κρήτης, στα Χανιά

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 - Αθροιστικά διερχόμενο βάρος σωματιδίων
( ξηρός ελαιοπυρήνας – πυρηνόξυλο )




Όπως φαίνεται στο διάγραμμα η διάμετρος μέσου κόκκου ( d50 ) για το υλικό που έχει υποστεί λειοτρίβηση είναι λίγο κάτω από 600μ (περίπου 560 μ), ενώ για το υλικό που δεν έχει υποστεί λειοτρίβηση είναι πάνω από 1.200μ [20,21] .

## ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΚΕΡΑΜΟΠΟΙΑ

Οι προσπάθειες για την αύξηση της χρήσης των αποβλήτων ως υποκατάστατα των κλασσικών πρώτων υλών στη βιομηχανία θεωρούνται ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της αειφόρου βιομηχανικής ανάπτυξης. Μερικές βιομηχανίες ωστόσο, έχουν αγωνιστεί για να αυξήσουν την ανακύκλωση των υλικών για διάφορους λόγους.

Ο στόχος της μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των βιομηχανικών δραστηριοτήτων είναι ευρέως αποδεκτός ως ένας αξιόλογος στόχος. Πολλές επιχειρήσεις τώρα περηφανεύονται για τα «πράσινα» προϊόντα και τις «βιώσιμες» πρακτικές που ακολουθούν. Στις κατασκευές, αυτές οι επιχειρηματικές πρακτικές μπορεί να κυμαίνονται από την υποκατάσταση των βιοαποικοδομήσιμων με μη-βιοαποικοδομήσιμα υλικά και την ανακύκλωση των προϊόντων, έως τον εξορθολογισμό των αλυσίδων προμηθειών για μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και των σχετικών ατμοσφαιρικών εκπομπών. Η εφαρμογή αυτών των επιχειρηματικών πρακτικών γίνεται μακράν ευκολότερη όταν η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σχετίζεται με αυξημένα κέρδη για την επιχείρηση.

Η βιομηχανία τούβλων επιδέχεται τέτοιων ‘πράσινων’ επεμβάσεων επειδή το τούβλο είναι ένα σχετικά απλό προϊόν, πράγμα το οποίο το καθιστά ιδανικό ώστε να

προσδιοριστεί μια βιώσιμη επιχειρησιακή πρακτική που είναι πολύ σχετική με το θέμα της ανακύκλωσης.

*Ανακύκλωση είναι η επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων από ένα προϊόν ως μία πρώτη ύλη σε ένα άλλο προϊόν*[21].

Σε αυτή τη φιλοσοφία βασίζονται και οι μελέτες που παρουσιάζονται παρακάτω.

**Χρήση στερεών υπολειμμάτων από διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες**

Η έρευνα αυτή που έλαβε χώρα σε πανεπιστήμιο της Ισπανίας (η οποία είναι η μεγαλύτερη ευρωπαϊκή χώρα στην παραγωγή κεραμικών) μελέτησε τη χρήση των στερεών υπολειμμάτων από διαφορές βιομηχανίες για να συνθέσει πυριτικά άλατα ασβεστίου.
Τα πυριτικά άλατα ασβεστίου παραλήφθηκαν από το σύστημα $CaO-SiO_2$ μέσω αντίδρασης στερεής κατάστασης των υπολειμμάτων.

- Ως πηγή οξειδίου του ασβεστίου (CaO) χρησιμοποιήθηκαν μάρμαρο, όστρακα από μύδια, και το αντιδραστήριο υδροξείδιο του ασβεστίου (CaOH).
- Η πηγή του διοξειδίου του πυριτίου ήταν τέφρα από καύση βιομάζας και κεραμικά υπολείμματα από σπασμένα και ελαττωματικά προϊόντα από ένα εργοστάσιο τούβλων.

Οι πρώτες ύλες, α) τέφρα βιομάζας και μάρμαρο, β) τέφρα βιομάζας και υδροξείδιο του ασβεστίου, και γ) κεραμικά υπολείμματα και θρυμματισμένη σκόνη από το κέλυφος μυδιού, αναμείχτηκαν σε μοριακή αναλογία CaO: SiO2 1:1 και αφού πυροσυσσωματώθηκαν στους 1100 °C (24 ώρες), ελήφθησαν πυριτικά άλατα ασβεστίου όπως βολλαστονίτης, gehlenite και larnite. Τόσο οι πρώτες ύλες όσο και τα υλικά που παράχθηκαν αναλύθηκαν με XRD, XRF και TGA-DTA. Για να χρησιμοποιηθούν τα πυριτικά άλατα ασβεστίου που παραλήφθηκαν ως κεραμικά θερμό-μονωτικά υλικά χαμηλής θερμοκρασίας, συμπιέστηκαν σε ένα μόνο άξονα σε πίεση 81,7 MPa για να ληφθούν τούβλα διαστάσεων 60mm x 30mm x 10 mm. Έπειτα μελετήθηκαν οι ιδιότητες των τούβλων. Τα κεραμικά υλικά παρουσιάζουν τιμές αγωγιμότητας μεταξύ 0,10 $W/m^2$ K και 0,18 $W/m^2$ K και αντοχή σε θλίψη 29,8 - 59,3 MPα. Τα τούβλα που παράχθηκαν ικανοποιούσαν τις οδηγίες UNE για χρήση ως χαμηλής θερμοκρασίας κεραμικά υλικά θερμομόνωσης[22].

**Ανακύκλωση πριονιδιών, χώμα από διεργασία φιλτραρίσματος λαδιών, κομποστ και υπολείμματα μάρμαρων στην παραγωγή τούβλων**

Αυτή η έρευνα μελετά την εφαρμογή μιας ποικιλίας αποβλήτων στην παραγωγή τούβλων χαμηλού βάρους. Τα υλικά που μελετάει είναι: α)πριονίδι; β) χώμα από την διεργασία φιλτραρίσματος λαδιών, γ) κομπόστα και δ) μάρμαρο.

Αρχικά προσδιορίστηκαν, η ορυκτολογική και χημική σύνθεση, και η θερμική συμπεριφορά των αποβλήτων και της αργίλου.

Στη συνέχεια, κατασκευάστηκαν κεραμικά τούβλα σε διαφορετικές συστάσεις αποβλήτων (0-10% κ.β. σε πριονίδι, 0-20% κ.β. σε μάρμαρο, και 0-30% κ.β. σε κομπόστ και χώμα από διεργασία φιλτραρίσματος λαδιών). Αυτά τα τούβλα ψήθηκαν σε θερμοκρασία 950-1050 °C για 4 ώρες.

Έπειτα εξετάσθηκε η επίδραση της προσθήκης αυτών των αποβλήτων στην τεχνολογική συμπεριφορά του τούβλου μέσω της μελέτης της γραμμικής συρρίκνωσης, της υδατοαπορροφτικότητας, της φαινόμενης πυκνότητας, της θλιπτικής αντοχής και της χρήσης ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρωσης (SEM).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η βέλτιστη θερμοκρασία όπτησης είναι 1050 ° C. Κάτω από αυτή τη θερμοκρασία, στους 950 °C, παρατηρήθηκε αύξηση του πορώδους, το οποίο μείωσε τη θλιπτική αντοχή των τούβλων. Συνεπώς, οι βέλτιστες συστάσεις των αποβλήτων ήταν 5% κ.β σε πριονίδι, 10% κ.β σε κομπόστ και 15% κ.β. σε μάρμαρο και χώμα από τη διεργασία φιλτραρίσματος λαδιών.

Οι παραπάνω συστάσεις παράγουν τούβλα των οποίων οι μηχανικές ιδιότητες υποδεικνύουν ότι είναι κατάλληλα για χρήση ως εναλλακτικές πρώτες ύλες στην παραγωγή κεραμικών τούβλων[23].

**Ανάπτυξη υλικών κατασκευής με τη χρήση βιομηχανικών και γεωργικών στερεών απόβλητων**

Η συσσώρευση των μη-διαχειριζόμενων βιομηχανικών ή γεωργικών στερεών αποβλήτων, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες έχει οδηγήσει σε αυξημένη περιβαλλοντική ανησυχία. Έτσι μια ομάδα επιστημόνων από την Ινδία μελέτησε τη χρήση μιας πλειάδας από γεωργικά και στερεά απόβλητα στην παρασκευή τούβλων.

Η ανακύκλωση των αποβλήτων αυτών, φαίνεται να αποτελεί λύση όχι μόνο στο πρόβλημα της ρύπανσης, αλλά επίσης και μια οικονομική επιλογή για τον σχεδιασμό πράσινων κτιρίων. Λόγω της ιδέας της χρήσης των βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων για την ανάπτυξη αξιόπιστων υλικών κατασκευής, η παρούσα εργασία εξετάζει διάφορα απόβλητα σε διαφορετικές συστάσεις που προστέθηκαν στην πρώτη ύλη για την ανάπτυξη των τούβλων από απόβλητα (waste-create bricks) (WCB).

Μερικά από τα απόβλητα που χρησιμοποιήθηκαν είναι : υπολείμματα από την επεξεργασία χαρτιού , αποτσίγαρα, ιπτάμενη τέφρα, αφρώδες πολυστυρένιο, ξηρή λάσπη από βιολογικό καθαρισμό, τέφρα από φλοιούς ρυζιού, υπολείμματα υψικαμίνων, ασβεστόλιθοι, πριονίδια, υπολείμματα τσαγιού κ.α.

Μελετήθηκαν διάφορες φυσικό-μηχανικές και χημικές ιδιότητες των τούβλων που περιέχουν διάφορα απόβλητα σύμφωνα με τη βιβλιογραφία και τα πρότυπα. Η βελτιωμένη απόδοση όσον αφορά την επίτευξη μικρότερης πυκνότητα, χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας και υψηλότερης αντοχής σε θλίψη των διαφόρων WCB δίνει μια οικονομική λύση έτσι ώστε να σχεδιάσει το πραγματικά πράσινο κτίριο.

Ορισμένα WCB παράγονται χωρίς ψήσιμο γεγονός που τους δίνει ένα πλεονέκτημα έναντι των άλλων: η κατασκευή τούβλων με λιγότερη δαπανούμενη ενέργεια και άρα μικρότερο κόστος.

Η μελέτη επίσης είναι χρήσιμη για όσους ενδιαφέρονται να εμπλακούν στη χρήση βιομηχανικών ή γεωργικών αποβλήτων υλικό για την ανάπτυξη 'πράσινων' δομικών υλικών[25].

**Ανακύκλωση της τέφρας των αποβλήτων από την επεξεργασία ζαχαροκάλαμου στην παραγωγή τούβλων.**

Το ζαχαροκάλαμου, το οποίο ανήκει στην ίδια οικογένεια με τα μπαμπού, χρησιμοποιείται στη Βραζιλία ως κύρια πρώτη ύλη για τις βιομηχανίες ζάχαρης και αιθανόλης. Η Βραζιλία είναι η μεγαλύτερος παραγωγός χώρα ζάχαρης και αιθανόλης από ζαχαροκάλαμο στον κόσμο. Είναι επίσης η μοναδική χώρα σε όλο τον κόσμο που έχει αναπτύξει ένα πρόγραμμα για την παραγωγή αιθανόλης ως καύσιμο αυτοκινήτων. Το 2009, η Βραζιλία παρήγε περίπου 34,6 εκατομμύρια τόνους ζάχαρης και 25,8 δισεκατομμύρια λίτρα αιθανόλης. Σήμερα, περισσότερο από το 90% των νέων αυτοκίνητων που κατασκευάζονται στη Βραζιλία χρησιμοποιούν την τεχνολογία flex-fuel (αιθανόλη ή / και βενζίνη).

Παρ 'όλα αυτά, η βιομηχανία ζαχαροκάλαμου παράγει μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων ζαχαροκάλαμου . Σε γενικές γραμμές, τα υπολείμματα ζαχαροκάλαμου χρησιμοποιούνται από τα εργοστάσια για την παραγωγή ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, αυτή η δραστηριότητα παράγει μεγάλες ποσότητες στάχτης από υπολείμματα ζαχαροκάλαμου.

Η εργασία αυτή διερευνά την ανακύκλωση της στάχτης από τα υπολείμματα του ζαχαροκάλαμου ως μια μέθοδο για την παροχή πρώτης ύλης για τα τούβλα, μέσω της αντικατάστασης της αργίλου έως και 20% κ.β.
Αρχικά, δείγμα από το απόβλητο αναλύθηκε μέσα από τη χημική του σύνθεση, την περίθλαση ακτινών Χ, διαφορική θερμική ανάλυση, το μέγεθος των σωματιδίων, μορφολογία και δυναμικό ρύπανσης. Έπειτα παρασκευάστηκαν τούβλα, και στη συνέχεια ελέγχθηκαν, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι τεχνολογικές τους ιδιότητες τους (π.χ. συρρίκνωση, υδατοαπορροφητικότητα, φαινόμενη πυκνότητα, και αντοχή στον εφελκυσμό). Αξιολογήθηκαν επίσης οι μικροτόμος των τούβλων μετά την έψησα με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM). Βρέθηκε ότι η στάχτη από τα απόβλητα ζαχαροκάλαμου αποτελούνται κυρίως από κρυσταλλικά σωματίδια διοξειδίου του πυριτίου.

Τα αποτελέσματα των δοκιμών δείχνουν ότι η στάχτη από τα απόβλητα ζαχαροκάλαμου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν ένα πλερωτικά σε τούβλα, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του σε ένα ασφαλές και βιώσιμο τρόπο [26].

## ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥΒΛΩΝ

### Παρακολούθηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

### Όρια

Από τις εκτιμήσεις εκπομπών εξαιρούνται οι εκπομπές των κινητών κινητήρων εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούνται για μεταφορικούς σκοπούς[18]. Η παρακολούθηση των εκπομπών περιλαμβάνει τις εκπομπές που οφείλονται τόσο στην κανονική λειτουργία όσο και σε απρόβλεπτα συμβάντα, συμπεριλαμβανομένων της εκκίνησης και παύσης λειτουργίας και των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης κατά την περίοδο αναφοράς.

Εάν, σε μία εγκατάσταση ή ένα χώρο εγκαταστάσεων, η επιμέρους ή συνδυασμένη παραγωγική ικανότητα ή εκροή μίας ή περισσοτέρων δραστηριοτήτων που υπάγονται στην ίδια υποκατηγορία δραστηριοτήτων του παραρτήματος Ι της οδηγίας 2003/87/ΕΚ υπερβαίνει το αντίστοιχο κατώτατο όριο που καθορίζεται στο ίδιο παράρτημα, παρακολουθούνται και αναφέρονται στην έκθεση όλες οι εκπομπές από όλες τις πηγές εκπομπών ή/και ροές πηγής όλων των δραστηριοτήτων που απαριθμούνται στο εν λόγω παράρτημα και αναπτύσσονται στην αντίστοιχη εγκατάσταση ή χώρο.

Το κατά πόσον μια πρόσθετη εγκατάσταση καύσης, όπως μια εγκατάσταση συνδυασμένης παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας, θεωρείται τμήμα εγκατάστασης που αναπτύσσει άλλη δραστηριότητα του παραρτήματος Ι ή χωριστή εγκατάσταση, εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες και πρέπει να καθορίζεται στην άδεια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που διαθέτει η εγκατάσταση.

Όλες οι εκπομπές μιας εγκατάστασης καταλογίζονται στην εγκατάσταση αυτή, ανεξαρτήτως εξαγωγών θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας προς άλλες εγκαταστάσεις. Οι εκπομπές που συνδέονται με την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας η οποία εισάγεται από άλλες εγκαταστάσεις δεν καταλογίζονται στην εγκατάσταση εισαγωγής.

### Μεθοδολογίες βασιζόμενες σε υπολογισμούς και μεθοδολογίες βασιζόμενες σε μετρήσεις

Το παράρτημα IV της οδηγίας 2003/87/ΕΚ επιτρέπει τον προσδιορισμό των εκπομπών με χρήση:

- Είτε μεθοδολογίας βασιζόμενης σε υπολογισμούς, σύμφωνα με την οποία οι εκπομπές από ροές πηγής προσδιορίζονται με βάση δεδομένα δραστηριότητας που λαμβάνονται με τη βοήθεια συστημάτων μετρήσεων και συμπληρωματικές παραμέτρους που προκύπτουν από εργαστηριακές αναλύσεις ή πρότυπους συντελεστές
- Είτε μεθοδολογίας βασιζόμενης σε μετρήσεις, σύμφωνα με την οποία οι εκπομπές από μια πηγή προσδιορίζονται με συνεχή μέτρηση, αφενός της συγκέντρωσης του αντίστοιχου αερίου θερμοκηπίου στα απαέρια και, αφετέρου, της ροής απαερίων.

Ο φορέας εκμετάλλευσης δύναται να προτείνει τη χρήση μεθοδολογίας βασιζόμενης σε μετρήσεις, εάν είναι σε θέση να αποδείξει ότι:

1. αυτή παρέχει με αξιοπιστία ακριβέστερη τιμή ετήσιων εκπομπών της εγκατάστασης σε σύγκριση με την εναλλακτική μεθοδολογία που βασίζεται σε υπολογισμούς, ενώ ταυτόχρονα αποφεύγεται το αδικαιολόγητο κόστος και
2. η σύγκριση μεταξύ της μεθοδολογίας που βασίζεται σε μετρήσεις και εκείνης που βασίζεται σε υπολογισμούς στηρίζεται σε πανομοιότυπα σύνολα πηγών εκπομπών και ροών πηγής.

Η χρήση μεθοδολογίας βασιζόμενης σε μετρήσεις υπόκειται σε έγκριση από την αρμόδια αρχή. Για κάθε περίοδο αναφοράς, ο φορέας εκμετάλλευσης επιβεβαιώνει τις μετρηθείσες εκπομπές με μεθοδολογία βασιζόμενη σε υπολογισμούς. Ο φορέας εκμετάλλευσης δύναται να συνδυάζει, με την έγκριση της αρμόδιας αρχής, μεθοδολογίες βασιζόμενες σε μετρήσεις και σε υπολογισμούς για διαφορετικές πηγές εκπομπών και ροές πηγής που ανήκουν στην ίδια εγκατάσταση. Ο φορέας εκμετάλλευσης εξασφαλίζει και αποδεικνύει την απουσία κενών και διπλοεγγραφών όσον αφορά τις εκπομπές.

**Σχέδιο παρακολούθησης**

Σύμφωνα με το άρθρο 6 παράγραφος 2 στοιχείο γ) της οδηγίας 2003/87/ΕΚ, οι άδειες εκπομπών αερίων θερμοκηπίου περιλαμβάνουν απαιτήσεις παρακολούθησης, στις οποίες καθορίζονται η μεθοδολογία και η συχνότητα παρακολούθησης.

Η μεθοδολογία παρακολούθησης αποτελεί μέρος του σχεδίου παρακολούθησης, το οποίο πρέπει να εγκρίνεται από την αρμόδια αρχή σύμφωνα με τα κριτήρια που παρατίθενται στο παρόν κεφάλαιο και στις υποδιαιρέσεις του. Το κράτος μέλος ή οι αρμόδιες αρχές του εξασφαλίζουν ότι η μεθοδολογία παρακολούθησης που πρόκειται να εφαρμοστεί από τις εγκαταστάσεις καθορίζεται είτε βάσει των όρων της άδειας ή, όπου αυτό είναι σύμφωνο με την οδηγία 2003/87/ΕΚ, από γενικούς δεσμευτικούς κανόνες.

Η αρμόδια αρχή ελέγχει και εγκρίνει το σχέδιο παρακολούθησης που έχει καταρτίσει ο φορέας εκμετάλλευσης, πριν από την έναρξη της περιόδου αναφοράς και εκ νέου μετά από κάθε ουσιαστική τροποποίηση της μεθοδολογίας παρακολούθησης που εφαρμόζεται σε μια εγκατάσταση, κατά τα προβλεπόμενα στο τρίτο επόμενο εδάφιο.

Με την επιφύλαξη του τμήματος 16, το σχέδιο παρακολούθησης περιέχει τα εξής:

α) περιγραφή της εγκατάστασης και των δραστηριοτήτων της που θα παρακολουθούνται·

β) πληροφορίες σχετικά με τις αρμοδιότητες παρακολούθησης και υποβολής εκθέσεων στο εσωτερικό της εγκατάστασης·

γ) κατάλογο των πηγών εκπομπών και ροών πηγής που θα παρακολουθούνται, για κάθε δραστηριότητα που αναπτύσσεται στην εγκατάσταση·

δ) περιγραφή της βασιζόμενης σε υπολογισμούς ή σε μετρήσεις μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί·

ε) κατάλογο και περιγραφή των βαθμίδων για τα δεδομένα δραστηριότητας, το συντελεστή εκπομπών και τους συντελεστές οξείδωσης και μετατροπής, για κάθε ροή πηγής που θα παρακολουθείται·

στ) περιγραφή των συστημάτων μετρήσεων, καθώς και τις προδιαγραφές και την ακριβή θέση των οργάνων μετρήσεων τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, για κάθε ροή πηγής που θα παρακολουθείται·

ζ) στοιχεία που αποδεικνύουν την τήρηση των κατωτάτων ορίων αβεβαιότητας για τα δεδομένα δραστηριότητας και τις λοιπές παραμέτρους (κατά περίπτωση) που αφορούν τις εφαρμοζόμενες βαθμίδες, για κάθε ροή πηγής·

η) εάν εφαρμόζεται, περιγραφή της προσέγγισης που θα χρησιμοποιηθεί για τη δειγματοληψία καυσίμων και υλικών με σκοπό τον προσδιορισμό της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, της περιεκτικότητας σε άνθρακα, των συντελεστών εκπομπών, των συντελεστών οξείδωσης και μετατροπής και της περιεκτικότητας σε βιομάζα, για κάθε ροή πηγής·

θ) περιγραφή των πηγών ή αναλυτικών προσεγγίσεων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των τιμών κατώτερης θερμογόνου δύναμης, της περιεκτικότητας σε άνθρακα, του συντελεστή εκπομπών, των συντελεστών οξείδωσης και μετατροπής και της περιεκτικότητας σε βιομάζα, για κάθε ροή πηγής·

ι) εάν εφαρμόζεται, κατάλογο και περιγραφή των μη διαπιστευμένων εργαστηρίων και των σχετικών αναλυτικών διαδικασιών, καθώς και παράθεση όλων των σχετικών μέτρων διασφάλισης της ποιότητας, π.χ. διεργαστηριακές συγκρίσεις που περιγράφονται στο σημείο 13.5.2·

ια) εάν εφαρμόζεται, περιγραφή των συστημάτων συνεχούς μέτρησης εκπομπών που θα χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση μιας πηγής, δηλ. σημεία μέτρησης, συχνότητα των μετρήσεων, χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός, διαδικασίες διακρίβωσης/βαθμονόμησης, διαδικασίες συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων και προσέγγιση όσον αφορά τον επιβεβαιωτικό υπολογισμό και την αναφορά των δεδομένων δραστηριότητας, συντελεστών εκπομπής και αναλόγων στοιχείων·

ιβ) τις περιπτώσεις εφαρμογής της λεγόμενης «εφεδρικής προσέγγισης» (κεφάλαιο 5.3), εάν υπάρχουν: εκτενής περιγραφή της προσέγγισης και της ανάλυσης αβεβαιότητας, εάν το θέμα αυτό δεν έχει ήδη καλυφθεί από τα στοιχεία α) έως ια) της παρούσας απαρίθμησης·

ιγ) περιγραφή των διαδικασιών που συνδέονται με τις δραστηριότητες συγκέντρωσης και διαχείρισης δεδομένων και με τις δραστηριότητες ελέγχου, καθώς και περιγραφή των εν λόγω δραστηριοτήτων (βλ. κεφάλαια 10.1 έως 10.3)·

ιδ) κατά περίπτωση, πληροφορίες σχετικά με την κατάλληλη σύνδεση με δραστηριότητες που έχουν αναληφθεί στο πλαίσιο του κοινοτικού συστήματος οικολογικής διαχείρισης και ελέγχου (EMAS) και άλλων συστημάτων

περιβαλλοντικής διαχείρισης (π.χ. ISO14001:2004), ιδίως όσον αφορά διαδικασίες και ελέγχους που έχουν σχέση με την παρακολούθηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και την υποβολή σχετικών εκθέσεων.

Η μεθοδολογία παρακολούθησης τροποποιείται, εάν έτσι βελτιώνεται η ακρίβεια των αναφερόμενων δεδομένων, εκτός εάν αυτό δεν είναι τεχνικά εφικτό ή συνεπάγεται αδικαιολόγητα υψηλό κόστος.

Ουσιαστικές τροποποιήσεις της μεθοδολογίας παρακολούθησης στο πλαίσιο του σχεδίου παρακολούθησης υπόκεινται σε έγκριση από την αρμόδια αρχή, εάν πρόκειται για:

1. μεταβολή της κατάταξης της εγκατάστασης σε κατηγορία βάσει του πίνακα 1,

2. αντικατάσταση της βασιζόμενης σε υπολογισμούς μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των εκπομπών με τη βασιζόμενη σε μετρήσεις και αντιστρόφως·

3. αύξηση της αβεβαιότητας των δεδομένων δραστηριότητας ή άλλων παραμέτρων (κατά περίπτωση) η οποία συνεπάγεται διαφορετική βαθμίδα.

Κάθε άλλη τροποποίηση και πρόταση τροποποίησης της μεθοδολογίας παρακολούθησης ή των σειρών δεδομένων στις οποίες αυτή στηρίζεται, κοινοποιείται στην αρμόδια αρχή, χωρίς αδικαιολόγητη καθυστέρηση αφότου την πληροφορηθεί, ή είναι απολύτως λογικό να την έχει πληροφορηθεί, ο φορέας εκμετάλλευσης, εκτός αντίθετων διατάξεων του σχεδίου παρακολούθησης.

Οι τροποποιήσεις του σχεδίου παρακολούθησης καταγράφονται επακριβώς, αιτιολογούνται και τεκμηριώνονται πλήρως στα εσωτερικά αρχεία του φορέα εκμετάλλευσης.

Η αρμόδια αρχή ζητά από τον φορέα εκμετάλλευσης να τροποποιήσει το οικείο σχέδιο παρακολούθησης, εάν αυτό δεν είναι πλέον σύμφωνο με τους κανόνες που θεσπίζονται με τις παρούσες κατευθυντήριες γραμμές.

Για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κρατών μελών και της Επιτροπής σχετικά με την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και την εξακρίβωση βάσει των παρουσών κατευθυντηρίων γραμμών και για τη συνεκτική εφαρμογή τους, τα κράτη μέλη διευκολύνουν την ετήσια διαδικασία διασφάλισης και αξιολόγησης της ποιότητας της παρακολούθησης, υποβολής εκθέσεων και εξακρίβωσης, την οποία οργανώνει η Επιτροπή κατ’εφαρμογή του άρθρου 21 παράγραφος 3 της οδηγίας 2003/87/ΕΚ.

**Μεθοδολογίες βασιζόμενες σε υπολογισμούς για τις εκπομπές CO2**

**Μαθηματικοί τύποι υπολογισμού**

Ο υπολογισμός των εκπομπών CO2 βασίζεται είτε στον ακόλουθο τύπο:

*εκπομπές $CO_2$ = δεδομένα δραστηριότητας * συντελεστής εκπομπών * συντελεστής οξείδωσης*

είτε σε εναλλακτική προσέγγιση, εάν αυτή ορίζεται στις ειδικές κατά δραστηριότητα κατευθυντήριες γραμμές.

Οι εκφράσεις του ανωτέρω τύπου εξειδικεύονται για τις εκπομπές καύσης και τις εκπομπές διεργασίας ως εξής:

**Εκπομπές καύσης:**

Τα δεδομένα δραστηριότητας βασίζονται στην κατανάλωση καυσίμου. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα καυσίμου εκφράζεται ως ενεργειακό περιεχόμενο σε TJ, εκτός αντίθετης μνείας στις παρούσες κατευθυντήριες γραμμές. Ο συντελεστής εκπομπών εκφράζεται σε $tCO_2$ / TJ, εκτός αντίθετης μνείας στις παρούσες κατευθυντήριες γραμμές. Κατά την κατανάλωση καυσίμου δεν οξειδώνεται προς $CO_2$ το σύνολο του άνθρακα του καυσίμου. Γίνεται ατελής οξείδωση, οφειλόμενη σε αναποτελεσματική διεργασία καύσης, η οποία αφήνει ορισμένη ποσότητα άνθρακα άκαυστη ή μερικώς οξειδωμένη ως αιθάλη ή τέφρα. Ο μη οξειδωμένος ή μερικώς οξειδωμένος άνθρακας λαμβάνεται υπόψη στο συντελεστή οξείδωσης, ο οποίος εκφράζεται ως κλάσμα της μονάδας.
Ο προκύπτων τύπος υπολογισμού είναι:

*εκπομπές $CO_2$= ροή καυσίμου [t ή Nm3] * κατώτερη θερμογόνος δύναμη [TJ/t ή TJ/Nm3] * συντελεστής εκπομπών [tCO2/TJ] * συντελεστής οξείδωσης*

**Εκπομπές διεργασίας:**

Τα δεδομένα δραστηριότητας βασίζονται στην κατανάλωση υλικών, στη διακίνηση υλικών ή στην πραγματική παραγωγή και εκφράζονται σε t ή Nm3. Ο συντελεστής εκπομπών εκφράζεται σε [t $CO_2$/ t ή t $CO_2$/ Nm3]. Ο άνθρακας που περιέχεται στα υλικά εισροής και δεν μετατρέπεται σε $CO_2$ κατά τη διεργασία, λαμβάνεται υπόψη στον συντελεστή μετατροπής, ο οποίος εκφράζεται ως κλάσμα. Σε περίπτωση όπου στο συντελεστή εκπομπών έχει ληφθεί υπόψη συντελεστής μετατροπής, δεν εφαρμόζεται χωριστός συντελεστής μετατροπής. Η χρησιμοποιούμενη ποσότητα υλικού εισροής εκφράζεται σε μάζα ή όγκο [t ή Nm3]. Ο προκύπτων τύπος υπολογισμού είναι:

*εκπομπές $CO_2$ = δεδομένα δραστηριότητας [t ή Nm3] * συντελεστής εκπομπών [t $CO_2$/ t ή Nm3] * συντελεστής μετατροπής*

**Συντελεστές εκπομπών**

Οι συντελεστές εκπομπών βασίζονται στην περιεκτικότητα των καυσίμων ή των υλικών εισροής σε άνθρακα και εκφράζονται σε $tCO_2/TJ$ (εκπομπές καύσης) ή σε $tCO_2/t$ ή $tCO_2/Nm3$ (εκπομπές διεργασίας).

