ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑ: ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Αναπληρωτής Καθηγητής Σ. ΚΟΛΙΑΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΣΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΜΙΓΜΑΤΑ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΤΟΥ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ

Δρόλια Κρινιώ-Μαρία

Φεραδούρου Αφροδίτη

Αθήνα, Ιούλιος 2003

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Αναπληρωτής Καθηγητής Σ. ΚΟΛΙΑΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΣΕ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΑ ΜΕ ΤΣΙΜΕΝΤΟ ΜΙΓΜΑΤΑ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΕΝΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΤΟΥ ΑΜΜΟΧΑΛΙΚΟΥ

Δρόλια Κρινιώ-Μαρία

Φεραδούρου Αφροδίτη

Αθήνα, Ιούλιος 2003

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους κ.κ. Καραχάλιο Τάσο, Ζόμπολο Κώστα, Κατσάκου Μάρθα, Κυρκιλή Πέπη που μας βοήθησαν στο εργαστηριακό μέρος αυτής της διπλωματικής εργασίας. Η βοήθεια τους υπήρξε σημαντική. Ιδιαίτερα ευχαριστήρια απευθύνουμε στον καθηγητή μας κ. Στ. Κόλια ο οποίος μας πρότεινε ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα το οποίο για πρώτη φορά εξετάζεται και κατεύθυνε την εργασία μας με εξαιρετική υπομονή. Τέλος επιθυμούμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στην ένωση τσιμεντοβιομηχανίας Ελλάδος.

Δρόλια Μαρία

Φεραδούρου Αφροδίτη

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή 10
1.1. Ορισμός οδοστρώματος 10
1.2. Είδη οδοστρωμάτων 10
1.2.1. Εύκαμπτα οδοστρώματα 11
1.2.2. Διαστασιολόγηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων 13
1.2.3. Δύσκαμπτα οδοστρώματα 14
1.3. Μέθοδοι υπολογισμού των οδοστρωμάτων 15
1.3.1. Εμπειρικές μέθοδοι 15
1.3.2. Αναλυτικές μέθοδοι 15
1.4. Συντήρηση και ενίσχυση οδοστρωμάτων 17
1.5 Συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων 19
2. Επιπόνηση οδοστρωμάτων 21
2.1. Εισαγωγή 21
2.2. Επιπόνηση οδοστρώματος από τις διελεύσεις οχημάτων 21
2.3. Φόρτιση οδοστρώματος 22
3. Ανακύκλωση 25
3.1. Γενικά 25
3.2. Το έργο και οι στόχοι της ανακύκλωσης των οδοστρωμάτων 25
3.3. Είδη ανακύκλωσης οδοστρωμάτων 26
3.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της επιτόπου εν ψυχρώ ανακύκλωσης οδοστρωμάτων 29
3.5. Μηχανικός εξοπλισμός ανακύκλωσης 30
3.6. Διαδικασία ανακύκλωσης 32
3.7. Ποιοτικός έλεγχος ανακυκλωμένης στρώσης 33
4 Ανακύκλωση με τσιμέντο 34
4.1. Γενικά 34
4.2. Πλεονεκτήματα της επιτόπου ανακύκλωσης με τσιμέντο 34
4.3. Σύγκριση της ανακύκλωσης με τσιμέντο και της ανακύκλωσης με ασφαλτικό γαλάκτωμα ή με αφρώδη άσφαλτο 35
4.4. Σύγκριση της ανακύκλωσης με τσιμέντο και της εν θερμώ ανακύκλωσης 36
4.5. Πεδίο εφαρμογής της εν ψυχρώ, επιτόπου ανακύκλωσης οδοστρωμάτων με τσιμέντο 36
4.6. Μηχανικά χαρακτηριστικά ανακυκλωμένου με τσιμέντο υλικού 37
5. Ερπυσμός 38
5.1. Η ρεολογική συμπεριφορά των υλικών 38

5.2. Ερπυσμός σκυροδέματος ... 40
5.2.1. Γενικά ... 40
5.2.2. Μηχανισμός εκδηλώσεως ερπυσμού ... 41
5.2.3. Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης ... 43
5.2.4. Ερπυσμός σκυροδέματος και κατασκευές ... 46
5.2.5. Ερπυσμός και προένταση ... 47
5.3. Ερπυσμός ασφάλτου και παραμένουσα παραμόρφωση ... 47
5.3.1. Εισαγωγή ... 47
5.3.2. Μέτρο δυσκαμψίας ασφαλτομίγματος ... 48
5.3.3. Δοκιμή ερπυσμού με στατικό φορτίο ... 49
5.3.4. Δοκιμή ερπυσμού με επαναλαμβανόμενο φορτίο ... 50
5.3.5. Παράγοντες που επιδρούν στην παραμένουσα παραμόρφωση ... 50
6. Υλικά, παρασκευή και συντήρηση δοκιμίων ... 51
6.1. Σκοπός ... 51
6.2. Υλικά ... 51
6.3. Δειγματοληψία ... 51
6.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση υλικών ... 51
6.5. Περιγραφή – παρασκευή μιγμάτων ... 58
6.6. Παρασκευή-συμπύκνωση δοκιμίων ... 59
6.7. Συντήρηση δοκιμίων ... 60
7. Δοκιμές ... 61
7.1. Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης ... 61
7.2. Δοκιμές ερπυσμού ... 61
7.3. Δοκιμή συστολής ξήρανσης ... 65
8. Παρουσίαση αποτελεσμάτων ... 66
9. Σχόλια αποτελεσμάτων ... 69
10. Συμπεράσματα ... 110
11. Συστάσεις για περαιτέρω έρευνα ... 111
12. Βιβλιογραφία ... 112
13. Παράρτημα ... 114

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 6-1. Χαρακτηριστικά μιγμάτων. 59
Πίνακας 8-1. Πίνακας αντοχών μιγμάτων 100/0 66
Πίνακας 8-2. Πίνακας αντοχών μιγμάτων 75/25 67
Πίνακας 8-3. Πίνακας αντοχών μιγμάτων 50/50 67
Πίνακας 8-4. Πίνακας αντοχών μιγμάτων 25/75 68
Πίνακας 8-5. Πίνακας αντοχών μιγμάτων 0/100 68

Λίστα Σχημάτων

Σχήμα 1-1, Τυπικές κατασκευαστικές τομές οδοστρωμάτων 11

Σχήμα 1-2, Στάδια υπολογισμού ευκάμπτου οδοστρώματος σε κόπωση της ασφαλτικής στρώσης [18].....16

Σχήμα 1-3, Επίδραση συντήρησης και αποκατάστασης οδοστρώματος στο επίπεδο εξυπηρέτησης και στη διάρκεια ζωής αυτού [18] 19

Σχήμα 2-1, Εξασκούμενη πίεση επί της επιφάνειας του οδοστρώματος [7] 22

Σχήμα 2-2, Μεταβολή των αναπτυσσόμενων σε τυχαίο σημείο τάσεων κατά την διάρκεια διέλευσης φορτίου [18].....23

Σχήμα 3-1, Ανακύκλωση οδοστρώματος με παχιά και λεπτή ασφαλτική στρώση.....28

Σχήμα 3-2, Τύμπανο άλεσης [10].....32

Σχήμα 4-1, Σχηματική διάταξη της μεθόδου και απαιτούμενα μηχανήματα για την ψυχρή ανακύκλωση με τσιμέντο [10].....35

Σχήμα 5-1,Σχήμα ερπυσμού [12] 38

Σχήμα 5-2, Σχήμα χαλάρωσης [12].....39

Σχήμα 5-3, Εξέλιξη του ερπυσμού και της συστολής ξήρανσης με το χρόνο [5] 40

Σχήμα 5-4, Σχηματική μεταβολή της συστολής ή διαστολής του σκυροδέματος με το χρόνο [5] 44

Σχήμα 5-5, Παράγοντες που επηρεάζουν τον ερπυσμό και την συστολή ξήρανσης .46

Σχήμα 5-6, Σχηματική παράσταση ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς ασφαλτομίγματος [3].....48

Σχήμα 6-1, Διαγράμματα κοκκομετρικής ανάλυσης θραυστών αδρανών (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι).....53

Σχήμα 6-2, Διαγράμματα κοκκομετρικής ανάλυσης φρεζαρισμένων αδρανών.....54

Σχήμα 6-3, Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης μίγματος θραυστών αδρανών (μίγμα I-100/0) 55

Σχήμα 6-4, Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης μίγματος φρεζαρισμένων αδρανών (μίγμα V-0/100) 56

Σχήμα 6-5, Διάγραμμα κοκκομετρικής. ανάλυσης μιγμάτων II (75/25), III (50/50), IV (25/75) 57

Σχήμα 7-1, Όψη και κάτοψη κυλινδρικού δοκιμίου στο οποίο έχουν επικολληθεί τα απαιτούμενα μεταλλικά τεμάχια (πούλιες) 63

Σχήμα 9-1, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-1 ημέρας-22 ^{0}C.....70

Σχήμα 9-2, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-1 ημέρας-22 ^{0}C.....70

Σχήμα 9-3, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-1 ημέρας-21 ^{0}C.....71

Σχήμα 9-4, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-1 ημέρας-20 ^{0}C.....71

Σχήμα 9-5, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-1 ημέρας-21 ^{0}C.....72

Σχήμα 9-6, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-1 ημέρας-23 ^{0}C 72

Σχήμα 9-7, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C 75

Σχήμα 9-8, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C 75
Σχήμα 9-9, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C 76
Σχήμα 9-10, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C 76
Σχήμα 9-11, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C (1) 77
Σχήμα 9-12, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C (2).....77
Σχήμα 9-13, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-35 ημερών-23 ^{0}C 78
Σχήμα 9-14, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 80
Σχήμα 9-15, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 80
Σχήμα 9-16, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 81
Σχήμα 9-17, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 81
Σχήμα 9-18, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 82
Σχήμα 9-19, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C 82
Σχήμα 9-20, Ερπυσμός 100/0-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 84
Σχήμα 9-21, Ερπυσμός 75/25-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 84
Σχήμα 9-22, Ερπυσμός 50/50-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 85
Σχήμα 9-23, Ερπυσμός 25/75-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 85
Σχήμα 9-24, Ερπυσμός 0/100-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 86
Σχήμα 9-25, Σύγκριση Μ.Ο.-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C 86
Σχήμα 9-26, Σύγκριση Μ.Ο. DEMEC-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C.....87
Σχήμα 9-27, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 100/0 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C 89
Σχήμα 9-28, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 75/25 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C 89
Σχήμα 9-29, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 50/50 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C 90
Σχήμα 9-30, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 25/75 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C 90
Σχήμα 9-31, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 0/100 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C 91
Σχήμα 9-32, Ειδικός ερπυσμός 100/0-DEMEC-1 ημέρας-23 ^{0}C 93
Σχήμα 9-33, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C 94
Σχήμα 9-34, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C 95
Σχήμα 9-35, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C 96
Σχήμα 9-36, Ειδικός ερπυσμός 0/100 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C 97
Σχήμα 9-37, Ειδικός ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερών-23 ^{0}C.....98
Σχήμα 9-38, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C 99
Σχήμα 9-39, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C 100

Σχήμα 9-40, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C 101

Σχήμα 9-41, Ειδικός ερπυσμός 100/0 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C 102

Σχήμα 9-42, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C 103

Σχήμα 9-43, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C 104

Σχήμα 9-44, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C 105

Σχήμα 9-45, Ειδικός ερπυσμός 0/100 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C 106

Σχήμα 9-46, Σύγκριση αντοχής μιγμάτων σε συνάρτηση με την θερμοκρασία .108

Σχήμα 9-47, Σύγκριση αντοχών σε συνάρτηση με τα ποσοστά φρεζαρισμένου υλικού με βάση την ηλικία και την θερμοκρασία 108

Σχήμα 9-48, Μεταβολή του μέτρου ελαστικότητος σε συνάρτηση του ποσοστού φρεζαρισμένου υλικού στα διάφορα πειράματα.....109

Σχήμα 9-49, Μεταβολή των ερπυστικών παραμορφώσεων σε συνάρτηση του ποσοστού του φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και του χρόνου φόρτισης. 109

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 3-1 Τυπικό μηχάνημα φρεζαρίσματος [10]..... 31

Εικόνα 6-1, Τοποθέτηση και ανάμιξη των υλικών στον αναμικτήρα 58

Εικόνα 7-1, Πρέσες δοκιμής μονοαξονικής θλίψης 61

Εικόνα 7-2, Πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε στη δοκιμή ερπυσμού. 62

Εικόνα 7-3, Πλαίσιο δοκιμής ερπυσμού με τα υπό εξέταση δοκίμια.....64

Εικόνα 7-4, Δοκίμιο κατά την προεργασία του για την συσκευή M.T.S. 64

Εικόνα 7-5, Δοκίμιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την δοκιμή συστολής ξήρανσης, όργανο DEMEC και όργανο μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας 65

Εικόνα 9-1, Αστοχία δοκιμίου λόγω απόμιξης υλικού 74

Εικόνα 9-2, Διατμητική αστοχία δοκιμίου 79

1. Εισαγωγή

1.1. Ορισμός οδοστρώματος

Η αδυναμία του φυσικού εδάφους να παραλάβει τα φορτία των οχημάτων, χωρίς να υποστεί σημαντικές παραμορφώσεις, που κατά κύριο λόγο θα το καταστήσουν επικίνδυνο και κατά δεύτερο θα μειώσουν την άνεση στην κυκλοφορία των οχημάτων, επιβάλει την κατασκευή μιας ή περισσοτέρων διαδοχικών στρώσεων, αποτελούμενων από υλικό ανώτερης ποιότητας πάνω από αυτό. Το σύνολο των επαλλήλων στρώσεων, που είναι τοποθετημένες πάνω από το φυσικό έδαφος για τη δημιουργία της οδού, αποτελούν το οδόστρωμα.

Ουσιαστικά η κατασκευή του οδοστρώματος αποσκοπεί σε τρεις σκοπούς. Πρώτον στο να μεταφέρει τις καταπονήσεις και τα φορτία που δέχεται στο φυσικό έδαφος, χωρίς αυτό να αστοχήσει, δεύτερο να εξασφαλίσει μια ομαλή επιφάνεια στην οποία θα μπορούν τα οχήματα να κυκλοφορούν με άνεση και ασφάλεια και τρίτον να προστατεύει το φυσικό έδαφος από τις καιρικές επιδράσεις (βροχή, παγετός). Ωστόσο ο κύριος σκοπός κατασκευής ενός οδοστρώματος, είναι η ομοιόμορφη διανομή των πιέσεων των ελαστικών των οχημάτων, έτσι ώστε η επιπόνηση του εδάφους θεμελίωσης να μην υπερβαίνει τη φυσική αντοχή του.

1.2. Είδη οδοστρωμάτων

Τα οδοστρώματα έχει καθιερωθεί να διακρίνονται σε δυο είδη, τα εύκαμπτα (ασφαλτικά) και το δύσκαμπτο (σκυρόδεμα), αν και σήμερα η διάκριση αυτή, με τη σημαντική αύξηση της χρησιμοποιήσεως στρώσεων από σταθεροποιημένα ή κατεργασμένα με υδραυλικές κονίες υλικά, δεν είναι πάντοτε σαφής. Η περίπτωση των ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων αποτελεί ενδιάμεση κατηγορία, που συνδυάζει τα τεχνικά χαρακτηριστικά και των δύο παραπάνω κατηγοριών, αλλά έχει και το δικά της ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Στο Σχήμα 1.1 φαίνονται οι τυπικές κατασκευαστικές διατομές για κάθε μια κατηγορία οδοστρωμάτων [18].

Σχήμα 1-1, Τυπικές κατασκευαστικές τομές οδοστρωμάτων

1.2.1. Εύκαμπτα οδοστρώματα

Κατασκευαστικά το εύκαμπτο οδόστρωμα διακρίνεται σε τρεις ομάδες στρώσεων, τις επιφανειακές ασφαλτικές στρώσεις, τη βάση και την υπόβαση. Η ανώτερη ασφαλτική στρώση αποτελεί τη στρώση κυκλοφορίας των οχημάτων. Κάτω από την ασφαλτική επίστρωση είναι η βάση που αποτελείται από ασύνδετο συμπυκνωμένο αμμοχάλικο που μπορεί να είναι κατεργασμένο με υδραυλικές κονίες (περίπτωση των ημιάκαμπτων οδοστρωμάτων). Τελευταία στρώση είναι η υπόβαση που κατασκευάζεται από συμπυκνωμένο ασύνδετο αμμοχάλικο ή από κατεργασμένο με υδραυλικές κονίες. Ορισμένες φορές λόγω ύπαρξης πολύ ασθενούς υπεδάφους, κατασκευάζεται και εξυγιαντική στρώση μεταξύ υποβάσεως και υπεδάφους.

1.2.1.1. Στρώση έδρασης ή υπέδαφος

Το υπέδαφος–στρώση έδρασης είναι το διαμορφωμένο και συμπυκνωμένο έδαφος πάνω από το οποίο θα κατασκευαστεί το οδόστρωμα. Το βάθος στο οποίο εκτείνεται συνήθως είναι 600 χιλιοστά, προκειμένου να εξασφαλιστεί επαρκή συμπύκνωση μέχρι αυτό το βάθος, πράγμα που απαιτείται από τις προδιαγραφές. Η επιφάνεια του υπεδάφους ταυτίζεται με την επιφάνεια του φυσικού εδάφους στις περιπτώσεις που δε χρειάζεται καμιά διαμόρφωση το υπάρχον έδαφος.

Η φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους είναι καθοριστικής σημασίας, δεδομένου ότι από αυτήν εξαρτώνται άμεσα τα πάχη των υπερκείμενων στρώσεων. Είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων όπως, του μεγέθους των κόκκων και της συνεκτικότητας, της φυσικής υγρασίας και του βαθμού συμπύκνωσης του εδάφους ή του εδαφικού υλικού που χρησιμοποιείται. Η πλέον γνωστή έκφραση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους είναι ο Καλιφορνιακός δείκτης (CBR) που χρησιμοποιείται σε όλες τις εμπειρικές ή ημιεμπειρικές μεθοδολογίες διαστασιολόγησης εύκαμπτων οδοστρωμάτων.

1.2.1.2. Εξυγιαντική στρώση

Η εξυγιαντική στρώση κατασκευάζεται μεταξύ υπόβασης και υπεδάφους, με σκοπό να εξυγιάνει και να βελτιώσει τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους, στην περίπτωση

που αυτό είναι πολύ ασθενές. Η στρώση αυτή κατασκευάζεται συνήθως από κοκκώδη εδαφικά υλικά χωρίς την απομάκρυνση του ασθενούς εδαφικού υλικού.

Απομάκρυνση του πολύ ασθενούς εδαφικού υλικού και αντικατάσταση αυτού με καλύτερης ποιότητας υλικό συνιστάται μόνο όταν το υπέδαφος είναι πολύ φτωχής ποιότητας. Στις περιπτώσεις αυτές το πάχος της στρώσης πρέπει να είναι συνήθως μεταξύ 500 και 1000 χιλιοστών. Ωστόσο, ο καθορισμός του πάχους της στρώσης γίνεται από τον εκάστοτε μελετητή χωρίς την ύπαρξη κάποιων προτύπων.

Πολλές φορές, η εξυγίανση του υπεδάφους επιτυγχάνεται και με σταθεροποίηση συνήθως με τσιμέντο ή ασβέστη. Η προσθήκη και ανάμιξη των συνδετικών υλικών και του νερού γίνεται επί του έργου, αφού προηγουμένως το εδαφικό υλικό κονιορτοποιηθεί με ειδικά μηχανήματα. Ακολουθεί η συμπύκνωση σε στρώσεις, μέγιστου συμπυκνωμένου πάχους 250 χιλιοστά. Ο βαθμός συμπύκνωσης είναι τόσος ώστε, στην προκαθορισμένη υγρασία του υλικού, να επιτευχθεί η μέγιστη δυνατή συμπύκνωση

1.2.1.3. Υπόβαση

Η υπόβαση συνήθως κατασκευάζεται από επιλεγμένα κοκκώδη εδαφικά υλικά (αμμοχάλικα) ή εδαφικά υλικά σταθεροποιημένα με συνδετικό υλικό το τσιμέντο (κυρίως) ή τον ασβέστη. Το πάχος της επιλέγεται με κριτήριο τη μη ανάπτυξη υψηλών θλιπτικών και διατμητικών τάσεων στο υπέδαφος, ικανών να προκαλέσουν αισθητές παραμορφώσεις. Ωστόσο, η τιμή του προκύπτει από την διαστασιολόγηση. Η υπόβαση παραλείπεται και κατασκευάζεται μόνο η βάση από τα ασύνδετα αδρανή, στην περίπτωση που το υπέδαφος είναι αρκετά καλό.

Η υπόβαση τοποθετείται πάνω στο έδαφος ή την εξυγιαντική στρώση και έχει σαν στόχο να:

- μεταβιβάζει τα φορτία στο υπέδαφος
- προστατεύει τα υλικά της βάσης από "μόλυνση" αυτών με εδαφικά υλικά (άργιλο, ιλύ, οργανικά υλικά κτλ)
- εξασφαλίζει την άνετη κυκλοφορία των εργοταξιακών οχημάτων
- δρα ως αντιπαγετική προστατευτική στρώση στην περίπτωση που το έδαφος είναι παγοπληκτικό (χαμηλές θερμοκρασίες)
- μπορεί να λειτουργήσει και ως στρώση αποστράγγισης των υδάτων που πιθανόν να διαπεράσουν τις υπερκείμενες στρώσεις προστατεύοντας το υπέδαφος. Αυτό μπορεί να συμβεί αν οι υπερκείμενες στρώσεις είναι μικρού πάχους ή οι ασφαλτικές στρώσεις είναι ανοιχτού τύπου.

Στην περίπτωση που η υπόβαση λειτουργεί ως στραγγιστική στρώση είναι συχνά απαραίτητη η χρήση υγρομονωτικής μεμβράνης στη διεπιφάνεια με το υπέδαφος. Ο ρόλος της μεμβράνης είναι καθαρά προστατευτικός και στεγανωτικός.

1.2.1.4. Βάση

Η βάση κατασκευάζεται μεταξύ του υπεδάφους και των επιφανειακών ασφαλτικών στρώσεων και αποτελεί βασική δομική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος. Κατασκευάζεται από συμπυκνωμένο θραυστό ή συλλεκτό αμμοχάλικο ορισμένης διαβάθμισης (εύκαμπτα οδοστρώματα) ή αμμοχάλικο κατεργασμένο με τσιμέντο (ημιάκαμπτα οδοστρώματα). Τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της βάσης (θραυστά) είναι πάντα καλύτερης ποιότητας από αυτά, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή της υπόβασης. Τα θραυστά αδρανή μπορεί να είναι από πετρώματα ή φυσικές αποθέσεις ή σκωρίες ή υλικά που προέρχονται από

ανακύκλωση οδοστρωμάτων, αντικείμενο που αφορά και τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, με την προϋπόθεση ότι πληρούν τις απαιτήσεις των προδιαγραφών.

Η βάση έχει σαν στόχο να:

- παραλαμβάνει και να κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις
- παρέχει στο οδόστρωμα την απαιτούμενη δυσκαμψία και να μειώνει τον κίνδυνο αστοχίας των ασφαλτικών στρώσεων από κόπωση
- μειώνει τις κάθετες θλιπτικές τάσεις που εξασκούνται στο υπέδαφος (και δια μέσου της υπόβασης, αν υπάρχει) σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορούν να παραληφθούν από την φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και να μην προκαλούν ανεπίτρεπτα μεγάλες παραμορφώσεις

Τέλος, οι στρώσεις της βάσης από ασύνδετα ή σταθεροποιημένα αδρανή συμβάλλουν στην αποτελεσματικότερη συμπύκνωση και τοποθέτηση των υπερκείμενων ασφαλτικών στρώσεων .

1.2.1.5. Επιφανειακές στρώσεις

Οι επιφανειακές στρώσεις συνίστανται από τον τάπητα κυκλοφορίας, τη συνδετική στρώση και την ασφαλτική βάση.

Ο τάπητας κυκλοφορίας, είναι η ασφαλτική στρώση που έρχεται σε άμεση επαφή με τους τροχούς των οχημάτων και πρέπει να παρέχει άριστη και ασφαλή επιφάνεια κύλισης. Γι' αυτό το λόγο πρέπει η στρώση αυτή να είναι ανθεκτική στην δράση της κυκλοφορίας και των καιρικών συνθηκών και να μην παραμορφώνεται. Οφείλει να παρέχει καλή αντιολισθηρή επιφάνεια κύλισης είτε από μόνη της είτε με την προσθήκη προεπαλειμμένων αδρανών ή αντιολισθηρού λεπτοτάπητα slurry seal ή ασφαλτικών επαλείψεων ή άλλης επιφανειακής επεξεργασίας. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να έχει καλή επιπεδότητα για υψηλή ποιότητα και ασφάλεια οδήγησης, συνεισφέροντας στην αντοχή του οδοστρώματος, και να παρέχει επιφάνεια κύλισης με χαμηλό επίπεδο θορύβου.

Η συνδετική στρώση είναι μια ενδιάμεση στρώση μεταξύ τάπητα κυκλοφορίας και ασφαλτικής βάσης και κατασκευάζεται με σκοπό να παρέχει μια καλή επίπεδη επιφάνεια επί της οποίας θα διαστρωθεί ο τάπητας κυκλοφορίας. Συνδετική στρώση απαιτείται μόνο όταν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι πορώδης και η ασφαλτική βάση μέσης ή ανοιχτής υφής. Ωστόσο, στις περιπτώσεις που η ύπαρξη της είναι απαραίτητη θα πρέπει να μην παραμορφώνεται, να είναι σχεδόν αδιαπέρατη από το νερό να μην ρηγματώνεται εύκολα.

Η ασφαλτική βάση είναι η ανώτερη και σημαντικότερη στρώση της βάσης των οδοστρωμάτων. Ουσιαστικά παραλαμβάνει και κατανέμει τα φορτία της κυκλοφορίας στις υποκείμενες στρώσεις και προσδίδει στο οδόστρωμα δυσκαμψία και αντοχή σε κόπωση. Η ασφαλτική βάση θα πρέπει να έχει μεγάλη δυσκαμψία, υψηλή αντοχή σε κόπωση και μην παραμορφώνεται εύκολα. Τέλος, είναι απαραίτητο να μην επηρεάζεται από την καταστρεπτική δράση του νερού και να έχει μικρή διαπερατότητα προστατεύοντας τις υποκείμενες στρώσεις, ιδίως όταν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι ανοιχτού τύπου

1.2.2. Διαστασιολόγηση εύκαμπτων οδοστρωμάτων

Με την διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων επιδιώκεται ο καθορισμός του πάχους κάθε στρώσης, ο οποίος εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος και την συχνότητα του

επιβαλλόμενου φορτίου (κυκλοφορικός φόρτος), τα μηχανικά χαρακτηριστικά της κάθε στρώσης, τη φέρουσα ικανότητα του υπεδάφους και τις κλιματολογικές συνθήκες (κυρίως θερμοκρασία και υγρασία). Επίσης, θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως: το κόστος, η κατασκευή, η συντήρηση και η διάρκεια ζωής. Κατά συνέπεια ο σχεδιασμός ενός οδοστρώματος αποτελεί τεχνοοικονομική διαδικασία αρκετά πολύπλοκη.

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα χρησιμοποιείται κυρίως η θεωρία των πολλαπλών επάλληλων ελαστικών στρώσεων εδραζόμενων επί ελαστικού εδαφικού ημίχωρου (Burmister).

Το μοντέλο του Burmister ορίζεται πλήρως αν είναι γνωστό το μέτρο ελαστικότητας, ο λόγος του Poisson και το πάχος της κάθε στρώσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι στρώσεις θεωρούμε ότι έχουν άπειρες διαστάσεις κατά την οριζόντια έννοια, αλλά δεδομένο πάχος. Το πρότυπο μπορεί να απλοποιηθεί σε σύστημα τριών στρώσεων αν τα υλικά της βάσης και της υπόβασης δεν διαφέρουν κατά πολύ ποιοτικά (π.χ. αν χρησιμοποιηθούν αμμοχάλικα) οπότε οι στρώσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν σαν μία στρώση. Όταν η βάση κατασκευάζεται από αμμοχάλικο κατεργασμένο με άσφαλτο τότε η στρώση κυκλοφορίας και η βάση μπορούν να θεωρηθούν ενιαίες και να απλοποιηθεί το πρότυπο σε σύστημα τριών στρώσεων. Μεγαλύτερη απλοποίηση θα μπορούσε να γίνει αν όλα τα μη κατεργασμένα υλικά της βάσης και της υποβάσεως θεωρηθούν ότι αποτελούν μέρος της στρώσης του εδάφους οπότε προκύπτει σύστημα δύο στρώσεων.

Το σύστημα των επάλληλων στρώσεων που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των τάσεων και παραμορφώσεων βασίζεται στην παραδοχή ότι τα υλικά είναι ελαστικά ομογενή και ισότροπα. Στην πραγματικότητα καμία από αυτές τις παραδοχές δεν είναι απολύτως αληθής. Έχει όμως αποδειχθεί πειραματικά ότι, υπό τις δυναμικές συνθήκες φόρτισης των οδοστρωμάτων, από τα αυτοκίνητα που κυκλοφορούν, τα υλικά συμπεριφέρονται με αρκετή προσέγγιση σαν ελαστικά στρώματα.

Ένα εύκαμπτο οδόστρωμα θεωρείται ότι αστόχησε όταν παρατηρηθούν ρωγμές στην ασφαλτική στρώση, ή όταν παραμορφωθεί η επιφάνεια κύλισης. Ο λόγος που ρηγματώνεται ένα εύκαμπτο οδόστρωμα είναι συνήθως η υπέρβαση της αντοχής σε κόπωση από κάμψη της ασφαλτικής βάσης.

Τα κρίσιμα μεγέθη που θα πρέπει να εξεταστούν κατά τον υπολογισμό ενός εύκαμπτου οδοστρώματος είναι η οριζόντια ανηγμένη εφελκυστική παραμόρφωση, που εμφανίζεται στον πυθμένα της ασφαλτικής στρώσης και καθορίζει την αστοχία της ασφαλτικής στρώσης σε κόπωση από κάμψη και η κατακόρυφη ανηγμένη παραμόρφωση, που εμφανίζεται στην επιφάνεια της στρώσης έδρασης και καθορίζει την αστοχία του οδοστρώματος από υπερβολική παραμόρφωση.

1.2.3. Δύσκαμπτα οδοστρώματα

Στα δύσκαμπτα οδοστρώματα λόγω της μεγάλης ακαμψίας που διαθέτουν, οι τοπικές καθιζήσεις, που πιθανόν να εμφανιστούν κάτω από αυτά, δεν ανακλώνται στην επιφάνεια κύλισης. Τα οδοστρώματα αυτά δεν έχουν ανάγκη από μεγάλο αριθμό στρώσεων γιατί το σκυρόδεμα, που αποτελεί την κύρια και πολλές φορές μοναδική στρώση του οδοστρώματος, είναι υλικό με συγκριτικά μεγάλο μέτρο ελαστικότητας και με σημαντική αντοχή σε κάμψη. Ανάλογα με την κατασκευή της πλάκας του σκυροδέματος και με τον τύπο του οπλισμού που διαθέτει χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η κατασκευή άοπλου οδοστρώματος είναι απλούστερη και σε απόλυτες τιμές κόστους φθηνότερη, με βασικό μειονέκτημα τη συχνή εμφάνιση εγκάρσιων αρμών (μείωση άνεσης κατά την οδήγηση, πιθανότητα

κατασκευαστικών αστοχιών και διαφορικών καθιζήσεων). Το μειονέκτημα αυτό περιορίζεται με τη χρήση του σιδηρού οπλισμού.

Στην Ελλάδα η χρήση των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων έχει περιορισμένη εφαρμογή σε ειδικές περιπτώσεις όπως, σε δάπεδα στάθμευσης αεροσκαφών (υψηλά στατικά φορτία), σταθμούς διοδίων και σε μικρούς δρόμους σε ανωφέρειες όπου δεν είναι δυνατό να διαστρωθεί θερμό ασφαλτόμιγμα ή ακριτικές περιοχές όπου δεν υπάρχουν συγκροτήματα παραγωγής ασφαλτομίγματος.

1.3. *Μέθοδοι υπολογισμού των οδοστρωμάτων*

Οι μέθοδοι οι οποίες μας βοηθούν στο να καθορίσουμε ένα οδόστρωμα διακρίνονται σε:

1. Εμπειρικές ή ημιεμπειρικές
2. Αναλυτικές ή θεωρητικές

1.3.1. Εμπειρικές μέθοδοι

Στις εμπειρικές μέθοδοι κατατάσσονται οι περισσότερες εθνικές μέθοδοι καθορισμού του πάχους που προδιαγράφονται από εθνικούς κανονισμούς ή προδιαγραφές. Ο υπολογισμός αυτός γίνεται με χρήση πινάκων και διαγραμμάτων που έχουν συνταχθεί με τη βοήθεια της πείρας, από κατασκευές που ήδη έχουν γίνει στην εκάστοτε χώρα και λαμβάνουν υπ' όψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κλίματος, των υλικών, καθώς και την κυκλοφορία της χώρας αυτής. Στις μεθόδους αυτές προδιαγράφονται και ορισμένες εργαστηριακές ή επιτόπου δοκιμές του εδάφους και των υλικών οδοστρωσίας.

Η πιο γνωστή απ' αυτές τις μεθόδους είναι η μέθοδος CBR η οποία μετά από τροποποιήσεις έχει βρει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Μια ακόμα γνωστή μέθοδος είναι η μέθοδος AASHTO που προήλθε από την ανάλυση μεγάλου οδικού πειράματος που έλαβε χώρα από το 1956 έως και το 1960 στις Ηνωμένες Πολιτείες

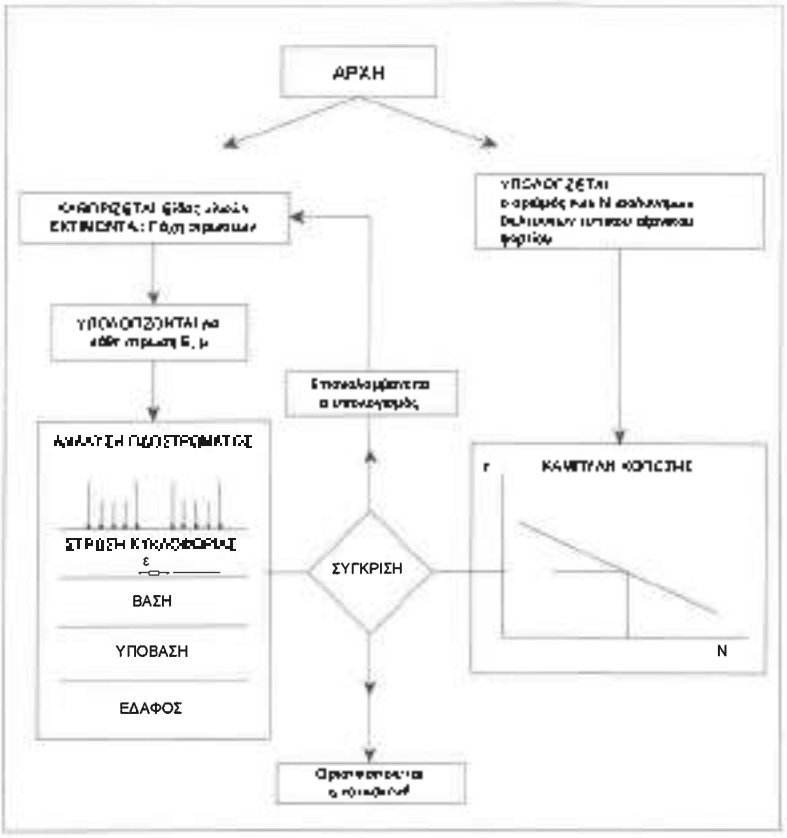
Το μειονέκτημα των εμπειρικών μεθόδων είναι ότι η χρήση τους περιορίζεται στις περιπτώσεις όπου οι κλιματολογικές συνθήκες, η κυκλοφορία και τα υλικά είναι ίδια με αυτά που ελήφθησαν υπόψη κατά την ανάπτυξη της μεθόδου. Έτσι με το δεδομένο ότι οι παραπάνω παράγοντες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, αλλά και από περιοχή σε περιοχή της ίδιας χώρας, θεωρείται παρακινδυνευμένο να χρησιμοποιηθούν, αν δεν υπάρχουν τρόποι αξιολόγησης των τοπικών διαφορών και των συνεπειών που θα έχουν στη διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων.

1.3.2. Αναλυτικές μέθοδοι

Οι αναλυτικές μέθοδοι ακολουθούν μια συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία περιγράφεται από τα παρακάτω βήματα.

1. Γίνεται η εκλογή ενός στατικού μοντέλου το οποίο αντιπροσωπεύει το σύστημα οδόστρωμα-έδαφος. Εδώ μπορεί να γίνει αποδεκτή και κάποια αιπολογημένη απλούστευση της κατασκευής.
2. Καθορίζονται οι φορτίσεις και γενικότερα οι επιπονήσεις.
3. Επιλέγονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε στρώση και γίνεται μια πρώτη εκτίμηση του πάχους της κάθε μιας.

4. Καθορίζονται οι ιδιότητες των υλικών υπό τις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος και φορτίσεων.
5. Υπολογίζονται οι αναπτυσσόμενες τάσεις και παραμορφώσεις σε ορισμένα κρίσιμα σημεία. Για παράδειγμα, στα εύκαμπτα οδοστρώματα κρίσιμα σημεία και εντασιακά μεγέθη είναι οι οριζόντιες εφελκυστικές τάσεις στον πυθμένα της ασφαλτικής στρώσης, καθώς και οι κατακόρυφες τάσεις στην στρώση έδρασης.
6. Συγκρίνονται οι υπολογισμένες τάσεις και παραμορφώσεις με τις αντίστοιχες επιτρεπόμενες τιμές για κάθε στρώση και υλικό.
7. Αν οι τιμές που υπολογίστηκαν είναι μικρότερες ή ίσες με τις επιτρεπόμενες, τότε η κατασκευή είναι αποδεκτή άλλως επαναλαμβάνονται τα στάδια υπολογισμού από το (3)-(7) με αυξημένα πάχη ορισμένων στρώσεων ή βελτιωμένα μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών.



Σχήμα 1-2. Στάδια υπολογισμού ευκάμπτου οδοστρώματος σε κόπωση της ασφαλτικής στρώσης [18]

Ας αναλύσουμε σύντομα πως εκλέγεται το στατικό μοντέλο και τις παραδοχές που μπορούμε να κάνουμε ώστε να διευκολυνθούμε στον υπολογισμό του οδοστρώματος. Ένα τυπικό εύκαμπτο οδόστρωμα αποτελείται από τρεις στρώσεις όπως προαναφέραμε. Η κατασκευή αυτή αποτυπώνεται ως τρεις επάλληλες στρώσεις πεπερασμένου πάχους με άπειρες διαστάσεις κατά την οριζόντια έννοια, που εδράζονται σε μία στρώση απείρου πάχους και απεριόριστες οριζόντιες διαστάσεις. Έτσι προκύπτει ένα σύστημα τεσσάρων στρώσεων. Αν όμως τα υλικά της βάσης και της υπόβασης είναι παρόμοια ή αν το αμμοχάλικο της βάσης είναι

κατεργασμένο με άσφαλτο τότε μπορούμε να θεωρήσουμε ότι βάση και υπόβαση στην πρώτη περίπτωση ή βάση και ασφαλτική στρώση στη δεύτερη, αποτελούν μία στρώση. άρα έχουμε σύστημα τριών στρώσεων. Ακόμα αν το οδόστρωμα που μελετάμε είναι εύκαμπτο τότε μπορούμε να θεωρήσουμε τις βάση, υπόβαση και στρώση έδρασης ως μία στρώση με σημαντική μείωση της ακρίβειας των υπολογισμών. Συνεπώς η τελευταία απλούστευση δεν συστήνεται. Αντίθετα συστήνεται το σύστημα των τριών στρώσεων για τα εύκαμπτα καθώς και των τεσσάρων για τα ημιάκαμπτα.

Καθώς τα υλικά των στρώσεων θεωρούνται κατά τους υπολογισμούς ελαστικά, ομογενή και ισότροπα το στατικό μοντέλο μπορεί πλέον να ορισθεί εφόσον μας δοθούν τα πάχη των στρώσεων, το μέτρο ελαστικότητας **E** και ο λόγος του Poisson (μ).

1.4. Συντήρηση και ενίσχυση οδοστρωμάτων

Κάθε νέο οδόστρωμα από τη στιγμή που δίνεται στην κυκλοφορία αρχίζει να υπόκειται την καταστροφική επίδραση διαφόρων εξωτερικών παραγόντων όπως κυκλοφοριακός φόρτος, συνθήκες περιβάλλοντος, χρήστες, υπέδαφος κλπ. Παράλληλα, από την ίδια στιγμή αρχίζει και μία εσωτερική σταδιακή επιδείνωση της ποιότητας του οδοστρώματος η οποία οφείλεται κυρίως στη γήρανση και κόπωση των υλικών που το συνθέτουν. Οι παραπάνω παράγοντες σε συνδυασμό με την αξιοπιστία της μελέτης και την ποιότητα κατασκευής είναι οι μοναδικές αιτίες για την εμφάνιση, αργά ή γρήγορα, των επιφανειακών φθορών, των σημείων κόπωσης και την αποσύνθεση

Από την άλλη πλευρά κάθε νέο οδόστρωμα, στη γενική του έννοια, θα πρέπει να εκλαμβάνεται σαν μία επένδυση και κοινωνική παροχή. Ο διαχειριστής του κεφαλαίου που επενδύθηκε για την κατασκευή του οδοστρώματος, δηλαδή το κράτος, έχει την ευθύνη να το διατηρήσει αλλά και να το διαχειριστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποδώσει κέρδος. Το κέρδος αυτό είναι άμεσο (μείωση του χρόνου και του κόστους μετακίνησης, μείωση των ατυχημάτων, μείωση του κόστους συντήρησης των οχημάτων κτλ.) και έμμεσο (κοινωνικό όφελος, όπως άνετη και ασφαλής μετακίνηση του κοινωνικού συνόλου για τις κοινωνικές και εμπορικές του δραστηριότητες).

Η διατήρηση της κατάστασης του οδοστρώματος σε ανεκτό επίπεδο γίνεται μόνο με τη συστηματική συντήρηση και αποκατάσταση αυτού. Σαν συντήρηση ορίζεται το σύνολο των εργασιών για τη διατήρηση, κάτω από κανονικές συνθήκες φόρτισης και περιβάλλοντος, της κατάστασης του οδοστρώματος όσο το δυνατόν πλησιέστερα της αρχικής κατάστασης κατά την κατασκευή. Στο σύνολο των εργασιών περιλαμβάνεται: αποκατάσταση επιφανειακών φθορών, πλήρωση ρωγμών, αποκατάσταση αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας, καθορισμός της επιφάνειας, αναζωογόνηση διαγραμμίσεων και απομάκρυνση ξένων σωμάτων από το οδόστρωμα (φερτά υλικά, χιόνι κτλ.).

Η αποκατάσταση του οδοστρώματος είναι το σύνολο των εργασιών που απαιτούνται για την πλήρη αποκατάσταση των ποιοτικών συνθηκών του οδοστρώματος και ενίσχυσή του για ουσιαστική αύξηση της διάρκειας ζωής του. Στο σύνολο των εργασιών περιλαμβάνονται κατασκευή πρόσθετης ασφαλτικής στρώσης μεταβλητού πάχους, όλες οι προεργασίες για την κατασκευή αυτής της στρώσης καθώς και όλες οι μετά την κατασκευή εργασίες (διαγράμμιση κλπ.).

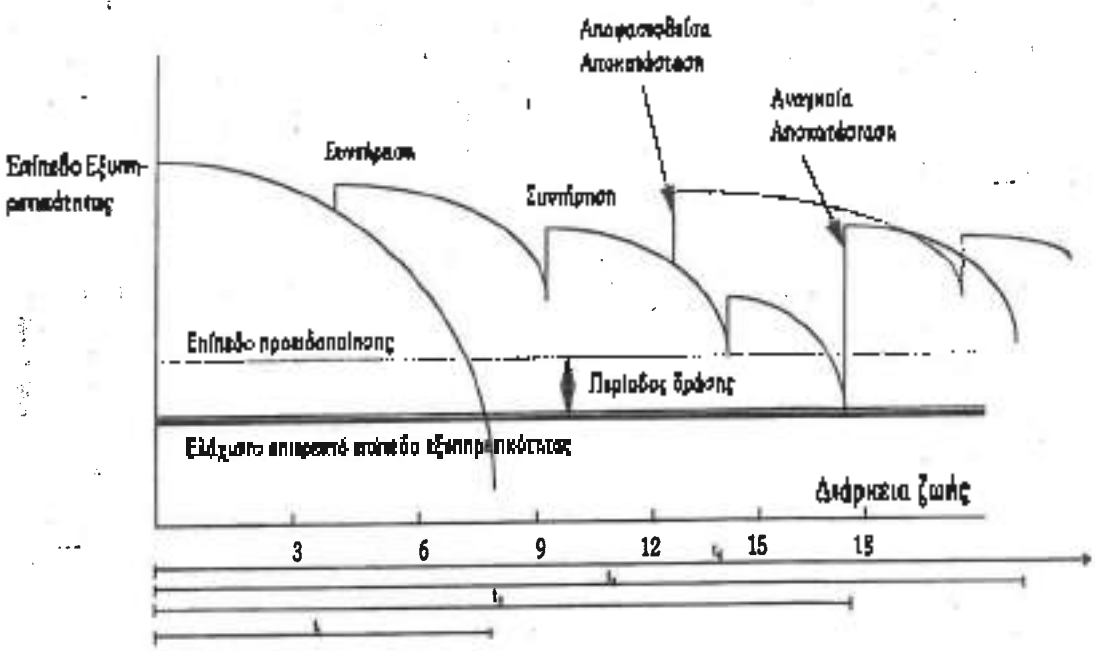
Δομικές αστοχίες σε εύκαμπτα οδοστρώματα οφείλονται σε κόπωση της επιφάνειας, στερεοποίηση ή διάτμηση, που αναπτύσσονται στο έδαφος, την υπόβαση, τη βάση ή

την επιφανειακή στρώση. Όλες οι φθορές που εμφανίζονται στα εύκαμπτα οδοστρώματα μπορούν να ταξινομηθούν σε, ρηγματώσεις, παραμορφώσεις, αποσαθρώσεις και λείανση της επιφάνειας κύλισης. Οι μορφές των ρηγματώσεων της επιφάνειας του οδοστρώματος ποικίλλουν και οφείλονται σε διάφορες αιτίες. Σε πολλές περιπτώσεις η έγκαιρη απλή πλήρωση της ρωγμής ή των ρωγμών είναι η σωστότερη και αποτελεσματικότερη συντήρηση. Οι διάφορες μορφές ρηγματώσεων είναι οι ρωγμές τύπου αλιγατορα, οι ρωγμές στα άκρα του οδοστρώματος, μεταξύ λωρίδων διάστρωσης ή διαπλάτυνσης, ρωγμές από ανάκλαση, από συστολή τάπητων, ελικοειδείς ρωγμές και ρωγμές στην τροχιά των τροχών.

Οι παραμορφώσεις ή στρεβλώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος είναι σε γενικές γραμμές οι φθορές εκείνες που χαρακτηρίζουν το οδόστρωμα ως μη επίπεδο. Οι παραμορφώσεις της επιφάνειας του οδοστρώματος μπορεί να οφείλονται στην ελαστοπλαστική συμπεριφορά της ασφάλτου και κατ' επέκταση του ασφαλτομίγματος, ή και στη χαμηλή ευστάθεια των ασφαλτομιγμάτων ή και στη μη καλά συμπύκνωση όλων των στρώσεων, αναλόγως. Οι διάφορες μορφές παραμορφώσεων είναι οι αυλακώσεις στις τροχιές των τροχών, οι ρυτιδώσεις (κυματισμοί), οι τοπικές καθιζήσεις ή διογκώσεις και οι τοπικές καθιζήσεις σε τομές οδοστρώματος.

Η αποσάθρωση είναι η θρυμμάτιση του οδοστρώματος σε μικρά ασύνδετα κομμάτια. Σ' αυτό περιλαμβάνεται και η απόσταση αδρανών από την επιφάνεια του οδοστρώματος. Εάν η αποσάθρωση δεν συντηρηθεί έγκαιρα είναι σίγουρο ότι θα οδηγήσει σε κατάσταση που θα απαιτείται πλήρη ανακατασκευή της οδού. Οι κυριότερες μορφές αποσάθρωσης είναι οι λακκούβες και η αποκόλληση των αδρανών.

Τέλος, η λεία επιφάνεια είναι μια φθορά του οδοστρώματος η οποία, σε αντίθεση με τους άλλους τύπους φθορών, δεν επιδρά στην επιδείνωση της δομικής κατάστασης του οδοστρώματος αλλά στο επίπεδο εξυπηρέτησης αυτού και είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ολισθηρότητα της επιφάνειας. Η ολισθηρότητα συνδέεται άμεσα με τα τροχαία ατυχήματα. Έτσι λοιπόν θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην άμεση αποκατάσταση της αντιολισθηρής ικανότητας της επιφάνειας.



Σχήμα 1-3, Επίδραση συντήρησης και αποκατάστασης οδοστρώματος στο επίπεδο εξυπηρέτησης και στη διάρκεια ζωής αυτού [18]

1.5. Συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων

Η αναγκαιότητα συστήματος διαχείρισης των οδοστρωμάτων γίνεται επιτακτική από τους παρακάτω παράγοντες

- ραγδαία ανάπτυξη του οδικού δικτύου, η γήρανση αυτού και η ανάγκη διατήρησης του σε ένα επίπεδο λειτουργικότητας,
- ανάπτυξη νέων μεθόδων και υλικών για την συντήρηση των οδοστρωμάτων,
- απαίτηση γενικότερα για εξοικονόμηση ενέργειας στα τεχνικά έργα,
- επαναχρησιμοποίηση υλικών οδοστρωμάτων με μεθόδους ανακύκλωσης,
- αύξηση του κόστους συντήρησης,
- συνειδητοποίηση ότι οι κοινωνικές δραστηριότητες και το περιβάλλον επηρεάζονται άμεσα από την κατάσταση του οδοστρώματος,
- ανάπτυξη μηχανημάτων προηγμένης τεχνολογίας για την αντικειμενική καταγραφή της κατάστασης του οδοστρώματος,
- και η συνειδητοποίηση της εφαρμογής μεθόδων διαχείρισης και στην οδοποιία.

Ένα σύστημα διαχείρισης οδοστρωμάτων περιλαμβάνει μια κεντρική βάση δεδομένων και τέσσερα βασικά στάδια.

Τα συστήματα διαχείρισης οδοστρωμάτων χαρακτηρίζονται από τα βασικά επίπεδα αναφοράς τους: το επίπεδο δικτύου (όλο το οδικό δίκτυο μιας χώρας) και το επίπεδο έργου (τμήματα του οδικού δικτύου).

Σκοπός ενός συστήματος διαχείρισης θα πρέπει να είναι η μεγιστοποίηση των καθαρών οικονομικών ωφελειών σε σχέση με του οικονομικούς περιορισμούς που επιβάλλονται, με:

- την κατάλληλη διαχείριση του διαθέσιμου κεφαλαίου,
- τον προγραμματισμό των έργων βελτίωσης σύμφωνα με το διαθέσιμο κεφάλαιο,
- τον καθορισμό των επιδράσεων των διαφόρων εναλλακτικών τρόπων συντήρησης/βελτίωσης του δικτύου στο κόστος του ιδιοκτήτη (το δημόσιο) και στο κόστος του χρήστη,
- τον καθορισμό στην επίδραση στο κόστος του χρήστη της ενδεχόμενης καλής ή μη καλής ποιότητας κατασκευής και
- την αντικειμενική επιλογή/αξιολόγηση της προσφορότερης εναλλακτικής λύσης, βασισμένη καθαρά στη σύγκριση του κόστους και του οφέλους

Για να υπάρχουν τεχνικά οφέλη απαιτείται:

- να συνίσταται από μια εκτεταμένη και πλήρη βάση (τράπεζα) πληροφοριών – δεδομένων, η οποία θα ενημερώνεται συνεχώς,
- να αναμορφώνεται από τη εμπειρία του παρελθόντος και τις τεχνολογικές εξελίξεις του παρόντος, βελτιώνοντας τις τεχνικές συντήρησης και κατασκευής και αποφεύγοντας τα ίδια λάθη,
- να επιλέγει την καταλληλότερη μέθοδο συντήρησης/βελτίωσης,
- να εμπεριέχει αξιόπιστα μοντέλα πρόβλεψης της συμπεριφοράς του οδοστρώματος και αξιόπιστα μοντέλα εκτίμησης του κόστους/όφελους και ακόμα,
- να δημιουργεί ή να εμπεριέχει κριτήρια με ουσιαστική σημασία που θα βοηθούν στη λήψη αποφάσεων, όπως: επιθυμητό επίπεδο κατάστασης οδοστρώματος, επίπεδο προειδοποίησης και επίπεδο επέμβασης.

Επίσης ως στόχο του συστήματος διαχείρισης θα πρέπει να αποτελέσουν ορισμένα οργανωτικά οφέλη με:

- το να είναι σε θέση να καθορίζει ορθολογιστικά την κατάσταση του οδικού δικτύου σε εθνικό επίπεδο,
- να σχεδιάζει και να προγραμματίζει τις δραστηριότητες συντήρησης τόσο του παρόντος όσο και του μέλλοντος,
- να χρησιμοποιεί την πλέον αποτελεσματική και αποδοτική μεθοδολογία συστηματικής παρακολούθησης της κατάστασης του οδοστρώματος,
- να προβλέπει τα επακόλουθα που θα προκύπτουν από διαφορετικά μεγέθη χρηματοδότησης και
- να παρέχει μια αντικειμενική βάση για πολιτικές αποφάσεις.

Για να αποφασιστούν οι κατάλληλες ενέργειες-επεμβάσεις, για την αποκατάσταση ενός οδοστρώματος, θα πρέπει να οριστεί ένα σύνολο από οριακές τιμές παρέμβασης (επίπεδα παρέμβασης), ανάλογα με τα στοιχεία που έχουν συλλεγεί.

2. Επιπόνηση οδοστρωμάτων

2.1. Εισαγωγή

Κατά τη φάση της κυκλοφορίας μιας οδού, αναπτύσσονται στα διάφορα μέρη του οδοστρώματος φαινόμενα φθοράς, τα οποία οδηγούν το οδόστρωμα σε μία φθίνουσα πορεία, τόσο από πλευράς λειτουργικών χαρακτηριστικών, όσο και από πλευράς μηχανικής συμπεριφοράς.

Η πορεία αυτή, η εξέλιξη δηλαδή της δομικής και λειτουργικής κατάστασης του οδοστρώματος μέσα στο χρόνο ονομάζεται συχνά συμπεριφορά του οδοστρώματος (pavement performance). Πρόκειται για μια έννοια που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό το γεγονός ότι μεταβάλλεται συνεχώς συναρτήσει του χρόνου.

Η εμφάνιση ενός φαινομένου φθοράς είναι αποτέλεσμα μιας εντατικής κατάστασης, τοπικού ή καθολικού χαρακτήρα, όπου ορισμένα μεγέθη (τάσεις, παραμορφώσεις) έχουν υπερβεί τα αντίστοιχα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια που καθορίζονται από την ποιότητα των υλικών κατασκευής. Η υπέρβαση αυτή δημιουργεί σε, συνδυασμό και με άλλους παράγοντες, προϋποθέσεις εμφάνισης βλαβών, είτε στην επιφάνεια, είτε στο σώμα του οδοστρώματος.

Η φθορά συνεπώς, οφείλεται αφενός στα φορτία των οχημάτων και αφετέρου σε άλλους παράγοντες, όπως τα κλιματολογικά φαινόμενα, οι συνθήκες αποστράγγισης και τα γεωμετρικά δεδομένα κάθε συγκεκριμένου προβλήματος. Είναι φανερό ότι, μεταξύ των συντελεστών φθοράς των οδοστρωμάτων, τα φορτία κυκλοφορίας έχουν όχι μόνο τον κυρίαρχο ρόλο αλλά και μία καθοριστική συνεισφορά, υπό την έννοια ότι οι υπόλοιποι συντελεστές δεν είναι σε θέση, από μόνοι τους, να προκαλέσουν βλάβες και αστοχίες σημαντικού μεγέθους.

2.2. Επιπόνηση οδοστρώματος από τις διελεύσεις οχημάτων

Σε αντίθεση με τις περισσότερες κατασκευές του πολιτικού μηχανικού που δέχονται ως επί το πλείστον στατικά φορτία, τα οδοστρώματα καταπονούνται κυρίως από επαναλαμβανόμενες φορτίσεις. Οι κυριότεροι παράγοντες που μας απασχολούν στον υπολογισμό του οδοστρώματος είναι τα φορτία των τροχών των οχημάτων που το χρησιμοποιούν καθώς και η συχνότητα που το εκάστοτε φορτίο περνάει από την τυχαία διατομή που εξετάζουμε. Ιδιαίτερη σημασία έχουν: το μέγεθος του φορτίου, η απόσταση των τροχών και αξόνων των οχημάτων (πιθανή αλληλεπίδραση φορτίων άρα μεγαλύτερη καταπόνηση), οι δίδυμοι τροχοί που συναντώνται στα μεγάλα φορτηγά, η πίεση των ελαστικών. Ακόμα επειδή η κυκλοφορία συντίθεται από πολλούς διαφορετικούς τύπους οχημάτων (ΙΧ, φορτηγά ελαφρά ή βαριά που μπορεί να είναι διαξονικά ή πολυαξονικά, αγροτικά μηχανήματα κ.α.), χρησιμοποιούμε κάποιους συντελεστές για να ανάγουμε τα φορτία από κάθε όχημα σε ένα τυπικό φορτίο δική μας επιλογής π.χ 8 τόνοι ή 13 τόνοι. Οι συντελεστές αυτοί ονομάζονται συντελεστές ισοδυναμίας και δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$W=(P/P_0)^3$$

Όπου:

- P τυχαίο φορτίο
- P_1 τυπικό φορτίο
- a εκθέτης που για εύκαμπτα οδοστρώματα λαμβάνει την τιμή 4 και για τα ημιάκαμπτα και δύσκαμπτα τιμές από 8-12.
- W ο συντελεστής ισοδυναμίας για το φορτίο P

Από τον τύπο αυτόν φαίνεται πως τα μικρά οχήματα επηρεάζουν ελάχιστα την κατάσταση του οδοστρώματος, ενώ τα μεγάλα φορτηγά επιφέρουν μεγάλες φθορές

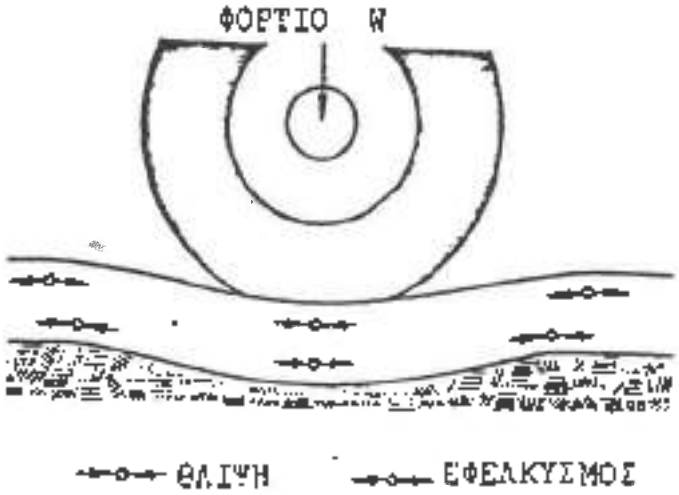
2.3. *Φόρτιση οδοστρώματος*

Η φόρτιση που μεταφέρεται από το ελαστικό στο οδόστρωμα θεωρείται φορτίο ομοιόμορφα κατανεμημένο σε κυκλική επιφάνεια και σε μέγεθος ίσο με την εσωτερική πίεση του αεροθαλάμου του ελαστικού.

Έτσι αν. R η ακτίνα του κύκλου, P το φορτίο του τροχού και p η εσωτερική πίεση του ελαστικού (πίεση που κυμαίνεται μεταξύ 0,5 και 0,8 MPa για συνήθη οχήματα) τότε έχουμε:

$$p=P/(\pi R^2) \text{ άρα } R=(P/\pi p)^{1/2}$$

Έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η παραδοχή αυτή είναι αρκετά ικανοποιητική για τις περιπτώσεις των συνηθισμένων οχημάτων αλλά όχι για τις περιπτώσεις φορτίσεως των αεροπλάνων, όπου η επιφάνεια επαφής θεωρείται ελλειπτική ή αποτελούμενη από δυο ημικύκλια συνδεόμενα μεταξύ τους με ένα ορθογώνιο. Επειδή πολλά από τα φορτηγά αυτοκίνητα έχουν σε κάθε άξονα δυο ζεύγη τροχών (δίδυμοι τροχοί) συχνά ο υπολογισμός γίνεται με την παραδοχή δυο κυκλικών επιφανειών με ομοιόμορφη φόρτιση.

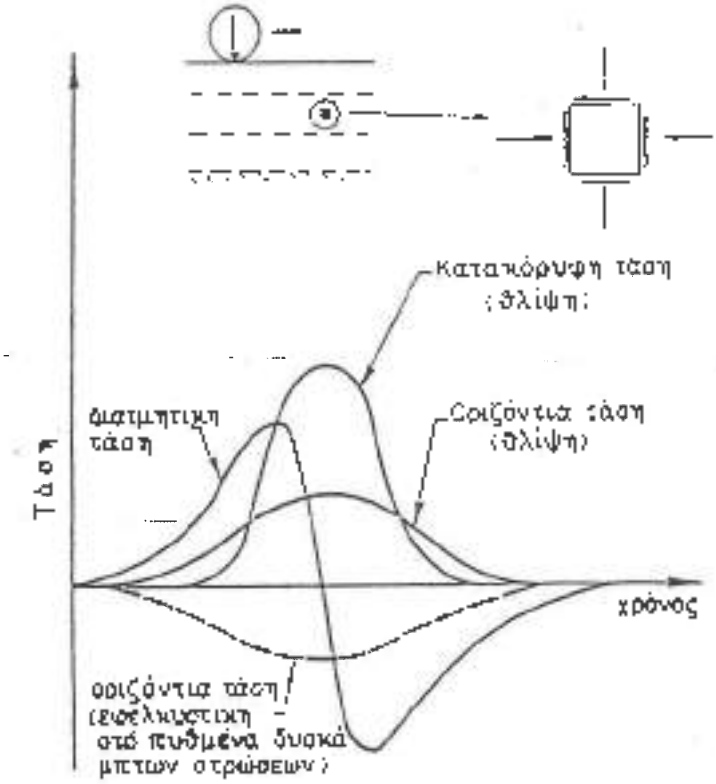


Σχήμα 2-1, Εξασκούμενη πίεση επί της επιφάνειας του οδοστρώματος [7]

Η καταπόνηση αυτή από τους τροχούς είναι καμπτικής φύσεως και προκαλεί, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, εφελκυστικές και θλιπτικές τάσεις εντός της στρώσης. Οι τιμές των τάσεων αυτών εξαρτώνται από το πάχος και την ακαμψία κάθε στρώσης και υπάρχουν για κάθε υλικό συγκεκριμένες ανώτατες τιμές τάσεων οι

οποίες είναι επικίνδυνο να ξεπεραστούν καθώς θα προκαλέσουν μερική ή ολική αστοχία. Είναι λοιπόν απαραίτητο να είναι γνωστή η συμπεριφορά των υλικών που θα χρησιμοποιήσουμε, σε επαναλαμβανόμενη φόρτιση μικρότερου μεγέθους από αυτό το οποίο θα τους προκαλούσε αστοχία σε συνθήκες στατικής φορτίσεως. Η συμπεριφορά αυτή είναι γνωστή ως συμπεριφορά σε κόπωση.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεταβολή των τάσεων, οριζοντίων και κατακόρυφων που αναπτύσσονται σε τυχαίο σημείο του οδοστρώματος κατά τη διάρκεια διέλευσης φορτίου από την περιοχή του σημείου αυτού.



Σχήμα 2-2, Μεταβολή των αναπτυσσόμενων σε τυχαίο σημείο τάσεων κατά την διάρκεια διέλευσης φορτίου [18]

Παρατηρείται ότι οι οριζόντιες και κατακόρυφες τάσεις μεταβάλλονται με παρόμοιο τρόπο αν και διαφέρουν ως προς το μέγεθος και ως προς το ότι στις οριζόντιες τάσεις το κύμα φορτίσεως είναι μεγαλύτερο. Οι δύσκαμπτες στρώσεις δέχονται εφελκυστικές τάσεις στο κατώτερο τμήμα τους. Ακόμα βλέπουμε ότι η διατμητική τάση αλλάζει πρόσημο εκατέρωθεν του σημείου που μελετάμε (βλ. σχήμα 2-2).

Το ιδεώδες θα ήταν να ερευνώνται οι ιδιότητες των υλικών επί τόπου όπου υφίσταται ο συνδυασμός της επιβολής των τάσεων αυτών ή σε ομοίωμα οδοστρωμάτων σε πραγματική κλίμακα. Τέτοιες έρευνες έχουν γίνει αρκετές αλλά προσκρούουν σε σημαντικά προβλήματα κόστους. Έχουν επίσης αναπτυχθεί και δυναμικές μέθοδοι ή δονητικές μέθοδοι, οι οποίες υπό ορισμένες προϋποθέσεις δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι εργαστηριακές δοκιμές παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα από την άποψη κόστους, ταχύτητα αποδόσεως αποτελεσμάτων, ακρίβειας ελέγχου των συνθηκών επιπονήσεως και ακρίβειας μετρήσεων, αλλά έχουν το σημαντικό μειονέκτημα ότι δεν είναι εύκολο να αποδοθούν στο εργαστήριο οι πραγματικές συνθήκες επιπονήσεως.

Οι κυριότερες πληροφορίες που χρειάζονται για την μελέτη των οδοστρωμάτων είναι η συμπεριφορά των υλικών υπό μορφή σχέσεως τάσεως παραμορφώσεως και οι συνθήκες αστοχίας του υλικού από επαναλαμβανόμενη φόρτιση.[18]

3. Ανακύκλωση

3.1. Γενικά

Η ανακύκλωση είναι η μετατροπή ενός φθαρμένου και ανομοιογενούς οδοστρώματος σε μία ομοιογενή κατασκευή, η οποία συνίσταται από την επαναχρησιμοποίηση των υλικών του παλιού οδοστρώματος, υπό μορφή σταθεροποιημένων υλικών για την κατασκευή μίας νέας και ανθεκτικής στρώσης ενός καινούριου οδοστρώματος. Στο υλικό που προκύπτει από την αποσύνθεση του παλιού οδοστρώματος προστίθεται ένα συνδετικό υλικό (τσιμέντο ή και γαλάκτωμα ή αφρώδης άσφαλτος), νερό (για την ενυδάτωση, ανάμιξη και συμπύκνωση), πιθανόν αδρανή ή άλλα λεπτά υλικά (για τη διόρθωση της κοκκομετρικής καμπύλης του παλιού υλικού) και ενίοτε κάποιο χημικό πρόσθετο, με δοσολογία η οποία προσδιορίζεται μέσω δοκιμών στο εργαστήριο. Δημιουργείται λοιπόν ένα ομοιογενές μίγμα, το οποίο διαστρώνεται, συμπυκνώνεται και συντηρείται κατάλληλα, αποτελώντας τη βάση ή μια στρώση ενός νέου οδοστρώματος με μεγαλύτερη δομική αντοχή.

Η ιδέα της ανακύκλωσης προήλθε από τα προβλήματα που αντιμετωπίζει κάθε υπηρεσία που ασχολείται με έργα οδοποιίας, όπως: τη μείωση των διαθέσιμων κονδυλίων, την προμήθεια πρώτων υλών (αδρανή και άσφαλτο), την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Μια σημαντική βοήθεια στην παραπάνω προσπάθεια προσφέρεται από την επαναχρησιμοποίηση ή την ανακύκλωση των υλικών των παλαιών οδοστρωμάτων, όπως ασφαλτόμιγμα, σκυρόδεμα ή αδρανή υλικά στρώσεων χωρίς συνδετικό υλικό. Η ανακύκλωση μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στις ασφαλτικές στρώσεις όσο και στις στρώσεις από ασύνδετα αδρανή, όπως επίσης στα ημιάκαμπτα οδοστρώματα και υπό ορισμένες προϋποθέσεις και στα δύσκαμπτα οδοστρώματα.

3.2. Το έργο και οι στόχοι της ανακύκλωσης των οδοστρωμάτων

Με την ανακύκλωση των οδοστρωμάτων επέρχεται προστασία και εξοικονόμηση των αποθεμάτων σε αδρανή, άσφαλτο και ενέργεια, προστασία του περιβάλλοντος και μείωση του κόστους κατασκευής.

- Προστασία και εξοικονόμηση των αποθεμάτων σε αδρανή, άσφαλτο και ενέργεια

Η προστασία των αποθεμάτων των πετρωμάτων κατάλληλα για έργα οδοποιίας και ειδικότερα των πετρωμάτων αρίστης ποιότητας σκληρά αδρανή, είναι πολύ σοβαρός παράγοντας ιδιαίτερα σε χώρες που δεν διαθέτουν πολλά φυσικά αποθέματα. Από την άλλη μεριά, δηλαδή σε χώρες όπου υπάρχει περίσσεια αδρανών, η συνεχής ζήτηση έχει ως αποτέλεσμα την απαίτηση για εκμετάλλευση νέων, περισσότερων φυσικών αποθεμάτων γεγονός που έχει σημαντικές περιβαλλοντικές συνέπειες. Με την επαναχρησιμοποίηση των αδρανών μειώνεται η ζήτηση για νέα αδρανή, ενώ ταυτόχρονα επιβραδύνεται η απαίτηση δημιουργίας νέων λατομείων, που δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση.

- Προστασία του περιβάλλοντος

Η ανακύκλωση των οδοστρωμάτων συμβάλλει άμεσα στη διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος διότι, πρώτον, όπως αναφέρθηκε, επιβραδύνεται η ανάγκη δημιουργίας νέων λατομείων, δεύτερον εκμηδενίζονται όλα τα προβλήματα που σχετίζονται με την εναπόθεση των υλικών από παλιούς τάπητες και τρίτον ελαχιστοποιείται η όχληση και η επιβάρυνση των οδών από τη μεταφορά των υλικών για απόθεση και την μεταφορά νέων για την κατασκευή.

- Μείωση του κόστους κατασκευής

Με την ανακύκλωση τέλος, μπορεί να μειωθεί το συνολικό κόστος αποκατάστασης, ή ενίσχυσης ή ανακατασκευής των οδοστρωμάτων. Η μείωση αυτή επέρχεται κυρίως από την μείωση του κόστους μεταφοράς των υλικών και από την μείωση του κόστους παραγωγής.

Ωστόσο, ο κύριος στόχος της ανακύκλωσης ενός οδοστρώματος είναι η βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών και της συμπεριφοράς του κάτω από την επίδραση της κυκλοφορίας. Συγκεκριμένα, θα μπορούσαμε να επισημάνουμε τους ακόλουθους επιμέρους στόχους:

1. μετατροπή ενός φθαρμένου και ανομοιογενούς οδοστρώματος σε μία ανθεκτική και πιο ομοιογενή κατασκευή.
2. αύξηση της αντοχής έτσι ώστε το οδόστρωμα να είναι ικανό να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις της κυκλοφορίας.
3. αύξηση της ανθεκτικότητας – μικρότερη ευπάθεια στο νερό και μεγαλύτερη αντίσταση στη διάβρωση.
4. προστασία της στρώσης έδρασης και των κατώτερων στρώσεων του οδοστρώματος, των οποίων τα χαρακτηριστικά πολλές φορές δεν είναι καλά.

3.3. *Είδη ανακύκλωσης οδοστρωμάτων*

Η κατηγοριοποίηση της ανακύκλωσης μπορεί να γίνει ανάλογα:

α) Από τον τόπο στον οποίο πραγματοποιείται η ανάμιξη

- Επιτόπου

Σε αυτή τη μέθοδο η ανάμιξη του φρεζαρισμένου υλικού με το συνδετικό ή με το σταθεροποιητικό υλικό πραγματοποιείται επιτόπου, δηλαδή στον ίδιο το δρόμο. Το υλικό που χρησιμοποιείται είναι κυρίως αυτό του ήδη υπάρχοντος οδοστρώματος, αν και πολλές φορές γίνεται εκ των προτέρων η προσθήκη μιας μικρής ποσότητας νέων αδρανών. Το συνδετικό υλικό διαστρώνεται κατά μήκος της επιφάνειας του οδοστρώματος μέσω κατάλληλων μηχανών διανομής. Το νερό, αν χρειαστεί, προστίθεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της ανάμιξης. Τελικά, πραγματοποιείται η συμπύκνωση και η διαμόρφωση της τελικής επιφάνειας του ανακυκλωμένου υλικού.

- Σε κεντρική βιομηχανική εγκατάσταση

Το φρεζαρισμένο υλικό μεταφέρεται σε μια κεντρική βιομηχανική εγκατάσταση και χρησιμοποιείται ως αδρανές σε μία εκ νέου ανάμιξη με τσιμέντο ή ασφαλτόμιγμα, αφού πρώτα έχει επεξεργαστεί για να αποκτήσει μία κατάλληλη κοκκομετρία. Οι διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν την παρασκευή του μίγματος αυτού προσαρμόζονται με μεγαλύτερη ακρίβεια στην κεντρική εγκατάσταση. Το κόστος όμως είναι πολύ μεγαλύτερο. Στη συνέχεια το ανακυκλωμένο υλικό μεταφέρεται

στο σημείο τοποθέτησης, διαστρώνεται με μηχανικές μεθόδους, συμπυκνώνεται και διαμορφώνεται η τελική επιφάνεια του.

