

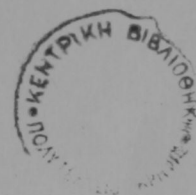


ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΣΙΜΙΤΖΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

ΘΕΜΑ

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ " ΙΝΤΕΡΜΠΙΕΤΟΝ "



ΧΑΝΙΑ 1992

109

5

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΣΙΜΙΤΖΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

ΘΕΜΑ

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΣΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ " ΙΝΤΕΡΜΠΕΤΟΝ "

ΧΑΝΙΑ 1992

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η β. θεωρητική αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε χάρη από την καθοδήγηση του κ. Ησίο-Ιδοκη, οι γνώσεις του οποίου φάνηκαν ανεκτίμητες για την διεκπεραίωση της.

Θαυμάζω ακόμη μου να αφιερώνω την διπλωματική εργασία στους γονείς μου.

Ειδικά ευχαριστώ θερμά τον Χημικό Μηχανικό και υπεύθυνο του τεχνικού ελέγχου του εστίου σκυροδέματος της εταιρίας ΙΝΤΕΡΒΙΤΟΝ κ. Ιωάννη που με την πείρα του και τις γνώσεις του με βοήθησε σημαντικά στην κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας και του ελέγχου του τελικού προϊόντος.

Επί της λειτουργικής ενημέρωσης του ελέγχου του τελικού προϊόντος ανακάλυψα στάθηκε η προσφορά των τριών υπαλλήλων του Ινστιτούτου, στους οποίους και ευχαριστώ θερμά.

Ευχαριστώ επίσης όλους εκείνους που με παρότρυναν στους διαφόρους απευθύνους για την πληρέστερη ενημέρωσή μου.

Τέλος ευχαριστώ τον συνόδεό μου Ησαΐα-Βάση Παντελή για την τεχνική βοήθειά που μου προσέφερε.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διπλωματική αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε κάτω από την καθοδήγηση του κ.Μηλολιδάκη, οι γνώσεις του οποίου φάνηκαν ανεκτίμητες για την διεκπεραίωση της.

Θεωρώ καθήκον μου να τον ευχαριστήσω για την ανελλιπή βοήθεια που μου πρόσφερε.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Χημικό Μηχανικό και υπεύθυνο του ποιοτικού ελέγχου του ετοίμου σκυροδέματος της εταιρίας INTERMPIETON κ.Σκόρδα που με την πείρα του και τις γνώσεις του με βοήθησε σημαντικά στην κατανόηση της παραγωγικής διαδικασίας και του ελέγχου του τελικού προϊόντος.

Για την λεπτομερή ενημέρωση του ελέγχου του τελικού προϊόντος ανεκτίμητη στάθηκε η προσφορά των τριών υπαλλήλων του Χημείου, τους οποίους και ευχαριστώ θερμά.

Ευχαριστώ επίσης όλους εκείνους που με παράπεμψαν στους διάφορους υπευθύνους για την πληρέστερη ενημερωσή μου.

Τέλος ευχαριστώ τον συνάδελφο μου Μπαξεβάνη Παντελή για την τεχνική βοήθεια που μου προσέφερε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	σελ. 1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	2
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	7
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	
1.1.ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ	10
1.2.ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	11
1.3.ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ	11
1.3.1.Γενικά	11
1.3.2.Παραγωγή τσιμέντου	12
1.3.3.Τύποι, πρόσθετα και κατηγορίες τσιμέντων	13
1.3.4.Ενυδάτωση του τσιμέντου	17
1.4.ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ	18
1.4.1.Γενικά	18
1.4.2.Θραυστά αδρανή	21
1.4.3.Κανονισμοί	22
1.4.4.Κοκκομετρική διαβάθμιση	26
1.4.5.Αποθήκευση	30
1.5.ΤΟ ΝΕΡΟ	30
1.5.1.Γενικά	30
1.5.2.Απαιτήσεις	30
1.6.ΤΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ	32

1.6.1.Γενικά	32
1.7.ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	34
1.7.1.Γενικά	34
1.7.2.Μελέτη σύνθεσης	34
1.7.3.Απαιτήσεις	35
1.8.ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	36
1.8.1.Γενικά.....	36
1.8.2.Αποθήκες Ἀ υλών	36
1.8.3.Εγκαταστάσεις ζύγισης - ανάμιξης	37
1.8.4.Εγκαταστάσεις αυτοματισμού	37
1.8.5.Εγκαταστάσεις εργαστηρίου	38
1.9.ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	40
1.9.1.Αποθήκευση	40
1.9.2.Ζύγιση	40
1.9.3.Ανάμιξη	41
1.10.ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ.....	42
1.10.1.Ἐλεγχος Ἀ υλών	42
1.10.2.Ἐλεγχος ετοίμου προϊόντος	44
 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΘΕΩΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ	
2.1.ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ - ΔΕ	45
2.2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗΣ ΕΝΟΣ - ΔΕ	47
2.3.ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΥΧΑΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	50

2.3.1. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή του συνολικού αριθμού διαδρομών	51
2.3.2. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή της μακρύτερης διαδρομής	52
2.4. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΩ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ	53
2.4.1. Τα $U - \Delta E$	53
2.5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	56
2.5.1. Τα $\bar{x} - \Delta E$	57
2.5.2. Τα $R - \Delta E$	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

3.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ	62
3.1.1. Δειγματοληψία	62
3.1.2. Έλεγχος	62
3.1.3. Απαιτήσεις	64
3.2. ΤΑ $U - \Delta E$	67
3.2.1. Συλλογή στοιχείων	67
3.2.2. Επεξεργασία στοιχείων	67
3.2.3. α. Έλεγχος με βάση τον συνολικό αριθμό διαδρομών	73
3.2.3. β. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή ..	74
3.2.4. α. Έλεγχος με βάση τον συνολικό αριθμό διαδρομών	75
3.2.4. β. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή ..	76
3.2.5. Συμπεράσματα	77

3.3.ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	78
3.3.1.Δειγματοληψία	78
3.3.2.Έλεγχος	78
3.3.3.Έλεγχοι του νωπού σκυροδέματος (Μέτρηση της εργασιμότητας).....	81
3.3.3.Α.Κάθιση	81
3.3.3.Β.Εξάπλωση	84
3.4.ΤΑ $\bar{x}$ ΚΑΙ R - ΔΕ	85
3.4.1.Συλλογή στοιχείων	85
3.4.2.Επεξεργασία στοιχείων	86
3.4.3.Συμπεράσματα	94
3.4.4.α.Έλεγχος με βάση τη μακρύτερη διαδρομή ...	94
3.4.4.β.Έλεγχος με βάση τη μακρύτερη διαδρομή ...	99
3.4.5.Συμπεράσματα	100
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	101
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ	113
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	119

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα η μελέτη και η κατασκευή των δομικών έργων από σκυρόδεμα έχει εξελιχθεί σε τέχνη, η οποία προϋποθέτει πολύ-πλευρη γνώση των δομικών υλικών, της διαστασιολόγησης, της εκτέλεσης του έργου και της συμπεριφοράς του αλλά και μεγάλη προσοχή, άσκηση και μιά φυσική έφεση. Ο μηχανικός πρέπει να επιδιώκει πάντοτε όχι μόνο μια καλή κατασκευή αλλά και μια ωραία μορφή. Γιατί την φύση ή την καλοπιάνεις ή άστοχα την βιάζεις. Έργα που σώθηκαν, συνέπειες που ήρθαν τονίζουν την απόσταση ανάμεσα στις δύο τούτες επιλογές. Το σύνολο σχεδόν των κατασκευών που γίνονται στην χώρα μας αντιπροσωπεύονται από κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος. Η διασφάλιση για τα έργα αυτά ενός κοινά αποδεκτού επιπέδου ασφαλείας, λειτουργικότητας και διάρκειας γίνεται με βάση την συσσωρευμένη μέχρι σήμερα επιστημονική και κατασκευαστική γνώση και εμπειρία διεθνώς αλλά και τη συνεκτίμηση των παραμέτρων που καθορίζουν την Ελληνική πραγματικότητα.

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά τον ποιοτικό έλεγχο τόσο των φυσικών αδρανών όσο και του ετοίμου σκυροδέματος της εταιρίας INTERMPIETON.

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τους παραπάνω ελέγχους είναι τα $U, \bar{x}$ και $R - \Delta E$ του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.

Τα ΔE είναι απαραίτητο εργαλείο για τον έλεγχο ποιότητας στη διάρκεια της παραγωγής. Τα σωστά σχεδιασμένα ΔE ελαχιστοποιούν την πιθανότητα λαθών δύο τύπων.

1. Αναζήτηση προβλήματος στην παραγωγική διαδικασία όταν

δεν υπάρχει και

2. Μη αναζήτηση προβλήματος όταν αυτό υπάρχει.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής είναι να μελετηθεί η ποιότητα των αδρανών και να μετρηθεί η αντοχή του ετοίμου σκυροδέματος τύπου B 225. Οι απαιτούμενες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην κεντρική μονάδα παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος της INTERMPETON, που έχει έδρα την Μεταμόρφωση. Για τον έλεγχο των αδρανών παίρναμε καθημερινά δείγματα, από τους υπαίθριους σωρούς των αδρανών, για χρονικό διάστημα ενός μήνα. Η δειγματοληψία ήταν τυχαία. Στην συνέχεια ακολουθούσε κοκκομετρία. Για τον έλεγχο της αντοχής του σκυροδέματος παίρναμε καθημερινά 2 μετρήσεις, τη μία το πρωί και την άλλη το απόγευμα. Το χρονικό διάστημα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν τυχαίο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπήρχε δική μου παρέμβαση στα μηχανήματα που έγιναν μετρήσεις πάντα όμως κάτω από την επίβλεψη των υπευθύνων. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των ΔΕ παρατίθενται παρακάτω.

1. Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν τα U - ΔΕ στις κοκκομετρίες. Με τον τρόπο αυτό αντιληφθήκαμε τις διακυμάνσεις της ποιότητας των αδρανών που συμβαίνουν στην πραγματικότητα. Μέχρι τότε η ποιότητα των αδρανών γινόταν αντιληπτή από την εμπειρία, με την βοήθεια της όρασης. Κοκκομετρίες πραγματοποιώντουσαν μόνο σε εκείνη την περίπτωση που το μάτι διαπίστωνε σημαντικές αποκλίσεις ως προς το μέγεθος των κόκκων. Με την υιοθέτηση των U - ΔΕ θα έχουμε μια σαφή εικόνα της ποιότητας των αδρανών και η παρέμβαση των υπευθύνων θα γίνεται

τητας των αδρανών και η παρέμβαση των υπευθύνων θα γίνεται όταν πραγματικά υπάρχει υπέρβαση των ορίων.

2. Από το $\bar{x}$ - ΔΕ βλέπουμε ότι η παραγόμενη μέση τιμή της αντοχής των δοκιμίων σε ηλικία 28 ημερών (262.1667 Kgr/cm²) είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με την αντοχή που θα έπρεπε να δώσει η ποιότητα B 225 (225 Krg/cm²). Το γεγονός αυτό έχει αρνητική επίπτωση στην οικονομία του παραγόμενου σκυροδέματος γιατί όπως γνωρίζουμε η μέση τιμή της αντοχής του σκυροδέματος εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την ποσότητα του περιεχόμενου τσιμέντου. Το γεγονός αυτό δεν είναι τυχαίο. Η εταιρία το χρησιμοποιεί για να προσελκύει καινούργιους πελάτες. Στην περίπτωση που θέλαμε να λύσουμε το πρόβλημα δύο λύσεις προτείνονται. Να μειώσουμε την ποσότητα του τσιμέντου για την ποιότητα B 225 ή να αλλάξουμε τον τόπο προμήθειας τσιμέντου που ίσως μας οδηγήσει στην επιθυμητή μέση τιμή αντοχής ώστε να έχουμε τον καλύτερο συνδυασμό οικονομίας - ασφάλειας. Όποια λύση όμως και αν προταθεί απαιτείται πλήρης και προσεκτικός έλεγχος της παραγωγής.

3. Από το R - ΔΕ παρατηρούμε ότι το εύρος ($R = \max(x_i) - \min(x_i)$) των αντοχών των δοκιμίων δεν παραμένει σταθερό αλλά μεταβάλλεται. Οι μεταβολές αυτές οφείλονται στην επίδραση πολλών παραγόντων όπως ο τύπος του τσιμέντου, η ποσότητα του, η εξάπλωση του σκυροδέματος, η θερμοκρασία των υλικών παρασκευής του, η συντήρηση του κ.τ.λ.

Απ' όσα ειπώθηκαν φαίνεται ότι η ποιότητα του σκυροδέματος B 225 είναι πολύ καλή. Αυτό εξηγείται από την υψηλή θέση που κατέχει η συγκεκριμένη εταιρία στον κλάδο κατασκευής

ετοίμου σκυροδέματος.

Τέλος το μοναδικό ψεγάδι που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε είναι ο σπάνιος σχετικά έλεγχος της κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών.Τούτο δικαιολογείται από το γεγονός ότι εκείνο που ενδιαφέρει σε τελική ανάλυση είναι το τελικό προϊόν (το έτοιμο σκυρόδεμα). Ότι προϊόντα αδρανών και να μας στείλει το λατομείο,ο υπεύθυνος του ποιοτικού ελέγχου θα πρέπει να φτιάξει με τέτοιο τρόπο τις αναλογίες ώστε να παράγουμε τελικά προϊόντα σκυροδέματος B 225.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

1.1.ΤΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

Το σκυρόδεμα θεωρείται σαν ένα τεχνητό στερεό που αποτελείται από κόκκους αδρανών υλικών και από τσιμεντοκονία που περιβάλλει τους κόκκους και τους συνδέει. Έτσι τα κύρια συστατικά του σκυροδέματος είναι τα αδρανή, το τσιμέντο και το νερό. Πολλές φορές για την βελτίωση ορισμένων ιδιοτήτων του νωπού ή σκληρυμένου σκυροδέματος εισάγονται στο μίγμα ορισμένες χημικές ουσίες που ονομάζονται πρόσθετα. Όλα τα υλικά του σκυροδέματος θα πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις ποιότητας. Το σκυρόδεμα που θα μας απασχολήσει στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το εργοστασιακό έτοιμο σκυρόδεμα.

ΟΡΙΣΜΟΙ

Έτοιμο σκυρόδεμα λέγεται το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται σε απόσταση από το έργο και μεταφέρεται σε αυτό :

1. Μετά από πλήρη ανάμιξη με φορτηγά, αυτοκίνητα ή αυτοκίνητα αναδευτήρες.

2. Μετά από μερική ανάμιξη ή χωρίς να έχει γίνει εισαγωγή νερού, με αυτοκίνητα αναμικτήρες.

Εργοταξιακό σκυρόδεμα λέγεται το σκυρόδεμα στο οποίο ο κύριος του έργου ή η υπηρεσία ή ο επιβλέπων ή ο κατασκευαστής έχει πλήρη παρακολούθηση και έλεγχο της παραγωγής σε όλες τις φάσεις της, δηλαδή όταν μπορεί να ελέγχει τα υλικά του σκυροδέματος, το μηχάνημα παραγωγής, μπορεί να μεταβάλλει τις ανα-

γίες συνθέσεως και την διαδικασία αναμίξεως και μπορεί να ελέγχει το έτοιμο προϊόν σε οποιαδήποτε θέση (μέσα στον αναμικτήρα, μετά την αποφόρτωση, μετά την μεταφορά κ.τ.λ.). Το εργοταξιακό σκυρόδεμα μπορεί να παρασκευάζεται δίπλα στο έργο ή σε μεγαλύτερη απόσταση οπότε και μεταφέρεται με αυτοκίνητα αναδευτήρες. Μπορεί ακόμα να παρασκευάζεται σε εργοστάσιο ετοίμου σκυροδέματος όταν μετά από συμφωνία, εξασφαλίζονται οι διευκολύνσεις για την εκτέλεση των προηγούμενων ελέγχων.

1.2. ΤΑ ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

Τα παρακάτω αναφερόμενα αφορούν το σκυρόδεμα που παρασκευάζεται με συνήθη λίθινα αδρανή φαινόμενου ειδικού βάρους $2.4 - 3 \text{ tn} / \text{m}^3$, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στον κανονισμό τεχνολογίας σκυροδέματος που ισχύει σήμερα. Όλα τα υλικά του σκυροδέματος πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες προδιαγραφές ως προς την ποιότητα τους. Τα υλικά παρασκευής του σκυροδέματος, που αναφέρθηκαν και ποιό πάνω είναι :

1. Το τσιμέντο

2. Τα αδρανή

3. Το νερό

& 4. Τα πρόσθετα (μπορεί και να μην υπάρχουν).

1.3. ΤΟ ΤΣΙΜΕΝΤΟ

1.3.1. Γενικά

Το τσιμέντο είναι βιομηχανικό προϊόν που παρασκευάζεται από την σύγχρονη όπτηση ασβεστόλιθου και αργίλου (καμιά φορά και σχιστόλιθου). Ανακαλύφθηκε από τον Άγγλο J. Aspdin [όπως

παρατίθεται στο 6] το 1824 που του έδωσε την ονομασία τσιμέντο Portland γιατί το νέο υλικό είχε το χρώμα των εδαφών της περιοχής Portland της Αγγλίας.

1.3.2. Παραγωγή τσιμέντου

Η σειρά των εργασιών από την εξόρυξη των πρώτων υλών για την παραγωγή του τσιμέντου ως το τελικό προϊόν είναι η ακόλουθη:

1. Εξόρυξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και αργιλικών εδαφών χωριστά. Τα πετρώματα αυτά περνούν από σπαστήρες ώστε να τεμαχιστούν και να αποκτήσουν διάμετρο μερικών εκατοστών.

2. Μετά την έξοδο τους από τους σπαστήρες γίνεται ανάμιξη των δύο υλικών (προομογενοποίηση).

3. Έπειτα αλέθονται σε τριβεία ώστε να αποκτήσουν διάμετρο λίγων χιλιοστών. Το προϊόν της άλεσης αποθηκεύεται σε σιλό και ονομάζεται φαρίνα.

4. Το μίγμα εισάγεται στο επάνω άκρο της κυλινδρικής καμίνου που περιστρέφεται αργά γύρω από τον άξονα της. Η θερμότητα που απαιτείται παράγεται από καυστήρα τοποθετημένο στο κάτω άκρο της. Η θερμοκρασία μέσα στην κάμινο είναι περίπου 600 °C στο επάνω άκρο και φθάνει τους 1500 °C στο κάτω άκρο που είναι και το σημείο εξόδου των προϊόντων. Τα προϊόντα της όπτησης ονομάζονται εκβολάδες ή διεθνώς Klinker. Έχουν διάμετρο λίγων εκατοστών, χρώμα μαυροπράσινο και αποτελούν κατά κάποιο τρόπο τα πετρώματα του τσιμέντου.

5. Τα προϊόντα αυτά της όπτησης, οι εκβολάδες, αλέθονται και αποκτούν τη γνωστή μορφή του τσιμέντου. Το υλικό αυτό, όπως προκύπτει από την άλεση των Klinker με προσθήκη γύψου ονομά-

ζεται τσιμέντο Portland.

Στη βασική αυτή διαδοχή των εργασιών μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις ανάλογα με την ιδιοτυπία ή τη χημική σύνθεση των πετρωμάτων που χρησιμοποιούνται σαν πρώτες ύλες. Έτσι π.χ σε περίπτωση πετρωμάτων φτωχών σε σίδηρο, γίνεται κατά την φάση της άλεσης προσθήκη Fe_2O_3 . Τα παραπάνω αφορούν την ονομαζόμενη Ξηρά Μέθοδος παραγωγής τσιμέντου.

Εκτός από την μέθοδο αυτή υπάρχει και η ονομαζόμενη Υγρή Μέθοδος παραγωγής τσιμέντου.

1.3.3. Τύποι, πρόσθετα και κατηγορίες τσιμέντων

Στη χώρα μας σύμφωνα με τον κανονισμό τσιμέντων για έργα από σκυρόδεμα (Π.Δ 29-2-1980) επιτρέπεται κατά κανόνα η χρησιμοποίηση τσιμέντου των παρακάτω τύπων:

Τυπου 1 - Portland

Τυπου 2 - Portland με ποζολάνη (Portland Pozzolan)

Τυπου 3 - Ποζολανικού (Pozzolanic)

Τυπου 4 - Portland ανθεκτικού στα θειικά (Portland

Sulfate resisting)

Επίσης ορίζονται οι παρακάτω έννοιες:

Τσιμέντα Portland (αμιγή) χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα τα προερχόμενα από την άλεση των Klinker χωρίς καμιά προσθήκη. Στα τσιμέντα αυτά επιτρέπεται η προσθήκη Filler μέχρι 3% κατά βάρος (οπότε το Klinker πρέπει να είναι τουλάχιστον το 97% κατά βάρος).

Τσιμέντα Portland με ποζολάνη χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα

τα προερχόμενα από συνάλεση klinker Portland, ποζολάνης φυσικής ή τεχνητής και του απαραίτητου γύψου. Το ποσοστό της ποζολάνης ορίζεται από το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου, το οποίο πρέπει να είναι 20% κατά μέγιστο. Ειδικά το τσιμέντο με 10% αδιάλυτο υπόλειμμα ονομάζεται **Τσιμέντο Portland Ελληνικού Τύπου**.

Ποζολανικά τσιμέντα Portland χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα τα προερχόμενα από συνάλεση Klinker Portland, ποζολάνης τεχνητής ή φυσικής και του απαραίτητου γύψου. Το ποσοστό της ποζολάνης καθορίζεται από το αδιάλυτο υπόλειμμα του τσιμέντου το οποίο πρέπει να είναι από 20 - 40 %. Τα τσιμέντα αυτά συνιστώνται για έργα ογκώδη όπου απαιτείται χαμηλός βαθμός θερμότητας ενυδάτωσης ή βελτιωμένης αντοχής έναντι διαβρωτικών μέσων.

Τσιμέντα Portland ανθεκτικά στα θειικά άλατα και το θαλάσσιο νερό, χαρακτηρίζονται τα τσιμέντα τα προερχόμενα από συνάλεση klinker Portland και γύψου. Για τα τσιμέντα αυτά τα αργιλικό τριασβέστιο (C_3A) υπολογιζόμενο με τον τύπο $C_3A = (2.65 * Al_2O_3) - (1.692 * Fe_2O_3)$ πρέπει να είναι μικρότερο του 3.5 %, η δε περιεκτικότητα σε $-SO_3$ να μην υπερβαίνει το 2.5 %.

Ποζολάνες είναι τα φυσικά ή τεχνητά πυριτικά ή αργιλοπυριτικά υλικά, η χαρακτηριστική ιδιότητα των οποίων είναι σε λεπτότατο καταμερισμό και με την παρουσία υγρασίας, να ενώνονται χημικά με την υδράσβεστο, στη συνήθη θερμοκρασία και να σχηματίζουν ενώσεις υδραυλικές. Στις φυσικές ποζολάνες περιλαμβάνονται διάφορες ηφαίστειες γαίες. Στις τεχνητές ποζολάνες

υπάγονται και οι ιπτάμενες τέφρες, εφ' όσον έχουν ποζολανικές ή και υδραυλικές ιδιότητες.

Υδραυλική ιδιότητα είναι η ικανότητα που έχει ένα υλικό όταν σε λεπτόκοκκο διαμερισμό μετά από ανάμιξη με νερό πήζει και σκληρύνεται στον αέρα ή στο νερό.

Filler είναι τα προϊόντα που λαμβάνονται από θραύση ή κονιοποίηση ορισμένων φυσικών ή τεχνητών υλικών (ασβεστόλιθων, βασάλτου, σκουριών, γης διατόμων, μπετονίτου, ιπτάμενων τεφρών κ.τ.λ.) και τα οποία σε κατάλληλη λεπτότητα επιδρούν ευνοικά σε ορισμένες ιδιότητες τους από τσιμέντο σκυροδεμάτων (αύξηση εργάσιμου, ελάττωση της διαπερατότητας και των τριχοειδών, μείωση της τάσεως ρηγματώσεως κ.τ.λ).

Τα Filler είναι αδρανή αν δεν ασκούν καμιά χημική δράση στα τσιμέντα παρουσία νερού. Αντίθετα θεωρούνται ενεργά αν παρουσιάζουν υδραυλικές ή ποζολανικές ιδιότητες παρουσία τσιμέντου και νερού.

Επίσης ο κανονισμός καθορίζει ότι σε όλες τις κατηγορίες τσιμέντων επιτρέπεται η προσθήκη μικρών ποσοστών ουσιών ως βοηθητικών της αλέσεως (βελτιωτικά της αλέσεως) εφ' όσον δεν επηρεάζουν δυσμενώς τις απαιτήσεις ποιότητας του τσιμέντου.

Τα τσιμέντα κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, από την άποψη των αντοχών, ως εξής:

– Κατηγορία 35

– Κατηγορία 45

– Κατηγορία 55

Οι κατηγορίες αυτές καθορίζονται από τις αντοχές του

τσιμέντου (των 28 ημερών), σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα που προκύπτει από τον έλεγχο δοκιμίων από κονίαμα τσιμέντου με πρότυπη άμμο, που παρασκευάζονται και ελέγχονται σύμφωνα με τα προκαθοριζόμενα από τον κανονισμό.

Κατηγορία αντοχών (ονομαστική)	Αντοχή σε θλίψη σε N / mm^2			
	2 ημερών min τιμή	7 ημερών min τιμή	28 ημερών min τιμή max τιμή	
35	–	15	25	45
45	10	–	35	55
55	15	–	45	Χωρίς όριο
1 N / mm^2 # 10.2 kgr / cm^2				

Ο γερμανικός κανονισμός DIN 1164 προδιαγράφει, από άποψη συνθέσεως, τους ακόλουθους τύπους:

1.Τσιμέντο Portland (PZ) : είναι το τσιμέντο που προκύπτει από την άλεση των klinker όπως βγαίνουν από την περιστροφική κάμινο χωρίς καμία προσθήκη.

2.Σιδηρικό τσιμέντο Portland (EPZ) : προκύπτει από την σύγχρονη άλεση των klinker και 30 % το πολύ κατά βάρος σκωρίας υψικαμίνων (δηλ. οξειδίων του σιδήρου).

3.Τσιμέντο υψικαμίνων (HOZ) : προκύπτει όπως και το σιδηρικό τσιμέντο, από σύγχρονη άλεση των klinker με σκωρία υψικαμίνων σε ποσοστό όμως 31 – 85 % κατά βάρος.

Εκτός από τους βασικούς αυτούς τύπους παράγονται και ειδικοί τύποι τσιμέντων για ορισμένες κατηγορίες έργων, οι κυριότερες των οποίων είναι :

α.Τα τσιμέντα με Τρασσία γη (TRZ).

β.Τα θειικά τσιμέντα (SHZ).

γ.Τα αργιλικά τσιμέντα με περιεκτικότητα σε Al_2O_3 περίπου 40 %.

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τους κυριότερους τύπους του τσιμέντου στην Αγγλία και την αντίστοιχη ονομασία στις ΗΠΑ.

ΒΡΕΤΑΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ASTM
PORTLAND κοινό	ΤΥΠΟΣ I
" ταχείας πήξης	" III
" υπέρ ταχείας πήξης	" III
" ταχείας υψηλής αντοχής	" IV
" χαμηλής θερμότητας	" II
Τροποποιημένο τσιμέντο	" V
PORTLAND ανθεκτικό στα θειικά	" IS
" υψικαμίνων	" IP,P
" λευκό	" S
" ποζολάνα	
Τσιμέντο σκουριών	

1.3.4.Ενυδάτωση του τσιμέντου

Με την παρουσία του νερού τα αργιλικά και τα πυριτικά άλατα του τσιμέντου σχηματίζουν τα προϊόντα της ενυδάτωσης. Αυτά με την πάροδο του χρόνου παράγουν μια σταθερή και σκληρή μάζα που είναι η στερεοποιημένη τσιμεντοκονία. Δηλ. η πήξη και η σκλήρυνση του σκυροδέματος οφείλονται στην χημική δράση μεταξύ τσιμέντου και νερού. Τα προϊόντα της ενυδάτωσης διαλύονται ελάχιστα στο νερό όπως φαίνεται από την σταθερότητα που παρουσιάζει η στερεοποιημένη τσιμεντοκονία όταν συναντιέται με το νερό. Τα ενυδατωμένα μόρια του τσιμέντου περιβάλλουν σταθερά τα μη ενυδατωμένα, αλλά ο ακριβής τρόπος με τον οποίο

γίνεται δεν έχει βεβαιωθεί. Υπάρχουν διάφορες εικασίες πάνω στο θέμα αυτό. Η ενυδάτωση γίνεται με πολύ αργό ρυθμό. Έχει διαπιστωθεί ότι μετά από 28 ημέρες σε επαφή με το νερό, οι κόκκοι του τσιμέντου έχουν ενυδατωθεί σε πάχος 4 μm μόνο και μετά από ένα χρόνο 8 μm. Κατά την ανάμιξη του τσιμέντου με το νερό για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα το μίγμα δεν φαίνεται να παρουσιάζει καμιά μεταβολή. Αργότερα όμως φαίνεται ότι αρχίζει να πήζει προοδευτικά έως ότου στερεοποιηθεί τελείως. Το φαινόμενο αυτό καλείται πήξη της τσιμεντοκονίας και οι χαρακτηριστικές στιγμές αλλαγής της φυσικής καταστάσεως ονομάζονται αρχή και τέλος της πήξης. Ο ακριβής καθορισμός των χρονικών αυτών στιγμών γίνεται με τρόπο καθοριζόμενο συμβατικά στους κανονισμούς. Στην περίπτωση του σκυροδέματος, δηλ. του μίγματος τσιμέντου, νερού και αδρανών υλικών ο χρόνος μέχρι την αρχή της πήξης γίνεται δύο έως τέσσερις φορές μεγαλύτερος. Από χημική άποψη, η εξέλιξη είναι διαφορετική, χωρίς τις απότομες αυτές αλλαγές. Οι χημικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται με σύγχρονη έκλυση θερμότητας και συστολή του όγκου των αρχικών προϊόντων.