Για τη μεγιστοποίηση της διαφάνειας και της συνέπειας με τους εθνικούς καταλόγους απογραφής των αερίων θερμοκηπίου, η χρήση συντελεστών εκπομπών για καύσιμο εκφραζόμενων σε $tCO_2/t$ αντί των $tCO_2/TJ$, προκειμένου για εκπομπές καύσης, περιορίζεται στις περιπτώσεις όπου το αντίθετο θα συνεπαγόταν αδικαιολόγητο κόστος για τον φορέα εκμετάλλευσης.

Για τη μετατροπή του άνθρακα στην αντίστοιχη τιμή $CO_2$, πρέπει να χρησιμοποιείται ο συντελεστής(*) 3,664 [t $CO_2$/t C].

Οι συντελεστές εκπομπών και οι διατάξεις για τον προσδιορισμό ειδικών κατά δραστηριότητα συντελεστών εκπομπών παρατίθενται κατωτέρω, στα τμήματα 11 και 13 του παρόντος παραρτήματος.

Η βιομάζα θεωρείται ουδέτερη ως προς το $CO_2$. Στη βιομάζα εφαρμόζεται συντελεστής εκπομπών 0 [t $CO_2$/TJ ή t ή Nm3]. Ενδεικτικός κατάλογος διαφόρων ειδών υλικών που είναι αποδεκτά ως βιομάζα παρατίθεται στο τμήμα 12 του παρόντος παραρτήματος.

Στα καύσιμα ή υλικά που περιέχουν άνθρακα τόσο ορυκτής προέλευσης όσο και βιομάζας, εφαρμόζεται σταθμισμένος συντελεστής εκπομπών, βασιζόμενος στην αναλογία του άνθρακα ορυκτής προέλευσης στη συνολική περιεκτικότητα του καυσίμου σε άνθρακα. Ο υπολογισμός αυτός πρέπει να είναι διαφανής και να τεκμηριώνεται σύμφωνα με τους κανόνες και τις διαδικασίες του τμήματος 13 του παρόντος παραρτήματος.

Το εγγενές $CO_2$ που μεταφέρεται σε εγκατάσταση, στο πλαίσιο του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής (ΣΕΔΕ) της ΕΕ, ως μέρος καυσίμου (π.χ. αέριο υψικαμίνου, αέριο κλιβάνου οπτανθρακοποίησης ή φυσικό αέριο) πρέπει να περιλαμβάνεται στο συντελεστή εκπομπών για το καύσιμο αυτό.
Κατόπιν εγκρίσεως από την αρμόδια αρχή, το εγγενές $CO_2$ που προέρχεται από ροή πηγής αλλά, στη συνέχεια, μεταφέρεται εκτός της εγκατάστασης ως μέρος καυσίμου επιτρέπεται να αφαιρείται από τις εκπομπές της εγκατάστασης αυτής, ανεξαρτήτως του εάν παρέχεται σε άλλη εγκατάσταση ενταγμένη στο ΣΕΔΕ της ΕΕ. Σε κάθε περίπτωση, αναφέρεται στην έκθεση ως στοιχείο προς υπόμνηση. Τα κράτη μέλη οφείλουν να κοινοποιούν στην Επιτροπή τις σχετικές εγκαταστάσεις στο πλαίσιο των υποχρεώσεων που υπέχουν δυνάμει του άρθρου 21 της οδηγίας 2003/87/ΕΚ.

**Συντελεστές οξείδωσης και μετατροπής**

Για την έκφραση του ποσοστού άνθρακα που δεν οξειδώνεται ή δεν μετατρέπεται κατά τη διεργασία, χρησιμοποιείται συντελεστής οξείδωσης, προκειμένου για εκπομπές καύσης, ή συντελεστής μετατροπής, στην περίπτωση των εκπομπών

(*) Βασίζεται στο λόγο των ατομικών μαζών άνθρακα (12,011) και οξυγόνου (15,9994).

διεργασίας. Η απαίτηση εφαρμογής της ανώτατης βαθμίδας δεν ισχύει για τους συντελεστές οξείδωσης. Εάν σε μια εγκατάσταση χρησιμοποιούνται διάφορα καύσιμα και υπολογίζονται ειδικοί κατά δραστηριότητα συντελεστές οξείδωσης, ο φορέας εκμετάλλευσης δύναται, κατόπιν εγκρίσεως της αρμόδιας αρχής, να προσδιορίζει έναν αθροιστικό συντελεστή οξείδωσης για τη δραστηριότητα και να τον εφαρμόζει σε όλα τα καύσιμα ή, εάν δεν χρησιμοποιείται βιομάζα, να αποδώσει ατελή οξείδωση σε μία μείζονα ροή καυσίμου και για τις υπόλοιπες να χρησιμοποιεί την τιμή 1.

**Μεταφερόμενο $CO_2$**

Κατόπιν εγκρίσεως της αρμόδιας αρχής, ο φορέας εκμετάλλευσης δύναται να αφαιρεί από το υπολογιζόμενο επίπεδο εκπομπών της εγκατάστασης το τυχόν $CO_2$ που δεν εκπέμπεται από την εγκατάσταση αλλά μεταφέρεται εκτός εγκατάστασης ως καθαρή ουσία ή που χρησιμοποιείται κατευθείαν και ενώνεται σε προϊόντα ή ως υλικό τροφοδοσίας, υπό τον όρο ότι η αφαίρεση αυτή έχει ως αντίκρισμα αντίστοιχη μείωση των εκπομπών για τη συγκεκριμένη δραστηριότητα και εγκατάσταση, τις οποίες αναφέρει το οικείο κράτος μέλος στον εθνικό του κατάλογο απογραφής που υποβάλλει στη Γραμματεία της σύμβασης πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος. Η σχετική ποσότητα $CO_2$ πρέπει να αναφέρεται στην έκθεση ως στοιχείο προς υπόμνηση. Τα κράτη μέλη οφείλουν να κοινοποιούν στην Επιτροπή τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις στο πλαίσιο των υποχρεώσεων που υπέχουν δυνάμει του άρθρου 21 της οδηγίας 2003/87/ΕΚ. Στις πιθανές περιπτώσεις «μεταφερόμενου $CO_2$» εκτός της εγκατάστασης συγκαταλέγονται, μεταξύ άλλων:

- το καθαρό $CO_2$ που χρησιμοποιείται για προσθήκη σε αεριούχα ποτά·
- το καθαρό $CO_2$ που χρησιμοποιείται ως ξηρός πάγος για ψυκτικούς σκοπούς·
- το καθαρό $CO_2$ που χρησιμοποιείται ως μέσο πυρόσβεσης, ψυκτικό μέσο ή εργαστηριακό αέριο·
- το καθαρό $CO_2$ που χρησιμοποιείται για την απολύμανση σπόρων·
- το καθαρό $CO_2$ που χρησιμοποιείται ως διαλύτης στη βιομηχανία τροφίμων ή στη χημική βιομηχανία·
- το $CO_2$ που χρησιμοποιείται και ενώνεται σε προϊόντα ή υλικά τροφοδοσίας στη χημική βιομηχανία και τη βιομηχανία χαρτοπολτού (π.χ. για ουρία ή για την καθίζηση ανθρακικών αλάτων).
- οι ανθρακικές ενώσεις σε ξηρανθέν με ψεκασμό προϊόν απορρόφησης (SDAP) από ημίξηρο καθαρισμό απαερίων σε πλυντρίδα.

Η μάζα του μεταφερόμενου $CO_2$ ή ανθρακικού άλατος ανά έτος προσδιορίζεται με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του 1,5% είτε άμεσα, με χρήση μετρητών ροής όγκου ή μάζας (ροόμετρα) ή με ζύγιση, είτε έμμεσα από τη μάζα του αντίστοιχου προϊόντος (π.χ. ανθρακικά άλατα ή ουρία) κατά περίπτωση και όπου ενδείκνυται.

Στις περιπτώσεις όπου μέρος του μεταφερόμενου $CO_2$ έχει παραχθεί από βιομάζα ή η εγκατάσταση καλύπτεται μόνο εν μέρει από την οδηγία 2003/87/ΕΚ, ο φορέας εκμετάλλευσης αφαιρεί μόνο το κλάσμα της μάζας μεταφερόμενου $CO_2$ το οποίο προέρχεται από ορυκτά καύσιμα και υλικά στο πλαίσιο δραστηριοτήτων που καλύπτονται από την οδηγία. Οι σχετικές μέθοδοι απόδοσης είναι συντηρητικές και υπόκεινται σε έγκριση από την αρμόδια αρχή.

**<u>Παράρτημα Χ: Ειδικές κατά δραστηριότητα κατευθυντήριες γραμμές για τις εγκαταστάσεις παραγωγής κεραμικών προϊόντων που αναφέρονται στο παράρτημα Ι της οδηγίας 2003/87/ΕΚ</u>**

**Προσδιορισμός των εκπομπών CO2**

Στις εγκαταστάσεις παραγωγής κεραμικών προϊόντων, οι εκπομπές CO2 προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές εκπομπών και ροές πηγής:

- συμβατικά ορυκτά καύσιμα κλιβάνου
- εναλλακτικά καύσιμα κλιβάνου με ορυκτή βάση
- βιο-καύσιμα κλιβάνου
- πύρωση ασβεστόλιθου /δολομίτη και άλλων ανθρακικών αλάτων της πρώτης ύλης
- ασβεστόλιθος και άλλα ανθρακικά άλατα που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και άλλους καθαρισμούς απαερίων
- πρόσθετα ορυκτής προέλευσης /βιομάζας που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία πορώδους υφής, π.χ. πολυστυρόλιο, υπολείμματα χαρτοποιίας, πριονίδι
- ορυκτό οργανικό υλικό που περιέχεται στην άργιλο και στις λοιπές πρώτες ύλες

**Υπολογισμός των εκπομπών CO2**

**Εκπομπές διεργασίας**

$CO_2$ εκλύεται κατά την πύρωση των πρώτων υλών στον κλίβανο και την οξείδωση οργανικού υλικού που περιέχεται στην άργιλο και στα πρόσθετα, καθώς και από την εξουδετέρωση των HF, HCl και $SO_2$ που περιέχονται στα απαέρια με ασβεστόλιθο ή άλλα ανθρακικά άλατα και από άλλες διεργασίες καθαρισμού απαερίων. Όλες οι εκπομπές από τη διάσπαση ανθρακικών αλάτων και την οξείδωση οργανικού υλικού στον κλίβανο, καθώς και από τον καθαρισμό των απαερίων περιλαμβάνονται στις εκπομπές της εγκατάστασης και πρέπει να αθροίζονται στο σύνολο εκπομπών αλλά, εάν είναι δυνατόν, να αναφέρονται χωριστά. Ο υπολογισμός έχει ως εξής:

*Εκπομπές $CO_2$ σύνολο [t] = εκπομπές $CO_2$ υλικό εισροής [t] + εκπομπές $CO_2$ καθαρισμός απαερίων [t]*

**$CO_2$ από το υλικό εισροής**

Το $CO_2$ από τα ανθρακικά άλατα και από τον άνθρακα άλλων υλικών εισροής υπολογίζεται με τη χρήση είτε μεθόδου υπολογισμού, η οποία βασίζεται στην ποσότητα ανόργανου και οργανικού άνθρακα των πρώτων υλών (π.χ. διάφορα ανθρακικά άλατα, οργανικές ουσίες που περιέχονται στην άργιλο και στα πρόσθετα) που υπέστη μετατροπή κατά τη διεργασία (μέθοδος υπολογισμού Α), είτε μεθόδου η οποία βασίζεται στα οξείδια αλκαλικών γαιών που περιέχονται στα παραγόμενα κεραμικά είδη (μέθοδος υπολογισμού Β). Οι δύο προσεγγίσεις θεωρούνται ισοδύναμες, προκειμένου για κεραμικά προϊόντα από καθαρισμένη ή συνθετική άργιλο. Η μέθοδος υπολογισμού Α εφαρμόζεται στα κεραμικά προϊόντα από ακατέργαστη άργιλο και στις περιπτώσεις χρησιμοποίησης αργίλου ή προσθέτων με σημαντική περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες.

**<u>Μέθοδος υπολογισμού Α: εισροές άνθρακα</u>**

Ο υπολογισμός βασίζεται στην εισροή άνθρακα (οργανικού και ανόργανου) μέσω κάθε σχετικής πρώτης ύλης, π.χ. διάφορα είδη αργίλου, αργιλούχα μίγματα και πρόσθετα. Οι χαλαζίας /πυριτόλιθος, άστριος, καολίνης και ορυκτός τάλκης συνήθως δεν αποτελούν σημαντική πηγή άνθρακα.

Τα δεδομένα δραστηριότητας, ο συντελεστής εκπομπών και ο συντελεστής μετατροπής αναφέρονται στην ίδια κατάσταση του υλικού, κατά προτίμηση την ξηρά. Χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού:

*Εκπομπές* $CO_2$ *[t* $CO_2$*] =*
$\sum$ *{δεδομένα δραστηριότητας * συντελεστής εκπομπών * συντελεστής μετατροπής}*

όπουq

**α) Δεδομένα δραστηριότητας**

Οι παρούσες απαιτήσεις ισχύουν για καθεμία χωριστά από τις ανθρακούχους πρώτες ύλες (εκτός του καυσίμου), π.χ. άργιλος ή πρόσθετα, ενώ πρέπει να αποφεύγονται οι διπλοεγγραφές ή παραλείψεις εξαιτίας των υλικών που επανεισάγονται ή παροχετεύονται.

**Βαθμίδα 1:**
Η ποσότητα κάθε σχετικής πρώτης ύλης ή προσθέτου [t] που καταναλώθηκε κατά την περίοδο αναφοράς (εξαιρουμένων των απωλειών), προσδιορίζεται με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 7,5 %.

**Βαθμίδα 2:**
Η ποσότητα κάθε σχετικής πρώτης ύλης ή προσθέτου [t] που καταναλώθηκε κατά την περίοδο αναφοράς (εξαιρουμένων των απωλειών), προσδιορίζεται με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 5,0 %.

**Βαθμίδα 3:**
Η ποσότητα κάθε σχετικής πρώτης ύλης ή προσθέτου [t] που καταναλώθηκε κατά την περίοδο αναφοράς (εξαιρουμένων των απωλειών), προσδιορίζεται με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 2,5 %.

**β) Συντελεστής εκπομπών**

Για κάθε ροή πηγής (δηλ. σχετικό μίγμα πρώτης ύλης ή πρόσθετο) μπορεί να εφαρμόζεται ένας αθροιστικός συντελεστής εκπομπών που περικλείει και τον οργανικό και τον ανόργανο άνθρακα ("ολικός άνθρακας (TC)"). Εναλλακτικά, μπορούν να εφαρμόζονται δύο διαφορετικοί συντελεστές εκπομπών – "ολικός ανόργανος άνθρακας (TIC)" και "ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)" –, για κάθε ροή πηγής. Κατά περίπτωση, πρέπει να χρησιμοποιούνται στοιχειομετρικές αναλογίες, οι οποίες εμφαίνονται στον πίνακα 1 κατωτέρω, για τη μετατροπή των δεδομένων σύστασης που αφορούν επιμέρους ανθρακικά άλατα. Το κλάσμα βιομάζας των

προσθέτων που δεν χαρακτηρίζονται ως καθαρή βιομάζα προσδιορίζεται σύμφωνα με τις διατάξεις του κεφαλαίου 13.4 του παραρτήματος Ι.

**Πίνακας 3**: Στοιχειομετρικές αναλογίες

| Ανθρακικό άλας | Στοιχειομετρική αναλογία | |
|---|---|---|
| CaCO3 | 0,440 [t CO2/t CaCO3] | |
| MgCO3 | 0,522 [t CO2/t MgCO3] | |
| BaCO3 | 0,223 [t CO2/t BaCO3] | |
| Γενικός χημικός τύπος: XY(CO3)Z | Συντελεστής εκπομπών = [MCO2] / {Y x [Mx] + Z x [MCO3 2-]} | X = αλκαλική γαία ή αλκαλιμέταλλο<br>Mx = μοριακό βάρος του X σε [g/mol]<br>MCO2 = μοριακό βάρος του CO2 = 44 [g/mol]<br>MCO3- = μοριακό βάρος των CO32- = 60 [g/mol]<br>Y = στοιχειομετρικός αριθμός του X<br>= 1 (για αλκαλικές γαίες)<br>= 2 (για αλκαλιμέταλλα)<br>Z = στοιχειομετρικός αριθμός των CO32- = 1 |

**Βαθμίδα 1:**
Αντί αποτελεσμάτων αναλύσεων, εφαρμόζεται συντηρητική τιμή 0,2 τόνων $CaCO_3$ (αντιστοιχεί σε 0,08794 τόνους $CO_2$) ανά τόνο ξηράς αργίλου για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπών.

**Βαθμίδα 2:**
Συνάγεται, και επικαιροποιείται τουλάχιστον ετησίως με την εφαρμογή της βέλτιστης βιομηχανικής πρακτικής, συντελεστής εκπομπών για κάθε ροή πηγής, ο οποίος αντικατοπτρίζει τις ειδικές συνθήκες λειτουργίας και το συνδυασμό προϊόντων της εγκατάστασης.

**Βαθμίδα 3:**
Η σύσταση των σχετικών πρώτων υλών προσδιορίζεται σύμφωνα με το τμήμα 13 του παραρτήματος Ι.

**Συντελεστής μετατροπής**

**Βαθμίδα 1:**
Η ποσότητα ανθρακικών αλάτων και λοιπών μορφών άνθρακα που εξέρχεται από τον κλίβανο ως συστατικό των προϊόντων θεωρείται μηδενική με συντηρητική παραδοχή, δηλ. παραδοχή πλήρους πύρωσης και οξείδωσης, η οποία εκφράζεται με συντελεστή μετατροπής ίσο με 1.

**Βαθμίδα 2:**
Τα ανθρακικά άλατα και άλλες μορφές άνθρακα που εξέρχονται από τον κλίβανο συλλαμβάνονται με τη βοήθεια συντελεστή μετατροπής του οποίου η τιμή κυμαίνεται

μεταξύ 0 και 1, όπου η τιμή 1 αντιστοιχεί σε πλήρη μετατροπή των ανθρακικών αλάτων ή άλλων μορφών άνθρακα. Ο επιπλέον προσδιορισμός σχετικών χημικών παραμέτρων των προϊόντων εκτελείται σύμφωνα με το τμήμα 13 του παραρτήματος Ι.

**Μέθοδος υπολογισμού Β: οξείδια αλκαλικών γαιών**

Το $CO_2$ πύρωσης υπολογίζεται με βάση τις παραγόμενες ποσότητες κεραμικών ειδών και την περιεκτικότητά τους σε CaO, MgO και άλλα οξείδια αλκαλικών γαιών/αλκαλιμετάλλων (δεδομένα δραστηριότητας$_{\text{Ο ΕΚΡΟΗ}}$). Ο συντελεστής εκπομπών διορθώνεται για να ληφθούν υπόψη τα ήδη πυρωμένα Ca και Mg και οι άλλες ενώσεις αλκαλικών γαιών/αλκαλιμετάλλων που εισέρχονται στον κλίβανο (δεδομένα δραστηριότητας$_{\text{Ο ΕΙΣΡΟΗ}}$), λόγου χάριν εναλλακτικά καύσιμα και πρώτες ύλες με σημαντική περιεκτικότητα σε CaO ή MgO. Χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού:

*Εκπομπές $CO_2$ [t $CO_2$] = $\sum$ {δεδομένα δραστηριότητας * συντελεστής εκπομπών * συντελεστής μετατροπής}*

όπου:

**α) Δεδομένα δραστηριότητας**

Τα δεδομένα δραστηριότητας για τα προϊόντα σχετίζονται με τη μικτή παραγωγή, στην οποία συμπεριλαμβάνονται τα απορριπτόμενα προϊόντα και το υαλόθραυσμα από τους κλιβάνους και τις αποστολές φορτίων.

**Βαθμίδα 1:**
Η μάζα των προϊόντων κατά την περίοδο αναφοράς προκύπτει με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 7,5%.

**Βαθμίδα 2:**
Η μάζα των προϊόντων κατά την περίοδο αναφοράς προκύπτει με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 5,0%.

**Βαθμίδα 3:**
Η μάζα των προϊόντων κατά την περίοδο αναφοράς προκύπτει με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ± 2,5%.

**β) Συντελεστής εκπομπών**

Υπολογίζεται ένας αθροιστικός συντελεστής εκπομπών, βασιζόμενος στην περιεκτικότητα του προϊόντος σε σχετικά μεταλλικά οξείδια, π.χ. CaO, MgO και BaO, με χρήση των στοιχειομετρικών αναλογιών του πίνακα 4.

Πίνακας 4: Στοιχειομετρικές αναλογίες

| Οξείδιο | Στοιχειομετρική αναλογία | Παρατηρήσεις |
|---|---|---|
| CaO | 0,785 [τόνοι CO2 ανά τόνο οξειδίου] | |
| MgO | 1,092 [τόνοι CO2 ανά τόνο οξειδίου] | |
| BaO | 0,287 [τόνοι CO2 ανά τόνο οξειδίου] | |
| Γενικός χημικός τύπος: XY(O)Z | Συντελεστής εκπομπών = [MCO2] / {Y x [Mx] + Z x [MO]} | X = αλκαλική γαία ή αλκαλιμέταλλο<br>Mx = μοριακό βάρος του X σε [g/mol]<br>MCO2 = μοριακό βάρος του CO2 = 44 [g/mol]<br>MO = μοριακό βάρος του O = 16 [g/mol]<br>Y = στοιχειομετρικός αριθμός του X<br>= 1 (για αλκαλικές γαίες)<br>= 2 (για αλκαλιμέταλλα)<br>Z = στοιχειομετρικός αριθμός του O = 1 |

**Βαθμίδα 1:**
Αντί αποτελεσμάτων αναλύσεων, εφαρμόζεται συντηρητική τιμή 0,123 τόνων CaO (αντιστοιχεί σε 0,09642 τόνους $CO_2$) ανά τόνο προϊόντος για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπών.

**Βαθμίδα 2:**
Συνάγεται και επικαιροποιείται, τουλάχιστον ετησίως, με την εφαρμογή της βέλτιστης βιομηχανικής πρακτικής συντελεστής εκπομπών που αντικατοπτρίζει τις ειδικές συνθήκες λειτουργίας και το συνδυασμό προϊόντων της εγκατάστασης.

**Βαθμίδα 3:**
Η σύσταση των προϊόντων προσδιορίζεται σύμφωνα με το τμήμα 13 του παραρτήματος Ι.

**γ) Συντελεστής μετατροπής**

**Βαθμίδα 1:**
Η ποσότητα των σχετικών οξειδίων που περιέχεται στις πρώτες ύλες θεωρείται μηδενική με συντηρητική παραδοχή, δηλ. με την παραδοχή ότι το σύνολο των οξειδίων του Ca, του Mg, του Ba και λοιπών αλκαλιμετάλλων του προϊόντος έχει

προέλθει από ανθρακικές πρώτες ύλες, η οποία εκφράζεται με συντελεστή μετατροπής ίσο με 1.

**Βαθμίδα 2:**
Η ποσότητα των σχετικών οξειδίων που περιέχεται στις πρώτες ύλες εκφράζεται με τη βοήθεια συντελεστή μετατροπής του οποίου η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1, όπου η τιμή 0 αντιστοιχεί σε ήδη πλήρη περιεκτικότητα της πρώτης ύλης στα σχετικά οξείδια. Ο επιπλέον προσδιορισμός σχετικών χημικών παραμέτρων των πρώτων υλών εκτελείται σύμφωνα με το τμήμα 13 του παραρτήματος Ι.

**CO2 από τη χρήση ασβεστόλιθου για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και για άλλους καθαρισμούς απαερίων**

Το $CO_2$ από τη χρήση ασβεστόλιθου για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων και για άλλους καθαρισμούς απαερίων υπολογίζεται με βάση την ποσότητα εισροής $CaCO_3$. Πρέπει να αποφεύγονται οι διπλοεγγραφές που απορρέουν από την ανακύκλωση χρησιμοποιημένου ασβεστόλιθου ως πρώτης ύλης στην ίδια εγκατάσταση.

Χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού:

*Εκπομπές $CO_2$ [t $CO_2$] = δεδομένα δραστηριότητας * συντελεστής εκπομπών*

όπου

**α) Δεδομένα δραστηριότητας**

**Βαθμίδα 1:**
Ποσότητα [t] ξηρού $CaCO_3$ που καταναλώθηκε κατά την περίοδο αναφοράς, προσδιοριζόμενη με ζύγιση από τον φορέα εκμετάλλευσης ή τους προμηθευτές του με μέγιστη αβεβαιότητα κάτω του ±7,5.

**β) Συντελεστής εκπομπών**

**Βαθμίδα 1:**
Στοιχειομετρικές αναλογίες για το $CaCO_3$[18].

## ΠΛΙΝΘΟΚΕΡΑΜΟΠΟΙΙΑ Γ.Α. ΣΑΚΕΛΛΑΡΑΚΟΣ Α.Ε.

Το παρακάτω κεφάλαιο αναφέρεται σε πληροφορίες για τη βιομηχανία της κεραμοποιίας από τη μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία του εργοστασίου πλινθοκεραμοποιίας Γ.Α. Σακελλαράκος Α.Ε. που εδρεύει στην Αρκαδία[19].

Η Μονάδα χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη χώμα αργιλικής σύστασης προερχόμενο από δύο λατομεία που μισθώνονται από την ίδια την επιχείρηση. Η πρώτη ύλη αναμιγνύεται με νερό, μορφοποιείται κατάλληλα σε πρέσα και εισάγεται στο ξηραντήριο υπό θερμοκρασία 100°C. Ως πρόσθετα χρησιμοποιούνται POROTON (μόνο για συγκεκριμένο τύπο προϊόντος) και κατά περίπτωση πετρελαϊκό κωκ, για βελτίωση των συνθηκών της καύσης. Μετά το πέρας της ξήρανσης, η οποία αποτελεί και το κρισιμότερο στάδιο της βιομηχανικής διεργασίας, η κεραμική μάζα εισάγεται στο φούρνο όπου και το προϊόν παίρνει την τελική του μορφή σε θερμοκρασία 750 - 900°C.

