

Θέμα __: ''«Ανακύκλωση επιστροφών και υπολειμμάτων νωπού σκυροδέματος».(Μελέτη, σχεδιασμός και έλεγχος εργαστηριακός και εργοστασιακός).''

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή εργαστηριακών συνθέσεων σκυροδέματος ένα τέταρτο ''αδρανές'' υλικό επιπλέον των τριών κανονικών κλασμάτων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή δηλαδή χαλικιού, γαρμπιλιού και άμμου και προέρχονται όλα από το ίδιο λατομείο. Αυτό το υλικό προήλθε από ανακύκλωση επιστροφών και υπολειμμάτων ετοιμού εργοστασιακού νωπού σκυροδέματος της ίδιας μονάδας παραγωγής. Οι επιστροφές υπόκεινται σε πρόχειρο πλύσιμο, θραύση σε μικρό σπαστήρα μετά την συγκέντρωση μιας εβδομάδας και πρόχειρη ομοιογενοποίηση με φορτωτή. Το υλικό αυτό ''αδρανές επιστρεφόμενων'', αντικατέστησε σε διάφορα ποσοστά το χαλίκι σε μια καθορισμένη ίδια εργαστηριακή σύνθεση σκυροδέματος της παραγωγής και πραγματοποιήθηκαν οι αντίστοιχες εργαστηριακές συνθέσεις και οι αντίστοιχες εργαστηριακές δοκιμές νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος για τον έλεγχο των συνθέσεων αυτών. Στις εργαστηριακές συνθέσεις με αδρανές επιστρεφόμενων με αντικατάσταση του χαλικιού σε ποσοστό του μέχρι και 10%, οι ιδιότητες του νωπού και του σκληρυμένου σκυροδέματος παρουσίασαν μικρές διαφορές από τις αντίστοιχες της κανονικής σύνθεσης(μείωση συμβατικής θλιπτικής αντοχής $2,50\text{MPa} \approx 7,2\%$) που μπορούν να αντισταθμιστούν με μείωση του λόγου νερού/τσιμέντου. Η εργασία συνεχίζεται ήδη μετά την πτυχιακή στο ίδιο εργοστάσιο με αντικατάσταση μέρους του όλου κανονικού μίγματος αδρανών της σύνθεσης σε ποσοστά της 10 έως 20% με αδρανές επιστρεφόμενων που αναμένεται να έχει μικρότερες επιπτώσεις στις ιδιότητες αυτές.

Στους γονείς μου

Νικολέτα και Κωνσταντίνο Κανταρέλη

“ Προτιμώ να ανακαλύπτω αλήθειες που υπήρχαν ανέκαθεν, αλλά που κανείς δεν γνώριζε πριν από εμένα.”

ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ

“ΠΡΟΛΟΓΟΣ”

Η ανάθεση και εκπόνηση πτυχιακής εργασίας καθώς και η επιτυχία στην εξέταση της αποτελεί μαζί με την επιτυχή εξαμηνιαία πρακτική άσκηση στο επάγγελμα προϋπόθεση για την έκδοση και απονομή του πτυχίου του τμήματος “Πολιτικών Δομικών Έργων” του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ σύμφωνα το άρθρο 16 του “Κανονισμού Σπουδών των Τ.Ε.Ι.”(Φ.Ε.Κ. 861/Α/21-5-99). Για την τεκμηρίωση και την παρουσίαση εφαρμόστηκε η σχετική μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί για την συγγραφή των πτυχιακών εργασιών του Εργαστηρίου “Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών” (ΠΕΤΥΛ) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ και καταβλήθηκε προσπάθεια να ακολουθηθούν οι κανόνες του διεθνούς οργανισμού τυποποίησης [ISO 7144 – 1986 (E) Documentation Presentation of theses and similar Documents].

Το θέμα της πτυχιακής εργασίας , επιλέχθηκε μετά από προσυμφωνία εργασίας του εργαστηρίου Π.Ε.Τ.ΥΛ. του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ και της εταιρείας Παραγωγής Έτοιμου Εργοστασιακού Σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. και υποβλήθηκε από τον Φ.Α.Φωτόπουλο στα τμήματα “Πολιτικών Δομικών Έργων” και “Φυσικής Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών” της Σ.Τ.Ε.Φ. του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ, από τα οποία και εγκρίθηκε.

Η εργασία αυτή αποτελείται συνολικά από 119 σελίδες όπου συμπεριλαμβάνονται και 55 σελίδες των παραρτημάτων της. Φάκελος με πρωτογενή στοιχεία μετρήσεων πειραμάτων, σχεδιασμών και επανασχεδιασμών είναι κατατεθειμένα στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ και φυλάσσεται για δύο σπουδαστικά εξάμηνα στην διάθεση σπουδαστών που πραγματοποιούν σε αυτό πτυχιακές εργασίες και πρακτική άσκηση στο επάγγελμα στο εργαστήριο αυτό και στα συνεργαζόμενα με αυτό εργαστήρια εργοστασίων παραγωγής Δομικών Υλικών.

Σκοπός της εργασίας είναι η εκτίμηση της δυνατότητας ανάπτυξης τεχνολογίας σε εργοστάσιο ετοιμού εργοστασιακού σκυροδέματος για την ανακύκλωση των επιστρεφόμενων και υπολειμμάτων νωπού σκυροδέματος με πρόχειρη έκπλυση

πριν τη σκλήρυνση τους και με θραύση των συσσωμάτων μετά από αυτήν για την διευκόλυνση της καλής ομογενοποίησης που ακολουθεί.

Ο στόχος περιορίζεται σε μια μόνο συνήθη κανονική εργαστηριακή σύνθεση με αντικατάσταση μόνο ενός μικρού ποσοστού ενός αδρανούς, του χαλκικού, με επιστρεφόμενο αδρανές ώστε να μην είναι σημαντική η δυσμενής μεταβολή των ιδιοτήτων της αρχικής σύνθεσης και μάλιστα όταν το προϊόν δεν χρησιμοποιείται σε δομικά στοιχεία, αλλά σε δευτερεύουσες σκυροδετήσεις χωρίς απαιτήσεις αντοχών.

Η εργασία οδηγεί σε προτάσεις για σχεδιασμό επόμενων εργαστηριακών συνθέσεων και πιλοτικών εφαρμογών με τον ίδιο στόχο.

Το πειραματικό μέρος της πτυχιακής αυτής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας και Τεχνολογίας Υλικών (ΠΕΤΥΛ), του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (αίθ. Β216) και στο αντίστοιχο εργαστήριο του εργοστασίου ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.

Η εκπόνηση του κυρίου εργαστηριακού μέρους της πτυχιακής εργασίας είχε διάρκεια 6 μηνών και απαιτήσε πλήρη απασχόληση του σπουδαστή, αφού προηγουμένως ο σπουδαστής εκπαιδεύτηκε και απασχολήθηκε και στο αντικείμενο αυτό σαν εργαστηριακός βοηθός του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ τους 12 προηγούμενους μήνες.

Όλες οι εργαστηριακές συνθέσεις, οι εργαστηριακές δειγματοληψίες και εργαστηριακές δοκιμές τόσο των πρώτων υλών όσο και του σκυροδέματος πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών στις οποίες παραπέμπει ο νέος Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος (Φ.Ε.Κ. 315/17-4-1997).

Οφείλονται ευχαριστίες στους ακόλουθους καθηγητές και συναδέλφους χωρίς την βοήθεια των οποίων θα ήταν αδύνατη η πραγματοποίηση, ολοκλήρωση και η όποια επιτυχία της εργασίας αυτής.

- Στον δάσκαλο μου κ.Φ.Φωτόπουλο , Καθηγητή και Υπεύθυνο του Εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

για την εκπαίδευση, εμπιστοσύνη και την ευκαιρία που μου έδωσε, καθώς και για την πιεστικότητα του και για τον χρόνο που μου διέθεσε.

- Στον κ.Ν.Νικολάου Χημικό Μηχανικό, Διευθυντή Παραγωγής και Ελέγχου Ποιότητας των Εταιριών Παραγωγής Έτοιμου Σκυροδέματος “Εργάνη ΑΕ” και “Ελληνικό Σκυρόδεμα ΑΕ” , εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ καθώς και συνεισηγητή και επιβλέποντα της πτυχιακής εργασίας αυτής, για την εκπαίδευση μου σε θέματα ελέγχου ποιότητας αδρανών υλικών και σκυροδέματος στα εργοστάσια αυτά ετοιμού σκυροδέματος.
- Στον κ.Α.Φωτόπουλο Χημικό Μηχανικό, Υπεύθυνο Παραγωγής και Ελέγχου ποιότητας της εταιρείας παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος “Αργυρίου ΕΠΕ”, εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, καθώς και συνεισηγητή και επιβλέποντα της πτυχιακής εργασίας αυτής, για την εκπαίδευση σε θέματα εργοστασιακού στατιστικού ελέγχου ποιότητας.
- Στον κ.Χ.Χατζηγιάννη Τεχνολόγο Πολιτικό Μηχανικό, Υπεύθυνο Διαχείρισης Ποιότητας και Υπεύθυνο Εργαστηρίου Ελέγχου Ποιότητας των Εταιριών Παραγωγής Έτοιμου Σκυροδέματος “Εργάνη ΑΕ” και “Ελληνικό Σκυρόδεμα ΑΕ”, εργαστηριακό συνεργάτη του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ για την ουσιαστική συμβολή του στην εργαστηριακή προεκπαιδυσή μου σε εργαστηριακές δοκιμές ελέγχου ποιότητας αδρανών υλικών και σκυροδέματος και στην επίτευξη της προαπαιτούμενης επαναληψιμότητας στις δοκιμές μου αυτές και στην άτυπη πιστοποίηση της ικανότητας αυτής.
- Στον κ.Β.Αγγελακόπουλο Γενικό Διευθυντή και Διευθύνοντα Σύμβουλο των Εταιρειών Παραγωγής Ετοιμού Σκυροδέματος “ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.” και “Ελληνικό Σκυρόδεμα ΑΕ” αντίστοιχα, για την δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω αυτήν την εργασία εξασφαλίζοντας την ακόλουθη έγκριση της εταιρείας “ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.”

Ευχαριστίες τέλος οφείλονται και :

- Στην **ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.** , εταιρεία παραγωγής σκυροδέματος για την πολύτιμη άδεια της για την εκπόνηση του μεγαλύτερου μέρους της εργασίας αυτής στις εγκαταστάσεις της, για την συνεισφορά της, υλική και οικονομική, τόσο στην εκπόνηση της εργασίας αυτής όσο και για την συνεργασία της για την προεκπαίδευση στις εγκαταστάσεις της των σπουδαστών και εργαστηριακών βοηθών του Εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. Τίτλος	
II. Περίληψη.....σελ.	1
III.Αφιέρωση.....σελ.	2
IV.Πρόλογος.....σελ.	3
V.Περιεχόμενα.....σελ.	7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Στόχοι της πτυχιακής εργασίας.....σελ.	13
1.2 Πλαίσια σχεδιασμού και πραγματοποίησης.....σελ.	14
1.3 Υλικοτεχνική Υποδομή και μέσα(επιλογή, ρυθμίσεις, βαθμονομήσεις και διακριβώσεις οργάνων).....σελ.	14
1.4 Εργαστηριακή εκπαίδευση και πιστοποίηση ικανότητας προσωπικού.σελ.	15
1.5 Επιλογή και Καθορισμός λεπτομερειών στις προδιαγραφές διαδικασιών και διεργασιών(προετοιμασία και παραγωγή αναμίγματος, δειγματοληψία και δοκιμών.....σελ.	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ “ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ”

(Λεπτομερειακός καθορισμός πρώτων υλών, εξοπλισμού και προδιαγραφών διεργασιών – διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν)

2.1 Βασική σύνθεση εργαστηριακών αναμιγμάτων.....σελ.	19
2.2 Πρώτες ύλες	σελ. 20
2.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός.....σελ.	20
2.3.1 Σπαστήρας.....σελ.	20
2.3.2 Αδρανή υλικά.....σελ.	20
2.3.3 Ανακυκλούμενο υλικό (R.C.).....σελ.	20
2.3.4 Τσιμέντα.....σελ.	21
2.3.5 Πρόσθετο Σκυροδέματος.....σελ.	21
2.3.6 Ξηραντήρας Υλικών.....σελ.	21
2.3.7 Κόσκινα.....σελ.	21
2.3.8 Εργαστηριακός αναμικτήρας.....σελ.	21
2.3.9 Μήτρες σκυροδέματος.....σελ.	22
2.3.10 Θάλαμος συντήρησης δοκιμών.....σελ.	23
2.3.11 Ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης.....σελ.	23
2.3.12 Διάφορα χρησιμοποιούμενα παρελκόμενα όργανα.....σελ.	24
2.4 Προδιαγραφές διαδικασιών και διεργασιών(παραγωγής αναμίγματος, δειγματοληψιών και δοκιμών).....σελ.	26
2.4.1 Δειγματοληψία των κανονικών αδρανών και ανακυκλούμενου αδρανούς υλικού.....σελ.	27

2.4.2 Μείωση μεγέθους δείγματος αδρανών/ανακυκλούμενου αδρανούς υλικού	σελ. 28
2.4.3 Υπολογισμός φυσικής υγρασίας και ποσοστού παιπάλης πλυσίματος των αδρανών.....	σελ. 28
2.4.4 Προσδιορισμός κοκκομετρικών διαβαθμίσεων των υλικών και του ποσοστού συνολικής παιπάλης.....	σελ. 28
2.4.5 Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος (από τον εργαστηριακό αναμικτήρα)	σελ. 29
2.4.6 Δοκιμή εργασιμότητας	σελ. 30
2.4.7 Δοκιμή φαινόμενου βάρους.....	σελ. 30
2.4.8 Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας.....	σελ. 30
2.4.9 Παρασκευή δοκιμών.....	σελ. 30
2.4.10 Ξεκαλούπωμα δοκιμών.....	σελ. 31
2.5 Συνθήκες παρασκευής και συντήρησης	σελ. 31
2.5.1 Θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος.....	σελ. 31
2.5.2 Θερμοκρασία χώρου παρασκευής δοκιμών.....	σελ. 32
2.5.3 Θερμοκρασία θαλάμου συντήρησης δοκιμών και σχετική υγρασία (καθόλη τη διάρκεια της συντηρήσής τους).....	σελ. 32
2.6 Θραύση δοκιμών.....	σελ. 32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 Ανάλυση σχεδιαστικού μέρους.....	σελ. 34
--------------------------------------	---------

3.1.1 Σχεδιασμός εργαστηριακού μέρους πτυχιακής	σελ. 34
3.1.2 Επιλογή προγράμματος δοκιμαστικών αναμιγμάτων.....	σελ. 36
3.2 Σχεδιασμός φύλλων έργου.....	σελ. 36
3.2.1 Γενικός πίνακας θερμοκρασιών.....	σελ. 37
3.2.2 Φύλλο έργου Δειγματοληψίας και Μείωσης μεγέθους δείγματος υλικών	σελ. 37
3.2.3 Φύλλο έργου κοκκομετρικών διαβαθμίσεων των υλικών.....	σελ. 38
3.2.4 Πίνακας Υπολογισμού του Συνολικού Εύρους (Μεγίστου – Ελαχίστου) Περάσματος % των δύο Συγκεντρώσεων Ανακυκλώμενου Υλικού..	σελ.39
3.2.5 Φύλλο έργου σχεδιασμού/παρασκευής εργαστηριακών αναμιγμάτων και συντήρησης/θραύσης δοκιμίων αυτού.....	σελ. 40
3.2.6 Κατάστρωση Πίνακα συγκριτικής αξιολόγησης των εργαστηριακών αναμιγμάτων και επεξηγήσεις.....	σελ. 41
3.2.7 Κατάστρωση Πίνακα Συσχέτισης Μεταβλητών και επεξηγήσεις.....	σελ. 43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

(Μετρήσεις, συγκριτικοί Πίνακες, Συσχετίσεις)

4.1 Κοκκομετρικό διάγραμμα σύγκρισης των ορίων μεταξύ 1 ^{ης} και 2 ^{ης} δειγματοληψίας RC και της Υποζώνης Fuller.....	σελ. 45
4.2 Πίνακας υπολογισμού της % Διαφοράς Περσμάτων Κοκκομέτρησης.	σελ.46

4.3 Κοκκομετρικό διάγραμμα σύγκρισης των καμπύλων μίγματος 0%RC και 20% RC με την Υποζώνη Μίγματος Αδρανών για Αντλήσιμο Σκυρόδεμα (Pumping “ξ”).....σελ.	47
4.4 Πίνακες συγκριτικής αξιολόγησης των εργαστηριακών αναμιγμάτων...σελ.	48
4.5 Πίνακας Συσχέτισης Μεταβλητών.....σελ.	49
4.6 Ευθεία Παλινδρόμησης σε ημι-λογαριθμικό χαρτί (για $A_{μον.}=2,5\%$)....σελ.	51
4.7 Ευθεία Παλινδρόμησης σε ημι-λογαριθμικό χαρτί(για $A_{μον.}=5\%$).....σελ.	52
4.8 Ευθεία Παλινδρόμησης σε μιλιμετρέ χαρτί(για $\kappa=2$, $A_{μον.}=5\%$).....σελ.	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Συμπεράσματα - Μερικά.....σελ.	54
5.1.1 Κοκκομετρικής Καμπύλης Ανακυκλώμενου Υλικού και Μίγματος Αδρανών.....σελ.	54
5.1.2 Συμβατικής Θλιπτικής Αντοχής Εργαστηριακών Αναμιγμάτων.....σελ.	55
5.2 Συμπεράσματα - Γενικά.....σελ.	56

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

ΟΡΟΙ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

6.1 Αλφαβητικός Πίνακας Ορολογίας.....σελ.	57
6.2 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Μεγεθών.....σελ.	57
6.3 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Συντμήσεων.....σελ.	58
6.4 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Λογότυπα Ακρωνύμιων.....σελ.	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

(Εγχειρίδια και Μονογραφίες)

7.1 Βιβλιογραφία (εγχειρίδια και μονογραφίες).....σελ.	60
7.2 Προδιαγραφές (πρότυπα-οδηγίες).....σελ.	60
7.3 Δημοσιεύσεις (σε επιστημονικά περιοδικά).....σελ.	63
7.4 Ανακοινώσεις (σε Συνέδρια).....σελ.	63
7.5 Πτυχιακές εργασίες.....σελ.	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8°

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Πίνακες και Διαγράμματα(παραπομπές).....σελ.	65
--	----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Πιστοποιητικά διακρίβωσης και βαθμονόμησης οργάνων (ΠΒ1-ΠΒ44).....σελ.	75
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

“ΕΙΣΑΓΩΓΗ”

1.1 Στόχοι της πτυχιακής εργασίας

Τα ποσοτικά απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος είναι κυρίως : η σκόνη και λάσπη (από παιπάλη και τσιμέντο των εκπλύσεων) , το νερό (από εκπλύσεις) και τα αδρανή (από εκπλύσεις του εργοστασιακού αναμικτήρα και των αυτοκινήτων μεταφοράς νωπού σκυροδέματος βαρελών, είτε υπολειμμάτων είτε περισσευμάτων είτε επιστρεφόμενων είτε απορριπτόμενων (π.χ. λόγω καθυστερήσεων παράδοσης/παραλαβής), δηλαδή γενικώς επιστροφών νωπού σκυροδέματος στο εργοστάσιο).