1.4. ΤΑ ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ

1.4.1. Γενικά

Εφ' όσον τα 3/4 από τον όγκο του σκυροδέματος τουλάχιστον καταλαμβάνονται από τα αδρανή δεν είναι περίεργο που η ποιότητά τους έχει αξιοσημείωτη σπουδαιότητα. Αυτά δεν επηρεάζουν μόνο την οριακή αντοχή του σκυροδέματος αλλά και την στερεότητα και την κατασκευαστική παρουσίαση του ατόμηση. Τα αδρανή

θεωρούνται σαν πραγματικά αδρανή υλικά που είναι διασκορπισμένα παντού μέσα στην τσιμεντοκονία κυρίως για οικονομικούς λόγους. Είναι γεγονός όμως ότι τα αδρανή υλικά δεν είναι ακριβώς αδρανή γιατί οι φυσικές, θερμικές και μερικές φορές οι χημικές τους ιδιότητες επηρεάζουν την παρουσίαση του σκυροδέματος. Η οικονομία που αναφέρθηκε παραπάνω δεν είναι ο μόνος λόγος που επιβάλλει την χρησιμοποίησή τους. Άλλοι λόγοι είναι ότι προσφέρει αξιοσημείωτα τεχνικά πλεονεκτήματα στο σκυρόδεμα όπως είναι η μεγαλύτερη σταθερότητα όγκου και η καλύτερη ανθεκτικότητα από την τσιμεντοκονία από μόνη της. Σαν αδρανή υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε υλικά πληρούν τις παρακάτω ιδιότητες :

1.Επαρκή αντοχή

2.Επαρκή πρόσφυση

3.Χημική αδράνεια από την τσιμεντοκονία

Σαν πλέον κατάλληλα για την παρασκευή του κοινού τύπου σκυροδέματος, χρησιμοποιούνται συντρίμματα διαφόρων πετρωμάτων (κυρίως ασβεστολιθικά και πυριτιακά). Τα κύρια χαρακτηριστικά τους που επηρεάζουν την ποιότητα του τελικού προϊόντος είναι η αντοχή τους (αντοχή μητρικού πετρώματος), η καθαρότητα (η ύπαρξη ή όχι πρόσμικτων ουσιών), η πρόσφυση με την κονία, η χημική συμπεριφορά του με τα άλλα συστατικά του σκυροδέματος ή με ουσίες που μπορεί να διεισδύσουν μέσα στο σκυρόδεμα κατά την διάρκεια της ζωής του, το σχήμα και το μέγεθος των κόκκων κ.α.

Το μέγεθος των κόκκων των αδρανών που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα κυμαίνεται μεταξύ μερικών δεκάδων του χιλιοστού

και σε δέκατα αυτού.Ο μέγιστος κόκκος που χρησιμοποιείται ποικίλει αλλά σε όλα τα μίγματα τα διάφορα μεγέθη είναι ταξινομημένα ή όπως λέγεται υπάρχουν με μια διαβάθμιση.Κατά την παραγωγή σκυροδέματος χαμηλής ποιότητας χρησιμοποιούμε το αδρανές όπως έχει (δηλ. όλη τη σειρά των μεγεθών από τον μικρότερο μέχρι τον μεγαλύτερο κόκκο) τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.Για την παραγωγή σκυροδέματος καλής ποιότητας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση των αδρανών τουλάχιστον σε δύο ομάδες μεγεθών.Η βασική διαίρεση γίνεται ανάμεσα στα λεπτά και στα χονδρόκοκκα υλικά.Σαν όριο κατά ASTM χρησιμοποιείται το κόσκινο No4 με βροχίδα 4.75 mm (3/16 in).Τα λεπτόκοκκα υλικά ονομάζονται άμμος.Τα αδρανή προέρχονται από κάποιο μητρικό πέτρωμα που τεμαχίστηκε από διάφορες αιτίες όπως καιρικές συνθήκες,τριβές ή τεχνητή θραύση.Έτσι πολλές ιδιότητες των αδρανών εξαρτώνται τελείως από τις ιδιότητες του μητρικού πετρώματος όπως : χημική και ορυκτολογική σύνθεση,πετρογραφική περιγραφή,ειδικό βάρος,σκληρότητα,αντοχή,φυσική και χημική σταθερότητα,δείκτης πόρων,χρώμα κ.τ.λ.Εκτός από αυτές τις ιδιότητες είναι και μερικές που δεν συναντώνται στο μητρικό πέτρωμα όπως μορφή, μέγεθος,επιφανειακή υφή και η απορρόφηση.Οι ιδιότητες ενδέχεται να έχουν επίδραση κατά διαφορετικό τρόπο πάνω στο φρέσκο και στο σκληρυμένο σκυρόδεμα.Τυπικά μπορούμε να θεωρήσουμε μόνο αδρανή που σχηματίζονται από συναντώμενα στη φύση υλικά (επίσης αδρανή παράγονται και από βιομηχανικά προϊόντα).Τα αδρανή μπορούν να καταταχθούν σε ομάδες σύμφωνα με το πέτρωμα παραγωγής τους.

Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζονται :

1. Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή ονομάζονται τα αδρανή που αποτελούνται από κόκκους φυσικούς.

2. Θραυστά αδρανή ονομάζονται τα αδρανή που αποτελούνται από κόκκους που προκύπτουν από την θραύση όγκων πετρώματος ή τη θραύση φυσικών αδρανών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για την παρασκευή του ετοίμου σκυροδέματος χρησιμοποιούνται θραυστά αδρανή.

1.4.2. Θραυστά αδρανή

Προσεγγιστικά οι κόκκοι των αδρανών λόγω της τυχαίας γεωμετρικής τους μορφής μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω γενικές κατηγορίες : στρογγυλούς, κυβοειδείς, γωνιώδεις, πλακοειδείς, επιμήκεις.

Το σχήμα ή η μορφή των κόκκων επηρεάζει, άσχετα από την επιρροή του μεγέθους, κατά ποικίλους τρόπους τις ιδιότητες του σκυροδέματος. Επηρεάζει πρώτα - πρώτα το εργάσιμο με την εσωτερική τριβή τους. Από την άποψη αυτή η σφαιρική μορφή παρουσιάζει τη μικρότερη γωνία τριβής και επομένως την μεγαλύτερη ευκινησία (εργάσιμο) του υλικού.

Όσο η μορφή των κόκκων απομακρύνεται από την σφαιρική τόσο αυξάνεται η εσωτερική τριβή και ελαττώνεται η εργασιμότητα του υλικού. Συγχρόνως όμως αυξάνεται η ειδική επιφάνεια και επομένως αυξάνεται ακόμη περισσότερο η ανάγκη για νερό. Αντίθετα η αύξηση της πολυγωνικότητας των κόκκων βελτιώνει την στήριξη των κόκκων μεταξύ τους καθώς και την πρόσφυση με

το κονίαμα (αύξηση της επιφάνειας επαφής). Κατά τον ίδιο τρόπο και οι κυβοειδείς και οι πλακοειδείς κόκκοι συντελούν στην μηχανική αντοχή του σκυροδέματος, λόγω της καλύτερης έδρασης αυτών. Οι παραπάνω ποιοτικές παρατηρήσεις δύσκολα μπορούν να υπαχθούν σε ποσοτική μέτρηση και αξιολόγηση. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι οι κόκκοι πρέπει να έχουν μορφή που να πλησιάζει την σφαιρική ή κυβοειδή αλλά με ανώμαλη γωνιώδη και όχι λεία εξωτερική επιφάνεια. Οι κανονισμοί των διαφόρων χωρών προσπαθώντας να περιγράψουν τις παραπάνω αντιλήψεις βάζουν ορισμένους περιορισμούς για την επιτευξη ενός βέλτιστου μεταξύ εργάσιμου και αντοχής.

1.4.3.Κανονισμοί

Έτσι τα θραυστά αδρανή πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του πρότυπου ΕΛΟΤ 408 **Θραυστά Αδρανή για συνήθη σκυροδέματα** με τις ακόλουθες τροποποιήσεις και προσθήκες.

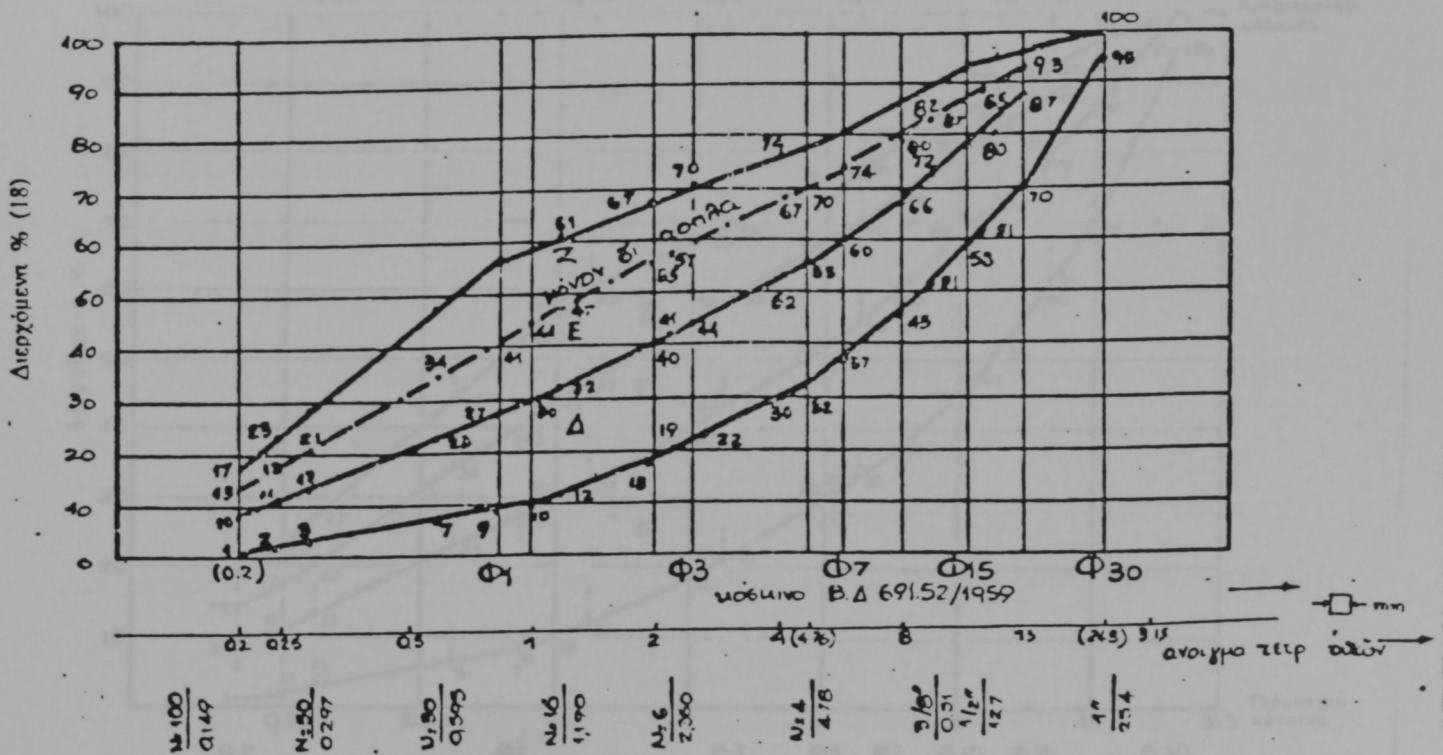
Υιοθετείται η **Σειρά Γερμανικών Κοσκίνων** ή γερμανικά **κόσκινα** εκείνα που περιγράφονται στα DIN 4187 και DIN 4188.

Τα γερμανικά κόσκινα θα συμβολίζονται με το σύμβολο ■, που θα γράφεται πριν από τον αριθμό του κοσκίνου.

Ο πίνακας (2γ) και το διάγραμμα I του πρότυπου ΕΛΟΤ 408 αντικαθίστανται από τον πίνακα 4.3.2.3γ και το διάγραμμα I του κανονισμού αυτού.

Κόσκινα (mm)	Διερχόμενα %		
	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0.2	1-8	8-13	13-17
0.25	2-11	11-17	17-23
1	10-30	30-44	44-58
2	18-40	40-55	55-67
4	30-52	52-67	67-76
8	45-68	68-80	80-86
16	70-87	87-93	93-96
31.5	100	100	100

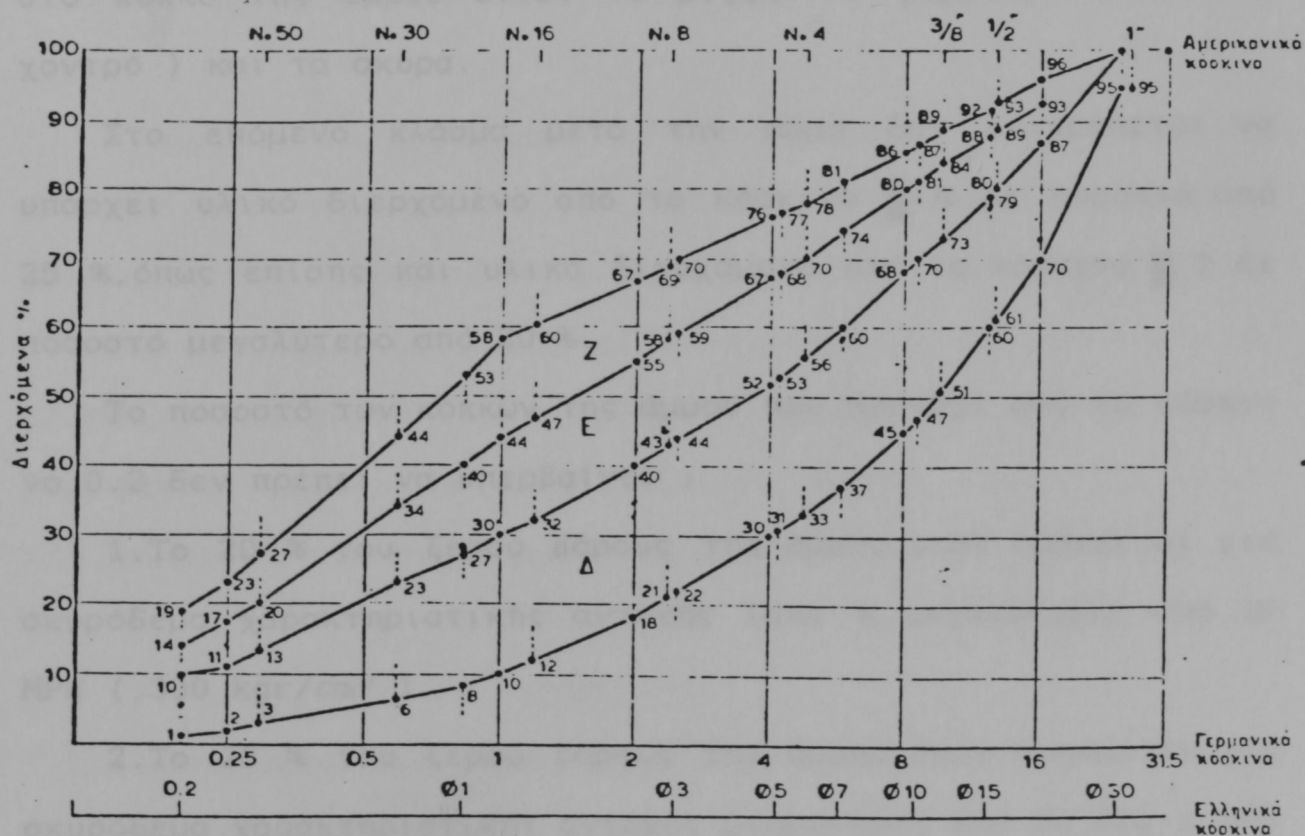
Πίνακας 2γ. Για τη σειρά κοσκίνων DIN 1045 (1972)



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ I : Υποχρεωτικά όρια κοκκομετρικής διαβαθμίσεως
μίγματος θραυστών αδρανών.

Κόσκινα		Διερχόμενα %		
Ονομασία	Άνοιγμα	Υποζώνη Δ	Υποζώνη Ε	Υποζώνη Ζ
0.2	0.5	1-10	10-14	14-19
0.25	0.25	2-11	11-17	17-23
1	1	10-30	30-44	44-58
2	2	18-40	40-55	55-67
4	4	30-52	52-67	67-76
8	8	45-68	68-80	80-86
16	16	70-87	87-93	93-96
31.5	31.5	100	100	100

Πίνακας 4.3.2.3γ. Υποχρετικά όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος θραυστών αδρανών μεγίστου κόκκου 31.5 mm, για τη σειρά Γερμανικών κοσκίνων DIN 4188 και DIN 4187.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Ι : Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος θραυστών αδρανών μεγίστου κόκκου 31.5 mm.

Για σκυρόδεμα με χαρακτηριστική αντοχή μεγαλύτερη από 12 MPa (120 krg/cm²) τα αδρανή πρέπει να προσκομίζονται χωρισ-

μένα σε τρία (3) τουλάχιστον κλάσματα.

Όλα τα κλάσματα των αδρανών ενός έργου πρέπει να ελέγχονται με τη σειρά των κοσκίνων που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη συνθέσεως του σκυροδέματος.

Ως άμμος ορίζεται το διερχόμενο κλάσμα από το κόσκινο ■ 4 σε ποσοστό τουλάχιστον 95 %.

Η χρησιμοποίηση κλάσματος με μέγιστο κόκκο μικρότερο από τον μέγιστο κόκκο της άμμου δεν είναι υποχρεωτική συνίσταται όμως σε σκυροδέματα μεγάλης αντοχής.

Τα συνηθέστερα κλάσματα με κόκκο μεγαλύτερο από τον μέγιστο κόκκο της άμμου είναι το ριζάκι, το γαρμπίλι (λεπτό ή χοντρό) και τα σκύρα.

Στο επόμενο κλάσμα μετά την άμμο δεν επιτρέπεται να υπάρχει υλικό διερχόμενο από το κόσκινο ■ 4 σε ποσοστό από 25 %, όπως επίσης και υλικό διερχόμενο από το κόσκινο ■ 1 σε ποσοστό μεγαλύτερο από 20 %.

Το ποσοστό των κόκκων της άμμου που περνάει από το κόσκινο 0.2 δεν πρέπει να υπερβαίνει :

1. Το 20 % του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα χαρακτηριστικής αντοχής ίσης ή μεγαλύτερης από 30 MPa (300 kgr/cm²).

2. Το 25 % του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για σκυρόδεμα χαρακτηριστικής αντοχής μικρότερης από 30 MPa (300 kgr/cm²).

Το 31 % του ξερού βάρους της άμμου, όταν πρόκειται για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις (στεγανό σκυρόδεμα, ανθεκτικό σκυρόδεμα, σκυρόδεμα δαπέδων κ.τ.λ).

Ως παιπάλη ορίζεται το μέρος του αδρανούς που περνάει από το Αμερικάνικο πρότυπο κόσκινο No 200 (75 μm) και προσδιορίζεται σύμφωνα με την μέθοδο ΣΚ 305.

Η παιπάλη της άμμου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 16 % του ξερού βάρους της και η παιπάλη των περισσότερων χονδρόκοκκων κλασμάτων (ρυζάκι, γαρμπίλι, σκύρα) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 % του ξερού βάρους τους. Για άοπλα σκυροδέματα χωρίς ειδικές απαιτήσεις επιτρέπεται παιπάλη στην άμμο μέχρι 20 % του ξερού βάρους της.

Αν χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές άμμοι, οι απαιτήσεις των δύο προηγούμενων παραγράφων ισχύουν για το μίγμα των άμμων.

Η καμπύλη της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως του μίγματος των αδρανών που προορίζεται για οπλισμένο σκυρόδεμα πρέπει να βρίσκεται στην υποζώνη Δ του διαγράμματος Ι.

Για σκυρόδεμα με χαρακτηριστική αντοχή μικρότερη ή ίση με 40 MPa (400 kgf/cm^2), ο εργοδότης ή η υπηρεσία ή ο επιβλέπων του έργου μπορούν να προδιαγράψουν ως περιοχή του μίγματος την υποζώνη Ε του διαγράμματος Ι (ΦΕΚ σελ 2614-2616).

1.4.4. Κοκκομετρική Διαβάθμιση

Η κοκκομετρική σύνθεση ή διαβάθμιση ενός μίγματος κόκκων ορίζεται ως η ποσοστιαία, κατ' όγκο, αναλογία κάθε κατηγορίας μεγέθους κόκκων του υλικού.

Η κοκκομετρική σύνθεση απεικονίζεται σε διάγραμμα με τις διαμέτρους στον οριζόντιο άξονα και τα ποσοστά του υλικού που περνάει από κάθε κόσκινο στον κατακόρυφο.

Οι διαμέτροι σημειώνονται στον οριζόντιο άξονα,είται σε απλή είτε σε λογαριθμική,είται σε άλλη παρόμοια κλίμακα,κατά τρόπο που να δημιουργείται ανάπτυξη της περιοχής των μικρών διαμέτρων.

Κάθε κοκκομετρική σύνθεση παριστάνεται με μια πολυγωνική γραμμή,που λέγεται συνήθως **κοκκομετρική καμπύλη**,επειδή υποθέτουμε ότι το υλικό έχει συνεχή μεταβολή διαμέτρων και επομένως στην πραγματικότητα πρόκειται για καμπύλη της οποίας προσδιορίζουμε,με τα πρότυπα κόσκινα που διαλέγουμε,ορισμένα σημεία της.Η κλίση της καμπύλης σε κάθε περιοχή,παριστάνει το κατ' όγκο ποσοστό του υλικού της περιοχής αυτής.

Ενώ ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής συνθέσεως του υλικού και η χάραξη της αντίστοιχης καμπύλης δεν παρουσιάζουν καμιά δυσκολία,πολύ δυσκολότερη είναι η **εκτίμηση** και η **αξιολόγηση** της καμπύλης αυτής και η εκλογή της καταλληλότερης,για κάθε περίπτωση,από άποψη ιδιοτήτων του σκυροδέματος.

Η θεμελιώδης άποψη είναι ότι οι κόκκοι πρέπει να διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο,ώστε κάθε ομάδα,από άποψη διαμέτρου, να εισχωρεί στη θέση των κενών που σχηματίζουν οι κόκκοι της αμέσως μεγαλύτερης ομάδας.

Όταν αυτό συμβαίνει,τότε το τελικό μίγμα θα διαθέτει τα λιγότερα κενά και επομένως μεγαλύτερη πυκνότητα.

Πολλές προτάσεις έγιναν στο παρελθόν για την μαθηματική διατύπωση μιας τέτοιας καμπύλης.Ο Fuller [όπως παρατίθεται στο 6] δίνει ως ιδεατή καμπύλη,από την άποψη αυτή,παραβολή της μορφής :

$$A = 100 * (d / D)^{0.5}$$

όπου : A = Το διερχόμενο ποσοστό των αδρανών

d = Η διάμετρος των οπών του κόσκινου

D = Η μεγαλύτερη διάμετρος των κόκκων

Ο A.Hummel [όπως παρατίθεται στο 6] δοκιμάζει την παραπάνω πρόταση πειραματικά με καμπύλες της μορφής :

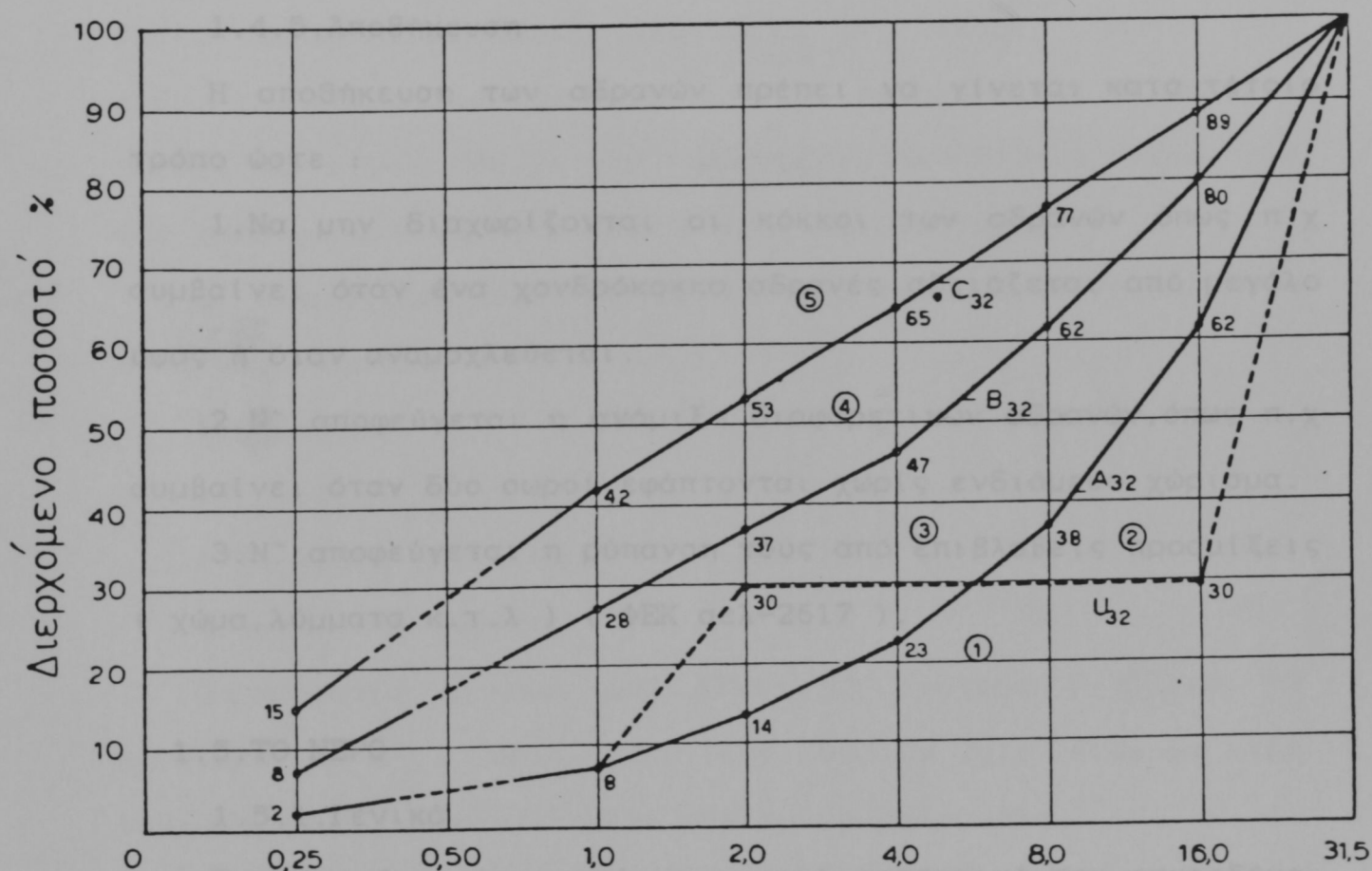
$$A = 100 * (d / D)^n$$

για διάφορες τιμές του n, και βρίσκει καταλληλότερη την τιμή n = 0.3 για πολυγωνικά και n = 0.4 για στρογγυλά αδρανή.

Είναι φανερό ότι στο πρόβλημα του προσδιορισμού της καλύτερης καμπύλης εισέρχονται και πολλοί άλλοι παράγοντες, και το κριτήριο ακόμη για την ποιότητα του σκυροδέματος δεν είναι σταθερό, ώστε τελικά να μην μπορεί να δοθεί μαθηματική λύση. Οι κανονισμοί με βάση τα πειραματικά δεδομένα και την εμπειρία από τα εντόπια υλικά κάθε χώρας καθορίζουν περιοχές μέσα στις οποίες πρέπει να βρίσκονται οι καμπύλες της κοκκομετρικής διαβαθμίσεως των υλικών ανάλογα με τις επιδιωκόμενες ιδιότητες του σκυροδέματος.

Η επιλογή μέσα στις περιοχές αυτές της καταλληλότερης καμπύλης εναπόκειται στο μελετητή μηχανικό, που θα καθορίσει λεπτομερέστερα τις επιθυμητές ιδιότητες του υλικού, έχοντας υπόψη του τις απαιτήσεις του έργου και τις εργοταξιακές συνθήκες.

Ο Γερμανικός κανονισμός DIN 1045 που φαίνεται παρακάτω δείχνει τις οριακές καμπύλες κοκκομετρικής διαβαθμώσεως με μέγιστο κόκκο 31.5 mm.



Η περιοχή (3) μεταξύ των καμπυλών A και B ορίζεται ως άριστη περιοχή και η περιοχή (2), μεταξύ των καμπυλών B και C ως ανεκτή. Η περιοχή (1) έχει περίσσεια λεπτόκοκκου υλικού και η περιοχή (5) περίσσεια χονδρόκοκκου υλικού.

Μια αξιοσημείωτη παρατήρηση σχετικά με τις ιδιότητες των καμπυλών αυτών οφείλεται στον Abrams [1 όπως παρατίθεται στο 6]. Κοκκομετρικές καμπύλες που καλύπτουν την ίδια επιφάνεια (έχουν δηλ. το ίδιο εμβαδόν) προσδίδουν στο σκυρόδεμα την

ίδια δυνατότητα αντοχής. Αυτό ισχύει για σχεδίαση των διαμέτρων σε λογαριθμική κλίμακα και για την ίδια συνεκτικότητα (εργάσιμο) νωπού σκυροδέματος.

1.4.5. Αποθήκευση

Η αποθήκευση των αδρανών πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε :

1. Να μην διαχωρίζονται οι κόκκοι των αδρανών όπως π.χ συμβαίνει όταν ένα χονδρόκοκκο αδρανές αδειάζεται από μεγάλο ύψος ή όταν αναμοχλεύεται.

2. Να αποφεύγεται η ανάμιξη διαφορετικών αδρανών, όπως π.χ συμβαίνει όταν δύο σωροί εφάπτονται χωρίς ενδιάμεσο χώρισμα.

3. Να αποφεύγεται η ρύπανση τους από επιβλαβείς προσμίξεις (χώμα, λύμματα κ.τ.λ) (ΦΕΚ σελ-2617).