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας είναι μαζούτ και υγραέριο και τα οποία αποθηκεύονται σε πιστοποιημένες υπέργειες δεξαμενές.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός του εργοστασίου περιλαμβάνει:

- Μηχανήματα Προετοιμασίας Τούβλων
- Ξηραντήριο
- Σύστημα Αυτόματης Πολλαπλής Κοπής, Μεταφοράς Τούβλων και Αυτόματης Φόρτωσης Βαγονιών Ξηραντήριου
- Φούρνο
- Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Ξηραντήριου
- Αυτόματο Σύστημα Επιστροφής και Καθόδου Παλετών με Αυτόματο Αναβατόριο και Αποθήκη
- Σύστημα Αυτοματισμού Φόρτωσης Βαγονιών Φούρνου
- Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Φούρνου
- Συγκρότημα Ξεπακεταδόρου
- Μηχάνημα Διόγκωσης Πολυεστέρα
- Μη Παραγωγικά Μηχανήματα

Σε σχέση με την προηγούμενη άδεια λειτουργίας έλαβαν χώρα οι ακόλουθες αντικαταστάσεις μηχανολογικού εξοπλισμού:

Α. Μηχανήματα Προετοιμασίας Τούβλων

- Αυτόματος Τροφοδότης
- Φρέζα Τροφοδότη
- Λειαντική Ξηρού Χώματος (2)
- Λειαντική Λάσπης (2)
- Σιλό Επεξεργασίας Χώματος

Β. Ξηραντήριο

- Αύξηση χωρητικότητας - επέκταση Ξηραντήριου
    - Ανεμιστήρας τετραπλός με κώνο
    - Ανεμιστήρας τριπλός
    - Ανεμιστήρας Κώνος
    - Σύστημα Κίνησης Ανεμιστήρων
    - Ανεμιστήρας Υγρασιών
    - Ανεμιστήρας Θερμών
    - Θερμική
- Αξονικός Ανεμιστήρας Εξαγωγής Υγρασίας

Γ. Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Ξηραντήριου

- Μεταφορέας Βαγονιών Ξηραντήριου Εισόδου
- Μεταφορέας Βαγονιών Ξηραντήριου Εξόδου

Δ. Φούρνος

- Ανεμιστήρας Φούρνου

Ε. Αυτόματο Σύστημα Φόρτωσης Βαγονιών Φούρνου

- Αεροσυμπιεστής (2)
- Πάγκος Προγραμματισμού
- Σύστημα Εκφόρτωσης Ξηρού Υλικού

ΣΤ. Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Φούρνου

- Πόρτα εισόδου Φούρνου
- Πόρτα εξόδου φούρνου
- Πόρτα προθαλάμου φούρνου

Ζ. Συγκρότημα Ξεπακεταρίσματος
- Κινητήρας κινήσεως Ξεπακεταδόρου

Σε σχέση με τη προ της επέκτασης κατάσταση, η παραγωγική δυναμικότητα αυξάνεται κατά περίπου 30%. Η εγκατάσταση του νέου ξηραντήριου αναμένεται να έχει θετική επίπτωση, τόσο στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων όσο και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την παραγωγή αέριων ρύπων.

**Περιγραφή της λειτουργίας των διαφόρων μονάδων της εγκατάστασης**

**Γενικά**

Η πρώτη ύλη, από το τροφοδοτικό μηχάνημα, μέσω μεταφορικής ταινίας, οδηγείται στην πρέσα, τα δε παραγόμενα υγρά τούβλα πακετάρονται και μεταφέρονται με βαγόνια στο ξηραντήριο, προς ξήρανση στους 1000C και κατόπιν στο φούρνο όπου η μεγίστη θερμοκρασία φθάνει τους 9000 C. Στην πρώτη ύλη προστίθεται και ποσότητα Petroleum – Coke, για την βελτίωση των συνθηκών καύσης, ενώ για την παραγωγή ειδικού τύπου κεραμικού προϊόντος, προστίθεται μικρή ποσότητα οργανικού (πολυεστερικού) προσθέτου (POROTON). Στο ξηραντήριο ο θερμός αέρας έρχεται από το φούρνο μέσω αεραγωγών. Η τροφοδότηση, επανακυκλοφορία και απαγωγή του αέρα του φούρνου γίνεται μέσω ανεμιστήρων. Στο φούρνο ο θερμός αέρας παράγεται μέσω καυστήρων μαζούτ. Ο φούρνος είναι κατασκευασμένος από ειδικά πυρίμαχα τούβλα ενώ τα βαγόνια από πυρίμαχο τσιμέντο και ελαφρόπετρα.

Η ηλεκτροδότηση των κινητήρων γίνεται δια εναλλασσομένου ρεύματος 220/380 V, η δε κίνηση μεταδίδεται στα αντίστοιχα μηχανήματα μέσω ιμάντων ή οδοντωτών τροχών με όλους τους κανόνες ασφαλείας. Η ηλεκτροδότηση των εγκαταστάσεων γίνεται από τον υποσταθμό μέσω δύο Μετασχηματιστών 25 KV/400 V, ισχύος 630 KVA, ο καθένας.

**Μηχανήματα Προετοιμασίας**

Τα Μηχανήματα Προετοιμασίας αφορούν σε εκείνα που αναλαμβάνουν την προ – επεξεργασία της πρώτης ύλης (αργιλόχωμα) πριν την είσοδο αυτής στο ξηραντήριο. Επίσης, περιλαμβάνεται και ο εξοπλισμός μεταφοράς της πρώτης ύλης για τα επόμενα στάδια επεξεργασίας. Η συνολική ισχύς του συστήματος των μηχανημάτων προετοιμασίας ανέρχεται σε 969,5 HP (722,28 KW). Μία συνοπτική περιγραφή του εγκατεστημένου εξοπλισμού παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.

Πιο αναλυτικά, καταρχήν το χώμα μεταφέρεται από τον αυτόματο τροφοδότη προς την φρέζα. Η τελευταία συνίσταται σε λεπίδες για ελάττωση μεγέθους των τεμαχιδίων της πρώτης ύλης. Ακολουθεί η λειαντική της ξηρής πρώτης ύλης η οποία περιλαμβάνει δύο αντίρροπα κινούμενους κυλίνδρους, οι οποίοι και λειοτριβούν το χώμα. Πριν ακριβώς από την πρώτη λειαντική, προστίθεται και το πετρελαϊκό κωκ.

Ακολουθεί η διάταξη απορρόφησης της σκόνης η οποία παράγεται από τις προηγούμενες διεργασίες και το ζυμωτήριο εντός του οποίου, προστίθεται νερό και κατά περίπτωση (ανάλογα με το είδος του προς παραγωγή προϊόντος) το οργανικό πρόσθετο POROTON, στην πρώτη ύλη και αυτή υφίσταται ζύμωση μέσω συστήματος κοχλιών. Ακολουθεί το σιλό της επεξεργασίας του χώματος, από το οποίο διέρχεται το προϊόν σε κοχλία ο οποίος με τη σειρά του το στέλνει στην μεταφορική ταινία και από εκεί για περαιτέρω επεξεργασία.

Πίνακα 5: Μηχανήματα Προετοιμασίας – Μηχανολογικός Εξοπλισμός

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Αυτόματος τροφοδότης | 5,0 |
| Φρέζα Τροφοδότη | 20,0 |
| Λειαντική ξερού χώματος (ι) | 90,0 |
| Λειαντική ξερού χώματος (ιι) | 70,0 |
| Απορρόφηση σκόνης | 10,0 |
| Απορροφητήρας | 10,0 |
| Ζυμωτήριο | 90,0 |
| Αντλία ελαίου | 1,5 |
| Μοτέρ ελαίου Ζυμωτηρίου | 1,5 |
| Λειαντική Λάσπης (i) | 125,0 |
| Λειαντική Λάσπης (ii) | 60,0 |
| Σιλό επεξεργασίας χώματος | 86,0 |
| Μεταφορική ταινία (τεμ. 2) | 3,0 |
| Πρέσα | 270,0 |
| Ζυμωτήριο Πρέσας | 101,5 |
| Μοτέρ κενού αέρα πρέσας | 20,0 |
| Μεταφορική Ταινία (τεμ. 6) | 6,0 |
| | 969,50 |
| | 722,28 |

**Σύστημα Αυτόματης Πολλαπλής Κοπής, Μεταφοράς Τούβλων και Αυτόματης Φόρτωσης Βαγονιών Ξηραντήριου**

Το συγκεκριμένο σύστημα αφορά στην κοπή της πρώτης ύλης σε τεμάχια (τούβλα) καθώς και στην φόρτωση των τελευταίων σε βαγόνια, προκειμένω για την μεταφορά τους στο ξηραντήριο. Ο εγκατεστημένος μηχανολογικός εξοπλισμός παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Σύστημα Αυτόματης Πολλαπλής Κοπής, Μεταφοράς Τούβλων και Αυτόματης Φόρτωσης Βαγονιών Ξηραντήριου

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Περιστροφικός κόπτης μεγάλου τεμαχίου | 4,0 |
| Κόπτης καθέτου πολλαπλής κοπής | 8,0 |
| Τράπεζα μεταφοράς τούβλων | 3,0 |
| Σύστημα παλετταρίσματος τύπου UNIVERSAL | 3,0 |
| Διασταυρούμενος αλυσσομεταφορέας παλετών | 3,0 |
| Σύστημα φορτώσεως βαγονιών ξηραντηρίου (αναβατήρα) | 5,0 |
| Περιστρεφόμενη τράπεζα αλλαγής κατευθύνσεως βαγονιών ξηραντηρίου | 4,0 |
| **Συνολική Ισχύς** | 30,00 |
| **Συνολική Ισχύς (KW)** | 22,35 |

Πιο αναλυτικά, μέσω της μεταφορικής ταινίας, η πρώτη ύλη μετά την προετοιμασία της με τις διατάξεις που περιγράφηκαν παραπάνω μεταφέρεται σε περιστροφικό κόπτη μεγάλου τεμαχίου, τύπου III-V, 8 συρμάτων κοπής, με χαρακτηριστικά περάσματος πλάτος 570 mm και ύψος 300 mm. Ακολουθεί ένα σύστημα ελέγχου θραύσεως συρμάτων του κόπτη που περιγράφηκε ανωτέρω. Στη συνέχεια έχει τοποθετηθεί δεύτερος κόπτης, καθέτου και πολλαπλής κοπής, ώστε τα τούβλα τα κόβονται διαδοχικά και πλευρικά, καθώς και το αντίστοιχο σύστημα ελέγχου θραύσεως των συρμάτων αυτού. Επιπλέον υφίσταται κάθετο πλαίσιο μεταφοράς (παλινδρομήσεως) των ανωτέρω Κοπτών.

Τα προϊόντα που εξέρχονται από τον Κόπτη πολλαπλής κοπής τοποθετούνται σε Τράπεζα μεταφοράς τούβλων μεταξύ του Κόπτη και του συστήματος παλεταρίσματος. Στο σημείο αυτό υπάρχει και μειωτήρας στροφών για τον για το συγχρονισμό του συστήματος παλεταρίσματος και του Κόπτη. Το σύστημα παλεταρίσματος είναι τύπου UNIVERSAL και συνδέεται με μεταφορική ταινία μήκους 8 μέτρων και πλάτους 550 mm, με τον διασταυρωμένο αλυσσομεταφορέα παλετών. Ο τελευταίος χρησιμοποιείται για την εισαγωγή φορτωμένων παλετών στο αναβατήρα που περιγράφεται κατωτέρω, μέσω συστήματος ευθυγραμμίσεως παλετών και ρυθμιζόμενης μεταφορικής ταινίας και είναι σχεδιασμένος για δύο σειρές παλετών. Ακολουθεί σύστημα φορτώσεως των βαγονιών του ξηραντηρίου

(αναβατήρα) σχεδιασμένος για δύο σειρές παλετών, με απόσταση μεταξύ των σειρών 600 mm. Το σύστημα ολοκληρώνεται με μία περιστρεφόμενη τράπεζα αλλαγής κατευθύνσεως των βαγονιών ξηραντηρίου, μέγιστου φορτίου 8 τόνων.

**Ξηραντήριο**

Το σύστημα του Ξηραντηρίου αποτελείται από 3 θαλάμους με διαστάσεις 6,30 Χ 57,20 m για τους δύο πρώτους και 6,50 Χ 57,20 για τον τρίτο θάλαμο. Ο απαιτούμενος για την ξήρανση χρόνος είναι 32 ώρες. Η θερμοκρασία λειτουργίας των θαλάμων ανέρχεται στους 100°C και η θέρμανση επιτυγχάνεται με τη χρήση υγραερίου (LPG).

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά προϊόντων που εξέρχονται του Ξηραντηρίου

| Κωδικός Προϊόντος | Διαστάσεις | Μέσο Βάρος (kg) | Ετήσια παραγωγή 2005 (τεμ.) |
|---|---|---|---|
| 5003 | 19 Χ 19 Χ 30 | 12,00 | 38.470 |
| 5004 | 9 Χ 19 Χ 19 | 3,30 | 513.800 |
| 5005 | 12 Χ 8,5 Χ 19 | 1,80 | 937.100 |
| 5008 | 15 Χ 17 Χ 31 | 8,00 | 699.188 |
| 5010 | 6 Χ 11,5 Χ 19 | 1,40 | 277.600 |
| 5012 | 12 Χ 8,5 Χ 19 | 2,15 | 1.876.710 |
| 5014 | 9 Χ 19 Χ 19 | 3,30 | 575.000 |
| 5015 | 12 Χ 8,5 Χ 19 | 2,15 | 37.270.050 |
| 5017 | 6 Χ 8,5 Χ 19 | 1,15 | 5.907.100 |
| 5018 | 6 Χ 8,5 Χ 19 | 10,00 | 25.940 |

Η τροφοδότηση, ανακυκλοφορία και απαγωγή του αέρα του ξηραντηρίου πραγματοποιείται μέσω ανεμιστήρων. Συγκεκριμένα υπάρχει ένας ακτινικός (ελικοειδής) ανεμιστήρας με χαρακτηριστικά κινητήρα 30,0 HP, 88.000 m3/h, 55, mm Υ.Σ., ένας αξονικός ανεμιστήρας εξαγωγής με χαρακτηριστικά κινητήρα 15,00 HP, 88.400 m3/H, 15,00 mm Υ.Σ. και ένα σύστημα με δύο ανεμιστήρες ανακυκλοφορίας έκαστος τύπου LVZ 3, 15.000,00 m3/h, 15,00 mm Υ.Σ., με κινητήρα 34,0 HP.
\

Πίνακας 8: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Ξηραντηρίου (1)

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Ελικοειδής Ανεμιστήρας Ξηραντηρίου | 30,0 |
| Αξονικός Ανεμιστήρας Εξαγωγής Υγρασιών | 20,0 |
| Ανεμιστήρας Ανακυκλοφορίας (2) | 34,0 X 2 = 68,0 |
| Κινητήρας Κίνησης Βαγονιών 1X1 HP | 1,0 |
| Ελικοειδής Ανεμιστήρας Ξηραντηρίου | 10,0 |
| Θερμική εστία | 4,0 |
| Μοτέρ κίνησης ανεμιστήρων | 0,74 |
| Ανεμιστήρας Ανακυκλοφορίας (5) | 18,0 X 5 = 90,0 |
| **Συνολική Ισχύς (HP)** | 223,74 |
| **Συνολική Ισχύς (KW)** | 166,68 |

Το σύστημα του ξηραντηρίου περιλαμβάνει επιπλέον:

1. Οριζόντιο σύστημα αερισμού περιλαμβάνον:
   α) 4 οχήματα αερισμού αυτοκινούμενα
   β) 16 οχήματα αερισμού χωρίς κίνηση τα οποία περιέχουν σύστημα πινάκων αναταράξεως του αέρος και τροφοδοτικό καλώδιο εκ PVC.

2. Εξοπλισμό συστήματος αερισμού (DAMPERS, κεφαλές μετρήσεως υγρασίας, θερμοκρασίας, μονώσεις κλπ.).

3. Ενδιάμεσο εφεδρικό σύστημα θερμάνσεως, βαρέως πετρελαίου, ικανότητος θερμάνσεως 4,18 GJ/H.

4. Ηλεκτρική αυτόματη πόρτα, πλάτους 2,60 m, ύψους 4,40 m, στην είσοδο του ξηραντηρίου, κινούμενη παραλλήλως προς την βάση της (ολισθαίνουσα).

5. Ανυψούμενη αυτόματη πόρτα, πλάτους 2,60 m, ύψους 4,40 m, στην έξοδο του ξηραντηρίου

6. Ηλεκτρικό πίνακα ελέγχου και μετρήσεως υγρασίας, θερμοκρασίας κλπ. εκ του οποίου ελέγχονται οι ανεμιστήρες, τα αυτοκινούμενα οχήματα αερισμού και ο εξοπλισμός συστήματος αερισμού και ο οποίος είναι κατασκευασμένος βάσει των Γερμανικών Κανονισμών.

Μετά την επέκταση του χώρου του Ξηραντηρίου προστίθεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός που παρουσιάζεται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Ξηραντηρίου (2)

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Ανεμιστήρας Τετραπλός με Κώνο | 27,5 |
| Ανεμιστήρας Τριπλός | 99,0 |
| Ανεμιστήρας Κώνος | 24,0 |
| Σύστημα Κίνησης Ανεμιστήρων | 0,74 |
| Ανεμιστήρας Υγρασιών | 24,0 |
| Ανεμιστήρας Θερμών Αερίων | 123,0 |
| Θερμική Εστία | 7,24 |
| Συνολική Ισχύς (HP) | 305,48 |
| Συνολική Ισχύς (KW) | 227,58 |

**Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Ξηραντηρίου**

Το σύστημα αυτό συνίσταται στους μηχανισμούς μεταφοράς των βαγονιών από και προς το ξηραντήριο. Το σύνολο του μηχανολογικού εξοπλισμού του Συστήματος Διακίνησης Βαγονιών Ξηραντηρίου, περιγράφεται στον Πίνακα 10.

Ο μεταφορέας των βαγονιών που εισέρχονται στο ξηραντήριο λειτουργεί αυτόματα, ακολουθούμενο από σύστημα τροφοδοτικού καλωδίου από PVC, μήκους μετακινήσεως 13 μέτρων. Ο μεταφορέας έχει ικανότητα 5 στάσεων και ικανότητα μεταφοράς ενός βαγονιού. Ο μεταφορέας των βαγονιών που εξέρχονται από το ξηραντήριο συνίσταται σε αυτόματο όχημα μεταφοράς βαγονιών για την έλξη των βαγονιών εκτός του ξηραντηρίου, ακολουθούμενα από σύστημα τροφοδοτικού καλωδίου από PVC, μήκους μετακινήσεων 16 μέτρων. Ο μεταφορέας έχει ικανότητα 5 στάσεων και ικανότητα μεταφοράς ενός βαγονιού.

Πίνακας 10: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Συστήματος Διακίνησης Βαγονιών Ξηραντηρίου

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Μεταφορέας Βαγονίων Ξηραντηρίου (Εισόδου) | - |
| Μεταφορέας Βαγονίων Ξηραντηρίου (Εξόδου) | - |
| Αλυσομεταφορέας Βαγονίων (Ωθητήρας) | 2,0 |
| Αλυσομεταφορέας Βαγονίων (Ωθητήρας) | 2,0 |
| Αλυσομεταφορέας Βαγονίων (Ωθητήρας) | 1,0 |
| Αλυσομεταφορέας Βαγονίων (Ωθητήρας) | 1,0 |
| Συνολική Ισχύς (HP) | 15,00 |
| Συνολική Ισχύς (KW) | 11,17 |

Οι Αλυσσομεταφορείς των βαγονιών του ξηραντηρίου (Ωθητήρες) έχουν δύο κινητήρες και ικανότητα ωθήσεως 500 Kg. Το ολικό μήκος των κυμαίνεται από 2 ως 5 m.

Το σύστημα Διακίνησης των Βαγονιών του Ξηραντηρίου περιλαμβάνει επιπλέον:

- Σύστημα έλξεως, τύπου Lj, 1500, βαγονιών ξηραντηρίου με συρματόσχοινο κινουμένου από τον αλυσσομεταφορέα 4.4, με απόσταση αξόνων 50 m.

- Σύστημα πεδήσεως με ελατηριακές πλάκες.

- Σύστημα μη επιστροφής βαγονιών.

**Φούρνος**

Πρόκειται για κλίβανο τύπου HOFFMAN, δυναμικότητας 283 τόνων ανά ημέρα. Οι διαστάσεις του είναι 81,0 X 4,5 X 2,0m, η χωρητικότητα του ανέρχεται στα 800 m2, ενώ η πυκνότητα στοιβασίας είναι 800 kg/m2. Η ονομαστική θερμική ισχύς του φούρνου ανέρχεται στις 8,2 MWth. Διαθέτει αυτόματη ανυψούμενη πόρτα εξόδου, 2 X 4,5 m, διπλής ασφαλίσεως, με την εσωτερική της πλευρά επενδεδυμένη με κατάλληλο αντι-διαβρωτικό υλικό και αντίστοιχη ανυψούμενη θύρα εξόδου με τις ίδιες διαστάσεις. Η οροφή του κλιβάνου είναι επίπεδη (σύστημα LING), με συνολική επιφάνεια 311 m2 και κατασκευασμένη από ειδικά πυρίμαχα τούβλα τύπου A-3. Η οροφή στηρίζεται με δοκούς μήκους 5,47 m.

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός, ο σχετικός με τη λειτουργία του φούρνου περιγράφεται κατωτέρω.

Πίνακας 11: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Φούρνου

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Αναφορά στο Μηχανολογικό Σχέδιο | Ισχύς (HP) |
|---|---|---|
| Υδραυλικός Ωθητήρας Βαγονιών Φούρνου | | 10,0 |
| Ανεμιστήρας Καυστήρα Μαζούτ | | 27,5 |
| Ανεμιστήρας Προθέρμανσης Μαζούτ | | 3,0 |
| Ανεμιστήρας Φούρνου | | 30,0 |
| Ανεμιστήρας Ψύξης Βαγονιών Φούρνου (τεμ. 4) | | 0,5 X 4 = 2,0 |
| Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας Φούρνου | | 5,5 |
| Ανεμιστήρας ανακυκλοφορίας Θερμών Αερίων (τεμ.2) | | 5,5 X 2 = 11,0 |
| Ανεμιστήρας τροφοδοσίας φούρνου με αέρα | | 5,5 |
| Ανεμιστήρας Συστήματος Ταχείας ψύξεως | | 4,0 |
| | Συνολική Ισχύς (HP) | 98,5 |
| | Συνολική Ισχύς (KW) | 73,38 |

Τα βαγόνια, μετά την ξήρανση της πρώτης ύλης, εισέρχονται στον Φούρνο μέσω του υδραυλικού ωθητήρα . Ο τελευταίος διαθέτει μέγιστη δύναμη ωθήσεως 15 τόνων. Εντός του κλιβάνου τα τούβλα πυρώνονται σε θερμοκρασία που φθάνει μέχρι και τους 900°C. Τα βαγόνια του φούρνου έχουν διάμετρο τροχού 350 mm και επιδέχονται μέγιστο φορτίο ανά τροχό 10,2 τόνους. Κάθε βαγόνι περιέχει περίπου 6000 τούβλα. Η απαιτούμενη παραμονή των τούβλων εντός του φούρνου ανέρχεται στις 36 ώρες.

Η θερμότητα για την πύρωση των τούβλων παράγεται από την καύση μαζούτ σε ειδικό καυστήρα. Το σύστημα του καυστήρα περιλαμβάνει:

1. 90 καυστήρες μαζούτ
2. 5 ακτινικούς ανεμιστήρες (3,5 HP, 1.476 m3/h και 500 mm ΥΣ έκαστος)
3. Σύστημα προθέρμανσης του μαζούτ μέσω θερμού αέρα (σύστημα LINGL) το οποίο συνίσταται σε:
    - Σύστημα αναρρόφησης
    - Εναλλάκτη θερμότητας
    - Ακτινικό ανεμιστήρα 2.500 m3/h 100 mm Υ.Σ., με κινητήρα 3,0HP.
    - Αυτόματο περιστρεφόμενο DAMPER αέρος με σεβροκινητήρα
    - Ρυθμιστή του ΜΑΖΟΥΤ με θερμόμετρο αντιστάσεως, τύπου PT 100.

4. Σύστημα τροφοδοσίας ΜΑΖΟΥΤ, περιλαμβάνον αντλία τύπου ΖΑ 2200, και σύστημα διατηρήσεως σταθερής πιέσεως ΜΑΖΟΥΤ τύπου LDS 92 Ε.
5.

Η ανακυκλοφορία των θερμών αερίων στην είσοδο του φούρνου επιτυγχάνεται με δύο ακτινικούς ανεμιστήρες με χαρακτηριστικά 20.000 m3/h, 35 mm ΥΣ και κινητήρα ισχύος 5,5 HP έκαστος. Ο φούρνος τροφοδοτείται με αέρα μέσω έτερου ανεμιστήρα χαρακτηριστικών 43.000 m3/h, 15 mm ΥΣ και κινητήρα 5,5 HP.

Υφίστανται δύο συστήματα ψύξης των βαγονιών του φούρνου μετά την πύρωση των τούβλων: ένα μέσω της δράσης 4 ανεμιστήρων με χαρακτηριστικά 2.200 m3/h και 0,5 HP έκαστος (5.5) και ένα σύστημα ταχείας ψύξεως από ανεμιστήρα (5.9), με χαρακτηριστικά 3.200 m3/h, 15 mm Υ.Σ. και κινητήρα 4 HP.

Το σύστημα του φούρνου περιλαμβάνει επιπλέον:

- DAMPERS καπνού, θερμού και ψυχρού αέρος
- Ανθρωποθυρίδα
- Θερμοστοιχεία
- Σωλήνες θερμομέτρων αντιστάσεων
- Υγρόμετρα, θερμόμετρα
- Εξοπλισμός βάσεως και πλευρών του φούρνου (DAMPERS, ράγες, κρεμάσματα κ.λ.π.)
- Μηχανικό σύστημα αυτόματης αναρρόφησης.
- Σύστημα ελέγχου και CONTROL του φούρνου LINGL, αποτελούμενο από:

  α) Τους ρυθμιστές προθερμάνσεως, χώρου κυρίως καύσεως, αυτομάτου ψύξεως,

  β) Όργανα μετρήσεως θερμοκρασιών, πιέσεων κλπ.

  γ) Όργανα αναφοράς καταγραφής θερμοκρασιών

  δ) Όργανα CONTROL των εξής:
  - Θυρών εισόδου - εξόδου
  - Ωθητήρα
  - Σύστημα τροφοδοσίας αέρος
  - 5 ανεμιστήρες καυστήρων
  - Ανεμιστήρα ανακυκλοφορίας

- Δύο αντλίες ΜΑΖΟΥΤ

- 4 ανεμιστήρες ψύξεως βαγονιών

-2 ανεμιστήρες ανακυκλοφορίας αερίου

- Καυστήρες

**Αυτόματο Σύστημα Επιστροφής και Καθόδου Παλετών με Αυτόματο Αναβατόριο και Αποθήκη**

Πρόκειται για το σύστημα με το οποίο διακινούνται και αποθηκεύονται τα τελικά προϊόντα μετά την πύρωση στον κλίβανο. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός, ο σχετικός με τη λειτουργία του εν λόγω συστήματος περιγράφεται κατωτέρω (Πίνακας 12).

Το αναβατόριο – αποθήκη λειτουργεί αυτόματα και έχει ύψος 6 m, με την χωρητικότητά του να ανέρχεται στις 400 παλέτες. Η ταινία διευθετήσεως των παλετών τροφοδοτεί αντίστοιχη ταινία μεταφοράς των παλετών, μήκους 4 μέτρων. Το σύστημα τροφοδοσίας του συστήματος παλεταρίσματος είναι τύπου UNIVERSAL, μήκους 4 μέτρων.

Πίνακας 12: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Συστήματος Επιστροφής και Καθόδου Παλετών με Αυτόματο Αναβατόριο και Αποθήκη

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Αναφορά στο Μηχανολογικό Σχέδιο | Ισχύς (HP) |
|---|---|---|
| Αλλαγή κατεύθυνσης παλετών (90°) | 6.1 | 3,0 |
| Σύστημα ευθυγράμμισης παλετών | 6.2 | 3,0 |
| Ταινία διευθετήσεως παλετών | 6.3 | 3,0 |
| Σύστημα φόρτωσης και εκφόρτωσης Αποθ. Παλετών | 6.4 | 3,0 |
| Αναβατόριο-Αποθήκη παλετών | 6.5 | 15,0 |
| Σύστημα Τροφοδοσίας της συσκευής Παλεταρίσματος από αποθήκη Παλετών | 6.6 | 3,0 |
| | Συνολική Ισχύς (HP) | 30,00 |
| | Συνολική Ισχύς (KW) | 22,35 |

Επιπλέον υφίστανται:

- Μεταφορική ταινία εγκάρσιας επιστροφής παλετών μήκους 2 μέτρων
- Σύστημα καθόδου παλετών
- Ταινία μεταφοράς παλετών για την τροφοδότηση και εκκένωση του αναβατορίου – αποθήκης, μήκους 2,20 m.

**Αυτόματο Σύστημα Φόρτωσης Βαγονιών Φούρνου**

Ο βασικός μηχανολογικός εξοπλισμός του εν λόγω συστήματος παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 13: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Αυτόματου Συστήματος Φόρτωσης Βαγονιών Φούρνου

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | | Ισχύς (HP) |
|---|---|---|
| Περιστρεφόμενη Τράπεζα Αλλαγής Κατεύθυνσης | | 4,0 |
| Σύστημα Εκφόρτωσης Βαγονιών Ξηραντηρίου | | 5,0 |
| Σύστημα Φόρτωσης Βαγονιών Φούρνου | | 45,0 |
| Σύστημα Εκφόρτωσης Ξηρού Υλικού | | 54,0 |
| Πάγκος Προγραμματισμού | | 12,0 |
| Αεροσυμπιεστής (1) | | 50,0 |
| Αεροσυμπιεστής (2) | | 50,0 |
| | Συνολική Ισχύς (HP) | 200,0 |
| | Συνολική Ισχύς (KW) | 149,0 |

**Αυτόματο Σύστημα Διακίνησης Βαγονιών Φούρνου**

Με το σύστημα αυτό τα βαγόνια του Φούρνου διακινούνται από την είσοδο στην έξοδο του φούρνου με πλήρως αυτοματοποιημένο τρόπο. Ο μηχανολογικός εξοπλισμός, ο σχετικός με τη λειτουργία του εν λόγω συστήματος περιγράφεται κατωτέρω .