β) Από τη θερμοκρασία που επικρατεί κατά τη διάρκεια της ανάμιξης

- Εν ψυχρώ

Η εν ψυχρώ ανακύκλωση είναι η κατηγορία της ανακύκλωσης στην οποία σε κανένα στάδιο των εργασιών δεν απαιτείται θέρμανση των υλικών, πραγματοποιείται γενικά επιτόπου. Τα εν ψυχρώ ανακυκλωμένα μίγματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μίγματα για την κατασκευή υποβάσεων, βάσεων και συνδετικών στρώσεων και ως μίγματα για επιφανειακές στρώσεις σε οδούς με μικρή έως και μέση κυκλοφορία. Εξαίρεση αποτελεί η ανακύκλωση με αφρώδη άσφαλτο στην οποία απαιτείται θέρμανση της ασφάλτου στους 180 ^{o}C.

- Εν θερμώ

Η ανακύκλωση εν θερμώ είναι μία από τις κατηγορίες ανακύκλωσης που στο στάδιο της ανάμιξης και της επαναδιάστρωσης των ανακυκλωμένων υλικών απαιτείται θέρμανση αυτών. Σε αντίθεση με τις άλλες μορφές ανακύκλωσης , με την ανακύκλωση εν θερμώ βελτιώνεται αισθητά και η αντοχή του οδοστρώματος. Η ανακύκλωση αυτής της μορφής εκτελείται στις ασφαλτικές στρώσεις, πλην όμως μπορεί να επεκταθεί και στις στρώσεις από σσύνδετα αδρανή.

Η εν θερμώ ανακύκλωση μπορεί αν πραγματοποιηθεί είτε επί της οδού, είτε σε μόνιμη εγκατάσταση.

γ) Από τον τύπο του συνδετικού

- Τσιμέντο

Η χρήση τσιμέντου, με τη γρήγορη ανάπτυξη αντοχών που παρέχει, επιτρέπει την ανακύκλωση του ήδη υπάρχοντος οδοστρώματος σε σημαντικό βάθη πράγμα που δεν μπορεί να επιτευχθεί σε μία ανακύκλωση με γαλάκτωμα. Γι' αυτό όταν απαιτείται μεγάλη αύξηση αντοχής του υπάρχοντος οδοστρώματος με μειωμένη προσθήκη καινούριου υλικού, η ανακύκλωση με τσιμέντο είναι η πλέον προτεινόμενη τεχνική.

Η περιεκτικότητα σε τσιμέντο επιλέγεται έτσι ώστε να αποκτηθεί κατ' ελάχιστο μία αντοχή παρόμοια με αυτή του εδαφικού υλικού σταθεροποιημένου με τσιμέντο. Ωστόσο, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προς ανακύκλωση υλικού και με το ποσοστό συμμετοχής του τσιμέντου, μπορούν να επιτευχθούν πολύ υψηλές τιμές αντοχής. Έτσι, στην περίπτωση που έχουμε σχετικά καθαρά χαλίκια, τα χαρακτηριστικά και η αντοχή του ανακυκλωμένου υλικού θα είναι παρόμοια με αυτά ενός αμμοχάλικου κατεργασμένου με τσιμέντο (ΚΘΑ).

- Άσβεστος και τσιμέντο

Η επεξεργασία ανακύκλωσης με συνδυασμό άσβεστου και τσιμέντου μπορεί να δίνει καλύτερα αποτελέσματα σε υλικά πολύ πλαστικά, όπως συγκεκριμένα αμμοχάλικα μολυσμένα με άργιλο. Το κάθε συνδετικό υλικό παίζει ένα σημαντικό ρόλο και πιο συγκεκριμένα : Η άσβεστος εξασθενεί τη δράση των λεπτών υλικών (LL, PL, PI), με μία γρήγορη αντίδραση ανταλλαγής ιόντων, μειώνοντας ταυτόχρονα την υγρασία και το τσιμέντο αυξάνει γρήγορα την μηχανική αντοχή του ανακυκλωμένου υλικού.

- Ασφαλτικό γαλάκτωμα

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα παράχθηκαν προκειμένου να αποφευχθούν οι δυσκολίες της εργασίας με θερμή άσφαλτο και να επιτευχθεί η σταθεροποίηση και ανάμιξη με υγρά υλικά σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Το αποσυντιθέμενο

υλικό αναμιγνύεται με γαλάκτωμα και αναγκαία ποσότητα νερού. Από τη στιγμή που διαστρώνεται και συμπυκνώνεται, μπορεί να επιτευχθεί ένα υλικό με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του αμμοχάλικου κατεργασμένου με γαλάκτωμα ή ενός εν ψυχρώ πυκνού ασφαλτομίγματος. Τα περισσότερα κατάλληλα γαλακτώματα είναι αυτά που διασπώνται αργά

- Αφρώδης άσφαλτος

Στην αφρώδη άσφαλτο λόγω του αφρίσματος το ιξώδες της μειώνεται σημαντικά, πράγμα που επιτρέπει την εύκολη ανάμιξή της με το φρεζαρισμένο υλικό του υπάρχοντος οδοστρώματος. Ο βαθμός αφρίσματος της ασφάλτου μπορεί να ελέγχεται από τις φυσικές συνθήκες που επικρατούν, όπως είναι η πίεση και η θερμοκρασία. Για να αφρίσει η άσφαλτος, θερμαίνεται σε μία θερμοκρασία των 180 °C και σε ειδικούς χώρους εγχέεται μία ελεγχόμενη ποσότητα κρύου νερού και αέρα. Κατά την έγχυση του νερού στη θερμή άσφαλτο, το νερό εξατμίζεται απότομα προκαλώντας το άφρισμα της. Αυτό βοηθά στη διαστολή της ασφάλτου, αυξάνοντας τον αρχικό της όγκο μέχρι τριάντα φορές.

- Τσιμέντο και αφρώδης άσφαλτος

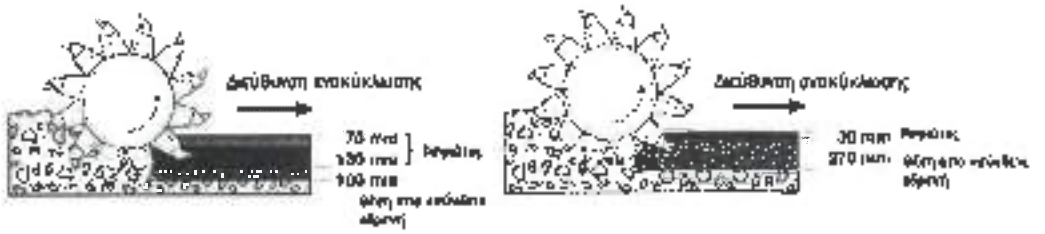
Είναι πολύ συνήθης η προσθήκη μικρής ποσότητας τσιμέντου όταν πραγματοποιείται ανακύκλωση με αφρώδη άσφαλτο. Η δράση του τσιμέντου ως σταθεροποιητικό αρχίζει από τη στιγμή που η στεγνή του σκόνη έρχεται σε επαφή με υγρασία. Δεσμεύονται τα πολύ λεπτά υλικά και μειώνονται αποτελεσματικά τα στοιχεία με μέγεθος της τάξης των 0.075mm. Η ποιότητα του μίγματος είναι πολύ φτωχή όταν στη συνέχεια προσθέτει η αφρώδης άσφαλτος, λόγω του ότι λόγω έλλειψης λεπτών υλικών είναι πολύ δύσκολα να διασπαστούν τα μόρια της ασφάλτου.

δ) Εν ψυχρώ επί τόπου ανακύκλωση

Η εν ψυχρώ ανακύκλωση μπορεί για λόγους ευκολίας να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: ανακύκλωση στρώσης μεγάλου βάθους, μικρού βάθους και ανακύκλωση για αναβάθμιση χαλικοστρωμένων δρόμων με μη επίπεδη επιφάνεια. Σε πολλές περιπτώσεις η διάκριση μεταξύ των δύο πρώτων κατηγοριών δεν είναι σαφής και επομένως κάποια επικάλυψη των δύο αυτών προσεγγίσεων είναι πολύ συχνό φαινόμενο.

i) Ανακύκλωση στρώσης μεγάλου βάθους

Η ανακύκλωση στρώσης μεγάλου βάθους είναι κατάλληλη για την ενίσχυση υπάρχοντος καταπονημένου οδοστρώματος με λεπτή ή χοντρή ασφαλτική στρώση. Στο ακόλουθο σχήμα (Σχ 3-1) φαίνονται δύο αντίστοιχα παραδείγματα. Και στις δύο περιπτώσεις το βάθος στο οποίο γίνεται ανακύκλωση είναι 300mm, με τη διαφορά ότι το ένα έχει παχιά ασφαλτική στρώση ενώ το άλλο σχετικά λεπτή.



Σχήμα 3-1, Ανακύκλωση οδοστρώματος με παχιά και λεπτή ασφαλτική στρώση

Από τη στιγμή που η διαδικασία της ανακύκλωσης έχει ολοκληρωθεί, απαιτείται διαμόρφωση νέας επιφάνειας. Για δρόμους ελαφριάς κυκλοφορίας αυτή μπορεί να είναι μία λεπτή στρώση θερμού ασφαλτομίγματος, ενώ για δρόμους βαριάς κυκλοφορίας απαιτείται τόσο μία ασφαλτική βάση όσο και μία επιφανειακή ασφαλτική στρώση.

ii) Ανακύκλωση στρώσης μικρού βάθους

Η ανακύκλωση λεπτής στρώσης οδοστρώματος ουσιαστικά γίνεται για την εξαφάνιση σοβαρών ρηγματώσεων των ασφαλτικών στρώσεων, και ταυτόχρονα για τη βελτίωση της ποιότητας κύλισης. Αυτή η κατηγορία θεωρείται ως μία βραχυπρόθεσμη στρατηγική συχνά όμως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που έχουν ρηγματωθεί οι επιφανειακές ασφαλτικές στρώσεις, λόγω αδυναμίας παραλαβής των επιβαλλόμενων φορτίων. Αυτός ο τύπος ανακύκλωσης συνήθως πραγματοποιείται σε βάθη που κυμαίνονται από 80 έως 150mm. Επιπλέον, με την ανακύκλωση λεπτής στρώσης οδοστρώματος γίνεται μία βελτίωση στη δομική ικανότητα του οδοστρώματος, λόγω της επιρροής της μεταγενέστερης ασφαλτικής στρώσης που συνήθως τοποθετείται. Ο περιορισμός της εισόδου του νερού στις κατώτερες στρώσεις συμβάλλει στην παράταση της ζωής του οδοστρώματος.

iii)Αναβάθμιση μη επίπεδων αμμοχαλικοστρωμένων δρόμων

Η αναβάθμιση αμμοχαλικοστρωμένων, μη επίπεδων δρόμων μπορεί να πραγματοποιηθεί με ανακύκλωση των υπαρχόντων αμμοχάλικων είτε με ασφαλτικό γαλάκτωμα είτε με αφρώδη άσφαλτο, εφαρμόζοντας μία λεπτή επιφανειακή στρώση. Τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου αναβάθμισης οδοστρώματος συμπεριλαμβάνουν τη δυνατότητα οδήγησης χωρίς να σηκώνεται σκόνη από το πέρασμα των οχημάτων όταν επικρατούν ξηρές καιρικές συνθήκες και ασφαλέστερη οδήγηση σε βροχερό καιρό. Επιπλέον, γίνεται μία πολύ καλή χρήση των πηγών του υλικού αφού το αμμοχάλικο δε χρειάζεται να αντικατασταθεί σε συχνά μικρά χρονικά διαστήματα – είναι πολύ συχνό το φαινόμενο της απώλειας αμμοχάλικου, της τάξης των 20 έως 30 mm ετησίως, σε μη επίπεδους, χαλικοστρωμένους δρόμους λόγω της κίνησης της κυκλοφορίας και της επίδρασης του καιρού. Αυτή η κατηγορία ανακύκλωσης οδοστρωμάτων συνήθως πραγματοποιείται σε βάθος 100mm έως 150mm. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η ανακύκλωση χαλικοστρωμένων μη επίπεδων οδοστρωμάτων μπορεί να γίνει είτε με τσιμέντο είτε με υγρό ασβέστη. Σε αυτή την περίπτωση όμως, απαιτείται μεγαλύτερο βάθος επεξεργασίας, της τάξης των 200mm, κι επομένως μεταπίπτουμε στην κατηγορία της ανακύκλωσης στρώσης μεγάλου βάθους.[2]

3.4. *Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της επιτόπου εν ψυχρώ ανακύκλωσης οδοστρωμάτων*

Η εν ψυχρώ, επιτόπου ανακύκλωση ενός οδοστρώματος τόσο με γαλάκτωμα όσο και με τσιμέντο παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα που ακολουθούν, αλλά ωστόσο είναι μία κατασκευαστική μέθοδος που σέβεται το περιβάλλον ενώ ταυτόχρονα είναι οικονομική, αφού επαναχρησιμοποιεί όλα τα παλιά υλικά και μειώνει το κόστος μεταφοράς τους.

- εξοικονόμηση ενέργειας με εκμετάλλευση των παλιών υλικών, μολυσμένων ή με μη επαρκή χαρακτηριστικά για το υπάρχον οδόστρωμα, με αποτέλεσμα

μικρότερη συμμετοχή νέων αδρανών και ασφάλτου και μειωμένη επιβάρυνση του οδικού δικτύου λόγω μεταφοράς υλικών.

- ομοιογένεια στην αντοχή και στη γεωμετρία του οδοστρώματος.
- μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με μείωση της εξαγωγής αδρανών από κοιτάσματα ή λατομεία.
- δυνατότητα για αποκατάσταση ανεξάρτητων λωρίδων - πράγμα πολύ σημαντικό σε ενιαία καταστρώματα οδών, με δύο ή περισσότερες λωρίδες.
- μικρότερο οικονομικό κόστος για την αποκατάσταση του οδοστρώματος σε σχέση με την απλή ενίσχυση ή το φρεζάρισμα του παλιού και την αντικατάστασή του με καινούρια υλικά.
- διατηρείτε το αρχικό ύψος του επιπέδου της οδού , αποφεύγοντας διαπλατύνσεις και επεκτάσεις των άκρων του δρόμου.
- πραγματοποιείτε ταυτόχρονα αποκατάσταση υπάρχοντος οδοστρώματος και διαπλάτυνση αυτού με τη χρήση παρόμοιων υλικών με το προς ανακύκλωση οδόστρωμα και το μηχανικό εξοπλισμό της ανακύκλωσης
- παρέχεται δυνατότητα για πολύ γρήγορη αποκατάσταση της κυκλοφορίας

Η επιτόπου εν ψυχρώ ανακύκλωση ενός οδοστρώματος παρουσιάζει και μειονεκτήματα όπως, τη μεγάλη ανομοιογένεια του μίγματος, την έλλειψη συγκεκριμένης τεχνικής με προδιαγραφές αφού γίνεται η χρήση των τεχνικών προδιαγραφών από συμβατικές λύσεις «εν ψυχρώ» με μερικές προσαρμογές, την δυσκολία ή η αδυναμία να εκτελεστεί η τεχνική σε κρύο και βροχερό καιρό, την έλλειψη γνώσης των ως προς ανακύκλωση υλικών και των αντίστοιχων χαρακτηριστικών τους και τέλος την εκτέλεση της μεθόδου ανά λωρίδες με την πιθανότητα να εμφανιστούν διαμήκης ρωγμές.

3.5. *Μηχανικός εξοπλισμός ανακύκλωσης*

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος ανακυκλώσεως, εκτός από το συνηθισμένο μηχανήματα οδοποιίας (οδοστρωτήρες, φορτηγά αυτοκίνητα, συμπυκνωτές κ.α.), είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ειδικών μηχανημάτων.

Η φρέζα (milling machine) είναι το μηχάνημα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε μορφή ανακύκλωσης τόσο των εύκαμπτων όσο και των δύσκαμπτων οδοστρωμάτων. Κινείται πάνω σε τροχούς ή ερπύστριες και φέρει οδοντωτό τύμπανο το οποίο με την περιστροφή του αποξύνει το οδόστρωμα. Το πλάτος του τύμπανου κυμαίνεται από 1 έως 3,5 μέτρα, ενώ σήμερα υπάρχουν φρέζες που μπορούν να φρεζάρουν σε βάθος έως και 35 εκατοστά. Η ταχύτητα κίνησης κατά τη λειτουργία του μηχανήματος, συνήθως 3 έως 12 m ανά λεπτό, έχει άμεση σχέση με το βάθος που φρεζάρεται. Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα. Επίσης, όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος και κυρίως το βάθος που μπορεί να φρεζάρει το μηχάνημα τόσο μεγαλύτερο είναι το κόστος αγοράς και συντήρησης αυτού. Μία βέλτιστη λύση είναι ένα μηχάνημα που να μπορεί να φρεζάρει σε πλάτος 1,25m ή 1.9m και βάθος έως και 80mm.

Εικόνα 3-1, Τυπικό μηχάνημα φρεζαρίσματος [10]

Τα μηχανήματα/συστήματα θέρμανσης της επιφάνειας, τα οποία μπορεί να είναι ενσωματωμένα με την φρέζα ή να αποτελούν ένα ξεχωριστό μηχάνημα είναι βασικά δύο ειδών: του υπέρθερμου συμπιεσμένου αέρα και των υπέρυθρων ακτινών (μικροκυμάτων), το οποίο είναι και το συνηθέστερο.

Η απόξεση της επιφάνειας στην επιφανειακή ανακύκλωση γίνεται με ειδικά μηχανήματα όπως φρέζα, ή λεπιδοφόρο μηχάνημα (planer), ή ειδικό αναμοχλευτή (scarifier). Για την φρέζα μιλήσαμε παραπάνω, ενώ το λεπιδοφόρο μηχάνημα χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις προσωρινής αποκατάστασης των πτυχώσεων, της παραμόρφωσης του οδοστρώματος ή της ανάδυσης της ασφάλτου, καθώς επίσης και στην αποξήλωση ασφαλτικών επαλείψεων και ψυχρών ή θερμών λεπτοτάπητων. Ο αναμοχλευτής χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των επιφανειακών ανωμαλιών του οδοστρώματος και λειτουργεί πάντοτε σε συνδυασμό με μηχάνημα θέρμανσης της επιφάνειας.

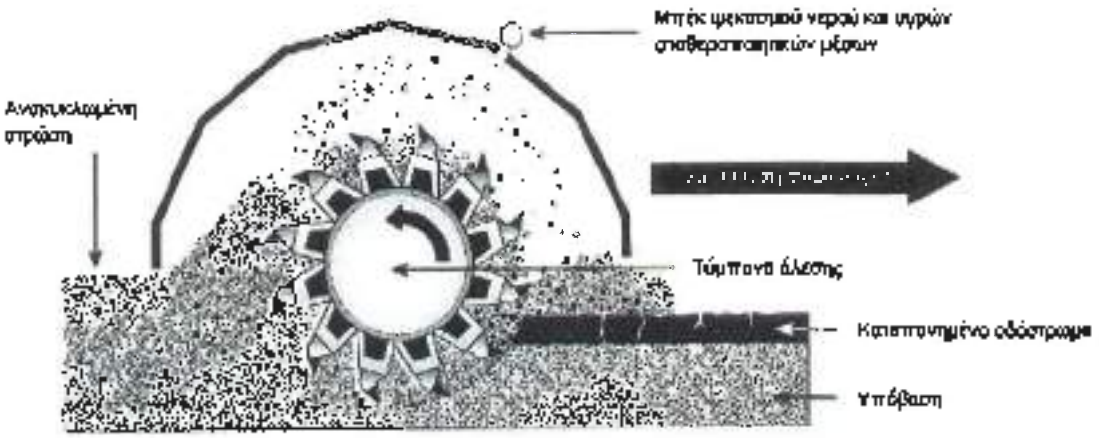
Στην περίπτωση της θερμής ανακύκλωσης με επαναδιάστρωση το μηχάνημα που χρησιμοποιείται αποτελείται από ένα συνδυασμό συστήματος θέρμανσης της επιφάνειας του οδοστρώματος, αναμοχλευτή ή φρέζα, λεπίδα για την εξομάλυνση της αναμοχλευθείσης επιφάνειας, σύστημα ταινιών για τη μεταφορά του ασφαλτομίγματος στο διαστρωτήρα, χοάνη υποδοχής του ασφαλτομίγματος και ένα υδραυλικό διαστρωτήρα (finisher), όμοιο με αυτό που χρησιμοποιείται σε κάθε εργασία διάστρωσης θερμού ασφαλτομίγματος.

Στην εν θερμώ ανακύκλωση σε μόνιμη εγκατάσταση, υπάρχουν δύο ειδών συγκροτήματα παραγωγής ανακυκλωμένου μίγματος, το συγκρότημα παραγωγής ανά παρτίδες και το συγκρότημα παραγωγής συνεχούς ροής. Η παραγωγή ανά παρτίδες γίνεται με την υπερθέρμανση των αδρανών, στο ξηραντήρα/θερμαντήρα και κατόπιν προσθήκη του παλαιού ασφαλτομίγματος, στον αναμικτήρα, χωρίς να έχει θερμανθεί. Μειονέκτημα αποτελεί μειωμένη ωριαία/ημερήσια παραγωγική ικανότητα του συγκροτήματος, αλλά και η γρήγορη φθορά του τύμπανου θέρμανσης των αδρανών λόγω υψηλών θερμοκρασιών.

Η ανακύκλωση στο συγκρότημα συνεχούς ροής χρησιμοποιεί δύο τύπους συγκροτημάτων, της απευθείας θέρμανσης και της έμμεσης θέρμανσης. Στο συγκρότημα απευθείας θέρμανσης το προς ανακύκλωση ασφαλτόμιγμα προστίθεται μαζί με τα οδρανή στο περιστρεφόμενο τύμπανο θέρμανσης και αναμιγνύονται όλα μαζί, σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί η παραγωγή ανεπιθύμητων ρύπων ("μπλε" καπνός), όταν το παλαιό ασφαλτόμιγμα έρχεται σε επαφή με τη θερμαντική φλόγα και τις πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ενώ στο έμμεσης θέρμανσης το τύμπανο δεν θερμαίνεται από καυστήρα, αλλά από σωλήνες εναλλαγής θερμότητος που είναι περιμετρικά τοποθετημένοι γύρο από αυτό, οπότε εκμηδενίζεται και η εκπομπή ρύπων.

3.6. Διαδικασία ανακύκλωσης

Η διαδικασία ανακύκλωσης πραγματοποιείτε με την βοήθεια των μηχανών φρεζαρίσματος οι οποίες μπορούν με ένα απλό πέρασμα να ανακυκλώσουν σημαντικό πάχος επιφάνειας του οδοστρώματος (20-50 εκατοστά). Το σημαντικότερο μέρος αυτών των μηχανών αποτελεί ο κύλινδρος άλεσης/ανάμιξης, ο οποίος αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό ειδικών κοπτικών εξαρτημάτων (κεφαλές θρυμματισμού). Το τύμπανο περιστρέφεται και αποξύνει το υφιστάμενο οδόστρωμα όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3-2, Τύμπανο άλεσης [10]

Καθώς ο θρυμματισμός προχωράει, νερό από βυτιοφόρο όχημα, εισέρχεται στον ανακυκλωτή μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα στο κύλινδρο ανάμιξης, για την συμπύκνωση του μίγματος. Η ακριβής ποσότητα νερού καθορίζεται από μικροεπεξεργαστή ελεγχόμενης αντλίας και αναμειγνύεται ταυτόχρονα με το θρυμματισμένο υλικό για να επιτευχθεί βέλτιστη συμπύκνωση.

Τα σταθεροποιητικά πρόσθετα, όπως τσιμέντο (slurry) ή ασφαλτικό γαλάκτωμα, εισάγονται, ξεχωριστά ή ταυτόχρονα, στον κύλινδρο ανάμιξης με όμοιο τρόπο. Επιπλέον για αφρώδης άσφαλτο η εισαγωγή γίνεται από ένα ξεχωριστό, ειδικά διαμορφωμένο μπέκ ψεκασμού. Για να επιτευχθεί ομοιόμορφη ανάμιξη νέου και παλαιού υλικού χρησιμοποιείται ένα σύστημα αυτοκαθαρισμού των κεφαλών ψεκασμού. Η τελική μορφή και το πάχος του υλικού που διαστρώνεται πραγματοποιείτε με την βοήθεια ειδικού συστήματος διάστρωσης (πήχης μόρφωσης και επιφανειακού τελειώματος).

Σταθεροποιητικά πρόσθετο που είναι σε μορφή σκόνης, όπως το τσιμέντο, διασκορπίζονται στην επιφάνεια του οδοστρώματος μπροστά από τον ανακυκλωτή. Ο ανακυκλωτής με ένα απλό πέρασμα τα ανακατεύει μαζί με το νερό και το υφιστάμενο υλικό.

Συχνότατα χρησιμοποιούνται πυρηνικές συσκευές για το έλεγχο της υγρασίας και της πυκνότητας του μίγματος κατά την συμπύκνωση. Αν η υγρασία δεν είναι αρκετή το μίγμα είναι σκληρό και δεν συμπυκνώνεται εύκολα ενώ, αν είναι υψηλή το μίγμα έχει μεγάλη ρευστότητα και δεν μπορεί να συμπυκνωθεί. Η ποσότητα νερού που απαιτείται συνήθως είναι 4 με 5%

Είναι απαραίτητο το μίγμα να αφεθεί κάποιο χρονικό διάστημα να συντηρηθεί, για να αναπτύξει κάποια εσωτερική συνοχή, προτού καλυφθεί από τη στρώση κυκλοφορίας (wearing course).

3.7. Ποιοτικός έλεγχος ανακυκλωμένης στρώσης

Η ποιότητα του τελικού έργου καθορίζεται από τα αποτελέσματα των ελέγχων που δείχνουν:

- Τη φέρουσα ικανότητα του υλικού της ανακυκλωμένης στρώσης. Μπορεί να καθοριστεί είτε έμμεσα, λαμβάνοντας υλικό πίσω από τον ανακυκλωτή, είτε άμεσα με την λήψη πυρήνων (καρότων) από το δρόμο.
- Τη ξηρή πυκνότητα του συμπυκνωμένου υλικού. Η μέτρηση της ξηρής πυκνότητας είναι ο πιο συνήθης έλεγχος από κατασκευαστικής άποψης.
- Το πάχος της συνολικής στρώσης. Αποτελεί την μία από τις δύο κρίσιμες μεταβλητές που επηρεάζουν την κατάσταση της σταθεροποιημένης στρώσης.

Φυσικά δεν θα πρέπει να γίνεται συζήτηση για ποιότητα, χωρίς να αναφέρεται το ζήτημα της αποστράγγισης του οδοστρώματος. Ένα πρόβλημα που εμφανίζεται, λόγω ανεπαρκείς αποστράγγισης, είναι η συγκέντρωση νερού και η δημιουργία λακκουβών υπό την φόρτιση της κυκλοφορίας

4. Ανακύκλωση με τσιμέντο

4.1. Γενικά

Η ανακύκλωση με τσιμέντο πραγματοποιείται εν ψυχρώ και επί τόπου. Κατά τη διάρκεια της ψυχρής ανακύκλωσης οι συνδεδεμένες στρώσεις και μέρος των υποκείμενων στρώσεων αλέθονται και αναμειγνύονται με νέες συνδετικές ουσίες. Η φέρουσα ικανότητα του επεξεργασμένου υλικού αυξάνει πολύ με την προσθήκη τσιμέντου. Η ψυχρή ανακύκλωση με τσιμέντο χρησιμοποιείται παγκόσμια κυρίως διότι το τσιμέντο είναι σχετικά φθηνό και διαθέσιμο. Για την ανάμειξη απαιτούνται συνήθως 2-6% κατά βάρος τσιμέντου.

4.2. Πλεονεκτήματα της επιτόπου ανακύκλωσης με τσιμέντο

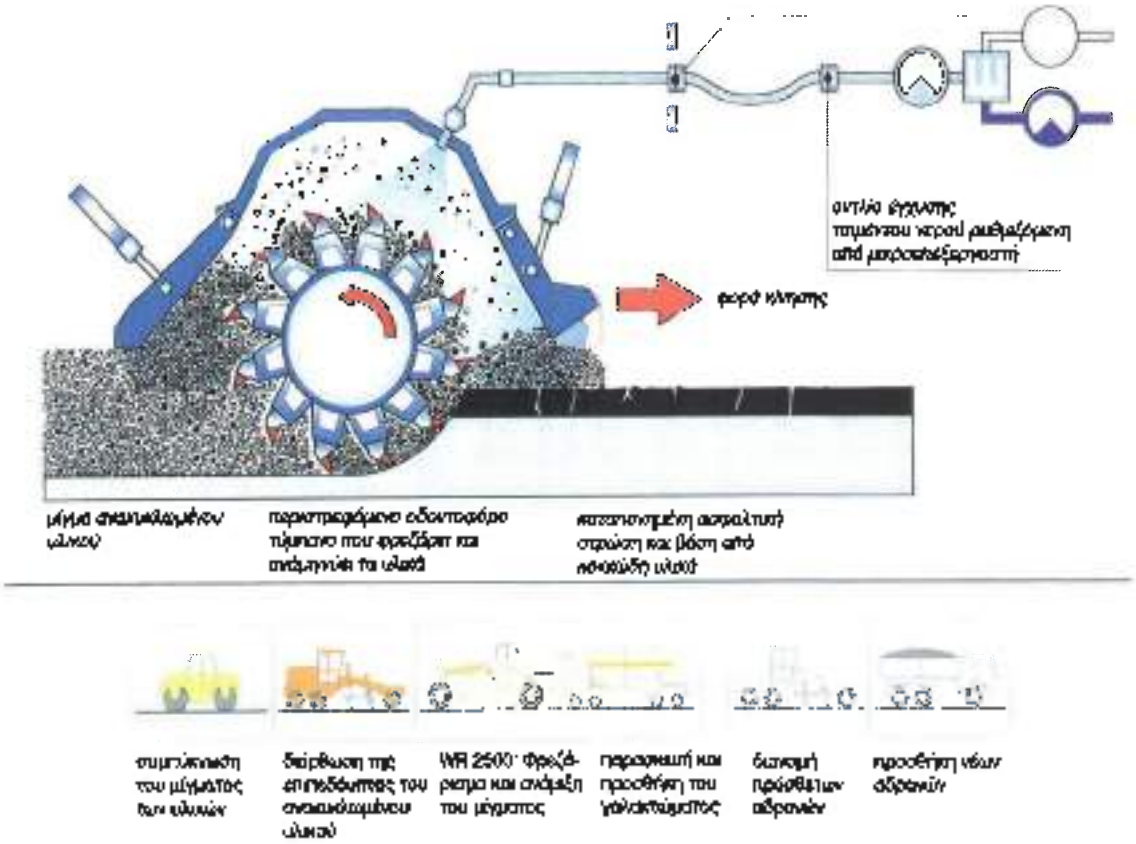
Το τσιμέντο, λόγω του ότι, παράγεται στις περισσότερες χώρες και είναι εύκολα διαθέσιμο, είναι ένα κατασκευαστικό υλικό που χρησιμοποιείται ευρέως σε παγκόσμια κλίμακα. Υπάρχουν πολλές προδιαγραφές και δοκιμαστικές μέθοδοι διαθέσιμες για την επεξεργασία του τσιμέντου, όπως και πολλά παραδείγματα οδοστρωμάτων που περιλαμβάνουν στρώσεις σταθεροποιημένες με τσιμέντο και έχουν δείξει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα. Η επιτόπου ανακύκλωση οδοστρωμάτων με τσιμέντο είναι μία τεχνική που προσφέρει τριών ειδών πλεονεκτήματα: τεχνικά, οικονομικά αλλά και οικολογικά.

Τεχνικά, η επιτόπου ανακύκλωση με τσιμέντο έχει σαν στόχο να δημιουργηθεί μία στρώση ομοιογενής, σταθεροποιημένη και σημαντικού πάχους, με μηχανικά χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά ενός εδάφους σταθεροποιημένου με τσιμέντο ή ενός αμμοχάλικου κατεργασμένου με τσιμέντο. Τα πάχη που μπορούν να ανακυκλωθούν επιτρέπουν τη πραγματοποίηση μιας επαρκούς διόρθωσης των ήδη υπάρχουσων στρώσεων και ενίσχυσης της φέρουσας ικανότητας του οδοστρώματος με σκοπό την αποκατάσταση εξαντλημένων οδοστρωμάτων λόγω κόπωσης, παραμορφωμένων και μη ικανών να αντέξουν τον απαιτούμενο κυκλοφοριακό φόρτο. Συχνά πρόκειται για οδοστρώματα με μεγάλες παραμορφώσεις, για την ενίσχυση των οποίων επιβάλλεται εκπόνηση ειδικής μελέτης.

Η ανακύκλωση είναι μια οικονομική τεχνική, που μπορεί να φθάσει σε μία εξοικονόμηση τάξης μεγέθους 30%, σε σχέση με τις κλασικές λύσεις ενίσχυσης ή επανακατασκευής του οδοστρώματος. Η επιτόπου επαναχρησιμοποίηση των υλικών σημαίνει μια πολύ σημαντική εξοικονόμηση κόστους, εφόσον μειώνεται στο ελάχιστο ο απαραίτητος όγκος νέων αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν στο έργο και το κόστος μεταφοράς τους. Θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας την ολοένα μεγαλύτερη δυσκολία, με το πέρασμα των χρόνων, εύρεσης κάποιου κοιτάσματος προμήθειας αδρανών καλής ποιότητας, που να μη βρίσκεται πολύ μακριά από την τοποθεσία του έργου. Η μείωση της μεταφοράς των αδρανών δεν επιβαρύνει και το οδικό δίκτυο που βρίσκεται κοντά στο έργο.

Τέλος, η οικολογική σημασία της ανακύκλωσης με τσιμέντο είναι πολύ σημαντική μιας και είναι μία τεχνική που γίνεται εν ψυχρώ, με αποτέλεσμα τη μικρή κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα, μειώνεται αισθητά η μόλυνση και οι εκπομπές βλαβερών αναθυμιάσεων. Η επιτόπου επαναχρησιμοποίηση των υλικών συμβάλλει στην

αποφυγή ανοίγματος καινούριων λατομείων αδρανών, αλλά και στη διατήρηση των ήδη υπαρχόντων αποθεμάτων. Επιπλέον, δε χρειάζεται η εύρεση αποθεσιοθαλάμων για την εναπόθεση των παλιών υλικών, εφόσον αυτά επαναχρησιμοποιούνται.



Σχήμα 4-1, Σχηματική διάταξη της μεθόδου και απαιτούμενα μηχανήματα για την ψυχρή ανακύκλωση με τσιμέντο [10]

4.3. *Σύγκριση της ανακύκλωσης με τσιμέντο και της ανακύκλωσης με ασφαλτικό γαλάκτωμα ή με αφρώδη άσφαλτο*

Η επιτόπου ανακύκλωση με τσιμέντο, σε σχέση με την ανακύκλωση με γαλάκτωμα ή με αφρώδη άσφαλτο, εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- μεγαλύτερη αύξηση της αντοχής του οδοστρώματος, τόσο λόγω του μεγαλύτερου μέτρου ελαστικότητας, όσο και λόγω του μεγάλου πάχους που είναι δυνατό να ανακυκλωθεί με τσιμέντο.
- η σταθερότητα του τσιμέντου στις κλιματολογικές αλλαγές είναι μεγαλύτερη, αφού το μέτρο ελαστικότητας είναι ανεξάρτητο της θερμοκρασίας.

- το υλικό μοντελοποιείται και χαρακτηρίζεται πιο εύκολα.
- δεν απαιτείται μία περίοδος ωρίμανσης για την εξάτμιση του νερού και των διαλυτών, στην οποία το μίγμα να αποκτήσει τα τελικά χαρακτηριστικά του και η οποία θέτει περιορισμούς στην εκτέλεση του έργου
- λόγω του μεγάλου πάχους οδοστρώματος που είναι δυνατό να ανακυκλωθεί επιτρέπει επαρκή επιδιόρθωση των ήδη υπάρχουσων στρώσεων κυκλοφορίας.
- δέχεται ανακύκλωση υλικών χειρότερης ποιότητας, πιο πλαστικών και με περισσότερο λεπτό υλικά.

Ωστόσο, στην ανακύκλωση με τσιμέντο υπάρχει ένα βασικό μειονέκτημα που είναι η πιθανότητα εμφάνισης ρωγμών στην επιφάνεια του οδοστρώματος λόγω της συστολής του υλικού. Λύση, είναι η δημιουργία αρμών σε κοντινές αποστάσεις, που στις ανακυκλωμένες στρώσεις μπορεί να μειώσει ή ακόμα και να εξαφανίσει το πρόβλημα αυτό, ιδιαίτερα σε δρόμους με βαριά κυκλοφορία, στους οποίους απαιτείται ασφαλτική στρώση μεγάλου πάχους. Σε δρόμους με όχι τόσο έντονη κυκλοφοριακή φόρτιση, οι λεπτές ρωγμές που δημιουργούνται στην επιφάνεια, που έχουν άνοιγμα μικρότερο των 0,5mm, δεν επηρεάζουν συνήθως τη συμπεριφορά του οδοστρώματος.

4.4. Σύγκριση της ανακύκλωσης με τσιμέντο και της εν θερμώ ανακύκλωσης

Συγκρίνοντας την εν ψυχρώ ανακύκλωση με τσιμέντο, σε σχέση με την εν θερμώ ανακύκλωση, παρατηρούμε ότι, στην εν ψυχρώ ανακύκλωση:

- οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν λιγότερο την εκτέλεση του έργου
- η μόλυνση του περιβάλλοντος είναι ελάχιστη, εφόσον δεν απαιτείται θέρμανση του υλικού που πρόκειται να επεξεργαστεί
- γίνεται εξοικονόμηση στις μεταφορές και στην ενέργεια
- ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι πιο απλός και οικονομικός

4.5. Πεδίο εφαρμογής της εν ψυχρώ, επιτόπου ανακύκλωσης οδοστρωμάτων με τσιμέντο

Η ανακύκλωση με τσιμέντο είναι κατάλληλη για οδοστρώματα που έχουν υποστεί πολύ μεγάλες παραμορφώσεις, δεδομένου ότι υπάρχει δυνατότητα επεξεργασίας σε μεγάλο βάθος, επιτρέποντας την πλήρη αποκατάσταση και βελτίωση της αντοχής του οδοστρώματος.

Με την τεχνική της ανακύκλωσης γίνεται η επεξεργασία ασφαλτικών και χονδρόκοκκων στρώσεων κατά την οποία οι στρώσεις ανακυκλώνονται τμηματικά με τσιμέντο. Το πεδίο εφαρμογής της επιτόπου ανακύκλωσης περιλαμβάνει όλους τους τύπους των δικτύων και μαζί με αυτά, το κατάστρωμα των οδών, τα ερείσματα και δευτερεύοντες δρόμους. Από πλευράς έντασης της κυκλοφορίας, παρόλο που υπάρχουν περιπτώσεις εφαρμογής ανακύκλωσης σε δρόμους με βαριά κυκλοφορία.

μέχρι τώρα η ανακύκλωση έχει κυρίως εφαρμοστεί σε δρόμους με μικρό ή μέσο κυκλοφοριακό φόρτο.

Η εφαρμογή μιας επιτόπου ανακύκλωσης, παρ' όλο που δεν έχει ένα συγκεκριμένο πεδίο εφαρμογής, γίνεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

- σε οδοστρώματα ρηγματωμένα και καταστρεμμένα, λόγω κόπωσης
- σε οδοστρώματα ετερογενή ή παραμορφωμένα, χωρίς επιφανειακές ρηγματώσεις, πάνω από τα οποία δεν είναι εύκολη ή σπευθείας εφαρμογή καινούριων στρώσεων. Τα ετερογενή ή παραμορφωμένα οδοστρώματα είναι αυτά στα οποία οι επιφάνειες είναι γεμάτες από «μπαλώματα» ή λακκούβες
- σε οδοστρώματα με ρωγμές συστολής

4.6. *Μηχανικά χαρακτηριστικά ανακυκλωμένου με τσιμέντο υλικού*

Ο τρόπος εργασίας και η διαστασιολόγηση (επιλογή του πάχους) του νέου ανακυκλωμένου οδοστρώματος είναι απόρροια της γνώσης των μηχανικών χαρακτηριστικών του ανακυκλωμένου υλικού. Η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών του μελλοντικού, ανακυκλωμένου υλικού, προηγείται της εκτέλεσης των έργων της ανακύκλωσης. Αυτό αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες δυσκολίες της τεχνικής της ανακύκλωσης, εφόσον τα υλικά είναι σχετικά ετερογενή και η εκ των προτέρων γνώση της φθοράς που θα υποστεί το έργο με το πέρασμα του χρόνου είναι ανέφικτη.

Η επιλογή ενός μίγματος μιας μέσης σύνθεσης και ο καθορισμός των αποκλίσεων των μηχανικών χαρακτηριστικών μεταξύ αυτού και του προς ανακύκλωση υλικού, είναι απαραίτητο προκειμένου να μην αλλάζει συνεχώς ο τρόπος εργασίας κατά μήκος ενός έργου ανακύκλωσης οδοστρώματος, έτσι ώστε να εξαλείφονται οι τυχόν διαφορές στην κοκκομετρική καμπύλη και στα μηχανικά χαρακτηριστικά του υπάρχοντος υλικού. Ωστόσο, αν η ετερογένεια του προς ανακύκλωση υλικού είναι πολύ μεγάλη, η διασπορά των αποτελεσμάτων των δοκιμών που πραγματοποιούνται θα είναι επίσης μεγάλη και επομένως ο προσδιορισμός των μηχανικών χαρακτηριστικών στο εργαστήριο είναι πολύ δύσκολος. Σ' αυτή την περίπτωση μπορούμε να χωρίσουμε το οδόστρωμα σε μικρότερα όσο το δυνατόν πιο ομοιογενή τμήματα δρόμου.

Το ανακυκλωμένο επιτόπου εν ψυχρώ με τσιμέντο υλικό παρουσιάζει μεγάλες διαφορές, τόσο στην αντοχή, όσο και στο μέτρο ελαστικότητας, σε τυχαία σημεία αυτού. Αυτό οφείλεται στο ότι τα υλικά που ανακυκλώνονται είναι αδρανή με διαφορετική ποιότητα και διαφορετικό πάχος στρώσης ασφαλτομίγματος που φρεζάρεται. Η υγρασία του μίγματος και η περιεκτικότητά του σε τσιμέντο είναι και αυτοί λόγοι που οδηγούν σ' αυτό το αποτέλεσμα. Τέλος, η αποτελεσματικότητα της αποσύνθεσης του οδοστρώματος και η σωστή ανάμιξή του με το σταθεροποιητικό υλικό οδηγούν στην ομοιογένεια του ανακυκλωμένου υλικού, τόσο ως προς την αντοχή, όσο και ως προς το μέτρο ελαστικότητας αυτού.

5. Ερπυσμός

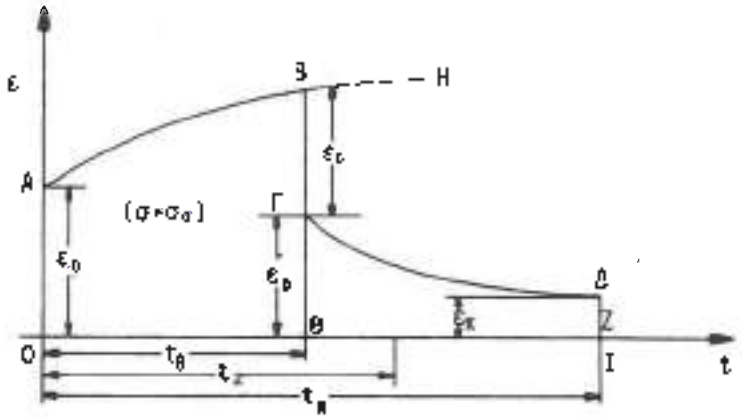
5.1. Η ρεολογική συμπεριφορά των υλικών

(Ερπυσμός – χαλάρωση - επανάταξη)

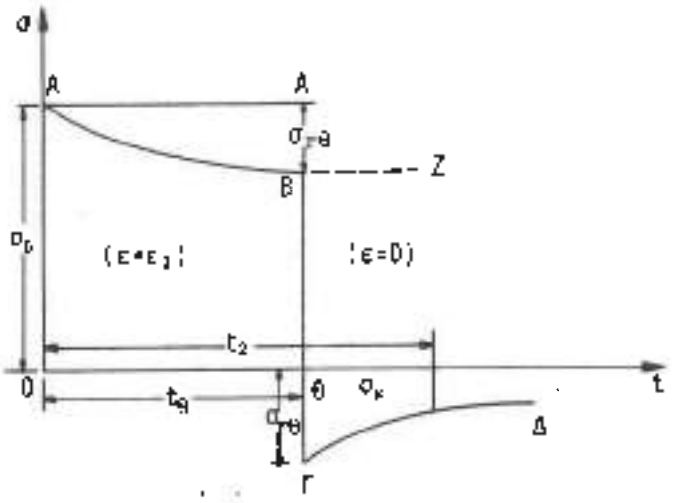
Οι μηχανικές ιδιότητες της πραγματικής συμπεριφοράς των υλικών που υπόκεινται σε ελαστικές τάσεις και παραμορφώσεις εξαρτώνται σημαντικά από το χρόνο επιβολής τους, δηλαδή μεταβάλλονται συναρτήσει του χρόνου. Η «κοιλιά» που σχηματίζουν με το χρόνο τα ράφια της βιβλιοθήκης μας, ή η χαλάρωση μιας βίδας σε μια χαλύβδινη κατασκευή αν δεν χρησιμοποιηθούν ροδέλες ασφαλείας είναι δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα της εξάρτησης της ελαστικής συμπεριφοράς των υλικών με το χρόνο. Παράλληλα όλα τα υλικά σε υψηλές θερμοκρασίες, αλλά και ορισμένες κατηγορίες υλικών ακόμα και στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, παρουσιάζουν μια έντονη και προφανή εξάρτηση της ελαστικής συμπεριφοράς τους από το χρόνο.

Το φαινόμενο κατά το οποίο, υπό σταθερή τάση ($\sigma <= \sigma_A$ και σ = σταθ.) αυξάνουν συνεχώς οι παραμορφώσεις συναρτήσει του χρόνου καλείται ερπυσμός (βλ. σχήμα 5-1).

Το φαινόμενο κατά το οποίο, ενώ διατηρείται σταθερή η παραμόρφωση (ε = σταθ και $\varepsilon <= \varepsilon_A$) ελαττώνονται συνεχώς οι τάσεις συναρτήσει του χρόνου καλείται χαλάρωση (βλ. σχήμα 5-2).



Σχήμα 5-1,Σχήμα ερπυσμού [12]



Σχήμα 5-2, Σχήμα χαλάρωσης [12]

Ο μηδενισμός (μετά χρονικό διάστημα $t = t_\theta$) της τάσης σ = σταθ. στον ερπυσμό δεν οδηγεί πλέον (λόγω της αύξησης των παραμορφώσεων – συναρτήσει του χρόνου – που μεσολάβησε) σε μηδενισμό των παραμορφώσεων. Αντίθετα, διατηρείται και μετά την αφαίρεση της τάσης η λεγόμενη «κατάλοιπη παραμόρφωση», η οποία μειώνεται όμως συνεχώς συναρτήσει του χρόνου, τείνοντας (για πολύ μεγάλους χρόνους) ασυμπτωτικά προς μια ελάχιστη τιμή, την «παραμένουσα παραμόρφωση». Κατ' αναλογία με τον ερπυσμό, ο μηδενισμός των παραμορφώσεων στην περίπτωση της χαλάρωσης απαιτεί την επιβολή μιας τάσης αντίθετης φοράς προς την τάση για $\varepsilon = \varepsilon_0$, η οποία και πάλι θα τείνει να μειώνεται διαρκώς (ως απόλυτη τιμή) μέχρι μια οριακή τιμή συναρτήσει του χρόνου.

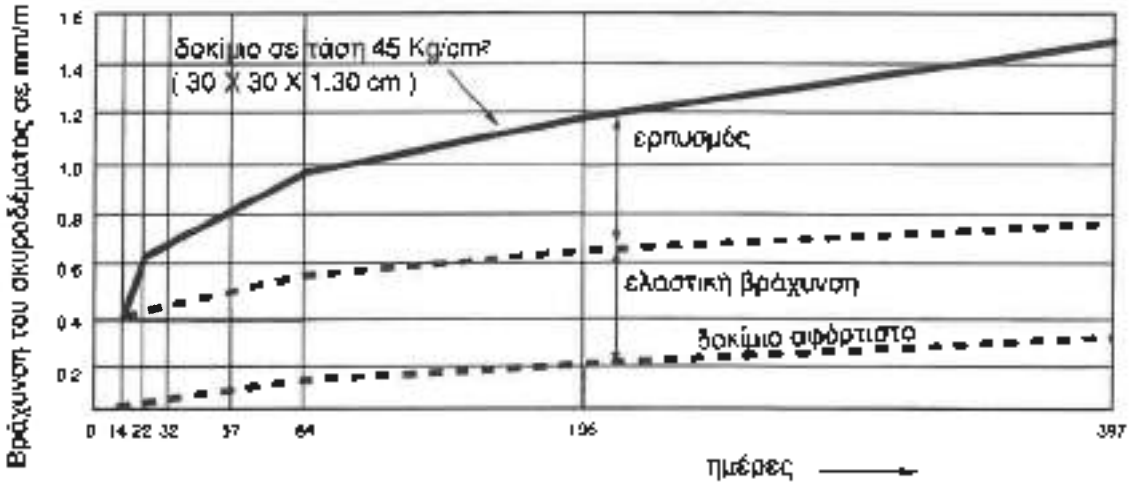
Το φαινόμενο αυτά της διαρκούς μείωσης των παραμορφώσεων μετά την αφαίρεση της σταθερής τάσης στην περίπτωση του ερπυσμού και της διαρκούς μείωσης της τάσης μετά το μηδενισμό της παραμόρφωσης στη χαλάρωση, ονομάζονται επανάταξη. Εάν η οριακή τιμή ε_π (ή αντίστοιχα σ_π) προς την οποία τείνουν οι κατάλοιπες παραμορφώσεις (ή αντίστοιχα τάσεις) είναι ίση με το μηδέν τότε λέμε ότι πρόκειται για υλικά ιδανικής μεταελαστικής συμπεριφοράς. Το σχήμα 5-1 παριστά την καμπύλη ερπυσμού (διάρκεια φαινομένου $0 <= t <= t_\theta$) και επανάταξης ($t > t_\theta$). Το σχήμα 5-2 παριστά αντίστοιχα την καμπύλη χαλάρωσης – επανάταξης.

Βλέπουμε λοιπόν ότι ο ερπυσμός και η χαλάρωση, η ρεολογική δηλαδή συμπεριφορά των υλικών, η ιδιότητά τους να «ρέουν» πρότού οι τάσεις και οι παραμορφώσεις που έχουν σχηματιστεί στο εσωτερικό τους φθάσουν στη πλαστική περιοχή, αποτελεί ένα μόνιμο χαρακτηριστικό της μηχανικής συμπεριφοράς τους. Με άλλα λόγια, η μηχανική συμπεριφορά των υλικών πριν την εμφάνιση μακροσκοπικών πλαστικών παραμορφώσεων στο εσωτερικό τους συντίθεται από μια ελαστική και από μια ρεολογική συνιστώσα. Η ρεολογική συνιστώσα είναι δυνατόν βέβαια σε πολλές περιπτώσεις να μη λαμβάνεται υπόψη, γιατί αποτελεί αμελητέο μέγεθος. Στη περίπτωση αυτή είναι θεμιτό να μιλάμε για ελαστική συμπεριφορά των υλικών. Τέτοια είναι, για παράδειγμα, η περίπτωση των μετάλλων στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

5.2. Ερπυσμός σκυροδέματος

5.2.1. Γενικά

Έχει παρατηρηθεί ότι το σκυρόδεμα κάτω από την επίδραση εξωτερικής θλιπτικής δυνάμεως για μεγάλο χρονικό διάστημα, παρουσιάζει, πέρα από τη στιγμιαία (ελαστική ή πλαστική) παραμόρφωση, μία περαιτέρω συστολή που εξελίσσεται με αργό ρυθμό (Σχ.5-3).



Σχήμα 5-3, Εξέλιξη του ερπυσμού και της συστολής ξήρανσης με το χρόνο [5]

Τη χρόνια αυτή παραμόρφωση που προέρχεται από την επίδραση εξωτερικής δυνάμεως ονομάζουμε ερπυσμό. Για την εξήγηση του φαινομένου του ερπυσμού έχουν διατυπωθεί πολλές θεωρίες: **[5]**

- Υποστηρίζεται η άποψη ότι αιτία του ερπυσμού είναι τοπικές μικροκαταστροφές του υλικού. Η συστολή δηλαδή οφείλεται σε προοδευτική μικρορηγμάτωση του στερεού σκελετού.
- Κατά τη γνώμη άλλων ο ερπυσμός εξηγείται από την ύπαρξη μικροεπιφανειών ολισθήσεως μεταξύ των κρυστάλλων.
- Η θερμοδυναμική θεωρία υποστηρίζει μετακινήσεις του νερού μέσα στα τριχοειδή αγγεία του υλικού, που οφείλονται στην πίεση των υδρατμών μέσα στα φορτιζόμενα τμήματα.
- Επικρατέστερη, τέλος, κρίνεται η θεωρία της «ιξώδους ροής» του Freyssinet. Κατά τη θεωρία αυτή το νερό που βρίσκεται στους πόρους και τα τριχοειδή αγγεία του στερεού, ως ασυμπίεστο, δέχεται στην αρχή ένα μέρος από το επιβαλλόμενο φορτίο, ενώ συγχρόνως αναγκάζεται να διαρρεύσει. Η διαρροή και απομάκρυνση του νερού μέσα από τις μικρότατες διόδους γίνεται πάρα πολύ αργά, λόγω της τριβής. Με την αργή απομάκρυνση του νερού αντίστοιχο φορτίο μεταβιβάζεται βαθμιαία στο στερεό σκελετό, που συμπιέζεται περαιτέρω κατά τους νόμους της ελαστικότητας.

Η ασυμπτωτική πορεία του ερπυσμού εξηγείται, κατά τη θεωρία αυτή, από το ότι το νερό απομακρύνεται πρώτα από τους πόρους που έχουν μεγαλύτερη διάμετρο και βαθμιαία από πόρους ολοένα μικρότερης διαμέτρου, με αντίστοιχη μείωση της ταχύτητας ροής. Η θεωρία όμως του Freyssinet δεν μπορεί να ερμηνεύσει πλήρως το

φαινόμενο του «βασικού ερπυσμού» δηλαδή του ερπυσμού που λαμβάνει χώρα σε περιβάλλον το οποίο δεν επιτρέπει καμία μετακίνηση νερού από ή προς το σκυρόδεμα (ερπυσμός σε δοκίμια κορεσμένα και ερμητικά αποκλεισμένα από οποιαδήποτε απώλεια υγρασίας).

Αξιοσημείωτο είναι ότι ο ερπυσμός ακολουθεί, με μεγάλη προσέγγιση, το νόμο του Hook, όταν το φορτίο είναι μικρότερο από το 1/3 περίπου του φορτίου θραύσεως του υλικού. Πέρα από την τιμή αυτή η αύξηση του ερπυσμού γίνεται ολοένα μεγαλύτερη με την αύξηση του φορτίου.

Ο ερπυσμός, σε αντίθεση με τη χρόνια συστολή, δεν έχει μόνο δυσμενή αποτελέσματα (αύξηση του βέλους, απώλειες στην προένταση), αλλά και ευνοϊκά (άμβλυνση τάσεων). Η συνολική τιμή του ερπυσμού για μοναδιαία τάση (σ=1) ονομάζεται ειδικός ερπυσμός

Συνοπτικά μπορούμε να αναφέρουμε για τον ερπυσμό τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:[5]

1. Το μέγεθος του ερπυσμού είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την ποιότητα του σκυροδέματος.
2. Μπορεί να φτάσει τελικά σε τιμή πολλαπλάσια της χρόνιας συστολής.
3. Η διάρκεια του φαινομένου είναι 1 έως 10 χρόνια. Συνήθως ολοκληρώνεται μετά από 1 έως 2 χρόνια.
4. Έως την τιμή του φορτίου~1/3 $\beta_{\sigma p}$, είναι ανάλογος του φορτίου, πέρα από την τιμή αυτή ο ερπυσμός αυξάνεται ολοένα ταχύτερα με την αύξηση του φορτίου.
5. Η μορφή της εξελίξεως του είναι εκθετική, γρήγορη στην αρχή και ολοένα βραδύτερη και τείνει ασυμπτωτικά προς κάποια οριακή τιμή.
6. Αυξάνεται όσο ελαττώνονται οι διαστάσεις του στοιχείου.
7. Εμφανίζεται μικρότερος για τσιμέντα υψηλής αντοχής ή γρήγορης ανάπτυξης της αντοχής.
8. Εξαρτάται από το είδος των αδρανών και ειδικότερα από το μέτρο ελαστικότητας αυτών. Αδρανή από βασάλτη ή ψαμμίτη δίνουν στο σκυρόδεμα μεγαλύτερο ερπυσμό από όσο τα ασβεστολιθικά αδρανή
9. Ελαττώνεται όσο περισσότερο χονδρόκοκκα είναι τα αδρανή.
10. Αυξάνεται όσο αυξάνεται το νερό της αναμίξεως.
11. Εξαρτάται (όπως και η χρόνια συστολή) από τις υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Αυξάνεται όσο ελαττώνεται η σχετική υγρασία.
12. Ελαττώνεται όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία του σκυροδέματος κατά τη στιγμή της επιβολής του φορτίου.

5.2.2. Μηχανισμός εκδηλώσεως ερπυσμού

Η χρόνια παραμόρφωση του σκυροδέματος γίνεται ευκολότερα αντιληπτή αν εξετάσουμε την εσωτερική δομή του τσιμεντοπολτού μετά την ενυδάτωσή του με το τσιμέντο. Το τσιμέντο με την ενυδάτωση, τις χημικές δηλαδή μεταλλαγές του, δημιουργεί βασικώς έναν κρυσταλλικό ιστό με στερεούς δεσμούς, γεμάτο όμως και από κολλοειδούς μορφής στερεά συστατικά, που συνιστούν ένα πήγμα (gel). Έτσι, η αρχική ποσότητα τσιμέντου αναπτύσσεται σ' αυτό το περίπλοκο στερεό με τεραστίως αυξημένη την ειδική επιφάνειά του, και επομένως πολύ υγροσκοπικό. Αυτός τώρα ο ιστός του στερεού τσιμεντοπολτού δεν είναι πλήρης, με την έννοια του απολύτως στερεού. [17]

Έχει, εκ κατασκευής, τριχοειδή κενά ανοίγματος της τάξεως του μισού μικρού, γεμάτα νερό. Η κολλοειδής μάζα του έχει κενά, του λεγόμενους πόρους του πήγματος, μέσου ανοίγματος 5 χιλιοστών του μικρού, επίσης γεμάτα νερό. Τέλος, κι αυτή ακόμη η μεγαλοκρυσταλλική μάζα παρουσιάζει συνέχειες, άρα κενά, τεραστίως όμως μικρότερου διαμετρήματος. Το νερό που γεμίζει αυτά τα τελευταία κενά είναι τόσο στενά συνδεδεμένο με ηλεκτροστατικές δυνάμεις με τη στερεά φάση ώστε, ουσιαστικά, και αυτό συμπεριφέρεται σαν στερεό.

Όλο αυτό το περίπλοκο «ψευδοστερεό» υλικό του τσιμεντοπολτού γεμίζει με τη σειρά του, τους μεταξύ των αδρανών χώρους, αφήνοντας όμως πάλι και άλλα, χονδροειδέστερα αυτή τη φορά, κενά γεμάτα με νερό. Έτσι παίρνουμε τη συνολική εικόνα του εσωτερικού του σκυροδέματος. Η χημική σύνδεση μιας σχετικά μικρής ποσότητας νερού με το τσιμέντο και η παραγωγή νέων στερεών συστατικών γεμίζει βαθμιαίως ένα μέρος από τα τριχοειδή κενά του ιστού ενώ, συγχρόνως, συνεπάγεται και μια συστολή, τη χημική συστολή.

Χρησιμοποιείται ένα τέτοιο δοκίμιο σκυροδέματος, μέσα σ' ένα χώρο με σταθερή υγρομετρία, φορτιζόμενο με κάποιο φορτίο σε θλίψη. Οι τάσεις και οι παραμορφώσεις τις οποίες στιγμιαίως υφίσταται ο στερεός ιστός, αναγκάζουν το ασυμπίεστο νερό να κινηθεί. Αλλά μια τέτοια κίνηση δεν μπορεί να είναι ακαριαία γιατί οι μικρότεροι αγωγοί εξόδου προβάλουν τεράστιες δυνάμεις τριβής. Έτσι η κίνηση αυτή επιβραδύνεται πολύ. Εν τω μεταξύ όμως το νερό αυτό, αφού δεν ενδίδει πλήρως στις πιέσεις που του ασκούνται, αναλαμβάνει ένα μέρος αυτών των πιέσεων, συμμετέχοντας έτσι στην ανάληψη του εξωτερικού φορτίου, σε συνεργασία με την «στερεά φάση» του σκυροδέματος.

Με την πάροδο όμως του χρόνου η «υγρή φάση» ενδίδει σταδιακά, το ποσοστό τάσεων που αναλαμβάνει μειώνεται, ο στερεός ιστός υποφέρει μεγαλύτερες τάσεις και η παραμόρφωσή του συνεχίζεται. Αυτές είναι οι χρόνιες παραμορφώσεις του σκυροδέματος. Η ταχύτητα αυτών εξαρτάται από τη ταχύτητα διαφυγής του νερού, που είναι συνάρτηση της διαμέτρου των ήδη γεμάτων κενών και των δυνάμεων συνάφειας ανάμεσα στο νερό και στα τοιχώματα αυτών των κενών.

Όσο όμως προχωράει η διαφυγή και η αντίστοιχη παραμόρφωση τόσο μειώνονται οι δυνάμεις που ασκούνται πάνω στο νερό και επιβραδύνεται η υπολειπόμενη διαφυγή και οι υπόλοιπες χρόνιες παραμορφώσεις. Το φαινόμενο λοιπόν βαίνει ασυμπτωτικό (συνάρτηση εκθετική) προς κάποια ισορροπία, οπότε όλες οι εξωτερικές τάσεις θα έχουν αναληφθεί από τη στερεά φάση του σκυροδέματος.

Η απλή εικόνα του μηχανισμού εκδηλώσεως του ερπυσμού θα μπορούσε να συμπληρωθεί με την παρατήρηση ότι καθώς το νερό διαφεύγει, παραδίδοντας ένα μέρος των τάσεών του στο στερεό σκελετό, αναγκάζει τον ιστό του τσιμεντοπολτού να συμπυκνωθεί. Αυτή η βαθμιαία συμπύκνωση ακολουθεί τους νόμους των ιξώδων σωμάτων. Τα κοκκώδη συστατικά του πήγματος του τσιμεντοπολτού, ακόμη και όταν βρεθούν σε απευθείας επαφή, δεν αντιδρούν αμέσως σαν απολύτως στερεά-ελαστικά σωματίδια. Έτσι, έχουμε βραδείες παραμορφώσεις του συνόλου οφειλόμενες, όχι πλέον στη διαφυγή της υγρής φάσεως αλλά, στη συμπύκνωση του πήγματος. Αυτό ακριβώς το τμήμα των χρόνιων παραμορφώσεων θα μπορούσαμε να ονομάσουμε «δευτερογενή ερπυσμό».

Συμπερασματικά, αυτό που κάθε φορά αυξάνει ή μειώνει τον ερπυσμό είναι:

- Κάθε τι που μειώνει τα παντοειδή κενά του σκυροδέματος μειώνει και τον ερπυσμό, γιατί καθιστά πιο δευτερεύοντα το ρόλο της υγρής φάσεως, δίνοντας στο στερεό σκελετό πιο σημαντική ανάληψη τάσεων. Τέτοιες είναι οι περιπτώσεις:

    1. Μικρός όγκος τσιμεντοπολτού (λίγο νερό, γερή συμπύκνωση).

2. Μεγάλη αντοχή.
3. Μεγάλη διάμετρος μέγιστου κόκκου σκύρων διότι συνήθως αυτό έχει πρωταρχική συνέπεια την μείωση του τσιμεντοπολτού. Επίσης επειδή το σκυρόδεμα είναι σύνθετο υλικό αποτελούμενο από τσιμεντοπολτό (πήγμα), αδρανή και νερό κάθε παράγοντας που ελαττώνει τον ερπυσμό των αδρανών ελαττώνει και τον ερπυσμό του σκυροδέματος.

- Κάθε τι που λιγοστεύει το νερό που έχει απομείνει μέσα στο μπετόν μειώνει και τον ερπυσμό. Τέτοια είναι η περίπτωση της συντήρησης σε όσο γίνεται ξηρότερο περιβάλλον πριν από τη φόρτιση.
- Κάθε τι που αναβάλλει την ανάληψη τάσεων από το στερεό ιστό του σκυροδέματος συμβάλλει στη μείωση του ερπυσμού. Διότι όταν αργότερα αναληφθούν οι τάσεις η αντοχή και το μέτρο ελαστικότητας θα είναι μεγαλύτερα. Τέτοιες είναι οι ακόλουθες περιπτώσεις:
    1. Εκτέλεση της προεντάσεως σε μεγαλύτερη ηλικία.
    2. Χρήση τσιμέντων ταχύτερης αναπτύξεως της αντοχής.

Επίσης κάθε τι που δυσκολεύει την απώλεια νερού από το σκυρόδεμα μειώνει τον ερπυσμό όπως:

1. Μεγαλύτερη επικρατούσα υγρασία στην ατμόσφαιρα.
2. Μεγαλύτερες διαστάσεις των κατασκευαστικών στοιχείων

Τέλος, γενικά οι υψηλές θερμοκρασίες, μειώνοντας το ιξώδες του νερού, επιταχύνουν την εκδήλωση του ερπυσμού και περισσότερο σε σχετικά μικρή ηλικία του σκυροδέματος.

5.2.3. Ερπυσμός και συστολή ξήρανσης

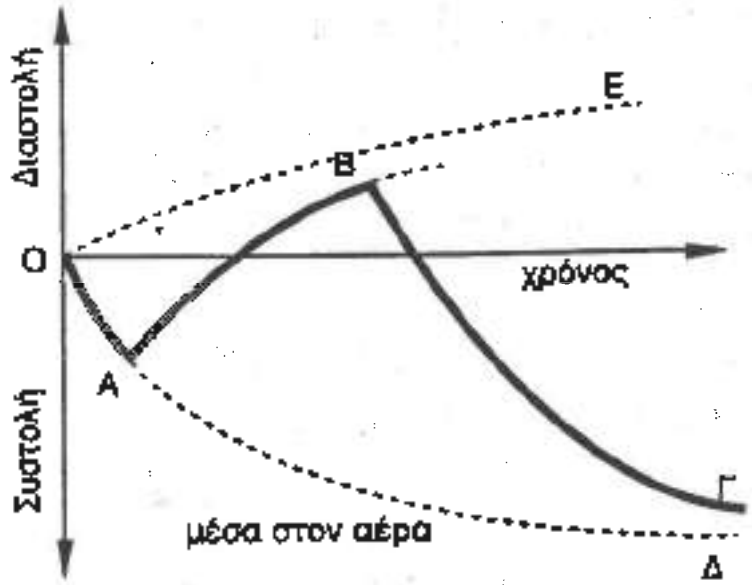
Το σκυρόδεμα, ακόμα και με απουσία εφαρμοζόμενης φόρτισης, υπόκειται σε παραμόρφωση λόγω αλλαγών του όγκου που οφείλονται σε αλλαγές στην περιεκτικότητα του νερού, σε μακροχρόνιες χημικές διαδικασίες που εμφανίζονται στο τσιμέντο και από θερμική διαστολή. Η πιο σημαντική από αυτές τις αλλαγές είναι η συστολή ξήρανσης, η οποία είναι μείωση του όγκου σκυροδέματος λόγω απώλειας νερού από εξάτμιση ή ενυδάτωση του τσιμέντου, ή ενανθράκωση. Τα αδρανή του σκυροδέματος, εκτός σπανίων εξαιρέσεων, δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές όγκου με την αυξομείωση της περιεχόμενης υγρασίας. Για το λόγο αυτό οι μεταβολές όγκου οφείλονται κυρίως στον τσιμεντοπολτό. Τα αδρανή, αντιθέτως, λόγω της μεγάλης αναλογίας 65%-80% κ.ο. με την οποία συμμετέχουν στην δημιουργία του σκυροδέματος, μετριάζουν τις συνέπειες της μεταβολής του όγκου του τσιμεντοπολτού. Το αντίθετο αποτέλεσμα της συστολής είναι η διόγκωση του σκυροδέματος κατά την ενυδάτωση. Η διόγκωση είναι συνήθως μια τάξη μεγέθους μικρότερη από τη συστολή ξήρανσης, και δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό.

Ο ερπυσμός και η συστολή ξήρανσης είναι αλληλοσχετιζόμενα φαινόμενα. Αυτές οι καθυστερημένες παραμορφώσεις του φορτιζόμενου ή αφόρτιστου σκυροδέματος μπορούν να ληφθούν υπόψη σαν δύο όψεις ενός μόνο φυσικού φαινομένου (της μεταβολής των υγρομετρικών συνθηκών μέσα στην μάζα του σκυροδέματος).

Η συστολή ξήρανσης μπορεί να αποδοθεί στις αναπτυσσόμενες πιέσεις από την εξάτμιση του νερού των τριχοειδών για ξήρανση σε περιβάλλον σχετικής υγρασίας μέχρι 40%-50%. Στα επίπεδα αυτών των σχετικών υγρασιών θεωρείται ότι το νερό έχει εξατμιστεί από όλα τα τριχοειδή, τα οποία είναι πλέον άδεια και δεν ασκείται καμία θλιπτική δύναμη στο στερεά του πήγματος. Απόδειξη του ότι η χρόνια

συστολοδιαστολή οφείλεται οπωσδήποτε στη δράση του νερού είναι το γεγονός ότι, εάν η εξάτμιση γίνει ύστερα από κατάψυξη (μετατροπή του νερού απευθείας από τη στερεά στην αέριο κατάσταση) η ξήρανση του υλικού πραγματοποιείται χωρίς την εμφάνιση της συστολής.

Η καμπύλη εξελίξεως της χρόνιας συστολής στον αέρα και της διαστολής μέσα στο νερό είναι εκθετικής μορφής, όπως η καμπύλη ΟΑΔ του σχήματος 5-4. Η καμπύλη ΟΑΔ παριστάνει την ιδεατή μορφή της σχέσεως $\varepsilon_o = \varepsilon(t)$ με την προϋπόθεση σταθερών εξωτερικών συνθηκών.



Σχήμα 5-4. Σχηματική μεταβολή της συστολής ή διαστολής του σκυροδέματος με το χρόνο [5]

Στην πραγματικότητα όμως οι συνθήκες του περιβάλλοντος δεν παραμένουν σταθερές και επομένως η καμπύλη εξελίξεως της συστολής μεταβάλλεται συνεχώς.

Στην περίπτωση διαδοχικής συντηρήσεως στον αέρα και μέσα στο νερό, η αντίστοιχη καμπύλη θα είχε τη μορφή της καμπύλης ΟΑΒΓ. Στην τελευταία περίπτωση παρατηρούμε ότι η διαδοχή συστολών και διαστολών οδηγεί σε μικρότερες τελικές τιμές.

Η χρόνια συστολή είναι γενικά φαινόμενο βλαπτικό και ανεπιθύμητο. Όταν η συστολή παρεμποδίζεται, μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ρηγματώσεων από τις εφελκυστικές τάσεις που αναπτύσσονται. Συνηθισμένη είναι η περίπτωση της ρηγματώσεως στοιχείων μεγάλου πάχους από την ανομοιόμορφη ξήρανση του εσωτερικού και της επιφάνειας του στοιχείου. Τα επιφανειακά στρώματα ξηραίνονται γρηγορότερα από το εσωτερικό, και επομένως ο διαφορετικός βαθμός συστολής έχει αποτέλεσμα τη ρηγμάτωση του στοιχείου. Η ρηγμάτωση βέβαια δεν εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της διαφορετικής συστολής, αλλά και από τις ελαστικές ιδιότητες του υλικού (μέτρο ελαστικότητας και αντοχή σε εφελκυσμό).