1.5. ΤΟ ΝΕΡΟ

1.5.1. Γενικά

Το νερό θεωρείται από τα ενεργά συστατικά του σκυροδέματος γιατί μαζί με το τσιμέντο παίρνει μέρος σε μια σειρά χημικών αντιδράσεων που οδηγούν με την δημιουργία ένυδρων κρυστάλλων στην πήξη και την σκλήρυνση του σκυροδέματος. Η βασική απαίτηση για το νερό είναι να μην επηρεάζει αρνητικά τις αντιδράσεις ενυδάτωσης.

1.5.2. Απαιτήσεις

Το νερό ανάμιξης και συντήρησης του σκυροδέματος πρέπει να είναι καθαρό και να μην περιέχει συστατικά που δρούν αρνη-

τικά στην αντοχή και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος σε διάρκεια ή να συντελεί στη διάβρωση του οπλισμού. Τα χρησιμοποιούμενα επιφανειακά ή υπόγεια νερά δεν πρέπει να προέρχονται από βάλτους ή βιομηχανικά απόβλητα και να μην περιέχουν ζωικά απορρίματα, σάκχαρα, ελαιώδεις ή λιπαρές ουσίες και ανθρακικό κάλιο. Για την παρασκευή του σκυροδέματος το νερό θα πρέπει να είναι πόσιμο δηλ. από υδρευτικό δίκτυο ή από πηγή που χρησιμοποιείται για αρκετό χρονικό διάστημα.

Οι κυριότερες από τις ουσίες που έχουν δυσμενή επίδραση είναι οι παρακάτω :

1. Η ζάχαρη
2. Τα οξέα
3. Τα λάδια και λίπη
4. Οργανικές ουσίες

Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει τα ανώτερα (α) και τα κατώτερα (β) όρια βλαπτικών ουσιών για διάφορα είδη σκυροδέματος (προεντεταμένο, οπλισμένο και άοπλο).

Α/Α	Ιδιότητες - Συστατικά	Όρια (ppm)*	
		αα	ββ
1	Όλική όξυτης, εκπερασμένη εις άνθρακόν διοξείδιον (CaCO_3) (μετρουμένη ως προς δείκτην φαινόλε-θυαλίνη)	100 ^(α)	500 ^(β)
2	Όλική αλκαλικότητα, εκπερασμένη εις άνθρακικόν διοξείδιον (CaCO_3) (μετρουμένη ως προς δείκτην φαινόλε-θυαλίνη)	500 ^(α)	—
3	Ανόργανα στερεά (προκειμένου περί άοπλου καί σιδηροπαιχτού σκυροδέματος)	3000	15000
4	Ανόργανα στερεά (προκειμένου περί προεντεταμένου σκυροδέματος)	800	800
5	Οργανικά στερεά	200	500
6	Θειικά άλατα εκπερασμένα εις θειικόν νάτριον (Na_2SO_4) (προκειμένου περί άοπλου καί σιδηροπαιχτού σκυροδέματος)	1500	3000
7	Θειικά άλατα εκπερασμένα εις θειικόν νάτριον (Na_2SO_4) (προκειμένου περί προεντεταμένου σκυροδέματος)	400	400
8	Χλωριούχα άλατα εκπερασμένα εις χλωριούχον νάτριον (NaCl) (προκειμένου περί άοπλου καί σιδηροπαιχτού σκυροδέματος)	2000	15000
9	Χλωριούχα άλατα εκπερασμένα εις χλωριούχον νάτριον (NaCl) (προκειμένου περί προεντεταμένου σκυροδέματος)	400	400
10	Υπερμαγγανικόν κάλιον (KMnO_4) (προκειμένου περί ώπλισμένου σκυροδέματος μόνον)	50	100
11	Λιπαρά καί σακχαρώδεις ουσίαι	έντελής άπύλωση	

Πίνακας 1 : Κρίσιμα όρια βλαπτικών ουσιών

1.6.ΤΑ ΠΡΟΣΘΕΤΑ

1.6.1.Γενικά

Πρόσθετα υλικά ή βελτιωτικά του σκυροδέματος ονομάζουμε υλικά που προσθέτονται μέσα στο σκυρόδεμα κατά την παρασκευή του και τροποποιούν κατά ορισμένο τρόπο μερικές από τις ιδιότητες του.

Τα πρόσθετα υλικά χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο που δρούν.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα υλικά εκείνα που δρούν κατά τρόπο χημικό ή φωτοχημικό ενώ η ποσότητα είναι τόσο μικρή, ώστε να μην επηρεάζει τη σύνθεση του σκυροδέματος.

Στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα υλικά εκείνα που εκτός από την τυχόν χημική ή φυσικοχημική δράση τους, η ποσότητα του είναι τέτοια ώστε να πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η τροποποίηση της συνθέσεως του σκυροδέματος που τα υλικά αυτά προκαλούν.

Από τον ορισμό που δόθηκε παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι στα πρόσθετα υλικά δεν συμπεριλαμβάνονται υλικά που προστίθενται στο τσιμέντο κατά την διάρκεια της παρασκευής του στο εργοστάσιο ή υλικά που επιστρώνονται επάνω στην επιφάνεια του σκυροδέματος μετά την διάστρωση ή την πήξη του.

Τα πρόσθετα υλικά κατατάσσονται, ανάλογα με το αποτέλεσμα τους στις ακόλουθες κατηγορίες :

- | | | |
|-------------------|-----------------|---|
| 1. Ρευστοποιητικά | 5. Στεγανωτικά | 9. Αντιδιαβρωτικά |
| 2. Αερακτικά | 6. Αντιπαγετικά | 10. Χρώματα |
| 3. Επιβραδυντικά | 7. Αεραπαγωγή | 11. Δραστικά κατά μηκύνων και μικροβίων |
| 4. Επιταχυντικά | 8. Διογκωτικά | |

Όλα τα πρόσθετα υλικά έχουν, κατά κανόνα επίδραση σε περισσότερες από μια ιδιότητες του σκυροδέματος και πολλές φορές έχουν δυσμενείς συνέπειες σε μερικές από αυτές, όπως π.χ στη συστολή και την αντοχή. Γι' αυτό και η χρήση τους πρέπει να γίνεται, αφού ελεγχθούν και αντιμετωπισθούν οι συνέπειες αυτές. Συνοπτική εικόνα των αποτελεσμάτων των διαφόρων προσθέτων παρέχει ο πίνακας XXVI που έχει συνταχθεί από την επιτροπή προδιαγραφών σκυροδέματος του ΤΕΕ.

Ιδιότητες Πρόσθετα	ΕΠΙΘΥΜΗΤΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΘΕΤΩΝ															ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΑΙ ΔΥΣΜΕΝΕΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ								
	Αύξηση ελαστικότητας σκυροδέματος	Αύξηση ελαστικότητας σκυροδέματος	Αύξηση ανθεκτικότητας σκυροδέματος	Μείωση μείζονος σκυροδέματος	Παύση αύξησης σκυροδέματος	Επίδραση σήλασης	Επίδραση σφλινδρίσματος	Επίδραση σήλασης	Μείωση της αντοχής στην κάμψη ή στην διάτμηση	Μείωση της αντοχής στην διάτμηση και της διαπερατότητας της μάζας του σκυροδέματος	Αύξηση ανθεκτικότητας σε συστολή (ελαστικότητα σκυροδέματος)	Αύξηση ανθεκτικότητας σε σφλινδρίσματος και διαπερατότητας (ελαστικότητα σκυροδέματος)	Αύξηση ανθεκτικότητας σε τριμμήκτες επιδρομές	Αύξηση αντοχής σε μηχανική φθορά	Αύξηση της σφαιρότητας μετά το σπένδιν δαίτημα	Μείωση της αντοχής σε μηχανική φθορά	Μείωση σφαιρότητας μετά το σπένδιν δαίτημα	Αύξηση της αντοχής στην διάτμηση	Διάβρωση (*) σφλινδρίσματος	Μείωση της ανθεκτικότητας σε φθοράς τριμμήκτες επιδρομές	Επίδραση μείζονος	Αύξηση της μείζονος	Επίδραση διάτμησης, φθοράς, ανθεκτικότητας	Μείωση ανθεκτικότητας σε σφλινδρίσματος και διαπερατότητας (ελαστικότητα σκυροδέματος)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. Ρευστοποιητικά	X	τινέ (1)	X	X	τινέ (1)			τινέ (1)	τινέ (1)	X		X	τινέ (1)					τινέ						
2. Έπιταχυντικά σήλασης (εκτός CaCl ₂ και άλλων παραμεχόντων CaCl ₂)						X	X	τινέ (1)					τινέ	τινέ		τινέ	τινέ				τινέ		X	
3. Έπιταχυντικά σκληρύνσεως (εκτός CaCl ₂ και άλλων παραμεχόντων CaCl ₂)						X	X	X			X			τινέ		τινέ	τινέ					X		
4. Χλωριούδιον θειώσεων CaCl ₂ (δόσεις 1 %)				X		X	X	X										X (4)	X (3) (4)	X		X	X	
5. Επιβραδυντικά σήλασης	X	τινέ (1)	τινέ (1)	τινέ (1)	τινέ (1)		X	X	τινέ (1) (10)	X	τινέ (1)	τινέ (1)	τινέ (1)		τινέ		τινέ	τινέ (10)		τινέ (1)		τινέ		
6. Αερατικά	X	X	X	X	X					X (11)	X	X	τινέ		X	X	τινέ							
7. Στεγανοποιητικά						τινέ	τινέ	τινέ	X	τινέ	τινέ	τινέ	τινέ		τινέ		X						τινέ	τινέ
8. Αντιψαθυτικά	(9)	(9)		τινέ		τινέ	τινέ				X	τινέ			τινέ		τινέ	τινέ	τινέ		τινέ	τινέ	τινέ	τινέ
9. Πρόσθετα προς αύξησης της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος εις χημικές επιδρομές	τινέ				τινέ			τινέ					X											
10. Πουζολάνες	X (7)	X	X	X						X			X					εις τριμμήκτες επιδρομές (8)						
11. Αβρίονες δρυκταί κόνες	X (7)	X	X	X														εις τριμμήκτες επιδρομές (8)						
Παρατηρήσεις: 1) Εις την περίπτωση συμπληρώνεται σχετική σημαντική ποσότης αερίου. 2) Πάν πρόσθετον αερίον CaCl₂, όσον καιρό ελέγχεται β-νική ενδεχόμενη διαβρωτική του δαίτημα εν άνωθεν από τις περί CaCl₂ προβλέψεις του παρόντος είνεως. 3) Εις ποσότητες μικρο-πλάς της κανονικής. 4) Κυρίως διά το άμυγες CaCl₂. 5) Πιθανή διά ποσότητα κα-τά βάρος τοις μέρη 3 %. 6) Εις περίπτωση προετοιμα-μένου σκυροδέματος ή πα-ρουσίας CaCl₂, άσφαλίζεται. 7) Διά μήγματα με-μ-κρόν ποσότητα άλκα-λιών. 8) Διά μήγματα στε-τικής αλούσια εις λεπτόκοκτες άλκα-λικά. 9) Ανταπεκτινικά τινέ ενό-χεται να επιρροήν δυσμε-νώς εις το έργοισμα. 10) Έλαφρά αύξησης της συστολής ξηρότητας λαμβά-ναι χώραν εις περίπτωση τοις μέρη 1,5 %. 11) Έλαφρά βελτίωση στην αντοχή και την διά μ-κρόν φασαλίδων διακοπών των τριμμήκτων.																								

X = Κύρια ιδιότητα, x = Δευτερεύουσα ιδιότητα

ΠΙΝΑΚΑΣ XXVI : Επιρροή των προσθέτων του σκυροδέματος στις ιδιότητες του.

1.7. ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1.7.1. Γενικά

Το σκυρόδεμα πρέπει να έχει μελετηθεί και να παρασκευάζεται έτσι ώστε :

- Να έχει ομοιογένεια.

- Να έχει την εργασιμότητα εκείνη που θα επιτρέψει να διαστρωθεί και να συμψηκνωθεί ικανοποιητικά με τα διαθέσιμα μέσα.

- Να έχει την αντοχή, την ανθεκτικότητα και όλες τις άλλες πρόσθετες ιδιότητες οι οποίες προδιαγράφονται για το έργο.

1.7.2. Μελέτη σύνθεσης

Για την σωστή εκτέλεση μιας μελέτης σύνθεσης πρέπει να ακολουθείται μια διαδικασία που εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι πλέον συνηθισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν την μελέτη σύνθεσης είναι οι παρακάτω :

- Η κατηγορία του παραγόμενου σκυροδέματος.
- Η τυπική απόκλιση του εργοστασίου.
- Η μέγιστη διάσταση κόκκου του αδρανούς.
- Η επιθυμητή εργασιμότητα του σκυροδέματος.
- Ο τύπος και η ελάχιστη επιτρεπόμενη ποσότητα τσιμέντου.
- Ο μέγιστος επιτρεπόμενος λόγος νερού προς τσιμέντο.
- Η μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία σκυροδέματος.
- Εάν το παραγόμενο προϊόν θα αντλείται.
- Εάν θα γίνει χρήση προσθέτων.
- Οι κοκκομετρικές αναλύσεις των αδρανών , τα ειδικά βάρη

και η υδαταπορροφητικότητα τους.

Από τα παραπάνω στοιχεία είναι δυνατός ο υπολογισμός ή η μέτρηση των ακόλουθων.

- Η κοκκομετρική ανάλυση του μίγματος των αδρανών.
- Η θλιπτική αντοχή και η κάθιση των δοκιμίων.
- Η θερμοκρασία του σκυροδέματος.

Για την εκπόνηση της μελέτης σύνθεσης πρέπει να υπολογισθεί και η απαιτούμενη αντοχή F_{ak} που είναι συνάρτηση της χαρακτηριστικής αντοχής F_{ck} και της τυπικής απόκλισης S .

Η μελέτη σύνθεσης κάθε ποιότητας του σκυροδέματος πρέπει να γίνεται στην αρχή του έργου και πρέπει να επαναλαμβάνεται.

1. Όταν αλλάζει η πηγή λήψης των αδρανών.
2. Όταν τα αδρανή παρουσιάζουν διαφορετική διαβάθμιση από εκείνη που είχαν στη μελέτη συνθέσεως.
3. Όταν αλλάζουν τα πρόσθετα ή ο τύπος του τσιμέντου.

1.7.3. Απαιτήσεις

Ο κανονισμός τεχνολογίας σκυροδέματος θέτει τις παρακάτω απαιτήσεις :

Σε οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς ειδικές απαιτήσεις η περιεκτικότητα του τσιμέντου ανά m^3 σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μικρότερη από αυτή που δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί.

1.8.2. Αποθήκες

α. Αποθήκες τσιμέντου : Μεταλλικά Silo χωρητικότητας 50

έως 100 τόννων το καθένα με κοιλίες τσιμέντου για τον μεταφορέα από το Silo στο ζυγό τσιμέντου.

Σκυρόδεμα μέγιστου κόκκου (mm)	Επιχρισμένο Σκυρόδεμα	Ανεπίχριστο σκυρόδεμα
16	310	340
31.5	270	300
63	270	300

Πίνακας .Ελάχιστη περιεκτικότητα τσιμέντου (kg / m³)

Σε σκυρόδεμα χωρίς ειδικές απαιτήσεις ο λόγος νερό / τσιμέντο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0.9 όταν το σκυρόδεμα είναι επιχρισμένο και το 0.67 όταν το σκυρόδεμα είναι ανεπίχριστο. Σκυρόδεμα με επένδυση μαρμάρου ή βαμμένο με οποιοδήποτε χρώμα θεωρείται για τις παραπάνω απαιτήσεις ανεπίχριστο.

Ο μέγιστος κόκκος του σκυροδέματος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 1/3 του πάχους του στοιχείου που θα κατασκευαστεί από αυτό το σκυρόδεμα.

1.8.ΠΕΡΙΛΗΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1.8.1.Γενικά

Το σκυρόδεμα είναι πλέον και αυτό βιομηχανικό προϊόν και σαν τέτοιο πρέπει να παράγεται σύμφωνα με ορισμένες προδιαγραφές.Τα απολύτως απαραίτητα μέσα για τον εξοπλισμό της μονάδας παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος INTERMPIETON είναι :

1.8.2.Αποθήκες Ὑλών

α.Αποθήκες τσιμέντου : Μεταλλικά Silo χωρητικότητας 50 έως 100 τόννων το καθένα με κοχλίες τσιμέντου για την μεταφορά από τα Silo στο ζυγό τσιμέντου.

β. Αποθήκες αδρανών : Στην υπάρχουσα εγκατάσταση εκτός από τις υπαίθριες αποθήκες υπάρχει 1 silo αδρανών, χωρητικότητας 300 μ³ με 5 χωρίσματα, στα οποία υπάρχουν 2 Άμμοι, 2 Χαλίκια και 1 Γαρπίλι, πάνω ακριβώς από την ζυγαριά των αδρανών και το οποίο τροφοδοτείται από τη χοάνη των αδρανών με μεταφορική ταινία.

γ. Δεξαμενή νερού και προσθετικού (επιβραδυντού) που με αντλίες και πιεστικά δίνουν την απαιτούμενη παροχή στον αναμικτήρα.

1.8.3. Εγκαταστάσεις ζύγισης - ανάμιξης

Περιλαμβάνουν ζυγαριές για το τσιμέντο και τα αδρανή καθώς και λιτρόμετρο για το νερό και το προσθετικό. Οι ζυγοί ελέγχονται τακτικά με πρότυπα βάρη. Για την ακρίβεια τα υλικά αφού ζυγιστούν μπαίνουν στον αναμικτήρα ο οποίος είναι βίαιας αναμίξεως και μέσα σε 30 sec έχει πλήρως ομοιογενοποιηθεί το μίγμα, που μπορεί να είναι από 1 - 3.5 μ³ σε συμπυκνωμένη κατάσταση. Το ανάμιγμα στη συνέχεια εκφορτώνεται στα ειδικά αυτοκίνητα - αναμικτήρες (μπετονιέρες) από όπου και μεταφέρεται.

1.8.4. Εγκαταστάσεις αυτοματισμού

Χάρη στην ύπαρξη αυτοματισμού, η όλη παραγωγική διαδικασία γίνεται στο Control από τον Computer (H/Y), που έχει τη δυνατότητα να ελέγχει και να καταγράφει :

α. Την ακρίβεια των ζυγίσεων των υλών

β. Τους χρόνους ανάμιξης - εκκένωσης

- γ.Τις ακριβείς διαιρέσεις και υποδιαιρέσεις των αναμίξεων
- δ.Τη διαδικασία φόρτωσης των αδρανών και του τσιμέντου
- ε.Την εργασιμότητα του σκυροδέματος
- στ.Την ποιότητα του σκυροδέματος

1.8.5.Εγκαταστάσεις εργαστηρίου

Περιλαμβάνουν τα απολύτως απαραίτητα μέσα για τον καθημερινό έλεγχο της παραγωγής.Αυτά είναι :

- α.Μια πρέσα θραύσης δοκιμίων.
- β.Τράπεζα εξάπλωσης με μεταλλικό κώνο.
- γ.Κώνο κάθισης.
- δ.Κόσκινο για κοκκομετρία αδρανών.
- ε.Υγρό θάλαμο (με συγκεκριμένη υγρασία 90 % και θερμοκρασία 20 °C) για συντήρηση δοκιμίων.
- στ.Συσκευή ελέγχου υδατοστεγανότητας.
- ζ.Συσκευή ελέγχου κενών σκυροδέματος.
- η.Δονητική τράπεζα.
- θ.Μπάνιο για πρόωρη ανάπτυξη αντοχών.
- ι.Διάφορες μήτρες και ζυγαριές.
- κ.Φούρνο ξήρανσης.

Παρακάτω φαίνεται μια σχηματική διάταξη λειτουργίας της μονάδας παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος.

1.9. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Αφού καθορίσουμε την σύνθεση του σκυροδέματος για κάθε ποιότητα δηλ. την ποσότητα των υλικών που χρειάζονται ν' αναμιχθούν για να έχουμε ένα κυβικό μέτρο σκυροδέματος, προχωρούμε στην παραγωγική διαδικασία.

Πρέπει να τονισθεί ότι δεν φθάνει μόνο να ξέρουμε πόση ποσότητα από κάθε υλικό (τσιμέντο, αδρανή, νερό ή πρόσθετα) πρέπει να ζυγίσουμε για να παράγουμε ένα κυβικό μέτρο σκυροδέματος ορισμένης ποιότητας.

Μια σωστή παραγωγική διαδικασία προϋποθέτει :

1. Σωστή αποθήκευση των υλικών.
2. Σωστή ζύγιση.
3. Σωστή ανάμιξη.

1.9.1. Αποθήκευση

Όλα τα υλικά θα πρέπει να είναι αποθηκευμένα σε διαφορετικούς χώρους το καθένα. Τα διάφορα κλάσματα αδρανών σε διαφορετικούς χώρους (σωρούς ή σιλό), τα τσιμέντα διαφόρων κατηγοριών σε ξεχωριστά σιλό. Τα πρόσθετα σε χωριστές δεξαμενές και θα τροφοδοτούνται στην παραγωγή σε ξεχωριστό κύκλωμα το καθένα.

1.9.2. Ζύγιση

Η σωστή ζύγιση των υλικών εξασφαλίζει σταθερή παραγωγή τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.

Βέβαια η ακρίβεια ζυγίσεως εξαρτάται από τα μηχανήματα που έχουμε στην διάθεση μας, από τον τρόπο λειτουργίας του

συστήματος ζυγίσεως και από τον χειριστή του μηχανήματος.

Εν πάσει περιπτώσει, με δεδομένο το μηχάνημα και τον κατάλληλο χειριστή μπορούμε να πετύχουμε σταθερές συνθήκες ζυγίσεως ικανοποιητικές για την παραγωγή μας. Η σταθερή ζύγιση εκτός του ότι εξασφαλίζει σταθερή παραγωγή ποσοτικά και ποιοτικά, μας παρέχει τη δυνατότητα ελέγχου των αναλώσεων A° Υλών, αποθεμάτων κ.τ.λ.

Σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να ελέγχουμε την ακρίβεια των ζυγών. Ο έλεγχος αυτός δεν είναι δαπανηρός, είναι απλός και δεν απαιτεί πολύ χρόνο.

1.9.3. Ανάμιξη

Η ανάμιξη είναι από τα σπουδαιότερα στάδια στην παραγωγή του ετοίμου σκυροδέματος, γιατί η εργασιμότητα και η αντοχή του σκυροδέματος εξαρτώνται πάρα πολύ από την ποσότητα του νερού που θα μπει στον αναμικτήρα.

Το νερό μπαίνει στον αναμικτήρα για δύο λόγους :

α. Για να ενωθεί με το τσιμέντο και να δώσει ισχυρές, σκληρές χημικές ενώσεις. Αυτή η ποσότητα του νερού είναι σταθερή για ορισμένη ποσότητα τσιμέντου.

β. Για να δώσει σκυρόδεμα εργάσιμο, ώστε να μπορεί εύκολα να συμπυκνωθεί και να διαστρωθεί στην κατασκευή. Αυτή η ποσότητα του νερού εξαρτάται από την ποιότητα, την ποσότητα και την διαβάθμιση των αδρανών.

Εδώ πρέπει να τονιστεί η επίδραση της υγρασίας των αδρανών στην ρευστότητα και τελικά στην αντοχή του σκυροδέματος.

Η συνήθης υγρασία των στεγνών άμμων λατομείου είναι περί-

που 1 - 1.5 %, αλλά η βρεγμένη άμμος ή άμμος του ποταμού, θαλάσσης ή ορυκτή μπορεί να φθάσει μέχρι 7 - 8 %.Σ` αυτή την περίπτωση πρέπει να μειώσουμε το νερό που θα βάλουμε στον αναμικτήρα και να αυξήσουμε τον χρόνο αναμίξεως της παρτίδας του σκυροδέματος γιατί η υγρασία της άμμου αργεί να αποδοθεί στο μίγμα του σκυροδέματος. Αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται άμμος φυσική (ορυκτή, θαλάσσης, ποταμού).

Πάντα σκοπεύουμε στην παραγωγή σκυροδέματος σταθερής ρευστότητας. Αυτό είναι και το πρώτο κριτήριο αμέσου ελέγχου της παραγωγής μας.

Αν η ρευστότητα δεν είναι σταθερή τότε πρέπει να προσέξουμε :

- α. Αν δουλεύει καλά το λιτρόμετρο ή ο ζυγός νερού.
- β. Αν έχει μεταβληθεί η υγρασία της άμμου.
- γ. Αν έχει μεταβληθεί πολύ η περιεκτικότητα της άμμου σε λεπτά υλικά (παιπάλη) ή αν έχει αλλάξει τελείως η άμμος (σπαστήρας, τριβείο κ.τ.λ).

1.10. ΣΗΜΕΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

1.10.1. Έλεγχος Ἀ υλών

Για να παράγουμε καλό σκυρόδεμα πρέπει να έχουμε αδρανή και τσιμέντα καλής ποιότητας. Η άμμος και το χαλίκι αποτελούν τα 4/5 του σκυροδέματος. Το υπόλοιπο 1/5, που αποτελεί το τσιμντο, προέρχεται από διαδικασίες σαφώς πιο τυποποιημένες και ελεγχμένες απ` ότι τα αδρανή. Όμως τα αδρανή δεν μπορούν να είναι σταθερής ποιότητας σε κάθε φορτίο που μας παραδίδεται. Γι` αυτό θα πρέπει κατά διαστήματα να κάνουμε ελέγχους για :

1.Κοκκομετρική διαβάθμιση

& 2.Καθαρότητα.

Καλό και πρακτικό θα είναι να κρατάμε τα ελεγχόμενα δείγματα,έτσι ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε οπτικά πλέον τα παραδιδόμενα φορτία σε σύγκριση με τα δείγματα που ελέγχουμε και που έχουν κριθεί ως κατάλληλα.

Εάν η πηγή προμήθειας των αδρανών είναι σταθερή,τότε ελέγχουμε οπτικά κάθε φορτίο.Αν το φορτίο οπτικά διαφέρει από τα συνήθη φορτία τότε παίρνουμε δείγματα για κοκκομετρία και καθαρότητα.Επίσης περιοδικά ελέγχουμε τα αδρανή έστω και αν δεν προκύπτει οπτική διαφορά από τα προηγούμενα.

Από την εμπειρία προκύπτει ότι τα περισσότερα προβλήματα παρουσιάζονται στην άμμο επειδή αποτελεί το υλικό που μπαίνει σε μεγαλύτερη αναλογία και επηρεάζει την περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε νερό και την ρευστότητα και αντλησιμότητα του σκυροδέματος.

Τρία χαρακτηριστικά της άμμου έχουν ιδιαίτερη σημασία :

1.Η υγρασία.

2.Η περιεκτικότητα σε λεπτά υλικά (0.2 mm).

& 3.Η περιεκτικότητα σε ρυζάκι (3 - 5 mm).

Η υγρασία της άμμου επηρεάζει την τελική περιεκτικότητα του χαρμανιού σε νερό.Το πρόβλημα της υγρασίας είναι σοβαρό σε περιπτώσεις χρήσεως άμμου ποταμού,θαλάσσης ή ορυκτή π.χ εάν η άμμος έχει υγρασία 6 % και βάζουμε άμμο 800 kg/m^3 θα προσθέσουμε στο χαρμάνι του σκυροδέματος 48 kgρ επιπλέον για κάθε κυβικό.Αυτό σημαίνει πτώση της αντοχής περίπου 40 % το δε χαρμάνι θα είναι τόσο ρευστό ώστε θα έχουμε διαχωρισμό των

υλικών.

Η περιεκτικότητα της άμμου σε λεπτό υλικό επηρεάζει την πλαστικότητα του σκυροδέματος. Μεγάλη ποσότητα λεπτών υλικών απορροφάνε πολύ νερό, ενώ μικρή ποσότητα λεπτών υλικών απορροφάνε λίγο νερό. Επιπλέον μεγάλη περιεκτικότητα σε λεπτά υλικά προκαλεί ρωγμές στο σκυρόδεμα.

Η περιεκτικότητα της άμμου σε ρυζάκι επηρεάζει πολύ την άντληση του σκυροδέματος και την εργασιμότητα.

1.10.2. Έλεγχος ετοίμου προϊόντος

Βασικοί έλεγχοι και σχετικά απλοί είναι δύο :

1. Έλεγχος πλαστικότητας.

& 2. Έλεγχος αντοχής.

Ο έλεγχος πλαστικότητας γίνεται με τον κύβο καθίσεως ή με την τράπεζα εξαπλώσεως, είναι σχετικά απλός και σύντομος και δίνει μια άμεση εποπτεία για την παραγόμενη ποιότητα.

Ο έλεγχος αντοχής γίνεται με την λήψη δοκιμίων σκυροδέματος που τα συντηρούμε και τα σπάμε στις 3, 7 & 28 ημέρες. Η αντοχή 3 ημερών είναι προειδοποιητική για το αν θα πιάσουμε την τελική αντοχή, έτσι μπορούμε να επέμβουμε διορθωτικά στην σύνθεση ή στην διαδικασία παραγωγής (έλεγχος Α΄ υλών, έλεγχος ζυγών κ.τ.λ).

Τεχνικές στατιστικού ελέγχου ποιότητας μπορούν να παρεμβληθούν στην κοκκομετρία των αδρανών καθώς και στην αντοχή των δοκιμίων του έτοιμου σκυροδέματος. Γι' αυτά τα δύο σημεία, που θα απασχολήσουν την διπλωματική εργασία, θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα σε επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΩΡΙΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ

2.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ - ΔΕ

Ο πλέον συνήθης έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας πραγματοποιείται κυρίως με την βοήθεια -ΔΕ (Control Charts), που φτιάχνονται με τέτοιο τρόπο ώστε το αποτέλεσμα του στατιστικού ελέγχου που θα διενεργηθεί πάνω στο δείγμα να είναι απ' ευθείας ορατό. Επιπρόσθετα δίνουν μια δυναμική (δηλ. μέσα στον χρόνο), απεικόνιση της όλης παραγωγικής διαδικασίας, κάνοντας έτσι δυνατή την παρέμβαση του Μηχανικού Παραγωγής πριν αρχίσει καν να παράγεται σκάρτο προϊόν.