Το εργοστάσιο οφείλει να διαχειρίζεται τα απόβλητα του χωρίς να επιβαρύνει το περιβάλλον , αλλά έχει όμως το δικαίωμα από τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος (EN 206) να προσθέτει μικρό ποσοστό του ανακυκλωμένου νωπού σκυροδέματος , οπωσδήποτε όμως πλυμένου και αφού αποδειχθεί ότι η επίπτωση της προσθήκης αυτής στην μελέτη σύνθεσης είναι αμελητέα.

Έτσι σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο σχεδιασμός ενός ολοκληρωμένου προγράμματος διαχείρισης των προαναφερόμενων ποσοτικών στερεών αποβλήτων ενός εργοστασίου σκυροδέματος, που να στηρίζεται σε εργαστηριακή ολοκληρωμένη μελέτη και να ελέγχεται σχολαστικά εργαστηριακά πολύ πιο εντατικά από την κανονική παραγωγή.

Τα οφέλη από την εφαρμογή των πορισμάτων αυτής της εργασίας θα είναι οικονομικά και περιβαλλοντολογικά. Ένα εργοστάσιο παραγωγής έτοιμου σκυροδέματος μπορεί να αποκομίσει σημαντικά κέρδη από την ανακύκλωση του σκυροδέματος και από την αποφυγή του κόστους της αποβολής και αποκομιδής του εκτός εργοστασίου. Επίσης η χρήση της ανακύκλωσης, είναι απολύτως φιλική προς το περιβάλλον, γίνεται με κατανάλωση των ποσοτικών αποβλήτων.

1.2 Πλαίσια σχεδιασμού και πραγματοποίησης

Ο πειραματικός ερευνητικός προσανατολισμός περιορίστηκε, στην μελέτη της κοκκομετρικής διαβάθμισης τόσο του ανακυκλώμενου υλικού όσο και των μειγμάτων αυτού με τα υπόλοιπα αδρανή υλικά(χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος), στις ιδιότητες νωπού και σκληρυμένου σκυροδέματος των εργαστηριακών αναμιγμάτων των συνθέσεων που πραγματοποιήθηκαν και κυρίως στον έλεγχο της συμβατικής αντοχής σε θλίψη.

1.3 Υλικοτεχνική Υποδομή και μέσα (επιλογή, ρυθμίσεις, βαθμονομήσεις και διακριβώσεις οργάνων

Τα μέσα με τα οποία διεξήχθη η πτυχιακή εργασία είναι τα ακόλουθα :

1. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (ΠΕΤΥΛ αιθ. Β216) και αφορούν στις μήτρες λήψης κυβικών δοκιμίων σκυροδέματος που είναι προσανατολισμένες και ελεγμένες σε προηγούμενες πτυχιακές.
2. Ο εργαστηριακός εξοπλισμός του εργαστηρίου Ποιοτικού Ελέγχου της μονάδας παραγωγής ετοιμού σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. και αφορούν τις ζυγίσσεις, μετρήσεις μηκών, μετρήσεις ιδιοτήτων νωπού σκυροδέματος, συντήρησης και θραύσης κυβικών δοκιμίων.

Η επιλογή των οργάνων και των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τέτοια ώστε η αναπαραγωγή και η εφαρμογή της πτυχιακής από οποιονδήποτε ενδιαφερόμενο, με τις απαιτούμενες γνώσεις, να είναι εύκολη και χωρίς μεγάλο κόστος. Σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής εργασίας ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε παρέμεινε ο ίδιος ,από την αρχή ως το τέλος της. Με αυτόν τον τρόπο δεσμεύτηκαν οι παράμετροι συστηματικών σφαλμάτων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την τελική μετρούμενη τιμή από την χρήση του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Συγκεκριμένα ο εργαστηριακός εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στο 2^ο κεφάλαιο και συγκεκριμένα στην παράγραφο(2.3) δέσμευσης των παραμέτρων.

Στα όργανα και στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση του προγράμματος της πτυχιακής εργασίας για τα οποία δεν υπήρχε πιστοποιητικό διακρίβωσης , έγινε άτυπη εσωτερική βαθμονόμηση από τον σπουδαστή με την βοήθεια των καθηγητών που επέβλεπαν την πτυχιακή εργασία. Ομοίως βαθμονομήθηκαν και τα διακριβωμένα όργανα από εξωτερικό φορέα διακρίβωσης.

1.4 Εργαστηριακή εκπαίδευση και πιστοποίηση ικανότητας προσωπικού

Η εργαστηριακή προεκπαίδευση και πιστοποίηση της ικανότητας του σπουδαστή, έγινε μέσα στα πλαίσια των δύο και πλέον χρόνων προπρακτικής άσκησης στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ (αιθ.Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ ως εκπαιδευόμενου και απασχολούμενου “εργαστηριακού βοηθού” καθώς επίσης και κατά την διάρκεια της άτυπης απασχόλησης του σπουδαστή στην εταιρεία ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. ως εκπαιδευόμενου “εργαστηριακού βοηθού” .

Ο σπουδαστής αφού εκπαιδεύτηκε και συμμετείχε στην προετοιμασία και άρτια εκτέλεση όλων των εργαστηριακών ασκήσεων και δοκιμών στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ (αιθ.Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , καθώς και στα συνεργαζόμενα με το ΤΕΙ εργαστήρια Βιομηχανιών Παραγωγής Δομικών Υλικών (Παραγωγής Ετοιμού Εργοστασιακού Σκυροδέματος, Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος, Τσιμέντων, Αδρανών Υλικών και Κονιαμάτων).

Στους παραπάνω εργαστηριακούς χώρους ο σπουδαστής εκπαιδεύτηκε μαζί με άλλους εργαστηριακούς βοηθούς και πραγματοποίησε επιτυχώς συγκριτικούς εργαστηριακούς ελέγχους, με τους εργαστηριακούς συνεργάτες του εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ και με τους επιβλέποντες της πτυχιακής εργασίας κ.Ν.Νικολάου και κ.Α.Φωτόπουλο. Με τον τρόπο αυτό πιστοποιήθηκε άτυπα η ικανότητα του στην επαναληψιμότητα, όταν αυτή έφθασε στα επιθυμητά όρια, οπότε και συμμετείχε στην εργαστηριακή προεκπαίδευση των νεότερων σπουδαστών και βοηθών. Αυτή η εκπαίδευση και η αποκτηθείσα εμπειρία συνέβαλαν αποτελεσματικά στην εκπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Παρακάτω αναφέρονται τα χρονικά στάδια της εκπαίδευσης αυτής:

- **02/2003 – 07/2003** : Β' τυπικό εξάμηνο σπουδών στο Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Θεωρητικό και Εργαστηριακό μέρος του μαθήματος Ποιοτικός Έλεγχος και Τεχνολογία (Δομικών) Υλικών, (Β' Πολιτικών Δομικών Έργων).
- **9/2003** μέχρι και την έναρξη του εργαστηριακού μέρους της πτυχιακής εργασίας ως εκπαιδευόμενος και απασχολούμενος εργαστηριακός βοηθός στο εργαστήριο ΠΕΤΥΛ (αιθ. Β216) του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Παράλληλα έχει γίνει εκπαίδευση του σπουδαστή σε δοκιμές ελέγχου ποιότητας τσιμέντων και χαλύβων οπλισμού, η οποία βελτίωσε την ικανότητα του σπουδαστή στη σωστή και αυστηρή εκτέλεση των μεθόδων δοκιμών, την αναζήτηση και επιλογή και μελέτη προδιαγραφών δοκιμών.

Αυτές οι χρονικές περίοδοι αναφέρονται παρακάτω:

- **09/2003** Διδασκαλία και επίβλεψη των παρακάτω εργαστηριακών μεθόδων στο Β' τυπικό εξάμηνο Πολιτικών Δομικών Έργων στο εργαστήριο ετοιμίου σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. σαν απασχολούμενος βοηθός του εργαστηρίου ποιοτικού ελέγχου του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ (έλεγχος αδρανών υλικών, θραύση δοκιμίων σκυροδέματος, έλεγχος με υπερήχους, χρήση κρουσίμετρου, παρασκευή εργαστηριακών αναμιγμάτων).
- **11/2003** Εκπαίδευση στην τσιμεντοβιομηχανία ΧΑΛΥΨ Α.Ε. στον Ασπρόπυργο και συγκεκριμένα στον ποιοτικό έλεγχο τσιμέντων καθώς και στον τρόπο παραγωγής και πιστοποίησης του προϊόντος.
- **11/2003** Εκπαίδευση στην βιομηχανία παραγωγής σιδηρού οπλισμού ΧΑΛΥΒΟΥΡΓΙΚΗ Α.Ε. στον Ασπρόπυργο και συγκεκριμένα στον ποιοτικό έλεγχο χάλυβα καθώς και στον τρόπο παραγωγής και πιστοποίησης του προϊόντος.
- **11/2005** Εκπαίδευση στο λατομείο παραγωγής αδρανών υλικών ΧΑΛΥΨ Α.Ε. Α.Ε. στον Ασπρόπυργο και συγκεκριμένα στον ποιοτικό έλεγχο των αδρανών καθώς και στον τρόπο παραγωγής και πιστοποίησης τους.

Τέλος πριν την έναρξη της πτυχιακής εργασίας ήταν σκόπιμο να γίνει η αξιολόγηση της μεθόδου που θα εφαρμοζόταν στο πειραματικό μέρος της ώστε να αποτραπεί η εμφάνιση οποιασδήποτε ασοχίας κατά την εκτέλεση των δοκιμών, ταυτόχρονα όμως δόθηκε και η ευκαιρία να αξιολογηθεί και ο εργαστηριακός (σπουδαστής), επισημαίνοντας και βελτιώνοντας τις τυχόν λανθασμένες ενέργειες του.

Η αξιολόγηση της μεθόδου καθώς και η εκπαίδευση και πιστοποίηση του εργαστηριακού πραγματοποιήθηκε μια φορά και έγινε στις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του εργοστασίου παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. Ο έλεγχος της αξιολόγησης της μεθόδου έγινε πραγματοποιώντας 5 δοκιμαστικές δειγματοληπτικές σειρές αποτελούμενες από 10 κυβικά συμβατικά δοκίμια σκυροδέματος συντηρούμενα με σχολαστικά ίδιο τρόπο στο νερό. Η αξιολόγηση αυτή πραγματοποιήθηκε από τον Εργαστηριακό συνεργάτη Χρήστο Χατζηγιάννη υπό την εποπτεία του επιβλέποντα Εργαστηριακού συνεργάτη κ. Ν. Νικολάου. Ταυτόχρονα όμως πραγματοποιήθηκε και σύγκριση της επαναληψιμότητας και της συσχέτισης των δύο εργαστηριακών με κοινές σειρές εργαστηριακών δοκιμών.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι και οι δυο εργαστηριακοί έχουν πολύ καλή επαναληψιμότητα στα αποτελέσματα τους και η τυπική απόκλιση του καθενός ήταν κατά πολύ κάτω της μονάδος και πολύ κοντά μεταξύ τους. Τα παραπάνω στοιχεία βρίσκονται στο Παράρτημα Α .

1.5 Επιλογή και Καθορισμός Λεπτομερειών στις προδιαγραφές διαδικασιών και διεργασιών (προετοιμασία και παραγωγή αναμίγματος, δειγματοληψία και δοκιμών)

Για την σωστή διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας και την αποφυγή τυχαιών σφαλμάτων επελέγησαν, καθορίστηκαν και εφαρμόστηκαν οι παρακάτω πρόσθετοι Κανόνες :

- i) Όλες οι πρώτες ύλες χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος, τσιμέντο καθώς και ο επιβραδυντής ελήφθησαν μία φορά σε επαρκής ποσότητες των αντίστοιχων μοναδικών δειγμάτων τους για όλα τα αναμίγματα της πτυχιακής.

- ii) Το νερό που χρησιμοποιήθηκε ήταν από ελεγχόμενη γεώτρηση της μονάδας. Τα πιστοποιητικά καταλληλότητας αναφέρονται στο Παράρτημα Β.
- iii) Από όλα τα εργαστηριακά αναμίγματα παρασκευάστηκαν πάντοτε συζυγή (συντροφικά) δοκίμια.
- iv) Όλες οι δοκιμές εκτελέστηκαν από το ίδιο άτομο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ “ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ”

(Λεπτομερειακός καθορισμός πρώτων υλών, εξοπλισμού και διεργασιών
– διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν)

2.1 Βασική σύνθεση εργαστηριακών αναμιγμάτων

Η σύνθεση του σκυροδέματος που επιλέχθηκε για όλο το εργαστηριακό μέρος της πτυχιακής είναι σύνθεση εργοστασιακού σκυροδέματος της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. για την παραγωγή σκυροδέματος που ενδείκνυται για χρήση σε επιχρισμένες κατασκευές εκτός παραθαλάσσιου περιβάλλον με ελάχιστη περιεκτικότητα αυτής σε τσιμέντο 285kg, λόγο νερού προς τσιμέντο 0,67 , κατηγορία θλιπτικής αντοχής C20/25 και κατηγορία εργασιμότητας S₃ σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος.

Αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα:

Σχέδιο	Σύνθεση
Παρασκευαζόμενου	Μελέτης
Αναμιγματος	(ξ.κλ. Υλικ.)
ΥΛΙΚΟ	kg / m³ Ν.Σ.Σ.
ΝΕΡΟ	190
Π 42,5	200
Π 32,5	85
ΧΑΛΙΚΙ	730
R.C.	0
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	200
ΑΜΜΟΣ	965
ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤ.	0,9
ΣΥΝΟΛΟ(Kg)	2370,9
V(m ³)	1m ³ Ν.Σ.Σ.

2.2 Πρώτες ύλες

Από την έναρξη του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας μέχρι και το πέρας αυτής οι πρώτες ύλες (αδρανή, επιβραδυντής, τσιμέντο) που χρησιμοποιήθηκαν σε όλα τα εργαστηριακά αναμίγματα ήταν από την ίδια αρχική δειγματοληψία. Μ' αυτό τον τρόπο επιτεύχθηκε η δέσμευση εκείνων των παραμέτρων που επεμβαίνουν στο επηρεασμό των αποτελεσμάτων.

2.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Από την έναρξη του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας μέχρι και το πέρας αυτής, χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος εργαστηριακός εξοπλισμός ώστε σε όλες τις σειρές των δοκιμών να μην παρουσιάσουν διαφορές αποτελεσμάτων από την αλλαγή εξοπλισμού.

2.3.1 Σπαστήρας

Ο σπαστήρας που χρησιμοποιήθηκε είναι της εταιρείας GUIDETTI , μοντέλο M.F. 450, με σιαγόνες. Το πιστοποιητικό συμμόρφωσης της εταιρείας για τον σπαστήρα υπάρχει στο Παράρτημα Β.

2.3.2 Αδρανή υλικά

Τα αδρανή υλικά (χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος) που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των εργαστηριακών αναμιγμάτων ήταν θραυστά και προέρχονταν από τα ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ Α.Β.Ε.Ε. . Τα αποτελέσματα ελέγχου των αδρανών , για λογαριασμό του λατομείου , από τον εξωτερικό φορέα ελέγχου ποιότητας ERGOTEST αναφέρονται στο Παράρτημα Β.

2.3.3 Ανακυκλούμενο υλικό (R.C.)

Το ανακυκλώμενο υλικό “αδρανές” (R.C.) που χρησιμοποιήθηκε προήρθε από σωρό ο οποίος σχηματίστηκε ύστερα από θραύση των τυχόν συσσωματώσεων του υλικού από τον σπαστήρα. Πριν την θραύση το ανακυκλώμενο υλικό είχε υποστεί μια πρόχειρη έκπλυση. Τα προϊόντα της έκπλυσης ήταν το μεγαλύτερο ποσοστό του τσιμέντου που δεν είχε αντιδράσει αλλά και η μισή από την ποσότητα της παιπάλης των αδρανών. Και επειδή αυτό προέρχονταν πάντα από σκληρυμένο σκυρόδεμα, λίγων ημερών, κατηγορίας C20/25 το ανακυκλούμενο

υλικό έχει πρακτικά τις ίδιες αναλογίες χαλικιού-γαρμπιλιού-άμμου με το αρχικά παραγμένο σκυρόδεμα σύνθεσης C20/25.

2.3.4 Τσιμέντα

Τα τσιμέντα ήταν τύπου CEM II A-M(P-W) II 42,5N (υψηλής) και CEM IV B(P-W) 32,5N (κοινό) της εταιρείας ΑΓΕΤ ΗΡΑΚΛΗΣ (εργοστάσιο Βαθύ Αυλίδος). Τα πιστοποιητικά ποιότητας του παραγωγού καθώς και ο έλεγχος των ιδιοτήτων του από το ΚΕΔΕ των παραπάνω δύο τύπων τσιμέντου αναφέρονται στο Παράρτημα Β.

2.3.5 Πρόσθετο σκυροδέματος

Το πρόσθετο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο επιβραδυντής CEM 1 της εταιρείας DOMYLCO.

