



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών**  
**Τομέας Έργων Υποδομής & Αγροτικής Ανάπτυξης**  
**Εργαστήριο Δομικής Μηχανικής & Στοιχείων Τεχνικών Έργων**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Σιδηροδρομικά Αδρανή»**



**Εκπόνηση:**  
**ΠΑΥΛΟΣ ΜΑΝΩΛΑΚΟΣ**

**Επιβλέπων καθηγητής**  
**ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΜΙΧΑΗΛ**  
**Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Μάρτιος 2008**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ από καρδιάς τον καθηγητή **κο Μιχάλη Σακελλαρίου** που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω αυτή τη διπλωματική εργασία, για το χρόνο που κατανάλωσε για μένα και την πολύτιμη βοήθεια του.

Τον ευχαριστώ όμως και για έναν ακόμη λόγο, για το ότι με την εργασία μου αυτή κλείνει ένα πολύ μεγάλο κεφάλαιο στη ζωή μου με τη λήψη του δεύτερου Πτυχίου μου σε μεγάλη ηλικία, μετά από πολλά χρόνια προσπάθειας.

Ευχαριστώ την ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε., με ιδιαίτερη αναφορά στον **κο Ν. Κούρεντα** σήμερα Δ/ντα Σύμβουλο, τον **κο Ν. Σωτηρόπουλο** Δ/ντή Κατασκευών Έργα IV, τον **κο Χ. Λάππα** Προϊστάμενο Δ/νσης Προμηθειών και τον Επιβλέποντα του κλιμακίου μου **κο Δ. Αποστολόπουλο** για την κατανόηση και τη βοήθεια τους.

Ευχαριστώ πολύ την **κα Αικ. Αλούπη** από τη Γραμματεία της Σχολής για την εξυπηρέτηση και την υπομονή της όλα αυτά τα χρόνια.

Δε θα ξεχάσω την **κα Κολλιού** ως Προϊσταμένη της Γραμματείας που σήμερα δε βρίσκεται ανάμεσα μας. Μου μετέδωσε ψυχραιμία και θάρρος στις κατατακτήριες εξετάσεις με πολύ ευγενικό τρόπο.

**Αφιερωμένη**

**στην μητέρα μου που δε ζει πια,**

**στη σύζυγο μου Αδαμαντία που με στήριξε στις επιλογές μου και έκανε απίστευτη υπομονή,**

**στην κόρη μου Δάφνη για τις ώρες που δεν μπόρεσα να είμαι μαζί της.**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	5
1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ .....	7
1.1 Γενικά .....	7
1.2 Συνοπτική γεωτεχνική θεώρηση σιδ/κών γρ. υψηλής ταχύτητας.....	16
1.2.1 Γενικά .....	16
1.2.2 Μοντέλα γραμμής .....	17
1.3 Μία ενδιαφέρουσα περίπτωση .....	21
1.4 Υπόστρωμα & Στρώση θεμελίωσης σιδ/κών έργων .....	25
1.4.1 Υπόστρωμα .....	25
1.4.2 Στρώση Θεμελίωσης .....	27
1.5 Καινοτομικά συστήματα επιδομής για τη σιδ/κή γραμμή .....	28
1.5.1 Κατασκευαστικά στοιχεία .....	30
1.5.1.1 Γενικά .....	30
1.5.1.2 Σιδηροτροχιές για σταθερή επιδομή .....	32
1.5.1.3 Σύνδεσμοι σιδηροτροχιών .....	32
1.5.1.4 Στρωτήρες για σταθερή επιδομή .....	32
1.5.1.5 Σιδ/κή γραμμή τύπου σκάλας .....	37
2. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΙΔ/ΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ	39
2.1 Εξασφάλιση του άξονα της γραμμής .....	39
2.2 Στρώση γραμμής και αλλαγών .....	39
2.3 Μηχανήματα που χρησ/νται για στρώση γραμμής.....	43
3. ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΕΡΜΑ .....	52
3.1 Γενικά .....	52
3.2 Οι δυνάμεις που ασκούνται στο έρμα .....	52
3.3 Δυναμική Ανάλυση .....	56
3.4 Η επιβίωση ενός κόκκου μέσα στα αδρανή .....	57
3.5 Πηγές ακατάλληλου υλικού μέσα στο έρμα .....	59
3.6 Η επίδραση του ακατάλληλου υλικού στη συμπεριφορά του έρματος...	60
3.7 Η επίδραση του ακατάλληλου υλικού στη στράγγιση του έρματος.....	62
3.8 Η ελαστική συμπεριφορά κοκκώδους υλικού .....	63
3.9 Η συμπεριφορά του έρματος σε επαναλαμβανόμενη τριαξ. Δοκιμή.....	64
3.10 Η Μόνιμη παραμόρφωση του κοκκώδους υλικού .....	66
3.11 Εργαστηριακές δοκιμές μεγάλης κλίμακας .....	69
4. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ .....	76
4.1 Γενικά .....	76
4.2 Απόσπασμα Διακήρυξης Προμήθειας έρματος .....	77
4.2.1 Τεχνικά στοιχεία .....	77
4.2.2 Τρόπος μέτρησης και παραλαβής του υλικού .....	79
4.2.2.1 Ποσοτική παραλαβή .....	79
4.2.2.2 Ποιοτική παραλαβή .....	81
4.2.3 Εφαρμοστέο Δίκαιο .....	83
4.3 Συστηματικός Ποιοτικός Έλεγχος – Αναλυτική διαδικασία .....	84
4.3.1 Γενικά .....	84
4.3.2 Δειγματοληψία .....	84
4.3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά .....	104
4.3.3.1 Μέγεθος κόκκων .....	104



4.3.3.2 Διαβάθμιση .....	104
4.3.3.3 Προσδιορισμός Λεπτόκοκκων .....	109
4.3.3.4 Προσδιορισμός Παιπάλης .....	110
4.3.3.5 Προσδιορισμός Σχήματος κόκκων .....	111
4.3.3.5.1 Καθορισμός Δείκτη Πλακοειδών .....	111
4.3.3.5.2 Καθορισμός Δείκτη Σχήματος .....	115
4.3.3.6 Προσδιορισμός Μήκους κόκκων .....	118
4.3.4 Μηχανικά χαρακτηριστικά .....	119
4.3.4.1 Αντίσταση σε θρυμματισμό .....	119
4.3.4.2 Αντίσταση σε φθορά .....	130
4.4 Μη συστηματικές δοκιμές Ποιότητας .....	133
4.4.1 Προσδιορισμός πυκνότητας κόκκου .....	133
4.4.2 Απορρόφηση νερού .....	133
4.4.3 Προσδιορισμός αντίστασης σε ψύξη & απόψυξη .....	134
4.4.4 Δοκιμές για θερμικές & αποσθρωπτικές ιδιότητες των αδρανών.....	135
4.4.5 Δοκιμή βρασμού για βασάλτη (Sonnenbrand) .....	135
5. ΠΗΓΕΣ ΕΞΟΥΞΗΣ – ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΕΡΜΑΤΟΣ.....	138
5.1 Γενικά .....	140
5.2 Λατομεία .....	141
6. ΑΜΙΑΝΤΟΣ – ειδική αναφορά .....	160
6.1 Γενικά .....	160
6.2 Τι είναι ο αμιάντος; .....	161
6.3 Μέτρηση Αμιάντου – Δειγματοληψία .....	162
6.4 Παράδειγμα λιθότυπου με αμιαντούχα ορυκτά .....	164
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	166
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	168
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....	170
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 .....	171

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Σύγχρονο τρένο με ταχύτητα 300 km/h (Γερμανία).....	4
Εικόνα 2. Σύγχρονο τρένο με ταχύτητα 450 km/h (Ιαπωνία).....	4
Εικόνα 3. Πλευρική απώλεια έρματος και μερική υποσκαφή λόγω διάβρωσης από νερά επιφανειακής απορροής.....	6
Εικόνα 4. Τυπική διατομή σιδ/κής γραμμής με έρμα (κατά Selig & Waters, 1994) .....	7
Εικόνα 5: Τυπική κατά μήκος τομή σιδ/κής γραμμής με έρμα (κατά Selig & Waters, 1994) .....	7
Εικόνα 6. Σιδηροτροχιές βάρους 60 kg/m σε εγκάρσια τομή .....	8
Εικόνα 7. Σιδηροτροχιές βάρους 60 kg/m σε όψη μήκους 18 μέτρων.....	8
Εικόνα 8. Σύστημα επίδεσης .....	9
Εικόνα 9. Σύστημα επίδεσης.....	9
Εικόνα 10. Ελαστικοί σύνδεσμοι και ελατήρια .....	10
Εικόνα 11. Μέτρηση εύρους γραμμής στην παραλαβή στρωτήρων.....	10
Εικόνα 12. Επίδεση γραμμής .....	11
Εικόνα 13. Επίδεση γραμμής .....	11
Εικόνα 14. Ξύλινοι στρωτήρες σε αλλαγή γραμμής .....	12
Εικόνα 15. Συσσώρευση-Παραλαβή ξύλινων στρωτήρων .....	12
Εικόνα 16. Ενισχυμένοι στρωτήρες για «κόντρα ράγια» .....	13
Εικόνα 17. Συσσώρευση ολόσωμων στρωτήρων δίπλα στην υπό .....	13
κατασκευή νέα γραμμή (Κόρινθος – Κιάτο) .....	13
Εικόνα 18 (Εργοστάσιο παραγωγής στρωτήρων) .....	14
Εικόνα 19. Ενισχυμένοι στρωτήρες για διπλή (κόντρα) σιδηροτροχιά.....	14
Εικόνα 20. Συνήθης τύπος ολόσωμου στρωτήρα γραμμής υψηλής Ταχύτητας .....	15
Εικόνα 21. Συνήθης τύπος ολόσωμου στρωτήρα με προσαρμοσμένα τα ελαστικά τεμάχια έδρασης, τα στριφώνια και τα ελατήρια.....	15
Εικόνα 22. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ προστασίας σιδηροδρομικού υποβάθρου (subgrade) με οπλισμένη βιτουμενιούχα γεωμεμβράνη.....	21
Εικόνα 23. Βιτουμενιούχα μεμβράνη .....	21
Εικόνες 24 & 25. Προστασία βάσης .....	22
Εικόνα 26. Εξοπλισμός σταθεροποίησης με ασβέστιο .....	22
Εικόνα 27. Τοποθέτηση βιτουμενιούχας γεωμεμβράνης .....	22
Εικόνα 28. Σταθεροποίηση με ασβέστιο .....	23
Εικόνα 29. Κολλήσεις γεωμεμβράνης .....	23
Εικόνα 30. Τοποθέτηση βιτουμενιούχας γεωμεμβράνης .....	23
Εικόνες από 31 ως 36. Βελτίωση γραμμής με γεωσυνθετικά υλικά.....	24
Εικόνα 37. Τρεις διαφορετικές κατασκευές σταθερής επιδομής .....	31
Εικόνα 38. Σκυροδέτηση σταθερής επιδομής τύπου Rheda (Γερμανία)...	33
Εικόνα 39. Επίδεση σε σταθερή επιδομή τύπου Shinkansen (Ιαπωνία, Ν. Κορέα .....	33
Εικόνα 40. Σταθερή επιδομή τύπου Shinkansen στην Ιαπωνία .....	33
Εικόνα 41. Σιδηροτροχιά χαμηλού θορύβου .....	34

Εικόνα 42. Σταθερή επιδομή τύπου Rheda υπό κατασκευή .....	34
Εικόνα 43. Προφίλ μαξιλαροειδούς στρωτήρα σε υπό κατασκευή σταθερή επιδομή τύπου Züblin .....	35
Εικόνα 44. Κατασκευή σταθερής επιδομής (τύπου Züblin) .....	35
Εικόνα 45. Σταθερής επιδομή (τύπου Züblin) .....	36
Εικόνα 46. Σταθερή επιδομή υπό κατασκευή (τύπου Züblin).....	36
Εικόνα 47. Σταθερή επιδομή σε ημιτελές και ολοκληρωμένο στάδιο τύπου (Rheda) .....	37
Εικόνα 48. Ladder track .....	38
Εικόνα 49. Τοποθέτηση στρωτήρων μετά την προσκυρόστρωση.....	39
Εικόνα 50. Τοποθέτηση στρωτήρων .....	40
Εικόνα 51. Εργασίες Μπουρέζας .....	41
Εικόνα 52. Νέα Διπλή Σιδ/κή Γραμμή Υψηλών Ταχυτήτων .....	42
Εικόνα 53. Επίδεση σιδηροτροχιάς .....	42
Εικόνα 54. Σιδηροδρομική Γραμμή Μικτού εύρους .....	42
Εικόνα 55. Γραμμή Μικτού εύρους και ανεξάρτητη Σιδ/κή γραμμή δίπλα.....	42
Εικόνες 56 & 57. ΜΠΟΥΡΕΖΑ .....	43
Εικόνα 58 από ΜΠΟΥΡΕΖΑ .....	44
Εικόνα 59. Δονητικοί βραχίονες ΜΠΟΥΡΕΖΑΣ .....	44
Εικόνες 60 & 61. ΡΕΓΚΑΛΕΖΑ .....	45
Εικόνα 62. ΣΤΑΜΠΙΛΙΖΑΤΟΡΑΣ .....	46
Εικόνα 63. Κάτω τμήμα Σταμπιλιζάτορα .....	46
Εικόνες 64 & 65. Σταμπιλιζάτορας .....	47
Εικόνες 66 & 67. Βαγόνια φόρτωσης σκύρων .....	48
Εικόνες 68 & 69. Οχήματα ρυμούλκησης μικτής κυκλοφορίας .....	49
Εικόνα 70. Μηχανή ελιγμών .....	50
Εικόνα 71. Μηχάνημα ειδικών χρήσεων .....	50
Εικόνα 72. Μηχάνημα ειδικών χρήσεων .....	51
Εικόνα 73. Γεωφυσικός έλεγχος γραμμής .....	51
Εικόνα 74. Φαινόμενο άντλησης του έρματος .....	55
Εικόνα 75. Συμπύκνωση των σκύρων με δονητικό βραχίονα .....	56
Εικόνα 76. Ο μεγαλύτερος αριθμός επαπτομενικών σημείων βοηθά στην μείωση της εφελκυστικής τάσης σε στρογγυλεμένο κόκκο απ'ότι σε γωνιώδη .....	58
Εικόνα 77. Θλίψη μεμονωμένου κόκκου ακανόνιστου σχήματος .....	59
Εικόνα 78. Πηγές ακατάλληλου υλικού που εισχωρεί μέσα στο έρμα .....	60
Εικόνα 79. Κυψέλη στερεοποίησης υψηλής κλίμακας (consolidometer)...	70
Εικόνα 80 (κάτοψη). Large – scale Process Simulation True Triaxial Rig.....	73
Εικόνα 81. (προφίλ). Large – scale Process Simulation True Triaxial (PSTTR) Εικόνα 82. Δονητής έρματος για τη συσκευή PSTTR.....	73
Εικόνες 83 – 84. Μαθηματικά μοντέλα έρματος .....	74
Εικόνες 85 – 86. Μαθηματικά μοντέλα έρματος .....	75
Εικόνα 87. Παράδοση - αποθήκευση σιδ/κών αδρανών από τραχιανδεσίτη Ν. Λήμνου (Ν.Σ.Σταθμός Κορίνθου).....	87
Εικόνα 88. Απομείωση του δείγματος προκειμένου να δημιουργηθεί ο	

δειγματοληπτικός σωρός (πλευρική λήψη).....	89
Εικόνα 89. Συνέχεια απομείωσης του δείγματος – λήψη στο κέντρο.....	89
Εικόνα 90. Συνέχεια απομείωσης δείγματος, μεταφορά των προσαυξήσεων για τη δημιουργία ενός μικρότερου (δειγματοληπτικού σωρού).....	90
Εικόνα 91. Έναρξη σχηματισμού δειγματοληπτικού σωρού.....	90
Εικόνα 92. Συνέχεια μεταφοράς προσαυξήσεων για το δειγμ/κό σωρό....	91
Εικόνα 93. Τριπλή ανάμιξη του τελικού κώνου .....	91
Εικόνα 94. «Πλάτυνση» του τελικού κώνου προκειμένου να γίνει ο Τετραμερισμός .....	92
Εικόνα 95. Έναρξη τετραμερισμού με πρώτο τεμαχισμό στην μέση.....	92
Εικόνα 96. Δεύτερος τεμαχισμός εγκάρσια στον προηγούμενο με τη βοήθεια του φορτωτή.....	93
Εικόνα 97. Ολοκλήρωση του τετραμερισμού (απομάκρυνση του φορτωτή).....	93
Εικόνα 98. Τετραμερισμός στο δειγματοληπτικό σωρό .....	94
Εικόνα 99. Πλαίσιο Δειγματολήπτης .....	97
Εικόνα 100. Τετραμεριστής .....	98
Εικόνα 101. Υποδοχείς δειγματοληψίας .....	99
Εικόνα 102. Σέσουλες – Φτυάρι δειγματοληψίας .....	100
Εικόνα 103. Απομείωση δείγματος με τετραμερισμό .....	101
Εικόνα 104. Κατανομή των κόκκων των αδρανών σε κωνικό σωρό .....	102
Εικόνα 105. Κόσκινα για προσδιορισμό ποσοστού πλακοειδών κόκκων .....	114
Εικόνα 106. Παχύμετρο για προσδιορισμό του Δείκτη σχήματος .....	118
Εικόνα 107. Συσκευή Δοκιμής Los Angeles .....	121
Εικόνα 108. Συσκευή Δοκιμής Πρόσκρουσης .....	123
Εικόνα 109. Παράδειγμα Ρύθμισης της Συσκευής Πρόσκρουσης .....	124
Εικόνα 110. Αποσβεστήρες Συσκευής Πρόσκρουσης .....	125
Εικόνα 111. Αμόνι & Βάση Συσκευής Πρόσκρουσης .....	126
Εικόνα 112. Κόπανος (κάτω τμήμα) με τα περιφερειακά εξαρτήματα.....	127
Εικόνα 113. Οδηγοί αντίβαρου – δοχείο δείγματος από τη Συσκευή Πρόσκρουσης .....	128
Εικόνα 114. Αντίβαρο Συσκευής Πρόσκρουσης .....	129
Εικόνα 115. Συσκευή Δοκιμής Microdeval .....	132
Εικόνα 116. Υπόδειγμα Τυπικού Καλαθιού για τη Δοκιμή με θειικό Μαγνήσιο .....	136
Εικόνα 117. Χάρτης Γεωτεκτονικών Ζωνών.....	138
Εικόνα 118. Οφιολιθικός γάββρος .....	154
Εικόνα 119. Ολιβινικός γάββρος .....	154
Εικόνα 120. Διορίτης .....	155
Εικόνα 121. Πυροξενίτης .....	156
Εικόνα 122. Λερζόλιθος .....	156
Εικόνα 123. Περιδοτίτης .....	156
Εικόνα 124. Διαβάσης .....	157
Εικόνα 125. Τοναλίτης .....	157
Εικόνα 126. Ανδεσίτης .....	158
Εικόνα 127. Βασάλτης .....	158
Εικόνα 128. Σήμανση CE (σύστημα 2+) <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</b> .....	171
Εικόνα 129. Σήμανση CE (σύστημα 4) <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</b> .....	171

Εικόνα 130 Μωσαϊκό φωτογραφιών παλιάς μετρικής γραμμής	
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</b> .....	<b>171</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 1.</b> Δείκτης μόλυνσης και υδραυλική αγωγιμότητα των σκύρων .....	<b>63</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2.</b> Κατηγορίες κοκκομετρικής διαβάθμισης .....	<b>104</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3.</b> Ελάχιστη μάζα δείγματος σε σχέση με το μέγιστο κόκκο για τη δοκιμή κοκκομετρικής ανάλυσης .....	<b>108</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4.</b> Κατηγορίες (όρια) καθαρότητας σκύρων .....	<b>110</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 5.</b> Κατηγορίες ορίων για πλαιπάλη .....	<b>110</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 6.</b> Κατηγορίες (όρια) για μέγιστες τιμές πλακοειδών .....	<b>111</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 7.</b> Κλάσμα κόκκων σε αντιστοιχία με το άνοιγμα ραβδωτού κόσκινου .....	<b>112</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 8.</b> Κατηγορίες (όρια) για τις μέγιστες τιμές του Δείκτη Σχήματος .....	<b>115</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 9.</b> Ελάχιστη μάζα δοκιμίου για τον προσδιορισμό του Δείκτη Σχήματος σε σχέση με τον μέγιστο κόκκο .....	<b>116</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 10.</b> Κατηγορίες – αποδεκτά όρια για το μήκος του κόκκου....	<b>118</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 11.</b> Κατηγορίες – αποδεκτά όρια στη δοκιμή Los Angeles.....	<b>119</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 12.</b> Κατηγορίες για μέγιστες τιμές αντίστασης σε πρόσκρουση .....	<b>122</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 13.</b> Κατηγορίες για μέγιστες τιμές αντίστασης σε φθορά (Microdeval) .....	<b>130</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 14.</b> Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης σκύρων για πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2.....	<b>171</b>

