



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Π.Μ.Σ: Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΑΜΜΟΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ**

**ΠΑΤΕΡΑΚΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

**ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

**Καθηγητής Σταμπολιάδης Ηλίας (επιβλέπων)**

**Αναπληρωτής Καθηγητής Γαλετάκης Μιχαήλ**

**Επίκουρος Καθηγητής Αλεβίζος Γεώργιος**

**ΧΑΝΙΑ , 2015**

***‘ Εάν ης φιλομαθής, έσει και πολυμαθής.’***

Ισοκράτης, 436-338 π.Χ., Αθηναίος ρήτορας

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κλείνοντας τον κύκλο των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης θέλω να ευχαριστήσω πρώτα και από καρδιάς τον Επιβλέποντα Καθηγητή μου τον κύριο Ηλία Σταμπολιάδη για το ότι με δέχτηκε να πραγματοποιήσω τη μεταπτυχιακή μου διατριβή στο Εργαστήριο Εμπλουτισμού των Μεταλλευμάτων και Μηχανικής Τεμαχιδίων, για τις γνώσεις που μου πρόσφερε στη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και τη διαρκή και συνεχή καθοδήγηση στη διάρκεια των πειραμάτων.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Γαλετάκη Μιχαήλ για τη βοήθεια του στην έρευνα και την καθοδήγηση στην παρασκευή των κονιαμάτων και τον Επίκουρο Καθηγητή κύριο Αλεβίζο Γεώργιο για τη βοήθεια του στο κομμάτι της ανάλυσης μικροδομής των κονιαμάτων.

Ιδιαίτερες και θερμές ευχαριστίες προς στα μέλη του Εργαστηρίου Εμπλουτισμού Μεταλλευμάτων και Μηχανικής Τεμαχιδίων, την κυρία Όλγα Παντελάκη και τον κύριο Ευάγγελο Πετράκη για την αμέριστη συμπαράσταση τους στη διάρκεια του μεταπτυχιακού μου, και την πολύ μεγάλη βοήθεια τους για τη σωστή και ακριβή εκτέλεση όλων των πειραμάτων μου.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τον κύριο Κωνσταντή Λεβεντάκη για την πρακτική καθοδήγησή του κατά την διάρκεια παρασκευής των κονιαμάτων, τον κύριο Στυλιανό Μαυριγιαννάκη για την πολύτιμη βοήθεια του στις δοκιμές μέτρησης της μηχανικής αντοχής των δοκιμίων, τον κύριο Αντώνιο Στρατάκη για την πραγματοποίηση της ακτινοσκόπησης δειγμάτων από τα κονιάματα και τον κύριο Γεώργιο Αποστολάκη για την παρασκευή των στιλπνών τομών των δειγμάτων.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στη συμφοιτήτρια μου Ταγρίδη Αγγελική για όλα αυτά τα χρόνια που συμπορευτήκαμε μαζί στις σπουδές στο μεταπτυχιακό του Τμήματος Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.

Τέλος εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου προς τους γονείς μου και την αδελφή μου για την καθημερινή συμπαράστασή τους αλλά και για το ότι με βοήθησαν σε δύσκολες οικονομικά εποχές να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιλογή του θέματος έγινε με γνώμονα τον προβληματισμό που υπάρχει γύρω από το θέμα της παρουσίας παιπάλης στα κονιάματα – επιχρίσματα. Στη διεθνή και στην ελληνική βιβλιογραφία παρατηρήθηκε ότι η παρουσία παιπάλης στα κονιάματα – επιχρίσματα προκαλεί μείωση των αντοχών, αύξηση της αυτογενούς συρρίκνωσης, επιβράδυνση στερεοποίησης του υλικού, μείωση της διαδικασίας εξάτμισης, καθώς και υψηλότερη συμπίεστική δύναμη.

Στόχος της εργασίας είναι να αφαιρεθεί παιπάλη από τη λατομική άμμο μέσω μεθόδων ταξινόμησης όπως η αεροταξινόμηση, να παρασκευαστούν μείγματα κονιαμάτων ούτως ώστε να εξεταστεί κατά πόσο η αφαίρεση παιπάλης επιδρά στο κονίαμα σε ιδιότητες όπως η αντοχή η πυκνότητα και η υδατοπερατότητα αλλά και να κατασκευαστούν στιλπνές τομές και να παρατηρηθεί η μικροδομή των κονιαμάτων.

Κατά την πρώτη σειρά πειραμάτων έγινε διερεύνηση της δυνατότητας αφαίρεσης μεγάλου ποσοστού παιπάλης από την λατομική άμμο μέσω της μεταβολής των συνθηκών λειτουργίας του αεροταξινομητή που χρησιμοποιήθηκε. Αυτό έγινε με δυο τρόπους. Με λειτουργία του αεροταξινομητή εφόσον περιστρέφεται ο κλωβός και με λειτουργία του αεροταξινομητή χωρίς την κίνηση του περιστρεφόμενου κλωβού. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής του κλωβού, το υλικό δεν ταξινομείται θετικά και μειώνεται ελάχιστα το ποσοστό της παιπάλης. Εν αντιθέσει παρατηρήθηκε ότι τα πολλαπλά περάσματα χωρίς την περιστροφή του κλωβού επιδρούν θετικά στην κατανομή του υλικού και αφαιρείται ικανοποιητική ποσότητα παιπάλης.

Κατά τη δεύτερη σειρά πειραμάτων έγιναν δοκιμές σε κονιάματα με συγκεκριμένο ποσοστό τσιμέντου, υδράσβεστου, λατομικής άμμου και πρόσθετων (επιβραδυντή) έτσι ώστε να ερευνηθεί το κατά πόσο η αφαίρεση της παιπάλης από την λατομική άμμο επιδρά στην αντοχή των κονιαμάτων. Παρατηρήθηκε ότι όσο αφαιρείται παιπάλη αύξανονται οι αντοχές των συνθέσεων όμως η αφαίρεση πολύ μεγάλου ποσοστού παιπάλης δεν αυξάνει σημαντικά τις αντοχές των κονιαμάτων. Όσο αφορά τις υπόλοιπες ιδιότητες παρατηρήθηκε ότι όσο πιο μεγάλη αντοχή έχει το κονίαμα τόσο μεγαλύτερη πυκνότητα και μικρότερη υδατοπερατότητα έχει.

Επιπροσθέτως στην συγκεκριμένη σειρά πειραμάτων έγιναν δοκιμές σε κονιάματα κρατώντας σταθερή την αναλογία τσιμέντου υδρασβέστου και μεταβάλλοντας τα μέρη όγκου της άμμου. Παρατηρήθηκε ότι όσο πιο πολλά μέρη όγκου άμμου συμμετέχουν στο μείγμα τόσο μειώνεται η αντοχή του κονιάματος.

Κατά τη τρίτη σειρά πειραμάτων κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές των κονιαμάτων έτσι ώστε να εξεταστεί η μικροδομή τους. Παρατηρήθηκε αραιή στοίβαξη των κόκκων στο κονίαμα όταν αφαιρείται μεγάλο ποσοστό παιπάλης από τη λατομική άμμο.

Κατά τη φάση τυποποίησης της όλης διαδικασίας παρασκευής και ωρίμανσης των πειραματικών δοκιμίων παρατηρήθηκε πολύ μεγάλη μείωση των αντοχών όταν ο επιβραδυντής (τρυγικό οξύ) χρησιμοποιείται στο κονίαμα στα ανώτερα όρια που ορίζουν οι κανονισμοί (2% κατ'όγκου τσιμέντου). Παρουσιάστηκαν μεγάλες αλλοιώσεις μακροσκοπικά και μικροσκοπικά κυρίως στο σκληρυμένο κονίαμα.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ.....	8
1.2. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ.....	10
1.3. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	14
1.4. ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΠΑΙΠΑΛΗ.....	15
1.5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΜΕΓΕΘΟΣ.....	15
1.6. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΕΡΟΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗ.....	16

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ**

2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	20
2.2 .ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΚΛΩΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ.....	23
2.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗ ΠΡΩΤΗΣ ΦΑΣΗΣ.....	26
2.4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	27
2.5. ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΛΩΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ.....	28
2.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΦΑΣΗΣ.....	33
2.7 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	34

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ.....	35
3.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	35
3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ.....	38
3.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΩΠΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ.....	39
3.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ.....	41
3.6. ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ –... ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΗ ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΑΜΜΟΥ.....	45
3.7. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ .....	54
3.8. ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΜΕΡΗ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΗΣ ΑΜΜΟΥ.....	54
3.9. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	63

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ.....64**

4.1.ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	71
-----------------------------------	----

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 :ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....73**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....77**

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

7.1. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.....	79
7.2. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	83
7.3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.....	95

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

### Ορισμοί, γενική περιγραφή υλικού

Κονιάματα είναι μίγματα μίας ή περισσοτέρων συνδετικών υλών (κονιών), νερού, λεπτόκοκκων αδρανών (<4mm) και ενδεχομένως ειδικών προσθέτων, τα οποία έχουν αξιόλογη ρευστότητα και πλαστικότητα όταν είναι νωπά, αποκτούν δε μετά την πήξη και σκλήρυνση της συνδετικής ύλης, μηχανική αντοχή και άλλες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Οι ιδιότητες του νωπού και του σκληρυμένου κονιάματος εξαρτώνται από το είδος και τις αναλογίες των πρώτων υλών, από τον τρόπο ανάμιξης και μορφοποίησης και από τις συνθήκες που επικρατούν και εφαρμόζονται κατά την διάρκεια της σκλήρυνσης.

Τα κονιάματα μπορούν να διαιρεθούν κατά διάφορους τρόπους όπως :

- Ανάλογα με τον τρόπο πήξης και σκλήρυνσης που εξαρτάται από το είδος της κονιάς, σε **υδραυλικά** και **αερικά**.
- Ανάλογα με το φαινόμενο βάρος τους σε ελαφριά (<1500Kg/m<sup>3</sup>) και βαριά (>1500Kg/m<sup>3</sup>).
- Ανάλογα με το είδος της κονιάς ή των αδρανών σε:

**Τσιμεντοκονιάματα** με συνδετική ύλη το τσιμέντο

**Ασβεστοκονιάματα** με συνδετική ύλη τον πολτό άσβεστου ή την κονιοποιημένη υδράσβεστο.

**Τσιμεντοασβεστοκονιάματα** ή μικτά κονιάματα με μίγμα τσιμέντου και άσβεστου ως συνδετική ύλη.

**Ποζολανικά κονιάματα** με συνδετική ύλη άσβεστο (με μερική υποκατάσταση με τσιμέντο) και ποζολάνη (φυσική ή τεχνητή).

**Μαρμαροκονιάματα** με κύριο αδρανές τη μαρμαρόσκονη αντί της άμμου και συνδετική ύλη ασβέστη ή τσιμέντο (με ενδεχόμενη μικρή προσθήκη γύψου)

**Γυψοκονιάματα** με κύριο συνδετικό υλικό τη γύψο.



- Ανάλογα με τη χρήση τους **σε κονιάματα δόμησης ή κονιάματα τοιχοποιίας, κονιάματα επιχρισμάτων, ισοπεδωτικά ή κονιάματα εξίσωσης δαπέδων, επισκευαστικά κονιάματα και συγκολλητικά** όπου υπάγονται οι διάφορες κόλλες. Διάφορες επιμέρους κατηγορίες όπως θερμομονωτικά, ηχομονωτικά, πυράντοχα κλπ, είναι υποπεριπτώσεις των παραπάνω γενικών διαιρέσεων.

Η σύνθεση των μικτών κονιαμάτων εκφράζεται με τρεις αριθμούς που αναφέρονται, με τη σειρά, σε μέρη όγκου τσιμέντου προς ασβέστη προς άμμο. Όταν γίνεται αναφορά σε απλά κονιάματα (με μία κονία) πάλι προτίθεται ο όγκος της κονίας σε σχέση με τον όγκο της άμμου. Είναι προφανές ότι τα παραπάνω κονιάματα έχουν διαφορετικές συνθέσεις και ιδιότητες ανάλογα με τη χρήση τους, όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια.

Τα κονιάματα που προορίζονται για τα διάφορα δομικά έργα, έχουν ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών χρήσεων, ανάλογα με τις επιδιωκόμενες ιδιότητες που εξαρτώνται από τη σύνθεση και την ποσοστιαία αναλογία των πρώτων υλών αλλά και τον τρόπο παρασκευής των. Τα σημεία ακριβώς αυτά είναι που διαφοροποιούν τα κονιάματα από τις υπόλοιπες κατηγορίες δομικών προϊόντων.

Από όσα περιληπτικά αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι προφανές ότι ένα υλικό όπως είναι το κονίαμα, που προορίζεται για να συνδέσει μεταξύ τους τα διάφορα στοιχεία για δημιουργία μιας ενιαίας μονολιθικής μάζας που να αντέχει σε υψηλά φορτία, είναι απαραίτητο να αναπτύσσει ικανοποιητικές αντοχές με μεγάλο συντελεστή ασφαλείας. Παράλληλα με τις αντοχές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλες σημαντικές τους ιδιότητες οι οποίες καθορίζουν την ποιότητα του κονιάματος και τα πεδία εφαρμογής του. Οι επιπλέον αυτές ιδιότητες είναι η εργασιμότητα για τα νωπά κονιάματα και η πρόσφυση και η ανθεκτικότητα για τα σκληρυμένα. Οι ιδιότητες αυτές είναι σύνθετες και συντίθενται από άλλες επί μέρους που με τη σειρά τους εξαρτώνται από τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν στην αρχή και που σχετίζονται με τις πρώτες ύλες και τον τρόπο παρασκευής των κονιαμάτων. [

1-5 ]

## 1.2. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Με βάση τα πρότυπα ΕΛΟΤ EN 998-1:2003 και ΕΛΟΤ EN 998-2:2003, που αναφέρονται στις δύο πρώτες κατηγορίες κονιαμάτων, οι οποίες είναι και οι περισσότερο διαδεδομένες οι συνηθέστερες πρώτες ύλες για τα κονιάματα είναι οι κονίες (συνδετικά υλικά), τα αδρανή, τα χημικά πρόσμικτα, τα πρόσθετα και το νερό. Ως κονίες χρησιμοποιούνται τα τσιμέντα, οι ασβέστες, τα τσιμέντα τοιχοποιίας, οι γύψοι και άλλα ανόργανα υλικά με αποδεδειγμένη καταλληλότητα όπως είναι τα ποζολανικά υλικά.

- **Τσιμέντο.**

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τύποι CEM I, CEM II και CEM IV κατά ΕΛΟΤ EN 197-1:2000 με την προϋπόθεση ότι δεν έχουν υποστεί αλλοιώσεις από μακροχρόνια ή κακή αποθήκευση. Στο ίδιο πρότυπο αναφέρονται όλες οι απαιτήσεις ποιότητας (ελάχιστες ή μέγιστες τιμές των φυσικών, χημικών και μηχανικών ιδιοτήτων) που πρέπει να καλύπτουν τα τσιμέντα προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κονίες στα κονιάματα.

- **Άσβεστος**

Ο όρος άσβεστος (ασβέστης) είναι ένας γενικός όρος που περιλαμβάνει όλες τις φυσικές και χημικές μορφές των διαφόρων ποιοτήτων με τις οποίες το οξείδιο ή/και το υδροξείδιο του ασβεστίου και του μαγνησίου μπορούν να εμφανισθούν. [ 6-7 ]

- **Άλλες αερικές κονίες.**

Οι συνηθέστερες αερικές κονίες που ανάλογα με την εφαρμογή μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα κονιάματα, περιληπτικά είναι οι εξής :

**Αργίλος :** Εκτός από καθαρό λευκό καολίνη ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) περιέχει λίγο ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ), οξείδια του σιδήρου (Fe) και άλλες προσμίξεις που καθορίζουν το χρώμα του. Χρησιμοποιείται για τα πυρίμαχα επιχρίσματα.

**Πηλός :** Φυσικό μίγμα από άργιλο και λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα αμμώδη συστατικά. Με την ξήρανση σκληρύνεται και συστέλλεται τόσο περισσότερο όσο πιο παχύ είναι, δηλαδή όσο περισσότερο άργιλο περιέχει. Ο πηλός στην τελική ξηρά κατάσταση έχει καλές ηχομονωτικές και θερμομονωτικές ιδιότητες, αλλά είναι ευαίσθητος στο νερό και στον παγετό. Είναι από τις παλαιότερες κονίες που χρησιμοποιήθηκαν.

**Δομικοί γύψοι :** Προέρχονται από τον ορυκτό γύψο ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) μετά από μερική ή ολική αφυδάτωσή του. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κονιάματα επιχρισμάτων και πολλές φορές αναμιγνύονται με ειδικά πρόσθετα τα οποία βελτιώνουν ορισμένες ιδιότητες (συνεκτικότητα, χρόνος πήξεως, πρόσφυση, κλπ.). Ο κοινός γύψος (ανυδρίτης) πήζει πολύ γρήγορα (αρχή μεταξύ 8 και 20min – τέλος μεταξύ 20 και 60min).

Οι δομικός γύψος είναι σκόνη συνήθως λευκή, υπόλευκη ή κιτρινωπή. Παραδίνεται κυρίως σε σάκους αλλά και χύμα σε σιλό. Όπως οι άλλες κονίες πρέπει να αποθηκεύεται οπωσδήποτε σε στεγνό χώρο. Χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για εργασίες στόκου, σε κονιάματα επιχρισμάτων σε επιχρίσματα επί μεταλλικών πλεγμάτων, για την κατασκευή δομικών πλακών και σωμάτων καθώς και για την κατασκευή δαπέδων.

**Κονίες ανυδρίτη :** Είναι μη υδραυλικές συνδετικές ύλες που παρασκευάζονται με συνάλεση ή ανάμιξη ανυδρίτη και διεγέρτη. Ως ανυδρίτης χρησιμοποιείται φυσικό ή συνθετικό  $\text{CaSO}_4$  με περιεκτικότητα τουλάχιστον 85%  $\text{CaSO}_4$ . Ως διεγέρτες χρησιμεύουν ύλες με βασικές ιδιότητες (άσβεστοι ή τσιμέντα Πόρτλαντ) ή διάφορα άλατα καθώς και μίγματα μεταξύ των. Η πήξη τους αρχίζει αφού περάσουν τουλάχιστον 20min από την παρασκευή τους και πρέπει να λήξει τις επόμενες 12 ώρες. Πρέπει να έχουν σταθερότητα όγκου και δεν επιτρέπεται η ανάμιξή τους με υδραυλικές κονίες για να αποφευχθεί η διόγκωση κατά την πήξη. Χρησιμοποιούνται κυρίως για δάπεδα και διακοσμητικά επιχρίσματα.

**Ποζολάνες :** Γνωστές από τα πολύ παλιά χρόνια. Απαντούν σε οικίες της Δήλου (2ος αιώνας π.Χ.), αλλά και σε μνημεία της Ρωμαϊκής εποχής. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλα έργα του προηγούμενου αιώνα (Διώρυγα Σουέζ, Ισθμός Κορίνθου). Είναι φυσικά ή τεχνητά πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, η χαρακτηριστική ιδιότητα των οποίων είναι ότι σε λεπτότατο καταμερισμό και με την παρουσία υγρασίας ενώνονται

χημικά με την υδράσβεστο, στη συνήθη θερμοκρασία, και σχηματίζουν υδραυλικές ενώσεις. Αναλυτικά οι ποζολάνες περιγράφονται στο ΕΛΟΤ EN 197 – 1 : 2001.

**Τα τσιμέντα τοιχοποιίας :** Είναι εργοστασιακά παρασκευασμένες λεπτόκοκκες υδραυλικές κονίες που ενεργοποιούνται σημαντικά και αναπτύσσουν αντοχές με την παρουσία κλίνκερ τσιμέντου πόρτλαντ το οποίο, ανάλογα με την κλάση του τσιμέντου τοιχοποιίας, είναι κατ' ελάχιστον 25 ή 40%. Όταν αναμειγνύεται μόνο με άμμο και νερό, χωρίς άλλα πρόσθετα παράγει ένα εργάσιμο κονίαμα κατάλληλο για τοιχοδομές και επιχρίσματα. Η περισσότερο σημαντική τους χρήση είναι για κονιάματα τοιχοδομών καθώς και για το πρώτο χέρι των επιχρισμάτων, καθόσον πλεονεκτούν μεν ως προς τις αντοχές που προσδίδουν στο κονίαμα, μειονεκτούν όμως σε άλλες ιδιότητες και κυρίως στην πρόσφυση μεταξύ του κονιάματος και των μονάδων της τοιχοποιίας. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες αντοχών MC 5, MC 12,5 και MC 22.5 όπου στην πρώτη το κλίνκερ είναι 25%min, ενώ στις άλλες είναι 40%min. Τα οργανικά υλικά σε όλες τις περιπτώσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν το 1%. Διακρίνονται σε τσιμέντα που επιτρέπουν (air entraining) ή όχι (non-air entraining) τη διείσδυση του αέρα.[ 6-7 ]

- **Αδρανή για κονιάματα**

Η άμμος είναι το συνηθέστερο αδρανές υλικό που χρησιμοποιείται στα κονιάματα. Δεν πρέπει να περιέχει προσμίξεις που i) να είναι ικανές να προκαλέσουν μείωση της αντοχής και της σταθερότητας των κονιαμάτων, ii) να επηρεάσουν δυσμενώς άλλες ιδιότητες των και iii) να προκαλέσουν επιβλαβείς χημικές αντιδράσεις με την εκάστοτε συνδετική ύλη.

Πιο συγκεκριμένα κατά την επιλογή και τη χρήση των αδρανών, έμφαση δίνεται :

α) στην κοκκομετρική διαβάθμιση όπου προτιμάται η χρήση αδρανών με σχετικά μεγάλο εύρος προκειμένου να καλύπτουν οι μικροί κόκκοι τα κενά που αφήνουν οι μεγαλύτεροι. Επιδιώκεται όπως το <250μm κλάσμα να είναι το 10-25% του συνολικού βάρους της άμμου. Εάν το κλάσμα αυτό αντιπροσωπεύει ποσοστό μικρότερο του 10%, τότε θα υπάρχουν κενά και τότε θα πρέπει να προστεθεί κονία για να βελτιωθεί η εργασιμότητα. Αυξημένο όμως ποσοστό κονιάς θα οδηγήσει σε ρωγμές λόγω του αυξημένης συστολής ξήρανσης. Όταν όμως υπάρχουν αδρανή

υλικά με αυξημένο λεπτόκοκκο κλάσμα (δηλαδή με μέγεθος κόκκου μικρότερο των 63  $\mu\text{m}$ ) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5%, τότε δημιουργείται έντονο πρόβλημα καθόσον καλύπτονται οι κόκκοι του αδρανούς και εμποδίζεται η ένωση του με τον πολτό. Το λεπτόκοκκο αυτό κλάσμα λέγεται παιπάλη.

β) Στην παρουσία αλάτων και άλλων προσμίξεων καθώς και στην παρουσία χρωματοειδών υλικών που καθιστούν δύσκολη την πρόσφυση μεταξύ αδρανούς και συνδετικού υλικού. Στα επιβλαβή συστατικά περιλαμβάνονται φυτικές και χημικές ουσίες, τεμάχια άνθρακα, τέφρες κλπ

γ) Στην υγρασία όπου οι αναλογίες μίξης των συστατικών των κονιαμάτων που δίνονται στα διάφορα πρότυπα, ισχύουν με την προϋπόθεση ότι η άμμος περιέχει υγρασία περίπου 3%. Ιδιαίτερα ξηρές ή πολύ υγρές άμμοι καταλαμβάνουν διαφορετικό χώρο. Για τον λόγο αυτό κατά τον καθορισμό των αναλογιών ενός κονιάματος οι ποσότητες των άμμων πρέπει να διορθώνονται ανάλογα με την υγρασία που έχουν. [ 6-10 ]

- **Πρόσμικτα και πρόσθετα**

**Βελτιωτικά ή χημικά πρόσμικτα :** είναι τα υλικά που προστίθενται, σε μικρές ποσότητες σε σχέση με τη μάζα της κονίας, κατά τη διάρκεια της ανάμιξης του κονιάματος με σκοπό να τροποποιήσουν τις ιδιότητες κυρίως του νωπού αλλά και του σκληρυμένου κονιάματος. Δεδομένου ότι ευρίσκονται σε υπερλεπτό διαμερισμό, η προσθήκη τους πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή και σε πρώτη φάση να αναμειγνύονται με τις κονίες (και όχι και με τα αδρανή) για να αποφευχθεί ο σχηματισμός συσσωματωμάτων. Σε αυτά υπάγονται οι ρευστοποιητές οι υπερρευστοποιητές, οι πλαστικοποιητές, οι επιταχυντές πήξης, οι επιβραδυντές και τα αερακτικά. Συνήθως προστίθενται σε μικρά ποσοστά έως το όριο του **2%** κατ'όγκου τσιμέντου. Αν χρησιμοποιηθούν σε μικρότερα ποσοστά όπως 0.2% (2g ανά Kg τσιμέντου), θα πρέπει να προστεθούν με μορφή αιωρήματος με μέρος του νερού.

**Τα πρόσθετα συστατικά είναι τα λεπτομερώς διαμερισμένα :** ανόργανα υλικά που χρησιμοποιούνται στο κονίαμα στοχεύοντας είτε να βελτιώσουν κάποιες ιδιότητες του είτε να πετύχουν συγκεκριμένες ιδιότητες. Διακρίνονται δύο κατηγορίες

προσθέτων : τα σχεδόν αδρανή πρόσθετα (τύπου I, όπου υπάγονται τα φιλλερ αδρανών με προδιαγραφές σύμφωνες με το ΕΛΟΤ EN 12620 και τα χρώματα) και τα πρόσθετα που έχουν ποζολανικές ή λανθάνουσες υδραυλικές ιδιότητες. Τα τελευταία (τύπου II), που περιλαμβάνουν τις Ιπτάμενες τέφρες, σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 450, και την πυριτική παιπάλη, κατά pr-EN 13263, διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες. [6-10]

- **Το νερό**

Το νερό πρέπει να είναι απαλλαγμένο από επιβλαβείς προσμίξεις όπως οργανικά και ανόργανα οξέα, λίπη και λάδια, διαλυτά σάκχαρα, αιωρούμενες ουσίες και υπερβολικά ποσά διαλυμένων αλάτων (κυρίως θεικών και χλωριούχων). Τα πολύ σκληρά νερά καθώς και το θαλασσινό νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις ανάγκης μόνο για κονιάματα τοιχοδομών εφ' όσον ικανοποιούν το τεστ καταλληλότητας νερού. Το Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 345 καθώς και το ΕΛΟΤ EN 1008 αναφέρονται για την καταλληλότητα νερού ανάμιξης και συντήρησης δοκιμίων. [ 6-10 ]

### **1.3. ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Στα συνήθη έτοιμα κονιάματα – επιχρίσματα η χρήση μαρμαρόσκονης και ασβεστολιθικής άμμου προϋποθέτει την αφαίρεση μεγάλου ποσοστού της παιπάλης της καθώς η παρουσία της προκαλεί μείωση των αντοχών, αύξηση της αυτογενούς συρρίκνωσης, επιβράδυνση στερεοποίησης του υλικού, μείωση της διαδικασίας εξάτμισης, καθώς και αυξημένη πυρόλυση και υψηλότερη συμπίεστική δύναμη.

Επίσης σε κονιάματα με αυξημένο ποσοστό παιπάλης που χρησιμοποιούνται σαν επιχρίσματα έχει παρατηρηθεί εξάνθηση των τοιχοποιιών και μικρορηγματώσεις κυρίως όταν το επίχρισμα είναι σε σκληρυμένη κατάσταση [ 2 , 8-10 ]

Συνεπώς είναι απαραίτητη η απομάκρυνση της παιπάλης από τα αδρανή μέσω διαδικασιών αποκονίωσης στο αρχικό στάδιο επεξεργασίας των αδρανών. Για να αφαιρεθεί η ασβεστολιθική παιπάλη χρησιμοποιούνται μέθοδοι διαχωρισμού στερεών υλικών και μηχανήματα όπως οι αεροταξινομητές. Οι αεροταξινομητές και ειδικά οι βαρυτομετρικοί αεροταξινομητές χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για την απομάκρυνση της παιπάλης από τη λατομική άμμο, κυρίως στα κονιάματα. [ 13-17 ]

#### **1.4. ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΠΑΙΠΑΛΗ**

Στην βιομηχανία παραγωγής αδρανών υλικών και κατά τις διαδικασίες εξόρυξης, μεταφοράς και θραύσης, παράγονται μεγάλες ποσότητες λεπτομερών ασβεστολιθικών υλικών, που αποκαλούνται γενικά με τον όρο «λατομική παιπάλη» ή «ασβεστολιθική παιπάλη». Με βάση τον Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικάνικο πρότυπο (ASTM) κόσκινο No 200 (75μm). [ 18 ]

#### **1.5. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΤΑ ΜΕΓΕΘΟΣ**

Ταξινόμηση ορίζεται ως η εργασία η οποία διενεργείται με σκοπό το διαχωρισμό κατά μέγεθος θραυσθέντων μεταλλευμάτων η ορυκτών σε ισοδιάστατα μεγέθη.

Η ταξινόμηση διαιρείται ανάλογα με τη μέθοδο διαχωρισμού κατά μέγεθος σε τρεις τομείς : κοσκίνιση , υδροταξινόμηση , και αεροταξινόμηση. Η συγκεκριμένη εργασία εμπίπτει στο πεδίο της αεροταξινόμησης.

Η αεροταξινόμηση αποτελεί διεργασία ταξινομήσεως (κατά μέγεθος) με τη βοήθεια ρεύματος αέρος. Η αεροταξινόμηση προκύπτει από το αποτέλεσμα μείωσης της ταχύτητας κυκλοφορίας των τεμαχιδίων υπό την επίδραση δύο παραγόντων:

- Επίδραση βαρύτητας.
- Επίδραση φυγόκεντρων δυνάμεων.

Η ταξινόμηση θα επιτευχτεί υπό την επίδραση ενός εκ των παραπάνω παραγόντων η με συνδυασμό αυτών. Συνήθως οι αεροταξινομητές χρησιμοποιούνται για υλικά

που έχουν μέγεθος κάτω των 500 $\mu$ m όπου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κόσκινα.

Κατά συνέπεια οι αεροταξινομητές διακρίνονται σε συγκεκριμένους τύπους.

- Βαρυτομετρικός αεροταξινομητής οριζοντίου ρεύματος αέρος.
- Βαρυτομετρικός αεροταξινομητής κατακόρυφου ρεύματος αέρος.
- Αεροταξινομητής αδράνειας.
- Φυγοκεντρικός αεροταξινομητής.
- Μηχανικός αεροταξινομητής.

Οι αεροταξινομητές χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τη συγκράτηση των χονδρότερων κόκκων από ένα ρεύμα αέρος που περιέχει στερεά εν αιώρηση.