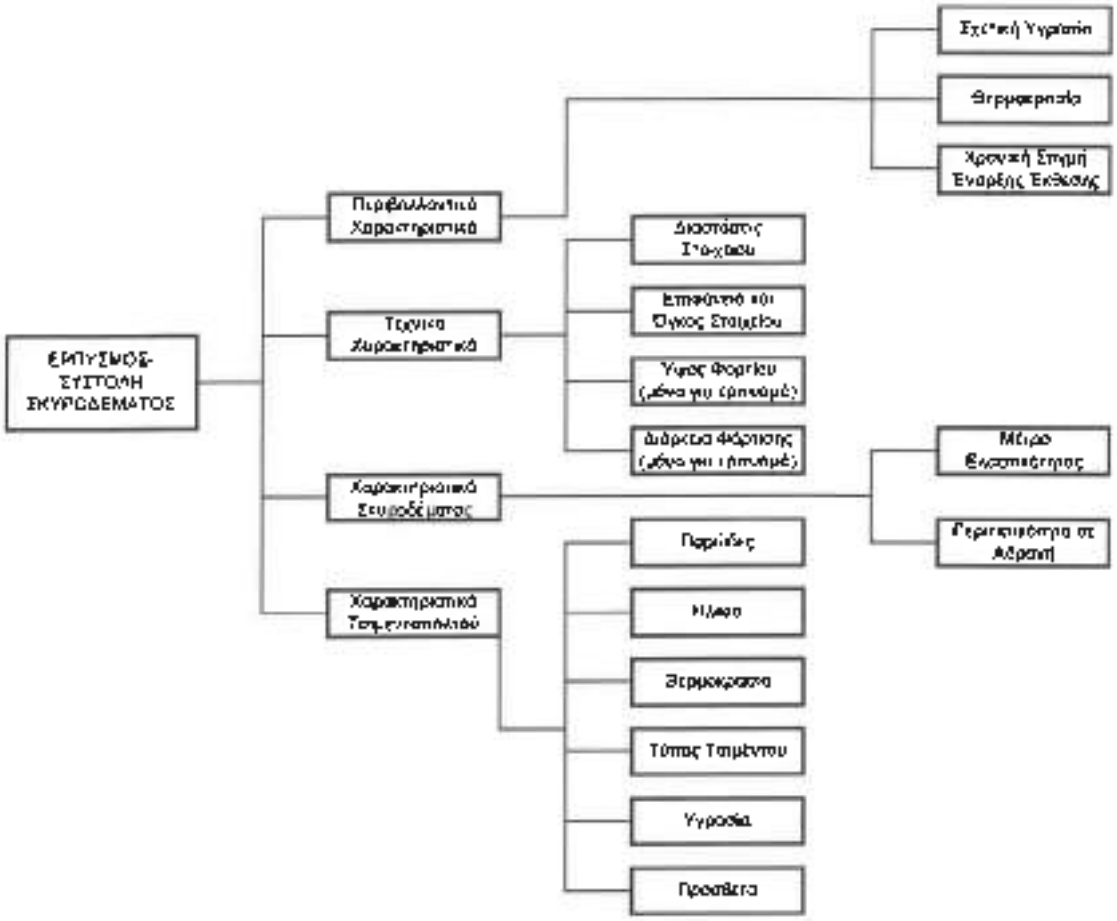
Άλλο σημείο ανάπτυξης εφελκυστικών τάσεων είναι η μεταξύ αδρανών και τσιμεντοπολτού επιφάνεια, λόγω της συρρίκνωσης του τελευταίου ως προς τα ακίνητα αδρανή. Στην επιφάνεια αυτή δημιουργούνται εγγενείς μικρορηγματώσεις.

Το μέγεθος της συστολής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως αναλυτικά περιγράφονται πιο κάτω και γι' αυτό το λόγο και η πρόβλεψη, της συστολής έχει μόνο ποιοτικό χαρακτήρα. Η συνολική συστολή στο κοινό σκυρόδεμα κυμαίνεται μεταξύ 0,1-1,0 mm/m [11] Οι τιμές αυτές και οι τιμές που αναφέρονται στους κανονισμούς περιλαμβάνουν, γενικά, και τη συστολή της πήξεως, γιατί στις εφαρμογές ενδιαφέρει η συνολική μικτή τιμή. Τα μέγεθος, πάντως, της συστολής πήξεως είναι μικρό ποσοστό της συνολικής συστολής.

Οι πειραματικές πληροφορίες που έχουμε για το φαινόμενο της χρόνιας συστολής του σκυροδέματος συνοψίζονται στα ακόλουθα: [5]

1. Το μέγεθος της συστολής εξαρτάται από το είδος και την ποιότητα του τσιμέντου Όσο πιο λεπτή είναι η άλεση τόσο περισσότερο αυξάνεται η συστολή. Τα τσιμέντα γρήγορης αναπτύξεως της αντοχής παρουσιάζουν μεγαλύτερη συστολή από τα κοινά τσιμέντα Πόρτλαντ, και τα αργιλικά ακόμη μεγαλύτερη.
2. Η συστολή αυξάνεται με την αύξηση της ποσότητας του τσιμέντου. Εφόσον έδρα των ογκομετρικών μεταβολών είναι ο τσιμεντοπολτός, είναι φυσικό να αυξάνεται όσο αυξάνεται η ποσοστιαία αναλογία του. Γι' αυτό το λόγο και η συστολή της τσιμεντοκονίας είναι πολύ μεγαλύτερη από τη συστολή του σκυροδέματος.
3. Ελαττώνεται όσο αυξάνεται η αντοχή. Επομένως αυξάνεται με την αύξηση του ύδατος αναμείξεως και με το πορώδες.
4. Εξαρτάται από την ποιότητα και τη φύση των αδρανών. Αδρανή πορώδη και υδαταπορροφητικά μεγαλώνουν τη συστολή, γιατί απορροφούν νερό επιταχύνοντας τη ξήρανση, αλλά και λόγω της παραμορφωσιμότητας αυτών, δηλαδή του μικρού μέτρου ελαστικότητας. Η συστολή αυξάνεται, επίσης όσο περισσότερο λεπτόκοκκα είναι τα αδρανή.
5. Η συστολή εξαρτάται από τη μορφή και τις διαστάσεις του στοιχείου. Αυξάνεται όσο οι διαστάσεις του στοιχείου ελαττώνονται. Τούτο εξηγείται από τη γρηγορότερη ξήρανση, λόγω της μεγαλύτερης ειδικής επιφάνειας.
6. Εξαρτάται από τις υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Αυξάνεται με την ελάττωση της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας, γιατί μ' αυτόν τον τρόπο διευκολύνεται η ξήρανση.

Τόσο η συστολή ξήρανσης όσο και ο ερπυσμός είναι φαινόμενα τα οποία συνδέονται άμεσα με μετακινήσεις γενικά του νερού που περιέχεται στη μάζα του τσιμεντοπολτού, είτε αυτές λαμβάνουν χώρα υπό την επίδραση εξωτερικού φορτίου (ερπυσμός), είτε υπό την επίδραση ξήρανσης ή διύγρανσης (συστολή-διόγκωση), πρόκειται δηλαδή για το ίδιο φαινόμενο το οποίο προκαλείται από διαφορετικές αιτίες. Είναι, επομένως, φυσικό να εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ερπυσμό και τη συστολή μαζί Οι κυριότεροι από αυτούς αναφέρονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 5-5, Παράγοντες που επηρεάζουν τον ερπυσμό και τη συστολή ξήρανσης.[11]

5.2.4. Ερπυσμός σκυροδέματος και κατασκευές

Η αντοχή και η παραμορφωσιμότητα των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα εξαρτώνται σημαντικά από τη συνάφεια μεταξύ χάλυβα και σκυροδέματος. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αυτού είναι και η χαλάρωση της συνάφειας υπό «σταθερή ολίσθηση» και η αύξηση της ολισθήσεως υπό σταθερή τάση συνάφειας (ερπυσμός). Μερικά χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς των κατασκευών στο χρόνο, όπως π.χ. εξέλιξη ανοίγματος ρωγμών και αντίστοιχων παραμορφώσεων, εξαρτώνται από τον ερπυσμό και την χαλάρωση της συνάφειας. Στις κατασκευές, ο ερπυσμός και η χαλάρωση της συνάφειας είναι δύο φαινόμενα στενά αλληλοσυνδεόμενα. Κάθε ερπυστική αύξηση της τοπικής ολισθήσεως συμβάλλει στη μείωση της τοπικής τάσεως συνάφειας, και αντιστρόφως.

Οι θεωρίες του ερπυσμού και της συστολής ξήρανσης, όπως αναπτύχθηκαν για το οπλισμένο σκυρόδεμα, απαιτούν προσαρμογή πριν εφαρμοστούν σε σύμμικτες κατασκευές. Κατά τη διάρκεια της σκυροδέτησης το νωπό σκυρόδεμα σκληραίνει βαθμιαία με την διαδικασία της ενυδάτωσης. Αυτή η χημική αντίδραση απελευθερώνει θερμότητα προκαλώντας εξάτμιση υγρασίας πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα την συρρίκνωση του υλικού. Όπως η πλάκα είναι συνδεδεμένη με την χαλύβδινη διατομή μέσω διατμητικών συνδέσμων, οι δυνάμεις συρρέκνωσης του σκυροδέματος μεταφέρονται μέσα στη χαλύβδινη διατομή. Αυτές οι δυνάμεις προκαλούν βέλος της σύμμικτης π.χ δοκού. Για μικρά ανοίγματα αυτό το βέλος μπορεί να αγνοηθεί, αλλά για πολύ μεγάλα ανοίγματα μπορεί να είναι σημαντικό και

πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ταυτόχρονα, υπό τάση το σκυρόδεμα τείνει να χαλαρώνει δηλαδή να παραμορφώνεται πλαστικά υπό φορτίο ακόμα και αν το φορτίο δεν είναι κοντά στο οριακό. Η παραμόρφωση προκαλεί πρόσθετα, χρονικά εξαρτώμενα, βέλη τα οποία πρέπει να συνυπολογισθούν γιατί είναι αρκετά σημαντικά στις σύμμικτες δοκούς.

Οι ερπυστικές παραμορφώσεις του σκυροδέματος είναι σημαντικές και μπορεί να φθάσουν το τετραπλάσιο έως και πενταπλάσιο των ελαστικών. Στις σύμμικτες κατασκευές ο χάλυβας συμπεριφέρεται ως ελαστικό, το δε σκυρόδεμα ως ιξωδοελαστικό υλικό, πράγμα το οποίο προκαλεί μια βαθμιαία ανακατανομή της έντασης. Για μακροχρόνια φόρτιση (ερπυσμός) μικραίνει το μέτρο ελαστικότητας του σκυροδέματος, μειώνεται η δυσκαμψία του και έτσι συμβαίνει εσωτερική ανακατανομή της έντασης από το σκυρόδεμα στο χάλυβα

5.2.5. Ερπυσμός και προένταση

Η σημασία του ερπυσμού για το προεντεταμένο σκυρόδεμα είναι θεμελιώδης, αφού η ίδια η προένταση δημιουργεί τη μείωσή της, εξ' αιτίας του ερπυσμού του σκυροδέματος υπό τάση και της αντίστοιχης σύγκλισης των άκρων αγκυρώσεως του τένοντος. Η παρουσία κοινού οπλισμού μέσα στο μπετόν κατά την διεύθυνση της φορτίσεως δημιουργεί πρόσθετη μείωση του ερπυσμού, για καθαρά μηχανικούς λόγους επειδή το μπετόν βραχυνόμενο εμποδίζεται από τους οπλισμούς αυτούς, που έχουν δεκαπλάσιο περίπου μέτρο ελαστικότητας, και ανακουφίζεται. Έτσι οι τάσεις θλίψεως μεταφέρονται στον οπλισμό και το συνολικό αποτέλεσμα βραχύνσεως είναι πολύ μικρότερο κάτι που δεν ισχύει στο προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Ταυτόχρονα εμφανίζεται και η συστολή ξηράνσεως, η οποία οδηγεί σε βαθμιαία μείωση της δύναμης προεντάσεως στους προεντεταμένους φορείς. Η παρουσία της συστολής είναι αρκετά ενοχλητική γιατί υφίσταται και μετά την προένταση, οδηγεί σε απώλεια προεντάσεως αφού η συστολή μιας δοκού σημαίνει σύγκλιση των άκρων της όπου αγκυρώνονται οι τένοντες. Εξ' άλλου η συστολή ξηράνσεως είναι η αιτία πολλών ρηγματώσεων της επιφάνειας των φορέων. Στις εφαρμογές, όπως στον υπολογισμό των τάσεων που αναπτύσσονται ή της απώλειας προεντάσεως, ενδιαφέρουν τα ακόλουθα μεγέθη: Η συνολική ή τελική συστολή (το μέγεθος της συστολής μετά την ολοκλήρωση του φαινομένου), η ταχύτητα αναπτύξεως της συστολής και η υπολειπόμενη συστολή από κάποια χρονική στιγμή και πέρα.

5.3. *Ερπυσμός ασφάλτου και παραμένουσα παραμόρφωση*

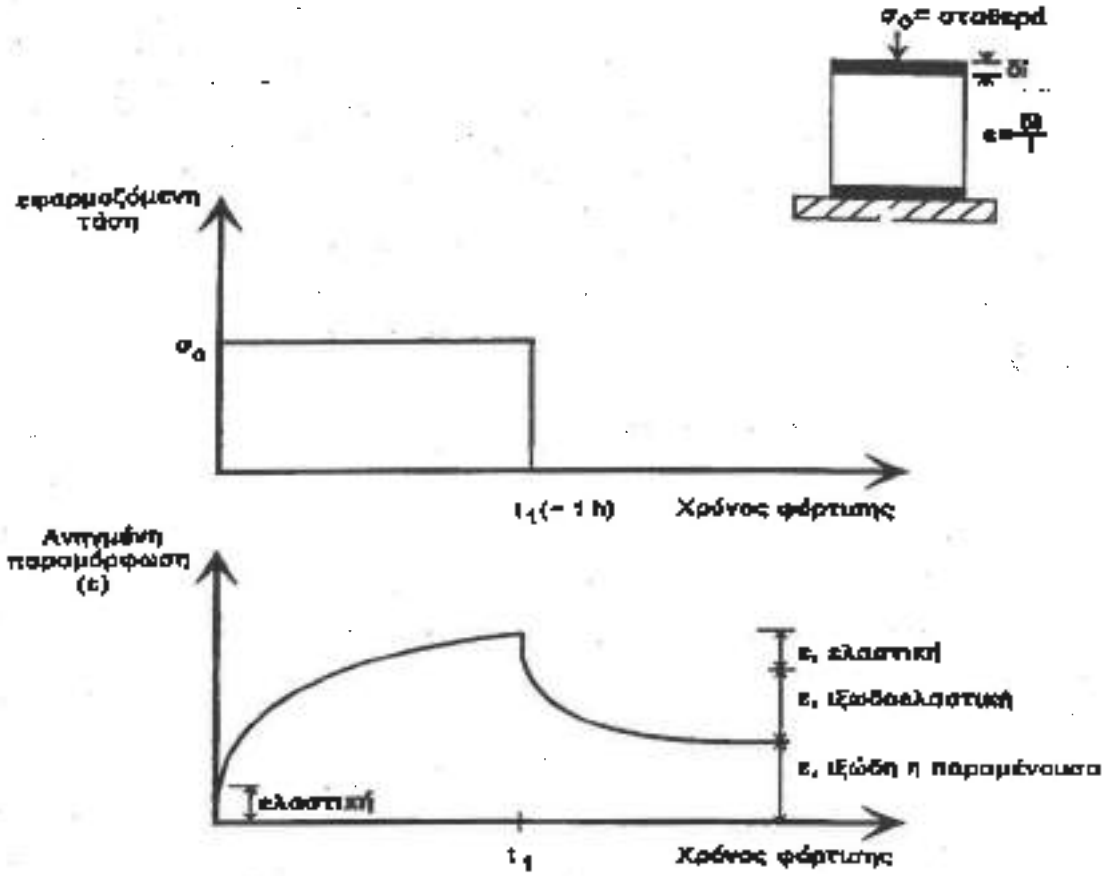
5.3.1. Εισαγωγή

Τα ασφαλτομίγματα όταν φορτίζονται παραμορφώνονται, όπως όλα τα δομικά υλικά. Πλην όμως η παραμόρφωση που επέρχεται δεν αποκαθίσταται πλήρως με την απομάκρυνση του φορτίου. Το μέρος που δεν αποκαθίσταται ή δεν αναιρείται ονομάζεται παραμένουσα παραμόρφωση. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη μη ελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου, η οποία είναι γνωστή ως ιξωδοελαστική συμπεριφορά. Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου και κατά επέκταση του ασφαλτομίγματος εμπεριέχει, συνεπώς, μία ενδογενή ιδιότητα, την παραμένουσα παραμόρφωση.

Μία από τις κύριες μορφές αστοχιών του οδοστρώματος είναι το φαινόμενο της «αυλάκωσης» των οδοστρωμάτων, που έχει σαν αιτία εμφάνισής του την παραμένουσα παραμόρφωση των ασφαλτικών μιγμάτων. Στην Ελλάδα πολλά

ασφαλτικά οδοστρώματα παρουσιάζουν έντονο πρόβλημα επιφανειακής παραμόρφωσης, η οποία κατά κύριο λόγο οφείλεται στο ασφαλτόμιγμα.

Η παραμένουσα παραμόρφωση είναι το αποτέλεσμα της παραμορφωσιμότητας του ασφαλτομίγματος, δηλαδή της δυνατότητας του ασφαλτομίγματος να παραμορφωθεί κάτω από την επίδραση αξονικών φορτίων, λόγω της μη-ελαστικής συμπεριφοράς αυτού (ιξωδοελαστική), βλέπε σχήμα 5-6. Όπως φαίνεται στο σχήμα, με την εφαρμογή τάσης σ_0, για κάποιο χρονικό διάστημα, επέρχεται μία παραμόρφωση που ορίζεται από την καμπύλη. Αμέσως μετά την απομάκρυνση της τάσης ένα μέρος της παραμόρφωσης αναιρείται, αυτή είναι η ελαστική παραμόρφωση. Με την πάροδο του χρόνου ένα μέρος της παραμόρφωσης αναιρείται σταδιακά, που είναι η ιξωδοελαστική παραμόρφωση. Η εναπομένουσα παραμόρφωση, ανεξαρτήτως χρόνου, ονομάζεται παραμένουσα παραμόρφωση. Κάθε φόρτιση επιφέρει και μία απειροελάχιστη παραμένουσα παραμόρφωση η οποία αθροιζόμενη δίνει την αυλάκωση του τάπητα.



Σχήμα 5-6, Σχηματική παράσταση ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς ασφαλτομίγματος [3]

5.3.2. Μέτρο δυσκαμψίας ασφαλτομίγματος

Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος σε συνδυασμό με τη μεγάλη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων των συστατικών του ασφαλτομίγματος καθώς και των αναλογιών αυτών στο ασφαλτόμιγμα, κάνουν την αποτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος αρκετά δύσκολη υπόθεση. Στους αναλυτικούς

υπολογισμούς καθορισμού της μηχανικής συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος καθιερώθηκε να χρησιμοποιούνται δύο μέτρα δυσκαμψίας. Το ελαστικό ή δυναμικό μέτρο δυσκαμψίας, που μετράται κάτω από συνθήκες όπου ο χρόνος φόρτισης είναι πολύ μικρός και η θερμοκρασία ελέγχου κανονική (20 ^{o}C) και το ιξώδες ή στατικό μέτρο δυσκαμψίας, όπου ο χρόνος φόρτισης είναι μεγάλος και η θερμοκρασία ελέγχου υψηλή (40-60 ^{o}C).

Το στατικό μέτρο δυσκαμψίας χρησιμοποιείται στην εκτίμηση της αντίστασης του ασφαλτομίγματος σε παραμένουσα παραμόρφωση και ο καθορισμός του γίνεται εργαστηριακά με συσκευές που επιβάλλουν μονοαξονικό στατικό φορτίο για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα. Η δοκιμή αυτή είναι γνωστή ως δοκιμή ερπυσμού. Με τη δοκιμή αυτή καθορίζεται η συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος σε παραμένουσα παραμόρφωση. Η γνώση του στατικού μέτρου δυσκαμψίας του ασφαλτομίγματος παρέχει επίσης τη δυνατότητα πρόβλεψης της παραμένουσας παραμόρφωσης των ασφαλτικών ταπήτων.

5.3.3. Δοκιμή ερπυσμού με στατικό φορτίο

Κατά την δοκιμή ερπυσμού το δοκίμιο του ασφαλτομίγματος υποβάλλεται σε σταθερό μονοαξονικό φορτίο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και σε σταθερή θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι συνθήκες ελέγχου έχουν καθιερωθεί σε διεθνές συνέδριο, και είναι: επιβαλλόμενη σταθερή τάση 0,1 Mpa, θερμοκρασία ελέγχου 40 ^{o}C και χρόνος φόρτισης 1 ώρα. Πριν την εφαρμογή της επιβαλλόμενης τάσης στο δοκίμιο επιβάλλεται, για δύο λεπτά, μικρή τάση 0.01 Mpa (τάση προετοιμασίας δοκιμίου), για να διασφαλιστεί η καλή επαφή της φορτιζόμενης πλάκας με την επιφάνεια του δοκιμίου. Το δοκίμιο πρέπει να έχει παράλληλες και λείες επιφάνειες ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη τριβής μεταξύ των μεταλλικών πλακών και των επιφανειών του δοκιμίου. Η παραμόρφωση μετράται σε τακτά χρονικά διαστήματα, συνήθως μετά από 5, 10, 20, 40, 60, 120, 300, 600, 2400 και 3600sec.

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι διάφορες και ποικίλουν από τροποποιημένες συσκευές άλλων δοκιμών, όπως το τροποποιημένο οιδήμετρο ή τροποποιημένη τριαξονική συσκευή, έως συσκευές που σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ειδικά για αυτόν τον έλεγχο. Οι συσκευές διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο επιβολής του φορτίου. Δηλαδή, το φορτίο επιβάλλεται είτε ολόκληρο, με την βοήθεια μεταλλικών δίσκων είτε χρησιμοποιώντας σύστημα μοχλού, οπότε χρησιμοποιείται υποπολλαπλάσιο φορτίο, είτε χρησιμοποιώντας συμπιεσμένο αέρα, όπου το φορτίο εξασκείται διαμέσου εμβόλου.

Η συμπεριφορά των ασφαλτομιγμάτων σε ερπυσμό ακολουθεί τη μορφή της καμπύλης του σχήματος 5-6. Με τη επιβολή σταθερής θλιπτικής τάσης(σ_o) για χρονικό διάστημα (t_1) η ανηγμένη παραμόρφωση αυξάνει αρχικά με ταχύ ρυθμό που ελαττώνεται αργότερα και σύντομα σταθεροποιείται. Μετά την απομάκρυνση της επιβαλλόμενης τάσης η ελαστική παραμόρφωση ανακτάται άμεσως και κατόπιν σταδιακά η ιξωδοελαστική παραμόρφωση. Στο τέλος παραμένει η ιξώδης ή πλαστική ή παραμένουσα παραμόρφωση. Το άθροισμα αυτών των απειροελάχιστων μη αναιρέσιμων παραμορφώσεων είναι η αιτία της παραμόρφωσης του οδοστρώματος που εμφανίζεται με την μορφή αυλάκωσης.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι, η εκτέλεση της δοκιμής ερπυσμού δίνει τη δυνατότητα να είναι δυνατή η εκτίμηση-πρόβλεψη της παραμένουσας παραμόρφωσης που θα επέλθει στο οδόστρωμα μετά από n-χρόνια λειτουργίας. Έτσι είναι δυνατόν να διαπιστωθεί εάν το συγκεκριμένο οδόστρωμα θα παραμορφωθεί πρόωρα και γενικότερα να διαπιστωθεί εάν η παραμόρφωση των ασφαλτικών στρώσεων του οδοστρώματος θα είναι η κύρια αστοχία σε σύγκριση με άλλες αστοχίες, όπως ρηγμάτωση. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ χρήσιμη ιδιαίτερα

σε χώρες όπου η παραμορφωσιμότητα των τοπήτων είναι βασική και συχνή μορφή αστοχίας.

5.3.4. Δοκιμή ερπυσμού με επαναλαμβανόμενο φορτίο

Η δοκιμή ερπυσμού με επαναλαμβανόμενο φορτίο πιθανόν να ακούγεται σχήμα οξύμωρο δεδομένου ότι στη δοκιμή ερπυσμού επιβάλλεται πάντοτε σταθερό φορτίο για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η δοκιμή αυτή άρχισε να χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια από ορισμένους ερευνητές δεδομένου ότι ο τρόπος φόρτισης προσομοιάζει καλύτερα την πραγματική φόρτιση των οδοστρωμάτων. Η διαφορά αυτής της δοκιμής είναι ότι το φορτίο που επιβάλλεται είναι περίπου τετραγωνικής μορφής και η διάρκεια φόρτισης μεγαλύτερη αυτής που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του ελαστικού μέτρου δυσκαμψίας.

Κατά τη δοκιμή χρησιμοποιούνται δοκίμια 100 ή 150mm, ο χρόνος φόρτισης είναι συνήθως 1sec και ο χρόνος αποφόρτισης 1sec. Η θερμοκρασία ελέγχου είναι 40 ^{0}C και ο συνολικός χρόνος φόρτισης δύο ώρες. Η δοκιμή σήμερα χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των ασφαλτομιγμάτων, όσον αφορά την συμπεριφορά αυτών σε παραμένουσα παραμόρφωση. Το βασικό πλεονέκτημα της δοκιμής είναι ότι με αυτήν είναι δυνατό να εξετασθεί, με καλή πιστότητα, η θετική επίδραση της χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου στην παραμένουσα παραμόρφωση. Και αυτό διότι ο τρόπος φόρτισης του μίγματος επιτρέπει την ελαστική παραμόρφωση να ανακλαστεί, κατά τη διάρκεια της περιόδου ηρεμίας. Αντιθέτως, στη δοκιμή ερπυσμού με σταθερό φορτίο ουσιαστικά προσμετράται όλη η παραμόρφωση η οποία και λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς. Έτσι στη περίπτωση σχεδιασμού ή αξιολόγησης ασφαλτομιγμάτων με τροποποιημένη άσφαλτο είναι η μόνη ενδεδειγμένη δοκιμή για την εξακρίβωση της συμπεριφοράς αυτών σε παραμένουσα παραμόρφωση.

5.3.5. Παράγοντες που επιδρούν στην παραμένουσα παραμόρφωση

Οι παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη της παραμένουσα παραμόρφωσης των ασφαλτομιγμάτων για δεδομένη θερμοκρασία περιβάλλοντος και με δεδομένο το γεγονός ότι το ασφαλτόμιγμα έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις των προδιαγραφών, είναι:

- ο τύπος της ασφάλτου (σκληρότητα και κοινή ή τροποποιημένη),
- η κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών,
- ο μέγιστος κόκκος των αδρανών,
- και η αναλογία χονδρόκοκκων/λεπτόκοκκων αδρανών στο μίγμα.

Για τον τύπο ασφάλτου γνωρίζουμε ότι όσο πιο σκληρή είναι η άσφαλτος τόσο μικρότερη αναμένεται να είναι η παραμένουσα παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος, ενώ το ασφαλτόμιγμα με μη συνεχή κοκκομετρική διαβάθμιση αδρανών συνήθως παραμορφώνεται περισσότερο από αυτά με συνεχή κοκκομετρική διαβάθμιση των αδρανών (ασφαλτικό σκυρόδεμα). Αντίθετα, όσο μεγαλύτερος είναι ο μέγιστος κόκκος του μίγματος των αδρανών τόσο καλύτερη αναμένεται να είναι η συμπεριφορά του μίγματος σε παραμένουσα παραμόρφωση. Τέλος η αύξηση του ποσοστού των χονδρόκοκκων αδρανών βελτιώνει το αρχικό ασφαλτόμιγμα.

6. Υλικά, παρασκευή και συντήρηση δοκιμίων

6.1. Σκοπός

Στόχος των πειραμάτων ήταν να μελετηθεί το φαινόμενο του ερπυσμού και οι συνέπειες του σ'ένα οδόστρωμα που περιλαμβάνει στρώση από μίγμα θραυστών και φρεζαρισμένων αδρανών σε διάφορα ποσοστά, με προσθήκη τσιμέντου σε ποσοστό 5% και νερού σε ποσοστό 5,2% επί του συνολικού μίγματος. Στις περιπτώσεις ανακύκλωσης το υλικό αποτελείται κατά ένα μέρος από φυσικά αδρανή και κατά το άλλο μέρος από φρεζαρισμένα αδρανή. Τα φρεζαρισμένα αδρανή αποτελούνται από : α) αδρανή τα οποία είναι επιλυμένα με άσφαλτο, β) από αδρανή τα οποία αποτελούνται από λεπτόκοκκα αδρανή υλικά συγκολλημένα με άσφαλτο (ασφαλτικό κονίαμα), γ) από συνδυασμό των δυο παραπάνω. Η ύπαρξη των αδρανών αυτών μέσα στα μίγματα δημιουργεί σημαντικές μεταβολές στα μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού και η επίδραση αυτή θα είναι μεγαλύτερη όσο αυξάνει το ποσοστό συμμετοχής των φρεζαρισμένων αδρανών. Ειδικότερα επομένως ο σκοπός των πειραμάτων είναι να εξεταστεί το φαινόμενο του ερπυσμού σε μίγματα με διάφορα ποσοστά φρεζαρισμένου υλικού και σε δυο θερμοκρασίες (23-40 ^{o}C).

6.2. Υλικά

Για την παρασκευή των μιγμάτων χρησιμοποιήθηκαν θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), φρεζαρισμένο ασφαλτικό υλικό προερχόμενο από εργασίες συντήρησης οδοστρωμάτων Αθηνών (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), τσιμέντο τύπου CEM IV/B 32,5 και νερό

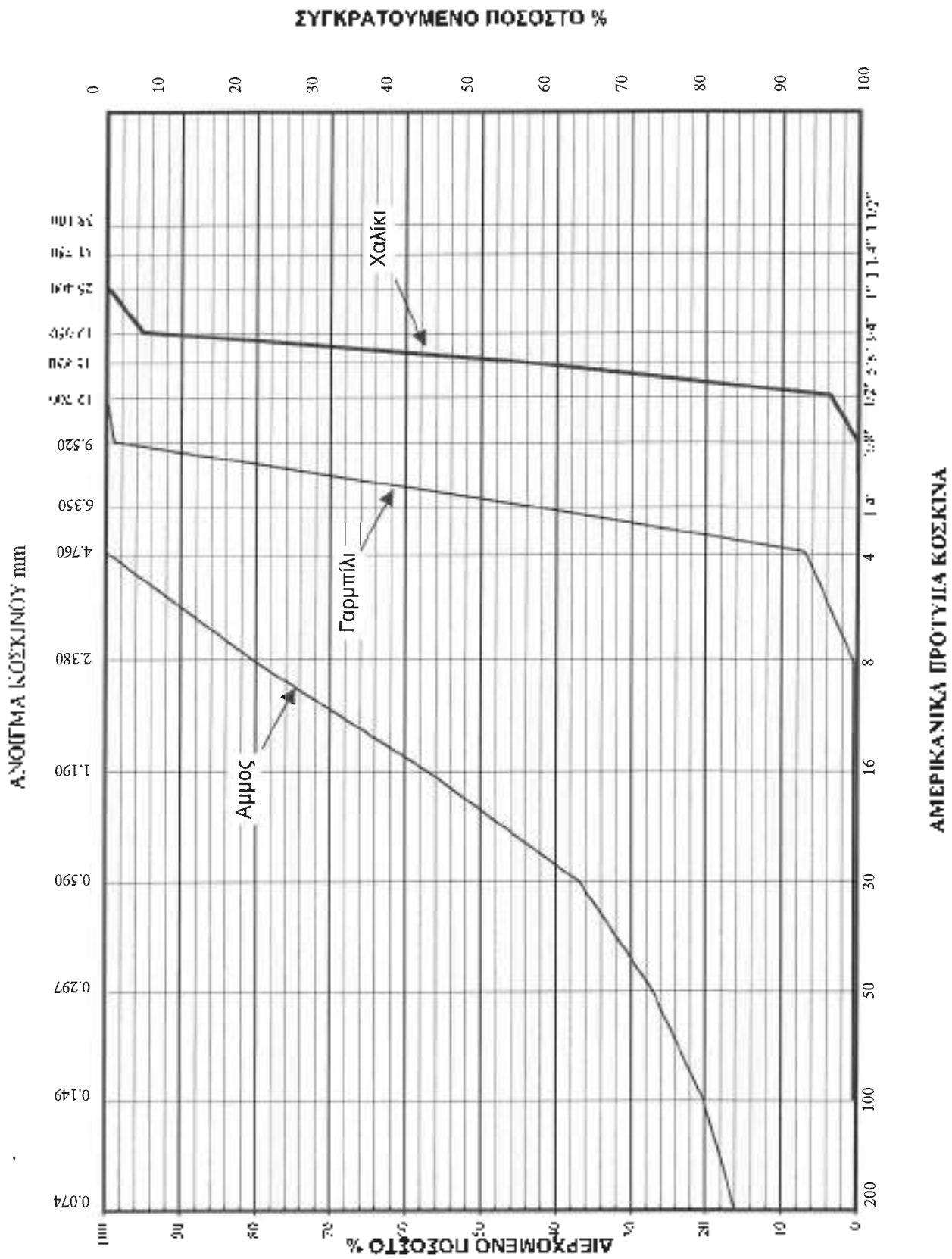
6.3. Δειγματοληψία

- Σε πρώτη φάση τα υλικά ξηράθηκαν προκειμένου να γίνει σωστά η κοκκομετρική ανάλυση τους. Για το χαλίκι απαιτήθηκε κοσκίνισμα έτσι ώστε να απομακρυνθούν κόκκοι μεγαλύτεροι των 19 mm δεδομένου ότι τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή έχουν μικρότερη διάσταση 100 mm. Αυτό είναι απαραίτητο προκειμένου η σχέση μέγιστης διάστασης αδρανών και ελάχιστης διάστασης δοκιμίου να είναι 1:5 (το πολύ 1:4) για να υπάρχει ομοιομορφία τάσεων στη μάζα του δοκιμίου.
- Η άμμος, το γαρμπίλι και το χαλίκι θραυστό και φρεζαρισμένο τετραμερίστηκαν και στη συνέχεια υποβλήθηκαν στη διαδικασία της κοκκομετρικής ανάλυσης.

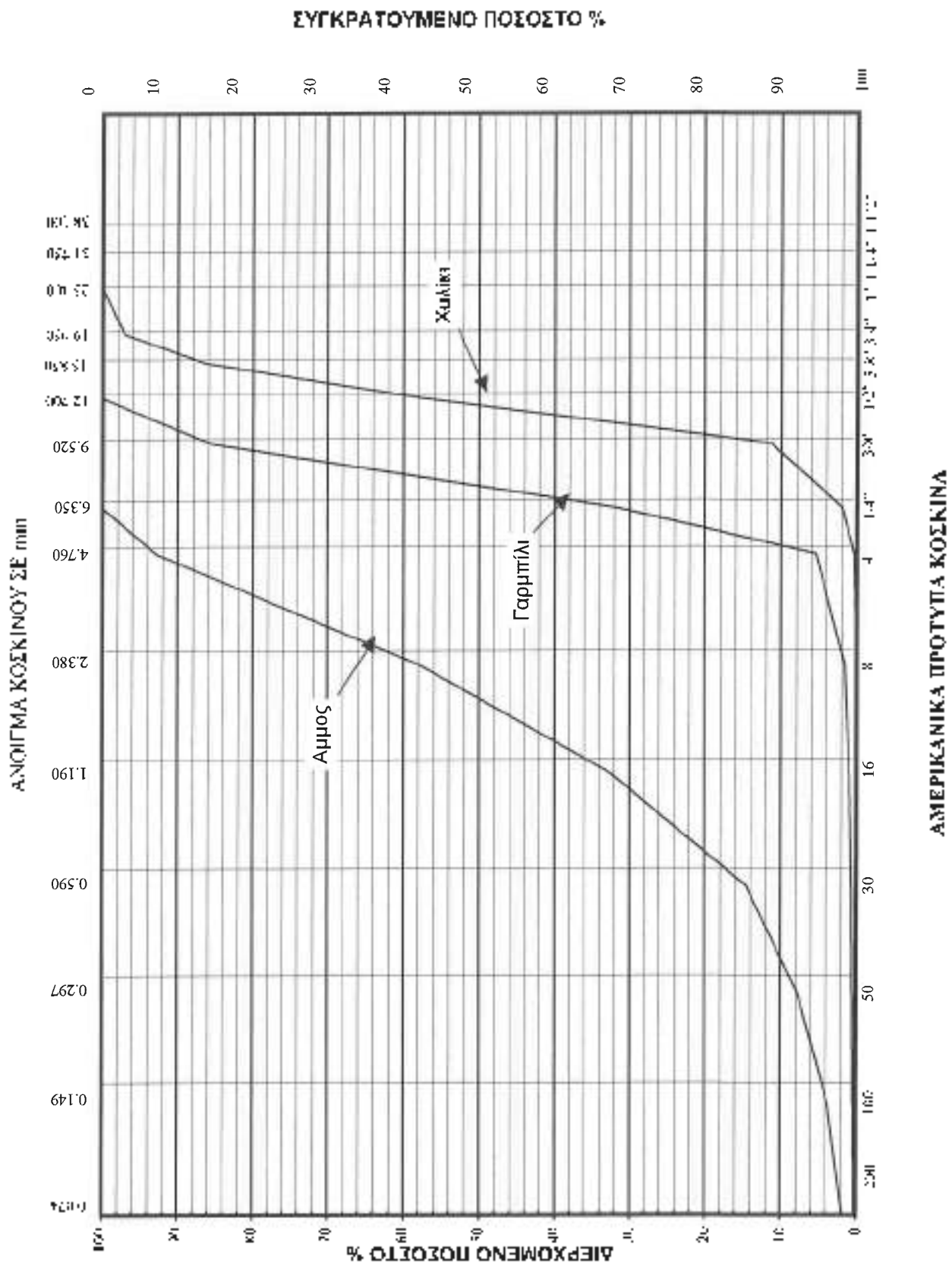
6.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση υλικών

Τα δείγματα των υλικών (2-3 Kg) τοποθετούνται πάνω σε μια σειρά κοσκίνων και δονούνται. Στη συνέχεια ζυγίζονται τα κόσκινα με το υλικό που έχουν συγκρατήσει

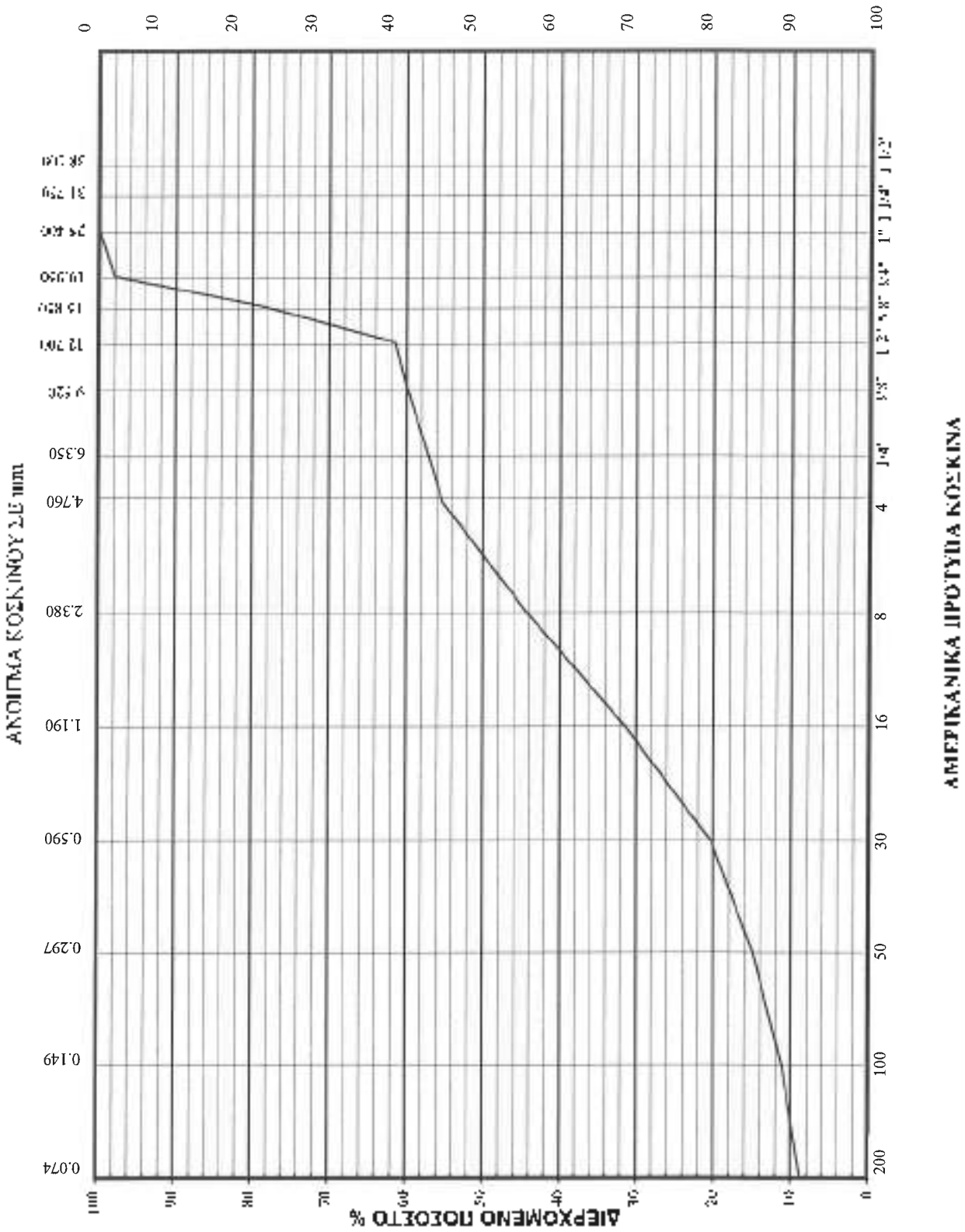
κάθε φορά και προκύπτει η κοκκομετρική διαβάθμιση κάθε δείγματος. Στη περίπτωση της θραυστής άμμου έγινε πλύση του δείγματος με χρήση ενός κόσκινου No 200 και ενός με μεγαλύτερες οπές και κατόπιν η τοποθέτηση της στο φούρνο στους 105 βαθμούς. Τα αποτελέσματα από τα δείγματα που είχαμε φαίνονται παρακάτω:



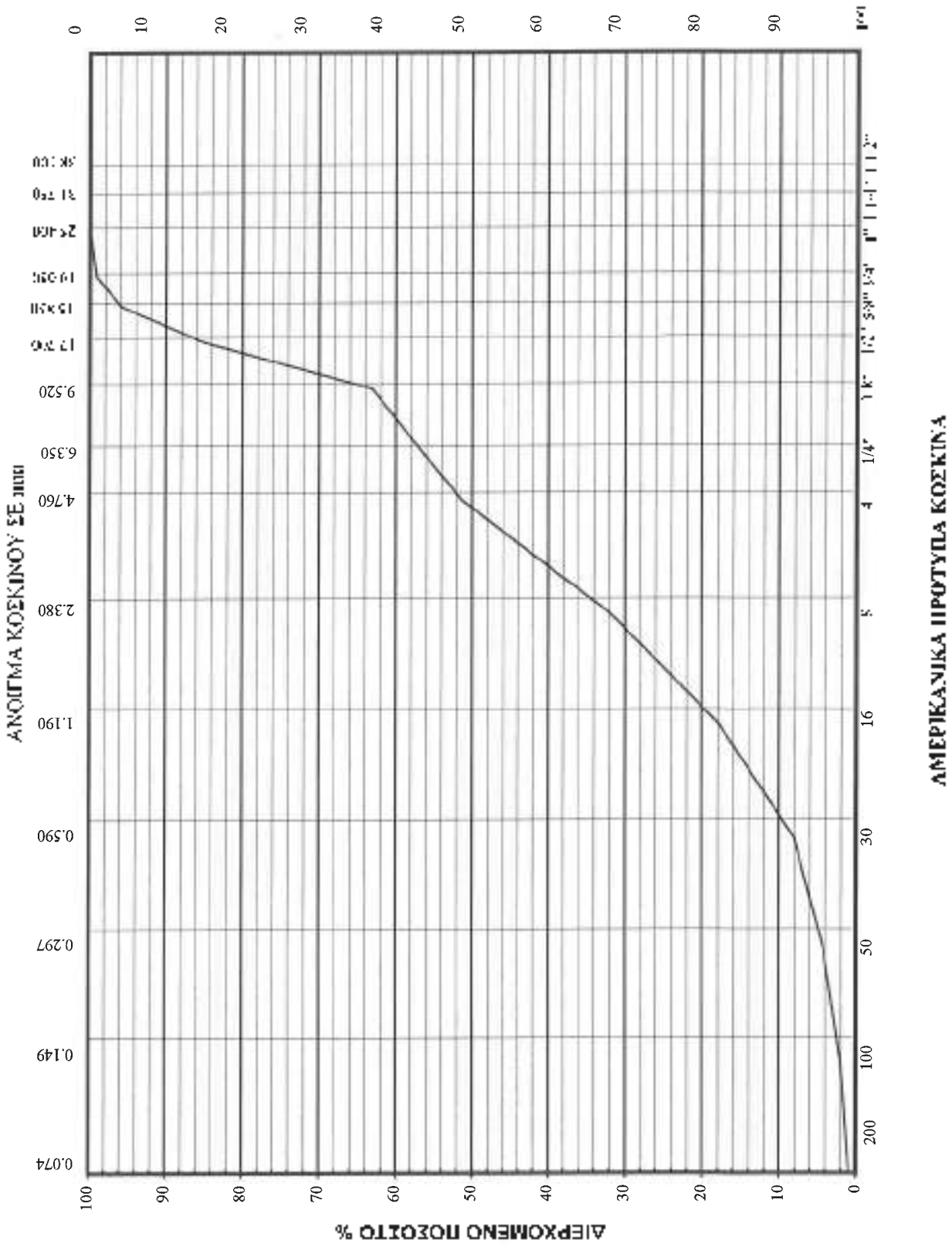
Σχήμα 6-1. Διαγράμματα κοκκομετρικής ανάλυσης θραυστών αδρανών (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι)



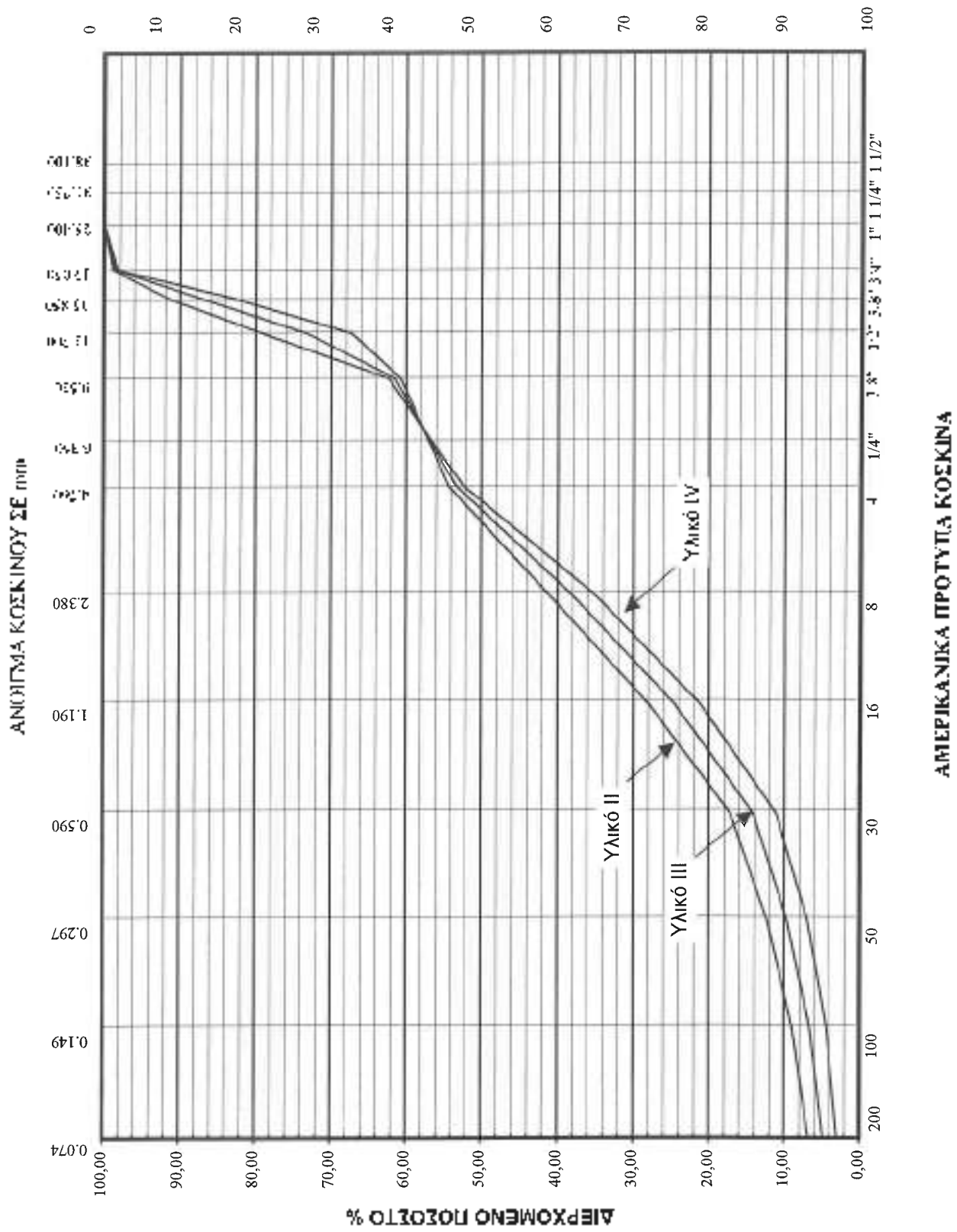
Σχήμα 6-2, Διαγράμματα κοκκομετρικής ανάλυσης φρεζαρισμένων αδρανών



Σχήμα 6-3, Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης μίγματος θραυστών αδρανών (μίγμα I-100/0)



Σχήμα 6-4, Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης μίγματος φρεζαρισμένων αδρανών (μίγμα V-0/100)



Σχήμα 6-5, Διάγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης μιγμάτων II (75/25), III (50/50), IV (25/75)

6.5. Περιγραφή – παρασκευή μιγμάτων

Αρχικά χρησιμοποιούμε ένα μίγμα υλικών που αποτελείται από καθαρά θραυστά ασβεστολιθικά υλικά, τσιμέντο σε ποσοστό 5% και νερό σε ποσοστό 5,2% επί του συνολικού μίγματος και σταδιακά αντικαθιστούμε το θραυστό υλικό με φρεζαρισμένο υλικό της ίδιας διαβάθμισης. Έτσι προέκυψαν πέντε μίγματα με ποσοστά θραυστού / φρεζαρισμένου : 100/0, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100.

Ακολουθεί η διαδικασία του ζυγίσματος. Το ζύγισμα της άμμου, του γαρμπιλιού και του χαλικιού έγινε σε ζυγαριά ανάγνωσης 20 gr ενώ το ζύγισμα του νερού και του τσιμέντου έγινε σε ζυγαριά μεγαλύτερης ακριβείας 0.1 gr.

Μετά το ζύγισμα ένα ένα τα θραυστά υλικά τοποθετήθηκαν στον αναμικτήρα ο οποίος προηγουμένως είχε αλειφθεί με νερό. Πραγματοποιείται η ανάμιξη με τη μισή από την συνολική ποσότητα του νερού για χρόνο τρία λεπτά και κατόπιν το μίγμα σκεπάζεται με πλαστικό φύλλο για χρόνο 15-20 λεπτών σε μια προσπάθεια να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση του νερού. Μετά την πάροδο του χρόνου ρίχνεται το τσιμέντο και το υπόλοιπο νερό και συνεχίζει η ανάμιξη για ακόμα δυο λεπτά.

Εικόνα 6-1, Τοποθέτηση και ανάμιξη των υλικών στον αναμικτήρα

Ακολουθούν τα μίγματα με την σειρά παρασκευής τους :

- **ΜΙΓΜΑ** 100/0

Το μίγμα αυτό αποτελείται από 100% θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), 0% φρεζαρισμένα αδρανή, 5% τσιμέντο και 5,2% νερό επί του συνολικού μίγματος.

- **ΜΙΓΜΑ** 75/25

Το μίγμα αυτό αποτελείται από 75% θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), 25% φρεζαρισμένα αδρανή, 5% τσιμέντο και 5,2% νερό επί του συνολικού μίγματος.

- **ΜΙΓΜΑ 50/50**

Το μίγμα αυτό αποτελείται από 50% θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), 50% φρεζαρισμένα αδρανή, 5% τσιμέντο και 5,2% νερό επί του συνολικού μίγματος.

- **ΜΙΓΜΑ 25/75**

Το μίγμα αυτό αποτελείται από 25% θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), 75% φρεζαρισμένα αδρανή, 5% τσιμέντο και 5,2% νερό επί του συνολικού μίγματος.

- **ΜΙΓΜΑ 0/100**

Το μίγμα αυτό αποτελείται από 0% θραυστά αδρανή (άμμος, γαρμπίλι, χαλίκι), 100% φρεζαρισμένα αδρανή, 5% τσιμέντο και 5,2% νερό επί του συνολικού μίγματος.

Ακολουθεί πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται αναλυτικά τα είδη των μιγμάτων και οι αναλογίες οι οποίες τηρήθηκαν για την παρασκευή των μιγμάτων αυτών.

Χαρακτηριστικά μιγμάτων						
μίγμα	ποσοστό θραυστού	ποσοστό φρεζαρισμένου	είδος θραυστού	ποσοστό θραυστού	είδος φρεζαρισμένου	ποσοστό φρεζαρισμένου
100/0	100%	0%	άμμος	55%	άμμος	0%
			ψηφίδα	5%	ψηφίδα	0%
			χονδρό	40%	χονδρό	0%
75/25	75%	25%	άμμος	41.25%	άμμος	13.75%
			ψηφίδα	3.75%	ψηφίδα	3.75%
			χονδρό	30%	χονδρό	7.50%
50/50	50%	50%	άμμος	27.50%	άμμος	27.50%
			ψηφίδα	2.50%	ψηφίδα	7.50%
			χονδρό	20%	χονδρό	15%
25/75	25%	75%	άμμος	13.75%	άμμος	41.25%
			ψηφίδα	1.25%	ψηφίδα	11.25%
			χονδρό	10%	χονδρό	22.50%
0/100	0%	100%	άμμος	0%	άμμος	55%
			ψηφίδα	0%	ψηφίδα	15%
			χονδρό	0%	χονδρό	30%

Πίνακας 6-1, Χαρακτηριστικά μιγμάτων

Η παρασκευή των παραπάνω μιγμάτων πραγματοποιήθηκε τρεις φορές με στόχο την διεκπεραίωση των εξής δοκιμών: ερπυσμός σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (23 ^{o}C) σε ηλικία 1 και 35 ημερών, ερπυσμός σε θερμοκρασία 40 ^{o}C σε ηλικία 35 ημερών και ερπυσμός με την χρήση της συσκευής M.T.S σε ηλικία 1 ημέρας.

6.6. *Παρασκευή-συμπύκνωση δοκιμίων*

Για την παρασκευή των δοκιμίων χρησιμοποιούνται καλούπια τα οποία έχουν καθαριστεί και επαλειφθεί με ορυκτέλαιο για εύκολο ξεκαλούπωμα. Το υλικό τοποθετείται μέσα στα καλούπια μέχρι την μέση του εσωτερικού τους ύψους και συμπυκνώνεται με την χρήση ηλεκτρόσφυρας. Στη συνεχεία χαράσσεται η επιφάνεια

με την βοήθεια ενός κατσαβιδιού προκειμένου η πρώτη στρώση με τη δεύτερη να ενοποιηθούν καταλλήλως. Κατόπιν προστίθεται η δεύτερη στρώση και το υλικό συμπυκνώνεται ξανά. Η επιφάνεια του κάθε δοκιμίου επιπεδώνεται με την εφαρμογή μεταλλικής πλάκας πάνω στην επιφάνεια του καλουπιού με την χρήση της ηλεκτρόσφυρας.

6.7. Συντήρηση δοκιμίων

Αμέσως μετά την παρασκευή των δοκιμίων, τα δοκίμια τοποθετούνται στο θάλαμο συντηρήσεως σκεπασμένα με βρεγμένη λινάτσα και πλαστική μεμβράνη. Με το πέρας 24 ωρών ξεκαλουπώνουμε τα δοκίμια, τα τοποθετούμε σε νάιλον σακουλές, τις οποίες κλείνουμε καλά για να αποφύγουμε την απώλεια υγρασίας και ανάλογα την χρήση του κάθε δοκιμίου διαφοροποιείται η παραμονή του στο θάλαμο.

7. Δοκιμές

7.1. Δοκιμή μονοαξονικής θλίψης

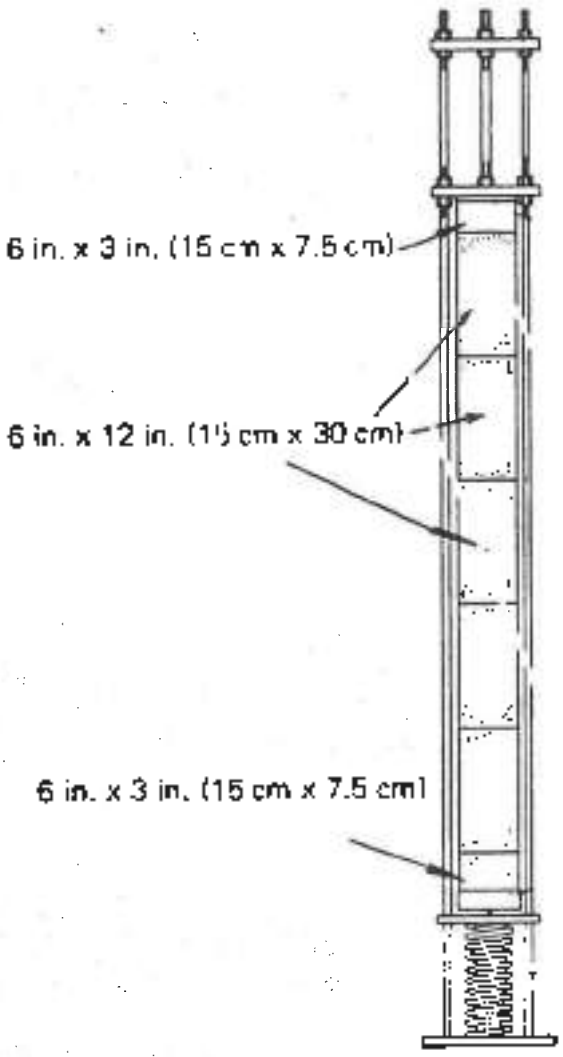
Τα δοκίμια υποβλήθηκαν σε δοκιμή μονοαξονικής θλίψης με ταχύτητα επιβολής φορτίου 2 kN/sec σε ηλικία 1 και 35 ημερών ανάλογα με την χρήση τους. Για την δόκιμη αυτή χρησιμοποιήθηκε πρέσα υψηλής και χαμηλής αντοχής ανάλογα με τα υπόψη δοκίμια. Τα φορτία θραύσης που προέκυψαν χρησιμοποιούνται στη δοκιμή του ερπυσμού.

Εικόνα 7-1. Πρέσες δοκιμής μονοαξονικής θλίψης

7.2. Δοκιμές ερπυσμού

Κατά την δοκιμή ερπυσμού χρησιμοποιήθηκε πλαίσιο το οποίο έχει τη δυνατότητα να εφαρμόζει και να διατηρεί το απαιτούμενο φορτίο στο δοκίμιο που κάθε φορά τοποθετούμε σ'αυτό. Στην πιο απλή του μορφή το πλαίσιο αποτελείται από επίπεδες πλάκες οι οποίες βρίσκονται στα άκρα των ακραίων φορτιζόμενων δοκιμίων, στα οποία η στήριξη προσομοιάζεται με άρθρωση. Στο πλαίσιο μπορούμε να τοποθετούμε πολλά δοκίμια τα οποία θα υποβάλλονται σε ταυτόχρονη φόρτιση.

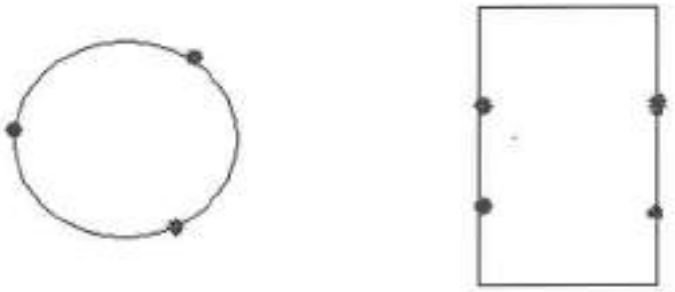
Ωστόσο το ύψος των επιπέδων πλακών δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 118 cm. Η φόρτιση μπορεί να πραγματοποιηθεί επιβάλλοντας όλο το απαιτούμενο φορτίο στο δοκίμιο με την βοήθεια μεταλλικών δίσκων συγκεντρωμένου βάρους η χρησιμοποιώντας σύστημα μοχλού. Τα δοκίμια πρέπει να έχουν παράλληλες και αρκετά λείες επιφάνειες ώστε να αποφεύγεται η ανάπτυξη τριβής μεταξύ των μεταλλικών πλακών και των επιφανειών των δοκιμίων. Ακολουθεί σχήμα με την διάταξη του πλαισίου.



Εικόνα 7-2, Πλαίσιο που χρησιμοποιήθηκε στη δοκιμή ερπυσμού.[4]

Στη δική μας περίπτωση σε κάθε πλαίσιο τοποθετήθηκαν τρία κυλινδρικά δοκίμια και δυο δοκίμια από σκυρόδεμα στην άνω και κάτω βάση σ' επαφή με το πλαίσιο. Μεταξύ δοκιμίων και μεταξύ δοκιμίων και πλακών προστέθηκε φύλλο μολύβδου με σκοπό να διορθώσει τις τυχόν ανωμαλίες των επιφανειών των δοκιμίων. Σε κάθε δοκίμιο πριν την τοποθέτηση του στο πλαίσιο έχουν επικολληθεί ειδικά μεταλλικά τεμάχια (πούλιες) με την χρήση σιδηρόστοκου, σε απόσταση μεταξύ τους 100 mm (μήκος μέτρησης), με στόχο την μέτρηση της παραμόρφωσης με χρήση του ειδικού οργάνου DEMEC. Το όργανο αυτό αποτελείται από ένα ωρολογιακού τύπου μηχανικό παραμορφωσιμόμετρο, ένα σύστημα μοχλών και δυο ακίδες μια κινητή και μια ακίνητη. Τα μεταλλικά τεμάχια (πούλιες) επικολλούνται στο κυλινδρικό δοκίμιο

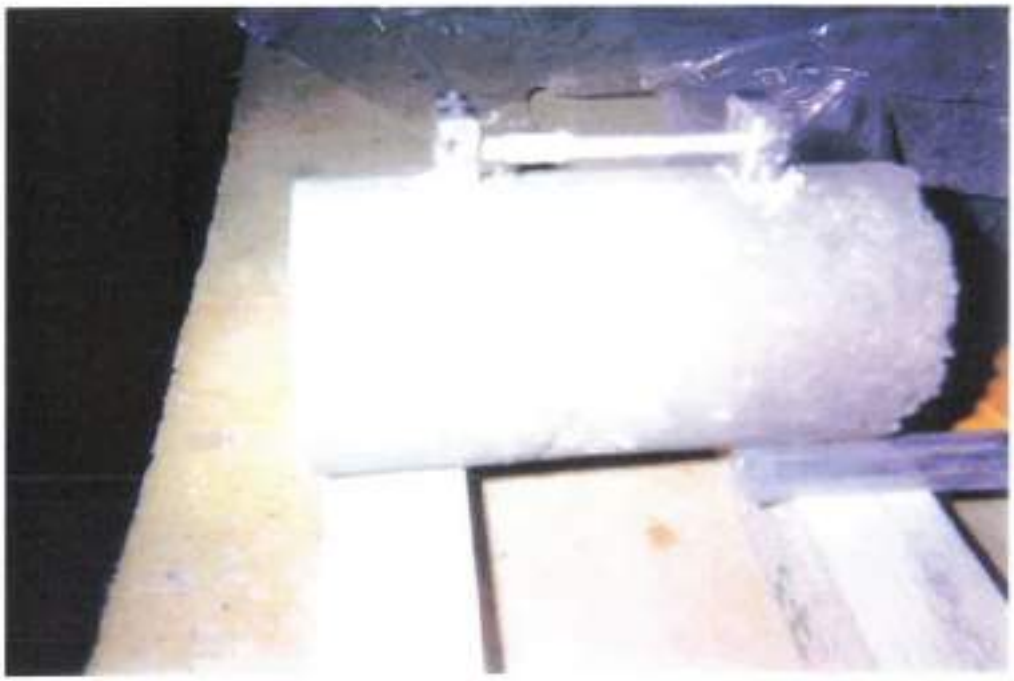
ανά δυάδες σε τρεις θέσεις ανά 120^0 όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 7-1. Η μέτρηση της παραμόρφωσης γίνεται στα τρία αυτά σημεία (πλευρές) με σκοπό να πάρουμε τον μέσο όρο και να ελαχιστοποιήσουμε το λάθος της μη παραλληλίας. Η παραμόρφωση που επέρχεται στο δοκίμιο μετράται πριν την εφαρμογή του φορτίου και σε τακτά χρονικά διαστήματα συνήθως, μετά από 10, 15, 20, 25, 30 και πάνω min μετά την εφαρμογή του φορτίου. Η συνολική διάρκεια του πειράματος είναι δυο ημέρες. Στα δοκίμια ασκείται στατικό φορτίο ίσο με ένα τρίτο του φορτίου θραύσης με στόχο να βρισκόμαστε στην ελαστική περιοχή. Αρχικά οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε δοκίμια ηλικίας 1 ημέρας και 35 ημερών σε θερμοκρασία 23 ^{0}C και για τα 5 μίγματα και στη συνέχεια το πλαίσιο τοποθετήθηκε σε ειδικό θάλαμο ώστε να επαναληφθεί το πείραμα σε δοκίμια ηλικίας 35 ημερών και σε θερμοκρασία 40 ^{0}C και των 5 μιγμάτων .



Σχήμα 7-1, Όψη και κάτοψη κυλινδρικού δοκιμίου στο οποίο έχουν επικολληθεί τα απαιτούμενα μεταλλικά τεμάχια (πούλιες)

Η δοκιμή του ερπυσμού πραγματοποιήθηκε επίσης με τη χρήση μηχανής M.T.S (Material Test System), στην οποία τοποθετήθηκαν δυο δοκίμια. Οι μετρήσεις λαμβάνονται μέσω προσαρτημένων στο ένα δοκίμιο επαγωγικών ηλεκτρομηκυνσιομέτρων, τύπου LVDT (Linear Variable Differential Transformer) τα οποία είναι τοποθετημένα αντιδιαμετρικά των δοκιμίων καθώς το άλλο δοκίμιο φέρει ηλεκτρικής αντιστάσεως μηκυνσιόμετρο (Extensometer). Η μηχανή M.T.S επιβάλλει φορτίο ομαλά και με σταθερή ταχύτητα, ίση με 2 kN/sec, ενώ ταυτόχρονα γίνεται καταγραφή τόσο του επιβαλλόμενου φορτίου όσο και των αντίστοιχων ενδείξεων των δύο LVDT και του Extensometer. Η δοκιμή έγινε και για τα 5 μίγματα.

Εικόνα 7-3, Πλαίσιο δοκιμής ερπυσμού με τα υπό εξέταση δοκίμια



Εικόνα 7-4, Δοκίμιο κατά την προεργασία του για την συσκευή M.T.S.

7.3. Δοκιμή συστολής ξήρανσης

Όταν ένα δοκίμιο ξηραίνεται υπό την επίδραση φορτίου θεωρείται ότι ο ερπυσμός και η συστολή είναι συνδεδεμένα φαινόμενα. γι αυτό λοιπόν ο ερπυσμός υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ της ολικής παραμόρφωσης ενός φορτισμένου δοκιμίου και της συστολής ενός παρόμοιου αφόρτιστου δοκιμίου το οποίο βρίσκεται υπό τις ίδιες συνθήκες και για την ίδια χρονική περίοδο. Αυτό αποτελεί μια βολική απλοποίηση καθώς η συστολή και ο ερπυσμός δεν αποτελούν ανεξάρτητα φαινόμενα και στη πραγματικότητα η συστολή αυξάνει το εύρος των ερπυστικών παραμορφώσεων.

Γι' αυτό το λόγο ταυτόχρονα με τη κάθε δοκιμή ερπυσμού έγινε μέτρηση της συστολής ξηράνσεως από δοκίμιο το οποίο βρισκόταν υπό τις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Στο δοκίμιο είχαν κολληθεί παύλιες και η μέτρηση των παραμορφώσεων έγινε με την χρήση του οργάνου DEMEC τις ίδιες χρονικές περιόδους που λαμβάνονταν οι μετρήσεις στο πλαίσιο.

Εικόνα 7-5, Δοκίμιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την δοκιμή συστολής ξήρανσης, όργανο DEMEC και όργανο μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας

8. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Κατά την διεξαγωγή των πειραματικών δοκιμών εξήλθαν αποτελέσματα για τις αντοχές των δοκιμίων των μιγμάτων που χρησιμοποιήθηκαν σε διάφορες ημέρες καθώς επίσης και τις παραμορφώσεις των δοκιμίων αυτών σε συνάρτηση με το χρόνο εφαρμογής των εκάστοτε φορτίων. Οι αντοχές, τα δοκίμια και τα μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν, ακολουθούν στους παρακάτω πίνακες 8.1-8.5.

Οι παραμορφώσεις των δοκιμίων των μιγμάτων σε συνάρτηση με το χρόνο επιβολής του φορτίου θλίψεως παρουσιάζονται στο παράρτημα που συνάπτεται στο τέλος της παρούσας διπλωματικής. Οι πίνακες αυτοί αναφέρονται στις παραμορφώσεις 1 ημέρας και μέσης θερμοκρασίας 23 ^{0}C των μιγμάτων 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 και 0/100, με την χρήση της συσκευής DEMEC, καθώς επίσης στις παραμορφώσεις 35 ημερών και μέσης θερμοκρασίας 23 ^{0}C των ανωτέρων μιγμάτων με την χρήση της ίδιας συσκευής. Ακολουθούν οι πίνακες που δείχνουν τις παραμορφώσεις 35 ημερών και μέσης θερμοκρασίας 40 ^{0}C για τα ίδια μίγματα και με την ίδια συσκευή και τέλος, παρουσιάζονται οι πίνακες των παραμορφώσεων 1 ημέρας και μέσης θερμοκρασίας 23 ^{0}C των ιδίων μιγμάτων με την χρήση της μηχανής M T S.