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

<u>Διάγραμμα 1.</u> Συμβολή των επί μέρους στοιχείων της επιδομής στην καθίζηση της γραμμής (Selig & Waters, 1994) .....	5
<u>Διάγραμμα 2.</u> Σχέση μεταξύ του δυναμικού μέτρου αντίδρασης της γραμμής και της ταχύτητας .....	19
<u>Διάγραμμα 3.</u> Στατικά και δυναμικά φορτία τροχών για τη δοκιμή στη γραμμή του Κολοράντο (Κατά Selig & Waters, 1994) .....	53
<u>Διάγραμμα 4.</u> Στατικά και δυναμικά φορτία τροχών για την κύρια γραμμή μεταξύ Ν. Υόρκης και Ουάσιγκτον (Selig & Waters, 1994) .....	54
<u>Διάγραμμα 5.</u> Επίδραση διαφορετικών ποσοστών ακατάλληλων υλικών στην κάθιση του έρματος (Han & Selig, 1997).....	61
<u>Διάγραμμα 6.</u> Επίδραση του περιεχόμενου νερού στην κάθιση του έρματος για διαφορετικούς βαθμούς ακαταλληλότητας και ακατάλληλων υλικών.....	62
<u>Διάγραμμα 7.</u> Παραμορφώσεις κοκκωδών υλικών στη διάρκεια εφαρμογής ενός κύκλου φόρτισης (Lekarp et al, 2000a).....	63
<u>Διάγραμμα 8.</u> Το μέτρο ανάπασης γενικά αυξάνει βαθμιαία με τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων.....	64
<u>Διάγραμμα 9.</u> Αποτελέσματα τριαξονικών δοκιμών επαναλαμβανόμενης φόρτισης σε θραυστό γρανιτικό έρμα τα οποία μπορούν να περιγραφούν από την εξίσωση $M_r = K_1 \theta^{K_2}$ (Alva – Hurtado, 1980).....	65
<u>Διάγραμμα 10.</u> Αυξάνοντας το λόγο $q/\sigma_3$ (διατηρώντας ένα από τα δύο σταθερό), αυξάνεται η μόνιμη παραμόρφωση.....	66
<u>Διάγραμμα 11.</u> Αποτελέσματα μόνιμης παραμόρφωσης, για διαφορετικές σειρές φορτίσεων, όπου η τάση του διανομέα άλλαζε κάθε 1000 φορτίσεις.....	67
<u>Διάγραμμα 12.</u> Σχέση υποχώρησης με το λογάριθμο των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων .....	67
<u>Διάγραμμα 13.</u> Η συχνότητα φόρτισης δεν επηρεάζει το μέγεθος της μόνιμης παραμόρφωσης (Shenton 1974).....	68

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<b>Σχήμα 1.</b> Αναλυτικό μοντέλο προσδιορισμού της δυναμικής απόκρισης στα συστήματα της σιδ/κής γραμμής. Μία εύκαμπτη δοκός συσχετίζει τα στοιχεία επιδομής και υποδομής κατά την κίνηση ενός φορτίου F με σταθερή ταχύτητα v (Korf & Adam, 2004, 2005).....	18
<b>Σχήμα 2.</b> Ζευγάρι δοκών με κινούμενο φορτίο. Σύνθετο μοντέλο (Korf & Adam, 2004, 2005).δυναμικής απόκρισης της σιδ/κής γραμμής από τους Korf & Adam) .....	19
<b>Σχήμα 3.</b> Μοντέλο Ταξινόμησης και Ονοματολογίας εκρηξιγενών πετρωμάτων.....	139



**Περίληψη:** Κατά τη λειτουργία της η σιδηροδρομική γραμμή υφίσταται υποβάθμιση που εκδηλώνεται ως απώλεια υψομετρικού επιπέδου σε εγκάρσια διατομή, σε κατά μήκος τομή, καθώς και ως παραμόρφωση της χάραξης.

Ο σχεδιασμός και η συντήρηση της κύριας φέρουσας στρώσης πάνω σε έρμα (επιδομή) παραμένει η πιο οικονομική λύση. Το σύνηθες πάχος του έρματος στο ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο υψηλών ταχυτήτων είναι 35 εκατοστά, το οποίο κείται σε υπόστρωμα αμμοχάλικου πάχους περίπου 30 εκατοστών. Η επιβίωση ενός κόκκου σκύρων του έρματος καθορίζεται, από την εφαρμοζόμενη τάση, το μέγεθος του κόκκου, τον αριθμό των επαπτόμενων σημείων με τους γειτονικούς κόκκους και φυσικά από το λιθότυπο και την πετρογραφική δομή του.

Τα σιδηροδρομικά αδρανή που διαστρώνονται στις γραμμές υψηλών ταχυτήτων ( από 160 km /h και πάνω ) είναι εκρηξιγενούς προέλευσης και ελέγχονται πλέον – στα κράτη μέλη της Ευρώπης – με το ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450 τόσο ως προς τον τρόπο δειγματοληψίας όσο και ως προς τις γεωμετρικές και μηχανικές απαιτήσεις των υλικών. Το συγκεκριμένο ευρωπαϊκό Πρότυπο επικυρώθηκε από τον ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) το έτος 2006, ενώ από το έτος 2008 όλα τα λατομεία που προμηθεύουν σκύρα γραμμής σε ευρωπαϊκή χώρα υποχρεούνται να έχουν τυποποιημένα αδρανή υλικά με σήμανση CE για συγκεκριμένο επίπεδο ελέγχου (π.χ. 2+).

Η παραλαβή των υψηλής σκληρότητας σκύρων στην Ελλάδα, γίνεται κυρίως μέσα από μειοδοτικούς διαγωνισμούς προμηθειών και δευτερευόντως, με την ενσωμάτωσή τους σε διαγωνισμούς κατασκευαστικών εργολαβιών. Οι διαγωνισμοί αυτοί διεξάγονται από τον ελληνικό Διαχειριστή συγχρηματοδοτούμενων σιδηροδρομικών έργων που είναι η ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. για τη Νέα Διπλή Σιδηροδρομική Γραμμή Υψηλής ταχύτητας πλάτους 1,435 μέτρων (κανονικού εύρους).

Το ενδιαφέρον των Προμηθευτών – Κατασκευαστών, μετά από εκτεταμένη έρευνα που διεξήγαγαν στις βαλκανικές κυρίως χώρες αλλά και στην Κύπρο, εστίασαν το ενδιαφέρον τους σε λιθότυπους των οφιολιθικών συμπλεγμάτων όπως είναι ο βασάλτης, ο διαβάσης, ο γάββρος και ο περιδοτίτης, καθώς και στις ποικιλίες των ανδεσιτικών και γρανιτικών πετρωμάτων.

**Abstract:** During the railway operation, a track deterioration comes out by loss of level at cross section and / at longitudinal section and alignment deformation.

The planning and the maintenance of the main bearing layer over the ballast, (superstructure), remains the most economical solution. The usual ballast thickness in Hellenic high velocities network is 35 cm laid on a sandygravel sub layer with a thickness of about 30 cm. The grain survival is determined by the applying stress, the grain size, the number of common points with the adjacent grains, the rock type and its petrografic structure.

The railway aggregates layed under the high velocities tracks (from 160 km/h and upper) are of igneous origin and sampling as well as their geometrical and mechanical materials demands are checked – in European countries – according to the European Standard EN 13450. This standard has been ratified by the Hellenic Organization for Standardization in 2006.

Since 2008, all the quarries which supply aggregates in European countries have been obliged to have CE mark for an indicated check level (for example 2+).

The hard railway aggregates delivery in Greece, is being mainly under bid competitions which are carried out from the Hellenic Administration of railway projects ERGOSE S.A. for the new double track of high velocities construction with normal gauge 1,435 m.

After a wide - by the contractors and suppliers - search mainly in Balkans as well as in Cyprus, they focused their interest on the ophiolitic complex rock types as basalt, diabase, gabbro and peridotite, as well as on the varieties of andesitic and granitic rocks.

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στη σιδηροδρομική μεταφορά υπάρχει πάντα η ανάγκη για αύξηση της απόδοσης, η οποία καθοδηγείται και προωθείται από την ανάγκη διατήρησης ενός ανταγωνιστικού μέσου, απέναντι στα υπόλοιπα μέσα μεταφοράς. Το γεγονός αυτό ενσωματώνει τις απαιτήσεις για τρένα υψηλότερων ταχυτήτων, μεγαλύτερης μεταφορικής δυναμικότητας, αυξημένης συχνότητας στα δρομολόγια, χαμηλότερης κατανάλωσης ενέργειας, μεγαλύτερης άνεσης για τους επιβάτες, καλύτερου επιπέδου ασφάλειας, χαμηλότερου κόστους συντήρησης και λιγότερο επιβαρυντικά για το περιβάλλον και τη Δημόσια Υγεία (κυρίως σε σχέση με το θόρυβο και τις εκπομπές).

Κατά τη λειτουργία της, η σιδηροδρομική γραμμή υφίσταται ποιοτική υποβάθμιση μέσα από βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες μηχανικές διεργασίες που σχετίζονται, αφενός μεν με το στατικό αξονικό φορτίο του συρμού (φθάνει για τα επιβατικά τρένα μέχρι 170kN, ενώ για τα εμπορικά κυμαίνεται από 250 έως 350 kN), αφετέρου δε με τη δυναμική φόρτιση από την αλληλεπίδραση τρένου - γραμμής.

Οι βραχυπρόθεσμες διεργασίες περιλαμβάνουν τη στιγμιαία δυναμική συμπεριφορά της γραμμής όπως ενεργοποιείται με το πέρασμα ενός ή περισσότερων αξόνων τρένων. Η μόνιμη παραμόρφωση που δημιουργείται με το πέρασμα ενός άξονα τρένου είναι συνήθως πολύ μικρή, τόσο ώστε η συμπεριφορά να θεωρείται «αναστρέψιμη» και μελετάται με ελαστικά μοντέλα.

Οι μακροπρόθεσμες διεργασίες που λαβαίνουν χώρα περιλαμβάνουν π.χ., τις παραμορφώσεις που οφείλονται στα υπόγεια νερά, στον ερπυσμό, στην μετανάστευση υλικού μέσα στο έρμα, τη μακροπρόθεσμη φθορά σιδηροτροχιών, τις μακροπρόθεσμες καθιζήσεις υποδομής κλπ.

Οι πηγές δόνησης της γραμμής είναι :

1. Η ανομοιογένεια στην επαφή τροχού με τη σιδηροτροχιά π.χ. ανώμαλη επιφάνεια σιδηροτροχιάς, επιπέδωση του τροχού κλπ.
2. Η ανομοιογένεια στη δομή της γραμμής π.χ. στην απόσταση των στρωτήρων, στη φύση των αδρανών, στις διαφορικές καθιζήσεις, στην άκαμπτη μετάβαση στο υπόβαθρο (στις γέφυρες-σήραγγες), κλπ.
3. Η ταχύτητα του τρένου.

**Η κύρια φέρουσα στρώση που δέχεται και κατανέμει τα φορτία των συρμών ονομάζεται επιδομή και επιδέχεται ανακαινίσεις - βελτιώσεις. Περιλαμβάνει τις σιδηροτροχιές, τους στρωτήρες μαζί με το σύστημα επίδεσης, το έρμα και (κατά άλλους), το υπόστρωμα της επιδομής.**

Οι αυξημένες απαιτήσεις σιδηροδρομικής μεταφοράς επιταχύνουν κατά πολύ τη φθορά-υποβάθμιση της επιδομής γεγονός που γέννησε νέες ιδέες για την κατασκευή άκαμπτων θεμελιώσεων (με πλάκες από σκυρόδεμα) πολύ υψηλότερου κόστους κατασκευής. Πάντως ο σχεδιασμός και η συντήρηση επιδομής πάνω σε έρμα παραμένει η πιο οικονομική εναλλακτική λύση.



**Εικόνα 1. Σύγχρονο τρένο με ταχύτητα 300 km/h (Γερμανία)**



**Εικόνα 2. Σύγχρονο τρένο με ταχύτητα 450 km/h (Ιαπωνία)**

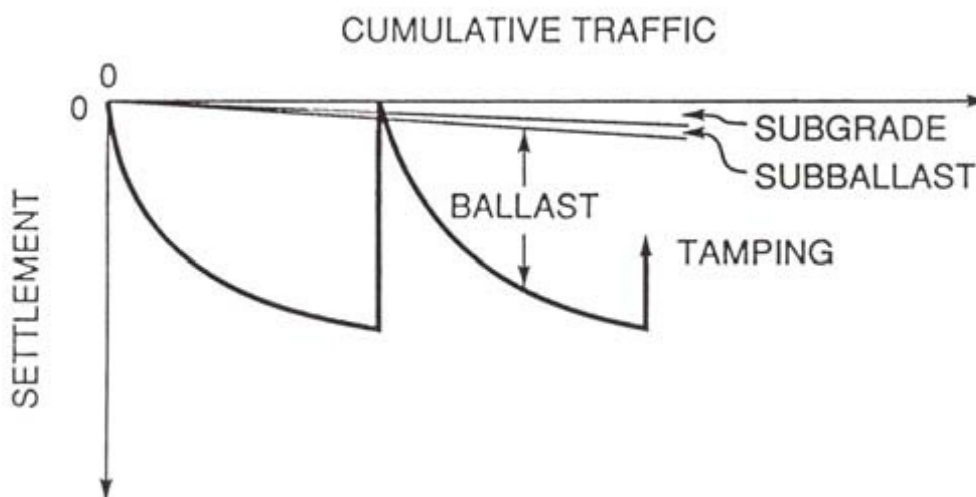
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα πολύ μεγάλο μέρος του ετήσιου προϋπολογισμού για το σιδηρόδρομο πηγαίνει στη συντήρηση της επιδομής. Στο παρελθόν, είχε δοθεί περισσότερη προσοχή στο σύστημα «σιδηροτροχιές-σύνδεσμοι-στρωτήρες» και λιγότερη στα υποκείμενα στοιχεία των οποίων οι ιδιότητες είναι πολύ πιο δύσκολο να καθοριστούν.

Είναι πλέον γνωστό ότι η ανάγκη για συντήρηση της γραμμής, έχει ως κύρια πηγή της την υποβάθμιση της γεωμετρίας της που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υποχώρηση του έρματος. Η υποβάθμιση της γεωμετρίας εκδηλώνεται ως απώλεια υψομετρικού επιπέδου σε εγκάρσια διατομή, σε κατά μήκος τομή καθώς και ως παραμόρφωση της χάραξης της γραμμής.

Το κόστος ενός «απλού εκτροχιασμού» είναι σημαντικό, όταν όμως ο εκτροχιασμός συνδυάζεται με την απελευθέρωση επικίνδυνων φορτίων μέσα σε αστική περιοχή τότε το κόστος είναι ανυπολόγιστο.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται το μέγεθος συμβολής του έρματος στην υποχώρηση σε σχέση με το υπόστρωμα της επιδομής και την υποδομή (Διάγραμμα 1).



**Διάγραμμα 1: Συμβολή των επί μέρους στοιχείων της επιδομής στην καθίζηση της γραμμής (Selig & Waters, 1994)**

Κάτω από συνθήκες φόρτισης λόγω κυκλοφορίας, οι τάσεις που αναπτύσσονται μέσα στο έρμα είναι αιτία παραμορφώσεων και θραύσης των κόκκων. Λόγω της κάθισης του έρματος απαιτείται συμπύκνωση με δόνηση και αναδιάταξη των κόκκων. Με τη δονητική συμπύκνωση συμβαίνει περαιτέρω θραύση των κόκκων που σημαίνει αύξηση του ποσοστού των λεπτόκοκκων υλικών (μείωση της στραγγιστικής ικανότητας) και απώλεια αντοχής και ελαστικότητας. Στο στάδιο αυτό το έρμα χρειάζεται είτε καθαρισμό είτε ανανέωση χρησιμοποιώντας καλής ποιότητας σκύρα προκειμένου να αυξηθεί η ζωή του πάνω στη γραμμή.



Οι καναδικοί σιδηρόδρομοι, έχει αναφερθεί από τους Raymond et al., (1983), ότι δαπανούσαν περίπου ένα δισεκατομμύριο δολάρια ανά έτος σε προμήθεια, διανομή και αποκατάσταση του έρματος στο σιδηροδρομικό δίκτυο. Όσο δε μεγαλύτερης ταχύτητας είναι η γραμμή τόσο μεγαλύτερο και το κόστος συντήρησης. Για παράδειγμα η γραμμή Shinkansen της Ιαπωνίας απαιτεί συντήρηση και συμπύκνωση δύο με τρεις φορές ανά έτος, ενώ η κονιοποίηση του έρματος παρατηρήθηκε μετά από πέντε χρόνια λειτουργίας. Αντίστοιχα η γραμμή Paris-Lyon με το TGV απαιτεί εργασίες δόνησης και ανύψωσης κάθε τρία χρόνια μετά από τη διέλευση 40-50 εκατομμυρίων τόνων κυκλοφοριακού φορτίου (Eisenmann et al., 1994). (Εκτιμήθηκε ότι μερική ανακαίνιση του υποβαθμισμένου έρματος είναι απαραίτητη μετά από κυκλοφοριακό φόρτο 250 εκατομμυρίων τόνων.

**Η έλλειψη ποσοτικών σχέσεων μεταξύ των πρωτογενών χαρακτηριστικών των σκύρων του έρματος και της επί τόπου απόδοσης της γραμμής έχει επισημανθεί ως το κύριο εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί στο σχεδιασμό της γραμμής (Chrismer, 1985; Eisenmann et al., 1994). Η ποσοτική θεώρηση του έρματος μπορεί να γίνει κατανοητή μοντελοποιώντας τη συγκεκριμένη φύση του, δηλαδή κατασκευάζοντας πολύπλοκα μαθηματικά μοντέλα με πολυάριθμους ασύνδετους κόκκους που δέχονται τα στατικά και τα δυναμικά φορτία των συρμών. Με άλλα λόγια η εμπειρία, οι επιτόπου δοκιμές και η φυσική μοντελοποίηση στο εργαστήριο είναι τα μόνα διαθέσιμα εργαλεία προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί η συμπεριφορά του έρματος.**



**Εικόνα 3. Πλευρική απώλεια έρματος και μερική υποσκαφή λόγω διάβρωσης από νερά επιφανειακής απορροής**

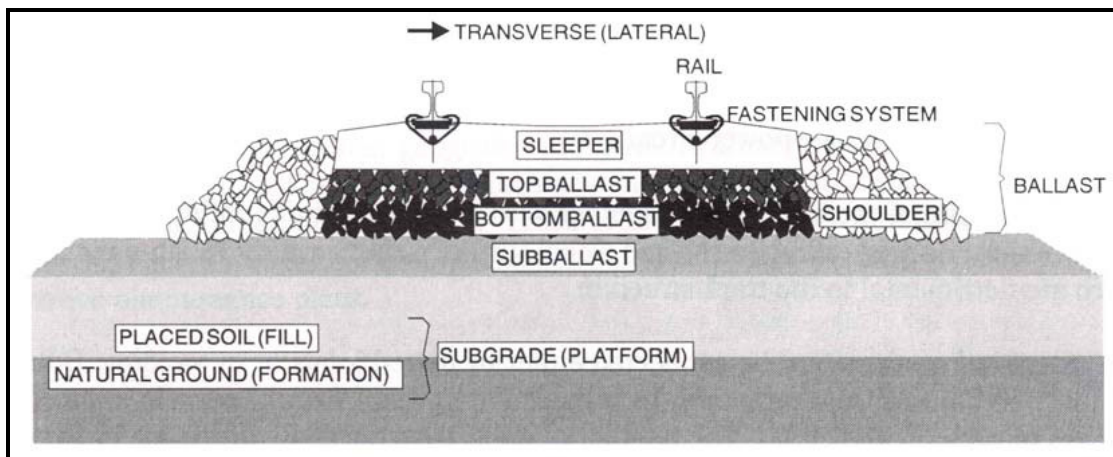
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

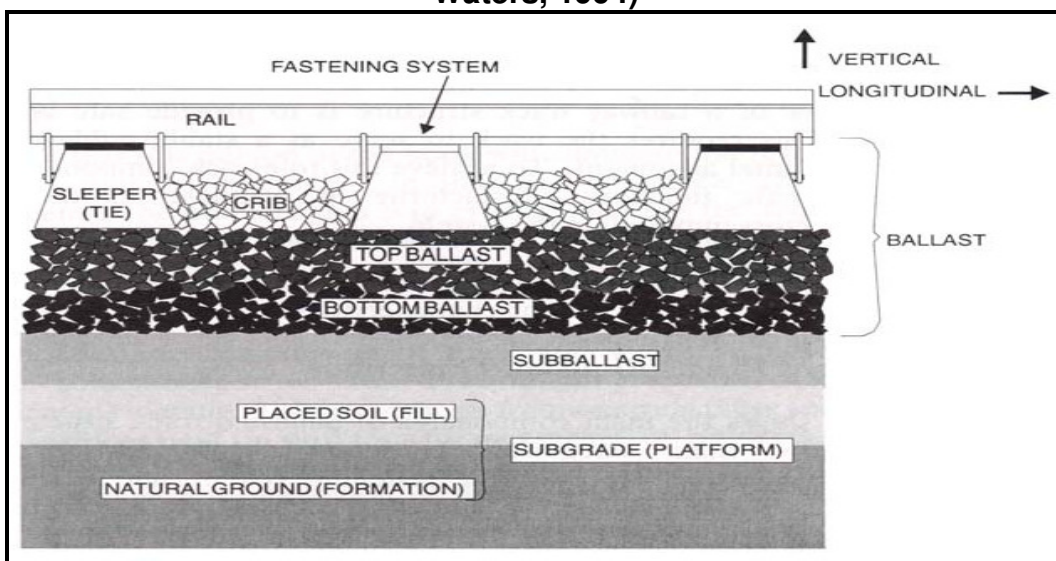
## 1.1 Γενικά

Τα στοιχεία της γραμμής είναι ομαδοποιημένα σε δύο βασικά μέρη, την επιδομή και την υποδομή.