Οι μηχανικοί αεροταξινομητές χρησιμοποιούνται για ταξινόμηση των κόκκων ενός στερεού που ευρίσκεται σε ένα ρεύμα αέρος. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κυκλώματα ξηρής άλεσης και για μικρά μεγέθη της τάξης των 5 έως 100  $\mu$ m συνήθως. [ 13 , 17 , 19 ]

## **1.6. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΑΕΡΟΤΑΞΙΝΟΜΗΤΗ**

Το σύστημα αεροταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία αποτελείται : 1) ένα αναροφητήρα συγκεκριμένης δυναμικότητας (230/400V , 50Hz) , 2) από το θάλαμο αεροταξινομήσεως που το κάτω μέρος του λειτουργεί ως αποκένωση χονδρομερών τεμαχιδίων , 3) από ένα θάλαμο σάκων που συγκεντρώνονται τα λεπτομερή τεμαχίδια. Επίσης ο αεροταξινομητής αποτελείται από ένα επαπτόμενο σωλήνα εισαγωγής αέρος , από ένα περιστρεφόμενο δίσκο, από ένα σωλήνα που λειτουργεί ως απαγωγή των λεπτομερών τεμαχιδίων.

Ο εργαστηριακός αεροταξινομητής που υπάρχει στο εργαστήριο εμπλουτισμού της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης λειτουργεί όπως ο βαρυτομετρικός αεροταξινομητής κατακόρυφου ρεύματος αέρος. Ο αεροταξινομητής αποτελείται από ένα θάλαμο αεροταξινομήσεως (που το πάνω μέρος του έχει κυλινδρικό σχήμα και το κάτω μέρος σε σχήμα κώνου για αποκένωση τεμαχιδίων ) και από σωλήνα τροφοδοσίας που καταλήγει στο κέντρο του. Η τροφοδοσία

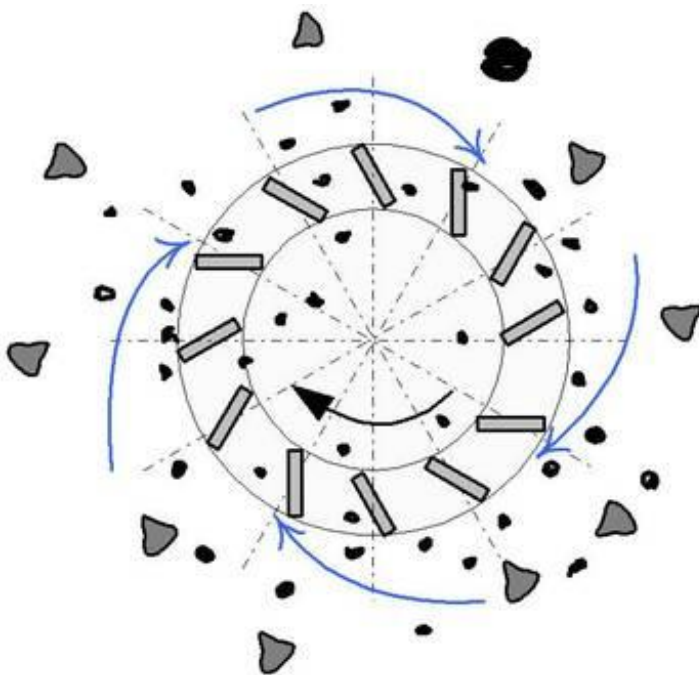


εισέρχεται με τον αέρα στο κέντρο του θαλάμου ταξινομήσεως. Εκεί μέσω της εκτόνωσης του αέρα μειώνεται η ταχύτητα του ρεύματος τόσο ώστε να μην επαρκεί να παρασύρει τα χονδρομερή τεμαχίδια τα οποία πέφτουν στο κάτω μέρος του θαλάμου ταξινομήσεως (απορροή), ενώ τα λεπτομερή (ανάλογα ως προς την ταχύτητα) συνεχίζουν να παρασύρονται μέσω του ρεύματος αέρα, να ανέρχονται και τελικά να εξέρχονται από το άλλο άκρο (υπερχείλιση). Για να επιτύχουμε καλύτερη ταξινόμηση σε λεπτότερο μέγεθος στην υπερχείλιση χρησιμοποιούμε τον περιστρεφόμενο κλωβό.

Ο περιστρεφόμενος δίσκος δημιουργεί φυγόκεντρο δύναμη μέσα στο θάλαμο αεροταξινομήσεως. Ο κόκκος της άμμου όταν μπαίνει μέσα στο θάλαμο αεροταξινόμησης έχει μια αντίσταση  $R$  (λόγω βάρους) και μια δύναμη (αναρρόφησης - εισρόφησης)  $F$  που δημιουργείται από το κύκλωμα αέρα μέσα στον αεροταξινομητή. Όταν εισέρχεται ο κόκκος της άμμου στον περιστρεφόμενο δίσκο και η δύναμη  $F$  υπερνικά την αντίσταση  $R$  αλλά και τη φυγόκεντρο δύναμη  $F_c$  που δημιουργείται από την κίνηση του κλωβού ( $F > R + F_c$ ), τότε ο κόκκος περνά από τον περιστρεφόμενο δίσκο δεν οδηγείται στα τοιχώματα του θαλάμου του αεροταξινομητή και προωθείται στην υπερχείλιση ( $F_c = m(\pi^2 D^2 N^2) / r$  όπου  $m$  μάζα κόκκου (gr),  $\pi = 3,14$ ,  $D$  = διάμετρος περιστρεφόμενου δίσκου (cm) -  $N$  = συχνότητα στροφών (r/sec) –  $r$  = απόσταση τεμαχιδίου από το κέντρο του δίσκου (cm)). Η φυγόκεντρος δύναμη (δημιουργείται από την κίνηση του περιστρεφόμενου κλωβού), αντιτίθεται στην απαγωγή των τεμαχιδίων και αναγκάζει τα τεμαχίδια με τη λιγότερη μάζα να περάσουν, με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται μεγάλη περιφερειακή ταχύτητα στους κόκκους και μόνο οι πολύ λεπτοί κόκκοι να διαφεύγουν προς την υπερχείλιση. Επίσης αναγκάζει τα μεγάλα τεμαχίδια να μην περάσουν προς την υπερχείλιση.



Εικόνα 1 : Περιστρεφόμενος κλωβός αεροταξινομητή



Εικόνα 2 : Η Κίνηση του περιστρεφόμενου κλωβού δημιουργεί φυγόκεντρο δύναμη στον αεροταξινομητή

Η φυγόκεντρος δύναμη εξασφαλίζει καλύτερη διακριτική ικανότητα ταξινόμησης στα μικρά μεγέθη. Συνήθως υπάρχει και ρεύμα δευτερογενούς αέρα το οποίο καθαρίζει το χονδρό προϊόν από τυχόν μικρούς κόκκους που έχουν παρασυρθεί. Τα δυο προϊόντα που θα παραχθούν (overflow και underflow) είναι αποτέλεσμα επιδράσεως των αρχών αεροταξινομήσεως. Αυτού του είδους οι αεροταξινομητές αποτελούν τα κυριότερα μηχανήματα για να ταξινομηθούν δυο προϊόντα. Τα δυο προϊόντα (overflow και underflow) λαμβάνονται με δυο τρόπους:

Το χονδρομερές προϊόν των συγκεκριμένων αεροταξινομητών (underflow) λαμβάνεται συνήθως μέσω της απορροής του θαλάμου αεροταξινόμησης ο οποίος συγχρόνως δεν επιτρέπει την εισαγωγή αέρα ώστε να διαταράσσεται το κύκλωμα του αέρος.

Το λεπτομερές υλικό (overflow) που διαχωρίζεται συλλέγεται σε κονιοσυλλέκτες. Οι κυριότεροι κονιοσυλλεκτές είναι:

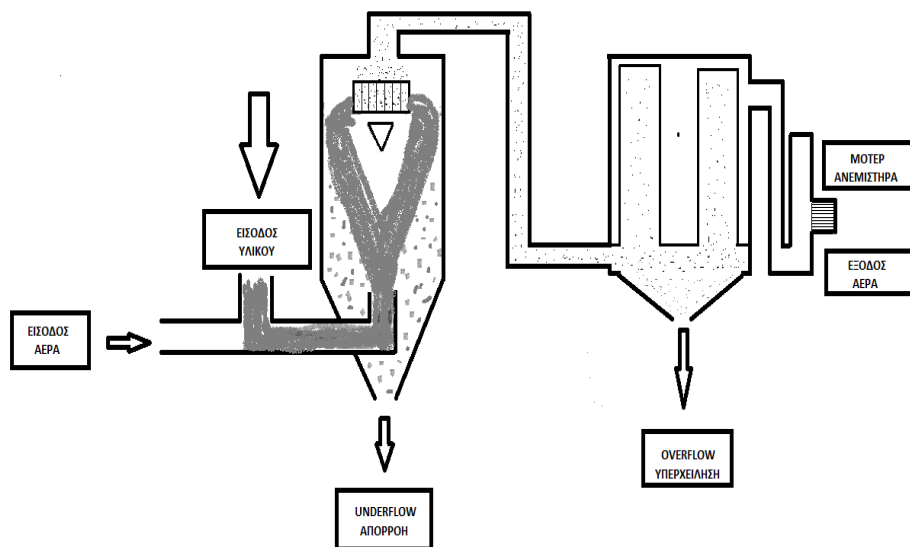
- Διάφοροι τύποι αεροκυκλώνων.
- Θάλαμοι σακών.
- Ηλεκτροστατικοί θάλαμοι.

Ο συγκεκριμένος αεροταξινομητής του εργαστηρίου διαθέτει σακόφιλτρα. Ο καθαρισμός των σακών γίνεται με διοχέτευση αέρα (από κομπρεσέρ που παράγει αέρα).

Όπως προκύπτει και από τη βιβλιογραφία (κυρίως τη διεθνή) η πλήρης κονιοσυλλογή του λεπτομερές υλικού λαμβάνεται μόνο με θαλάμους σακών η ηλεκτροστατικούς θαλάμους. [ 13 , 14 , 19-22 ]



Εικόνα 3 : Αεροταξινομητής Εργαστηρίου Μηχανικής Τεμαχιδίων.



Εικόνα 4 : Διάγραμμα Αεροταξινομητή

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΛΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΑΙΠΑΛΗΣ**

Η πρώτη σειρά πειραμάτων έγινε για να αφαιρεθεί κατά το μέγιστο δυνατό βαθμό παιπάλη από την ασβεστολιθική άμμο.

### **2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Πριν την έναρξη των δυο σειρών πειραμάτων πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία της λατομική άμμου έτσι ώστε να είναι κατάλληλη για χρήση στα πειράματα αλλά και η βαθμονόμηση του περιστρεφόμενου κλωβού.

Η άμμος η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συγκεκριμένη εργασία με τον αεροταξινομητή παράχθηκε στο λατομείο παραγωγής αδρανών υλικών που βρίσκεται στο Χορδάκι Ακρωτηρίου Χανίων.

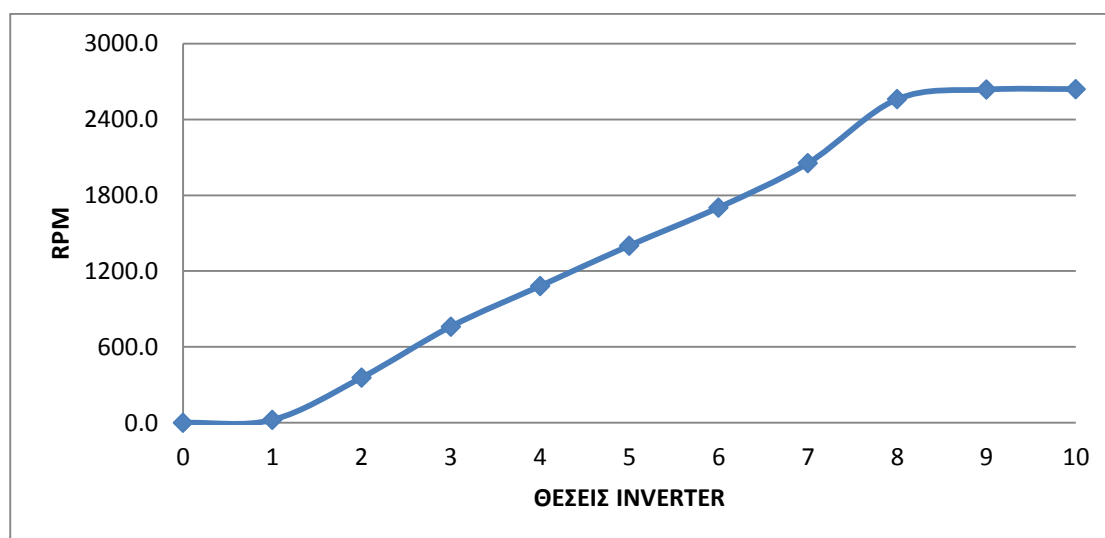
Αρχικά η άμμος που χρησιμοποιήθηκε στα ακόλουθα πειράματα ξηράνθηκε σε φούρνο ξήρανσης (Πρότυπο EN 196-2, 196-21, 459-20) στους 100° με 110° C για 24 ώρες ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθεί η υγρασία που είχε συγκεντρωθεί από το λατομείο. Ο προσδιορισμός της αρχικής υγρασίας υπολογίστηκε στο 3,70% (Μ.Ο.τριών μετρήσεων).

Στη συνέχεια η ξηρή άμμος ομογενοποιήθηκε έτσι ώστε να είναι κατάλληλη για τη δειγματοληψία στα πειράματα που διεξήχθησαν. Πραγματοποιήθηκε κατάλληλη δειγματοληψία για κάθε σειρά πειραμάτων που διεξήχθησαν. Η δειγματοληψία έγινε μέσω της συσκευής JONES.

Επίσης πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των στροφών του περιστρεφόμενου δίσκου με ειδικό στροφόμετρο. Στον παρακάτω πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μετρήσεις στροφών του περιστρεφόμενου δίσκου (RPM) καθώς και η καμπύλη βαθμονόμησης του περιστρεφόμενου δίσκου (διάγραμμα 1).

Πίνακας 1 : Μέτρηση στροφών περιστρεφόμενου δίσκου

ΘΕΣΕΙΣ INVERTER ΣΤΟΝ ΑΕΡΟΤ/ΤΗ	RPM
0	0.0
1	22,5
2	357
3	761
4	1082
5	1402
6	1703
7	2054
8	2560
9	2636
10	2640



Διάγραμμα 1 : Καμπύλη βαθμονόμησης περιστρεφόμενου κλωβού

Οι δυο φάσεις στην πρώτη σειρά πειραμάτων έγιναν σε συγκεκριμένο χρόνο (συνήθη ταξινόμηση γύρω στα πέντε λεπτά) και με συγκεκριμένη μεθοδολογία (εισαγωγή υλικού στον αεροταξινομητή ανά τακτά χρονικά διαστήματα για την αποφυγή έμφραξης του μηχανήματος). Μετά τη διέλευση του υλικού που έγινε στον αεροταξινομητή παραλαβάναμε δυο υλικά. Ένα υλικό που ταξινομήθηκε στην απορροή και ένα υλικό που ταξινομήθηκε στην υπερχείλιση. Και στα δυο υλικά έγιναν αναλύσεις.

Στο υλικό που ταξινομήθηκε στην απορροή έγινε κατάλληλη δειγματοληψία (συσκευή JONES) για να γίνει προσδιορισμός του ποσοστού της παιπάλης. Ο προσδιορισμός της διαβάθμισης έγινε πρώτα με υγρή κοσκίνιση στο κόσκινο 75  $\mu\text{m}$  (Πρότυπο EN 933-1, EN 933-2), έτσι ώστε να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο ποσοστό παιπάλης από την άμμο. Εν συνεχεία το χονδρόκοκκο ποσοστό του υλικού που παρέμεινε στο παραπάνω κόσκινο, ξηράνθηκε σε συγκεκριμένο χρόνο, ώστε να γίνει ξηρή κοσκίνιση και να προσδιοριστεί η κοκκομετρική καμπύλη της άμμου. Όσο αφορά το υλικό που ταξινομήθηκε στην υπερχείλιση το μέγεθος του προσδιορίστηκε με κοκκομετρική ανάλυση laser (Laser Particle Size Analysis).

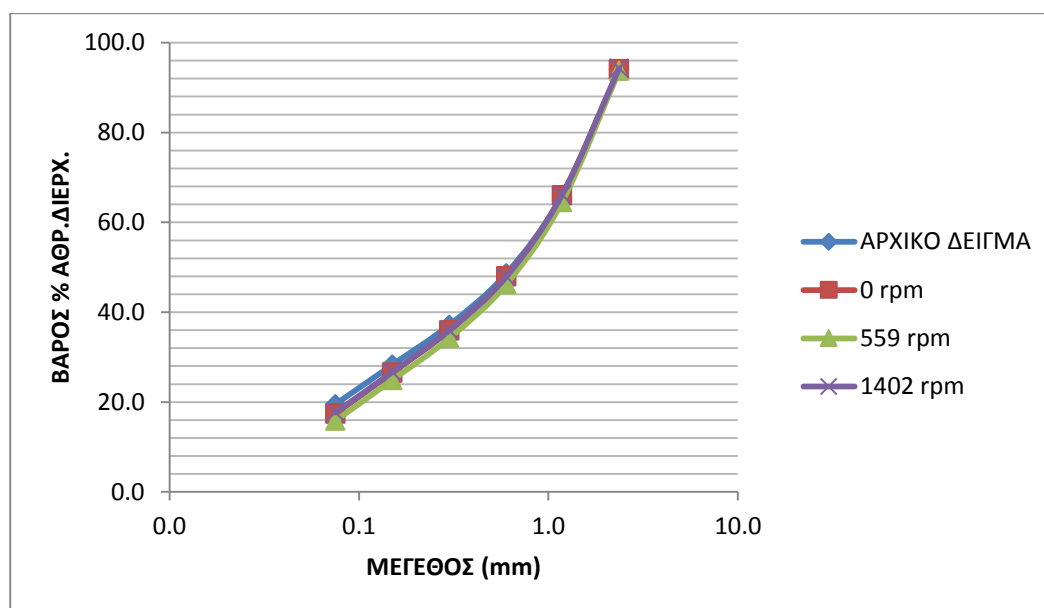
## 2.2. ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΚΛΩΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Κατά την πρώτη σειρά πειραμάτων τα δείγματα διήλθαν του αεροταξινομητή λειτουργώντας τον περιστρεφόμενο κλωβό. Οι θέσεις που επιλέχτηκαν στο inverter είναι : 0 , 2.5 και 5 ( 0 , 559 και 1402 rpm αντίστοιχα).

Ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής διαβάθμισης του υλικού που ταξινομείται στην απορροή παρουσιάζεται στον πίνακα 2 και στο διάγραμμα 2 :

Πίνακας 2 : Ποσοστά αθροιστικώς διερχόμενου υλικού στην απορροή

$\alpha/\alpha$	Μέγεθος κοσκίνου (mm)	Βάρος αθρ. διερχ. (%) ΑΡΧΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ	Βάρος αθρ. διερχ. (%) 0 rpm	Βάρος αθρ. διερχ. (%) 559 rpm	Βάρος αθρ. διερχ. (%) ΘΕΣΗ INVERTER 1402 rpm
1	2.360	94.04	94.07	93.73	94.30
2	1.180	66.01	66.05	64.55	66.15
3	0.600	48.61	47.96	46.27	47.93
4	0.300	37.17	35.95	34.25	35.97
5	0.150	28.30	26.54	24.93	26.68
6	0.075	19.50	17.42	15.82	17,66
7	>0.075				



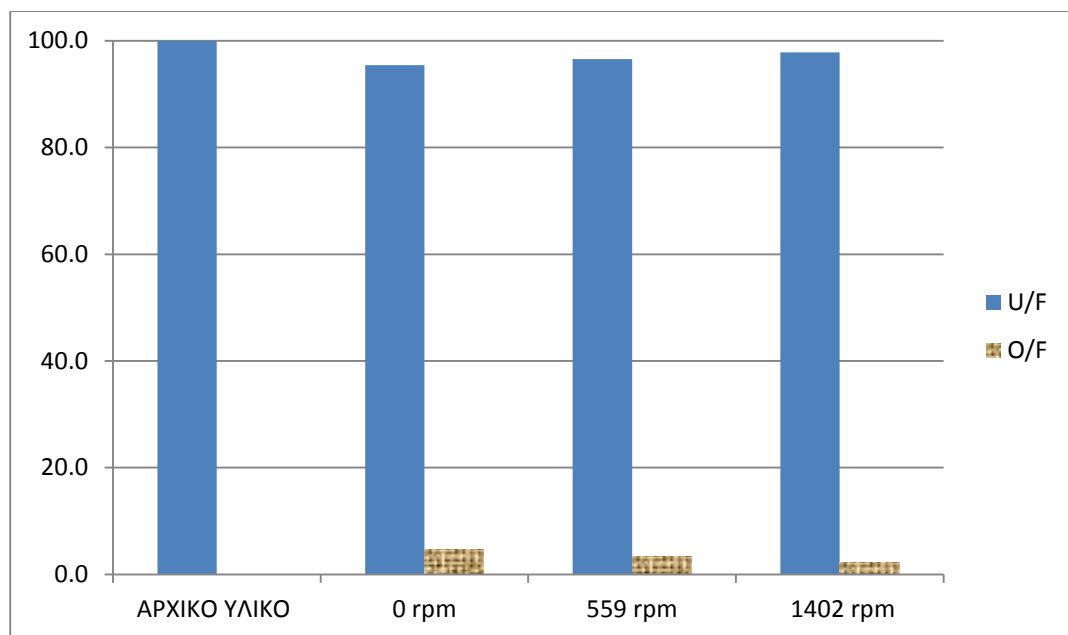
Διάγραμμα 2 : Κοκκομετρική καμπύλη του αρχικού υλικού και της απορροής του αεροταξινομητή κατά την λειτουργία του περιστρεφόμενου κλωβού με διάφορες στροφές ανά λεπτό (λογαριθμική κλίμακα)

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται η κατανομή της μάζας του υλικού που ταξινομήθηκε στην υπερχείλιση και στην απορροή σε ποσοστό % , η κατανομή του υλικού στα - 75μm και η κατανομή της παραμένουσας παιπάλης (πίνακας 3, διαγράμματα 3- 5) :

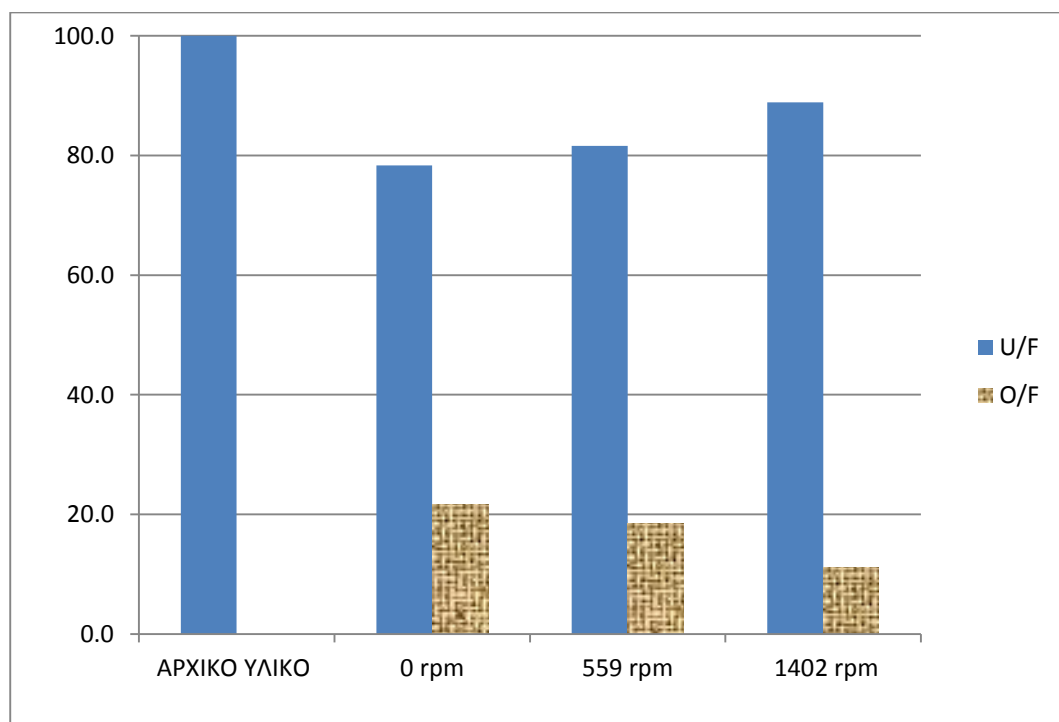
Πίνακας 3 : Κατανομή βάρους % στην απορροή και στην υπερχείλιση του αεροταξινομητή.

Συγκεντρωτικός Πίνακας							
	ΑΠΟΡΡΟΗ – (U/F)			ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ – (O/F)			
προϊόν	Βάρος %	-75 μm %	Κατανομή - 75 μm	Βάρος %	-75 μm %	Κατανομή - 75 μm	Ειδική επιφάνεια sq.m/g
Αρχικό	100.0	19.5	100.0	0.0	0.0	0.0	1.37
0 rpm	95.4	17.4	78.4	4.6	100.0	21.6	1.38
559 rpm	96.6	15.8	81.6	3.4	100.0	18.4	1.41
1402 rpm	97.8	17.7	88.9	2.2	100.0	11.1	1.81

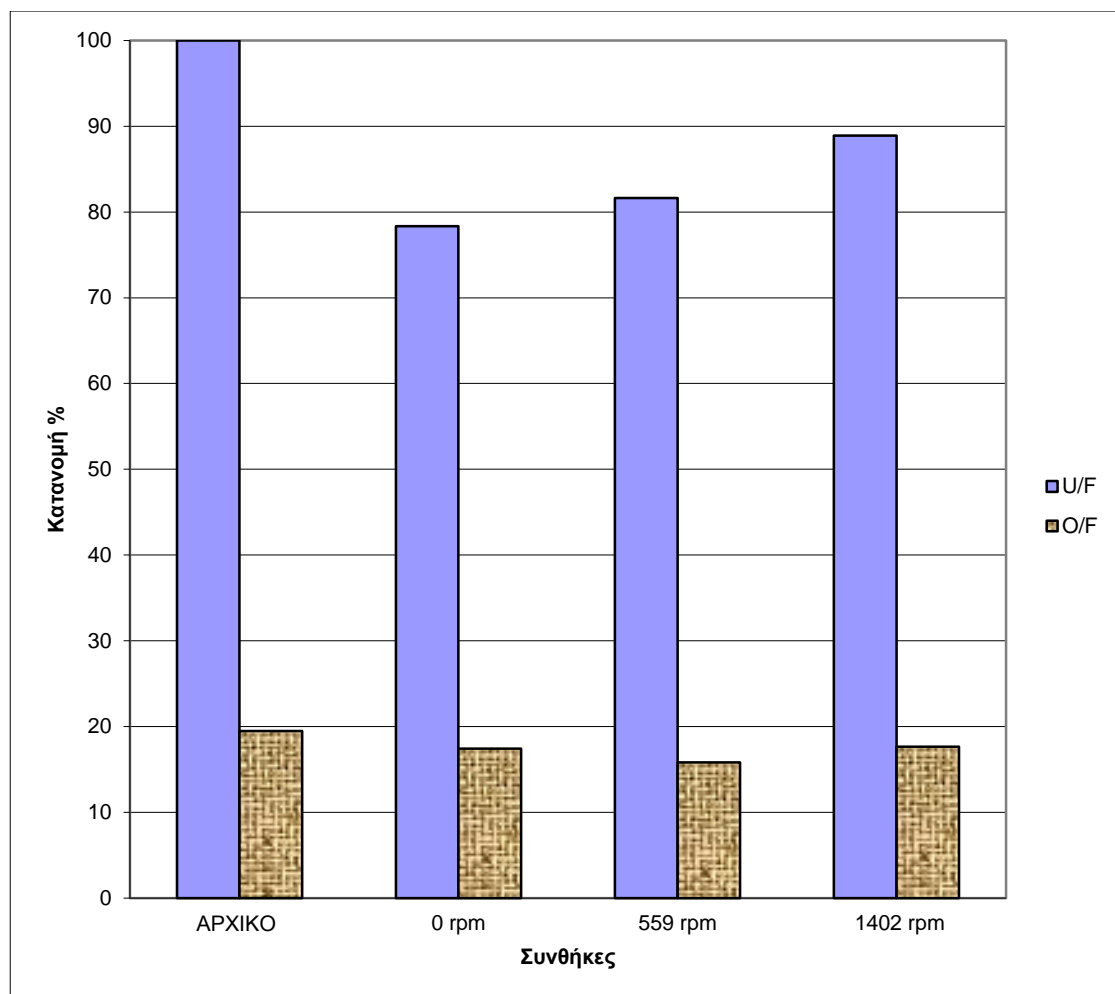




Διάγραμμα 3 : Κατανομή της μάζας % του υλικού στην υπερχείλιση (O/F) και στην απορροή (U/F).



Διάγραμμα 4 : Κατανομή της μάζας του -75μm % του υλικού στην υπερχείλιση (O/F) και στην απορροή (U/F).

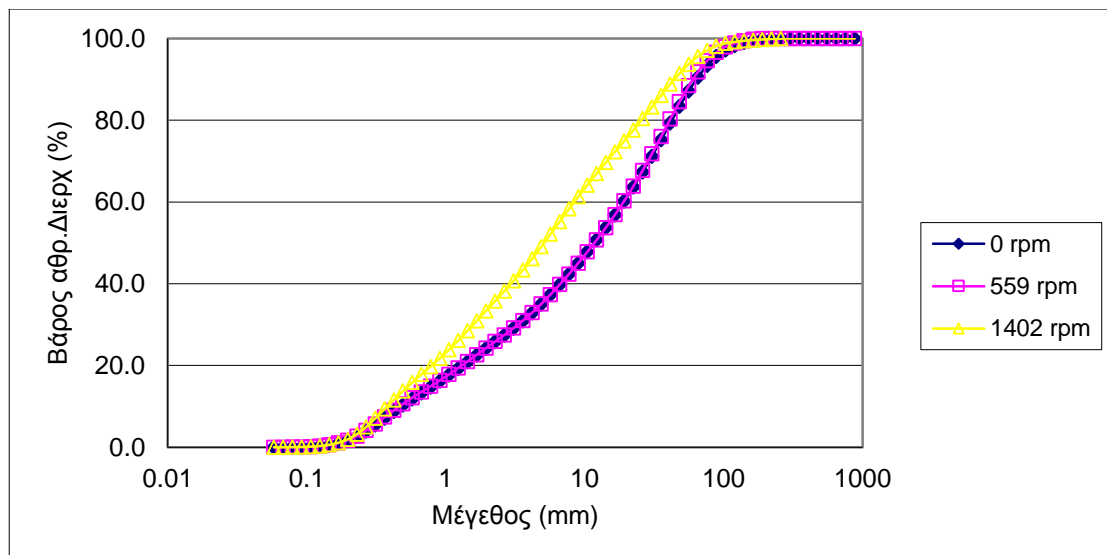


Διάγραμμα 5 : Ποσοστά παιπάλης στην απορροή (U/F) και στην υπερχείλιση (O/F).

### 2.3. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗ (OVERFLOW) ΠΡΩΤΗΣ ΦΑΣΗΣ

Προσδιορίστηκε το μέγεθος της παιπάλης που πήγε στην υπερχείλιση με τη βοήθεια κοκκομετρικής ανάλυσης laser (Laser Particle Size Analysis- Διάγραμμα 6).

Στο παράρτημα 1 (σελ.79) απεικονίζεται η κοκκομετρική διαβάθμιση στην υπερχείλιση.