2.3.6 Ξηραντήρας υλικών

Για την απαιτούμενη ξήρανση των υλικών, χρησιμοποιήθηκε ένα ξηραντήριο με ηλεκτρικό θερμοστάτη, της εταιρείας Ε.ΧΡΥΣΑΓΗΣ μοντέλο OV-280d. Ο φούρνος βαθμονομήθηκε από τον εξωτερικό φορέα βαθμονόμησης ALGOSYSTEMS S.A. – METROLOGY DIVISION και τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης βρίσκονται στο Παράρτημα Β.

2.3.7 Κόσκινα

Η σειρά κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε ήταν αμερικάνικης σειράς τετραγωνικής οπής (σύμφωνα με την προδιαγραφή A.S.T.M. E-11) και ήταν της εταιρείας Controls.

2.3.8 Εργαστηριακός αναμικτήρας

Για την παρασκευή των αναμιγμάτων χρησιμοποιήθηκε ένας εργαστηριακός αναμικτήρας της εταιρείας Controls μοντέλο 5C-C0199/B χωρητικότητας 60lt.

2.3.9 Μήτρες σκυροδέματος

Για τις ανάγκες του κάθε εργαστηριακού αναμιγμάτος απαιτήθηκαν 5 κυβικές χυτοσιδηρές μήτρες ονομαστικής εσωτερικής διάστασης $d=150\text{mm}$ οι οποίες παραχωρήθηκαν από το Τ.Ε.Ι. Πειραιά.

Οι μήτρες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για τη δειγματοληψία των δοκιμίων από σκυρόδεμα σ' όλες τις σειρές χωρίς να υποστούν την παραμικρή αλλαγή. Αυτές, έχουν την δυνατότητα να συναρμολογούνται και να αποσυναρμολογούνται κάνοντας εύκολο το ξεκαλούπωμα των υπό σκλήρυνση δοκιμίων από σκυρόδεμα, χωρίς να τους προκαλούμε «τραυματισμούς». Έτσι αποφασίστηκε με τρόπο που αναφέρεται στο Παράρτημα Α να σημανθούν εξωτερικά ώστε κατά την αποσυναρμολόγηση να μην μπερδεύονται οι πλευρές των μήτρων μεταξύ τους και στην συναρμολόγηση να τοποθετούνται στην ίδια πάντα θέση οι πλευρές της ίδιας μήτρας (Ταυτοποίηση και προσανατολισμός μήτρας). Η διαδικασία αυτή οδήγησε στην δέσμευση των παραμέτρων εκείνων που τυχόν επηρέαζαν την τελική μετρούμενη τιμή θραύσης, λόγω κακής συναρμολόγησης των ίδιων πλευρών της μήτρας ή την χρησιμοποίηση διαφορετικών πλευρών στην ίδια ή άλλη μήτρα.

Παράλληλα κρίθηκε σκόπιμο να γίνει άτυπη εσωτερική βαθμονόμηση και κυρίως να βαθμονομηθούν όλες οι χυτοσιδηρές μήτρες ώστε να είναι γνωστό εάν και κατά πόσο αυτές ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των κανονισμών (ΣΚ 303). Αυτή βρίσκεται στο Παράρτημα Α.

Οι μετρήσεις αυτές έγιναν με ηλεκτρονικό παχύμετρο 150mm ακρίβειας 0,01mm, γωνιά, ρίγα ευθύτητας, φίλερ τα οποία παραχωρήθηκαν από το εργοστάσιο ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. Τα πιστοποιητικά βαθμονόμησης αυτών από τον εξωτερικό φορέα βαθμονόμησης ALGOSYSTEMS S.A. – METROLOGY DIVISION βρίσκονται στο Παράρτημα Β.

Αξίζει τέλος να σημειωθεί, ότι ο καθαρισμός των μητρών άρχισε μετά το ξεκαλούπωμα των δειγματοληψιών της προηγούμενης μέρας ώστε να είναι έτοιμες για να χρησιμοποιηθούν ξανά για τη δειγματοληψία δοκιμίων των επόμενων εργαστηριακών αναμιγμάτων. Στη διάρκεια αυτή απομακρύνονταν επιμελώς όλα τα ξένα σωματίδια όπως κολλημένη σκουριά στις εσωτερικές επιφάνειες τους καθώς και υπολείμματα σκυροδέματος. Ο καθαρισμός τους

τελείωνε με το λάδωμα των εσωτερικών τους επιφανειών με μηχανέλαιο από μια λεπτή στρώση, προκειμένου να είναι δυνατό και εύκολο το ξεκαλούπωμα , χωρίς να αποκολλώνται μικρά κομμάτια σκυροδέματος από την επιφάνεια των δοκιμίων αφού πρώτα είχαν συναρμολογηθεί κατάλληλα. Με τον τρόπο αυτό δεσμεύθηκαν οι παράμετροι εκείνοι που τυχόν θα επηρέαζαν την διαδικασία φόρτισης της θραύσης των δοκιμίων από τη γέννηση ανωμαλιών στις επιφάνειες τους, λόγω κακής καθαριότητας των μητρών.

2.3.10 Θάλαμος συντήρησης δοκιμίων

Το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου της βιομηχανίας παραγωγής σκυροδέματος ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε. διαθέτει αυτόματο ηλεκτρονικό θάλαμο συντήρησης δοκιμίων σκυροδέματος, με δείκτες ελέγχου, της εταιρείας Ε.ΧΡΥΣΑΓΗΣ, μοντέλο ECC-1000CMP. Σε αυτόν πραγματοποιήθηκε η συντήρηση όλων των δοκιμίων της πτυχιακής εργασίας. Επίσης, ο θάλαμος βαθμονομήθηκε εσωτερικά άτυπα αλλά και από τον εξωτερικό φορέα βαθμονόμησης ALGOSYSTEMS S.A. – METROLOGY DIVISION. Τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης βρίσκονται στο Παράρτημα Α και Β αντίστοιχα.

2.3.11 Ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης

Το εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου της ΕΡΓΑΝΗΣ Α.Ε. διαθέτει ηλεκτροκίνητη μηχανή θλίψεως, με ηλεκτρονικό καταγραφικό και δυνατότητα χειροκίνητης ρυθμίσεως της ταχύτητας φόρτισης, της εταιρείας CONTROLS. Με αυτήν την μηχανή πραγματοποιήθηκαν όλες οι θραύσεις των σειρών των δοκιμίων των εργαστηριακών αναμιγμάτων ώστε το σφάλμα που τυχόν θα υπεισέρχονταν στις τελικές μετρούμενες τιμές της θραύσης να ήταν το ίδιο λόγω ύπαρξης συστηματικού σφάλματος. Στο παράρτημα Β υπάρχει πιστοποιητικό διακρίβωσης της πρέσας που εκδόθηκε από κλιμάκιο του ΚΕΔΕ, αφού πρώτα έκαναν τις απαραίτητες μετρήσεις. Επίσης πραγματοποιήθηκε και έλεγχος της ταχύτητας φόρτισης από τον ίδιο τον σπουδαστή ο οποίος βρίσκεται στο Παράρτημα Α.

2.2.12 Διάφορα χρησιμοποιούμενα παρελκόμενα/όργανα

Για να πραγματοποιηθούν οι πειραματικές δοκιμές απαιτήθηκε η ύπαρξη και χρήση ορισμένων βοηθητικών οργάνων. Αυτά αναφέρονται στη συνέχεια με ομαδοποιημένη μορφή ανάλογα με τη χρησιμότητα τους.

A) Για την Δειγματοληψία των υλικών (παρ. 2.4.1)

- 2 Φτυάρια
- Σέσουλα μεγάλη(χωρητικότητας περίπου 2 κιλών)
- Σέσουλα μικρή(χωρητικότητας περίπου 500γραμμαρίων)
- Ενισχυμένες σακούλες “μπάζων”
- Ετικέτες
- Μαρκαδόρος
- Σχοινί

B) Για την μείωση του μεγέθους δείγματος των υλικών (παρ. 2.4.2)

- Μεγάλη διμεριστική μηχανή με ρυθμιζόμενες οπές
- Ματσόλα (757 gr)
- Πινέλο
- Φτυάρι
- Μεγάλα ταψιά

Γ) Για την ξήρανση των υλικών (παρ. 2.4.3)

- Μεγάλα ταψιά
- Πινέλα
- Ετικέτες

Δ) Για την Δοκιμή υπολογισμού Παιπάλης Πλυσίματος (παρ. 2.4.3)

- Νιπτήρας
- Κόσκινα N^ο200 και N^ο40 (βοηθητικό) τετραγωνικής οπής
- Μεγάλα Ταψιά
- Πινέλα
- Ετικέτες

Ε) Για την Δοκιμή Κοκκομέτρηση (παρ. 2.4.4)

- Μεγάλη Κοσκίνα
- Πινέλα

ΣΤ) Για την δειγματοληψία του σκυροδέματος (παρ 2.4.5)

- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)
- Σέσουλα μεσαία
- Ηλεκτρονικό θερμόμετρο σκυροδέματος

Ζ) Για την δοκιμή τής κάθισης (παρ.2.4.6)

- Κώνος κάθισης
- Μεταλλική επίπεδη επιφάνεια
- Ράβδος συμπύκνωσης (Φ16)
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)
- Μέτρο (ρίγα)

Η) Για την δοκιμή του φαινόμενου βάρους (παρ.2.4.7)

- Δοχείο αεροπεριεκτικότητας
- Σέσουλα μεσαία
- Ράβδος Φ16
- Ματσόλα (757 gr)
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)
- Σφουγγάρι

Θ) Για την δοκιμή αεροπεριεκτικότητας (παρ. 2.4.8)

- Συσκευή αεροπεριεκτικότητας
- Υδροβολέας

I) Για την δειγματοληψία των δοκιμών (παρ 2.4.9)

- Σέσουλα μεσαία
- Ράβδος συμπύκνωσης (Φ.16) .
- Ματσόλα (757 gr)
- Μυστρί (μακρύ, κοφτό και τριγωνικό)

IA) Για το ξεκαλούπωμα των δοκιμών (παρ. 2.4.10)

- Κλειδί ξεκαλουπώματος (ιδιοκατασκευή για πεταλούδες)

IB) Όλες οι ζυγίσεις έγιναν στους παρακάτω ζυγούς

- Μηχανική ζυγαριά ισορροπίας τριπλής δοκού OHAUS (ικανότητα ζύγισης 20 kg με ακρίβεια 1g)
- Μηχανική ζυγαριά ισορροπίας τριπλής δοκού OHAUS (ικανότητα ζύγισης 1450gr με ακρίβεια 0,1gr)
- Ηλεκτρονική ζυγαριά της εταιρείας HANAN(ικανότητα ζύγισης 5kg με ακρίβεια 1gr)

II) Για τις μετρήσεις θερμοκρασίας εργαστηρίου/περιβάλλον

- Θερμόμετρο μεγίστου-ελαχίστου

Η βαθμονόμηση των παραπάνω οργάνων είτε εσωτερική(άτυπη) είτε από εξωτερικό φορέα αναφέρεται στο Παράρτημα Α και Β.

**2.4 Προδιαγραφές διαδικασιών και διεργασιών (παραγωγής
αναμίγματος, δειγματοληψιών και δοκιμών)**

Όλες οι προδιαγραφές των δοκιμών που εφαρμόστηκαν στο πειραματικό μέρος της πτυχιακής εργασίας φαίνονται ομαδοποιημένες τους παρακάτω πίνακες.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΑ ΔΟΚΙΜΗ	
	ASTM	AASHTO
Δειγματοληψία	D 75	T2
Μείωση μεγέθους δείγματος υλικών	C 702	T2
Υπολογισμός παιπάλης	C566 / C 117	T11
Κοκκομέτρηση	C 136	T27

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΝΩΠΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΑ ΔΟΚΙΜΗ			
	ΚΕΔΕ ΥΠΕΧΩΔΕ	ASTM	AASHTO	ΕΛΟΤ
Δειγματοληψία	ΣΚ 350	C 172	T 141	516
Παρασκευή και συντήρηση δοκιμών	ΣΚ 303	C 31 / C 172	T 23 T 126	671
Κάθιση	ΣΚ 309	C 143	T 119	521
C 138		C 138	T 152	
Αεροπεριεκτικότητα		C 138	T 152	

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΛΙΠΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ (Πρώιμης και συμβατικής)	ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΝΑ ΔΟΚΙΜΗ			
	ΚΕΔΕ ΥΠΕΧΩΔΕ	ASTM	AASHTO	ΕΛΟΤ
Θραύση δοκιμών	ΣΚ 304	C 39	T 22	722

2.4.1 Δειγματοληψία των κανονικών αδρανών και ανακυκλούμενου αδρανούς υλικού

Οι δειγματοληψίες των αδρανών (χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος), έγιναν σύμφωνα με την προδιαγραφή ASTM D-75 / AASHTO T2. Αυτές πραγματοποιήθηκαν σε σωρούς που προήλθαν από την εκφόρτωση των φορτηγών που μεταφέρουν τα αδρανή από το λατομείο στο εργοστάσιο.

Η προδιαγραφή αναφέρει ότι πρέπει να ληφθούν τόσες λήψεις έτσι ώστε να

ικανοποιούνται οι απαιτούμενες προδιαγεγραμμένες ποσότητες ανάλογα με το αδρανές. Εμείς δεδομένου ότι θέλουμε τα εργαστηριακά αναμίγματα να κατασκευαστούν με τα ίδια αδρανή υλικά, συνεπώς απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες, κάναμε μια τροποποίηση της προδιαγραφής. Χωρίσαμε τους σωρούς σε αρκετές γενέτειρες και λάβαμε 5 λήψεις υλικού από την κάθε γενέτειρα.

Τέλος για την δειγματοληψία του ανακυκλούμενου υλικού δουλέψαμε με τον ίδιο τρόπο όπως και στα αδρανή υλικά.

2.4.2 Μείωση μεγέθους δείγματος αδρανών/ανακυκλούμενου αδρανούς υλικού

Στην συνέχεια για την διαδικασία μείωσης μεγέθους δείγματος των υλικών (αδρανή, ανακυκλούμενου αδρανούς υλικού) χρησιμοποιήθηκε η προδιαγραφή ASTM C-702.

2.4.3 Υπολογισμός φυσικής υγρασίας και ποσοστού παιπάλης πλυσίματος των αδρανών

Στην συνέχεια χρησιμοποιήσαμε εκείνες τις προβλεπόμενες ποσότητες των υλικών που προέκυψαν με διμερισμό , για να υπολογίσουμε την φυσική υγρασία και την παιπάλη πλυσίματος. Η προδιαγραφές που στηριχθήκαμε ήταν οι ASTM C-566 , ASTM C-117 και η AASHTO T 11 .

2.4.4 Προσδιορισμός κοκκομετρικών διαβαθμίσεων των υλικών και του ποσοστού συνολικής παιπάλης

Οι προδιαγραφές που βασιστήκαμε, για τον προσδιορισμό των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων των υλικών, ήταν η ASTM C-136 και η AASHTO T27.

Η σειρά αμερικάνικων κοσκίνων τετραγωνικής οπής που χρησιμοποιήσαμε είναι εναρμονισμένα με την προδιαγραφή ASTM E-11 και φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

OPENING DESIGNATION	
Standard	Alternate
(mm)	
38,1	1 1/2
25,4	1'
19	3/4'
12,5	1/2'
9,5	3/8'
4,75	No 4
2,36	No 8
1,18	No 16
0,6	No 30
0,3	No 50
0,25	0,25
0,15	No 100
0,075	No 200

2.4.5 Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος (από τον εργαστηριακό αναμικτήρα)

Η διαδικασία ανάμιξης του εργαστηριακού σκυροδέματος τηρήθηκε αυστηρά στα 3min, για όλα τα εργαστηριακά αναμίγματα , από την στιγμή προσθήκης του νερού.

Οι ποσότητες των υλικών που χρησιμοποιήσαμε για να κατασκευάσουμε τα εργαστηριακά αναμίγματα αντιπροσωπεύουν την συνολική σύνθεση 1m³ που θέλουμε να ελέγξουμε. Ο τρόπος με τον οποίο καταλήξαμε σε αυτές τις ποσότητες αναλύεται στο Κεφάλαιο 3 στην παράγραφο 3.2.5 (Φύλλο έργου σχεδιασμού/παρασκευής εργαστηριακών αναμιγμάτων και συντήρησης/θραύσης δοκιμίων).

2.4.6 Δοκιμή εργασιμότητας(κάθισης)

Η δοκιμή της εργασιμότητας (κάθισης) σε όλα τις σειρές των εργαστηριακών αναμιγμάτων έγινε σύμφωνα με τις προδιαγραφές (Ε.Λ.Ο.Τ. 521 ,ΣΚ-309) πριν από την λήψη των δοκιμών και μετά την ομογενοποίηση του δείγματος στον εργαστηριακό αναμικτήρα.

Η εσωτερική διακρίβωση του κώνου κάθισης παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω δύο λεπτά.

2.4.7 Δοκιμή φαινόμενου βάρους

Η δοκιμή του φαινόμενου βάρους γινόταν με βάση την προδιαγραφή ASTM C-138.

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω από τρία λεπτά .

Η εσωτερική βαθμονόμηση του δοχείου αεροπεριεκτικότητας έγινε από τον ίδιο το σπουδαστή, ο όγκος του δοχείου βρέθηκε 8,001 lt, και παρατίθεται στο παράρτημα Α.

2.4.8 Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας

Έπειτα από την δοκιμή του φαινόμενου βάρους εκτελούνταν η δοκιμή της αεροπεριεκτικότητας, που γινόταν με βάση τις προδιαγραφές AASHTO T-152 και ASTM C-231.

Για την εκτέλεση της δοκιμής ο χρόνος που καταναλώθηκε δεν ήταν ποτέ πάνω από ένα λεπτά.