Πίνακας 14: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Αυτόματου Συστήματος Διακίνησης Βαγονιών Φούρνου

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Μεταφορέας Βαγονιών Φούρνου (εισόδου) | 10,0 |
| Μεταφορέας Βαγονιών Φούρνου (εξόδου) | 10,0 |
| Υδραυλικό Μηχάνημα Ωθήσεως Βαγονιών Φούρνου | 10,0 |
| Πόρτα εισόδου Φούρνου | 0,74 |
| Πόρτα προθαλάμου φούρνου | 4,0 |
| Πόρτα εξόδου φούρνου | 0,74 |
| **Συνολική Ισχύς (HP)** | 35,48 |
| **Συνολική Ισχύς (KW)** | 26,43 |

Ο Μεταφορέας των Βαγονιών του Φούρνου Εισόδου είναι ένα αυτόματο όχημα, τύπου LGA, μέσω του οποίου μεταφέρονται τα βαγόνια στην είσοδο του φούρνου. Ακολουθείται από σύστημα τροφοδοτικού καλωδίου εκ PVC, μήκους μετακινήσεως 18 m, 3 στάσεων, και ικανότητας μεταφοράς 1 βαγονιού. Ο Μεταφορέας των Βαγονιών του Φούρνου Εξόδου είναι ένα αυτόματο όχημα, τύπου MGA, μεταφοράς βαγονιών στην έξοδο του φούρνου. Ακολουθείται από σύστημα τροφοδοτικού καλωδίου εκ PVC, μήκους μετακινήσεως 20 m, 4 στάσεων και ικανότητας μεταφοράς 1 βαγονιού. Περιλαμβάνει επιπλέον υδραυλικό σύστημα ωθήσεως των βαγονιών φούρνου προς δύο κατευθύνσεις.

Το Υδραυλικό μηχάνημα ωθήσεως βαγονιών φούρνου, διαθέτει δύναμη ωθήσεως 8 τόνων. Το Σύστημα έλξεως βαγονιών του φούρνου, είναι τύπου LJ 3500, αποστάσεως αξόνων 70 m. Επιπλέον υφίσταται σύστημα έλξης με συρματόσκοινα, δύναμης 7,5 τόνων και απόστασης αξόνων 80 μέτρων.

Επιπλέον των προαναφερομένων περιλαμβάνονται:

1. Σύστημα πεδήσεως δι' ελατηριακών πλακών.
2. Γενικός ηλεκτρικός πίνακας περιέχων τα συστήματα ασφαλείας, αυτομάτους μηχανημάτων κλπ. κατασκευασμένος σύμφωνα με τους Γερμανικούς Κανονισμούς.
3. Μεταλλικές παλέτες (8000 τεμ.) από Γαλβανισμένη λαμαρίνα, διατάσεων 2.400 X 260 X 40 X 1,50 mm.

**Συγκρότημα Ξεπακεταρίσματος**

Αφορά στο σύστημα το οποίο παραλαμβάνει τα κεραμικά προϊόντα από τα βαγόνια του φούρνου και ακολούθως τα τακτοποιεί σε παλέτες. Τα τούβλα δένονται και είναι πλέον έτοιμα προς διάθεση.

Πίνακας 15: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Συγκροτήματος Ξεπακεταρίσματος Τούβλων

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Κινητήρας κινήσεως Ξεπακεταδόρου | 15,0 |
| Κινητήρας κινήσεως Αλυσίδας | 16,0 |
| Κινητήρας Δετικών Μηχανών | 0,5 |
| Κινητήρας Δετικών Μηχανών | 1,0 |
| Κινητήρας Δετικών Μηχανών | 2,0 |
| Κινητήρας Δετικών Μηχανών | 2,0 |
| Συνολική Ισχύς (HP) | 36,50 |
| Συνολική Ισχύς (KW) | 27,19 |

**Μηχάνημα Διόγκωσης Πολυεστέρα**

Αφορά στην διόγκωση του οργανικού προσθέτου, για συγκεκριμένο τύπο (κωδ. 5005) προϊόντος. Πρόκειται για ένα μικρό κλίβανο, εντός του οποίου θερμαίνεται για μικρό χρονικό διάστημα το POROTON και ακολούθως διογκώνεται. Ο σχετικός εγκατεστημένος μηχανολογικός εξοπλισμός φαίνεται στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Μηχανήματος Διόγκωσης Πολυεστέρα

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Κλίβανος POROTON | 16,0 |
| Συνολική Ισχύς (HP) | 16,00 |
| Συνολική Ισχύς (KW) | 11,92 |

**Μη Παραγωγικά Μηχανήματα**

Αφορά σε μηχανήματα τα οποία δεν χρησιμοποιούνται άμεσα στην παραγωγή, ωστόσο είναι απολύτως απαραίτητα για την ασφαλή και ομαλή λειτουργία του Εργοστασίου. Ο αντίστοιχος μηχανολογικός εξοπλισμός παρουσιάζεται στον Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Μηχανολογικός Εξοπλισμός Μη Παραγωγικών Μηχανημάτων

| Μηχανολογικός εξοπλισμός | Ισχύς (HP) |
|---|---|
| Αντλία πυρασφάλειας | 30,00 |
| Μοτέρ γεώτρησης | 3,00 |
| Συνολική Ισχύς (HP) | 33,00 |
| Συνολική Ισχύς (KW) | 24,58 |

**Χρήση Ύδατος και Ενέργειας**

Η Μονάδα λειτουργεί με ηλεκτρική ενέργεια, η κατανάλωση της οποίας ανέρχεται περίπου στις 14 MWh σε ετήσια βάση. Για την λειτουργία του Φούρνου και του Ξηραντηρίου χρησιμοποιούνται μαζούτ και υγραέριο σε ποσότητες που το 2005 ήταν 2.706 και 196 τόνοι αντίστοιχα. Τονίζεται ότι το Πετρελαϊκό Κωκ χρησιμοποιείται μόνο ως πρόσθετο στην πρώτη ύλη και επ' ουδενί για την παραγωγή ενέργειας. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η κατανάλωση καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας για τα τρία τελευταία έτη.

Πίνακας 18: Κατανάλωση καυσίμων της Μονάδας για τα 3 τελευταία έτη

| ΕΙΔΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ | Μονάδα Μέτρησης | 2004 | 2005 | 2006 (Στοιχεία Α τετραμήνου) | 2006 (πρόβλεψη έτους) |
|---|---|---|---|---|---|
| Μαζούτ | (Τ) | 2.601 | 2.706 | 840 | 2.520 |
| LPG | (Τ) | 148 | 196 | 60 | 190 |

Το υγραέριο αποθηκεύεται σε δύο πιστοποιημένες υπέργειες δεξαμενές, συνολικής χωρητικότητας 92 $m^3$. Αντίστοιχα το μαζούτ αποθηκεύεται σε πιστοποιημένη δεξαμενή χωρητικότητας 263 $m^3$.

Η ποσότητα ύδατος που καταναλώνει η επιχείρηση ημερησίως ανέρχεται στα 50 $m^3$. Η ποσότητα αυτή παρέχεται από το τοπικό δίκτυο αλλά και εναλλακτικά από την γεώτρηση που υφίσταται στον περιβάλλοντα του Εργοστασίου χώρο.

**Αέριοι Ρύποι**

Οι παραγόμενοι αέριοι ρύποι συνίστανται κατά βάση στο διοξείδιο του άνθρακα ($CO_2$), το οποίο στην περίπτωση της εξεταζόμενης Μονάδας απελευθερώνεται από δύο βασικές πηγές:

1. Την πύρωση του περιεχόμενου στην πρώτη ύλη ασβεστόλιθου ($CaCO_3$) και δολομίτη ($MgCO_3$) κατά την επεξεργασία στο φούρνο, σύμφωνα με τις ακόλουθες αντιδράσεις:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \quad (1)$$
$$MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2 \quad (2)$$

2. Την καύση ορυκτών καυσίμων (μαζούτ, υγραερίου και pet – coke) για την παραγωγή ενέργειας ή ως πρόσθετα στη διεργασία παραγωγής και η συνακόλουθη έκλυση διοξειδίου του άνθρακα

Οι υπολογισμοί του διοξειδίου του άνθρακα που εκλύονται από τις ανωτέρω διεργασίες υπολογίζονται με βάση την Απόφαση 2004/156/ΕΚ (Παράρτημα Ι). Στον Πίνακα …, γίνεται επισκόπηση των δραστηριοτήτων του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας στις οποίες εμπίπτει η επιχείρηση. Η τελευταία είναι ενταγμένη στο Εθνικό Σχέδιο Κατανομής, τόσο για την περίοδο 2005 – 2007 όσο και για την περίοδο 2008 – 2012. Τα δικαιώματα της Επιχείρησης για την πρώτη περίοδο ανέρχονται σε 12.743 τόνους $CO_2$ ενώ για την δεύτερη περίοδο σε 15.234 τόνους $CO_2$. Επιπλέον διαθέτει την υπ. αριθμ. 11556/3-2-2005 – Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ/Δνση ΕΑΡΘ, οριστική άδεια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Πίνακας 19: Επισκόπηση δραστηριοτήτων Παρατήματος Ι, Οδηγίας 2004/156/ΕΚ

| Κατηγορίες | IPPC Κατηγορία CRF | Κωδικός IPPC EPER | Χρησιμοποιηθείσα προσέγγιση: Υπολογισμός / μέτρηση | Αβεβαιότητα (προσέγγιση μέτρησης) | Αλλαγή βαθμίδων Ναι / Όχι |
|---|---|---|---|---|---|
| Δραστηριότητες | | | | | |
| Δραστηριότητα 1 | 2. Βιομηχανικές Διεργασίες Α. Ορυκτά Προϊόντα 7. Παραγωγή Κεραμικών | 3.5 | ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ | | ΟΧΙ |

Ακολούθως, παρουσιάζονται τα στοιχεία και οι υπολογισμοί που κατατέθηκαν από την Επιχείρηση στην αρμόδια υπηρεσία του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., για ένταξη στο Μητρώο Εκπομπών των Αερίων του Θερμοκηπίου για το έτος 2005.

**Αέριοι Ρύποι από την πύρωση της πρώτης ύλης**

Το $CO_2$ από ανθρακικά άλατα και από άνθρακα που περιέχεται σε άλλα υλικά τροφοδοσίας υπολογίζεται με τη χρήση μεθόδου υπολογισμού που βασίζεται στην ποσότητα ανθρακικών αλάτων της πρώτης ύλης (ασβεστόλιθος, δολομίτης) που υπέστησαν μετατροπή κατά τη διεργασία. Ο υπολογισμός βασίζεται στις εισροές ανθρακικών αλάτων, καθώς και από τον άνθρακα που περιέχεται στα πρόσθετα.

Χρησιμοποιείται ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού :

*Εκπομπή $CO_2$ [t $CO_2$ ] = (Δεδομένα δραστηριότητας Ανθρακικά * συντελεστής εκπομπών } + {Δεδομένα δραστηριότητας - πρόσθετα * συντελεστής εκπομπών }) * συντελεστής μετατροπής*

Όπου:
**Δεδομένα δραστηριότητας:**

Τα δεδομένα δραστηριότητας Ανθρακικά είναι η ποσότητα σε [t] των $CaCO_3$, $MgCO_3$ ή άλλων ανθρακικών αλάτων αλκαλικών γαιών ή αλκαλίων που χρησιμοποιήθηκε κατά την περίοδο αναφοράς μέσω των πρώτων υλών (ασβεστόλιθος, δολομίτης) και της περιεκτικότητάς τους σε $CO_3^{2-}$ καθώς και η ποσότητα σε [t] προσθέτων που περιέχουν άνθρακα.

**Συντελεστής Εκπομπών:**

Στοιχειομετρικές αναλογίες ανθρακικών αλάτων στην εισροή και εκροή διεργασίας. Λαμβάνουν τιμές 0,440 για το $CaCO_3$ και 0,522 για το $MgCO_3$.

**Συντελεστής Μετατροπής:**
Λαμβάνει την τιμή 1. Οι υπολογισμοί για το έτος 2005 περιγράφονται κατωτέρω:

Πίνακας 20: Υπολογισμοί Κεραμικής Μάζας*

| ΤΕΜΑΧΙΑ ΑΝΑ ΕΤΟΣ | kg/Τεμάχιο | Σύνολο (kg) | Σύνολο (Τ) |
|---|---|---|---|
| 38.470 | 12,00 | 461.640,0 | 461,64 |
| 699.188 | 8,00 | 5.593.504,0 | 5,593,50 |
| 37.270.050 | 2,15 | 80.130.607,5 | 80.130,61 |
| 5.907.100 | 1,15 | 6.793.165,0 | 6.793,17 |
| 937.100 | 1,80 | 1.874.200,0 | 1.874,20 |
| 513.800 | 3,30 | 1.695.540.0 | 1.695,54 |
| 277,600 | 1,40 | 444.160,0 | 444,16 |
| 1.876.710 | 2,15 | 4.034.926,5 | 4.034,93 |
| 575.000 | 3,30 | 1.897.500,0 | 1.897,50 |
| 25.940 | 10,00 | 259.400,0 | 259,40 |
| ΣΥΝΟΛΑ | | | |
| 48.120.958 | | 102.941.703 | 102.941,70 |

- **Η κεραμική μάζα αφορά στο βάρος των προϊόντων καθώς εξέρχονται από το Ξηραντήριο και πριν εισέλθουν στον Φούρνο και όχι στο βάρος των τελικών (προς διάθεση) προϊόντων.**
-

Τελική Κεραμική Μάζα = 102.941,70 – 22,1% Υγρασία ανά τεμάχιο = **80,191.59 Τ**

Συντ. Εκπομπής. Ca = 0.44

Περιεκτικότητα σε κεραμικής μάζας σε $CaCO_3$ = 7.67%

**Εκπομπές από Διεργασίες** = 0,44 X 0,0767 X 80,191.59 = **2.706,31 Τ**

(Το μαγνήσιο δεν υπολογίζεται καθώς δεν βρίσκεται στη μορφή $MgCO_3$ ή άλλου ανθρακικού άλατος)

**Αέριοι Ρύποι από την καύση ορυκτών καυσίμων**

Οι εκπομπές $CO_2$ από πηγές καύσης υπολογίζονται πολλαπλασιάζοντας το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε χρησιμοποιούμενου καυσίμου επί ένα συντελεστή

εκπομπών και ένα συντελεστή οξείδωσης . Για κάθε καύσιμο, εφαρμόζεται ο ακόλουθος υπολογισμός για κάθε δραστηριότητα:

*Εκπομπές $CO_2$ = Δεδομένα δραστηριότητας * Συντελεστής εκπομπών * Συντελεστής οξείδωσης*

Όπου:

**Δεδομένα Δραστηριότητας (ΔΔ)**:

Τα δεδομένα δραστηριότητας εκφράζονται ως το καθαρό ενεργειακό περιεχόμενο του καταναλωθέντος καυσίμου [TJ] κατά την περίοδο αναφοράς. Το ενεργειακό περιεχόμενο της κατανάλωσης καυσίμου υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο :

**Ενεργειακό περιεχόμενο κατανάλωσης καυσίμου [TJ]** = *καταναλωθέν καύσιμο [t] * καθαρή θερμογόνος αξία καυσίμου (ΚΘΙ) [TJ/t]*

Τα δεδομένα για τους υπολογισμούς των καυσίμων για το έτος 2005 παρουσιάζονται στους Πίνακες 21-22-23.

Πίνακας 21: Δεδομένα για Μαζούτ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Είδος δραστηριότητας του παραρτήματος I: ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ | | | | |
| Περιγραφή δραστηριότητας: ΠΥΡΩΣΗ ΑΡΓΙΛΙΚΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ | | | | |
| Ορυκτά καύσιμα | | | | |
| Καύσιμο 1 | | | | |
| Είδος καυσίμου | ΒΑΡΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΜΑΖΟΥΤ (HEAVY FUEL OIL-HFO) | | | |
| | | Μονάδα | Δεδομένα | Εφαρμοζόμενη βαθμίδα |
| | Δεδομένα δραστηριότητας:<br><br>Κατ/ση καυσίμου<br><br>ΚΘΙ | TJ<br><br>t<br><br>TJ/kt | 108,76<br><br>2.706,27<br><br>40,19 | <br><br>2b<br><br>2 |
| | Συντελεστής εκπομπών | t CO2/TJ | 76,59 | 2a |
| | Συντελεστής Οξείδωσης | % | - | ΕΜΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΣΤΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ |
| | Συνολικές εκπομπές | t CO2 | 8.330 | |

Πίνακας 22: Δεδομένα για Υγραέριο

| Καύσιμο 2 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Είδος καυσίμου | ΥΓΡΑΕΡΙΟ (LPG) | | | |
| | | Μονάδα | Δεδομένα | Εφαρμοζόμενη βαθμίδα |
| | Δεδομένα δραστηριότητας:<br><br>Κατ/ση καυσίμου<br><br>ΚΘΙ | TJ<br><br>t<br><br>TJ/kt | 9,29<br><br>196,40<br><br>47,31 | <br><br>2b<br><br>2 |
| | Συντελεστής εκπομπών | t CO2/TJ | 62,44 | 2a |
| | Συντελεστής οξείδωσης | % | - | ΕΜΠΕΡΙΕΧΕΤΑΙ ΣΤΟ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ |
| | Συνολικές εκπομπές | t CO2 | 580 | |

Πίνακας 23: Δεδομένα για Pet – Coke

| Περιγραφή των δεδομένων δραστηριότητας: Καύση του άνθρακα που περιέχεται στο πρόσθετο – PET COKE | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Καύσιμο 3 | | | | |
| | | Μονάδα | Δεδομένα | Εφαρμοζόμενη βαθμίδα |
| | Δεδομένα δραστηριότητας: | t | 435,59 | 1 |
| | Συντελεστής εκπομπών | t CO2/t | 3,106 | 1 |
| | Συντελεστής μετατροπής | % | 1 | 1 |
| | Συνολικές εκπομπές | t CO2 | 1.353 | |

Αναλυτικά, οι υπολογισμοί για τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα από την καύση ορυκτών καυσίμων περιγράφονται κατωτέρω.

**1. ΜΑΖΟΥΤ**

- ΚΘΙ = 40,19
- Συντ. Εκπομπής = 76,59
- Αγορά 2005 = 2686,265 Τ
- Απόθεμα 31/12/2004 = 165 Τ
- Απόθεμα 31/12/2005 = 185 Τ
- Κατανάλωση 2005 = 2706,265 Τ
- **Εκπομπές από Μαζούτ** = 76,59 Χ 40,19 Χ 2706,265 Χ 10-3 = **8.330,30 Τ**

**2. ΥΓΡΑΕΡΙΟ**

- ΚΘΙ = 47,31
- Συντ. Εκπομπής = 62,44
- Αγορά 2005 = 195,466 Τ
- Απόθεμα 31/12/2004 = 24,728 Τ
- Απόθεμα 31/12/2005 = 25,662 Τ
- Κατανάλωση 2005 = 196,4 Τ
- **Εκπομπές από Υγραέριο** = 47,31 Χ 62,44 Χ 196,4 Χ 10-3 = **580,17 Τ**

**3. ΚΩΚ**

- ΚΘΙ = 29,31
- Συντ. Εκπομπής = 106,00
- Κατανάλωση 2005 = 564,43 Τ
- Υγρασία ΚΩΚ = 11,07 %
- Ξηρή Μάζα ΚΩΚ = 564,43 Χ (1 – 0,1107) = 501,95 Τ
- Περιεκτικότητα ΚΩΚ σε Άνθρακα = 86,78 %
- Συνολική μάζα Άνθρακα στο ΚΩΚ = 501,95 Χ 0,8678 = 435,59 Τ
- **Εκπομπές από ΚΩΚ** = 29,31 Χ 106,00 Χ 435,59 Χ 10-3 = **1.353,32 Τ**

**ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ = 10.263,79 Τ**

Το σύνολο των εκπομπών από καύσιμα και διεργασίες για το έτος 2005 ισούται με:

**ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ + ΣΥΝΟΛΟ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ = 2.706,31 Τ + 10.263,79 Τ = 12.969 Τ**

**Γενικά Μέτρα Περιορισμού Αερίων Εκπομπών**

Γενικά, η Επιχείρηση ακολουθεί όλα τα προβλεπόμενα από την ΚΥΑ 11294/1993 (ΦΕΚ 264Β/15-4-1993) μέτρα για τον έλεγχο και περιορισμό των αερίων εκπομπών λόγω της χρήσεως μαζούτ και υγραερίου. Επιπλέον, λαμβάνει χώρα συντήρηση και καθαρισμός των αγωγών καπναερίων με συχνότητα τουλάχιστον 1 φορά το μήνα για τους αγωγούς και 1 φορά το εξάμηνο για την καπνοδόχο. Ειδικά για το υγραέριο, η Επιχείρηση συμμορφώνεται πλήρως με τις διατάξεις της ΚΥΑ Δ3/14858/1993 (ΦΕΚ 477Β/93), ενώ ειδικά για το μαζούτ ακολουθούνται πλήρως και οι διατάξεις της ΚΥΑ 42/1994 (ΦΕΚ 320Β/94).

**Άλλοι αέριοι ρύποι**

Πλην του Διοξειδίου του Άνθρακα, άλλες εστίες πιθανής επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας αφορούν στην έκλυση σκόνης από τις δραστηριότητες της Μονάδας. Για τον περιορισμό των πηγών αυτών λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα:

- Οι πρώτες ύλες αποθηκεύονται στις μικρότερες δυνατές ποσότητες σε σωρούς εντός του οικοπέδου του Εργοστασίου
- Απόληψη των υλικών, τα οποία οδηγούνται για περαιτέρω επεξεργασία, γίνεται μόνο από το εσωτερικό του σωρού.
- Κατά την μεταφορά των πρώτων υλών από τους χώρους απόληψης αυτών, τα φορτηγά φέρουν προστατευτικό κάλυμμα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η διαρροή υλικών και η έκλυση σκόνης
- Υφίσταται σύστημα διαβροχής το οποίο καλύπτει τα σημεία φόρτωσης (λατομείο) όσο και τα σημεία εκφόρτωσης (εντός του οικοπέδου του εργοστασίου)
- Υφίσταται σύστημα διαβροχής που καλύπτει τις οδούς προσπέλασης των φορτηγών μεταφοράς πρώτων υλών και προϊόντων
- Οι οδοί προσπέλασης των οχημάτων μεταφοράς, εντός του εργοστασίου, διατηρούνται καθαροί και σε καλή κατάσταση, με ευθύνη της επιχείρησης.

Βρίσκεται σε εξέλιξη πρόγραμμα δεντροφύτευσης περιμετρικά της εγκατάστασης.

**Υγρά Απόβλητα**

Από την συγκεκριμένη δραστηριότητα δεν παράγονται υγρά απόβλητα ενώ σε κανένα σημείο της παραγωγικής διαδικασίας δεν απαιτείται η χρήση υγρών και ειδικών αντιδραστηρίων. Επίσης τονίζεται ότι δεν λαμβάνει χώρα συντήρηση του κινητού μηχανοκίνητου εξοπλισμού (φορτηγά κ.ο.κ.) στο χώρο του Εργοστασίου και επομένως δεν τίθεται θέμα διάθεσης λιπαντικών. Ωστόσο εάν κάτι τέτοιο συμβεί λόγω εξαιρετικής ανάγκης όλα τα χρησιμοποιημένα λάδια και ορυκτέλαια που θα προκύψουν θα συλλέγονται σε βαρέλια και θα απομακρύνονται με ευθύνη της Επιχείρησης, σύμφωνα με τις ισχύουσες διατάξεις και σε καμία περίπτωση δεν πρόκειται να γίνει απόρριψη αυτών στο έδαφος ή σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες. Επιπλέον, τα λύματα από τους χώρους υγιεινής του εργοστασίου, διατίθενται σε σηπτικό – απορροφητικό βόθρο.

**Στερεά Απόβλητα**

Τα μόνα στερεά απόβλητα που προκύπτουν από την παραγωγική διαδικασία είναι τα θραυσμένα και ελαττωματικά προϊόντα (τούβλα) τα οποία εξέρχονται από τον Φούρνο, δηλαδή αδρανή στερεά απόβλητα. Η παραγωγή τέτοιων αποβλήτων είναι ούτως ή άλλως ιδιαίτερα περιορισμένη, καθώς η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων είναι ιδιαίτερα υψηλή. Ωστόσο, τα λίγα ελαττωματικά τεμάχια που θραύονται, διατίθενται στους χώρους απόληψης των πρώτων υλών (αργιλοχώματα) και χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση του τοπίου. Επιπλέον τονίζεται ότι η περαιτέρω θραύση των ελαττωματικών δεν λαμβάνει χώρα στους χώρους του Εργοστασίου, αποφεύγοντας έτσι την δημιουργία ρευμάτων στερεών ή αερίων αποβλήτων (σκόνη – σωματίδια).

Θραυσμένα προϊόντα (επίσης πολύ λίγα σε αριθμό) εξέρχονται και από το Ξηραντήριο. Όπως και στην περίπτωση των ελαττωματικών τεμαχίων του Φούρνου, δεν υφίσταται θέμα δημιουργίας στερεών αποβλήτων, καθώς τα τεμάχια αυτά ανακυκλώνονται απ' ευθείας στις πρώτες ύλες.

**Θόρυβος**

Ο θόρυβος που παράγεται θεωρείται αμελητέος, καθώς η Μονάδα είναι σύγχρονη και ταυτόχρονα, ο χώρος του Εργοστασίου βρίσκεται στο μέσον μεγάλου οικοπέδου. Στα όρια του γηπέδου, ο θόρυβος είναι κατώτερος των επιτρεπόμενων ορίων για την κατηγορία της Μονάδας (< 65 dB(A))[19].

# ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η χρήση διάφορων προσθέτων στην παραγωγή κεραμικών προϊόντων με τελικό σκοπό τη μείωση του άνθρακα που παράγεται κατά την πύρωση της πρώτης ύλης ( αργιλοχώματος) στην κεραμουργικη βιομηχανία. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και μελετήθηκε η συμπεριφορά τους σαν πρόσθετα στην παράγωγή τούβλων ήταν α) η σμύριδα (βιομηχανικό ορυκτό), β) λάσπη ( παραπροϊόν εταιρείας παραγωγής μεταλλικών συσκευασιών), γ) πυρηνόξυλο (υποπροϊόν των ελαιοτριβείων κατά την επεξεργασία των ελαιόκαρπων).

Για να γίνουν οι απαραίτητες αναλύσεις, παρασκευάστηκαν δοκίμια διαστάσεων 50x50x50 mm σε εργαστηριακή κλίμακα, προσπαθώντας να ακολουθήσουμε όσο το δυνατόν πιο πιστά τα στάδια της διαδικασίας παραγωγής τούβλων στις κεραμουργικές βιομηχανίες. Παρασκευάστηκαν δοκίμια με σύσταση 25% κ.β. σε σμύριδα, 5% και 10% κ.β. σε λάσπη, και 5% κ.β. σε πυρηνόξυλο. Επίσης παρασκευάστηκαν και δοκίμια αναφοράς με αναλογίες πρώτων υλών της βιομηχανίας. Τα δοκίμια εξετάσθηκαν ως προς την χημική και ορυκτολογική τους σύσταση. Επιπλέον, υπεβλήθησαν σε πρότυπες δοκιμές (υδατοαπορροφητικότητας, αντοχής σε θλίψη, συρρίκνωσης και απώλειας μάζας)και συγκρίθηκαν με τα δοκίμια αναφοράς. Στο πλαίσιο των πειραμάτων έγινε χρήση των εξής μεθόδων ανάλυσης: φθορισμός ακτινών Χ ( XRF), περίθλαση ακτινών Χ ( XRD) και θερμοβαρυμετρική ανάλυση (TG).

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

### Παρασκευή Δοκιμίων

Παρασκευάστηκαν δεκαοκτώ δοκίμια εκ των οποίων τα δυο είναι δοκίμια αναφοράς, και τέσσερα δοκίμια για κάθε σύσταση. Δηλαδή τέσσερα δοκίμια με 25% κ.β. σμύριδα, τέσσερα δοκίμια με 5% κ.β. λάσπη, τέσσερα δοκίμια με 10% κ.β. λάσπη και τέσσερα δοκίμια με 5% κ.β. πυρηνόξυλο.

Για την παρασκευή των δοκιμίων ακολουθήθηκε πιστά η μεθοδολογία που υιοθετείται και στη βιομηχανική πρακτική.

Τα δοκίμια αναφοράς παρασκευάστηκαν ως εξής:

Ζυγίσαμε 700 gr αργιλοχώματος και κατόπιν προσθέσαμε 20% κ.β. νερό (140 ml νερό). Το συνολικό μίγμα αναδεύτηκε σε μίξερ (Mod. 82.5, No 23909, 30 Hz, 0.5 KW, 230 Volt) που βρίσκεται στο εργαστήριο για 10 λεπτά περίπου. Το νωπό μίγμα που προέκυψε συμπιέστηκε σε μήτρες εσωτερικών διαστάσεων 50x50x50 mm. Τα νωπά δοκίμια αφέθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο στους 80°° C για 24 ώρες. Τέλος, τοποθετήθηκαν σε φούρνο αυξάνοντας σταδιακά τη θερμοκρασία σύμφωνα με τον ακόλουθο τρόπο:

| T (min) | T (oC) |
|---|---|
| **45** | 230 |
| **45** | 400 |
| **40** | 650 |
| **22x60** | 800 |

Μετά το τέλος της έψησης και αφού τα αφήσαμε να κρυώσουν μέσα στο φούρνο παραλάβαμε τα δοκίμια και στη συνέχεια υποβλήθηκαν στις απαραίτητες αναλύσεις.