Η επιδομή παραπέμπει στο ανώτερο τμήμα της γραμμής και περιλαμβάνει τις σιδηροτροχιές, το σύστημα επίδεσης, τους στρωτήρες και κατ' άλλους και τη στρώση του έρματος με κατάλληλο υπόστρωμα πάχους περίπου τριάντα εκατοστών (στη βιβλιογραφία συναντά κανείς τη στρώση του έρματος με το υπόστρωμα των 30 εκ. άλλοτε ως στοιχείο της υποδομής και άλλοτε της επιδομής. Στην παρούσα εργασία, οι στρώσεις έρμα-υπόστρωμα θα αναφέρονται στο εξής ως στοιχεία της επιδομής). Η υποδομή περιλαμβάνει το υποκείμενο της επιδομής τμήμα της γραμμής (Εικόνα 4 & 5).



Εικόνα 4: Τυπική διατομή σιδ/κής γραμμής με έρμα (κατά Selig & Waters, 1994)



Εικόνα 5: Τυπική κατά μήκος τομή σιδ/κής γραμμής με έρμα (κατά Selig & Waters, 1994)



- Σιδηροτροχιές (Εικόνα 6 & 7): είναι τα διαμήκη χαλύβδινα μέλη τα οποία βρίσκονται σε επαφή με της τροχούς του τρένου. Η λειτουργία των σιδηροτροχιών είναι να καθοδηγούν το τρένο και να μεταφέρουν τα συγκεντρωμένα φορτία των τροχών στους στρωτήρες. Πρέπει συνεπώς να έχουν ακαμψία τέτοια ώστε να διανέμονται τα φορτία των τροχών πάνω από της στρωτήρες και τα όρια εκτροπής (ανάκλασης) ανάμεσα στα στηρίγματα. Τα ελαττώματα των σιδηροτροχιών και οι ασυνέχειες, της είναι οι αρμοί, μπορεί να είναι αιτία για μεγάλα φορτία πρόσκρουσης που συνεπάγονται δυσμενείς επιδράσεις στα υποκείμενα στοιχεία της γραμμής.



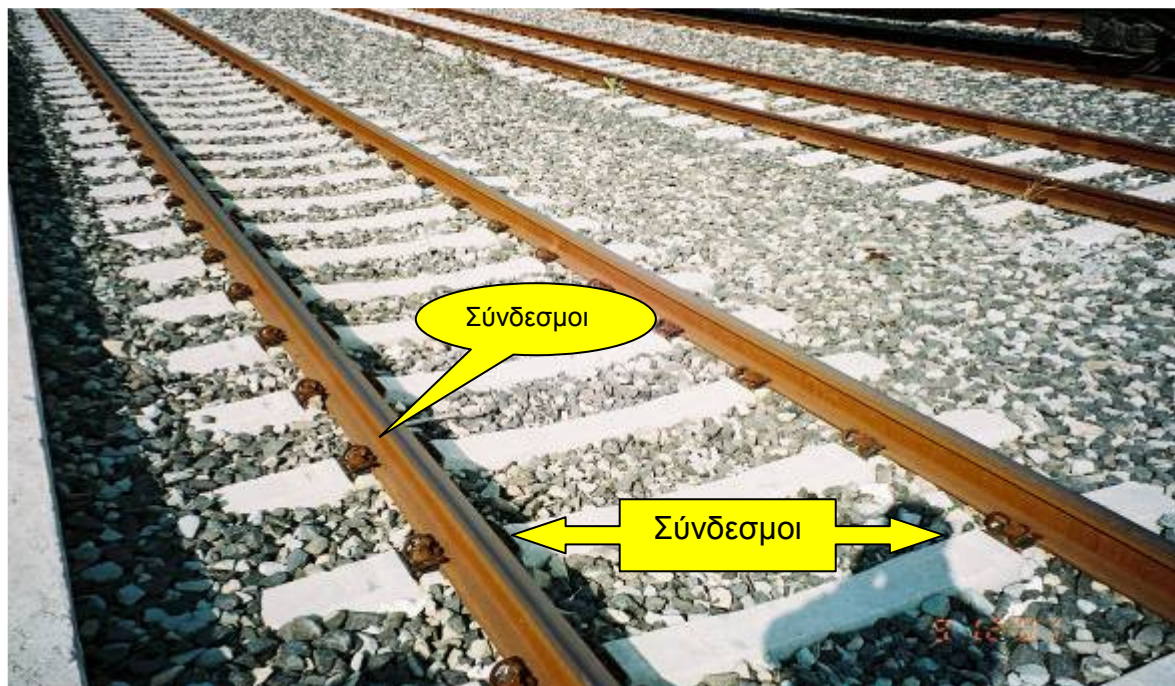
**Εικόνα 6. Σιδηροτροχιές βάρους 60 kg/m σε εγκάρσια τομή**



**Εικόνα 7. Σιδηροτροχιές βάρους 60 kg/m σε όψη μήκους 18 μέτρων**



- Σύστημα επίδεσης (Εικόνες 8 - 13): συγκρατεί τις σιδηροτροχιές στους στρωτήρες και αντιδρά στις κατακόρυφες, πλευρικές, διαμήκεις και ανατρεπτικές κινήσεις των σιδηροτροχιών. Οι ξύλινοι στρωτήρες απαιτούν χαλύβδινες πλάκες μέσα στο σύστημα επίδεσης για να διανέμουν τη δύναμη της σιδηροτροχιάς πάνω από την ξύλινη επιφάνεια. Οι στρωτήρες από σκυρόδεμα απαιτούν ελαστικά παρεμβύσματα.



Εικόνα 8. Σύστημα επίδεσης



Εικόνα 9. Σύστημα επίδεσης





**Εικόνα 10. Ελαστικοί σύνδεσμοι, στριφώνια και ελατήρια**



**Εικόνα 11. Μέτρηση εύρους κατά την παραλαβή στρωτήρων**



**Εικόνα 12. Επίδραση γραμμής**



**Εικόνα 13. Επίδραση γραμμής**



- **Στρωτήρες:** αγκυρώνουν τις σιδηροτροχιές μέσα στο έρμα (περιορίζοντας την μετακίνησή τους) και διανέμουν το φορτίο μεταφοράς των τροχών από τις σιδηροτροχιές στο έρμα. Χρησιμοποιούνται στρωτήρες κυρίως από προεντεταμένο σκυρόδεμα ποιότητας B70 ή ξύλινοι στις «αλλαγές». [Στα τμήματα πάνω από Τεχνικά όπως π.χ. γέφυρες, κιβωτοειδείς οχετοί, κλπ. χρησιμοποιούνται στρωτήρες βαρέως τύπου (μεγαλύτερης διατομής) από σκυρόδεμα]{Εικόνες 14 - 21}.



Εικόνα 14. Ξύλινοι στρωτήρες σε αλλαγή γραμμής



Εικόνα 15. Συσσώρευση ξύλινων στρωτήρων κατά την παραλαβή

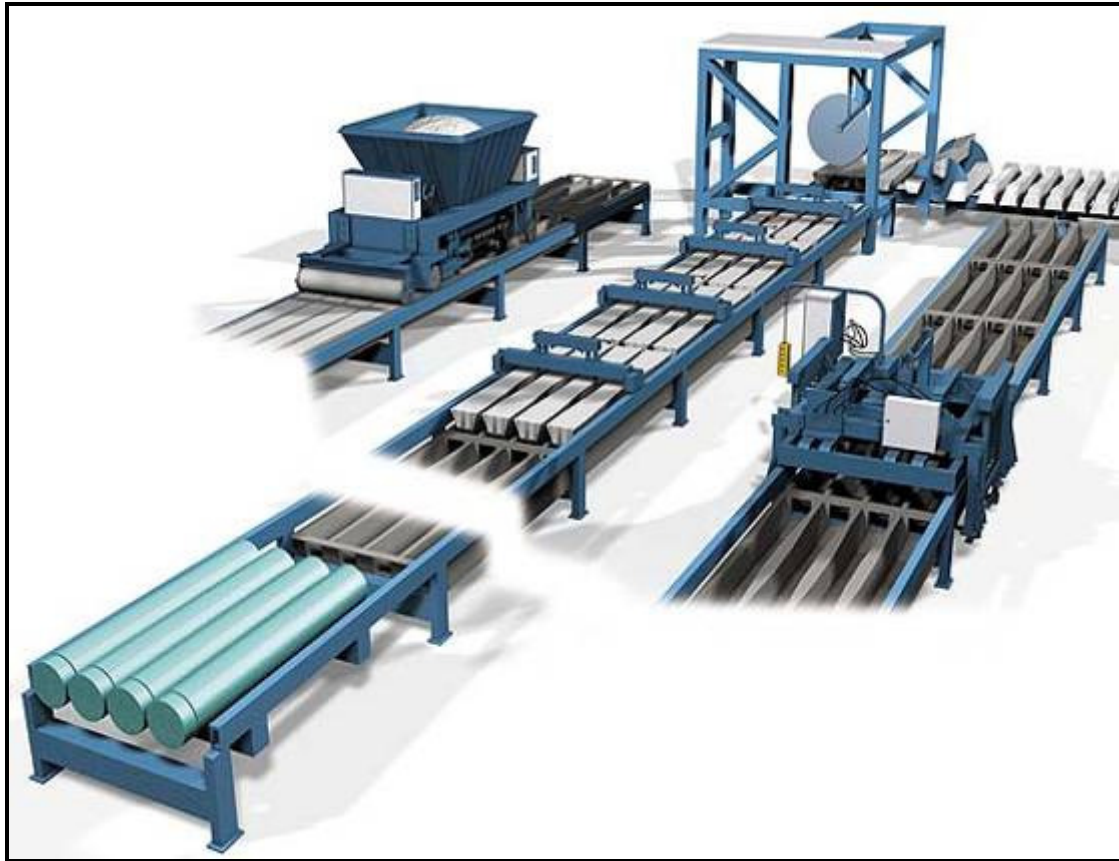




Εικόνα 16. Ενισχυμένοι στρωτήρες για «κόντρα ράγια»



Εικόνα 17. Συσσώρευση ολόσωμων στρωτήρων δίπλα στην υπό κατασκευή νέα γραμμή (Κόρινθος – Κιάτο)



**Εικόνα 18**  
(Εργοστάσιο παραγωγής στρωτήρων)



**Εικόνα 19. Ενισχυμένοι στρωτήρες για διπλή (κόντρα) σιδηροτροχιά**





**Εικόνα 20. Συνήθης τύπος ολόσωμου στρωτήρα γραμμής υψηλής ταχύτητας**



**Εικόνα 21. Συνήθης τύπος ολόσωμου στρωτήρα με προσαρμοσμένα τα ελαστικά τεμάχια έδρασης, τα στριφώνια και τα ελατήρια.**

- **Έρμα:** είναι το θραυστό κοκκώδες υλικό της επιδομής, που τοποθετείται κάτω από τους στρωτήρες σε χαμηλό επίπεδο ώστε να μην επηρεάζεται πολύ από τη δόνηση (bottom ballast), ανάμεσα στους στρωτήρες (crib), στο προφίλ των στρωτήρων εκατέρωθεν (shoulder) μέχρι το υπόστρωμα του έρματος και τέλος ως στρώση μεταξύ του bottom ballast και του στρωτήρα (= top ballast) που φέρει άμεσα τα φορτία του έρματος και θίγεται από τη δονητική συμπύκνωση.

Μία από τις κύριες λειτουργίες του έρματος είναι να συγκρατεί τη γραμμή στη θέση της δημιουργώντας αντίσταση στις κατακόρυφες, πλευρικές και διαμήκεις δυνάμεις που εφαρμόζονται στους στρωτήρες. Το έρμα επίσης δίνει ελαστικότητα και απορροφά την ενέργεια της γραμμής μειώνοντας έτσι και τις τάσεις μέσα στα υποκείμενα υλικά σε αποδεκτά επίπεδα. Απαιτούνται επίσης μεγάλα κενά στο έρμα για αποθήκευση των ακατάλληλων υλικών και για τη στράγγιση του νερού που πέφτει πάνω στη γραμμή. Είναι ανάγκη τέλος το έρμα να έχει τη δυνατότητα να επαναταξιθετείται κατά τη διάρκεια συντήρησης-διόρθωσης της χάραξης και της στάθμης.

- **Υπόστρωμα επιδομής (κουβέρτα) (capping):** είναι το στρώμα που διαχωρίζει το έρμα από την υποδομή. Μειώνει περαιτέρω τα επίπεδα των τάσεων προς την υποδομή, προσφέροντας μία φθηνότερη επιλογή έναντι ενός μεγαλύτερου πάχους έρματος. Όμως, η πιο σπουδαία λειτουργία του υποστρώματος είναι να εμποδίσει τη διείσδυση των υποκείμενων υλικών μέσα στο έρμα. Έτσι, τα υλικά του υποστρώματος είναι μίγματα καλά διαβαθμισμένων αμμοχάλικων τα οποία πληρούν τις απαιτήσεις υλικού φίλτρου μεταξύ έρματος και υποβάθρου.

- **(subgrade):** είναι η θεμελίωση της γραμμής. Μπορεί να είναι υφιστάμενο (φυσικό) υλικό (με ή χωρίς επεξεργασία), ή τοποθετημένο υλικό (επίχωση). Η κύρια λειτουργία του «subgrade» είναι να προσφέρει σταθερή θεμελίωση στη γραμμή.

## 1.2 Συνοπτική γεωτεχνική θεώρηση για τις σιδ/κές γραμμές υψηλής ταχύτητας (κατά H. Brandl, 2004, *Geotechnical aspects for high-speed railways*)

### 1.2.1 Γενικά

Η γεωτεχνική μηχανική των σιδηροδρόμων, έχει κοινές αρχές με αυτή των οδών. Και στις δύο περιπτώσεις, απαιτείται γνώση για το πώς τα εδάφη και άλλα κοκκώδη υλικά ανταποκρίνονται στην επαναλαμβανόμενη φόρτιση της κυκλοφορίας. Οι κύκλοι φόρτισης είναι αιτία παραμορφώσεων. Για τη διαστασιολόγηση προσδιορίζεται η τιμή του μέτρου ανάπαλσης (resilient modulus) το οποίο απαιτείται για να γίνουν οι δομικές αναλύσεις τόσο των οδοστρωμάτων όσο και των στρωμάτων της σιδηροδρομικής γραμμής, προκειμένου να ποσοτικοποιηθούν οι υποχωρήσεις. Επίσης, προβλήματα θραύσης των κόκκων και αποσάθρωσης από παγετό – τήξη εμφανίζονται τόσο στις οδούς όσο και στο σιδηρόδρομο ενώ και οι δυο δομές κυκλοφορίας αντιπροσωπεύουν πολυστρωματικά σύνθετα συστήματα.

## 1.2.2 Μοντέλα γραμμής

Οι βασικές ομάδες των γεωτεχνικών μοντέλων είναι τρεις:

- Το μοντέλο Winkler
- Το μοντέλο «Δοκός πάνω σε ελαστική θεμελίωση»
- Υπολογιστικά μοντέλα

Περαιτέρω, η γραμμή υπόκειται σε φόρτιση τριών διαστάσεων. Ο συμβατικός υπολογισμός για το σιδηρόδρομο βασίζεται στο μοντέλο Winkler του μέτρου αντίδρασης του υποβάθρου:

$$K_s = p / s \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

Όπου  $p$  είναι η πίεση βάσης και  $s$  είναι η υποχώρηση της σιδηροτροχιάς. Μία «εκλεπτυσμένη» έκδοση που λαμβάνει υπόψη το μέγεθος ακαμψίας της σιδηροτροχιάς οδήγησε στην ακόλουθη εξίσωση υπολογισμού του μέτρου αντίδρασης του υποβάθρου ( $C$ ):

$$C = 1 / 4b_s \sqrt[3]{1 / EI (Q / s)^4} \text{ [MN / m}^3\text{]}$$

Όπου  $b_s = A / (2l_r) =$  υπολογισμένο πλάτος της διαμήκου υποστήριξης της σιδηροτροχιάς σε μέτρα,  $A =$  εμβαδό ενεργούς υποστήριξης των στρωτήρων σε τετραγωνικά μέτρα,  $l_r =$  απόσταση των στρωτήρων σε μέτρα,  $EI =$  ακαμψία της σιδηροτροχιάς σε  $\text{MNm}^2$ ,  $Q =$  φορτίο σε  $\text{MN}$  και  $s =$  η μέγιστη εκτροπή της σιδηροτροχιάς σε μέτρα.

Η συνολική εκτροπή της σιδηροτροχιάς είναι αποτέλεσμα διάφορων παραμορφώσεων και μετατοπίσεων κάτω από στατικά και δυναμικά φορτία:

- Συμπίεση της ελαστικής παρένστρωσης (interlayer)
- Παραμόρφωση του έρματος
- Συμπίεση και εξάπλωση (spreading) του υποστρώματος του έρματος και του υποβάθρου (subgrade).
- Συμπίεση και εξάπλωση του επιχώματος
- Υποχώρηση του φυσικού (ή βελτιωμένου) εδάφους.
- Υποχωρήσεις των στοιχείων της βαθιάς θεμελίωσης για την περίπτωση των επιχωμάτων με πασσάλους.

Πάντως, σύμφωνα με το μοντέλο του ελατηρίου (model of subgrade reaction), αυτές οι επιμέρους παράμετροι που συμβάλλουν στη συνολική υποχώρηση δεν έχουν ιδιαίτερη αλλά μόνο συγκεντρωτική επίδραση στα υπολογισμένα αποτελέσματα. Αυτή η προσέγγιση είναι δικαιολογημένη για στατικές συνθήκες αλλά όχι για δυναμικές, διότι η θέση των ελαστικών μελών μέσα στη δομή ίσως επηρεάζουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά της δόνησης ενός πολυστρωματικού συστήματος.

Περαιτέρω, μοντελοποιώντας την υποστήριξη ως ομοιόμορφες σειρές από ασύνδετα (Winkler) ελατήρια προκειμένου να δώσουν ένα συνολικό μέτρο της αντίδρασης του υποβάθρου εξαλείφει τη διατμητική δύναμη που μεταφέρεται στην πολυστρωματική δομή και στο έδαφος. Τελικά το μέτρο αντίδρασης του υποβάθρου  $k_s$  (ή  $C$ ) δεν είναι αμετάβλητος συντελεστής αλλά εξαρτάται από ποικίλες παραμέτρους όπως είναι:

- Το πάχος και τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των επιμέρους στρωμάτων (συμπεριλαμβάνοντας την ανώτερη ζώνη του φυσικού εδάφους ή του επιχώματος)

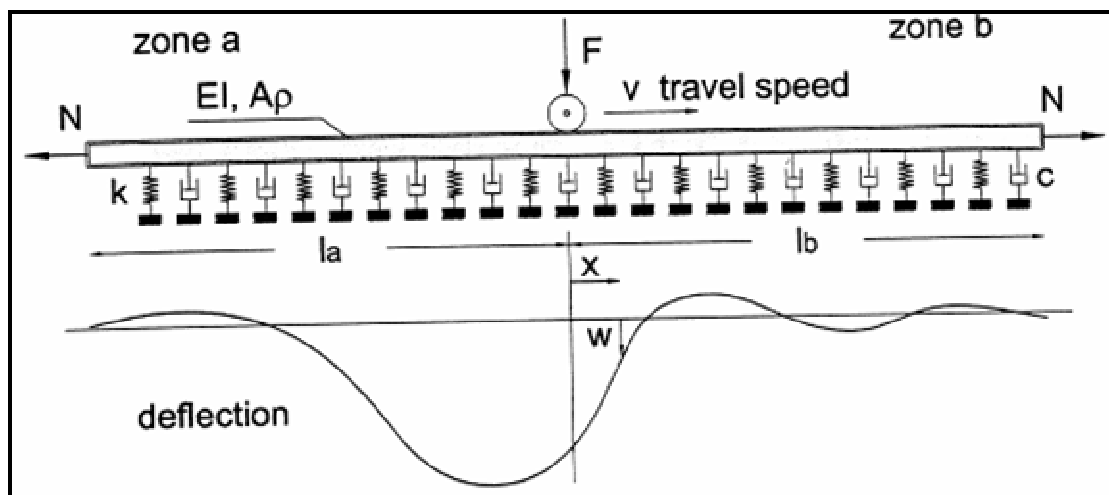
- Τη γεωμετρία και τα δομικά στοιχεία
- Το πλάτος, η διάρκεια και η μορφή των εξωτερικών φορτίων
- Η πίεση βάσης η οποία δεν είναι σταθερή κάτω από τους στρωτήρες.