Ο έλεγχος γίνεται είτε μέσω χαρακτηριστικών (Control by Attributes) είτε μέσω μεταβλητών (Control by Variables).

Αν το προϊόν ελέγχεται σε σχέση με κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό του, τότε έχουμε έλεγχο μέσω χαρακτηριστικών. Στην περίπτωση αυτή το προϊόν είτε συμφωνεί με τις προδιαγραφές (καλό) είτε δεν συμφωνεί (κακό). Για παράδειγμα κακό μπορεί να είναι ένα πορτοκάλι με διάμετρο μικρότερη από κάποιο ορισμένο μήκος, ένας αναπτήρας που δεν ανάβει, μια ασφάλεια που καίγεται πολύ αργά ή πολύ γρήγορα κ.τ.λ. Έλεγχος μέσω χαρακτηριστικών μπορεί να γίνεται αν θέλουμε να κάνουμε οικονομία (ιδιαίτερες μετρήσεις δαπανηρές, πολύπλοκες κ.τ.λ) ή αν η ακρίβεια του οργάνου μέτρησης είναι ανεπαρκής ή αν δεν υπάρχει τέτοιο όργανο.

Ο έλεγχος μέσω μεταβλητών αφορά διαδικασίες ελέγχου όπου γίνονται μετρήσεις και χρησιμοποιούνται αριθμητικά δεδομένα στη λήψη της απόφασης (π.χ μέσος όρος κάποιων μετρήσεων, εκτίμηση διασποράς κ.τ.λ). Μπορούμε π.χ να θέλουμε μέτρηση της αντοχής ενός νήματος ή μιας σιδηροδοκού, της ροπής ενός κινητήρα, της αντίστασης ενός αγωγού κ.τ.λ.

Προφανώς ο έλεγχος μέσω μεταβλητών είναι πιο περίπλοκος. Συχνά όμως είναι πιο αποδοτικός (και συμφέρων) από τον έλεγχο μέσω χαρακτηριστικών, γιατί κάνει (ή μπορεί να κάνει) χρήση του συνόλου της πληροφορίας που περιέχεται στο δείγμα.

Μια διαδικασία παραγωγής θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου αν οι διακυμάνσεις στην ποιότητα του προϊόντος είναι τυχαίες οφείλονται δηλ. σε παράγοντες πολύπλοκους και τέτοιους που είναι δύσκολο ν' ανιχνευτούν, όπως π.χ αυτούς που καθορίζουν αν ένα νόμισμα θα έρθει κορώνα ή γράμματα, και γι' αυτό θεωρούνται τυχαίοι.

Στην περίπτωση που η διαδικασία παραγωγής βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου, οι παράμετροι που μετράνε την ποιότητα του προϊόντος θάναί επομένως τυχαίες μεταβλητές και άρα, η διερεύνηση τους θα μπορεί να γίνει μέσω στατιστικών μεθόδων.

Η ιδέα πίσω από τα ΔΕ είναι λοιπόν απλή. Αν παρατηρηθούν διακυμάνσεις στην ποιότητα του προϊόντος που στατιστικά είναι απίθανες αν η κατάσταση είναι υπό έλεγχο, θα συμπεράνουμε ότι η κατάσταση βρίσκεται εκτός ελέγχου. Βέβαια, για να είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε τέτοιες απίθανες διακυμάνσεις, θα πρέπει να γνωρίζουμε ποιά είναι τα όρια του πιθανού. Θα πρέπει δηλ. να έχουμε κάνει κάποιες αρχικές στατιστικές εκτιμήσεις των

παραμέτρων που καθορίζουν την κατανομή μας. Φυσικά η μεθοδολογία μας θα πρέπει να μπορεί να κάνει αναπροσαρμογή των αρχικών εκτιμήσεων μας (και άρα να παρακολουθεί κατάλληλα την παραγωγική διαδικασία). Ταυτόχρονα θα πρέπει να μπορούμε να μετρήσουμε τα τυχόν σφάλματα μας και φυσικά αφού μιλάμε για τυχαία πειράματα, το μέτρο του λάθους μας θάναί εκφρασμένο με την γλώσσα των πιθανοτήτων.

Όταν διαπιστωθεί από τον ΜΠΔ ότι η παραγωγική διαδικασία έχει ξεφύγει από τον έλεγχο, τότε θα πρέπει να εκτιμηθεί με μεθόδους άλλες, και όχι με τον έλεγχο ποιότητας, ποιά είναι τα αίτια της υπερβολικής διακύμανσης της ποιότητας, και θα πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για την διόρθωση τους. Τέτοια αίτια συνήθως είναι :

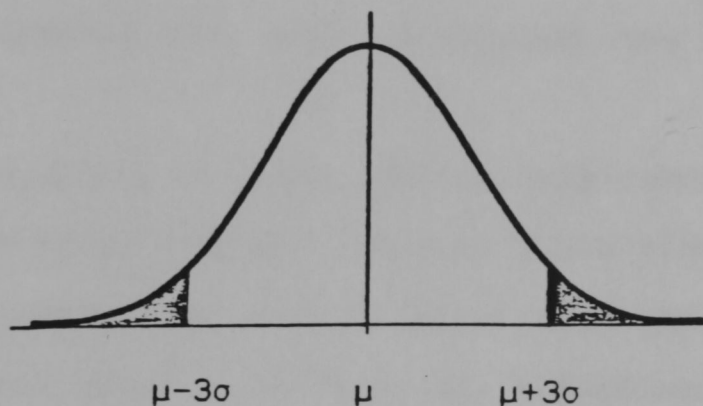
1. Οι διαφορές ανάμεσα σε μηχανές.
2. Διαφορές ανάμεσα σε εργάτες (επίπεδο ειδίκευσης κ.α).
3. Διαφορές στην ποιότητα της πρώτης ύλης.
4. Διαφορές των τύπων (α), (β) & (γ) συναρτήσεϊ του χρόνου (π.χ η διαφορά ανάμεσα στην πρωινή και την βραδινή βάρδια)
- & 5. Διαφορές στην σχέση ανάμεσα στα (α), (β) & (γ).

2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗΣ ΕΝΟΣ - ΔΕ

Υποθέτουμε ότι σε τακτά χρονικά διαστήματα παίρνουμε δείγματα από μια διαδικασία παραγωγής και στη βάση των δειγμάτων αυτών υπολογίζουμε την τιμή κάποιας μεταβλητής X που εκτιμά κάποια παράμετρο που μετρά την ποιότητα του προϊόντος (π.χ το X θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει το ποσοστό ελαττωμα-

τικών προϊόντων στο δείγμα, ή την μέση τιμή κάποιου μεγέθους που αφορά το προϊόν, ή το πεδίο τιμών του δείγματος, δηλ. το $R = \max(x_i) - \min(x_i)$.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι από τη θεωρία γνωρίζουμε ότι η X ακολουθεί την κανονική κατανομή (όταν η διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου) με άγνωστα μ και σ^2 . Τότε, είναι δυνατόν από τα δείγματα να εκτιμήσουμε τα μ και σ^2 π.χ από τις ΕΜΠ $\bar{X}$ και $S^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2 / n$.

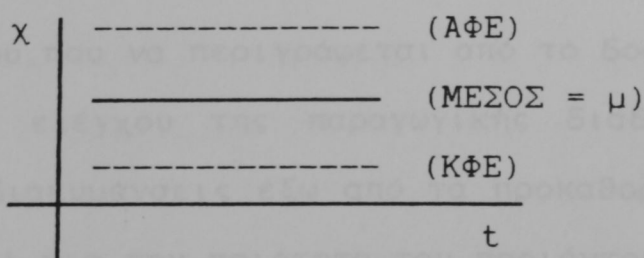


Η σ.π.π της X (που μετρά τις τυχαίες διακυμάνσεις της ποιότητας του προϊόντος) θάχει την παραπάνω μορφή. Σύμφωνα με όσα γνωρίζουμε, η μάζα πιθανότητας που περικλείεται στο διάστημα $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$ θάναι 0.9974. Άρα η πιθανότητα να δούμε μια τιμή της τ.μ x που να είναι $>$ της $\mu+3\sigma$ θα είναι 0.0013 (και το ίδιο για $x < \mu-3\sigma$).

Ας ονομάσουμε με $\mu-3\sigma$: Κάτω φράγμα ελέγχου (ΚΦΕ).

$\mu+3\sigma$: Άνω φράγμα ελέγχου (ΑΦΕ).

και ας υποθέσουμε ότι αρχίζουμε να παίρνουμε δείγματα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τότε η διαδικασία δειγματοληψίας μπορεί να παρασταθεί με το εξής διάγραμμα.



Στον οριζόντιο άξονα μετράμε τον χρόνο και στον κατακόρυφο τις διάφορες τιμές της τυχαίας μεταβλητής X . Περιμένουμε ότι αν έχουμε εκτιμήσει ικανοποιητικά την μ και την σ^2 , το 99.74 % των παρατηρήσεων μας θα πέφτει μέσα στις δύο παράλληλες λουρίδες που καθορίζονται από τις γραμμές του ΑΦΕ, Μέσου και ΚΦΕ.

Άρα η πιθανότητα να φύγει κάποια παρατήρηση έξω από τις δύο λουρίδες θα είναι 0.0026 (περίπου 2 στα 1000). Αν λοιπόν δούμε μια παρατήρηση έξω από τα όρια, είτε βρισκόμαστε στο εξαιρετικά σπάνιο γεγονός να είναι μόν η διαδικασία παραγωγής σε κατάσταση ελέγχου αλλά να είδαμε κάποιο ακρότατο, είτε η υπόθεση ότι η διαδικασία παραγωγής βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου είναι εσφαλμένη και επομένως θα πρέπει να αναζητήσουμε συγκεκριμένο αίτιο για την διακύμανση στην ποιότητα του προϊόντος. Στην περίπτωση που αποφασίσουμε ότι η δεύτερη εξήγηση του φαινομένου είναι η σωστή, η πιθανότητα να κάνουμε λάθος είναι ακριβώς 0.0026. Άρα είμαστε διατεθειμένοι να ρισκάρουμε μια τέτοια απόφαση, που συχνά είναι δαπανηρή (π.χ μπορεί να χρειαστεί να σταματήσει η γραμμή παραγωγής).

Τα ΔΕ επομένως χρησιμοποιούνται :

1. Ως πρόπος περιγραφής του στόχου, όσον αφορά την ποιότητα του προϊόντος που επιθυμεί η επιχείρηση. Με διαδοχικές διορθώσεις επιχειρείται να οδηγηθεί η παραγωγική διαδικασία σε κα-

τάσταση ελέγχου, που να περιγράφεται από το δοσμένο ΔΕ.

2.Ως μέσο ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας, ώστε να εντοπίζονται διακυμάνσεις έξω από τα προκαθορισμένα όρια που έχουν θεσπισθεί για την ποιότητα του προϊόντος.

3.Ως μέσο ελέγχου της υπόθεσης, του κατά πόσο η παραγωγική διαδικασία είναι σε κατάσταση ελέγχου.

Τα προβλήματα που συναντώνται στην κατάρθρωση ενός ΔΕ είναι :

1.Ποιά είναι η θεωρητική κατανομή της τ.μ X κάτω από την υπόθεση ότι η παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου.

2.Να εκτιμηθούν κατ' αρχήν και κατόπιν, μετά από αρκετό αριθμό παρατηρήσεων, να επανεκτιμηθούν τα ΑΦΕ και ΚΦΕ.

3.Να αποφασιστεί το μέγεθος του δείγματος και η συχνότητα δειγματοληψίας.

4.Να εκτιμηθεί κατά πόσο η παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου, όταν δεν παραβιάζονται τα όρια.

2.3.ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΤΥΧΑΙΟΤΗΤΑΣ ΜΙΑΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ένα από τα προβλήματα που παρουσιάζονται στην κατάσταση ενός ΔΕ είναι να βρεθεί κατά πόσο μια παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου όταν τα όρια που έχουν θεσπισθεί, δεν παραβιάζονται. Η απάντηση του προβλήματος δίνεται με την θεωρία των διαδρομών.

Πριν περιγράψουμε την θεωρία πρέπει να δοθεί ο ορισμός της διαδρομής. Υποθέτουμε ότι έχουμε μια διαδικασία που παρά-

γει αντικείμενα διαφόρων κατηγοριών (π.χ ελαττωματικά και μη ελαττωματικά). Διαδρομή, λοιπόν, καλούμε μια ακολουθία αντικειμένων, τα οποία ανήκουν στην ίδια κατηγορία.

Έστω ένα ΔΕ που έχουμε σημειώσει τον μέσο με μια οριζόντια γραμμή. Τότε τα δείγματα μας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα σημεία πάνω και κάτω από το μέσο. Έτσι κάθε ακολουθία διαδοχικών σημείων πάνω από την γραμμή, αντιπροσωπεύει μια διαδρομή πάνω από τον μέσο όρο. Παρόμοια έχουμε διαδρομές κάτω από το μέσο όρο.

Θεωρούμε τώρα σαν αντικείμενο όχι τα σημεία αλλά τα ευθύγραμμα τμήματα που τα ενώνουν. Αυτά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στα ευθύγραμμα τμήματα που έχουν θετική κλίση και σε αυτά, που έχουν αρνητική. Έχουμε έτσι, διαδρομές αυξήσεων, ή αλλιώς διαδρομές προς τα κάτω.

Στη διπλωματική εργασία θα παρουσιαστούν αποτελέσματα που αφορούν :

1. Την κατανομή του συνολικού αριθμού των διαδρομών.
2. Την κατανομή του μήκους της μεγαλύτερης διαδρομής.

2.3.1. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή του συνολικού αριθμού διαδρομών

Διαδρομές πάνω και κάτω από τον μέσο όρο ή τη διάμεσο

Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την χρησιμοποίηση των πινάκων N1, N2 και N3 (βλέπε παράρτημα Γ). Οι πίνακες N1 και N2 είναι παρόμοιοι και χρησιμοποιούνται ως ακολούθως.

Από το ΔΕ βρίσκουμε το συνολικό αριθμό των διαδρομών που είναι πάνω και κάτω από τον μέσο όρο, καθώς, και το πλήθος των

αντικειμένων (σημείων) που είναι πάνω από τον μέσο και το πλήθος που είναι κάτω από τον μέσο.Ορίζουμε $\underline{x}$ τον μικρότερο και $\underline{s}$ τον μεγαλύτερο,από τους δύο τελευταίους.Για τα συγκεκριμένα r και s πάμε στους πίνακες και για επίπεδο πιθανότητας 0.005 (Πίνακας N1) αντιστοιχεί μια τιμή (όριο). Παρόμοια και για επίπεδο πιθανότητας 0.05 (Πίνακας N2) αντιστοιχεί κάποιο άλλο όριο.Αν ο συνολικός αριθμός των διαδρομών είναι μεγαλύτερος του ορίου,που έχει υπολογιστεί, δεν απορρίπτεται η υπόθεση της τυχαιότητας,για το αντίστοιχο επίπεδο πιθανότητας.Θα απορρίπταμε,την υπόθεση της τυχαιότητας,αν ο συνολικός αριθμός των διαδρομών είναι μικρότερος του ορίου.

Ο πίνακας N3 χρησιμοποιείται όταν τα δεδομένα είναι πολλά και ισχύει $r = s$.Το τελευταίο συμβαίνει όταν η γραμμή που χωρίζει τις δύο κατηγορίες είναι η διάμεσος.Στον πίνακα αυτό υπάρχουν και τα δυό επίπεδα πιθανότητας 0.005 και 0.05.

Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω

Ο έλεγχος της τυχαιότητας γίνεται χρησιμοποιώντας στοιχεία από τους πίνακες N1 και N2.Τα αντικείμενα στην περίπτωση αυτή,είναι οι αυξήσεις και οι μειώσεις.Από αυτά βρίσκονται τα r και s ,και ακολουθείται η διαδικασία που περιγράφηκε και παραπάνω.

2.3.2. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή της

μακρύτερης διαδρομής

Διαδρομές πάνω και κάτω από την διάμεσο

Χρησιμοποιείται ο πίνακας P (βλέπε παράρτημα Γ).Τα επί-

πεδα πιθανότητας είναι 0.05, 0.01 και 0.001. Τα όρια των επιπέδων βρίσκονται με βάση το πλήθος των σημείων (n) που εξετάζονται.

Στην αρχή υπολογίζεται η διάμεσος. Έτσι χωρίζονται τα δεδομένα σε δύο κατηγορίες, στην πάνω από την διάμεσο και κάτω από την διάμεσο. Από όλες τις διαδρομές βρίσκουμε την μεγαλύτερη. Αυτή την συγκρίνουμε με τα όρια του πίνακα P. Θα απορριπτείται η υπόθεση της τυχαιότητας, αν η μεγαλύτερη διαδρομή συμπέσει ή ξεπεράσει το αντίστοιχο όριο. Δεν θα απορριπτείται η τυχαιότητα, αν η μεγαλύτερη διαδρομή είναι μικρότερη του ορίου.

Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, διαδρομή θεωρείται μια ακολουθία είτε μειώσεων είτε αυξήσεων. Χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του πίνακα Q (βλέπε παράρτημα Γ). Τα επίπεδα πιθανότητας είναι μικρότερα του 0.0032 και μικρότερα του 0.0567.

Βρίσκουμε στην αρχή την διαδρομή με τις περισσότερες αυξήσεις ή μειώσεις. Από τον πίνακα Q με βάση το πλήθος των σημείων (n), βρίσκουμε το όριο που αντιστοιχεί. Αν το μήκος της διαδρομής είναι μεγαλύτερο ή ίσο με το όριο, τότε απορριπτούμε, αλλιώς δεχόμαστε την υπόθεση της τυχαιότητας.

2.4. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΩ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

2.4.1. Τα U - ΔΕ

Η θεωρία που χρησιμοποιούμε στην παρούσα εργασία για την κατάστρωση των ΔΕ είναι τα U - ΔΕ, για αριθμό ελαττωμάτων ανά μονάδα επιθεώρησης, με μεταβλητή ποσότητα επιθεώρησης, για κάθε

κοκκομετρία. Χρησιμοποιούμε τα $U - \Delta E$, γιατί έχουμε σε κάθε περίπτωση έλεγχο μέσω χαρακτηριστικών. Εξετάζονται δηλ. τα κλάσματα της κάθε κοκκομετρίας αν τηρούν κάποια προδιαγραφή.

Στα διαγράμματα που κατασκευάσαμε, τα σημεία του οριζόντιου άξονα αντιστοιχούν στις μέρες που πάρθηκαν οι κοκκομετρίες, ενώ τα σημεία του άξονα Y αντιστοιχούν στην διακύμανση του αριθμού των ελαττωματικών κλασμάτων ανά μονάδα επιθεώρησης τις ημέρες εκείνες. Τα σημεία του άξονα Y υπολογίζονται από τη σχέση :

$$U = x_i / k_i$$

όπου x_i : το σύνολο των ελαττωματικών κλασμάτων που βρέθηκε σε ένα δείγμα.

k_i : ο αριθμός των μονάδων επιθεώρησης στο δείγμα.

Μ' αυτό τον τύπο ανάγουμε όλες τις μετρήσεις στην ίδια μονάδα επιθεώρησης (1 kgr άμμου).

Έστω τώρα μ_0 ο μέσος αριθμός ελαττωματικών κλασμάτων ανά μονάδα επιθεώρησης. Έχουμε δει ότι :

$$X - P (k_i * \mu_0) \approx N (k_i * \mu_0, k_i * \mu_0)$$

$$\text{Άρα } U \approx N ((k_i * \mu_0) / k_i, (k_i * \mu_0) / k_i^2) = N (\mu_0, \mu_0 / k_i)$$

Επομένως αν παραστήσουμε σε ΔE τις τιμές του U θα έχουμε :

$$\begin{aligned} \text{μέσος : } \hat{\mu}_0 \\ A\Phi E &= \hat{\mu}_0 + 3 * \sqrt{\hat{\mu}_0 / k_i} \\ K\Phi E &= \hat{\mu}_0 - 3 * \sqrt{\hat{\mu}_0 / k_i} \end{aligned}$$

για $\hat{\mu}_0$ κατάλληλη εκτιμήτρια της μ_0 .

Η καλύτερη εκτιμήτρια (σύμφωνα με διάφορα κριτήρια) της

μο, είναι η :

$$\bar{x} = \frac{\text{Συνολικός αριθμός ελαττωματικών κλασμάτων}}{\text{Συνολικός αριθμός μονάδων επιθεώρησης}} = \frac{\sum x_i}{\sum k_i}$$

όπου $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Στη συνέχεια εξετάζουμε κατά πόσο η παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου. Αυτή η εξέταση γίνεται με δύο τρόπους.

1. Παρατηρήσεις σημείων - ημερών έξω από το ΑΦΕ ή το ΚΦΕ, και διερεύνηση πιθανών αιτιών που τα οδήγησαν εκεί, ώστε να τα ξεσκαρτάρουμε από το διάγραμμα, αλλιώς τα κρατάμε,
- & 2. Εξέταση των ΔΕ από την άποψη των διαδρομών.

Η εξέταση των διαδρομών περιλαμβάνει 4 ελέγχους :

1. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή του συνολικού αριθμού διαδρομών, όπου διαδρομές είναι τα σημεία του διαγράμματος.
2. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή του συνολικού αριθμού διαδρομών, όπου διαδρομές είναι τα ευθύγραμμα τμήματα που ενώνουν τα σημεία του διαγράμματος.
3. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή της μακρύτερης διαδρομής, όπου διαδρομές είναι τα σημεία του διαγράμματος.
4. Έλεγχος στηριγμένος στην κατανομή της μακρύτερης διαδρομής, όπου διαδρομές είναι τα ευθύγραμμα τμήματα που ενώνουν τα σημεία του διαγράμματος.

Θέτοντας υπό έλεγχο την παραγωγική διαδικασία στο διάγραμμα, έχουμε τελειώσει το στάδιο της προκαταρκτικής ανάλυσης. Στη συνέχεια παίρνοντας νέα δεδομένα και διατηρώντας το $\bar{x}$ από το προηγούμενο διάγραμμα υπολογίζουμε τα όρια του νέου

ΔΕ.

Τοποθετούμε τα νέα σημεία, στο τελευταίο ΔΕ και αν υπάρχει παραβίαση των ορίων διεξάγουμε έρευνα για την αναζήτηση των αιτιών που οδήγησαν σ' αυτό το φαινόμενο. Αν δεν υπάρχει παραβίαση των ορίων, διεξάγουμε έλεγχο στο από κοινού ΔΕ με τη θεωρία των διαδρομών. Αν δεν υπάρχει μεταβολή κρατάμε τα προηγούμενα όρια, αλλιώς παίρνουμε καινούργια όρια από τα νέα δεδομένα. Το στάδιο αυτό ονομάζεται χρησιμοποίηση και αναθεώρηση ΔΕ.

2.5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΣΩ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Ο έλεγχος μέσω μεταβλητών, όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, αφορά διαδικασίες ελέγχου, όπου γίνονται μετρήσεις και χρησιμοποιούνται αριθμητικά δεδομένα στη λήψη της απόφασης (π.χ μέσος όρος κάποιων μετρήσεων, εκτίμηση διασποράς κ.τ.λ). Προφανώς ο έλεγχος μέσω μεταβλητών είναι πιο περίπλοκος. Συχνά όμως είναι πιο αποδοτικός σε σχέση με άλλους ελέγχους (μέσω χαρακτηριστικών), επειδή κάνει, ή μπορεί να κάνει, χρήση του συνόλου της πληροφορίας που περιέχεται στο δείγμα.

Η ιδέα που στηρίζεται είναι απλή. Όταν η παραγωγική διαδικασία βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου, η $\bar{X}$ θα είναι μια τυχαία μεταβλητή, όπου οι παράμετροι της κατανομής της μπορούν να εκτιμηθούν. Οπότε σκοπός του ΔΕ είναι να κάνει την κατάλληλη εκτίμηση, καθώς επίσης και να καθορίσει τα όρια εκείνα έξω από τα οποία η παραγωγική διαδικασία βρίσκεται εκτός ελέγχου.

Τα ΔΕ που κυρίως χρησιμοποιούνται στον έλεγχο μέσω μεταβλητών είναι τα $\bar{\bar{X}} - \Delta\bar{E}$, τα $R - \Delta E$, τα $S - \Delta E$ και τέλος τα $S^2 - \Delta E$

(εμείς στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιήσουμε μόνο τα $\bar{x} - \Delta E$ και $R - \Delta E$). Τα $\bar{x} - \Delta E$ παρακολουθούν τις διακυμάνσεις του δειγματικού μέσου από μια παραγωγική διαδικασία. Τα $R - \Delta E$ παρακολουθούν τις διακυμάνσεις του δείγματος (δηλ. $R = \max(x_i) - \min(x_i)$ όπου $i = 1, 2, \dots, n$).

Υπάρχουν όμως φορές όπου οι τιμές των μ και σ είναι δεδομένες. Οι τιμές αυτές δεν δίνονται αυθαίρετα αλλά εκλέγονται με κριτήρια όπως :

1. Την επιδιωκόμενη μέση ποιότητα και διακύμανση.

2. Την εμπειρία από παρόμοιες παραγωγικές διαδικασίες, από τις οποίες έχουν συλλεγεί στοιχεία και έχουν προσδιοριστεί τα επιθυμητά μ και σ .

3. Τις δυνατότητες των διαθέσιμων μηχανημάτων.

Στις περιπτώσεις αυτές ο μέσος και τα ΑΦΕ και ΚΦΕ δεν εκτιμώνται αλλά είναι προκαθορισμένα.

2.5.1. Τα $\bar{x} - \Delta E$

Από την θεωρία των πιθανοτήτων και με την προϋπόθεση ότι η διασπορά της τ.μ X υπάρχει ($\Delta(x) < \infty$), γνωρίζουμε ότι ισχύει το κεντρικό οριακό θεώρημα, για δείγμα μεγέθους n :

$$\sqrt{n} * [(\bar{x} - \mu)/\sigma] \approx N(0, 1)$$

Δηλ. η χ ακολουθεί περίπου την κανονική κατανομή με μέσο μ και διασπορά σ^2/n . Στις μετρήσεις που έχουμε πάρει από τα δοκίμια τα μ, σ είναι άγνωστα οπότε θα πρέπει να εκτιμηθούν από κάποιες καλές εκτιμήτριες. Τότε το $\bar{x} - \Delta E$ γίνεται :

$$\text{Μέσος} = \hat{\mu}$$

$$\text{ΑΦΕ} = \hat{\mu} + 3 \cdot \hat{\sigma} / \sqrt{n}$$

$$\text{ΚΦΕ} = \hat{\mu} - 3 \cdot \hat{\sigma} / \sqrt{n}$$

Μια καλή εκτιμήτρια του μέσου μ είναι ο **μεγάλος μέσος** των δειγμάτων. Έτσι αν έχουμε k δείγματα και το 1° δείγμα περιέχει n_1 στοιχεία με μέσο όρο δείγματος $\bar{X}_1$, το 2° περιέχει n_2 στοιχεία με μέσο όρο $\bar{X}_2$ κ.ο.κ., τότε ο **μεγάλος μέσος** είναι :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{n_1 \bar{X}_1 + n_2 \bar{X}_2 + \dots + n_k \bar{X}_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k}$$

$$\text{δηλ. } \hat{\mu} = \bar{\bar{X}}$$

Για την εκτίμηση της τυπικής απόκλισης υπάρχει πρόβλημα. Αυτό γιατί δεν υπάρχει απόκλιση μόνο ανάμεσα στους μέσους όρους των δειγμάτων, αλλά και ανάμεσα στις μετρήσεις του ίδιου δείγματος, η οποία βέβαια δεν είναι σταθερή. Γι' αυτό και δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον ακόλουθο τύπο :

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{\bar{X}})^2} / n}$$

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η αδυναμία κατάστρωσης ενός $\bar{X} - \Delta E$ αν δεν έχει προηγουμένως εξασφαλιστεί ότι η τυπική απόκλιση σ παραμένει σταθερή. Αυτό γίνεται επειδή το $\bar{X} - \Delta E$ ελέγχει αποκλίσεις που οφείλονται μόνο στις αλλαγές του μέσου μ . Για να πετύχουμε λοιπόν, την σταθερότητα του σ χρησιμοποιούμε τα $R - \Delta E$, τα $S - \Delta E$ και $S^2 - \Delta E$. Όταν θα έχουμε εξασφαλίσει ότι η παραγωγική διαδικασία είναι σε κατάσταση ελέγχου, όσον αφορά την τυπική απόκλιση σ , τότε και μόνο τότε μπορούμε να προχωρήσουμε στον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας για

τις αποκλίσεις στους μέσους όρους των δειγμάτων, δηλ. στην κατάστρωση του $\bar{x} - \Delta E$.

2.5.2. Τα $R - \Delta E$

Από την θεωρία ξέρουμε ότι ισχύει η ακόλουθη πρόταση :

Έστω η τ.μ $w = R/\sigma$. Τότε ισχύει, $E(w) = f(n)$ και $D(w) = g(n)$ δηλ. η μέση τιμή και η διασπορά της w είναι συνάρτηση αποκλειστικά του μεγέθους του δείγματος.

Η παραπάνω πρόταση είναι σημαντική, επειδή οδηγεί στην εύρεση εκτιμητριών για την σ και σ_R , και άρα την κατασκευή ΑΦΕ και ΚΦΕ.

Με υπολογιστικές μεθόδους έχουν βρεθεί προσεγγιστικές τιμές των συναρτήσεων $f(n)$ και $\sqrt{g(n)}$. Οι τιμές αυτές δίνονται στον πίνακα D1 (βλέπε παράρτημα Γ). Ο πίνακας επίσης ονομάζει d2 την τιμή $f(n)$, δηλ. την $E(w)$ (ή αλλιώς μ_w) και d3 την τιμή $\sqrt{g(n)}$, την $\sqrt{D(n)}$ (ή σ_w). Η d2 και η d3 τιμές εξαρτώνται από το μέγεθος του δείγματος.