μιγμα	αριθμός δοκιμίου	βάρος(gr)	ηλικία θραύσης	φορτίο θραύσης(kN)	αντοχή (MPa)	Μ.Ο αντοχών	τυπική απόκλιση (MPa)	συντελ. μεταβλητότητας%
100/0	A1	3567.00	θλιψη 1 ημέρας 23C	39.40	5,02	3.93	0,960	24.43
	A2	3529.90		25,10	3,20			
	A3	3562.50		28,10	3,58			
	A4	3911.32	θλιψη 7 ημερών 23C	69.00	8,85	8.57	0.812	9.48
	A5	3931.28		60.60	7,72			
	A6	3858.16		73.30	9.33			
	A7	3627.50	θλιψη 35 ημερών 23C	113.50	14,45	14.15	1,100	7.77
	A8	3641.50		101,60	12,94			
	A9	3579.90		118,40	15,08			
	A10	3894.16	θλιψη 37 ημερών 23C	115.00	14,64	14.65	0,764	5.21
	A11	4098.98		109,10	13,89			
	A12	3886.33		121,10	15.42			
	Z1	3667.00	θλιψη 38 ημερών 40C	146.10	18,60	19.24	1,028	5.34
	Z4	3756.00		162,80	20,73			
	Z5	3815.00		145.40	18,51			
	Z6	3756.10		150.10	19,11			
	Z2	3567.50	θλιψη 35 ημερών 40C	111.50	14,20	14,34	–	–
	Z3	3614.50		113,80	14,49			
	Z7	3792.10	θλιψη 7 ημερών 23C	69,10	8,80	8,77	–	–
	Z8	3788.60		68.60	8,73			

Πίνακας 8-1, Πίνακας αντοχών μιγμάτων 100/0

μίγμα	αριθμός δοκιμίου	βάρος(gr)	ηλικία θραύσης	φορτίο θραύσης(kN)	αντοχή (MPa)	Μ.Ο αντοχών	τυπική απόκλιση (MPa)	συντελ. μεταβλητότητας%
75/25	B1	3622,90	θλίψη 1 ημέρας 23C	26.42	3,36	3,20	0,160	4.99
	B2	3788,00		25,18	3,21			
	B3	3732,40		23,91	3,04			
	B4	3816,50	θλίψη 7 ημερών 23C	63.70	8,11	7,79	0,245	3.16
	B5	3798,97		60,90	7,75			
	B6	3763.50		59,00	7,51			
	B7	3820,87		61.10	7,78			
	B8	3807.60	θλίψη 35 ημερών 23C	95,00	12,10	10.93	2.070	18.93
	B9	3788.90		95,50	12,16			
	B10	3829.40		67.10	8.54			
	B11	3798.84	θλίψη 38 ημερών 23C	116 80	14,87	14,70	0,317	2,16
	B12	3800.79		111.80	14,23			
	B13	3829.96		117 20	14.92			
	B14	4011 28		116 10	14,78			
	H1	3546.10	θλίψη 37 ημερών 40C	94,50	12,03	12,02	0.783	6.52
	H4	3567.20		102.80	13.09			
	H5	3675.00		92,00	11,71			
	H6	3698.00		88,30	11,24			
	H2	3491 00	θλίψη 35 ημερών 40C	87.00	11.08	10.40	–	–
	H3	3524 50		76,40	9,73			
	H7	3698.00	θλίψη 7 ημερών 23C	60,70	7,73	7,82	–	–
	H8	3706,60		62,10	7,91			

Πίνακας 8-2, Πίνακας αντοχών μιγμάτων 75/25

μίγμα	αριθμός δοκιμίου	βάρος(gr)	ηλικία θραύσης	φορτίο θραύσης(kN)	αντοχή (MPa)	Μ.Ο αντοχών	τυπική απόκλιση (MPa)	συντελ. μεταβλητότητας%
60/50	Γ1	3682 10	θλίψη 1 ημέρας 23C	22,07	2,81	2,63	0,188	7,16
	Γ2	3710.60		19,12	2,43			
	Γ3	3667 60		20,75	2.64			
	Γ4	3682,43	θλίψη 7 ημερών 23C	41,10	5,23	5,47	0,353	6,47
	Γ5	3705.30		44,20	5.63			
	Γ6	3689 97		46.20	5.88			
	Γ7	3678.25		40,20	5,12			
	Γ8	3657.10	θλίψη 35 ημερών 23C	61,40	7.82	8,11	0,338	4,16
	Γ9	3647,70		66.60	8.48			
	Γ10	3612,30		63,10	8.03			
	Γ11	3657.19	θλίψη 37 ημερών 23C	76.40	9.73	9,68	0,072	0.74
	Γ12	3612,37		75.20	9,57			
	Γ13	3668,20		76,00	9,68			
	Γ14	3630,95		76,40	9.73			
	Θ1	3425,00	θλίψη 38 ημερών 40C	66,30	8,44	7,52	0,615	8.17
	Θ4	3567.00		57,10	7.27			
	Θ5	3675,30		56,50	7.19			
	Θ6	3452,50		56,40	7.18			
	Θ2	3300,00	θλίψη 35 ημερών 40C	49,93	6.36	6,13	–	–
	Θ3	3394,00		46,43	5 91			
	Θ2	3527.80	θλίψη 7 ημερών 23C	35,00	4.46	4,69	0.213	4.54
	Θ3	3543.30		37,10	4 72			
	Θ4	3696,40		38,30	4 88			

Πίνακας 8-3, Πίνακας αντοχών μιγμάτων 60/50

μίγμα	αριθμός δοκιμίου	βάρος(gr)	ηλικία θραύσης	φορτίο θραύσης(kN)	αντοχή (MPa)	Μ.Ο αντοχών	τυπική απόκλιση (MPa)	συντελ.μεταβλητότητας%
25/75	Δ1	3595,00	θλίψη 1 ημέρας 23C	14,68	1,87	1,81	0,049	2,72
	Δ2	3590,80		14,07	1,79			
	Δ3	3584,60		13,96	1,78			
	Δ4	3484,30	θλίψη 7 ημερών 23C	35,20	4,48	4,46	0,371	8,28
	Δ5	3471,60		31,40	4,00			
	Δ6	3672,30		38,50	4,90			
	Δ7	3527,90		35,50	4,52			
	Δ8	3644,18	θλίψη 35 ημερών 23C	59,00	7,51	7,43	0,234	3,14
	Δ9	3599,81		56,30	7,17			
	Δ10	3615,15		59,80	7,61			
	Δ11	3573,56	θλίψη 37 ημερών 23C	62,20	7,92	7,56	0,265	3,51
	Δ12	3550,68		57,70	7,35			
	Δ13	3541,98		57,90	7,37			
	Δ14	3588,48		59,60	7,59			
	I1	3234,00	θλίψη 37 ημερών 40C	38,50	4,90	4,98	0,116	2,33
	I4	3125,50		38,29	4,88			
	I5	3238,00		40,30	5,13			
	I6	3458,20		39,29	5,00			
	I2	3096,00	θλίψη 35 ημερών 40C	28,50	3,63	3,62	–	–
	I3	3058,50		28,32	3,61			
	I	3424,93	θλίψη 7 ημερών 23C	25,67	3,27	3,02	0,262	8,66
	II	3318,50		24,00	3,06			
	III	3377,90		21,58	2,75			
	IV	3376,29	θλίψη 1 ημέρας 23C	9,40	1,20	1,28	–	–
	V	3408,61		10,70	1,35			

Πίνακας 8-4, Πίνακας αντοχών μιγμάτων 25/75

μίγμα	αριθμός δοκιμίου	βάρος(gr)	ηλικία θραύσης	φορτίο θραύσης(kN)	αντοχή (MPa)	Μ.Ο αντοχών	τυπική απόκλιση (MPa)	συντελ.μεταβλητότητας%
0/100	E1	3477,50	θλίψη 1 ημέρας 23C	8,00	1,02	0,87	0,063	6,52
	E2	3424,60		7,81	0,99			
	E3	3550,60		7,05	0,90			
	E4	3288,60	θλίψη 7 ημερών 23C	16,10	2,05	2,48	0,526	21,32
	E5	3314,50		20,00	2,55			
	E6	3328,00		25,10	3,20			
	E7	3280,90		16,60	2,11			
	E8	3357,85	θλίψη 35 ημερών 23C	39,50	5,03	5,04	0,106	2,10
	E9	3339,30		38,86	4,95			
	E10	3384,24		40,51	5,16			
	E11	3409,04	θλίψη 38 ημερών 23C	42,04	5,35	5,12	–	–
	E12	3319,86		38,31	4,88			
	K1	2999,00	θλίψη 37 ημερών 40C	29,81	3,80	3,85	0,074	1,92
	K4	3259,00		30,63	3,90			
	K5	3342,20	σπασε					
	K6	3168,40	σπασε					
	K2	2998,00	θλίψη 35 ημερών 40C	24,88	3,17	3,16	–	–
	K3	2997,00		24,73	3,15			
	I	3200,80	θλίψη 7 ημερών 23C	16,41	1,96	1,99	0,028	1,43
	II	3206,10		15,84	2,02			
	III	3304,10		15,73	2,00			
	IV	3160,20	θλίψη 1 ημέρας 23C	4,40	0,56	0,52	–	–
	V	3185,1		3,70	0,47			

Πίνακας 8-5, Πίνακας αντοχών μιγμάτων 0/100

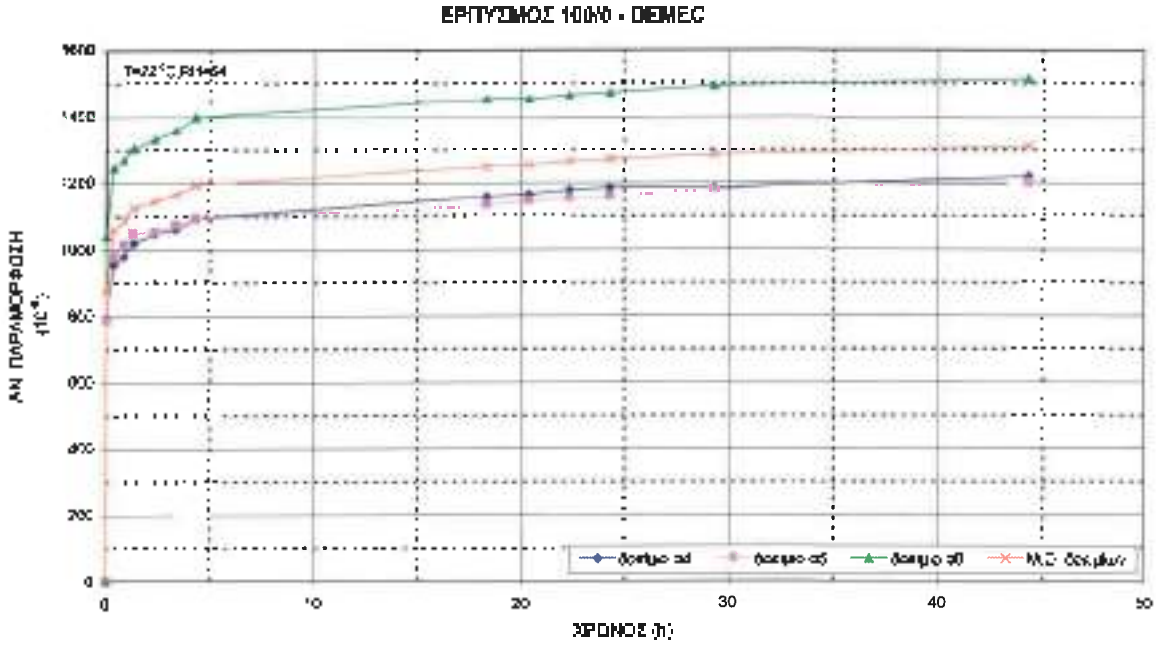
9. Σχόλια αποτελεσμάτων

Στα σχήματα 9.1 έως 9.5 παρουσιάζεται ο ερπυσμός, ηλικίας 1 ημέρας, υπό μορφή ανηγμένης παραμόρφωσης συνάρτηση του χρόνου για τα τρία δοκίμια του κάθε πειράματος με την συσκευή DEMEC και ο μέσος όρος των δοκιμίων που συμβολίζεται με το (x). Το σχήμα 9.1 αναφέρεται στο μίγμα 100/0, το σχ.9.2 στο μίγμα 75/25, το σχ.9.3 στο μίγμα 50/50, το σχ.9.4 στο μίγμα 25/75 και το σχ.9.5 στο μίγμα 0/100. Κατόπιν στο σχήμα 9.6 συγκρίνονται οι μέσοι όροι των πέντε παραπάνω μιγμάτων. Στο κάθε σχήμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία και υγρασία και συνολικά για όλα τα πειράματα η θερμοκρασία κυμαίνεται από 20-22^{0}C, ενώ η υγρασία από 50-66.

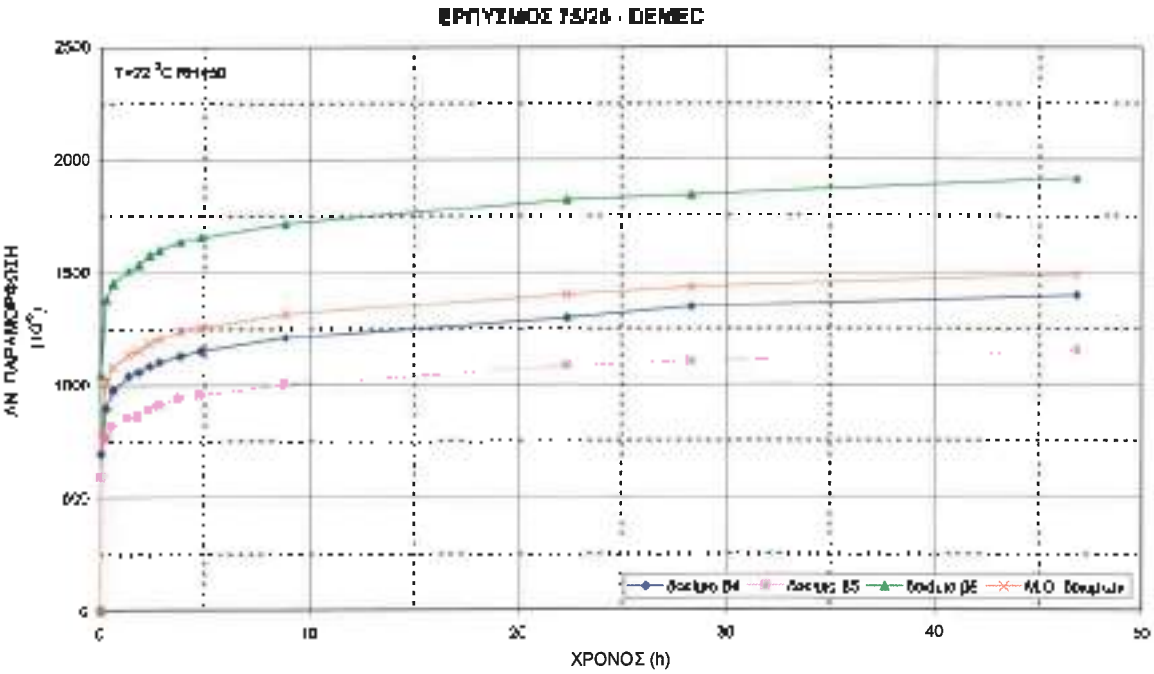
Παρατηρούμε ότι η μορφή των ανωτέρων διαγραμμάτων είναι όπως όλα τα γνωστά διαγράμματα ερπυσμού, δηλαδή στην αρχή οι παραμορφώσεις είναι μεγάλες, μετά έχουμε μια μείωση των παραμορφώσεων με το χρόνο και τέλος η καμπύλη τείνει ασυμπτωτικά ως προς το χρόνο. Κάθε μια γραμμή των διαγραμμάτων είναι ο μέσος όρος τριών μετρήσεων ανά δοκίμιο ανά 180^{0} περίπου, στην περιφέρεια των δοκιμίων. Παρατηρούμε ότι συγκρίνοντας τις μεμονωμένες τιμές κάθε τριάδας δοκιμίων μπορεί να εκτιμηθεί η διασπορά των μετρήσεων, η οποία κυμαίνεται από 60 *10^{-6} στο μίγμα 100/0 έως 1500*10^{-6} στο μίγμα 0/100.

Στο σχ.9.6 συγκρίνονται οι μέσοι όροι ανά τριάδα δοκιμίων κάθε μίγματος. Τα μίγματα 100/0 και 75/25 έχουν μικρές διαφορές στις παραμορφώσεις. Στο μίγμα 50/50 υπάρχει αύξηση των παραμορφώσεων, όπως επίσης και στο 25/75. Το μίγμα 0/100 παρουσιάζει αρκετά αυξημένες παραμορφώσεις, μια αύξηση η οποία δεν είναι ανάλογη των αυξήσεων των προηγούμενων μιγμάτων. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ενώ στην αρχή η σταδιακή αντικατάσταση των θραυστών αδρανών από φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα έχει ως επίπτωση την ομαλή αύξηση των ανηγμένων παραμορφώσεων, η πλήρης αντικατάσταση δηλαδή το μίγμα 0/100 έχει πολύ μεγαλύτερες παραμορφώσεις. Στα μίγματα 0/100 και 25/75 εμφανίζεται μια συνεχή αύξηση της καμπύλης ενώ τα υπόλοιπα μίγματα παρουσιάζουν μια οριζοντιοποίηση. Οι απόλυτες θέσεις μεταξύ των παραμορφώσεων των δοκιμίων δεν είναι απόλυτα σωστές γιατί υπάρχει διασπορά μεταξύ των δοκιμίων. Αυτή οφείλεται στο ότι δεν είναι δυνατό να βάζουμε τον ίδιο τύπο αδρανών από φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα σε κάθε μίγμα. Η ποσότητα του τσιμέντου σ' όλα τα μίγματα είναι ίδια, άρα ο ερπυσμός του τσιμέντου είναι παντού ο ίδιος. Για αυτό οι διαφορές του ερπυσμού οφείλονται στην παραμόρφωση που υφίστανται τα αδρανή από φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα. Έτσι λοιπόν το ποσοστό των αδρανών από ασφαλτικό κονίαμα που έχει μεγαλύτερο ερπυσμό μπορεί στο ένα μίγμα να είναι μεγαλύτερο από ότι στο άλλο.

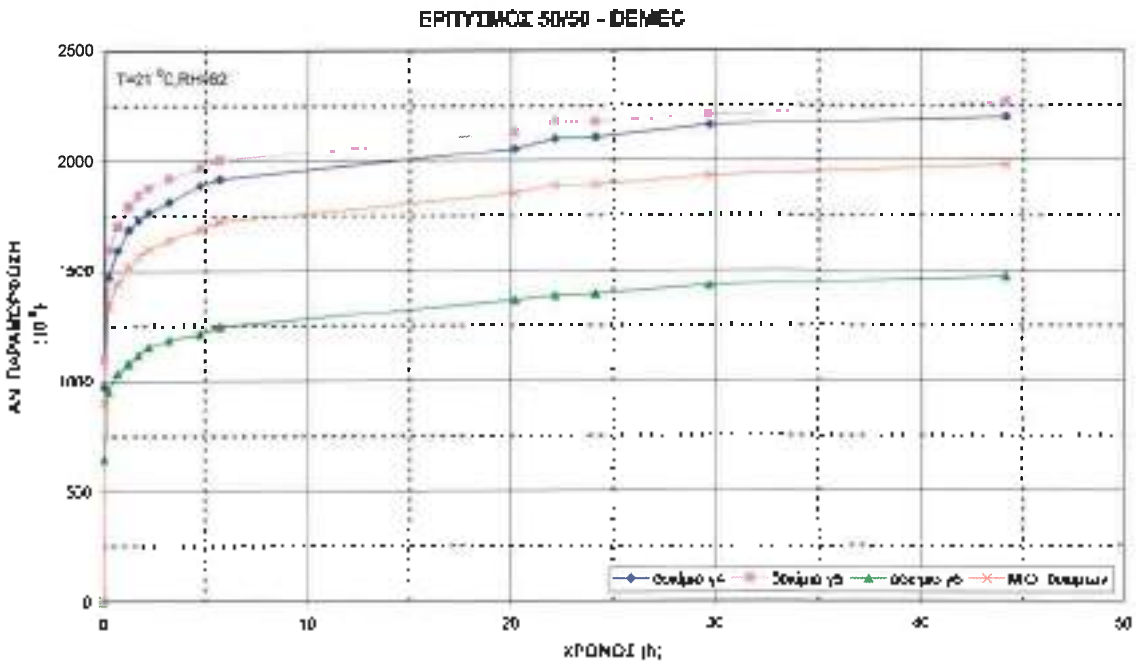
Η διαφορά της θερμοκρασίας κατά την οποία έγιναν τα πειράματα 20-22 ^{0}C εκτιμάται ότι δεν θα επηρεάσει σημαντικός τα αποτελέσματα.



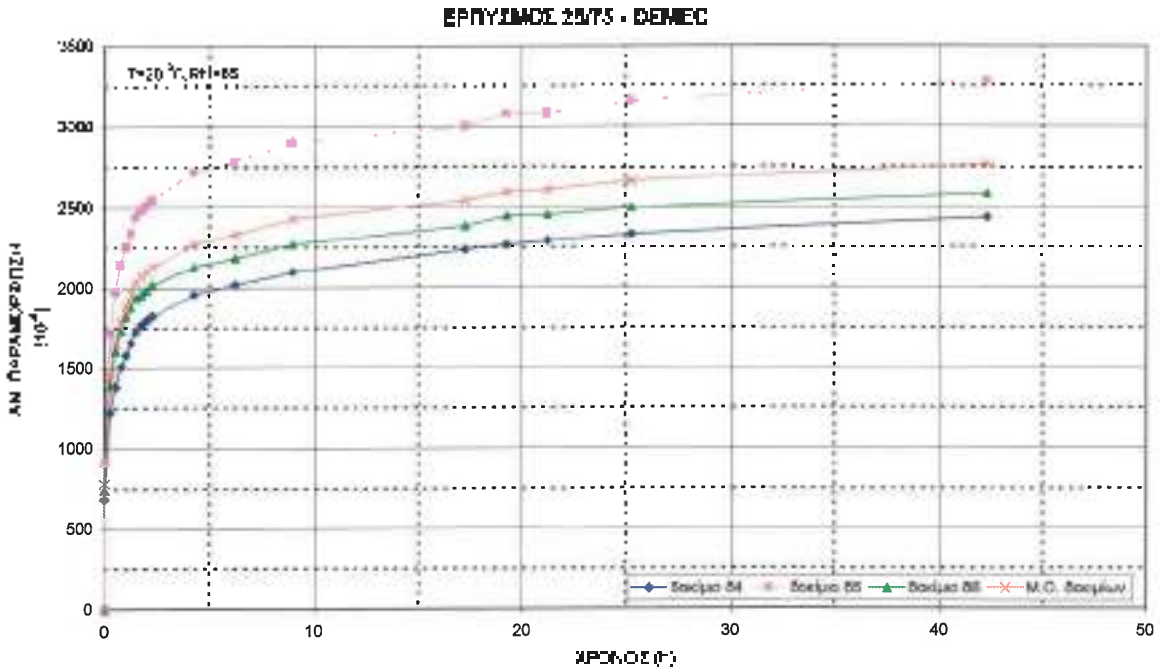
Σχήμα 9-1, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-1 ημέρας-22 ^{0}C



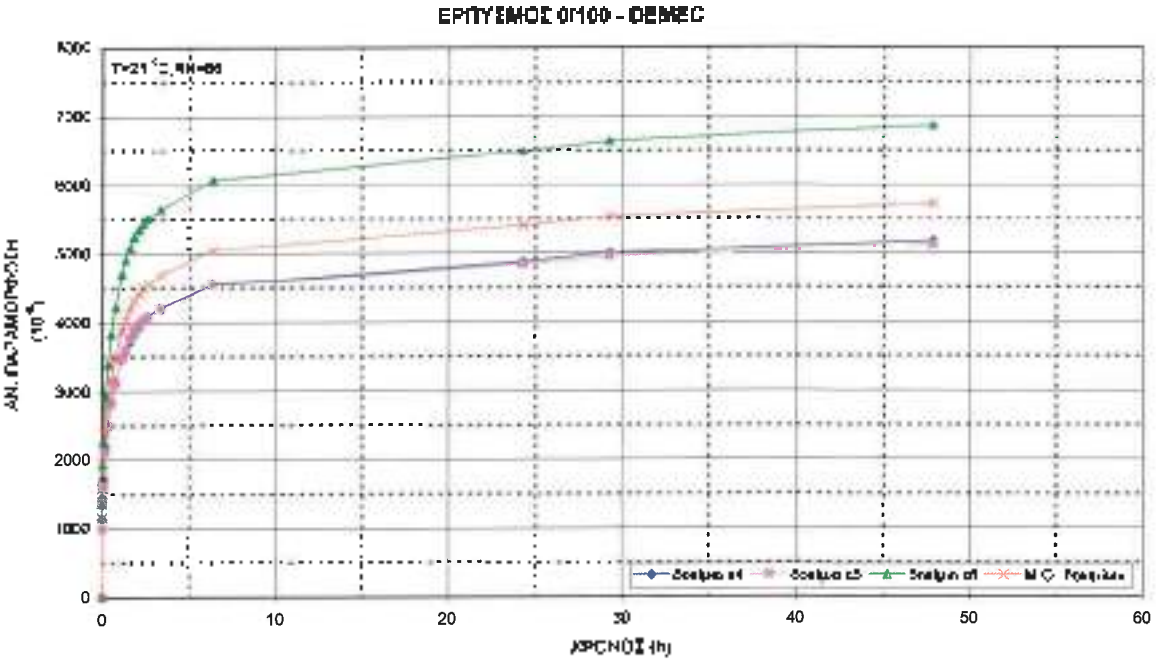
Σχήμα 9-2, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-1 ημέρας-22 ^{0}C



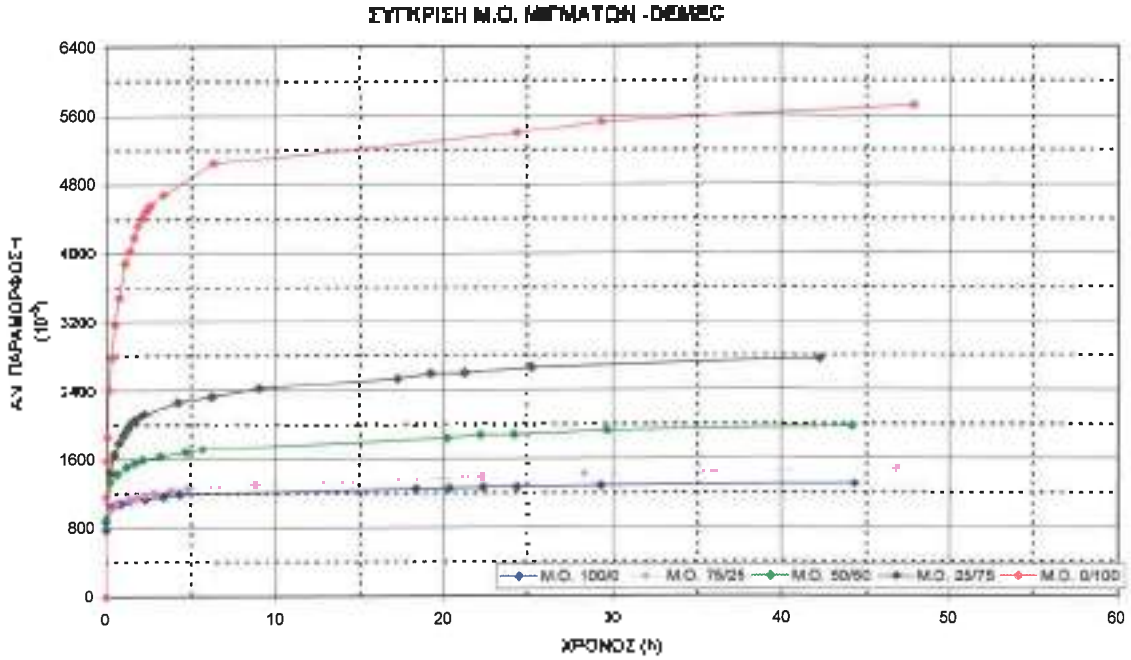
Σχήμα 9-3, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-1 ημέρας-21 ^{0}C



Σχήμα 9-4, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-1 ημέρας-20 ^{0}C



Σχήμα 9-5, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-1 ημέρας-21 ^{0}C



Σχήμα 9-6, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-1 ημέρας-23 ^{0}C

Στα σχήματα 9.7 έως 9.13 παρουσιάζεται ο ερπυσμός 35 ημερών σε μέση θερμοκρασία 23 ^{0}C με την συσκευή DEMEC, υπό μορφή ανηγμένης παραμόρφωσης συνάρτηση του χρόνου για τα τρία δοκίμια του κάθε πειράματος και ο μέσος όρος των δοκιμίων που συμβολίζεται με το (x). Το σχήμα 9.7 αναφέρεται στο μίγμα 100/0, το σχ.9.8 στο μίγμα 75/25, το σχ.9.9 στο μίγμα 50/50, το σχ.9.10 στο μίγμα 25/75 και το σχ.9.11 και σχ.9.12 στο μίγμα 0/100. Κατόπιν στο σχήμα 9.13 συγκρίνονται οι μέσοι όροι των πέντε παραπάνω μιγμάτων. Επίσης στο κάθε σχήμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία και υγρασία και συνολικά για όλα τα πειράματα η θερμοκρασία είναι 23 ^{0}C, ενώ η υγρασία κυμαίνεται από 55-75.

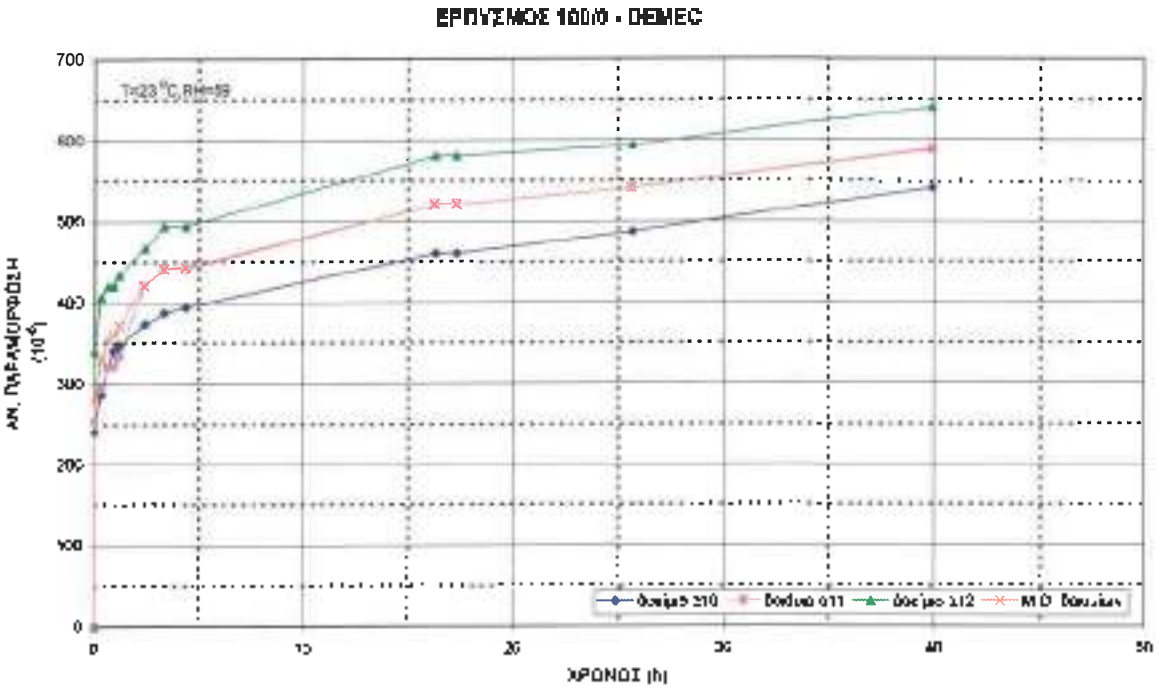
Στο μίγμα 0/100 παρουσιάστηκε μη αναμενόμενη θραύση δοκιμίου, η οποία φαίνεται στο σχ.9.11 και συνέβη μετά τη δέλευση περίπου μισής ώρας. Το πείραμα συνεχίστηκε με τα υπόλοιπα δύο δοκίμια που λόγω του χρόνου που μεσολάβησε το υλικό των δοκιμίων υπέστη χαλάρωση, όπως φαίνεται στο ίδιο διάγραμμα. Έγινε προσπάθεια να εξαλειφθεί η χαλάρωση η οποία υπήρξε στο διάστημα που δεν ήταν φορτισμένα τα δοκίμια και αυτό φαίνεται στο σχ.9.12. Σημειώνεται όμως ότι και σε αυτήν την περίπτωση έσπασε ένα δοκίμιο επομένως οι μετρήσεις αυτές δεν έχουν καμία αξιοπιστία και παρουσιάζονται για λόγους πληρότητας. Η αστοχία δύο δοκιμίων μέσα σε αυτήν την τριάδα αποτέλεσε αντικείμενο ιδιαίτερης μελέτης. Από αυτήν προκύπτει ότι η πιθανότερη αιτία αστοχίας των δύο δοκιμίων δεν ήταν η λανθασμένη εκτίμηση της αντοχής σε θλίψη αλλά η ύπαρξη μεμονωμένων κενών μεγάλου μεγέθους (βλέπε εικόνα 9-1) μέσα στη μάζα των δοκιμίων, η οποία προήλθε από τυχαία απόμιξη του υλικού, λόγω έλλειψης λεπτόκοκκου υλικού στο μίγμα. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το υλικό αυτό είναι ευαίσθητο σε απόμιξη και γι' αυτό το λόγο θα έπρεπε είτε η κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος να εμπλουτιστεί με λεπτό υλικό είτε να παρασκευαστεί μεγαλύτερος αριθμός δοκιμίων.

Οι διασπορές των δοκιμίων εξαιρουμένου του 0/100, κυμαίνονται από $100*10^{-6}$ στο μίγμα 100/0 και 75/25 έως $1500*10^{-6}$ στο μίγμα 25/75.

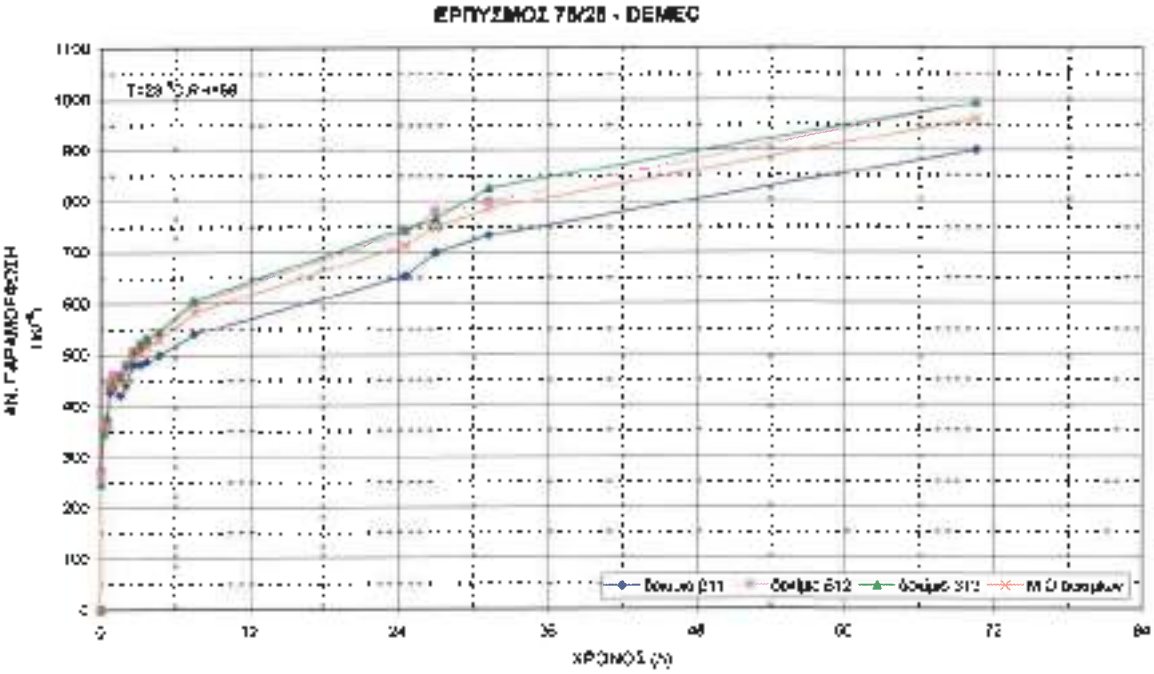
Ως προς την μορφή των διαγραμμάτων παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά όπως και σε αυτά της ηλικίας 1 ημέρας. Στο σχ.9.13 σύγκρισης των μιγμάτων όπως και στο διάγραμμα του σχ.9.6 παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά των μιγμάτων. Έτσι τα μίγματα 100/0 και 75/25 έχουν μικρές διαφορές στις παραμορφώσεις, ενώ στο μίγμα 50/50 υπάρχει αύξηση των παραμορφώσεων με μεγαλύτερη στο 25/75 και ακόμα μεγαλύτερη στο μίγμα 0/100. Η αύξηση των παραμορφώσεων του 25/75 και 0/100 δεν είναι ανάλογη των αυξήσεων των υπόλοιπων μιγμάτων. Τα μίγματα 0/100 και 25/75 εμφανίζουν μια συνεχή αύξηση της καμπύλης ενώ τα υπόλοιπα μίγματα παρουσιάζουν μια οριζοντιοποίηση. Οι απόλυτες θέσεις μεταξύ τους δεν είναι απόλυτα σωστές γιατί υπάρχει η διασπορά των δοκιμίων.

Είναι αξιοσημείωτο ότι τα δύο διαγράμματα σύγκρισης των παραμορφώσεων 1 και 35 ημερών σε περίπου ίδια θερμοκρασία (23 ^{0}C) έχουν την ίδια μορφή γεγονός που αυξάνει την αξιοπιστία των διαγραμμάτων.

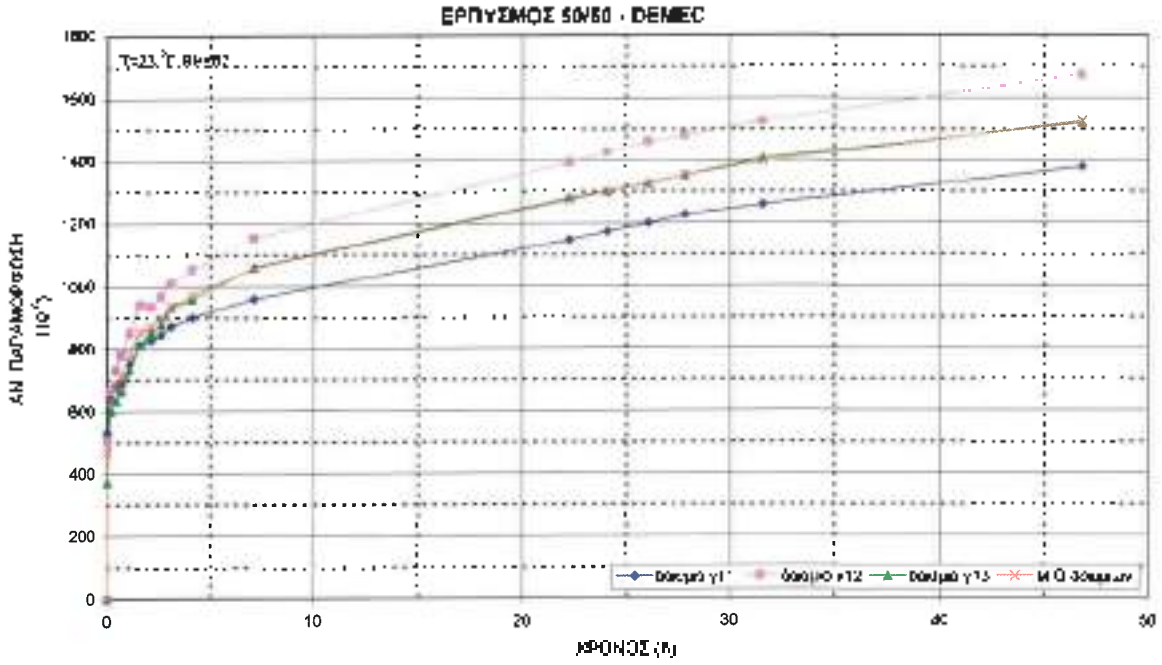
Εικόνα 9-1, Αστοχία δοκιμίου λόγω απόμιξης υλικού



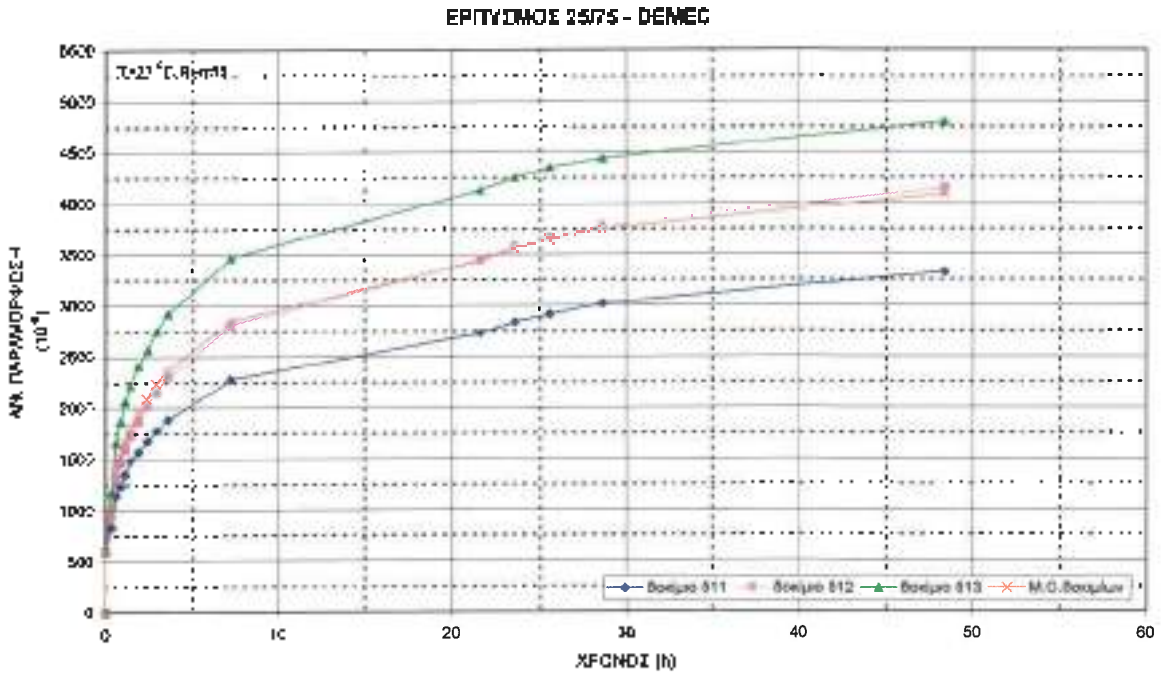
Σχήμα 9-7, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C



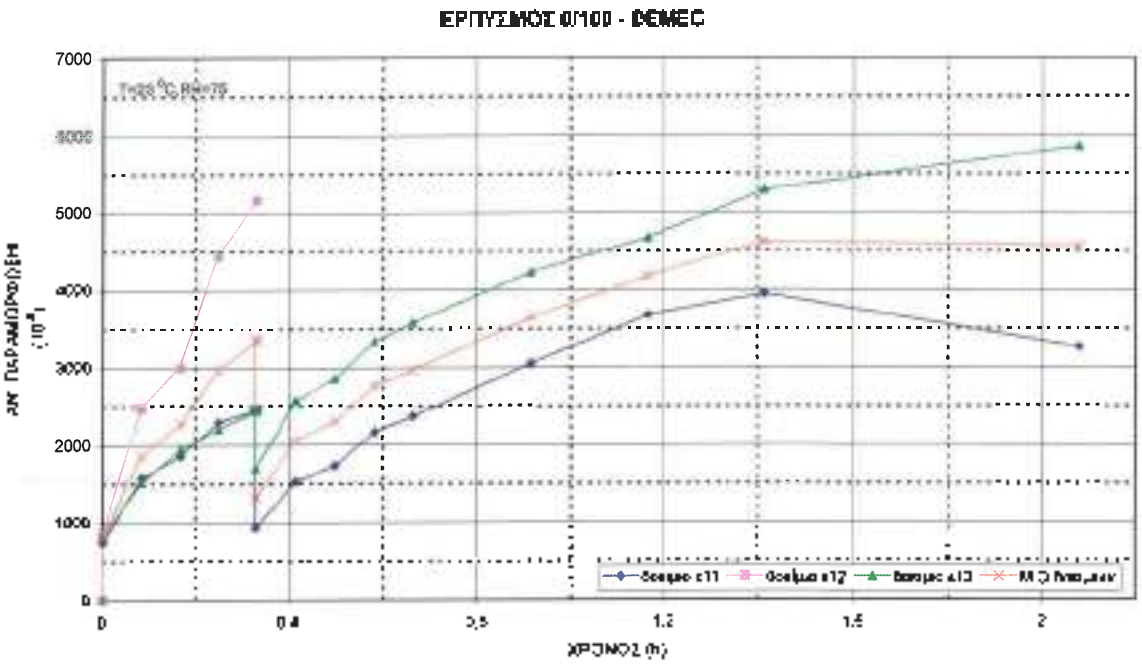
Σχήμα 9-8, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C



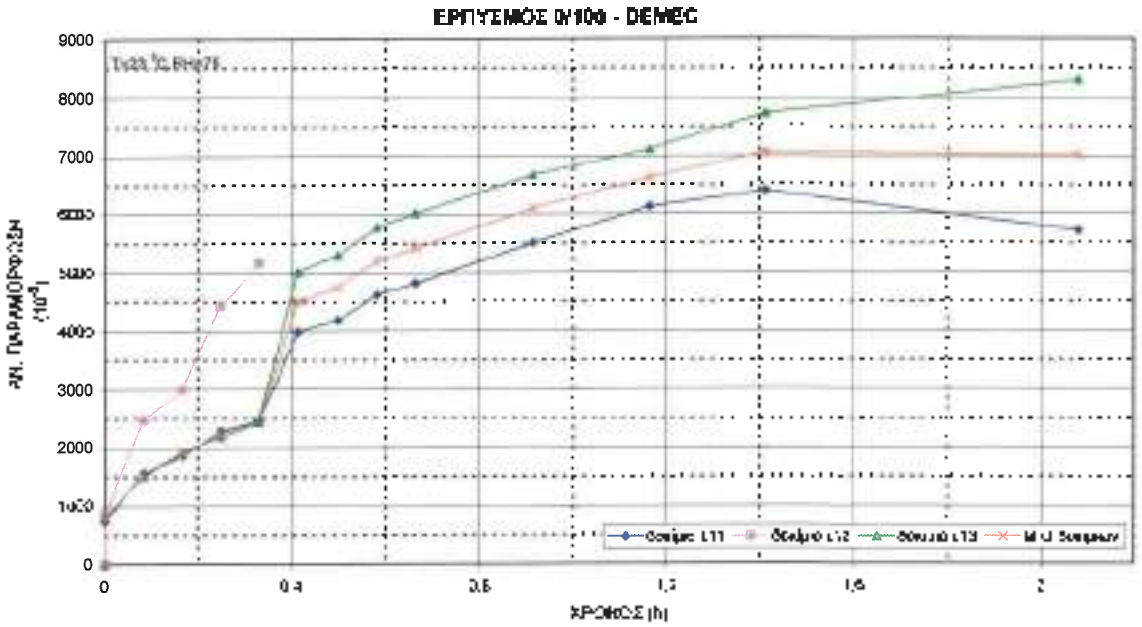
Σχήμα 9-9, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C



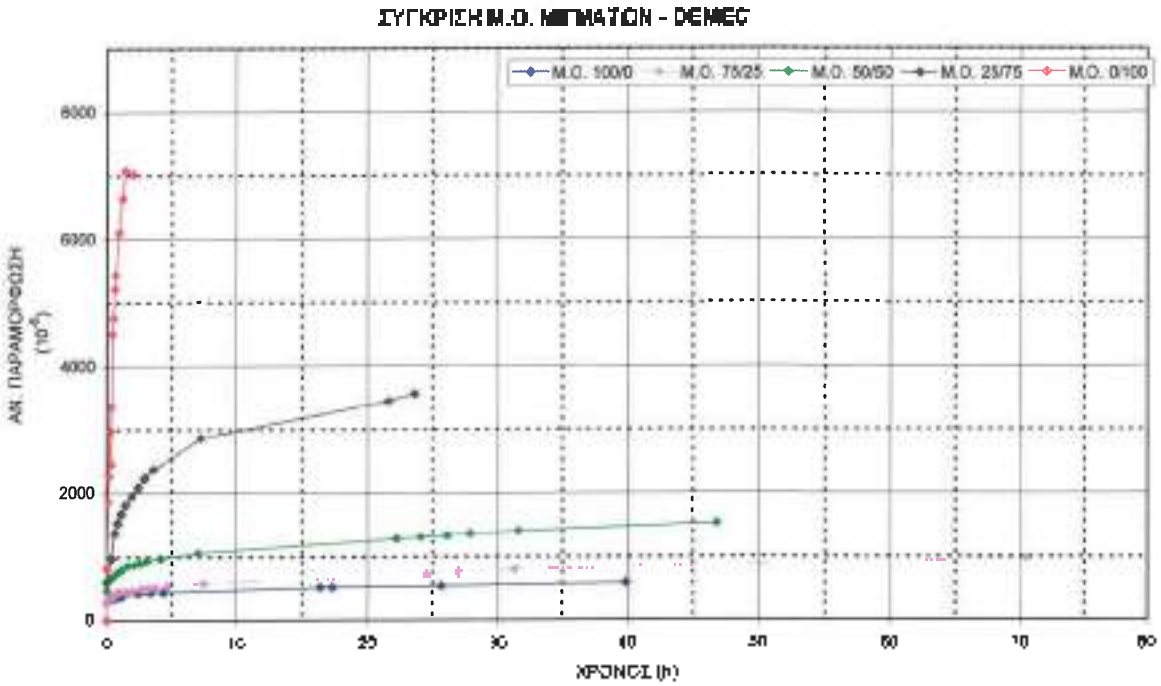
Σχήμα 9-10, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C



Σχήμα 9-11, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C (1)



Σχήμα 9-12, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερων-23 ^{0}C (2)



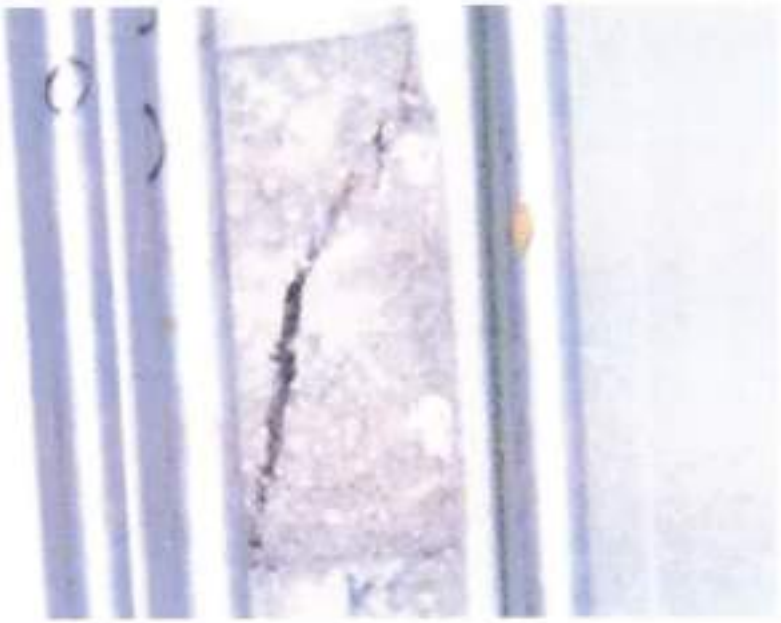
Σχήμα 9-13, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-35 ημερών-23 ^{0}C

Στα σχήματα 9.14 έως 9.18 παρουσιάζεται ο ερπυσμός, 35 ημερών σε μέση θερμοκρασία 40^{0}C με την συσκευή DEMEC, υπό μορφή ανηγμένης παραμόρφωσης συνάρτηση του χρόνου για τα τρία δοκίμια του κάθε πειράματος και ο μέσος όρος των δοκιμίων που συμβολίζεται με το (x). Το σχήμα 9.14 αναφέρεται στο μίγμα 100/0, το σχ.9.15 στο μίγμα 75/25, το σχ.9.16 στο μίγμα 50/50, το σχ.9.17 στο μίγμα 25/75 και το σχ.9.18 στο μίγμα 0/100 Κατόπιν στο σχήμα 9.19 συγκρίνονται οι μέσοι όροι των πέντε παραπάνω μιγμάτων. Επίσης στο κάθε σχήμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία που είναι 40 ^{0}C.

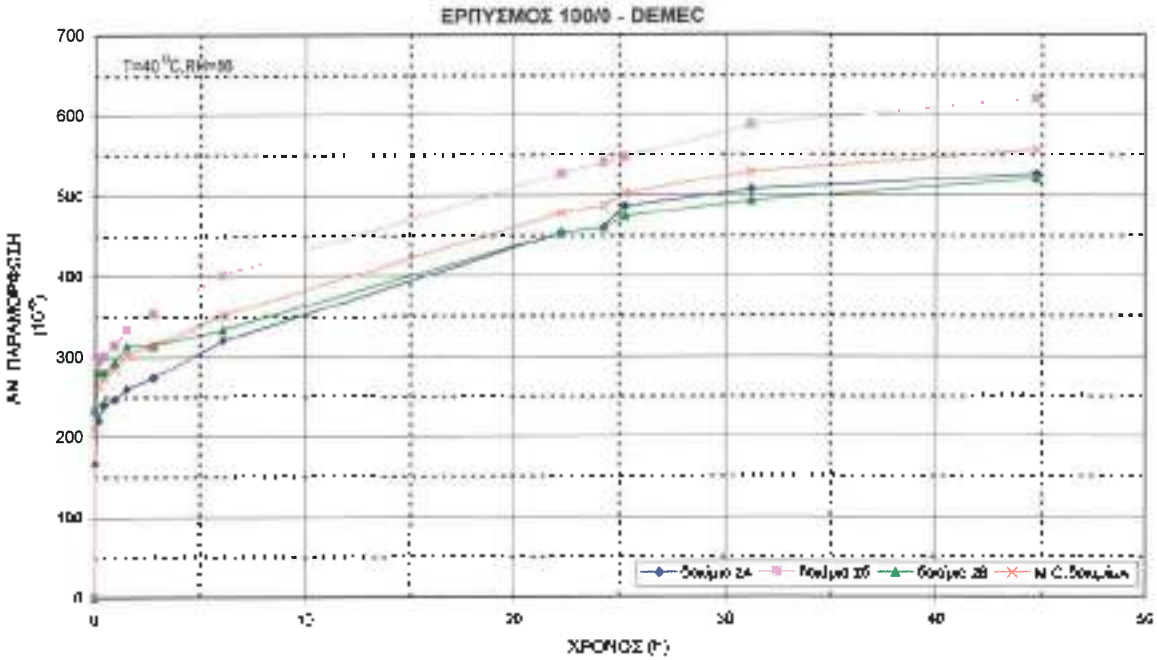
Στο μίγμα 0/100 παρουσιάστηκε μη αναμενόμενη θραύση δοκιμίου και για αυτό το πείραμα διακόπηκε σε λιγότερο από 2,5 ώρες όπως φαίνεται στο σχήμα 9.18. Το δοκίμιο όπως φαίνεται στην εικόνα 9-2 παρουσίασε διατμητική αστοχία.

Οι διασπορές των δοκιμίων εξαιρουμένου του 0/100, κυμαίνονται από $100*10^{-6}$ στο μίγμα 100/0 έως $2400*10^{-6}$ στο μίγμα 75/25.

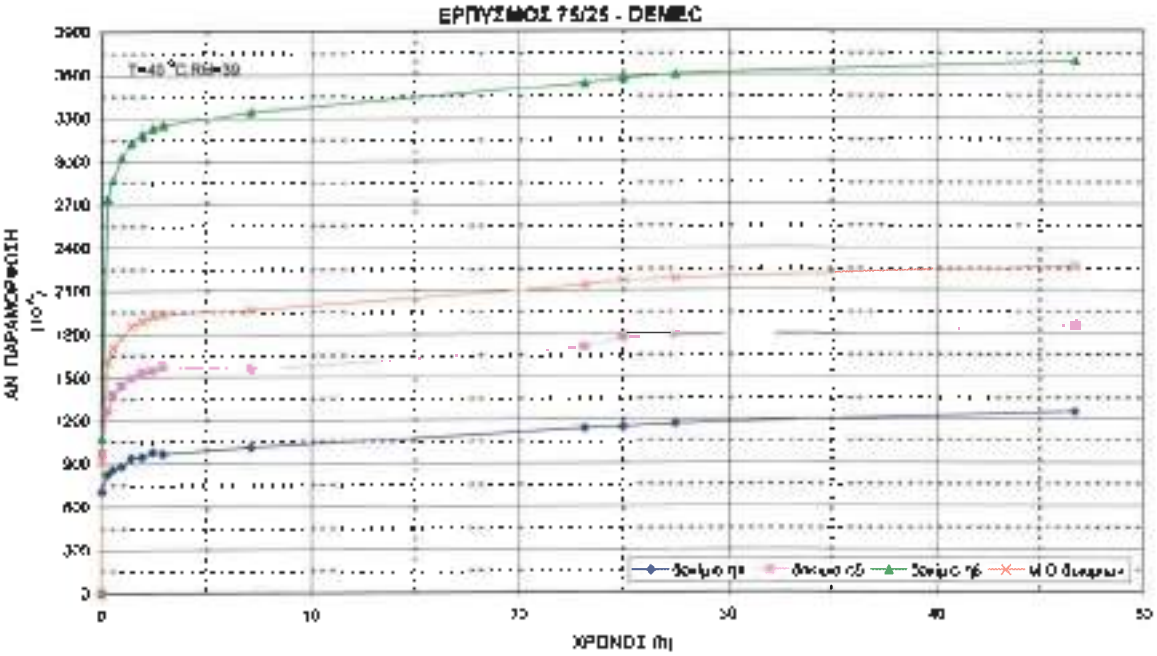
Ως προς την μορφή των διαγραμμάτων παρατηρείται η ίδια συμπεριφορά όπως και σε αυτά της ηλικίας 1 ημέρας και σε αυτά της ηλικίας 35 ημερών. Στο σχ.9.19 σύγκρισης των μιγμάτων παρατηρείται ότι το μίγμα 75/25 παρουσιάζει πολύ αυξημένες παραμορφώσεις πράγμα το οποίο δεν μπορούμε να το εξηγήσουμε και γι'αυτό απαιτούνται περισσότερες μετρήσεις. Αν ωστόσο εξαιρέσουμε το μίγμα αυτό τα υπόλοιπα έχουν την ίδια μορφή με τα δύο διαγράμματα σύγκρισης των παραμορφώσεων 1 και 35 ημερών.



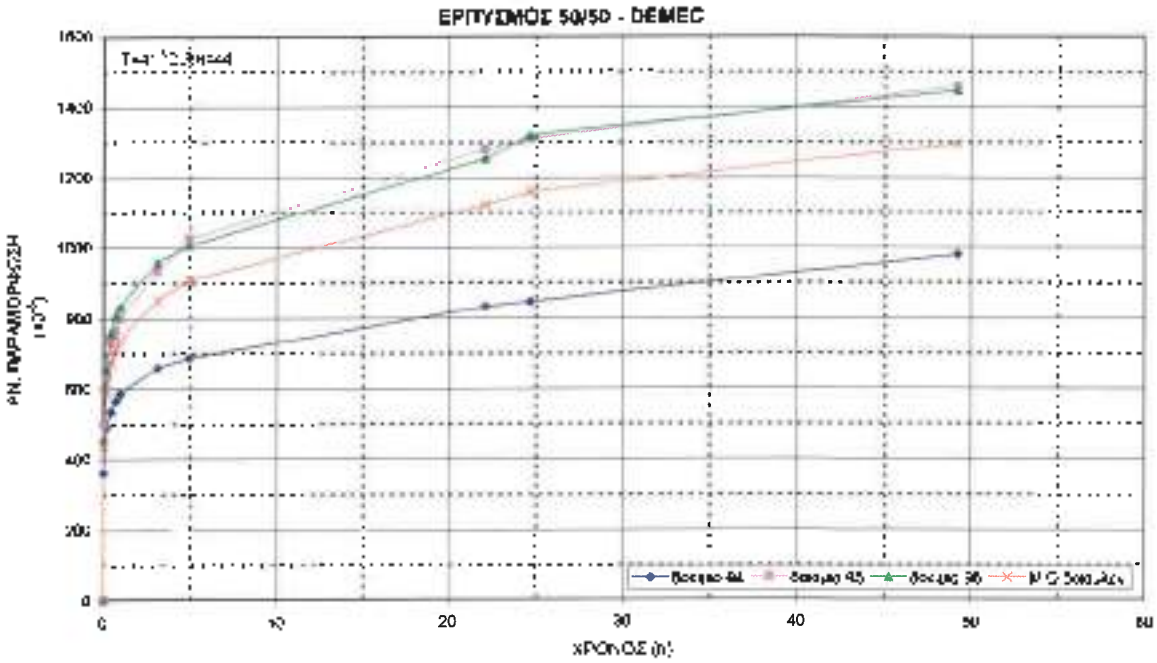
Εικόνα 9-2, Διατμητική αστοχία δοκιμίου



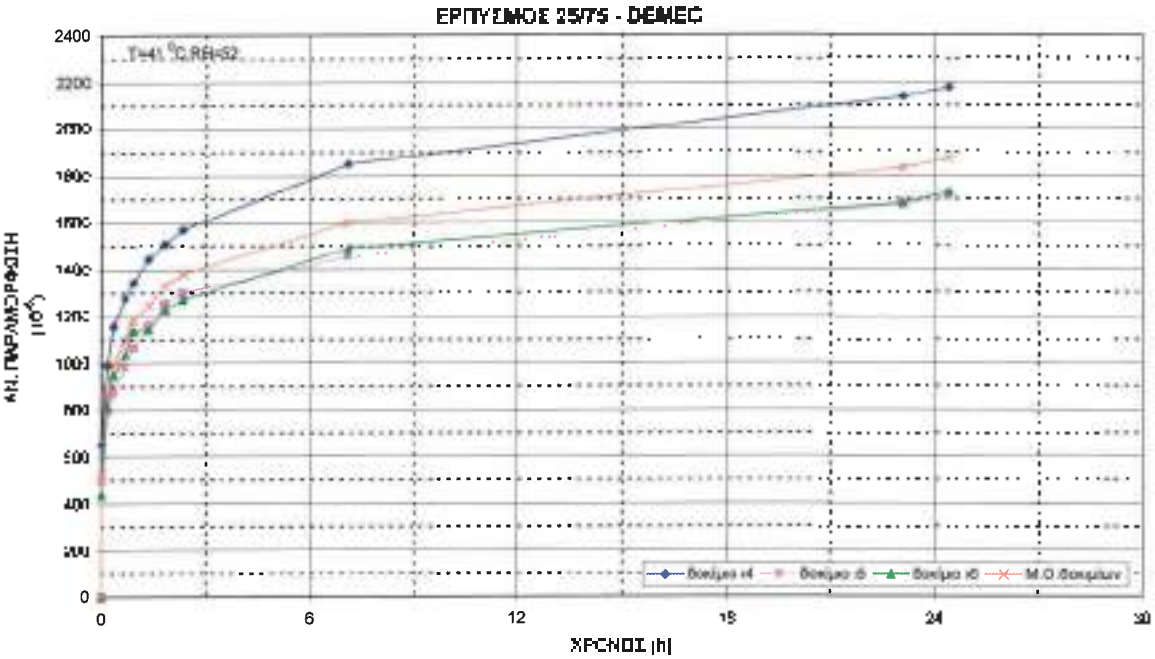
Σχήμα 9-14, Ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C



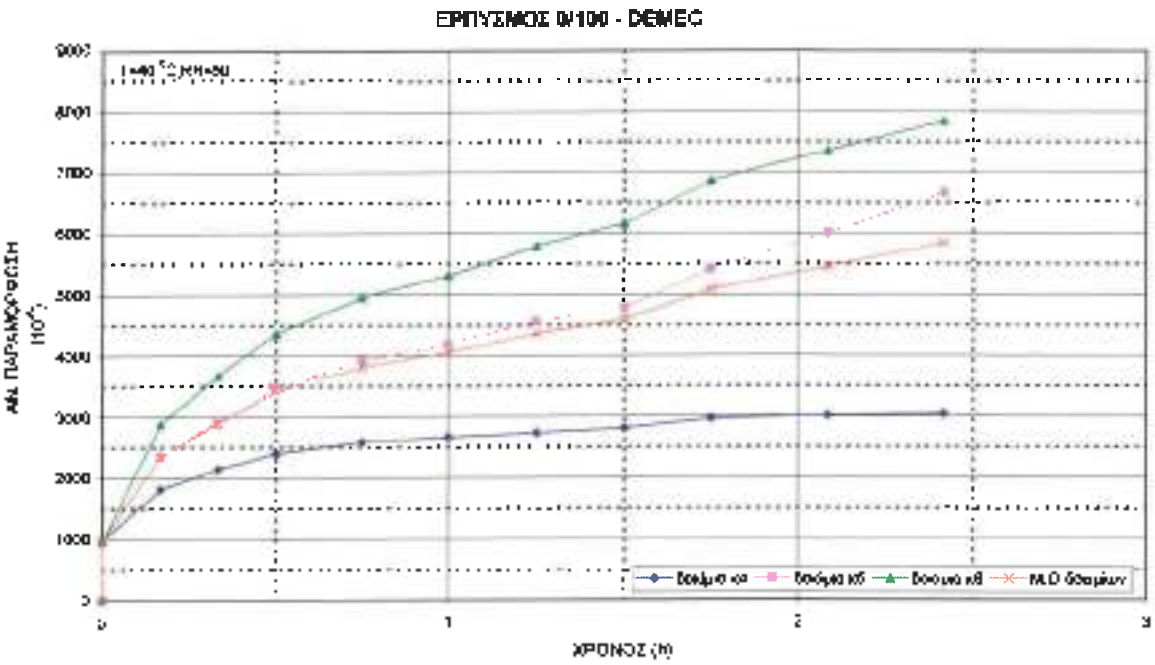
Σχήμα 9-15, Ερπυσμός 75/25-DEMEC-35 ημερών-40 ^{0}C



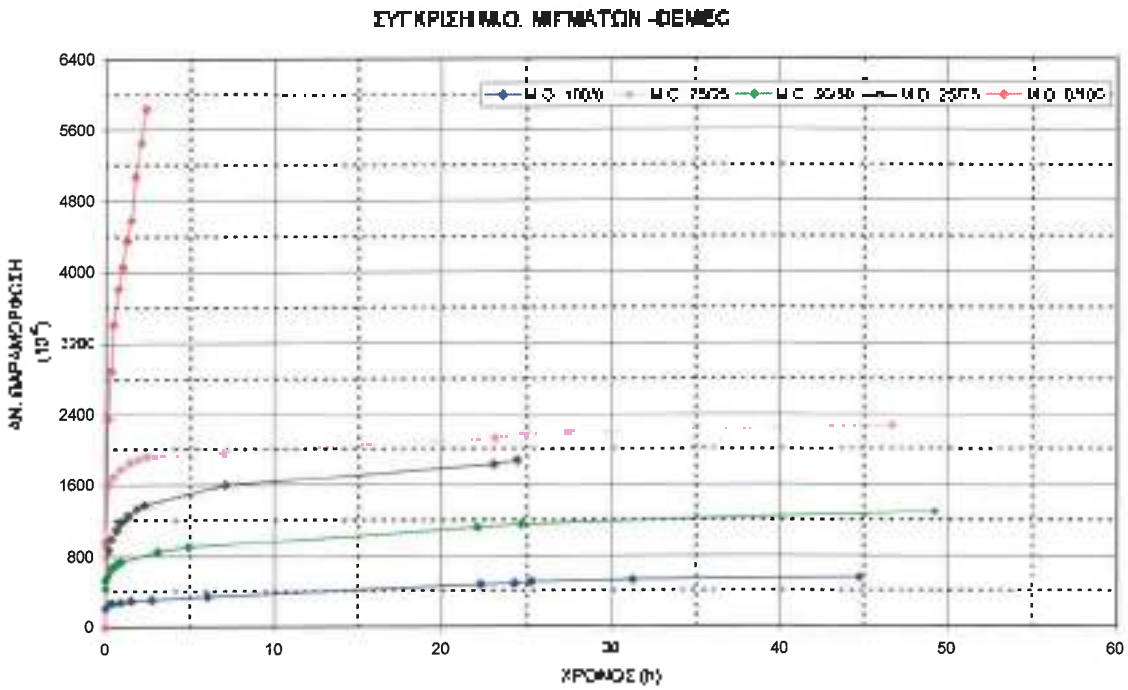
Σχήμα 9-16, Ερπυσμός 50/50-DEMEC-35 ημερών-40 °C



Σχήμα 9-17, Ερπυσμός 25/75-DEMEC-35 ημερών-40 °C



Σχήμα 9-18, Ερπυσμός 0/100-DEMEC-35 ημερών-40 °C



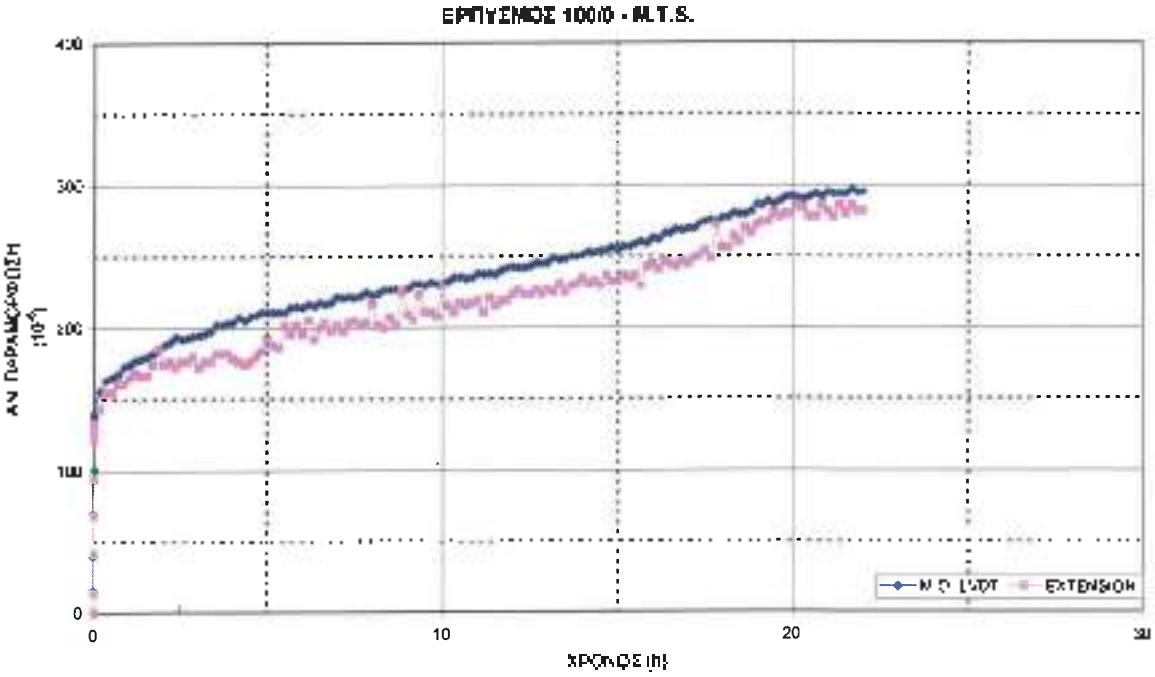
Σχήμα 9-19, Σύγκριση Μ.Ο.-DEMEC-35 ημερών-40 °C

Στα σχήματα 9.20 έως 9.24 παρουσιάζεται ο ερπυσμός 1 ημέρας σε μέση θερμοκρασία 23°C με την συσκευή M.T.S., υπό μορφή ανηγμένης παραμόρφωσης συνάρτηση του χρόνου για τα δυο δοκίμια του κάθε πειράματος Στο ένα δοκίμιο οι παραμορφώσεις μετρούνται μέσω ηλεκτρομηκυνσιομέτρου τύπου LVDT και στο άλλο μετρούνται μέσω Extensiometer. Το σχήμα 9.20 αναφέρεται στο μίγμα 100/0, το σχ.9 21 στο μίγμα 75/25, το σχ 9.22 στο μίγμα 50/50, το σχ.9.23 στο μίγμα 25/75 και το σχ.9.24 στο μίγμα 0/100. Κατόπιν στο σχήμα 9.25 συγκρίνονται οι μέσοι όροι των πέντε παραπάνω μιγμάτων. Επίσης στο κάθε σχήμα παρουσιάζεται η μέση θερμοκρασία που είναι 23 °C.

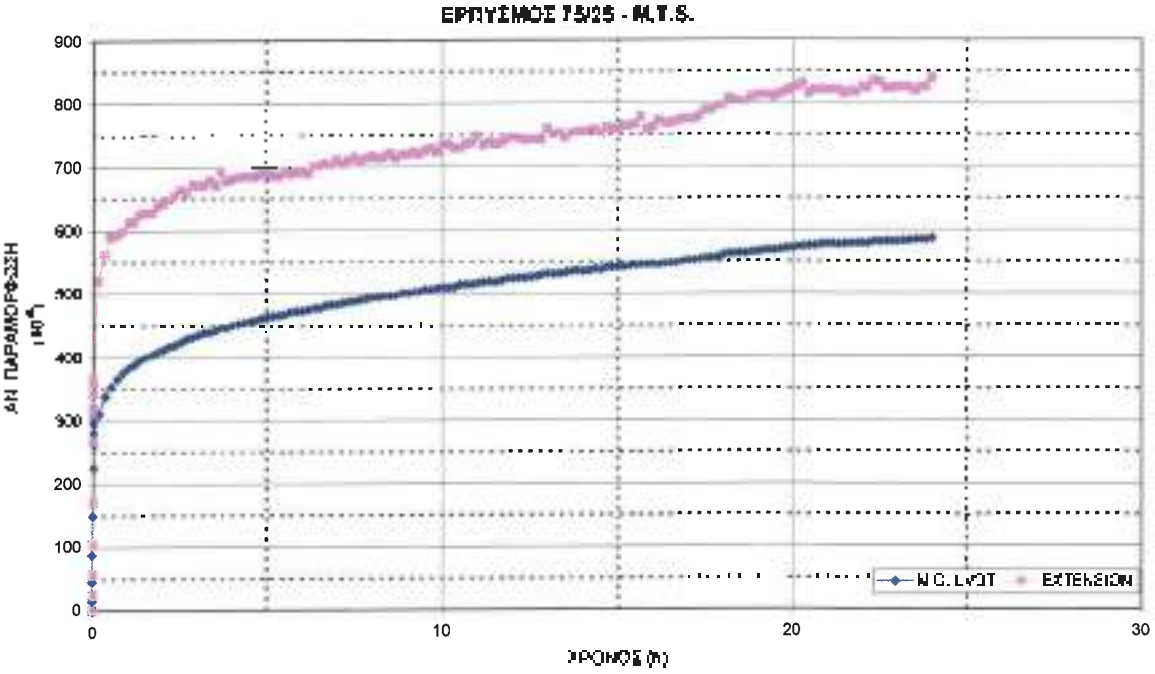
Στο σχήμα 9.25 το μίγμα 100/0 με το μίγμα 75/25 δεν διαφέρουν πολύ μεταξύ τους ωστόσο το μίγμα 75/25 διαφέρει αρκετά από το μίγμα 50/50. και το μίγμα 0/100 δεν μπορεί να σχολιαστεί καθώς δεν είναι αξιόπιστο. Αυτό οφείλεται στο ότι δημιουργήθηκε πρόβλημα με την συσκευή M.T.S η οποία σταμάτησε σε περίπου 6,5 ώρες και δεν ολοκληρώθηκε το πείραμα των 24 ωρών

Εάν γίνει η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις μετρήσεις με την χρήση του DEMEC και αυτών της M.T.S. θα παρατηρήσει κανείς ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές και για τα ίδια μίγματα (πράγμα που οφείλεται στην χρησιμοποίηση διαφορετικού ασφαλτομίγματος). Οι διαφορές αυτές φαίνονται στο σχήμα 9.26. Δεδομένου λοιπόν ότι τα μίγματα, στα οποία χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση του ερπυσμού τους η συσκευή M.T.S., παρασκευάστηκαν με ασφαλτόμιγμα διαφορετικής προέλευσης από τα μίγματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε η συσκευή DEMEC και ότι εμπεριέχουν και την μεταξύ αναμιγμάτων διασπορά η άμεση σύγκριση τους δεν είναι αξιόπιστη.