Η εσωτερική βαθμονόμηση του δοχείου αεροπεριεκτικότητας παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

2.4.9 Παρασκευή δοκιμών

Για την παρασκευή των δοκιμών κάθε σειράς εργαστηριακών αναμιγμάτων χρησιμοποιήθηκε η προδιαγραφή ΕΛ.Ο.Τ. 521, προσπαθώντας το σκυρόδεμα που παίρναμε να είναι όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτικό του δείγματος

που υπήρχε στον εργαστηριακό αναμικτήρα, προσέχοντας να μην γίνεται λήψη του υλικού από την επιφάνεια ή τον πυθμένα του αναμικτήρα αλλά από όλα τα σημεία, για καλύτερη ομοιογένεια.

Για την εκτέλεση όλων των παραπάνω διαδικασιών δεν χρειάστηκαν ποτέ περισσότερα από δέκα λεπτά .

2.4.10 Ξεκαλούπωμα δοκιμίων

Το ξεκαλούπωμα των δοκιμίων πραγματοποιούνταν αφού πρώτα περνούσε το απαραίτητο χρονικό περιθώριο που όριζε η προδιαγραφή (ΕΛ.Ο.Τ.521). Η διαδικασία γινόταν προσέχοντας πάντα ώστε να μην αποκολληθούν μικρά κομμάτια από τις ακμές των δοκιμίων προκαλώντας τους ανεπανόρθωτη ζημία.

Στην συνέχεια τα δοκίμια ζυγίζονταν και τοποθετούνταν με προσοχή και όπως είχε προσυμφωνηθεί στον θάλαμο συντήρησης των δοκιμίων. Με αυτό τον τρόπο δεσμεύθηκαν εκείνες οι παράμετροι που τυχόν θα επηρέαζαν την θλιπτική αντοχή των δοκιμίων λόγω απρόσεχτου τραυματισμού τους κατά το ξεκαλούπωμα και απόθεση αυτών.

2.5 Συνθήκες παρασκευής και συντήρησης

Λόγω του ότι η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε κατά τους θερινούς μήνες όπου είχαμε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, τα δοκίμια παρασκευάζονταν και παρέμεναν, μέχρι να ξεκαλουπωθούν, μέσα στο χώρο του εργαστηρίου όπου λειτουργούσε κλιματιστικό μηχάνημα επί εικοσιτετραώρου βάσεως, με προσπάθεια η θερμοκρασία να κυμαίνεται κοντά στους 20 °C.

2.5.1 Θερμοκρασία νωπού σκυροδέματος

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νωπού σκυροδέματος γινόταν πριν από την έναρξη της δοκιμής κάθισης τοποθετώντας το στέλεχος του ψηφιακού θερμομέτρου στο σκυρόδεμα που βρισκόταν στον κάδο του εργαστηριακού αναμικτήρα. Η ένδειξη λαμβανόταν ύστερα από σταθεροποίηση του θερμομέτρου και ελαφρά συμπύκνωση γύρω από αυτό, με ακρίβεια 0,1 °C.

2.5.2 Θερμοκρασία χώρου παρασκευής δοκιμών

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου του εργαστηρίου χρησιμοποιήθηκε ένα υδραργυρικό θερμόμετρο μεγίστου/ελαχίστου. Από το οποίο λαμβανόταν μέτρηση κάθε μέρα για όλες τις ημέρες εργασίας στο εργαστήριο.

2.5.3 Θερμοκρασία θαλάμου συντήρησης δοκιμών και σχετική υγρασία (καθ'όλη τη διάρκεια της συντήρησης τους)

Στον θάλαμο συντήρησης που διέθετε το εργαστήριο της Εργάνη Α.Ε. λαμβάνονταν κάθε μέρα η ένδειξη της θερμοκρασίας από το ψηφιακό θερμόμετρο που διέθετε ο θάλαμος καθώς και η ένδειξη της θερμοκρασίας από το ψηφιακού θερμομέτρου το οποίο τοποθετούταν στην ειδική σχισμή του θαλάμου. Η θερμοκρασία μετρούταν, κατά τις εργάσιμες ημέρες λειτουργίας του εργαστηρίου, κάθε πρωί.

2.6 Θραύση δοκιμών

Οι θραύσεις όλων των σειρών των εργαστηριακών αναμιγμάτων έγιναν σύμφωνα με την προδιαγραφή (Ε.Λ.Ο.Τ. 722) και χρησιμοποιήθηκε η ηλεκτροκίνητη μηχανή θραύσης που διέθετε το εργοστάσιο της ΕΡΓΑΝΗ Α.Ε.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνταν για την θραύση των κυβικών δοκιμών είναι οι εξής:

1. Βγάζαμε τα δοκίμια ένα, ένα από τον θάλαμο συντήρησης του εργαστηρίου.
2. Τα ζυγίζαμε στον μηχανικό ζυγό.
3. Έπειτα μετρούσαμε τις διαστάσεις του δοκιμίου για τον υπολογισμό της θλιβόμενης επιφάνειας.
4. Τοποθετούσαμε το κάθε δοκίμιο πάνω στις πλάκες της μηχανής θλίψης με συγκεκριμένο ίδιο πάντα προσανατολισμό προσέχοντας το

δοκίμιο να έχει τοποθετηθεί στο κέντρο της πλάκας θλίψης της μηχανής.

5. Τέλος εισάγαμε τα στοιχεία του δοκιμίου(ημερομηνία θραύσης, κωδικός δοκιμίου, θλιβόμενη επιφάνεια) στο καταγραφικό της πρέσας και ξεκινούσαμε την διαδικασία της θραύσης.

Περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο σήμανσης και τον προσανατολισμό των δοκιμίων αναφέρονται στο Παράρτημα Α.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

3.1 Ανάλυση σχεδιαστικού μέρους

Αυτή η πτυχιακή εργασία είχε σαν σκοπό την εργαστηριακή απόδειξη ότι δεν επηρεάζεται η σύνθεση του σκυροδέματος, ούτε η ιδιότητες του από την χρήση ανακυκλούμενου σκυροδέματος (R.C.).

Στον όλο σχεδιασμό αποφασίστηκε όλες οι επιλεγμένες συνθήκες να είναι ίδιες με αυτές που έχει η παραγωγή και ο ποιοτικός έλεγχος. Επίσης δεσμεύσαμε την επαναληψιμότητα των δοκιμών για να μην ξεφύγουμε και να προστίθενται επιπλέον σφάλματα. Έχοντας την τυποποίηση της μεθόδου έχουμε ρυθμιστεί όλες οι λεπτομέρειες και το ελάχιστο σφάλμα που μπορεί να δώσει ένα καλό εργαστήριο όταν έχουμε δεσμεύσει όλες τις υπόλοιπες παραμέτρους.

3.1.1 Σχεδιασμός εργαστηριακού μέρους πτυχιακής

Στο σχεδιαστικό μέρος της πτυχιακής εργασίας αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν δύο σειρές εργαστηριακών αναμιγμάτων. Κάθε σειρά περιλαμβάνει αναμίγματα που περιέχουν καθορισμένα ποσοστά επί της % ανακυκλούμενου σκυροδέματος (R.C.).

Συγκεκριμένα τα εργαστηριακά αναμίγματα των δύο σειρών ήταν:

1η Σειρά εργαστηριακών αναμιγμάτων	
Κωδικός εργαστηριακού αναμιγματος	Ποσοστό % ανακυκλούμενου σκυροδέματος
L.M.A0	0
L.M.A1	5
L.M.A2	10
L.M.A5	100

2η Σειρά εργαστηριακών αναμιγμάτων	
Κωδικός εργαστηριακού αναμίγματος	Ποσοστό % ανακυκλούμενου σκυροδέματος
L.M.B0	0
L.M.B1	5
L.M.B2	10
L.M.B3	20
L.M.B4	50
L.M.B5	100

Σε αυτά τα αναμίγματα πραγματοποιήθηκαν οι παρακάτω δοκιμές ελέγχου ιδιοτήτων νωπού σκυροδέματος:

- 1) Δοκιμή εργασιμότητας
- 2) Δοκιμή φαινόμενου βάρους
- 3) Δοκιμή αεροπεριεκτικότητας
- 4) Λήψη κυβικών δοκιμίων για την εκτίμηση και τον έλεγχο της θλιπτικής αντοχής

Αυτά τα εργαστηριακά αναμίγματα κατασκευάστηκαν με τα ίδια αδρανή υλικά (χαλίκι, γαρμπίλι, άμμος) , τα ίδια τσιμέντα και τον ίδιο επιβραδυντή.

Ο μόνος διαφορετικός παράγοντας ήταν η χρήση του ανακυκλούμενου υλικού. Αυτό προήλθε από δυο διαφορετικές δειγματοληψίες, σε δύο διαφορετικούς σωρούς, σε διαφορετικές τυχαίες περιόδους των έξι μηνών.

Συνολικά κατασκευάστηκαν 46 κυβικά δοκίμια για εκτίμηση/έλεγχο τις θλιπτικής αντοχής σε 7 και 28 ημέρες. Συγκεκριμένα:

	1η Σειρά εργ. Αναμιγμ.	2η Σειρά εργ. Αναμιγμ.
7-ήμερα	8	12
28-ήμερα	8	18

3.1.2 Επιλογή προγράμματος δοκιμαστικών αναμιγμάτων

Για την χρησιμοποίηση του προγράμματος που εκτελέστηκε στην πτυχιακή εργασία χρειάστηκαν ορισμένες διαδικασίες και φυσικοχημικές διεργασίες (έκπλυσης, απόθεσης, προσομογενοποίησης, ξήρανσης, θραύσης και απόθεσης ομογενοποίησης). Επίσης πραγματοποιήθηκαν και μερικές πιλοτικές προκαταρκτικές δοκιμές. Αυτές έγιναν για να επιλεγεί και να αποφασιστεί μια τελική διαδικασία η οποία όχι μόνο να είναι πρακτικά εφαρμόσιμη στο ημερήσιο πρόγραμμα του εργοστασίου αλλά και σε οποιοδήποτε εργοστάσιο.

Με βάση λοιπόν τις δοκιμές που έγιναν πριν την έναρξη της πτυχιακής και για να μπορεί να εκτελεστεί το πρόγραμμα σε ώρες λειτουργίας του εργοστασίου αποφασίστηκαν: όλες οι εργασίες να πραγματοποιούνται την χρονική περίοδο μεταξύ 09:00 π.μ και 15:00 μ.μ..

Μετά την παρασκευή των κυβικών δοκιμίων, αυτά παρέμεναν για σκλήρυνση 24 ± 4 ώρες περίπου στο χώρο του εργαστηρίου και ξεκαλουπώνονταν την επόμενη ημέρα από τις 9:00 π.μ έως τις 10:30 π.μ , ταυτοποιούνταν με ανεξίτηλη γραφή(μολύβι). Έπειτα τα δοκίμια έμπαιναν στον θάλαμο συντήρησης του της Εργάνης σε θέσεις που είχαμε ορίσει όπου και παρέμεναν σε αυτόν για επτά ή εικοσιοκτώ ημέρες μέχρι την θραύση τους.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η μέθοδος που ακολουθήθηκε κατά την εκπόνηση του πειραματικού μέρους της πτυχιακής εργασίας παρέμεινε η ίδια μέχρι το τέλος χωρίς να πραγματοποιηθεί ανασχεδιασμός ή η παραμικρή αλλαγή.

3.2 Σχεδιασμός φύλλων έργου

Τα στοιχεία που προέκυπταν από όλες τις δοκιμές και ήταν απαραίτητα για την εξαγωγή συμπερασμάτων καταγράφονταν στο ημερήσιο φύλλο έργου. Στις παρακάτω σελίδες παρουσιάζονται τα διάφορα δελτία που εμπεριέχονταν στα ημερήσια φύλλα έργου.

3.2.1 Γενικός Πίνακας Θερμοκρασιών

Απόσπασμα από το Αρχείο Επικρατούμενων Θερμοκρασιών κατά την χρονική διάρκεια των πειραμάτων.

Α/Α	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ	ΘΑΛΑΜΟΣ	
1	25/7/2004	9:00	15,2 25,1	15,6 22,1	20 20,4	MIN MAX
2	26/7/2004	9:00	16,3 26,1	16,1 23,2	20,4 20,6	MIN MAX

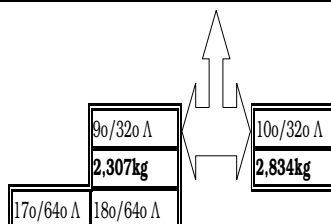
3.2.2 Φύλλο έργου Δειγματοληψίας και Μείωσης μεγέθους δείγματος υλικών

Απόσπασμα από το Αρχείο Δειγματοληψίας και Μείωσης Μεγέθους Δείγματος.

ΔΕΛΤΙΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΥΛΙΚΩΝ

(Χωρισμός δείγματος παρτίδας σε εργαστηριακά δείγματα δοκιμών)

1ο/1ο ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΠΑΡΤΙΔΑΣ (41,220+41,560+42,220)= 125,000kg									
1ο/2ο (18,882+20,507+23,754)= 63,143kg					2ο/2ο (18,024+23,534+20,467)= 62,025kg				
1ο/4ο (19,287+11,244)= 30,531kg		2ο/4ο (23,274+9,242)= 32,516kg							
Ένωση [1/4+2/2]=Λ= (62,025+30,531)= 92,556kg									
1ο/2ο Λ (19,962+25,147)= 45,109kg					2ο/2ο Λ (20,344+26,034)= 46,378kg				
1ο/4ο Λ 22,447kg		2ο/4ο Λ 22,654kg			3ο/4ο Λ 22,842kg		4ο/4ο Λ 23,404kg		
1ο/8ο Λ 10,267kg	2ο/8ο Λ 12,234kg	3ο/8ο Λ 10,787kg	4ο/8ο Λ 11,734kg	5ο/8ο Λ 11,722kg	6ο/8ο Λ 11,144kg	7ο/8ο Λ 11,807kg	8ο/8ο Λ 11,574kg		
1ο/16ο Λ	2ο/16ο Λ	3ο/16ο Λ	4ο/16ο Λ	5ο/16ο Λ	6ο/16ο Λ			13ο/16ο Λ	14ο/16ο Λ
5,107kg	5,114kg	5,927kg	6,274kg	5,194kg	5,647kg			5,522kg	6,284kg
								5,482kg	6,084kg



ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 19/7/2005

3.2.3 Φύλλο έργου κοκκομετρικών διαβαθμίσεων των υλικών

Απόσπασμα από το Αρχείο των Κοκκομετριών των υλικών.

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 27/9/2005

(RC): 13/16Δ

Standard (mm)	Alternate	Mass retained r (gr)	Total Retained% R %	Total Passing% P %
38,1	1 1/2	0	0,00	100,00
25,4	1'	261	4,88	95,12
19	3/4'	751	14,03	85,97
12,5	1/2'	1652	30,87	69,13
9,5	3/8'	2053	38,36	61,64
4,75	No 4	2854	53,33	46,67
2,36	No 8	3392	63,38	36,62
1,18	No 16	3988	74,51	25,49
0,6	No 30	4394	82,10	17,90
0,3	No 50	4655	86,98	13,02
0,25	0,25	4712	88,04	11,96
0,15	No 100	4847	90,56	9,44
0,075	No 200	5010	93,61	6,39
Π.Π. (gr)		297		0,84
ΑΠΩΛΕΙΕΣ(gr)±		3		0,06
ΟΛΙΚΟ ΞΗΡΟ ΒΑΡΟΣ		5352		

ΒΦ.Υ. = 5511gr

Β_{Φ.Σ.} = 5352gr

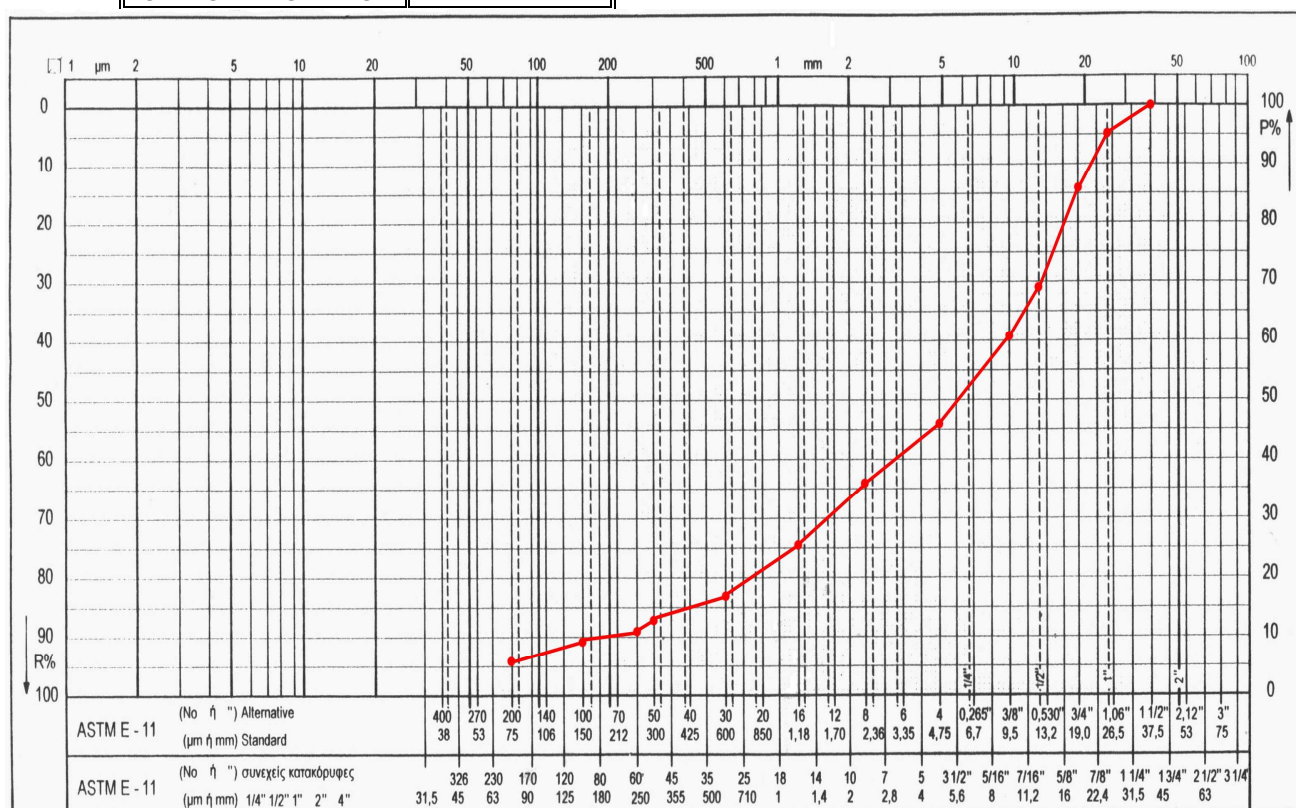
Β_{ΠΛ.Σ.} = 5055gr

Παιπάλη=297gr

ΟΛΙΚΗ ΠΑΙΠΑΛΗ %

Π.Π.%

ΑΠΩΛΕΙΕΣ %



Επεξηγήσεις για την κατανόηση του παραπάνω πίνακα δίνονται στο κεφάλαιο 6.2

Επεξηγήσεων των Συμβόλων.