Διάγραμμα 6 : Αθροιστικό διερχόμενο βάρος συναρτήσει του μεγέθους στην υπερχειλίση

## 2.4. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΚΛΩΒΟΥ ΣΤΗΝ ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΑΜΜΟ

Όσο αφορά την πρώτη σειρά πειραμάτων κατά τη λειτουργία αεροταξινομητή με περιστροφή του κλωβού σε υψηλές ταχύτητες παρατηρήθηκε ότι δε μειώθηκε ικανοποιητικά το ποσοστό παιπάλης του υλικού που πηγαίνει στην απορροή. Η καλύτερη κατανομή (ταξινόμηση) του υλικού όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα, έγινε κατά την διάρκεια των δοκιμών που δεν χρησιμοποιήθηκε ο κλωβός.

Στο υλικό που ταξινομήθηκε στην υπερχειλίση παρατηρήθηκε ότι το μέγεθος του υλικού είναι λεπτότερο όταν ο περιστρεφόμενος δίσκος λειτουργεί από τη θέση 5 του inverter ( > 559 rpm) και πάνω. Η μεταβολή που παρατηρείται είναι μικρής τάξεως.

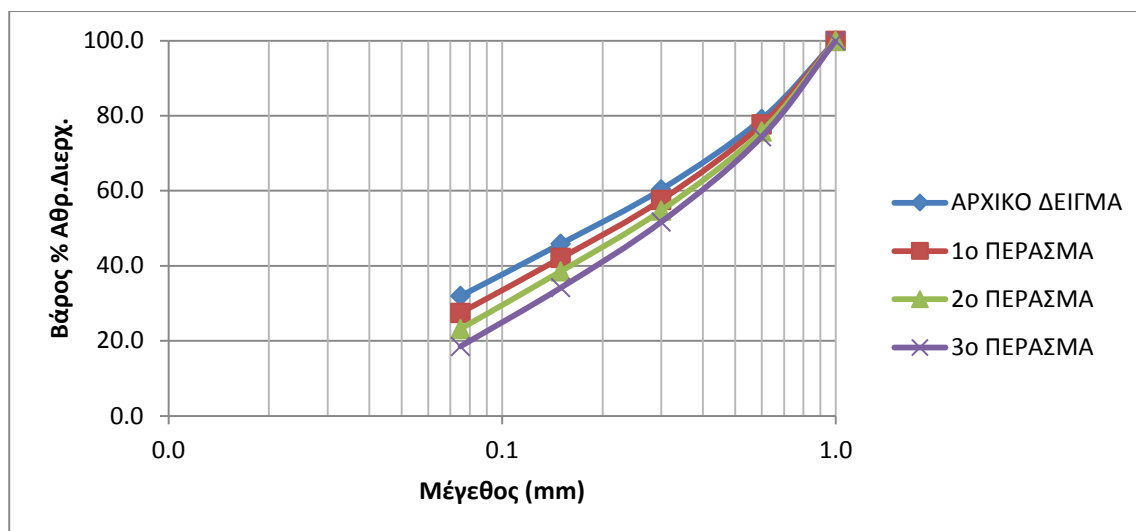
## 2.5. ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΥΛΙΚΟΥ ΧΩΡΙΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΚΛΩΒΟΥ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Η δεύτερη σειρά πειραμάτων πραγματοποιείται για να ερευνηθεί η επίδραση του αριθμού περασμάτων του υλικού χωρίς να γυρίζει ο περιστρεφόμενος κλωβός. Αρχικά στην δεύτερη σειρά πειραμάτων διήλθε υλικό του αεροταξινομητή μια φορά χωρίς στροφές και μετέπειτα το ίδιο υλικό της απορροής ξαναπέρασε από τον αεροταξινομητή δεύτερη και τρίτη φορά.

Ο προσδιορισμός της διαβάθμισης παρουσιάζονται στον πίνακα 4 και στο διάγραμμα 7 :

Πίνακας 4 : Ποσοστά αθροιστικών διερχόμενων απορροής

α/α	Συγκεντρωτικός πίνακας περασμάτων u/f				
	Μέγεθος κοσκίνου (mm)	Βάρος αθρ. διερχ. (%) ΑΡΧΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ -1 mm	Βάρος αθρ. διερχ. (%) 1ο Πέρασμα u/f	Βάρος αθρ. διερχ. (%) 2ο Πέρασμα u/f	Βάρος αθρ. διερχ. (%) 3ο Πέρασμα u/f
	1	100	100	100	100
1	0.600	79.11	77.65	75.83	74.37
2	0.300	60.37	57.55	54.77	51.7
3	0.150	45.88	42.07	38.54	34.17
4	0.075	31.92	27.47	23.19	18.51
5	-0.075				

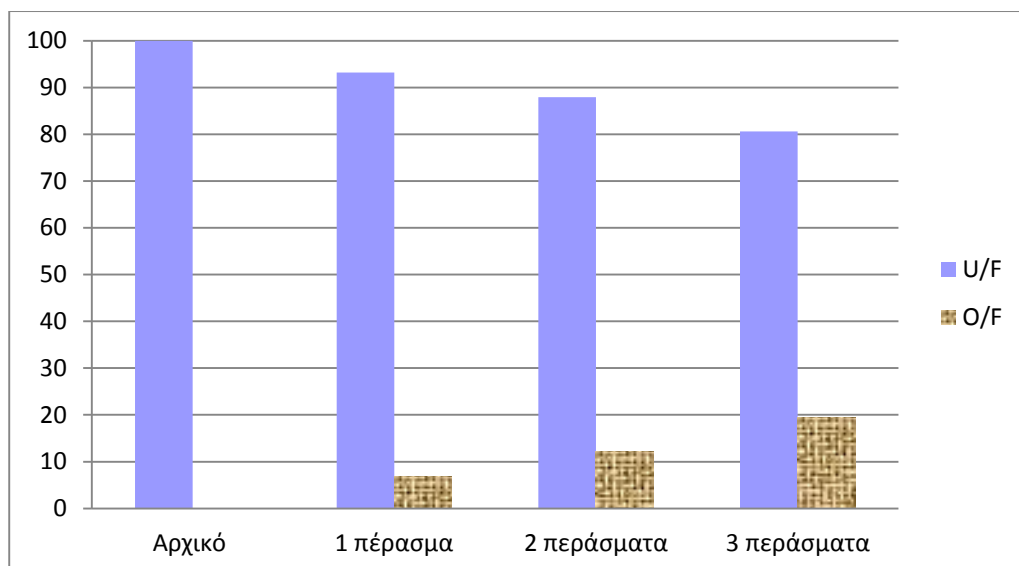


Διάγραμμα 7 : Κοκκομετρική καμπύλη του αρχικού υλικού και της απορροής κατά την λειτουργία του αεροταξινομητή με πολλαπλά περάσματα (λογαριθμική κλίμακα)

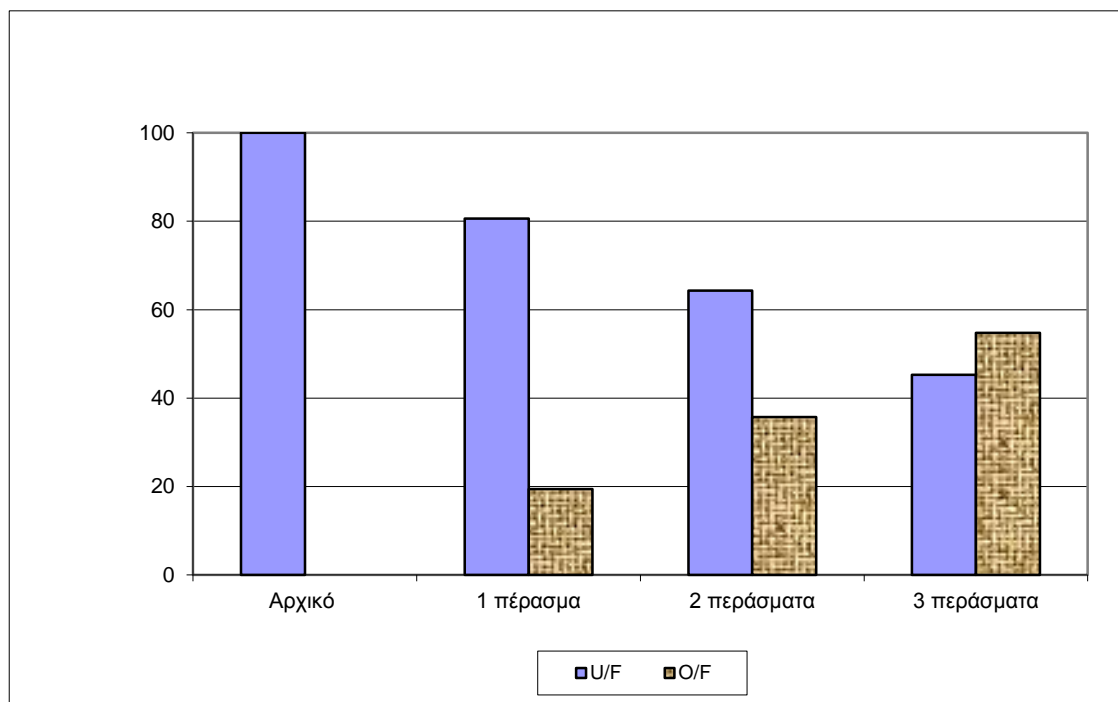
Στο πινάκα 5 και στα διαγράμματα 8-9 παρουσιάζεται η κατανομή των βαρών του υλικού που πήγε στην υπερχείλιση και στην απορροή σε ποσοστό % , η κατανομή του υλικού στα -75μm :

Πίνακας 5 : Κατανομή βαρών % και κατανομή του υλικού – 75 μm σε κάθε πέρασμα

Συγκεντρωτικός Πίνακας σε κάθε πέρασμα							
	ΑΠΟΡΡΟΗ - U/F			ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΗ - O/F			
προϊόν	Βάρος %	-75 μm %	Κατανομή - 75 μm	Βάρος %	-75 μm %	Κατανομή - 75 μm	Ειδική επιφάνεια sq.m/g
Αρχικό	100	31.92	100	0	0.00	0	0.69
1 πέρασμα	93.18	27.47	80.57	6.82	90.50	19.43	0.83
2 περάσματα	87.91	23.19	64.30	12.09	93.64	35.70	0.78
3 περάσματα	80.58	18.51	45.24	19.42	92.99	54.76	0.73



Διάγραμμα 8 : Κατανομή υλικού βάρους % για κάθε ξεχωριστό πέρασμα στην απορροή (U/F) και στην υπερχείλιση (O/F)

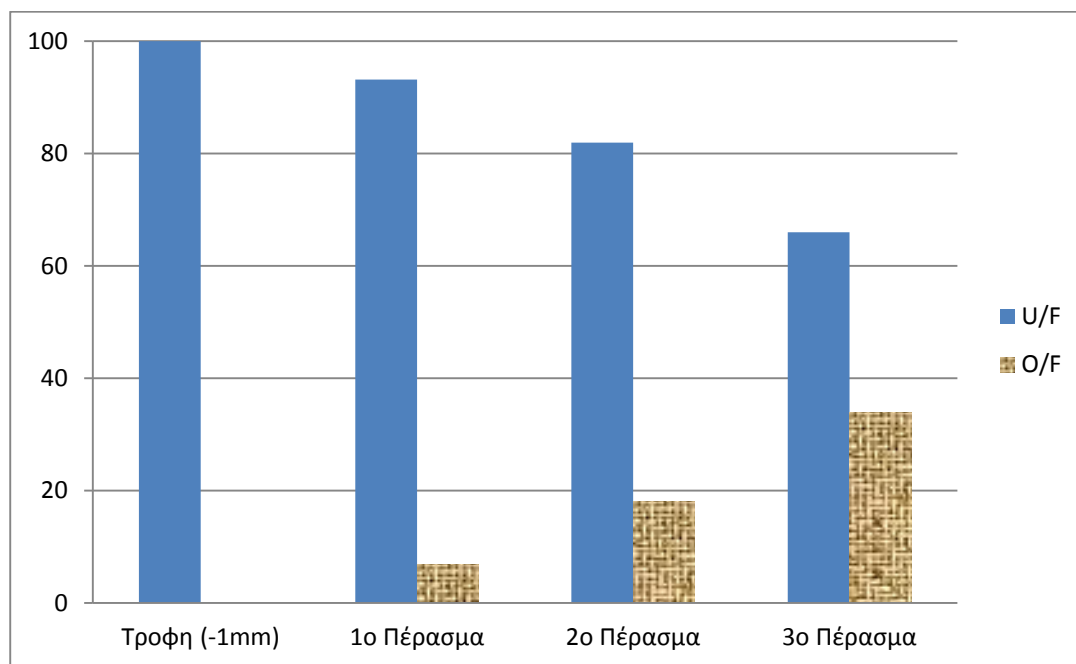


Διάγραμμα 9 : Κατανομή υλικού στο -75μm για κάθε ξεχωριστό πέρασμα στην απορροή (U/F) και στην υπερχείλιση (O/F).

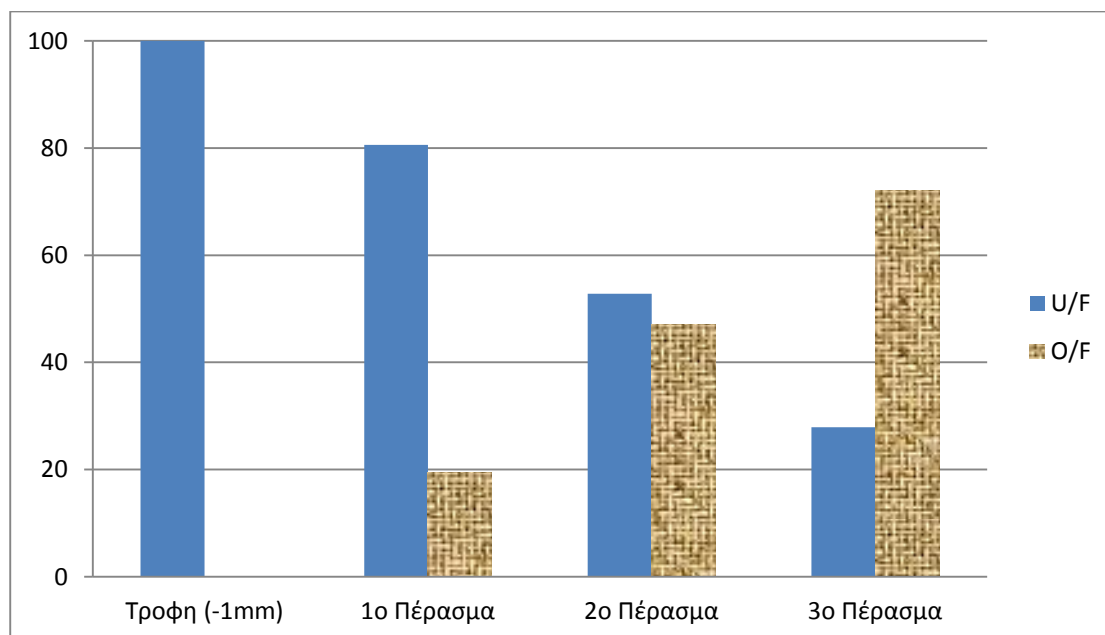
Στο συγκεντρωτικό πίνακα 6 και στα διαγράμματα 10 και 11 παρουσιάζονται αναλυτικά η κατανομή του βάρους % και η κατανομή υλικού του -75μm στην υπερχείλιση και στην απορροή του αεροταξινομητή επί του αρχικού ποσοστού του υλικού.

Πίνακας 6 : Κατανομή βάρους % και κατανομή του – 75  $\mu\text{m}$  επί του αρχικού υλικού.

Συγκεντρωτικός Πίνακας επί του αρχικού												
	Βάρος (%)		Παιπάλη (%)		Βάρος % Αρχικό		Μονάδες επί αρχικού παιπάλης		- 75 $\mu\text{m}$ (%)	Σύνολο Μονάδων Παιπάλης	Κατανομή Παιπάλης (%)	
	U/F	O/F	U/F	O/F	U/F	O/F	U/F	O/F			U/F	O/F
Τροφή (-1mm)	100	0	31,92	-	100	0	31,92	0	-	31,92	100	0
1ο Πέρασμα	93,18	6,82	27,47	90,5	93,18	6,82	25,60	6,17	90,50	31,77	80,57	19,43
2ο Πέρασμα	87,91	12,09	23,19	93,64	81,92	18,08	19,00	16,93	93,50	35,94	52,84	47,16
3ο Πέρασμα	80,58	19,42	18,51	92,99	66,01	33,99	12,22	31,61	92,74	43,78	27,90	72,10

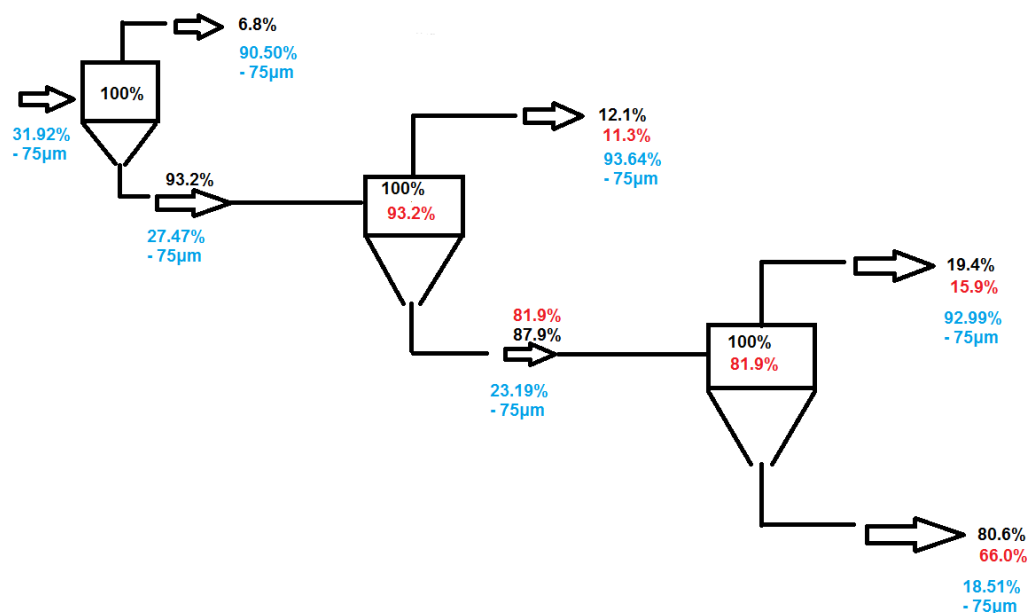


Διάγραμμα 10: Κατανομή υλικού βάρους % επί του αρχικού υλικού στην απορροή (U/F) και στην υπερχείλιση (O/F).



Διάγραμμα 11: Κατανομή υλικού του -75μm επί του αρχικού υλικού στην απορροή (U/F) και στην υπερχείλιση (O/F)



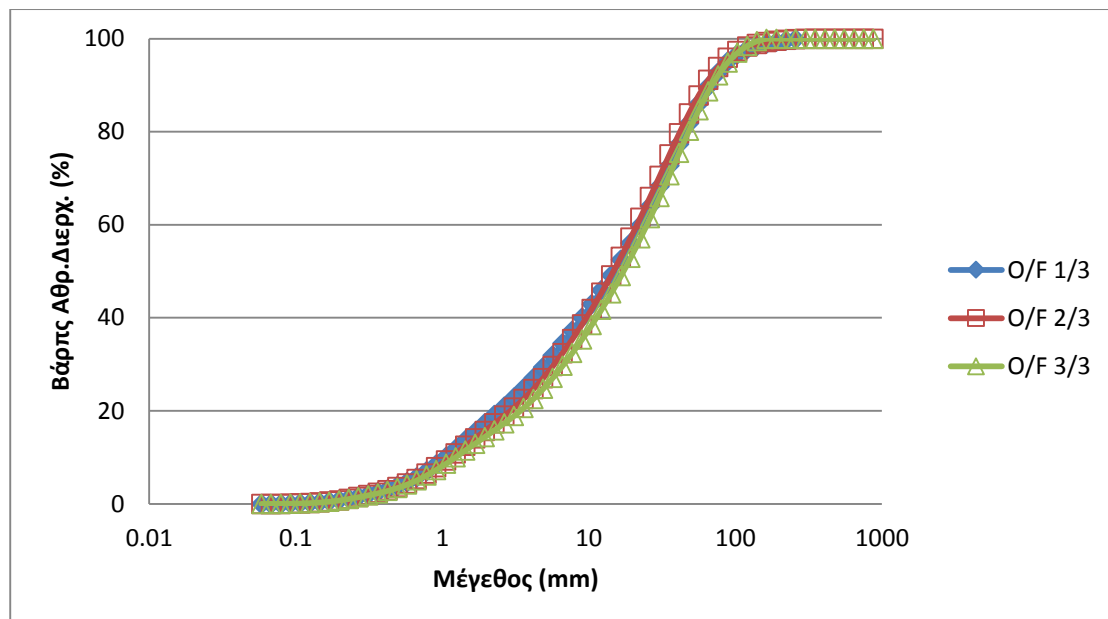


Εικόνα 4: Διάγραμμα ροής πολλαπλών περασμάτων αεροταξινόμησης λατομικής άμμου. Οι αριθμοί με μαυρο χρώμα υποδεικνύουν την κατανομή του υλικού για κάθε ξεχωριστό πέρασμα. Οι αριθμοί με κοκκινο χρώμα υποδεικνύουν την κατανομή του υλικού για κάθε πέρασμα σαν ποσοστό επί του αρχικού υλικού. Οι αριθμοι με μπλε χρώμα υποδεικνυουν τα ποσοστα παιπαλης στην απορροη και στην υπερχειλιση.

## 2.6. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗ (OVERFLOW) ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΦΑΣΗΣ

Προσδιορίστηκε το μέγεθος της παιπάλης που πήγε στην υπερχείλιση με τη βοήθεια κοκκομετρικής ανάλυσης laser (Laser Particle Size Analysis – Διάγραμμα 12).

Στο παράρτημα 1 (σελ.80) απεικονίζεται η κοκκομετρική διαβάθμιση στην υπερχείλιση.



Διάγραμμα 12 : Αθροιστικό διερχόμενο βάρος συναρτήσει του μεγέθους στην υπερχείλιση μετά από πολλαπλά περάσματα (1/3 – 1<sup>ο</sup> πέρασμα, 2/3 – 2<sup>ο</sup> πέρασμα, 3/3 – 3<sup>ο</sup> πέρασμα)

## 2.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗ ΤΟΥ ΚΛΩΒΟΥ

Κατά τη δεύτερη σειρά πειραμάτων παρατηρήθηκε ότι αφαιρείται ικανοποιητική ποσότητα παιπάλης από το υλικό όταν αυτό διέλθει περισσότερες από μια φορές του αεροταξινομητή. Αυτό φαίνεται και από τα διαγράμματα της κατανομής για κάθε ξεχωριστό πέρασμα αλλά και από τα διαγράμματα για κάθε πέρασμα σαν ποσοστό του αρχικού υλικού. Συμπερασματικά όσες περισσότερες φορές διέλθει το υλικό από τον αεροταξινομητή τόσο μειώνεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό, το ποσοστό παιπάλης του υλικού που πηγαίνει στην απορροή.

Όσο αφορά το μέγεθος του υλικού που ταξινομείται στην υπερχείλιση, στα πολλαπλά περάσματα δε συντελείται καμία αξιόλογη μεταβολή.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

### **3.1. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΝΘΕΣΕΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ**

Ο σχεδιασμός των συνθέσεων έγινε με βάση τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία [1, 2, 6, 7, 12, 23]. Στη συνέχεια για να ερευνηθεί κυρίως η μηχανική αντοχή των κονιαμάτων αλλά και άλλες φυσικές ιδιότητες τους αποφασίστηκε και έγιναν δυο φάσεις πειραμάτων. Η μια φάση έγινε με βάση την αναλογία 1:2:5 (1 μέρος όγκου τσιμέντου, 2 μέρη όγκου υδράσβεστου και 5 μέρη όγκου λατομικής άμμου) αλλά με τρεις διαφορετικές ποιότητες παιπάλης στην ασβεστολιθική άμμο (31%, 23% και 18%). Η δεύτερη φάση πειραμάτων έγινε με βάση τα μέρη όγκου της ασβεστολιθικής άμμου (1 μέρος τσιμέντου 2 μέρη υδράσβεστου 5 μέρη ασβεστολιθικής άμμου η για συντομογραφία 1:2:5, 1:2:6, 1:2:7).

### **3.2. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**

Η διαδικασία παρασκευής και ωρίμανσης των δοκιμών των κονιαμάτων περιελάμβανε τα παρακάτω:

- Έγινε συγκέντρωση όλων των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν.
- Έγινε κατάλληλη δειγματοληψία του κάθε υλικού (π.χ. για τα στερεά υλικά με την ειδική δειγματοληπτική συσκευή JONES) έτσι ώστε να διαπιστωθεί αν τα υλικά πληρούν τις συγκεκριμένες προδιαγραφές για την κατασκευή των κονιαμάτων (για τη άμμο κονιαμάτων Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 12620 και EN ΕΛΟΤ 13139, για το τσιμέντο Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 197-1, για την υδράσβεστο Πρότυπο EN ΕΛΟΤ 459-1 τύποι CL 90 και CL 80, για τα πρόσθετα-πρόσμικτα Πρότυπο EN 480-1 και ΕΛΟΤ EN 934-2, για το νερό Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1008).
- Έγινε ξήρανση της άμμου σε φούρνο (Πρότυπο EN 196-2, 196-21, 459-20) με θέρμανση στους 100 με 110 ° C για 24 ώρες έτσι ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία που είναι συγκεντρωμένη μέσα στην άμμο από το εργοτάξιο. Σε

αυτή τη φάση έγινε προσδιορισμός της υγρασίας της άμμου (Μέσος Όρος 3 μετρήσεων 3,70% κ.β.).

- Όλα τα υλικά πέρασαν από συγκεκριμένο κόσκινο (-1mm) ούτως ώστε να έχουν ίδια κοκκομετρία.
- Έγινε κοκκομετρική ανάλυση της ασβεστολιθικής άμμου για να προσδιοριστεί το ποσοστό παιπάλης (παραπάνω αναφέρονται αναλυτικά).
- Έγινε επεξεργασία (επικονίαση) της άμμου που θα χρησιμοποιηθεί μέσω της αεροταξινόμησης (περιγράφεται όλη η διαδικασία στα παραπάνω κεφάλαια) και αφαιρέθηκε μεγάλο ποσοστό παιπάλης από το υλικό.
- Έγινε η παρασκευή των κονιαμάτων σε εργαστηριακό αναμικτήρα (MATEST Mod:Eo94 230V/50 Hz,Πρότυπο EN 196/1), με τη συνήθη ταχύτητα περιστροφής (το πτερύγιο περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του με συχνότητα 285 RPM και περιμετρικά του δοχείου με συχνότητα 125 RPM), σε συγκεκριμένο χρόνο (6 με 7 λεπτά) και με συγκεκριμένη μεθοδολογία (πρώτα έγινε ξηρή ανάμιξη των στερεών υλικών για να μη δημιουργηθούν συσσωματώματα στο νωπό υλικό) και μετέπειτα το υλικό χυτεύθηκε σε κυβικές μήτρες. Κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου έγιναν δοκιμές στο νωπό κονίαμα ούτως ώστε να ελεγχθεί η εργασιμότητα του μείγματος . Αυτό έγινε με τη συσκευή μέτρησης εξάπλωσης (Πρότυπο ASTM C 1437 – 01). Η εργασιμότητα του μείγματος αποτελεί μέτρο της παραμόρφωσης του όταν αυτό υπόκειται σε τάσεις.



Εικόνα 5: Εργαστηριακός αναμικτήρας που χρησιμοποιήθηκε κατά EN 196/1.



Εικόνα 6: Κυβικές μήτρες χύτευσης νωπού κονιάματος διαστάσεων 50x50x50 mm<sup>3</sup> κατά EN 1015-11 και EN 196-1.

- Τα δοκίμια παρέμειναν σε θάλαμο ωρίμανσης της MATEST σε θερμοκρασία 20 +/- 1 ° C και υγρασία κατ'ελάχιστο 95% για 7 και 28 ημέρες αντίστοιχα για να εκτελεστούν εν συνεχεία ο έλεγχος για τον προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1926), οι δοκιμές για την υδατοαπορρόφηση (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 998-1 & 998-2) και οι δοκιμές για την φαινόμενη πυκνότητα ( Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1015-10:2000).

### 3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤΗ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ

Πριν ξεκινήσει η διαδικασία παρασκευής κονιαμάτων έγιναν κάποιες προκαταρκτικές δοκιμές σε πειραματικά δοκίμια ούτως ώστε να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες ενέργειες για να τυποποιηθεί η συγκεκριμένη σειρά πειραμάτων (εύρεση ποσοστού εισαγωγής επιβραδυντή, εύρεση χρόνου ανάμιξης σύνθεσης, εύρεση για το αν πρέπει να γίνει ξηρή η υγρή ανάμιξη των υλικών).

Ξεκινώντας να παρασκευάζονται πειραματικά δοκίμια των κονιαμάτων και ερευνώντας το ακριβές ποσοστό του επιβραδυντή που θα εισαχτεί σε κάθε σύνθεση παρατηρήθηκε στα δοκίμια με μικρό ποσοστό επιβραδυντή (0.5% - 1%) κατ'όγκου τσιμέντου να υπάρχει μια ταχεία πήξη του μείγματος με συνέπεια να μην μπορούν να πραγματοποιηθούν δόκιμες σε νωπή κατάσταση. Έτσι βάσει των κανονισμών των κονιαμάτων εισήχθη στο μείγμα περισσότερο ποσοστό επιβραδυντή (2%), στο ανώτατο όριο που ορίζει ο κανονισμός. Στην ξηρή κατάσταση όμως παρατηρήθηκε μεγάλη επιβράδυνση στερεοποίησης του υλικού και μεγάλες αλλοιώσεις στη δομή του σκληρυμένου κονιάματος.

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα αποφασίστηκε σε κάθε σύνθεση να εισαχτεί χαμηλό ποσοστό επιβραδυντή κατ'όγκο τσιμέντου (στο 0,5%) και να επιταχυνθεί σε χρόνο η όλη διαδικασία των δοκιμών.

### **3.4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΩΠΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ**

Στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία είναι πολύ δύσκολο να ευρεθεί επακριβώς η ποσότητα νερού που εισάγεται σε κάθε σύνθεση παρασκευής κονιάματος. Το μόνο που γίνεται άξιο αναφοράς είναι ο χαμηλός λόγος νερού τσιμέντου που καθορίζεται από 0,3 έως 0,8 για τα κονιάματα. Έτσι η ποσότητα νερού που εισήχθη στο μείγμα καθορίστηκε από την τιμή της δοκιμής της μέτρησης εξάπλωσης. Με βάση τη δοκιμή αυτή εκτιμάται η ρεολογική συμπεριφορά του νωπού κονιάματος που σχετίζεται άμεσα με την εργασιμότητα του και την ικανότητα του να είναι ένα κονίαμα το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επίχρισμα από τους εκάστοτε εργαζομένους στις κατασκευές. Για να εκτιμηθεί επακριβώς η ποσότητα του νερού (gr) χρησιμοποιήθηκε η συσκευή μέτρησης εξάπλωσης (Πρότυπο ASTM C 1437 – 01) . Η συσκευή όπως φαίνεται και στις εικόνες 7 και 8 αποτελείται:

- Από μια μεταλλική τράπεζα η οποία μέσω μιας χειρολαβής και ειδικού μηχανισμού μπορεί να κινείται κατακόρυφα με φορά από πάνω προς τα κάτω απότομη.
- Από έναν κώνο κάθισης συγκεκριμένων διαστάσεων.