Λαβαίνοντας υπόψη τα παραπάνω, το μέτρο αντίδρασης της γραμμής δεν μπορεί να υπολογιστεί από τις ιδιότητες των στοιχείων, π.χ. τους επιδέτες, τους στρωτήρες, το έρμα και τα υποκείμενα στρώματα. Αντ' αυτού θα πρέπει να υπολογίζεται από υπαίθριες μετρήσεις της εκτροπής της γραμμής κάτω από φόρτιση (Selig, Waters, 1994):

- Με δοκιμή μονής σημειακής φόρτισης
- Με δοκιμή εκτροπής
- Με δοκιμή αξονικής φόρτισης οχήματος.

Η μονή σημειακή δοκιμή συνδυασμένη με την εκτροπή είναι η βέλτιστη μέθοδος. Απαιτείται όμως μία συσκευή για την εφαρμογή γνωστών κάθετων στη γραμμή φορτίων στην κορυφή της σιδηροτροχιάς σε ένα σημείο.

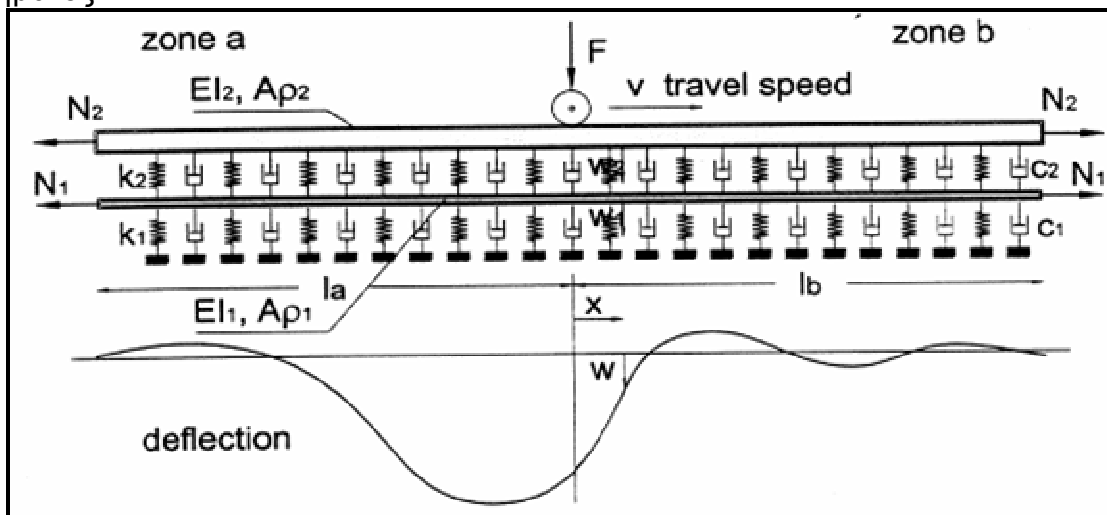
Διάφορα μοντέλα υπολογισμού της γραμμής είναι βασισμένα σε ένα σύστημα ελατηρίου – υδραυλικού εμβόλου. Όμως τα πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα μπορούν να αποκτηθούν από ένα πολυστρωματικό ελαστικό μοντέλο ημι-διαστήματος. Αυτό διευκολύνει για παράδειγμα, την εκτίμηση της επίδρασης της διαφορετικής ακαμψίας των επιμέρους στρωμάτων (Brandl 1970), της συγκόλλησης μεταξύ των ενδοεπιφανειών και της διατάραξης της στρογγυλότητας των τροχών. Ειδικά για το εύρος των συχνοτήτων από 40 έως 400 Hz, οι ιδιότητες των έρμα/υπόβαθρο και αλλοίωσης της στρογγυλότητας των τροχών έχουν σημαντική επίδραση στην αλληλεπίδραση μεταξύ τροχού και σιδηροτροχιάς. Οι χαμηλές συχνότητες (< 40 Hz) σχετίζονται με τα αξονικά φορτία, ενώ οι ψηλές συχνότητες (> 400 Hz) με το κυματοειδές τίναγμα των σιδηροτροχιών.



**Σχήμα 1 . Αναλυτικό μοντέλο προσδιορισμού της δυναμικής απόκρισης στα συστήματα της σιδ/κής γραμμής. Μία εύκαμπτη δοκός συσχετίζει τα στοιχεία επιδομής και υποδομής κατά την κίνηση ενός φορτίου  $F$  με σταθερή ταχύτητα  $v$  (Korff & Adam, 2004, 2005).**

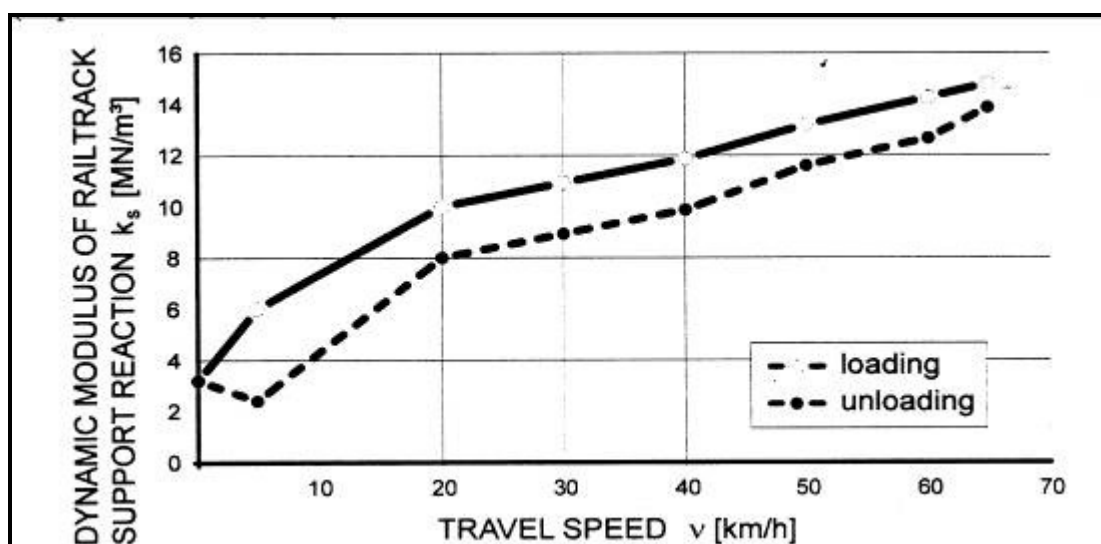
Το παραπάνω μοντέλο του σχήματος 1 εκφράζεται με γραμμική, ομογενή διαφορική εξίσωση τετάρτου βαθμού.

Μεγάλης κλίμακας δοκιμές έδειξαν ότι, τα αποτελέσματα που αποκτήθηκαν από το προηγούμενο μοντέλο δεν ήταν αρκετά ακριβή. Αναπτύχθηκε επόμενα ένα πιο εκλεπτυσμένο μοντέλο που περιλαμβάνει πρόσθετη στρώση από συνεχόμενα ελατήρια ανάμεσα στην εύκαμπτη δοκό και τα δονούμενα στοιχεία. Αυτό απαιτεί λύση για ένα ζεύγος συστήματος από διαφορικές εξισώσεις που ιδεατά μπορεί να παρουσιαστεί με το πιο κάτω μοντέλο του σχήματος 2.



Σχήμα 2. Ζευγάρι δοκών με κινούμενο φορτίο. Σύνθετο μοντέλο δυναμικής απόκρισης της σιδ/κής γραμμής από τους Korf & Adam, 2004, 2005).

Από τα πειράματα που έγιναν επί τόπου στη γραμμή του μετρό της Βιέννης αποδείχθηκε – ανάμεσα στα άλλα – ότι το δυναμικό μέτρο αντίδρασης της γραμμής  $k_s$  είναι σημαντικά υψηλότερο από το στατικό μέτρο και ότι αυξάνεται σαφώς με την αύξηση της ταχύτητας του ταξιδιού λόγω της ιξώδους συμπεριφοράς της δομής (Διάγραμμα 2).



Διάγραμμα 2. Σχέση μεταξύ του δυναμικού μέτρου αντίδρασης της γραμμής και της ταχύτητας

Η ελαστική παραμόρφωση της σιδηροδρομικής κλίνης είναι το κύριο χαρακτηριστικό της συμβατικής σιδ/κής γραμμής. Διευκολύνει τη διανομή των

φορτίων από τον τροχό μέσω της σιδηροτροχιάς σε ένα μεγαλύτερο αριθμό στρωτήρων. Κατά συνέπεια, οι σιδ/κές κλίνες που είναι πολύ στιφρές προκαλούν υψηλότερες συγκεντρώσεις φορτίων κι επομένως μεγαλύτερη φθορά στο έρμα. Αυτό με τη σειρά του βαθμιαία δημιουργεί διαφορικές παραμορφώσεις της σιδηροτροχιάς κάτω από κυκλοφορικά φορτία, υποβάθμιση της γεωμετρίας της γραμμής, επιταχύνοντας τη φθορά των συστημάτων τροχός/σιδηροτροχιά και σιδηροτροχιά/στρωτήρας.

Ως τελική συνέπεια των παραπάνω είναι η μετατόπιση των σιδηροτροχιών η οποία κυμαίνεται ανάμεσα σε ανώτατα και κατώτατα όρια λόγω των διαφορετικών ταχυτήτων, των διαφορετικών αξονικών φορτίων και δομών της γραμμής.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η ελαστική σιδ/κή εκτροπή  $\Delta z$  για διέλευση φορτίου τροχού περίπου 200 KN θα πρέπει να έχει το παρακάτω εύρος:

$$\begin{array}{ll} 1,0\text{mm} \leq \Delta z \leq 2,2 \text{ mm} & \text{για ταχύτητες τρένων } v \leq 160 \text{ km / h} \\ 1,5\text{mm} \leq \Delta z \leq 2,0 \text{ mm} & \text{για υψηλότερες ταχύτητες τρένων.} \end{array}$$

Οι πολύ μικρές από τις επιθυμητές μετατοπίσεις αυξάνουν τις τοπικές παραμορφώσεις και τη φθορά.

Στην περίπτωση της άκαμπτης σιδ/κής κλίνης (σταθερή επιδομή) επί τόπου μετρήσεις έδειξαν ότι οι μετατοπίσεις της γραμμής μειώνονται με την αύξηση της ταχύτητας. Για αυτό οι επιτρεπόμενες ελάχιστες τιμές του  $z$  θα πρέπει να είναι υψηλότερες για υψηλής ταχύτητας τρένα.

Σε ότι αφορά τα επιχώματα και για δομή με έρμα (που διευκολύνει τη συντήρηση), οι υποχωρήσεις που γενικά θεωρούνται ανεκτές είναι αυτές που κυμαίνονται μεταξύ 10 και 30 εκατοστών. Για τις γραμμές χωρίς έρμα οι επιθυμητές υποχωρήσεις πρέπει να είναι πολύ μικρότερες και συγκεκριμένα:

$$\begin{array}{ll} s \leq 6 \text{ cm} & \text{για ταχύτητες τρένων } v \leq 160 \text{ km / h} \\ s \leq 3 \text{ cm} & \text{για υψηλότερες ταχύτητες τρένων.} \end{array}$$

Επιπλέον, οι διαφορικές καθιζήσεις ανάμεσα στις σιδηροτροχιές περιορίζονται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta s_{\text{transversal}} \leq 2 \text{ έως } 3 \text{ mm}$$

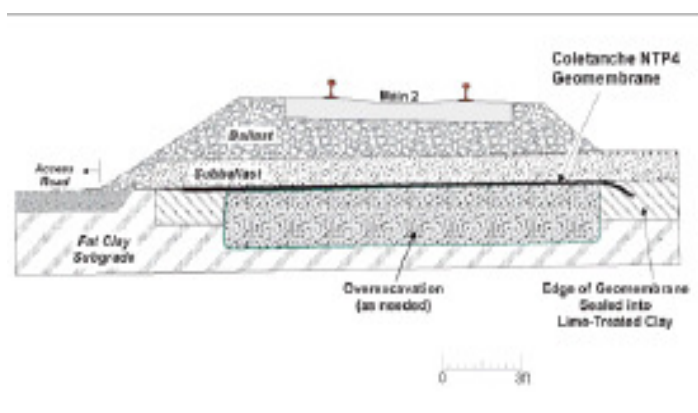
Οι οριζόντιες μετατοπίσεις τυπικά περιορίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq 1 \text{ ως } 2 \text{ cm} \quad \text{για ταχύτητες τρένων } v \leq 160 \text{ km / h}$$

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq 0,2 \text{ ως } 0,5 \text{ cm} \quad \text{για υψηλότερες ταχύτητες τρένων (χαμηλότερες τιμές είναι για γραμμή με έρμα)}$$

### 1.3 «Μια ενδιαφέρουσα περίπτωση.....»

**ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ** προστασίας σιδηροδρομικού υποβάθρου (sub-grade) με οπλισμένη βιτουμενιούχα γεωμεμβράνη (εικόνα 22 κάτω).



**Εικόνα 22**

Η παραπάνω διατομή εφαρμόστηκε στη ΒΔ Nebraska, στο τμήμα μεταφοράς περίπου 250.000 τόνων ορυκτού άνθρακα καθημερινά από τα ορυχεία Wyoming και Montana.

Περιγραφή του προβλήματος: η σύσταση του φυσικού εδάφους είναι μπεντονιτική άργιλος. Τα προβλήματα δημιουργούνται από την επαφή του νερού με την άργιλο δημιουργώντας ένα μαλακό υλικό που προσομοιάζει στην οδοντόπαστα ως προς τη συνεκτικότητα (Ref. Hyslip & Mc Cathy).

Αυτό το υλικό λειτουργεί ως λιπαντικό στον πυθμένα του υποστρώματος και κάτω από επαναλαμβανόμενες φορτίσεις λόγω κυκλοφορίας το υπόστρωμα επιδομής εξωθήθηκε πλευρικά πέρα από τη σιδηροδρομική κλίση.

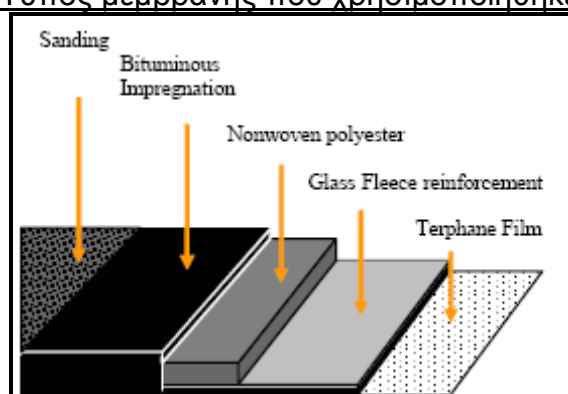
Το αποτέλεσμα ήταν η λέπτυνση του υποστρώματος και τέλος η καθίζηση.

Τι χρειάζεται να γίνει: σταθεροποίηση του υποβάθρου (subgrade) και προστασία από το νερό.

Λύση: συνδυασμός οπλισμένης βιτουμενιούχας γεωμεμβράνης και θεραπείας της άργιλου με ασβέστιο (στο τέλος συμπύκνωση του μίγματος).

Σχόλιο: γιατί όχι μόνο ασβεστοθεραπεία; διότι η άργιλος περιέχει θειικά τα οποία με την παρουσία ασβεστίου και νερού μπορούν να αναπτύξουν τάση διόγκωσης σε βάθος χρόνου. Το φαινόμενο είναι γνωστό ως «επίθεση θειικών». Στην εξειδικευμένη αυτή περίπτωση η ασβεστοθεραπεία της άργιλου χωρίς περιορισμό του νερού με γεωμεμβράνη δεν είναι αρκετή.

Τύπος μεμβράνης που χρησιμοποιήθηκε: βιτουμενιούχα (εικόνα 23 κάτω)



**Εικόνα 23. Βιτουμενιούχα μεμβράνη**

Πλεονέκτημα βιτουμενιούχας μεμβράνης: μεγάλη αντοχή στη διάτρηση, μεγάλη εφελκυστική αντοχή, καλά χαρακτηριστικά τριβής και μακροζωία.





Προετοιμασία βάσης (Εικόνες 24,25)



Εικόνα 26

Εξοπλισμός σταθεροποίησης με ασβέστιο



Εικόνα 27. Τοποθέτηση βιτουμενιούχας γεωμεμβράνης



**Εικόνα 28. Σταθεροποίηση με ασβέστιο**

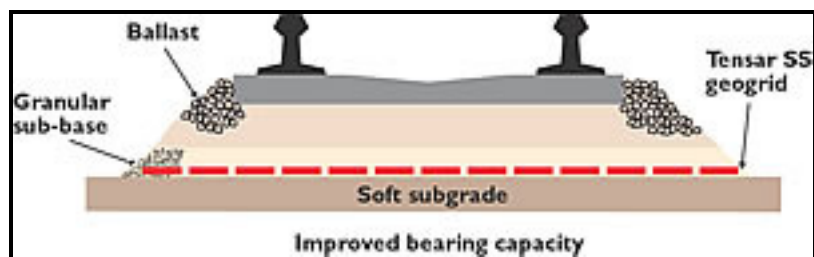


**Εικόνα 29. Κολλήσεις γεωμεμβράνης**

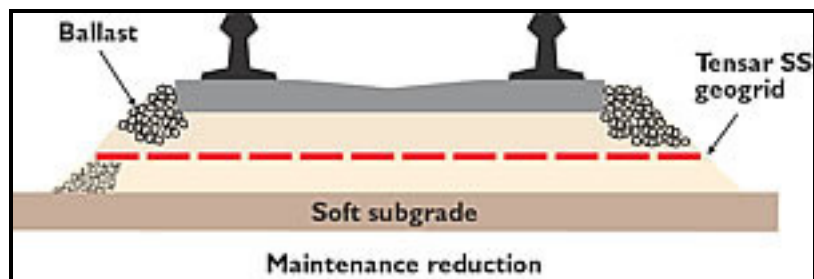


**Εικόνα 30. Τοποθέτηση βιτουμενιούχας γεωμεμβράνης**





**Εικόνα 31**



**Εικόνα 32**



**Εικόνα 33**



**Εικόνα 34**



**Εικόνα 35**



**Εικόνα 36**

**ΕΙΚΟΝΕΣ από 31 ως 36. Βελτίωση γραμμής με γεωσυνθετικά υλικά**

## 1.4 Υπόστρωμα και Στρώση Θεμελίωσης Σιδ/κών Έργων (Σύμφωνα με τις συμβατικές απαιτήσεις των τεχνικών έργων της ΕΡΓΟΣΕ)

### 1.4.1 Υπόστρωμα

Η κατασκευή του υποστρώματος θα γίνεται σύμφωνα με την Π.Τ.Π. Ο155 με τις ακόλουθες προσθήκες ή μεταβολές

#### A) Υλικά

Το υλικό του υποστρώματος θα είναι θραυστό αμμοχάλικο ελευθέρως στραγγιζόμενο, που θα πρέπει να τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις :

#### (1) Απαιτήσεις κοκκομετρίας

- α. Το ποσοστό του διερχόμενου υλικού από κόσκινο με άνοιγμα βρογχίδας 0,6 mm δεν πρέπει να υπερβαίνει το 30% κ.β.
- β. Το ποσοστό του διερχόμενου υλικού από το κόσκινο Νο 200 (με άνοιγμα βρογχίδας 0,074 mm) δεν πρέπει να υπερβαίνει το 7% κ.β.
- γ. Η μέγιστη διάμετρος των κόκκων δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 60 mm
- δ. Η ελάχιστη διάμετρος του μέγιστου κόκκου δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 20 mm
- ε. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού πρέπει να είναι ομαλή (even gradation) τηρουμένων των απαιτήσεων περί φίλτρου που αναφέρονται στην παρακάτω υποπαράγρ. (3) και στην παράγρ. 5.1.2.

#### (2) Απαιτήσεις ανθεκτικότητας

- α. Φθορά κατά Los Angeles:  $\leq 25\%$
- β. Microdeval<sup>1</sup> παρουσία νερού:  $\leq 20$

#### (3) Απαιτήσεις φίλτρου

Επί πλέον είναι ανάγκη να διασφαλίζονται οι παρακάτω απαιτήσεις

- α. Η συμβιβαστότητα των διαφόρων στρώσεων της επιδομής. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να γίνεται έλεγχος ισχύος των κριτηρίων φίλτρου του TERZAGHI (Βλέπε παράγρ. 2.9.5.6 Π.Τ.Π. Χ-1). Ο κανόνας αυτός έχει ακριβή εφαρμογή στην περίπτωση μη συνεκτικών υλικών.
- β. Η αποφυγή του φαινομένου της "άντλησης" (rumping) (η ανύψωση των λεπτών υλικών και η διείσδυσή τους εντός του έρματος) για την περίπτωση υποδομής από συνεκτικά υλικά.