**3.2.4 Πίνακας Υπολογισμού του Συνολικού Εύρους (Μεγίστου – Ελαχίστου)
Περάσματος % των δύο Συγκεντρώσεων Ανακυκλώμενου Υλικού**

ΚΟΣΚΙΝΟ	1η Συγκέντρωση (P%)	2η Συγκέντρωση (P%)	P_{max} - P_{min} %	(P_{max} - P_{min})/2 %
1"	P _{i1}	P _{i2}	(P _{max} -P _{min}) _i	(P _{max} -P _{min}) _i /2
3/4"	P _{i1}	P _{i2}	...	...
1/2"	...	...	...	...
3/8"	...	...	...	...
No4	...	...	...	...
No8	...	...	...	...
No16	...	...	...	...
No30	...	...	...	...
No50	...	...	...	...
No60	...	...	...	...
No70	...	...	...	...
No100	...	...	...	...
No200	P _{i1}	P _{i2}	(P _{max} -P _{min}) _i	(P _{max} -P _{min}) _i /2

, όπου: i) P_{i1} : Το επί της % ποσοστό διερχομένου της 1^{ης} Συγκέντρωσης

Ανακυκλώμενου Υλικού στο i κόσκινο.

ii) P_{i2} : Το επί της % ποσοστό διερχομένου της 2^{ης} Συγκέντρωσης

Ανακυκλώμενου Υλικού στο i κόσκινο.

iii) (P_{max} – P_{min})_i : Η επί της % διαφορά των περασμάτων των ακραίων ορίων κοκκομέτρησης των δύο συγκεντρώσεων στο i κόσκινο.

ii) (P_{max}-P_{min})_i/2 : Η επί της % διαφορά των άκρων αυτών από το μέσο όρο τους σε επί της % απόλυτες μονάδες στο i κόσκινο.

3.2.5 Φύλλο έργου σχεδιασμού/παρασκευής εργαστηριακών αναμιγμάτων και συντήρησης/θραύσης δοκιμών αυτού

Απόσπασμα από το Αρχείο των Εργαστηριακών Αναμιγμάτων που ήταν σύμφωνα με την οδηγία εργασίας και το Δελτίο Εφαρμογής (Μελέτη Σύνθεσης Σκυροδέματος/Σχεδιασμός, Παρασκευή και Εργαστηριακός έλεγχος Δοκιμαστικού Εργαστηριακού Αναμιγματος), του Εργαστηρίου ΠΕΤΥΛ του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ. "

Κατηγορία Σ/Δ : C 20/25 S3				Κωδικός Εργαστηριακού Αναμιγματος : L.M.B.2							
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ΥΛΙΚΑ	Στόχος Σύνθεσης 1m3 (ξ.κλ. Αδρ.) kg / m3N.Σ.Σ.	Φυσ.Υγρ.Αδρ. Προδοκιμής % ± KgW κ.β.ε.ξ. m3 N.Σ.Σ.		Στόχος Σύνθεσης 1m3 (Φ.Υ. Υλικ.) Kg/m3 N.Σ.Σ.	Στόχος Αναμικμ. (Φ.Υ. Υλικ.) Kg/Αναμικμ.	Πραγματικές τελ. καθαρές ζυγισίες Kg / Αναμικμα	Τελικό εργ. Αναμικμ. (Φ.Υ.Αδρ.) Kg/Αναμ.	Τελική εργ. Σύνθεση (Φ.Υ. Αδρ.) Kg/m3N.Σ.Σ.	Φ. Υ. Αδρ. (επιβεβαίωση) % Kg κ.β.ε.ξ. Αναμ.		Τελική εργ. Σύνθεση (Ξ.Κ. Αδρ.) Kg/m3 N.Σ.Σ.
ΝΕΡΟ	190	ολικό	προσθ.	185	8,096	281gr επιπλέον	8,377	196,1	προσθ.		201
II 42,5	200	W/C = 0,667		200	8,753		8,753	204,9	W' / C' = 0,688		205
II 32,5	85	C(Kg) = 285		85	3,720		3,72	87,1	C'(kg) = 292		87
ΧΑΛΙΚΙ	657	0,144	0,9	657,9	28,792		27,932	653,8	0,144	0,9	653
R.C.	73	3,199	2,3	75,3	2,839		2,839	66,5	3,189	2,1	64
ΓΑΡΜΠΙΛΙ	200	0,162	0,3	200,3	8,766		8,766	205,2	0,162	0,3	205
ΑΜΜΟΣ	965	0,167	1,6	966,6	41,427		41,427	969,6	0,167	1,6	986
ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΤ	0,9			0,3	0,039		0,039	0,91			0,91
ΣΥΝΟΛΟ(Kg)	2370,9	Φ.Β.		2370,9	101,572		101,853	2384	Φ.Β.ΝΣΣ		2384
V(m3)	1m3 N.Σ.Σ.	Μελετ.		1m3 N.Σ.Σ.	0,043764756 m3NΣΣ	m3NΣΣ0,043885831	1m3NΣΣ	Πειραμ.			1m3N.Σ.Σ.

III ΕΡΓ. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ(ΝΩΠΟΥ)		Χρον.Διαρκ.		Θερμοκρ. Ημέρας Δοκιμής & Υγρ.			
Διαδικ.Παρασκ.&Μετρ.	Προγρ.	Πραγ.	Χώρος	Θάλαμ.	Περιβ.	Εργαστ.	
1 Προσθ.W	1λ	1λ	Ωρα Δοκ.		12:00	12:00	12:00
2 Αναμικη	2λ	2λ	οC		20	24	22
3 Κάθιση	5λ	2λ	Slump= 7,6 Κατ. S2				
4 Δοκίμια	8λ	5λ	(19075 / 8,001)= 2384 kg/m3NΣΣ				
5 Φ.Β.	5λ	3λ	Ενδειξη:1,67 % Πραγμ.:1,47 %				
6 Αερο/τητα	5λ	1λ					
Σύνολο Χρόνων	26λ	14λ					

III	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Θλιπ.Αντοχές			Ημερομηνία	Διάρκεια Συντηρ. Ημερών	Μετά Ξεκ.	Μετά Συντ.	Ανω Θλιβ.	Κάτω Θλιβ.	Μέση Θλιβόμενη Επιφ.	Φορτίο (KN)	Θλιπτ. Τάση				
α/α	Δοκίμιο	Μητρ.	Δειγμ.	Θραύσης	μήτρ. Αερας	Θαλαμ.	Συνολ.χρον.	m(gr)	m(gr)	Επιφ.(mm2)	Επιφ.(mm2)	(As) mm2	Ενδ.	Πραγμ.	Mpa
1	FB2/1-28	T1	18/11/2005	16/12/2005	1	27	28	7986	7937	22411,55	22447,53	22429,54	765,08	767	34,2
2	FB2/2-28	T3	18/11/2005	16/12/2005	1	27	28	7961	8002	22317,72	22475,49	22396,61	752,8	754,7	33,7
3	FB2/3-28	T5	18/11/2005	16/12/2005	1	27	28	8048	7912	22725,09	22517,99	22621,54	763	765	33,82
4	FB2/4-7	T6	18/11/2005	25/12/2005	1	6	7	8051	8018	22469,00	22540,00	22504,50	591,5	593	26,35
5	FB2/5-7	T8	18/11/2005	25/12/2005	1	6	7	8082	8036	22550,97	22680,27	22615,62	627,3	628,9	27,81

Πτυχιακή Εργασία Χαρίλαος Κ. Κανταρέλης

Επεξηγήσεις για την κατανόηση του παραπάνω πίνακα δίνονται στο κεφάλαιο 6.2 επεξηγήσεις των όρων.

3.2.6 Κατάστρωση Πίνακα συγκριτικής αξιολόγησης των εργαστηριακών αναμιγμάτων και επεξηγήσεις

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m3																			ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ					
L.M.ij		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	Σ=ΦΒ _{ΝΣΣ}	A%	C(kg/m3)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _χ	Φ _{B_{χ,γ}}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	N _{ij}	T1 _{ij}	T2 _{ij}	RC _{ij}	χ _{ij}	γ _{ij}	α _{ij}	Σ _{ij}	A _{ij}	C _{ij}	W _{ij} /C _{ij}	SL _{ij}	f _{ij} /n ₁ -7	Ave _{ij} -7	R _{7ij}	f _{ij} /n ₂ -28	Ave _{ij} -28	R _{28ij}	μ _{χij}	Φ _{B_{χ,γij}}	V _{χ,γij}	P _{No60ij}	
X%	RC(ανάλυση)					RC _{χij}	RC _{γij}	RC _{αij}						f _{ij} /n ₁ -7			f _{ij} /n ₂ -28				Φ _{B_{χ,γ,RC}}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
RC	EQ.					Σ(χ _{ij} +RC _{χij})	Σ(γ _{ij} +RC _{γij})	Σ(α _{ij} +RC _{αij})	Σ _{ij}								f _{ij} /n ₂ -28				μ _{χij}	Φ _{B_{χ,γ,RCij}}	V _{χ,γ,RCij}	P _{No200ij}

L.M.ij : Κωδικός εργαστηριακού αναμιγματος Laboratory Mix i(σειρά)
{ i: A,B , j:0,1,2,3,4,5 }

X% : Η επί της % περιεκτικότητα σε RC.

Real : Η πραγματική σύνθεση με x, γ, α, RC του L.M.ij εργαστηριακού αναμιγματος.

EQ. : Η Ισοδύναμη (equivalent) σύνθεση με x, γ, α, RC_x, RC_γ, RC_α του L.M.ij εργαστηριακού αναμιγματος.

N_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του συνολικού νερού στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

T1_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του T1 στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

T2_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του T2 στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

RC_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του RC στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

x_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του x στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

γ_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του γ στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

α_{ij} (Kg) : Η ποσότητα της α στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

RC_{xij} (Kg) : Η ποσότητα “χαλικιού” (x) της παραγωγής που θεωρείται ότι περιέχεται στην ποσότητα του επιστρεφόμενου” (RC_{ij}) που μπήκε στο εργαστηριακό L.M.ij ανάμιγμα.

RC_{γij} (Kg) : Η ποσότητα “γαρμπιλιού” (γ) της παραγωγής που θεωρείται ότι περιέχεται στην ποσότητα του επιστρεφόμενου” (RC_{ij}) που μπήκε στο εργαστηριακό L.M.ij ανάμιγμα.

RC_{αij} (Kg) : Η ποσότητα “άμμου” (α) της παραγωγής που θεωρείται ότι περιέχεται στην ποσότητα του επιστρεφόμενου” (RC_{ij}) που μπήκε στο εργαστηριακό L.M.ij ανάμιγμα.

Σ(x_{ij}+RC_{xij}) (Kg) : Το άθροισμα της ποσότητας x και της ποσότητας του RC που αναλύεται σε x στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

Σ(γ_{ij}+RC_{γij}) (Kg) : Το άθροισμα της ποσότητας γ και της ποσότητας του RC που αναλύεται σε γ στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

Σ(α_{ij}+RC_{αij}) (Kg) : Το άθροισμα της ποσότητας α και της ποσότητας του RC που αναλύεται σε α στο L.M.ij εργαστηριακό ανάμιγμα.

Σ_{ij} (Kg) : Το σύνολο σε kg του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

A_{ij} : Το ποσοστό αεροπεριεκτικότητας του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

C_{ij} (Kg) : Η ποσότητα του συνόλου των τσιμέντων (T1 και T2) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

W_{ij}/C_{ij} : Ο λόγος συνολικού νερού προς συνολικού τσιμέντου σύνθεσης του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

SL_{ij} : Η κάθιση σε mm του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

f_{ij}/n_1-7 : Η θλιπτική αντοχή του f_{ij}/n_1-7 7-ημερών συμβατικής συντήρησης n_1 -οστού δοκιμίου του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος ($n_1=4,5$).

f_{ij}/n_2-28 : Η θλιπτική αντοχή του f_{ij}/n_2-28 28-ημερών συμβατικής συντήρησης n_2 -οστού δοκιμίου του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος ($n_2=1,2,3$).

$Ave_{ij}-7$: Ο μέσος όρος της αντοχής των f_{ij}/n_1-7 δοκιμίων του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

$Ave_{ij}-28$: Ο μέσος όρος της αντοχής των f_{ij}/n_2-28 δοκιμίων του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

R_{7ij} : Το εύρος της αντοχής των f_{ij}/n_1-7 δοκιμίων του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

R_{28ij} : Το εύρος της αντοχής των f_{ij}/n_2-28 δοκιμίων του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

μ_{xij} (Kg) : Η ποσότητα των Χονδρόκοκκων (x, γ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

μ'_{xij} (Kg) : Η ποσότητα των Χονδρόκοκκων (x, RCx, γ, RCγ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

$\Phi B_{x,\gamma ij}$ (kg/m³) : Το Φαινόμενο Βάρος των Πρότυπα συμπυκνωμένων Χονδρόκοκκων (x, γ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

$\Phi B_{x,\gamma,RCij}$ (kg/m³) : Το Φαινόμενο Βάρος των Πρότυπα συμπυκνωμένων Χονδρόκοκκων (x, γ, RCx, RCγ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

$V_{x,\gamma ij}$ (m³/1m³NΣΣ) : Ο όγκος των Πρότυπα συμπυκνωμένων Χονδρόκοκκων (x, γ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

$V'_{x,\gamma,RCij}$ (m³/1m³NΣΣ) : Ο όγκος των Πρότυπα συμπυκνωμένων Χονδρόκοκκων (x, RCx, γ, RCγ) του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος.

P_{No60ij} : Το ποσοστό επί της % του διερχόμενου των αδρανών του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος από το κόσκινο No 60.

$P_{No200ij}$: Το ποσοστό επί της % του διερχόμενου των αδρανών του L.M.ij εργαστηριακού αναμίγματος από το κόσκινο No 200.

3.2.7 Πίνακας Συσχέτισης Μεταβλητών και Επεξηγήσεις

i	$RA\% \equiv x_i$	$\log f \equiv y_i$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_i(x_i - \bar{x})$	$b_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$	$b_0 = \bar{y}$
1	X1	y1	$(x_1 - \bar{x})^2$	$(y_1 - \bar{y})^2$	$y_1(x_1 - \bar{x})$		
2	X2	Y2	$(x_2 - \bar{x})^2$	$(y_2 - \bar{y})^2$	$y_2(x_2 - \bar{x})$		
.....							
10	X10	Y10	$(x_{10} - \bar{x})^2$	$(y_{10} - \bar{y})^2$	$y_{10}(x_{10} - \bar{x})$		
n=10	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2$	$\sum_{i=1}^{10} (y_i - \bar{y})^2$	$\sum_{i=1}^{10} y_i(x_i - \bar{x})$	b1	b0

↓
S_{xx}

↓
S_{yy}

↓
S_{xy}

Για να υπολογίσουμε την εξίσωση της ευθείας των πειραματικών τιμών χρησιμοποιούμε τον τύπο: $Cf : y = b_0 + b_1(x - \bar{x})$

Για να υπολογίσουμε τα όρια εμπιστοσύνης και πρόβλεψης χρησιμοποιούμε τους παρακάτω τύπους:

Όρια Εμπιστοσύνης:

Όρια Πρόβλεψης:

$$[y_o \pm t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{MS_E(\frac{1}{n} + \frac{(x_o - \bar{x})^2}{S_{xx}})}], [y_o \pm t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{MS_E(\frac{1}{k} + \frac{1}{n} + \frac{(x_o - \bar{x})^2}{S_{xx}})}]$$

, όπου: $MS_E = \frac{SS_E}{n-2}$, $SS_E = (S_{yy} - SS_R)$, $SS_R = b_1 * S_{xy}$

Επεξηγήσεις:

S_{xx} : Το διορθωμένο άθροισμα των τετραγώνων των x.

S_{yy} : Το διορθωμένο άθροισμα των τετραγώνων των y.

S_{xy} : Το διορθωμένο άθροισμα του εξωτερικού γινομένου των διανυσμάτων των x,y.

$t_{\alpha/2, n-2}$: Το επί της % μονόπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης.

k : Το πλήθος των εργαστηριακών αναμιγμάτων (δηλ. εργαστηριακών δοκιμών) για κάθε x_i .

b_1 : Η κλίση της ευθείας $y = b_0 + b_1(x - \bar{x})$

b_0 : Το απόκομμα της ευθείας $y = b_0 + b_1(x - \bar{x})$ (στον άξονα y).

SS_R : Το άθροισμα των τετραγώνων της παλινδρόμησης $SS_R = b_1^* S_{xy}$.

SS_E : Το άθροισμα των τετραγώνων του σφάλματος (υπολείμματος)
 $SS_E = (S_{yy} - SS_R)$.