- Από μια μικρή μεταλλική ράβδο.

Έχοντας την τράπεζα στεγνή και καθαρή από τυχόν υπολείμματα τοποθετείται ο κώνος στο κέντρο της τράπεζας. Ο κώνος πληρώνεται με μια στρώση νωπού κονιάματος και ύστερα συμπιέζεται με τη μεταλλική ράβδο για να μην υπάρχουν τυχόν κενά μέσα στον κώνο. Μετά ο κώνος συμπληρώνεται με δεύτερη στρώση κονιάματος μέχρι την κορυφή του και ξανασυμπιέζεται με τη μεταλλική ράβδο. Σκουπίζεται τριγύρω για τυχόν υπολείμματα και ανασηκώνεται απότομα αφήνοντας το κονίαμα ελεύθερο να εξαπλωθεί. Στη συνέχεια με τη βοήθεια μηχανισμού και ειδικής χειρολαβής η τράπεζα εξάπλωσης ανεβοκατεβαίνει κατακόρυφα και απότομα. Η όλη διαδικασία πρέπει να γίνεται σε 15 δευτερόλεπτα με 25 κατακόρυφες κινήσεις. Το υλικό μετά τις συγκεκριμένες κινήσεις σχηματίζει μια στρογγυλή επιφάνεια επάνω στην τράπεζα. Υπολογίζοντας το μέσο ορό 4 μετρήσεων κάθετων μεταξύ τους διαμέτρων της επιφάνειας αυτής, καθορίζεται η τιμή της δοκιμής. Όταν το μέτρο εξάπλωσης που είχε προσδιοριστεί πριν την έναρξη της παρασκευής του μείγματος ήταν το επιθυμητό, σταματάει η προσθήκη νερού στο μείγμα. [ 25 ]



Εικόνα 7 : Συσσκευή Μέτρησης εξάπλωσης, (Πρότυπο ASTM C 1437 – 01). Η χειρολαβή με το μηχανισμό βοηθά την τράπεζα να κινείται κατακόρυφα.





Εικόνα 8 : Συσκευή Μέτρησης εξάπλωσης, (Πρότυπο ASTM C 1437 – 01). Κώνος συγκεκριμένων διαστάσεων επάνω στην τράπεζα εξάπλωσης.

### 3.5. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

- **ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ**

Μετά το πέρας των 7 και 28 ημερών έγινε η μέτρηση των διαστάσεων (ύψος, πλάτος, μήκος) και του βάρους καθενός δοκιμίου και ακολούθησε η διαδικασία της δοκιμής αντοχής σε μονοαξονική θλίψη (Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 1926). Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη είναι το φορτίο ανά μονάδα επιφανείας που μπορεί να προκαλέσει παραμόρφωση ή θραύση του κονιάματος ή πετρώματος κάτω από διατμητική τάση. Για κάθε μια σύνθεση έγινε θραύση 3 δοκιμίων και υπολογίστηκε η μέση τιμή της αντοχής τους.

Οι δοκιμές των ανεμπόδιστων μονοξονικών θλίψεων πραγματοποιήθηκαν σε άκαμπτη μηχανή φόρτισης μοντέλο MTS-815 με δυνατότητα άσκησης φορτίου  $\pm 1600$  kPa και μετατόπισης  $\pm 50$ mm, καθώς και μικροκονσόλα (model MTS-453.20) με σύστημα καταγραφής των δυνάμεων και των μετατοπίσεων. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με σταθερό ρυθμό φόρτισης της τάξεως των  $0,5 - 1$  MPa / sec όπως προτείνεται από τη διεθνή βιβλιογραφία. Με την κατάλληλη επεξεργασία έγινε δυνατός ο προσδιορισμός των αντοχών. Στην περίπτωση της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη χρησιμοποιήθηκαν οι κυβικές μήτρες.

Η συσκευή φόρτισης της MTS περιλαμβάνει : α) παράλληλες πλάκες φόρτισης για τη μεταφορά του φορτίου στο δοκίμιο β) χαλύβδινους δίσκους που τοποθετούνται ανάμεσα στις πλάκες φόρτισης και το δοκίμιο με σκοπό την ελάττωση της υπερβολικής πλευρικής παραμόρφωσης του δοκιμίου λόγω δυνάμεων τριβής στα σημεία επαφής , γ) σφαιρική κεφαλή έδρασης στο πάνω μέρος του δοκιμίου, ο άξονας της οποίας πρέπει να είναι ευθυγραμμισμένος με τον άξονα του δοκιμίου και το κέντρο της πλάκας φόρτισης. Η επιβολή του φορτίου και η καταγραφή του φορτίου και της μετατόπισης γίνεται από ηλεκτρονικό σύστημα. Τα δεδομένα επεξεργάζονται και η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη  $C_s$  προκύπτει από τη σχέση  $C_s = F_{max} / E$ , όπου  $F_{max}$  το μέγιστο φορτίο (δύναμη) που δέχθηκε το δοκίμιο μέχρι να αστοχήσει και  $E$  η επιφάνεια του δοκιμίου. [ 24 ]



Εικόνα 9 : Κυβικά δοκίμια κονιαμάτων σε σκληρυμένη κατάσταση μετά από ωρίμανση 28 ημερών.

Τα δοκίμια τοποθετήθηκαν ανάμεσα στις δυο μεταλλικές πλάκες στη μηχανή φόρτισης (εικόνα\_10). Στη συνέχεια έγινε φόρτιση με έλεγχο της μετατόπισης κατά το διαμήκη άξονα τους και συγχρόνως έγινε καταγραφή της αντίστοιχης ανοιγμένης παραμόρφωσης.



Εικόνα 10 : Διάταξη πλακών φόρτισης και δοκίμιο.

## **ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**

Οι φυσικές ιδιότητες των σκληρυμένων δοκιμίων που μετρήθηκαν είναι η υδατοαπορρόφηση και η πυκνότητα.

- **ΥΔΑΤΟΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ**

Ο προσδιορισμός της υδατοαπορρόφησης των δοκιμίων, δηλαδή η ικανότητα που έχει ένα δοκίμιο να απορροφά νερό, είναι σημαντικό για όλες τις κατασκευαστικές εφαρμογές.

Αντιπροσωπευτικά κομμάτια δοκιμίων από τις συνθέσεις τοποθετηθήκαν σε δοχείο με αποσταγμένο νερό για 24 ώρες. Μετά το πέρας των 24 ωρών, τα δοκίμια σκουπιστήκαν, ζυγιστήκαν και μετρήθηκε το βάρος τους. Στη συνέχεια, τοποθετηθήκαν για 24 ώρες σε φούρνο στους 105° C και αφού έμειναν σε υάλωνα κώδωνα για να κρυώσουν, ζυγιστήκαν ξανά και μετρήθηκε το βάρος τους. Για τον υπολογισμό του νερού που απορροφήθηκε γίνεται χρήση μιας σχέσης :

$$[(W_{H2O} - W_{105^0 C}) / W_{105^0 C}] * 100$$

Όπου  $W_{H2O}$  το βάρος του δοκιμίου μετά από 24 ώρες στο νερό και  $W_{105^0 C}$  το βάρος του δοκιμίου σε ξηρή κατάσταση μετά την παραμονή του εντός του φούρνου. [ 8-10 ]

- **ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ**

Η φαινόμενη πυκνότητα του κάθε δοκιμίου υπολογίστηκε από τον τύπο  $d = m / V$ , όπου  $d$  η πυκνότητα του δοκιμίου,  $m$  είναι η μάζα του και  $V$  ο όγκος του.

Η μάζα του κάθε δοκιμίου μετρήθηκε σε ζυγαριά ενώ ο όγκος του υπολογίστηκε από τον πολλαπλασιασμό των διαστάσεων του (μήκος, πλάτος, ύψος). [ 8-10 ]

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ**

### **3.6. ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ – ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΗ ΛΑΤΟΜΙΚΗ ΑΜΜΟ**

Κατά τη πρώτη φάση παρασκευάστηκαν σειρά δοκιμίων με βάση την αναλογία 1:2:5 (1 μέρος όγκου τσιμέντου 2 μέρη όγκου υδράσβεστου και 5 μέρη όγκου λατομικής άμμου η κωδικοποιημένα A1, A2 και A3) αλλά με τρεις διαφορετικές ποιότητες παιπάλης στην ασβεστολιθική άμμο (31%, 23% και 18%) και 0,5% τρυγικό οξύ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες με τους μέσους όρους αντοχών (3 δοκίμια για κάθε πειραματική σειρά και υπολογίζεται ο μέσος όρος αυτών) μετά από ωρίμανση 7



και 28 ημερών (Πίνακας 7 και διαγράμματα 13 και 13 Α ) και αναλυτικά τα βάρη των συστατικών των δοκιμίων καθώς και οι μετρήσεις τους για φαινόμενη πυκνότητα και υδατοαπορρόφηση μετά το πέρας των 7 και 28 ημερών (Πίνακας 8).

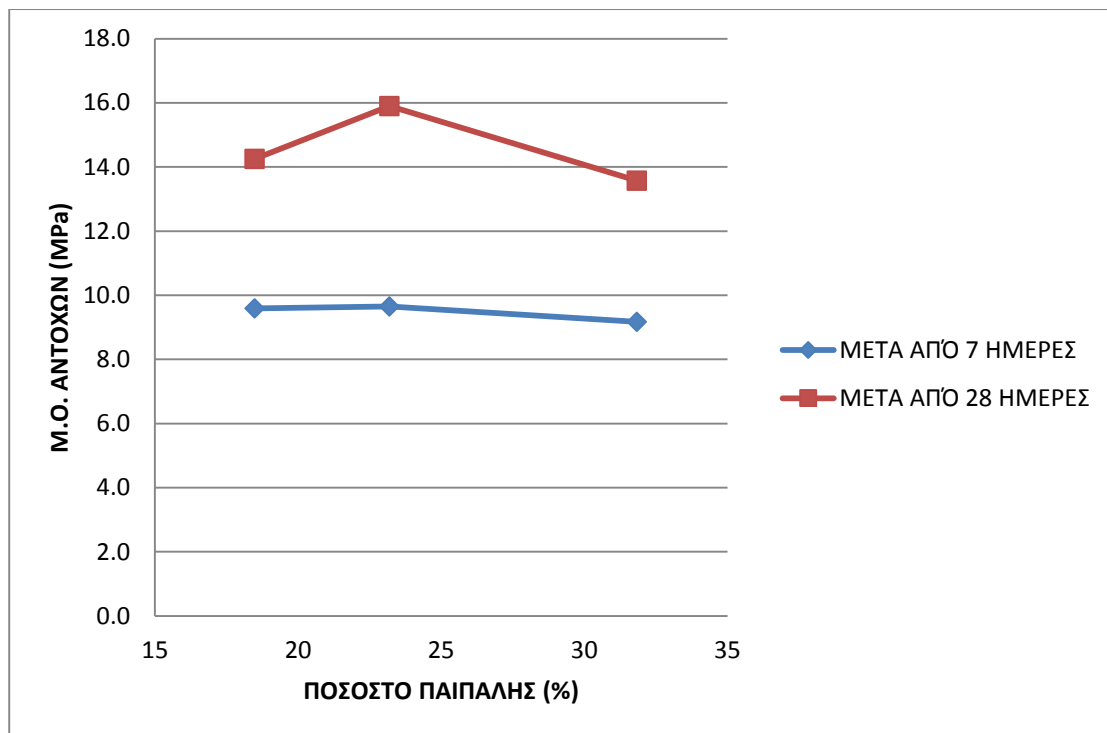
Στα διαγράμματα 14 και 14 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των μετρήσεων των πυκνοτήτων , στα διαγράμματα 15 και 15 Α οι μετρήσεις των αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων και στα διαγράμματα 16 και 16 Α οι αντοχές συναρτήσει των μετρήσεων της υδατοαπορρόφησης.

Επίσης στα διαγράμματα 17 και 17 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις των πυκνοτήτων συναρτήσει τον ποσοστών παιπάλης της λατομικής άμμου και στα διαγράμματα 18 και 18 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των ποσοστών παιπάλης.

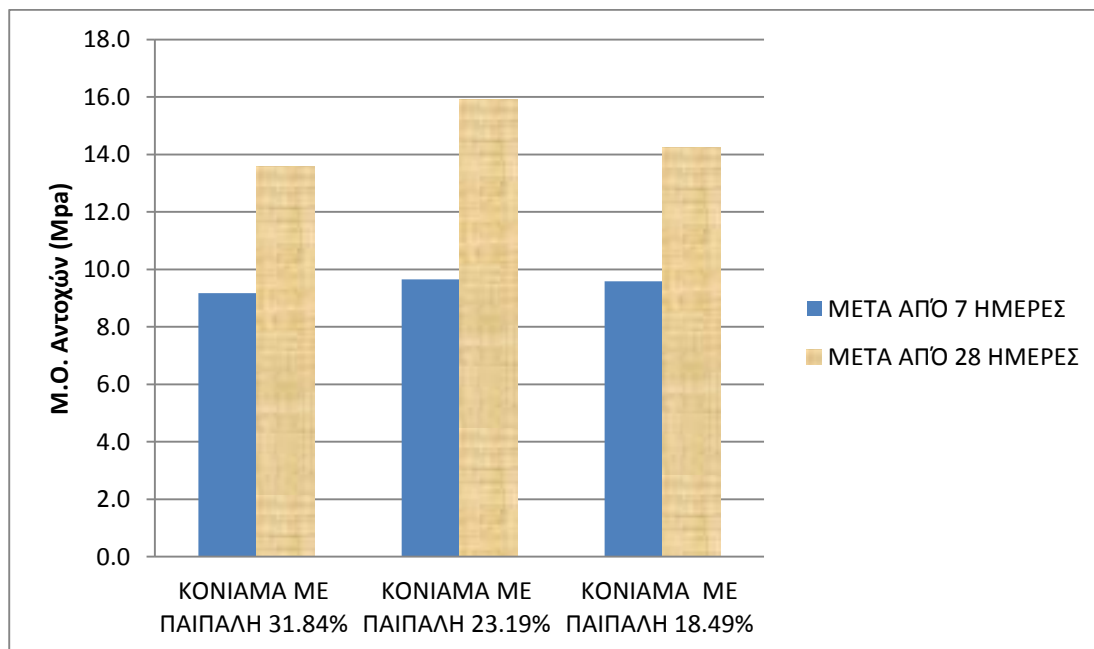
Στο παράρτημα 2 (σελ.83) παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε ξεχωριστό δοκίμιο η τυπική απόκλιση το σφάλμα καθώς και τα διαγράμματα τάσης – ανοιγμένης παραμόρφωσης.

Πίνακας 7 : Μέσος Όρος αντοχών μετά από 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΑΜΜΟΥ	Μ.Ο.ΑΝΤΟΧΩΝ (MPa) 7 ημερών	Μ.Ο.ΑΝΤΟΧΩΝ (MPa) 28 ημερών
ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΠΑΙΠΑΛΗ 31.84%	9.17	13.58
ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΠΑΙΠΑΛΗ 23.19%	9.65	15.90
ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΠΑΙΠΑΛΗ 18.49%	9.59	14.25



Διάγραμμα 13 : Μέσος Όρος αντοχών συναρτήσει του ποσοστού παιπάλης στη λατομική άμμο.

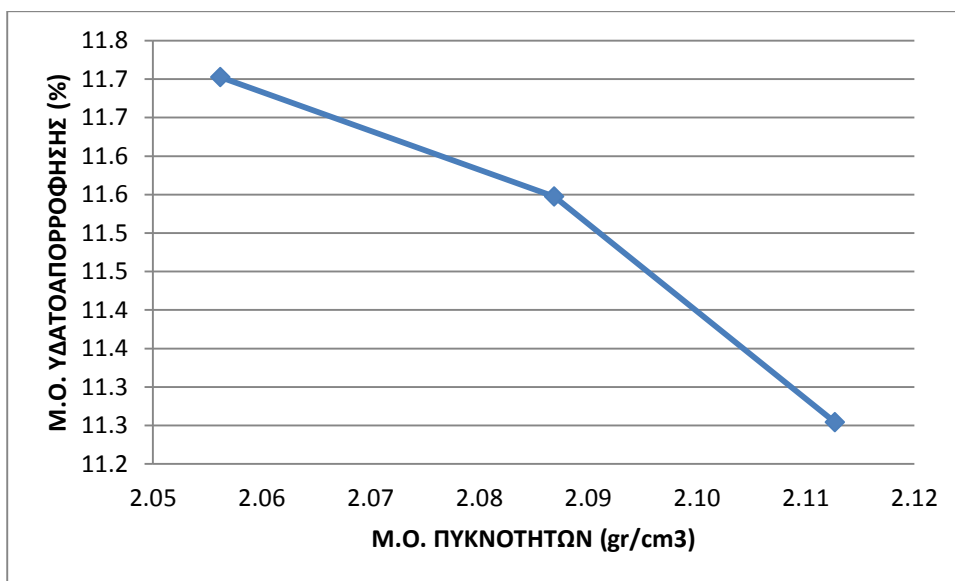


Διάγραμμα 13 Α : Μέσος Όρος αντοχών συναρτήσει του ποσοστού παιπάλης στη λατομική άμμο.

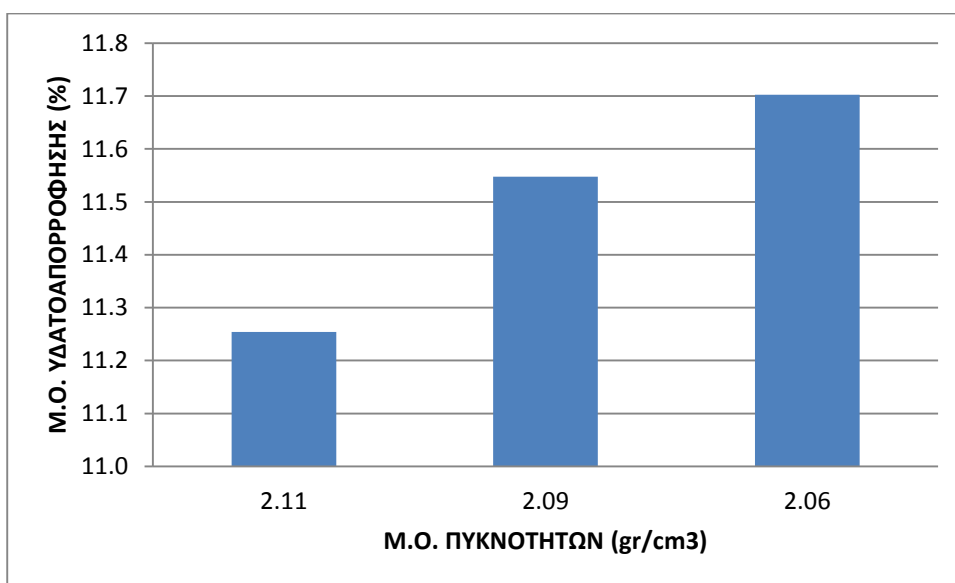
Πίνακας 8 : Βάρη και ιδιότητες νωπού και σκληρυμένου κονιάματος μετά από 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης

						ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ			
	ΑΜΜΟΣ (gr)	ΤΣΙΜΕΝΤΟ (gr)	ΥΔΡΑΣΒΕ ΣΤΟΣ (gr)	ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ (gr)	ΝΕΡΟ (gr)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ (cm)	Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Μpa) 7 ΗΜΕΡΕΣ	Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Μpa) 28 ΗΜΕΡΕΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (gr/cm <sup>3</sup> )	ΥΔΑΤΟΑΠΟΡ ΡΟΦΗΣΗ (%)
<b>1: 2 :5 Α1</b> <b>31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	251.95	14.87	9.17	13.58	2.07	11.69
<b>1: 2 :5 Α1</b> <b>31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	251.95				2.05	11.74
<b>1: 2 :5 Α1</b> <b>31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	251.95				2.05	11.68
<b>1: 2 :5 Α2</b> <b>23.19% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	240.6	14.51	9.65	15.90	2.12	11.12
<b>1: 2 :5 Α2</b> <b>23.19% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	240.6				2.11	11.48
<b>1: 2 :5 Α2</b> <b>23.19% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	240.6				2.11	11.16
<b>1: 2 :5 Α3</b> <b>18.49% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	241.97	14.46	9.59	14.25	2.09	11.67
<b>1: 2 :5 Α3</b> <b>18.49% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	241.97				2.08	11.60
<b>1: 2 :5 Α3</b> <b>18.49% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	241.97				2.09	11.36

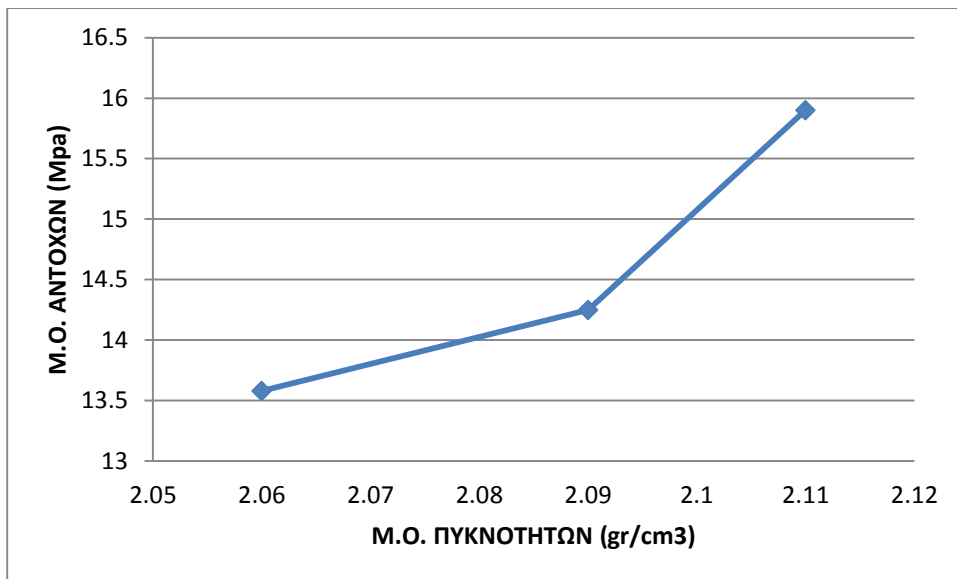




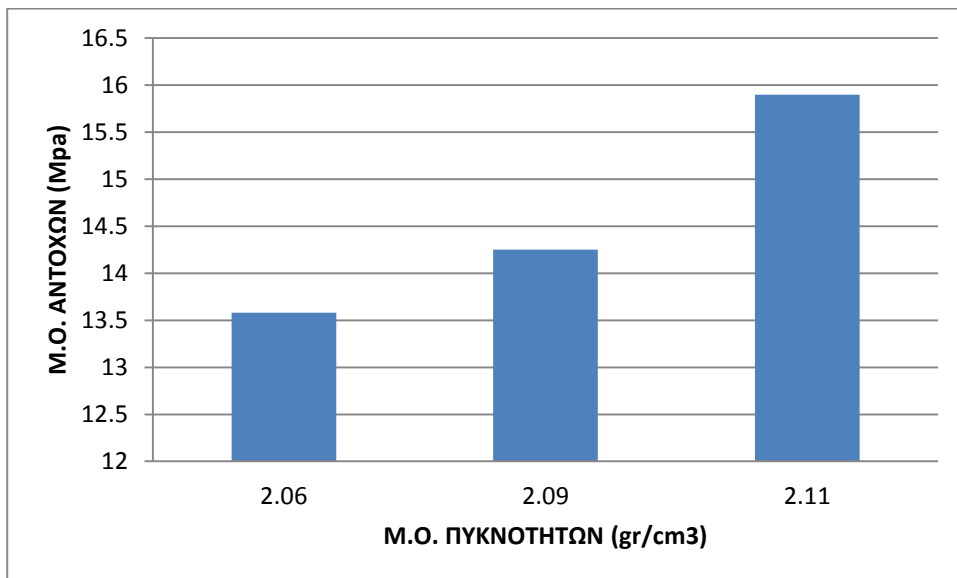
Διάγραμμα 14 : Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των πυκνοτήτων.



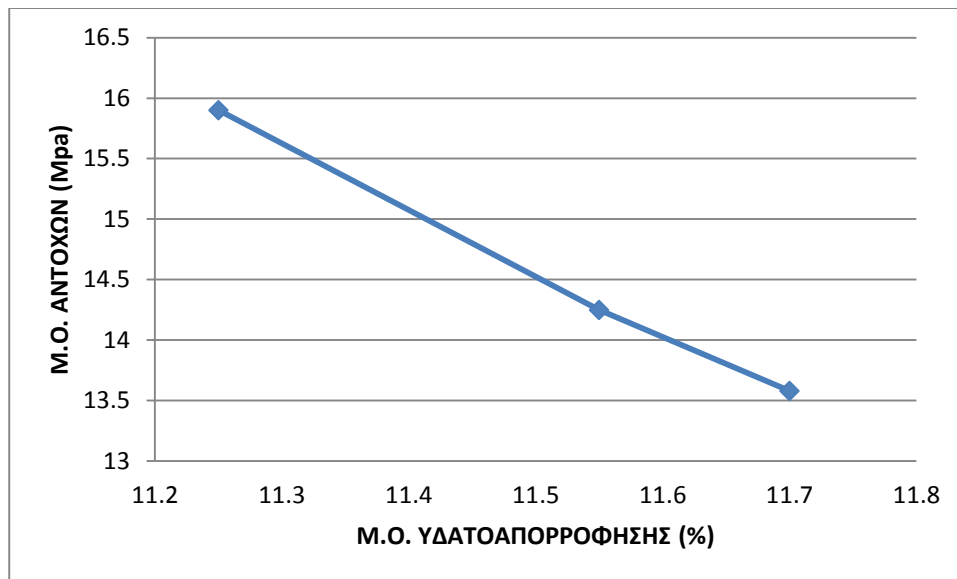
Διάγραμμα 14 Α : Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των πυκνοτήτων



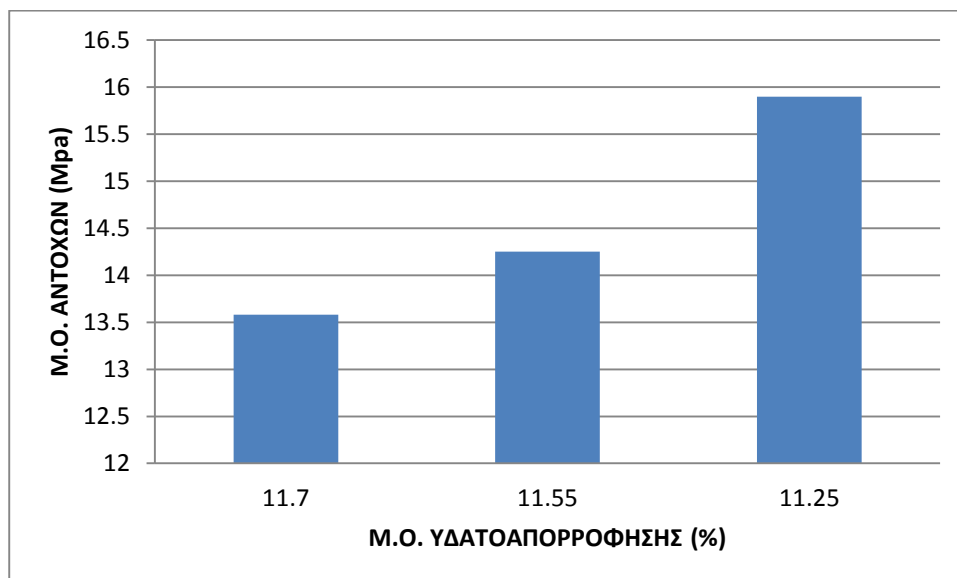
Διάγραμμα 15 : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων.



Διάγραμμα 15 Α : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων.



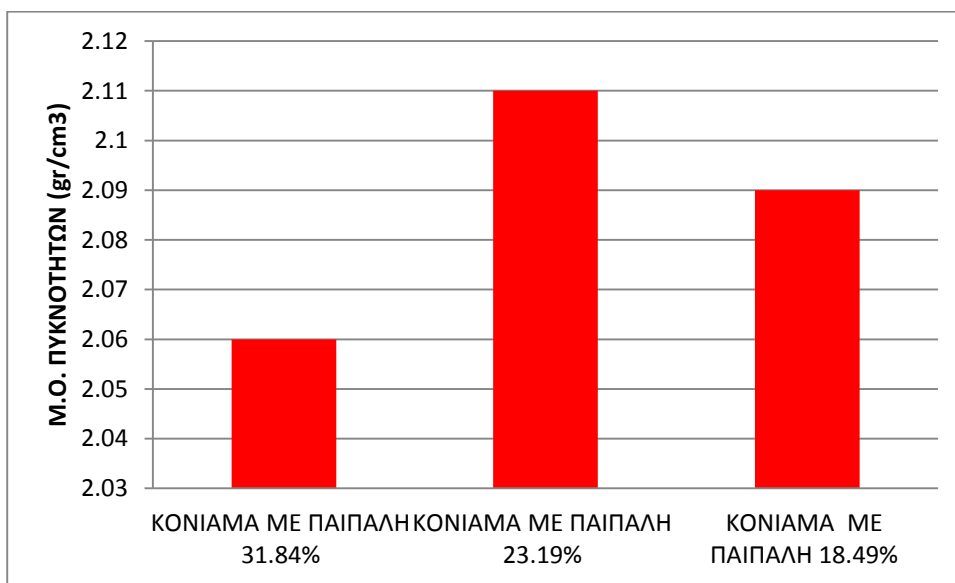
Διάγραμμα 16 : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει της υδατοαπορρόφησης.



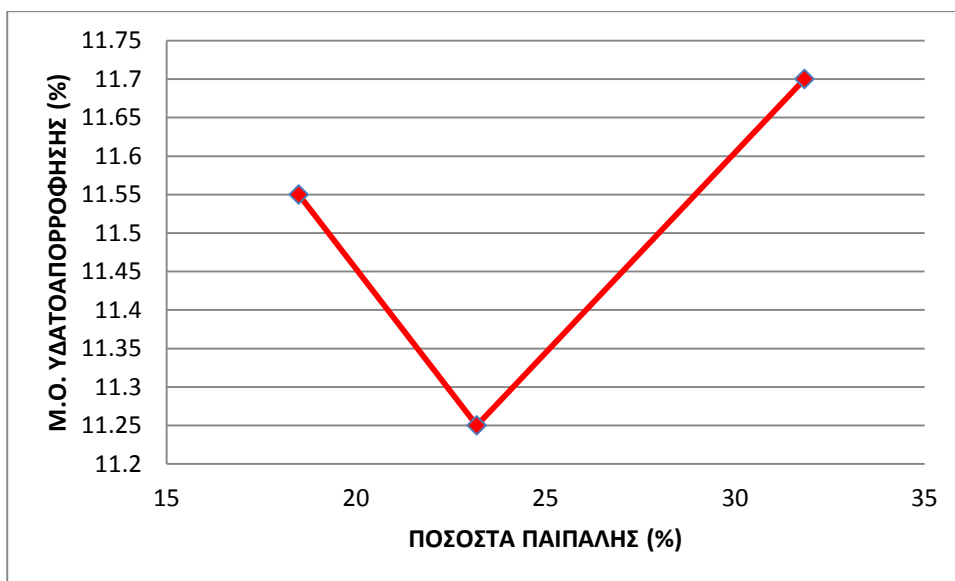
Διάγραμμα 16 Α : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει της υδατοαπορρόφησης.