<sup>1</sup> Microdeval : L.P.C. Modes Operatoires HG 16 (Essai Microdeval) AFNOR NF P 18-572.

## B) Διαμόρφωση υποστρώματος

- (1) Στην πράξη, οι στρώσεις υποστρώματος, που έρχονται σε επαφή με υποδομή από λεπτόκοκκα υλικά (ιλυώδη ή αργιλώδη), θα πρέπει να αποτελούνται από υλικά που να περιλαμβάνουν ένα ικανοποιητικό ποσοστό κόκκων από μη συνεκτικό υλικό μεγέθους μικρότερου από 0,2mm.
- (2) Τούτο επιτυγχάνεται με την εφαρμογή της μίας ή της άλλης από τις ακόλουθες μεθόδους :

α. A' Μέθοδος

Το υπόστρωμα αποτελείται από μια απλή στρώση αμμοχάλικου με περίπου 20% λεπτής άμμου (κόκκοι μεγέθους μικρότερου από 0,2mm).

β. B' Μέθοδος

Το υπόστρωμα συντίθεται από δύο στρώσεις ως ακολούθως :

- I. Το άνω τμήμα του υποστρώματος, που έρχεται σε επαφή με το έρμα, αποτελείται από θραυστό αμμοχάλικο, καλώς διαβαθμισμένο, που τηρεί τις ακόλουθες απαιτήσεις συντελεστών ανομοιομορφίας (Uniformity coefficient) και καμπυλότητας (Curvature coefficient) :

- Συντελεστής ανομοιομορφίας  $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 6$
- Συντελεστής καμπυλότητας  $1 < C_c = \frac{(d_{60})^2}{d_{60} \times d_{10}} < 3$

όπου  $d_{10}$ ,  $d_{30}$  και  $d_{60}$  το μέγεθος των κόκκων (σε mm) για το οποίο, αντίστοιχα, 10%, 30% και 60% (κατά βάρος) του υλικού έχει μικρότερο μέγεθος.

- II. Το κάτω τμήμα του υποστρώματος αποτελείται από μια στρώση άμμου - φίλτρου
- III. Τα γεωϋφάσματα μπορούν να βελτιώσουν στις ιδιότητες φίλτρου και την φέρουσα ικανότητα της υποδομής (σχετικό τεύχος ORE D 117 RP24)
- (3) Η παρούσα προδιαγραφή υποστρώματος έχει εφαρμογή για την περίπτωση "άνω τμήματος" υποστρώματος σύμφωνα με την παραπάνω υποπαραγράφο (2) β. I.

## Γ) Παραγωγή - Μεταφορά - Διάστρωση

Η παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά και διάστρωση του υλικού πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο διαχωρισμού και μόλυνσης του υλικού. Συνιστάται η διάστρωση να γίνεται με ειδικό διανομέα (Spreader-Box).

## Δ) Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση πρέπει να γίνεται υπό συνθήκες βέλτιστης υγρασίας ομοιόμορφα κατανεμημένης στη μάζα του υλικού και να συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί πυκνότητα ίση τουλάχιστον προς το 100% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης, Proctor, (ASTM D 1557, AASHTO T-180). Η συμπύκνωση θα γίνεται σε στρώσεις πάχους τέτοιου ώστε μετά το πέρας της συμπύκνωσης το πάχος της στρώσης να μπορεί να είναι μέχρι 0,15 μ., υπό την προϋπόθεση ότι επανειλημμένοι έλεγχοι συμπύκνωσης αποδεικνύουν ότι επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης σ' όλο το πάχος και ότι ικανοποιούνται οι απαιτήσεις ακρίβειας υψομέτρου και ομαλότητας επιφάνειας του αντίστοιχου άρθρου της Τ.Σ.Υ.

Το μέτρο παραμόρφωσης ( $E_{v2}$ ) που προκύπτει κατά την δεύτερη φόρτιση, κατά τη δοκιμή φόρτισης με πλάκα (σύμφωνα με τα πρότυπα DIN 18134 ή NF P 94 117.1) θα πρέπει να είναι  $E_{v2} > 120 \text{ MN/m}^2$ .

## 1.4.2 Στρώση Θεμελίωσης

Η κατασκευή της στρώσης θεμελίωσης θα γίνεται σύμφωνα με την Π.Τ.Π. Ο155 και σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω για το "υπόστρωμα" με τις ακόλουθες προσθήκες ή μεταβολές :

## Α) Υλικά

Το υλικό της στρώσης θεμελίωσης θα είναι θραυστό αμμοχάλικο με διαβάθμιση Γ, Δ ή Ε που έχει φθορές σε τριβή και κρούση κατά Los Angeles  $\leq 27$  και τιμές υγρού Microdeval  $\leq 22$ .

## Β) Παραγωγή - Μεταφορά - Διάστρωση

Η παραγωγή, αποθήκευση, μεταφορά και διάστρωση του υλικού πρέπει να γίνεται κατά τρόπο που να ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο διαχωρισμού και μόλυνσης του υλικού.

## Γ) Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση πρέπει να γίνεται υπό συνθήκες βέλτιστης υγρασίας, ομοιόμορφα κατανεμημένης στη μάζα του υλικού, και να λαμβάνεται σε κάθε περίπτωση η πρόνοια για συμπύκνωση σκάφης ώστε να επιτευχθεί πυκνότητα ίση τουλάχιστον προς το 98% της μέγιστης πυκνότητας που επιτυγχάνεται κατά την τροποποιημένη δοκιμή συμπύκνωσης, Proctor (ASTM D 1557, AASHTO T-180). Η συμπύκνωση θα γίνεται σε στρώση πάχους τέτοιου έτσι ώστε μετά το πέρας της συμπύκνωσης το πάχος της στρώσης να μην υπερβαίνει τα 0,15 m, υπό την προϋπόθεση ότι επανειλημμένοι έλεγχοι συμπύκνωσης αποδεικνύουν ότι επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος βαθμός συμπύκνωσης σ' όλο το πάχος της στρώσης.

## 1.5 Καινοτομικά συστήματα επιδομής για τη σιδηροδρομική γραμμή

Οι προσπάθειες για αντικατάσταση του σιδηροδρομικού έρματος των γραμμών με ένα ανθεκτικότερο υλικό, ξεκίνησαν πολύ παλιά περίπου από το έτος 1920. Από τη στιγμή που η κατασκευή του έρματος κάλυπτε τις απαιτήσεις φορτίου-ταχύτητας και μπορούσε να γίνει με χαμηλό κόστος, οι προσπάθειες αντικατάστασης παρέμειναν κυρίως σε πειραματικό στάδιο.

Με την εφαρμογή υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς ήταν φανερό κι επόμενο το έρμα να λειτουργεί συνεχώς σε οριακά υψηλές τιμές απόδοσης. Σε μεμονωμένες περιπτώσεις, οι ταχύτητες των τρένων έφτασαν σε επίπεδα παγκόσμιας πρωτοτυπίας όπως π.χ. στον Ομοσπονδιακό γερμανικό σιδηρόδρομο με 406 km/h και αργότερα στο γαλλικό σιδηρόδρομο με 514 km/h. Οι ιαπωνικοί σιδηρόδρομοι εισήγαγαν υψηλές ταχύτητες μεταφοράς στη διαδρομή Τόκυο-Οσάκα τη δεκαετία 1960-1970 όπου η διαδρομή αρχικά είχε έρμα. Σε αυτή την περίπτωση για να αποφευχθεί το μεγάλο κόστος της αναγκαίας συντήρησης οι Ιάπωνες αντικατέστησαν το έρμα με πλάκες (σταθερή επιδομή), μέθοδος που δεν είχε εφαρμοστεί στην Ευρώπη. Το μεγάλο κόστος και οι γενικές αμφιβολίες γύρω από την καινούρια καινοτομική κατασκευή εμπόδισαν τη γενική της εφαρμογή μέχρι που έγινε η εισαγωγή της το 1991 στη Γερμανία, σε εφαρμογή συνολικού μήκους 19,7 km από 3 σήραγγες (Sengeberg, Mühlberg και Einmalberg τούνελς) για τη διαδρομή Hannover-Würzburg καθώς και για τη σήραγγα Markstein κατά μήκος της νέας διαδρομής Mannheim-Stuttgart. Επιπλέον, διατομές με σταθερή επιδομή κατασκευάστηκαν από το 1993 έως το 1994 μεταξύ Berlin-Hamburg και Berlin-Halle και πάνω στην καινούρια κατασκευή της συνδετήριας καμπύλης Würzburg-Aschaffenburg. Για μια ακόμα φορά σχολιάστηκε αρνητικά το μεγάλο κόστος της σταθερής επιδομής (slab track) σε σχέση με το σιδηροδρομικό έρμα.

Όμως το έρμα άρχισε να δίνει σαφείς ενδείξεις φθοράς μόλις μετά από λίγα χρόνια με την μορφή πολυάριθμων «λευκών κηλίδων» σε διατομή σιδηροδρομικής γραμμής βαριάς κυκλοφορίας, μεταξύ Göttingen-Fulda. Με δεδομένο το γεγονός αυτό, η κριτική των «slab tracks» απέκτησε θετικό περιεχόμενο και κατέστη δυνατό να κατασκευαστεί σταθερή επιδομή για περίπου 190 km και για 30 αλλαγές στην υψηλής ταχύτητας διατομή Berlin-Hanover. Η διατομή αυτή τέθηκε σε κυκλοφορία το Σεπτέμβριο του 1998.

Αν κοιτάξει κανείς πίσω στην ιστορία των σιδηροδρόμων, θα σημειώσει ότι τα τελευταία 140 χρόνια τα φορτία των τροχών έχουν αυξηθεί από 2 τόνους το 1835 σε 22,5 τόνους σήμερα. Στις μέρες μας, ο σχεδιασμός περιλαμβάνει ένα σετ φορτίων στον τροχό περίπου 25 τόνους. Ενώ στο παρελθόν τα επιβατικά και εμπορικά τρένα είχαν ταχύτητες 25 km/h, εκατό χρόνια αργότερα τα επιβατικά τρένα έφταναν τα 140 km/h (σε λίγες περιπτώσεις τα 160 km/h) και τα εμπορικά πάνω από 65 km/h. Σήμερα στη Γερμανία, η μέγιστη ταχύτητα των επιβατικών τρένων είναι 250 km/h και για γρήγορα εμπορικά τρένα 160 km/h.

Όταν συζητάμε για επιδομή με έρμα, μιλάμε για σιδηροτροχιές που «κολυμπάνε» μέσα σε μία κλίνη από σκύρα έρματος. Αντίθετα η σταθερή

επιδομή έχει «τσιμεντωμένες» ή προσαρτημένες πάνω σε ένα υποστηρικτικό στρώμα από σκυρόδεμα ή άσφαλο. Η συμβατική θέση κολύμβησης του ζεύγους των σιδηροτροχιών οδηγεί στην αύξηση των δυναμικών οριζόντιων και κάθετων δυνάμεων κάθε στιγμή που ένα τρένο περνά πάνω από τη γραμμή. Αυτή η αύξηση, οδηγεί σε μετατοπίσεις της θέσης του σιδηροδρομικού ανοίγματος και στο θορυβώδες ταξίδι. Αιτιολογείται έτσι γιατί το έρμα όντας το ασθενέστερο στοιχείο για την μεταφορά υψηλών ταχυτήτων, αντικαθίσταται με άλλο πιο ανθεκτικό υλικό όπως το σκυρόδεμα ή η άσφαλος. Σε αντίθεση με το έρμα, τα υλικά σκυροδέματος και ασφάλτου απελευθερώνουν πολύ ελαφρές και μη πλαστικές παραμορφώσεις κάτω από φορτία τρένων.

Αυτή η τροποποίηση οδήγησε στον όρο «ballastless track». Στα γερμανικά ο αντίστοιχος όρος είναι “Feste Fahrbahn” (FF). Στα γαλλικά είναι γνωστός ο όρος ως «voie sur dalle» (Vsd) και στα αγγλικά ο όρος «slab track» (St).

Οι κύριες αιτίες πίσω από τις αποφάσεις εφαρμογής της σταθερής επιδομής για υψηλές ταχύτητες μεταφοράς είναι : οι αισθητά μειωμένες απαιτήσεις συντήρησης σε σχέση με το έρμα, λιγότερο θορυβώδης διαδρομή και υψηλότερα επίπεδα άνεσης ταξιδιού.

Οι πιο γνωστές δομές σταθερής επιδομής που εφαρμόζονται σήμερα σύμφωνα με τον καθηγητή Coenraad Esveld (Delft University of Technology, Netherlands) είναι:

- Rheda, Züblin και άλλες ποικιλίες (Γερμανία).
- Stedef, Sonnevillie Low Vibration (Γαλλία).
- Walo (Ελβετία).
- Edilo block track (Ολλανδία).
- Shinkansen (Ιαπωνία, Ν. Κορέα).
- IPA (Ιταλία).
- OBB – Porr (Αυστρία).
- Embedded rail structure (Ολλανδία).

Π.χ. η σταθερή επιδομή στο σταθμό Rheda (διαδρομή Bielefeld-Hamm), η οποία επιτρέπει ταχύτητες μεγαλύτερες των 200 km/h, από το 1972 δεν έχει σχεδόν καθόλου έξοδα συντήρησης. Μία άλλη κύρια αιτία κατασκευής σταθερής επιδομής, είναι η υψηλή ποιότητα του ανοίγματος (rail span), διότι ένα ήσυχο όχημα που τρέχει με ψηλές ταχύτητες σχετίζεται με την άνεση ταξιδιού η οποία παραμένει στο ίδιο επίπεδο. Τρένα όπως το ICE, με ταχύτητες πάνω από 300 km/h, απαιτούν γραμμές πολύ σταθερές για να κυλούν τα τρένα ομαλά (smoothly) και χωρίς συντήρηση. Επιπλέον, η σταθερή επιδομή σε σχέση με το έρμα έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- χαμηλότερη επένδυση μέσα από μικρότερο εύρος παραμέτρων
- χαμηλότερα στατικά και δυναμικά φορτία στα υποκείμενα στρώματα. Αυτό οφείλεται στην επίδραση διανομής φορτίου του σκυροδέματος ή των υποστηρικτικών πλακών από άσφαλο.
- Διπλάσια έως τριπλάσια ζωή



- υψηλή ενεργητική ασφάλεια (λόγω αύξησης αντίστασης των εγκάρσιων δυνάμεων).
- χαμηλότερη φθορά οχημάτων (επειδή διατηρεί τη γραμμή στη θέση της)
- εύκολη χρήση των φρένων στα οχήματα (μείωση κόστους στα φρένα)
- αυξάνεται η πρόσβαση λειτουργίας στη γραμμή μέσω της χαμηλής συντήρησης.

#### Μειονεκτήματα:

- Άμεσο υψηλό κόστος
- Υψηλότερος χρόνος κατασκευής
- Περιορισμένες επιλογές στη ρύθμιση των αλλαγών σε λειτουργίες και
- υψηλότερες εκπομπές δόνησης του αέρα.

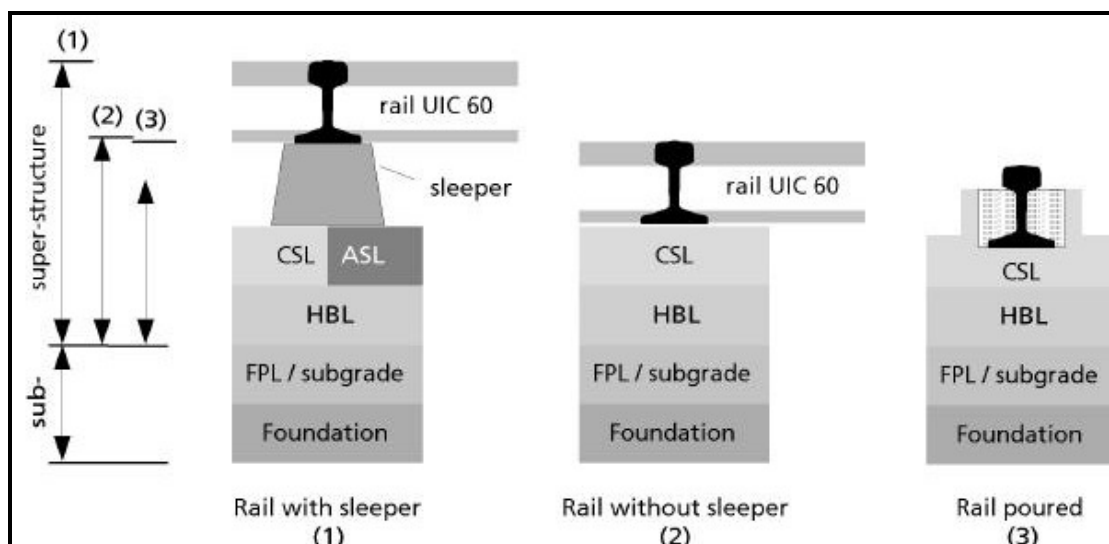
- Σήμερα, η κατασκευή σταθερής επιδομής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόκληρο το σιδηροδρομικό δίκτυο, τόσο σε γαιώδες περιβάλλον, σε σήραγγες και σε γέφυρες. Η σταθερή επιδομή δε σχετίζεται μόνο με την κατασκευή της νέας σιδηροδρομικής γραμμής υψηλής ταχύτητας. Μπορεί να εφαρμοστεί και κατά την ανακατασκευή υφιστάμενων δικτύων λόγω του μικρότερου πλάτους κατάληψης και του μικρότερου ύψους σε σχέση με την επιδομή που περιλαμβάνει έρμα από σκύρα.

### **1.5.1 Κατασκευαστικά στοιχεία**

#### **1.5.1.1 Γενικά**

Στην κατασκευή σταθερής επιδομής το έρμα αντικαθίσταται από ένα ανθεκτικότερο υλικό όπως είναι το σκυρόδεμα ή η άσφαλτος. Για να επιτευχθεί το απαιτούμενο επίπεδο ελαστικότητας της γραμμής για το σύστημα τροχός/σιδηροτροχιά-ελαστικότητα που επιτυγχάνεται με τα σκύρα-χρησιμοποιούνται ελαστικά τεμάχια για τα σημεία στήριξης της σιδηροτροχιάς. Το ελαστικό αυτό παρέμβυσμα έχει ελαστικότητα  $22,5 \pm 2,5$  kN / mm που αντιστοιχεί σε υποχώρηση σιδηροτροχιάς περίπου 1,5 mm για στατικό αξονικό φορτίο 200 kN.

Η κατασκευαστική αρχή της σταθερής επιδομής, βασίζεται σε μία στρωματογραφική δομή με επίπεδο στιφρότητας που μειώνεται από πάνω προς τα κάτω (εικόνα 37).



**Εικόνα 37 : Τρεις διαφορετικές κατασκευές σταθερής επιδομής (Franz Quante “ Innovative Track Systems Technical Construction)**

- όπου CSL (= concrete supportive layer) στρώμα από σκυρόδεμα
- όπου ASL (= asphalt supportive layer) στρώμα από ασφάλτο
- όπου HBL = hydraulically – bonded layer
- FPL = Frost protection layer
- Foundation = θεμελίωση

Η στρωματογραφική δομή σταθερής επιδομής περιγράφεται συνοπτικά από τη διάκριση των συμπαγών (bonded) και των μη συμπαγών (non-bonded) ομάδων. Η βασική αρχή που εφαρμόζεται είναι η μείωση της σφιφρότητας από πάνω προς τα κάτω. Ως συμπαγείς στρώσεις θεωρούνται οι υπερκείμενες στρώσεις από σκυρόδεμα ή ασφάλτου καθώς και οι υδραυλικά σταθεροποιημένες στρώσεις που βρίσκονται από κάτω (hydraulically – bonded layers).

Ως μη συμπαγείς στρώσεις θεωρούνται η στρώση προστασίας για τον παγετό (από πάνω) καθώς και η στρώση θεμελίωσης χαμηλότερα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι τα στρώματα ασφάλτου χρησιμοποιούνται κυρίως στα υπερκείμενα συμπαγή στρώματα (upper bonded layers).

Υπενθυμίζεται ότι το στρώμα ασφάλτου δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κατασκευές χωρία στρωτήρες.

Η στρώση προστασίας από παγετό λειτουργεί ως ελαστικό μέσο ανάμεσα στο συμπαγές στρώμα και τη θεμελίωση.

Ένα υδραυλικά συμπαγές στρώμα βοηθά στο να αποφευχθούν οι υπερπίεσεις της σιδηροδρομικής κλίνης που οφείλονται σε δυναμικά φορτία.