Όπως είδαμε προηγουμένως η σ είναι άγνωστη οπότε αν έχουμε k δείγματα (π.χ k μέρες λειτουργίας της παραγωγικής διαδικασίας) η εκτίμηση της $E(R) = \mu_R$ είναι :

$$\bar{R} = (R_1 + R_2 + \dots + R_k) / k$$

ενώ η εκτίμηση για την σ_R υπολογίζεται ως :

$$D(w) = D(R/\sigma) = (1/\sigma^2) * D(R) = d_2^2 \implies$$

$$D(R) = d_2^2 * \sigma^2 \implies$$

$$\sigma_R = d_3 * \sigma$$

Αρκεί λοιπόν να βρούμε την εκτιμήτρια της σ για να έχουμε

μια εκτιμήτρια της σ_R . Εύκολα ελέγχουμε ότι η R/d_m είναι μια εκτιμήτρια και μάλιστα αμερόληπτη με μέσο τετραγωνικό σφάλμα να τείνει στο 0 για μεγάλο αριθμό δειγματοληψιών.

Έτσι για το $R - \Delta E$ θα έχουμε :

$$\text{Μέσος} = R$$

$$\text{ΑΦΕ} = R + 3\sigma$$

$$\text{ΚΦΕ} = R - 3\sigma$$

Έτσι λοιπόν ο ποιοτικός έλεγχος του σκυροδέματος γίνεται σε δύο σημεία :

1. Έλεγχος πρώτων υλών.

2. Έλεγχος ετοιμού προϊόντος.

Ο έλεγχος των πρώτων υλών πραγματοποιείται με την κοκκία-μετρική διαβάθμιση. Σύμφωνα μ' αυτή την μέθοδο μια μικρή ποσότητα αδρανών τοποθετείται στην κοκκινιέρα και εξετάζεται εάν τα κλάσματα τους βρίσκονται μέσα σε κάποια όρια.

Ο έλεγχος του ετοιμού προϊόντος γίνεται με την μέτρηση της αντοχής δοκιμίων. Τα δοκίμια είναι κύβοι που γερνίζονται με σκυρόδεμα και σπάζονται στις 3, 7 και 28 ημέρες. Η αντοχή των 3 ημερών είναι προεξοφλητική για το αν θα πιάσουμε την τελική αντοχή. Έτσι μπορούμε να επεμβούμε διορθωτικά στην σύνθεση ή στην διαδικασία παραγωγής (έλεγχος πρώτων υλών, έλεγχος ξυγών κ.τ.λ.).

Τέλος, όσον αφορά την διαδικασία συγκεντρώσεως των μετρήσεων και την στατιστική επεξεργασία τους, στην παρούσα εργα-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στα σημεία που κάναμε το δειγματοληπτικό έλεγχο, στην συγκέντρωση των μετρήσεων καθώς επίσης και στην στατιστική επεξεργασία τους με την βοήθεια των ΔΕ.

Έτσι λοιπόν ο ποιοτικός έλεγχος του σκυροδέματος γίνεται σε δύο σημεία :

1. Έλεγχος πρώτων υλών.

& 2. Έλεγχος ετοίμου προϊόντος.

Ο έλεγχος των πρώτων υλών πραγματοποιείται με την κοκκομετρική διαβάθμιση. Σύμφωνα μ' αυτή την μέθοδο μια μικρή ποσότητα αδρανών τοποθετείται στην κοσκινιέρα και εξετάζεται εάν τα κλάσματα τους βρίσκονται μέσα σε κάποια όρια.

Ο έλεγχος του ετοίμου προϊόντος γίνεται με την μέτρηση της αντοχής δοκιμίων. Τα δοκίμια είναι κύβοι που γεμίζονται με σκυρόδεμα και σπάζονται στις 3,7 και 28 ημέρες. Η αντοχή των 3 ημερών είναι προειδοποιητική για το αν θα πιάσουμε την τελική αντοχή. Έτσι μπορούμε να επέμβουμε διορθωτικά στην σύνθεση ή στην διαδικασία παραγωγής (έλεγχος πρώτων υλών, έλεγχος ζυγών κ.τ.λ).

Τέλος, όσον αφορά την διαδικασία συγκέντρωσης των μετρήσεων και την στατιστική επεξεργασία τους, στην παρούσα εργα-

σία, αναφερόμαστε λεπτομερέστερα στις επόμενες παραγράφους.

3.1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ

3.1.1. Δειγματοληψία

Κατά την εναπόθεση των αδρανών μετά την μεταφορά τους με αυτοκίνητα ή γερανό έχουμε τον σχηματισμό σωρών. Η δειγματοληψία γίνεται πάνω στους σωρούς παίρνοντας μικρές ποσότητες με φτυάρι από (10) τουλάχιστον σημεία της ελεύθερης επιφάνειας του σωρού. Δεν γίνεται δειγματοληψία από το κάτω πέμπτο του ύψους του σωρού.

3.1.2. Έλεγχος

Οι απαιτούμενες ελάχιστες ποσότητες δειγμάτων αδρανών υλικών για τους συνήθεις εργαστηριακούς ελέγχους αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Δοκιμή	Ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αδρανών σε kgr		
	Άμμος	Γαρμπίλι	Σκύρα ή χαλίκια
Κοκκομετρική ανάλυση Φαινόμενο βάρος Ισοδύναμο άμμου	20	30	30
Αντοχή σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles	-	30	30
Αντοχή σε αποσάθρωση (υγεία)	10	20	30

Πίνακας 1. Απαιτούμενες ποσότητες για την εξέταση των αδρανών

Την ποσότητα του δείγματος του αδρανούς την θερμαίνουμε για δύο λόγους :

1. Για να απομακρυνθεί η υγρασία.
- & 2. Για να μην δημιουργούνται σβόλοι (πέτρες με μικρή διάμετρο).

Στη συνέχεια τοποθετούμε την ποσότητα του αδρανούς στην κοσκινιέρα που φαίνεται παρακάτω.



Η κοσκινιέρα αποτελείται από 5 κόσκινα γερμανικών προδιαγραφών κατά DIN 4187 και DIN 4188 με διαφορετικό άνοιγμα οπών. Στη βάση της κοσκινιέρας υπάρχει και ένας δονητής. Το όλο σύστημα είναι συνδεδεμένο μ' ένα χρονοδιακόπτη με τη βοήθεια του οποίου καθορίζουμε το χρονικό διάστημα που η ποσότητα του αδρανούς θα υποστεί κοσκίνισμα. Μετά το τέλος του κοσκίνισματος σε κάθε κόσκινο έχει παραμείνει μια ποσότητα αδρανούς. Ζυγίζουμε την ποσότητα του αδρανούς που έχει μείνει σε κάθε

κόσκινο και την σημειώνουμε στο φύλλο εργαστηριακών δοκιμών (βλέπε παράρτημα Α). Έτσι παίρνουμε τα διάφορα κλάσματα του αδρανούς. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια ποσότητα του αδρανούς που δεν παρέμεινε σε κανένα από τα 5 κόσκινα. Η ποσότητα αυτή ονομάζεται **παιπάλη** και είναι συγκεντρωμένη στο κατώτερο σημείο της κοσκινιέρας. Η παιπάλη υποβάλλεται σε έκπλυση (από-μάκρυνση πολύ ελαφρών σωματιδίων με την βοήθεια νερού). Η ποσότητα που παρέμεινε σημειώνεται στο εργαστηριακό φύλλο. Όλες οι παραπάνω μετρήσεις είναι εκφρασμένες σε γραμμάρια. Επειδή μας ενδιαφέρει το ποσοστό του αδρανούς που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση για την απαραίτητη μετατροπή :

$$\frac{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΑΔΡΑΝΟΥΣ}}{\text{ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ}} \quad * \quad 100$$

Με τον τρόπο αυτό βρίσκουμε τα **παραμένοντα** ποσοστά από κάθε κλάσμα του αδρανούς. Αν θέλουμε να υπολογίσουμε τα **διερχόμενα** ποσοστά δεν έχουμε παρά να εφαρμόσουμε την σχέση :

$$\text{ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ} = 100 - \text{ΠΑΡΑΜΕΝΟΝΤΑ}$$

3.1.3. Απαιτήσεις

Τα αδρανή θα πρέπει να ικανοποιούν κάποιες απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές είναι τα όρια των ποσοστών των διερχόμενων μέσα στα οποία πρέπει να βρίσκονται τα διάφορα κλάσματα των αδρανών. Τα όρια που χρησιμοποιούνται στην πράξη για την άμμο, μετά από υπόδειξη του Χημικού Μηχανικού της INTERMPETON, είναι :

Κλάσμα αδρανούς (mm)	Κ.Ο.Δ (%gr)	ΑΟΔ (%gr)
4		95
2	78	90
1	45 ≤ X ≤	55
0.5	35	40
0.25	20	30
Παιπάλη	10	16

όπου Κ.Ο.Δ : κατώτερο όριο διερχομένων

Α.Ο.Δ : ανώτερο όριο διερχομένων

x : η ποσότητα του κλάσματο του αδρανούς που

διήλθε το αντίστοιχο κόσκινο.

Στην περίπτωση που τα αποτελέσματα ελέγχου του δείγματος των αδρανών δεν συμφωνούν με τις απαιτήσεις του κανονισμού γίνονται δύο ακόμη δειγματοληψίες και υπολογίζονται οι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων ελέγχου των τριών δειγματοληψιών (αν πρόκειται για έλεγχο κοκκομετρικών διαβαθμίσεων υπολογίζονται οι μέσοι όροι των διερχομένων από κάθε κόσκινο).Αν και αυτοί οι μέσοι όροι δεν συμφωνούν με τις απαιτήσεις του κανονισμού ο σωρός των αδρανών από τον οποίο έγινε η δειγματοληψία απορρίπτεται.

Ο έλεγχος της κοκκομετρικής διαβάθμισης πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά την κατανάλωση περίπου 80 m³ σκύρων,40 m³ γαρμπιλιού και 80 m³ άμμου εκτός εάν κατά την διάρκεια μιας ημέρας καταναλίσκονται μεγαλύτερες ποσότητες αδρανών, οπότε ο έλεγχος πρέπει να επαναλαμβάνεται στην αρχή κάθε διαστρώσεως. Ο έλεγχος των άλλων χαρακτηριστικών των αδρανών θα επαναλαμβάνεται όταν φαίνεται μακροσκοπικά ότι τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν μεταβληθεί ή όταν αλλάζει η πηγή προμήθειας των αδρα-

νών.Ο έλεγχος των αδρανών ενός έργου γίνεται με την ίδια σειρά κοσκίνων με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην μελέτη συνθέσεως (όπως παρατίθεται στο 4).

Αδρανή τα οποία κρίθηκαν ακατάλληλα πρέπει να απομακρύνονται από τον χώρο του εργοστασίου.

Μεταξύ του αγοραστή των αδρανών και του λατομείου παραγωγής τους θα συμφωνείται η διαβάθμιση των αδρανών που θα παραδοθούν, με τις αντοχές που προβλέπονται στην παράγραφο 5.7 του πρότυπου ΕΛΟΤ - 408 (όπως παρατίθεται στο 4).

Κάθε φορτίο αδρανών θα πρέπει να συνοδεύεται με ανυπόγραφο δελτίο κοκκομετρικής διαβάθμισης των αδρανών.

Ο αγοραστής έχει το δικαίωμα να μη δεχτεί φορτίο αδρανούς του οποίου η διαβάθμιση, όπως φαίνεται στο δελτίο του λατομείου, διαφωνεί από εκείνη που συμφωνήθηκε.

Αν κατά τον έλεγχο του φορτίου του αδρανούς που θα διενεργήσει ο αγοραστής διαπιστωθεί ότι η διαβάθμιση του υλικού δεν είναι εκείνη που βεβαιώνεται στο δελτίο του λατομείου, τότε εφ' όσον ο αγοραστής δε θέλει να χρησιμοποιήσει αυτό το φορτίο το λατομείο είναι υποχρεωμένο να το απομακρύνει.

Το λατομείο είναι υποχρεωμένο να έχει στη διάθεση των αρμοδίων για τον έλεγχο των οργάνων της πολιτείας, τα αποτελέσματα ελέγχων των αδρανών που παράγει.

3.2.ΤΑ U - ΔΕ

3.2.1.Συλλογή στοιχείων

Το αδρανές που επιλέξαμε για να πραγματοποιήσουμε τις κοκκομετρίες ήταν η άμμος.Επιλέξαμε την άμμο γιατί αποτελεί το υλικό που βρίσκεται στη μεγαλύτερη αναλογία και επηρεάζει την περιεκτικότητα του σκυροδέματος σε νερό,την ρευστότητα και την αντλησιμότητα του. Όμοια θα μπορούσαμε να εργαστούμε τόσο για το γαρμπίλι όσο και για το χαλίκι.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σημειώθηκαν σε ένα φύλλο εργαστηριακών δοκιμών. Σ' αυτό αναφερόταν η ποσότητα της άμμου που χρησιμοποιήθηκε και το ποσοστό της που διήλθε από κάθε κόσκινο.Οι παραπάνω μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο χρονικό διάστημα του ενός μήνα.Τέλος αναφέρουμε ότι όλες οι κοκκομετρίες προέρχονται από ένα συγκεκριμένο νταμάρι.

3.2.2.Επεξεργασία στοιχείων

Η θεωρία που χρησιμοποιούμε για την κατάσταση των ΔΕ είναι τα U - ΔΕ.Ο λόγος που τα χρησιμοποιούμε είναι ότι σε κάθε περίπτωση έχουμε έλεγχο μέσω χαρακτηριστικών.Εξετάζουμε δηλ. αν σε κάθε κοκκομετρία τα κλάσματα της άμμου τηρούν κάποια προδιαγραφή.Στην περίπτωση που η προδιαγραφή του κλάσματος δεν τηρείται τότε θεωρείται ελαττωματικό.

Πριν προχωρήσουμε στην επεξεργασία των στοιχείων καλό θα είναι να δώσουμε μερικούς ορισμούς.Οπότε ορίζουμε σαν :

Δειγματοληψία : κάθε κοκκομετρία

Μονάδα επιθεώρησης : 1 kgr προϊόντος.

Αριθμός ελαττωμάτων : Αριθμός κλασμάτων που δεν τηρούν την προδιαγραφή σε κάθε κοκκομετρία
 k_i : μονάδες επιθεώρησης που διαφέρουν από δείγμα σε δείγμα.

όπου $k_i = \frac{\text{Ποσότητα που επιθεωρήθηκε}}{1 \text{ kgr προϊόντος}}$

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον επόμενο πίνακα.

Αριθμός Δειγματοληψίας	Ποσότητα που επιθεωρήθηκε (gr)	Αριθμός Ελαττωμάτων (xi)	Αριθμός ελαττωμάτων ανά 1 kgr προϊόντος (ui = xi/ki)
1	970	1	1/0.97 = 1.03
2	980	3	3/0.98 = 3.06
3	890	4	4/0.89 = 4.49
4	920	3	3/0.92 = 3.26
5	1020	2	2/1.02 = 1.96
6	990	4	4/0.99 = 4.04
7	1100	2	2/1.10 = 1.82
8	980	4	4/0.98 = 4.08
9	1150	3	3/1.15 = 2.61
10	910	4	4/0.91 = 4.40
11	1370	2	2/1.37 = 1.46
12	660	2	2/0.66 = 3.03
13	550	4	4/0.55 = 7.27
14	980	2	2/0.98 = 2.04
15	1070	4	4/1.07 = 3.74

όπου $k_i = \frac{\text{Ποσότητα που επιθεωρήθηκε}}{\text{Μονάδα επιθεώρησης}}$ για $i = 1, 2, \dots, 15$.

Η εκτιμήτρια μ_0 ισούται με :

$$\mu_0 = \frac{\sum x_i}{\sum k_i} = \frac{1+3+4+3+2+4+2+4+3+4+2+2+1+2+4}{0.97+0.98+0.89+0.92+\dots+1.07} = \frac{44}{14.54} = 3.03$$

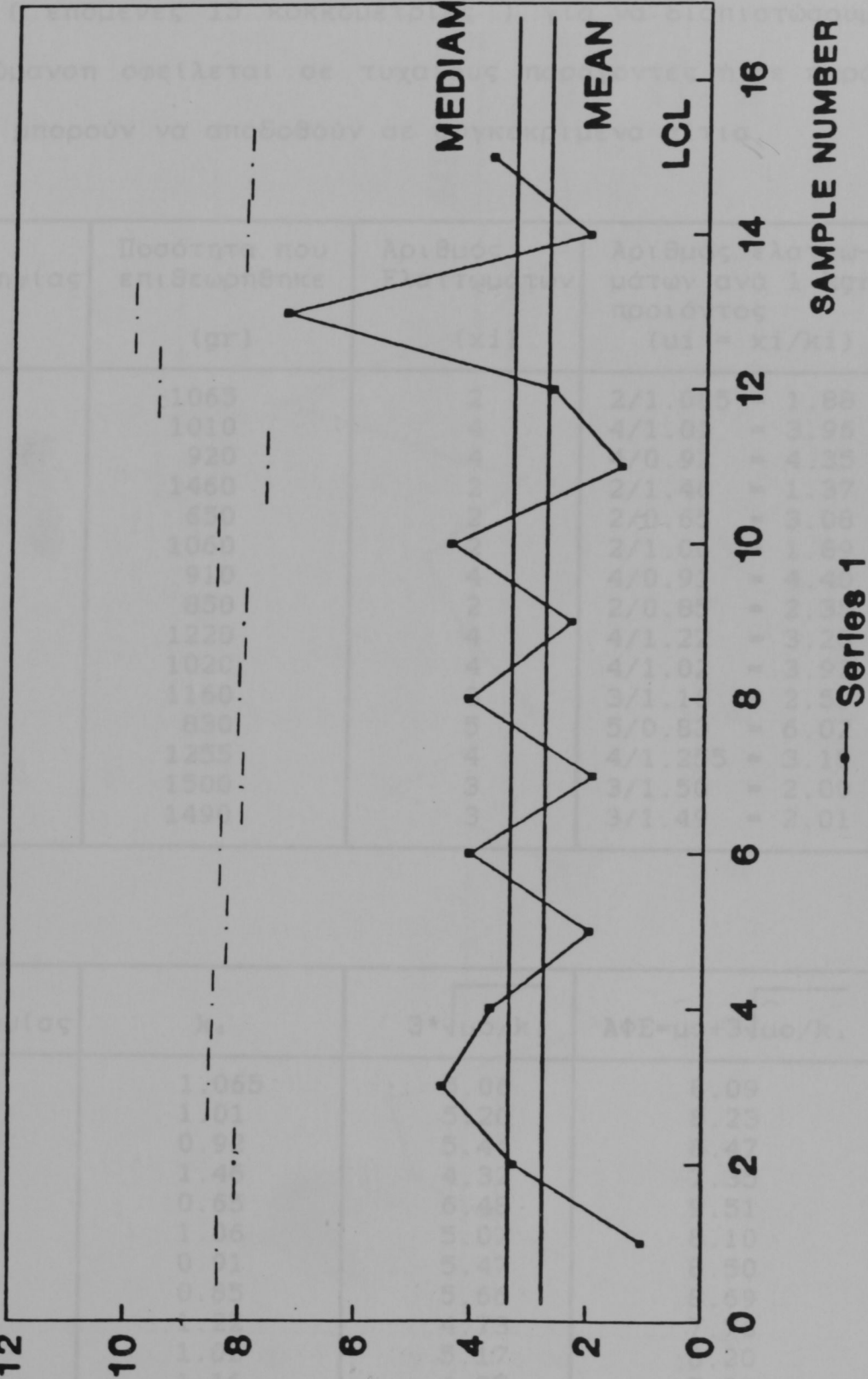
Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει την δουλειά που γίνεται για να υπολογιστούν τα ΑΦΕ και ΚΦΕ για κάθε σημείο. Προσέξτε ότι ο τύπος του ΚΦΕ δίνει αρνητικό αριθμό για όλα τα σημεία και επομένως, αφού $\hat{\mu}_0 = u_i \geq 0$, δεν υπάρχει ΚΦΕ. Το ΑΦΕ δίνεται από τη σχέση $ΑΦΕ = \hat{\mu}_0 + 3 \sqrt{\hat{\mu}_0/k_1}$.

Έτσι έχουμε :

Αριθμός Δειγματοληψίας	k_1	$3*\sqrt{\hat{\mu}_0/k_1}$	$ΑΦΕ=\hat{\mu}_0+3\sqrt{\hat{\mu}_0/k_1}$
1	0.97	5.3	8.33
2	0.98	5.28	8.31
3	0.89	5.54	8.57
4	0.92	5.44	8.47
5	1.02	5.17	8.20
6	0.99	5.25	8.28
7	1.10	4.98	8.01
8	0.98	5.28	8.31
9	1.15	4.87	7.90
10	0.91	5.47	8.50
11	1.37	4.46	7.49
12	0.66	6.43	9.46
13	0.55	7.04	10.07
14	0.98	5.28	8.31
15	1.07	5.05	8.08

U - CHART

NUMBER OF NONCONFORMITIES PER 1Kgr SAND

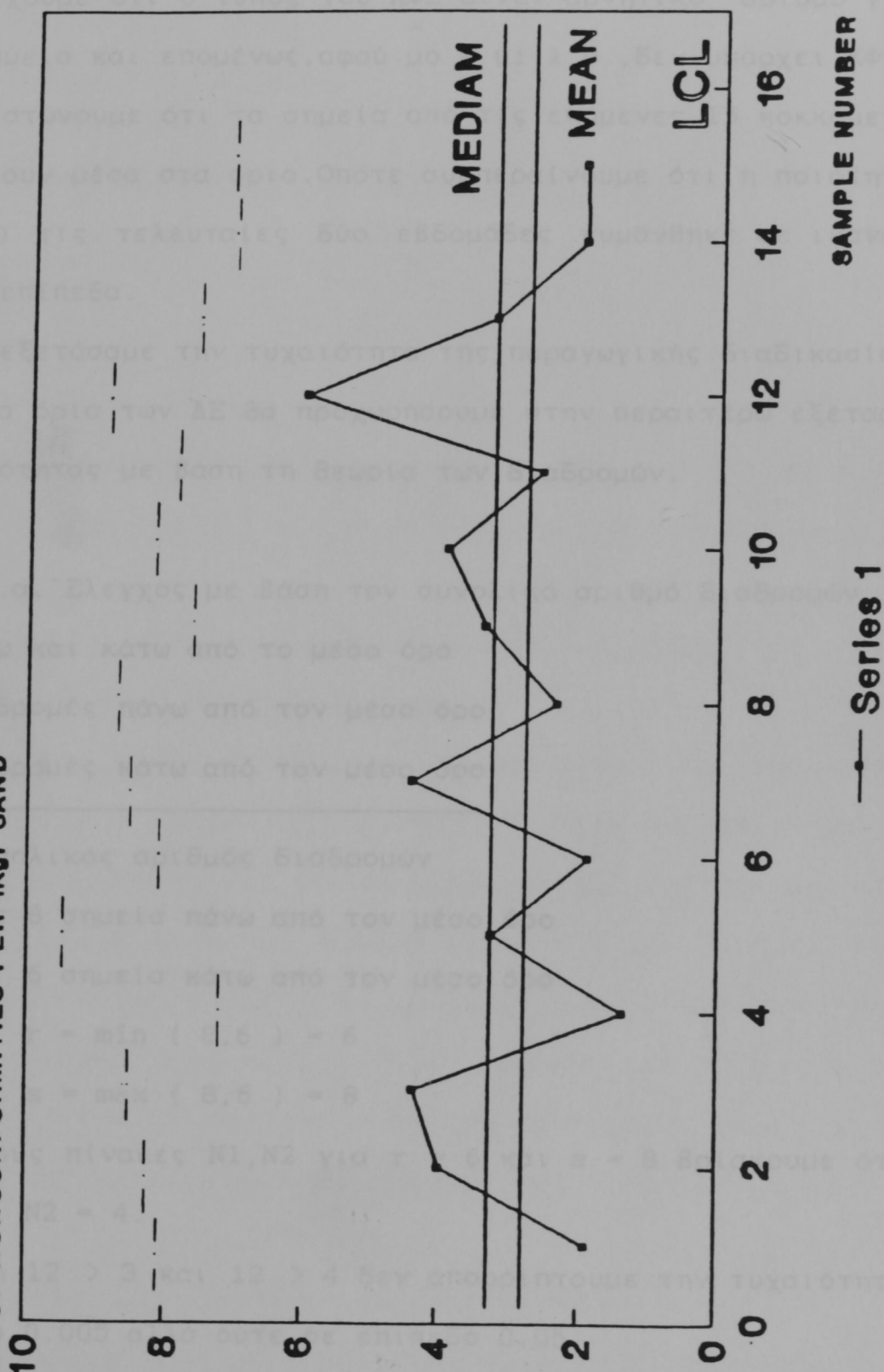


Το παραπάνω $U - \Delta E$ πάμε και το εφαρμόζουμε στη 2η ομάδα μετρήσεων (επόμενες 15 κοκκομετρίες) για να διαπιστώσουμε αν η διακύμανση οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες ή σε παράγοντες που μπορούν να αποδοθούν σε συγκεκριμένα αίτια.

Αριθμός Δειγματοληψίας	Ποσότητα που επιθεωρήθηκε (gr)	Αριθμός Ελαττωμάτων (xi)	Αριθμός ελαττω- μάτων ανά 1 kg προϊόντος (ui = xi/ki)
1	1065	2	2/1.065 = 1.88
2	1010	4	4/1.01 = 3.96
3	920	4	4/0.92 = 4.35
4	1460	2	2/1.46 = 1.37
5	650	2	2/0.65 = 3.08
6	1060	2	2/1.06 = 1.89
7	910	4	4/0.91 = 4.40
8	850	2	2/0.85 = 2.35
9	1220	4	4/1.22 = 3.28
10	1020	4	4/1.02 = 3.92
11	1160	3	3/1.16 = 2.59
12	830	5	5/0.83 = 6.02
13	1255	4	4/1.255 = 3.19
14	1500	3	3/1.50 = 2.00
15	1490	3	3/1.49 = 2.01

Αριθμός Δειγματοληψίας	k_i	$3\sqrt{\mu_0/k_i}$	$A\Phi E = \mu_0 + 3\sqrt{\mu_0/k_i}$
1	1.065	5.06	8.09
2	1.01	5.20	8.23
3	0.92	5.44	8.47
4	1.46	4.32	7.35
5	0.65	6.48	9.51
6	1.06	5.07	8.10
7	0.91	5.47	8.50
8	0.85	5.66	8.69
9	1.22	4.73	7.76
10	1.02	5.17	8.20
11	1.16	4.85	7.88
12	0.83	5.73	8.76
13	1.255	4.66	7.69
14	1.50	4.26	7.29
15	1.49	4.28	7.31

U - CHART

NUMBER OF NONCONFORMITIES PER 1Kg_r SAND

Προσέχουμε ότι ο τύπος του ΚΦΕ δίνει αρνητικό αριθμό για όλα τα σημεία και επομένως, αφού $u_i \geq 0$, δεν υπάρχει ΚΦΕ.

Διαπιστώνουμε ότι τα σημεία από τις επόμενες 15 κοκκομετρίες πέφτουν μέσα στα όρια. Οπότε συμπεραίνουμε ότι η ποιότητα της άμμου τις τελευταίες δύο εβδομάδες κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα.

Αφού εξετάσαμε την τυχαιότητα της παραγωγικής διαδικασίας με βάση τα όρια των ΔΕ θα προχωρήσουμε στην περαιτέρω εξέταση της τυχαιότητας με βάση τη θεωρία των διαδρομών.

3.2.3.α. Έλεγχος με βάση τον συνολικό αριθμό διαδρομών

α. Πάνω και κάτω από το μέσο όρο

6 διαδρομές πάνω από τον μέσο όρο

6 διαδρομές κάτω από τον μέσο όρο

12 Συνολικός αριθμός διαδρομών

Επίσης 8 σημεία πάνω από τον μέσο όρο

6 σημεία κάτω από τον μέσο όρο

Άρα $r = \min(8, 6) = 6$

$s = \max(8, 6) = 8$

Από τους πίνακες $N1, N2$ για $r = 6$ και $s = 8$ βρίσκουμε ότι $N1 = 3$ και $N2 = 4$.

Επειδή $12 > 3$ και $12 > 4$ δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα σε επίπεδο 0.005 αλλά ούτε σε επίπεδο 0.05.

β. Διαδρομές προς τα κάτω και προς τα πάνω

6 διαδρομές προς τα πάνω

5 διαδρομές προς τα κάτω

11 Διαδρομές συνολικά

8 αυξήσεις

6 μειώσεις

Άρα $r = 6$ και $s = 8$

Από τους πίνακες $N1, N2$ βρίσκουμε ότι $N1 = 3$ και $N2 = 4$.

Επειδή $11 > 3$ και $11 > 4$ δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα.

3.2.3.β. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή

α. Πάνω και κάτω από την διάμεσο

Η διάμεσος είναι το σημείο της 2ης μέρας που έχει τιμή 3.06. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από την διάμεσο είναι αυτή από την 3η έως την 4η μέρα και από την 11η έως την 12η, μήκους 2.0 αριθμός των ημερών είναι $n = 15$ (ανάμεσα στο 10 και στο 20) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5-7, 5-8 & 5-9 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 & 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα P. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη από αυτή των ορίων.

β. Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω.

Στο διάγραμμα μας οι μακρύτερες διαδρομές είναι από την 1η έως την 3η μέρα (διαδρομή προς τα πάνω), από την 3η έως την 5η μέρα (διαδρομή προς τα κάτω) και από την 11η έως την

13η μέρα. Όλες οι προηγούμενες διαδρομές είχαν μήκος 2. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 15$ παίρνουμε τις τιμές 6 και 5 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη από αυτή των ορίων.

Στη συνέχεια εφαρμόζουμε την θεωρία των διαδρομών για την 2η ομάδα μετρήσεων (επόμενες 15 κοκκομετρίες).