Για την παρασκευή των υπόλοιπων δοκιμίων, δηλαδή 25% κ.β. σμύριδα, 5% και 10% κ.β. λάσπη και 5% κ.β. πυρηνόξυλο ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

Πραγματοποιήθηκε ανάμιξη αργιλοχώματος και κατάλληλης ποσότητας από τα πρόσθετα υλικά και να επιτευχθούν δοκίμια με την επιθυμητή σύσταση για κάθε πρόσθετο. Πιο συγκεκριμένα οι ποσότητες των υλικών που αναμείχθηκαν σε κάθε περίπτωση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

| | **Αργιλόχωμα (gr)** | **Πρόσθετο (gr)** | **Νερό (ml)** |
|---|---|---|---|
| **25 % κ.β. σμύριδα** | 525 | 175 | 140 |
| **5 % κ.β. λάσπη** | 665 | 35 | 140 |
| **10 % κ.β. λάσπη** | 630 | 70 | 140 |
| **5% κ.β. πυρηνόξυλο** | 665 | 35 | 140 |

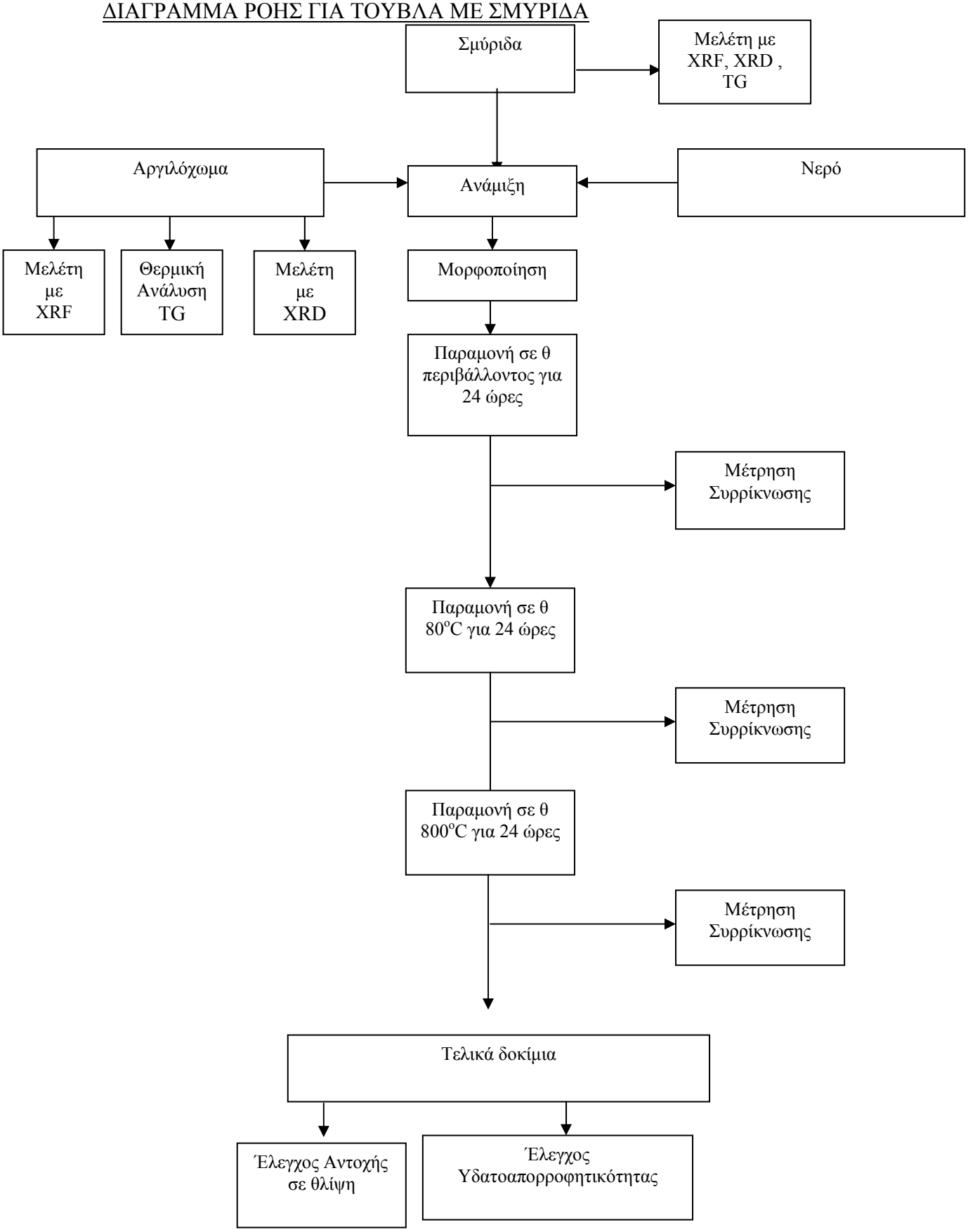
Έπειτα το μίγμα που προέκυψε για κάθε σύσταση αναδεύτηκε σε μίξερ(Mod. 82.5, No 23909, 30 Hz, 0.5 KW, 230 Volt) για 10 λεπτά περίπου. Το νωπό μίγμα που προέκυψε συμπιέστηκε σε μήτρες εσωτερικών διαστάσεων 50x50x50 mm. Τα νωπά δοκίμια αφέθηκαν για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου προκειμένου να απομακρυνθεί η περιεχόμενη υγρασία όσο το δυνατόν πιο βαθμιαία για την αποφυγή δημιουργίας ρωγμών στο σώμα του δοκιμίου. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε πυριαντήριο στους 80°° C για 24 ώρες. Τέλος, τοποθετήθηκαν σε φούρνο αυξάνοντας σταδιακά τη θερμοκρασία σύμφωνα με τον τρόπο που ακολουθήσαμε και με τα δοκίμιο αναφοράς. Μετά το τέλος της έψησης και αφού τα αφήσαμε να κρυώσουν μέσα στο φούρνο παραλάβαμε τα δοκίμια και στη συνέχεια υποβλήθηκαν στις απαραίτητες αναλύσεις.

**ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ**

Για τις ανάγκες των πειραμάτων της παρούσας μελέτης χρειάστηκε να μελετηθούν οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν (αργιλόχωμα, σμύριδα, λάσπη) ως προς τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά, δηλαδή το pH, η υγρασία και το μέγεθος των κόκκων καθώς επίσης η χημική τους σύσταση με τη βοήθεια του φθορισμού των ακτινών X (XRF), η ορυκτολογική τους σύσταση με τη βοήθεια περίθλασης ακτινών X (XRD) και η θερμική τους συμπεριφορά με την υποβολή τους σε βαθμιαία θερμική καταπόνηση με τη χρήση θερμοζυγού (TG).

**ΣΜΥΡΙΔΑ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΒΛΑ ΜΕ ΣΜΥΡΙΔΑ



Όσον αφορά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τα οποία εξετάστηκαν για τη σμύριδα έχουμε παρατηρήσει ότι το pH του υλικού είναι 8,48 δηλαδή αλκαλικό, πράγμα το οποίο είναι αποδεκτό. Επιπλέον, κατόπιν διαδικασίας ξήρανσης του υλικού με την παραμονή του στο πυριατήριο για δυο ώρες διαπιστώθηκε μηδενική μεταβολή του βάρους του από τη ζύγισή του πριν και μετά την παραπάνω διαδικασία. Επομένως το υλικό ήταν απολύτως ξηρό.

Σε αυτό το σημείο αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το υλικό της σμύριδας χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία διότι είναι εξαιρετικά φτωχό σε ανθρακικά άλατα, επομένως κατά την καύση του δεν επιβαρύνει το περιβάλλον με εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

## Κοκκομετρία σμύριδας

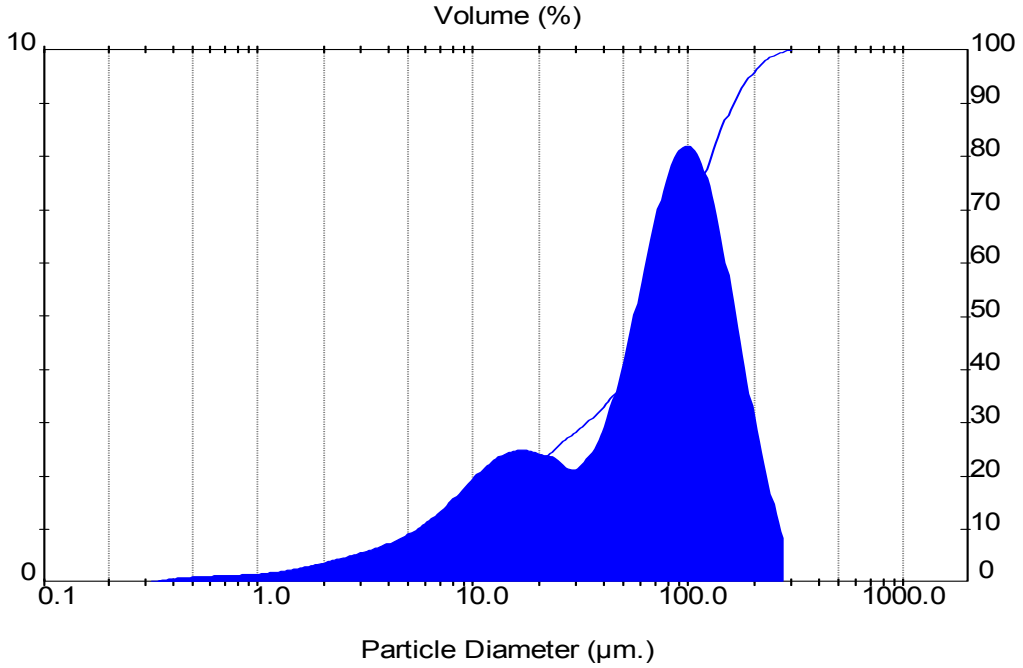
**Result: Analysis Table**

| | | |
|---|---|---|
| ID: | Run No: 1 | Measured: 17/4/2008 2:48ìì |
| File: SMYR1 | Rec. No: 1 | Analysed: 17/4/2008 2:48ìì |
| Path: C:\SIZERMU\DATA\ | | Source: Analysed |

| | | |
|---|---|---|
| Sampler: Internal | | Measured Beam Obscuration: 13.6 % |
| Presentation: 4RHD | Analysis: Polydisperse | Residual: 0.690 % |
| Modifications: None | | |

| | | |
|---|---|---|
| Conc. = 0.0370 %Vol | Density = 1.000 g/cm^3 | S.S.A.= 0.3371 m^2/g |
| Distribution: Volume | D[4, 3] = 78.07 um | D[3, 2] = 17.80 um |
| D(v, 0.1) = 9.05 um | D(v, 0.5) = 73.65 um | D(v, 0.9) = 153.06 um |
| Span = 1.955E+00 | Uniformity = 6.154E-01 | |

| Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.31 | 0.00 | 1.95 | 1.69 | 12.21 | 13.43 | 76.32 | 51.84 |
| 0.36 | 0.03 | 2.28 | 2.06 | 14.22 | 15.46 | 88.91 | 60.47 |
| 0.42 | 0.10 | 2.65 | 2.52 | 16.57 | 17.61 | 103.58 | 69.74 |
| 0.49 | 0.19 | 3.09 | 3.06 | 19.31 | 19.79 | 120.67 | 78.73 |
| 0.58 | 0.29 | 3.60 | 3.69 | 22.49 | 21.93 | 140.58 | 86.49 |
| 0.67 | 0.40 | 4.19 | 4.41 | 26.20 | 23.83 | 163.77 | 92.36 |
| 0.78 | 0.52 | 4.88 | 5.24 | 30.53 | 25.75 | 190.80 | 96.26 |
| 0.91 | 0.64 | 5.69 | 6.18 | 35.56 | 27.90 | 222.28 | 98.49 |
| 1.06 | 0.78 | 6.63 | 7.26 | 41.43 | 30.52 | 258.95 | 99.58 |
| 1.24 | 0.94 | 7.72 | 8.51 | 48.27 | 33.94 | 301.68 | 100.00 |
| 1.44 | 1.14 | 9.00 | 9.94 | 56.23 | 38.49 | | |
| 1.68 | 1.38 | 10.48 | 11.58 | 65.51 | 44.44 | | |




Από τον πίνακα αυτόν πληροφορούμαστε για το ποσοστό του δείγματος και το αντίστοιχο μέγεθος κόκκων. Ενδεικτικά, παρατηρείται ότι το 10% του δείγματος έχει κοκκομετρία κάτω από 9,05 μm, το 50% κάτω από 73,65 μm και το 90%, η πλειονότητα δηλαδή του δείγματός μας, διαθέτει μέγεθος κόκκων κάτω από 153,06 μm.

**XRF Σμύριδας**

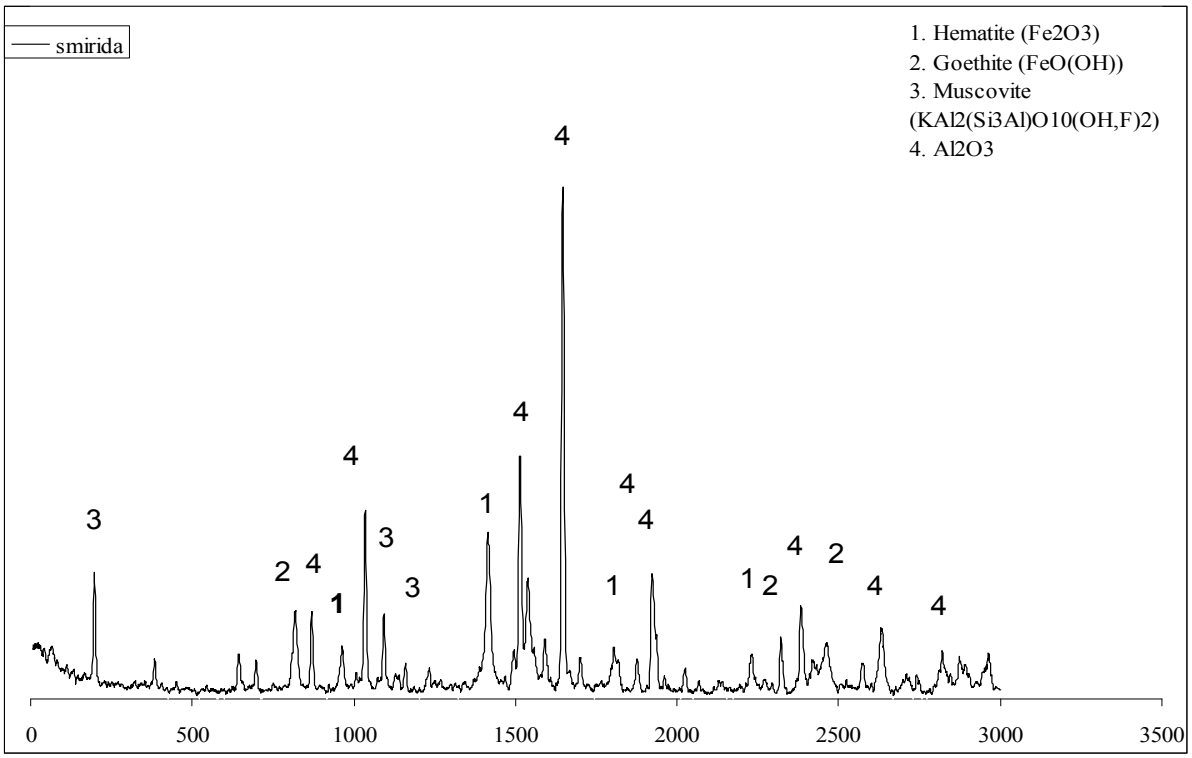
Πίνακας 1: Συστατικά στοιχεία της σμύριδας – συγκέντρωση (%).

| ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ | ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (%) |
|---|---|
| Fe | 49,5 |
| Al | 37,7 |
| Si | 5,06 |
| Ti | 4,21 |
| Ca | 1,37 |
| K | 0,626 |
| S | 0,312 |
| Zr | 0,163 |
| P | 0,147 |
| V | 0,131 |
| Mg | 0,124 |
| Mn | 0,124 |
| Cr | 0,107 |
| Ce | 900 ppm |
| Zn | 710 ppm |

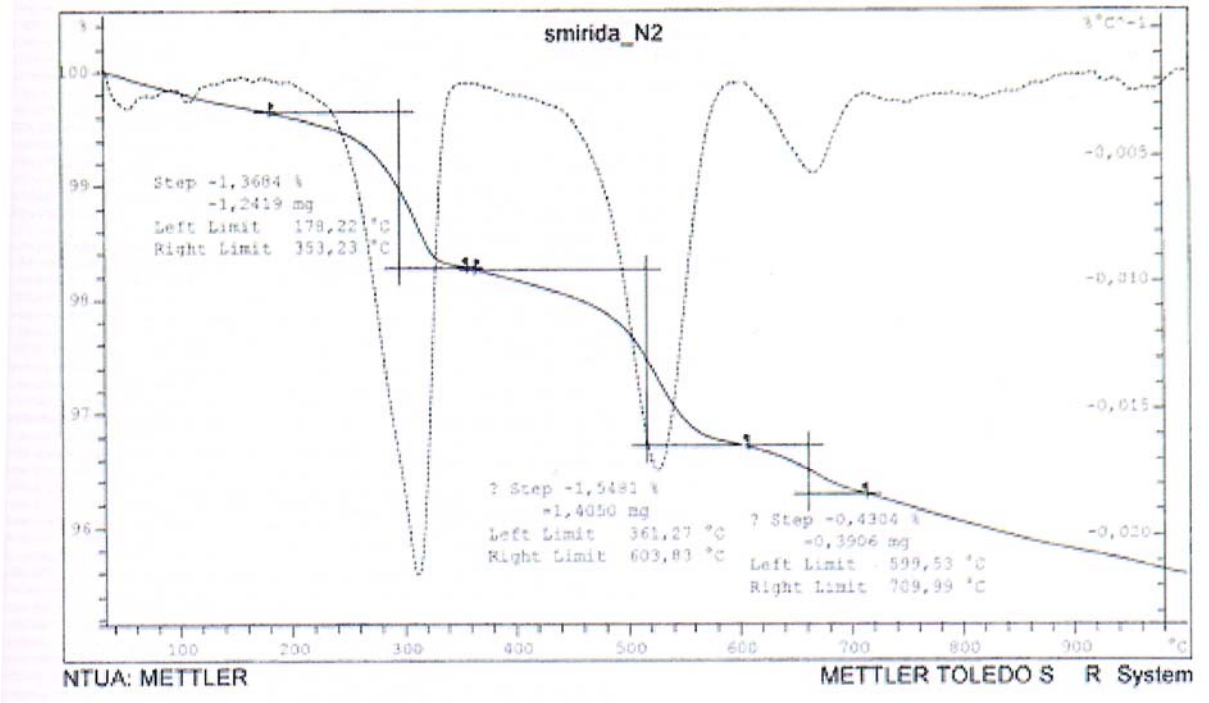
| | |
|---|---|
| La | 490 ppm |
| Y | 430 ppm |
| Ni | 430 ppm |
| Sr | 190 ppm |
| Sc | 180 ppm |
| Cu | 170 ppm |
| Ga | 120 ppm |
| Nb | 100 ppm |
| Cl | 51 ppm |
| Co | 19 ppm |
| **ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΟΞΕΙΔΙΑ** | **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (%)** |
| $SiO_2$ | 3,5 |
| $Fe_2O_3$ | 46,4 |
| $Al_2O_3$ | 46,8 |
| CaO | 0,8 |
| $TiO_2$ | 2,3 |

**<u>XRD Σμύριδας</u>**

Διάγραμμα 1: XRD Σμύριδας



**TG Σμύριδας**




Πίνακας 2: Δεδομένα θερμοβαρυτομετρικής ανάλυσης δείγματος σμύριδας.

| **Απώλεια μάζας (% κ.β.)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Θερμοκρασιακή περιοχή* | | | | |
| *178-353ºC* | *361-604ºC* | *600-710ºC* | *710-900ºC* | *25-900ºC* |
| 1,3684 | 1,5481 | 0,4304 | 0,0026 | 3,3495 |

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η σμύριδα σημειώνει απώλεια μάζας λίγο πάνω από το 2% λόγω απομάκρυνσης των κρυσταλλικών νερών της μέχρι περίπου τους 450ºC ενώ η περαιτέρω απώλεια που παρατηρείται στη συνέχεια ενδέχεται να οφείλεται στη μετατροπή του μαγνητίτη ($Fe_3O_4$) σε αιματίτη ($Fe_2O_3$), κατά συνέπεια αυτή η αναγωγική αντίδραση επιφέρει αυτή τη μικρή απώλεια μάζας.

## ΑΡΓΙΛΟΧΩΜΑ

Κατόπιν μετρήσεων των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του υλικού προέκυψε ότι το pH είναι 8,45, δηλαδή το αργιλόχωμα είναι αλκαλικό. Όσον αφορά στην υγρασία ύστερα από τις απαραίτητες ζυγίσεις πριν και μετά την παραμονή δείγματος χώματος για δυο ώρες στο πυριατήριο το ποσοστό απώλειας υγρασίας άγγιξε μόλις το 0,00034%, επομένως μπορεί να θεωρηθεί μηδαμινό και το υλικό μας απολύτως ξηρό.

### Κοκκομετρία αργιλοχώματος

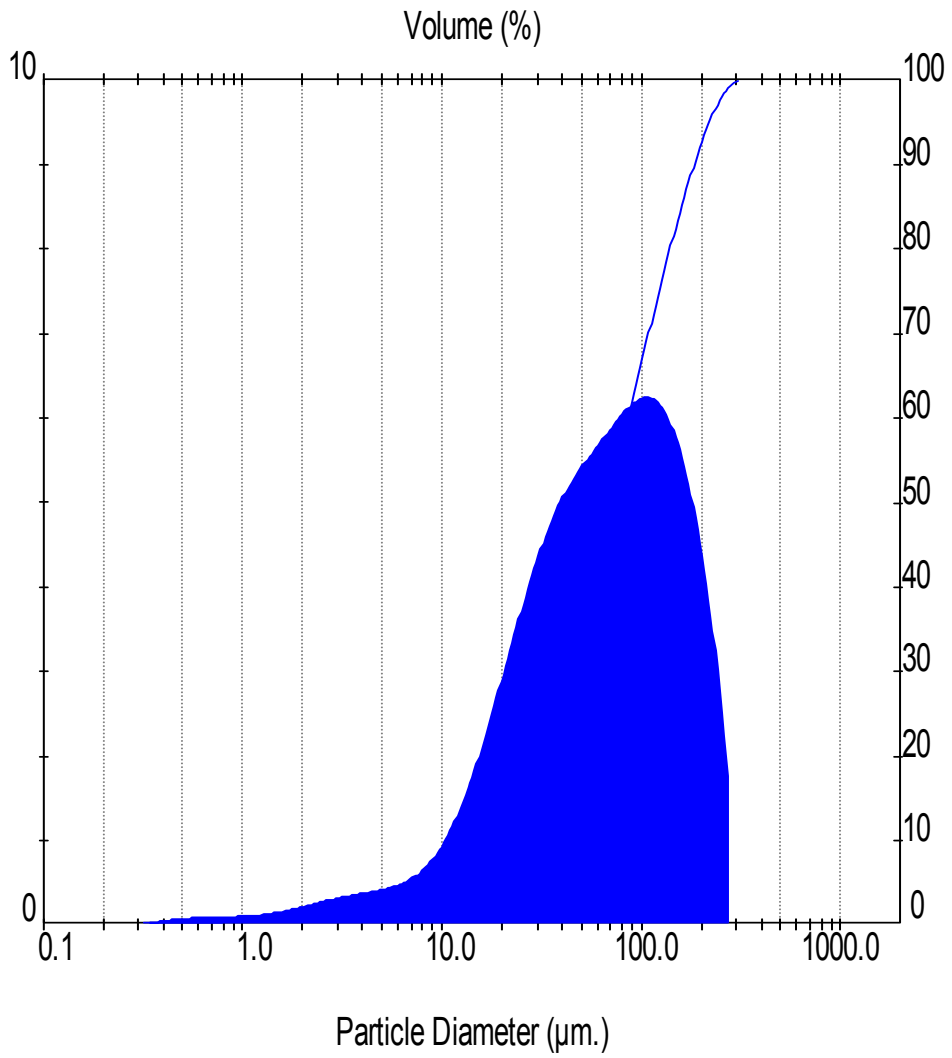
**Result: Analysis Table**

| | | |
|---|---|---|
| ID: | Run No: 7 | Measured: 4/7/2011 1:58ìì |
| File: SOIL1_C | Rec. No: 1 | Analysed: 4/7/2011 1:58ìì |
| Path: C:\SIZERMU\DATA\ | | Source: Analysed |

| | | |
|---|---|---|
| Sampler: Internal | | Measured Beam Obscuration: 17.0 % |
| Presentation: 4_SOIL | Analysis: Polydisperse | Residual: 0.568 % |
| Modifications: None | | |

| | | |
|---|---|---|
| Conc. = 0.0685 %Vol | Density = 2.600 g/cm^3 | S.S.A.= 0.1005 m^2/g |
| Distribution: Volume | D[4, 3] = 83.97 um | D[3, 2] = 22.96 um |
| D(v, 0.1) = 15.58 um | D(v, 0.5) = 65.47 um | D(v, 0.9) = 183.62 um |
| Span = 2.567E+00 | Uniformity = 7.910E-01 | |

| Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.31 | 0.00 | 1.95 | 1.20 | 12.21 | 7.34 | 76.32 | 55.89 |
| 0.36 | 0.02 | 2.28 | 1.43 | 14.22 | 8.87 | 88.91 | 61.95 |
| 0.42 | 0.07 | 2.65 | 1.70 | 16.57 | 10.86 | 103.58 | 68.15 |
| 0.49 | 0.14 | 3.09 | 2.01 | 19.31 | 13.36 | 120.67 | 74.37 |
| 0.58 | 0.22 | 3.60 | 2.35 | 22.49 | 16.41 | 140.58 | 80.44 |
| 0.67 | 0.30 | 4.19 | 2.72 | 26.20 | 20.02 | 163.77 | 86.13 |
| 0.78 | 0.40 | 4.88 | 3.12 | 30.53 | 24.14 | 190.80 | 91.20 |
| 0.91 | 0.50 | 5.69 | 3.55 | 35.56 | 28.72 | 222.28 | 95.39 |
| 1.06 | 0.60 | 6.63 | 4.03 | 41.43 | 33.67 | 258.95 | 98.41 |
| 1.24 | 0.72 | 7.72 | 4.59 | 48.27 | 38.90 | 301.68 | 100.00 |
| 1.44 | 0.85 | 9.00 | 5.28 | 56.23 | 44.36 | | |
| 1.68 | 1.01 | 10.48 | 6.17 | 65.51 | 50.02 | | |




Από τον παραπάνω πίνακα και το γράφημα πληροφορούμαστε για το ποσοστό του δείγματος και το αντίστοιχο μέγεθος κόκκων. Ενδεικτικά, παρατηρείται ότι το 10% του δείγματος έχει κοκκομετρία κάτω από 15,55 μm, το 50% κάτω από 65,51 μm και το 90%, η πλειονότητα δηλαδή του δείγματός μας, διαθέτει μέγεθος κόκκων κάτω από 184,40 μm.