MS_E : Η μέση τιμή των τετραγώνων των σφαλμάτων(υπολειμμάτων)

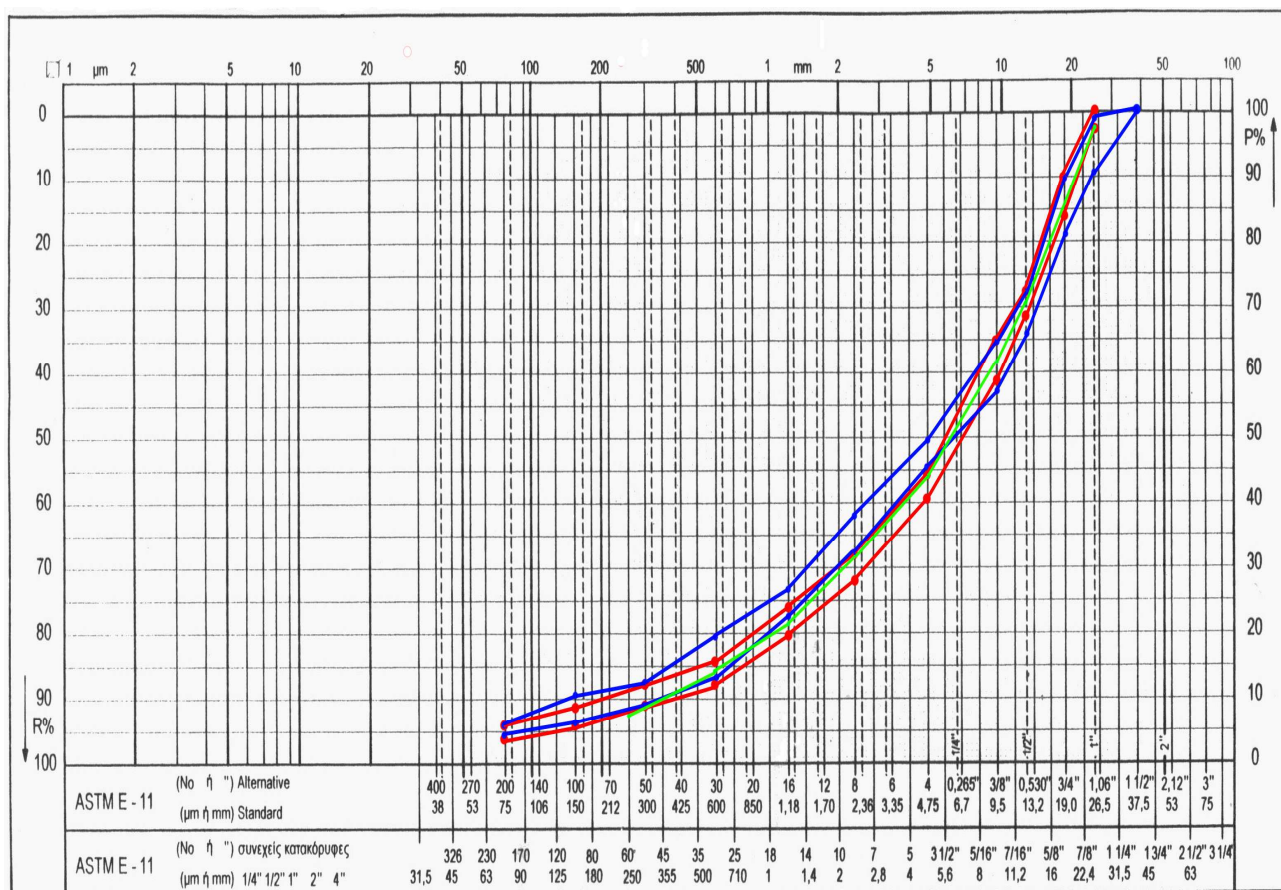
$$MS_E = \frac{SS_E}{n - 2}.$$

Η απόδειξη όλων των παραπάνω τύπων καθώς και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήσαμε για να υπολογίσουμε την εξίσωση της ευθείας καθώς και των ορίων Εμπιστοσύνης , Πρόβλεψης , αναφέρεται στο Textbook “ Douglas C. Montgomery, Design and Analysis Of Experiments, σελ.490” († : ¶ 7.1).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν συγκεντρώθηκαν και έχουν καταγραφεί στους πίνακες που ακολουθούν. Στους πίνακες αυτούς περιέχονται όλες οι απαραίτητες μετρήσεις για την διεξαγωγή συμπερασμάτων.

4.1 Κοκκομετρικό διάγραμμα σύγκρισής των ορίων μεταξύ 1ης και 2ης δειγματοληψίας RC και της υποζώνης Fuller



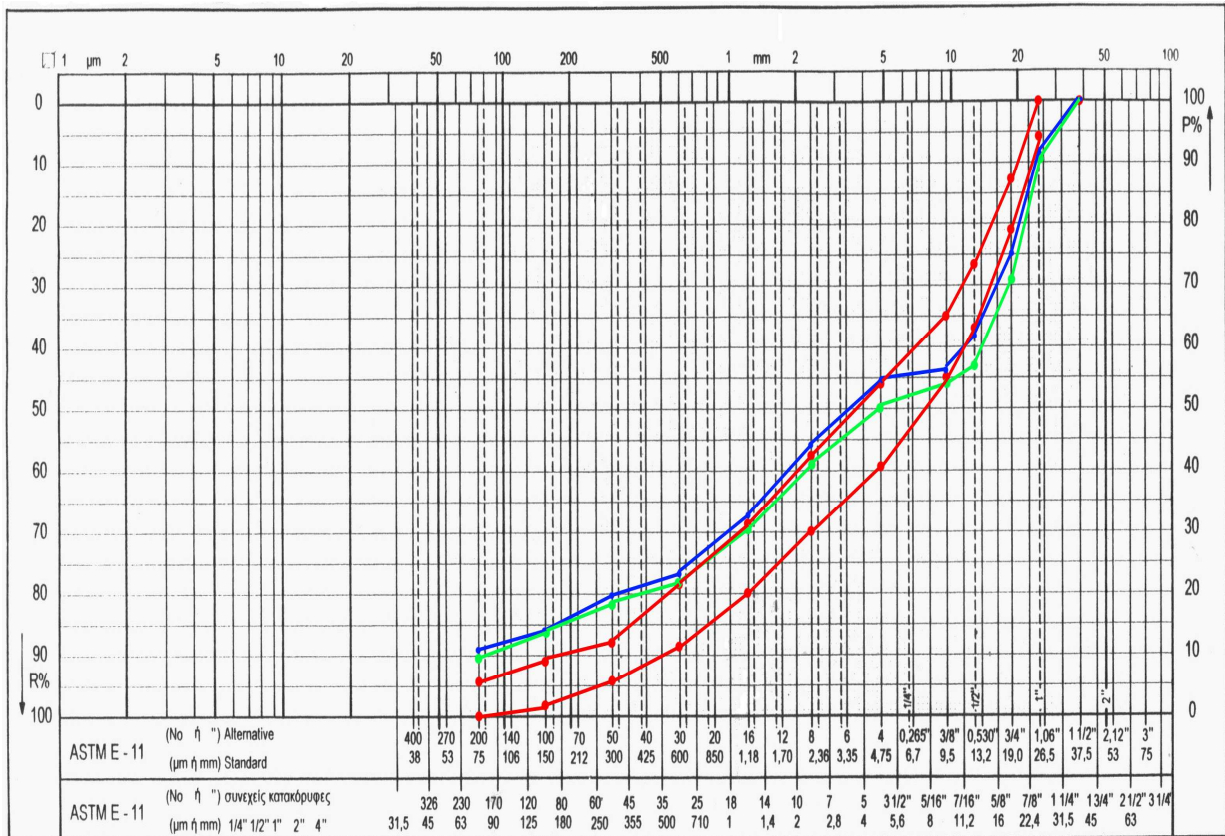
___ Υποζώνη Fuller* , ___ Όριο 1ης και 2ης Δειγμ. RC , ___ Μέσο Υποζώνης Δ

(*) : Υποζώνη Fuller μεγίστου κόκκου 1" (R= 0 – 2,5%). “Σταθάκη Ε., Λαγνιώτη Χ., Τα Δομικά Υλικά και Οι Εφαρμογές τους, σελ.51”. († : ¶ 7.1).

4.2 Πίνακας Υπολογισμού της % Διαφοράς Περαιμάτων Κοκκομέτρησης

ΚΟΣΚΙΝΟ	1η Συγκέντρωση (P%)	2η Συγκέντρωση (P%)	P_{max} - P_{min} %	(P_{max} - P_{min})/2 %
1"	98	90,5	7,5	3,25
3/4"	89	83,5	5,5	2,75
1/2"	71,8	66	5,8	2,9
3/8"	64,2	58,3	5,9	2,95
No4	50	45,5	4,5	2,25
No8	37,3	33,5	3,8	1,9
No16	26,7	21,6	5,1	2,55
No30	14	18,5	4,5	2,25
No50	10	12,9	2,9	1,45
No60	9,5	12,2	2,7	1,33
No70	9	11,8	2,8	1,4
No100	7	10,7	3,7	1,85
No200	4,9	7	2,1	1,05

**4.3 Κοκκομετρικό διάγραμμα σύγκρισης των καμπύλων μίγματος 0%RC
και 20%RC με την Υποζώνη Μίγματος Αδρανών για Αντλήσιμο
Σκυρόδεμα (Pumping “Ξ”)**



___ Υποζώνη Αντλήσιμου* , ___ Μείγμα 20% RC , ___ Μείγμα 0% RC

(*): Υποζώνη Μίγματος Αδρανών για Αντλήσιμο Σκυρόδεμα (Pumping “Ξ”)
κοινής ελάχιστης περιοχής του ACI και της Αμερικάνικης Εταιρείας
Παραγωγής Αντλιών Νωπού Σκυροδέματος Putzmeister.

4.4 Πίνακες συγκριτικής αξιολόγησης των εργαστηριακών αναμιγμάτων

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.A0		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	199	204	87	0	719	204	962	2376	1,65	291	0,684	9	28,48	28,05	0,85	33,9	34,29	0,79	923	1642	0,562	18,57	
0% RC	RC(ανάλυση)					0	0	0						27,63			34,69				ΦΒ _{χ,γ,RC}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					719	204	962	2376												923	1642	0,562	10,88

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.A1		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	205	206	87	32	683	205	969	2387	1,53	293	0,699	10	28,49	28,5	0,02	32,56	33,05	0,98	888	1644	0,54	18,8	
5% RC	RC(ανάλυση)					12	4	16						28,51			33,54				ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					695	209	985	2387												904	1644	0,549	11,02

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.A2		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	200	205	87	60	662	205	969	2388	1,62	292	0,685	8	28	28,42	0,85	33,71	33,76	0,11	867	1644	0,527	18,87	
10% RC	RC(ανάλυση)					23	7	30						28,85			33,82				ΦΒ _{χ,γ,RC}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					685	212	999	2388												897	1644	0,545	11,06

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.A5		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	255	186	79	649	0	187	880	2236	2,4	265	0,962	6	19,14	19,41	0,55	22,33	22,88	1,1	187	1792	0,104	21,88	
100% RC	RC(ανάλυση)					247	70	332						19,69			23,43				ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					247	257	1212	2236												504	1694	0,297	12,89

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B0		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	201	206	87	0	717	205	970	2386	1,4	293	0,686	10	28,14	27,61	1,07	34,3	34,64	0,55	922	1642	0,562	18,65	
0% RC	RC(ανάλυση)					0	0	0						27,07			34,76				ΦΒ _{χ,γ,RC}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					717	205	970	2386								34,85				922	1642	0,562	10,92

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B1		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	201	205	87	32	685	205	969	2385	1,41	292	0,688	10,2	26,61	26,58	0,05	32,9	33,35	0,77	890	1644	0,541	18,83	
5% RC	RC(ανάλυση)					12	4	16						26,56			33,67				ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					697	209	985	2385								33,5				906	1644	0,551	11,02

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B2		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	201	205	87	64	653	205	968	2384	1,47	292	0,688	7,6	26,35	27,08	1,46	34,2	33,91	0,5	858	1644	0,522	19,01	
10% RC	RC(ανάλυση)					24	7	33						27,81			33,7				ΦΒ _{χ,γ,RC}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					677	212	1001	2384								33,82				889	1644	0,54	11,12

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B3		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	200	204	87	133	582	204	965	2378	1,6	291	0,687	8,2	26,16	26,06	0,19	32,06	32,49	1,3	786	1650	0,476	19,42	
20% RC	RC(ανάλυση)					51	14	68						25,97			32,06				ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					633	218	1033	2378								33,36				851	1650	0,516	11,34

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B4		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	231	196	83	328	358	196	925	2318	1,9	279	0,828	8,2	22,03	21,99	0,07	28,8	28,15	1,05	554	1666	0,332	20,63	
50% RC	RC(ανάλυση)					125	35	168						21,96			27,95				ΦΒ _{χ,γ,RC}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					483	231	1093	2318								27,75				714	1664	0,429	12,01

Τελική Σύνθεση Ξ.κλ. Αδρ. Kg / m ³														ΣΥΜΠ. Φ.Β. Χ/Κ										
L.M.B5		N	T1	T2	RC	χ	γ	α	ΣΦΒΝΣΣ	A%	C(kg/m ³)	W / C	Κάθιση(mm)	f ₇	Ave. 7	R ₇	f ₂₈	Ave. 28	R ₂₈	μ _x	ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ}	P _{No60}	
Σειρά	Real	261	187	80	653	0	187	883	2252	2,45	267	0,977	7,3	17,69	17,66	0,05	23,46	23,49	0,59	187	1792	0,104	22,84	
100% RC	RC(ανάλυση)					250	71	332						17,64			23,8				ΦΒ _{χ,γ}	V _{χ,γ,RC}	P _{No200}	
	EQ.					250	258	1215	2252								23,21				508	1694	0,299	13,23

4.5 Πίνακας συσχέτισης μεταβλητών

i	$RA\% \equiv x_i$	$\log f \equiv y_i$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_i(x_i - \bar{x})$	$b_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$	$b_0 = \bar{y}$
1	0	1,535	900	0,0023	-46,05		
2	0	1,539	900	0,0027	-46,17		
3	5	1,519	625	0,0010	-37,97		
4	5	1,523	625	0,0013	-38,07		
5	10	1,528	400	0,0017	-30,56		
6	10	1,531	400	0,0019	-30,62		
7	20	1,512	100	0,0006	-15,12		
8	50	1,450	400	0,0014	29		
9	100	1,359	4900	0,0164	95,13		
10	100	1,371	4900	0,0134	95,97		
n=10	$\bar{x}=30$	$\bar{y}=1,487$	$\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2$ = 14150	$\sum_{i=1}^{10} (y_i - \bar{y})^2$ = 0,0422	$\sum_{i=1}^{10} y_i(x_i - \bar{x})$ = -24,46	$b_1 = -0,0017$	$b_0 = 1,487$

Άρα : $S_{xx} = 14150$, $S_{yy} = 0,0422$, $S_{xy} = -24,46$

Οπότε προκύπτει ότι η εξίσωση της Μέσης Ευθείας των Πειραματικών Μετρήσεων είναι η εξής: $y = -0,0017x + 1,538$ που τελικά προκύπτει ότι:

$$f = 34,51 * 10^{-0,0017 x}$$

Επίσης προκύπτει οι εξισώσεις $y_1 = -0,11x_1 + 1,533$ και $y_2 = -0,11x_2 + 1,537$, που προκύπτουν από τις πειραματικές μετρήσεις συμβατικών θλιπτικών αντοχών των δύο σειρών εργαστηριακών αναμιγμάτων ξεχωριστά.

Επίσης από τα παραπάνω προκύπτει ότι: $SS_R=0,0416$, $SS_E=0,0006$, $MS_E=0,000075$.

Τα όρια εμπιστοσύνης και πρόβλεψης δίνονται από τους παρακάτω τύπους:

Όρια Εμπιστοσύνης:

$$[y_o \pm t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{0,000075 \left(\frac{1}{10} + \frac{(x_o - \bar{30})^2}{14150} \right)}]$$

Όρια Πρόβλεψης:

$$[y_o \pm t_{\alpha/2, n-2} \sqrt{0,000075 \left(\frac{1}{k} + \frac{1}{10} + \frac{(x_o - \bar{30})^2}{14150} \right)}]$$

Στις επόμενες δύο σελίδες που ακολουθούν έχουν σχεδιαστεί τόσο η μέση ευθεία πειραματικών μετρήσεων όσο και τα όρια εμπιστοσύνης και πρόβλεψης για $A_{\mu\text{ον}}=2,5\%$ και $A_{\mu\text{ον}}=5\%$. Επίσης σχεδιάστηκαν και οι μέσες ευθείες πειραματικών μετρήσεων μεμονωμένα για τα δύο εργαστηριακά αναμίγματα.

5.1 Συμπεράσματα – Μερικά

Από το πειραματικό μέρος και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτουν τα ακόλουθα μερικά συμπεράσματα.

5.1.1 Κοκκομετρικής Καμπύλης Ανακυκλωμένου Υλικού και Μίγματος Αδρανών

α) Αν δεχθούμε σαν καμπύλη του υλικού ανακύκλωσης την μέση κοκκομετρική καμπύλη των καμπύλων των δύο υλικών ανακύκλωσης, που χρησιμοποιήθηκαν, τότε οι ακραίες περιπτώσεις κοκκομετρικής καμπύλης μίγματος που έτυχε να μελετηθούν παρουσίασαν διαφορές κάτω από 3 μονάδες στα χοντρά κόσκινα και κάτω από 2 μονάδες στα λεπτά κόσκινα. Ενώ επιτρέπεται από τον ΕΚΤΣ για οποιοδήποτε κλάσμα (αδρανές σκυροδέματος), αντίστοιχα στα χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή το ± 8 και ± 4 μονάδες για να μην χρειάζεται νέα σύνθεση σκυροδέματος και ± 10 και ± 6 μονάδες αντίστοιχα για να επιτρέπεται οριακή λογιστική διόρθωση στις ποσότητες μόνον των αδρανών. Δηλαδή στην τελευταία περίπτωση επιτρέπονται τριπλάσιες αποκλίσεις. Δηλαδή $10/3,25 = 3,08$ και $8/2,55 = 3,14$.

β) Επίσης η κοκκομετρική των δύο ανακυκλούμενων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν ευρίσκεται μέσα στην στενή περιοχή Fuller για μέγιστο κόκκο $1''/1 \frac{1}{4}''$, στα άκρα της καμπύλης και αποκλίνει 5 μόνο μονάδες προς τα επάνω στο μέσο της καμπύλης. Οι μικρές αυτές αποκλίσεις οφείλονται στο γεγονός ότι στη φάση της θραύσης του ανακυκλωμένου πραγματοποιείται κοκκομετρική διόρθωση του κανονικού μίγματος αδρανών. Άρα θα ήταν άριστο υλικό εάν αντικαθιστούσε μέρος του μίγματος αδρανών της όποιας σύνθεσης κανονικού αντλήσιμου σκυροδέματος, που δεν θα του δημιουργούσε το παραμικρό πρόβλημα λόγω του μικρού ποσοστού του ανακυκλούμενου (κάτω από το 15%).