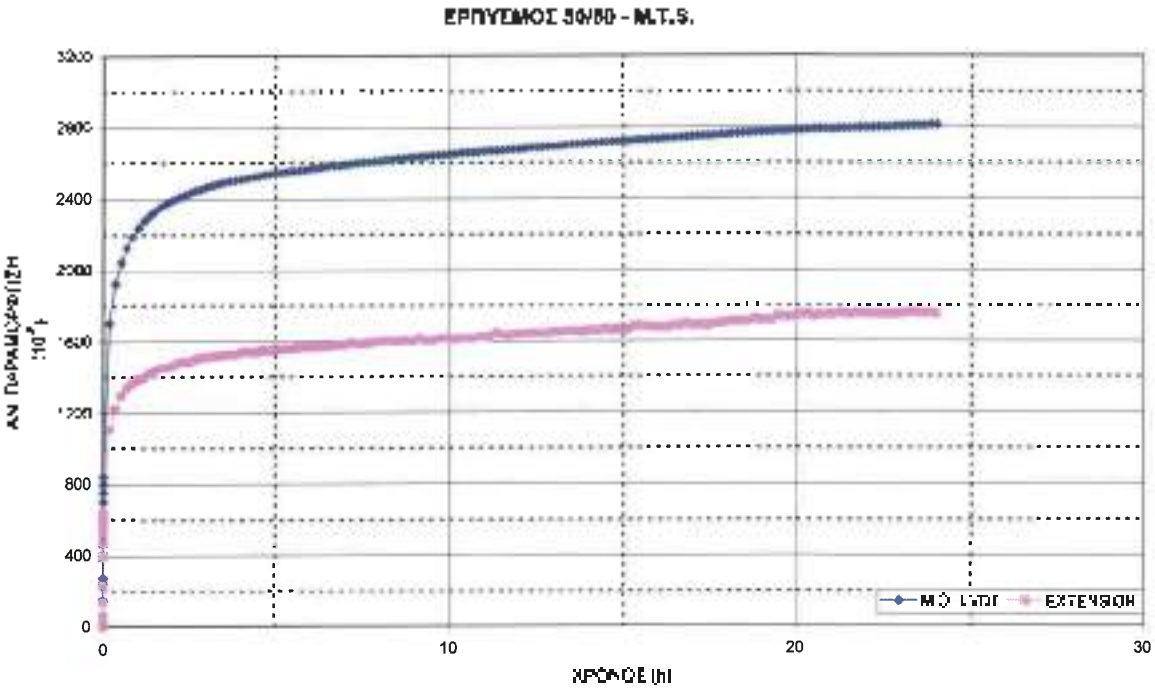
Το γενικό συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι όσο αυξάνει το ασφαλτόμιγμα τόσο αυξάνει και ο ερπυσμός καθώς επίσης υπάρχουν και ενδείξεις ότι η αύξηση αυτή δεν είναι αναλογική.



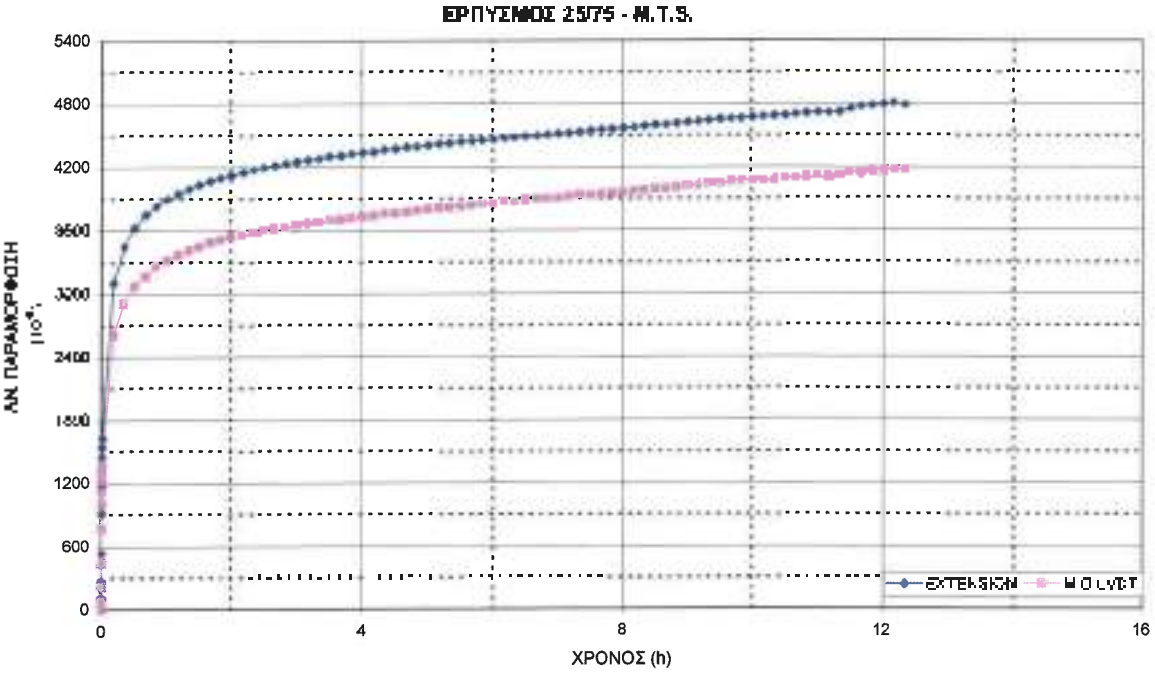
Σχήμα 9-20, Ερπυσμός 100/0-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C



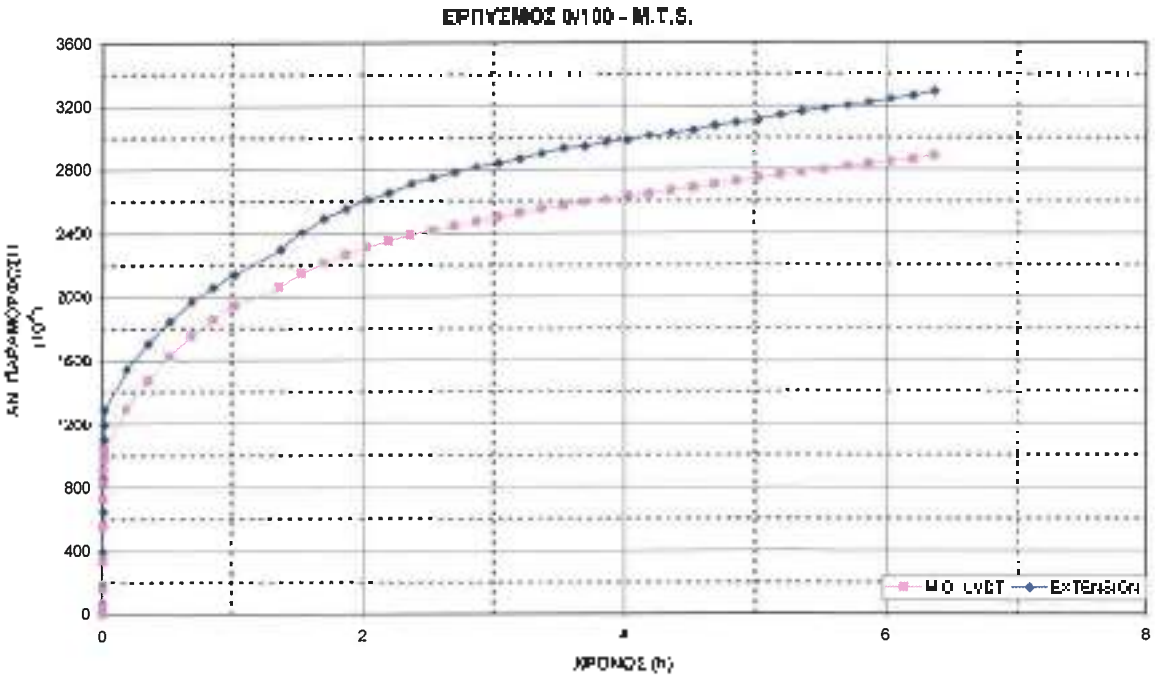
Σχήμα 9-21, Ερπυσμός 75/25-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C



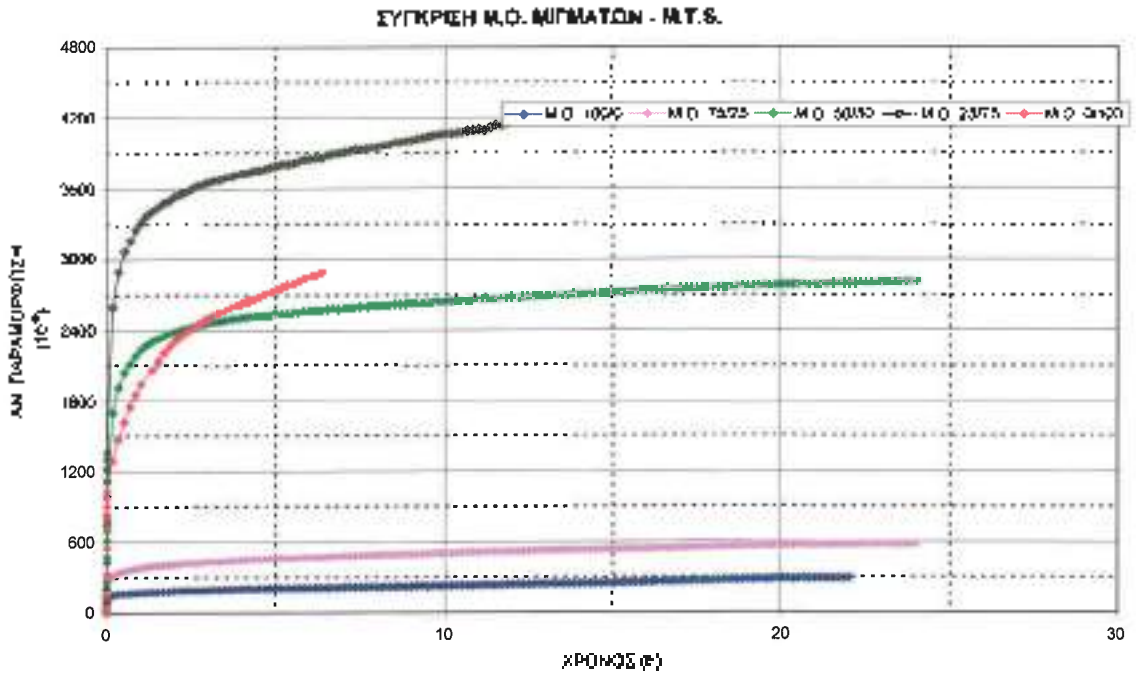
Σχήμα 9-22, Ερπυσμός 50/50-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C



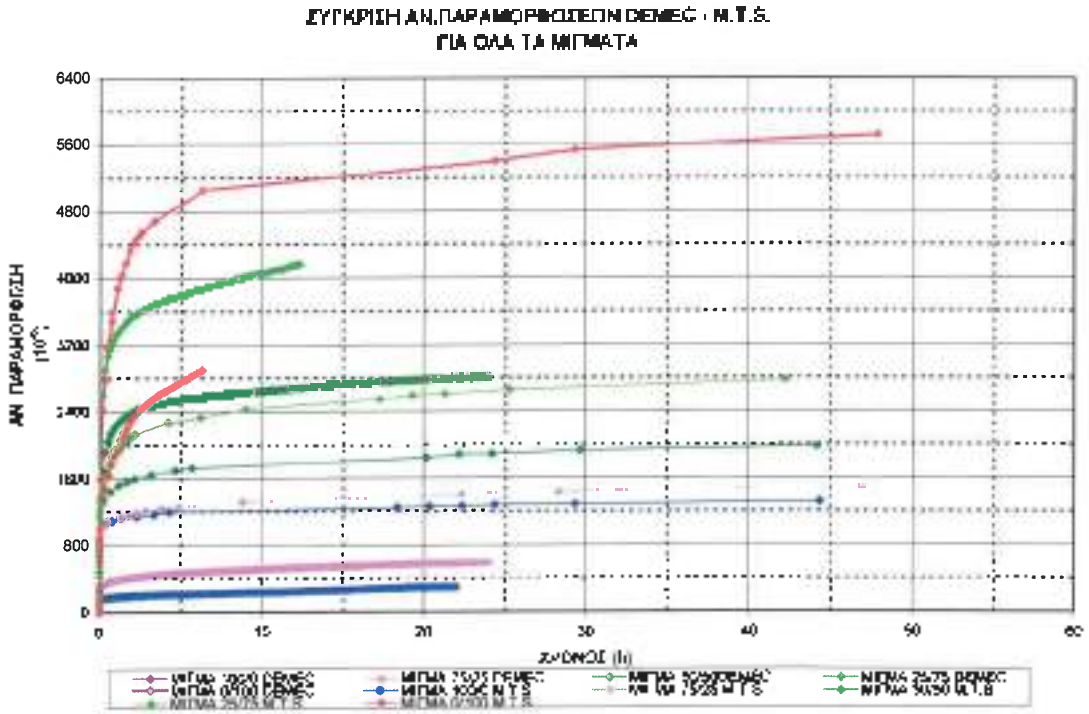
Σχήμα 9-23, Ερπυσμός 25/75-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C



Σχήμα 9-24. Ερπυσμός 0/100-Μ.Τ.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C



Σχήμα 9-25. Σύγκριση Μ.Ο.-Μ.Τ.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C

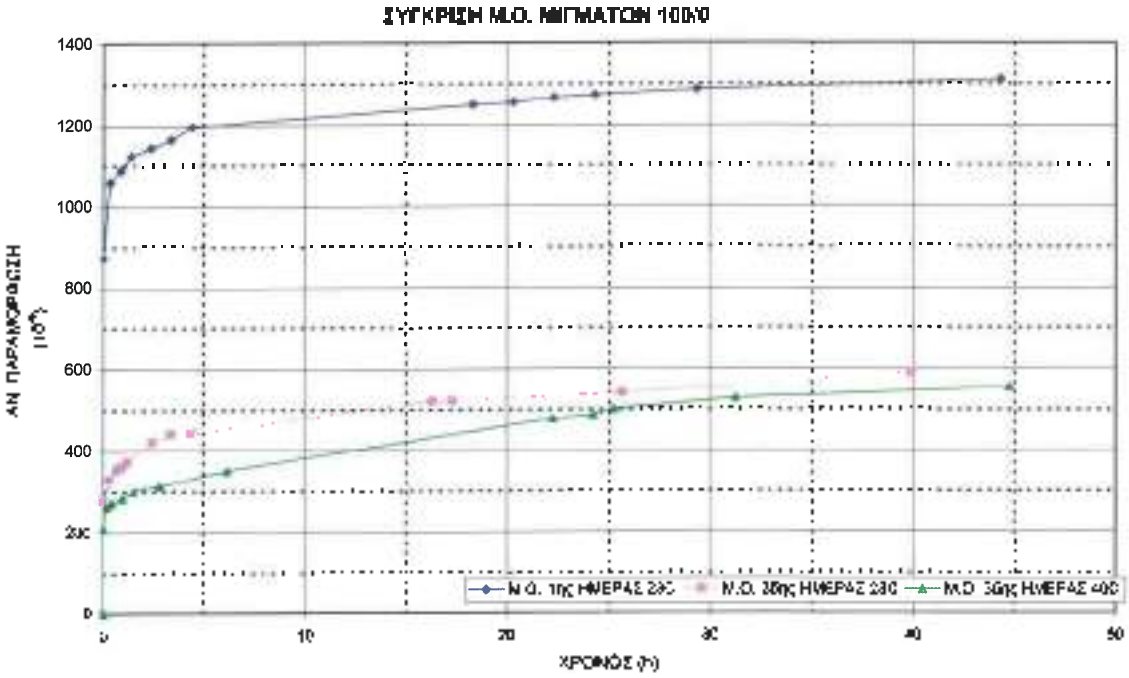


Σχήμα 9-26, Σύγκριση Μ.Ο. DEMEC-M.T.S.-1 ημέρας-23 ^{0}C

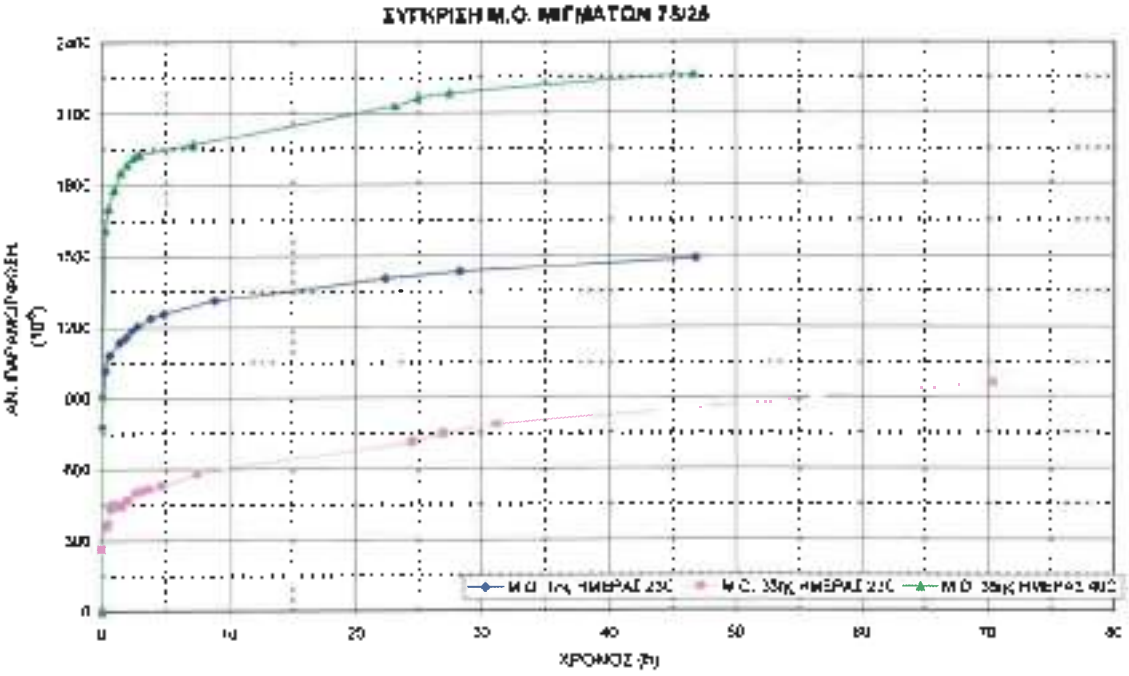
Στα σχήματα 9.27 έως 9.31 παρουσιάζονται για όλα τα μίγματα οι συγκρίσεις των μέσων όρων των ανηγμένων παραμορφώσεων σε ηλικία 1 ημέρας στους 23 ^{o}C, σε ηλικία 35 ημερών στους 23 ^{o}C και σε ηλικία 35 ημερών στους 40 ^{o}C.

Αρχικά μπορούμε να σχολιάσουμε την επίδραση της ηλικίας στις παραμορφώσεις για τα διάφορα μίγματα. Βλέπουμε ότι επειδή αυξάνει η ηλικία αυξάνεται και η αντοχή και άρα ο ερπυσμός θα πρέπει να είναι μικρότερος σε μεγαλύτερη ηλικία και πράγματι αυτό παρατηρείται στο μίγμα 100/0 σχήμα 9.27, στο μίγμα 75/25 σχήμα 9.28,και στο μίγμα 50/50 σχήμα 9.29. Αυτό δεν παρατηρείται στην περίπτωση του μίγματος 25/75, σχήμα 9.30 Για την περίπτωση του μίγματος 0/100 λόγω των προαναφερθέντων προβλημάτων θραύσης των δοκιμίων δεν είναι δυνατή η σύγκριση σχήμα 9.31.

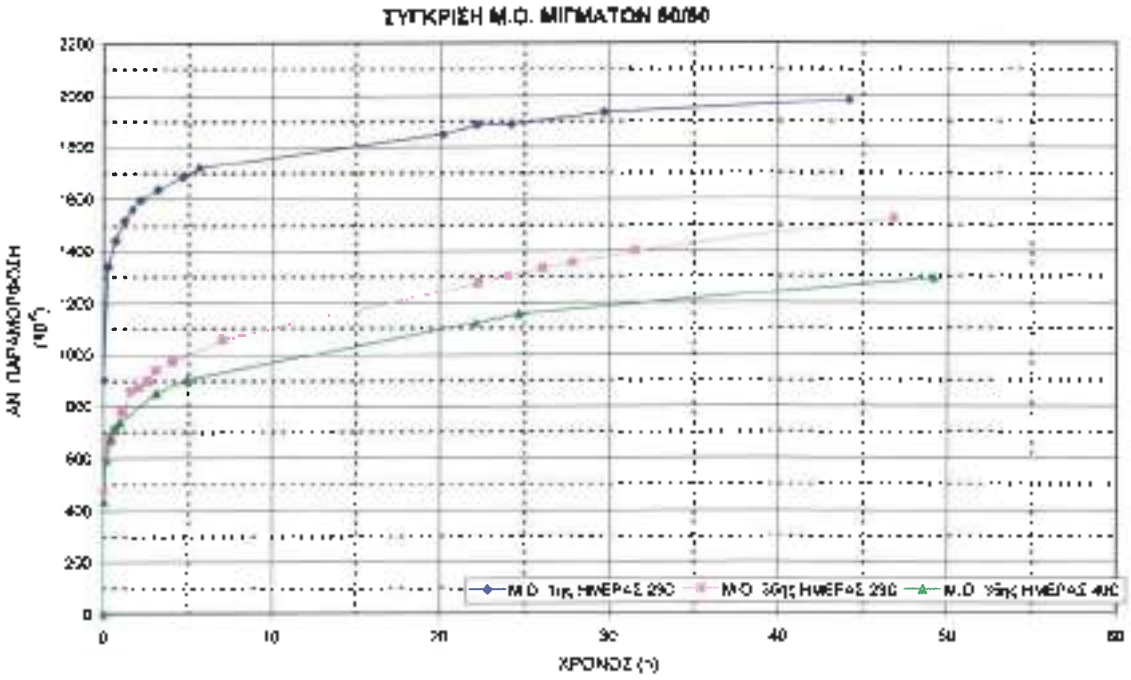
Όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας, ως ήταν αναμενόμενο, δεν επιδρά στο μίγμα 100/0 σχήμα 9.27, όπου οι εμφανιζόμενες διαφορές είναι μέσα στο σφάλμα μέτρησης Για τα υπόλοιπα μίγματα όσο αυξάνει η θερμοκρασία ελαττώνεται το μέτρο ελαστικότητας των κόκκων του φρεζαρισμένου υλικού και επομένως αυξάνει ο ερπυσμός. Πράγματι αυτό παρατηρείται στο μίγμα 75/25 σχήμα 9.28 αλλά δεν παρατηρείται στην περίπτωση των μιγμάτων 50/50 σχήμα 9.29 και 25/75 σχήμα 9.30. Έγινε διερεύνηση των πιθανών σφαλμάτων μετρήσεως αλλά δεν κατέστη δυνατή η εύρεση της αιτίας αυτής της αντίστροφης από την αναμενόμενη συμπεριφορά. Έτσι καταλήγουμε στο ότι είναι απαραίτητες περισσότερες μετρήσεις για την διερεύνηση του θέματος.



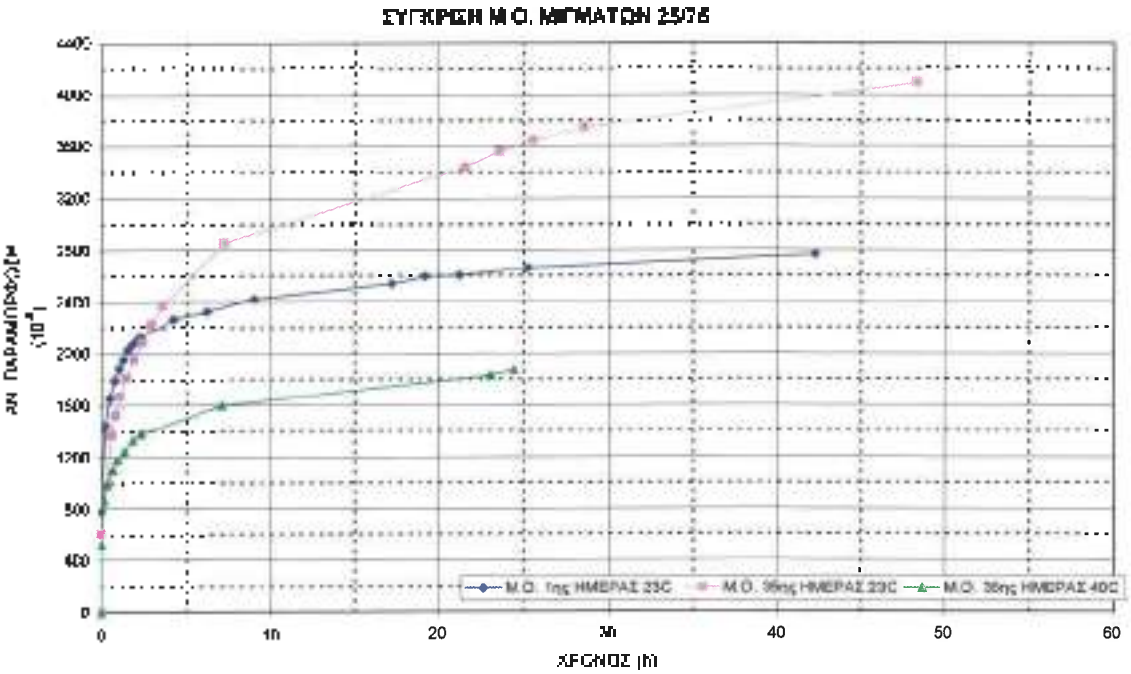
Σχήμα 9-27, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 100/0 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C



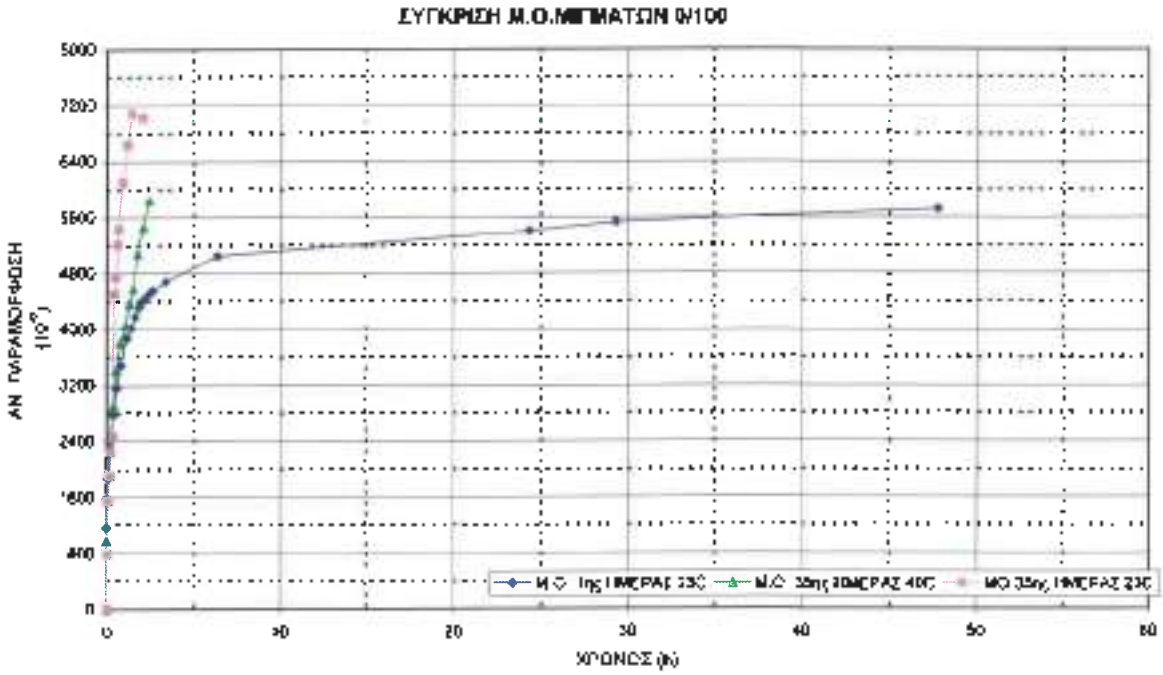
Σχήμα 9-28, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 75/25 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C



Σχήμα 9-29, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 50/50 ηλικίας 1-36 ημερών, 23-40 °C



Σχήμα 9-30, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 25/75 ηλικίας 1-36 ημερών, 23-40 °C



Σχήμα 9-31, Σύγκριση Μ.Ο. μιγμάτων 0/100 ηλικίας 1-35 ημερών, 23-40 ^{0}C

Στα σχήματα 9.32 έως 9.45 παρουσιάζονται :

1. Ο ειδικός ερπυσμός (ερπυστική παραμόρφωση ανά μονάδα επιβαλλόμενης τάσης) για κάθε δοκίμιο όλων των μιγμάτων. Επίσης παρουσιάζονται οι μέσοι όροι ανά τριάδα δοκιμίων με έντονη γραμμή σχήμα (α). Οι παρατηρήσεις που προέκυψαν από τα διαγράμματα ερπυσμού ισχύουν και στην περίπτωση των διαγραμμάτων του ειδικού ερπυσμού.
2. Η συστολή ξήρανσης που μετρήθηκε σε ένα δοκίμιο που αντιστοιχούσε σε κάθε τριάδα δοκιμίων ερπυσμού. Για το λόγο αυτό οι μετρήσεις δεν έχουν την ίδια αξιοπιστία όπως οι μετρήσεις ερπυσμού σχήμα (β).
3. Η μεταβολή του βάρους του δοκιμίου συστολής ξήρανσης σχήμα (γ).

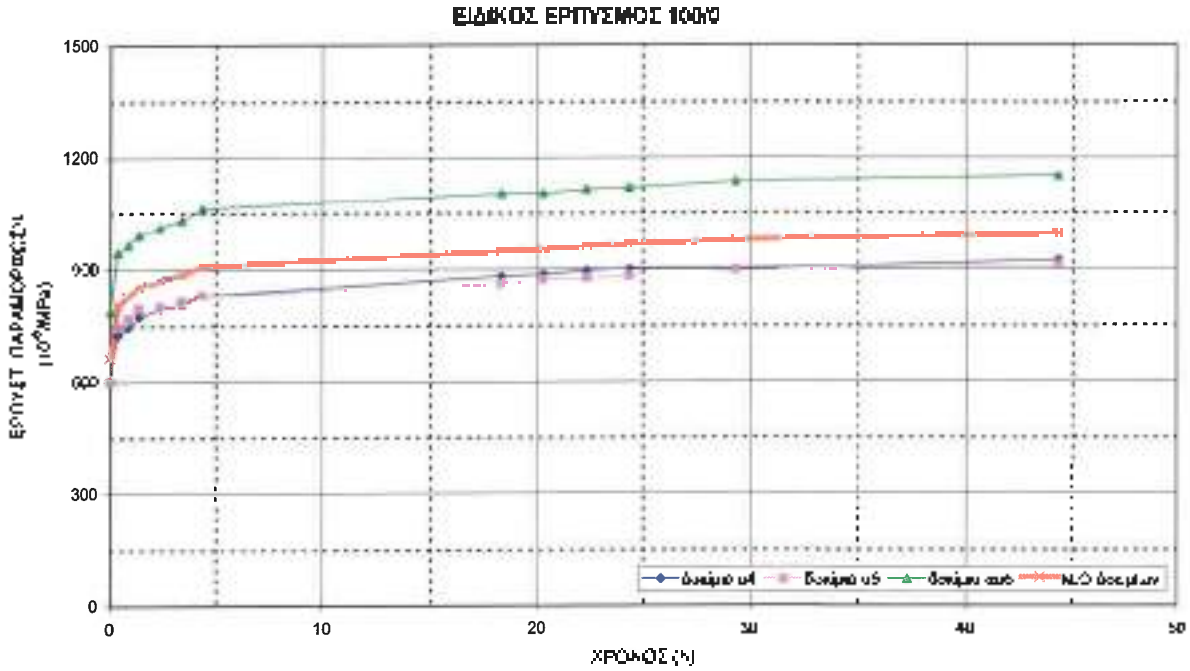
Σημειώνεται ότι στα δοκίμια του μίγματος 100/0 ηλικίας 1-35 ημερών 23 ^{0}C δεν πραγματοποιήθηκαν τέτοιου είδους μετρήσεις λόγω εσφαλμένου προγραμματισμού. Επίσης το μίγμα 0/100 35 ημερών 23 ^{0}C λόγω θραύσης του δοκιμίου δεν πραγματοποιήθηκε.

Στα διαγράμματα μέτρησης συστολής ξήρανσης παρατηρείται μια συνεχή αύξηση της συστολής η οποία στην αρχή είναι έντονη και μειώνεται σταδιακά σε συνάρτηση του χρόνου. Η γενικότερη μορφή των διαγραμμάτων συστολής ξήρανσης συμπίπτει με αυτή των διαγραμμάτων ερπυσμού.

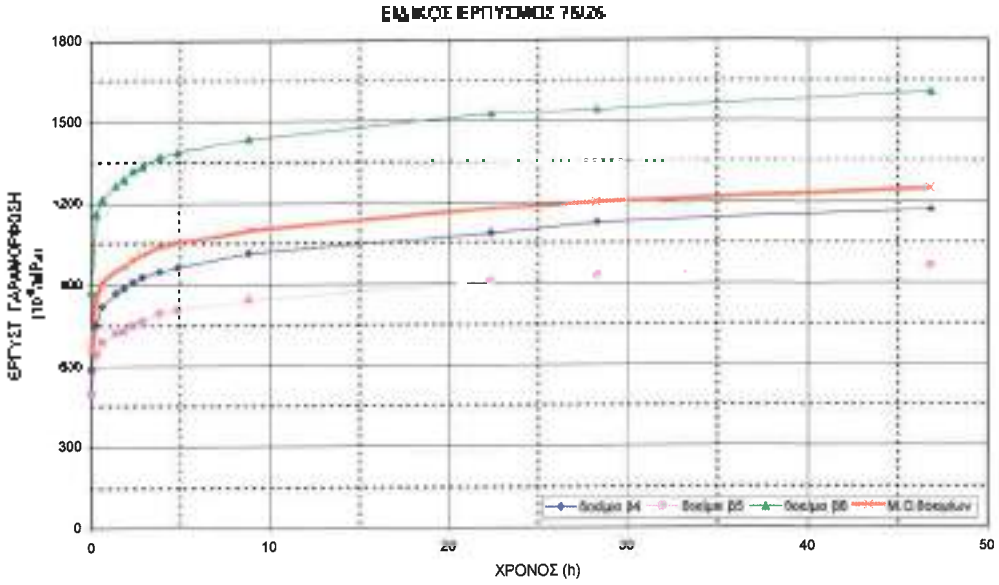
Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ερπυστικές παραμορφώσεις που μετρήθηκαν συμπεριλαμβάνουν και τη συστολή ξήρανσης διότι τα δοκίμια του ερπυσμού μπορούσαν να ξηραθούν κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Σημειώνεται πάντως ότι όπως είναι γνωστό από την περίπτωση του σκυροδέματος ο ερπυσμός υπό ταυτόχρονη ξήρανση είναι μεγαλύτερος από το άθροισμα των παραμορφώσεων ερπυσμού χωρίς ξήρανση και συστολή ξήρανσης. [4]

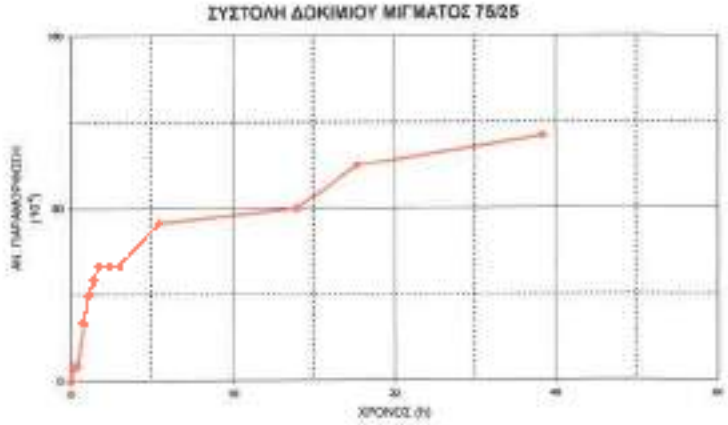
Όσον αφορά την μεταβολή βάρους των δοκιμίων συστολής ξήρανσης παρατηρούμε μια συνεχή μείωση του βάρους του δοκιμίου η οποία είναι ενδεικτική της απώλειας υγρασίας στην οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο η συστολή ξήρανσης και εν μέρη ο ερπυσμός. Έχουμε την βαθμιαία μείωση του ρυθμού απώλειας βάρους με την πάροδο του χρόνου κατά αναλογία με την συστολή ξήρανσης και τον ερπυσμό

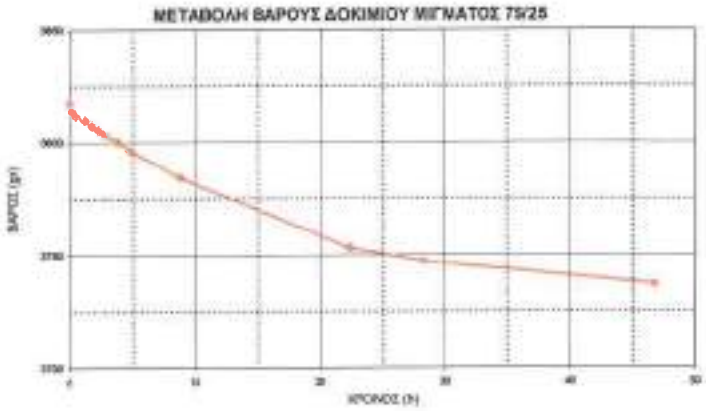
Οι ίδιες παρατηρήσεις ισχύουν και στη περίπτωση των δοκιμίων ηλικίας 35 ημερών και στις δύο θερμοκρασίες.



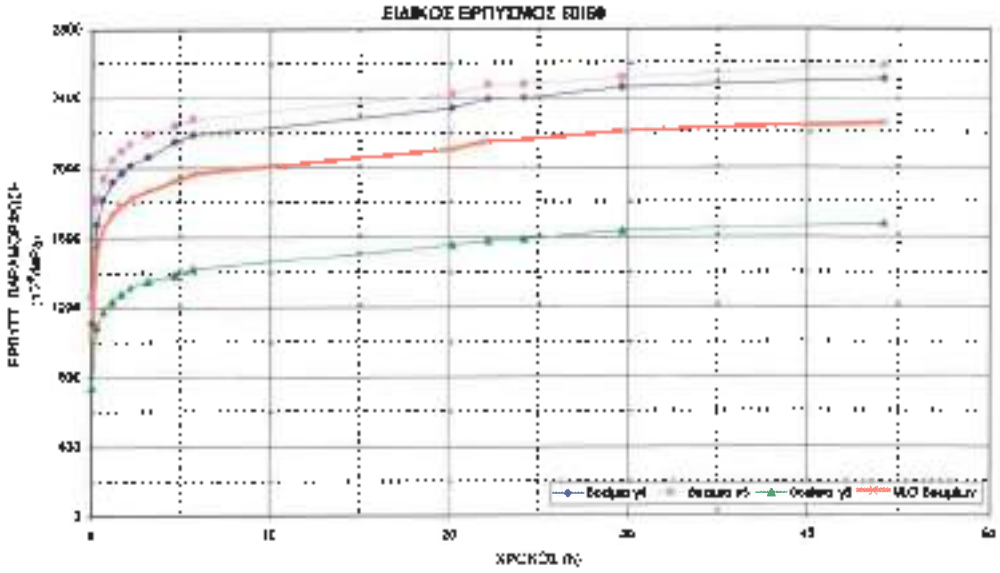
Σχήμα 9-32, Ειδικός ερπυσμός 100/0-DEMEC-1 ημέρας-23 ^{0}C

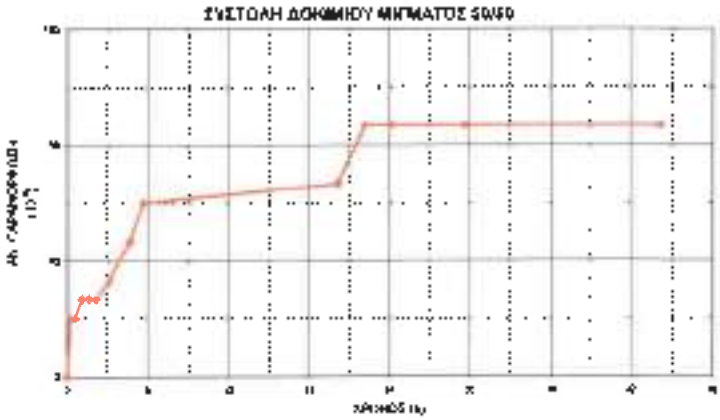


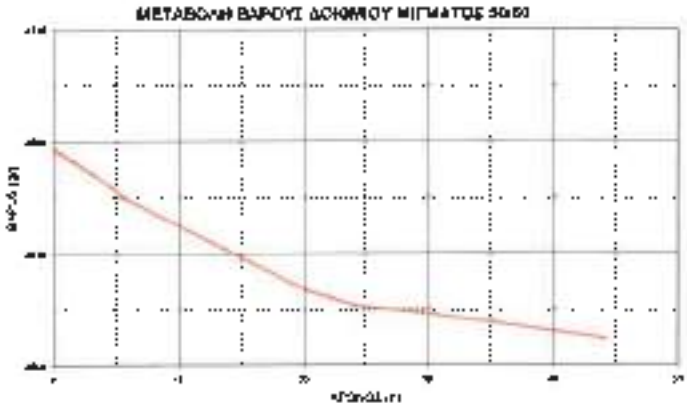




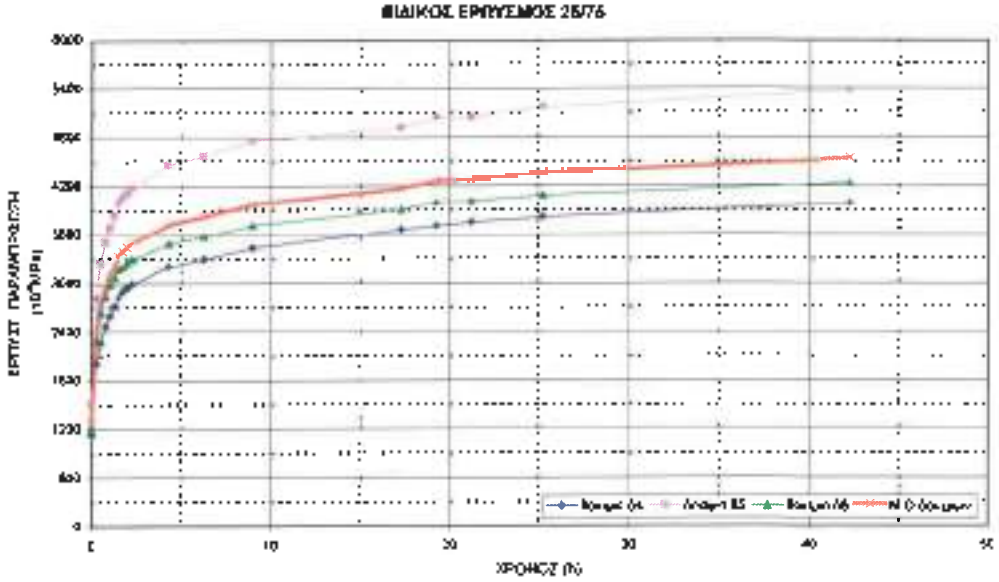
Σχήμα 9-33, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ), ε ημέρας -23 ^{0}C

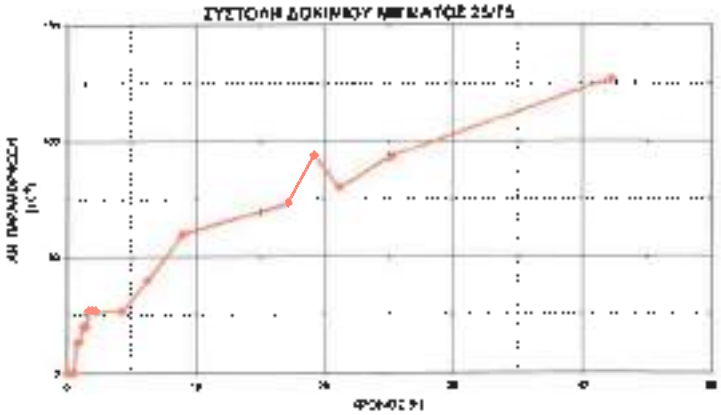


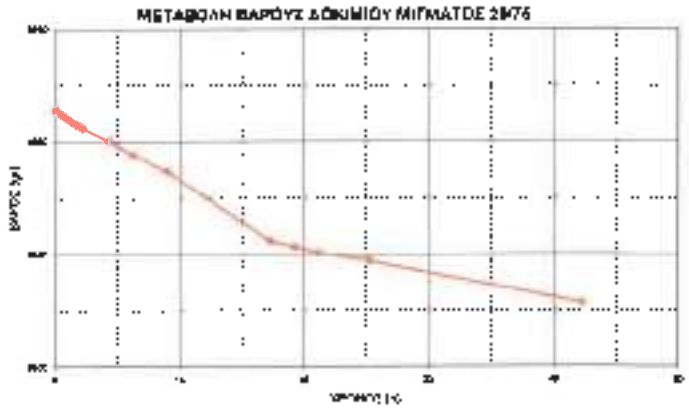




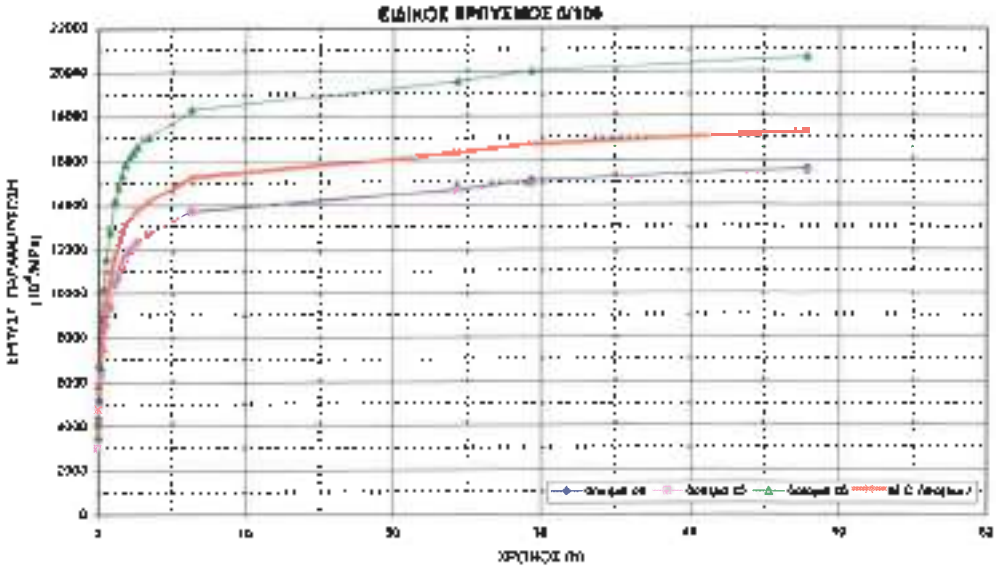
Σχήμα 9-34, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C

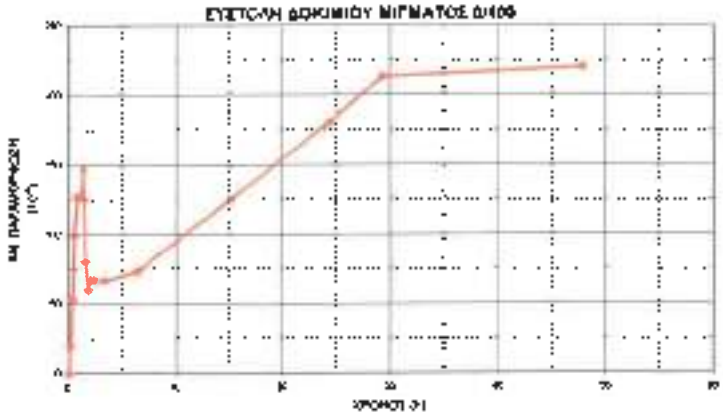


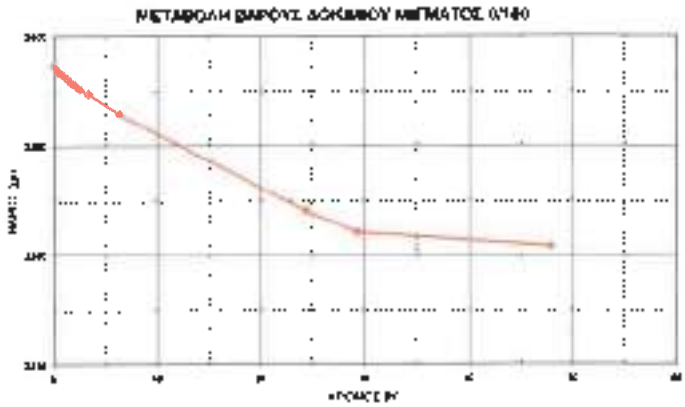




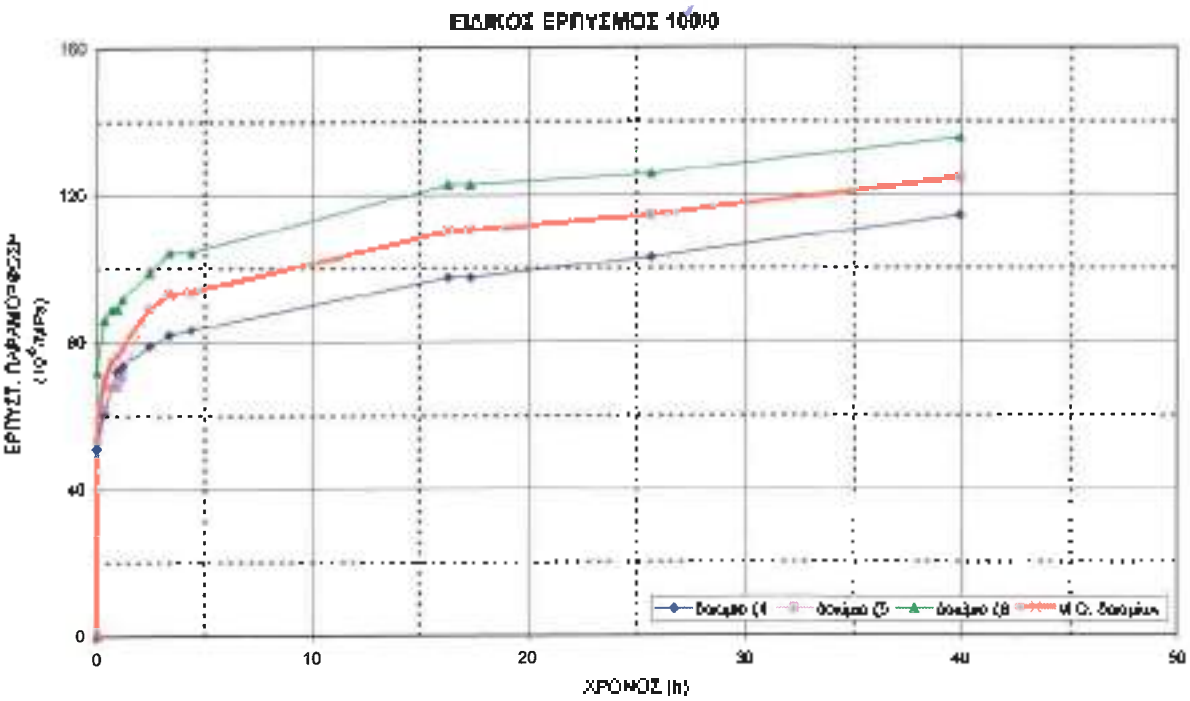
Σχήμα 9-36, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 ^{0}C



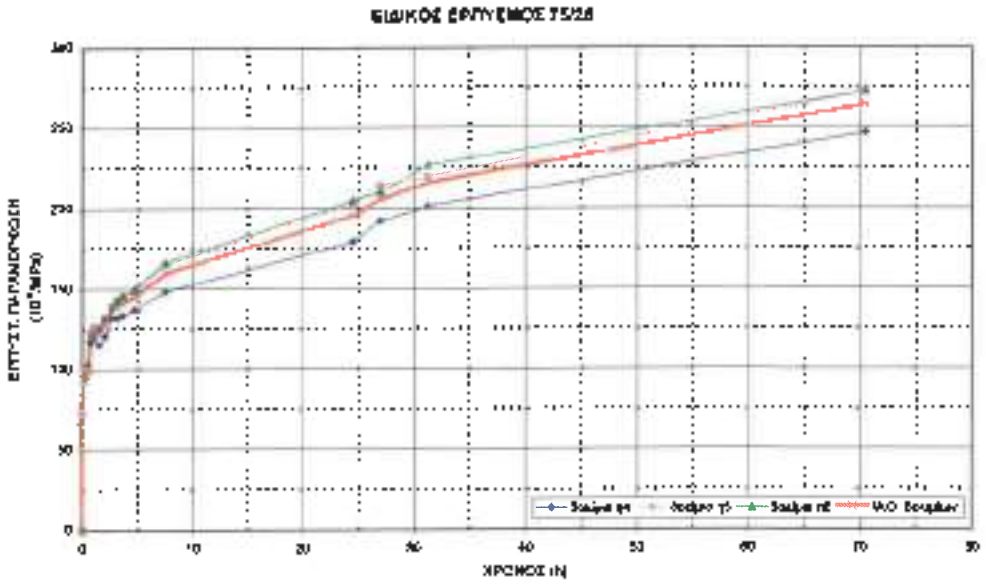


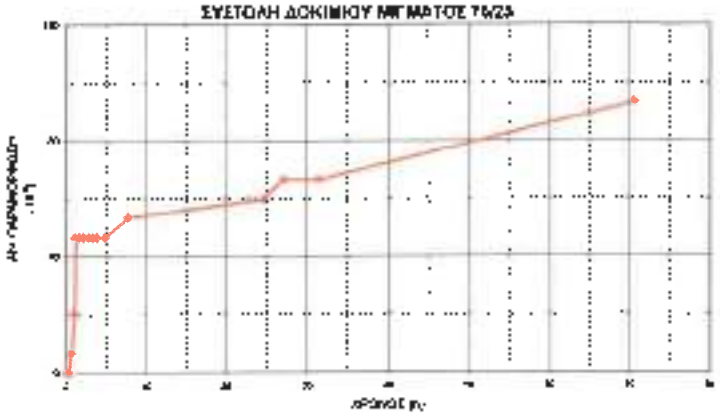


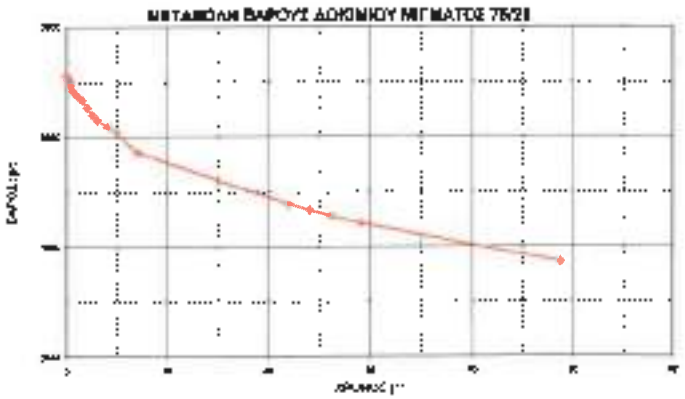
Σχήμα 9-36, Ειδικός ερπυσμός 0/100 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),1 ημέρας -23 °C



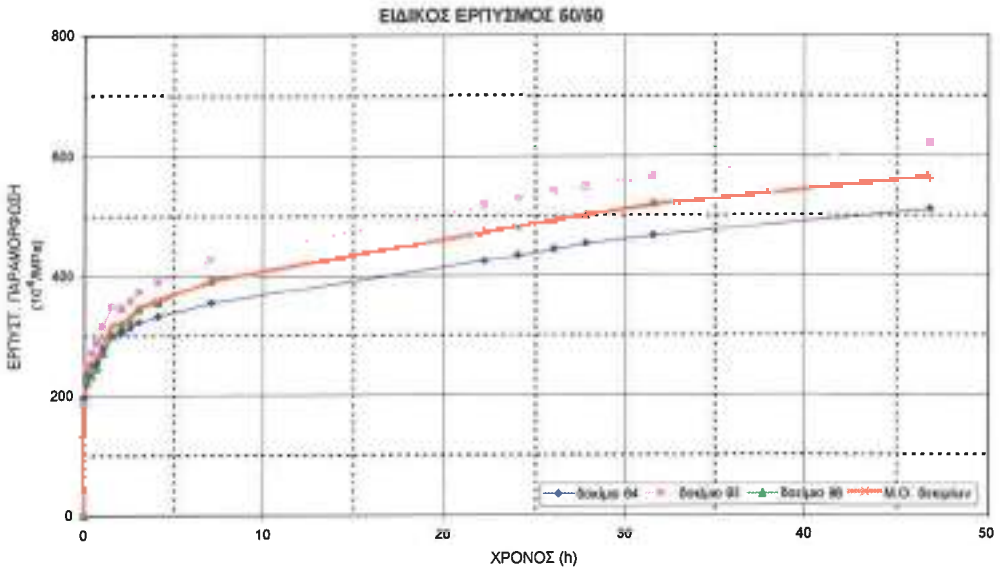
Σχήμα 9-37, Ειδικός ερπυσμός 100/0-DEMEC-35 ημερών-23 °C

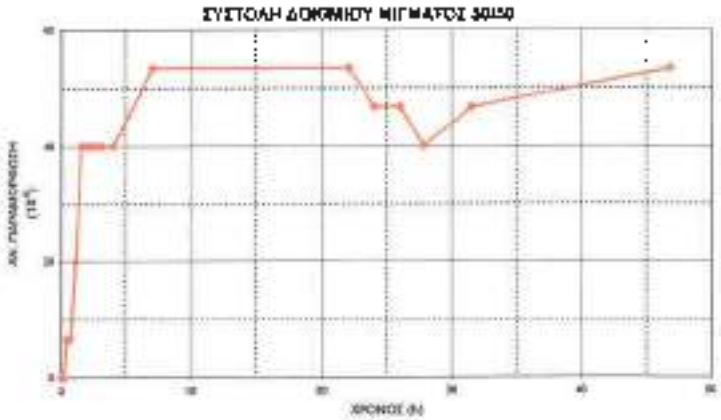


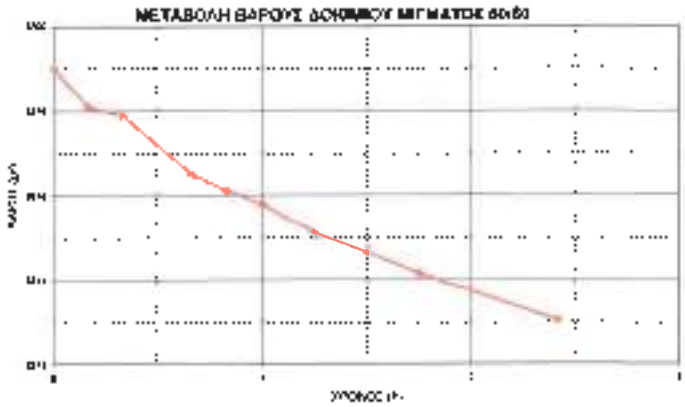




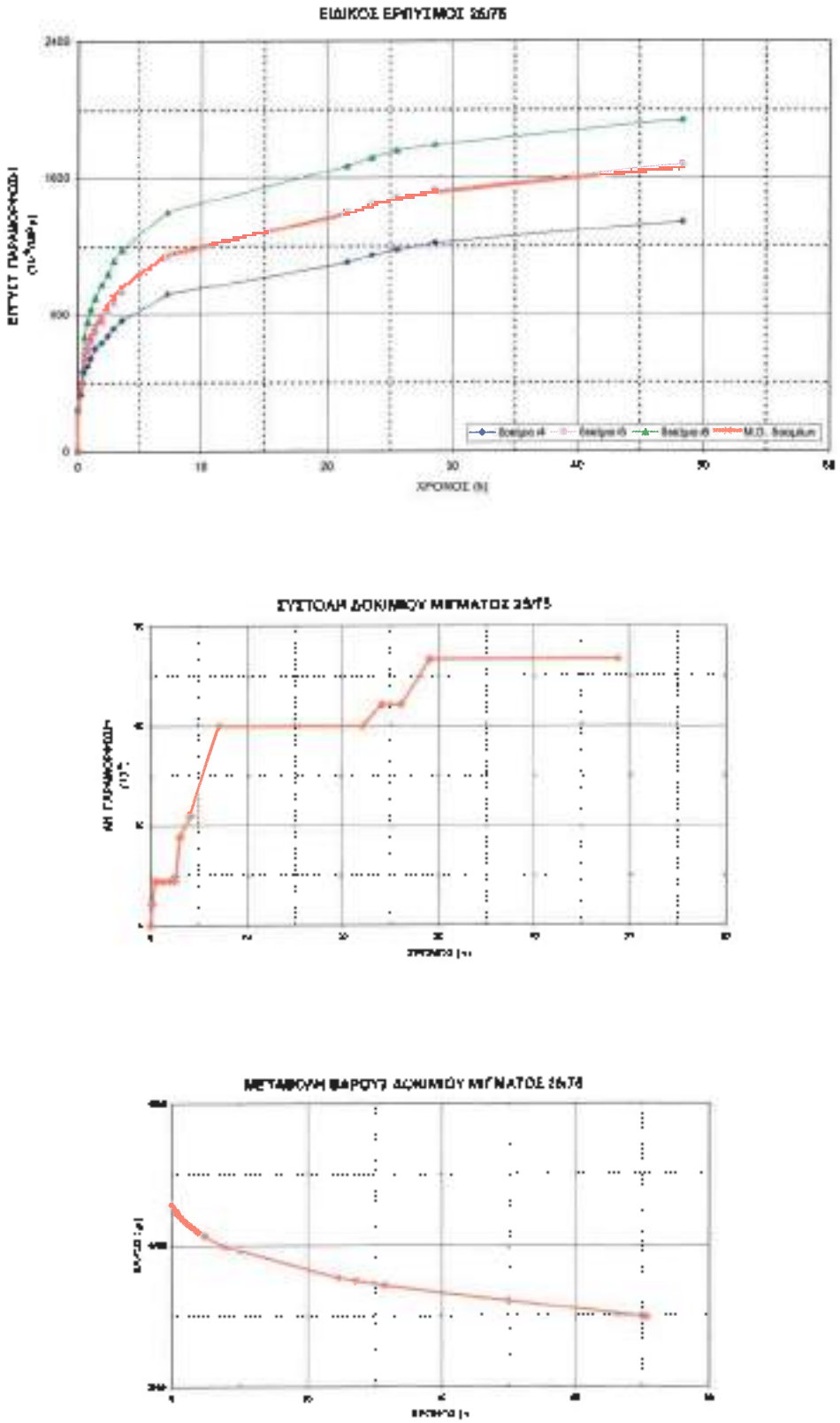
Σχήμα 9-38, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C



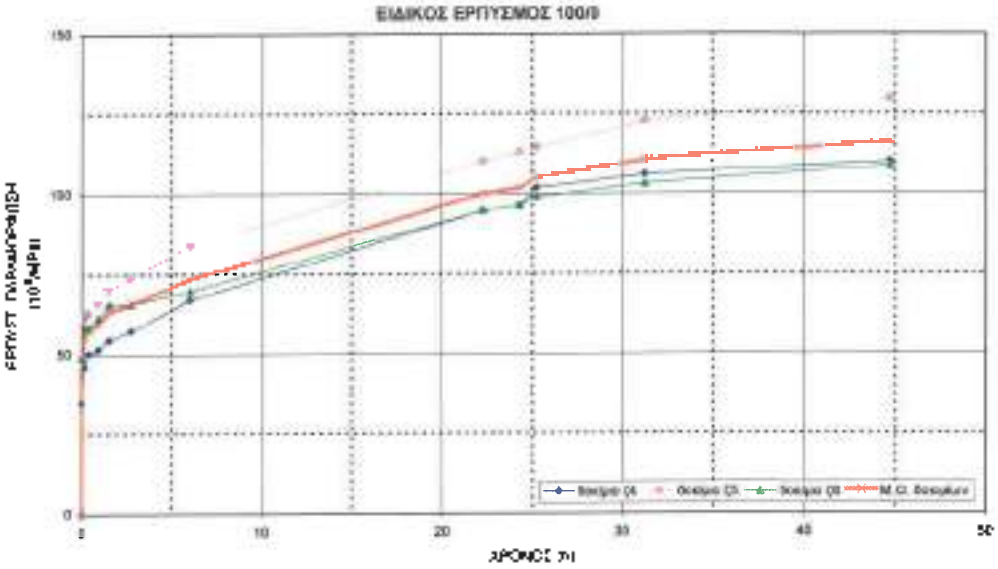


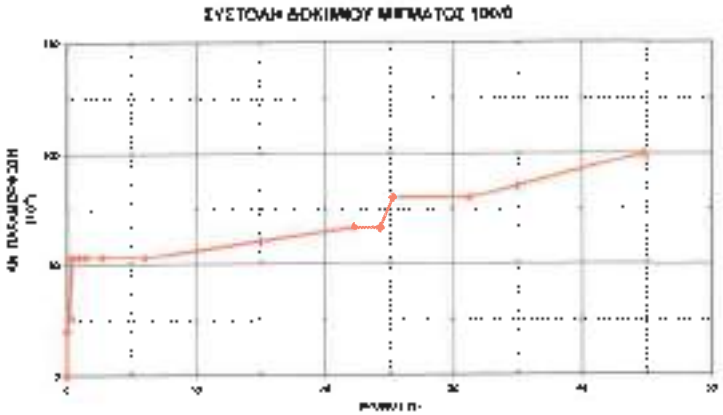


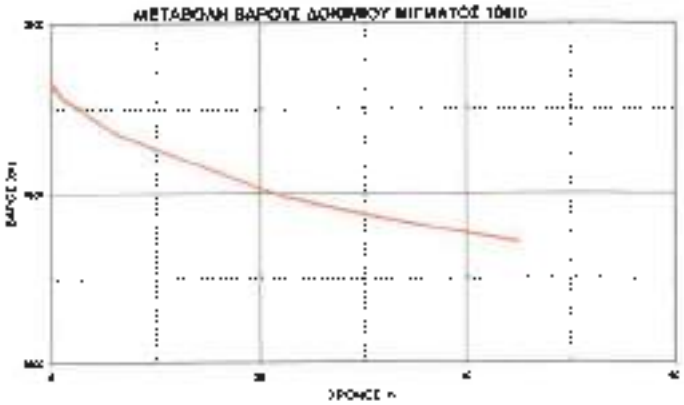
Σχήμα 9-39, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C



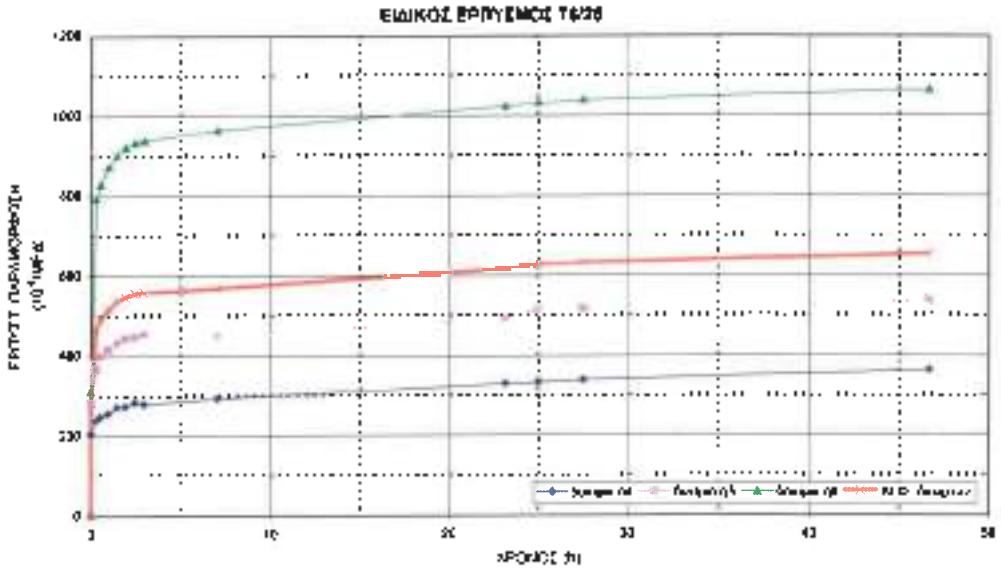
Σχήμα 9-40, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών -23 ^{0}C

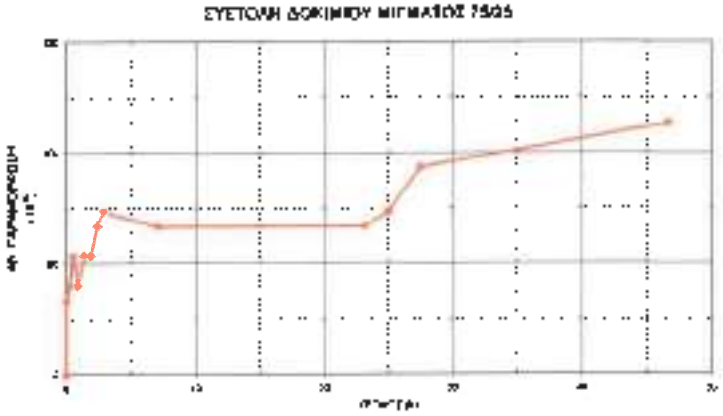


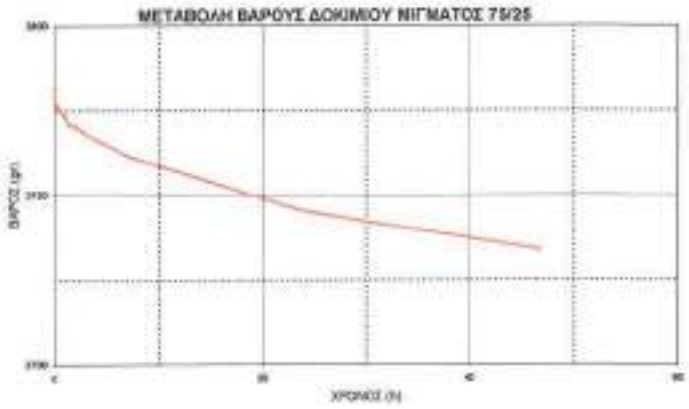




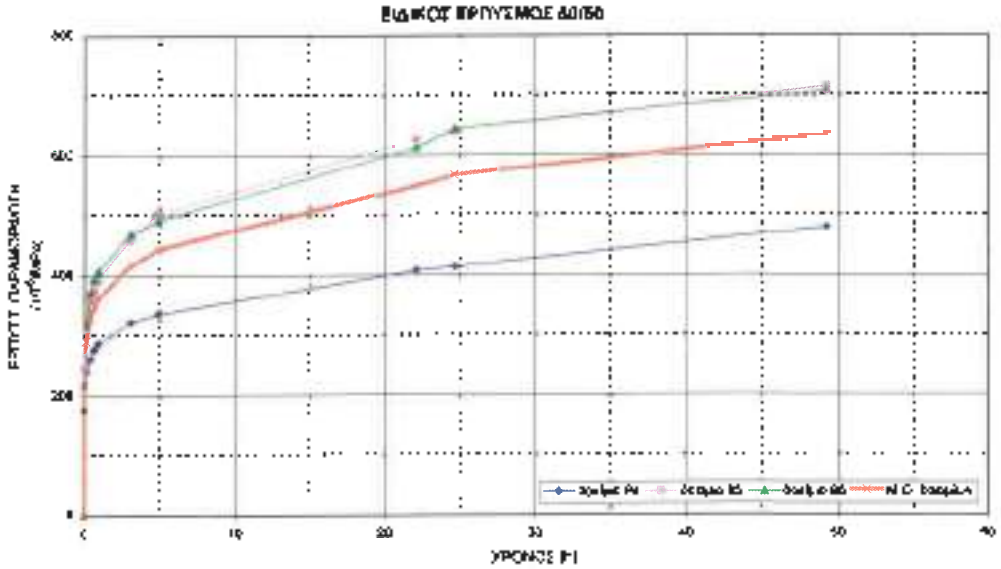
Σχήμα 9-41, Ειδικός ερπυσμός 100/0 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{o}C