3.2.4.β. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή

3.2.4.α. Έλεγχος με βάση το συνολικό αριθμό διαδρομών

α. Πάνω και κάτω από το μέσο όρο

5 διαδρομές πάνω από τον μέσο όρο

6 διαδρομές κάτω από τον μέσο όρο

11 Συνολικός αριθμός διαδρομών

Επίσης 8 σημεία πάνω από τον μέσο όρο

7 σημεία κάτω από τον μέσο όρο

Άρα $r = \min (8, 7) = 7$

$s = \max (8, 7) = 8$

Από τους πίνακες N1, N2 για $r = 7$ και $s = 8$ βρίσκουμε ότι $N1 = 3$ και $N2 = 4$.

Επειδή $11 > 3$ και $11 > 4$ δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα σε επίπεδο 0.005 αλλά ούτε σε επίπεδο 0.05.

β. Διαδρομές προς τα κάτω και προς τα πάνω

6 διαδρομές προς τα πάνω

5 διαδρομές προς τα κάτω

11 Διαδρομές συνολικά

8 αυξήσεις

6 μειώσεις

Άρα $r = 6$ και $s = 8$

Από τους πίνακες N_1, N_2 βρίσκουμε ότι $N_1 = 3$ και $N_2 = 4$.

Επειδή $11 > 3$ και $11 > 4$ δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα.

3.2.4.β. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή

α. Πάνω και κάτω από την διάμεσο

Η διάμεσος είναι το σημείο της 5ης μέρας που έχει τιμή 3.08. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από την διάμεσο είναι αυτή από την 2η έως την 3η μέρα, από την 9η έως την 10η, από την 12η έως την 13η και από την 14η έως την 15η μέρα μήκους 2.0 αριθμός των σημείων είναι $n = 15$ (ανάμεσα στο 10 και στο 20) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5-7, 5-8 & 5-9 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 & 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα P. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη από αυτή των ορίων.

β. Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω.

Στο διάγραμμα μας οι μακρύτερες διαδρομές είναι από την 1η έως την 3η μέρα (διαδρομή προς τα πάνω), από την 8η έως την 10η μέρα (διαδρομή προς τα κάτω) και από την 12η έως την 14η μέρα (διαδρομή προς τα κάτω). Όλες οι προηγούμενες διαδρομές είχαν μήκος 2. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 15$ παίρνουμε τις τιμές 6 και 5 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική

μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη από αυτή των ορίων.

3.3.1. Δειγματοληψία

3.2.5. Συμπεράσματα

Τόσο τα όρια όσο και η λεπτομερής χρήση της θεωρίας των διαδρομών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η ποιότητα της άμμου κατά την χρονική διάρκεια των 15 ημερών κυμάνθηκε σε επιτρεπτά όρια.

Με την παραπάνω μέθοδο μπορούμε σαν ΜΠΔ να ελέγχουμε την ποιότητα των αδρανών μέσα στον χρόνο. Έτσι όταν βλέπουμε αποκλίσεις μέσα στο χρόνο καλούμαστε να εντοπίσουμε τα αίτια που τις προκάλεσαν. Στην περίπτωση που οι αποκλίσεις βελτιώνουν την ποιότητα των αδρανών προσπαθούμε να τις μονιμοποιήσουμε ενώ στην αντίθετη περίπτωση τις εξαλείφουμε. Τέτοιοι στατιστικοί έλεγχοι μέσω ΔΕ δεν εφαρμόζονται μέχρι τώρα και η παρούσα διπλωματική εργασία απόδειξε την εφαρμοσιμότητά τους στα σημαντικότερα σημεία ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας παραγωγής ετοίμου σκυροδέματος.

1. Η κλίμακα φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι τέτοια ώστε το φορτίο βροχής να βρίσκεται πέραν του 1/10 αυτού. Η διαμόρφωση της κλίμακας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1 % της μέγιστης έντασης της. Με τον όρο κλίμακα φορτίου εννοείται η διατάξη ορόφων του κάθε όρου επιθυμητού μεγέθους φορτίου.

2. Η μηχανή πρέπει να έχει δύο χαλάρους πλάκες φορτίσης με επιφάνεια σκληρότητας κατά Rockwell (όπως παρατίθεται στο Ε 1) τουλάχιστον HRC 52. Η μία τουλάχιστον από τις πλάκες αυτές

3.3.ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

3.3.1.Δειγματοληψία

Το σκυρόδεμα της δειγματοληψίας παίρνεται από το αυτοκίνητο μεταφοράς λίγο πριν τοποθετηθεί η μολυβδοσφραγίδα και συνταχθεί το δελτίο αποστολής. Από το δείγμα αυτό παρασκευάζονται 3 δοκίμια. Από τα 3 δοκίμια το ένα θραύεται στις 3 ημέρες το άλλο στις 7 ημέρες και το τελευταίο στις 28 ημέρες. Άλλη μια τριάδα δοκιμίων παίρνεται μέσα στο χημείο, για την ίδια σύνθεση σκυροδέματος. Και αυτά τα δοκίμια θραύονται την 3,7 και 28 ημέρα αντίστοιχα. Από την σύγκριση των αντοχών των δοκιμίων βγαίνουν συμπεράσματα για την καλή ή όχι ποιότητα του σκυροδέματος.

3.3.2.Έλεγχος

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως ο έλεγχος της αντοχής γίνεται με την βοήθεια δοκιμίων. Τα δοκίμια αυτά υποβάλλονται σε θλίψη, σε κατάλληλη συσκευή ελέγχου και για την οποία οι απαιτήσεις είναι :

1. Η κλίμακα φορτίου που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι τέτοια ώστε το φορτίο θραύσης να βρίσκεται πέραν του 1/10 αυτής. Η διαβάθμιση της κλίμακας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη του 1 % της μέγιστης ενδείξεως της. Με τον όρο κλίμακα φορτίου εννοείται η διάταξη ρύθμισης του κάθε φορά επιθυμητού μέγιστου φορτίου.

2. Η μηχανή πρέπει να έχει δύο χαλύβδινες πλάκες φόρτισης με επιφάνεια σκληρότητας κατά Rockwell (όπως παρατίθεται στο 5) τουλάχιστον HRC 55. Η μια τουλάχιστον από τις πλάκες αυτές

(κατά προτίμηση η άνω) πρέπει να έχει σφαιρική άρθρωση. Το πάχος των πλακών πρέπει να είναι επαρκές ώστε η παραμόρφωση τους στα συνήθη φορτία να μην υπερβαίνει την ανοχή επιπεδότητας που καθορίζεται.

3. Κατά τον έλεγχο κυβικών ή κυλινδρικών δοκιμίων οι πλάκες φόρτισης πρέπει να είναι σε μέγεθος τουλάχιστον ίσες και κατά προτίμηση μεγαλύτερες από τις επιφάνειες του δοκιμίου επί του οποίου εφαρμόζεται το φορτίο. Βοηθητικές πλάκες των αυτών ονομαστικών διαστάσεων όπως το δοκίμιο και με ελάχιστο πάχος 25 ± 4 mm μπορεί να παρεμβάλονται μεταξύ δοκιμίου και κάθε πλάκας της μηχανής.

Η διαδικασία της δοκιμής είναι η εξής :

1. Το δοκίμιο καθαρίζεται και απομακρύνεται κάθε ξένο σώμα, που τυχόν είναι επικολλημένο στις επιφάνειες του. Στην περίπτωση που οι επιφάνειες του δοκιμίου έχουν εμφανή ίχνη νερού πρέπει να απομακρύνονται.

2. Μετριοούνται οι διαστάσεις του δοκιμίου με ακρίβεια 1 mm

3. Ζυγίζεται το δοκίμιο με ακρίβεια 0.05 % του βάρους.

4. Καθαρίζονται με επιμέλεια οι πλάκες και οι επιφάνειες του δοκιμίου που έρχονται σε επαφή με αυτές και τοποθετείται το δοκίμιο στο κέντρο των κύριων ή βοηθητικών πλακών. Το σφάλμα κέντρωσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο του 1/100 της διαμέτρου ή της ακμής του δοκιμίου.

5. Το φορτίο πρέπει να εφαρμόζεται χωρίς κρούση κατά τρόπο συνεχή και ομοιόμορφο. Η διάρκεια της δοκιμής δεν πρέπει να είναι μικρότερη των 30 sec. Η ταχύτητα φορτίσεως πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 0.2 και 1 MPa / sec και πρέπει να επιτρέπει

την ομαλή αύξηση των τάσεων. Η ταχύτητα φόρτισης 0.2 MPa / sec πρέπει να εφαρμόζεται κατά προτίμηση στα δοκίμια χαμηλής αντοχής και η ταχύτητα 1 MPa / sec στα δοκίμια υψηλής αντοχής. Όταν το δοκίμιο αρχίζει να παραμορφώνεται ταχέως, λίγο πριν την θραύση δεν επιτρέπεται να ρυθμίσουμε πλέον την ταχύτητα εφαρμογής του φορτίου, αλλά συνεχίζουμε την φόρτιση και αφήνουμε να συντελεσθεί η θραύση με τις διαμορφούμενες ταχύτητες παραμόρφωσης. Σημειώνουμε το μέγιστο φορτίο P θραύσης του δοκιμίου και συνεχίζουμε με τον υπολογισμό της θλιπτικής αντοχής.

Ο υπολογισμός γίνεται με την σχέση :

$$F = (P/A) * MPa$$

με ακρίβεια 0.05 MPa.

όπου P : το μέγιστο φορτίο που αναγράφηκε κατά την θραύση
(N)

A : το εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου πάνω στην
οποία δρά η δύναμη θλίψης (mm²).

Η πυκνότητα του δοκιμίου δίνεται από την σχέση :

$$d = G / V \text{ (kgr/m}^3 \text{)}$$

όπου G : το βάρος του δοκιμίου σε kgr.

V : ο όγκος του δοκιμίου σε m³.

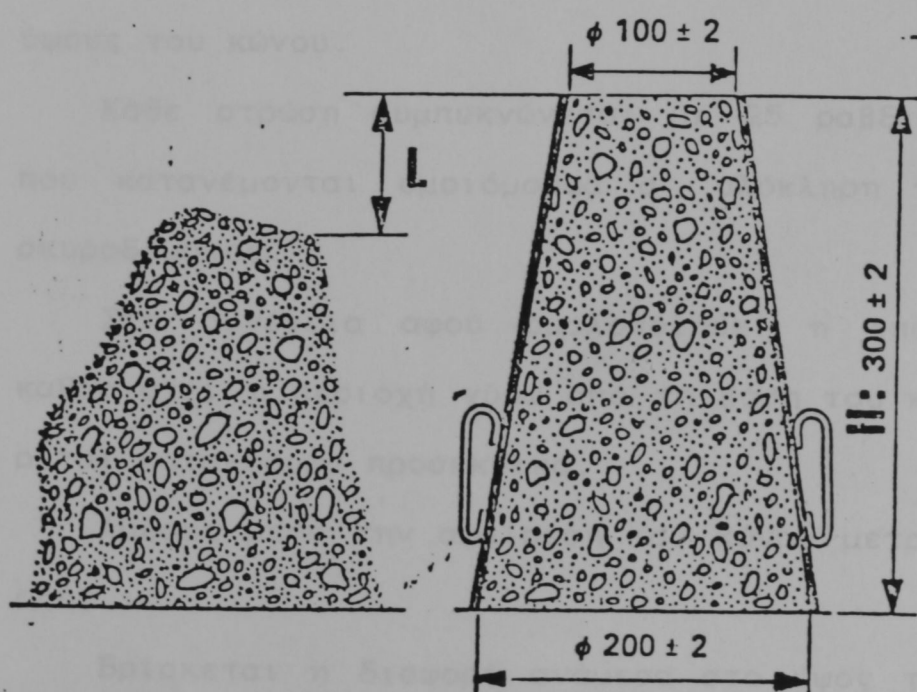
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε πως εκτός από τους ελέγχους στο σκληρυμένο σκυρόδεμα γίνονται και μερικοί στο νωπό σκυρόδεμα. Αυτοί ελέγχουν την εργασιμότητα. Παρακάτω θα αναφέρουμε, δύο ελέγχους που πραγματοποιούνται στο χημείο.

3.3.3. Έλεγχοι του νωπού σκυροδέματος (Μέτρηση της εργασιμότητας).

Η μέτρηση του εργασίμου δεν μπορεί να γίνει απ' ευθείας. Γι' αυτό έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι με τις οποίες μετρούμε μια ή περισσότερες ιδιότητες. Με τις μετρήσεις αυτές αποκτούμε μια έμμεση κατά προτίμηση εικόνα του βαθμού εργασιμότητας του σκυροδέματος. Οι κυριότερες από τις μεθόδους αυτές είναι σε συντομία οι ακόλουθες.

3.3.3.Α. ΚΑΘΙΣΗ

Για την εκτέλεση της μέτρησης απαιτείται κολουροκωνικό μεταλλικό χωνί του οποίου το μέταλλο δεν πρέπει να προσβάλεται από το σκυρόδεμα και να έχει πάχος τουλάχιστον 1.5 mm. Η εσωτερική του επιφάνεια πρέπει να είναι λεία και χωρίς τοπικές ανωμαλίες. Οι διαστάσεις του κώνου κάθισης πρέπει να ανταποκρίνονται στις διαστάσεις του σχήματος που ακολουθεί.



Οι δύο βάσεις του θα είναι ανοικτές, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες στον άξονα του.

Ο κώνος κάθισης έχει και δύο χειρολαβές και τέλος δύο πτερύγια αντιδιαμετρικά κοντά στην βάση της για την ακινητοποίηση της.

Επίσης απαιτείται ύπαρξη χαλύβδινης ράβδου, ευθύγραμμης, κυκλικής διατομής διαμέτρου 16 mm και μήκους 600 mm με στρογγυλεμένα τα άκρα της για συμπύκνωση.

Η διαδικασία της δοκιμής είναι η εξής :

Ο κώνος κάθισης διαβρέχεται εσωτερικά και τοποθετείται πάνω σε άκαμπτη, επίπεδη, οριζόντια και μη απορροφητική επιφάνεια η οποία πρέπει να έχει διαβραχεί. Ο κώνος θα πρέπει να κρατιέται ακίνητος σ' όλη τη διάρκεια του γεμίσματος με την βοήθεια των δύο πτερυγίων στηρίξεως του.

Αμέσως μετά την λήψη του δείγματος του σκυροδέματος πρέπει να γεμίζεται ο κώνος σε τρεις στρώσεις έτσι ώστε μετά την συμπύκνωση κάθε στρώση να είναι ίση με το $1/3$ περίπου του ύψους του κώνου.

Κάθε στρώση συμπυκνώνεται με 25 ραβδισμούς με τη ράβδο που κατανέμονται ομοιόμορφα σ' ολόκληρη την επιφάνεια του σκυροδέματος.

Στη συνέχεια αφού ομαλοποιηθεί η επάνω επιφάνεια και καθαριστεί η περιοχή γύρω από τη βάση του κώνου αυτός ανασύρεται κατακόρυφα προσεκτικά.

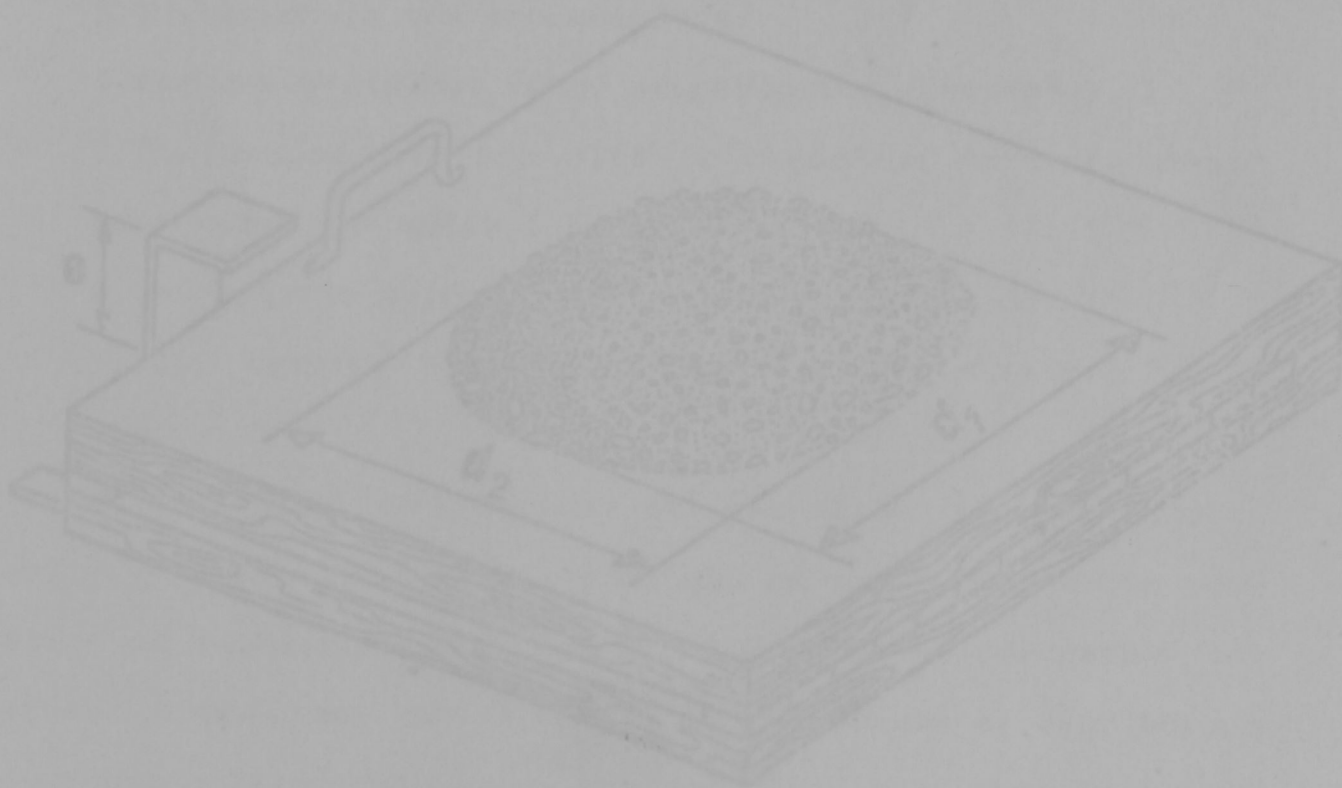
Αμέσως μετά την αφαίρεση του κώνου μετριέται η κάθιση ως εξής :

Βρίσκεται η διαφορά ανάμεσα στο ύψος του κώνου και του

υψηλότερου σημείου του σκυροδέματος αφού απελευθερώθηκε από τον κώνο κάθισης.

Σε περίπτωση που διαπιστωθεί κατάρρευση του σκυροδέματος από διάτμηση η μέτρηση δεν λαμβάνεται υπόψη και η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί σε νέο τμήμα του δείγματος.

Αν δύο διαδοχικές δοκιμές δείξουν συμπεριφορά όμοια με την παραπάνω τότε το σκυρόδεμα θεωρείται πως δεν έχει αναγκαία πλαστικότητα και συνοχή για την εφαρμογή της κάθισης. Αν η κάθιση είναι μικρότερη από 10 mm το σκυρόδεμα είναι τόσο ύφυγρο ώστε η μέθοδος αυτή να μην θεωρείται κατάλληλη.



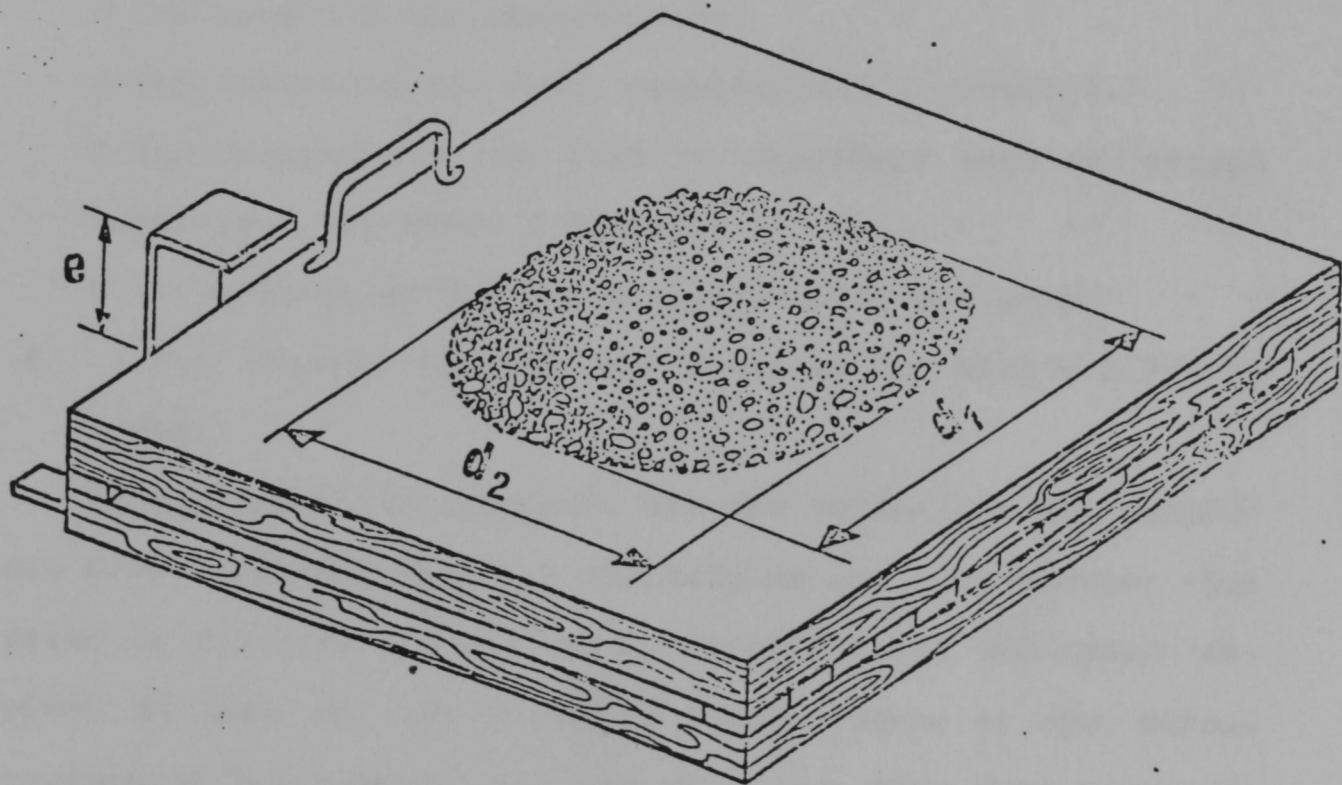
Το ύψος h από το οποίο πέφτει ελεύθερα η τρόπεζα εξοπλισμός είναι 4 cm.

Μετά την σφόνδυση του κώνου (όπως και στην μέτρηση της κάθισης) η βάση αναγκάζεται να πραγματοποιήσει 15 κρούσεις

3.3.3.Β.ΕΞΑΠΛΩΣΗ

Μεταλλικό δοχείο που έχει την μορφή της παράπλευρης επιφάνειας κόλουρου κώνου γεμίζεται με το σκυρόδεμα και συμπυκνώνεται σε δύο ισουψείς περίπου στρώσεις με 10 κτύπους με ξύλινη ράβδο ορθογωνικής διατομής διαστάσεων 4×4 cm. Ο κώνος με το σκυρόδεμα είναι τοποθετημένοι επάνω σε βάση (τράπεζα εξάπλωσης) που έχει την δυνατότητα να ανυψώνεται και να πέφτει ελεύθερα με τρόπο που να μεταδίδει τις κρούσεις στη μάζα του σκυροδέματος.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια τράπεζα εξάπλωσης και το σκυρόδεμα έτοιμο για μέτρηση.



Το ύψος e από το οποίο πέφτει ελεύθερα η τράπεζα εξάπλωσης είναι 4 cm.

Μετά την αφαίρεση του κώνου (όπως και στην μέτρηση της κάθισης) η βάση αναγκάζεται να πραγματοποιήσει 15 κρούσεις

έτσι ώστε το σκυρόδεμα να απλωθεί πάνω στην τράπεζα.

Η μέση διάμετρος της μάζας του σκυροδέματος όπως έχει διαμορφωθεί ονομάζεται μέτρο εξάπλωσης.

3.4.ΤΑ $\bar{x}$ ΚΑΙ R - ΔΕ

3.4.1.Συλλογή στοιχείων

Τα στοιχεία τα οποία συλλέξαμε προέρχονται από ένα συγκεκριμένο εργοστάσιο ετοίμου σκυροδέματος την INTERMΠΙΕΤΟΝ

Α.Ε. Αυτά περιέχουν (βλέπε Παράρτημα Α) :

- 1.Την ημερομηνία κατά την οποία έγινε δειγματοληψία.
- 2.Την εξάπλωση του νωπού σκυροδέματος (cm).
- 3.Την ποιότητα του σκυροδέματος.
- 4.Την πυκνότητα του νωπού σκυροδέματος (gr/cm³).
- 5.Την θερμοκρασία που είχε το σκυρόδεμα κατά την στιγμή παρασκευής των κύβων (δοκιμίων).
- 6.Τον αύξοντα αριθμό της δειγματοληψίας ανά μήνα.
- & 7.Τις αντοχές θραύσης των δοκιμίων σε ηλικία 3,7 & 28 ημερών.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι όλα τα δοκίμια που ελήφθησαν είναι κυβικά διαστάσεων 15x15x15 cm και η συμπύκνωση τους έγινε σε δονητική τράπεζα παρέμειναν δε εντός των μητρών περίπου 24 ώρες και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε υγρό θάλαμο συντήρησης.Τέλος παίρνονται από το θάλαμο αυτό κατά τη στιγμή της θραύσης τους.

Αξίζει ν' αναφερθεί ότι το εργοστάσιο αυτό έχει αναμικτήρα που είναι από άποψη κινούσης δυνάμεως τύπου βίαιας αναμίξεως ενώ από άποψη προσανατολισμένου άξονα είναι τύπου ορι-

ζόντιου. Ο αναμικτήρας χειρίζεται από ειδικευμένους και με μεγάλη εμπειρία (τουλάχιστον 10 χρόνια) υπαλλήλους με τη βοήθεια αυτοματοποιημένου συστήματος παραγωγής. Η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να παράγει ανά ανάμιγμα ανέρχεται στα $3m^3$ νωπού σκυροδέματος.

Τέλος αναφέρουμε ότι τα στοιχεία μας δείχνουν αντοχές ομάδων δοκιμίων εργοστασιακού ετοίμου σκυροδέματος της ποιότητας B 225, για χρονικό διάστημα 2 μηνών (περίπου).

3.4.2. Επεξεργασία στοιχείων

Οι μετρήσεις των αντοχών του σκυροδέματος που αναφέρονται στο ΦΕΚ περιγράφουν μια τ.μ $X - N (\mu, \sigma^2)$ με μ, σ άγνωστα. Επομένως σκοπός του ΔΕ που θα χρησιμοποιήσουμε είναι αφ' ενός να κάνει την κατάλληλη εκτίμηση και αφ' ετέρου να καθορίσει τα όρια εκείνα που όταν η παραγωγική διαδικασία ξεφύγει απ' αυτά τότε μπορούμε με πολύ μεγάλη πιθανότητα να θεωρήσουμε ότι η παραγωγική διαδικασία έχει ξεφύγει από την κατάσταση ελέγχου.

Οπότε τα ΔΕ που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τα $\bar{x}$ και $R - \Delta E$. Με το $\bar{x} - \Delta E$ θα μετρήσουμε την αντοχή του σκυροδέματος και με το R θα πάρουμε μια εύληπτη, γρήγορη αλλά και αποτελεσματική εκτίμηση της τυπικής απόκλισης του $\bar{x}$.

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι τα δοκίμια ελήφθησαν με τυχαίο τρόπο από την παραγωγή του εργοστασίου.

Σαν ομάδα δοκιμίων θεωρούμε εκείνα που έχουν ποιότητα B 225 και πάρθηκαν την ίδια μέρα.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

ΟΜΑΔΕΣ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΑΝΤΟΧΕΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ		$\bar{x}$	R
		1η ΜΕΤΡΗΣΗ	2η ΜΕΤΡΗΣΗ		
1	26/2/91	267	285	276	18
2	5/3/91	263	272	267.5	9
3	6/3/91	199	263	231	64
4	7/3/91	254	244	249	10
5	8/3/91	326	331	328.5	5
6	12/3/91	281	267	274	14
7	13/3/91	249	290	269.5	41
8	15/3/91	276	299	287.5	23
9	21/3/91	263	244	253.5	19
10	1/4/91	281	222	251.5	59

Θεωρούμε ότι $\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2} \sim N(\mu, \sigma^2/n)$, $\bar{\bar{x}} = \Sigma \bar{x} / \kappa$
& $\bar{R} = \Sigma R / \kappa$ όπου $\kappa = 10$.