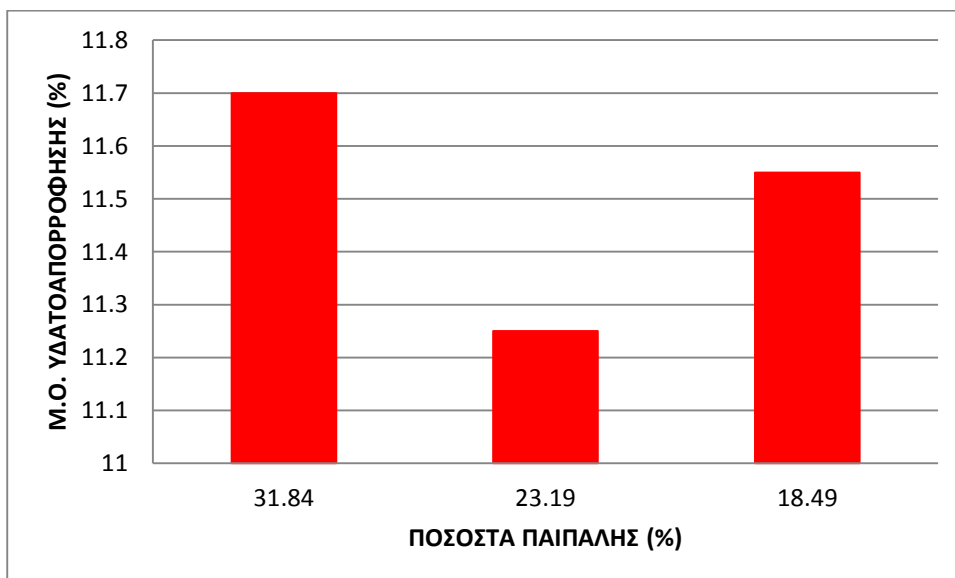
Διάγραμμα 17: Συνθήκες συναρτήσεως πυκνοτήτων



Διάγραμμα 17 Α: Συνθήκες συναρτήσεως πυκνοτήτων



Διάγραμμα 18: Συνθήκες συναρτήσει υδατοαπορρόφησης



Διάγραμμα 18 Α: Συνθήκες συναρτήσει υδατοαπορρόφησης

### **3.7. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΠΟΣΟΣΤΑ ΠΑΙΠΑΛΗΣ ΣΤΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ**

Το κύριο συμπέρασμα που παρατηρήθηκε από τη συγκεκριμένη σειρά πειραμάτων είναι ότι όσο αφαιρείται παιπάλη λατομικής άμμου από το κονίαμα αυξάνονται οι αντοχές του κονιάματος (ειδικά μετά από ωρίμανση 28 ημερών). Παρατηρήθηκε όμως ότι όσο μεγαλώνει η αύξηση της αφαίρεσης παιπάλης από την ασβεστολιθική άμμο τότε αυξάνονται οι αντοχές των κονιαμάτων αλλά κατά πολύ μικρό ποσοστό.

Οι μετρήσεις των πυκνοτήτων των κονιαμάτων καταδεικνύουν ότι αυξάνεται η πυκνότητα όταν αφαιρείται ποσοστό παιπάλης από την άμμο αλλά η πολύ μεγάλη αφαίρεση ποσοστού παιπάλης δεν αυξάνει σημαντικά τις μετρήσεις των πυκνοτήτων.

Οι μετρήσεις της υδατοαπορρόφησης των κονιαμάτων έδειξαν ότι μειώνεται το ποσοστό υδατοαπορρόφησης όσο αφαιρείται παιπάλη από την άμμο όμως η πολύ μεγάλη αφαίρεση ποσοστού παιπάλης δε μειώνει σημαντικά τις μετρήσεις υδατοαπορρόφησης

Όσο αφορά το νωπό κονίαμα και την εργασιμότητα του υλικού στο κονίαμα που έχει αφαιρεθεί μεγάλο ποσοστό παιπάλης από τη λατομική άμμο παρατηρείται ότι το υλικό δεν έχει την κατάλληλη εργασιμότητα , είναι <άγριο> ούτως ώστε να μην μπορεί να το δουλέψει με ευκολία ο εκάστοτε τεχνικός που ασχολείται με την κατασκευή επιχρισμάτων.

### **3.8. ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ – ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΜΕΡΗ ΟΓΚΟΥ ΤΗΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΗΣ ΑΜΜΟΥ**

Κατά τη δεύτερη φάση παρασκευάστηκαν σειρά δοκιμών με βάση τα μέρη όγκου της ασβεστολιθικής άμμου δηλαδή κρατώντας σταθερή τη σχέση τσιμέντου υδρασβέστου σε αναλογία 1:2 και μεταβάλλοντας τη σχέση της άμμου (για συντομογραφία 1:2:5 , 1:2:6 , 1:2:7 η κωδικοποιημένα Α, Β και Γ) μαζί με 0,5% τρυγικό οξύ. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πινάκες με τις αντοχές μετά από ωρίμανση 7 και 28 ημερών (Πίνακας 9 και διαγράμματα 19 και 19 Α ) και αναλυτικά

τα βάρη των συστατικών των δοκιμίων καθώς και οι μετρήσεις τους για φαινόμενη πυκνότητα και υδατοαπορρόφηση μετά το πέρας των 28 ημερών (Πίνακας 10).

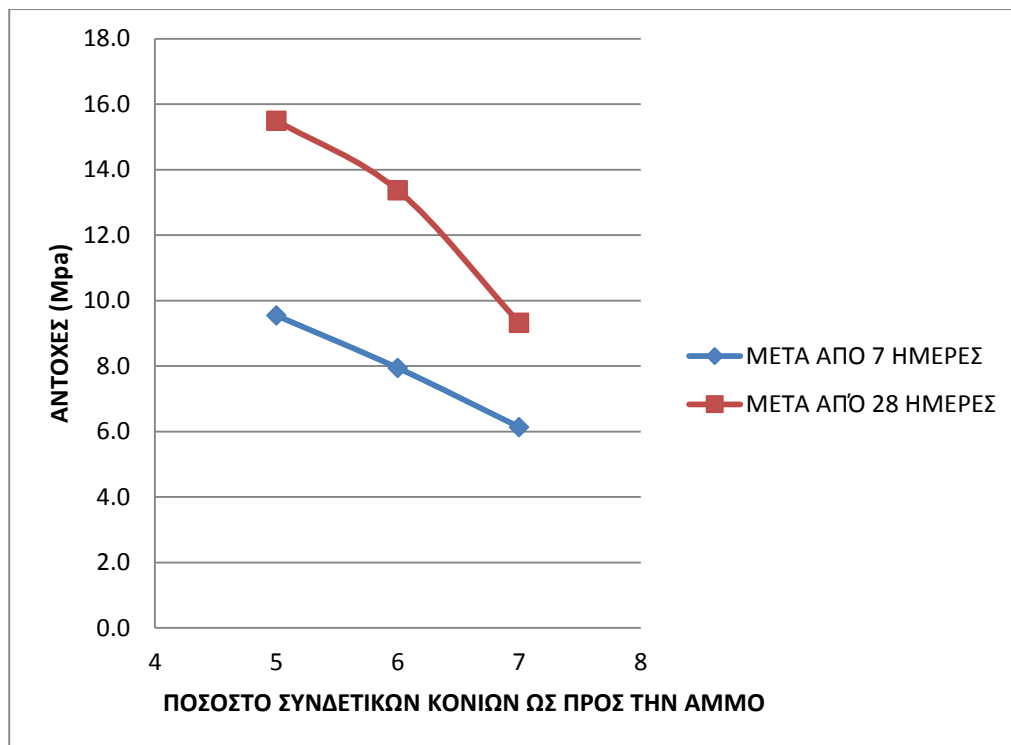
Στα διαγράμματα 20 και 20 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των μετρήσεων των πυκνοτήτων, στα διαγράμματα 21 και 21 Α οι μετρήσεις των αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων και στα διαγράμματα 22 και 22 Α οι αντοχές συναρτήσει των μετρήσεων της υδατοαπορρόφησης.

Επίσης στα διαγράμματα 23 και 23 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις των πυκνοτήτων συναρτήσει των αναλογιών της άμμου στο κονίαμα και στα διαγράμματα 24 και 24 Α παρουσιάζονται οι μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει των αναλογιών της άμμου στο κονίαμα.

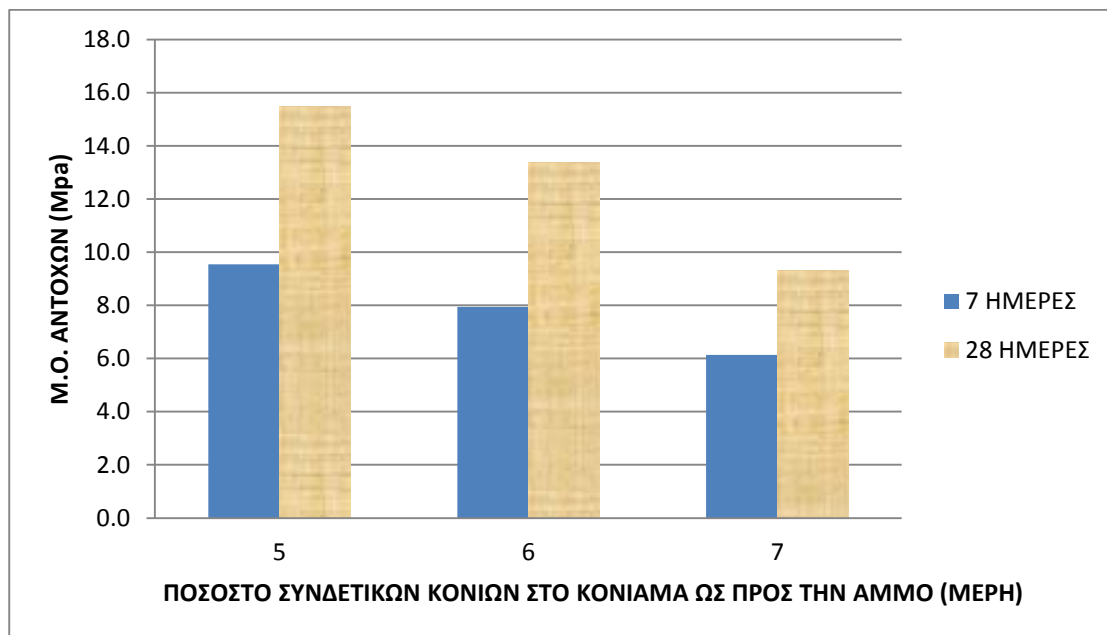
Στο παράρτημα 2 (σελ 89) παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε ξεχωριστό δοκίμιο η αντοχή τους η τυπική απόκλιση το σφάλμα καθώς και τα διαγράμματα σε μονοαξονική θλίψη.

Πίνακας 9 : Μέσος Όρος αντοχών μετά από 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

		<b>ΚΟΝΙΑΜΑ ΜΕ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ 1: 2 :5 Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Mpa)</b>	<b>ΚΟΝΙΑΜΑ ΜΕ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ 1: 2 :6 Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Mpa)</b>	<b>ΚΟΝΙΑΜΑ ΜΕ ΔΟΣΟΛΟΓΙΑ 1: 2 :7 Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Mpa)</b>
		<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΠΑΙΠΑΛΗ 31.84%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗ 7 ΗΜΕΡΩΝ</b>	9.54	7.94	6.14
<b>ΑΜΜΟΣ ΜΕ ΠΑΙΠΑΛΗ 31.84%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗ 28 ΗΜΕΡΩΝ</b>	15.50	13.37	9.32



Διάγραμμα 19 : Μέσος Όρος αντοχών συναρτήσει του ποσοστού συνδετικών κονιών ως προς τη λατομική άμμο μετά από 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

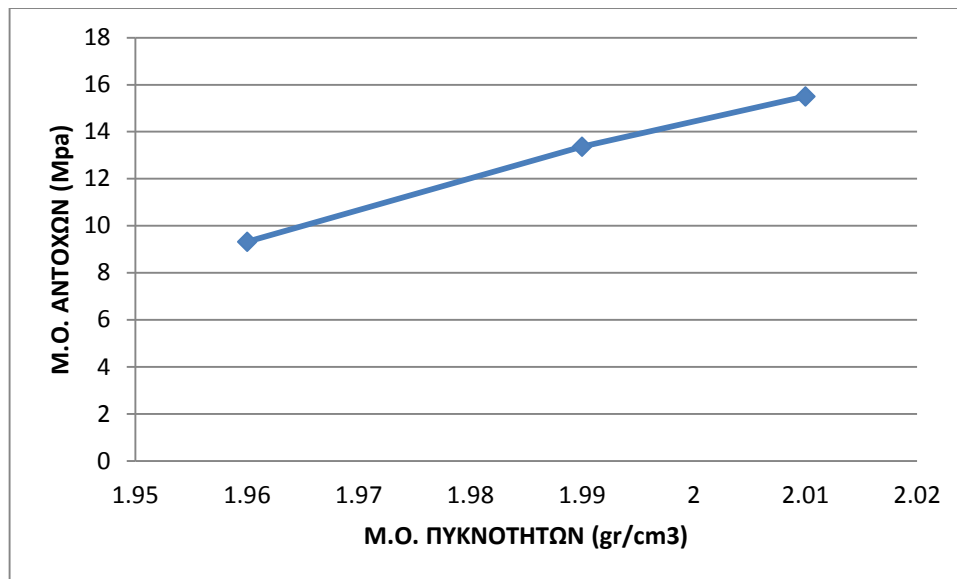


Διάγραμμα 19 Α : Μέσος Όρος αντοχών συναρτήσει του ποσοστού συνδετικών κονιών ως προς τη λατομική άμμο μετά από 7 και 28 ημέρες ωρίμανσης.

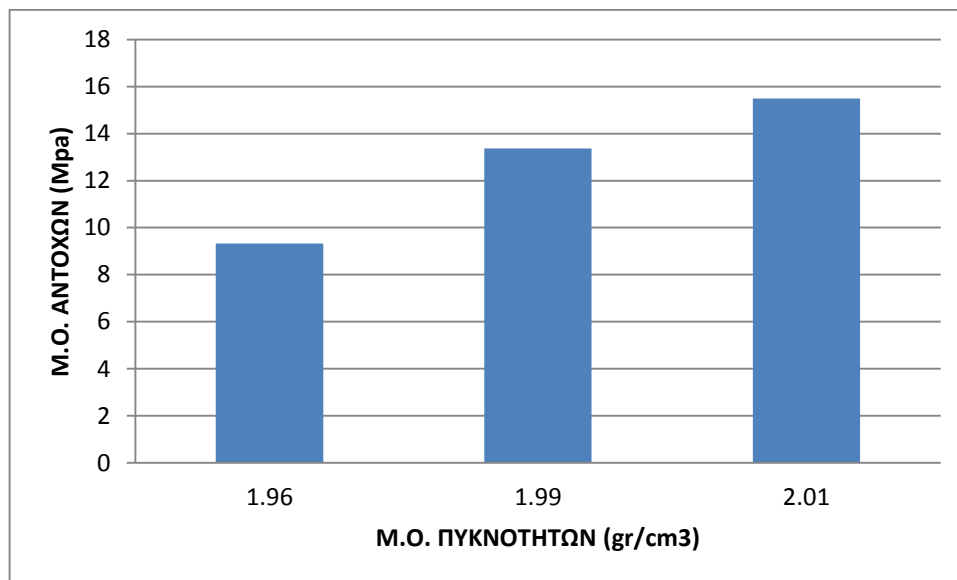


Πίνακας 10 : Βάρη και ιδιότητες νωπού και σκληρυμένου κονιάματος μετά από 7 ημέρες και 28 ημέρες ωρίμανσης

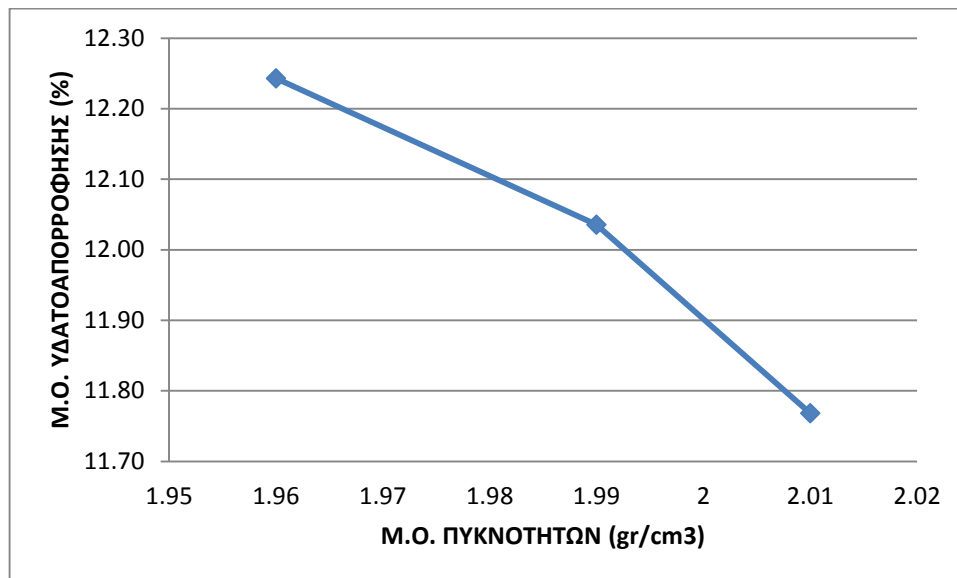
						ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΩΠΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΚΛΗΡΥΜΕΝΟΥ ΚΟΝΙΑΜΑΤΟΣ			
	ΑΜΜΟΣ (gr)	ΤΣΙΜΕΝΤ Ο (gr)	ΥΔΡΑΣΒΕ ΣΤΟΣ (gr)	ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ (gr)	ΝΕΡΟ (gr)	Μ.Ο ΔΙΑΜΕΤΡΩΝ ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ (cm)	Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Μpa) 7 ΗΜΕΡΕΣ	Μ.Ο. ΑΝΤΟΧΩΝ (Μpa) 28 ΗΜΕΡΕΣ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ (gr/cm <sup>3</sup> )	ΥΔΑΤΟΑΠΟΡ ΡΟΦΗΣΗ (%)
<b>1: 2 :5 K1 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	253.48	15.36	9.54	15.50	2.01	11.69
<b>1: 2 :5 K2 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	253.48				2.01	11.73
<b>1: 2 :5 K3 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	163.01	166.07	0.81	253.48				2.00	11.88
<b>1: 2 :6 L1 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	135.79	138.44	0.67	235.9	15.49	7.94	13.37	2.00	12.15
<b>1: 2 :6 L2 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	135.79	138.44	0.67	235.9				2.00	12.09
<b>1: 2 :6 L3 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	135.79	138.44	0.67	235.9				1.99	11.87
<b>1: 2 :7 N1 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	116.39	118.55	0.58	229.97	15.49	6.14	9.32	1.96	12.23
<b>1: 2 :7 N2 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	116.39	118.55	0.58	229.97				1.96	12.32
<b>1: 2 :7 N3 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ</b>	1200	116.39	118.55	0.58	229.97				1.96	12.18



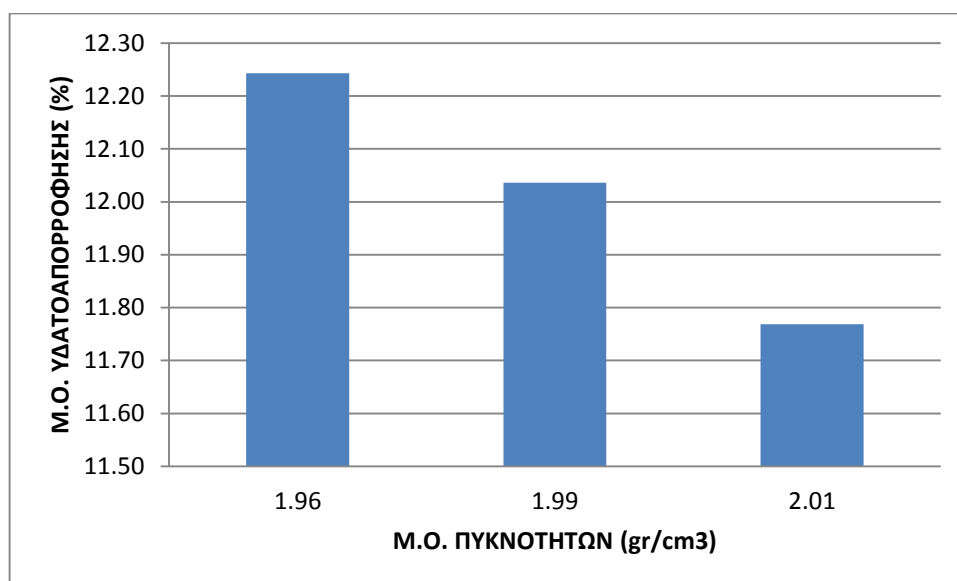
Διάγραμμα 20 : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων.



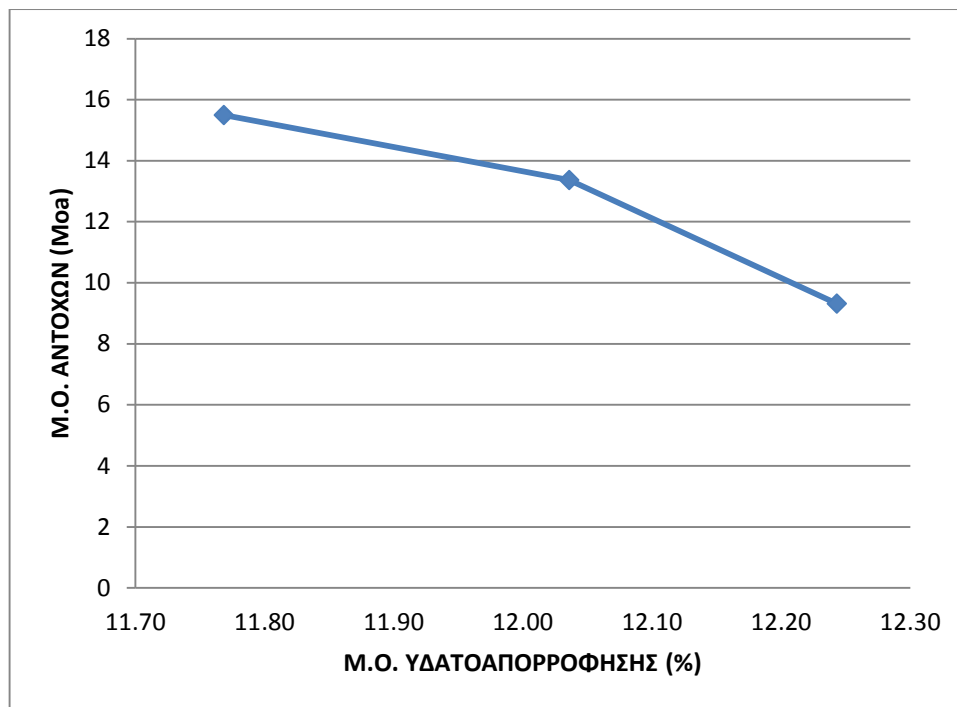
Διάγραμμα 20 Α : Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει των πυκνοτήτων.



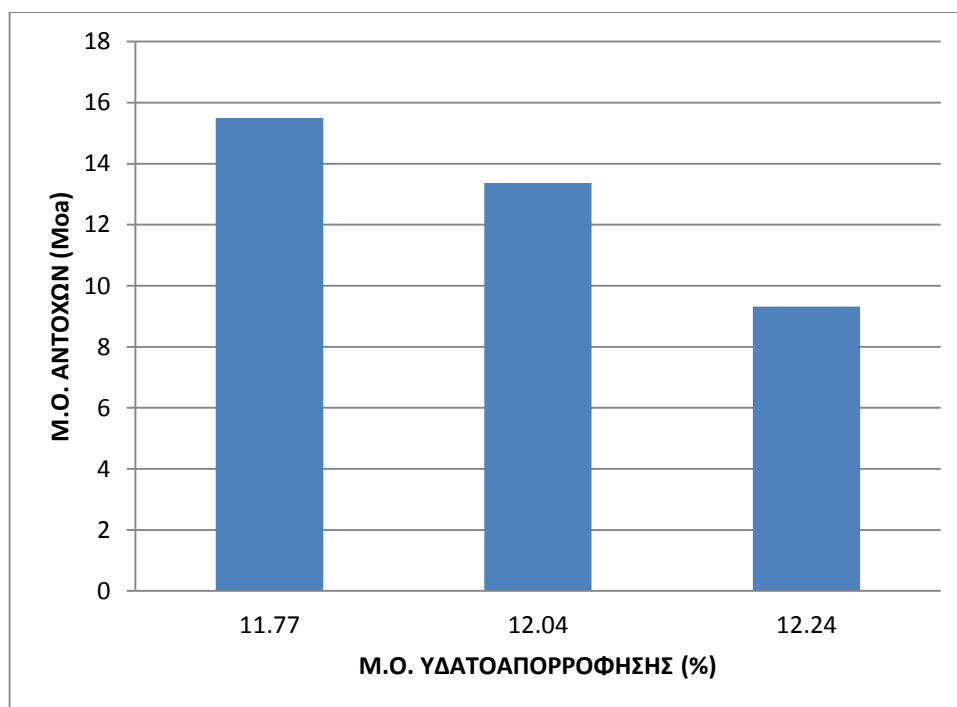
Διάγραμμα 21 : Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει πυκνοτήτων



Διάγραμμα 21 Α : Μετρήσεις υδατοαπορρόφησης συναρτήσει πυκνοτήτων



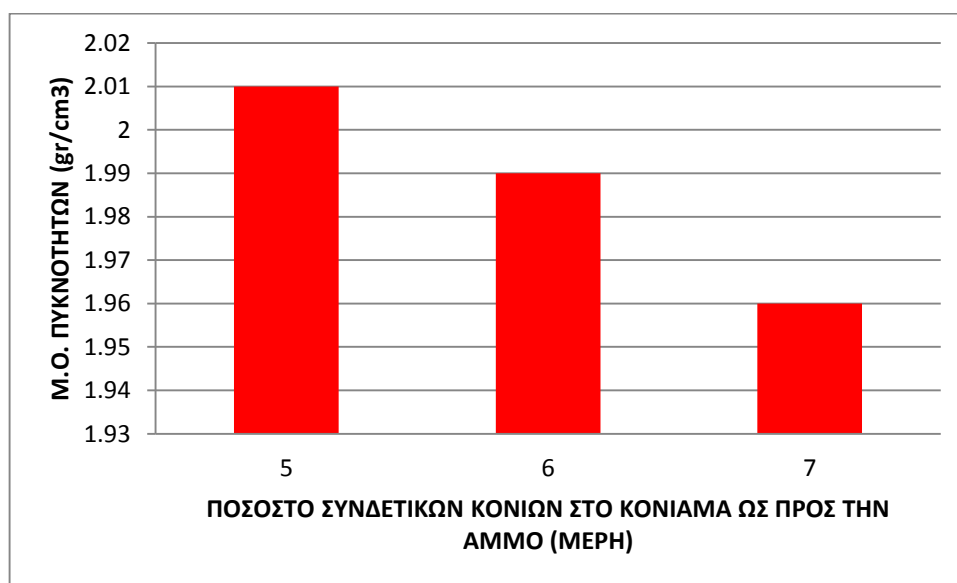
Διάγραμμα 22: Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει υδατοαπορρόφησης



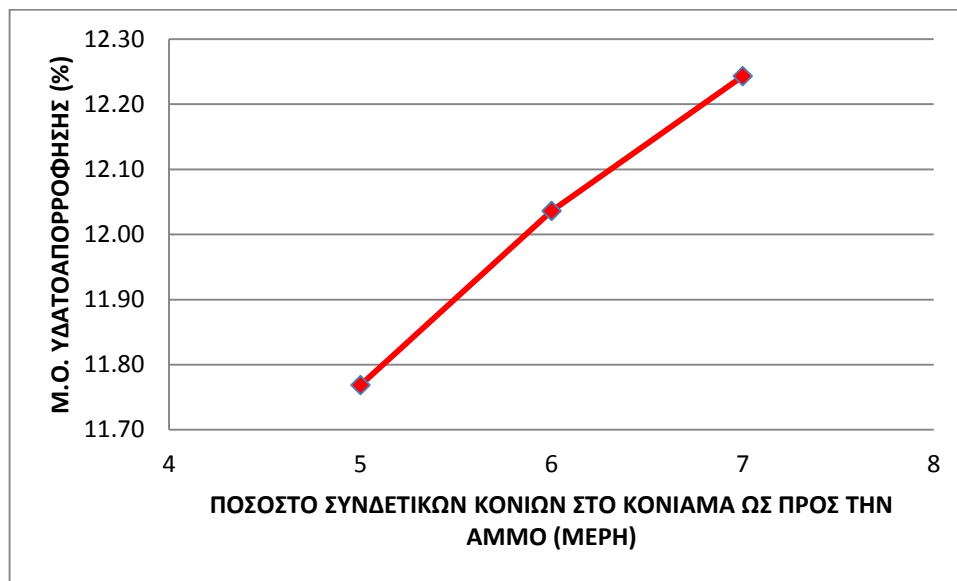
Διάγραμμα 22 Α: Μετρήσεις αντοχών συναρτήσει υδατοαπορρόφησης



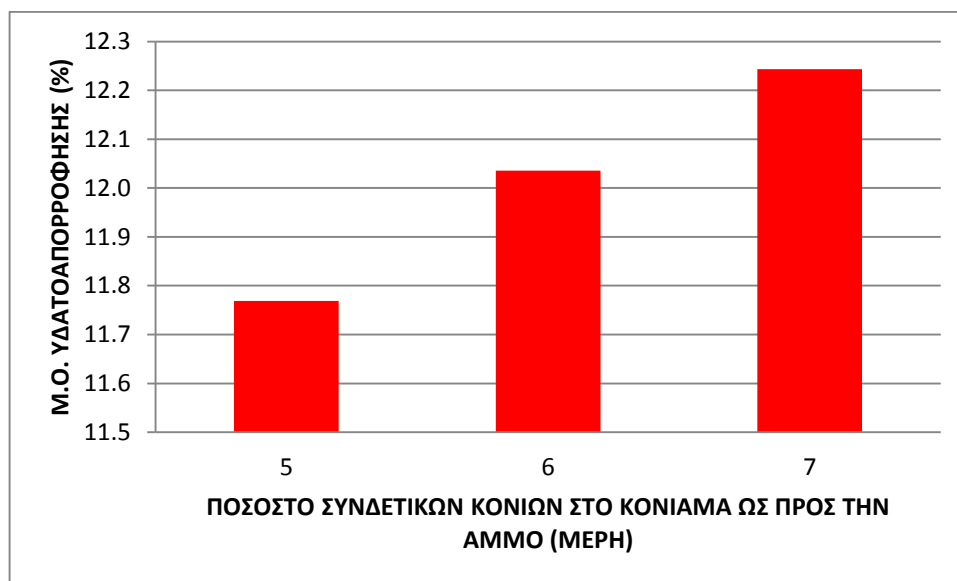
Διάγραμμα 23: Συνθήκες συναρτήσεως πυκνοτήτων



Διάγραμμα 23 Α: Συνθήκες συναρτήσεως πυκνοτήτων



Διάγραμμα 24: Συνθήκες συναρτήσεως υδατοαπορρόφησης



Διάγραμμα 24 Α: Συνθήκες συναρτήσεως υδατοαπορρόφησης

### **3.9. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΜΕΡΗ ΟΓΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΗΣ ΑΜΜΟΥ**

Στα κονιάματα που ελέχθησαν ως προς τα μέρη άμμου στο συνολικό μείγμα το κύριο συμπέρασμα που παρατηρήθηκε είναι ότι όσο πιο πολλά μέρη όγκου άμμου συμμετέχουν στο μείγμα τόσο λιγότερη συνολική αντοχή έχει το σκληρυμένο κονίαμα.