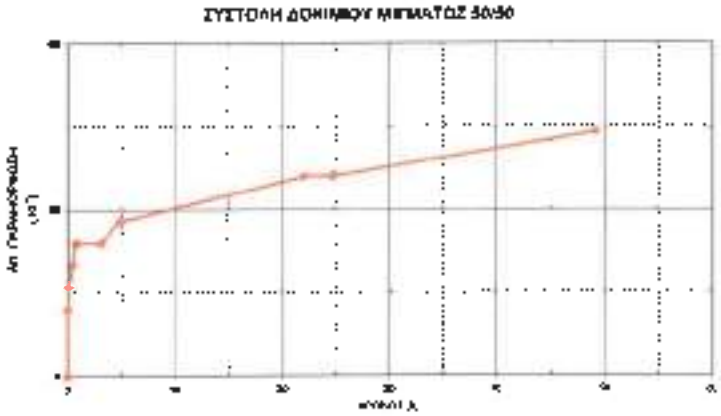


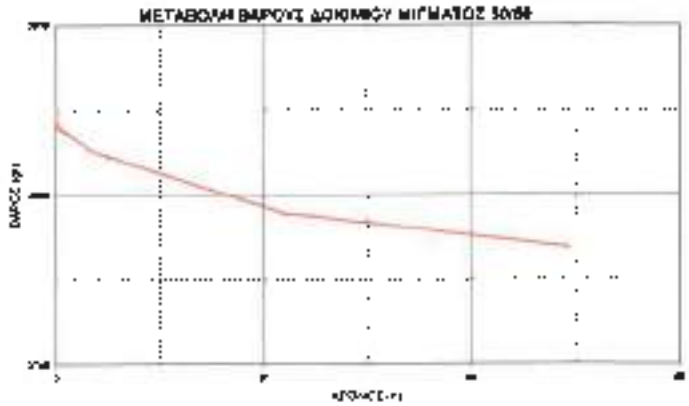




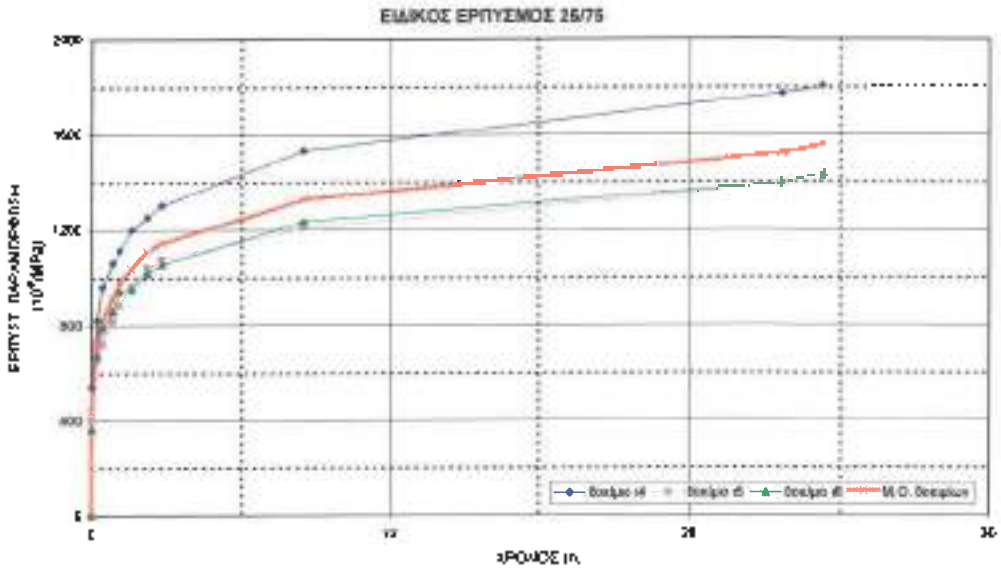
Σχήμα 9-42, Ειδικός ερπυσμός 75/25 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 °C

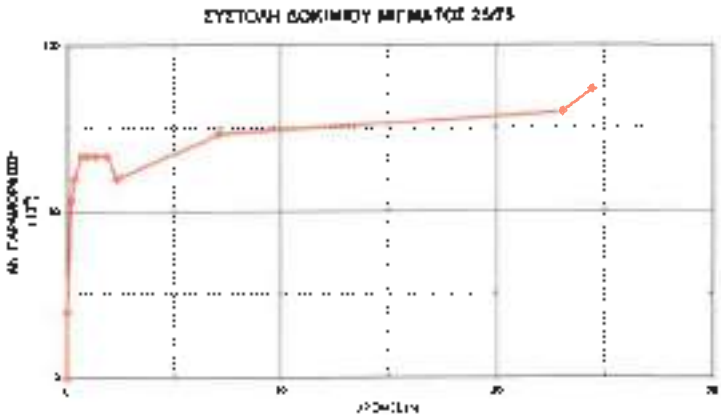


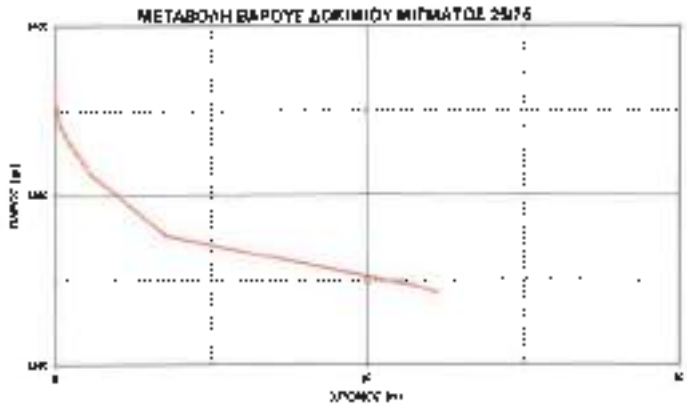




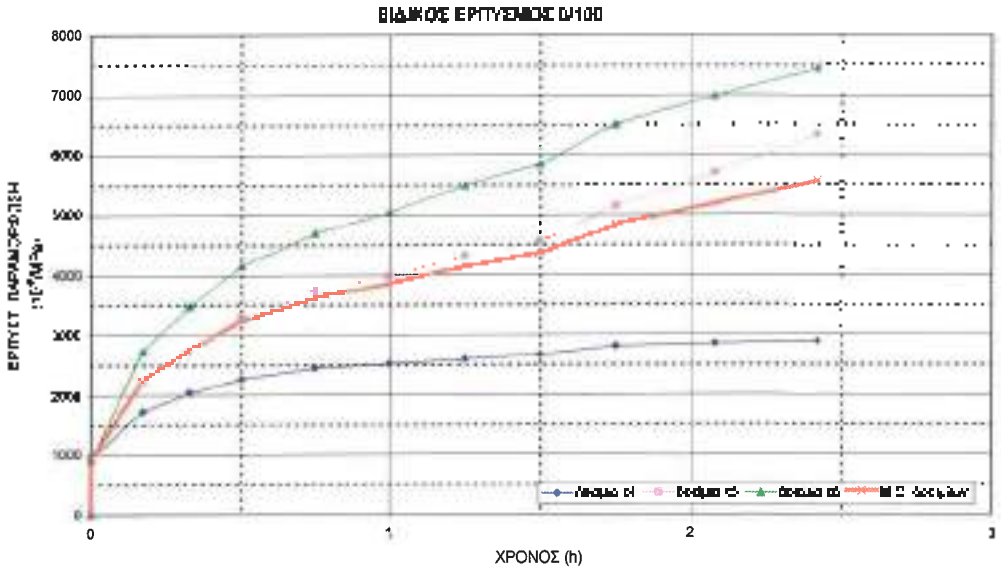
Σχήμα 9-43, Ειδικός ερπυσμός 50/50 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 ^{0}C

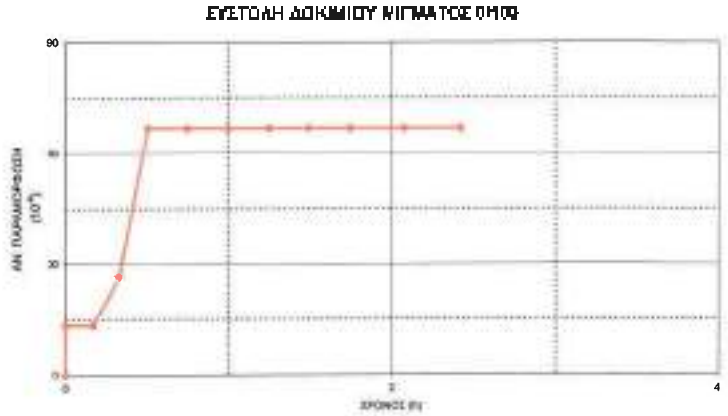


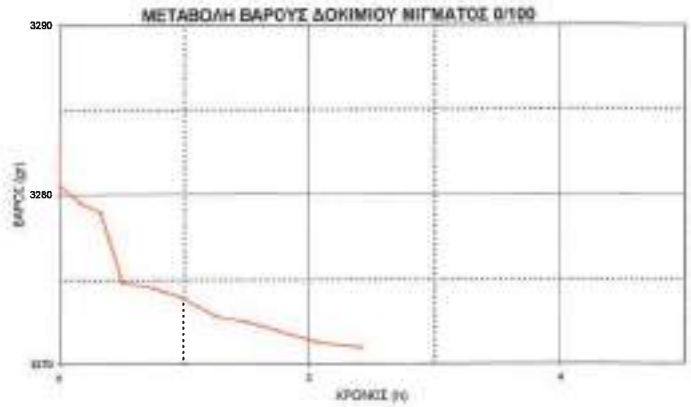




Σχήμα 9-44, Ειδικός ερπυσμός 25/75 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 °C







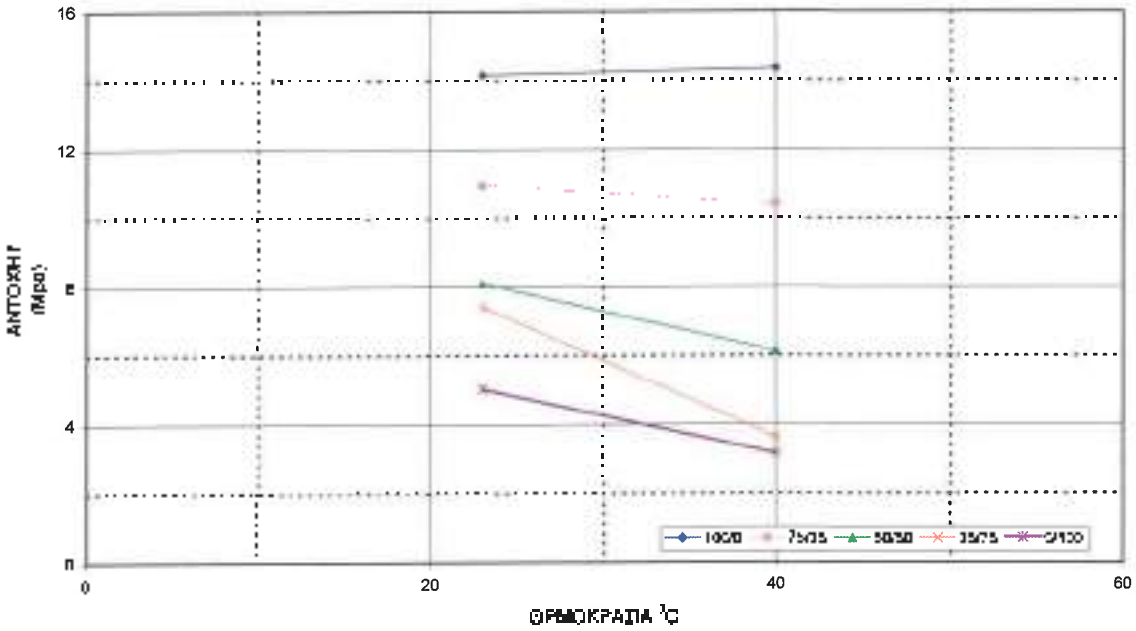
Σχήμα 9-45, Ειδικός ερπυσμός 0/100 σχήμα (α), συστολή ξήρανσης σχήμα (β), μεταβολή βάρους σχήμα (γ),35 ημερών - 40 °C

Στο σχήμα 9.46 παρουσιάζεται το διάγραμμα θερμοκρασίας σε συνάρτηση με την αντοχή των μιγμάτων με τα οποία ασχοληθήκαμε. Παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της πτώσης της αντοχής όσο η θερμοκρασία αυξάνει (αύξηση κλίσης) με την συνεχή αντικατάσταση του θραυστού από το φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα. Όπως εμφανίζεται στο διάγραμμα η κλίση του μίγματος 0/100 είναι μικρότερη από ότι του μίγματος 25/75 πράγμα που δεν συμφωνεί με την αναμενόμενη συμπεριφορά του μίγματος.

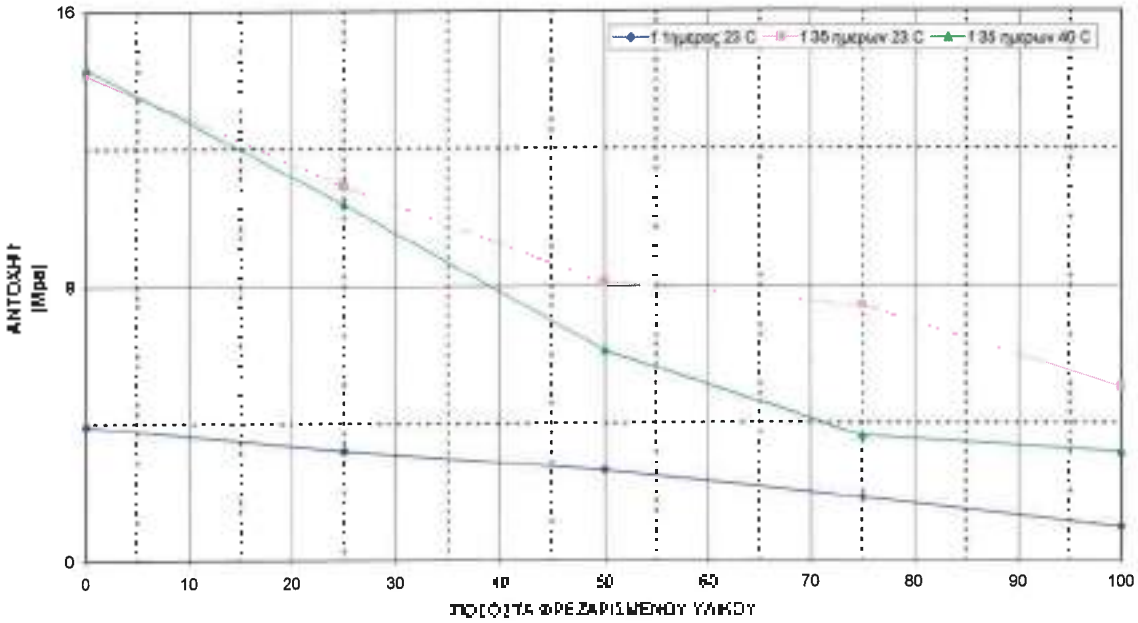
Στο σχήμα 9.47 βλέπουμε ότι η μείωση της αντοχής σε συνάρτηση με την αύξηση του ποσοστού του φρεζαρισμένου υλικού για τα δοκίμια 1 ημέρας 23 C είναι ομαλή , ενώ στο μίγμα 35 ημερών 23 ^{0}C και ακόμα εντονότερα στο μίγμα 35 ημερών 40 ^{0}C η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη.

Στο σχήμα 9.48 συγκρίνουμε τα μέτρα ελαστικότητας 1 ημέρας που προέκυψαν από τις μετρήσεις με την χρήση του οργάνου DEMEC και της μηχανής M.T.S. καθώς επίσης και των 35 ημερών σε 23 και 40 ^{0}C. Από τις συγκρίσεις αυτές μπορούμε να δούμε ότι λογικά τα μέτρα ελαστικότητας μειώνονται καθώς αυξάνει το ποσοστό του φρεζαρισμένου υλικού. Στο μίγμα 100/0 35 ημερών 40 ^{0}C η πρώτη τιμή η οποία ξεπερνά την τιμή του αντίστοιχου μίγματος στους 23 ^{0}C είναι λάθος. Συγκρίνοντας τα μίγματα μιας ημέρας στην M.T.S. και με την χρήση DEMEC ενώ οι τιμές θα έπρεπε να είναι σχεδόν ίσες εμφανίζουν αδικαιολόγητη διαφορά στα μίγματα 100/0 και 75/25. Αυτό δικαιολογείτε λόγω της αργής επιβολής του φορτίου στην περίπτωση των μετρήσεων με το DEMEC

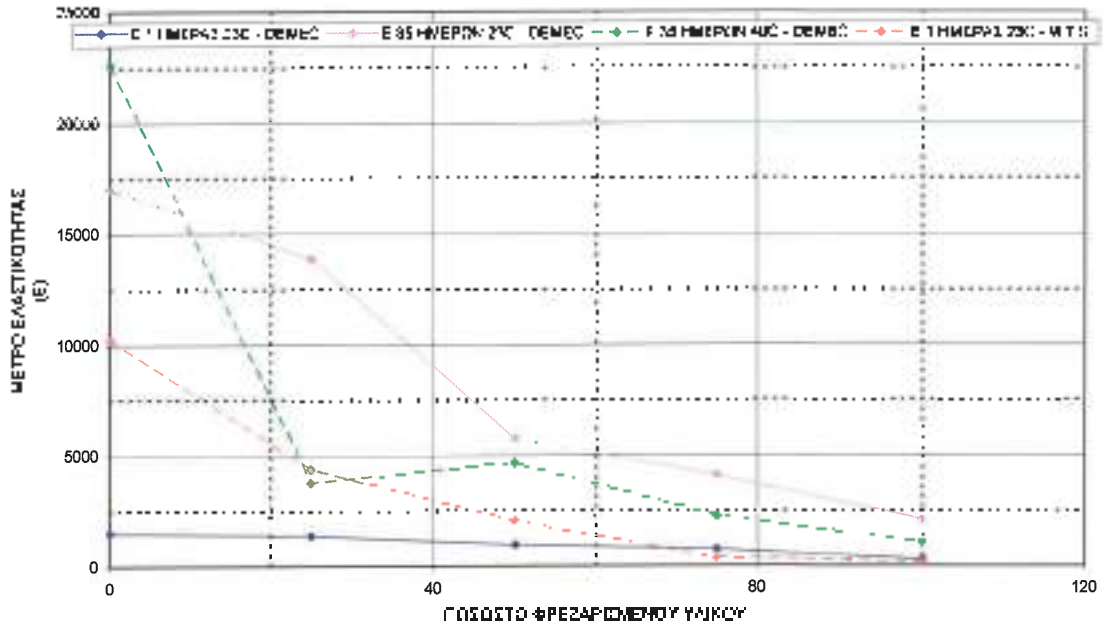
Παρατηρούμε στο σχήμα 9.49 ότι όσο αυξάνεται η αντικατάσταση του θραυστού υλικού από το φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα τόσο αυξάνεται η επίδραση του χρόνου φόρτισης στις ερπυστικές παραμορφώσεις. Χαρακτηριστικά, φαίνεται για ποσοστό φρεζαρισμένου υλικού 100% οι αυξήσεις στις παραμορφώσεις για διάφορους χρόνους επιβολής της φόρτισης. Πρέπει να σημειωθεί ξανά ότι ο λόγος για τον οποίο οι παραμορφώσεις οφείλονται στην αντικατάσταση του θραυστού είναι το γεγονός ότι σε όλα τα μίγματα έχει χρησιμοποιηθεί το ίδιο ποσοστό τσιμέντου. Άρα ο τσιμεντοπολτός είναι ίδιος σε όλα τα μίγματα όπως και η παραμόρφωση του.



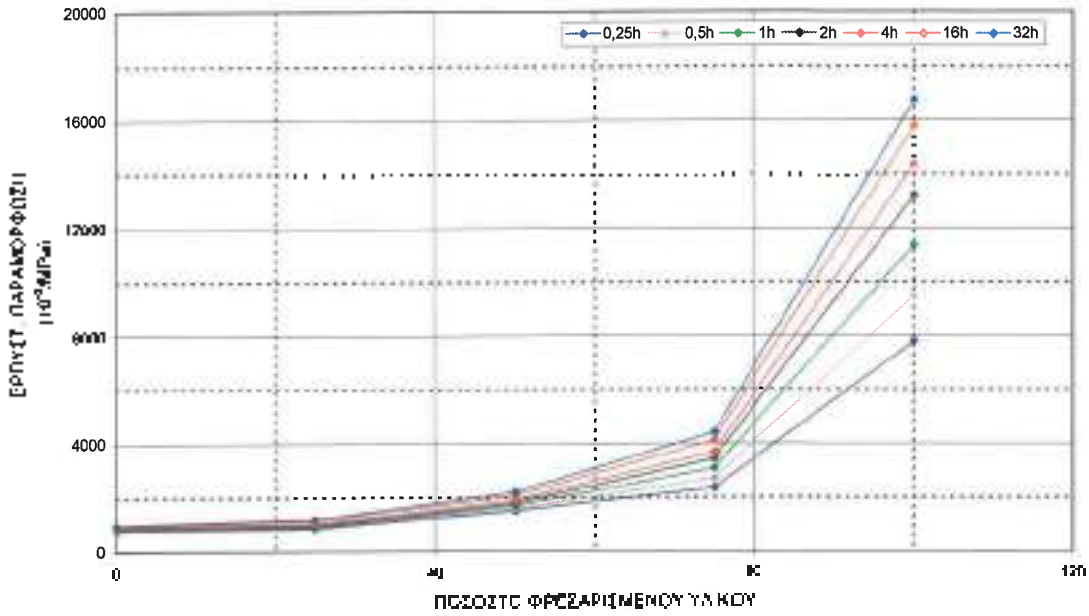
Σχήμα 9-46, Σύγκριση αντοχής μιγμάτων σε συνάρτηση με την θερμοκρασία



Σχήμα 9-47, Σύγκριση αντοχών σε συνάρτηση με τα ποσοστά φρεζαρισμένου υλικού με βάση την ηλικία και την θερμοκρασία



Σχήμα 9-48, Μεταβολή του μέτρου ελαστικότητας σε συνάρτηση του ποσοστού φρεζαρισμένου υλικού στα διάφορα πειράματα



Σχήμα 9-49, Μεταβολή των ερπυστικών παραμορφώσεων σε συνάρτηση του ποσοστού του φρεζαρισμένου ασφαλτομίγματος και του χρόνου φόρτισης.

10. Συμπεράσματα

1. Ο ερπυσμός αυξάνει με την αύξηση του ποσοστού του φρεζαρισμένου υλικού, μιας και αυξάνεται το ποσοστό του παραμορφώσιμου υλικού μέσα στο μίγμα (ασφαλτόμιγμα). Σ' όλα τα μίγματα χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ποσοστό τσιμέντου (5%) και άρα οι παραμορφώσεις του τσιμεντοπολτού είναι για όλα τα μίγματα ίδιες. Επομένως οι αυξήσεις των παραμορφώσεων σταδιακά ανά μίγμα οφείλονται στην αντικατάσταση των θραυστών από φρεζαρισμένα υλικά.
2. Η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει τις ερπυστικές παραμορφώσεις σ' όλα τα μίγματα πλην του μίγματος 100/0. Όσο το ποσοστό του φρεζαρισμένου υλικού αυξάνει τόσο αυξάνει και ο ερπυσμός, με χαρακτηριστική ακραία περίπτωση το μίγμα 0/100. Αυτό οφείλεται στο ότι το φρεζαρισμένο ασφαλτόμιγμα είναι ένα υλικό του οποίου οι παραμορφώσεις επηρεάζονται πάρα πολύ από τη θερμοκρασία.
3. Με την ηλικία αυξάνεται η αντοχή, επομένως ελαττώνεται ο ερπυσμός σ' όλα τα μίγματα που εξετάστηκαν. Σε ότι αφορά την επίδραση του ποσοστού του φρεζαρισμένου υλικού δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση στη συμπεριφορά εξαιτίας της ηλικίας (οι καμπύλες των διαγραμμάτων είναι σχεδόν παράλληλες).
4. Η μορφή της εξέλιξης του ερπυσμού στα μίγματα που χρησιμοποιήσαμε είναι εκθετική, γρήγορη στην αρχή και ολοένα βραδύτερη, τείνει ασυμπτωτικά προς κάποια οριακή τιμή.
5. Συμπεράνομε ότι η επιπεδότητα των δοκιμίων είναι απαραίτητη για την σωστή διεξαγωγή των πειραμάτων, γι' αυτό και προτείνεται η σωστή και σχολαστική κατασκευή των δοκιμίων.

11. Συστάσεις για περαιτέρω έρευνα

Στα πειράματα μας ο ερπυσμός των μιγμάτων 0/100 δεν μπορεί να δώσει σαφή και συγκρίσιμα αποτελέσματα. Σε ηλικία 35 ημερών στη θερμοκρασία 23 ^{o}C και στη θερμοκρασία 40 ^{o}C τα δοκίμια κατά την διεξαγωγή του πειράματος έσπασαν πριν ολοκληρωθεί ο χρόνος της δοκιμής. Αυτό σημαίνει ότι το μίγμα αυτό (0/100) είναι αρκετά ευαίσθητο στις παραμορφώσεις και στην θερμοκρασία. Προτείνεται σ' αυτό το μίγμα όπως και στα υπόλοιπα, λόγω της ύπαρξης φρεζαρισμένου υλικού και της μεγάλης μεταβλητότητας να γίνουν περισσότερες δοκιμές.

Ο ερπυσμός δεν μελετήθηκε σε χαμηλές θερμοκρασίες γιατί δεν υπήρχαν οι κατάλληλες εργαστηριακές υποδομές. Παρ' όλα αυτά συμπεράναμε ότι ο ερπυσμός των μιγμάτων με τα οποία ασχοληθήκαμε είναι άμεσα εξαρτώμενος από τις κλιματολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Άρα θα ήταν σκόπιμη και απαραίτητη μια μελέτη του φαινομένου σε περισσότερες θερμοκρασίες.

Τέλος, προτείνεται να μελετηθούν οι ερπυστικές παραμορφώσεις λόγω εφελκυσμού στα υπό εξέταση μίγματα (0/100, 75/25, 50/50, 25/75, 0/100), μιας και κάτι τέτοιο δεν ήταν το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής.

12. Βιβλιογραφία

1. 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο, "Ασφαλτοσκυροδέματος και Ευκάμπτων Οδοστρωμάτων ", από Εργαστήριο Οδοποιίας Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκης. Ιανουάριος 1992.
2. Αθ. Φ. Νικολαΐδης, " Οδοποιία Οδοστρωμάτων- Υλικά Έλεγχος Ποιότητας ". 2η Έκδοση 2002
3. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας. Τμήμα Αναστ. Κρήτης, Επιστημονική Εκδήλωση με θέμα " Ασφαλτικοί Τάπητες ", 12 Απριλίου 1995.
4. Adam Neville, " Creep of concrete and behavior of structures ", Concrete International, May 2002.
5. Χρ. Μ. Οικονόμου, " Τεχνολογία Του Σκυροδέματος ", Εκδόσεις Art of Text, 2η Έκδοση, 1993.
6. Neil Jackson and Ravindra k. Dhir, " Civil Engineering Materials ", Εκδόσεις Macmillan fifth edition, 1996
7. Peter S. Pell, "Developments in Highway Pavement Engineering 1 ", Εκδόσεις Applied Science Publishers LTD London. 1978.
8. Constantin Arram, Ioan Facaoaru, Ovidiu Mirsu, Ion Filimon, Igor Tertea, " Concrete Strength and Strains ", Εκδόσεις Elsevier Scientific publishing Company Amsterdam – Oxford – New York, 1981.
9. A.M Neville, Properties of Concrete, Εκδόσεις Longman Group Limited Fourth and Final Edition, 1995.
10. Ανακυκλωτής WR 2500 Τα Εξαιρετικά Χαρακτηριστικά και Ένας Πλούτος Εφαρμογών, Wirtgen, GR 06/97 Printed in Germany.
11. Σ.Κόλιας, Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Μαθήματος " Δομοστατικός Σχεδιασμός και Ανάλυση Κατασκευών".
12. Πρασιαννάκης – Μηλιός, Πειραματική Αντοχή Υλικών. Εκδόσεις Συμμετρία.
13. Βάφιας, Ερμόπουλος. Ιωαννίδης. Καραμάνος. Σκαρλάτος, Βολαμόντες. Γούλης και Ψυχογυιός. Σύμμικτες Κατασκευές Διάλεξη 10.1. Αθήνα Σεπτ 1995.
14. 6ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, Τόμος Ι.
15. 1ο Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, ΤΕΕ, 1985.
16. Σ.Κόλιας, Ερευνητικό Πρόγραμμα «Μέτρηση Του Μέτρου Δυσκαμψίας Και Των Χαρακτηριστικών Μόνιμης Παραμόρφωσης Των Ελληνικών Οδοστρωμάτων», Αθήνα 30/07/93.
17. Διαλέξεις Προεντεταμένου Σκυροδέματος Μέρος Α, ΤΕΕ, Ιαν-Μαρτ. 1983.
18. Σ.Κόλιας-Α.Λοΐζος, «Σημειώσεις Οδοστρωμάτων», Ε.Μ.Π. Αθήνα 1999.
19. Ι.Κ.Βάγιας, «Σύμμικτες Κατασκευές». Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2η Έκδοση. 2001.
20. Wirtgen Cold Recycling Manual, Wirtgen, Wirtgen GmbH, November 1998

21. The Various Uses Of Small Milling Machines Up To 1 Working Width, Wirtgen, Wirtgen GmbH 2001 Printed in Germany.

13. Παράρτημα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την διεξαγωγή του πειράματος σε μορφή πινάκων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 1000 ΚΛΙΚΙΑ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C • ΦΟΡΤΙΟ 10.3 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος έναρξης	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΕΝΕΟ																					α- παραμορφώσεις			β- παραμορφώσεις			Μ.Ο. συσσωρ. φορτίου
			δοκίμιο α1			δοκίμιο α2			δοκίμιο α3			δοκίμιο β1			δοκίμιο β2			δοκίμιο β3			α4	α5	α6	α1	α2	α3	β4	β5	β6	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
		0	795	805	864	796	920	798	900	789	785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27/3/03	14:40	0,00	780	700	869	771	921	674	746	858	794	45	105	-4	27	107	-16	51	101	11	36,67	40,33	52,00	0,08	0,08	0,10	763,33	785,67	1040,00	970,00
27/3/03	15:00	0,33	776	662	864	767	726	812	735	860	792	20	123	0	35	120	14	65	116	6	47,67	49,00	62,33	0,10	0,10	0,12	903,33	980,00	1240,67	1060,00
27/3/03	15:30	0,83	774	679	684	752	700	812	734	870	790	21	126	0	38	130	-14	68	118	6	49,00	50,67	63,67	0,10	0,10	0,13	980,00	1013,33	1273,33	1088,89
27/3/03	16:00	1,33	773	675	863	742	696	812	732	877	792	22	130	1	36	135	-14	68	122	8	51,00	52,33	66,33	0,10	0,10	0,13	1020,00	1046,67	1326,67	1124,44
27/3/03	17:00	2,33	772	672	863	752	684	812	730	875	792	23	133	1	36	135	-14	70	124	6	52,33	52,67	66,67	0,10	0,11	0,13	1046,67	1053,33	1333,33	1144,44
27/3/03	18:00	3,33	771	671	863	751	692	812	726	872	792	24	134	4	37	138	-14	71	127	6	53,33	53,67	65,00	0,11	0,11	0,14	1066,67	1073,33	1300,00	1184,44
27/3/03	19:00	4,33	770	669	851	755	692	812	726	871	790	25	136	3	40	138	-14	74	126	6	54,67	54,67	70,00	0,11	0,11	0,14	1093,33	1093,33	1400,00	1193,33
28/3/03	9:00	10,00	766	664	857	750	686	811	724	866	788	26	141	7	39	144	-12	75	133	9	58,00	56,67	72,67	0,12	0,11	0,15	1160,00	1133,33	1453,33	1245,89
28/3/03	11:00	20,33	764	663	857	758	685	811	724	866	786	26	142	7	40	145	-13	76	133	9	58,33	57,33	72,67	0,12	0,11	0,15	1166,67	1146,67	1453,33	1255,56
28/3/03	13:00	22,33	763	661	857	758	684	811	723	865	759	26	144	7	40	145	-13	77	134	9	58,00	57,67	73,33	0,12	0,12	0,15	1160,00	1153,33	1466,67	1268,67
28/3/03	15:00	24,33	763	661	857	758	683	811	722	865	759	27	144	7	40	147	-13	78	134	9	58,33	56,00	73,67	0,12	0,12	0,15	1166,67	1160,00	1473,33	1273,33
28/3/03	20:00	29,33	762	660	857	757	681	811	722	862	755	26	145	7	41	144	-13	78	137	9	59,33	59,33	74,67	0,12	0,12	0,15	1186,67	1180,00	1493,33	1286,67
29/3/03	11:00	44,33	759	658	855	757	679	810	720	861	752	27	147	9	41	151	-12	80	138	9	64,00	63,00	75,67	0,13	0,12	0,15	1280,00	1260,00	1513,33	[illegible]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΓΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 9,39 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος κύλισης (h)	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ																		β4	β5	β6	αν=παραμόρφωση			αν=παραμόρφωση			Μ(1 mm-ράβδος φωτός)
			δεκάμετρο β4			δεκάμετρο β5			δεκάμετρο β6			δεκάμετρο β4			δεκάμετρο β5			δεκάμετρο β6						β4	β5	β6	β4	β5	β6	
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-9)			
		0	789	794	798	797	798	797	802	806	776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28/3/03	11,25	0,00	769	737	770	771	741	781	768	704	760	23	57	28	25	57	9	36	102	19	35,00	28,67	52,33	0,07	0,06	0,11	700,00	599,33	1046,67	783,33
26/3/03	11,42	0,28	762	710	765	782	724	761	750	673	756	27	75	33	35	74	6	52	100	23	45,00	38,33	69,33	0,09	0,08	0,14	900,00	766,67	1386,67	1077,78
26/3/03	12,00	0,58	759	717	760	782	718	791	747	668	754	30	82	35	37	83	5	55	138	25	68,00	61,00	72,67	0,13	0,08	0,15	960,00	870,00	1453,33	1081,44
26/3/03	12,33	1,33	757	700	759	738	715	790	744	664	752	32	86	38	39	83	7	58	140	27	52,00	43,00	75,67	0,13	0,09	0,15	1040,00	860,00	1513,33	1137,78
26/3/03	13,00	1,83	756	707	759	754	714	790	744	661	761	33	87	38	42	84	7	58	145	28	53,00	43,33	77,00	0,14	0,09	0,15	1060,00	866,67	1540,00	1155,56
26/3/03	13,30	2,33	756	705	758	750	712	780	747	660	746	34	88	40	41	86	7	60	147	30	54,33	44,67	79,00	0,11	0,09	0,16	1088,67	893,33	1580,00	1185,67
26/3/03	14,00	2,83	754	704	757	765	711	789	741	658	746	35	90	41	42	87	8	61	148	31	55,33	46,67	80,00	0,11	0,09	0,16	1106,67	913,33	1600,00	1206,67
26/3/03	15,00	3,83	753	702	756	754	706	788	740	655	746	35	90	42	42	90	9	62	151	33	56,67	47,33	82,00	0,11	0,09	0,16	1133,33	946,67	1640,00	1240,00
26/3/03	16,00	4,83	752	701	755	753	707	758	739	653	748	37	93	43	44	91	9	63	153	33	57,67	48,00	83,00	0,12	0,10	0,17	1153,33	960,00	1660,00	1256,78
26/3/03	20,00	5,83	752	696	753	752	703	786	738	648	746	38	96	45	45	96	11	66	158	34	60,67	53,33	91,00	0,12	0,10	0,17	1213,33	1006,67	1720,00	1310,33
30/3/03	10,00	22,33	748	691	749	747	698	754	732	639	742	43	103	48	50	100	13	70	167	37	65,00	54,33	91,33	0,13	0,11	0,18	1300,00	1066,67	1828,67	1434,44
30/3/03	16,30	28,33	744	688	747	747	698	785	731	637	742	45	105	51	50	102	14	71	169	37	67,33	55,33	92,33	0,13	0,11	0,18	1348,67	1106,67	1846,67	1453,33
31/3/03	10,30	48,23	747	684	746	744	692	785	727	631	741	45	110	52	53	106	14	75	175	35	70,33	57,67	96,33	0,14	0,12	0,19	1400,00	1153,33	1920,00	1541,11

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛ ΚΙΑΣ - ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 8.88 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος (ξηρός)	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΕΜΕΣ																					ΔΥ παραμόρφωσης			ΔΥ ταχύτητας			ΔΥ ρηγμάτωσης
			δοκιμιο γ4			δοκιμιο γ5			δοκιμιο γ6			δοκιμιο γ4			δοκιμιο γ5			δοκιμιο γ6			γ4	γ5	γ6	γ4	γ5	γ6	γ4	γ5	γ6	
		(%)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^{-6}/s)			
		0	702	791	753	795	790	797	797	740	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0,00	0.00	0,00	0,00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12/03	13.00	0.00	752	711	721	744	666	748	787	747	756	10	62	58	1	115	49	10	43	44	48.67	65.00	32.33	0,10	0.11	0,06	973,33	1130.00	646.67	900.67
12/03	13.35	0.25	778	680	708	792	618	722	780	724	706	14	109	95	2	162	75	12	61	65	73.67	79,67	47,67	0,15	0.16	0.10	1473.33	1583.33	953.33	1540.00
12/03	14.00	0,67	777	803	700	785	839	715	772	721	725	15	131	83	2	171	83	12	56	71	79,67	95,00	51,67	0.16	0.17	0.10	1593.33	1700.00	1033.33	1442.22
12/03	14.30	1.17	776	852	695	792	900	711	777	721	726	16	194	89	3	150	85	20	68	74	84.33	83,67	54,00	0.17	0.18	0.11	1686.67	1793.33	1080.00	1520.00
12/03	15.00	1.67	776	649	652	792	585	704	779	718	725	16	142	101	3	105	68	21	72	75	66.33	52.00	55.00	0.17	0.15	0,11	1726.67	1840,00	1130.00	1552.22
12/03	15.30	2.17	776	645	600	792	601	709	775	716	724	18	149	103	3	169	95	22	75	76	88.33	93,67	57.67	0.18	0.19	0,12	1786.67	1913.33	1193.33	1607.78
12/03	16.30	3.17	775	541	654	787	586	707	772	713	723	17	150	105	4	191	90	24	77	77	90.67	96.00	59.33	0.18	0.19	0.12	1813.33	1970.00	1186.67	1680.00
12/03	18.00	4.67	773	625	695	780	543	704	773	711	722	19	156	108	5	197	94	26	79	78	94.33	98.33	60.67	0.19	0.20	0,12	1886.67	1966.67	1213.33	1806.89
12/03	19.30	5.67	772	630	683	780	550	702	771	709	720	20	158	110	6	200	96	26	81	80	96.00	100.00	63,33	0.19	0.20	0.12	1920.00	2000.00	1266.67	1729.22
2/04/03	10.00	20,17	766	624	675	777	570	696	769	702	714	22	167	119	8	217	101	31	88	85	103.67	105.33	66.33	0.21	0.21	0.14	2053.33	2126.67	1326.67	1848.89
2/04/03	12.00	22,17	768	619	674	786	558	692	765	701	713	24	172	118	9	213	105	32	89	87	105.33	108.67	69.33	0.21	0.22	0.14	2133.33	2173.33	1386.67	1926.67
2/04/03	14.00	24.17	768	619	673	786	558	692	765	701	713	24	172	123	9	213	105	32	89	88	105.33	108.67	69.67	0.21	0.22	0.14	2166.67	2173.33	1393.33	1891.11
2/04/03	16.30	26,67	767	614	671	786	563	692	764	698	710	25	173	122	9	217	106	32	92	90	106.00	110.33	71.67	0.22	0.22	0.14	2160.00	2206.67	1433.33	1933.33
3/4/03	10.00	44,17	760	614	669	781	556	683	761	696	709	25	183	124	12	221	107	36	94	91	110	113.33	73.67	0.22	0,23	0.15	2200	2266,67	1473.33	1980

Π ΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΙΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 4,8 KN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος κ/ποφ. ς	ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΕΝΕΣ																		Δν παραμορφώσεις			Δν ροοδιαστάσεις			Μ.Ο. ποσ. ωμού φωτός
			δοκός δα			δοκός δβ			δοκός δγ			δοκός δδ			δοκός δε			δοκός δζ			Δ4	Δ5	Δ6	Δ4	Δ5	Δ6	
																					(mm)			(10^-6)			
		0	860	787	790	783	794	800	795	805	798	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00
3/4/03	11:45	0.00	836	769	742	718	773	758	703	797	787	28	28	30	75	21	42	92	8	11	34.33	45,00	37.00	0.07	0.09	0.07	666,67	900.00	740.00	782.22
3/4/03	12:00	0.25	820	740	706	694	751	725	620	793	775	40	67	87	142	41	75	175	12	23	61,33	85,00	70,00	0.12	0.17	0.14	1220,67	1700.00	1400.00	1448,89
3/4/03	12:15	0.50	813	731	697	628	746	716	603	791	752	47	60	95	168	46	84	212	14	28	69,33	98.00	80,67	0,14	0.20	0.16	1398,67	1960.00	1613.33	1660.00
3/4/03	12:30	0.75	808	724	690	615	740	709	578	791	785	62	73	102	179	61	81	217	14	29	75,67	107,00	88.67	0.15	0.21	0.17	1513,33	2140.00	1773.33	1795,56
3/4/03	12:45	1.00	808	720	688	605	740	704	570	790	784	66	77	106	189	54	96	225	16	34	79.33	112,67	94.33	0.16	0.23	0.19	1586,67	2253.33	1886.67	1885.89
3/4/03	13:00	1.25	804	714	682	599	736	702	564	788	784	76	83	110	195	55	99	231	17	34	83.00	117,00	94.00	0.17	0.23	0.19	1660.00	2340.00	1880.00	1960.00
3/4/03	13:15	1.50	800	711	679	588	734	694	557	787	783	90	86	113	204	60	102	235	18	35	86,33	122.00	97.00	0.17	0.24	0.19	1726,67	2440.00	1940.00	2026,56
3/4/03	13:30	1.75	795	708	677	586	732	692	555	786	783	97	96	115	207	62	103	240	19	36	88,67	124.00	98.00	0.13	0.25	0.20	1773,33	2480.00	1960.00	2071,11
3/4/03	13:45	2.00	796	707	678	585	732	695	552	785	783	84	90	116	210	62	105	243	20	36	90,00	126.67	99.33	0.18	0.25	0.20	1800.00	2513.33	1986.67	2100,00
3/4/03	14:00	2.25	794	706	676	579	731	685	548	784	783	68	92	116	214	63	109	247	21	35	91,33	127,33	101.00	0.18	0.25	0.20	1826,67	2546.67	2020,00	2131,11
3/4/03	14:30	4.25	789	698	668	565	725	683	534	751	763	71	99	124	220	59	111	261	24	35	98.00	136,00	108.67	0.20	0.27	0.21	1960.00	2720.00	2173,33	2271,11
3/4/03	15:00	6.25	786	696	685	562	721	680	528	779	762	74	102	127	231	73	114	285	26	38	102.00	139,33	106,33	0.20	0.28	0.22	2020.00	2786.67	2186,67	2331,11
3/4/03	20:45	9	793	591	680	552	719	651	523	776	758	77	109	132	241	76	116	272	29	40	106.00	145,33	113,67	0,21	0,29	0,23	2120.00	2906.67	2273.33	2428,67
3/4/03	21:00	12,25	817	564	652	546	715	675	510	774	756	92	113	140	247	79	125	285	31	40	112	150,33	119.33	0.22	0.3	0.24	2240	3006.67	2386.67	2544,44
3/4/03	12:00	15,25	875	552	651	540	711	674	508	772	754	84	116	147	250	83	128	290	33	44	112.33	154	122.33	0.23	0.31	0.24	2246,67	3080	2446.67	2597,78
3/4/03	14:00	21,25	875	551	640	540	712	673	504	772	754	85	116	143	250	87	127	291	33	44	114.67	154	122.67	0,23	0.31	0.25	2293.33	3080	2453,33	2604,89
3/4/03	18:00	25,25	874	880	845	537	708	668	501	773	752	85	117	147	256	86	132	294	35	46	116.67	156	125	0,23	0.33	0.25	2333,33	3180	2500	2654,44
3/4/03	11:30	42,25	868	672	640	536	702	666	492	767	751	91	125	149	267	93	134	305	38	47	121,67	164,33	129.33	0,24	0,33	0.26	2433.33	3286,67	2586,67	2768,89

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 0/100 ΗΛ ΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 2,6 kN

ημερομηνία	ώρα	ύψος [m]	ΕΝΩΣΕΙΣ ΟΔΗΣΕΩΣ																					ανακατασκευές			ανακαταρρεύσεις			Μ.Ο. τοποθετήσεων
			δοκιμιο d4			δοκιμιο d5			δοκιμιο d6			δοκιμιο d4			δοκιμιο d5			δοκιμιο d6			L4	L5	L6	L4	L5	L6	L4	L5	L6	
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
		[m]	756	795	776	782	748	788	790	725	801	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6/4/03	11:40	0.00	856	797	712	676	724	780	875	869	750	100	8	61	116	24	8	117	36	51	37.00	49.33	80.00	0.11	0.10	0.14	1140.00	988.67	1980.00	1182.33
6/4/03	11:45	0.02	825	787	702	630	715	778	811	875	743	130	14	71	103	33	10	181	50	58	52.33	66.33	96.33	0.15	0.14	0.19	1048.67	1368.67	1936.67	1580.00
6/4/03	11:49	0.07	803	774	690	620	706	772	882	886	738	152	21	85	185	42	10	210	67	63	88.00	83.33	112.33	0.17	0.18	0.22	1720.00	1606.67	2206.67	1964.44
6/4/03	11:50	0.17	860	772	674	540	696	777	910	895	731	207	31	131	250	53	11	262	90	70	139.00	105.33	147.33	0.22	0.21	0.30	2160.00	2106.67	2946.67	2411.11
6/4/03	12:00	0.34	808	774	670	492	658	771	960	920	724	246	21	105	300	61	11	342	105	73	124.00	123.67	173.00	0.25	0.25	0.34	2480.00	2473.33	3460.00	2794.44
6/4/03	12:10	0.51	871	774	658	445	678	772	919	908	721	284	21	120	344	70	11	379	116	80	141.67	141.33	161.67	0.28	0.28	0.35	2833.33	2826.67	3233.33	3184.44
6/4/03	12:20	0.70	904	774	646	463	677	781	869	899	715	321	21	128	388	71	5	423	128	88	158.00	156.00	211.67	0.31	0.31	0.42	3160.00	3100.00	4233.33	3484.44
6/4/03	12:35	1.00	885	787	640	310	664	790	918	883	711	370	14	135	443	80	-2	474	142	90	173.00	173.33	238.33	0.35	0.35	0.47	3460.00	3466.67	4766.67	3877.78
6/4/03	12:00	1.04	864	788	638	325	673	783	890	860	708	391	7	137	461	78	-5	498	145	93	178.33	180.00	248.67	0.36	0.36	0.49	3566.67	3600.00	4973.33	4026.67
6/4/03	12:10	1.59	845	791	633	302	667	795	875	875	705	410	-4	142	490	91	-7	517	150	95	185.33	188.00	264.00	0.37	0.38	0.51	3706.67	3760.00	5280.00	4482.22
6/4/03	12:10	1.84	828	792	631	283	666	788	852	868	704	429	3	144	509	87	-10	533	156	97	192.00	193.67	302.00	0.38	0.39	0.52	3840.00	3873.33	6040.00	4017.78
6/4/03	12:45	2.09	814	783	628	269	665	800	845	868	762	441	2	147	523	82	12	547	157	99	196.67	198.00	367.67	0.39	0.40	0.54	3933.33	3960.00	5353.33	4415.69
6/4/03	14:30	2.34	800	768	625	258	665	801	837	867	699	455	-1	150	533	83	-13	565	158	102	201.33	201.33	371.67	0.40	0.40	0.54	4026.67	4020.00	5433.33	4494.33
6/4/03	14:15	2.59	793	797	623	250	665	802	830	866	697	463	-2	152	542	83	-14	582	162	104	204	203.67	375.67	0.41	0.41	0.551	4080	4073.33	5513.33	4765.98
6/4/03	10:30	3.36	775	800	610	232	683	804	818	861	694	480	-5	156	560	85	-16	593	164	107	210.33	209.67	382.67	0.42	0.42	0.565	4209.67	4193.33	5653.33	4884.44
6/4/03	16:00	6.34	732	803	605	177	681	813	771	850	686	522	-8	157	619	87	-22	621	171	115	227.33	226.67	362.67	0.45	0.45	0.607	4546.67	4533.33	5673.33	5081.11
6/4/03	17:00	24.34	795	804	595	141	686	805	739	839	667	560	-9	150	651	92	-17	663	196	134	243.67	242	329.33	0.49	0.48	0.658	4873.33	4840	5486.67	5400
6/4/03	17:00	29.34	785	801	569	128	664	804	736	835	651	570	-6	157	664	64	-14	666	190	140	250.33	247.33	292	0.5	0.5	0.664	5006.67	4946.67	5840	5621.11
7/4/03	11:30	47.84	788	803	561	107	623	830	708	825	692	589	7	164	635	55	-12	684	196	140	258.67	258	143	0.52	0.51	0.286	5173.33	5120	5680	5317.78

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΔΟΚΙΜΑ 119 ΦΥΛΛΟ 120

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 1000 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 37.05 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ' φόρτ.	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΕΜΕΣ																																		
			δοκίμιο σ10			δοκίμιο σ11			δοκίμιο σ12			δοκίμιο σ10			δοκίμιο σ11			δοκίμιο σ12			σ10	σ11	σ12	σν παραμόρφωσης			σν παραμόρφωσης			W ⊙ πυρκαγιάς					
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)										
20/4/03	16:35	0,00	758	757	755	799	667	767	801	802	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
20/4/03	16:50	0,00	750	760	754	799	645	757	790	771	781	10	17	1	10	22	5	11	31	9	12,00	12,67	11,00	0,02	0,02	0,02	240,00	253,33	340,00	277,78							
20/4/03	17:10	0,33	777	776	794	787	647	791	790	782	790	21	21	1	12	26	6	11	40	10	14,33	14,67	20,33	0,03	0,03	0,04	286,67	293,33	406,67	328,56							
20/4/03	17:30	0,67	777	771	784	786	638	791	780	780	794	21	26	1	13	29	8	12	42	9	16,00	15,00	21,00	0,03	0,03	0,04	320,00	300,00	420,00	358,33							
20/4/03	17:45	0,92	777	770	782	786	635	781	786	780	791	21	27	3	13	29	6	12	42	8	17,00	16,00	21,00	0,03	0,03	0,04	340,00	320,00	420,00	360,00							
20/4/03	18:00	1,17	776	770	783	785	637	791	789	758	791	22	27	3	14	30	5	12	44	9	17,33	16,67	21,67	0,03	0,03	0,04	346,67	333,33	433,33	371,11							
20/4/03	19:15	2,42	774	768	782	782	631	787	758	754	751	24	29	3	17	36	10	13	48	9	18,67	21,00	23,33	0,04	0,04	0,05	373,33	420,00	466,67	420,00							
20/4/03	20:10	3,33	774	767	781	781	630	786	789	752	786	24	30	4	18	37	11	13	50	11	19,33	22,00	24,67	0,04	0,04	0,05	386,67	440,00	493,33	440,00							
20/4/03	21:10	4,33	774	767	781	787	630	795	788	752	789	25	30	4	19	37	11	13	50	11	19,67	22,00	24,67	0,04	0,04	0,05	393,33	440,00	493,33	442,22							
1/5/03	9:10	18,33	767	763	784	772	622	785	788	743	787	31	34	4	21	45	12	15	59	13	22,00	25,00	29,00	0,05	0,06	0,06	460,00	500,00	580,00	520,00							
1/5/03	10:10	19,33	767	763	781	772	620	785	786	743	787	31	34	4	21	45	12	15	59	13	22,00	25,00	29,00	0,05	0,06	0,06	460,00	500,00	580,00	520,00							
1/5/03	18:30	25,67	765	763	784	777	620	785	785	742	787	32	37	4	22	47	12	15	60	13	24,33	27,00	29,67	0,05	0,06	0,06	486,67	540,00	593,33	540,00							
2/5/03	8:45	38,92	760	759	771	776	614	785	784	736	797	35	42	4	23	53	12	17	68	13	27,00	29,33	32,00	0,05	0,06	0,06	540,00	586,67	640,00	558,89							

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 28.62 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ. ασκ/κ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΘΕΡΜΟΚ.																											
			δοκάρι β11			δοκάρι β12			δοκάρι β13			δοκάρι β21			δοκάρι β22			δοκάρι β23			β21	β22	β23	β11	β12	β13	β21	β22	β23
			a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c										
26/03	11:20	0,00	802	798	799	798	799	561	798	797	795	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26/03	11:30	0,00	791	791	798	794	775	562	773	778	797	21	19	1	14	24	2	22	14	-2	12,67	13,33	17,33	0,03	0,03	0,03	273,33	266,67	246,67	262,22
26/03	11:45	0,25	775	771	797	779	768	561	764	776	793	26	25	2	19	33	3	34	18	2	17,67	18,33	17,33	0,04	0,04	0,03	353,33	366,67	346,67	355,56
26/03	12:00	0,50	774	770	798	777	766	565	758	774	796	28	26	0	21	34	-1	40	18	-1	16,00	18,00	13,00	0,04	0,04	0,04	360,00	360,00	260,00	366,67
26/03	12:15	0,75	770	767	796	774	759	561	752	771	795	33	29	3	24	40	2	45	21	0	21,33	22,33	22,00	0,04	0,04	0,04	426,67	446,67	440,00	437,78
26/03	12:30	1,00	756	766	795	772	758	562	751	771	795	33	30	3	26	41	2	47	21	-1	22,00	23,00	22,33	0,04	0,05	0,04	440,00	460,00	446,67	448,89
26/03	12:00	1,50	769	765	799	772	755	562	750	771	795	33	30	3	26	41	2	48	21	0	21,00	26,00	23,00	0,04	0,05	0,05	420,00	460,00	460,00	446,67
26/03	13:30	2,00	768	764	798	770	757	562	748	770	795	34	32	0	28	42	2	50	22	0	23,00	24,00	24,00	0,04	0,05	0,05	460,00	480,00	480,00	466,67
26/03	14:10	2,67	768	763	798	769	754	562	744	770	795	36	33	3	28	45	2	54	22	0	24,00	26,33	25,33	0,05	0,05	0,05	480,00	526,67	506,67	497,78
26/03	14:40	3,17	766	763	795	768	753	562	741	769	795	38	33	3	30	49	2	58	23	0	24,00	26,00	26,00	0,05	0,05	0,05	480,00	520,00	520,00	506,67
26/03	15:10	3,67	760	763	795	767	753	562	742	768	795	37	33	3	31	48	2	59	24	0	24,33	26,33	28,67	0,05	0,05	0,06	486,67	526,67	573,33	616,56
26/03	16:10	4,67	784	792	790	766	752	562	740	768	795	38	34	3	33	47	2	58	24	0	25,00	27,00	27,33	0,05	0,05	0,05	500,00	540,00	546,67	528,89
26/03	19:00	7,50	781	769	797	763	745	562	734	766	795	41	38	2	35	54	1	64	27	0	27,00	30,00	30,33	0,05	0,06	0,06	540,00	600,00	606,67	582,22
26/03	12:00	24,50	751	762	798	754	732	564	718	759	796	51	44	3	44	67	2	80	32	-1	32,67	37,00	37,33	0,07	0,07	0,07	653,33	740,00	746,67	713,33
26/03	14:30	27	749	749	795	752	730	562	717	757	795	53	49	3	46	69	2	81	35	-1	35,00	39,00	38,33	0,07	0,08	0,08	700,00	780,00	766,67	748,89
26/03	18:45	31,25	747	749	795	750	729	563	712	754	795	55	51	4	48	71	1	83	37	0	36,67	40,00	41,33	0,07	0,08	0,08	733,33	800,00	826,67	786,67
26/03	10:00	33,5	735	734	795	738	712	562	695	748	790	57	52	6	50	81	2	101	38	2	45,00	49,67	49,67	0,09	0,10	0,10	900,00	993,33	993,33	962,22

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 21.23 kN

ημερο μηνυ	ωρες	μέσος ας' ανοιξ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΘΕΨΕΩΣ																		γ11	γ12	γ13	γν παραμορφώσεις			γπ παραμορφώσεις			Μ Σ παραμορφώσεων
			δοκιμιο γ11			δοκιμιο γ12			δοκιμιο γ13			δοκιμιο γ11			δοκιμιο γ12			δοκιμιο γ13					γν 11	γν 12	γν 13	γπ 11	γπ 12	γπ 13	
		(hr)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
5/5:00	0.00	0.00	512	800	500	798	786	800	802	665	776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00
5/5:00	11.58	0.00	775	782	776	789	774	755	830	625	752	37	18	25	9	22	45	2	30	24	25.67	25.33	18,67	0.05	0.06	0.04	533.33	536.67	373.33	4[illegible]
5/5:03	12.06	0.17	772	778	766	786	767	746	830	625	752	40	22	34	12	34	54	3	50	49	32.00	33.33	30.30	0,06	0.07	0,06	640.00	666.67	600.30	535.56
5/5:03	12.30	0.42	770	777	763	785	766	740	802	501	795	42	23	37	13	27	60	0	54	41	34.00	36.67	31.67	0,07	0.07	0.06	680.00	733.33	633.33	682.22
5/5:03	12.35	0.87	770	778	761	783	757	737	909	636	732	42	22	39	15	39	63	1	57	44	34.33	39.00	33.33	0.07	0.09	0.07	686.67	780.00	666.67	711.11
5/5:09	13.00	1.08	767	775	767	754	753	722	800	595	727	45	25	43	17	43	68	2	69	49	37.67	42.67	38.67	0.08	0.09	0.07	753.33	853.33	773.33	780.00
5/5:03	13.30	1.58	762	772	756	770	750	727	801	585	726	50	28	44	22	45	73	1	70	61	40.67	47.00	40.67	0,08	0.09	0.08	813.33	940.00	813.33	855.56
5/5:03	14.00	2.08	758	770	753	760	748	725	800	584	721	47	30	47	18	47	75	2	71	65	41.33	48.67	43.67	0.08	0.09	0.09	826.67	933.33	873.33	871.11
5/5:03	14.30	2.58	754	770	751	770	748	722	800	583	719	48	30	49	19	48	78	2	73	67	42.33	48.33	44.00	0,08	0.10	0.09	846.67	966.67	880.00	897.78
5/5:03	15.00	3.08	753	769	749	778	746	719	800	677	716	45	31	51	20	50	81	2	78	60	43.67	50.33	46.67	0.08	0.10	0.09	873.33	1006.67	933.33	937.78
5/5:03	15.00	4.08	760	768	747	777	744	715	800	675	714	50	32	52	21	52	85	2	80	62	45.00	52.67	48.33	0.09	0.11	0.10	900.00	1053.33	966.33	971.11
5/5:03	16.00	7.08	758	766	744	775	738	707	800	569	705	53	35	56	23	57	93	2	86	71	46.00	57.67	53.33	0.10	0.12	0.11	920.00	1153.33	1066.33	1057.78
5/5:03	16.10	22.15	750	760	730	769	738	698	801	560	690	62	40	70	29	68	112	1	105	86	57.33	69.67	64.00	0.11	0.14	0.13	1146.67	1393.33	1280.00	1273.33
5/5:03	15.00	24.08	750	757	729	768	736	686	800	549	699	62	43	71	30	70	114	2	108	87	58.67	71.33	65.00	0.12	0.14	0.13	1173.33	1426.67	1300.00	1300.00
5/5:03	14.30	26.08	750	756	728	768	734	683	802	546	695	62	44	74	32	72	117	0	109	90	60	73	66.33	0.12	0.15	0.13	1200.00	1460.00	1326.67	1328.56
5/5:03	16.45	27.83	748	755	725	769	732	682	801	544	685	64	45	75	30	74	116	1	111	91	61.33	74	67.67	0,12	0.15	0.14	1226.67	1480.00	1353.33	1353.33
5/5:03	19.30	31.58	745	752	722	767	731	677	800	541	681	64	47	76	31	76	120	2	114	96	63	76.33	70.33	0.13	0.15	0.14	1260.00	1526.67	1406.67	1397.78
5/5:03	19.45	45.83	742	749	714	761	713	669	799	632	676	70	54	85	37	83	131	3	123	102	69	83.67	76	0.14	0.17	0.15	1380.00	1673.33	1520.00	1524.44

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ – ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 19,45 kN

Χρόνος μετρήσεως	Δt (sec)	Χρόνος από τη στιγμή	Μετρήσεις ροπών																					Ροπή αστοχίας			Μέγιστη ροπή αστοχίας			Μ Ο – Μ.Ο. ροπών αστοχίας
			Δοκός Δ11			Δοκός Δ12			Δοκός Δ13			Δοκός Δ21			Δοκός Δ22			Δοκός Δ23			Δ11	Δ12	Δ13	Δ11	Δ12	Δ13	Δ11	Δ12	Δ13	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(mm)			
7:50:03	0:00	0,00	796	788	794	800	791	797	796	798	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7:50:03	12:35	0,00	755	769	788	759	774	767	761	767	771	44	19	26	41	20	30	35	28	29	29,67	20,33	33,67	0,08	0,05	0,06	590,33	608,67	673,33	624,44
7:50:03	12:45	0,33	734	752	755	738	761	769	749	723	761	62	26	36	62	33	44	53	75	49	41,33	46,33	59,00	0,08	0,09	0,12	626,67	938,67	1180,00	977,78
7:50:03	13:00	0,86	707	755	742	707	750	739	724	695	729	59	30	52	83	46	58	72	107	71	57,33	65,33	83,33	0,11	0,13	0,17	1140,00	1300,00	1666,67	1588,89
7:50:03	13:15	1,83	699	755	738	695	745	732	719	672	718	97	33	58	135	49	69	77	123	82	82,00	75,00	94,00	0,12	0,15	0,19	1240,00	1460,00	1880,00	1526,67
7:50:03	13:30	1,08	687	753	735	682	743	727	711	660	710	106	35	56	116	51	70	88	135	93	67,67	75,67	103,33	0,14	0,16	0,21	1458,33	1553,33	2068,67	1577,11
7:50:03	13:50	1,40	670	751	726	671	738	723	706	660	701	112	37	74	139	60	74	90	145	88	74,33	86,33	111,33	0,15	0,17	0,22	1486,67	1726,67	2226,67	1819,33
7:50:03	14:20	1,92	658	745	725	669	736	717	703	637	691	125	36	69	142	68	80	96	153	109	78,67	93,67	121,00	0,16	0,19	0,24	1573,33	1873,33	2420,00	1986,56
7:50:03	14:50	2,42	650	744	722	649	730	712	698	627	692	140	40	72	154	64	85	100	168	118	84,00	101,00	126,67	0,17	0,20	0,25	1680,00	2020,00	2573,33	2091,11
7:50:03	15:20	2,92	644	747	716	636	726	707	687	616	674	148	41	79	168	68	90	109	179	126	89,00	107,67	135,00	0,18	0,22	0,28	1780,00	2153,33	2700,00	2231,11
7:50:03	16:00	3,58	637	745	712	632	721	703	683	602	667	160	43	82	178	73	94	118	193	133	94,67	115,00	146,33	0,19	0,23	0,29	1893,33	2300,00	2926,67	2373,33
7:50:03	19:40	7,08	597	742	697	574	726	648	665	586	642	199	46	97	206	86	109	135	227	158	114,33	140,33	173,67	0,23	0,28	0,35	2286,67	2806,67	3473,33	2853,33
8:50:03	20:00	21,58	561	735	693	543	688	672	633	525	612	246	53	112	257	106	126	163	270	198	136,67	172,67	207,00	0,27	0,35	0,41	2733,33	3453,33	4140,00	3442,22
9:50:03	21:00	25,58	540	733	675	489	688	569	625	510	608	256	58	116	301	108	128	171	275	193	143,00	178,00	213,00	0,28	0,36	0,43	2940,00	3560,00	4260,00	3560,00
10:50:03	22:00	26,58	522	731	677	491	684	567	612	512	603	264	57	117	326	111	130	174	283	197	146,00	183,33	216,00	0,29	0,37	0,44	2920,00	3666,67	4360,00	3646,89
11:50:03	23:00	27,58	522	731	672	475	681	566	617	507	600	274	57	127	333	113	132	178	285	200	151,00	188,00	222,33	0,30	0,38	0,44	3020,00	3760,00	4446,67	3746,89
12:50:03	24:00	28,58	480	728	664	461	669	558	607	484	585	307	62	133	369	125	138	185	311	214	156,33	207,67	243,33	0,33	0,42	0,48	3126,67	4153,33	4866,67	4095,56

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 0/100 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 13,21 kN

Τάξη κόκκου	Δρα	Ποσοστό υγρής άμμου	ΣΗΣΙΣΕΙΣ ΔΕΜΕΟ																					Ιν πασπαρτούτας			Ιν πυρακοκκώδους			Μ.Ο. πυκνοτ. φυσικού
			δοκίμιο ε11			δοκ. με ε12			δοκίμιο ε13			δοκίμιο ε11			δοκ. με ε12			δοκίμιο ε13			ε11	ε12	ε13	ε11	ε12	ε13	ε11	ε12	ε13	
		%	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(mm)			
8/5/00	0.00	0.00	795	679	790	900	801	800	798	800	800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9/5/03	14.45	0.00	747	762	864	744	757	775	788	791	780	48	74	138	50	48	20	14	68	43	37.00	43.00	41.00	0.07	0.09	0.35	540.00	860.00	820.00	836.67
9/5/03	14.50	0.03	641	733	854	584	712	768	762	680	710	156	65	136	240	68	35	17	123	93	78.67	125.33	76.67	0.16	0.26	0.18	1573.33	2460.67	1513.33	1851.11
9/5/03	14.55	0.17	613	710	854	405	695	762	791	642	685	160	40	133	305	106	35	18	158	115	98.00	146.67	97.33	0.19	0.30	0.19	1960.00	2933.33	1940.00	2264.44
9/5/03	15.00	0.25	544	706	855	390	558	752	781	625	662	242	31	152	610	116	30	15	175	136	114.33	221.33	110.33	0.23	0.44	0.22	2286.67	4428.67	2206.67	2873.33
9/5/03	15.05	0.33	522	697	679	480	555	753	781	600	651	274	17	112	610	130	30	16	200	149	123.00	258.00	127.33	0.25	0.52	0.26	2460.00	5160.00	2546.67	3385.56
8/5/03	15.20	0.00	501	786	592				800	770	735	0	0	0				0	0	0	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00
8/5/03	15.25	0.00	507	718	959				765	637	627	90	17	33				38	134	83	46.67		55.00	0.05		0.11	933.33		1700.00	1316.67
8/5/03	15.30	0.08	434	727	834				685	641	555	163	6	55				108	123	150	76.33		139.00	0.15		0.26	1528.67		2680.00	2069.33
8/5/03	15.35	0.17	412	734	820				677	646	526	167	1	72				125	124	173	86.67		140.00	0.17		0.29	1733.33		2800.00	2266.67
8/5/03	15.40	0.25	356	799	802				664	647	488	239	-4	90				159	123	248	109.33		167.33	0.22		0.33	2188.67		3340.00	2753.33
8/5/03	15.45	0.33	333	743	693				633	648	452	284	-5	99				170	124	243	118.33		175.00	0.24		0.38	2366.67		3500.00	2873.33
8/5/03	15.50	0.69	235	751	677				557	640	408	369	16	115				203	120	298	152.67		211.67	0.31		0.42	3053.33		4233.33	3643.33
8/5/03	15.55	0.83	142	775	585				567	646	365	465	-41	137				209	125	340	183.67		232.67	0.37		0.47	3673.33		4653.33	4173.33
8/5/03	15.30	1.08	87	815	500				529	648	309	510	80	162				274	124	396	197.33		264.67	0.40		0.53	3946.67		5293.33	4620.00
8/5/03	15.10	1.76	88	550	487				517	621	290	609	-216	106				285	139	425	163.00		293.33	0.33		0.59	3260.00		5866.67	4583.33

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 100% ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40 °C - ΦΟΡΤΙΟΥ 37,55 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος (h) πράξης	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΕΜΕΣ																		ξ1	ξ5	ξ6	αν παραμόρφωσης			αν παραμόρφωσης			Μ.Ο. της παραμορφώσεως
			δοκίμιο ξ4			δοκίμιο ξ5			δοκίμιο ξ6			δοκίμιο ξ4			δοκίμιο ξ5			δοκίμιο ξ6						ξ4	ξ5	ξ6	ξ4	ξ5	ξ6	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
12/5/03	0	0	801	795	802	804	802	804	808	804	805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12/5/03	13:15	0,30	785	784	786	796	797	798	799	798	799	8	4	12	5	11	18	11	8	15	8,33	11,67	11,67	0,02	0,02	0,02	166,67	233,33	233,33	211,11
12/5/03	13:25	0,17	781	780	784	793	792	795	792	792	790	10	5	16	11	14	19	12	12	18	11,00	14,67	14,00	0,02	0,03	0,03	220,00	293,33	280,00	264,44
12/5/03	13:40	0,42	780	780	782	792	793	794	792	792	790	11	5	20	11	14	20	12	12	19	12,00	15,00	14,00	0,02	0,03	0,03	240,00	300,00	280,00	273,33
12/5/03	14:10	0,92	780	780	781	793	790	790	792	791	792	11	5	21	11	15	21	12	12	19	12,33	15,67	14,67	0,02	0,03	0,03	246,67	313,33	293,33	284,44
12/5/03	14:45	1,50	780	778	780	792	789	793	791	791	792	11	6	22	12	17	21	13	13	21	13,00	16,67	15,67	0,03	0,03	0,03	260,00	333,33	313,33	302,22
12/5/03	15:30	2,25	780	779	778	791	788	791	792	790	792	11	6	24	13	17	23	12	14	22	13,67	17,67	15,67	0,03	0,04	0,03	273,33	353,33	313,33	313,33
12/5/03	18:30	5,25	778	757	774	790	782	777	792	790	784	12	8	28	14	19	27	12	14	24	18,00	20,00	16,67	0,03	0,04	0,03	360,00	400,00	333,33	364,11
13/5/03	11:00	22,25	786	748	766	796	776	788	790	749	774	15	17	36	15	28	33	14	20	34	22,67	25,33	22,67	0,05	0,05	0,05	453,33	506,67	453,33	471,11
13/5/03	13:00	24,25	786	748	765	796	775	788	790	749	773	16	17	37	15	27	39	14	20	35	23,00	27,00	23,00	0,05	0,05	0,05	460,00	540,00	460,00	486,67
13/5/03	14:00	25,25	782	748	764	789	774	786	789	744	772	16	15	39	15	28	39	15	20	35	24,33	27,33	23,67	0,05	0,05	0,05	486,67	546,67	473,33	502,22
13/5/03	20:00	31,25	785	748	761	780	772	781	790	743	769	16	19	41	15	30	43	14	21	39	25,33	28,33	24,67	0,05	0,06	0,05	506,67	566,67	493,33	522,22
14/5/03	9:30	44,75	784	745	755	785	770	779	789	743	786	17	19	43	16	32	45	15	21	42	26,33	31,00	26,00	0,05	0,06	0,05	526,67	620,00	520,00	555,56

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40°C - ΦΟΡΤΙΟΥ 27.23 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ αρχής	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ DEMEC																					εν παραμορφώσεις [?]			ειδ. παραμορφώσεις [?]			μ. παραμορφώσεων [?]
			δοκίμιο π4 [?]			δοκίμιο π5 [?]			δοκίμιο π6 [?]			δοκίμιο π4 [?]			δοκίμιο π5 [?]			δοκίμιο π6 [?]			π4	π5	π6	π4	π5	π6	π4	π5	π6	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
14/5/03	0	0	801	802	804	912	800	806	803	805	905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14/5/03	10:25	0,00	799	771	731	932	748	862	820	767	575	2	31	73	-20	52	114	-6	36	129	35,40	48,67	54,00	0,07	0,10	0,11	706,67	973,33	1066,06	920,00
14/5/03	10:50	0,25	806	762	716	852	714	692	817	542	942	-4	40	58	-40	88	144	-14	263	163	41,33	63,33	137,33	0,08	0,13	0,27	826,67	1266,67	2746,67	1613,33
14/5/03	11:06	0,50	808	791	709	854	706	862	818	530	934	-7	41	95	-42	95	154	15	275	171	45,00	69,00	145,67	0,06	0,14	0,28	960,00	1380,00	2073,33	1734,44
14/5/03	11:30	0,92	811	759	704	850	357	645	218	515	826	-10	43	100	-48	109	161	-15	280	172	44,33	72,00	151,33	0,09	0,14	0,30	886,67	1440,00	3026,67	1784,44
14/5/03	12:00	1,42	811	757	898	866	663	635	812	504	620	-10	45	136	-54	107	171	-15	307	185	47,00	74,67	156,67	0,09	0,15	0,31	942,00	1493,33	3133,33	1855,56
14/5/03	12:30	1,92	810	757	808	883	560	830	815	490	620	-9	45	136	-51	110	171	-13	307	185	47,33	78,67	158,67	0,09	0,15	0,32	946,67	1573,33	3165,33	1891,11
14/5/03	13:00	2,42	804	756	846	881	929	836	813	495	620	-7	46	136	-45	111	173	-13	310	185	48,00	77,33	161,67	0,10	0,15	0,32	960,00	1546,67	3233,33	1920,00
14/5/03	13:30	2,92	809	756	687	908	650	630	813	491	621	-8	46	137	-48	112	173	-13	314	184	48,33	78,67	162,67	0,10	0,16	0,33	966,67	1573,33	3253,33	1931,11
14/5/03	17:40	7,08	809	754	682	861	693	631	812	480	313	-8	48	112	-46	107	175	-8	325	166	50,67	77,67	157,32	0,10	0,16	0,33	1013,33	1553,33	3346,67	1971,11
15/5/03	10:25	22,17	809	742	676	960	684	513	810	451	510	-8	54	125	-48	116	189	-7	344	195	57,33	88,33	177,33	0,11	0,17	0,35	1146,67	1766,67	3546,67	2123,33
15/5/03	12:15	25,00	809	748	677	858	677	515	808	456	508	-8	54	127	-47	123	181	-5	346	198	57,67	88,00	179,00	0,12	0,18	0,36	1153,33	1760,00	3580,00	2171,11
15/5/03	14:45	27,50	808	747	676	858	677	514	807	458	507	-7	55	128	-47	123	192	-4	347	198	58,67	89,33	180,33	0,12	0,18	0,36	1173,33	1786,67	3606,67	2188,89
15/5/03	10:25	46,67	807	742	670	858	676	605	906	450	603	-5	50	134	-47	124	201	-3	355	202	62,67	92,67	164,67	0,13	0,19	0,37	1253,33	1953,33	3693,33	2266,67