Οι σχέσεις που χρησιμοποιούμε για τον υπολογισμό των ορίων (ΑΦΕ και ΚΦΕ) είναι :

ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ $\bar{x}$ - ΔΕ

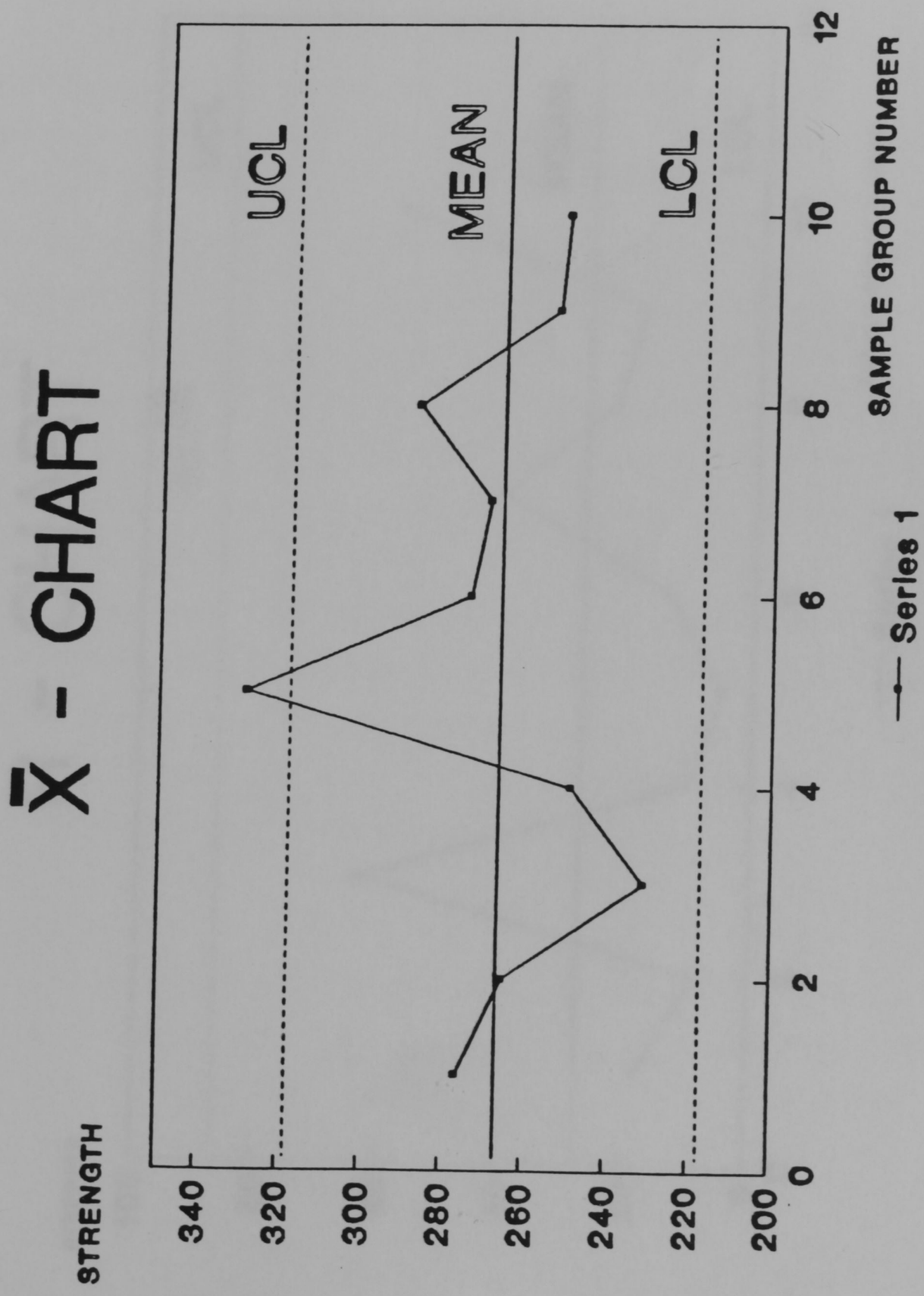
Χρησιμοποιώντας τον πίνακα Μ (όπως παρατίθεται στο Παράρτημα Γ).

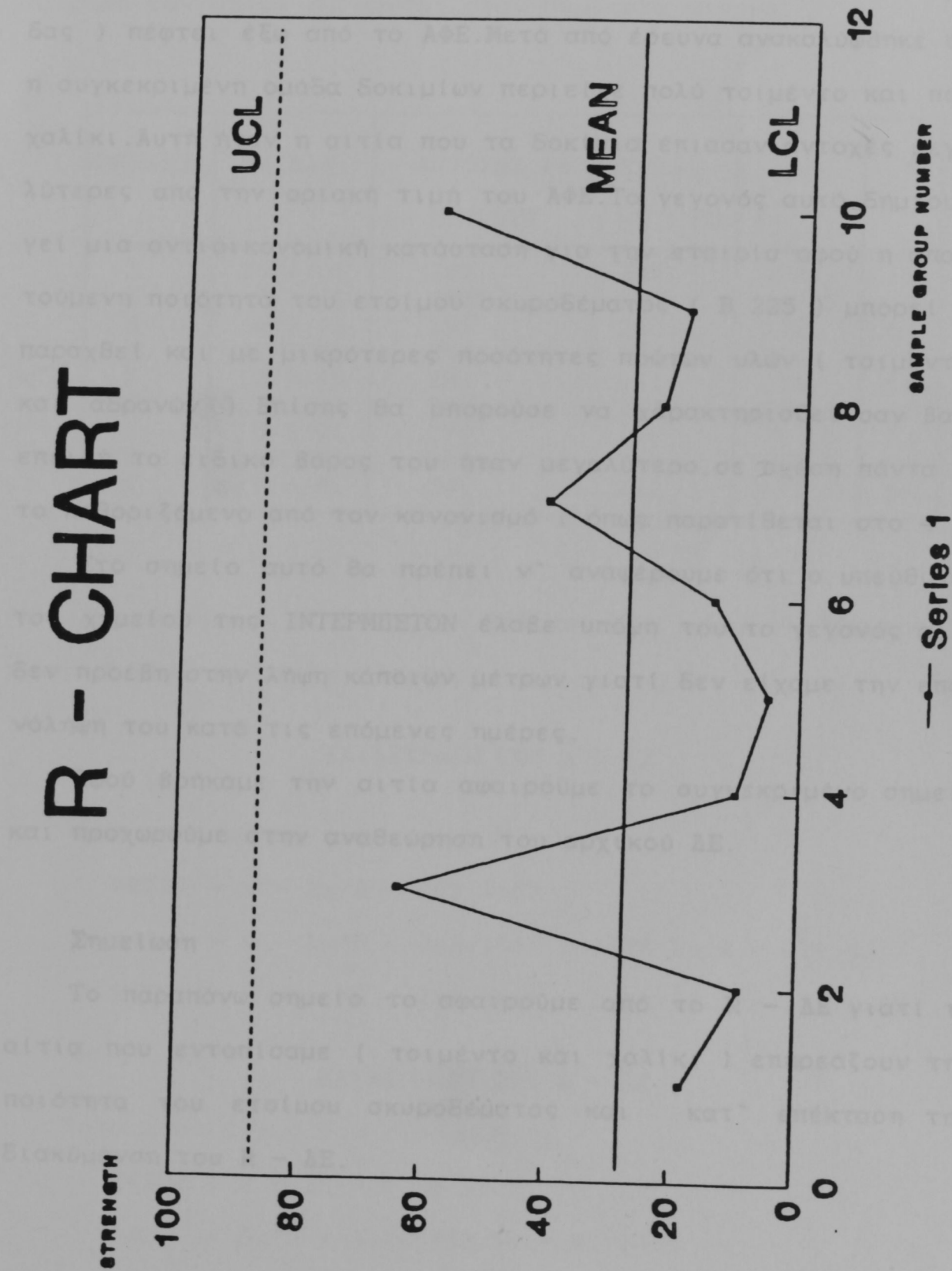
$MEΣΟΣ = \bar{\bar{x}} = \Sigma \bar{x} / 10 = 268.8$
 $AΦΕ = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} = 268.8 + 1.88 * 26.2 = 318.056$
 $KΦΕ = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} = 268.8 - 1.88 * 26.2 = 219.544$

ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ R - ΔΕ

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα Μ :

$MEΣΟΣ = \bar{R} = \Sigma R / 10 = 26.2$
 $AΦΕ = D_4 * \bar{R} = 3.267 * 26.2 = 85.5954$
 $KΦΕ = D_3 * \bar{R} = 0 * 26.2 = 0$





Παρατηρούμε στο $\bar{x}$ - ΔΕ ότι ένα σημείο (αυτό της 5ης ομάδας) πέφτει έξω από το ΑΦΕ. Μετά από έρευνα ανακαλύφθηκε ότι η συγκεκριμένη ομάδα δοκιμίων περιείχε πολύ τσιμέντο και πολύ χαλίκι. Αυτή ήταν η αιτία που τα δοκίμια έπιασαν αντοχές μεγαλύτερες από την οριακή τιμή του ΑΦΕ. Το γεγονός αυτό, δημιουργεί μια αντιοικονομική κατάσταση για την εταιρία αφού η απαιτούμενη ποιότητα του ετοίμου σκυροδέματος (B 225) μπορεί να παραχθεί και με μικρότερες ποσότητες πρώτων υλών (τσιμέντου και αδρανών). Επίσης θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν βαρύ επειδή το ειδικό βάρος του ήταν μεγαλύτερο, σε σχέση πάντα με το καθοριζόμενο από τον κανονισμό (όπως παρατίθεται στο 4).

Στο σημείο αυτό θα πρέπει ν' αναφέρουμε ότι ο υπεύθυνος του χημείου της INTERMPETON έλαβε υπόψη του το γεγονός αλλά δεν προέβη στην λήψη κάποιων μέτρων γιατί δεν είχαμε την επανάληψη του κατά τις επόμενες ημέρες.

Αφού βρήκαμε την αιτία αφαιρούμε το συγκεκριμένο σημείο και προχωρούμε στην αναθεώρηση του αρχικού ΔΕ.

Σημείωση

Το παραπάνω σημείο το αφαιρούμε από το R - ΔΕ γιατί τα αίτια που εντοπίσαμε (τσιμέντο και χαλίκι) επηρεάζουν την ποιότητα του ετοίμου σκυροδέματος και κατ' επέκταση την διακύμανση του R - ΔΕ.

Τα υπόλοιπα στοιχεία που θα επεξεργαστούμε για την αναθεώρηση των ορίων φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

ΟΜΑΔΕΣ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΑΝΤΟΧΕΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ		$\bar{x}$	R
		1η ΜΕΤΡΗΣΗ	2η ΜΕΤΡΗΣΗ		
1	26/2/91	267	285	276	18
2	5/3/91	263	272	267.5	9
3	6/3/91	199	263	231	64
4	7/3/91	254	244	249	10
5	12/3/91	281	267	274	14
6	13/3/91	249	290	269.5	41
7	15/3/91	276	299	287.5	23
8	21/3/91	263	244	253.5	19
9	1/4/91	281	222	251.5	59

Ο υπολογισμός των ορίων (ΑΦΕ και ΚΦΕ) των αναθεωρημένων $\bar{x}$ και R - ΔΕ φαίνονται παρακάτω :

ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ $\bar{x}$ - ΔΕ

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα Μ :

$$\text{ΜΕΣΟΣ} = \bar{x} = \Sigma \bar{x} / 9 = 262.1667$$

$$\text{ΑΦΕ} = \bar{x} + A_2 \cdot R = 262.1667 + 1.88 \cdot 26.2 = 311.4227$$

$$\text{ΚΦΕ} = \bar{x} - A_2 \cdot R = 262.1667 - 1.88 \cdot 26.2 = 212.9107$$

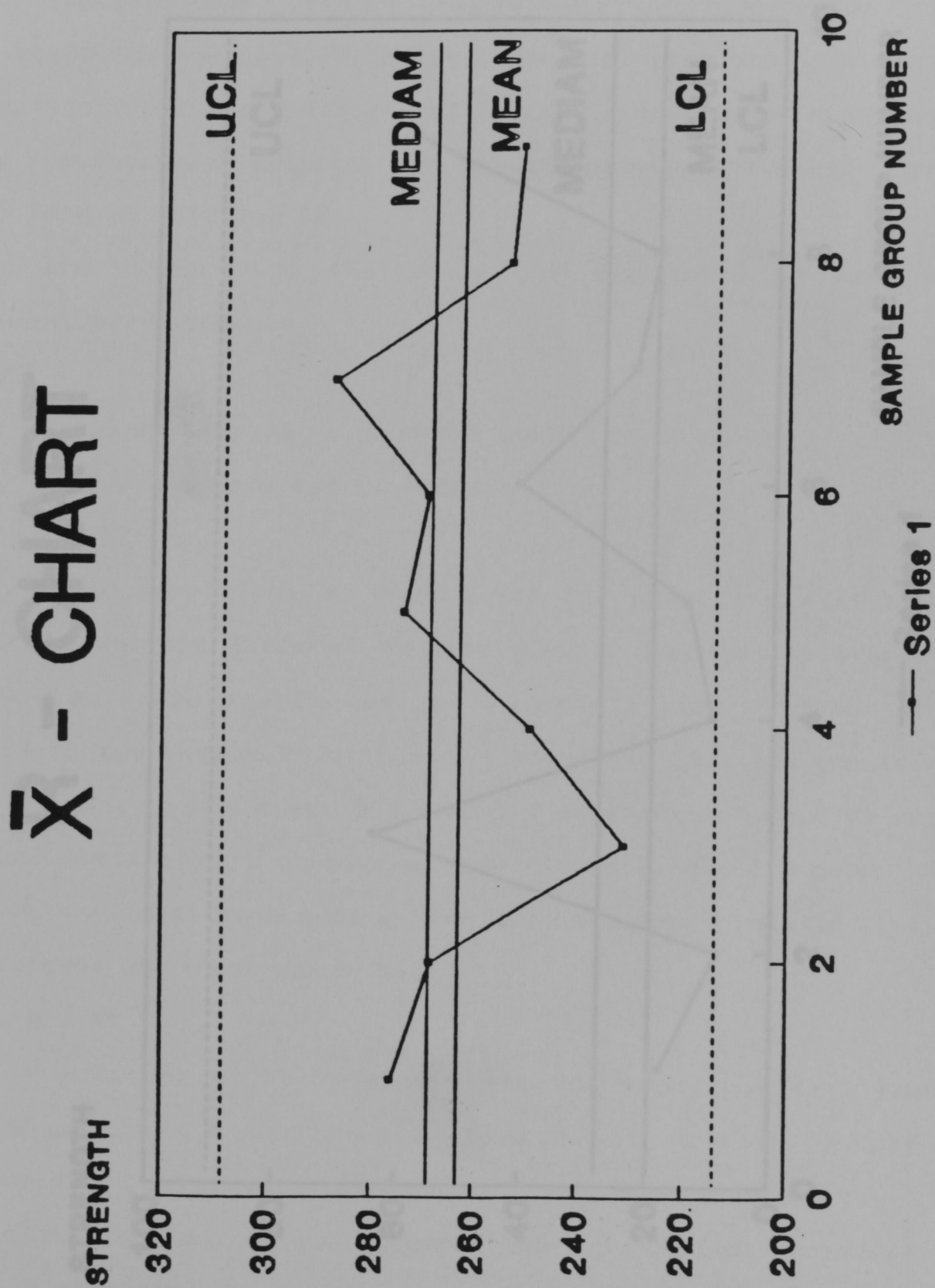
ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ R - ΔΕ

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα Μ :

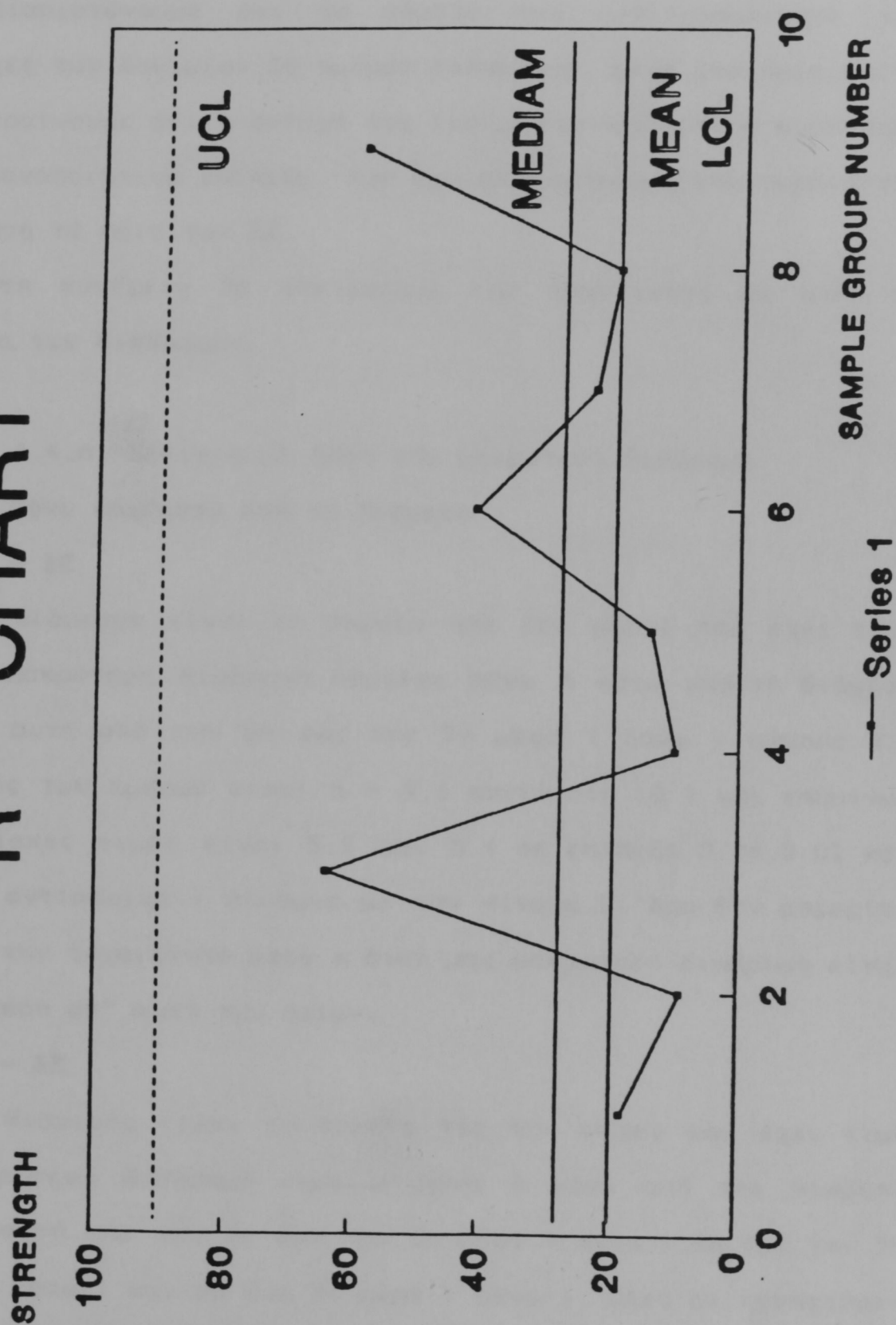
$$\text{ΜΕΣΟΣ} = R = \Sigma R / 9 = 28.56$$

$$\text{ΑΦΕ} = D_4 \cdot R = 3.267 \cdot 28.56 = 93.3055$$

$$\text{ΚΦΕ} = D_3 \cdot R = 0 \cdot 28.56 = 0$$



R - CHART



3.4.3. Συμπεράσματα

Διαπιστώνουμε ότι τα σημεία που αντιπροσωπεύουν τις αντοχές των δοκιμίων 28 ημερών βρίσκονται μέσα στα όρια. Οπότε συμπεραίνουμε ότι η αντοχή του ετοίμου σκυροδέματος κυμάνθηκε σε ικανοποιητικά επίπεδα. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα με βάση τα όρια του ΔΕ.

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την τυχαιότητα με βάση τη θεωρία των διαδρομών.

3.4.4.α. Έλεγχος με βάση την μακρύτερη διαδρομή

α. Πάνω και κάτω από τη διάμεσο

$$\bar{x} - \Delta\epsilon$$

Η διάμεσος είναι το σημείο της 2ης μέρας που έχει τιμή 267.5. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από τη διάμεσο είναι αυτή από την 5η έως την 7η μέρα (πάνω) μήκους 3.0 αριθμός των ημερών είναι $n = 9$ (κοντά στο 10) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5,5 και 5 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα Ρ. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

$$R - \Delta\epsilon$$

Η διάμεσος είναι το σημείο της 8ης μέρας που έχει τιμή 19. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από την διάμεσο είναι αυτή από την 1η έως την 2η μέρα (κάτω), 4η έως την 5η μέρα (κάτω) και 6η έως 7η μέρα (πάνω). Όλες οι προηγούμενες διαδρομές έχουν μήκος 2.0 αριθμός των ημερών είναι $n = 9$ (κοντά στο 10) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5,5 και

5 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα P. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

β. Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω

$\bar{x} - \Delta E$

Στο διάγραμμα μας οι μακρύτερες διαδρομές είναι από την 1η έως την 3η μέρα (προς τα κάτω), από την 3η έως την 5η μέρα (προς τα πάνω) και από την 7η έως την 9η μέρα (προς τα κάτω). Όλες οι προηγούμενες διαδρομές είχαν μήκος 2. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 9$ παίρνουμε τις τιμές 6 και 5 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μεγαλύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή του ορίου.

$R - \Delta E$

Στο διάγραμμα μας οι μακρύτερες διαδρομές είναι από την 4η έως την 6η μέρα (διαδρομή προς τα πάνω) και από την 6η έως την 8η μέρα (διαδρομή προς τα κάτω). Οι διαδρομές αυτές έχουν μήκος 2. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 9$ παίρνουμε τιμές 6 και 5 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μεγαλύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

Τα παραπάνω $\bar{x}$ και $R - \Delta E$ βρίσκονται σε κατάσταση ελέγχου (δηλ. η ποιότητα του σκυροδέματος κυμάνθηκε σε επιτρεπτά όρια). Στη συνέχεια διατηρούμε τον μέσο για το $\bar{x} - \Delta E$ και $R - \Delta E$ και πάμε να υπολογίσουμε τα νέα όρια για να δούμε αν η 2η ομάδα μετρήσεων των αντοχών των δοκιμίων βρίσκεται σε κατάσταση ελέγχου. Τα στοιχεία που θα επεξεργαστούμε φαίνονται

στον παρακάτω πίνακα.

ΟΜΑΔΕΣ	ΗΜ/ΝΙΑ	ΑΝΤΟΧΕΣ 28 ΗΜΕΡΩΝ		$\bar{x}$	R
		1η ΜΕΤΡΗΣΗ	2η ΜΕΤΡΗΣΗ		
1	3/4/91	231	235	233	4
2	9/4/91	240	249	244.5	9
3	15/4/91	290	258	274	32
4	16/4/91	240	263	251.5	23
5	17/4/91	263	204	233.5	59
6	24/4/91	222	290	256	68
7	26/4/91	326	240	228	86

Τα όρια (ΑΦΕ και ΚΦΕ) των $\bar{x}$ και R - ΔΕ είναι :

ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ $\bar{x}$ - ΔΕ

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα M :

$$\text{ΜΕΣΟΣ} = \bar{\bar{x}} = 262.1667$$

$$\text{ΑΦΕ} = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R} = 311.4227$$

$$\text{ΚΦΕ} = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R} = 212.9107$$

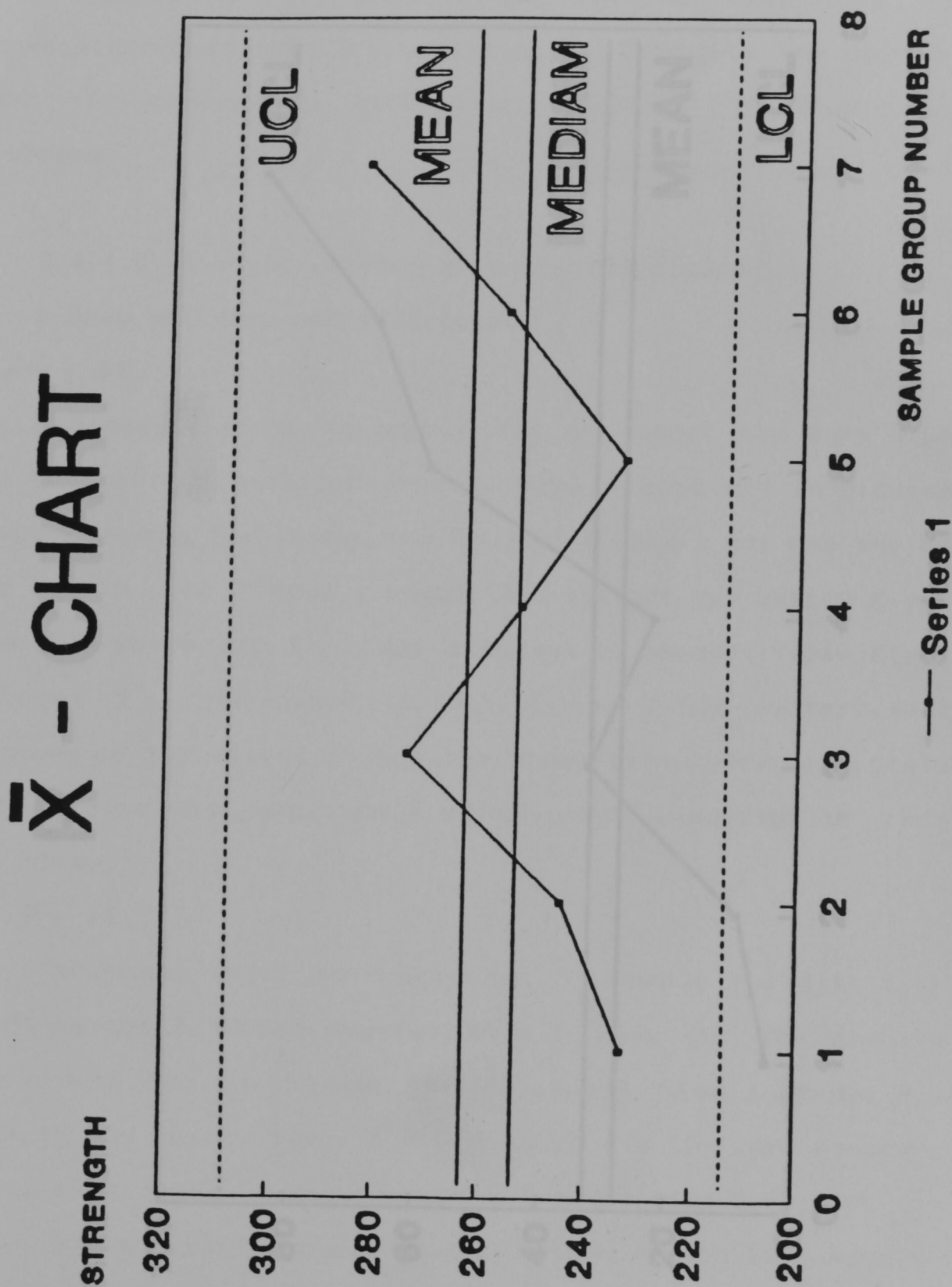
ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΤΟΥ R - ΔΕ

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα M :

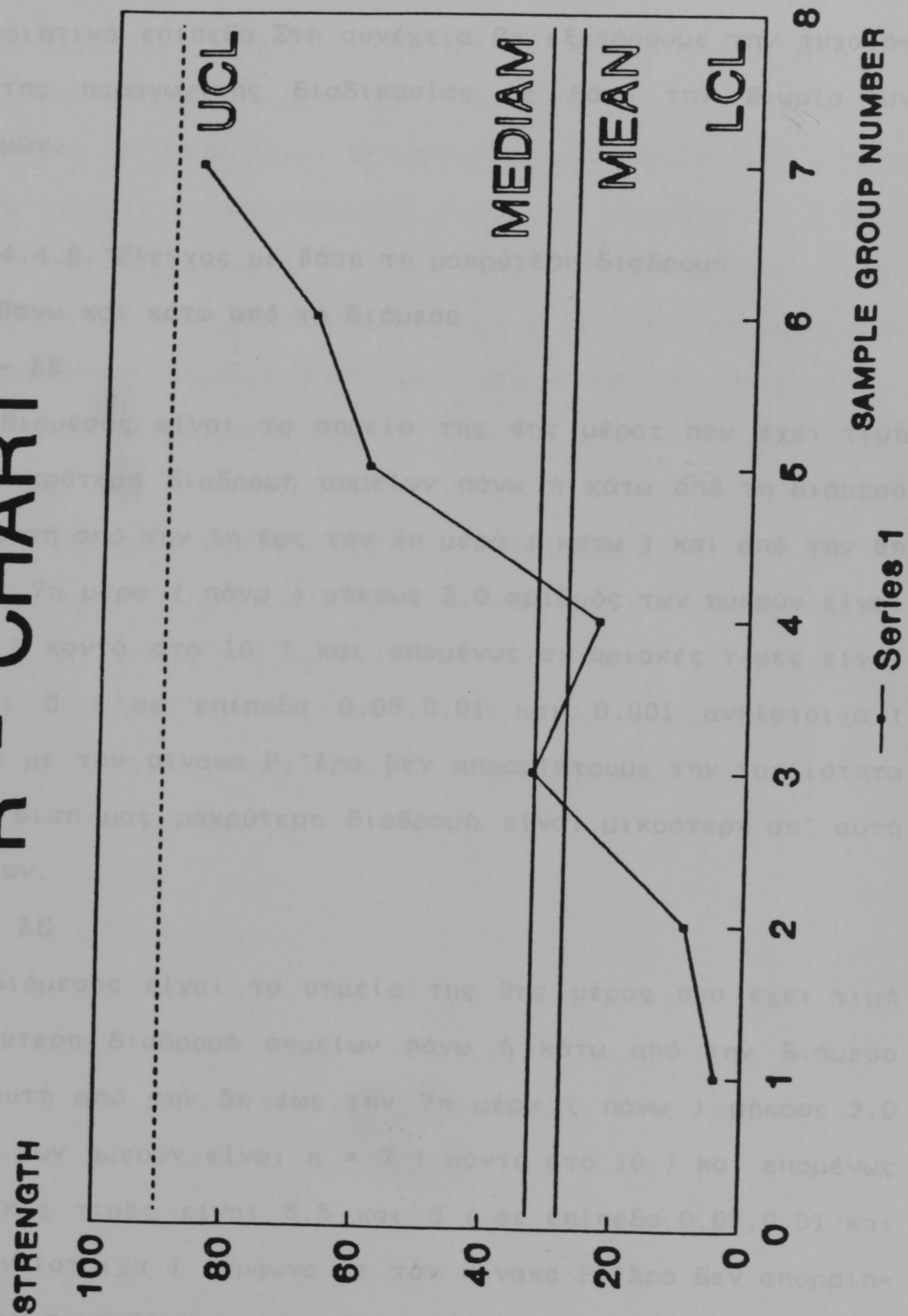
$$\text{ΜΕΣΟΣ} = \bar{R} = 28.56$$

$$\text{ΑΦΕ} = D_4 \cdot \bar{R} = 93.3055$$

$$\text{ΚΦΕ} = D_3 \cdot \bar{R} = 0$$



R - CHART



Παρατηρούμε ότι όλα τα σημεία βρίσκονται εντός των ορίων. Αυτό σημαίνει ότι οι αντοχές των δοκιμίων κυμαίνονται σε ικανοποιητικά επίπεδα. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε την τυχαιότητα της παραγωγικής διαδικασίας με βάση την θεωρία των Διαδρομών.