-Τυπικά γεωμετρικά στοιχεία σταθερής επιδομής:

- Εργασία πολύ υψηλής ακρίβειας

- Θεωρείται ως  $45^\circ$  η γωνία διανομής φορτίου στη διαστασιολόγηση των στρωμάτων της σιδηροδρομικής κλίνης.
- Ελάχιστο πλάτος ( $b_i$ ) στρωτήρων ίσο με 2,2 μέτρα (εικόνα)
- Τα πλάτη των επί μέρους στρωμάτων προκύπτουν από τις γωνίες διανομής φορτίου και από το απαιτούμενο πάχος των στρωμάτων.
- πρόσφατα υιοθετήθηκε ένα πλάτος ( $b_3$ ) ίσο με 3,8 μέτρα στο υδραυλικά συμπαγές στρώμα για τρένα υψηλής ταχύτητας.
- Για στρώση HBL πάχους 30 εκατοστά το πλάτος  $b_2$  (με υπερκείμενο CSL ή ASL και γωνία διανομής φορτίου  $45^\circ$ ) είναι 3,2.

### 1.5.1.2 Σιδηροτροχιές για σταθερή επιδομή

Ο συνηθισμένος σχεδιασμός της κατασκευής της σταθερής επιδομής (slab track) χρησιμοποιεί σιδηροτροχιές κατηγορίας UIC 60. Άλλες διατομές σιδηροτροχιάς όπως π.χ. η διατομή S54 χρησιμοποιούνται για χαμηλότερες ταχύτητες ή μικρότερα αξονικά φορτία ή, όταν απαιτείται κατασκευή γραμμής χαμηλότερου ύψους.

Επίσης είναι σε ερευνητικό στάδιο νέα σχέδια σιδηροτροχιών π.χ. για έγχυτες σιδηροτροχιές σε καλούπι απλής ορθογωνικής δοκού.

### 1.5.1.3 Σύνδεσμοι σιδηροτροχιών

Για κατασκευή σταθερής επιδομής προτιμώνται σύνδεσμοι ρυθμιζόμενοι (πλευρικά καθώς και ως προς το ύψος). Έτσι δίνεται το περιθώριο ρυθμίσεων που σχετίζονται με ανοχές συμπίκνωσης ή καθίζησης του υπεδάφους που μπορεί να εμφανιστεί αργότερα.

Οι ρυθμιζόμενοι σύνδεσμοι σταθερής επιδομής, έχουν σχεδιαστεί μόνο για σημειακής στήριξης σιδηροτροχιά και πρέπει να κατασκευάζονται με μεγάλη ακρίβεια.

Σχετικά με τις επιλογές ρύθμισης των συνδέσμων και μετά τη διαδικασία κατασκευής σταθερής επιδομής, χρειάζεται μια απόσταση  $\pm 4$  mm πλευρικά και για ύψος μια απόσταση 20 mm ώστε να επιτρέπεται η διόρθωση σε αλλαγές στη θέση της θέσης της σιδηροτροχιάς που οφείλονται σε κατασκευαστικές ατέλειες και φορτία λειτουργίας.

Ως σύνδεσμοι χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι ελαστικών σφικτήρων αγκύρωσης. Πρέπει να αναφερθεί ότι για «αλλαγές» χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σύνδεσμοι σημειακής στήριξης.

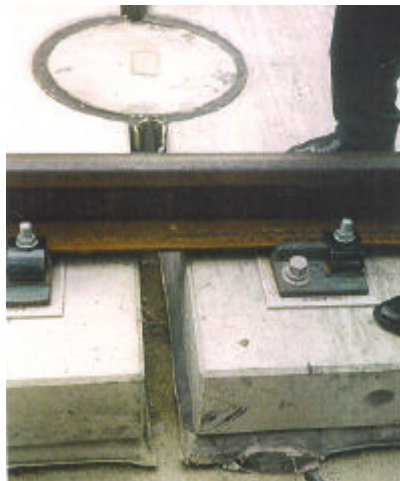
### 1.5.1.4 Στρωτήρες για σταθερή επιδομή

Οι στρωτήρες είναι η πιο απλή και σίγουρη μέθοδος στη σταθερή επιδομή για το σχεδιασμό της απαιτούμενης σιδηροτροχιάς. Είναι δυνατό να προσαρτηθούν μαζί με τις σιδηροτροχιές, για να σχηματίσουν τη γραμμή (rail span) ή να τοποθετηθούν ξεχωριστά. Επίσης ανάλογα με τον τύπο της σταθερής επιδομής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικής διατομής στρωτήρες. Λόγω της ποικιλίας των στρωτήρων από σκυρόδεμα που

αναπτύχθηκαν για τα αντίστοιχα συστήματα σταθερής επιδομής, υιοθετήθηκαν αριθμοί περιγραφής στρωτήρων οι οποίοι αναγράφονται πάνω στην επιφάνεια τους.



**Εικόνα 38. Σκυροδέτηση σταθερής επιδομής τύπου Rheda (Γερμανία)**

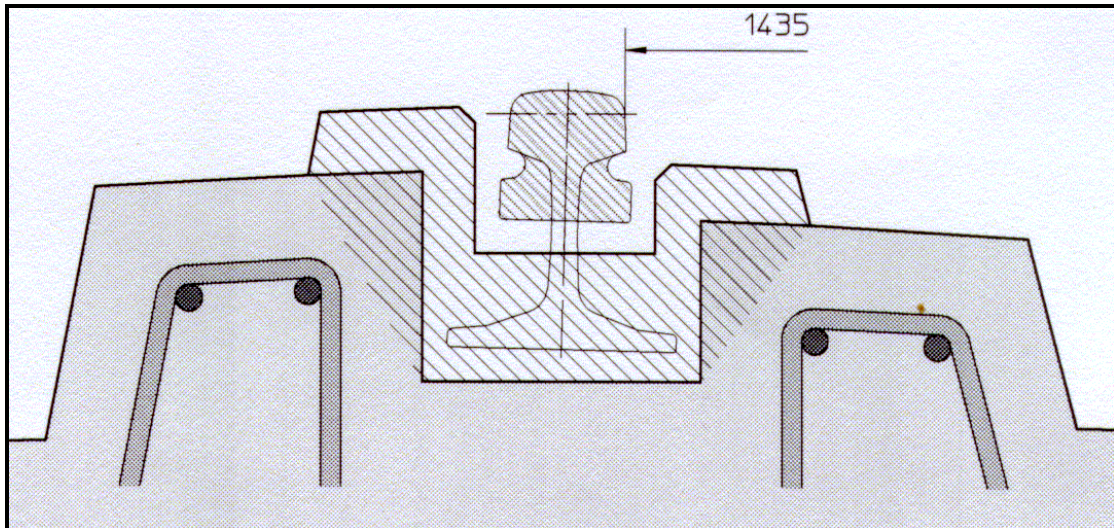


**Εικόνα 39. Επίδεση σε σταθερή επιδομή τύπου Shinkansen (Ιαπωνία, Ν. Κορέα)**



**Εικόνα 40. Σταθερή επιδομή τύπου Shinkansen στην Ιαπωνία**





**Εικόνα 41**

**Σιδηροτροχιά χαμηλού θορύβου**

**Η πιο πάνω σιδηροτροχιά τύπου SA42 έχει δυνατότητα μεταφοράς αξονικού φορτίου της τάξης των 225 kN και παράγει λιγότερο θόρυβο κατά 5 db**



**Εικόνα 42. Σταθερή επιδομή τύπου Rheda υπό κατασκευή**



**Εικόνα 43. Προφίλ μαξιλαροειδούς στρωτήρα σε υπό κατασκευή σταθερή επιδομή τύπου Züblin.**



**Εικόνα 44. Κατασκευή σταθερής επιδομής (τύπου Züblin)**





**Εικόνα 45. Σταθερής επιδομή (τύπου Züblin)**



**Εικόνα 46. Σταθερή επιδομή υπό κατασκευή (τύπου Züblin)**





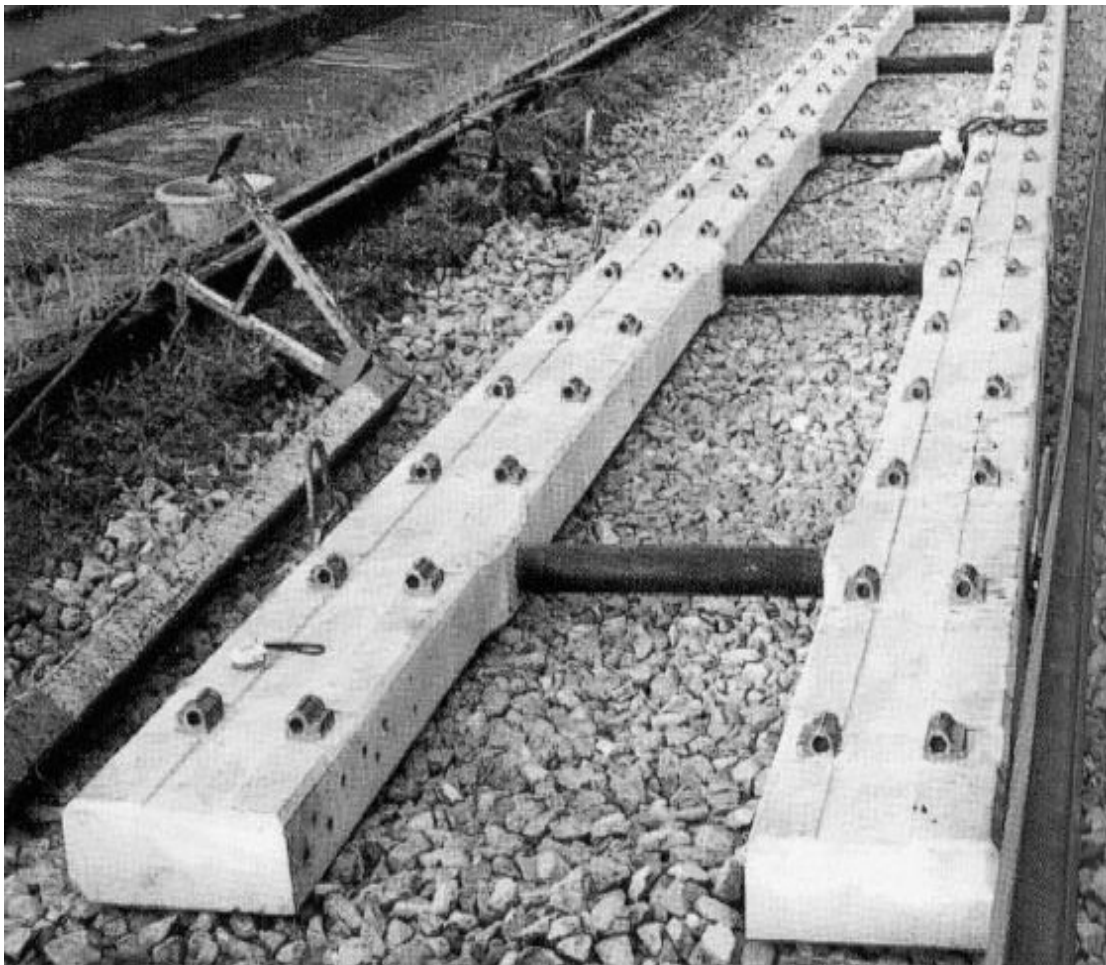
**Εικόνα 47. Σταθερή επιδομή σε ημιτελές και ολοκληρωμένο στάδιο (Rheda)**

#### **1.5.1.5 Σιδηροδρομική γραμμή τύπου σκάλας (ladder track)(εικόνα 48).**

**Ladder track** : μικτή δομή, περιλαμβάνει δύο επιμήκεις δοκούς από σκυρόδεμα με εγκάρσιους συνδετήρες από χαλυβδοσωλήνες οι οποίοι εισάγονται μεταξύ ανώτερης και κατώτερης σειράς προεντεταμένων τενόντων που βρίσκονται ενσωματωμένοι μέσα στο υψηλής ποιότητας σκυρόδεμα των δοκών. Όλο το σύστημα εδράζεται πάνω σε έρμα από σιδ/κά αδρανή.

Το βάρος του στρωτήρα τύπου «σκάλας» ανά μονάδα μήκους γραμμής διατηρείται σε παρόμοιο επίπεδο με αυτό του στρωτήρα τύπου μονομπλόκ (mono-block).

Οι σωληνωτοί συνδετήρες απέχουν μεταξύ τους 3 μέτρα έτσι ώστε ο στρωτήρας τύπου σκάλας να έχει πολλαπλάσιο μήκος (π.χ. 6 μέτρα, 9 μέτρα κλπ.). Το μέγιστο μήκος που χρησιμοποιείται είναι στα 12 μέτρα (Εικόνα 48 κάτω).



**Εικόνα 48. Ladder track**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΙΔ/ΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

#### 2.1 Εξασφάλιση του άξονα της γραμμής

#### 2.2 Στρώση γραμμής και αλλαγών

##### I. Μεταφορά σιδηροτροχιών επί τόπου του έργου

Οι σιδηροτροχιές είναι τύπου UIC 60 σε τεμάχια των 36m και 18m. Συγκολλούνται με την αλουμινοθερμική μέθοδο σε μήκη των 180 μέτρων επί τόπου του έργου. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται κατά τη φόρτωση και εκφόρτωση των σιδηροτροχιών λόγω του μεγάλου μήκους κάθε σιδηροτροχιάς για την αποφυγή φθορών και παραμορφώσεων.

##### II Κατασκευή καναλιού φορέα τηλεδιοίκησης και οπτικής ίνας.

##### III Προσκυρόστρωση

Πριν τη διάστρωση της πρώτης στρώσης των σκύρων θα γίνει έλεγχος του σώματος της υποδομής, καθώς και όλες οι απαιτούμενες τοπογραφικές εργασίες (χάραξη αξόνων, μόνιμη εξασφάλιση αυτών, κλπ.). Σαν τελικό αποτέλεσμα πρέπει να είναι μια ενιαία και επίπεδη επιφάνεια για την υποδοχή των στρωτήρων, η παραλαβή της οποίας γίνεται βάσει διατομών.

##### IV. Μεταφορά και τοποθέτηση των στρωτήρων στην προβλεπόμενη αξονική τους απόσταση.

Οι στρωτήρες είναι ολόσωμοι και προεντεταμένοι, με το υλικό συνδέσμων στερέωσης των σιδηροτροχιών και τα ελαστικά πέλματα. Ο τρόπος φόρτωσης και τοποθέτησης των στρωτήρων στα βαγόνια ή άλλο μεταφορικό μέσο καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ τους, η στήριξη τους και ο αριθμός των σειρών που φορτώνονται θα γίνονται με τους κανονισμούς του ΟΣΕ, τα Συμβατικά τεύχη και την μέθοδο που θα προτείνει ο Ανάδοχος.



Εικόνα 49. Τοποθέτηση στρωτήρων μετά την προσκυρόστρωση





**Εικόνα 50. Τοποθέτηση ολόσωμων στρωτήρων**

- V. Συναρμολόγηση – Σκυρόστρωση – Τακτοποίηση της γραμμής
- τοποθέτηση συνδέσμων, ελαστικών πελμάτων, σιδηροτροχιών επί στρωτήρων, γώνιασμα, δέσιμο.
  - δεύτερη φάση σκυρόστρωσης από ειδικά σκυροβάγωνα με ρυθμιζόμενες θυρίδες ροής σκύρων στο κέντρο της γραμμής και πλευρικά (αριστερά, δεξιά της γραμμής).

- Η διάστρωση γίνεται με το μηχάνημα μόρφωσης έρματος (Ρεγκαλέζα) και στη συνέχεια θα γίνει η υψομετρική και οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής με το μηχάνημα τακτοποίησης της γραμμής (Μπουρέζα).
- Ακολουθεί η μηχανή σταθεροποίησης (Σταμπιλιζάτορας).
- Τρίτη φάση σκυρόστρωσης με διάστρωση 10cm συμπιεσμένου σκύρου με σκυροβάγωνα και την τακτοποίηση της γραμμής με την ίδια σειρά μηχανημάτων τακτοποίησης της γραμμής (όπως προηγουμένως).
- Αλουμινοθερμική συγκόλληση των σιδηροτροχιών.
- Σκυρόστρωση και τακτοποίηση των αλλαγών οριζοντιογραφικά και υψομετρικά με τη χρήση μηχανήματος υπογόμεωσης ή ελαφρών φορητών μηχανημάτων υπογόμεωσης.



**Εικόνα 51. Εργασίες σκυρόστρωσης**

VI. Τοποθέτηση αντιτροχιών (κόντρα ράγια)

VII. Απελευθέρωση τάσεων γραμμής

Η απελευθέρωση τάσεων γίνεται όταν ολοκληρώνονται όλες οι εργασίες και έλθει η γραμμή στην οριστική της θέση.

VIII. Παραλαβή γραμμής

Μετά το πέρας των εργασιών και προκειμένου να δοθεί σε κυκλοφορία η γραμμή ή τμήματα της, θα γίνει παραλαβή της βάσει των στοιχείων του καταγραφικού μηχανήματος του ΟΣΕ EM-120 ή με άλλο παρόμοιο. Η εργασία αυτή θα γίνει αφού περάσει για μια πρόσθετη φορά το μηχάνημα σταθεροποίησης έρματος (σταμπιλιζάτορας) με ευθύνη και δαπάνες του Αναδόχου.

IX. Τοποθέτηση σιδηροδρομικών σημάτων.





Νέα Διπλή Σιδ/κή Γρ. Υψηλών Ταχυτήτων  
Εικόνα 52



Επίδεση σιδηροτροχιάς με το στρωτήρα  
Εικόνα 53



Εικόνα 54  
Σιδηροδρομική Γραμμή Μικτού εύρους



Εικόνα 55  
Γραμμή Μικτού εύρους και ανεξάρτητη  
σιδηροδρομική Γραμμή δίπλα  
(Σταθμός Κιάτου)

### 2.3 Μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για στρώση σιδηροδρομικής γραμμής.

- ο **ΜΠΟΥΡΕΖΑ** ≡ μηχανήμα βαρέως τύπου, υπογόμεσης στρωτήρων, υψομετρικής και οριζοντιογραφικής τακτοποίησης της γραμμής, με γόμευση ανά δύο στρωτήρες (εικόνες 56 & 57).



Εικόνες 56 & 57. ΜΠΟΥΡΕΖΑ





Εικόνα 58 από ΜΠΟΥΡΕΖΑ



Εικόνα 59. Δονητικοί βραχίονες ΜΠΟΥΡΕΖΑΣ

- **ΜΠΟΥΡΕΖΑ ΑΛΛΑΓΩΝ** = μηχανήμα υπογόμεσης στρωτήρων υψομετρικής και οριζοντιογραφικής τακτοποίησης των αλλαγών τροχιάς που να έχει τη δυνατότητα ανύψωσης και για τους δύο κλάδους της αλλαγής ταυτόχρονα.
- **ΡΕΓΚΑΛΕΖΑ** = μηχανήμα διαμόρφωσης έρματος με διάφορα εξαρτήματα για την απομάκρυνση των σκύρων από τη σιδηροτροχιά και τους συνδέσμους, ελευθέρωση του πάνω μέρους του στρωτήρα από σκύρα και μόρφωση της διατομής σύμφωνα με την τυπική διατομή (Εικόνες 60 & 61)



Εικόνες 60 & 61. ΡΕΓΚΑΛΕΖΑ



- ο **ΣΤΑΜΠΙΛΙΖΑΤΟΡΑΣ** = μηχανήμα δυναμικής σταθεροποίησης(εικόνες 62 ως 65).



Εικόνα 62. ΣΤΑΜΠΙΛΙΖΑΤΟΡΑΣ



Εικόνα 63. Κάτω τμήμα Σταμπιλιζάτορα





Εικόνα 64. Σταμπιλιζάτορας



Εικόνα 65. Σταμπιλιζάτορας

ο **ΒΑΓΟΝΙΑ ΦΟΡΤΩΣΗΣ ΣΚΥΡΩΝ** (εικόνες 66 & 67)



**Εικόνα 66**



**Εικόνα 67**



○ **ΟΧΗΜΑΤΑ ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗΣ ΜΙΚΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ**  
(εικόνες 68 & 69)



**Εικόνα 68**



**Εικόνα 69**

- **ΜΗΧΑΝΗ ΕΛΙΓΜΩΝ** ≡ έχει μεγάλες δυνατότητες προώθησης ή/και ρυμούλκησης συρμών (εικόνα 70).



Εικόνα 70. Μηχανή ελιγμών

- **ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ** (εικόνες 71 & 72)



Εικόνα 71





Εικόνα 72



Εικόνα 73. Γεωφυσικός έλεγχος γραμμής

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>****ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟ ΕΡΜΑ****3.1 Γενικά**

Παραδοσιακά, τα κατάλληλα υλικά έρματος είναι γωνιώδη, θραυστά, σκληρά, ομοιόμορφα διαβαθμισμένα, ελεύθερα σκόνης και βρωμιάς καθώς και μη επιρρεπή στη συγκόλληση (τσιμεντοποίηση). Όμως, εξαιτίας της έλλειψης διεθνούς συμφωνίας στις Προδιαγραφές για υλικά έρματος, η διαθεσιμότητα και η οικονομικότητα έχουν γίνει οι κύριοι παράγοντες επιλογής των υλικών για έρμα.