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛΙΚΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΑΣ 40°C - ΦΟΡΤΙΟΥ 16.06 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ' ΘΕΡΜ	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ DEMEC																					ω παραμόρφωσης			ν παραμόρφωσης			Μ Θερμοκρασιών
			δοκίμιο Β4			δοκίμιο Β5			δοκίμιο Β6			δοκίμιο Β4			δοκίμιο Β5			δοκίμιο Β6			Β4	Β5	Β6	Β4	Β5	Β6				
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(mm)			
16/5/03	0	0	809	800	800	805	799	800	770	770	805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16/5/03	13:00	0,00	785	798	780	798	781	790	744	745	788	23	21	20	27	16	20	26	25	17	18,33	25,00	22,67	0,04	0,05	0,05	380,00	500,00	453,33	437,75
16/5/03	13:15	0,17	779	785	771	768	775	756	737	732	778	30	15	26	27	23	35	33	38	27	24,67	31,67	32,67	0,05	0,06	0,07	493,33	632,33	653,33	593,33
16/5/03	13:30	0,42	775	780	770	762	775	756	730	726	775	33	17	30	43	26	44	40	44	32	26,67	35,67	38,33	0,05	0,07	0,08	533,33	733,33	780,00	679,56
16/5/03	13:45	0,57	773	753	767	750	772	757	728	724	772	35	17	33	45	27	43	42	46	33	28,33	39,33	40,33	0,06	0,09	0,08	566,67	786,67	806,67	713,33
16/5/03	14:00	0,92	772	752	768	755	771	755	728	723	771	38	18	34	47	25	45	44	47	36	24,33	40,00	41,67	0,05	0,09	0,08	486,67	800,00	833,33	740,00
16/5/03	16:10	3,05	767	761	761	751	767	747	721	710	768	41	19	39	56	32	50	46	56	39	33,00	46,67	45,33	0,07	0,09	0,10	660,00	933,33	906,67	851,11
16/5/03	19:00	6,83	764	750	761	746	758	741	716	711	764	44	20	39	50	36	50	57	50	41	34,33	51,33	50,33	0,07	0,10	0,10	686,67	1026,67	1006,67	906,67
17/5/03	11:10	22,08	757	773	753	732	751	729	708	695	754	57	27	47	73	48	71	62	75	51	41,67	64,00	62,67	0,08	0,13	0,13	833,33	1280,00	1253,33	1122,22
17/5/03	13:45	24,67	756	773	752	730	750	725	705	661	751	52	27	45	75	49	72	65	75	54	42,33	66,33	66,33	0,08	0,13	0,13	846,67	1326,67	1323,33	1157,78
18/5/03	14:50	49,25	746	792	746	720	746	720	696	686	746	62	31	54	85	54	82	74	84	58	44,00	73,00	72,33	0,10	0,15	0,14	880,00	1460,00	1446,67	1296,56

Σελίδα 127 από 180

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^{0}C ΦΟΡΤΙΟΥ 9,47 kN

Ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ' αρχής	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΣΕΝΕΣ																		4	5	6	αν παραμόρφωσης			αν παραμορφώσεις			Ν Ο ρ ο φ ο φ ο ν
			Βολβός 4			Βολβός 5			Βολβός 6			Βολβός 4			Βολβός 5			Βολβός 6						4	5	6	4	5	6	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-6)			
18/5/03	0	0	812	805	800	825	798	806	808	805	870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18/5/03	11,40	0,00	776	752	786	815	750	778	825	785	854	34	53	11	10	25	28	0	50	15	32,67	24,67	22,00	0,07	0,05	0,04	959,33	493,33	440,00	528,88
18/5/03	11,50	0,17	785	718	795	808	738	781	805	731	822	47	87	15	16	58	45	0	74	48	48,67	38,67	40,67	0,10	0,08	0,08	993,33	793,33	812,33	865,67
19/5/03	12,00	0,33	755	703	795	806	735	755	832	719	816	57	102	15	19	61	51	3	86	54	58,00	42,67	47,67	0,12	0,09	0,10	1160,00	873,33	953,33	986,56
19/5/03	12,20	0,67	750	692	783	804	724	751	802	711	811	80	112	17	21	72	55	3	94	59	64,00	46,33	52,00	0,13	0,10	0,10	1280,00	926,67	1040,00	1102,22
19/5/03	12,35	0,92	748	648	783	804	715	748	801	708	800	86	119	17	21	81	56	4	97	70	67,33	53,33	57,00	0,13	0,11	0,11	1346,67	1066,67	1140,00	1180,44
19/5/03	13,00	1,33	740	670	782	801	705	748	801	704	803	72	127	18	24	90	60	4	101	67	72,33	58,00	57,33	0,14	0,12	0,11	1446,67	1160,00	1146,67	1251,11
19/5/03	13,30	1,83	738	672	782	796	700	748	800	700	795	75	133	18	29	96	63	5	105	75	75,67	62,67	64,67	0,15	0,13	0,12	1513,33	1253,33	1293,33	1303,33
19/5/03	14,00	2,33	731	665	785	794	687	741	800	696	790	81	140	16	31	85	65	5	109	77	78,67	65,33	63,67	0,15	0,13	0,13	1573,33	1306,00	1273,33	1382,22
19/5/03	15,45	3,08	714	642	783	790	684	731	800	691	775	98	163	17	32	112	75	5	124	95	92,67	73,00	74,67	0,19	0,15	0,15	1853,33	1460,00	1493,33	1602,22
20/5/03	10,45	23,08	695	620	781	792	668	710	799	657	761	117	185	19	33	128	91	6	138	109	107,00	84,33	84,33	0,21	0,17	0,17	2140,00	1686,67	1686,67	1835,56
20/5/03	12,05	24,42	693	616	781	792	666	712	798	665	757	120	189	19	33	130	94	7	140	113	109,00	85,67	86,67	0,22	0,17	0,17	2180,00	1713,33	1733,33	1870,56

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 0/100 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40°C - ΦΟΡΤΙΟΥ 8,27 kN

ημερομηνία	ώρα	χρόνος εξ' αρχής	ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΕΜΕΟ																		κ4	κ5	κ6	συστολοφόρος			συστολοφόρος			Ν/Ο τοποθετήσεως φόρτισης
			δοκίμιο κ4			δοκίμιο κ5			δοκίμιο κ6			δοκίμιο κ4			δοκίμιο κ5			δοκίμιο κ6						κ4	κ5	κ6	κ4	κ5	κ6	
		(h)	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c				(mm)			(10^-5)			
21/5/03	0	0	751	805	806	795	807	901	810	802	771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21/5/03	12:00	0:00	770	752	752	778	755	720	802	736	700	41	53	54	16	49	87	5	56	71	49,33	68,67	46,33	0,10	0,13	0,10	680,67	973,33	656,67	975,56
21/5/03	12:10	0:17	705	701	683	794	695	564	800	626	525	46	104	123	4	111	237	10	176	245	51,00	117,33	144,00	0,13	0,23	0,29	1820,00	2349,67	2880,00	2049,69
21/5/03	12:20	0:30	705	678	658	801	682	506	799	565	489	48	126	150	-8	145	292	11	237	303	107,33	142,67	183,67	0,21	0,28	0,37	2148,67	2873,00	3673,33	2567,78
21/5/03	12:30	0:50	708	658	637	806	631	448	788	505	434	43	147	189	-10	178	353	22	297	537	119,67	173,33	215,67	0,24	0,35	0,44	2380,33	3460,00	4273,33	3400,88
21/5/03	12:45	0:75	704	646	624	809	604	404	768	453	413	47	159	182	-14	200	367	41	340	356	128,33	196,33	247,67	0,26	0,39	0,50	2580,67	3906,67	4953,33	3815,56
21/5/03	13:00	1:00	707	636	618	805	588	380	757	425	403	44	167	198	-13	221	421	53	377	398	133,00	209,67	266,00	0,27	0,42	0,53	2660,00	4190,00	5320,00	4057,78
21/5/03	13:15	1:25	710	632	608	810	568	342	734	390	350	41	175	197	15	238	458	76	412	354	137,00	227,33	289,67	0,27	0,45	0,58	2740,00	4546,67	5793,33	4360,00
21/5/03	13:30	1:50	710	625	606	815	557	312	715	365	379	41	180	201	-20	250	484	96	437	302	140,67	232,67	308,00	0,28	0,46	0,62	2813,33	4653,33	6160,00	4580,89
21/5/03	13:45	1:75	706	617	602	828	537	232	702	315	305	43	188	214	-33	270	508	107	487	430	148,33	270,67	343,33	0,30	0,54	0,68	2966,67	5413,33	6866,67	5382,22
21/5/03	14:05	2:08	715	610	595	852	470	180	710	248	300	38	195	221	-67	315	641	100	558	448	160,67	299,67	368,33	0,30	0,60	0,74	3213,33	5990,33	7360,00	5455,56
21/5/03	14:15	2:42	718	605	583	803	464	80	714	190	300	33	200	222	-68	340	721	95	612	465	152,00	333,00	392,00	0,33	0,67	0,78	3040,00	6660,00	7840,00	5448,67

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 75/25-ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξαρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν. παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο β7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
29/03/03	11:25	0,00	3817,64	796	798	798	0	0	0	0,000	0,000	0,000
29/03/03	11:40	0,25	3813,81	795	798	798	1	0	0	0,333	0,001	6,667
29/03/03	12:00	0,58	3811,62	795	798	798	1	0	0	0,333	0,001	6,667
29/03/03	12:30	1,33	3809,68	794	797	797	2	1	1	1,333	0,003	26,667
29/03/03	13:00	1,83	3807,41	793	796	797	3	2	1	2,000	0,004	40,000
29/03/03	13:30	2,33	3805,59	793	796	796	3	2	2	2,333	0,005	46,667
29/03/03	14:00	2,83	3803,55	792	796	796	4	2	2	2,667	0,005	53,333
29/03/03	15:00	3,83	3800,13	792	796	796	4	2	2	2,667	0,005	53,333
29/03/03	16:00	4,83	3796,30	792	796	796	4	2	2	2,667	0,005	53,333
29/03/03	20:00	8,83	3784,44	791	795	795	5	3	3	3,667	0,007	73,333
30/03/03	10:00	22,33	3753,36	791	794	795	5	4	3	4,000	0,008	80,000
30/03/03	16:00	28,33	3747,36	789	794	794	7	4	4	5,000	0,010	100,000
31/03/03	10:30	46,83	3737,19	788	793	794	8	5	4	5,667	0,011	113,333

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΠΜΑΤΟΣ 50/50-ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο γ7								
(h)	(h)	(gr)		α	β	γ	α	β	γ	μ ο.	(mm)	(10^-6)
01/04/03	13:20	0,00	3677.76	796	797	812	0	0	0	0,000	0.000	0,000
01/04/03	13:35	0,25	3676.80	795	796	811	1	1	1	1,000	0,002	20,000
01/04/03	14:00	0,67	3675,81	795	796	811	1	1	1	1,000	0,002	20,000
01/04/03	14:30	1.17	3673,79	795	795	811	1	2	1	1,333	0,003	26,667
01/04/03	15:00	1,67	3672,51	795	795	811	1	2	1	1,333	0,003	26,667
01/04/03	15:30	2,17	3670,98	795	795	811	1	2	1	1,333	0,003	26,667
01/04/03	16:30	3,17	3668,40	794	795	811	2	2	1	1,667	0,003	33,333
01/04/03	18:00	4,67	3663,54	793	794	811	3	3	1	2,333	0,005	46,667
01/04/03	19:30	5,67	3659,82	792	793	811	4	4	1	3,000	0,006	60,000
02/04/03	10:00	20,17	3626,89	792	793	810	4	4	2	3,333	0,007	66,667
02/04/03	12:00	22,17	3624,10	791	792	809	5	5	3	4,333	0,009	86,667
02/04/03	14:00	24,17	3621,37	791	792	809	5	5	3	4,333	0,009	86,667
02/04/03	19:30	29,67	3618,80	791	792	809	5	5	3	4,333	0,009	86,667
03/04/33	10:00	44,17	3609,42	791	792	809	5	5	3	4,333	0,009	86,667

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 25/75-ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο δ7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
03/04/03	11:45	0,00	3613,87	801	798	793	0	0	0	0,000	0,000	0,000
03/04/03	12:00	0,25	3613,29	801	798	793	0	0	0	0,000	0,000	0,000
03/04/03	12:15	0,50	3612,12	801	798	793	0	0	0	0,000	0,000	0,000
03/04/03	12:30	0,75	3611,33	801	797	792	0	1	1	0,667	0,001	13,333
03/04/03	12:45	1,00	3610,35	801	797	792	0	1	1	0,667	0,001	13,333
03/04/03	13:00	1,25	3609,32	800	797	792	1	1	1	1,000	0,002	20,000
03/04/03	13:15	1,50	3608,30	800	797	792	1	1	1	1,000	0,002	20,000
03/04/03	13:30	1,75	3607,53	800	797	791	1	1	2	1,333	0,003	26,667
03/04/03	13:45	2,00	3606,96	800	797	791	1	1	2	1,333	0,003	26,667
03/04/03	14:00	2,25	3606,08	800	797	791	1	1	2	1,333	0,003	26,667
03/04/03	16:00	4,25	3600,47	800	797	791	1	1	2	1,333	0,003	26,667
03/04/03	18:00	6,25	3593,99	799	797	790	2	1	3	2,000	0,004	40,000
03/04/03	20:45	9	3586,72	798	796	789	3	2	4	3,000	0,006	60,000
04/04/03	10:00	17,25	3555,77	797	795	789	4	3	4	3,667	0,007	73,333
04/04/03	12:00	19,25	3553,24	796	794	788	5	4	5	4,667	0,009	93,333
04/04/03	14:00	21,25	3550,56	797	794	789	4	4	4	4,000	0,008	80,000
04/04/03	18:00	25,25	3546,98	796	794	788	5	4	5	4,66667	0,00933	93,3333
05/04/03	11:00	42,25	3528,21	795	792	786	6	6	7	6,33333	0,01267	126,667

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 0/100-ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο ε7								
(h)	(h)	(gr)		α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
05/04/03	11:40	0,00	3386,71	784	756	800	0	0	0	0,000	0,000	0,000
05/04/03	11:50	0,17	3385,68	784	756	797	0	0	3	1,000	0,002	20,000
05/04/03	12:00	0,34	3384,69	783	755	796	1	3	4	2,667	0,005	53,333
05/04/03	12:10	0,51	3383,65	780	751	796	4	7	4	5,000	0,010	100,000
05/04/03	12:25	0,76	3382,96	779	750	794	5	8	6	6,333	0,013	126,667
05/04/03	12:45	1,09	3381.82	779	750	794	5	8	6	6,333	0,013	126,667
05/04/03	13:00	1,34	3380.81	779	749	792	5	9	8	7,333	0,015	146,667
05/04/03	13:15	1,59	3379,46	782	755	793	2	3	7	4,000	0,008	80,000
05/04/03	13:30	1,84	3378,56	782	756	795	2	2	5	3,000	0,006	60,000
05/04/03	13:45	2,09	3377,75	782	756	794	2	2	6	3,333	0,007	66,667
05/04/03	14:00	2,34	3376,72	782	756	794	2	2	6	3,333	0,007	66,667
05/04/03	14:15	2,59	3375,92	782	756	794	2	2	6	3,333	0,007	66,667
05/04/03	0,625	3,34	3373,67	782	756	794	2	2	6	3,333	0,007	66,667
05/04/03	18:00	6,34	3364,53	782	756	793	2	2	7	3,667	0,007	73,333
06/04/03	12:00	24,34	3320 37	777	750	788	7	8	12	9,000	0,018	180,000
06/04/03	17:00	29,34	3310,42	775	748	787	9	10	13	10,667	0,021	213,333
07/04/03	11:30	47,84	3304,00	775	747	787	9	11	13	11,000	0,022	220,000

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 75/25-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 23^{0}C

ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν. παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο β7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
02/05/03	11:20	0,00	4014,33	801	801	814	0	0	0	0,000	0,000	0,000
02/05/03	11:30	0,17	4013,71	801	801	814	0	0	0	0,000	0,000	0,000
02/05/03	11:45	0,42	4012,78	801	801	814	0	0	0	0,000	0,000	0,000
02/05/03	12:00	0,67	4012,10	801	800	814	0	1	0	0,333	0,001	6,667
02/05/03	12:15	0,92	4010,96	800	800	813	1	1	1	1,000	0,002	20,000
02/05/03	12:30	1,17	4010,37	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	13:00	1,67	4009,06	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	13:30	2.17	4007,79	799	799	811	2	2	3	2,333	0.005	46.667
02/05/03	14:10	2,83	4006,61	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	14:40	3,33	4005,79	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	15:10	3,83	4004,78	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	16:10	4.83	4003,48	799	799	811	2	2	3	2,333	0,005	46,667
02/05/03	19:00	7,66667	3999,58	799	799	810	2	2	4	2,667	0.005	53,333
03/05/03	12:00	24.6667	3988,52	799	799	809	2	2	5	3,000	0,006	60,000
03/05/03	14:30	27.1667	3987,4	798	798	810	3	3	4	3,333	0,007	66,667
03/05/03	18:45	31,42	3985,70	798	798	810	3	3	4	3,333	0,007	66,667
05/05/03	10:00	70,6667	3974,52	797	796	809	4	5	5	4,66667	0.00933	93,3333

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 50/50-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 23^{0}C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο γ7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
05/05/03	11:55	0,00	3634,24	798	800	797	0	0	0	0,000	0,000	0,000
05/05/03	12:05	0,17	3633,35	798	800	797	0	0	0	0,000	0,000	0,000
05/05/03	12:20	0,42	3632,38	797	800	797	1	0	0	0,333	0,001	6,667
05/05/03	12:35	0,67	3631,74	797	800	797	1	0	0	0,333	0,001	6,667
05/05/03	13:00	1,08	3630,60	796	800	796	2	0	1	1,000	0,002	20,000
05/05/03	13:30	1,58	3629,17	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
05/05/03	14:00	2,08	3627,98	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
05/05/03	14:30	2,58	3626,90	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
05/05/03	15:00	3,08	3625,84	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
05/05/03	16:00	4,08	3624,17	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
05/05/03	19:00	7,08	3619,89	794	798	795	4	2	2	2,667	0,005	53,333
06/05/03	10:00	22,08	3608,15	794	798	795	4	2	2	2,667	0,005	53,333
06/05/03	12:00	24,08	3607,00	794	798	796	4	2	1	2,333	0,005	46,667
06/05/03	14:00	26,08	3606,03	795	798	795	3	2	2	2,333	0,005	46,667
06/05/03	15:45	27,83	3605,16	795	799	795	3	1	2	2,000	0,004	40,000
06/05/03	19:30	31,58	3603,39	794	799	795	4	1	2	2,333	0,005	46,667
07/05/03	10:45	46,83	3597,93	794	798	795	4	2	2	2,667	0,005	53,333

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 25/75-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 23^{0}C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο δ7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
07/05/03	12:35	0,00	3591,19	800	788	792	0	0	0	0,000	0,000	0,000
07/05/03	12:45	0,17	3590,48	799	788	792	1	0	0	0,333	0,001	6,667
07/05/03	13:00	0,42	3589,30	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	13:15	0,67	3588,44	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	13:30	1,08	3587,57	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	13:50	1,58	3586,65	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	14:20	2,08	3585,35	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	14:50	2,58	3584,05	798	788	792	2	0	0	0,667	0,001	13,333
07/05/03	15:20	3,08	3583,08	797	788	791	3	0	1	1,333	0,003	26,667
07/05/03	16:00	4,08	3581,91	797	787	791	3	1	1	1,667	0,003	33,333
07/05/03	19:40	7,08	3577,23	795	785	791	5	3	1	3,000	0,006	60,000
08/05/03	10:00	22,08	3567,69	795	785	791	5	3	1	3,000	0,006	60,000
08/05/03	12:00	24,0833	3566,66	795	785	790	5	3	2	3,333	0,007	66,667
08/05/03	14:00	26,0833	3565,71	795	785	790	5	3	2	3,333	0,007	66,667
08/05/03	17:00	29,0833	3564,3	795	784	789	5	4	3	4,000	0,008	80,000
09/05/03	12:45	48,83	3557,26	795	784	789	5	4	3	4,000	0,008	80,000

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΣΕΛΙΔΑ 138 ΑΠΟ 180

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΠΜΑΤΟΣ 0/100-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 23^{0}C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο ε7								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
09/05/03	14:45	0,00	3319,00	800	688	798	0	0	0	0,000	0,000	0,000
09/05/03	14:55	0,17	3318,10	800	688	798	0	0	0	0,000	0,000	0,000
09/05/03	15:05	0,33	3317,90	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	15:25	0,67	3316,51	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	15:35	0,83	3316,12	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	15:45	1,00	3315,78	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	16:00	1,25	3315,12	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	16:15	1,50	3314,65	799	686	798	1	2	0	1,000	0,002	20,000
09/05/03	16:30	1,75	3314,14	798	686	798	2	2	0	1,333	0,003	26,667
09/05/03	17:10	2,42	3313,05	798	686	798	2	2	0	1,333	0,003	26,667

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 100/0-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 40^{0}C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο ζ1								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
12/5/03	0:00	0	3883,50	802	798	802	0	0	0	0,000	0,000	0,000
12/5/03	13:15	0,00	3882.30	801	797	801	1	1	1	1,000	0,002	20,000
12/5/03	13:25	0,17	3881,70	801	796	801	1	2	1	1,333	0,003	26,667
12/5/03	13:40	0,42	3880,70	800	794	800	2	4	2	2,667	0,005	53,333
12/5/03	14:10	0,92	3879,00	800	794	800	2	4	2	2,667	0,005	53,333
12/5/03	14:45	1,50	3876,90	800	794	800	2	4	2	2.667	0,005	53,333
12/5/03	15:30	2,75	3874,90	800	794	800	2	4	2	2,667	0,005	53,333
12/5/03	18:50	6,08	3867,70	799	793	802	3	5	0	2,667	0,005	53,333
13/5/03	11:00	22.25	3849.00	798	793	801	4	5	1	3,333	0,007	66,667
13/5/03	13:00	24,25	3847,60	798	793	801	4	5	1	3,333	0.007	66.667
13/5/03	14:00	25,25	3846,60	797	792	801	5	6	1	4,000	0,008	80,000
13/5/03	20:00	31,25	3843,10	797	792	801	5	6	1	4,000	0,008	80,000
14/5/03	9:30	44.75	3835,70	796	791	800	6	7	2	5,000	0,010	100,000

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 75/25-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 40°C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο η1								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
14/5/03	0:00	0	3781,60	802	805	808	0	0	0	0,000	0,000	0,000
14/5/03	10:35	0,00	3778,40	800	804	806	2	1	2	1,667	0,003	33,333
14/5/03	10:50	0,25	3776,30	799	804	806	3	1	2	2,000	0,004	40,000
14/5/03	11:05	0,50	3775,10	798	804	805	4	1	3	2,667	0,005	53,333
14/5/03	11:30	0,92	3773,70	798	805	806	4	0	2	2,000	0,004	40,000
14/5/03	12:00	1,42	3771,00	798	803	808	4	2	2	2,667	0,005	53,333
14/5/03	12:30	1,92	3770,50	798	803	808	4	2	2	2,667	0,005	53,333
14/5/03	13:00	2,42	3769,30	798	802	805	4	3	3	3,333	0,007	66,667
14/5/03	13:30	2,92	3768,10	798	801	805	4	4	3	3,667	0,007	73,333
14/5/03	17:40	7,08	3761,50	798	802	805	4	3	3	3,333	0,007	66,667
15/5/03	10:25	23,17	3746,00	798	802	805	4	3	3	3,333	0,007	66,667
15/5/03	12:15	25,00	3744,80	798	802	804	4	3	4	3,667	0,007	73,333
15/5/03	14:45	27,50	3743,50	797	801	803	5	4	5	4,667	0,009	93,333
16/05/03	10:25	46,67	3734,00	795	800	803	7	5	5	5,667	0,011	113,333

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 50/50-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 40^{0}C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο θ1								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
16/5/03	0:00	0	3825,00	805	809	808	0	0	0	0,000	0,000	0,000
16/5/03	13:05	0,00	3821,70	804	808	807	1	1	1	1,000	0,002	20,000
16/5/03	13:15	0,17	3820,70	803	808	807	2	1	1	1,333	0,003	26,667
16/5/03	13:30	0,42	3819,40	803	807	807	2	2	1	1,667	0,003	33,333
16/5/03	13:45	0,67	3818,70	803	806	807	2	3	1	2,000	0,004	40,000
16/5/03	14:00	0,92	3818,40	803	806	807	2	3	1	2,000	0,004	40,000
16/5/03	16:10	3,08	3813,70	803	806	807	2	3	1	2,000	0,004	40,000
16/5/03	18:00	4,92	3811,40	803	805	807	2	4	1	2,333	0,005	46,667
17/5/03	11:10	22,08	3794,40	802	804	807	3	5	1	3,000	0,006	60,000
17/5/03	13:45	24,67	3793,70	802	804	807	3	5	1	3,000	0,006	60,000
18/5/03	14:50	49,25	3784,50	800	804	807	5	5	1	3,667	0,007	73,333

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 25/75-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 40°C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο 1								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	(10^-6)
19/5/03	0:00	0	3393,00	840	796	815	0	0	0	0,000	0,000	0,000
19/5/03	11:40	0,00	3391,60	839	795	814	1	1	1	1,000	0,002	20,000
19/5/03	11:50	0,17	3389,70	838	794	811	2	2	4	2,667	0,005	53,333
19/5/03	12.00	0,33	3388,20	837	795	810	3	1	5	3,000	0,006	60,000
19/5/03	12:20	0,67	3387,10	836	795	810	4	1	5	3,333	0,007	66,667
19/5/03	12:35	0,92	3386,20	836	795	810	4	1	5	3,333	0,007	66,667
19/5/03	13:00	1,33	3385.10	836	795	810	4	1	5	3,333	0,007	66,667
19/5/03	13:30	1,83	3383,70	836	795	810	4	1	5	3,333	0,007	66,667
19/5/03	14:00	2,33	3382,50	836	794	812	4	2	3	3,000	0,006	60,000
19/5/03	18:45	7,08	3375,30	835	794	811	5	2	4	3,667	0,007	73,333
20/5/03	10:45	23,08	3369,40	835	793	811	5	3	4	4,000	0,008	80,000
20/5/03	12:05	24,42	3368,50	835	793	810	5	3	5	4,333	0,009	86,667

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΣΤΟΛΗΣ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 0/100-ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - 40°C												
ημερο-μηνία	ώρα	ώρα εξ'αρχής	βάρος	ενδείξεις DEMEC							αν.παρα-μορφώσεις	
				δοκίμιο κ1								
	(h)	(h)	(gr)	α	β	γ	α	β	γ	μ.ο.	(mm)	($10^{\wedge}$-6)
21/5/03	0:00	0	3282,50	806	807	793	0	0	0	0,000	0,000	0,000
21/5/03	12:00	0,00	3280,60	805	807	792	1	0	1	0,667	0,001	13,333
21/5/03	12:10	0,17	3279,50	805	807	792	1	0	1	0,667	0,001	13,333
21/5/03	12:20	0,33	3279,00	804	806	792	2	1	1	1,333	0,003	26,667
21/5/03	12:30	0,50	3274,90	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	12:45	0,75	3274,50	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	13:00	1,00	3273,90	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	13:15	1,25	3272,90	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	13:30	1,50	3272,50	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	13:45	1,75	3272,00	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	14:05	2,08	3271,30	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667
21/5/03	14:15	2,42	3271,00	802	804	790	4	3	3	3,333	0,007	66,667

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 100/0 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 10,33kN

χρόνος εξ'αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	α4	α5	α6	Μ.Ο.	α4	α5	α6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,00	793,33	786,67	1040,00	873,33	602,87	597,81	790,32	663,67
0,33	953,33	980,00	1246,67	1060,00	724,46	744,72	947,37	805,52
0,83	980,00	1013,33	1273,33	1088,89	744,72	770,05	967,63	827,47
1,33	1020,00	1046,67	1306,67	1124,44	775,12	795,39	992,97	854,49
2,33	1046,67	1053,33	1333,33	1144,44	795,39	800,45	1013,23	869,69
3,33	1060,00	1073,33	1360,00	1164,44	805,52	815,65	1033,49	884,89
4,33	1093,33	1093,33	1400,00	1195,56	830,85	830,85	1063,89	908,53
18,33	1160,00	1133,33	1453,33	1248,89	881,51	861,25	1104,42	949,06
20,33	1166,67	1146,67	1453,33	1255,56	886,58	871,38	1104,42	954,12
22,33	1180,00	1153,33	1466,67	1266,67	896,71	876,44	1114,55	962,57
24,33	1186,67	1160,00	1473,33	1273,33	901,77	881,51	1119,62	967,63
29,33	1186,67	1180,00	1493,33	1286,67	901,77	896,71	1134,82	977,77
44,33	1220,00	1200,00	1513,33	1311,11	927,11	911,91	1150,02	996,34

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 9,39kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	β4	β5	β6	Μ.Ο.	β4	β5	β6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,00	700,00	593,33	1046,67	780,00	585,20	496,02	875,01	652,08
0,25	900,00	766,67	1386,67	1017,78	752,40	640,93	1159,25	850,86
0,58	980,00	820,00	1453,33	1084,44	819,28	685,52	1214,98	906,59
1,33	1040,00	860,00	1513,33	1137,78	869,44	718,96	1265,14	951,18
1,83	1060,00	866,67	1540,00	1155,56	886,16	724,53	1287,43	966,04
2,33	1086,67	893,33	1580,00	1186,67	908,45	746,82	1320,87	992,05
2,83	1106,67	913,33	1600,00	1206,67	925,17	763,54	1337,59	1008,77
3,83	1133,33	946,67	1640,00	1240,00	947,46	791,41	1371,03	1036,63
4,83	1153,33	960,00	1660,00	1257,78	964,18	802,56	1387,75	1051,50
8,83	1213,33	1006,67	1720,00	1313,33	1014,34	841,57	1437,91	1097,94
22,33	1300,00	1086,67	1826,67	1404,44	1086,79	908,45	1527,09	1174,11
28.33	1346,67	1106,67	1846,67	1433,33	1125,81	925,17	1543,81	1198,26
46,83	1400,00	1153,33	1920,00	1491,11	1170,39	964,18	1605,11	1246,56

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 6,88kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	γ4	γ5	γ6	Μ.Ο.	γ4	γ5	γ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,25	1473,33	1593,33	953,33	1340,00	1681,06	1817,97	1087,74	1528,92
0,67	1593,33	1700,00	1033,33	1442,22	1817,97	1939,68	1179,02	1645,56
1,17	1686,67	1793,33	1080,00	1520,00	1924,47	2046,17	1232,27	1734,30
1,67	1726,67	1840,00	1120,00	1562,22	1970,11	2099,42	1277,91	1782,48
2,17	1766,67	1873,33	1153,33	1597,78	2015,75	2137,45	1315,94	1823,05
3,17	1813,33	1920,00	1186,67	1640,00	2068,99	2190,70	1353,97	1871,22
4,67	1886,67	1966,67	1213,33	1688,89	2152,66	2243,94	1384,40	1927,00
5,67	1920,00	2000,00	1246,67	1722,22	2190,70	2281,98	1422,43	1965,04
20,17	2053,33	2126,67	1366,67	1848,89	2342,83	2426,50	1559,35	2109,56
22,17	2100,00	2173,33	1386,67	1886,67	2396,08	2479,75	1582,17	2152,66
24,17	2106,667	2173,333	1393,333	1891,11	2403,68	2479,75	1589,78	2157,74
29,67	2160,00	2206,67	1433,33	1933,33	2464,53	2517,78	1635,42	2205,91
44,17	2200,00	2266,667	1473,333	1980,00	2510,17	2586,24	1681,06	2259,16

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 4,8kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	δ4	δ5	δ6	Μ.Ο.	δ4	δ5	δ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,25	1226,67	1720,00	1400,00	1448,89	2006,11	2812,92	2289,58	2369,54
0,50	1386,67	1980,00	1613,33	1660,00	2267,78	3238,13	2638,47	2714,79
0,75	1513,33	2140,00	1733,33	1795,56	2474,93	3499,79	2834,72	2936,48
1,00	1586,67	2253,33	1826,67	1888,89	2594,86	3685,14	2987,36	3089,12
1,25	1660,00	2340,00	1880,00	1960,00	2714,79	3826,88	3074,58	3205,42
1,50	1726,67	2440,00	1940,00	2035,56	2823,82	3990,42	3172,71	3328,98
1,75	1773,33	2480,00	1960,00	2071,11	2900,14	4055,83	3205,42	3387,13
2,00	1800,00	2513,33	1986,67	2100,00	2943,75	4110,35	3249,03	3434,38
2,25	1826,67	2546,67	2020,00	2131,11	2987,36	4164,86	3303,54	3485,25
4,25	1960,00	2720,00	2133,33	2271,11	3205,42	4448,33	3488,89	3714,21
6,25	2020,00	2786,67	2186,67	2331,11	3303,54	4557,36	3576,11	3812,34
9,00	2100,00	2906,67	2273,33	2426,67	3434,38	4753,61	3717,85	3968,61
17,25	2240,00	3006,67	2386,67	2544,44	3663,33	4917,15	3903,19	4161,23
19,25	2266,67	3080,00	2446,67	2597,78	3706,94	5037,08	4001,32	4248,45
21,25	2293,33	3080,00	2453,33	2608,89	3750,56	5037,08	4012,22	4266,62
25,25	2333,33	3160,00	2500,00	2664,44	3815,97	5167,92	4088,54	4357,48
42,25	2433,33	3286,67	2586,67	2768,89	3979,51	5375,07	4230,28	4528,29

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 0/100 ΗΛΙΚΙΑΣ 1 ΗΜΕΡΑΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 2,6kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	ε4	ε5	ε6	Μ.Ο.	ε4	ε5	ε6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,03	1446,67	1366,67	1926,67	1580,00	4367,82	4126,28	5817,05	4770,38
0,07	1720,00	1606,67	2266,67	1864,44	5193,08	4850,90	6843,59	5629,19
0,17	2180,00	2106,67	2946,67	2411,11	6581,92	6360,51	8896,67	7279,70
0,34	2480,00	2473,33	3400,00	2784,44	7487,69	7467,56	10265,38	8406,88
0,51	2833,33	2826,67	3833,33	3164,44	8554,49	8534,36	11573,72	9554,19
0,76	3120,00	3100,00	4233,33	3484,44	9420,00	9359,62	12781,41	10520,34
1,09	3460,00	3466,67	4706,67	3877,78	10446,54	10466,67	14210,51	11707,91
1,34	3566,67	3600,00	4913,33	4026,67	10768,59	10869,23	14834,49	12157,44
1,59	3706,67	3760,00	5080,00	4182,22	11191,28	11352,31	15337,69	12627,09
1,84	3840,00	3873,33	5240,00	4317,78	11593,85	11694,49	15820,77	13036,37
2,09	3933,33	3960,00	5353,33	4415,56	11875,64	11956,15	16162,95	13331,58
2,34	4026,67	4020,00	5433,33	4493,33	12157,44	12137,31	16404,49	13566,41
2,59	4080,00	4073,33	5513,33	4555,56	12318,46	12298,33	16646,03	13754,27
3,34	4206,67	4193,33	5653,33	4684,44	12700,90	12660,64	17068,72	14143,42
6,34	4546,67	4533,33	6073,33	5051,11	13727,44	13687,18	18336,79	15250,47
24,34	4873,33	4840,00	6486,67	5400,00	14713,72	14613,08	19584,74	16303,85
29,34	5006,67	4946,67	6640,00	5531,11	15116,28	14935,13	20047,69	16699,70
47,84	5173,33	5120,00	6860,00	5717,78	15619,49	15458,46	20711,92	17263,29

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 100/0 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 37,06kN								
χρόνος εξ'αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	α4	α5	α6	Μ.Ο.	α4	α5	α6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	240,00	253,33	340,00	277,78	50,84	53,66	72,02	58,84
0,33	286,67	293,33	406,67	328,89	60,72	62,13	86,14	69,66
0,67	320,00	320,00	420,00	353,33	67,78	67,78	88,96	74,84
0,92	340,00	320,00	420,00	360,00	72,02	67,78	88,96	76,25
1,17	346,67	333,33	433,33	371,11	73,43	70,61	91,79	78,61
2,42	373,33	420,00	466,67	420,00	79,08	88,96	98,85	88,96
3,33	386,67	440,00	493,33	440,00	81,90	93,20	104,50	93,20
4,33	393,33	440,00	493,33	442,22	83,32	93,20	104,50	93,67
16,33	460,00	520,00	580,00	520,00	97,44	110,15	122,85	110,15
17,33	460,00	520,00	580,00	520,00	97,44	110,15	122,85	110,15
25,67	486,67	540,00	593,33	540,00	103,09	114,38	125,68	114,38
39,92	540,00	586,67	640,00	588,89	114,38	124,27	135,56	124,74

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 28,62kN								
χρόνος εξ'αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	β4	β5	β6	Μ.Ο.	β4	β5	β6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-8}/Mpa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	273,33	266,67	246,67	262,22	74,97	73,14	67,66	71,92
0,25	353,33	366,67	346,67	355,56	96,91	100,57	95,09	97,52
0,50	360,00	360,00	380,00	366,67	98,74	98,74	104,23	100,57
0,75	426,67	446,67	440,00	437,78	117,03	122,51	120,68	120,08
1,00	440,00	460,00	446,67	448,89	120,68	126,17	122,51	123,12
1,50	420,00	460,00	460,00	446,67	115,20	126,17	126,17	122,51
2,00	440,00	480,00	480,00	466,67	120,68	131,66	131,66	128,00
2,67	480,00	506,67	506,67	497,78	131,66	138,97	138,97	136,53
3,17	480,00	520,00	520,00	506,67	131,66	142,63	142,63	138,97
3,67	486,67	526,67	533,33	515,56	133,48	144,46	146,28	141,41
4,67	500,00	540,00	546,67	528,89	137,14	148,11	149,94	145,07
7,50	540,00	600,00	606,67	582,22	148,11	164,57	166,40	159,69
24,50	653,33	740,00	746,67	713,33	179,20	202,97	204,80	195,66
27,00	700,00	780,00	766,67	748,89	192,00	213,94	210,28	205,41
31,25	733,33	800,00	826,67	786,67	201,14	219,43	226,74	215,77
70,50	900,00	993,33	993,33	962,22	246,86	272,46	272,46	263,92

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 21,23kN								
χρόνος εξ'αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	γ4	γ5	γ6	Μ.Ο.	γ4	γ5	γ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	533,33	506,67	373,33	471,11	197,21	187,34	138,04	174,20
0,17	640,00	666,67	600,00	635,56	236,65	246,51	221,86	235,00
0,42	680,00	733,33	633,33	682,22	251,44	271,16	234,18	252,26
0,67	686,67	780,00	666,67	711,11	253,90	288,41	246,51	262,94
1,08	753,33	853,33	733,33	780,00	278,55	315,53	271,16	288,41
1,58	813,33	940,00	813,33	855,56	300,74	347,57	300,74	316,35
2,08	826,67	933,33	853,33	871,11	305,67	345,11	315,53	322,10
2,58	846,67	966,67	880,00	897,78	313,06	357,43	325,39	331,96
3,08	873,33	1006,67	933,33	937,78	322,92	372,22	345,11	346,75
4,08	900,00	1053,33	960,00	971,11	332,78	389,48	354,97	359,08
7,08	960,00	1153,33	1060,00	1057,78	354,97	426,46	391,95	391,12
22,25	1146,67	1393,33	1280,00	1273,33	423,99	515,20	473,29	470,83
24,08	1173,33	1426,67	1300,00	1300,00	433,85	527,52	480,69	480,69
26,08	1200,00	1460,00	1326,67	1328,89	443,71	539,85	490,55	491,37
27,83	1226,67	1480,00	1353,33	1353,33	453,57	547,24	500,41	500,41
31,58	1260,00	1526,67	1406,67	1397,78	465,90	564,50	520,13	516,84
46,83	1380,00	1673,33	1520,00	1524,44	510,27	618,73	562,03	563,68

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C - ΦΟΡΤΙΟ 19,45kN								
χρόνος εξ'αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ.παραμορφώσεις			
	δ4	δ5	δ6	Μ.Ο.	δ4	δ5	δ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/Mpa)			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	593,33	606,67	613,33	604,44	239,47	244,85	247,54	243,95
0,33	826,67	926,67	1180,00	977,78	333,64	374,00	476,25	394,63
0,58	1140,00	1300,00	1666,67	1368,89	460,10	524,68	672,66	552,48
0,83	1240,00	1460,00	1880,00	1526,67	500,46	589,25	758,77	616,16
1,08	1353,33	1593,33	2066,67	1671,11	546,20	643,07	834,10	674,46
1,42	1486,67	1726,67	2226,67	1813,33	600,02	696,88	898,68	731,86
1,92	1573,33	1873,33	2420,00	1955,56	635,00	756,08	976,71	789,26
2,42	1680,00	2020,00	2573,33	2091,11	678,05	815,27	1038,59	843,97
2,92	1780,00	2153,33	2760,00	2231,11	718,41	869,08	1113,93	900,47
3,58	1893,33	2300,00	2926,67	2373,33	764,15	928,28	1181,20	957,87
7,25	2280,00	2806,67	3473,33	2853,33	920,21	1132,77	1401,83	1151,60
21,58	2733,33	3453,33	4140,00	3442,22	1103,17	1393,76	1670,90	1389,28
23,58	2840,00	3580,00	4260,00	3560,00	1146,22	1444,88	1719,33	1436,81
25,58	2920,00	3666,67	4360,00	3648,89	1178,51	1479,86	1759,69	1472,69
28,58	3020,00	3780,00	4446,67	3748,89	1218,87	1525,60	1794,67	1513,05
48,33	3326,67	4153,33	4806,67	4095,56	1342,64	1676,28	1939,97	1652,96

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 100/0 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^0C - ΦΟΡΤΙΟ 37,55 kN

χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ. παραμορφώσεις			
	ζ4	ζ5	ζ6	Μ.Ο.	ζ4	ζ5	ζ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/MPa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	166,67	233,33	233,33	211,11	34,84	48,78	48,78	44,13
0,17	220,00	293,33	280,00	264,44	45,99	61,32	58,54	55,28
0,42	240,00	300,00	280,00	273,33	50,17	62,72	58,54	57,14
0,92	246,67	313,33	293,33	284,44	51,57	65,50	61,32	59,46
1,50	260,00	333,33	313,33	302,22	54,35	69,68	65,50	63,18
2,75	273,33	353,33	313,33	313,33	57,14	73,87	65,50	65,50
6,08	320,00	400,00	333,33	351,11	66,90	83,62	69,68	73,40
22,25	453,33	526,67	453,33	477,78	94,77	110,10	94,77	99,88
24,25	460,00	540,00	460,00	486,67	96,17	112,89	96,17	101,74
25,25	486,67	546,67	473,33	502,22	101,74	114,28	98,95	104,99
31,25	506,67	586,67	493,33	528,89	105,92	122,65	103,13	110,57
44,75	526,67	620,00	520,00	555,56	110,10	129,61	108,71	116,14

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 75/25 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 27,23 kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ. παραμορφώσεις			
	η4	η5	η6	Μ.Ο. Α	η4	η5	η6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/MPa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	706,67	973,33	1080,00	920,00	203,72	280,60	311,35	265,22
0,25	826,67	1266,67	2746,67	1613,33	238,32	365,16	791,82	465,10
0,50	860,00	1380,00	2873,33	1704,44	247,93	397,83	828,34	491,36
0,92	886,67	1440,00	3026,67	1784,44	255,61	415,13	872,54	514,43
1,42	940,00	1493,33	3133,33	1855,56	270,99	430,50	903,29	534,93
1,92	946,67	1533,33	3193,33	1891,11	272,91	442,04	920,59	545,18
2,42	980,00	1546,67	3233,33	1920,00	282,52	445,88	932,12	553,51
2,92	966,67	1573,33	3253,33	1931,11	278,68	453,57	937,89	556,71
7,08	1013,33	1553,33	3346,67	1971,11	292,13	447,80	964,79	568,24
23.17	1146,67	1706,67	3546,67	2133,33	330,57	492,01	1022,45	615,01
25,00	1153,33	1780,00	3580,00	2171,11	332,49	513,15	1032,06	625,90
27,50	1173,33	1786,67	3606,67	2188,89	338,25	515,07	1039,75	631,02
46,67	1253,33	1853,33	3693,33	2266,67	361,32	534,29	1064,73	653,45

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 50/50 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 16,06 kN								
χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ. παραμορφώσεις			
	θ4	θ5	θ6	Μ.Ο. Α	θ4	θ5	θ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/MPa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	360,00	500,00	453,33	437,78	175,97	244,40	221,58	213,98
0,17	493,33	633,33	653,33	593,33	241,14	309,57	319,34	290,01
0,42	533,33	733,33	760,00	675,56	260,69	358,45	371,48	330,21
0,67	566,67	766,67	806,67	713,33	276,98	374,74	394,29	348,67
0,92	586,67	800,00	833,33	740,00	286,76	391,03	407,33	361,71
3,08	660,00	933,33	960,00	851,11	322,60	456,20	469,24	416,02
4,92	686,67	1026,67	1006,67	906,67	335,64	501,83	492,05	443,17
22,08	833,33	1280,00	1253,33	1122,22	407,33	625,65	612,62	548,53
24,67	846,67	1306,67	1320,00	1157,78	413,85	638,69	645,21	565,91
49,25	980,00	1460,00	1446,67	1295,56	479,02	713,64	707,12	633,26

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 25/75 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 9,47 kN

χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ. παραμορφώσεις			
	ι4	ι5	ι6	Μ.Ο.	ι4	ι5	ι6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/MPa)			
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	653,33	493,33	440,00	528,89	541,57	408,94	364,73	438,41
0,17	993,33	793,33	813,33	866,67	823,40	657,62	674,20	718,41
0,33	1160,00	873,33	953,33	995,56	961,56	723,93	790,25	825,25
0,67	1280,00	986,67	1040,00	1102,22	1061,03	817,88	862,09	913,67
0,92	1346,67	1066,67	1140,00	1184,44	1116,30	884,20	944,98	981,82
1,33	1446,67	1160,00	1146,67	1251,11	1199,19	961,56	950,51	1037,09
1,83	1513,33	1253,33	1233,33	1333,33	1254,45	1038,93	1022,35	1105,24
2,33	1573,33	1300,00	1273,33	1382,22	1304,19	1077,61	1055,51	1145,77
7,08	1853,33	1460,00	1493,33	1602,22	1536,29	1210,24	1237,87	1328,13
23,08	2140,00	1680,00	1686,67	1835,56	1773,92	1392,61	1398,14	1521,56
24,42	2180,00	1713,33	1733,33	1875,56	1807,07	1420,24	1436,82	1554,71

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σελίδα 165 από 180

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΔΙΚΟΥ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑ 0/100 ΗΛΙΚΙΑΣ 35 ΗΜΕΡΩΝ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 40^{0}C - ΦΟΡΤΙΟ 8,27 kN

χρόνος εξ' αρχής	αν.παραμορφώσεις				ερπυστ. παραμορφώσεις			
	κ4	κ5	κ6	Μ.Ο.	κ4	κ5	κ6	Μ.Ο.
(h)	(10^{-6})				(10^{-6}/MPa)			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	986,67	973,33	966,67	975,56	936,56	923,90	917,58	926,02
0,17	1820,00	2346,67	2880,00	2348,89	1727,57	2227,49	2733,74	2229,60
0,33	2146,67	2873,33	3673,33	2897,78	2037,65	2727,41	3486,78	2750,61
0,50	2393,33	3460,00	4373,33	3408,89	2271,78	3284,28	4151,23	3235,77
0,75	2586,67	3906,67	4953,33	3815,56	2455,30	3708,27	4701,77	3621,78
1,00	2660,00	4193,33	5320,00	4057,78	2524,91	3980,37	5049,82	3851,70
1,25	2740,00	4546,67	5793,33	4360,00	2600,85	4315,76	5499,11	4138,57
1,50	2813,33	4793,33	6160,00	4588,89	2670,45	4549,90	5847,16	4355,84
1,75	2966,67	5413,33	6866,67	5082,22	2816,00	5138,41	6517,94	4824,11
2,08	3013,33	5993,33	7360,00	5455,56	2860,30	5688,95	6986,22	5178,49
2,42	3040,00	6660,00	7840,00	5846,67	2885,61	6321,77	7441,84	5549,74

Πίνακας του χαρμπιλιού του φρεζαρισμένου υλικού			
Βάρος υλικού δείγματος 2500gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
3/8	359.31	2140,69	85,63
1/4	1346,58	794,13	31,77
No 4	656,75	137,38	5,50
No 8	97,93	39,45	1,58
No 16	14,90	24.55	0,98
No 30	7.87	16,68	0,67
No 50	4,01	12,67	0.51
No 100	3,10	9,57	0,38
No 200	2,26	7.31	0,29
Παιπάλη	7.31		
Ολικό Βάρος	2500 00		

Πίνακας της άμμου του φρεζαρισμένου υλικού			
Βάρος υλικού δείγματος 2000gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
No 4	144.62	1855,38	92,77
No 8	696,56	1159.82	57.94
No 16	510,10	648,72	32,44
No 30	358,66	292,06	14,60
No 50	136.24	155,82	7.79
No 100	79,20	76,62	3.83
No 200	39.31	37,31	1,87
Παιπάλη	37,31		
Ολικό Βάρος	2000,00		

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτέχνειο

ΕΔΙΒΑ 157 σελ 100

Πίνακας του χαλικιού του φρεζαρισμένου υλικού			
Βάρος ολικού δείγματος 2000gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr) *	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
3/4	56.89	1943,11	97,16
5/8	216.26	1726,85	86,34
1/2	576,88	1149,97	57,50
3/8	920,04	229,93	11,50
1/4	190,55	39,38	1,97
No 4	32,25	7,13	0,36
No 8	6,82	0,31	0,02
Παιπάλη			
Ολικό Βάρος	2000,00		

*Έχει γίνει καταμερισμός της παιπάλης

Πίνακας του χαλικιού του θραυστού υλικού			
Βάρος ολικού δείγματος 2000gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr) *	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
3/4	96,23	1903,77	95,19
5/8	972,99	930,78	46,54
1/2	855,82	74,96	3,75
3/8	72,74	2,22	0,11
1/4	1,73	0,49	0,02
No 4	0,30	0,19	0,01
No 8	0,13	0,06	0,00
Παιπάλη			
Ολικό Βάρος	2000.00		

*Έχει γίνει καταμερισμός της παιπάλης

Ελληνικό Μετρολόγιο Πολυτεχνείο
ΕΔΙΚΟ 159 σελ 190

Πίνακας του γαρμπιλιού του θραυστού υλικού			
Βάρος ολικού δείγματος 2000gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
3/8	19,96	1980,04	99,00
1/4	1104,55	875,49	43 77
No 4	734,68	140,81	7,04
No 8	130,23	10,58	0,53
No 16	1,45	9.13	0,46
No 30	0,08	9,05	0,45
No 50	0,08	8,97	0,45
No 100	0,03	8,94	0,45
No 200	8,94		
Πατάλη			
Ολικό Βάρος	2000.00		

Πίνακας της άμμου του θραυστού υλικού			
Βάρος ολικού δείγματος 2000gr			
Αρ. Κόσκινου	Συγκρατούμενο βάρος σε (gr)	Διερχόμενο βάρος	
		(gr)	%
No 4	0,48	1999.52	99,98
No 8	397,13	1602,39	80,12
No 16	462,30	1140,09	57,00
No 30	403,29	736,80	36,84
No 50	194,13	542,67	27,13
No 100	136,67	406,00	20,30
No 200	85,78	320,22	16,01
Πατάλη	320,22		
Ολικό Βάρος	2000,00		

Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Σελίδα 139 από 180

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 100/0 - M T S - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M T S			Επιξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0,00	0,00	-0,165748	-0,135376	-0,0503908	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,439	0,056		
6,00	0,00	-0,165649	-0,1333	-0,0517579	0,001	0,002	0,001	10,990	20,790	15,876	13,871	-2,148	0,274		
12,00	0,00	-0,165394	-0,130249	-0,0544923	0,003	0,005	0,004	28,080	51,270	39,675	41,015	-4,150	0,528		
18,00	0,01	-0,161499	-0,126709	-0,0572267	0,005	0,009	0,007	52,490	85,670	69,580	68,359	-6,201	0,790		
24,00	0,01	-0,158813	-0,123169	-0,0597658	0,008	0,012	0,009	79,350	122,070	100,710	93,750	-8,301	1,057		
30,00	0,01	-0,156494	-0,119929	-0,0628908	0,010	0,016	0,013	102,540	157,470	130,005	125,000	-10,254	1,306	10042	10445
36,00	0,01	-0,156372	-0,119018	-0,063672	0,010	0,016	0,013	103,760	163,580	133,670	132,812	-10,254	1,306		
42,00	0,01	-0,155863	-0,118774	-0,0625002	0,011	0,017	0,012	108,650	166,020	137,335	121,094	-10,254	1,306		
48,00	0,01	-0,155761	-0,11853	-0,0626955	0,011	0,017	0,012	109,670	168,460	139,165	123,047	-10,205	1,299		
54,00	0,02	-0,155863	-0,118408	-0,0632814	0,011	0,017	0,013	108,650	169,680	139,165	128,906	-10,254	1,306		
60,00	0,02	-0,155639	-0,118286	-0,0634767	0,011	0,017	0,013	111,090	170,900	140,995	130,859	-10,205	1,299		
660,19	0,18	-0,154419	-0,116577	-0,0646486	0,012	0,019	0,014	123,290	187,990	155,640	142,576	-10,010	1,274		
1259,76	0,35	-0,153564	-0,115844	-0,0658205	0,013	0,020	0,015	131,840	195,320	163,580	154,297	-10,010	1,274		
1859,34	0,52	-0,153564	-0,115478	-0,0658205	0,013	0,020	0,015	131,840	198,980	165,410	154,297	-10,010	1,274		
2458,92	0,68	-0,153564	-0,11499	-0,0664064	0,013	0,020	0,016	131,840	203,860	167,950	160,156	-10,010	1,274		
3058,50	0,85	-0,153198	-0,11438	-0,0664064	0,014	0,021	0,016	135,500	209,960	172,730	160,156	-10,010	1,274		
3658,07	1,02	-0,15332	-0,114013	-0,068797	0,013	0,021	0,016	134,280	213,630	173,955	164,062	-10,010	1,274		
4257,65	1,18	-0,152832	-0,113891	-0,0671877	0,014	0,021	0,017	139,180	214,850	177,005	167,969	-9,961	1,268		
4857,23	1,36	-0,152954	-0,113525	-0,0689924	0,014	0,022	0,017	137,940	218,510	178,225	169,016	-9,961	1,268		
5456,81	1,52	-0,153076	-0,113159	-0,0689924	0,014	0,022	0,017	136,720	222,170	179,445	169,016	-10,010	1,274		
6056,39	1,68	-0,152832	-0,112915	-0,0677736	0,014	0,022	0,017	139,160	224,610	181,885	173,828	-9,961	1,268		
6655,97	1,85	-0,152588	-0,112671	-0,0689455	0,014	0,023	0,019	141,600	227,050	184,325	185,547	-10,010	1,274		
7255,55	2,02	-0,152221	-0,112304	-0,0677736	0,015	0,023	0,017	145,270	230,720	187,995	173,828	-10,059	1,281		
7855,13	2,18	-0,151977	-0,11206	-0,0679689	0,015	0,023	0,018	147,710	233,160	190,435	175,781	-10,059	1,281		
8454,71	2,35	-0,151611	-0,111816	-0,0675783	0,015	0,024	0,017	151,370	235,600	193,485	171,875	-10,059	1,281		
9054,29	2,52	-0,152099	-0,111572	-0,0679689	0,015	0,024	0,018	146,490	238,040	192,265	175,781	-10,010	1,274		
9653,86	2,68	-0,152099	-0,11145	-0,0679689	0,015	0,024	0,018	146,490	239,260	192,875	175,781	-10,107	1,287		
10253,44	2,85	-0,151733	-0,111572	-0,0683595	0,015	0,024	0,018	150,150	238,040	194,095	179,687	-10,107	1,287		
10853,02	3,01	-0,151733	-0,11145	-0,0675783	0,015	0,024	0,017	150,150	239,260	194,705	171,875	-10,107	1,287		
11452,60	3,18	-0,151855	-0,111084	-0,0679689	0,015	0,024	0,018	148,930	242,920	195,925	175,781	-10,059	1,281		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις									Δύναμη	Τάση	E=σ/ε LVDT	E=σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις									
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom			
12252,18	3,35	-0,151855	-0,110717	-0,0679889	0,015	0,025	0,018	149,930	246,590	197,760	175,781	-10,156	1,293	
12951,76	3,51	-0,151123	-0,110595	-0,0685549	0,016	0,025	0,018	156,250	247,810	202,030	181,641	-10,107	1,287	
13251,34	3,68	-0,151489	-0,110351	-0,0685549	0,015	0,025	0,018	152,580	250,250	201,420	181,641	-10,107	1,287	
13650,92	3,85	-0,151367	-0,110229	-0,0685549	0,015	0,025	0,018	153,810	251,470	202,640	181,641	-10,156	1,293	
14450,50	4,01	-0,151001	-0,110351	-0,0681642	0,016	0,025	0,018	157,470	250,250	203,860	177,734	-10,156	1,293	
15050,08	4,18	-0,150756	-0,109863	-0,0679689	0,016	0,025	0,018	159,920	255,130	207,525	175,781	-10,107	1,287	
15649,65	4,35	-0,151123	-0,109985	-0,0677736	0,016	0,025	0,017	156,250	253,910	205,080	173,828	-10,156	1,293	
16249,23	4,51	-0,150879	-0,109619	-0,0679689	0,016	0,026	0,018	158,690	257,570	208,130	175,781	-10,205	1,299	
16848,81	4,68	-0,150756	-0,109619	-0,0683595	0,016	0,026	0,018	159,920	257,570	208,745	179,687	-10,156	1,293	
17448,39	4,85	-0,15039	-0,109497	-0,0687502	0,016	0,026	0,018	163,580	258,790	211,185	183,594	-10,254	1,306	
18047,97	5,01	-0,15039	-0,109497	-0,0695314	0,016	0,026	0,019	163,580	258,790	211,185	191,406	-10,254	1,306	
18647,55	5,18	-0,15039	-0,109497	-0,0691408	0,016	0,026	0,019	163,580	258,790	211,185	187,500	-10,205	1,299	
19247,13	5,35	-0,150512	-0,109375	-0,0689455	0,016	0,026	0,019	162,360	260,010	211,185	185,547	-10,107	1,287	
19846,71	5,51	-0,150634	-0,109253	-0,070508	0,016	0,026	0,020	161,140	261,230	211,185	201,172	-10,107	1,287	
20446,29	5,68	-0,150024	-0,109253	-0,0699221	0,017	0,026	0,020	167,240	261,230	214,235	195,313	-10,156	1,293	
21045,87	5,85	-0,150024	-0,109131	-0,070508	0,017	0,026	0,020	167,240	262,450	214,845	201,172	-10,107	1,287	
21645,44	6,01	-0,15039	-0,109009	-0,0699221	0,016	0,026	0,020	163,580	264,900	214,240	195,313	-10,156	1,293	
22245,02	6,18	-0,149778	-0,109009	-0,0708986	0,017	0,026	0,021	169,690	263,670	216,675	205,078	-10,107	1,287	
22844,60	6,35	-0,150146	-0,108886	-0,0695314	0,017	0,026	0,019	166,020	264,900	215,460	191,406	-10,107	1,287	
23444,18	6,51	-0,149902	-0,108642	-0,0703127	0,017	0,027	0,020	168,460	267,340	217,900	199,219	-10,156	1,293	
24043,76	6,68	-0,150146	-0,108642	-0,0707033	0,017	0,027	0,020	166,020	267,340	216,680	203,125	-10,156	1,293	
24643,34	6,85	-0,150024	-0,108652	-0,0701174	0,017	0,027	0,020	167,240	268,560	217,900	197,266	-10,156	1,293	
25242,92	7,01	-0,149414	-0,108398	-0,070508	0,017	0,027	0,020	173,340	269,780	221,560	201,172	-10,107	1,287	
25842,50	7,18	-0,149658	-0,108276	-0,0701174	0,017	0,027	0,020	170,900	271,000	220,950	197,266	-10,156	1,293	
26442,08	7,35	-0,149658	-0,108154	-0,0707033	0,017	0,027	0,020	170,900	272,220	221,560	203,125	-10,156	1,293	
27041,65	7,51	-0,149658	-0,108276	-0,0708986	0,017	0,027	0,021	170,900	271,000	220,950	205,078	-10,156	1,293	
27641,23	7,68	-0,149536	-0,108154	-0,070508	0,017	0,027	0,020	172,120	272,220	222,170	201,172	-10,107	1,287	
28240,81	7,84	-0,149292	-0,10791	-0,0707033	0,017	0,027	0,020	174,560	274,660	224,610	203,125	-10,107	1,287	
28840,39	8,01	-0,149658	-0,10791	-0,0720706	0,017	0,027	0,022	170,900	274,560	222,780	215,797	-10,156	1,293	
29439,97	8,18	-0,149536	-0,107788	-0,070508	0,017	0,028	0,020	172,120	275,880	224,000	201,172	-10,107	1,287	
30039,55	8,34	-0,149292	-0,107544	-0,0703127	0,017	0,028	0,020	174,560	278,320	226,440	199,219	-10,107	1,287	
30639,13	8,51	-0,149292	-0,107544	-0,0710938	0,017	0,028	0,021	174,560	278,320	226,440	207,031	-10,156	1,293	
31238,71	8,68	-0,149292	-0,107422	-0,070508	0,017	0,028	0,020	174,560	279,540	227,050	201,172	-10,107	1,287	

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/Ε LVDT	Ε=σ/Ε EXTEN.
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
31538,29	8,84	-0,149536	-0,107422	-0,0726517	0,017	0,026	0,022	172,120	279,540	225,830	224,609	-10,107	1,287		
32437,87	9,01	-0,149414	-0,107177	-0,0712892	0,017	0,028	0,021	173,340	281,990	227,665	208,984	-10,107	1,287		
33037,45	9,18	-0,148925	-0,107055	-0,0706985	0,018	0,028	0,021	178,230	283,210	230,720	205,078	-10,107	1,287		
33637,02	9,34	-0,148925	-0,107055	-0,0726564	0,018	0,028	0,022	178,230	283,210	230,720	222,656	-10,107	1,287		
34236,60	9,51	-0,148292	-0,106933	-0,0714846	0,017	0,028	0,021	174,560	284,430	229,495	210,938	-10,156	1,293		
34836,18	9,68	-0,148925	-0,106811	-0,0714846	0,018	0,029	0,021	178,230	285,650	231,940	210,938	-10,156	1,293		
35435,76	9,84	-0,14917	-0,106811	-0,0710939	0,018	0,029	0,021	175,780	285,650	230,715	207,031	-10,059	1,281		
36035,34	10,01	-0,149047	-0,106933	-0,0732424	0,018	0,028	0,023	177,010	284,430	230,720	228,516	-10,107	1,287		
36634,92	10,18	-0,148925	-0,106689	-0,0718752	0,018	0,029	0,021	178,230	286,870	232,550	214,844	-10,156	1,293		
37234,50	10,34	-0,148559	-0,106567	-0,0714846	0,018	0,029	0,021	181,890	288,090	234,990	210,938	-10,156	1,293		
37834,08	10,51	-0,148559	-0,106445	-0,0720705	0,018	0,029	0,022	181,890	289,310	235,600	216,797	-10,107	1,287		
38433,65	10,68	-0,148803	-0,106445	-0,0718752	0,018	0,029	0,021	179,450	289,310	234,380	214,844	-10,107	1,287		
39033,24	10,84	-0,148803	-0,106323	-0,0720705	0,018	0,029	0,022	179,450	290,530	234,990	216,797	-10,156	1,293		
39632,81	11,01	-0,148315	-0,106201	-0,0722658	0,018	0,029	0,022	184,330	291,750	238,040	218,750	-10,205	1,299		
40232,39	11,18	-0,149559	-0,108079	-0,0714846	0,018	0,029	0,021	181,890	292,970	237,430	210,938	-10,156	1,293		
40831,97	11,34	-0,148559	-0,106957	-0,0724611	0,018	0,029	0,022	181,890	294,190	238,040	220,703	-10,205	1,299		
41431,55	11,51	-0,148559	-0,106079	-0,0718752	0,018	0,029	0,021	181,890	292,970	237,430	214,844	-10,205	1,299		
42031,13	11,68	-0,148315	-0,105835	-0,0722658	0,018	0,030	0,022	184,330	295,410	239,870	218,750	-10,254	1,306		
42630,71	11,84	-0,149071	-0,105713	-0,0722658	0,019	0,030	0,022	186,770	296,630	241,700	218,750	-10,254	1,306		
43230,29	12,01	-0,147949	-0,105713	-0,0726564	0,019	0,030	0,022	187,990	296,630	242,310	222,656	-10,205	1,299		
43829,87	12,17	-0,148071	-0,105713	-0,0730471	0,019	0,030	0,023	186,770	296,630	241,700	226,563	-10,156	1,293		
44429,45	12,34	-0,148193	-0,105591	-0,0726564	0,019	0,030	0,022	185,550	297,850	241,700	222,656	-10,156	1,293		
45028,03	12,51	-0,147949	-0,105591	-0,0726564	0,019	0,030	0,022	187,990	297,850	242,920	222,656	-10,205	1,299		
45628,60	12,67	-0,147583	-0,105468	-0,0730471	0,019	0,030	0,023	191,650	299,080	245,365	226,563	-10,205	1,299		
46228,18	12,84	-0,147705	-0,105468	-0,0726564	0,019	0,030	0,022	190,430	299,080	244,755	222,656	-10,205	1,299		
46827,76	13,01	-0,147705	-0,105346	-0,0730471	0,019	0,030	0,023	190,430	300,300	245,365	226,563	-10,205	1,299		
47427,34	13,17	-0,147216	-0,105102	-0,0726517	0,020	0,030	0,022	195,320	302,740	249,030	224,609	-10,205	1,299		
48026,92	13,34	-0,147461	-0,105224	-0,0734377	0,019	0,030	0,023	192,570	301,520	247,195	230,469	-10,205	1,299		
48626,50	13,51	-0,147583	-0,10498	-0,0726517	0,019	0,030	0,022	191,650	303,960	247,805	224,609	-10,254	1,306		
49226,08	13,67	-0,147216	-0,104858	-0,0732424	0,020	0,031	0,023	195,320	305,180	250,250	228,516	-10,107	1,287		
49825,66	13,84	-0,147338	-0,104858	-0,0734377	0,019	0,031	0,023	194,100	305,180	249,640	230,469	-10,205	1,299		
50425,24	14,01	-0,147216	-0,104736	-0,0738283	0,020	0,031	0,023	195,320	306,400	250,860	234,375	-10,205	1,299		
51024,82	14,17	-0,146728	-0,104736	-0,0734377	0,020	0,031	0,023	200,200	306,400	253,300	230,469	-10,254	1,306		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/Ε LVDT	Ε=σ/Ε EXTEN.
		Μετρήσεις MTS			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
51624,39	14,34	-0,147094	-0,104492	-0,073633	0,020	0,031	0,023	196,540	308,840	252,690	232,422	-10,254	1,306		
52223,97	14,51	-0,14685	-0,104492	-0,0732424	0,020	0,031	0,023	198,980	308,840	253,910	228,516	-10,205	1,299		
52823,55	14,67	-0,14655	-0,104492	-0,0740236	0,020	0,031	0,024	198,980	308,840	253,910	236,328	-10,205	1,299		
53423,13	14,84	-0,146484	-0,10437	-0,073633	0,020	0,031	0,023	202,640	310,060	256,350	232,422	-10,205	1,299		
54022,71	15,01	-0,14655	-0,10437	-0,073633	0,020	0,031	0,023	198,980	310,060	254,520	232,422	-10,156	1,293		
54622,29	15,17	-0,146484	-0,104248	-0,0740236	0,020	0,031	0,024	202,640	311,280	256,960	236,328	-10,156	1,293		
55221,87	15,34	-0,146606	-0,104126	-0,0738283	0,020	0,031	0,023	201,420	312,500	255,960	234,375	-10,156	1,293		
55821,45	15,51	-0,14624	-0,104126	-0,0740236	0,021	0,031	0,024	205,080	312,500	258,790	236,328	-10,205	1,299		
56421,03	15,67	-0,14624	-0,103882	-0,0732424	0,021	0,031	0,023	205,080	314,940	260,010	228,516	-10,205	1,299		
57020,61	15,84	-0,146484	-0,10376	-0,0748096	0,020	0,032	0,024	202,640	316,160	259,400	242,188	-10,254	1,306		
57620,18	16,01	-0,145996	-0,103637	-0,0749049	0,021	0,032	0,024	207,520	317,380	252,455	244,141	-10,156	1,293		
58219,76	16,17	-0,14624	-0,103515	-0,0744143	0,021	0,032	0,024	205,080	318,610	261,845	240,235	-10,156	1,293		
58819,34	16,34	-0,146507	-0,103393	-0,0750002	0,021	0,032	0,025	212,410	319,830	266,120	246,094	-10,254	1,306		
59418,92	16,51	-0,14563	-0,103271	-0,0748049	0,021	0,032	0,024	211,180	321,050	266,115	244,141	-10,205	1,299		
60018,50	16,67	-0,145385	-0,103027	-0,0748096	0,021	0,032	0,024	213,630	323,490	268,560	242,188	-10,205	1,299		
60618,08	16,84	-0,14563	-0,102905	-0,0750002	0,021	0,032	0,025	211,190	324,710	267,945	246,094	-10,205	1,299		
61217,66	17,00	-0,145385	-0,102905	-0,0748049	0,021	0,032	0,024	213,630	324,710	269,170	244,141	-10,205	1,299		
61817,24	17,17	-0,145507	-0,102783	-0,0751955	0,021	0,033	0,025	212,410	325,930	269,170	248,047	-10,254	1,306		
62416,82	17,34	-0,144897	-0,102661	-0,0753908	0,022	0,033	0,025	218,510	327,150	272,830	250,000	-10,156	1,293		
63016,40	17,50	-0,144897	-0,102417	-0,0757814	0,022	0,033	0,025	218,510	329,590	274,060	253,906	-10,156	1,293		
63615,97	17,67	-0,144653	-0,102417	-0,0751965	0,022	0,033	0,025	220,950	329,590	275,270	248,047	-10,107	1,287		
64215,55	17,84	-0,145019	-0,102295	-0,0775393	0,022	0,033	0,027	217,290	330,810	274,050	271,485	-10,156	1,293		
64815,13	18,00	-0,144531	-0,102173	-0,0759766	0,022	0,033	0,026	222,170	332,030	277,100	255,860	-10,107	1,287		
65414,71	18,17	-0,144531	-0,102051	-0,0759766	0,022	0,033	0,026	222,170	333,250	277,710	255,860	-10,059	1,281		
66014,29	18,34	-0,144287	-0,101806	-0,076758	0,022	0,034	0,026	224,610	335,700	280,155	263,672	-10,059	1,281		
66613,87	18,50	-0,144287	-0,101928	-0,0763674	0,022	0,033	0,026	224,610	334,480	279,545	256,766	-10,059	1,281		
67213,45	18,67	-0,144409	-0,101806	-0,0773439	0,022	0,034	0,027	223,390	335,700	279,545	269,531	-10,059	1,281		
67813,03	18,84	-0,144287	-0,101562	-0,0769533	0,022	0,034	0,027	224,610	338,140	281,375	265,625	-10,010	1,274		
68412,61	19,00	-0,143554	-0,101318	-0,0775393	0,023	0,034	0,027	231,940	340,580	286,260	271,485	-10,059	1,281		
69012,19	19,17	-0,143676	-0,101318	-0,0777346	0,023	0,034	0,027	230,720	340,580	285,650	273,438	-10,010	1,274		
69611,76	19,34	-0,143432	-0,101074	-0,0777346	0,023	0,034	0,027	233,160	343,020	288,090	273,438	-10,010	1,274		
70211,34	19,50	-0,143676	-0,101196	-0,0783205	0,023	0,034	0,028	230,720	341,800	286,260	279,297	-10,010	1,274		
70810,92	19,67	-0,143432	-0,100952	-0,0781252	0,023	0,034	0,028	233,160	344,240	288,700	277,344	-10,010	1,274		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις M.T.S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
71410,50	19,84	0.143188	-0.100708	-0.0783205	0,024	0,035	0,028	235,600	346,680	291,140	279,297	-10,010	1,274		
72010,08	20,00	-0.143066	-0.100708	-0.0783205	0,024	0,035	0,028	236,820	346,680	291,750	279,297	-10,059	1,281		
72609,66	20,17	-0.143432	-0.100586	-0.0789065	0,023	0,035	0,029	233,160	347,900	290,530	285,157	-10,010	1,274		
73209,24	20,34	-0.143554	-0.100708	-0.0787111	0,023	0,035	0,028	231,940	346,680	289,310	283,203	-9,961	1,268		
73808,82	20,50	-0.143311	-0.100586	-0.0781252	0,023	0,035	0,029	234,380	347,900	291,140	277,344	-9,961	1,268		
74408,40	20,67	-0.142944	-0.100464	-0.0781252	0,024	0,035	0,028	238,040	349,120	293,580	277,344	-10,010	1,274		
75007,98	20,84	-0.143311	-0.100586	-0.0789065	0,023	0,035	0,029	234,380	347,900	291,140	285,157	-9,912	1,262		
75607,55	21,00	-0.142822	-0.100342	-0.0785158	0,024	0,035	0,028	239,260	350,340	294,800	281,250	-9,961	1,268		
76207,13	21,17	-0.143066	-0.100342	-0.0781252	0,024	0,035	0,028	236,820	350,340	293,580	277,344	-9,961	1,268		
76805,71	21,34	-0.143066	-0.100342	-0.0789065	0,024	0,035	0,029	236,820	350,340	293,580	285,157	-10,010	1,274		
77406,29	21,50	-0.143066	-0.100342	-0.0783205	0,024	0,035	0,028	236,820	350,340	293,580	279,297	-9,961	1,268		
78005,87	21,67	-0.1427	-0.100097	-0.0789065	0,024	0,035	0,029	240,480	352,790	296,635	285,157	-9,912	1,262		
78605,45	21,83	-0.143066	-0.100219	-0.0785158	0,024	0,035	0,028	236,820	351,570	294,195	281,250	-9,961	1,268		
79205,03	22,00	-0.142944	-0.100219	-0.0785158	0,024	0,035	0,028	238,040	351,570	294,805	281,250	-9,961	1,268		