3.4.4.β. Έλεγχος με βάση τη μακρύτερη διαδρομή

α. Πάνω και κάτω από τη Διάμεσο

$$\bar{x} - \Delta E$$

Η Διάμεσος είναι το σημείο της 4ης μέρας που έχει τιμή 251.5. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από τη διάμεσο είναι αυτή από την 1η έως την 2η μέρα (κάτω) και από την 6η έως την 7η μέρα (πάνω) μήκους 2.0 αριθμός των ημερών είναι $n = 7$ (κοντά στο 10) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5,5 και 5 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα P. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

$$R - \Delta E$$

Η Διάμεσος είναι το σημείο της 3ης μέρας που έχει τιμή 32. Μακρύτερη διαδρομή σημείων πάνω ή κάτω από την διάμεσο είναι αυτή από την 5η έως την 7η μέρα (πάνω) μήκους 3.0 αριθμός των ημερών είναι $n = 7$ (κοντά στο 10) και επομένως οι οριακές τιμές είναι 5,5 και 5 (σε επίπεδα 0.05, 0.01 και 0.001 αντίστοιχα) σύμφωνα με τον πίνακα P. Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μακρύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

β. Διαδρομές προς τα πάνω και προς τα κάτω

$\bar{x} - \Delta E$

Στο διάγραμμα μας οι μακρύτερες διαδρομές είναι από την 1η έως την 3η μέρα (προς τα πάνω), από την 3η έως την 5η μέρα (προς τα κάτω) και από την 5η έως την 7η μέρα (προς τα πάνω). Όλες οι προηγούμενες διαδρομές έχουν μήκος 2. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 7$ παίρνουμε τις τιμές 6 και 4 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μεγαλύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

$R - \Delta E$

Στο διάγραμμα μας η μακρύτερη διαδρομή είναι από την 4η έως την 7η μέρα (διαδρομή προς τα πάνω) μήκους 3. Πάμε στον πίνακα Q και για $n = 7$ παίρνουμε τιμές 6 και 4 (σε επίπεδα 0.0032 και 0.0567 αντίστοιχα). Άρα δεν απορρίπτουμε την τυχαιότητα αφού η δική μας μεγαλύτερη διαδρομή είναι μικρότερη απ' αυτή των ορίων.

3.4.5. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω βγάζουμε το συμπέρασμα ότι η τυχαιότητα της παραγωγικής διαδικασίας διατηρείται τόσο με βάση τα όρια των ΔΕ όσο και με την θεωρία των διαδρομών. Αυτό σημαίνει ότι η ποιότητα του ετοίμου σκυροδέματος που παράγεται από την INTERMPETON ικανοποιεί τις απαιτούμενες προδιαγραφές.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια η εφαρμογή των $U, \bar{x}$ και $R - \Delta E$ μας βοήθησε να παρακολουθήσουμε την ποιότητα του ετοίμου σκυροδέματος καθώς και τις διακυμάνσεις του.

Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές του στατιστικού ελέγχου ποιότητας. Έτσι με την χρησιμοποίηση των $U - \Delta E$ στις κοκκομετρίες αντιληφθήκαμε τις διακυμάνσεις της ποιότητας των αδρανών, που συμβαίνουν στην πραγματικότητα. Μέχρι τότε η ποιότητα των αδρανών γινόταν αντιληπτή από την εμπειρία, με την βοήθεια της όρασης. Επίσης από τα $\bar{x} - \Delta E$ βλέπουμε ότι η παραγόμενη μέση τιμή της αντοχής των δοκιμίων σε ηλικία 28 ημερών ($262.1667 \text{ kgr/cm}^2$) είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με την αντοχή που θα έπρεπε να δίνει η ποιότητα B 225 (225 kgr/cm^2). Τέλος από τα $R - \Delta E$ παρατηρούμε ότι το εύρος των αντοχών των δοκιμίων δεν παραμένει σταθερό αλλά συνεχώς μεταβάλλεται.

Άρα οι τεχνικές του στατιστικού ελέγχου ποιότητας είναι όχι μόνο εφαρμόσιμες αλλά και αξιοποιήσιμες, αφού η παρέμβαση των υπευθύνων, όσον αφορά την ποιότητα των αδρανών και την αντοχή των δοκιμίων, θα γίνεται όταν πραγματικά υπάρχει υπέρβαση των ορίων.

Η ύπαρξη ενός ΜΠΔ στη συγκεκριμένη μονάδα παραγωγής θα μπορούσε να βοηθήσει επιπλέον στα εξής σημεία :

Στον προγραμματισμό και στον έλεγχο της παραγωγής. Με τις γνώσεις που διαθέτει από τον γραμμικό προγραμματισμό και τα συστήματα παραγωγής θα μπορούσε να κάνει έλεγχο αποθεμάτων για τα αδρανή, εύρεση των ρυθμών παραγωγής σκυροδέματος και προγραμματισμό για την συντήρηση, επισκευή και αντικατάσταση

του εξοπλισμού.

Στην ενδοεργοσιακή χωροταξία. Το γραφείο κίνησης να μεταφερόταν στην αντίθετη πλευρά της πύλης, ώστε ο οδηγός να μην αναγκάζεται ν' αλλάζει λωρίδα κατεύθυνσης για να πάρει το δελτίο αποστολής.

Επίσης το χημείο και το συνεργείο βρίσκονται σε ενοικιαζόμενο χώρο κοντά στην μονάδα. Αυτά θα μπορούσαν να τοποθετηθούν μέσα στην μονάδα και στο σημείο που σήμερα χρησιμοποιείται σαν υπαίθρια αποθήκη άχρηστων σιδηρικών.

Στον χρονικό και οικονομικό προγραμματισμό κατασκευών. Οι παραπάνω κατασκευές απαιτούν έναν προγραμματισμό τόσο οικονομικό όσο και χρονικό. Ο πρώτος πραγματοποιείται για να διαπιστωθεί αν είναι συμφέρουσα κάποια κατασκευή. Ο δεύτερος γίνεται για να ταξινομηθούν οι κατασκευές με σειρά προτεραιότητας. Η άποψη ενός ΜΠΔ έχει βαρύνουσα σημασία εξαιτίας των γνώσεων που έχει αποκομίσει από οικονομικά μαθήματα και χρονικό προγραμματισμό. Δεν είναι λίγες εκείνες οι κατασκευές που δεν πραγματοποιούνται λόγω του υπερβολικού κόστους τους ή του μεγάλου χρονικού διαστήματος για την περάτωση τους. Ο ΜΠΔ λαμβάνοντας υπόψη του όλες τις παραμέτρους που ισχύουν στην αγορά μπορεί ν' αποφασίσει για την κατασκευή ενός έργου μέσα στο σύντομο χρονικό διάστημα και με το μικρότερο κόστος.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η ύπαρξη ενός ΜΠΔ στην συγκεκριμένη μονάδα κρίνεται απαραίτητη. Έτσι οποιαδήποτε ενέργεια και αν συμβεί θα έχει στηριχθεί σε επιστημονικά κριτήρια και όχι στην μίμηση ή την εμπειρία (καλό είναι να λαμβάνεται υπόψη αλλά όχι και να δογματοποιείται).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

α/α	Ημ/νια	Ποσότητα Δείγματος (gr)	Ομάς Κοσκίνων					Ελ/κός Κλάσσο- τα
			4	2	1 (mm)	0.5	0.25	
1	24/6/91	970	93.8	78.4	57.3	39.2	25.8	1
2	25/6/91	980	95.8	80	62.1	43.1	28.4	3
3	26/6/91	890	95.8	80.9	61.8	42.7	30.9	4
4	27/6/91	920	95.6	80.4	60.9	42.4	29.3	3
5	28/6/91	1020	84.3	80.4	60.8	40.2	27.4	2
6	1/7/91	990	98.9	84.8	68.7	49.5	34.3	4
7	2/7/91	1100	91.8	75.6	52.7	43.8	30	3
8	3/7/91	980	91.7	77.3	57.3	46.9	32.8	4
9	4/7/91	1150	93	75.6	58.3	40.9	29.6	3
10	5/7/91	910	96.7	84.8	65.9	46.2	31.8	4
11	8/7/91	1370	94.2	79.8	60.8	42.3	29.2	2
12	9/7/91	660	93.9	77.3	57.6	39.4	27.3	2
13	10/7/91	550	96.4	83.4	67.3	45.4	30.9	4
14	11/7/91						38.8	3
15	12/7/91						30.8	4

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

ΚΑΙ ΑΝΤΟΧΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

α/α	Ημ/νια	Ποσότητα Δείγματος (gr)	Ομάς Κοσκίνων					Ελ/κός Κλάσσο- τα
			4	2	1 (mm)	0.5	0.25	
1	13/7/91	1065	90.8	76.5	57.3	39.4	26.2	2
2	16/7/91	1010	96.1	85.1	64.4	44.6	30.7	4
3	17/7/91	920	95.6	83.7	67.4	47.8	32.8	4
4	18/7/91	1460	92.4	70.5	49.5	32.8	23.3	2
5	19/7/91	690	95	82	61	42	28	3
6	22/7/91	1060	90	65	58	39	26	2
7	23/7/91	910	97.2	83	65.4	46.1	32.5	4
8	24/7/91	850	91.7	75.3	56.5	40	28.2	2
9	25/7/91	1220	97.5	86.9	71.3	50.8	34.1	4
10	28/7/91	1020	98.1	88.2	71.6	50.9	33.3	4
11	29/7/91	1160	96.9	81.2	62.9	43.1	29.7	3
12	30/7/91	830	98.8	91.8	73.5	53	36.1	5
13	31/7/91	1255	98.4	89.8	72.1	51.4	35.8	4
14	1/8/91	1500	95.3	79.3	60.7	40.7	27.3	3
15	3/8/91	1490	95.3	79.9	61.1	40.9	27.5	3

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

α/α	Ημ/νια	Ποσότητα Δείγματος (gr)	Οπές Κοσκίνων					Ελ/κά
			4	2	1 (mm)	0.5	0.25	Κλάσμα- τα
1	24/6/91	970	93.8	78.4	57.7	39.2	25.8	1
2	25/6/91	980	95.8	80	62.1	43.1	28.4	3
3	26/6/91	890	95.8	80.9	61.8	42.7	30.9	4
4	27/6/91	920	95.6	80.4	60.9	42.4	29.3	3
5	28/6/91	1020	84.3	80.4	60.8	40.2	27.4	2
6	1/7/91	990	96.9	84.8	68.7	49.5	34.3	4
7	2/7/91	1100	94.5	80.9	62.7	43.6	30	2
8	3/7/91	980	96.9	85.7	67.3	46.9	32.6	4
9	4/7/91	1150	93	75.6	58.3	40.9	29.6	3
10	5/7/91	910	96.7	84.6	65.9	46.2	31.8	4
11	8/7/91	1370	94.2	79.6	60.6	42.3	29.2	2
12	9/7/91	660	93.9	77.3	57.6	39.4	27.3	2
13	10/7/91	550	96.4	85.4	67.3	45.4	30.9	4
14	11/7/91	980	94.9	80.6	61.2	41.8	28.6	2
15	12/7/91	1070	99.1	85.9	66.4	44.8	30.8	4

2η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

α/α	Ημ/νια	Ποσότητα Δείγματος (gr)	Οπές Κοσκίνων					Ελ/κά
			4	2	1 (mm)	0.5	0.25	Κλάσμα- τα
1	15/7/91	1065	90.6	76.5	57.3	39.4	28.2	2
2	16/7/91	1010	96.1	85.1	64.4	44.6	30.7	4
3	17/7/91	920	95.6	83.7	67.4	47.8	32.6	4
4	18/7/91	1460	92.4	70.5	49.3	32.8	23.3	2
5	19/7/91	650	95	82	62	42	29	2
6	22/7/91	1060	90	66	58	39	28	2
7	23/7/91	910	97.2	83	65.4	46.1	33.5	4
8	24/7/91	850	91.7	75.3	56.5	40	28.2	2
9	25/7/91	1220	97.5	86.9	71.3	50.8	36.1	4
10	26/7/91	1020	98.1	88.2	71.6	50.9	35.3	4
11	29/7/91	1160	96.9	81.9	62.9	43.1	29.7	3
12	30/7/91	830	98.8	91.6	73.5	53	36.1	5
13	31/7/91	1255	98.4	89.6	72.1	51.4	35.8	4
14	1/8/91	1500	95.3	79.3	60.7	40.7	27.3	3
15	2/8/91	1490	95.3	79.9	61.1	49.9	27.5	3

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΤΟΧΩΝ
ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΕΤΟΙΜΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

α/α	Ημ/νία	Αντοχές 28 ημερών	
		1η Μέτρηση	2η Μέτρηση
1	26/2/91	267	285
2	5/3/91	263	272
3	6/3/91	199	263
4	7/3/91	254	244
5	8/3/91	326	331
6	12/3/91	281	167
7	13/3/91	249	290
8	15/3/91	276	299
9	21/3/91	263	244
10	1/4/91	281	222

2η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

α/α	Ημ/νία	Αντοχές 28 ημερών	
		1η Μέτρηση	2η Μέτρηση
1	3/4/91	231	235
2	9/4/91	240	249
3	15/4/91	290	258
4	16/4/91	240	263
5	17/4/91	263	204
6	24/4/91	222	290
7	26/4/91	326	240



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΝ

Α.Φ.Μ. 94057796 ΑΡ. Μ. Α. Ε. 2927 / 01 / Β / 86 / 2926

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΝ

ΦΥΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 28/6/91 ΔΕΙΓΜΑΤΙΣΘΕΙΣΑ ΠΟΣΟΤΗΣ m^3 : ΥΓΡΑΣΙΑ (%):

ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ : ΤΡΟΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ :

ΙΔΙΟΣ ΑΔΡΑΝΟΥΣ : Αμμος ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙΣΑ ΠΟΣΟΤΗΣ (gv) : 1020

1. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ DIN 4226 1971

2. ΜΟΡΦΗ ΚΟΚΚΩΝ DIN 4226 1971

ΟΠΗ ΚΟΙΚΙΝΟΥ M/M	ΣΥΝΟΛΙΚΟΝ ΒΑΡΟΣ gr	ΠΑΡΑΜΕΝΟΝΤΑ o/o	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ o/o
31,5			
25			
20			
16			
12,5			
8			
4	40		84.3
2	200		80.4
1	400		60.8
0,50	610		40.2
0,25	740		27.4

ΙΧΕΙΙΣ	ΠΟΣΙΣΤΟΝ o/o
2:1	
3:1	

3. ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΑΜΜΟΥ (%):
(ASTM D 2419 651)

4. ΠΑΙΠΑΛΗ (%) :
(DIN 4226 1971)

5. ΚΕΝΑ ΑΕΡΟΣ (%) :

6. ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ ΒΑΡΟΣ :
(DIN 4226 1971)

7. ΑΠΟΛΥΤΟΝ ΒΑΡΟΣ :
(DIN 4226 1971)

ΥΠ. 12/02/150X100X1/7 - 90

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Ο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ

Τομέας:

Σκυρόδεμα παραχθέν την 6/3/1991

Μονάς: A2

Αρ. Δελτίου Αποστολής:

Ημερομηνία και τόπος δειγματοληψίας:

Πελάτης: ΜΑΝΤΑΛΑΝΑΣ

Εργοτάξιον: ΡΙΖΟΝΠΟΛΗ

ΤΣΙΜΕΝΤΟ

ΤΥΠΟΣ	ΠΟΙΟΤΗΣ	ΠΟΣΟΤΗΣ	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ	ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΝ
			<u>TITAN</u>	

ΑΔΡΑΝΗ

ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗΣ	ΤΥΠΟΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ								ΣΥΝΟΛΟΝ ΧΛΓ.
		0 - 4		4 - 8		8 - 16		16 - 31,5		
		%	ΧΛΓ.	%	ΧΛΓ.	%	ΧΛΓ.	%	ΧΛΓ.	
ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΔΡΑΝΩΝ										

Προσθετικά (Τύπος & Ποσότης):

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

ΥΔΡ ΛΙΤ/Μ³	W/Z	ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΣ	ΕΞΑΡΑΔΩΣΙΣ	ΚΑΘΙΣΙΣ	ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΕΩΣ	ΜΕΤΡΟΝ ΣΥΜΠΥΚΝ.	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ
			<u>45</u>		<u>ΔΟΝΗΤΙΚΗ ΤΡΑΓΕΖΑ</u>		<u>B225</u>

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

ΕΙΔ. ΒΑΡΟΣ = 2304 kg/M³

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ = 13 °C

ΚΕΝΑ = _____ %

ΟΓΚΟΣ = _____ LT

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΑΡΙΘ. ΔΟΚΙΜΙΟΥ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΒΑΡΟΣ ΧΛΓ.	ΕΙΔΙΚΟΝ ΒΑΡΟΣ ΧΛΓ/DM³	ΦΟΡΤΙΟΝ ΘΡΑΥΣΕΩΣ ΤΟ	ΗΛΙΚΙΑ ΔΟΚΙΜΙΩΝ	ΑΝΤΟΧΗ
<u>87</u>	<u>15x15</u>				<u>3ημ.</u>	<u>181</u>
					<u>7ημ.</u>	<u>204</u>
					<u>28ημ.</u>	<u>263</u>

Μέσος όρος

Ο Υπεύθυνος το Έργαστηριου

Ημερομηνία θραύσεως: 9/3-13/3-3/4

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ 1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ					
MIN	MAX	ΠΑΡΕΧΕ	OP10	OP10	ΠΕΡΝΑ
N	9	ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	N1	N2	ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ :
5	6	13	3	4	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΙΜΟΛΟΓΙΩΝ

MIN	MAX	ΠΑΡΕΧΕ	OP10	OP10	ΠΕΡΝΑ
N	9	ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	N1	N2	ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ :
5	6	11	3	4	ΝΑΙ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΙΝΑΚΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ

ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΤΟΧΕΣ ΤΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	OP10	OP10	OP10	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ :
15	2	3-7	5-8	5-9	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΙΜΟΛΟΓΙΩΝ

ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	OP10	OP10	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ :
15	2	6	5	ΝΑΙ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ 1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ					
MIN R	MAX S	ΠΛΗΘΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	ΟΡΙΟ N1	ΟΡΙΟ N2	ΠΕΡΝΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
6	6	12	3	4	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ					
MIN R	MAX S	ΠΛΗΘΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	ΟΡΙΟ N1	ΟΡΙΟ N2	ΠΕΡΝΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
6	8	11	3	4	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ N	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΟΡΙΟ 0.05	ΟΡΙΟ 0.01	ΟΡΙΟ 0.001	ΠΕΡΝΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
15	2	5-7	5-8	5-9	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ N	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΟΡΙΟ 0.032	ΟΡΙΟ 0.0567	ΠΕΡΝΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
15	2	6	5	ΝΑΙ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ 2η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΣΗΜΕΙΩΝ					
MIN	MAX	ΠΛΗΘΟΣ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
R	S	ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	N1	N2	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
7	8	11	3	4	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ					
MIN	MAX	ΠΛΗΘΟΣ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
R	S	ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ	N1	N2	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
6	8	11	3	4	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
15	2	5-7	5-8	5-9	ΝΑΙ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
15	2	6	5	ΝΑΙ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΕΛΕΓΧΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

ΕΛΕΓΧΟΙ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

1η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ Α

1. $\bar{x}$ - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
9	3	5	5	5	ΝΑΙ

2. R - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
9	2	5	5	5	ΝΑΙ

1. $\bar{x}$ - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
9	2	6	5	ΝΑΙ

2.R - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
9	2	6	5	ΝΑΙ

2η ΟΜΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

1. $\bar{x}$ - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
7	2	5	5	5	ΝΑΙ

2.R - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΣΗΜΕΙΩΝ					
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.05	0.01	0.001	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
7	3	5	5	5	ΝΑΙ

1. $\bar{x}$ - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
7	2	6	4	ΝΑΙ

2. R - ΔΕ

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΑΚΡΥΤΕΡΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ				
ΣΗΜΕΙΑ	ΜΑΚΡΥΤΕΡΗ	ΟΡΙΟ	ΟΡΙΟ	ΠΕΡΝΑ
N	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	0.032	0.0567	ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ;
7	3	6	4	ΝΑΙ

TABLE N1

Table for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives (Probability of an equal or smaller number of runs than that listed is $P = 0.005$)

x = runs on one side of average } x always taken as the smaller number of runs
 y = runs on other side of average } y the larger

X	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΜΕ

ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΘΕΩΡΙΑ

ΤΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

X	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														

TABLE N1

Table for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives (probability of an equal or smaller number of runs than that listed is $P = 0.005$)

s = cases on one side of average
 r = cases on other side of average
 }
 r always taken as the smaller number of cases;
 s the larger

$\begin{smallmatrix} r \\ \backslash s \end{smallmatrix}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	2														
7	2	3													
8	3	3	3												
9	3	3	3	4											
10	3	3	4	4	5										
11	3	4	4	5	5	5									
12	3	4	4	5	5	6	6								
13	3	4	5	5	5	6	6	7							
14	4	4	5	5	6	6	7	7	7						
15	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8					
16	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9				
17	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	9	10			
18	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11		
19	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	
20	4	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12

SOURCE: Freda S. Swed and C. Eisenhart, "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives," *Annals of Mathematical Statistics* 14 (1943), pp. 66-87.

TABLE N2

Table for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives (probability of an equal or smaller number of runs than that listed is $P = 0.05$)

s = cases on one side of average
 r = cases on other side of average
 }
 r always taken as the smaller number of cases;
 s the larger

$\begin{smallmatrix} r \\ \backslash s \end{smallmatrix}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	3														
7	4	4													
8	4	4	5												
9	4	5	5	6											
10	5	5	6	6	6										
11	5	5	6	6	7	7									
12	5	6	6	7	7	8	8								
13	5	6	6	7	8	8	9	9							
14	5	6	7	7	8	8	9	9	10						
15	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11					
16	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	11				
17	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12			
18	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13		
19	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	
20	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15

SOURCE: The same as that of Table N1

TABLE N3
Limiting Values for the Total Number of Runs above and below the Median of a Set of Values

Probability of an Equal or Smaller Value			Probability of an Equal or Smaller Value		
<i>r = s</i>	0.005	0.05	<i>r = s</i>	0.005	0.05
10	4	6	55	42	46
11	5	7	56	42	47
12	6	8	57	43	48
13	7	9	58	44	49
14	7	10	59	45	50
15	8	11			
16	9	11	60	46	51
17	10	12	61	47	52
18	10	13	62	48	53
19	11	14	63	49	54
			64	49	55
20	12	15	65	50	56
21	13	16	66	51	57
22	14	17	67	52	58
23	14	17	68	53	58
24	15	18	69	54	59
25	16	19			
26	17	20	70	55	60
27	18	21	71	56	61
28	18	22	72	57	62
29	19	23	73	57	63
			74	58	64
30	20	24	75	59	65
31	21	25	76	60	66
32	22	25	77	61	67
33	23	26	78	62	68
34	23	27	79	63	69
35	24	28			
36	25	29	80	64	70
37	26	30	81	65	71
38	27	31	82	66	71
39	28	32	83	66	72
			84	67	73
40	29	33	85	68	74
41	29	34	86	69	75
42	30	35	87	70	76
43	31	35	88	71	77
44	32	36	89	72	78
45	33	37			
46	34	38	90	73	79
47	35	39	91	74	80
48	35	40	92	75	81
49	36	41	93	75	82
			94	76	83
50	37	42	95	77	84
51	38	43	96	78	85
52	39	44	97	79	86
53	40	45	98	80	87
54	41	45	99	81	87
			100	82	88

SOURCE: The same as that of Table N1.

TABLE P
Limiting Values for Lengths of Runs
on Either Side of the Median of n
Cases (probability of getting at least
one run of specified size or more)

n	0.05	0.01	0.001
10	5	—	—
20	7	8	9
30	8	9	—
40	9	10	12
50	10	11	—

(Larger runs than these suggest ex-
istence of nonrandom influences.)
SOURCE: F. Mosteller, "Note on Application of
Runs to Quality Control Charts," *Annals of Mathe-
matical Statistics* 12 (1941), p. 232.

TABLE Q
Limiting Values for Lengths of Runs up and down in a Series of n Numbers*

Probability Equal to or Less than 0.0032			Probability Equal to or Less than 0.0567	
n	Run	Probability of an Equal or Greater Run	Run	Probability of an Equal or Greater Run
4	4	0.0028	4	0.0028
5	5	0.0004	4	0.0165
6	5	0.0028	4	0.0301
7	6	0.0004	4	0.0435
8	6	0.0007	4	0.0567
9	6	0.0011	5	0.0099
10	6	0.0014	5	0.0122
11	6	0.0018	5	0.0146
12	6	0.0021	5	0.0169
13	6	0.0025	5	0.0193
14	6	0.0028	5	0.0216
15	6	0.0032	5	0.0239
20	7	0.0006	5	0.0355
40	7	0.0015	6	0.0118
60	7	0.0023	6	0.0186
80	7	0.0032	6	0.0254
100	8	0.0005	6	0.0322
200	8	0.0010	7	0.0085
500	8	0.0024	7	0.0215
1,000	9	0.0005	7	0.0428
5,000	9	0.0025	8	0.0245

* Probabilities based on approximation of exact distribution by the Poisson exponential. See P. Olmstead, "Distribu-
tion of Sample Arrangement for Runs Up and Down," *Annals of Mathematical Statistics* 17 (1946), p. 29.

TABLE M
Factors Useful in the Construction of Control Charts

Number of Observations in Sample, n	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations				Chart for Ranges							
	Factors for Control Limits			Central Line	Control Limits			Factors for Central Line		Factors for Control Limits					
	A	A ₂	A ₃		B ₃	B ₄	B ₅	B _n	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2.121	1.880	2.659	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267	
3	1.732	1.023	1.954	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575	
4	1.500	0.729	1.628	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282	
5	1.342	0.577	1.427	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115	
6	1.225	0.483	1.287	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004	
7	1.134	0.419	1.182	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924	
8	1.061	0.373	1.099	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864	
9	1.000	0.337	1.032	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816	
10	0.949	0.308	0.975	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777	
11	0.905	0.285	0.927	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744	
12	0.866	0.266	0.886	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716	
13	0.832	0.249	0.850	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692	
14	0.802	0.235	0.817	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671	
15	0.775	0.223	0.789	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652	
16	0.750	0.212	0.763	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636	
17	0.728	0.203	0.739	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621	
18	0.707	0.194	0.718	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608	
19	0.688	0.187	0.698	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596	
20	0.671	0.180	0.680	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586	
21	0.655	0.173	0.663	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575	
22	0.640	0.167	0.647	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566	
23	0.626	0.162	0.633	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557	
24	0.612	0.157	0.619	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548	
25	0.600	0.153	0.606	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541	
Over 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	.....	*	**	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

$$* 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

$$** 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

TABLE M (concluded)

Chart	Central Line	3σ Control Limits
$\bar{X}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \pm A_3\bar{s}$ $\bar{\bar{X}} \pm A_2\bar{R}$ $\bar{\bar{X}}'' \pm A\sigma''$
R	$\bar{R}$ $d_2\sigma''$	$D_3\bar{R}$ and $D_4\bar{R}$ $D_1\sigma''$ and $D_2\sigma''$
s	$\bar{s}$ $c_4\sigma''$	$B_3\bar{s}$ and $B_4\bar{s}$ $B_5\sigma''$ and $B_6\sigma''$

Definitions: $A = 3/\sqrt{n}$, $A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$, $A_3 = 3/(c_4\sqrt{n})$, $B_3 = 1 - \frac{K}{c_4}$, $B_4 = 1 + \frac{K}{c_4}$,

$$B_5 = c_4 - 3\sqrt{1 - c_4^2}, B_6 = c_4 + 3\sqrt{1 - c_4^2}, D_1 = d_2 - 3d_3, D_2 = d_2 + 3d_3,$$

$$D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2}, \text{ and } D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}, \text{ where}$$

$$c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1} \left[\frac{\Gamma(n/2)}{\Gamma[(n-1)/2]} \right]}, \text{ and } K = 3\sqrt{1 - c_4^2}$$

Note that d_2 and d_3 are the same as mean w and σ_w' appearing in Table D and have the same original source.

Warning: The fourth significant figures for D_1 , D_2 , D_3 , and D_4 are in doubt for n greater than 5.

SOURCE: A , A_2 , B_3 , B_4 , d_2 , $1/d_2$, d_3 , and $D_1 - D_4$ reproduced with permission from Table B2 of the A.S.T.M. Manual on Quality Control of Materials, p. 115. The quantities A_3 , B_5 , B_6 , and c_4 reproduced with permission from ASQC Standard A1, Table 1. For nonnormal variations, see Irving W. Burr, "The Effect of Non-Normality on Constants for $\bar{X}$ and R Charts," Industrial Quality Control, May 1967, pp. 563-69.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Duncan, Acherson J., Ph.D., " Quality Control and Industrial Statistics ", 5nd Ed., Irwin, illinois 1986.
2. Μηλολιδάκη Κ., " Εισαγωγή στη Στατιστική. Σημειώσεις παραδόσεων ", Πολ. Κρήτης, Χανιά 1988.
3. Μηλολιδάκη Κ., " Έλεγχος ποιότητας. Σημειώσεις παραδόσεων ", Πολ. Κρήτης, Χανιά 1988.
4. ΦΕΚ 266/Β/9.5.85, " Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ".
5. Σχέδιο Τεχνολογίας Σκυροδέματος, " Αιτιολογική Έκθεση ".
6. Χρ. Μ. Οικονόμου, " Τεχνολογία του Σκυροδέματος ", Εκδόσεις Βιβλιοοικονομική, Αθήνα 1978.
7. A. M. Neville, " Properties of Concrete ", Sir Isaac Pitman & Sons LTD, London 1963.
8. ASTM Commitee E-11, " Quality Control of Materials ", American Society for Testing and Materials, Baltimore USA, January 1951.