**XRF Αργιλοχώματος**

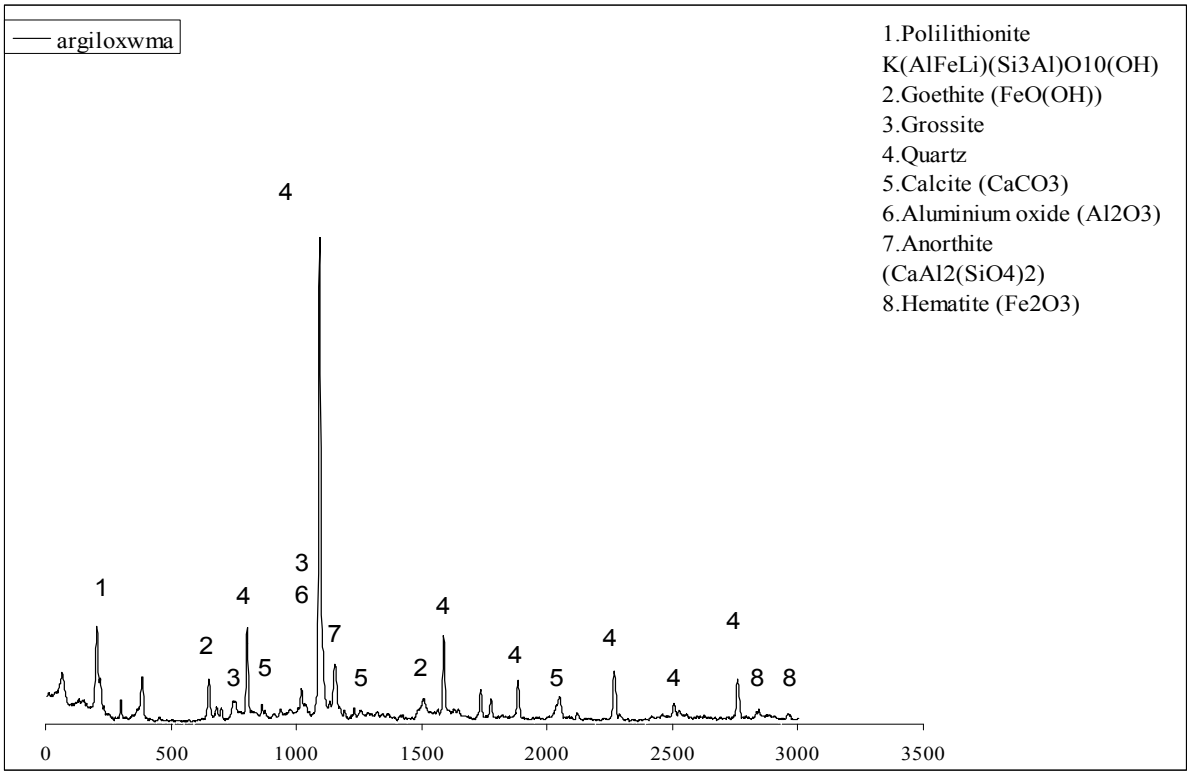
Πίνακας 3: Συστατικά στοιχεία του αργιλοχώματος – συγκέντρωση (%).

| **ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΟΞΕΙΔΙΩΝ)** | **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (%)** |
|---|---|
| $SiO_2$ | 61,4 |
| $Al_2O_3$ | 21,6 |
| $Fe_2O_3$ | 8,20 |
| $K_2O$ | 2,98 |
| MgO | 1,92 |
| $Na_2O$ | 1,19 |
| CaO | 5,5 |
| $TiO_2$ | 1,04 |

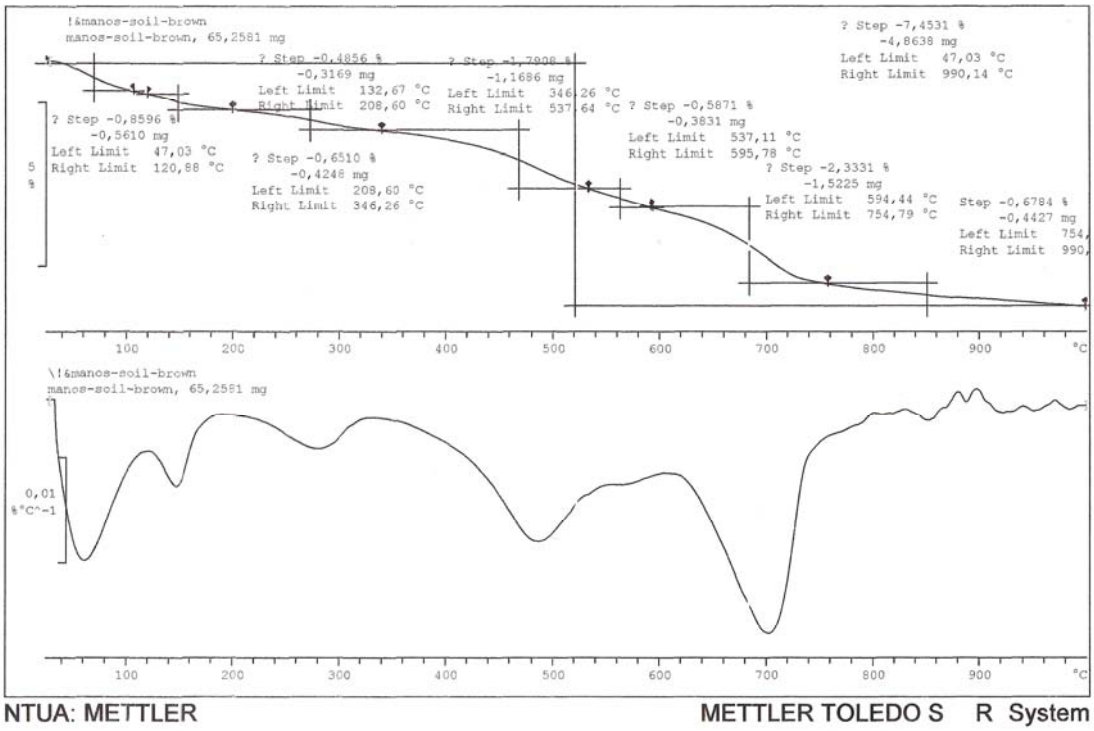
| | |
|---|---|
| MnO | 0,192 |
| $P_2O_5$ | 0,102 |
| BaO | 470 ppm |
| $Cr_2O_3$ | 370 ppm |
| $SO_3$ | 360 ppm |
| $ZrO_2$ | 350 ppm |
| $V_2O_5$ | 270 ppm |
| NiO | 220 ppm |
| $Rb_2O$ | 160 ppm |
| ZnO | 150 ppm |
| CuO | 130 ppm |
| SrO | 110 ppm |
| $Nb_2O_5$ | 40 ppm |

**XRD Αργιλοχώματος**

Διάγραμμα 2: XRD Αργιλοχώματος



**TG Αργιλοχώματος**



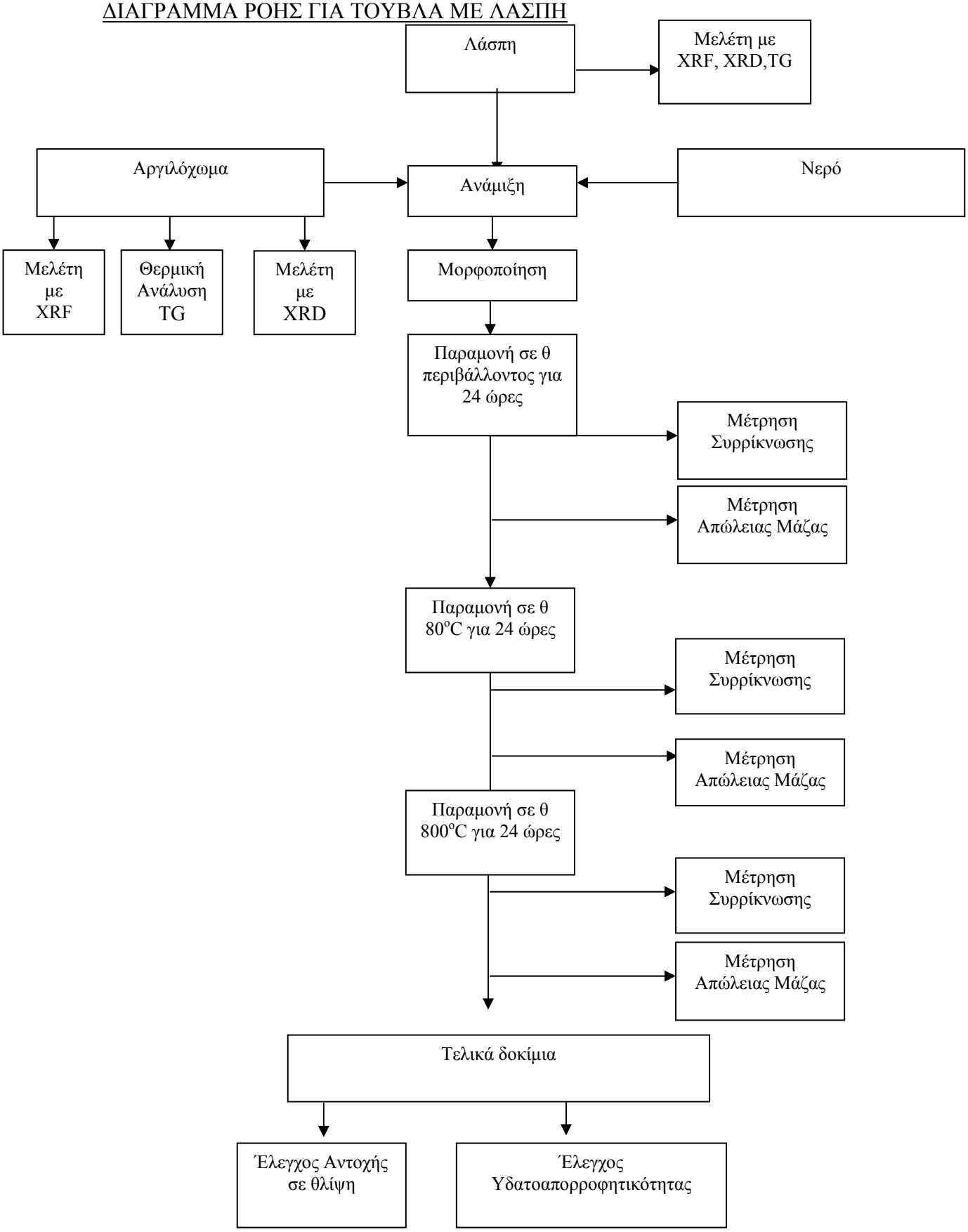

Πίνακας 4: Δεδομένα θερμοβαρυτομετρικής ανάλυσης δείγματος αργιλοχώματος.

| **Απώλεια μάζας (% κ.β.)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Θερμοκρασιακή περιοχή* | | | | |
| *47-208ºC* | *208-346ºC* | *346-595ºC* | *595-990ºC* | *40-900ºC* |
| 1,3452 | 0,6510 | 2,3779 | 3,0115 | 7,3856 |

Από τα δεδομένα του παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το αργιλόχωμα σημειώνει μια απώλεια μάζας περίπου 2% στη θερμοκρασιακή περιοχή 47-346ºC, η οποία πιθανότατα οφείλεται στην απομάκρυνση του χημικώς δεσμευμένου νερού, με άλλα λόγια των κρυσταλλικών νερών. Στη θερμοκρασιακή περιοχή 346-595ºC παρατηρείται απώλεια μάζας κοντά στο 2,4% η οποία αποδίδεται στο νερό που προκύπτει από διάσπαση των υδροξειδίων του ασβεστίου και μαγνησίου. Τέλος η απώλεια μάζας που σημειώνεται στην θερμοκρασιακή περιοχή 595-990ºC, η οποία ισούται με 3% περίπου, οφείλεται στη διάσπαση των ανθρακικών αλάτων προς τα αντίστοιχα οξείδια και διοξείδιο του άνθρακα.

**ΛΑΣΠΗ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΤΟΥΒΛΑ ΜΕ ΛΑΣΠΗ



## Κοκκομετρία λάσπης

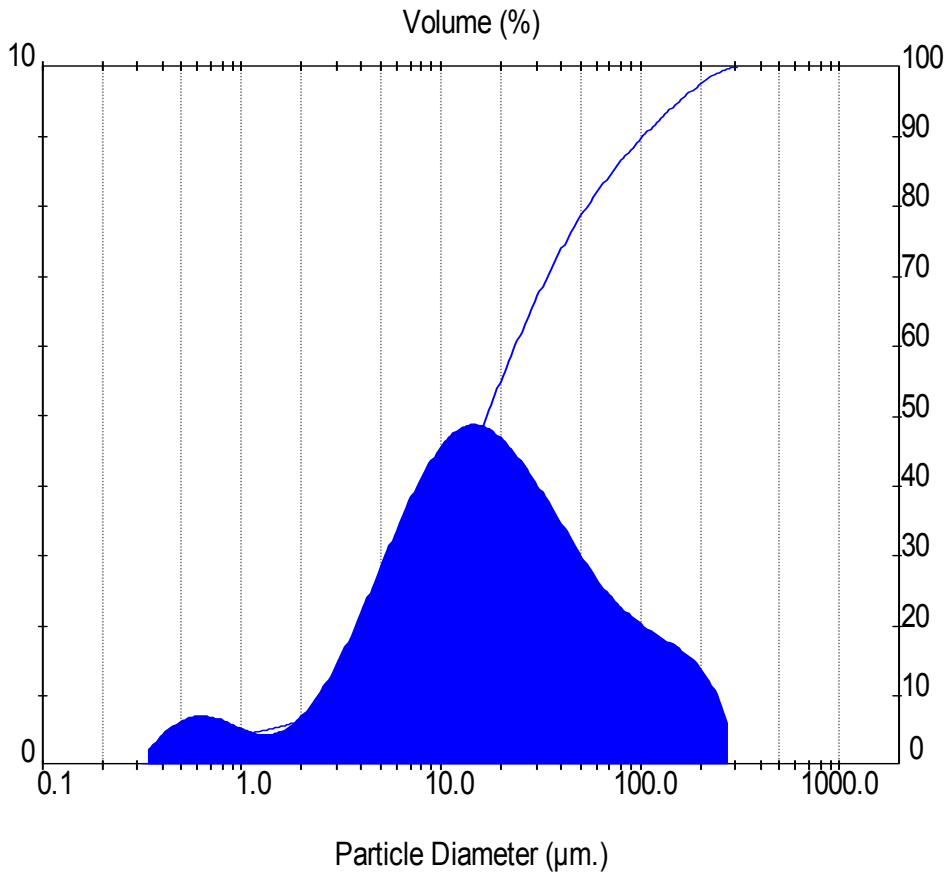
**Result: Analysis Table**

| | | |
|---|---|---|
| ID: | Run No: 3 | Measured: 4/7/2011 1:04ìì |
| File: SOIL2 | Rec. No: 1 | Analysed: 4/7/2011 1:04ìì |
| Path: C:\SIZERMU\DATA\ | | Source: Analysed |

| | | |
|---|---|---|
| Sampler: Internal | | Measured Beam Obscuration: 19.9 % |
| Presentation: 4OHD | Analysis: Polydisperse | Residual: 0.384 % |
| Modifications: None | | |

| | | |
|---|---|---|
| Conc. = 0.0256 %Vol | Density = 2.600 g/cm^3 | S.S.A.= 0.3899 m^2/g |
| Distribution: Volume | D[4, 3] = 37.09 um | D[3, 2] = 5.92 um |
| D(v, 0.1) = 3.24 um | D(v, 0.5) = 16.98 um | D(v, 0.9) = 102.71 um |
| Span = 5.860E+00 | Uniformity = 1.729E+00 | |

| Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% | Size (um) | Volume Under% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.31 | 0.00 | 1.95 | 6.41 | 12.21 | 39.53 | 76.32 | 85.82 |
| 0.36 | 0.22 | 2.28 | 7.18 | 14.22 | 44.37 | 88.91 | 88.04 |
| 0.42 | 0.64 | 2.65 | 8.19 | 16.57 | 49.24 | 103.58 | 90.11 |
| 0.49 | 1.21 | 3.09 | 9.52 | 19.31 | 54.02 | 120.67 | 92.04 |
| 0.58 | 1.88 | 3.60 | 11.22 | 22.49 | 58.64 | 140.58 | 93.86 |
| 0.67 | 2.59 | 4.19 | 13.32 | 26.20 | 63.04 | 163.77 | 95.55 |
| 0.78 | 3.27 | 4.88 | 15.86 | 30.53 | 67.18 | 190.80 | 97.10 |
| 0.91 | 3.90 | 5.69 | 18.85 | 35.56 | 71.03 | 222.28 | 98.43 |
| 1.06 | 4.44 | 6.63 | 22.28 | 41.43 | 74.58 | 258.95 | 99.45 |
| 1.24 | 4.91 | 7.72 | 26.12 | 48.27 | 77.82 | 301.68 | 100.00 |
| 1.44 | 5.34 | 9.00 | 30.32 | 56.23 | 80.75 | | |
| 1.68 | 5.82 | 10.48 | 34.82 | 65.51 | 83.41 | | |



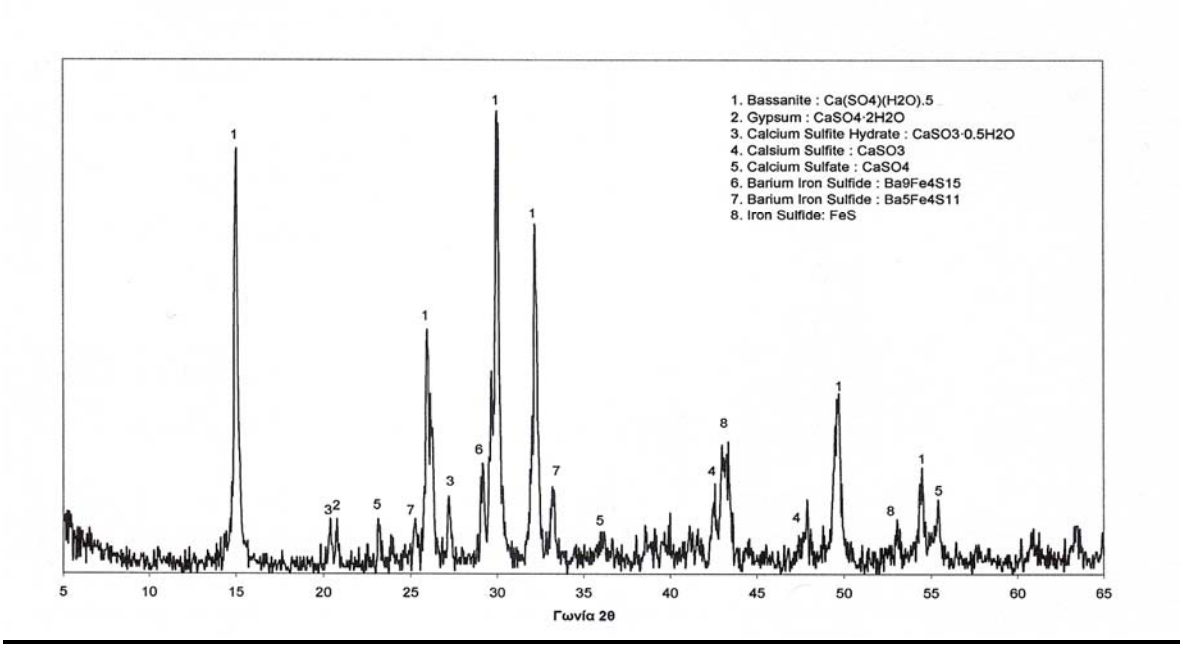
Από τον παραπάνω πίνακα και το διάγραμμα πληροφορούμαστε για το ποσοστό του δείγματος και το αντίστοιχο μέγεθος των κόκκων. Ενδεικτικά, παρατηρείται ότι το 10% του δείγματος έχει κοκκομετρία κάτω από 3,23 μm, το 50% κάτω από 17,00 μm και το 90%, η πλειονότητα δηλαδή του δείγματός μας, διαθέτει μέγεθος κόκκων κάτω από 103,58 μm.

**XRF Λάσπης**

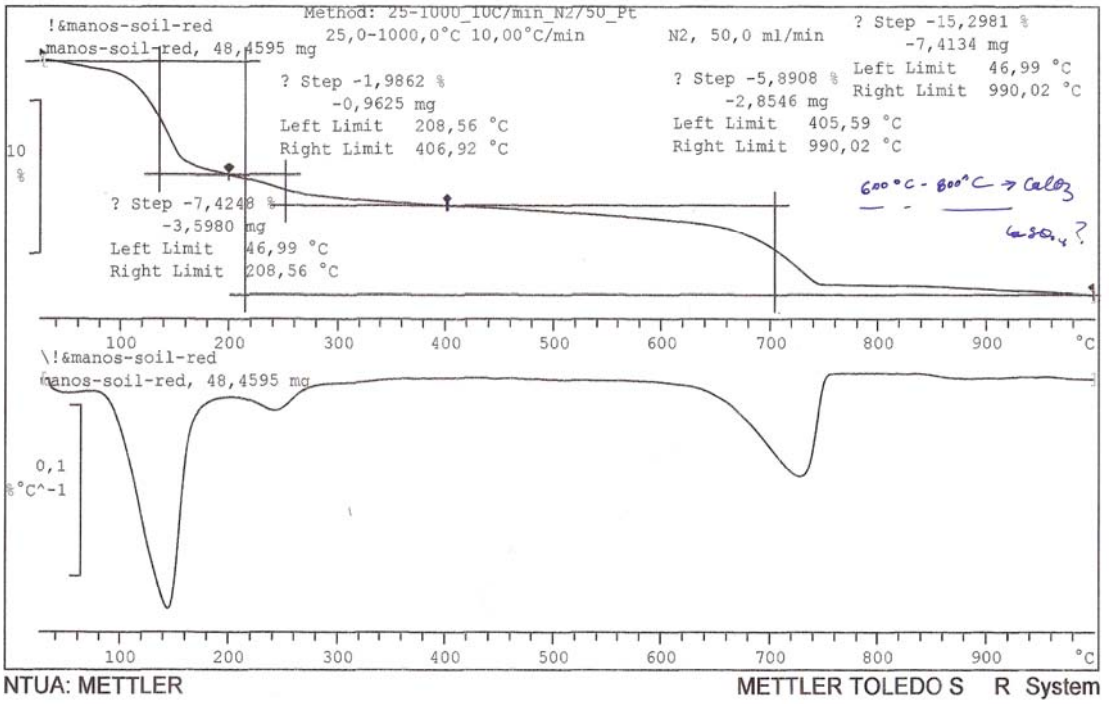
Πίνακας : Συστατικά στοιχεία της λάσπης – συγκέντρωση (%).

| **ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (ΣΕ ΜΟΡΦΗ ΟΞΕΙΔΙΩΝ)** | **ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (%)** |
|---|---|
| $SO_3$ | 34,8 |
| CaO | 28,8 |
| $Fe_2O_3$ | 14,5 |
| BaO | 9,03 |
| F | 6,66 |
| MgO | 1,16 |
| $SiO_2$ | 0,32 |
| MnO | 0,236 |
| $Al_2O_3$ | 0,126 |
| Cl | 590 ppm |
| $V_2O_5$ | 550 ppm |
| SrO | 520 ppm |
| $P_2O_5$ | 420 ppm |
| $Cr_2O_3$ | 400 ppm |
| NiO | 220 ppm |
| $K_2O$ | 190 ppm |
| $TiO_2$ | 160 ppm |
| CuO | 110 ppm |
| ZnO | 98 ppm |
| $ThO_2$ | 33 ppm |

**XRD Λάσπης**




**TG Λάσπης**



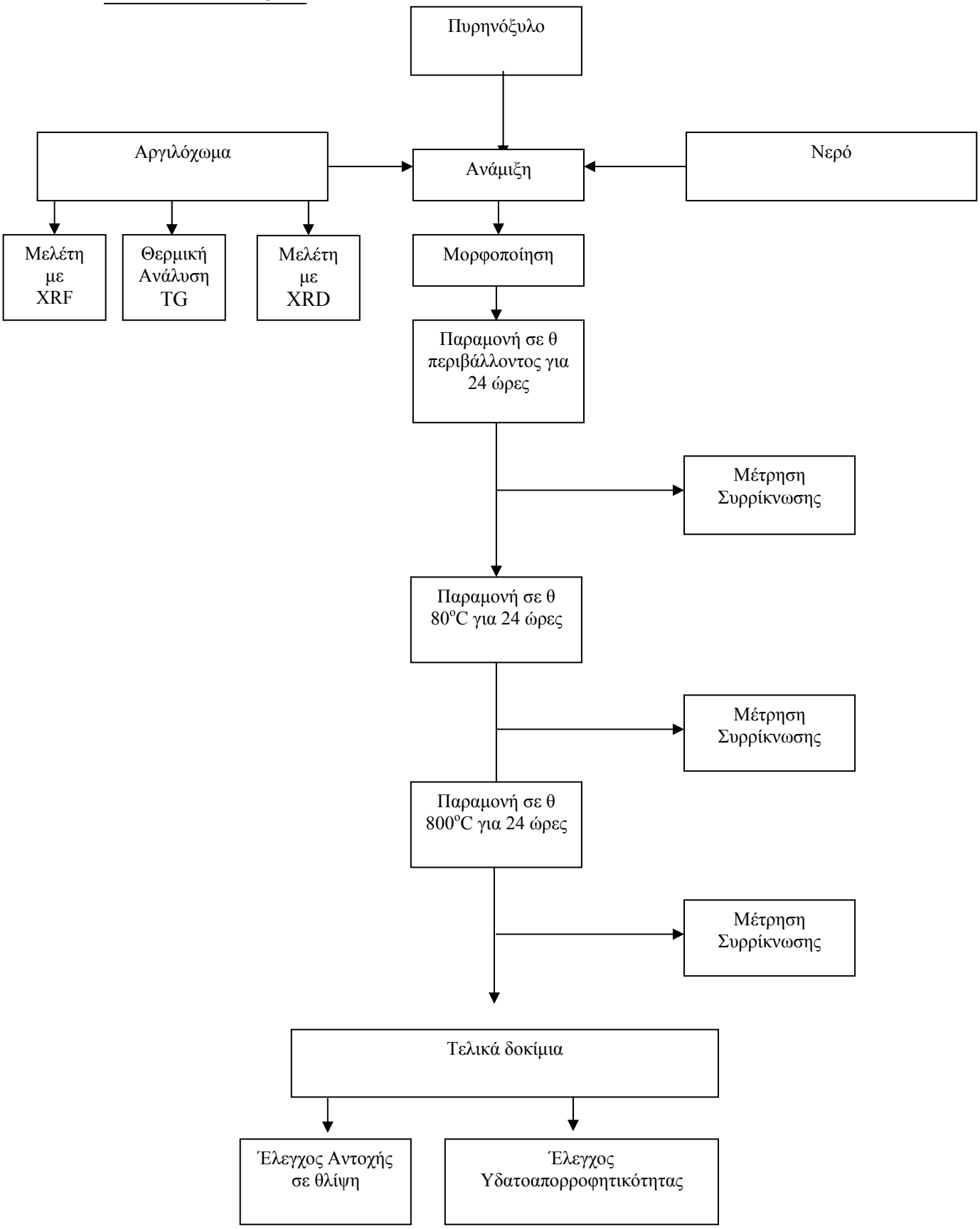
Πίνακας 5: Δεδομένα θερμοβαρυτομετρικής ανάλυσης δείγματος λάσπης

| **Απώλεια μάζας (% κ.β.)** | | | |
|---|---|---|---|
| *Θερμοκρασιακή περιοχή* | | | |
| *47-208ºC* | *208-407ºC* | *407-990ºC* | *47-990ºC* |
| 7,4248 | 1,9862 | 5,8908 | 15,2981 |

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η λάσπη σημειώνει απώλεια μάζας περίπου 9,5% λόγω της απομάκρυνσης των κρυσταλλικών νερών της μέχρι περίπου τους 400ºC. Να σημειωθεί ότι το δείγμα πριν γίνει η αναλυση δεν είχε καθόλου υγρασία αφού είχε παραμείνει στο πυριατηριο για 24 ώρες.
Στη περιοχή των 407-990ºC παρουσιάζεται μια απώλεια μάζας που ίσως να οφείλεται στη διάσπαση των θειικών αλάτων.

**ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ**

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ



## ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ

### Πειραματική Διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της συρρίκνωσης των δοκιμίων ήταν η εξής :
Έγινε μέτρηση των διαστάσεων ( μήκος, πλάτος, ύψος ) των δοκιμίων με τη βοήθεια παχύμετρου πριν και μετά από την έκθεση στη θερμοκρασία περιβάλλοντος , τη θερμοκρασία των 80 $^{\circ}$C και τη θερμοκρασία των 800 $^{\circ}$C για την παρακολούθηση της γενικότερης συμπεριφοράς τους όσον αφορά τη συρρίκνωση τους στις παραπάνω θερμοκρασιακές περιοχές.

Η επί τοις εκατό συρρίκνωση καθενός από τα δοκίμια υπολογίζεται μέσω της σχέσης :

$$\text{Συρρίκνωση} = \frac{(\text{Αρχικός Όγκος}) - (\text{Τελικός Όγκος})}{(\text{Αρχικός Όγκος})}$$

όπου Αρχικός Όγκος και Τελικός Όγκος είναι ο όγκος του δοκιμίου πριν και μετά την έκθεση του σε κάθε θερμοκρασιακή περιοχή.