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 75/25 - Μ.Τ.5. - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις Μ.Τ.5.			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0	0,00	0,119394	0,12915	0,075	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,293	0,037		
6	0,00	0,120117	0,131591	0,073	0,001	0,002	0,002	7,330	24,410	15,870	23,438	-1,611	0,205		
12,00	0,00	0,120605	0,137085	0,070	0,001	0,008	0,008	12,210	79,350	45,790	58,641	-3,320	0,423		
18,00	0,01	0,121216	0,145019	0,065	0,002	0,016	0,010	18,320	158,690	88,525	103,516	-4,980	0,634		
24,00	0,01	0,122924	0,155517	0,058	0,004	0,026	0,017	35,400	263,670	149,535	171,875	-6,738	0,858		
30,00	0,01	0,12561	0,168212	0,048	0,006	0,039	0,027	62,260	390,620	226,440	267,579	-8,398	1,069	4722	3995
36,00	0,01	0,127319	0,178828	0,044	0,008	0,045	0,031	79,350	446,780	263,065	312,501	-8,447	1,076		
42,00	0,01	0,128296	0,176513	0,043	0,009	0,047	0,032	89,120	473,630	281,375	320,313	-8,398	1,069		
48,00	0,01	0,128906	0,178466	0,041	0,010	0,049	0,034	95,220	493,160	294,190	341,798	-8,398	1,069		
54,00	0,02	0,129272	0,179809	0,039	0,010	0,051	0,035	98,880	506,590	302,735	359,375	-8,398	1,069		
60,00	0,02	0,12976	0,181003	0,038	0,010	0,052	0,037	103,760	518,800	311,280	389,142	-8,398	1,069		
660,18	0,18	-0,11369	-0,19067	0,023	0,010	0,052	0,052	103,760	518,800	311,280	521,486	-8,301	1,057		
1258,76	0,35	-0,1123	-0,18677	0,019	0,012	0,056	0,056	118,630	557,860	338,745	562,501	-8,301	1,057		
1859,34	0,52	-0,11121	-0,18469	0,016	0,013	0,058	0,059	130,610	578,610	354,610	589,845	-8,252	1,051		
2458,92	0,68	-0,11011	-0,18335	0,016	0,014	0,059	0,059	141,600	592,040	366,820	593,751	-8,252	1,051		
3058,50	0,85	-0,1095	-0,18188	0,015	0,015	0,061	0,060	147,700	606,690	377,195	599,611	-8,252	1,051		
3658,07	1,02	-0,10928	-0,18091	0,014	0,015	0,062	0,061	150,140	616,450	383,295	613,283	-8,203	1,044		
4257,65	1,18	-0,10869	-0,18018	0,014	0,015	0,062	0,062	153,810	623,780	388,795	615,236	-8,203	1,044		
4857,23	1,35	-0,10815	-0,17932	0,013	0,016	0,063	0,063	161,130	632,320	396,725	626,955	-8,252	1,051		
5456,81	1,52	-0,10767	-0,17896	0,012	0,017	0,064	0,063	166,010	635,990	400,995	628,908	-8,203	1,044		
6056,39	1,68	-0,10742	-0,17847	0,012	0,017	0,064	0,063	168,450	640,870	404,660	628,908	-8,203	1,044		
6655,97	1,85	-0,10742	-0,17749	0,011	0,017	0,065	0,064	168,450	650,630	409,540	638,673	-8,154	1,038		
7255,55	2,02	-0,10718	-0,17725	0,011	0,017	0,065	0,064	170,900	653,070	411,985	642,680	-8,301	1,057		
7855,13	2,18	-0,10669	-0,17664	0,010	0,018	0,066	0,065	175,780	659,180	417,480	648,439	-8,252	1,051		
8454,71	2,35	-0,1062	-0,17664	0,010	0,018	0,066	0,066	180,660	659,180	419,920	656,252	-8,203	1,044		
9054,29	2,52	-0,10596	-0,1759	0,009	0,018	0,067	0,067	183,100	666,500	424,800	666,017	-8,203	1,044		
9653,86	2,68	-0,1051	-0,17578	0,009	0,019	0,067	0,066	191,650	667,720	429,685	660,158	-8,252	1,051		
10253,44	2,85	-0,10498	-0,17542	0,008	0,019	0,067	0,067	192,870	671,380	432,125	673,830	-8,203	1,044		
10853,02	3,01	-0,10474	-0,17493	0,008	0,020	0,068	0,067	195,310	676,270	435,790	671,877	-8,252	1,051		
11452,60	3,18	-0,10425	-0,17468	0,008	0,020	0,068	0,067	200,190	678,710	439,450	671,877	-8,203	1,044		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MC LVDT	Extensom				
12052,18	3,35	-0,10425	-0,17456	0,007	0,020	0,068	0,068	200,190	679,930	440,060	679,685	-8,203	1,044		
12651,76	3,51	-0,10413	-0,17407	0,008	0,020	0,069	0,067	201,410	684,810	443,110	671,877	-8,252	1,051		
13251,34	3,68	-0,10364	-0,17371	0,006	0,021	0,069	0,069	206,300	688,470	447,385	693,361	-8,252	1,051		
13850,92	3,85	-0,10352	-0,17385	0,007	0,021	0,069	0,068	207,520	686,030	446,775	677,798	-8,252	1,051		
14450,50	4,01	-0,10315	-0,17334	0,007	0,021	0,069	0,068	211,180	692,140	451,660	681,642	-8,252	1,051		
15050,08	4,18	-0,10315	-0,17297	0,007	0,021	0,070	0,069	211,180	695,800	453,490	683,596	-8,203	1,044		
15649,65	4,35	-0,10303	-0,17273	0,007	0,021	0,070	0,069	212,400	698,240	455,320	685,549	-8,203	1,044		
16249,23	4,51	-0,10278	-0,17248	0,007	0,021	0,070	0,069	214,840	700,680	457,760	685,549	-8,252	1,051		
16848,81	4,68	-0,10278	-0,17212	0,007	0,021	0,070	0,069	214,840	704,340	459,590	685,549	-8,203	1,044		
17448,39	4,85	-0,10254	-0,17188	0,006	0,022	0,071	0,069	217,280	706,780	462,030	689,455	-8,203	1,044		
18047,97	5,01	-0,10217	-0,17188	0,006	0,022	0,071	0,069	220,940	706,780	463,850	689,455	-8,203	1,044		
18647,55	5,18	-0,10223	-0,17126	0,006	0,022	0,071	0,069	219,720	712,890	466,305	687,502	-8,154	1,038		
19247,13	5,35	-0,10206	-0,17139	0,007	0,022	0,071	0,069	222,160	711,670	466,915	685,549	-8,154	1,038		
19846,71	5,51	-0,10181	-0,17126	0,006	0,022	0,071	0,069	224,610	712,890	468,750	693,361	-8,154	1,038		
20446,29	5,68	-0,10156	-0,1709	0,006	0,023	0,072	0,069	227,050	716,550	471,800	689,455	-8,203	1,044		
21045,87	5,85	-0,10168	-0,17053	0,006	0,023	0,072	0,069	225,830	720,210	473,020	691,408	-8,203	1,044		
21645,44	6,01	-0,10156	-0,17041	0,006	0,023	0,072	0,069	227,050	721,430	474,240	693,361	-8,203	1,044		
22245,02	6,18	-0,10132	-0,17029	0,006	0,023	0,072	0,069	229,490	722,650	476,070	689,455	-8,203	1,044		
22844,60	6,35	-0,10095	-0,17017	0,005	0,023	0,072	0,070	233,150	723,870	478,510	703,127	-8,203	1,044		
23444,18	6,51	-0,1012	-0,17004	0,005	0,023	0,073	0,070	230,710	725,090	477,900	701,174	-8,154	1,038		
24043,76	6,68	-0,10071	-0,1698	0,004	0,024	0,073	0,071	235,590	727,540	481,565	707,033	-8,154	1,038		
24643,34	6,85	-0,10059	-0,16968	0,005	0,024	0,073	0,070	236,810	728,760	482,795	703,127	-8,203	1,044		
25242,92	7,01	-0,10071	-0,16931	0,004	0,024	0,073	0,071	235,590	732,420	484,005	712,892	-8,252	1,051		
25842,50	7,18	-0,10034	-0,16931	0,005	0,024	0,073	0,071	239,250	732,420	485,835	705,080	-8,252	1,051		
26442,08	7,35	-0,10022	-0,16895	0,004	0,024	0,074	0,071	240,480	736,080	488,280	710,939	-8,203	1,044		
27041,66	7,51	-0,10022	-0,16895	0,004	0,024	0,074	0,072	240,480	736,080	488,280	716,799	-8,252	1,051		
27641,23	7,68	-0,09985	-0,16882	0,004	0,024	0,074	0,071	244,137	737,300	490,719	710,839	-8,252	1,051		
28240,81	7,84	-0,09973	-0,16858	0,004	0,025	0,074	0,071	245,358	739,740	492,549	714,846	-8,252	1,051		
28840,39	8,01	-0,09949	-0,16834	0,003	0,025	0,074	0,072	247,799	742,180	494,990	719,752	-8,252	1,051		
29438,97	8,18	-0,09961	-0,16809	0,004	0,025	0,074	0,071	246,579	744,630	495,605	714,846	-8,301	1,057		
30039,55	8,34	-0,09924	-0,16821	0,004	0,025	0,074	0,072	250,241	743,410	496,826	716,799	-8,301	1,057		
30639,13	8,51	-0,09949	-0,16797	0,003	0,025	0,075	0,072	247,799	745,850	496,825	722,658	-8,252	1,051		
31238,71	8,68	-0,09949	-0,16772	0,004	0,025	0,075	0,071	247,799	746,290	496,045	714,846	-8,252	1,051		

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	E=σ/ε LVDT	E=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις Μ Τ Ε			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
31839,29	8,84	-0,09889	-0,1676	0,003	0,025	0,075	0,072	253,803	749,510	501,707	720,705	-8,252	1,051		
32437,87	9,01	-0,09924	-0,16746	0,003	0,025	0,075	0,072	250,241	750,730	500,486	720,705	-8,203	1,044		
33037,45	9,18	-0,099	-0,16724	0,003	0,025	0,075	0,072	252,682	753,170	502,926	724,611	-8,301	1,057		
33637,02	9,34	-0,099	-0,16711	0,003	0,025	0,075	0,072	252,682	754,390	503,536	720,705	-8,252	1,051		
34236,60	9,51	-0,09839	-0,16689	0,003	0,026	0,076	0,073	258,786	755,610	507,198	725,564	-8,301	1,057		
34836,18	9,66	-0,09875	-0,16687	0,002	0,026	0,076	0,073	255,124	756,830	505,977	730,471	-8,301	1,057		
35435,76	9,84	-0,09814	-0,16675	0,003	0,026	0,076	0,072	261,227	758,050	509,639	724,611	-8,252	1,051		
36035,34	10,01	-0,09802	-0,16675	0,002	0,026	0,076	0,074	262,448	758,050	510,249	735,330	-8,252	1,051		
36634,92	10,18	-0,09827	-0,1665	0,002	0,026	0,076	0,074	260,006	760,500	510,253	735,330	-8,301	1,057		
37234,50	10,34	-0,09839	-0,16626	0,002	0,026	0,076	0,073	258,786	762,940	510,863	730,471	-8,252	1,051		
37834,08	10,51	-0,09766	-0,16614	0,002	0,027	0,076	0,073	268,110	764,160	515,135	730,471	-8,301	1,057		
38433,66	10,68	-0,09778	-0,16602	0,002	0,026	0,077	0,074	264,869	765,380	515,135	735,330	-8,301	1,057		
39033,24	10,84	-0,0979	-0,16589	0,001	0,026	0,077	0,074	263,669	766,600	515,135	738,282	-8,301	1,057		
39632,81	11,01	-0,09753	-0,16589	0,000	0,027	0,077	0,075	267,331	766,600	516,966	750,002	-8,301	1,057		
40232,39	11,18	-0,09741	-0,16565	0,002	0,027	0,077	0,073	268,551	769,040	518,796	734,377	-8,350	1,063		
40831,97	11,34	-0,09729	-0,16565	0,001	0,027	0,077	0,074	269,772	769,040	519,406	738,283	-8,350	1,063		
41431,55	11,51	-0,09753	-0,16553	0,002	0,027	0,077	0,074	267,331	770,260	518,796	738,330	-8,350	1,063		
42031,13	11,68	-0,09717	-0,16541	0,001	0,027	0,077	0,074	270,993	771,480	521,237	738,283	-8,350	1,063		
42630,71	11,84	-0,09668	-0,16528	0,001	0,028	0,077	0,074	275,876	772,700	524,288	744,142	-8,350	1,063		
43230,29	12,01	-0,09692	-0,16504	0,000	0,027	0,078	0,075	273,434	775,140	524,287	748,049	-8,350	1,063		
43829,87	12,17	-0,0968	-0,16504	0,001	0,027	0,078	0,075	274,655	775,140	524,898	748,096	-8,301	1,057		
44429,45	12,34	-0,0968	-0,16504	0,001	0,027	0,078	0,074	274,655	775,140	524,898	742,189	-8,301	1,057		
45029,03	12,51	-0,09668	-0,16492	0,001	0,028	0,078	0,074	275,876	776,360	526,118	744,142	-8,350	1,063		
45629,60	12,67	-0,09644	-0,1648	0,001	0,028	0,078	0,074	278,317	777,580	527,949	744,142	-8,350	1,063		
46229,18	12,84	-0,09619	-0,16467	0,001	0,028	0,078	0,074	280,758	778,810	529,794	742,189	-8,350	1,063		
46827,76	13,01	-0,09583	-0,16467	-0,001	0,028	0,078	0,076	284,420	778,810	531,615	761,721	-8,301	1,057		
47427,34	13,17	-0,09607	-0,16455	0,000	0,028	0,078	0,075	281,979	780,030	531,005	751,955	-8,350	1,063		
48026,92	13,34	-0,09607	-0,16443	0,000	0,028	0,079	0,075	281,979	781,250	531,615	753,908	-8,398	1,069		
48626,50	13,51	-0,0957	-0,16443	0,001	0,029	0,078	0,075	285,641	781,250	533,446	746,096	-8,398	1,069		
49226,08	13,67	-0,09558	-0,16431	0,000	0,029	0,079	0,075	286,862	782,470	534,666	753,908	-8,398	1,069		
49825,66	13,84	-0,09546	-0,16418	0,000	0,029	0,078	0,076	286,083	783,690	535,887	755,861	-8,350	1,063		
50425,24	14,01	-0,0957	-0,16418	0,000	0,029	0,078	0,076	285,641	783,690	534,666	755,861	-8,350	1,063		
51024,82	14,17	-0,09546	-0,16418	-0,001	0,029	0,079	0,076	286,083	783,690	535,887	757,814	-8,398	1,069		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σλ LVDT	Ε=σλ EXTEN.
		Μετρήσεις MT,$			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
51624,39	14,34	-0,09497	-0,16406	-0,001	0,029	0,078	0,075	292,965	784,910	538,939	759,768	-8,398	1,069		
52223,97	14,51	-0,09521	-0,16406	0,000	0,029	0,078	0,075	290,524	784,910	537,717	753,906	-8,350	1,063		
52823,65	14,67	-0,09497	-0,1637	-0,001	0,029	0,079	0,075	292,965	788,570	540,768	753,674	-8,350	1,063		
53423,13	14,84	-0,09497	-0,16357	-0,001	0,029	0,079	0,076	292,965	789,790	541,378	751,721	-8,350	1,063		
54022,71	15,01	-0,09485	-0,16357	-0,001	0,029	0,079	0,076	294,186	789,790	541,998	759,768	-8,350	1,063		
54622,29	15,17	-0,09485	-0,16357	-0,001	0,029	0,079	0,077	294,186	789,790	541,998	765,627	-8,350	1,063		
55221,87	15,34	-0,0946	-0,16345	-0,001	0,030	0,079	0,077	296,627	791,010	543,818	765,627	-8,350	1,063		
55821,45	15,51	-0,0946	-0,16333	-0,002	0,030	0,079	0,077	296,627	792,230	544,429	767,580	-8,350	1,063		
56421,03	15,67	-0,09436	-0,16321	-0,003	0,030	0,079	0,078	299,069	793,450	546,260	779,299	-8,350	1,063		
57020,61	15,84	-0,09448	-0,16309	-0,001	0,030	0,079	0,076	297,848	794,670	546,259	769,768	-8,398	1,069		
57620,18	16,01	-0,09436	-0,16309	-0,001	0,030	0,079	0,076	299,069	794,670	546,870	763,674	-8,350	1,063		
58219,76	16,17	-0,0946	-0,16309	-0,002	0,030	0,079	0,077	296,627	794,670	545,649	773,439	-8,398	1,069		
58819,34	16,34	-0,09448	-0,16284	-0,002	0,030	0,080	0,077	297,848	797,120	547,484	769,533	-8,350	1,063		
59418,92	16,51	-0,09424	-0,16284	-0,002	0,030	0,080	0,077	300,290	797,120	548,705	769,533	-8,398	1,069		
60019,50	16,67	-0,09424	-0,16284	-0,002	0,030	0,080	0,077	300,290	797,120	548,705	771,486	-8,398	1,069		
60618,08	16,84	-0,09399	-0,1628	-0,002	0,030	0,080	0,078	302,731	799,560	551,146	775,393	-8,447	1,076		
61217,66	17,00	-0,09387	-0,16248	-0,002	0,030	0,080	0,078	303,952	800,780	552,366	775,393	-8,398	1,069		
61817,24	17,17	-0,09387	-0,16248	-0,002	0,030	0,080	0,078	303,952	800,780	552,366	775,393	-8,398	1,069		
62416,82	17,34	-0,09387	-0,16211	-0,003	0,030	0,080	0,078	303,952	804,440	554,196	779,299	-8,447	1,076		
63016,40	17,50	-0,09363	-0,16199	-0,004	0,031	0,081	0,079	306,393	805,660	556,027	789,065	-8,350	1,063		
63615,97	17,67	-0,09363	-0,16187	-0,004	0,031	0,081	0,079	306,393	806,880	556,637	789,065	-8,350	1,063		
64215,55	17,84	-0,09351	-0,16187	-0,004	0,031	0,081	0,079	307,614	806,880	557,247	794,924	-8,350	1,063		
64815,13	18,00	-0,0929	-0,16174	-0,004	0,031	0,081	0,080	313,717	808,100	560,909	796,877	-8,350	1,063		
65414,71	18,17	-0,09277	-0,16138	-0,005	0,031	0,081	0,081	314,938	811,760	563,349	808,596	-8,350	1,063		
66014,29	18,34	-0,0929	-0,16125	-0,005	0,031	0,081	0,081	313,717	812,990	563,354	806,643	-8,350	1,063		
66613,87	18,50	-0,09265	-0,16125	-0,005	0,032	0,081	0,080	316,159	812,990	564,575	802,736	-8,398	1,069		
67213,45	18,67	-0,09265	-0,16138	-0,005	0,032	0,081	0,080	316,159	811,760	563,960	802,736	-8,350	1,063		
67813,03	18,84	-0,09253	-0,16113	-0,006	0,032	0,081	0,081	317,379	814,210	565,795	810,549	-8,350	1,063		
68412,61	19,00	-0,09265	-0,16089	-0,006	0,032	0,082	0,081	316,159	816,650	566,405	812,502	-8,350	1,063		
69012,19	19,17	-0,09241	-0,16089	-0,006	0,032	0,082	0,081	318,600	816,650	567,625	814,455	-8,398	1,069		
69611,76	19,34	-0,09229	-0,16077	-0,006	0,032	0,082	0,081	319,821	817,870	568,846	814,455	-8,301	1,057		
70211,34	19,50	-0,09241	-0,16077	-0,006	0,032	0,082	0,081	318,600	817,870	568,235	810,549	-8,301	1,057		
70810,92	19,67	-0,09229	-0,16064	-0,006	0,032	0,082	0,082	319,821	819,090	569,456	818,408	-8,301	1,057		

Χρόνος		Αν. Παραμόρφωσης										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M.T.S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
71410,50	19,84	-0,09192	-0,16052	-0,007	0,032	0,082	0,082	323,483	820,310	571,897	820,315	-8,301	1,057		
72010,08	20,00	-0,09204	-0,16052	-0,007	0,032	0,082	0,082	322,282	820,310	571,296	824,221	-8,301	1,057		
72609,66	20,17	-0,0918	-0,16028	-0,007	0,032	0,082	0,083	324,704	822,750	573,727	826,174	-8,301	1,057		
73209,24	20,34	-0,09167	-0,16028	-0,008	0,033	0,082	0,083	325,924	822,750	574,337	832,033	-8,301	1,057		
73808,82	20,50	-0,09156	-0,16016	-0,006	0,033	0,082	0,082	327,145	823,970	575,558	816,408	-8,252	1,051		
74408,40	20,67	-0,09155	-0,16016	-0,007	0,033	0,082	0,082	327,145	823,970	575,558	822,268	-8,252	1,051		
75007,98	20,84	-0,09143	-0,15991	-0,007	0,033	0,083	0,082	329,366	826,410	577,388	822,268	-8,301	1,057		
75607,55	21,00	-0,09143	-0,15979	-0,007	0,033	0,083	0,082	328,365	827,630	577,998	822,268	-8,252	1,051		
76207,13	21,17	-0,09131	-0,15991	-0,007	0,033	0,083	0,082	329,586	826,410	577,998	822,268	-8,252	1,051		
76806,71	21,34	-0,09143	-0,15991	-0,007	0,033	0,083	0,082	328,366	826,410	577,388	822,268	-8,203	1,044		
77406,29	21,50	-0,09131	-0,15991	-0,006	0,033	0,083	0,082	329,586	826,410	577,998	816,408	-8,252	1,051		
78005,87	21,67	-0,09143	-0,15967	-0,007	0,033	0,083	0,082	328,366	828,850	578,609	820,315	-8,301	1,057		
78605,45	21,83	-0,09131	-0,15967	-0,007	0,033	0,083	0,082	329,586	828,850	579,218	818,361	-8,252	1,051		
79205,03	22,00	-0,09143	-0,15967	-0,007	0,033	0,083	0,083	328,366	828,850	578,608	826,174	-8,252	1,051		
79804,61	22,17	-0,09143	-0,15967	-0,007	0,033	0,083	0,082	328,366	828,850	578,608	824,221	-8,252	1,051		
80404,19	22,33	-0,09094	-0,15942	-0,008	0,033	0,083	0,084	333,248	831,300	582,274	835,940	-8,252	1,051		
81003,77	22,50	-0,09094	-0,15955	-0,008	0,033	0,083	0,083	333,248	830,080	581,664	833,987	-8,252	1,051		
81603,34	22,67	-0,09105	-0,1593	-0,007	0,033	0,083	0,082	332,028	832,520	582,274	824,221	-8,203	1,044		
82202,92	22,83	-0,09105	-0,1593	-0,007	0,033	0,083	0,082	332,028	832,520	582,274	824,221	-8,203	1,044		
82802,50	23,00	-0,09119	-0,15918	-0,007	0,033	0,083	0,083	330,807	833,740	582,274	826,174	-8,203	1,044		
83402,08	23,17	-0,09106	-0,15918	-0,007	0,033	0,083	0,083	332,028	833,740	582,884	826,174	-8,252	1,051		
84001,66	23,33	-0,09106	-0,15918	-0,007	0,033	0,083	0,083	332,028	833,740	582,884	826,174	-8,203	1,044		
84601,24	23,50	-0,09094	-0,15894	-0,007	0,033	0,084	0,082	333,248	836,180	584,714	820,315	-8,203	1,044		
85200,82	23,67	-0,09082	-0,15906	-0,007	0,033	0,083	0,083	334,469	834,960	584,715	826,174	-8,154	1,038		
85800,40	23,83	-0,0907	-0,15918	-0,007	0,034	0,083	0,083	335,690	833,740	584,715	826,174	-8,203	1,044		
86399,98	24,00	-0,09058	-0,15894	-0,009	0,034	0,084	0,084	336,911	836,180	586,545	839,846	-8,252	1,051		

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 50/50 - M.T.S - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν Παρατηρήσεις										Δύναμη	Τάση	Ενσ/κ LVDT	Ενσ/κ EXTEN.
		Μετρήσεις M.T.S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0,00	0,00	-0,1653	-0,17297	0,050391	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,342	0,044		
6,00	0,00	-0,18421	-0,18956	0,048633	0,000	0,003	0,002	4,880	34,180	19,530	17,579	-1,367	0,174		
12,00	0,00	-0,18384	-0,16138	0,044336	0,001	0,012	0,008	14,650	115,980	65,305	60,547	-2,734	0,348		
18,00	0,01	-0,18079	-0,14632	0,036719	0,005	0,025	0,014	46,160	246,580	145,870	136,720	-4,053	0,516		
24,00	0,01	-0,17322	-0,13013	0,027344	0,012	0,043	0,023	120,850	428,460	274,655	230,470	-5,420	0,690		
30,00	0,01	-0,15686	-0,10474	0,01[illegible]524	0,028	0,069	0,039	294,420	692,370	483,395	388,673	-6,836	0,870	180°	2239
36,00	0,01	-0,14358	-0,09058	0,003711	0,042	0,082	0,047	416,260	823,971	620,116	498,799	-6,836	0,870		
42,00	0,01	-0,1355	-0,08289	-0,00195	0,050	0,090	0,052	496,040	900,875	698,458	523,439	-6,885	0,877		
48,00	0,01	-0,13001	-0,07739	-0,00566	0,055	0,095	0,056	552,970	955,805	754,388	580,549	-6,836	0,870		
54,00	0,02	-0,12549	-0,07275	-0,00898	0,060	0,100	0,059	598,140	1002,193	800,167	593,752	-6,787	0,864		
60,00	0,02	-0,12097	-0,06921	-0,0127	0,064	0,104	0,063	643,310	1037,593	840,452	630,861	-6,885	0,877		
650,18	0,18	-0,01941	0,001853	-0,05977	0,166	0,175	0,110	1658,929	1749,261	1704,095	1[illegible]01,588	-6,885	0,877		
1259,76	0,35	0,007568	0,018799	-0,07[illegible]08	0,193	0,192	0,121	1928,703	1917,719	1923,211	1214,847	-6,885	0,877		
1859,34	0,52	0,022827	0,028076	-0,07671	0,208	0,201	0,129	2081,291	20[illegible]0,491	2045,891	1291,019	-6,885	0,877		
2459,92	0,68	0,033081	0,033813	-0,08281	0,218	0,207	0,133	2183,830	2067,864	2125,847	1332,035	-6,885	0,877		
3058,50	0,85	0,041382	0,037642	-0,08555	0,227	0,211	0,136	2266,837	2108,147	2187,492	1359,379	-6,885	0,877		
3658,07	1,02	0,048096	0,04[illegible]26	-0,08789	0,233	0,214	0,139	2333,976	2142,327	2238,152	1382,816	-6,836	0,870		
4257,65	1,18	0,053345	0,043701	-0,08906	0,239	0,217	0,139	2386,466	2166,741	2276,604	1394,535	-6,885	0,877		
4857,23	1,35	0,057617	0,045776	-0,0918	0,243	0,219	0,142	2429,190	2187,493	2308,342	14[illegible]9,926	-6,934	0,883		
5456,81	1,52	0,061279	0,047363	-0,09336	0,247	0,220	0,144	2465,811	2203,382	2334,597	1437,504	-6,885	0,877		
6056,38	1,68	0,064209	0,049584	-0,09453	0,250	0,222	0,145	2495,108	2215,569	2355,338	1449,223	-6,836	0,870		
6655,97	1,85	0,066894	0,049927	-0,09453	0,252	0,223	0,145	2521,964	2228,996	2375,480	1449,223	-6,836	0,870		
7255,55	2,02	0,069214	0,051269	-0,09551	0,255	0,224	0,146	2545,157	2242,424	2393,791	1458,982	-6,787	0,864		
7855,13	2,19	0,071045	0,052002	-0,09727	0,256	0,225	0,148	2563,467	2249,746	2406,608	1476,567	-6,836	0,870		
8454,71	2,35	0,072876	0,053223	-0,09765	0,258	0,226	0,148	2581,778	2261,965	2421,867	1482,426	-6,836	0,870		
9054,29	2,52	0,074463	0,054077	-0,09805	0,260	0,227	0,148	2597,647	2270,500	2434,074	1484,379	-6,836	0,870		
9653,86	2,68	0,07605	0,054565	-0,09922	0,261	0,228	0,150	2613,516	2275,383	2444,450	1496,098	-6,836	0,870		
10253,44	2,85	0,07727	0,055054	-0,1002	0,263	0,228	0,151	2625,723	2280,266	2452,995	1505,868	-6,885	0,877		
10853,02	3,01	0,078857	0,05603	-0,10039	0,264	0,229	0,151	2641,592	2290,031	2465,812	1507,818	-6,836	0,870		
11452,60	3,18	0,079834	0,056518	-0,10078	0,265	0,229	0,151	2651,358	2294,914	2473,136	1511,728	6,836	0,870		

Χρόνος		Αν. Παράμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε-σ/ε LVDT	Ε-σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
12052,18	3,35	0,08081	0,057251	-0,10137	0,266	0,230	0,152	2681,123	2302,238	2481,661	1517,578	-6,836	0,870		
12651,76	3,51	0,081787	0,057739	-0,10156	0,267	0,231	0,152	2670,889	2307,121	2489,005	1519,538	-6,787	0,864		
13251,34	3,69	0,082764	0,05835	-0,10176	0,268	0,231	0,152	2680,655	2313,225	2496,940	1521,488	-6,836	0,870		
13850,92	3,85	0,083496	0,058716	-0,10176	0,269	0,232	0,152	2687,979	2316,887	2502,439	1521,488	-6,836	0,870		
14450,50	4,01	0,084472	0,059082	-0,10293	0,270	0,232	0,153	2697,744	2320,549	2509,147	1533,208	-6,885	0,877		
15050,08	4,18	0,085205	0,059814	-0,10332	0,271	0,233	0,154	2705,068	2327,873	2516,471	1537,118	-6,787	0,864		
15649,65	4,35	0,085937	0,060181	-0,10293	0,271	0,233	0,153	2712,393	2331,535	2521,964	1533,208	-6,885	0,877		
16249,23	4,51	0,086792	0,060425	-0,10352	0,272	0,233	0,154	2720,898	2333,977	2527,458	1539,088	-6,836	0,870		
16848,81	4,68	0,08728	0,060913	-0,10343	0,273	0,234	0,155	2725,821	2338,859	2532,340	1546,878	-6,836	0,870		
17448,39	4,85	0,08789	0,061523	-0,10391	0,273	0,234	0,154	2731,924	2344,963	2538,444	1542,978	-6,885	0,877		
18047,97	5,01	0,088623	0,062012	-0,10403	0,274	0,235	0,155	2739,248	2349,848	2544,547	1546,878	-6,836	0,870		
18647,55	5,18	0,089111	0,062256	-0,10449	0,274	0,235	0,155	2744,131	2352,287	2548,208	1548,828	-6,836	0,870		
19247,13	5,35	0,089599	0,062378	-0,10508	0,275	0,235	0,155	2749,014	2353,506	2551,261	1554,688	-6,836	0,870		
19846,71	5,51	0,09021	0,062866	-0,10508	0,276	0,236	0,155	2755,117	2358,391	2556,754	1554,688	-6,836	0,870		
20446,29	5,68	0,090454	0,06311	-0,10566	0,276	0,236	0,156	2757,559	2360,832	2559,196	1560,548	-6,836	0,870		
21045,87	5,85	0,091186	0,063476	-0,10566	0,276	0,236	0,156	2764,883	2364,494	2564,689	1560,548	-6,885	0,877		
21645,44	6,01	0,091797	0,063965	-0,10606	0,277	0,237	0,156	2770,986	2368,377	2570,182	1564,458	-6,885	0,877		
22245,02	6,18	0,092163	0,064087	-0,10625	0,277	0,237	0,157	2774,649	2370,598	2572,624	1566,408	-6,836	0,870		
22844,60	6,35	0,092529	0,064453	-0,10586	0,278	0,237	0,156	2778,311	2374,260	2576,288	1562,508	-6,836	0,870		
23444,18	6,51	0,093139	0,064941	-0,10645	0,278	0,238	0,157	2784,414	2379,142	2581,778	1568,368	-6,836	0,870		
24043,76	6,68	0,093628	0,065308	-0,10625	0,279	0,238	0,157	2789,297	2382,805	2586,051	1566,408	-6,934	0,883		
24643,34	6,85	0,093994	0,065308	-0,10723	0,279	0,238	0,158	2792,959	2382,805	2587,882	1576,178	-6,885	0,877		
25242,92	7,01	0,094482	0,06543	-0,10723	0,280	0,238	0,158	2797,842	2384,025	2590,934	1576,178	-6,885	0,877		
25842,50	7,18	0,094849	0,06604	-0,10859	0,280	0,239	0,159	2801,504	2390,129	2595,817	1589,848	-6,885	0,877		
26442,08	7,35	0,095337	0,066406	-0,10761	0,281	0,239	0,158	2806,387	2393,791	2600,089	1582,038	-6,885	0,877		
27041,66	7,51	0,095581	0,06665	-0,10762	0,281	0,240	0,158	2808,828	2396,232	2602,530	1580,078	-6,934	0,883		
27641,23	7,68	0,095947	0,066772	-0,1082	0,281	0,240	0,159	2812,490	2397,453	2604,972	1586,938	-6,885	0,877		
28240,81	7,84	0,096435	0,067016	-0,10859	0,282	0,240	0,159	2817,373	2399,894	2608,634	1589,848	-6,934	0,883		
28840,39	8,01	0,096679	0,067139	-0,10918	0,282	0,240	0,160	2819,814	2401,115	2610,465	1595,708	-6,885	0,877		
29439,97	8,18	0,097168	0,067383	-0,10957	0,282	0,240	0,160	2824,697	2403,556	2614,127	1599,618	-6,885	0,877		
30039,55	8,34	0,097534	0,067749	-0,10918	0,283	0,241	0,160	2828,359	2407,219	2617,789	1595,708	-6,885	0,877		
30639,13	8,51	0,0979	0,068115	-0,10938	0,283	0,241	0,160	2832,021	2410,881	2621,451	1597,658	-6,934	0,883		
31238,71	8,68	0,098144	0,068603	-0,10977	0,283	0,242	0,160	2834,463	2415,763	2625,113	1601,568	-6,982	0,889		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	E=σ/ε LVDT	E=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M T S.			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
31839,29	9,84	0,098511	0,069848	-0,10918	0,284	0,242	0,160	2838,125	2418,205	2528,165	1595,706	-6,934	0,883		
32437,87	9,01	0,098755	0,069092	-0,10957	0,284	0,242	0,160	2840,566	2420,646	2530,606	1599,618	-6,885	0,877		
33037,45	9,18	0,099121	0,069214	-0,11113	0,284	0,242	0,162	2844,228	2421,867	2533,048	1615,236	-6,885	0,877		
33637,02	9,34	0,099487	0,06958	-0,10957	0,285	0,243	0,160	2847,891	2425,529	2536,710	1599,618	-6,934	0,883		
34236,60	9,51	0,099731	0,069946	-0,10957	0,285	0,243	0,160	2850,332	2429,191	2539,762	1599,618	-6,885	0,877		
34836,18	9,68	0,099975	0,07019	-0,11074	0,285	0,243	0,161	2852,773	2431,633	2542,203	1611,326	-6,885	0,877		
35435,76	9,84	0,100219	0,070312	-0,11113	0,286	0,243	0,162	2855,210	2432,853	2544,032	1615,236	-6,885	0,877		
36035,34	10,01	0,100586	0,070434	-0,11074	0,286	0,243	0,161	2858,880	2434,074	2546,477	1611,326	-6,934	0,883		
36634,92	10,18	0,10083	0,070923	-0,11016	0,286	0,244	0,161	2861,320	2438,957	2550,139	1605,478	-6,934	0,883		
37234,50	10,34	0,101196	0,071411	-0,11113	0,286	0,244	0,162	2864,980	2443,840	2554,410	1615,236	-6,885	0,877		
37834,08	10,51	0,101562	0,071655	-0,11094	0,287	0,245	0,161	2868,640	2446,281	2557,461	1613,286	-6,982	0,889		
38433,66	10,68	0,101806	0,071533	-0,11074	0,287	0,245	0,161	2871,080	2445,060	2558,070	1611,326	-6,934	0,883		
39033,24	10,84	0,101928	0,071777	-0,11191	0,287	0,245	0,162	2872,300	2447,502	2559,901	1623,048	-6,885	0,877		
39632,81	11,01	0,102295	0,072021	-0,11152	0,288	0,246	0,162	2875,970	2449,943	2562,957	1619,148	-6,934	0,883		
40232,39	11,18	0,102539	0,072388	-0,11211	0,288	0,245	0,163	2878,410	2453,605	2566,008	1625,008	-6,934	0,883		
40831,97	11,34	0,102783	0,072388	-0,11387	0,288	0,245	0,164	2880,850	2453,605	2567,228	1642,578	-6,836	0,870		
41431,55	11,51	0,103027	0,07251	-0,1125	0,288	0,245	0,163	2883,290	2454,826	2569,058	1628,908	-6,934	0,883		
42031,13	11,68	0,103393	0,072876	-0,11231	0,289	0,246	0,163	2886,950	2458,488	2572,719	1626,958	-6,934	0,883		
42630,71	11,84	0,103637	0,07312	-0,11289	0,289	0,246	0,163	2889,390	2460,929	2575,160	1632,818	-6,934	0,883		
43230,29	12,01	0,103882	0,073122	-0,11289	0,289	0,248	0,163	2891,840	2460,929	2576,385	1632,818	-6,885	0,877		
43829,87	12,17	0,104126	0,073466	-0,11328	0,289	0,246	0,164	2894,280	2464,561	2579,436	1636,728	-6,934	0,883		
44429,45	12,34	0,104614	0,073974	-0,11367	0,290	0,247	0,164	2899,160	2469,474	2584,317	1640,628	-6,982	0,889		
45029,03	12,51	0,104858	0,073974	-0,11367	0,290	0,247	0,164	2901,600	2469,474	2585,537	1640,628	-7,031	0,895		
45628,60	12,67	0,105102	0,074341	-0,11328	0,290	0,247	0,164	2904,040	2473,136	2588,588	1636,728	-6,982	0,889		
46228,18	12,84	0,105468	0,074585	-0,11348	0,291	0,248	0,164	2907,700	2475,578	2591,639	1638,678	-6,982	0,889		
46827,76	13,01	0,105713	0,074463	-0,11445	0,291	0,247	0,165	2910,150	2474,357	2592,254	1648,436	-6,982	0,889		
47427,34	13,17	0,106079	0,074707	-0,11445	0,291	0,248	0,165	2913,810	2476,798	2595,304	1648,436	-7,031	0,895		
48026,92	13,34	0,105323	0,075073	-0,11484	0,292	0,248	0,165	2916,250	2480,461	2598,356	1652,346	-6,934	0,883		
48626,50	13,51	0,106811	0,074951	-0,11484	0,292	0,248	0,165	2921,130	2479,240	2700,185	1652,346	-7,129	0,908		
49226,08	13,67	0,106933	0,075561	-0,11484	0,292	0,249	0,165	2922,350	2485,343	2703,847	1652,346	-7,031	0,895		
49825,66	13,84	0,1073	0,075683	-0,11445	0,293	0,249	0,165	2925,020	2486,564	2706,292	1648,436	-7,031	0,895		
50425,24	14,01	0,107666	0,075683	-0,11524	0,293	0,249	0,166	2928,680	2486,564	2708,122	1656,256	-7,080	0,901		
51024,82	14,17	0,107788	0,07605	-0,11543	0,293	0,249	0,166	2930,900	2490,226	2710,663	1658,206	-7,031	0,895		

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
51624,39	14,34	0,108154	0,076294	-0,11524	0,293	0,249	0,166	2934,560	2492,663	2713,614	1656,258	-7,031	0,895		
52223,97	14,51	0,108276	0,076294	-0,11602	0,294	0,249	0,166	2935,780	2492,663	2714,224	1664,069	-6,934	0,883		
52823,55	14,67	0,10852	0,076538	-0,11563	0,294	0,250	0,168	2938,220	2495,109	2716,665	1660,158	-6,934	0,883		
53423,13	14,84	0,108886	0,076416	-0,11621	0,294	0,249	0,167	2941,880	2493,888	2717,884	1666,018	-6,982	0,889		
54022,71	15,01	0,109253	0,076904	-0,11563	0,295	0,250	0,166	2945,550	2498,771	2722,161	1660,158	-7,080	0,901		
54622,29	15,17	0,109375	0,076904	-0,11602	0,295	0,250	0,166	2946,770	2498,771	2722,771	1664,068	-7,080	0,901		
55221,87	15,34	0,109741	0,07727	-0,11777	0,295	0,250	0,168	2950,430	2502,433	2726,432	1681,648	-7,080	0,901		
55821,45	15,51	0,109985	0,077515	-0,11758	0,295	0,250	0,169	2952,870	2504,875	2728,873	1679,688	-6,982	0,889		
56421,03	15,67	0,110229	0,077392	-0,11738	0,295	0,250	0,168	2955,310	2503,654	2729,482	1677,738	-7,031	0,895		
57020,61	15,84	0,110595	0,078003	-0,11719	0,298	0,251	0,168	2958,970	2509,757	2734,364	1675,788	-7,031	0,895		
57620,18	16,01	0,11084	0,077759	-0,11699	0,298	0,251	0,167	2961,420	2507,316	2734,368	1673,828	-7,080	0,901		
58219,76	16,17	0,110962	0,078247	-0,11699	0,295	0,251	0,167	2962,640	2512,199	2737,420	1673,828	-6,982	0,889		
58819,34	16,34	0,111206	0,078125	-0,11699	0,297	0,251	0,167	2965,080	2510,976	2738,028	1673,828	-7,031	0,895		
59418,92	16,51	0,111572	0,078369	-0,11797	0,297	0,251	0,168	2968,740	2513,419	2741,080	1683,598	-7,031	0,895		
60018,50	16,67	0,111816	0,078613	-0,11777	0,297	0,252	0,168	2971,180	2515,881	2743,521	1681,648	-7,080	0,901		
60618,08	16,84	0,11206	0,078857	-0,11895	0,297	0,252	0,169	2973,620	2518,302	2745,961	1693,368	-7,080	0,901		
61217,66	17,00	0,112304	0,078857	-0,11816	0,298	0,252	0,169	2976,080	2518,302	2747,181	1685,548	-7,031	0,895		
61817,24	17,17	0,112671	0,079101	-0,11816	0,298	0,252	0,169	2979,730	2520,744	2750,237	1685,548	-7,031	0,895		
62416,82	17,34	0,112915	0,079346	-0,11836	0,298	0,252	0,169	2982,170	2523,185	2752,678	1687,508	-7,031	0,895		
63016,40	17,50	0,113037	0,079346	-0,11777	0,298	0,252	0,168	2983,390	2523,185	2753,288	1681,648	-7,031	0,895		
63615,97	17,67	0,113281	0,079956	-0,11875	0,299	0,253	0,169	2985,830	2525,626	2755,728	1691,408	-6,982	0,889		
64215,55	17,84	0,113403	0,079834	-0,11934	0,299	0,253	0,170	2987,050	2526,068	2757,559	1697,268	-6,982	0,889		
64815,13	18,00	0,113769	0,079834	-0,11953	0,299	0,253	0,170	2990,710	2528,068	2759,389	1699,228	-6,982	0,889		
65414,71	18,17	0,114135	0,0802	-0,12012	0,299	0,253	0,171	2994,370	2531,730	2763,050	1705,078	-7,080	0,901		
66014,29	18,34	0,114135	0,0802	-0,12012	0,299	0,253	0,171	2994,370	2531,730	2763,050	1705,078	-6,982	0,889		
66613,87	18,50	0,114502	0,080444	-0,11992	0,300	0,253	0,170	2998,040	2534,171	2766,106	1703,128	-6,982	0,889		
67213,45	18,67	0,114746	0,08081	-0,12012	0,300	0,254	0,171	3000,480	2537,833	2769,157	1705,078	-6,982	0,889		
67813,03	18,84	0,115112	0,08081	-0,12168	0,300	0,254	0,172	3004,140	2537,833	2770,987	1720,708	-7,031	0,895		
68412,61	19,00	0,115112	0,080688	-0,1207	0,300	0,254	0,171	3004,140	2536,613	2770,377	1710,938	-6,982	0,889		
69012,19	19,17	0,115478	0,08081	-0,1209	0,301	0,254	0,171	3007,800	2537,833	2772,817	1712,898	-6,934	0,883		
69611,76	19,34	0,115722	0,081177	-0,1207	0,301	0,254	0,171	3010,240	2541,496	2775,868	1710,938	-6,885	0,877		
70211,34	19,50	0,116089	0,081421	-0,12305	0,301	0,254	0,173	3013,910	2543,937	2778,924	1734,378	-6,934	0,883		
70810,92	19,67	0,116089	0,081055	-0,12285	0,301	0,254	0,173	3013,910	2540,275	2777,093	1732,428	-6,885	0,877		

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις										Δύναμη	Τάση	E=σ/ε LVDT	E=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις Μ.Τ.Δ			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
71410.50	19.84	0,116333	0,081421	-0,12246	0.302	0.254	0,173	3016,350	2543,837	2780,144	1726.518	-6,836	0,870		
72010.08	20,00	0,116577	0,081543	-0,12248	0,302	0,255	0,173	3018,790	2545,158	2781.974	1726,518	-6,836	0.870		
72609.66	20,17	0,116699	0,081543	-0,12363	0,302	0,255	0,174	3020.010	2545,158	2782.584	1740,238	-6,934	0.882		
73209.24	20.34	0,116943	0.081665	-0,12441	0.302	0.255	0.175	3022.450	2546,378	2784.414	1748.048	-6.885	0.877		
73808.82	20,50	0,117187	0,082031	-0,12286	0.302	0,256	0,173	3024.890	2550.040	2787.465	1732.428	-6.836	0.870		
74408.40	20,67	0,117431	0,082031	-0,12344	0.303	0,255	0,174	3027.330	2550,040	2788.685	1738,288	-6.838	0.870		
75007.98	20,84	0,117553	0.082275	-0,12344	0.303	0,255	0,174	3028.550	2552,482	2790.516	1738,288	-6.787	0.864		
75607.56	21.00	0.117675	0.082153	-0.12383	0.303	0.255	0.174	3029.770	2551,261	2790.516	1742.188	-6.738	0.858		
76207.13	21,17	0,117798	0,082153	-0.12422	0.303	0.256	0.175	3031.000	2551.261	2791.131	1746.098	-6.738	0.858		
76806,71	21,34	0,118042	0,082397	-0,12461	0,303	0,255	0.175	3033.440	2553.703	2793.372	1750,008	-6.738	0.858		
77406.29	21,50	0,118042	0.082519	-0,12344	0,303	0,255	0.174	3033.440	2554.923	2794.182	1738,288	-6.787	0,864		
78005.87	21,67	0,118286	0.082397	-0,12461	0.304	0.255	0.175	3035.880	2553.703	2794.792	1750,008	-6.738	0,858		
78605.45	21,83	0,11853	0.082641	-0.12441	0.304	0,256	0.175	3038.320	2556.144	2797.232	1748.048	-6.787	0,864		
79205.03	22,00	0,11853	0.082764	-0.12422	0.304	0,256	0.175	3038.320	2557.365	2797.843	1746.098	-6.787	0,864		
79804.61	22,17	0.118652	0.082641	-0.12422	0.304	0.256	0.175	3039.540	2556.144	2797.842	1746.098	-6.787	0,864		
80404.19	22,33	0.118896	0.083008	-0.12422	0.304	0,256	0,175	3041.980	2559.806	2800.893	1746,098	-6,787	0,864		
81003.77	22,50	0.118896	0.082886	-0.12402	0.304	0,256	0,174	3041,980	2558,585	2800,283	1744,148	-6,738	0,858		
81603.34	22,67	0.11914	0.082886	-0.12402	0.304	0,256	0,174	3044,420	2558.585	2801.503	1744,148	-6,836	0,870		
82202.92	22,83	0.119262	0.083008	-0.12402	0.305	0.256	0,174	3045,640	2559,806	2802,723	1744,148	-6.787	0.864		
82802.50	23.00	0,119384	0.08312	-0.12441	0,305	0.256	0,175	3046,850	2561.027	2803.944	1748.048	-6,787	0,864		
83402.08	23.17	0.119629	0,083496	-0.12461	0.305	0.256	0.175	3049,310	2564.689	2807.000	1750.008	-6,689	0,852		
84001.66	23.33	0,119751	0,083496	-0,1252	0.305	0.256	0,176	3050,530	2564,689	2807,610	1755.868	-6,738	0.858		
84601.24	23.50	0,119873	0,083374	-0.12461	0,305	0.256	0,175	3051.750	2563,468	2807.509	1750.008	-6,738	0.858		
85200.82	23.67	0,119873	0,083374	-0.12461	0,306	0,256	0.175	3051.750	2563,468	2807.609	1750.008	-6,738	0.858		
85800.40	23.83	0,120239	0,083496	-0,12461	0,306	0,256	0,175	3055.410	2564.689	2810.050	1750.008	-6.787	0.864		
86399.98	24.00	0.120239	0,083618	-0.12402	0.306	0,257	0,174	3055,410	2565,910	2810.660	1744,148	-6.787	0.864		

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 25/75 - Μ.Τ.Ε. - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη (F)	Τάση (σ)	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις Μ.Τ.Ε.			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom.	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0,00	0,00	-2,28271	-2,23998	0,108203	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,146	0,019		
6,00	0,00	-2,28027	-2,23876	0,10566	0,002	0,001	0,002	24,400	12,200	18,300	23,430	-0,527	0,068		
12,00	0,00	-2,27294	-2,23368	0,0968752	0,010	0,006	0,011	97,700	61,000	79,350	113,278	-1,123	0,143		
18,00	0,01	-2,2583	-2,22167	0,0812502	0,024	0,018	0,027	244,100	183,100	213,600	289,528	-1,855	0,236		
24,00	0,01	-2,23266	-2,20338	0,0546875	0,050	0,037	0,054	500,500	366,200	433,350	535,154	-2,490	0,317		
30,00	0,01	-2,19238	-2,17773	0,0168016	0,090	0,062	0,092	903,300	622,500	762,900	916,014	-3,125	0,398		
36,00	0,01	-2,1643	-2,15942	-0,0103516	0,116	0,081	0,119	1164,100	805,800	984,850	1185,546	-3,174	0,404	405	341
42,00	0,01	-2,14843	-2,14965	-0,026586	0,134	0,090	0,134	1342,800	903,300	1123,050	1337,890	-3,174	0,404		
48,00	0,01	-2,13623	-2,14111	-0,0371096	0,146	0,099	0,145	1464,600	988,700	1226,750	1453,125	-3,174	0,404		
54,00	0,02	-2,12846	-2,135	-0,0464845	0,156	0,106	0,155	1562,500	1049,800	1306,150	1548,875	-3,174	0,404		
60,00	0,02	-2,11914	-2,13012	-0,0544923	0,164	0,110	0,163	1635,700	1098,600	1367,150	1628,953	-3,174	0,404		
660,18	0,18	-1,96533	-2,03735	-0,202148	0,317	0,203	0,310	3173,800	2026,300	2600,050	3103,520	-3,076	0,392		
1259,76	0,35	-1,92749	-2,01538	-0,238815	0,355	0,225	0,345	3552,200	2246,000	2899,100	3451,180	-3,076	0,392		
1859,34	0,52	-1,90429	-2,00439	-0,255079	0,378	0,236	0,363	3784,200	2355,900	3070,050	3632,820	-3,076	0,392		
2458,92	0,68	-1,89098	-1,99951	-0,267383	0,392	0,240	0,376	3918,500	2404,700	3161,600	3755,860	-2,930	0,373		
3058,50	0,85	-1,87988	-1,99218	-0,275001	0,403	0,248	0,383	4028,300	2478,000	3253,150	3832,340	-3,076	0,392		
3658,07	1,02	-1,87255	-1,98973	-0,282032	0,410	0,253	0,390	4101,600	2526,800	3314,200	3902,350	-3,076	0,392		
4257,65	1,18	-1,86525	-1,98364	0,287501	0,417	0,256	0,396	4174,800	2563,400	3369,100	3957,040	-3,076	0,392		
4857,23	1,35	-1,86035	-1,97998	-0,291798	0,422	0,260	0,400	4223,600	2600,000	3411,800	4000,010	-3,076	0,392		
5456,81	1,52	-1,85546	-1,97875	-0,295704	0,427	0,261	0,404	4272,500	2612,300	3442,400	4039,070	-3,076	0,392		
6056,39	1,68	-1,85056	-1,97509	-0,299829	0,432	0,265	0,407	4321,300	2648,900	3485,100	4070,320	-3,125	0,398		
6655,97	1,85	-1,84814	-1,97387	-0,301758	0,435	0,266	0,410	4345,700	2661,100	3503,400	4099,620	-3,027	0,385		
7255,55	2,02	-1,84326	-1,97143	-0,304102	0,439	0,269	0,412	4394,500	2685,500	3540,000	4123,060	-3,076	0,392		
7855,13	2,18	-1,84082	-1,97021	-0,307227	0,442	0,270	0,415	4418,900	2697,700	3558,300	4154,300	-3,027	0,385		
8454,71	2,35	-1,83837	-1,96899	-0,309376	0,444	0,271	0,418	4443,400	2709,900	3576,650	4175,790	-3,076	0,392		
9054,29	2,52	-1,83593	-1,96655	-0,31172	0,447	0,273	0,420	4467,800	2734,300	3601,050	4199,230	-3,076	0,392		
9653,86	2,68	-1,83227	-1,96533	-0,313673	0,450	0,275	0,422	4504,400	2746,500	3625,450	4218,760	-3,125	0,398		
10253,44	2,85	-1,82983	-1,96533	-0,315626	0,453	0,275	0,424	4528,800	2746,500	3637,650	4238,290	-3,125	0,398		
10853,02	3,01	-1,82861	-1,96289	-0,317579	0,454	0,277	0,425	4541,000	2770,900	3655,950	4257,820	-3,076	0,392		
11452,60	3,18	-1,82617	-1,96289	-0,319141	0,457	0,277	0,427	4565,400	2770,900	3668,150	4273,440	-3,076	0,392		
12052,18	3,35	-1,82495	-1,96166	-0,320509	0,458	0,278	0,429	4577,600	2783,200	3690,400	4287,120	-3,125	0,398		
12651,76	3,51	-1,82261	-1,96044	-0,322266	0,460	0,280	0,430	4602,000	2795,400	3699,700	4304,690	-3,125	0,398		

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη (F)	Τάση (σ)	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN.
		Μετρήσεις M.T.S.			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom.	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom				
13251.34	3,68	-1,82128	-1.96044	-0,323243	0,461	0,260	0,431	4614,300	2795,400	3704,850	4314,480	-3,076	0,392		
13950,92	3,85	-1,81884	-1.96044	-0,32461	0,464	0,260	0,433	4638.700	2795,400	3717.050	4328,130	-3,125	0,398		
14450.50	4,01	-1,81762	-1.95922	-0,325782	0,465	0,261	0.434	4650.900	2807,500	3729,250	4339,850	-3,076	0,392		
15050.08	4.16	-1,8164	-1.95922	-0,326368	0,466	0,261	0.435	4663.100	2807,500	3735,350	4345,710	-3.076	0,392		
15649.65	4,35	-1,81518	-1.95678	-0.328518	0,468	0,263	0.437	4675,300	2832,000	3753,650	4367.190	-3,027	0,385		
16249.23	4,51	-1,81396	-1.95678	-0,329102	0,469	0,263	0,437	4687.500	2832,000	3759,750	4373,050	-3,076	0,392		
16848.81	4,66	-1,81152	-1.95678	-0,33047	0,471	0,263	0.439	4711.900	2832.000	3771,950	4386,730	-3.125	0,398		
17448.39	4,85	-1,8103	-1.95556	-0,331251	0,472	0,264	0.439	4724,100	2844,200	3784.150	4394.540	-3.125	0.398		
18047.97	5,01	-1,80908	-1.95434	-0,332618	0,474	0,266	0.441	4736,300	2856,400	3796.350	4406.210	-3,076	0,392		
18647.55	5,18	-1.80786	-1.95312	-0,33379	0,475	0,267	0.442	4748.500	2868,600	3808.550	4419,930	-3,174	0,404		
19247.13	5,35	-1.80664	-1.95434	-0,334376	0,476	0,266	0.443	4760.700	2856,400	3808.550	4425,790	-3,125	0.398		
19846.71	5,51	-1.80542	-1.95312	-0,335743	0,477	0,267	0.444	4772.900	2868,600	3820.750	4439,460	-3,076	0.392		
20446.29	5,66	-1,80297	-1.95312	-0.33672	0.480	0,267	0.445	4797.400	2868,600	3833.000	4449,230	-3,076	0.392		
21045.87	5,85	-1,80297	-1.94946	-0,33711	0.480	0,291	0.445	4797.400	2905,200	3851,300	4453,130	-3,125	0.398		
21645.44	6,01	-1,80175	-1.95068	-0,338282	0,481	0,289	0.446	4809.600	2893,000	3851.300	4464,850	-3,076	0.392		
22245.02	6,16	-1,79931	-1.95068	-0,339454	0,483	0,289	0.448	4834.000	2893,000	3863,500	4476,570	-3.125	0.398		
22844.60	6,35	-1,79809	-1.9519	-0,339845	0,485	0,288	0.448	4846.200	2880,800	3863.500	4480,480	-3,174	0.404		
23444.18	6,51	-1,79687	-1.94946	-0,341018	0,486	0,291	0.449	4858.400	2905,200	3881.800	4492,180	-3,125	0.398		
24043.76	6,68	-1,79565	-1.94824	-0,341798	0,487	0,292	0.450	4870.600	2917,400	3894.000	4500,010	-3,174	0.404		
24643.34	6,85	-1,79443	-1.94824	-0,342579	0,488	0,292	0.451	4882.800	2917,400	3900.100	4507,820	-3,125	0,398		
25242.92	7,01	-1,79443	-1.94702	-0,343556	0,488	0,293	0.452	4882.800	2929,600	3906.200	4517,590	-3,125	0,398		
25842.50	7,16	-1,79199	-1.94702	-0,344337	0,491	0,293	0,453	4907.200	2929,600	3918.400	4525.400	-3,174	0.404		
26442.08	7,35	-1,79077	-1.94458	-0,345118	0,492	0,295	0,453	4919.400	2954.000	3936,700	4533.210	-3,271	0,417		
27041.66	7,51	-1,79077	-1.94458	-0,346485	0,492	0,294	0,455	4919.400	2941.800	3930,500	4546.880	-3,125	0,398		
27641.23	7,68	-1,78955	-1.94458	-0,347462	0,493	0,295	0.456	4931.600	2954.000	3942.900	4556.650	-3.125	0,398		
28240.81	7,84	-1,78955	-1.94335	-0,347852	0,493	0,297	0,456	4931.600	2966.300	3948,950	4560.550	-3,174	0,404		
28840.39	8,01	-1,78833	-1.94335	-0,348629	0,494	0,297	0,457	4943.800	2966.300	3955,260	4570.320	-3,076	0,392		
29439.97	8.18	-1.7871	-1.94213	-0,34951	0,495	0,298	0,458	4956.100	2978,500	3967,300	4578.130	-3,174	0,404		
30039.55	8,34	-1,78588	-1.94213	-0,350587	0,497	0,298	0.459	4968.300	2978,500	3979,400	4587.900	-3,174	0.404		
30639.13	8.51	-1,78466	-1.93969	-0,351759	0,498	0,300	0.460	4980.500	3002,900	3991.700	4599,625	-3,125	0.398		
31238.71	8.66	-1,78466	-1.93969	-0,351954	0.498	0.300	0.460	4980.500	3002.900	3991.700	4601,570	-3,174	0.404		
31838.29	8,84	-1,78344	-1.93847	-0,353126	0.499	0,302	0.461	4992.700	3015,100	4003,900	4613,290	-3,174	0.404		
32437.87	9.01	-1,78222	-1.93847	-0,354102	0,500	0,302	0.462	5004.900	3015,100	4010.000	4623,050	-3,174	0.404		
33037.45	9.18	-1,781	-1.93725	-0,354884	0,502	0,303	0.463	5017.100	3027,300	4022,200	4630,870	-3,125	0.398		
33637.02	9,34	-1,77978	-1.93603	-0.35586	0,503	0.304	0.464	5029.300	3039,500	4034.400	4640,630	-3,223	0.410		

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις										Δύναμη (F)	Τάση (σ)	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M.T.S.			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom.	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom.				
34236,80	9,51	-1,77979	-1,93481	-0,357032	0,503	0,305	0,465	5029,300	3051,700	4040,500	4652,350	-3,174	0,404		
34836,18	9,68	-1,77858	-1,93354	-0,357423	0,504	0,306	0,466	5041,500	3063,900	4052,700	4658,260	-3,174	0,404		
35435,78	9,84	-1,77734	-1,93359	-0,357813	0,505	0,306	0,466	5053,700	3063,900	4058,800	4660,160	-3,174	0,404		
35035,34	10,01	-1,77734	-1,93237	-0,35876	0,505	0,308	0,467	5053,700	3076,100	4064,900	4669,930	-3,174	0,404		
36634,92	10,18	-1,77734	-1,93237	-0,358376	0,505	0,308	0,468	5053,700	3076,100	4064,900	4675,790	-3,125	0,398		
37234,50	10,34	-1,77612	-1,93237	-0,360352	0,507	0,308	0,469	5065,900	3076,100	4071,000	4685,550	-3,125	0,398		
37834,08	10,51	-1,77612	-1,93116	-0,360743	0,507	0,309	0,469	5065,900	3088,300	4077,100	4689,460	-3,174	0,404		
38433,66	10,68	-1,77612	-1,92871	-0,36172	0,507	0,311	0,470	5065,900	3112,700	4089,300	4699,230	-3,125	0,398		
39033,24	10,84	-1,77368	-1,92993	-0,362696	0,509	0,310	0,471	5090,300	3100,500	4095,400	4708,990	-3,174	0,404		
39632,81	11,01	-1,77368	-1,92871	-0,363282	0,509	0,311	0,471	5090,300	3112,700	4101,500	4714,850	-3,174	0,404		
40232,39	11,18	-1,7749	-1,92871	-0,363282	0,508	0,311	0,471	5078,100	3112,700	4095,400	4714,850	-3,174	0,404		
40831,97	11,34	-1,77248	-1,92749	-0,364259	0,510	0,312	0,472	5102,500	3124,900	4113,700	4724,620	-3,174	0,404		
41431,55	11,51	-1,77002	-1,92626	-0,367188	0,513	0,314	0,475	5126,900	3137,200	4132,050	4752,910	-3,223	0,410		
42031,13	11,68	-1,77002	-1,92626	-0,368337	0,513	0,314	0,478	5128,900	3137,200	4132,050	4775,400	-3,223	0,410		
42630,71	11,84	-1,76879	-1,92382	-0,370313	0,514	0,316	0,479	5139,200	3161,600	4150,400	4785,160	-3,223	0,410		
43230,29	12,01	-1,76757	-1,92382	-0,371485	0,515	0,316	0,480	5151,400	3161,600	4156,500	4796,880	-3,223	0,410		
43829,87	12,17	1,76635	-1,92382	0,372857	0,516	0,316	0,461	5163,600	3161,600	4162,600	4808,600	-3,223	0,410		
44429,45	12,34	-1,76757	-1,92138	-0,370704	0,515	0,319	0,479	5151,400	3186,000	4168,700	4789,070	-3,223	0,410		

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΕΡΓΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ 0/100 - Μ.Τ.S - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν. Παραμορφώσεις											Δύναμη (F)	Τάση (σ)	Ε-σ'ς LVDT	Ε-σ'ς EXTEN.
		Μετρήσεις Μ.Τ.S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις											
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom.	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom.					
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)		(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
0,00	0,00	-0,217886	-0,211791	-0,071675	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		-0,244	0,031		
6,00	0,00	-0,215321	-0,215942	-0,071485	0,003	-0,004	0,000	25,640	-41,510	-7,935	-3,906		-0,244	0,031		
12,00	0,00	-0,214843	-0,204711	0,079297	0,003	0,007	0,007	30,520	70,800	50,660	74,219		0,468	0,062		
18,00	0,01	-0,215576	-0,182251	-0,000828	0,002	0,030	0,019	23,190	295,400	159,295	187,500		0,761	0,099		
24,00	0,01	-0,214233	-0,149347	-0,111524	0,004	0,053	0,040	36,620	627,440	332,030	396,468		-1,025	0,131		
30,00	0,01	-0,209618	-0,110107	-0,13711	0,009	0,102	0,065	82,770	1016,840	554,805	652,348		-1,270	0,162		
36,00	0,01	-0,200927	-0,063618	-0,157618	0,017	0,128	0,086	169,680	1281,730	725,705	857,429		-1,367	0,174	240	203
42,00	0,01	-0,19519	-0,068603	-0,17129	0,023	0,143	0,099	227,050	1431,877	829,464	994,148		-1,318	0,168		
48,00	0,01	-0,190795	-0,057486	-0,182422	0,027	0,154	0,111	271,000	1542,960	906,980	1105,468		-1,318	0,168		
54,00	0,02	0,168279	0,047974	-0,191407	0,032	0,164	0,120	315,160	1638,175	977,168	1195,318		-1,318	0,168		
60,00	0,02	-0,161884	-0,039917	-0,201172	0,036	0,172	0,129	362,110	1718,741	1039,425	1292,968		-1,367	0,174		
1859,34	0,52	-0,188964	-0,162128	0,018175	0,036	0,172	0,129	362,110	1718,741	1039,425	1292,968		-1,270	0,162		
2458,92	0,68	-0,163452	-0,15625	-0,008445	0,062	0,198	0,154	615,230	1977,521	1296,378	1544,921		-1,221	0,155		
3058,50	0,85	-0,146996	-0,137930	-0,022852	0,079	0,216	0,171	789,790	2160,631	1475,211	1708,984		-1,270	0,162		
3658,07	1,02	-0,130859	-0,122924	-0,03711	0,094	0,231	0,185	941,160	2310,781	1625,971	1851,563		-1,270	0,162		
4257,65	1,18	-0,11752	-0,110596	-0,048828	0,107	0,243	0,197	1070,550	2434,071	1752,311	1968,751		-1,270	0,162		
4857,23	1,35	-0,107055	-0,099975	-0,058203	0,118	0,254	0,206	1179,220	2540,209	1859,734	2062,501		-1,270	0,162		
5456,81	1,52	-0,098633	-0,091675	-0,066211	0,126	0,262	0,214	1263,424	2623,275	1943,350	2142,579		-1,270	0,162		

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΕΡΠΥΣΜΟΥ ΜΙΓΜΑΤΟΣ Ο/100 - M.T.S - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ 23°C

Χρόνος		Αν Παραμορφώσεις										Δύναμη (F)	Τάση (σ)	Ε=σ/ε LVDT	Ε=σ/ε EXTEN
		Μετρήσεις M T S			Επεξεργασμένες Μετρήσεις										
		LVDT#1	LVDT#2	Extensom.	LVDT#1	LVDT#2	Extensom	LVDT#1	LVDT#2	MO LVDT	Extensom.				
(sec)	(h)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(10^-6)	(kN)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
680.16	0,18	-0.19883	-0,20557	0,010352	0,126	0.262	0,214	1263.424	2623,275	1943,350	2142,579	-1,416	0.180		
1259.78	0,35	-0.18686	-0,19507	-0,00566	0,140	0.273	0.230	1395.264	2729,256	2061.760	2302.736	-1,416	0.180		
1859.34	0,52	-0.17761	-0.1875	-0,01841	0,149	0.280	0.241	1485.594	2803,935	2144,765	2410.158	-1,416	0.180		
2458.92	0,68	-0.17053	0,18103	-0,025	0,156	0.287	0.250	1556.394	2868.635	2212.515	2498.098	-1,416	0.180		
3058.50	0,85	-0.16487	-0.17603	-0,03035	0,161	0.292	0.255	1614.994	2918.685	2269,840	2564,690	-1.465	0.187	82	73
3658.07	1,02	-0.15867	-0,17298	-0.03872	0.167	0.296	0.261	1665.034	2955.305	2310,170	2613,283	-1.367	0.174		
4257.65	1.18	-0.15552	-0.16982	-0.04121	0.171	0.299	0.266	1706.544	2990.705	2348,626	2658.205	-1.416	0.180		
4857.23	1.35	-0.15149	-0,16553	-0,04658	0,175	0.302	0.271	1746.624	3023.685	2385,245	2712.893	-1,416	0.180		
5456.81	1.52	-0.14783	-0.1626	-0,05039	0,179	0.305	0.275	1783.444	3052,965	2418,205	2750.003	-1,416	0.180		
6056.39	1.68	-0.14485	-0.15979	-0.05352	0,182	0.308	0.278	1815.184	3081,035	2448,110	2781.253	-1,465	0.187		
6655.97	1.85	-0.14172	-0.15723	-0,05762	0,184	0.311	0.282	1844.484	3106,675	2475,580	2822.268	-1,416	0.180		
7255.55	2,02	-0.13904	-0,15479	-0,05896	0,187	0.313	0.285	1871.334	3131,085	2501,210	2845.708	-1,465	0.187		
7855.13	2,18	-0,13623	-0,15271	0,0625	0,190	0.315	0.287	1899.414	3151,835	2525,625	2871.097	-1,465	0.187		
8454.71	2,35	-0.13391	-0.15061	-0.06602	0,192	0.317	0.291	1922.604	3173,815	2548,210	2906,253	-1,416	0.180		
9054.29	2.52	-0.13159	-0,14856	-0,06896	0,195	0.319	0.294	1945.804	3193,345	2569,575	2935,550	-1,465	0.187		
9653.86	2,68	-0.12878	-0,14649	-0,07012	0,197	0.321	0.295	1973.974	3214.095	2593,965	2947.269	-1,465	0.187		
10253,44	2,85	-0,1272	-0,14485	-0,07286	0,199	0.323	0.297	1989.744	3232,405	2611.075	2974.612	-1,416	0.180		
10853,02	3,01	-0.12476	-0.14307	-0.07402	0,201	0.325	0.299	2014.154	3248,275	2631.215	2988.331	-1,416	0.180		
11452,60	3,18	-0.12308	-0,14149	-0,07896	0,203	0.326	0.302	2031.244	3264.145	2647.695	3015.528	-1,416	0.180		
12052,18	3,35	-0.12081	-0,13977	-0,07871	0,206	0.328	0.303	2055,664	3281,235	2668.450	3033.206	-1,416	0.180		
12651,76	3,51	-0.11841	-0,13818	-0,08066	0,208	0,330	0.305	2077,634	3297,105	2687.370	3052,738	-1,416	0.180		
13251,34	3,68	-0.11648	-0.13647	-0,0834	0,210	0,331	0.308	2097,164	3314,195	2705.690	3080.092	-1,514	0.193		
13850,92	3,85	-0.11475	-0.13452	-0.08535	0.211	0,333	0.310	2114,254	3333,725	2723.990	3099,613	-1,514	0,193		
14450,50	4,01	-0,1123	-0,13283	-0,08652	0,214	0,335	0.311	2138,674	3349,595	2744.135	3111.332	-1,514	0.193		
15050,08	4,18	-0.11011	-0,13123	-0,08865	0,216	0,337	0.314	2160.644	3366,685	2763,665	3142,582	-1,465	0,187		
15649,65	4,35	-0.10828	-0.12988	-0.09139	0,218	0.338	0.317	2178,954	3380,115	2779.535	3168,018	-1,514	0.193		
16249.23	4.51	-0.10645	-0,12793	-0.09336	0,220	0.340	0.319	2197.264	3399,645	2798.455	3185.551	-1,514	0.193		
16848.81	4.68	-0,10376	-0,12622	-0.09609	0.222	0.342	0.321	2224.114	3416,735	2820.425	3207,035	-1,514	0,193		
17448.39	4.85	-0,10205	-0,12453	-0.09806	0,224	0.343	0.323	2241.204	3432,605	2838.905	3226.566	-1,514	0.193		
18047.97	5.01	-0.10034	-0,12329	-0.10039	0,226	0.345	0.325	2258.294	3446.025	2852.160	3250.005	-1,514	0.193		
18647,55	5.18	-0,09839	-0,12195	-0.10254	0,228	0.346	0.327	2277.890	3459,455	2868,643	3271.485	-1,465	0.187		
19247,13	5.35	-0,09619	-0,12012	-0.10527	0.230	0,348	0.330	2299.802	3477,765	2888.784	3298.935	-1,514	0.193		