Οι μετρήσεις των πυκνοτήτων καταδεικνύουν ότι όσο πιο πολλά μέρη όγκου άμμου συμμετέχουν στο μείγμα μειώνεται και η πυκνότητα των κονιαμάτων.

Οι μετρήσεις της υδατοαπορρόφησης έδειξαν ότι υπάρχει αύξηση των ποσοστών της όταν στο μείγμα συμμετέχουν πολλά μέρη όγκου άμμου.

Όσο αφορά το νωπό κονίαμα και την εργασιμότητα του υλικού στο κονίαμα που φάνηκε ότι είχε καλή εργασιμότητα και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν επίχρισμα τελικής στρώσεως μόνο αν στο μείγμα εισαχθεί κατάλληλο προσθετό (υπερρευστοποιητής) για αύξηση αντοχών, αύξηση πυκνοτήτων και μείωση υδατοπερατότητας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Η μικροδομή των σκληρυμένων δοκιμίων εξετάστηκε με πολωτικό μικροσκόπιο ανακλώμενου φωτός. Πρόκειται για όργανα με τα όποια γίνεται παρατήρηση και εντοπισμός των ορυκτών ή συστατικών των κονιαμάτων με βάση τις διαφορετικές οπτικές ιδιότητες που παρουσιάζουν. Για την εξέταση της δομής με το πολωτικό μικροσκόπιο κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές (εικόνα 11) από τα δοκίμια τα όποια εξετάστηκαν. Παρουσιάζονται τυπικές μικροφωτογραφίες των δοκιμίων με το πολωτικό μικροσκόπιο ενώ στις φωτογραφίες μακροσκοπικά φαίνεται η φυσική επιφάνεια των δοκιμίων.

Στις εικόνες 12 και 13 παρατηρούνται δοκίμια με πυκνή διασπορά των κόκκων όντος του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε (άσπρο τσιμέντο και υδράσβεστος) και στις εικόνες 14 και 15 παρατηρείται αραιή διασπορά των κόκκων όντος του συνδετικού υλικού.

Στις εικόνες 16,17 και 18 παρατηρούνται πειραματικά δοκίμια με υψηλό ποσοστό επιβραδυντή.

Στις εικόνες 19 και 20 φαίνονται δοκίμια με χαμηλό ποσοστό επιβραδυντή ενώ στις εικόνες 21 και 22 φαίνονται δοκίμια με υψηλό ποσοστό επιβραδυντή.

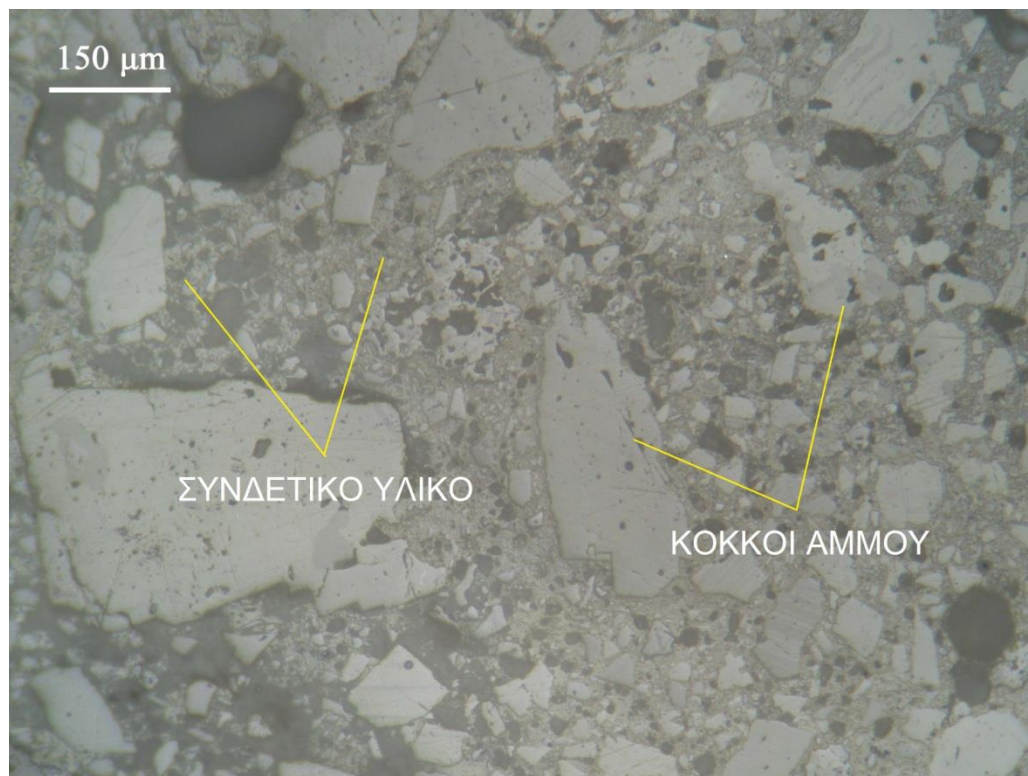
Επίσης για την καλύτερη κατανόηση των συστατικών των συγκεκριμένων κονιαμάτων έγιναν αναλύσεις δοκιμίων με ακτίνες Χ (αναλύσεις XRD). Αντιπροσωπευτικά μικρά κομμάτια από τις συνθέσεις λειοτριβήθηκαν σε μηχανή πλανητικού μύλου. Στη συνέχεια το λειοτριβημένο υλικό τοποθετήθηκε σε κατάλληλο δειγματοφορέα ο οποίος στη συνέχεια τοποθετήθηκε στο περιθλασίμετρο ακτίνων Χ και πραγματοποιήθηκε η ακτινοσκόπηση των δειγμάτων. Το περιθλασίμετρο που εξεταστήκαν τα δείγματα είναι τύπου D8 advance της εταιρίας Bruker AXS. Η λυχνία του περιθλασίμετρου είναι από χαλκό (Cu), η τάση του είναι στα 35 KV, η ένταση του είναι 35 mA. Ο καταμετρητής του είναι LynxEye με φίλτρο νικελίου (Ni) και οι συνθήκες μετρήσεις των λειοτριβημένων δειγμάτων είναι οι ακόλουθες : 4-70°, βήμα 0,02, και ο χρόνος 0,2sec/step. Από τις αναλύσεις φαίνεται ότι το κύριο συστατικό των κονιαμάτων είναι ο ασβεστίτης και φέρουν ίχνη από πορτλαντίτη και δολομίτη σε πολύ μικρό ποσοστό.

Στο παράρτημα 3 (σελ 95 ) αναλύονται γραφικά οι συγκεκριμένες συνθέσεις.

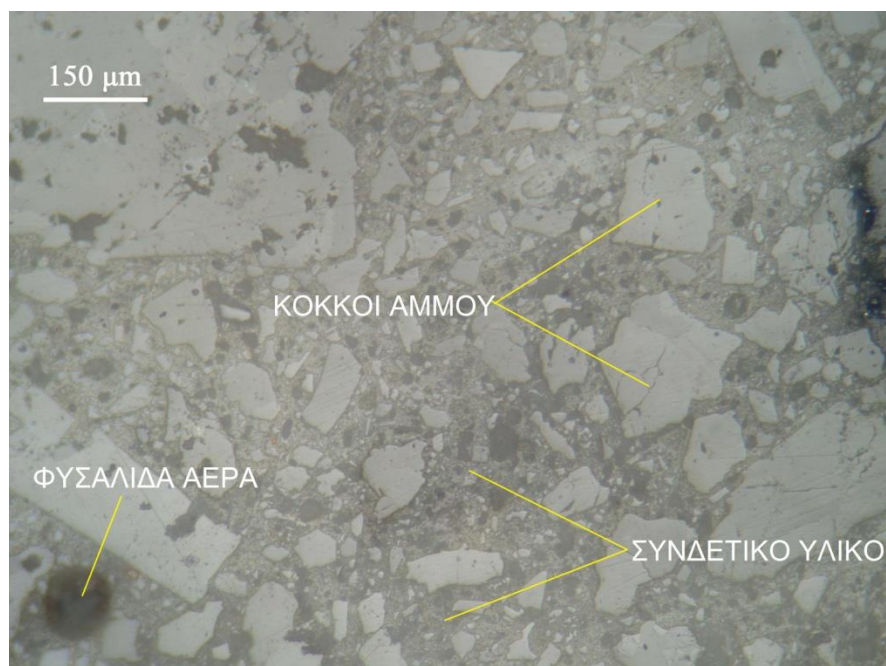




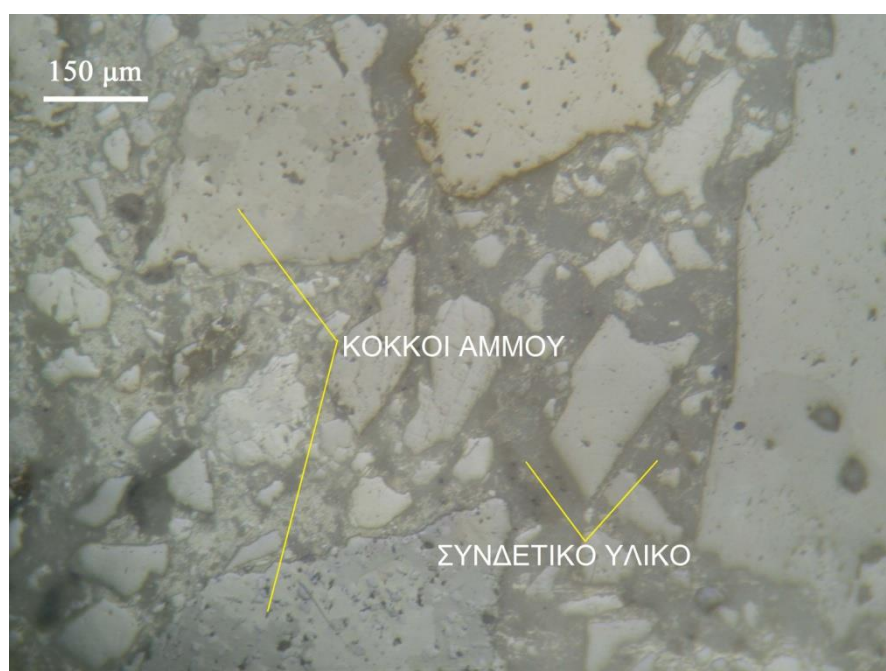
Εικόνα 11 : Στιλπνές τομές δοκιμίων.



Εικόνα 12 : Μικροφωτογραφία στιλπνής τομής A1 (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 31,84% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρείται πυκνή στοίβαξη των κόκκων. Οι κυκλικές οπές είναι φυσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicol

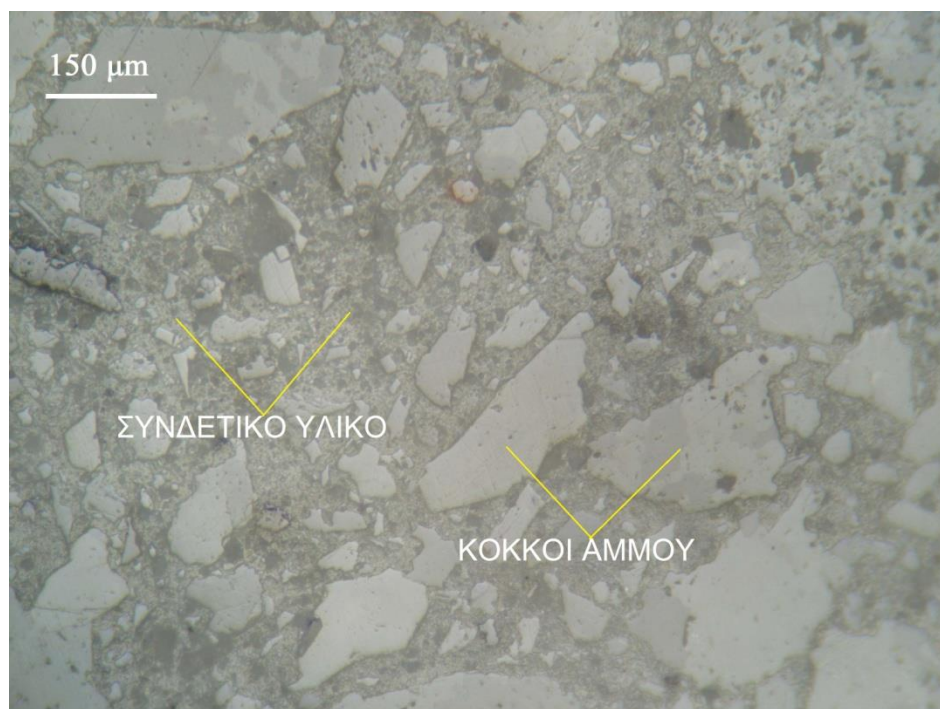


Εικόνα 13 : Μικροφωτογραφία στιλπνής τομής A1 (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 31,84% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρείται πυκνή στοίβαξη των κόκκων. Οι κυκλικές οπές είναι φυσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicol

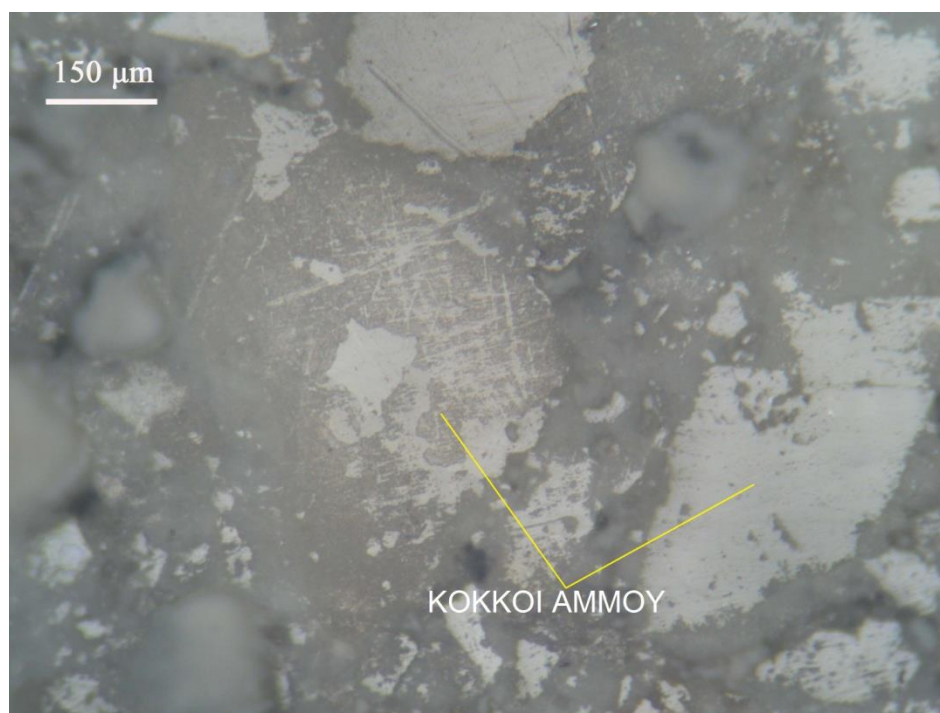


Εικόνα 14 : Μικροφωτογραφία στιλπνής τομής A3 (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 18,49% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρείται αραιή στοίβαξη των κόκκων λόγω μειωμένης παιπάλης στην ασβεστολιθική άμμο. Οι κυκλικές οπές είναι φυσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicols





Εικόνα 15 : Μικροφωτογραφία σιλιπνής τομής A3 (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 18,49% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρείται αραιή στοίβαξη των κόκκων λόγω μειωμένης παιπάλης στην ασβεστολιθική άμμο. Οι κυκλικές οπές είναι φουσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicols

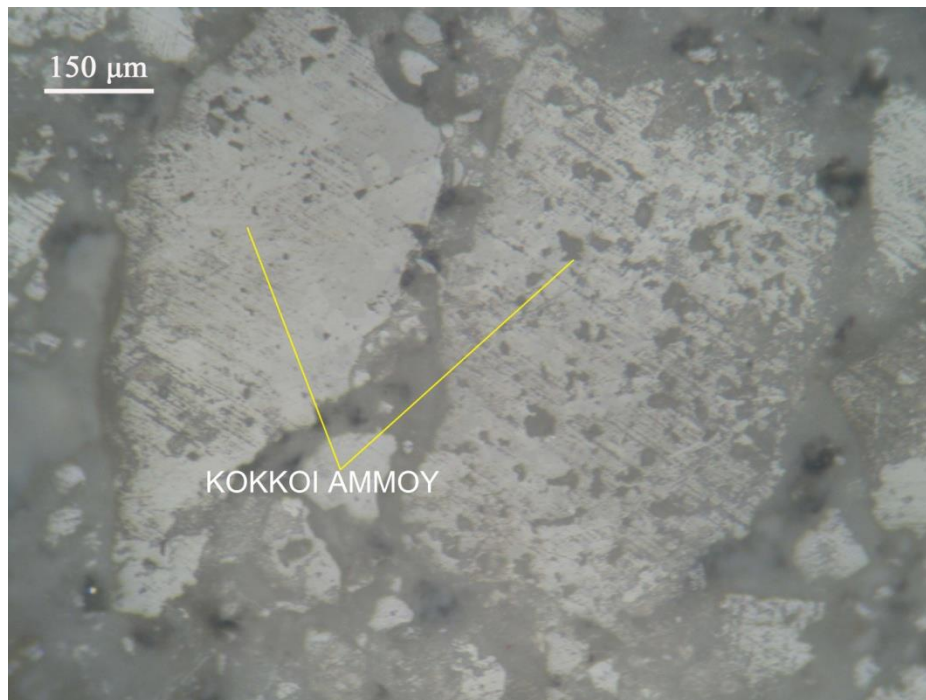


Εικόνα 16 : Μικροφωτογραφία σιλιπνής τομής (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:7 με 31,84% παιπάλη και 2% τρυγικό οξύ) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης σε

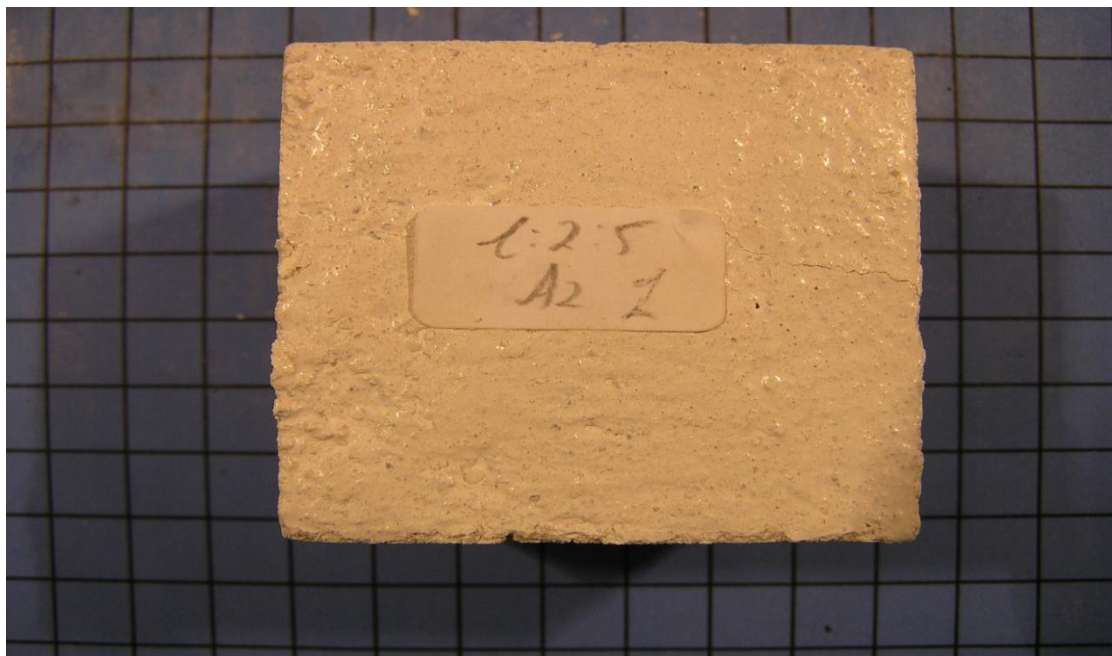
πειραματικά δοκίμια. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρούνται αλλοιωμένοι κόκκοι σε όλο το κονίαμα λόγω υψηλού ποσοστού επιβραδυντή. Οι κυκλικές οπές είναι φυσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicols



Εικόνα 17 : Μικροφωτογραφία στιλπνής τομής (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:7 με 31,84% παιπάλη και 2% τρυγικό οξύ) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης σε πειραματικά δοκίμια. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρούνται αλλοιωμένοι κόκκοι σε όλο το κονίαμα λόγω υψηλού ποσοστού επιβραδυντή. Οι κυκλικές οπές είναι φυσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicols



Εικόνα 18 : Μικροφωτογραφία στιλπνής τομής (πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:7 με 31,84% παιπάλη και 2% τρυγικό οξύ) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης σε πειραματικά δοκίμια. Οι κόκκοι της παιπάλης είναι ακανόνιστου σχήματος γωνιώδης η /και επιμήκης διεσπαρμένοι εντός του συνδετικού υλικού. Παρατηρούνται αλλοιωμένοι κόκκοι σε όλο το κονίαμα λόγω υψηλού ποσοστού επιβραδυντή. Οι κυκλικές οπές είναι φουσαλίδες εγκλωβισμένου αέρα. Ανακλώμενο φως // Nicols

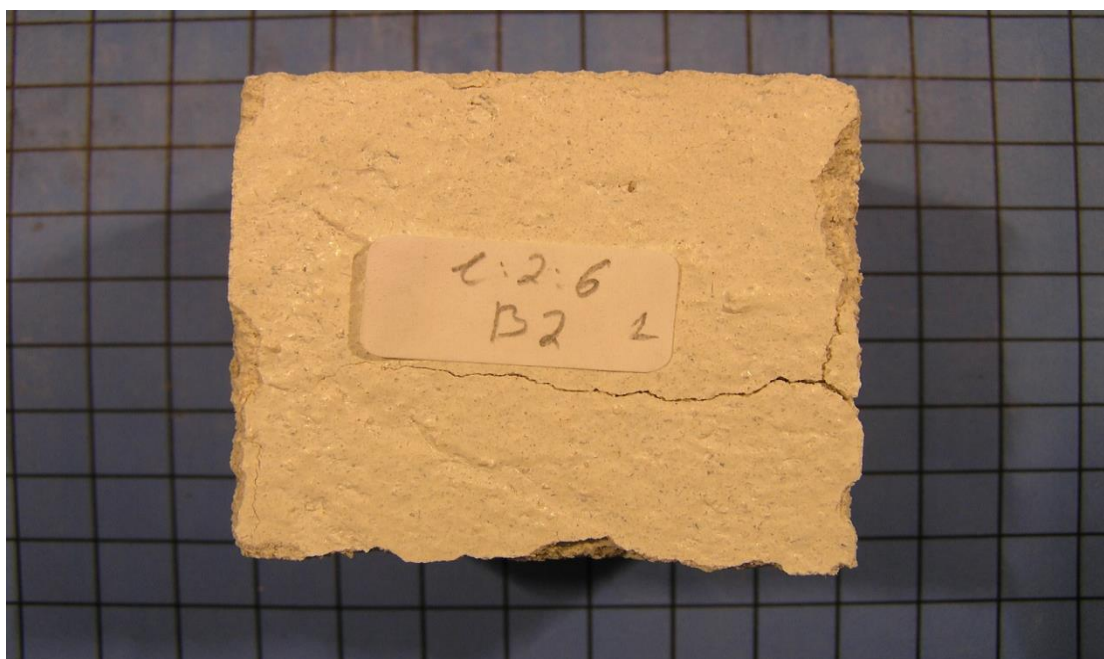


Εικόνα 19 : Μακροσκοπική φωτογραφία δοκιμίου A1( πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 31,84% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης .





Εικόνα 20 : Μακροσκοπική φωτογραφία δοκιμίου A1( πειραματικό δοκίμιο με σύνθεση 1:2:5 με 31,84% παιπάλη) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης . Φαίνονται τα κενά αέρα μέσα στο κονίαμα.



Εικόνα 21 : Μακροσκοπική φωτογραφία πειραματικού δοκιμίου B2 (πειραματικό δοκίμιο 1:2:6 με 23,19% παιπάλη και 2% τρυγικό οξύ) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Υπέστη μεγάλη αλλοίωση στη συνοχή του λόγω υψηλού ποσοστού επιβραδυντή



Εικόνα 22 : Μακροσκοπική φωτογραφία πειραματικού δοκιμίου B2 (πειραματικό δοκίμιο 1:2:6 με 23,19% παιπάλη και 2% τρυγικό οξύ) μετά από 28 ημέρες ωρίμανσης. Υπέστη μεγάλη αλλοίωση στη συνοχή του λόγω υψηλού ποσοστού επιβραδυντή. Φαίνονται τα κενά αέρα μέσα στο κονίαμα.

#### **4.1. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΤΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ**

Απ τις φωτογραφίες μικροσκοπικά παρατηρούνται ότι οι κόκκοι της παιπάλης είναι κυρίως ακανόνιστου σχήματος γωνιώδεις πρισματικοί και η μορφή τους σχετίζεται άμεσα με την κρυσταλλική δομή (ρομβοεδρική) του βασικού ορυκτολογικού της συστατικού του ασβεστίτη. Υπάρχει μικρός μόνο αριθμός στρογγυλεμένων κόκκων παιπάλης.

Παρατηρήθηκε στα δοκίμια που έχουν μεγάλο ποσοστό παιπάλης πυκνή διασπορά των διαφόρων μεγεθών των κόκκων εντός του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε (άσπρο τσιμέντο και υδράσβεστος). Εν αντιθέσει στα δοκίμια που έχει αφαιρεθεί σημαντικό ποσοστό παιπάλης παρατηρήθηκε αραιή διασπορά των διαφόρων μεγεθών κόκκων της παιπάλης.

Στα αρχικά πειραματικά δοκίμια που είχαν υψηλό ποσοστό επιβραδυντή παρατηρήθηκαν εμφανείς αλλοιώσεις μακροσκοπικά αλλά και στην μικροδομή της στιλπνής τομής.

Στις φωτογραφίες φαίνονται επίσης κενά – φυσαλίδες (μικροσκοπικά και μακροσκοπικά) σε διάφορα μεγέθη που οφείλονται κυρίως στον εγκλωβισμό αέρα του μείγματος. Η χρήση δονούμενης τράπεζας μετά τη χύτευση του μείγματος στα καλούπια μπορεί να μειώσει τον αριθμό των φυσαλίδων.

Από τις αναλύσεις XRD φαίνεται ότι το κύριο συστατικό των κονιαμάτων είναι ο ασβεστίτης ( $\text{CaCO}_3$ ) και φέρουν ίχνη από πορτλαντίτη [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] και δολομίτη [ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ] σε πολύ μικρό ποσοστό.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**

### **• ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στην συγκεκριμένη εργασία βγήκαν χρήσιμα συμπεράσματα όσο αφορά τις διαδικασίες απομάκρυνσης ασβεστολιθικής παιπάλης, την παραγωγή και τον έλεγχο των κονιαμάτων αλλά και την μικροδομή των κονιαμάτων.

Όσο αφορά το πρώτο μέρος της εργασίας έγινε διερεύνηση της δυνατότητας αφαίρεσης μεγάλου ποσοστού παιπάλης από τη λατομική άμμο, μέσω της μεταβολής των συνθηκών λειτουργίας του αεροταξινομητή που χρησιμοποιήθηκε. Αυτό έγινε με δυο τρόπους. Με λειτουργία του αεροταξινομητή εφόσον περιστρέφεται ο κλωβός και με λειτουργία του αεροταξινομητή χωρίς την κίνηση του περιστρεφόμενου κλωβού.

Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι στις υψηλές ταχύτητες περιστροφής του κλωβού, δε μειώθηκε ικανοποιητικά το ποσοστό παιπάλης του υλικού που πηγαίνει στην απορροή. Η καλύτερη κατανομή (ταξινόμηση) του υλικού έγινε κατά τη διάρκεια των δοκιμών που δε χρησιμοποιήθηκε ο κλωβός. Στο υλικό που ταξινομήθηκε στην υπερχείλιση παρατηρήθηκε ότι το μέγεθος του υλικού είναι λεπτότερο όταν ο περιστρεφόμενος δίσκος λειτουργεί από τη θέση 5 του inverter ( > 559 rpm) και πάνω. Η μεταβολή που παρατηρείται είναι μικρής τάξεως.

Κατά τη λειτουργία του αεροταξινομητή χωρίς την περιστροφή του κλωβού παρατηρήθηκε ότι αφαιρείται ικανοποιητική ποσότητα παιπάλης από το υλικό, όταν αυτό διέλθει περισσότερες από μια φορές του αεροταξινομητή με πολλαπλά περάσματα. Αυτό φαίνεται και από τα διαγράμματα της κατανομής για κάθε ξεχωριστό πέρασμα αλλά και από τα διαγράμματα για κάθε πέρασμα σαν ποσοστό του αρχικού υλικού. Συμπερασματικά όσες περισσότερες φορές διέλθει το υλικό από τον αεροταξινομητή τόσο μειώνεται κατά πολύ μεγάλο ποσοστό, το ποσοστό παιπάλης του υλικού που πηγαίνει στην απορροή. Το μέγεθος του υλικού που ταξινομείται στην υπερχείλιση, στα πολλαπλά περάσματα δε συντελείται καμία αξιόλογη μεταβολή.

Στο δεύτερο μέρος έγιναν δοκιμές σε κονιάματα με συγκεκριμένο ποσοστό τσιμέντου, υδράσβεστου, λατομικής άμμου και πρόσθετων (επιβραδυντή) έτσι ώστε να ερευνηθεί το κατά πόσο η αφαίρεση της παιπάλης από την λατομική άμμο επιδρά

στην αντοχή των κονιαμάτων. Παρατηρήθηκε ότι όσο αφαιρείται παιπάλη δημιουργείται αύξηση των αντοχών των συνθέσεων όμως η αφαίρεση πολύ μεγάλου ποσοστού παιπάλης δεν αυξάνει σημαντικά τις αντοχές των κονιαμάτων. Οι μετρήσεις των πυκνοτήτων των κονιαμάτων καταδεικνύουν ότι αυξάνεται η πυκνότητα όταν αφαιρείται ποσοστό παιπάλης από την άμμο αλλά η πολύ μεγάλη αφαίρεση ποσοστού παιπάλης δεν αυξάνει σημαντικά τις μετρήσεις των πυκνοτήτων. Επίσης οι μετρήσεις της υδατοαπορρόφησης των κονιαμάτων έδειξαν ότι μειώνεται το ποσοστό υδατοαπορρόφησης όσο αφαιρείται παιπάλη από την άμμο όμως η πολύ μεγάλη αφαίρεση ποσοστού παιπάλης δεν μειώνει σημαντικά τις μετρήσεις υδατοαπορρόφησης. Όσο αφορά το νωπό κονίαμα και την εργασιμότητα του υλικού στο κονίαμα που έχει αφαιρεθεί μεγάλο ποσοστό παιπάλης από τη λατομική άμμο παρατηρείται ότι το υλικό δεν έχει την κατάλληλη εργασιμότητα, είναι <άγριο> ούτως ώστε να μην μπορεί να το δουλέψει με ευκολία ο εκάστοτε τεχνικός που ασχολείται με την κατασκευή επιχρισμάτων. Θα μπορούσε όμως να χρησιμοποιηθεί σαν επίχρισμα δεύτερης στρώσεως και όχι τελικής στρώσεως.