**Πειραματικά δεδομένα**

**Πίνακας**: παρουσίαση της συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης μετά από παραμονή τους σε θερμοκρασία δωματίου.

| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΥΨΟΣ (mm)** | **ΑΡΧΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (mm)** | **ΥΨΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΠΛΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | | | |
| **ΑΑ 1** | 43,57 | 50 | 42,46 | 48,6 | 7,93 |
| **ΑΑ 2** | 46,55 | 50 | 44,6 | 49,09 | 7,65 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | | | | | |
| **ΣΒ1** | 46,87 | 50 | 44,63 | 48,67 | 9,78 |
| **ΣΒ2** | 47,13 | 50 | 45,84 | 47,87 | 10,85 |
| **ΣΓ1** | 46,64 | 50 | 43,97 | 48,96 | 9,61 |
| **ΣΓ2** | 45,61 | 50 | 42,12 | 48,25 | 14,00 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ** | | | | | |
| **ΠΑ1** | 47,82 | 50 | 45 | 49,91 | 6,24 |
| **ΠΑ2** | 46,67 | 50 | 45,79 | 48,26 | 8,60 |
| **ΠΒ1** | 49,54 | 50 | 48,66 | 49,63 | 3,22 |
| **ΠΒ2** | 49,75 | 50 | 48,18 | 49,55 | 4,89 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | | | | | |
| **ΛΑ1** | 48,67 | 50 | 46,8 | 47 | 15,03 |
| **ΛΑ2** | 48,83 | 50 | 45,12 | 47,22 | 17,59 |
| **ΛΒ1** | 47,76 | 50 | 44,94 | 46,42 | 18,90 |
| **ΛΒ2** | 48,57 | 50 | 44,6 | 47,28 | 17,89 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | | | | | |
| **ΛΓ1** | 48,96 | 50 | 45,92 | 47,59 | 15,03 |
| **ΛΓ2** | 48,57 | 50 | 46,17 | 46,63 | 17,32 |
| **ΛΔ1** | 47,84 | 50 | 45,71 | 47,86 | 12,46 |
| **ΛΔ2** | 48,11 | 50 | 45,8 | 47,12 | 15,45 |

**Πίνακας**: παρουσίαση της συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύσταση μετά από την παραμονή τους σε θερμοκρασία 80 ◌̊C για 24 ώρες.

| **80 ◌̊ C** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΥΨΟΣ (mm)** | **ΑΡΧΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (mm)** | **ΥΨΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΠΛΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | | | |
| **ΑΑ 1** | 42,46 | 48,6 | 40,27 | 47 | 11,30 |
| **ΑΑ 2** | 44,6 | 49,09 | 42,81 | 47,1 | 11,64 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | | | | | |
| **ΣΒ1** | 44,63 | 48,67 | 44,02 | 47,78 | 4,94 |
| **ΣΒ2** | 45,84 | 47,87 | 44,94 | 47,28 | 4,36 |
| **ΣΓ1** | 43,97 | 48,96 | 43,18 | 47,73 | 6,67 |
| **ΣΓ2** | 42,12 | 48,25 | 41,47 | 47,59 | 4,22 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ** | | | | | |
| **ΠΑ1** | 45 | 49,91 | 43,48 | 48,29 | 9,55 |
| **ΠΑ2** | 45,79 | 48,26 | 44,71 | 47,13 | 6,88 |
| **ΠΒ1** | 48,66 | 49,63 | 47,49 | 46,66 | 13,74 |
| **ΠΒ2** | 48,18 | 49,55 | 45,27 | 46,15 | 18,50 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | | | | | |
| **ΛΑ1** | 46,8 | 47 | 45,99 | 46,35 | 4,43 |
| **ΛΑ2** | 45,12 | 47,22 | 44,01 | 45,73 | 8,52 |
| **ΛΒ1** | 44,94 | 46,42 | 43,74 | 45,3 | 7,31 |
| **ΛΒ2** | 44,6 | 47,28 | 43,28 | 46,13 | 7,62 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | | | | | |
| **ΛΓ1** | 45,92 | 47,59 | 45,75 | 46,96 | 2,99 |
| **ΛΓ2** | 46,17 | 46,63 | 45,09 | 46,46 | 3,05 |
| **ΛΔ1** | 45,71 | 47,86 | 44,72 | 46,23 | 8,72 |
| **ΛΔ2** | 45,8 | 47,12 | 45,56 | 45,92 | 5,53 |

**Πίνακας:** παρουσίαση της συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύσταση μετά από την παραμονή τους σε θερμοκρασία 800 ◌̊C για 24 ώρες.

| 800 ◌̊ C | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΥΨΟΣ (mm)** | **ΑΡΧΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (mm)** | **ΥΨΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΠΛΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (mm)** | **ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | | | |
| **ΑΑ 1** | 40,27 | 47 | 40,17 | 46,82 | 1,01 |
| **ΑΑ 2** | 42,81 | 47,1 | 42,24 | 46,97 | 1,87 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | | | | | |
| **ΣΒ1** | 44,02 | 47,78 | 44,09 | 48,03 | -1,21 |
| **ΣΒ2** | 44,94 | 47,28 | 45,23 | 47,58 | -1,93 |
| **ΣΓ1** | 43,18 | 47,73 | 43,3 | 47,9 | -0,99 |
| **ΣΓ2** | 41,47 | 47,59 | 41,85 | 47,88 | -2,15 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ** | | | | | |
| **ΠΑ1** | 43,48 | 48,29 | 43,63 | 48,37 | -0,68 |
| **ΠΑ2** | 44,71 | 47,13 | 44,32 | 46,63 | 2,96 |
| **ΠΒ1** | 47,49 | 46,66 | 46,52 | 46,11 | 4,34 |
| **ΠΒ2** | 45,27 | 46,15 | 45,56 | 46,18 | -0,77 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | | | | | |
| **ΛΑ1** | 45,99 | 46,35 | 46,23 | 46,38 | -0,65 |
| **ΛΑ2** | 44,01 | 45,73 | 44,05 | 45,96 | -1,10 |
| **ΛΒ1** | 43,74 | 45,3 | 44,07 | 45,47 | -1,51 |
| **ΛΒ2** | 43,28 | 46,13 | 43,52 | 46,32 | -1,38 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | | | | | |
| **ΛΓ1** | 45,75 | 46,96 | 46,05 | 47 | -0,83 |
| **ΛΓ2** | 45,09 | 46,46 | 45,38 | 46,74 | -1,86 |
| **ΛΔ1** | 44,72 | 46,23 | 45,26 | 47,04 | -4,78 |
| **ΛΔ2** | 45,56 | 45,92 | 45,54 | 46,15 | -0,96 |

**Πίνακας:** Παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης ανά θερμοκρασιακή περιοχή.

| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ | ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ(%) | |
|---|---|---|
| ΔΩΜΑΤΙΟΥ | ΑΝΑΦΟΡΑΣ | 7,78 |
| | ΣΜΥΡΙΔΑ 25% | 11,05 |
| | ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5% | 5,73 |
| | ΛΑΣΠΗ 5% | 17,35 |
| | ΛΑΣΠΗ 10% | 15,06 |
| 80 ° C | ΑΝΑΦΟΡΑΣ | 11,46 |
| | ΣΜΥΡΙΔΑ 25% | 5,05 |
| | ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5% | 12,16 |
| | ΛΑΣΠΗ 5% | 6,97 |
| | ΛΑΣΠΗ 10% | 5,07 |
| 800 ° C | ΑΝΑΦΟΡΑΣ | 1,44 |
| | ΣΜΥΡΙΔΑ 25% | -1,57 |
| | ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5% | 1,46 |
| | ΛΑΣΠΗ 5% | -1,16 |
| | ΛΑΣΠΗ 10% | -2,11 |

**Πίνακας :** Παρουσίαση της ολικής συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης.

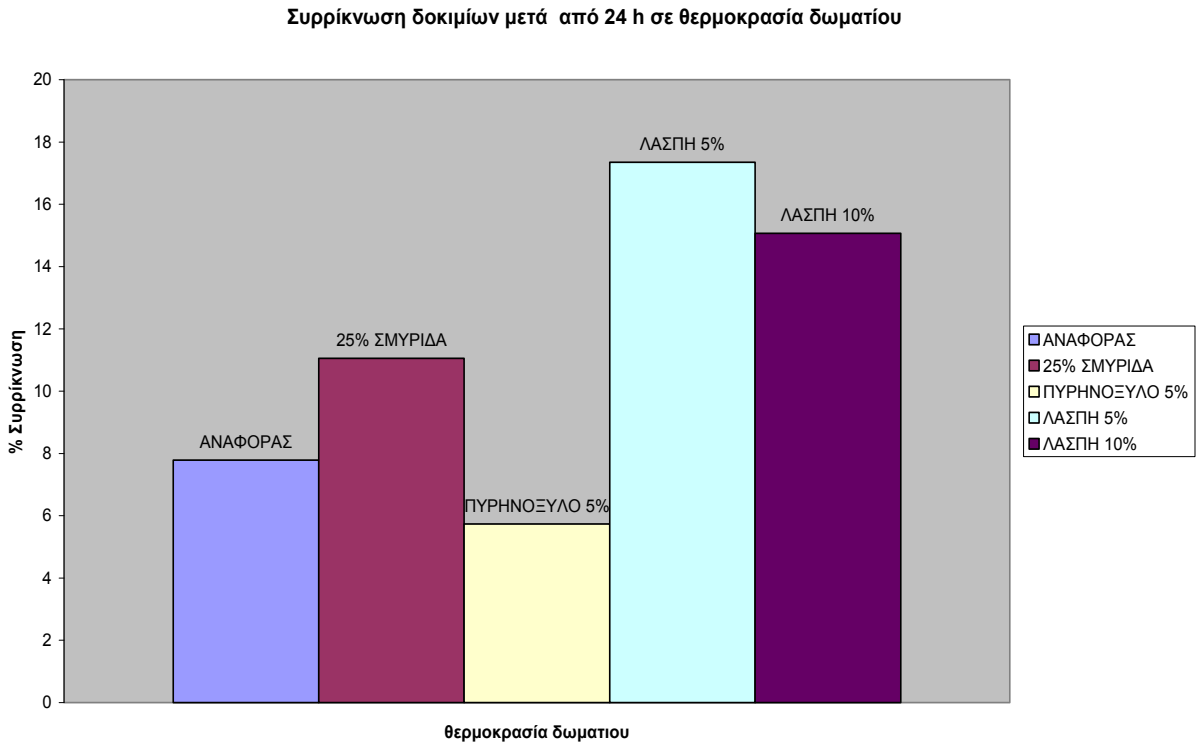
| ΟΛΙΚΗ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ | ΑΡΧΙΚΟ ΥΨΟΣ (mm) | ΑΡΧΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (mm) | ΤΕΛΙΚΟ ΥΨΟΣ (mm) | ΤΕΛΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ (mm) | ΟΛΙΚΗ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (%) |
| ΑΝΑΦΟΡΑΣ | | | | | |
| ΑΑ 1 | 43,57 | 50 | 40,17 | 46,82 | 19,16 |
| ΑΑ 2 | 46,55 | 50 | 42,24 | 46,97 | 19,92 |
| ΣΜΥΡΙΔΑ 25% | | | | | |
| ΣΒ1 | 46,87 | 50 | 44,09 | 48,03 | 13,19 |
| ΣΒ2 | 47,13 | 50 | 45,23 | 47,58 | 13,10 |
| ΣΓ1 | 46,64 | 50 | 43,3 | 47,9 | 14,80 |
| ΣΓ2 | 45,61 | 50 | 41,85 | 47,88 | 15,86 |
| ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ | | | | | |
| ΠΑ1 | 47,82 | 50 | 43,63 | 48,37 | 14,61 |
| ΠΑ2 | 46,67 | 50 | 44,32 | 46,63 | 17,41 |
| ΠΒ1 | 49,54 | 50 | 46,52 | 46,11 | 20,14 |
| ΠΒ2 | 49,75 | 50 | 45,56 | 46,18 | 21,88 |
| ΛΑΣΠΗ 5% | | | | | |
| ΛΑ1 | 48,67 | 50 | 46,23 | 46,38 | 18,27 |
| ΛΑ2 | 48,83 | 50 | 44,05 | 45,96 | 23,78 |
| ΛΒ1 | 47,76 | 50 | 44,07 | 45,47 | 23,69 |
| ΛΒ2 | 48,57 | 50 | 43,52 | 46,32 | 23,10 |

| ΛΑΣΠΗ 10% | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **ΛΓ1** | 48,96 | 50 | 46,05 | 47 | 16,89 |
| **ΛΓ2** | 48,57 | 50 | 45,38 | 46,74 | 18,35 |
| **ΛΔ1** | 47,84 | 50 | 45,26 | 47,04 | 16,26 |
| **ΛΔ2** | 48,11 | 50 | 45,54 | 46,15 | 19,36 |

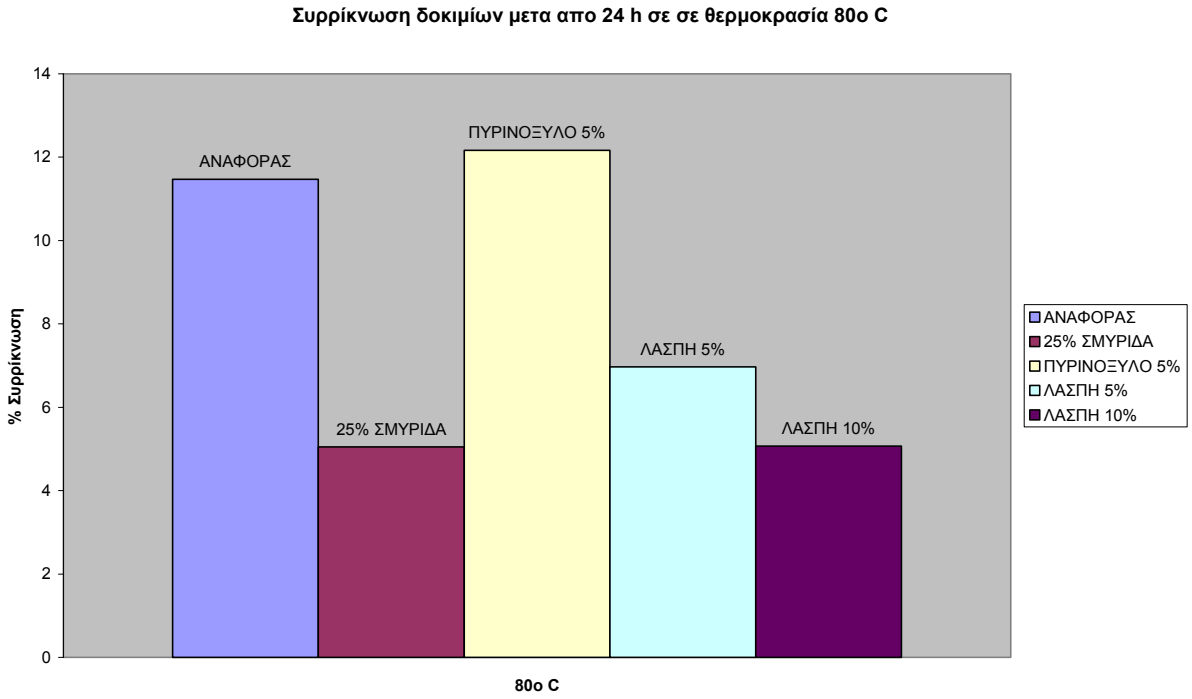
**Πίνακας:** Παρουσίαση του μέσου όρου των τιμών της ολικής συρρίκνωσης (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης.

| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗΣ (%) | |
|---|---|
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 19,54 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | 14,24 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5%** | 18,51 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | 22,21 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | 17,72 |

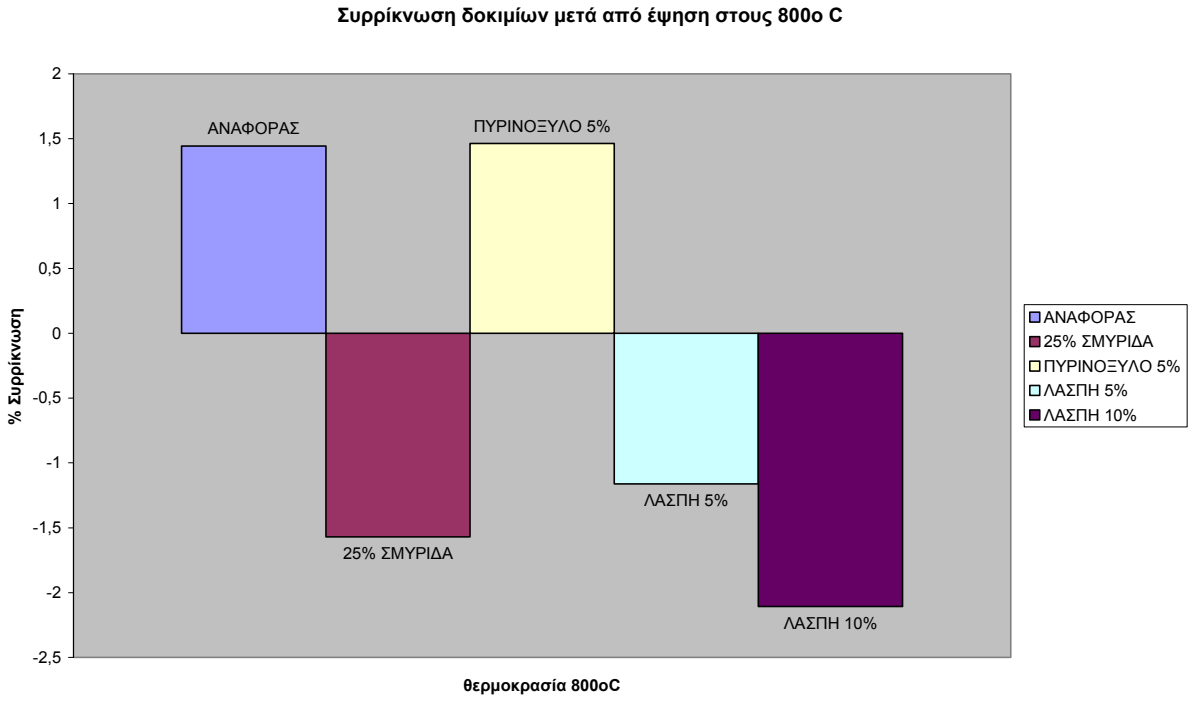
**Γράφημα:** Απεικόνιση της συρρίκνωσης (%) που έχουν υποστεί τα δοκίμια διαφορετικής σύστασης μετά από παραμονή τους για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου.



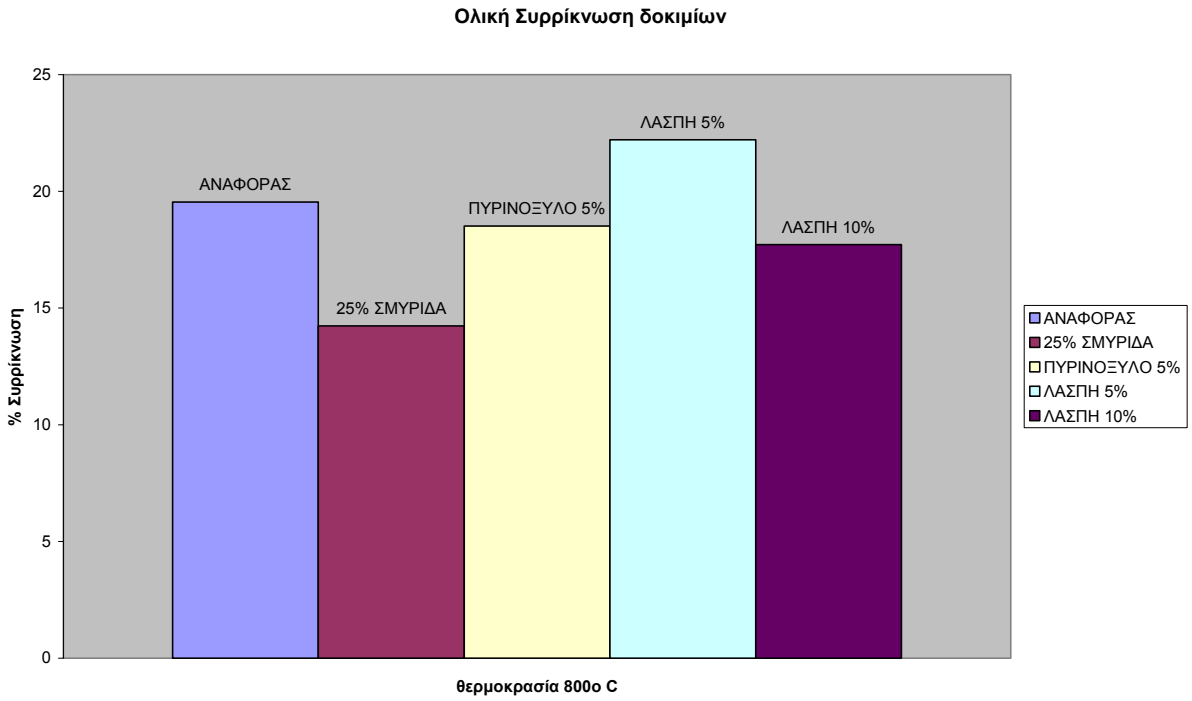
**Γράφημα:** Απεικόνιση της συρρίκνωσης (%)που έχουν υποστεί τα δοκίμια διαφορετικής σύστασης μετά από παραμονή τους για 24 ώρες σε θερμοκρασία 80 ̊C.




**Γράφημα:** Απεικόνιση της συρρίκνωσης (%) που έχουν υποστεί τα δοκίμια διαφορετικής σύστασης μετά από παραμονή τους για 24 ώρες σε θερμοκρασία 800 ̊C.



**Γράφημα:** Απεικόνιση της ολικής συρρίκνωσης (%) που έχουν υποστεί τα δοκίμια διαφορετικής σύστασης.




## Συζήτηση πειραματικών αποτελεσμάτων

1. Παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό συρρίκνωσης παρουσιάζουν τα δοκίμια σύστασης 5% σε λάσπη και είναι τα μόνα δοκίμια που ξεπερνούν τη τιμή της συρρίκνωσης των δοκιμίων αναφοράς. Τη μικρότερη συρρίκνωση την έχει το δοκίμιο σύστασης 25% σε σμύριδα

2. Παρατηρείται ότι μετά την παραμονή για 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου τα δοκίμια σύστασης 5 και 10 % σε λάσπη παρουσιάζουν αρκετά μεγαλύτερη συρρίκνωση σε σχέση με τα υπόλοιπα δοκίμια.

3. Η τιμή συρρίκνωσης πύρωσης για τα δοκίμια με σμύριδα και λάσπη είναι αρνητική. Αυτό σημαίνει ότι τα δοκίμια διαστέλλονται κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Το γεγονός αυτό για τα δοκίμια με σμύριδα οφείλεται στην υψηλή πίεση που ασκεί το διοξείδιο του άνθρακα ενώ για τα δοκίμια με λάσπη σε εκλυόμενα αέρια που απελευθερώνονται κατά την πύρωση και εγκλωβίζεται στους πόρους του λόγω της συνένωσης των κόκκων που πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες [27].

4. Παρατηρείται ότι για τα δοκίμια με σμύριδα και λάσπη η μεγαλύτερη συρρίκνωση παρατηρείται στους 80 ◌̊ C ενώ αντίθετα τα δοκίμια αναφοράς και αυτά με πυρηνόξυλο παρουσιάζουν μεγαλύτερη συρρίκνωση στους 80 ◌̊ C.

5. Στα δοκίμια με λάσπη σαν πρόσθετο παρατηρείται μείωση της συρρίκνωσης με αύξηση του ποσοστού προσθήκης ενώ στη θερμοκρασία της πύρωσης το δοκίμιο με την μεγαλύτερη σύσταση παρουσιάζει και μεγαλύτερη διαστολή.

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

### Πειραματική Διαδικασία

Για τον προσδιορισμό της υδατοαπορρόφησης των δοκιμίων η διαδικασία που ακολουθήθηκε με βάση το πρότυπο EN 771-1:2003 ήταν η εξής:

Τα δοκίμια αρχικά ξηράθηκαν σε φούρνο στους 105 ± 5 $^{o}$C μέχρι σταθεράς μάζας. Ακολούθως αφέθησαν να ψυχθούν στη θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν ζυγιστούν. Τα δοκίμια εν συνεχεία ζυγίστηκαν και καταγράφηκε η ξηρά τους μάζα $m_d$. Θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί σταθερά μάζα εάν, κατά την διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης σε διαδοχικές ζυγίσεις σε διαστήματα όχι μικρότερα από 24 h, η απώλεια μάζας μεταξύ των δύο προσδιορισμών είναι μικρότερη από 0,2% της ολικής μάζας.

Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν στη συνέχεια σε υδατόλουτρο σε θερμοκρασία δωματίου κατά τρόπο τέτοιο ώστε το νερό να έρχεται σε επαφή με όλες τις πλευρές τους. Τα τούβλα αφέθησαν να διαποτιστούν επί 24 h. Έπειτα ελήφθησαν τα δοκίμια από το λουτρό και αφαιρέθηκε κάθε ποσότητα πλεονάζοντος νερού από την επιφάνεια τους με χρήση ενός υγρού υφάσματος.

Τέλος έγινε ζύγιση των δοκιμίων και καταγράφηκε η υγρή μάζα τους $m_w$.

Ο υπολογισμός της υδατοαπορρόφησης $W_m$ καθενός από τα δοκίμια έγινε μέσω της σχέσης :

$$W_m = [(m_w)-(m_d)] / (m_d)$$

**Πειραματικά αποτελέσματα**

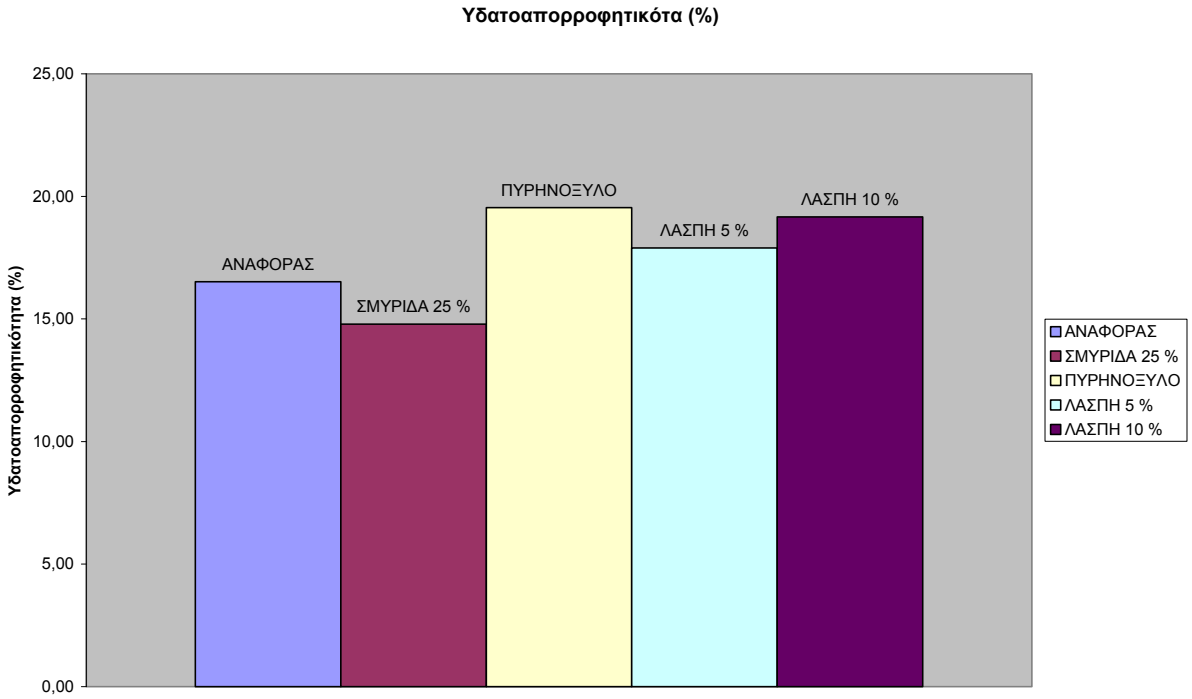
**Πίνακας :** Παρουσίαση της υδατοαπορροφητικότητας (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης.

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ | ΞΗΡΗ ΜΑΖΑ ($m_d$) (g) | ΥΓΡΗ ΜΑΖΑ ($m_w$) (g) | ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (%) |
|---|---|---|---|
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | |
| **ΑΑ1** | 159,2 | 185,5 | 16,52 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | | | |
| **ΣΑ** | 156,2 | 181,3 | 16,07 |
| **ΣΒ** | 180 | 206,3 | 14,61 |
| **ΣΓ** | 186,3 | 214,2 | 14,98 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5%** | | | |
| **ΠΑ** | 141,7 | 169,2 | 19,41 |
| **ΠΒ** | 140,8 | 168,5 | 19,67 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | | | |
| **ΛΑ** | 163 | 192,7 | 18,22 |
| **ΛΒ** | 152 | 178,7 | 17,57 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | | | |
| **ΛΓ** | 150,4 | 179,3 | 19,21 |
| **ΛΔ** | 150,7 | 179,5 | 19,11 |

**Πίνακας :** Παρουσίαση του μέσου όρου των τιμών της υδατοαπορροφητικότητας (%) των δοκιμίων διαφορετικής σύστασης.

| ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (%) | |
|---|---|
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 16,52 |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | 14,79 |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5%** | 19,54 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | 17,89 |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | 19,16 |

**Γράφημα :** Υδατοαπορροφητικότητα που παρουσίασαν τα δοκίμια διαφορετικής σύστασης.




## Συζήτηση πειραματικών αποτελεσμάτων

**1.** Η αυξημένη υδατοαπορροφητικότητα δεν είναι επιθυμητή καθώς το νερό κυκλοφορεί στο εσωτερικό των δοκιμίων με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητα τους. Επίσης η μέτρηση της υδατοαπορροφητικότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς αποτελεί μέτρο του ανοικτού πορώδους του κεραμικού προϊόντος. Όσο μικρότερη είναι η υδατοαπορροφητικότητα ( όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των πόρων ) του δοκιμίου, τόσο μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη έχει.