Η εμπειρία του παρελθόντος έχει δείξει ότι η προοδευτική θραύση των υλικών του έρματος, (με αιτία το φορτίο κυκλοφορίας και τη δονητική συμπίκνωση συντήρησης και τη διείδυση των υλικών από το εξωτερικό περιβάλλον π.χ. από υπερχείλιση βαγονιών και φιλτράρισμα των υποκείμενων υλικών μέσα στη στρώση του έρματος), έχει ως αποτέλεσμα και την υποβάθμιση της γραμμής. Η απόκριση του ακατάλληλου έρματος εξαρτάται πολύ από τους τύπους των ακατάλληλων υλικών, την ποσότητα τους και το περιεχόμενο σε νερό.

**3.2 Οι δυνάμεις που ασκούνται στο έρμα**

Σύμφωνα με τον Profillidis (1995) μόνο εκτίμηση του επιπέδου των φορτίων που ασκούνται στο έρμα μπορεί να γίνει, λόγω των πολυάριθμων παραμέτρων που επιδρούν σε αυτό όπως είναι π.χ. τα χαρακτηριστικά του συρμού, οι συνθήκες λειτουργίας του (ταχύτητα και επίπεδο φορτίου), περιβαλλοντικές συνθήκες κλπ.

Υπάρχουν δύο κύριες δυνάμεις που δρουν πάνω στο έρμα, είναι η κάθετη - στο επίπεδο των σιδηροτροχιών - δύναμη του κινούμενου τρένου και η δύναμη σύνθλιψης (squeezing) από τη δονητική συμπίκνωση της συντήρησης.

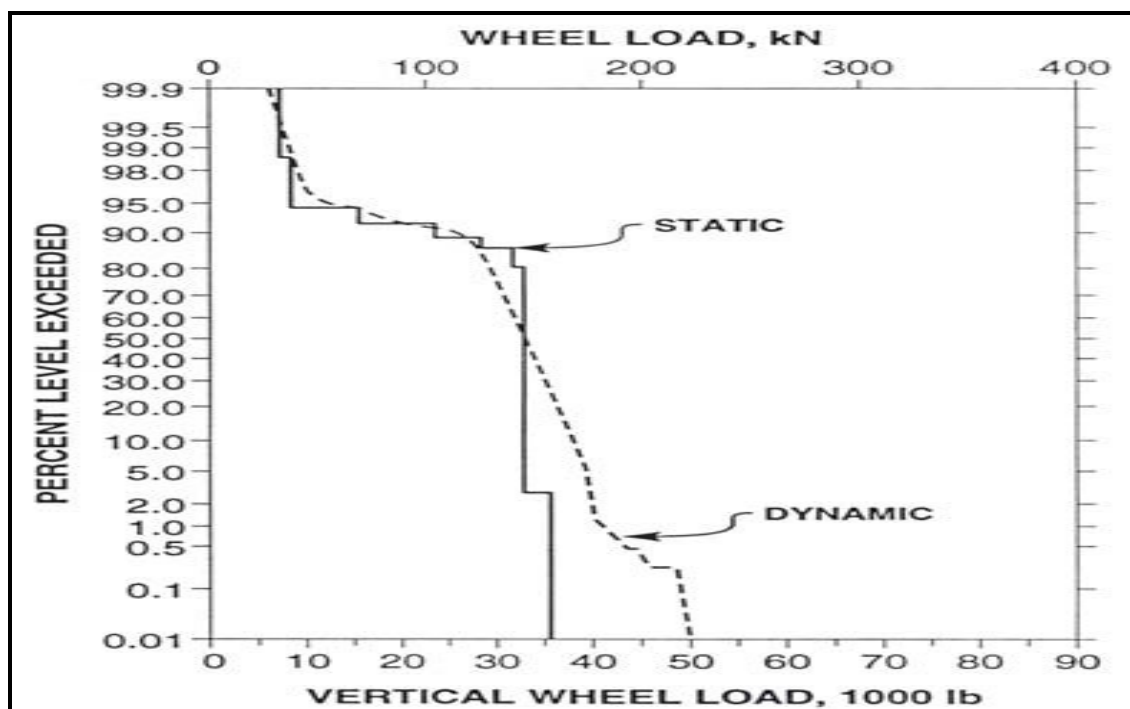
Η κάθετη στο επίπεδο της γραμμής δύναμη, είναι ένας συνδυασμός στατικού φορτίου και δυναμικού περιεχομένου. Το στατικό φορτίο είναι το νεκρό φορτίο του τρένου και οι δυνάμεις αντίδρασης στις καμπύλες (Esveld 1989). Το δυναμικό περιεχόμενο, γνωστό και σαν δυναμική προσαύξηση, είναι αποτέλεσμα των ανωμαλιών της γραμμής, (διαφορικές καθιζήσεις στο έρμα, ασυνέχειες στις κολλήσεις, φθορά των τροχών του τρένου, κλπ.) και εξαρτάται από την ταχύτητα του τρένου και τις συνθήκες της γραμμής. Το επίπεδο της πίεσης που ασκεί η κάθετη δύναμη στη διεπιφάνεια «στρωτήρα/έρμα», μεταβάλλεται κατά μήκος του πυθμένα του στρωτήρα, δίνοντας μέγιστη τιμή στο σημείο στήριξης της σιδηροτροχιάς και μικρότερη προς την μέση και τα άκρα (Clarke 1957; Neil 1976; Kerr 1976).

Εκτός από τις δύο αυτές κύριες δυνάμεις, το έρμα υπόκεινται σε πλευρικές και διαμήκεις δυνάμεις, οι οποίες είναι πολύ δυσκολότερο να προβλεφθούν από ότι οι κατακόρυφες.

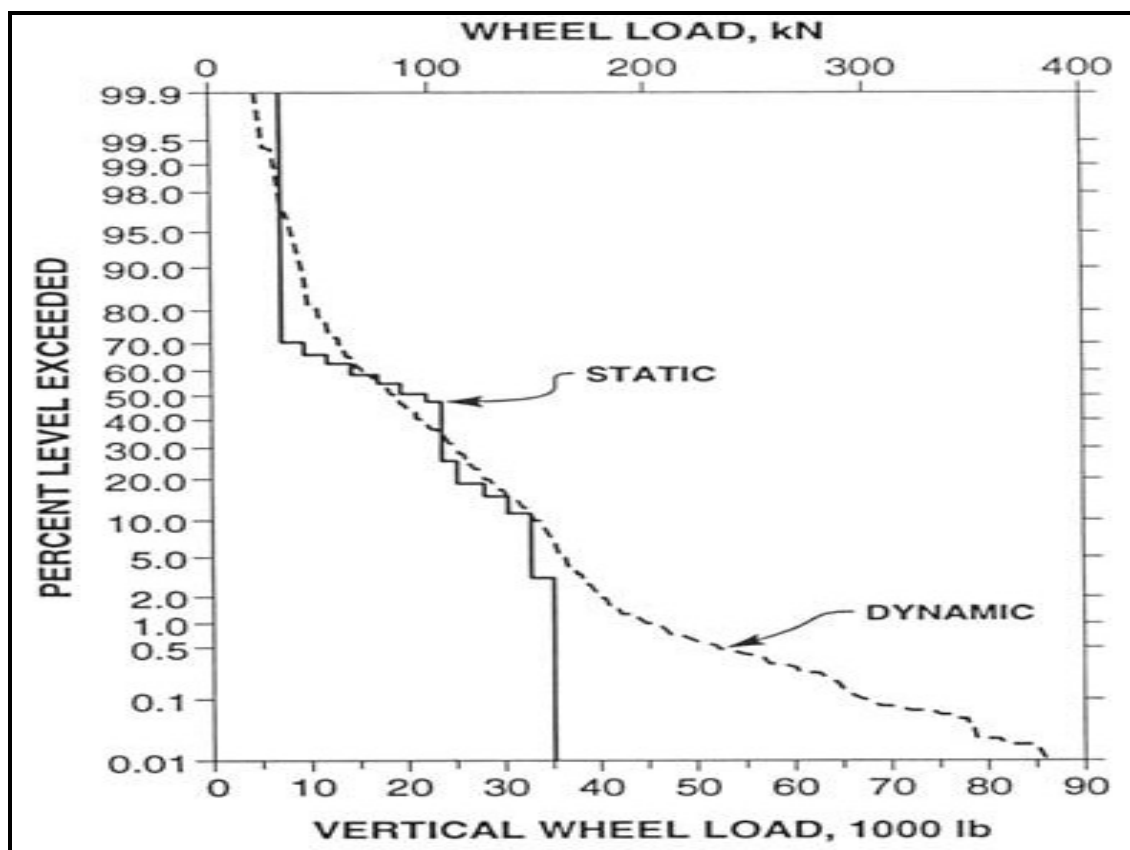
Σχετικά με τις πλευρικές δυνάμεις (παράλληλες προς τον άξονα των στρωτήρων), ο Profillidis (1995) παρουσίασε τις πηγές τους ως εξής: (α) στις

ευθείες η πλευρική συνιστώσα οφείλεται στη γεωμετρική εκτροπή (φαινόμενο hunting), (b) στις καμπύλες οφείλεται στη φυγόκεντρη δύναμη και στην αντίδραση από την επαφή του δακτυλίου του τροχού με την εξωτερική σιδηροτροχιά και (c) στους πλευρικούς ανέμους τόσο για τις ευθείες όσο και για τις καμπύλες διατομές. Γενικά, οι πλευρικές δυνάμεις εξαρτώνται περισσότερο από την καμπυλότητα της γραμμής παρά από την ταχύτητα του τρένου, με τιμές 30-60% υψηλότερες για καμπυλότητες πάνω από  $2,2^\circ$  (Birmann 1966; ORE 1970; Eisenmann 1970). Πάντως, σε σιδηροτροχιές τύπου CWR (=continuous welded rail) και σε συνθήκες χωρίς φορτία, οι θερμικές τάσεις μπορούν να δώσουν πλευρικές δυνάμεις τις οποίες παραλαμβάνει κυρίως η παθητική αντίσταση του έρματος στους ώμους με μικρότερη βοήθεια από την τριβή στη διεπιφάνεια στρωτήρες / έρμα (Esveld 1989).

Το νεκρό φορτίο λαμβάνεται από την μάζα του οχήματος διαιρούμενο με τον αριθμό των τροχών. Η δυναμική προσαύξηση ποικίλει με τη διατομή του τρένου επειδή εξαρτάται από τις συνθήκες της γραμμής. Τα διαγράμματα 3 και 4, δείχνουν το στατικό και δυναμικό φορτίο των τροχών ως καμπύλες κατανομής αθροιστικής συχνότητας για τη γραμμή του Κολοράντο και την κύρια γραμμή μεταξύ Ν. Υόρκης και Ουάσινγκτον αντίστοιχα. Η κατανομή του δυναμικού φορτίου των τροχών μετρήθηκε με παραμορφωσιόμετρα (strain gauges) που προσαρμόζονται στη γραμμή. Φαίνεται ότι η δυναμική προσαύξηση είναι αξιοπρόσεκτη για μεγάλα κάθετα φορτία και είναι περισσότερο σημαντική για την κύρια γραμμή μεταξύ Ν. Υόρκης και Ουάσινγκτον από ότι στη γραμμή του Κολοράντο. Αυτό οφείλεται στις σχεδόν τέλειες συνθήκες για τη γραμμή του Κολοράντο. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι το ψηλό δυναμικό φορτίο για την κύρια γραμμή μεταξύ Ν. Υόρκης και Ουάσινγκτον εμφανίζεται στις ψηλές ταχύτητες.



**Διάγραμμα 3. Στατικά και δυναμικά φορτία τροχών για τη δοκιμή στη γραμμή του Κολοράντο (Κατά Selig & Waters, 1994)**

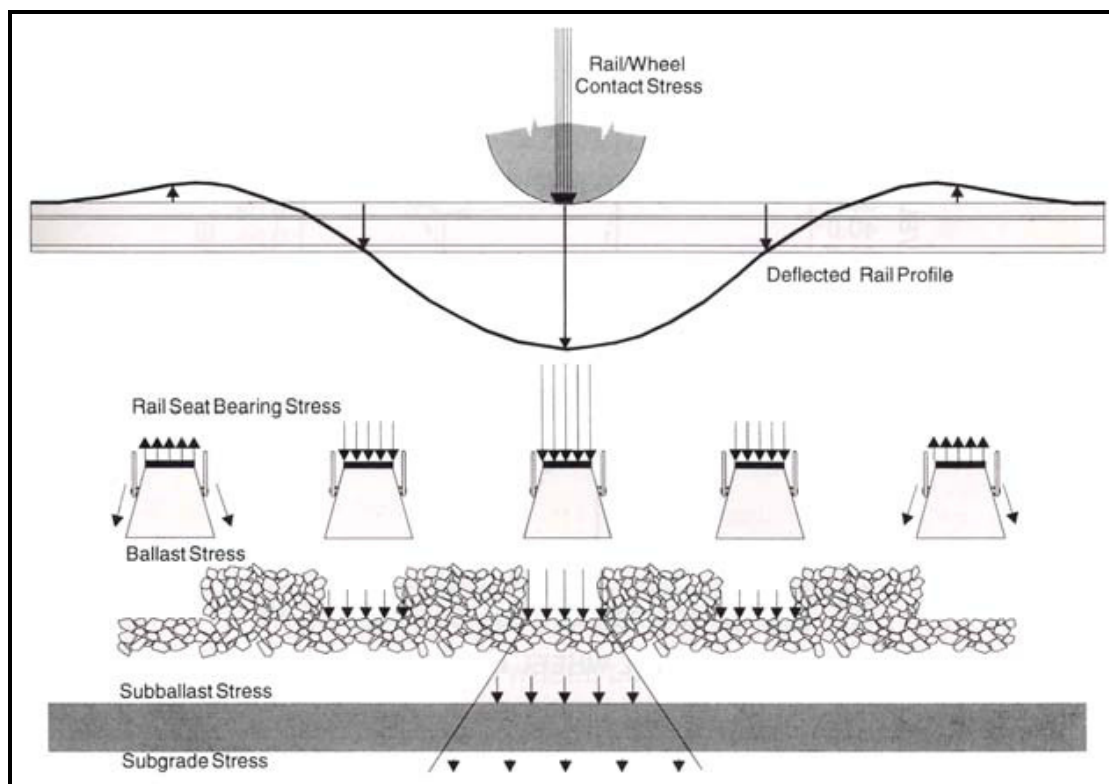


**Διάγραμμα 4. Στατικά και δυναμικά φορτία τροχών για την κύρια γραμμή μεταξύ Ν. Υόρκης και Ουάσιγκτον (Selig & Waters, 1994)**

Η κάθετη δύναμη διανέμεται μέσω ενός αριθμού στρωτήρων. Ο αριθμός των στρωτήρων που εμπλέκονται εξαρτάται πάρα πολύ από το διάστημα των στρωτήρων και τη ροπή αδράνειας της σιδηροτροχιάς. Οι Selig & Waters (1994) εκπόνησαν μελέτη χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα GEOTRACK (τριδιάστατο πολυστρωματικό μοντέλο) για τον καθορισμό της ελαστικής απόκρισης της γραμμής. Βρήκαν ότι με την αύξηση του διαστήματος του στρωτήρα από 250mm σε 910mm, το φορτίο που εφαρμόστηκε στο στρωτήρα κάτω από τον τροχό αυξήθηκε κατά ένα συντελεστή περίπου 4. Βρήκαν επίσης ότι για αύξηση της ροπής αδράνειας από  $1616\text{cm}^4$  σε  $6240\text{cm}^4$ , το φορτίο που εφαρμόστηκε κάτω από το στρωτήρα μειώθηκε 40%. Η προς τα κάτω κάθετη δύναμη στα σημεία επαφής τροχού-σιδηροτροχιάς τείνει να ανυψώσει τη ράγα και το στρωτήρα λίγο πιο πέρα από το σημείο επαφής όπως δείχνει η εικόνα 74. Η ανύψωση εξαρτάται από τα φορτία των τροχών και το ίδιο βάρος της επιδομής. Καθώς ο τροχός προχωρά, ο ανυψούμενος στρωτήρας ωθείται προς τα κάτω προκαλώντας φορτίο πρόσκρουσης, το οποίο αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας του τρένου. Αυτή η κίνηση είναι αιτία άντλησης του έρματος, η οποία αυξάνει την κάθιση των σκύρων με τη δημιουργία μιας μεγαλύτερης δύναμης στο έρμα προκαλώντας άντληση των ακατάλληλων υλικών από τα υποκείμενα υλικά με την παρουσία νερού. Σημειώνεται επίσης ότι το φορτίο πρόσκρουσης αυξάνεται με την αύξηση των ανωμαλιών της γραμμής ή τις διαφορικές

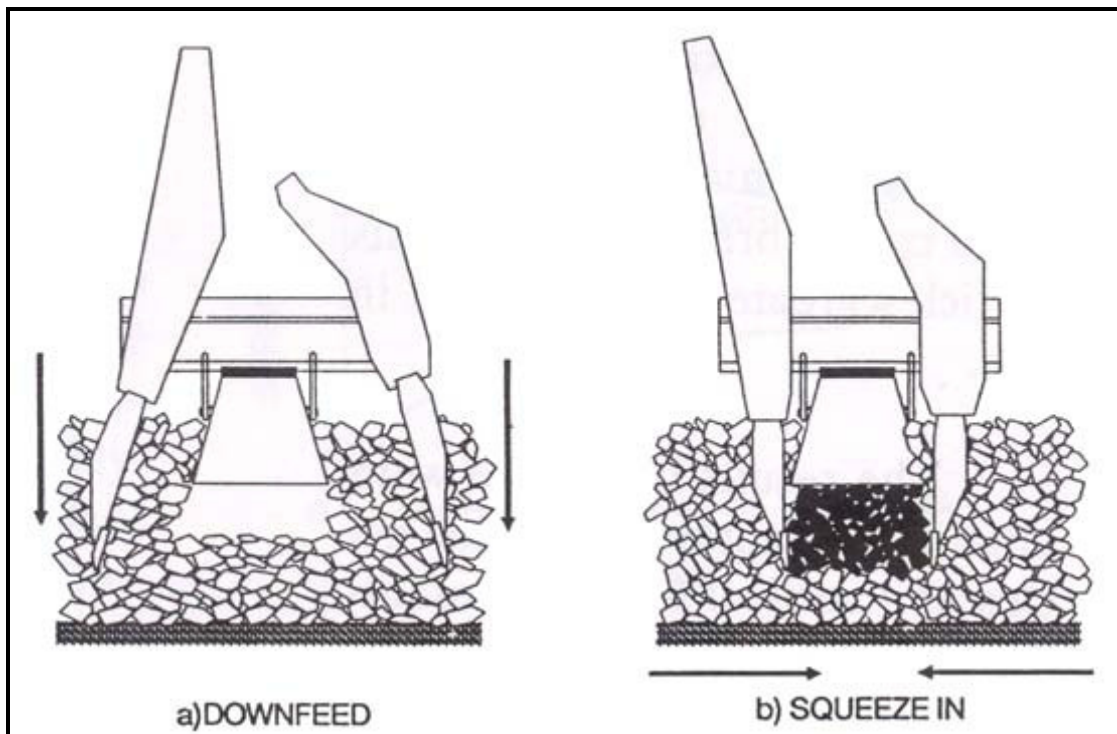


καθιζήσεις (π.χ. το φορτίο πρόσκρουσης αυξάνει με την αύξηση του μεγέθους του κενού κάτω από το στρωτήρα). Η αύξηση του φορτίου πρόσκρουσης θα οδηγήσει τότε σε αύξηση της καθίζησης του έρματος που θα οδηγήσει με τη σειρά του σε αύξηση του κενού κάτω από το στρωτήρα. Συνεπώς η γεωμετρία της γραμμής συνεχώς θα υποβαθμίζεται με επιταχυνόμενο τρόπο.



**Εικόνα 74. Φαινόμενο άντλησης του έρματος (Selig & Waters, 1994)**

Η δονητική συμπίκνωση - στα πλαίσια της συντήρησης - είναι ο πιο ενεργός τρόπος εξασφάλισης της γεωμετρίας της γραμμής ειδικά όταν απαιτείται μεγάλη ανύψωση. Η διαδικασία περιλαμβάνει ανύψωση του στρωτήρα σε ένα επιθυμητό επίπεδο και εισαγωγή δονητικών βραχιόνων μέσα στο έρμα με τον ανυψωμένο στρωτήρα ανάμεσα στο ζευγάρι των βραχιόνων. Η πρόσκρουση από την εισαγωγή των δονητικών βραχιόνων μέσα στο έρμα και η μεγάλη εφαρμοζόμενη δύναμη είναι αιτία θραύσης των κόκκων (Εικόνα 75).