Επίσης έγιναν δοκιμές σε κονιάματα κρατώντας σταθερή την αναλογία τσιμέντου υδρασβέστου και μεταβάλλοντας τα μέρη όγκου της άμμου. Παρατηρήθηκε είναι ότι όσο πιο πολλά μέρη όγκου άμμου συμμετέχουν στο μείγμα τόσο λιγότερη συνολική αντοχή έχει το σκληρυμένο κονίαμα. Οι μετρήσεις των πυκνοτήτων καταδεικνύουν ότι όσο πιο πολλά μέρη όγκου άμμου συμμετέχουν στο μείγμα μειώνεται και η πυκνότητα των κονιαμάτων. Οι μετρήσεις της υδατοαπορρόφησης έδειξαν ότι υπάρχει αύξηση των ποσοστών της όταν στο μείγμα συμμετέχουν πολλά μέρη όγκου άμμου. Όσο αφορά το νωπό κονίαμα και την εργασιμότητα του υλικού στο κονίαμα που φάνηκε ότι είχε καλή εργασιμότητα και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν επίχρισμα τελικής στρώσεως μόνο αν στο μείγμα εισαχτεί κατάλληλο προσθετό (υπερρευστοποιητής) για αύξηση αντοχών και μείωση υδατοπερατότητας.

Στο τρίτο μέρος κατασκευάστηκαν στιλπνές τομές των κονιαμάτων έτσι ώστε να εξεταστεί η μικροδομή τους. Παρατηρήθηκε στα δοκίμια που έχουν μεγάλο ποσοστό παιπάλης πυκνή διασπορά των διαφόρων μεγεθών των κόκκων εντός του συνδετικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε (άσπρο τσιμέντο και υδράσβεστος). Εν αντιθέσει στα δοκίμια που έχει αφαιρεθεί σημαντικό ποσοστό παιπάλης παρατηρήθηκε αραιή διασπορά των διαφόρων μεγεθών κόκκων της παιπάλης.

Συμπερασματικά στα κονιάματα που αφαιρέθηκε ένα μέρος της αρχικής παιπάλης από τη λατομική άμμο διαπιστώθηκε ότι έχουν υψηλές αντοχές (μετά από 7 και 28

ημέρες ωρίμανσης), υψηλή πυκνότητα, μειωμένη υδατοπερατότητα και καλή συνοχή στη μικροδομή τους. Όμως τα κονιάματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε λατομική άμμο και έχει αφαιρεθεί πολύ μεγάλο ποσοστό παιπάλης (πάνω από 10 ποσοστιαίες μονάδες σε λατομική άμμο -1mm) διαπιστώθηκε να μην έχουν πολύ υψηλές αντοχές, να έχουν σχετικά καλή πυκνότητα, μέτρια υδατοαπορρόφηση και κακή συνοχή στη μικροδομή τους.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στα πειραματικά δοκίμια που έγιναν για να τυποποιηθεί η διαδικασία ανάμιξης των κονιαμάτων παρατηρήθηκε ότι αυξάνοντας το ποσοστό του επιβραδυντή στα μέγιστα όρια που θέτει ο κανονισμός (2%) δημιουργούνται μεγάλες αλλοιώσεις στο κονίαμα, δεν πηζουν στον προβλεπόμενο χρόνο και παρατηρείται σημαντική μείωση στις αντοχές του υλικού. Επίσης στα δοκίμια που είχαν υψηλό ποσοστό επιβραδυντή παρατηρήθηκαν εμφανείς αλλοιώσεις μακροσκοπικά στη δομή του αλλά και στη μικροδομή της στιλπνής τομής.

## • ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Όσο αφορά την ταξινόμηση της λατομικής άμμου, το μηχάνημα αεροταξινομητή που υπάρχει στο εργαστήριο εμπλουτισμού της σχολής μηχανικών ορυκτών πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης δεν μπορεί να αφαιρέσει μεγάλο ποσοστό παιπάλης από τη λατομική άμμο. Μελλοντικά για να επιτευχτεί αφαίρεση μεγαλύτερου ποσοστού παιπάλης που οδηγείται στην απορροή δύναται να τροποποιηθεί το συγκεκριμένο μηχάνημα του αεροταξινομητή αλλάζοντας τον ανεμιστήρα με έναν άλλο μεγαλύτερης ισχύος, έτσι ώστε στην υπερχείλιση το ποσοστό των λεπτομερών τεμαχιδίων να είναι μεγαλύτερο.

Επίσης προκειμένου να γίνει μια πλήρης διερεύνηση των δοκιμίων που παρασκευάστηκαν, θα πρέπει να εξεταστούν και άλλες ιδιότητες τους όπως το ποσοστό του εγκλωβισμένου περιεχομένου αέρα, η ανθεκτικότητα στο χρόνο και η συμπεριφορά σε περιβάλλον υψηλής ή χαμηλής θερμοκρασίας.

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρόέκυψε από την εργασία είναι ότι πρέπει να γίνει επανέλεγχος του κανονισμού τεχνολογίας κονιαμάτων ειδικά σε ότι έχει να κάνει με θέματα πρόσθετων και ειδικότερα με το θέμα του επιβραδυντή. Συμφώνα με τις

μετρήσεις που έγιναν σε πειραματικά δοκίμια εκτιμάται ότι πρέπει να ελεγχθεί το ποσοστό εισαγωγής επιβραδυντή κατόγκου τσιμέντου που είναι τώρα στο 2%. Εκτιμάται ότι θα είναι κάτω ή στα όρια του 1,5%.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. European Committee for Standardization, (2000) **EN 998-2, Specification for mortar for masonry, Part 1 Rendering/plastering** pp 1-20
2. Τσίμας Σ. (2001) **Δομικά υλικά (Τσιμέντο - Ασβέστης - Σκυρόδεμα - Κονιάματα)**, ΕΜΠ.σελ 1-56
3. Boynton,R.S.,**Chemistry and Technology of Lime and Limestone**, Interscience, New York, (1966), p.396.
4. Hedin, R., **Plasticity of lime mortars**. N.L.A., Washington D.C., Annual opperating meeting, (1962) p.3
5. R. Wendehorst. **Δομικά Υλικά**, Εκδόσεις Μ.Γκιούρδας, Αθήνα (1981), σ. 720
6. ΕΛΟΤ EN 998.01: (2003) **Προδιαγραφή κονιαμάτων τοιχοποιίας- Μέρος 1: Εξωτερικά και εσωτερικά επιχρίσματα** σελ 1-21
7. ΕΛΟΤ EN 998.02: (2003) **Προδιαγραφή κονιαμάτων τοιχοποιίας- Μέρος 2: Κονίαμα τοιχοποιίας** σελ 1-25
- 8 . Hedin, R., (1962) **Plasticity of lime mortars**. N.L.A., Washington D.C., Annual opperating meeting, pg.3
9. Walker, D.D., (1990) **Hydrated lime, an irreplaceable mortar plasticizer** Proc. of 7th International Lime Congress. Rome.
10. Mehlmann, M., Oppermann, B., (1988) **The role of masonry mortar and rendering mortar in modern masonry construction**, Proc of 8th International Brick/block Conference, Dublin, Vol.1.
11. Τσίμας Σ., Αποστολίδου Α., (1984) **Μελέτη της ασβέστου που προορίζεται για δομικές χρήσεις**, ΤΕΕ, Αθήνα 1984. Σελ 56
12. Πατσαβούδης Δ. (1989) **Τεχνολογία δομικών υλικών**, ΟΕΔΒ, Αθήνα σελ 1-55

13. Φραγκίσκου Αντ. , Κατράκη Σταυρ. (1979) **Εισαγωγή εις τον Εμπλουτισμό των Μεταλλευμάτων και Βιομηχανικών Ορυκτών** , Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος Β΄ Έκδοση σελ 161-171
14. Hitzrot, H.W.and G.M.Meisel (1985) **Mechanical Classifiers. In SME Mineral Processing Handbook.** Edited by N.L. Weiss. New York : AIME pp 67-92
15. Kelly , E.G., and D.J. Spottiswood.(1982) **Introduction to Mineral Processing.** New York : John Wiley & Sons pp 1-21
16. Mullar A.L. and N.A Jull (1982) **The Selection of Cyclone Classifiers, Pumps and Pump Boxes for Grinding Circuits. In Mineral Processing Plant Design.** Edited by A.L.Mular and R.B.Bhappu. New York : AIME pp 1-5
17. Pryor E.J.(1965) **Mineral Processing.** New York : Elsevier pp 1-74
18. Βατάλης Αργ.(2004) **Χημική Τεχνολογία** Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη σελ 5-20
19. Maurice c. ,Fuerstenau and Kenneth N.Han (2003) **Principles of mineral processing** ,Published by the Society for Mining,Metallurgy,and exploration,inc pp 67-69 , 71 -78
20. Σταμπολιάδης Ηλ. (2004) **Σημειώσεις του μαθήματος μηχανικής τεμαχιδίων** , Σχολη Μηχανικών Ορυκτών Πόρων , Πολυτεχνείο Κρήτης σελ 61-82
21. Fitch B.,and E.J.Roberts.(1985) **Classification Theory.in SME Mineral processing Handbook.**Edited by N.L.Weiss.New York : AIME pp 1-9
22. Hill,R.B. (1982) **Selection and Sizing of Gravity Classifiers.In Design and Installation of Comminution Circuits.** Edited by N.L. Weiss.New York : AIME pp 1-4
23. Λεγάκης Αντ. (1995) **Δομικά Υλικά Τόμος Πρώτος.** Ίδρυμα Ευγενίδου.σελ 24.
24. Αγιουτάντης Ζαχ. (2002) **Στοιχεία Γεωμηχανικής : Μηχανική Πετρωμάτων** , Εκδόσεις Ιων.σελ 99-105
25. ASTM C 1437 – 01 (2002) **Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar** pp 1-2

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗΣ (OVERFLOW) ΠΡΩΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ

Προσδιορίστηκε το μέγεθος της παιπάλης που πήγε στην υπερχείλιση του αεροταξινομητή με την βοήθεια κοκκομετρικής ανάλυσης laser (Laser Particle Size Analysis).

Οι κοκκομετρίες φαίνονται στο πινάκα Π1 :

Πίνακας Π1: Κοκκομετρίες υπερχείλισης για διαφορές στροφές του κλωβού.

Αθρ.Διερχόμενο %			
*SIZES* μm	θεση inverter 0	θεση inverter 2.5	θεση inverter 5
878.67	100.00	100.00	100.00
-754.23	100.00	100.00	100.00
-647.41	100.00	100.00	100.00
-555.71	100.00	100.00	100.00
477.01	100.00	100.00	100.00
-409.45	100.00	100.00	100.00
-351.46	100.00	100.00	100.00
-301.68	100.00	100.00	100.00
258.95	100.00	100.00	99.95
-222.28	100.00	100.00	99.86
-190.80	99.90	99.99	99.73
-163.77	99.58	99.79	99.58
140.58	99.04	99.41	99.41
-120.67	98.29	98.85	99.16
-103.58	97.18	97.96	98.76
-88.91	95.57	96.57	98.11
76.32	93.36	94.54	97.08
-65.51	90.52	91.82	95.63
-56.23	87.14	88.43	93.73
-48.27	83.34	84.54	91.44
41.43	79.31	80.33	88.84
-35.56	75.21	76.02	86.07
-30.53	71.18	71.77	83.22
-26.20	67.33	67.73	80.38
22.49	63.66	63.91	77.61
-19.31	60.17	60.30	74.92
-16.57	56.87	56.91	72.29
-14.22	53.72	53.72	69.64

12.21	50.72	50.69	66.93
-10.48	47.83	47.81	64.15
-9.00	45.05	45.04	61.27
-7.72	42.36	42.37	58.29
6.63	39.77	39.81	55.23
-5.69	37.31	37.37	52.14
-4.88	35.00	35.07	49.08
-4.19	32.86	32.94	46.13
3.60	30.90	30.98	43.34
-3.09	29.11	29.19	40.72
-2.65	27.43	27.50	38.22
-2.28	25.81	25.87	35.78
1.95	24.19	24.26	33.36
-1.68	22.57	22.64	30.94
-1.44	20.92	21.01	28.51
-1.24	19.28	19.40	26.14
1.06	17.70	17.86	23.90
-0.91	16.18	16.38	21.77
-0.78	14.71	14.95	19.76
-0.67	13.29	13.57	17.82
0.58	11.84	12.15	15.85
-0.49	10.32	10.63	13.76
-0.42	8.75	9.05	11.60
-0.36	7.14	7.40	9.37
0.31	5.50	5.72	7.10
-0.27	3.95	4.12	4.97
-0.23	2.65	2.77	3.22
-0.20	1.68	1.75	1.96
0.17	1.00	1.05	1.12
-0.15	0.57	0.60	0.60
-0.13	0.31	0.32	0.31
-0.11	0.16	0.17	0.15
0.09	0.08	0.08	0.07
-0.08	0.03	0.04	0.03
-0.07	0.01	0.01	0.01
-0.06	0.00	0.00	0.00

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΥΠΕΡΧΕΙΛΗΣΗΣ (OVERFLOW) ΠΡΩΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ

Προσδιορίστηκε το μέγεθος της παιπάλης που πήγε στην υπερχείλιση με την βοήθεια κοκκομετρικής ανάλυσης laser (Laser Particle Size Analysis). Οι κοκκομετρίες φαίνονται στον πίνακα Π2 :



Πίνακας Π2 : Ποσοστά αθροιστικών διερχόμενων στην υπερχείλιση

Αθρ.Διερχόμενο %							
	Αρχικό δείγμα	1 πέρασμα	2 περάσματα		3 περάσματα		
*SIZES* μm	< 75 μm	O/F 1	O/F 1/2	O/F 2/2	O/F 1/3	O/F 2/3	O/F 3/3
878.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-754.23	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-647.41	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-555.71	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
477.01	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-409.45	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-351.46	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-301.68	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
258.95	99.97	100.00	100.00	99.90	99.87	99.91	100.00
-222.28	99.85	100.00	100.00	99.73	99.65	99.76	100.00
-190.80	99.71	100.00	100.00	99.46	99.34	99.53	100.00
-163.77	99.54	100.00	100.00	99.14	98.96	99.25	99.97
140.58	99.26	100.00	99.89	98.72	98.48	98.87	99.45
-120.67	98.65	100.00	99.18	98.12	97.77	98.30	98.46
-103.58	97.47	100.00	97.88	97.19	96.69	97.37	96.98
-88.91	95.43	100.00	95.99	95.78	95.06	95.94	94.90
76.32	92.38	98.28	93.50	93.75	92.74	93.88	92.13
-65.51	88.26	95.20	90.42	91.03	89.71	91.16	88.68
-56.23	83.23	90.75	86.75	87.63	86.01	87.80	84.65
-48.27	77.56	84.93	82.63	83.67	81.82	83.91	80.19
41.43	71.59	78.26	78.27	79.31	77.31	79.63	75.48
-35.56	65.65	71.35	73.83	74.74	72.70	75.12	70.68
-30.53	60.09	64.72	69.54	70.12	68.23	70.50	66.00
-26.20	54.93	58.82	65.43	65.65	63.95	65.96	61.46
22.49	50.19	53.67	61.52	61.33	59.87	61.51	57.09
-19.31	45.88	49.21	57.83	57.20	56.04	57.21	52.92
-16.57	41.97	45.38	54.36	53.27	52.45	53.08	48.97
-14.22	38.44	42.05	51.09	49.54	49.10	49.14	45.26
12.21	35.21	39.10	47.98	46.01	45.94	45.42	41.76
-10.48	32.24	36.41	45.01	42.65	42.93	41.89	38.47
-9.00	29.49	33.87	42.11	39.44	40.04	38.56	35.37
-7.72	26.92	31.43	39.28	36.36	37.24	35.40	32.44
6.63	24.52	29.06	36.50	33.43	34.53	32.42	29.68
-5.69	22.30	26.77	33.78	30.65	31.90	29.64	27.11
-4.88	20.26	24.58	31.16	28.04	29.39	27.05	24.72
-4.19	18.42	22.55	28.68	25.64	27.02	24.69	22.56
3.60	16.78	20.69	26.37	23.47	24.84	22.58	20.62
-3.09	15.32	19.01	24.23	21.51	22.82	20.68	18.90
-2.65	14.01	17.45	22.21	19.71	20.93	18.95	17.32
-2.28	12.79	15.97	20.27	17.99	19.12	17.31	15.84
1.95	11.62	14.50	18.34	16.31	17.31	15.71	14.40
-1.68	10.47	13.01	16.39	14.63	15.50	14.11	12.95

-1.44	9.33	11.51	14.43	12.94	13.67	12.49	11.50
-1.24	8.19	10.00	12.48	11.26	11.85	10.88	10.04
1.06	7.09	8.54	10.60	9.63	10.09	9.32	8.63
-0.91	6.06	7.18	8.87	8.12	8.47	7.87	7.31
-0.78	5.13	5.95	7.31	6.76	7.01	6.55	6.11
-0.67	4.30	4.87	5.96	5.56	5.73	5.38	5.05
0.58	3.60	3.95	4.83	4.55	4.67	4.41	4.15
-0.49	3.02	3.20	3.93	3.74	3.81	3.61	3.42
-0.42	2.54	2.56	3.19	3.05	3.10	2.94	2.80
-0.36	2.12	2.04	2.59	2.49	2.52	2.39	2.28
0.31	1.76	1.60	2.08	2.01	2.04	1.93	1.84
-0.27	1.42	1.19	1.62	1.56	1.59	1.49	1.43
-0.23	1.10	0.81	1.19	1.15	1.17	1.10	1.06
-0.20	0.82	0.51	0.83	0.80	0.82	0.76	0.73
0.17	0.59	0.30	0.55	0.53	0.54	0.50	0.49
-0.15	0.40	0.16	0.34	0.33	0.34	0.31	0.30
-0.13	0.25	0.08	0.20	0.19	0.20	0.18	0.17
-0.11	0.15	0.04	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09
0.09	0.08	0.01	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04
-0.08	0.03	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
-0.07	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
-0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

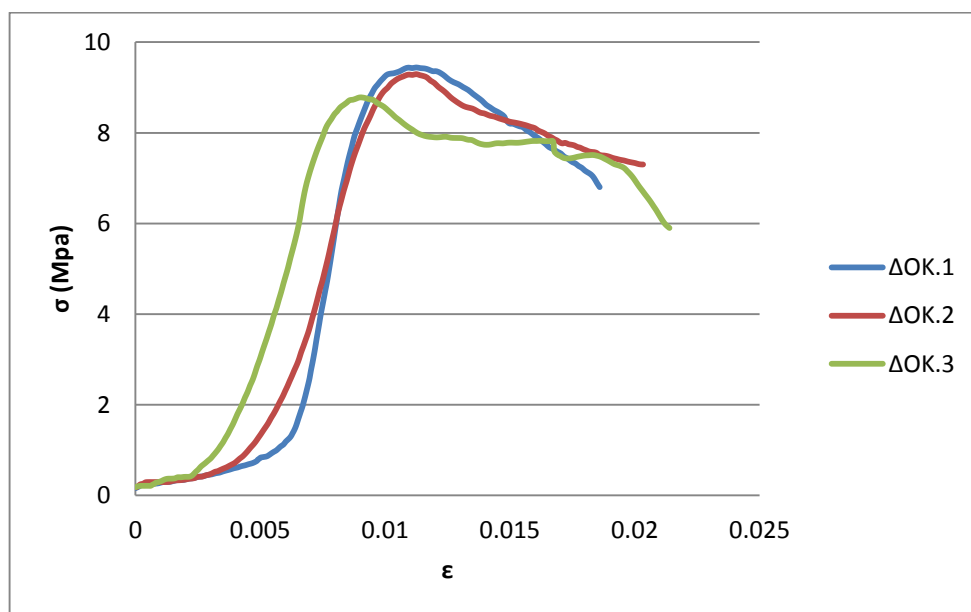
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ - ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα τάσης παραμόρφωσης μετά από την παρασκευή και ωρίμανση των δοκιμών μετά από 7 ημέρες :

Πίνακας Π3 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α1.

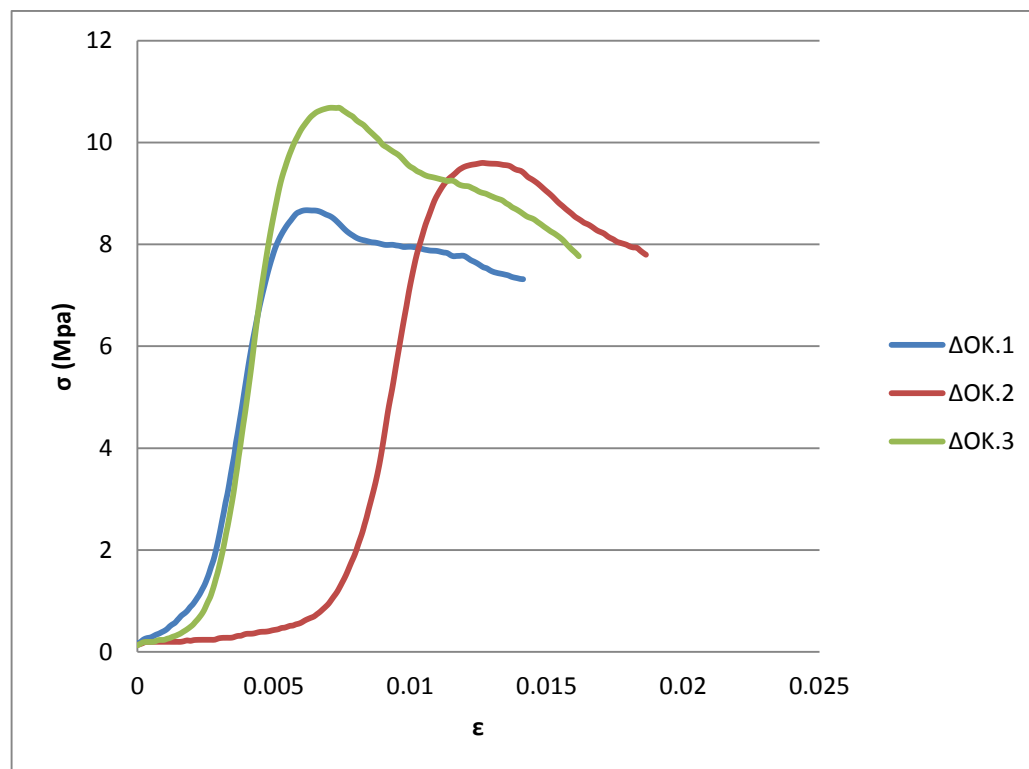
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
1: 2 :5 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ	9.44	9.30	8.78	9.17	0.3478	3.79



Διάγραμμα Δ1 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π4 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α2

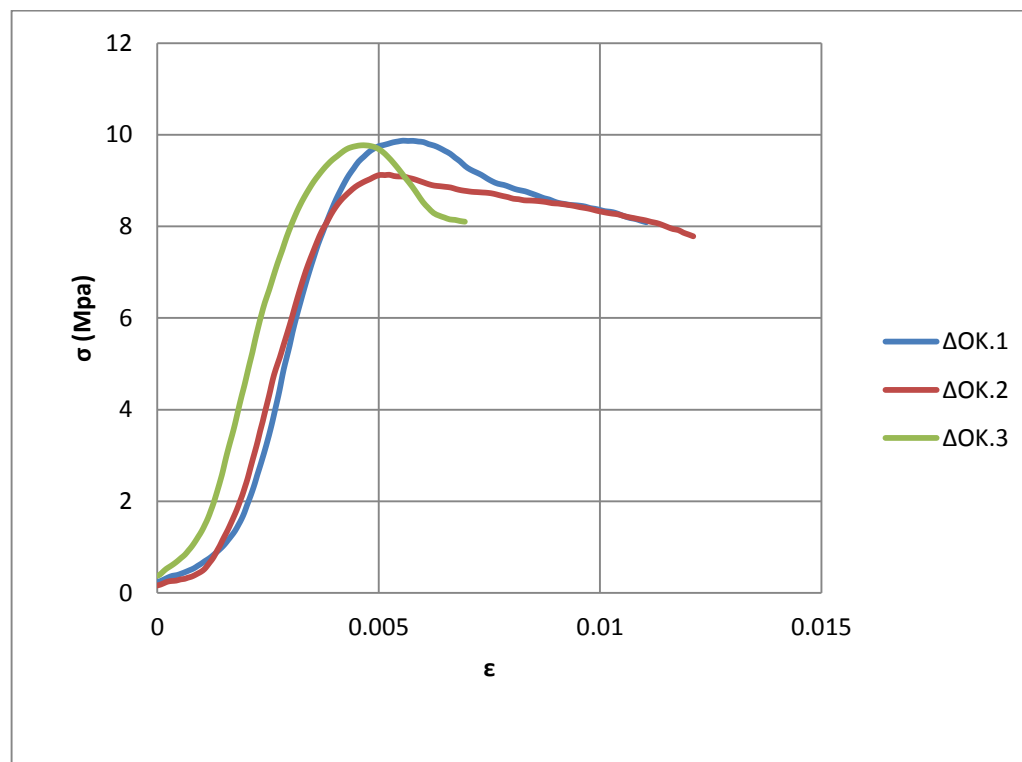
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 23.19% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	8.67	9.60	10.68	9.65	1.0072	10.44



Διάγραμμα Δ2 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π5 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α3

	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 18.49% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	9.87	9.12	9.77	9.59	0.4056	4.23

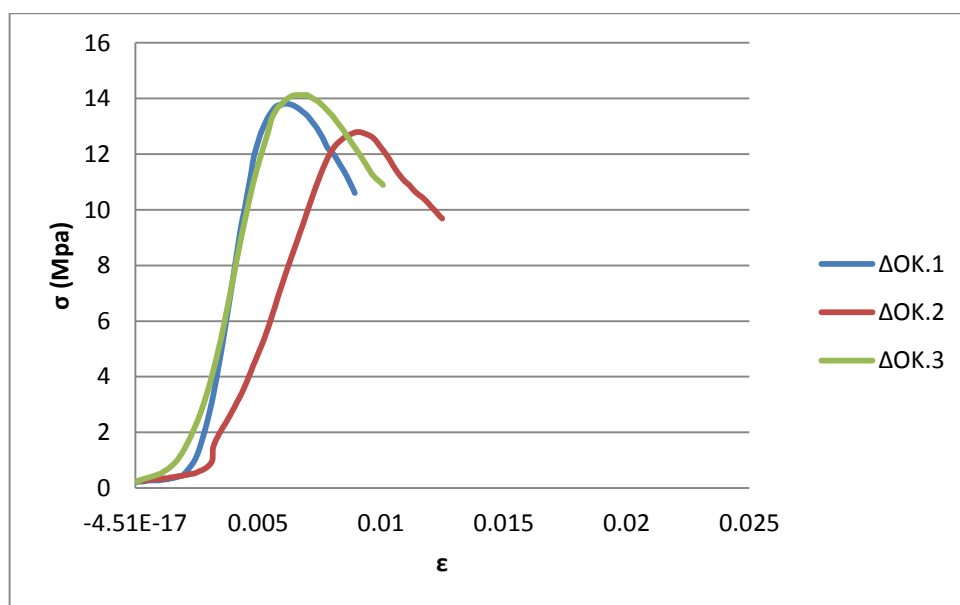


## ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΕΙΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ - ΠΡΩΤΗ ΦΑΣΗ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πίνακες και τα διαγράμματα αντοχών μετά από την παρασκευή και ωρίμανση των δοκιμίων μετά από 28 ημέρες.