2. Παρατηρείται ότι η προσθήκη σμύριδας οδηγεί σε μείωση της υδατοαπορροφητικότητας. Η διαπίστωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο πολύ μικρό πορώδες της σμύριδας. Η υποκατάσταση μέρους αργιλοχώματος με ένα μη πορώδες υλικό όπως η σμύριδα οδηγεί στα παραπάνω αποτελέσματα. Επιπλέον, η υποκατάσταση του αργιλοχώματος με τη σμύριδα που είναι ένα υλικό με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικά άλατα, οδηγεί σε μείωση του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα που προκαλεί τη δημιουργία πόρων κι επομένως σε μείωση της υδατοαπορροφητικότητας [27]. Τέλος, η προσθήκη της σμύριδας οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας σε αιματίτη ( $Fe_2O_3$) , ο οποίος σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να θεωρηθεί συνυπεύθυνος για τη μείωση της υδατοαπορροφητικότητας [28].

3. Η προσθήκη λάσπης στα τούβλα, όπως φαίνεται από τη μελέτη της υδατοαπορροφητικότητας αυξάνει την απορρόφηση νερού από τα τούβλα και μάλιστα όσο αυξάνεται το ποσοστό υποκατάστασης αργιλοχώματος με λάσπη

αυξάνεται και η απορρόφηση. Βέβαια οι διαφορές δεν είναι πολύ μεγάλες με το δοκίμιο αναφοράς.

**4.** Αυξημένη υδατοπορροφητικότητα παρουσιάζει και το δοκίμιο με πρόσθετο το πυρηνόξυλο σε σύγκριση με το δοκίμιο αναφοράς. Η υδατοαπορροφητικότητα του δοκιμίου με το πυρηνόξυλο είναι και η μεγαλύτερη με μικρή διαφορά από το δοκίμιο με 10% λάσπη..

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΘΛΙΨΗ

### Πειραματική διαδικασία

Για την μέτρηση της αντοχής σε θλίψη των δοκιμίων ακολουθήθηκε η διαδικασία που αναφέρεται στο πρότυπο ASTM C 109

### Πειραματικά δεδομένα

**Πίνακας:** Παρουσίαση των τιμών της αντοχής σε θλίψη δοκιμίων διαφορετικής σύστασης.

| ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ | ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΘΛΙΨΗ ( $N/mm^2$) |
|---|---|
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | |
| **ΑΑ** | **7,0** |
| **ΣΜΥΡΙΔΑ 25%** | |
| **ΣΒ** | **7,48** |
| **ΣΓ** | **5,9** |
| **ΠΥΡΗΝΟΞΥΛΟ 5%** | |
| **ΠΑ** | **3,86** |
| **ΠΒ** | **6,02** |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | |
| **ΛΑ** | **11,2** |
| **ΛΒ** | **11,18** |
| **ΛΑΣΠΗ 10%** | |
| **ΛΓ** | **7,35** |
| **ΛΔ** | **9,92** |

### Συζήτηση πειραματικών αποτελεσμάτων

1. Παρατηρούμε ότι τα δοκίμια που παράχθηκαν με υποκατάσταση του αργιλοχώματος με λάσπη παρουσιάζουν μια αύξηση στην αντοχή σε θλίψη αν και όχι σε μεγάλο βαθμό. Το δοκίμιο με 10% λάσπη έχει μικρότερη αντοχή σε θλίψη από ότι αυτό με 5% λάσπη, γεγονός που εξηγείται και από την ελαφρώς μεγαλύτερη υδατοαπορροφητικότητα, που σημαίνει μεγαλύτερο πορώδες.

2. Τα δοκίμια με τη σμύριδα σε ποσοστό 25% έχουν λίγο μικρότερο μέσο όρο αντοχής σε θλίψη από ότι το δοκίμιο αναφοράς αλλά σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι παραμένει στα ίδια επίπεδα.

3. Όσον αφορά το πυρηνόξυλο παρουσιάζει τη μικρότερη αντοχή σε θλίψη από όλα τα δοκίμια και αυτό εξηγείται και από την αυξημένη υδατοαπορροφητικότητα που παρουσιάζει (και άρα μεγαλύτερο πορώδες) και επίσης και στο μεγάλο μέγεθος των κόκκων του πυρηνόξηλου που δεν το βοηθάει να ενωθεί τόσο καλά με τους κόκκους του αργιλοχώματος κατά την πύρωση

## ΑΠΩΛΕΙΑ ΜΑΖΑΣ

### Πειραματική διαδικασία

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της απώλειας μάζας των δοκιμίων ήταν η εξής :

Έγινε μέτρηση της μάζας των δοκιμίων με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού πριν και μετά από την έκθεση στη θερμοκρασία περιβάλλοντος , τη θερμοκρασία των 80 $^{\circ}$C και τη θερμοκρασία των 800 $^{\circ}$C. Η μέτρηση της απώλειας μάζας έγινε για τα δοκίμια αναφοράς και τα δοκίμια σύσταση 5 και 10 % σε λάσπη.

Η επί τοις εκατό απώλεια μάζας καθενός από τα δοκίμια υπολογίζεται μέσω της σχέσης :

$$\text{Απώλεια Μάζας} = \frac{(\text{Αρχική Μάζα}) - (\text{Τελική Μάζα})}{(\text{Αρχική Μάζα})}$$

όπου Αρχική Μάζα και Τελική Μάζα είναι η μάζα του δοκιμίου πριν και μετά την έκθεση του σε κάθε θερμοκρασιακή περιοχή.

### Πειραματικά αποτελέσματα.

**Πίνακας :** Απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου

| ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΔΩΜΑΤΙΟΥ | | | |
|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (g)** | **ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (g)** | **ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | |
| **1** | 233,6 | 204,4 | 12,50 |
| **2** | 236,8 | 209,2 | 11,65 |
| **ΛΑΣΠΗ 5 %** | | | |
| **3** | 226,2 | 198,7 | 12,16 |
| **4** | 220,5 | 192,6 | 12,65 |
| **5** | 216,2 | 188,4 | 12,86 |
| **ΛΑΣΠΗ 10 %** | | | |
| **6** | 228,5 | 200,4 | 12,30 |
| **7** | 227,3 | 199,4 | 12,27 |
| **8** | 225,5 | 198,2 | 12,11 |

**Πίνακας :** Απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία 80 ° C.

| 80 ° C | | | |
|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (g)** | **ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (g)** | **ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | |
| **1** | 204,4 | 160,2 | 21,62 |
| **2** | 209,2 | 166,7 | 20,36 |
| **ΛΑΣΠΗ 5 %** | | | |
| **3** | 198,7 | 150,6 | 24,21 |
| **4** | 192,6 | 143,9 | 25,28 |
| **5** | 188,4 | 142,8 | 24,20 |
| **ΛΑΣΠΗ 10 %** | | | |
| **6** | 200,4 | 158,5 | 20,91 |
| **7** | 199,4 | 157,8 | 20,86 |
| **8** | 198,2 | 159 | 19,78 |

**Πίνακας :** Απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία 800 ° C.

| 800 ° C | | | |
|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (g)** | **ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ 24 ΩΡΕΣ (g)** | **ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | |
| **1** | 160,2 | 150,9 | 5,81 |
| **2** | 166,7 | 156,4 | 6,18 |
| **ΛΑΣΠΗ 5 %** | | | |
| **3** | 150,6 | 140,9 | 6,44 |
| **4** | 143,9 | 134,3 | 6,67 |
| **5** | 142,8 | 133,6 | 6,44 |
| **ΛΑΣΠΗ 10 %** | | | |
| **6** | 158,5 | 148 | 6,62 |
| **7** | 157,8 | 146,2 | 7,35 |
| **8** | 159 | 147,1 | 7,48 |

**Πίνακας :** Ολική απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων.

| ΟΛΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ (%) | | | |
|---|---|---|---|
| **ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ** | **ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (g)** | **ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (g)** | **ΟΛΙΚΗ ΑΠΩΛΕΙΑ ΒΑΡΟΥΣ ΔΟΚΙΜΙΟΥ (%)** |
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | | | |
| **1** | 233,6 | 150,9 | 35,40 |
| **2** | 236,8 | 156,4 | 33,95 |
| **ΛΑΣΠΗ 5 %** | | | |
| **3** | 226,2 | 140,9 | 37,71 |
| **4** | 220,5 | 134,3 | 39,09 |
| **5** | 216,2 | 133,6 | 38,20 |
| **ΛΑΣΠΗ 10 %** | | | |
| **6** | 228,5 | 148 | 35,23 |
| **7** | 227,3 | 146,2 | 35,68 |
| **8** | 225,5 | 147,1 | 34,77 |

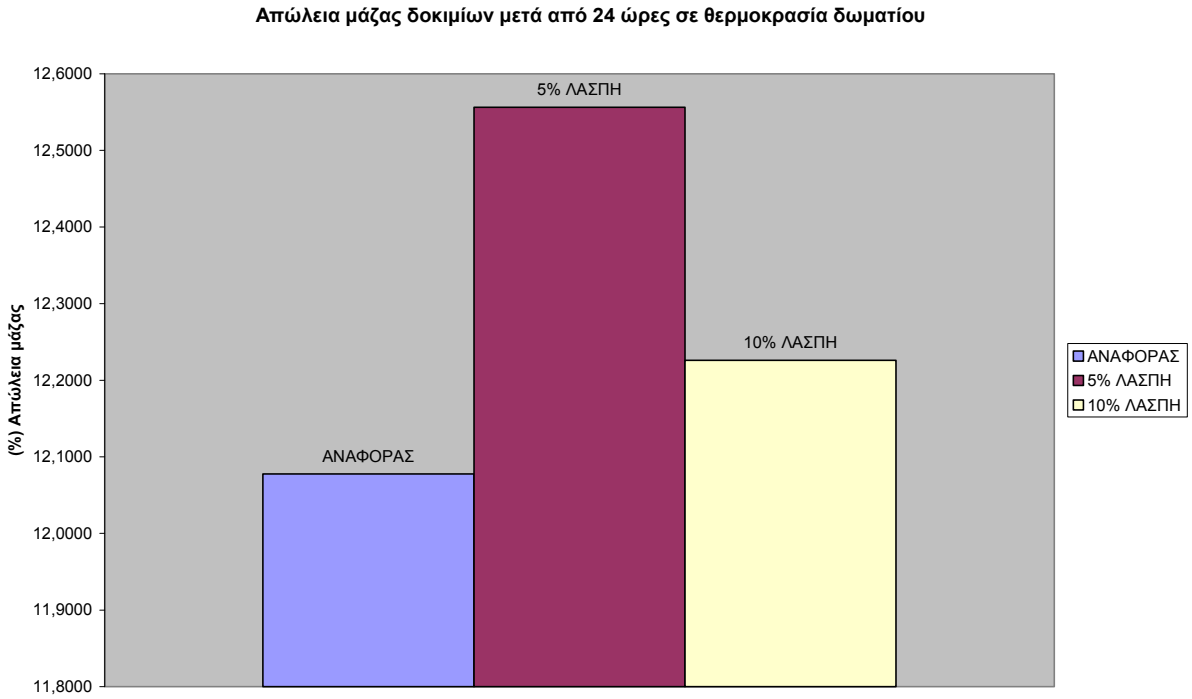
**Πίνακας :** Μέσος όρος απώλειας μάζας (%) των δοκιμίων ανά θερμοκρασιακή περιοχή

| **ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ** | **ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (%)** | |
|---|---|---|
| **ΔΩΜΑΤΙΟΥ** | **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 12,08 |
| | **ΛΑΣΠΗ 5%** | 12,56 |
| | **ΛΑΣΠΗ 10%** | 12,23 |
| **80 ◌̊ C** | **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 20,97 |
| | **ΛΑΣΠΗ 5%** | 24,56 |
| | **ΛΑΣΠΗ 10%** | 20,52 |
| **800 ◌̊ C** | **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 5,99 |
| | **ΛΑΣΠΗ 5%** | 6,52 |
| | **ΛΑΣΠΗ 10%** | 7,15 |

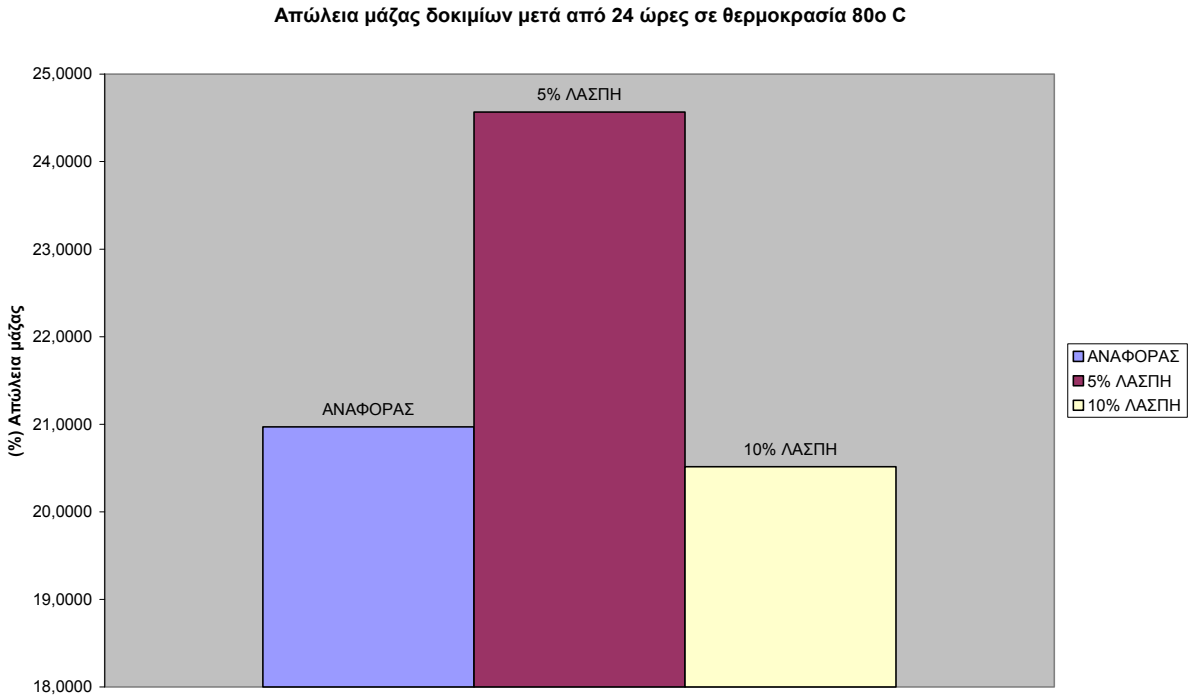
**Πίνακας :** Μέσος όρος ολικής απώλειας μάζας (%) των δοκιμίων με διαφορετική σύσταση.

| **ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΒΑΡΟΥΣ (%)** | |
|---|---|
| **ΑΝΑΦΟΡΑΣ** | 34,68 |
| **ΛΑΣΠΗ 5%** | 38,34 |
| **ΛΑΣΠΗ 10 %** | 35,23 |

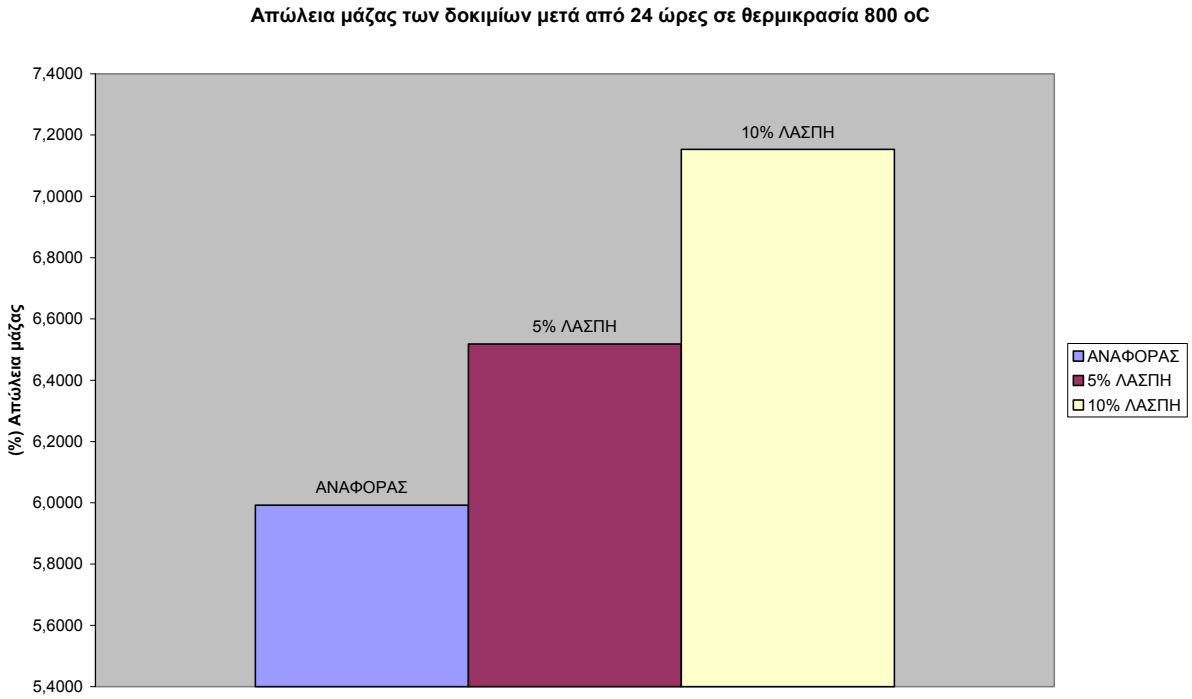
**Γράφημα:** Απεικόνιση της απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία δωματίου.



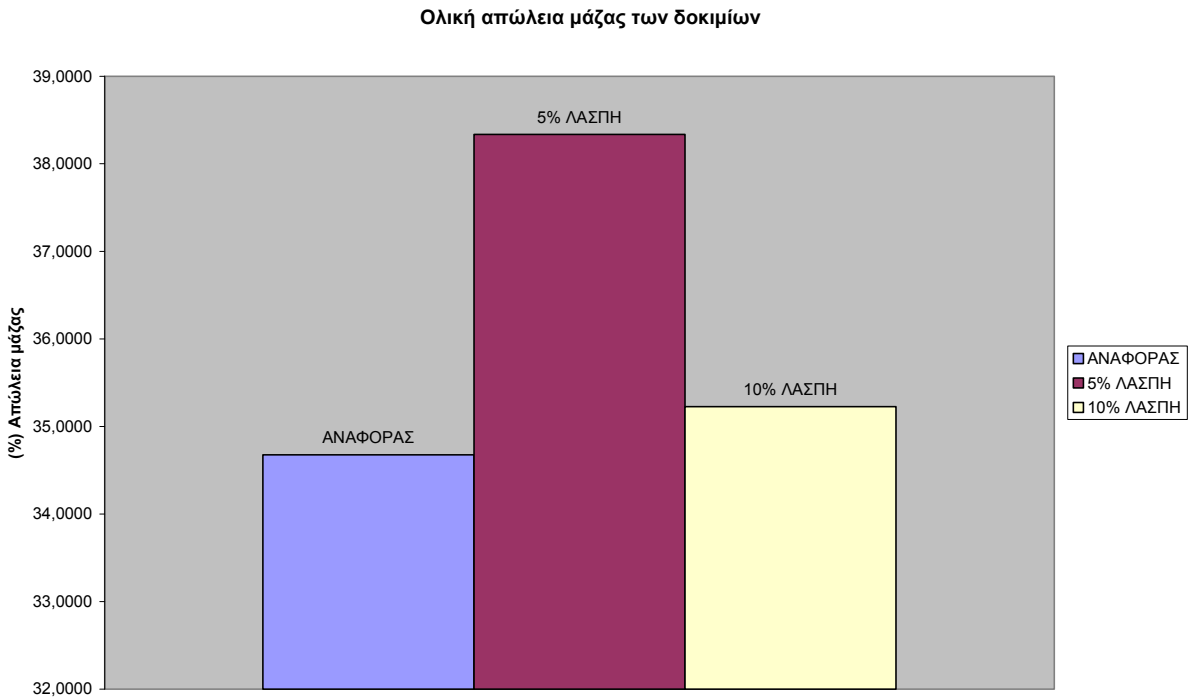

**Γράφημα:** Απεικόνιση της απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία 80° C.



**Γράφημα:** Απεικόνιση της απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων μετά από 24 ώρες σε θερμοκρασία 800° C.




**Γράφημα:** Απεικόνιση της ολικής απώλεια μάζας (%) των δοκιμίων.



**Συζήτηση πειραματικών αποτελεσμάτων**

1. Παρατηρείται ότι μεγαλύτερη απώλεια μάζας παρουσιάζει το δοκίμιο με ποσοστό 5% σε λάσπη. Το δοκίμιο με 10% προσθήκη λάσπης έχει ελαφρώς μεγαλύτερη απώλεια μάζας από αυτό του δοκιμίου αναφοράς αλλά σε γενικές γραμμές παραμένουν στα ίδια επίπεδα.

2. Παρατηρείται ότι μεγαλύτερη απώλεια μάζας σε όλα τα δοκίμια είναι μετά την παραμονή τους για 24 ώρες στους 80° C.

3. Η απώλεια ξήρανσης οφείλεται στην απομάκρυνση όλου του περιεχόμενου νερού ενώ η απώλεια πύρωσης ( όπτησης ) αποδίδεται στην καύση του οργανικού περιεχομένου του αργιλοχώματος, στην απώλεια του χημικώς δεσμευμένου νερού και τη διάσπαση των ανθρακικών αλάτων [27].

4. Γενικά και τα τρία δοκίμια παρουσιάζουν πολύ υψηλές τιμές απώλειας μάζας. Η μέση απώλεια πύρωσης ενός κανονικού τούβλου είναι 15% σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία[29] . Ωστόσο οι υψηλές τιμές μπορούν να εξηγηθούν από την υψηλή περιεκτικότητα τ ου ελληνικού αργιλοχώματος σε ανθρακικά άλατα , τα οποία διασπώνται κατά την πύρωση των δοκιμίων [30].

## ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με τη σμύριδα έχουν σε γενικές γραμμές τις ίδιες μηχανικές ιδιότητες με τα δοκίμια αναφοράς αφού δεν παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά ούτε στην αντοχή στη θλίψη, ούτε στην μέτρηση της συρρίκνωση από αυτά, και εμφανίζουν μια ελάττωση στην υδατοαπορροφητικότητα , πράγμα που είναι πολύ σημαντικό για την αντοχή και την ποιότητα των τούβλων. Επίσης η προσθήκη σμύριδας έχει αποδείξει από παλιότερες έρευνες ότι μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, γεγονός που της δίνει ένα πλεονέκτημα για την χρήση σαν πρόσθετο στην κεραμοποιία [30].

Από την άλλη τα δοκίμια με πρόσθετο το πυρηνόξυλο δεν παρουσίασαν ενθαρρυντικές ιδιότητες στις δοκιμασίες που υποβλήθηκαν. Παρουσίασαν τη μικρότερη αντοχή σε θλίψη , πράγμα που εξηγείται και από το μεγάλο βαθμό υδατοαπορροφητικότητας που εμφάνισαν. Συνεπώς, με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής δεν συστήνεται η χρήση του πυρηνόξυλου σαν πρόσθετο στην κεραμοποιία.

Τέλος όσον αφορά τα δοκίμια που παρασκευάστηκαν με προσθήκη λάσπης, εμφάνισαν ελαφρώς μεγαλύτερη αντοχή σε θλίψη από τα δοκίμια αναφοράς , ιδίως τα δοκίμια με 5% κ.β. σε λάσπη. Από την άλλη όμως εμφάνισαν και αυξημένη υδατοαπορροφητικότητα αλλά σε επίπεδα που μπορεί να θεωρηθεί και αμελητέα. Γενικά , παρουσίασαν την καλύτερη εικόνα σε σχέση με τα υπόλοιπα δοκίμια. Το μοναδικό ίσως μειονέκτημα της είναι ότι περιέχει αρκετό θείο στη σύσταση της.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. G. Lynch (1994). *Brickwork History, technology and practice*. Volume 1, Donhead Publishing Ltd.

2. http://science.jrank.org/pages/1025/Brick.html

3. http://www.sevk.gr/factories.html

4. http://www.gobrick.com/html/frmset_thnt.htm

5. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. (2005) . *Εθνικό Σχέδιο Κατανομής Δικαιωμάτων Εκπομπών για την περίοδο 2005-2007.* www.minenv.gr

6.Ευρωπαικό πρότυπο EN 771-1: 2003

7.G.C.J. Lynch (1994). *Bricks: Properties and Classification. Structural Survey 12, Number 4, pp. 15-20 (6).*

8. http://www.goldenlandmarks.com/brickyardhouse/architecture.htm

9. Consumer Survey, Raw Material for the Glass & Ceramics Industries, 1993

10. Hight P. Richard: Abrasives. Industrial Minerals and Rocks, Lefond AIME. 4th Edition, 1975

11. Αθανασάκη α., Κακλαμάνη Ν.: Μελέτη για τη Δυνατότητα Εμπλουτισμού της Σμύριδας της Νάξου, Αθήνα 1986

12. Περράκη Θ .: Κοιτασματολογία, Ε.Μ.Π., 1996

13. Ζευγώλη Τ.: Η Νάξια Σμύρις, Αθήνα 1945

14. O'Driscoll: Corundum corundum. Industrial Minerals, October 2003

15. Δ. Καλιαμπάκος, Έρευνα αγοράς και οικονομοτεχνική αξιολόγηση εναλλακτικών μεθόδων εμπλουτισμού ορυκτών πρώτων υλών-Φάση ά-Έρευνα αγοράς για τη σμύριδα της Νάξου, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 2004

16. Carr D.: Industrial Minerals and Rocks, 6th Edition, Colorado, 1994

17. Λαμπράκης Δ. Διδακτορική Διατριβή: Ανάπτυξη συστήματος αξιολόγησης μεθόδων καθαρισμού και προετοιμασίας επιφανειών, Αθήνα 2003

18. ΑΠΟΦΑΣΗ 2007/589/ΕΚ, Περί θεσπίσεως κατευθυντηρίων γραμμών για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων σχετικά με
τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατ' εφαρμογή της οδηγίας 2003/87/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

19. Δρ. Β. Τ. Πρωτονοτάριος, (2006). ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ (Μ.Π.Ε.) Λειτουργούντος Εργοστασίου Κεραμοποιίας Γ.Α. Σακελλαράκος Α.Ε. (Τύπου Ι, Έργα και Δραστηριότητες Β΄Κατηγορίας)

20. «Το πρόβλημα των κυκλώνων των εστιών ανακυκλούμενου τυρβώδους στρώματος» - Καθηγητής Κ.Χ.Λέφας δρα Μηχανολόγος- διήμερο "Wirbelschicht-systeme" της V.G.B. στις 14 -15 / 11/1990 στο Essen.

21. VDI - Warmeatlas - Εκδοση 1991 - Lj1/Lj8 - Prof.Dr. - Ing.E.Muschelknautz / Dipl.- Ing.M.Trefz - Stuttgart.)

22. Matthew Hodge , John Ochsendorf , John Fernández (2010*) Quantifying potential profit from material recycling: a case study in brick manufacturing*. Journal of Cleaner Production 18 ,1190-1199.

23. M. Felipe-Sese´ ,D. Eliche-Quesada, F.A. Corpas-Iglesias. *The use of solid residues derived from different industrial activities to obtain calcium silicates for use as insulating construction materials.* Ceramics International 37, (2011), 3019–3028

24. D. Eliche-Quesada, F.A. Corpas-Iglesias, L. Pтrez-Villarejo, F.J. Iglesias-Godino. Recycling of sawdust, spent earth from oil filtration, compost and marble residues for brick manufacturing. Construction and Building Materials 34, (2012), 275–284.

25. S.P. Raut, R.V. Ralegaonkar, S.A. Mandavgane. *Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: A review of waste-create bricks.* Construction and Building Materials 25 ,(2011), 4037–4042

26. K.C.P. Faria, R.F. Gurgel, J.N.F. Holanda. *Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks.* Journal of Environmental Management 101, (2012), 7-12

27. Giuseppe Cultrone, Eduardo Sebastian, Kerstin Elert, Maria Jose de la Torre, Olga Cazalla and Carlos Rodriguez-Navarro (2004) *Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks.* Journal of European Ceramic Society,24, Issue 3, 547-564.

28. Taner Kavas ( 2006). *Use of boron waste as a fluxing agent in production of red mud brick.* Building and Environment 41, 1779-1783.

29. H. Heystek, J.W. Schneider, E. Aleshin (1985). *Use of resource- recovered glass in structural clay products.* Resources and Conservation, 12, 1-12.

30 Μουτσάτσου Α., Θεωδορόπουλος Κ.Χ., Μπάτσος Μ., Μάλαμα Π., Πρωτονοτάριος Β., *Χρήση βιομηχανικών ορυκτών και παραπροιόντων στην παραγωγή κεραμικών υλικών με ταυτόχρονη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα,* 7$^{o}$ Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, Πάτρα 3-5 Ιουνίου 2009.