γ) Οι τυχαίες κοκκομετρήσεις δύο διαφορετικών εβδομαδιαίων συγκεντρώσεων ανακύκλωσης που ελήφθησαν σε απόσταση (έξι μηνών) παρουσιάζουν μέγιστες διαφορές 3,2 μονάδες στα χοντρά και 2,6 μονάδες στα λεπτά κόσκινα από τον μέσο όρο τους δηλαδή το 1/3 από αυτό που από τον ΕΚΤΣ '97 για να μην χρειάζεται νέα άλλη σύνθεση. Επομένως η κοκκομετρική καμπύλη του μέσου ανακυκλούμενου υλικού μπορεί να θεωρηθεί δεκτή σαν καμπύλη του αδρανούς αυτού που δηλώνεται στην Μελέτη Σύνθεσης Σκυροδέματος.

δ) Η κοκκομετρική καμπύλη μίγματος αδρανών υλικών μέχρι και την αντικατάσταση του κανονικού χαλικιού από ανακυκλώμενο υλικό σε ποσοστό 20% βελτιώνεται λίγο περισσότερο στα “χοντρά” κόσκινα πλησιάζοντας το κάτω όριο της υποζώνης Pumping “ξ” αλλά χειροτερεύει λίγο κατά δυο ποσοστιαίες μονάδες στα λεπτά κόσκινα. Δηλαδή γίνεται δεκτή για αντλήσιμο σκυρόδεμα σύμφωνα με την Ελληνική πρακτική.

5.1.2 Συμβατικής Θλιπτικής Αντοχής Εργαστηριακών Αναμιγμάτων

α) Οι αντοχές παρουσίασαν μια ομοιομορφία και στις δύο σειρές εργαστηριακών αναμιγμάτων. Αυτό φαίνεται από την κατασκευή των δύο ευθειών, με εξισώσεις $y_1 = -0,11x_1 + 1,533$ και $y_2 = -0,11x_2 + 1,537$, που προκύπτουν από τις πειραματικές μετρήσεις συμβατικών θλιπτικών αντοχών των δύο σειρών εργαστηριακών αναμιγμάτων ξεχωριστά.

β) Για μια αντικατάσταση του κανονικού χαλικιού του μίγματος των αδρανών από κάποιο ποσοστό RC, μπορούμε να προβλέψουμε με αρκετά μεγάλη ακρίβεια, ανάλογα με το μονόπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης και το πλήθος των εργαστηριακών αναμιγμάτων (του ίδιου ποσοστού %RC), την περιοχή που θα κυμαίνεται η συμβατική θλιπτική αντοχή του αναμίγματος. Π.χ. για αντικατάσταση με 20%RC, για μονόπλευρο διάστημα εμπιστοσύνης 5% και για 2 εργαστηριακά αναμίγματα. Η τιμή της συμβατικής θλιπτικής αντοχής θα κυμαίνεται στην περιοχή $(31,6 \pm 1,6) \text{Mpa}$

5.2 Συμπεράσματα – Γενικά

A) Η όλη εργασία αυτή είναι μελέτη εργαστηριακή και σκοπιμότητας (feasibility study) και δίνει αρκετά ενθαρρυντικά πρώτα στοιχεία για να γίνει δυνατή μια σωστή και κυρίως οικονομική σχεδίαση νέας τελικής μελέτης για πιλοτική πραγματική εφαρμογή στην παραγωγή. Έτσι για την πραγματοποίηση μιας πιο ολοκληρωμένης εργασίας προβλέπεται να απαιτηθούν τουλάχιστον 15 εβδομαδιαίες συγκεντρώσεις αδρανών επιστρεφόμενων για δοκιμές και στον αναμικτήρα της μονάδας παραγωγής.

B) Η εργασία αποδεικνύεται ότι είναι αρκετά αξιόπιστη γιατί έδωσε σωστή επαναληψιμότητα. Δηλαδή οι συγκεντρώσεις της πρώτης ύλης του ανακυκλούμενου παρουσίασαν μια ομοιογένεια στην κοκκομετρία (†: ¶4.1) αλλά και μια ομοιογένεια στις αντοχές(†: ¶4.5, 4.6.1, 4.6.2).

Γ) Η μελέτη αυτή υποδεικνύει σε αρκετή πρόβλεψη και λεπτομέρεια τον σχεδιασμό της επόμενης μελέτης, δηλαδή όχι με αντικατάσταση μέρος του κανονικού χαλικιού της κανονικής σύνθεσης (δυσμενέστερο) αλλά με αντικατάσταση μέρος της όλης σύνθεσης των αδρανών. Αυτό όμως θα απαιτήσει την εγκατάσταση ξεχωριστού σιλό RC και αγορά εξοπλισμού για την σωστή έκπλυση του, που δεν είναι γνωστό να έχει εφαρμοστεί από καμία Βιομηχανία Ετοίμου Σκυροδέματος του Λεκανοπεδίου Αττικής.

6.1 Αλφαβητικός Πίνακας Ορολογίας

A

Αδρανές επιστρεφόμενων 1,19

Αναμίγματα 19,34,35,36

Απόβλητα 13

6.2 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Μεγεθών

† : Παραπομπή σε Παράγραφο ή σχόλιο.

Αδρανές επιστρεφόμενων : AR : Aggregate Of Returning ≡ **Ανακυκλούμενο**

Υλικό : RC : Recycled Concrete

α : άμμος

αρ. : αριστερά

γ : Γαρμπίλι

δ : δεξιά

δα(α) : Μήκος της πλευράς δα(αριστερά)

δα(δ) : Μήκος της πλευράς δα(δεξιά)

δα(μ) : Μήκος της πλευράς δα(μέσο)

ε : εμπρός

επ(α) : Μήκος της πλευράς επ(αριστερά)

επ(δ) : Μήκος της πλευράς επ(δεξιά)

επ(μ) : Μήκος της πλευράς επ(μέσο)

% κ.β.ε.ξ. : Επί της % κατά βάρος επί ξηρού

μ : Η ποσότητα του συνόλου των Χονδροκόκκων

μονάδες : Εκατοστιαίες μονάδες

N : Νερό

N.Σ.Σ. : Νωπό Συμπυκνωμένο Σκυρόδεμα

Ξ. Κλ. Υλ. : Υλικό(ά) ξηρό(ά) σε κλίβανο

π : πίσω

Συμπ. Φ.Β. Χ/Δ : Φαινόμενο Βάρος Συμπυκνωμένων Χονδροκόκκων

T1 : Το τσιμέντο “υψηλής” αντοχής (CEM II A-M(P-W) II 42,5N)

T2 : Το τσιμέντο “κοινής” αντοχής (CEM IV B(P-W) 32,5N)

Φ_{1,2,3,4} : Οι γωνίες που σχηματίζουν μεταξύ τους οι πλευρές

Φ. Υ. ΥΛ. : Υλικό(ά) με φυσική υγρασία

x : Χαλίκι

Ave. : Average : Μέσος Όρος

C : Η ποσότητα του συνόλου των τσιμεντών σε kg/m³

f₇ : Η αντοχή ενός δοκιμίου σε 7 ημέρες

f₂₈ : Η αντοχή ενός δοκιμίου σε 28 ημέρες

L.M.j.i. : Κωδικός εργαστηριακού αναμίγματος Laboratory Mix i(σειρά)
j(ανάμιγμα). { i: A,B , j:0,1,2,3,4,5 }

logf : Ο λογάριθμος της αντοχής

P_{No60} : Το ποσοστό του διερχόμενου του υλικού στο κόσκινο Νο60

P_{No200} : Το ποσοστό του διερχόμενου του υλικού στο κόσκινο Νο200

Pumping “Ξ” : Υποζώνη Μίγματος Αδρανών για Αντλήσιμο Σκυρόδεμα, κοινής ελάχιστης περιοχής του ACI και της Αμερικάνικης Εταιρείας Παραγωγής Αντλιών Νωπού Σκυροδέματος Putzmeister.

R : Range : Εύρος

Regression : Παλλινδρόμηση

W : Water (νερό)

6.3 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Συντμήσεων

ISO International Standard

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

6.4 Αλφαριθμητικός πίνακας Συμβολισμών Λογότυπα Ακρωνυμίων

ASTM American Society for testing and Materials

ACI American Concrete Institute

ΕΝ	Europäische Norm
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης.
ΚΤΣ	Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος
ΠΕΤΥΛ	Εργαστήριο Ποιοτικού Ελέγχου και Τεχνολογίας Υλικών (αίθουσα Β216), του τμήματος Φυσικής- Χημείας και Τεχνολογίας Υλικών της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ.
ΤΕΙ	Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

7.1 Βιβλιογραφία (εγχειρίδια και μονογραφίες)

- Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1985 (Φ.Ε.Κ. :266/B/9-5-1985).
- Εισηγητική Έκθεση Ελληνικού Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1985.
- Νέος Ελληνικός Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος 1997 (Φ.Ε.Κ. :17/04/1997)
- Εισηγητική Έκθεση Ελληνικού Κανονισμού Τεχνολογίας Σκυροδέματος του 1997.
- Douglas C. Montgomery, Design And Analysis Of Experiments, Third Edition, John Wiley & Sons, New York, 1991
- Harold S. Mickley, Thomas K. Sherwood, Charles E. Reed, Applied Mathematics In Chemical Engineering, Second Edition, McGraw-Hill Book Company INC., New York, 1957
- Max S., Timmerhaus, Klaus D. (University of Colorado, Boulder, USA), Plant Design and Economics for Chemical Engineers, McGraw-Hill Education – Europe, 1991
- Σταθάκη Ε., Λαγνιώτη Χ., Τα Δομικά Υλικά και Οι Εφαρμογές τους, Τόμος Ι, Αθήνα, 1967

7.2 Προδιαγραφές (πρότυπα – οδηγίες)

Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε./Κ.Ε.Δ.Ε./ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΚΑΙ ΥΛΙΚΩΝ Σ/Δ

- ΣΚ-303 Μέθοδος παρασκευής και συντήρησης δοκιμίων σκυροδέματος.
- ΣΚ-304 Μέθοδος ελέγχου αντοχής σε θλίψη για δοκίμια σκυροδέματος.
- ΣΚ-308 Χημικά πρόσθετα σκυροδέματος.

- ΣΚ-309 Μέθοδος δοκιμής κάθισης.
- ΣΚ-350 Δειγματοληψία νωπού σκυροδέματος.

ΕΛΟΤ

- ΕΛΟΤ 345-79 [ΣΕΠ] Το ύδωρ αναμίξεως και συντηρήσεως σκυροδέματος.
- ΕΛΟΤ 346-79 [ΣΕΠ] Το Έτοιμον σκυρόδεμα.
- ΕΛΟΤ 408-79 [ΣΕΠ] Θραυστά αδρανή δια συνήθη σκυροδέματα.
- ΕΛΟΤ 516-82 [ΣΕΠ] Νωπό σκυρόδεμα δειγματοληψία.
- ΕΛΟΤ 521-81[ΣΕΠ] Δοκιμή κάθισης.
- ΕΛΟΤ 671-81 [ΣΕΠ] Παρασκευή και συντήρηση δοκιμών σκυροδέματος.
- ΕΛΟΤ 722-81 [ΣΕΠ] Έλεγχος αντοχής σε θλίψη για δοκίμια σκυροδέματος.

AASHTO

- AASHTO Standard Method of Sampling Aggregates
- AASHTO T11 Standard Method of Test for Materials Finer Than 75-μm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.
- AASHTO T 27 Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
- AASHTO T 22-92 Compressive strength of concrete specimens.
- AASHTO T23-93 Making and curing concrete test specimens in the field.
- AASHTO T 26-79 Quality of water to be used in concrete.
- AASHTO T 119-93 Slump of hydraulic cement concrete.
- AASHTO T 126-93 Making and curing concrete test specimens in the laboratory.
- AASHTO T 141-93 Sampling freshly mixed concrete.

- AASHTO 152-93 Air content of freshly mixed concrete by the pressure method.

ASTM

- ASTM D 75 Practice for sampling aggregates.
- ASTM C 566 Test method for total moisture content of aggregate by drying.
- ASTM C 117 Test method for materials finer than 75- μ m (No200) sieve in mineral aggregates by washing.
- ASTM C 136 Test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM C 31M- 96 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field.
- ASTM C 33-93 Standard specification for concrete aggregates.
- ASTM C 94-98 Standard specification for ready mixed concrete.
- ASTM C 172-90 Standard practice for sampling freshly mixed concrete.
- ASTM C 192M- 95 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory.
- ASTM C 143-00 Standard test method for slump of hydraulic cement concrete.
- ASTM C 138-01a Standard test method for density(unit weight),yield and air content of concrete.
- ASTM C 494 -92 Standard specifications for chemical admixtures for concrete.
- ASTM C511-97 Standard specification for moist cabinets, moist rooms and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concrete.

ISO

- ISO 7144 – 1986 (E) Documentation Presentation of theses and similar Documents.
- ISO 3301 Statistical interpretation of data-Comparison of two means in the case of paired observations.
- ISO 5725-2 Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results.
- ISO 7870:1993 Control charts –General guide introduction.
- ISO 8258:1991 Shewhart control charts.

7.3 Δημοσιεύσεις (σε επιστημονικά περιοδικά)

« The Properties Of Recycled Concrete (Factors affecting strength and workability) » , M. Shokry Rashwan and Simaan AbouRizk , Concrete International Mag , July 1997.

7.4 Ανακοινώσεις (σε Συνέδρια)

« Στατιστικός έλεγχος ποιότητας παραγωγής τσιμεντοσκυροδέματος. Στατιστική αξιολόγηση και αξιοποίηση εργαστηριακών αποτελεσμάτων συμβατικής θλιπτικής αντοχής>> » , Ν.Νικολάου – Α.Φωτόπουλος , 14^ο Συνέδριο Σκυροδέματος , Κως 2003.

7.5 Πτυχιακές εργασίες

- « Επιρροή των παραμέτρων , μέσων και μεθόδου της δοκιμής παρασκευής , συντήρησης και θραύσης δοκιμίων έργου από νωπό σκυρόδεμα στην αντοχή τους σε θλίψη » , Γαλλιός Φραγκίσκος , ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 1999.
- «Συσχέτιση των θλιπτικών αντοχών συντροφικών δοκιμίων τσιμεντοσκυροδέματος συμβατικής και επιταχυνόμενη συντήρησης. » , Χατζηγιαννης Χρηστος, ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 2001.

- « Συσχέτιση των θλιπτικών αντοχών συζυγών συμβατικών δοκιμίων σκυροδέματος με συντήρηση αντίστοιχα, σε θάλαμο υγρασίας και νερό. » , Καραμάνου Σοφία, ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 2003.
- «Σύγκριση αποτελεσμάτων δοκιμών υγείας αδρανών υλικών σκυροδέματος με Ευρωπαϊκά και Αμερικάνικα πρότυπα » ,Μουστάκας Βασίλειος, ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 2004
- « Πειραματική εκτίμηση συνολικής αβεβαιότητας της μεθόδου προσδιορισμού της συμβατικής θλιπτικής αντοχής ετοιμού σκυροδέματος σε συγκεκριμένο εργαστήριο. » , Κωνσταντόπουλος Ανδρέας , ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 2003.
- « Συσχέτιση των συμβατικών θλιπτικών αντοχών συζυγών συμβατικών δοκιμίων σκυροδέματος κυλινδρικών και κυβικών.» , Καραθανάσης Ιωάννης , ΠΕΤΥΛ , ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ , 2005.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8°

Παράρτημα Α' : Πίνακες και Διαγράμματα (παραπομπές)

Α.1 - Εργαστηριακή προεκπαίδευση σπουδαστή

Εργαστηριακή αξιολόγηση του διεργαστηριακού τεστ.

Α/Α ΗΜΕΡΑΣ	Όνομα Εργαστηριακού	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜ/ΙΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜ/ΙΑΣ	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ ΘΡΑΥΣΗΣ	ΑΝΤΟΧΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ σε(Mpa)
01	Χ.Χατζηγιάννης	16/06/04	Π.Δ1,1	14/07/04	Π.Δ1,1	31,9
01	Χ.Κανταρέλης	16/06/04	Π.Δ1,2	14/07/04	Π.Δ1,2	31,7
01	Χ.Κανταρέλης	16/06/04	Π.Δ1,3	14/07/04	Π.Δ1,3	31,4
02	Χ.Χατζηγιάννης	18/06/04	Π.Δ2,1	16/07/04	Π.Δ2,1	32,7
02	Χ.Κανταρέλης	18/06/04	Π.Δ2,2	16/07/04	Π.Δ2,2	32,7
02	Χ.Κανταρέλης	18/06/04	Π.Δ2,3	16/07/04	Π.Δ2,3	32,4
03	Χ.Χατζηγιάννης	23/06/04	Π.Δ3,1	21/07/04	Π.Δ3,1	30,8
03	Χ.Κανταρέλης	23/06/04	Π.Δ3,2	21/07/04	Π.Δ3,2	31,3
03	Χ.Κανταρέλης	23/06/04	Π.Δ3,3	21/07/04	Π.Δ3,3	31,1
04	Χ.Χατζηγιάννης	25/06/04	Π.Δ4,1	23/07/04	Π.Δ4,1	31,1
04	Χ.Κανταρέλης	25/06/04	Π.Δ4,2	23/07/04	Π.Δ4,2	31,8
04	Χ.Κανταρέλης	25/06/04	Π.Δ4,3	23/07/04	Π.Δ4,3	32,1
05	Χ.Χατζηγιάννης	26/06/04	Π.Δ5,1	24/07/04	Π.Δ5,1	31,6
05	Χ.Κανταρέλης	26/06/04	Π.Δ5,2	24/07/04	Π.Δ5,2	32,2
05	Χ.Κανταρέλης	26/06/04	Π.Δ5,3	24/07/04	Π.Δ5,3	31,7

Χ. Χατζηγιάννης : $X_5 = (X_{11} + X_{21} + \dots + X_{51}) / 5 = 31,62 \text{ Mpa}$

$$S_{5-1} = [\sum (X_{ji} + X_{2j})^2 / (5-1)]^{1/2} = 0,74 \text{ Mpa}$$

Χ. Κανταρέλης : $X_{10} = (X_{1,2} + X_{1,3} + \dots + X_{5,2} + X_{5,3}) / 10 = 31,84$

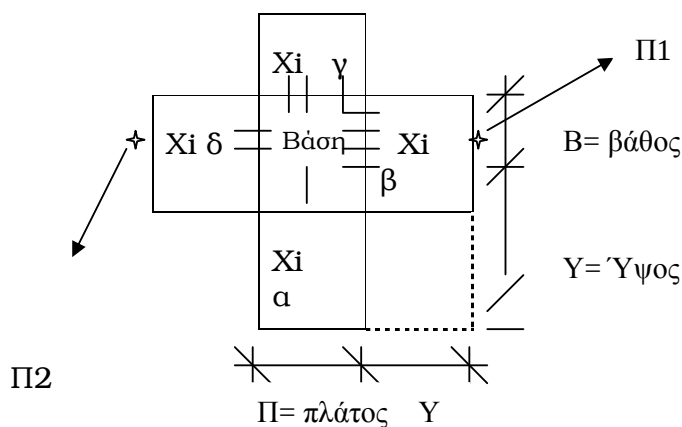
$$S_{10-1} = [\sum (X_{ji} + X_{2j})^2 / (10-1)]^{1/2} = 0,51 \text{ Mpa}$$

ΣΥΝΟΛΙΚΑ: $X_{15} = (X_{1,1} + X_{1,2} + \dots + X_{5,3}) / 5 = 31,77 \text{ Mpa}$

$$S_{15-1} = [\sum (X_{ji} + X_{2j})^2 / (15-1)]^{1/2} = 0,56 \text{ Mpa}$$

A.2 - Τρόπος σήμανσης μήτρων – Προσανατολισμός μήτρας

Κάτοψη αποσυναρμολογημένης μήτρας (σε ανάπτυγμα) .



ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

X_i : Αύξων αριθμός μήτρας

Έδρες μήτρας

α = εμπρός (I)

β = αριστερό (II)

γ = πίσω (III)

δ = δεξί (IIII)

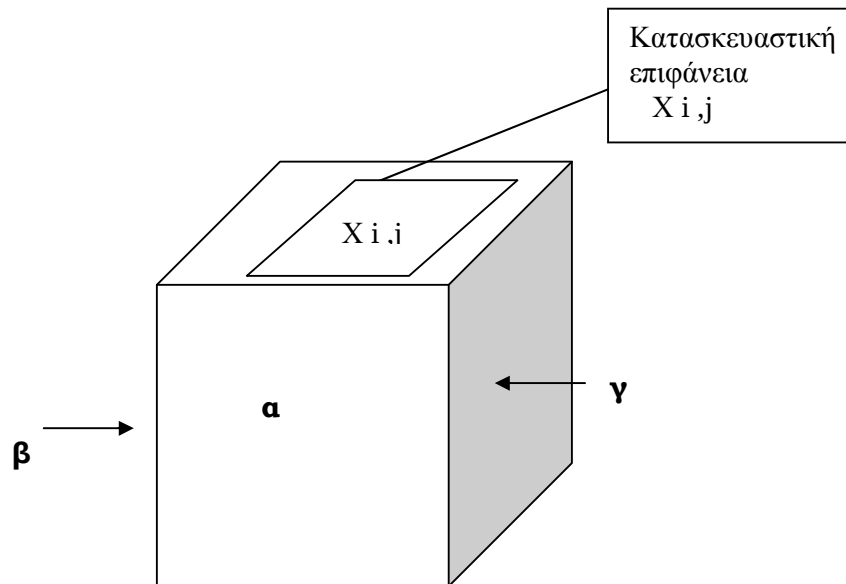
Πεταλούδα σύσφιξης

$\Pi 1$ = Δεξιά πεταλούδα

$\Pi 2$ = αριστερή πεταλούδα

Οι ευθείες που βρίσκονται στην βάση των παράπλευρων εδρών και στην βάση της μήτρας χαράσσονται με ανεξίτηλο μαρκαδόρο ώστε να χρησιμεύουν σαν οδηγός κατά την συναρμολόγηση της μήτρας .

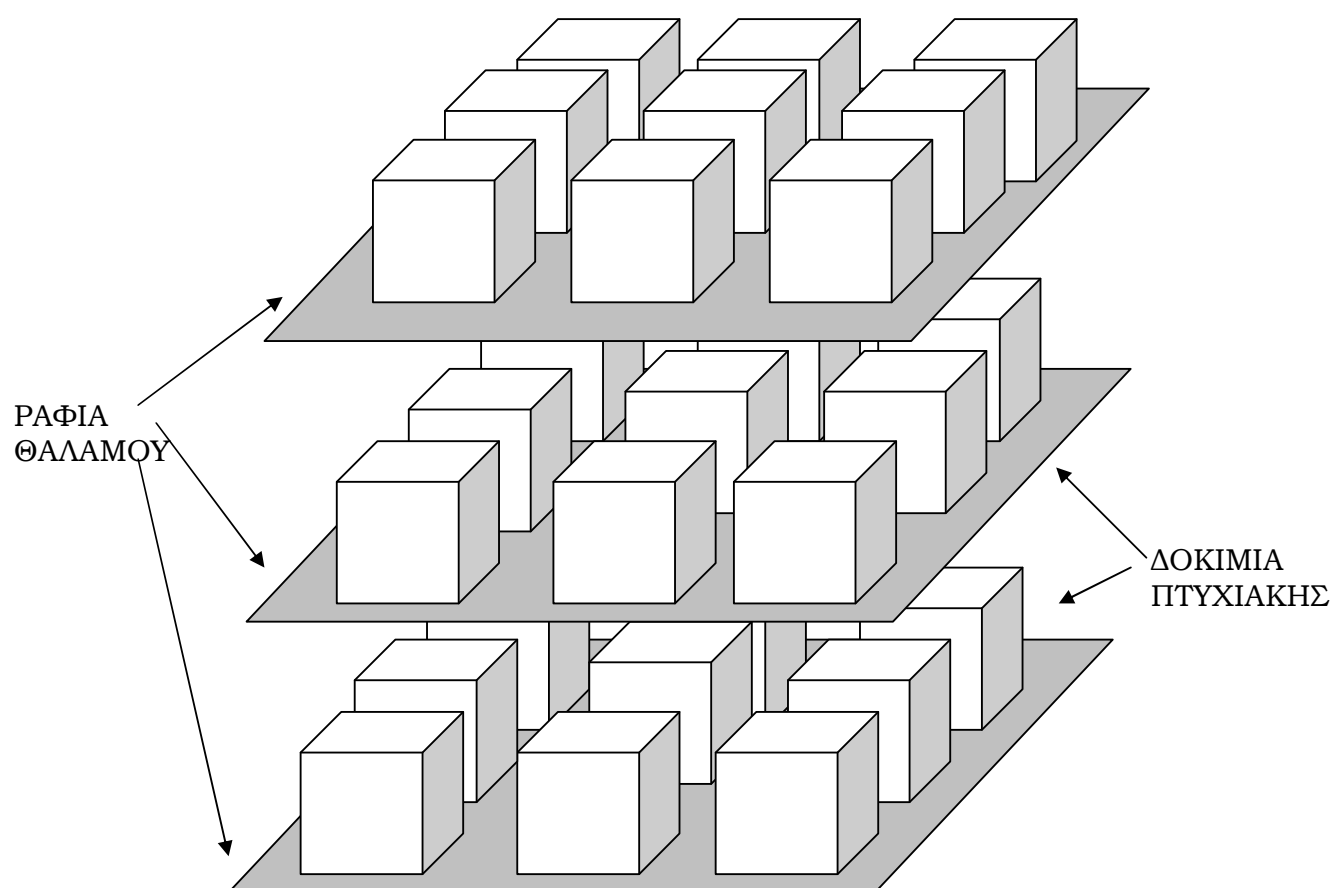
A.3 - Προσανατολισμός δοκιμίων



Παραπάνω βλέπουμε τον τρόπο σήμανσης του δοκιμίου μετά το ξεκαλούπωμα από την μήτρα όπου :

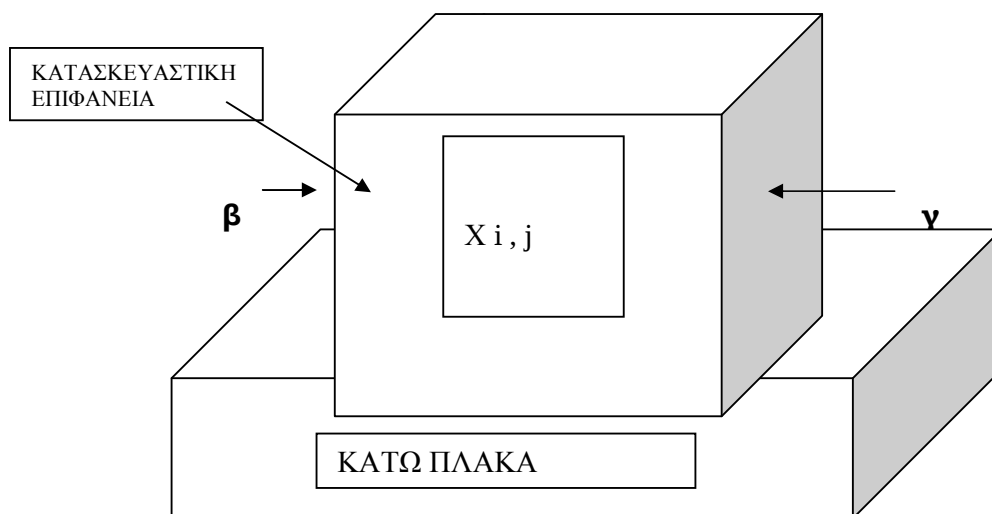
- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ = παράπλευρες έδρες δοκιμίου
- X = τόπος, χρόνος και είδος συντήρησης
 i = κωδικός μήτρας
 j = κωδικός δειγματοληψίας

Α.4 - Τοποθέτηση δοκιμών μέσα στο θάλαμο συμβατικής συντήρησης



A.5 - Προσανατολισμός θραύσης δοκιμίων

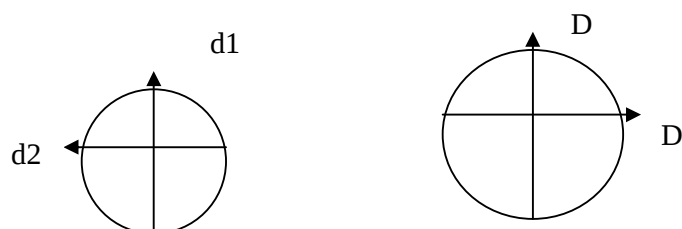
Ο τρόπος που το δοκίμιο τοποθετούταν στην πλάκες θλίψης πριν από την θραύση φαίνεται παρακάτω .



A.6 - Εσωτερικές βαθμονομήσεις

A.6.1 - Πίνακας βαθμονόμησης κώνου κάθισης

Η βαθμονόμηση έγινε με την βοήθεια ψηφιακού παχυμέτρου μετρώντας τις διαστάσεις του κώνου αντιδιαμετρικά όπως στο σχήμα που ακολουθεί



ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ 1η (mm)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ 2η (mm)	ΟΡΙΑ ΣΚ- 309
ΑΝΩ ΒΑΣΗ ΚΩΝΟΥ	d1=100,8	d1=101,3	100±2mm
ΚΑΤΩ ΒΑΣΗ ΚΩΝΟΥ	D1=200,7	D1=201,0	200±2mm
ΔΕΞΙ ΑΚΡΟ ΚΩΝΟΥ	15,89		
ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΑΚΡΟ ΚΩΝΟΥ	15,97		

A.6.2 - ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΘΑΛΑΜΟΥ ΕΡΓΑΝΗΣ

ΔΕΞΙΑ ΠΛΕΥΡΑ ΘΑΛΑΜΟΥ

A/A	ΧΡΟΝΟΣ	ΘΕΡ/ΣΙΑ Ξηρού Βολβού οC	ΘΕΡ/ΣΙΑ Υγρού Βολβού οC	$\delta=\theta_2-\theta_1$	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΚΙ	ΥΓΡΑΣΙΑ %
0	0	19	16,5	-2,5	NAI	80
1	15	19,7	18,4	-1,3	NAI	97
2	20	19,75	18,6	-1,15	NAI	97
3	24	19,75	18,6	-1,15	NAI	97
4	35	19,7	18,7	-1	NAI	97
5	40	19,7	18,6	-1,1	NAI	97,5
6	44	19,7	18,7	-1	OXI	97,5

A/A	ΧΡΟΝΟΣ	ΘΕΡ/ΣΙΑ Ξηρού Βολβού οC	ΘΕΡ/ΣΙΑ Υγρού Βολβού οC	$\delta=\theta_2-\theta_1$	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΚΙ	ΥΓΡΑΣΙΑ %
0	0	0	0	0	OXI	98
1	5	19,4	18,7	-0,7	OXI	98
2	10	19,4	18,8	-0,6	OXI	98
3	15	19,5	18,8	-0,7	OXI	98
4	20	19,6	18,9	-0,7	OXI	98

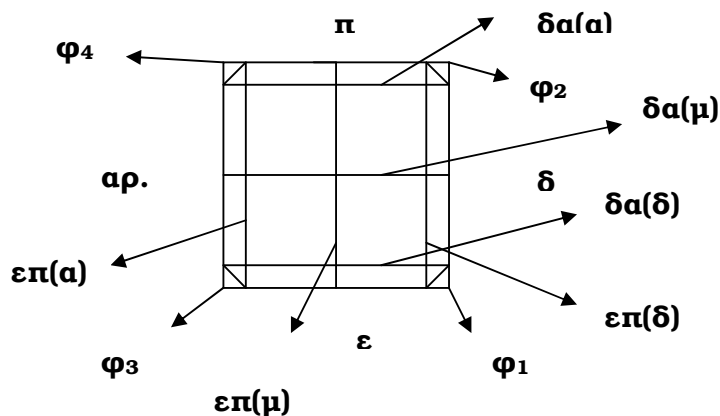
ΑΡΙΣΤΕΡΗ ΠΛΕΥΡΑ ΘΑΛΑΜΟΥ

A/A	ΧΡΟΝΟΣ	ΘΕΡ/ΣΙΑ Ξηρού Βολβού οC	ΘΕΡ/ΣΙΑ Υγρού Βολβού οC	$\delta=\theta_2-\theta_1$	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΚΙ	ΥΓΡΑΣΙΑ %
0	0	19,2	18,2	-1	NAI	99
1	7	19,4	18,3	-1,1	NAI	95
2	12	19,5	18,4	-1,1	NAI	95
3	17	19,4	18,3	-1,1	NAI	95
4	28	19,6	18,5	-1,1	OXI	95

A.6.3 - ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΜΗΤΡΩΝ

Κωδικός Μήτρας	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)						ΥΨΟΣ ΠΛΕΥΡΩΝ (mm)				ΓΩΝΙΑ (°)			
	επ(δ)	επ(μ)	επ(α)	δα(δ)	δα(μ)	δα(α)	hα Μέσο	hβ Μέσο	hγ Μέσο	hδ Μέσο	Φ1 άνω	Φ2 άνω	Φ3 άνω	Φ4 άνω
T1	149,86	150,07	149,86	149,85	149,86	149,74	150,07	150,00	150,00	150,04	90,0	90,0	90,0	90,0
T3	149,98	149,93	149,90	149,89	149,80	149,99	150,08	150,15	150,17	150,15	90,0	90,0	90,1	90,0
T4	149,72	150,01	149,82	149,95	149,73	149,88	150,10	150,00	150,20	150,30	90,0	90,0	90,0	90,0
T5	149,94	150,01	149,98	149,87	149,89	149,95	150,01	150,16	150,17	150,15	90,0	90,0	90,0	90,0
ΟΡΙΑ Σ.Κ. 303	150,00±0,45 (mm)						150,00±0,45 (mm)				90° ± 0,5°			

Επομένως βρισκόμαστε εντός ορίων και οι μήτρες μας είναι κατάλληλες για την παρασκευή δοκιμίων. Οι επεξηγήσεις των όρων που βρίσκονται στην παρακάτω κάτοψη δίνονται στο κεφάλαιο 6.2 επεξηγήσεις των όρων.



Α.6.4 ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΔΟΧΕΙΟΥ ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ ΟΓΚΟΥ ΔΟΧΕΙΟΥ
ΑΕΡΟΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

<u>ΖΥΓΙΣΗ ΝΕΡΟΥ</u>	<u>ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ</u>	<u>ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ %</u>	<u>ΕΝΔΕΙΞΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ %</u>
gr	Lt	0	0,02
32	8006	0,40	0,48
67	8006	0,84	0,99
89	8006	1,11	1,30
130	8006	1,62	1,82
176	8006	2,20	2,45
218	8006	2,72	2,95
275	8006	3,43	3,78
341	8006	4,26	4,45
427	8006	5,33	5,6
561	8006	7,01	7,1
760	8006	9,49	9,4
900	8006	11,24	11,2
1165	8006	14,55	14,4

A.6.5 - Ταχύτητα φόρτισης πρέσας Εργάνης

Όρια ταχύτητας φόρτισης από ΚΤΣ-97

0,2 έως 1Nt/mm² sec

Πίνακας ελέγχου ταχύτητας φόρτισης

ΑΝΟΔΟΣ	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΝΟΔΟΥ	
ΦΟΡΤΙΟΥ	ΧΡΟΝΟΣ	ΘΛΙΒΟΜΕΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
(ton)	(sec)	(cm ²)
10	7	225

$$\Rightarrow 10 \text{ ton} \times 1000 / 225 \text{ cm}^2 \times 7 \text{ sec} \times 10,2$$

$$\Rightarrow 0,6 \text{ N/mm}^2 \text{ sec}$$

=> Η ταχύτητα φόρτισης είναι ίση με 0,6 Nt/mm² sec

Άρα η ταχύτητα φόρτισης είναι εντός των ορίων του ΚΤΣ

**Παράρτημα Β' : Πιστοποιητικά διακρίβωσης και βαθμονόμησης
οργάνων**