Πίνακας Π6 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμίων σύνθεσης Α1

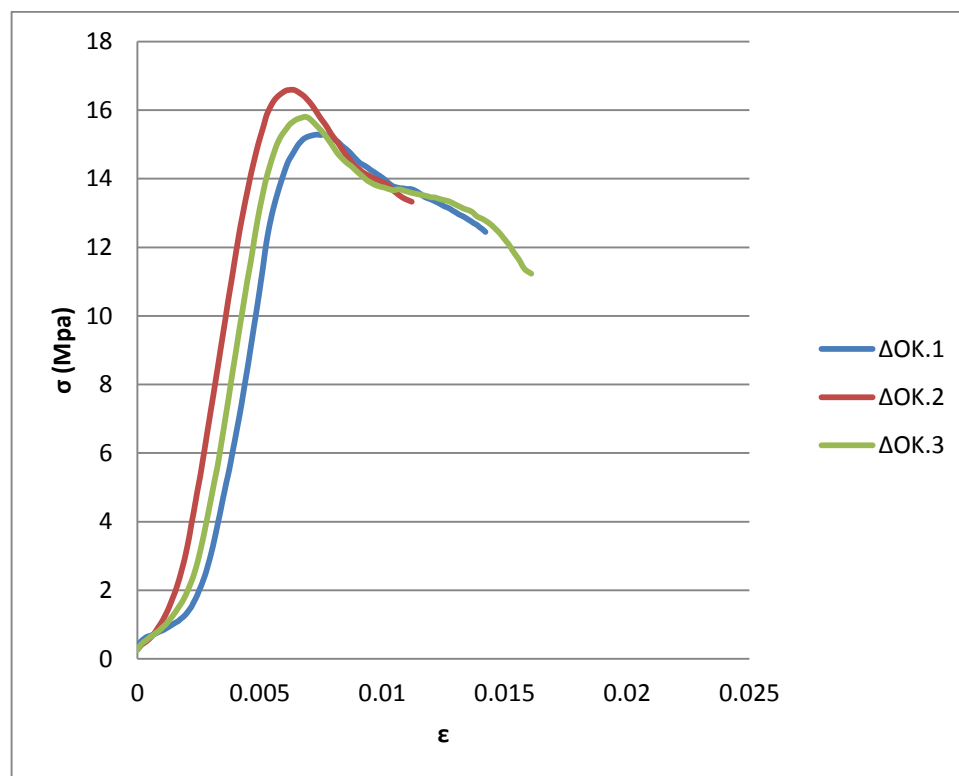
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛ Η ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	13.81	12.80	14.13	13.58	0.6957	5.12



Διάγραμμα Δ4 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π7 : 3 Μετρήσεις Αντοχών δοκιμών σύνθεσης Α2

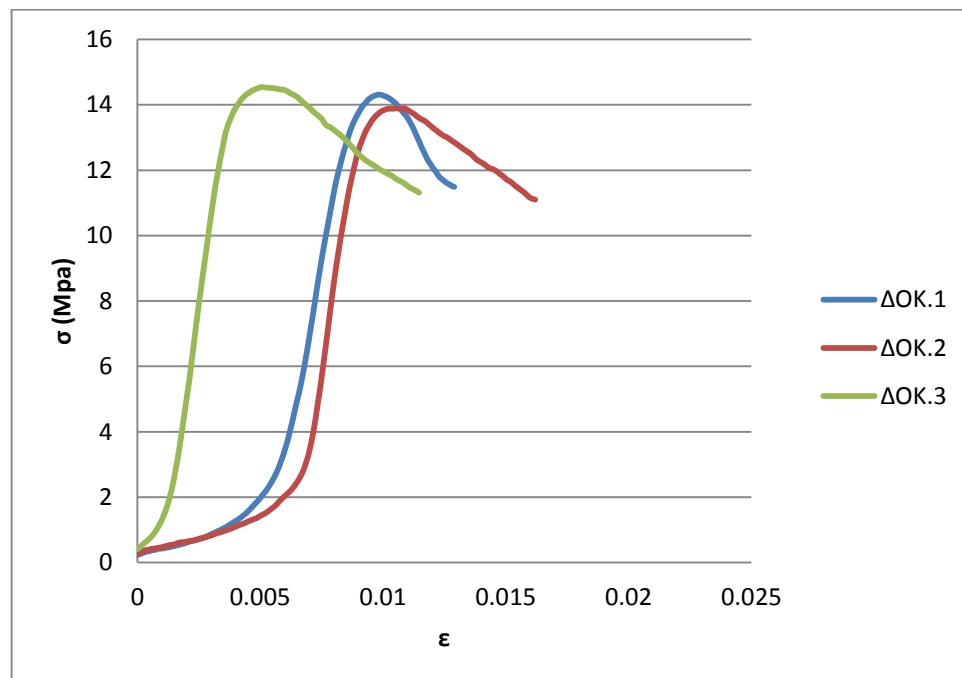
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 23.19% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	15.29	16.60	15.81	15.90	0.6566	4.13



Διάγραμμα Δ5 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π8 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α3

	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 18.49% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	14.31	13.90	14.54	14.25	0.3246	2.28



Διάγραμμα Δ6 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

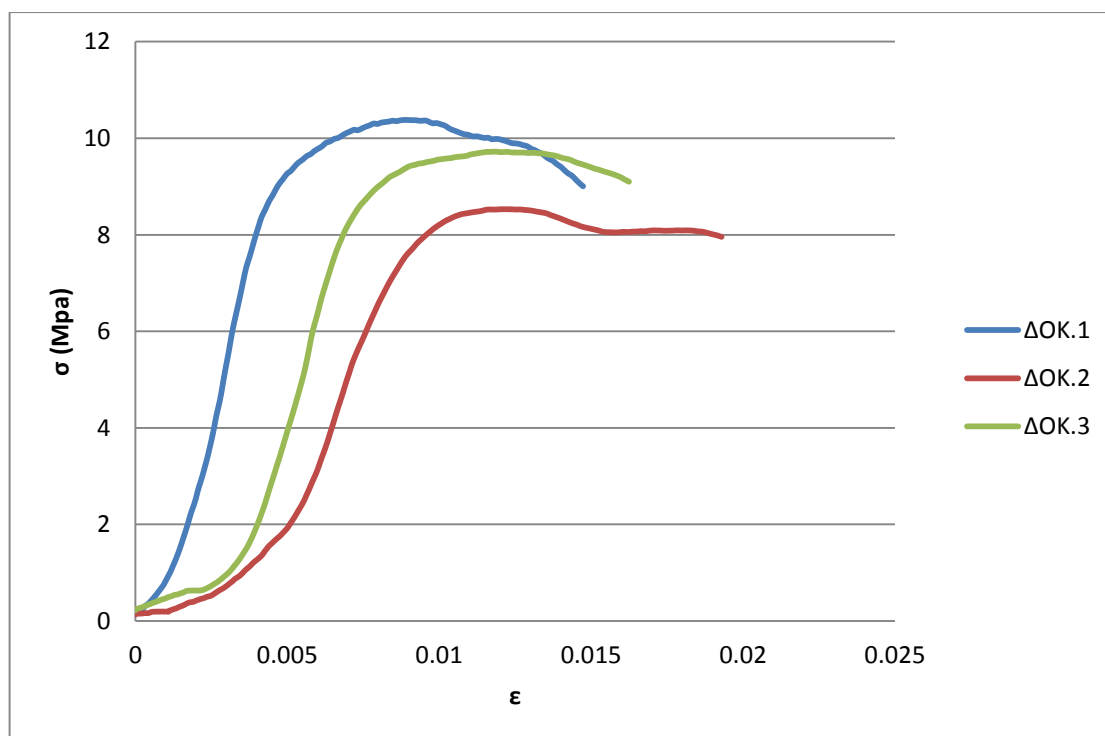


## ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ - ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πινάκες και τα διαγράμματα αντοχών μετά από την παρασκευή και ωρίμανση των δοκιμών μετά από 7 ημέρες.

Πίνακας Π9 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α

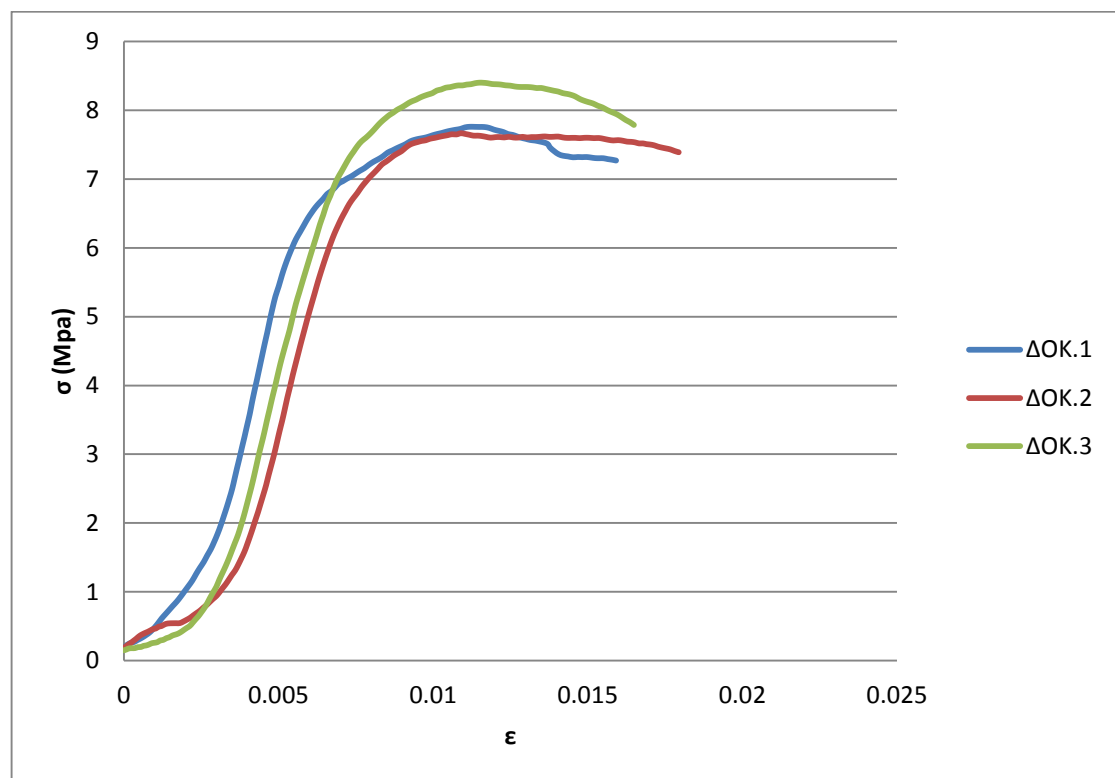
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	10.38	8.53	9.72	9.54	0.9372	9.82



Διάγραμμα Δ7 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

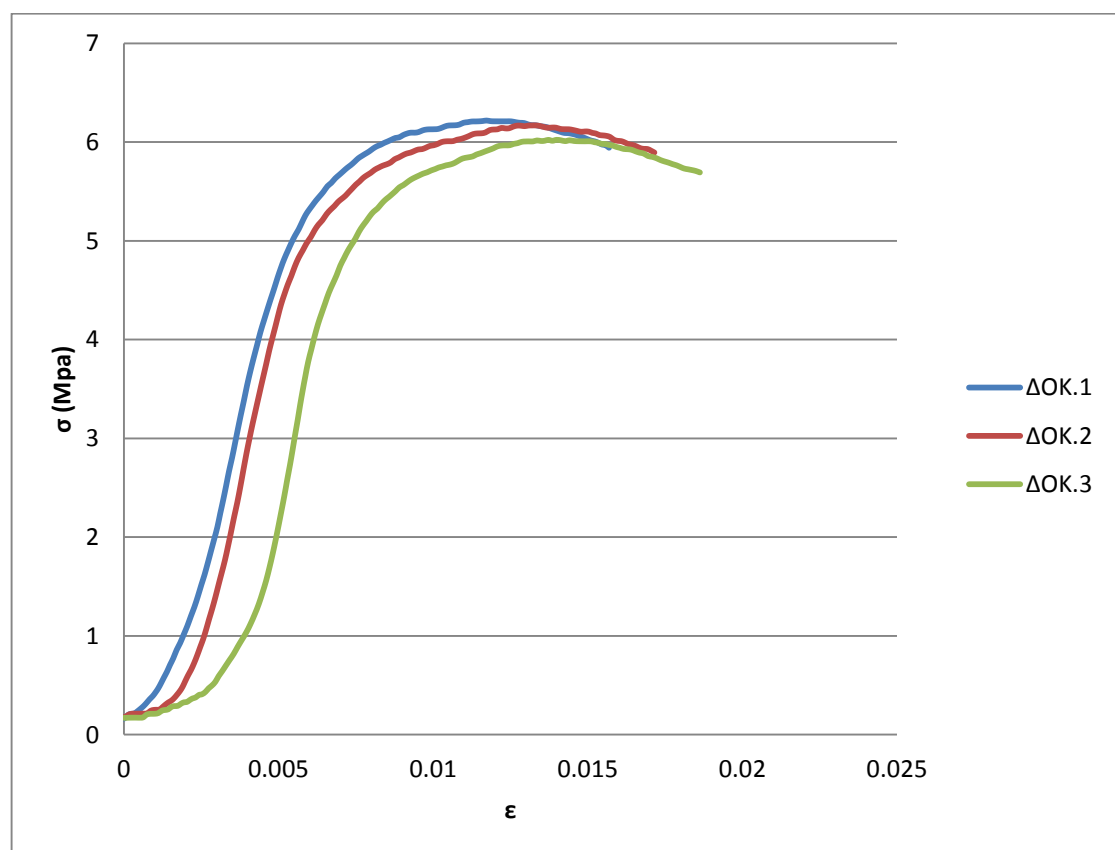
Πίνακας Π10 : 3 Μετρήσεις Αντοχών δοκιμών σύνθεσης Β

	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :6 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	7.76	7.67	8.40	7.9	0.3999	5.04



Πίνακας Π11 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Γ

	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :7 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	6.22	6.17	6.02	6.1	0.1016	1.66



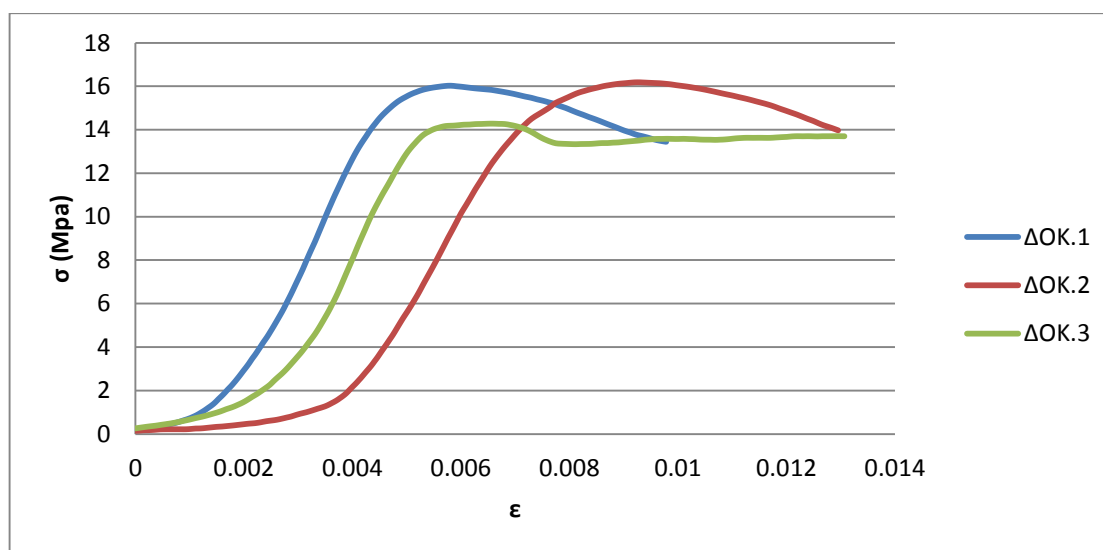
Διάγραμμα Δ9 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωση

## ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΕΙΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ - ΔΕΥΤΕΡΗ ΦΑΣΗ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πινάκες και τα διαγράμματα αντοχών μετά από την παρασκευή και ωρίμανση των δοκιμών μετά από 28 ημέρες.

Πίνακας Π12 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Α

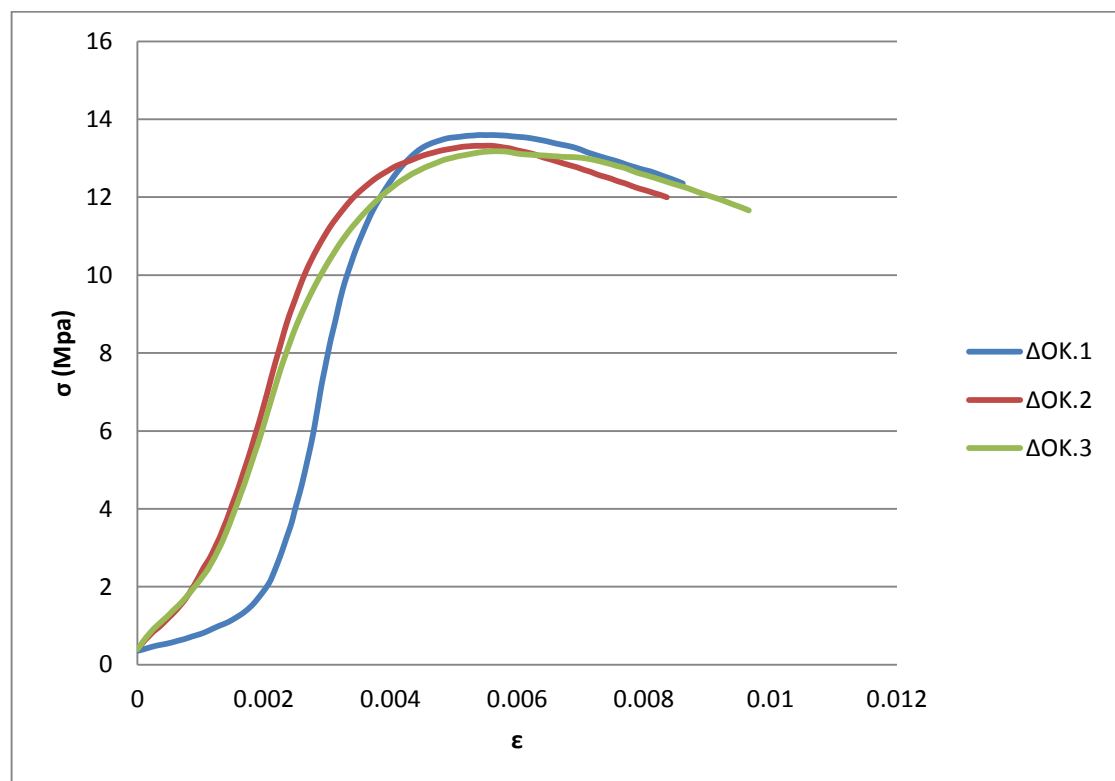
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :5 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛ Η ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	16.03	16.18	14.28	15.50	1.0562	6.82



Διάγραμμα Δ10 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π13 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Β

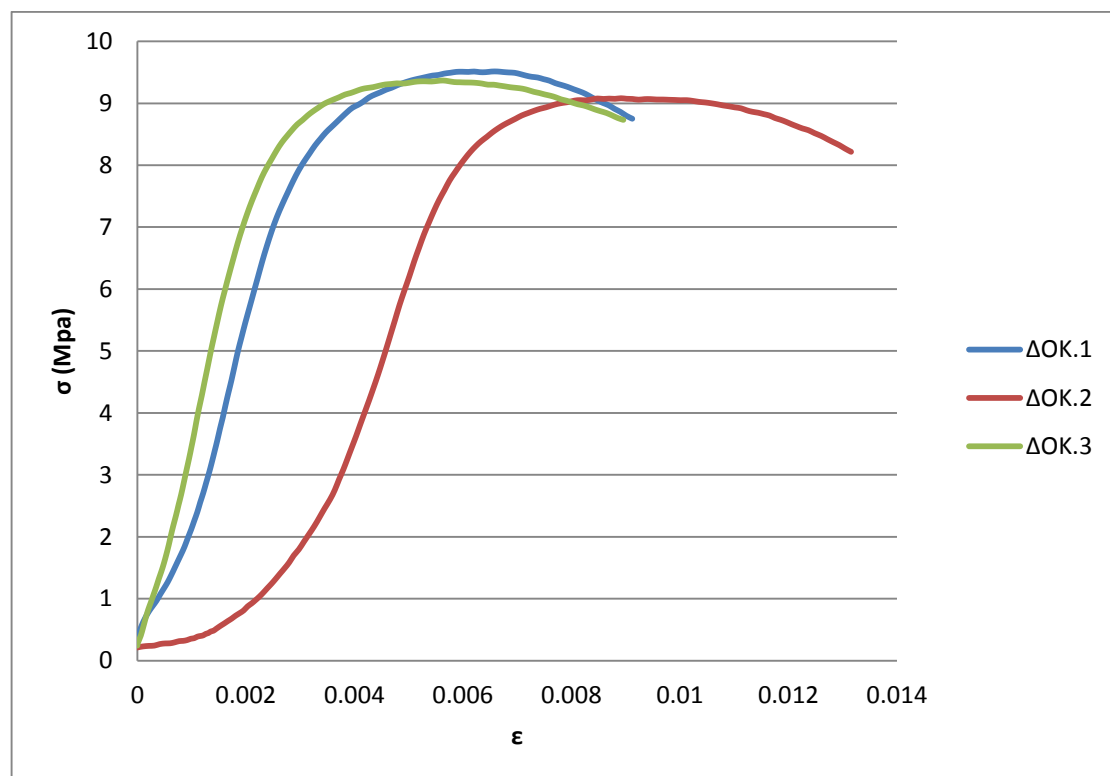
	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
1: 2 :6 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛΗ ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ	13.60	13.32	13.18	13.4	0.2121	1.59



Διάγραμμα Δ11 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

Πίνακας Π14 : Μετρήσεις Αντοχών 3 δοκιμών σύνθεσης Γ

	ΔΟΚ.1 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.2 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	ΔΟΚ.3 ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΝΤΟΧΗ(Mpa)	Μ.Ο.	ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΣΦΑΛΜΑ %
<b>1: 2 :7 ΜΕ 31.84% ΠΑΙΠΑΛ Η ΚΑΙ 0.5% ΤΡΥΓΙΚΟ Ο Ξ Υ</b>	9.51	9.08	9.37	9.3	0.2198	2.36

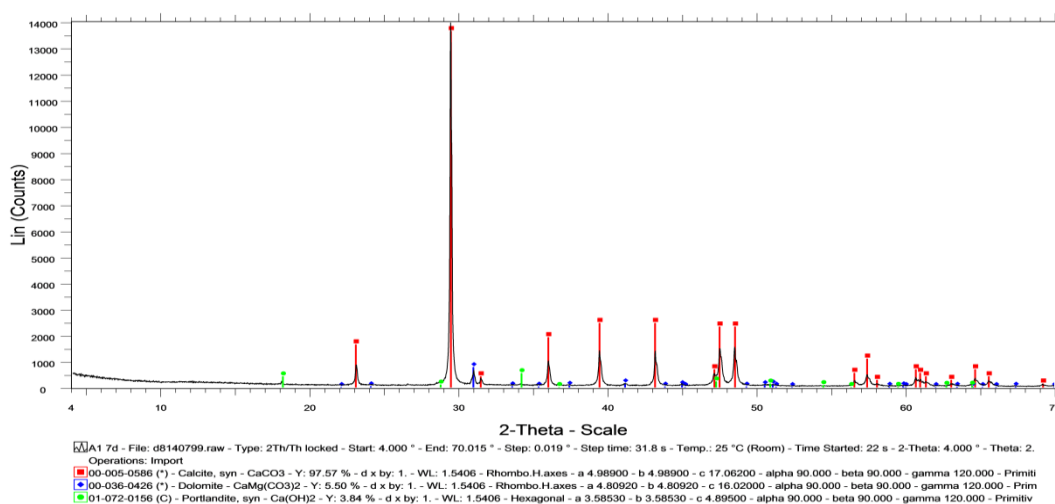


Διάγραμμα Δ12 : Διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης

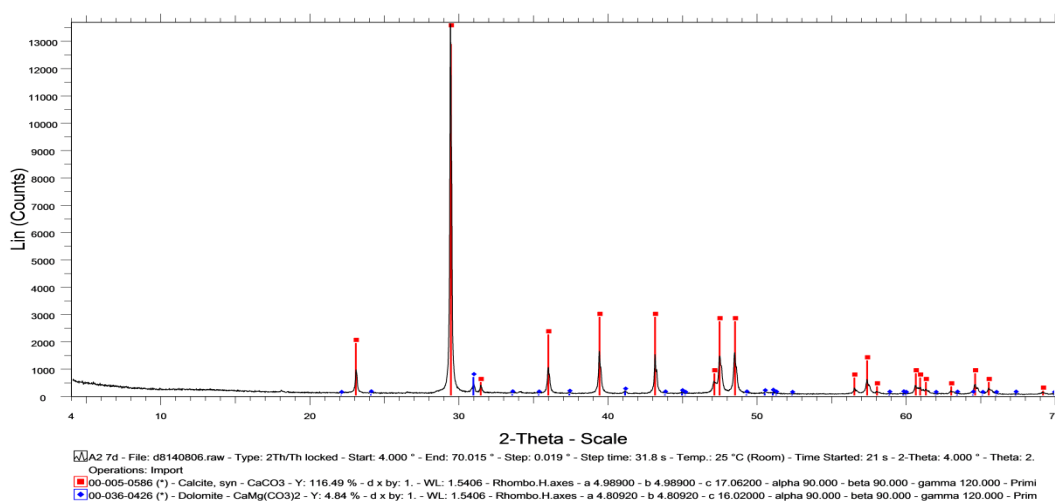
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ XRD ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΡΙΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

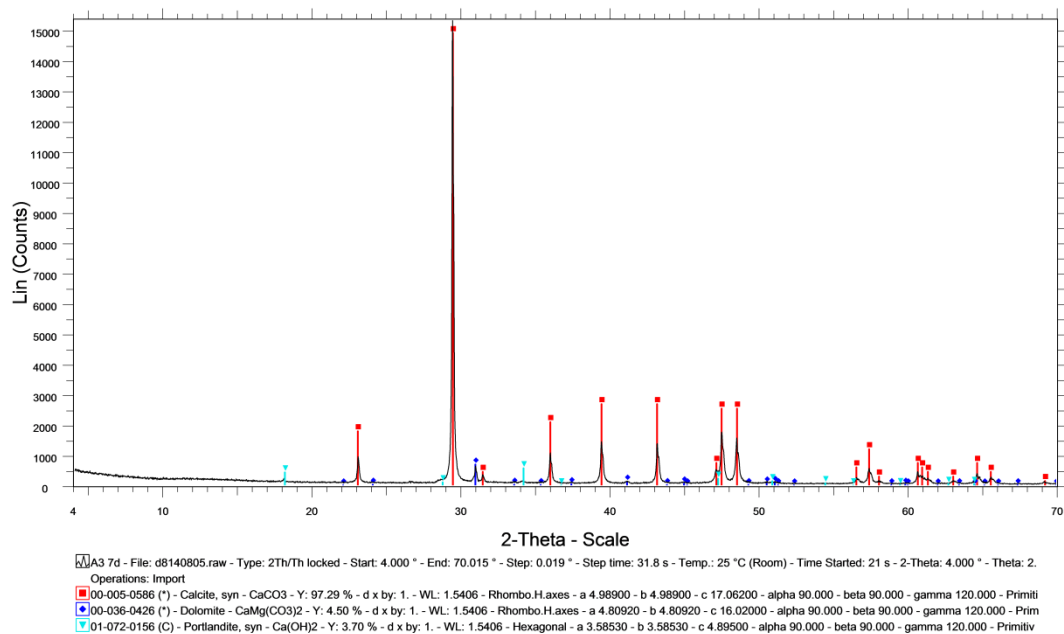
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι αναλύσεις των δοκιμίων με ακτίνες Χ (αναλύσεις XRD) που έγιναν για την καλύτερη κατανόηση των συστατικών που περιέχουν τα πειραματικά κονιάματα.



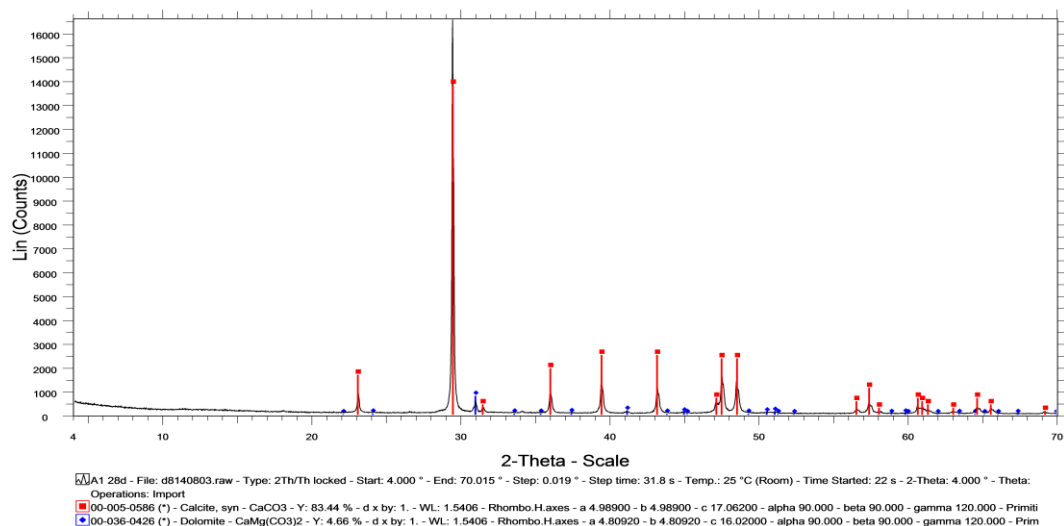
Εικόνα Ε1 : Ανάλυση κονιάματος Α1 μετά από ωρίμανση 7 ημερών



Εικόνα Ε2 : Ανάλυση κονιάματος Α2 μετά από ωρίμανση 7 ημερών

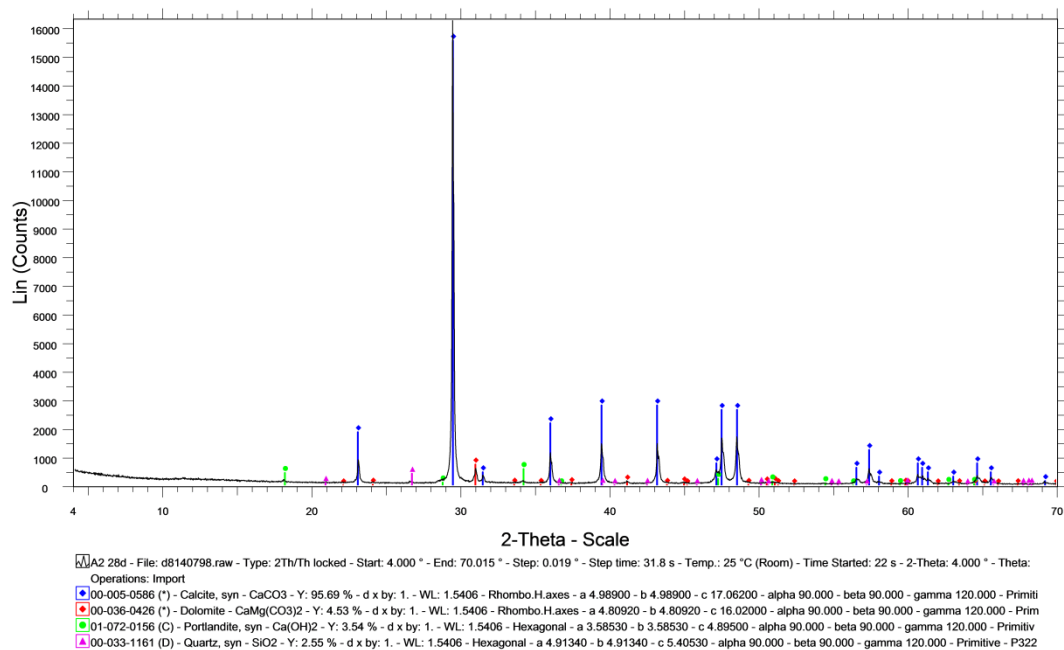


Εικόνα Ε3 : Ανάλυση κονιάματος Α3 μετά από ωρίμανση 7 ημερών

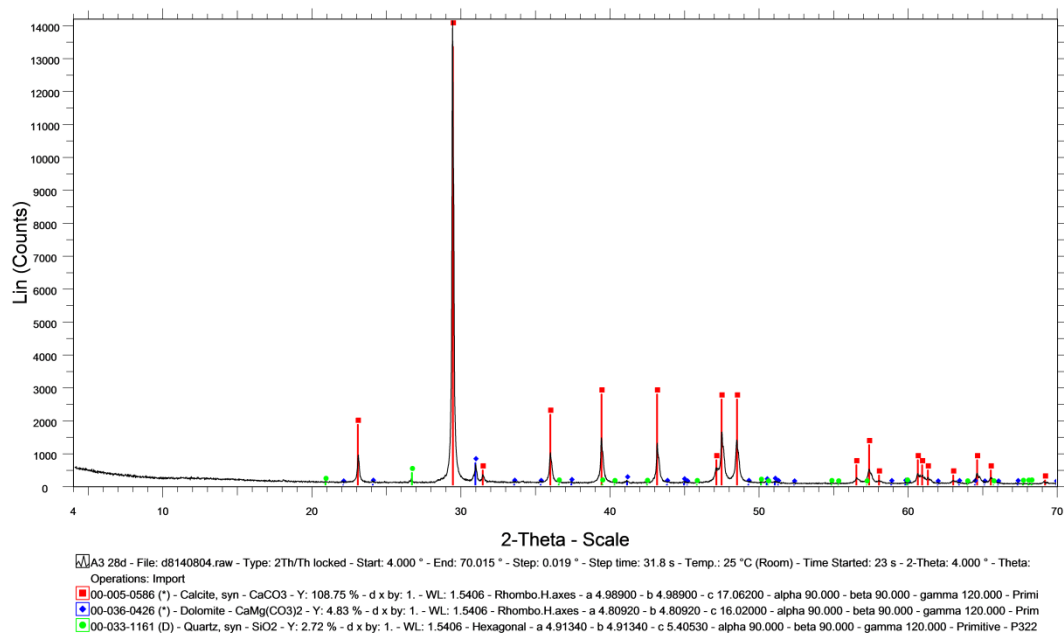


Εικόνα Ε4 : Ανάλυση κονιάματος Α1 μετά από ωρίμανση 28 ημερών





Εικόνα Ε5 : Ανάλυση κονιάματος Α2 μετά από ωρίμανση 28 ημερών



Εικόνα Ε6 : Ανάλυση κονιάματος Α3 μετά από ωρίμανση 28 ημερών