Εικόνα 75. Συμπύκνωση των σκύρων με δονητικό βραχίονα (Selig & Waters, 1994)

Η διαμήκη δύναμη είναι η δύναμη που δρα παράλληλα στις σιδηροτροχιές. Οι πηγές αυτής της δύναμης βρίσκονται (α) στην έλξη της μηχανής του τρένου περιλαμβάνοντας τη δύναμη που απαιτείται για την επιτάχυνση και την πέδηση, (β) τη θερμική διαστολή ιδιαίτερα σε γραμμές τύπου CWR, (γ) τη συρρίκνωση των τάσεων που οφείλονται στις κολλήσεις των σιδηροτροχιών και (δ) στον ερπυσμό της σιδηροτροχιάς.

Ο Esveld (1989) αναθεώρησε τα πλεονεκτήματα της γραμμής τύπου CWR σε σχέση με τους αρμούς της συμβατικής γραμμής, εφιστώντας την προσοχή στους μελετητές ότι οι τάσεις που ασκούνται μπορεί να είναι της τάξης των 100 MPa και πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη στα στοιχεία της γραμμής.

### 3.3 Δυναμική Ανάλυση

Οι μετρήσεις υπαίθρου από τους Bradley et al. (1981), Frederick and Round (1985) and Harrison et al. (1986) απέδειξαν ότι οι δυναμικές φορτίσεις θα μπορούσαν να αυξήσουν το φορτίο των τροχών επί τρία, εξαρτώμενες από το βαθμό ατέλειας του συστήματος σιδηροτροχιά – γραμμή. Για αυτό στο σχεδιασμό της σιδηροδρομικής γραμμής, οι φυσικές τάσεις πρέπει να υπολογίζονται ως τα ισοδύναμα δυναμικά κάθετα και πλευρικά φορτία που μεταδίδονται από το κινούμενο όχημα.

Ο δυναμικός συντελεστής ( $\varphi_d$ ) χρησιμοποιήθηκε από τους περισσότερους σιδηροδρομικούς οργανισμούς της Αυστραλίας, αναπτύχθηκε από τον Eisenmann (1972), τροποποιήθηκε από τους Broadley et al. (1981) και Orange (1988) και η έκφραση του είναι:

$$\varphi_d = 1 + \beta' t \eta' S$$

όπου  $\beta'$  συντελεστής πολλαπλασιασμού (υπολογίζεται για τις διαφορές στη δυναμική απόδοση των μη φορτωμένων οχημάτων)  
 $t$  είναι το ανώτατο όριο εμπιστοσύνης  
 $\eta'$  παράμετρος που εξαρτάται από την ταχύτητα του οχήματος και  
 $S$  είναι η τυπική απόκλιση της μέσης τιμής (εξαρτάται από της συνθήκες γραμμής).

Μια λεπτομερή παρουσίαση της παραπάνω εξίσωσης δίνεται από τους Jeffs και Tew (1991) σε σχέση με τους διαφορετικούς τύπους γραμμής και συνθήκες οχήματος. Τότε το ισοδύναμο κάθετο δυναμικό φορτίο τροχού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό δίνεται από την εξίσωση:

$$P_d = \phi_d P_s$$

Όπου  $P_d$  είναι το στατικό αξονικό φορτίο τροχού και  $\phi_d$  ο δυναμικός συντελεστής.

Μία πρόσθετη επίδραση του φορτίου πρόσκρουσης είναι η επαγόμενη δόνηση στη δομή της γραμμής εξαιτίας της ψηλής της συχνότητας. Δονήσεις της τάξης των 5 Hz μειώνουν την άνεση των επιβατών, ενώ οι δονήσεις ψηλότερης συχνότητας (25-50 Hz) συμβάλουν στην καθίζηση της γραμμής που οφείλεται στο συσσωμάτωμα των λεπτόκοκκων, στην κονιοποίηση του έρματος και στη ροή των «ώμων» του έρματος (Chrismer 1985; Eisenmann et al., 1994; Selig and Waters 1994).

Λαβαίνοντας υπόψη τις δυνάμεις πλευρικής αντίστασης που απαιτούνται για την εξασφάλιση της ευστάθειας των φορτισμένων γραμμών, αναπτύχθηκε η ακόλουθη σχέση από τους SNCF (1950):

$$H_s > 10 + P_d / 3$$

Όπου  $H_s$  είναι η οριζόντια δύναμη σε kN που απαιτείται για να προκαλέσει μετατόπιση της γραμμής και  $P_d$  το στατικό αξονικό φορτίο τροχού.

### 3.4 Η επιβίωση ενός κόκκου μέσα στα αδρανή

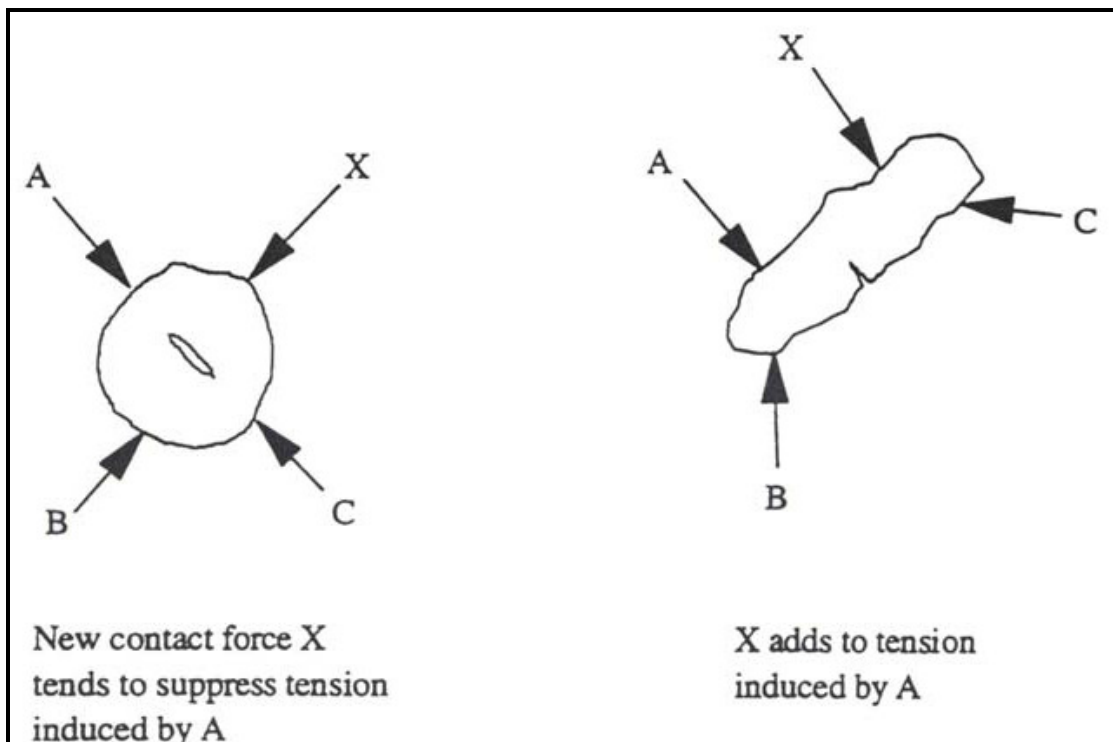
Ο McDowell και οι συνεργάτες του (1996), συμπέραναν ότι η πιθανότητα ρωγμάτωσης ενός κόκκου, καθορίζεται:

1. από την εφαρμοζόμενη τάση (σε μακροσκοπικό πεδίο),
2. από το μέγεθος του κόκκου και
3. από τον αριθμό των επαπτόμενων σημείων με τους γειτονικούς κόκκους (δηλαδή τον αριθμό των διευθύνσεων των τάσεων).

Πιο συγκεκριμένα:

1. Η πιθανότητα ρωγμάτωσης ενός κόκκου μεγέθους  $d$  αυξάνεται με την αύξηση της τάσης ( $\sigma$ ) σε μακροσκοπικό πεδίο, ενώ μειώνεται με την μείωση του μεγέθους του κόκκου διότι οι μικρότεροι κόκκοι περιέχουν λιγότερες και μικρότερες ατέλειες.
2. Η πιθανότητα ρωγμάτωσης μειώνεται επίσης με την αύξηση των επαπτομενικών σημείων με τους γειτονικούς κόκκους. Αυτό συμβαίνει διότι μειώνονται οι εφελκυστικές τάσεις στον κόκκο και ο βαθμός με τον οποίο

αυτό συμβαίνει εξαρτάται από το σχήμα των κόκκων. Π.χ. ο μεγαλύτερος αριθμός επαπτομενικών σημείων βοηθά στην μείωση της εφελκυστικής τάσης σε στρογγυλεμένο κόκκο από ότι σε γωνιώδη (εικόνα 76).



**Εικόνα 76. Ο μεγαλύτερος αριθμός επαπτομενικών σημείων βοηθά στην μείωση της εφελκυστικής τάσης σε στρογγυλεμένο κόκκο απ'ότι σε γωνιώδη (McDowell et al. 1996).**

Το μέγεθος και ο αριθμός των επαπτομενικών σημείων επιδρούν αντίθετα στην επιβίωση ενός κόκκου. Οι μικροί κόκκοι όμως, έχουν επίσης λιγότερα επαπτόμενα σημεία, έτσι π.χ. σε καλά διαβαθμισμένα αδρανή οι μέγιστοι κόκκοι θα τείνουν να έχουν τον μέγιστο αριθμό επαφών γιατί περιβάλλονται από πολλούς μικρότερους κόκκους. Αυτοί οι μικρότεροι κόκκοι διανέμουν το φορτίο πάνω στους μεγαλύτερους και μειώνουν τις εσωτερικές εφελκυστικές τάσεις. Οι πιο μικροί κόκκοι έχουν ελάχιστο αριθμό επαπτόμενων σημείων και γι' αυτό τις μεγαλύτερες εφελκυστικές τάσεις.

Ο Sammis συμπέρανε ότι ένας κόκκος, είναι περισσότερο ευάλωτος, όταν δέχεται φόρτιση από ίδιου μεγέθους γειτονικούς κόκκους. Μόνο τότε, είναι δυνατό για τον κόκκο να φορτιστεί σε αντιδιαμετρικά σημεία και αυτό μεγιστοποιεί την επαγόμενη εφελκυστική τάση. Εξαιτίας αυτού, αν το μέγεθος κόκκου επικρατεί έναντι του αριθμού των διευθύνσεων στη συμπίεση ενός αρχικού ομοιόμορφου αδρανούς, τότε οι μεγαλύτεροι κόκκοι είναι πιο επιρρεπείς στη ρωγμάτωση (McDowell και συνεργάτες, 1996). Αυτό θα οδηγήσει σε ομοιόμορφη μάζα από λεπτούς κόκκους στο τέλος της δοκιμής.

Όμως, αν ο αριθμός των επαπτομενικών σημείων επικρατεί έναντι του μεγέθους του κόκκου, τότε οι πιο μικροί κόκκοι θα έχουν πάντα την μέγιστη πιθανότητα ρωγμάτωσης. Αυτό θα οδηγήσει σε διαφορετικά μεγέθη κόκκων, μέσα στους οποίους διατηρείται η αναλογία των αρχικών κόκκων, κάτω από



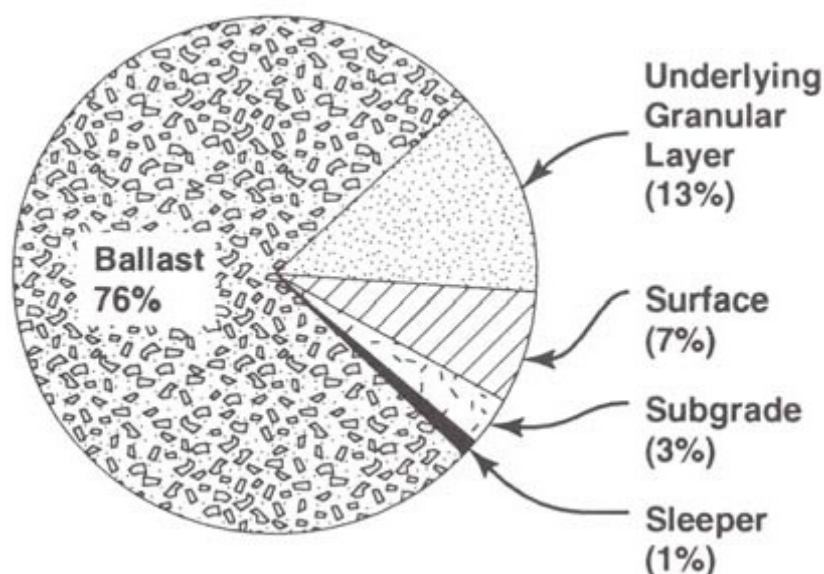
την προστασία μιας ομοιόμορφης συμπιεστικής τάσης που δημιουργείται από τους γειτονικούς κόκκους.



**Εικόνα 77. Θλίψη μεμονωμένου κόκκου ακανόνιστου σχήματος**

### **3.5 Πηγές ακατάλληλου υλικού μέσα στο έρμα**

Οι Selig & Waters (1994) στο Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης μελέτησαν τις πηγές του ακατάλληλου υλικού μέσα στο έρμα. Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η κυριότερη πηγή είναι ο θρυμματισμός των σκύρων (Εικόνα 78). Οι άλλες πηγές που εντοπίστηκαν ήταν το φιλτράρισμα του υποστρώματος της επιδομής ή της υποδομής, των υλικών επιφάνειας και της φθοράς των στρωτήρων.

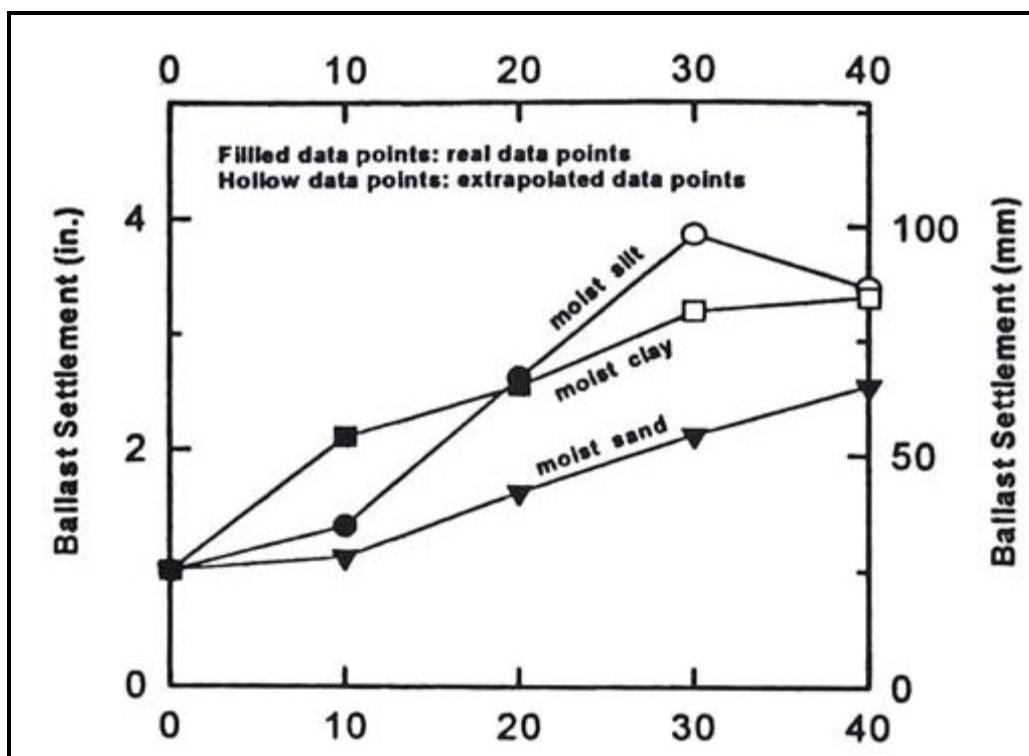


**Εικόνα 78. Πηγές ακατάλληλου υλικού που εισχωρεί μέσα στο έρμα (Selig & Waters, 1994)**

- Το πρόσφατα τοποθετημένο έρμα έχει ήδη υποστεί θρυμματισμό που οφείλεται στην μεταφορά, την απόθεση και τη συμπύκνωση. Στη διάρκεια συντήρησης του έρματος λαβαίνει χώρα θρυμματισμός λόγω του φορτίου κυκλοφορίας, της διεργασίας ψύξης-απόψυξης, της αποσάθρωσης και της διαδικασίας συμπύκνωσης-δόνησης. Πολλοί ερευνητές έχουν συμπεράνει, ότι η διαδικασία συμπύκνωσης είναι η κύρια πηγή θρυμματισμού των σκύρων. Το έτος 1983 ο Wright, εξερευνώντας την επίδραση της δόνησης-συμπύκνωσης στους Βρετανικούς Σιδηρόδρομους, βρήκε, ότι περίπου 2-4 kg λεπτών κόκκων μικρότεροι των 14 mm δημιουργήθηκαν μετά τη διαδικασία δόνησης-συμπύκνωσης ανά στρωτήρα. Η δόνηση (tamping), χαλάρωνε το έρμα και παρήγαγε νέα σημεία επαφής των κόκκων.
- Το φιλτράρισμα του υποστρώματος της επιδομής, αναμένεται λόγω της απευθείας επαφής με το έρμα. Το φιλτράρισμα αυξάνεται, με την παρουσία του νερού εξαιτίας της δράσης άντλησης που δημιουργείται από το φορτίο κυκλοφορίας. Η παρουσία νερού είναι επίσης αιτία δημιουργίας αργιολάσπης στην υποδομή, η οποία αντλείται προς τα πάνω σε καθεστώς κυκλοφοριακής φόρτισης. Σχετικά με το επιφανειακό φιλτράρισμα η κύρια αιτία είναι η υπερχείλιση των βαγονιών και η φθορά των στρωτήρων η οποία εμφανίζεται τόσο στους ξύλινους στρωτήρες, όσο και στους στρωτήρες από σκυρόδεμα.

### 3.6 Η επίδραση του ακατάλληλου υλικού στη συμπεριφορά του έρματος

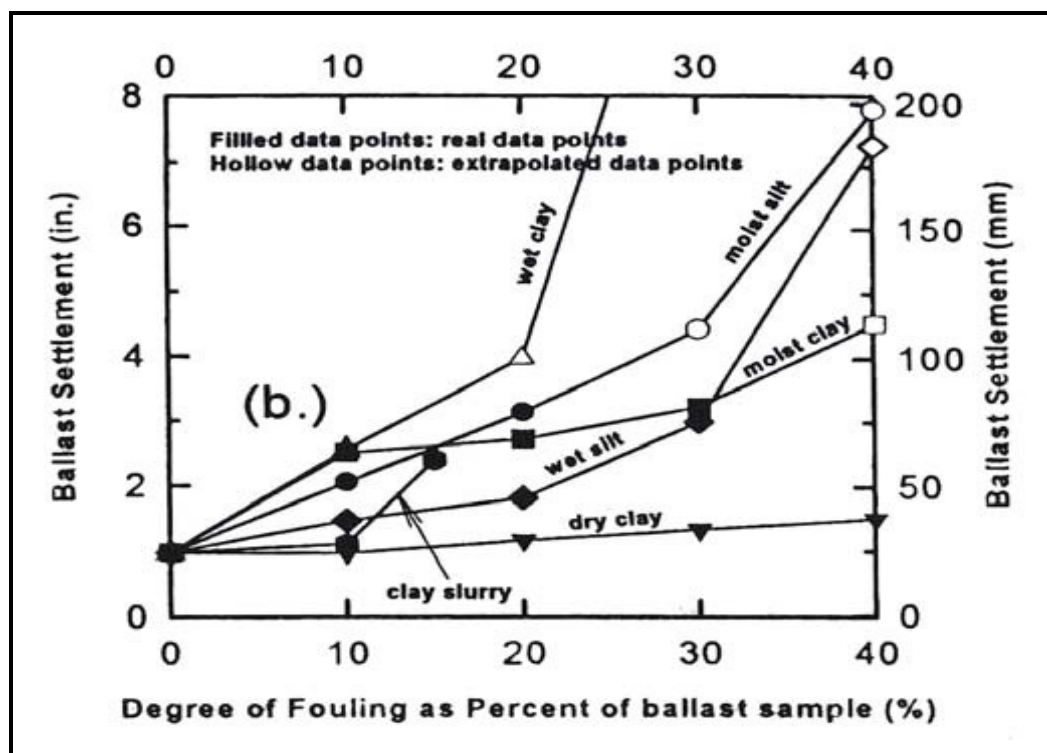
Η επίδραση εξαρτάται από τους τύπους των ακατάλληλων υλικών, το ποσοστό συμμετοχής τους και το περιεχόμενο νερό. Το διάγραμμα (5) πιο κάτω δείχνει την επίδραση διαφορετικών ποσοστών ακατάλληλων υλικών στην κάθιση του έρματος.



**Διάγραμμα 5. Επίδραση διαφορετικών ποσοστών ακατάλληλων υλικών στην κάθιση του έρματος (Han & Selig, 1997).**

Φαίνεται ότι η κάθιση του έρματος αυξάνεται με την αύξηση του βαθμού ακαταλληλότητας για όλα τα ακατάλληλα υλικά.. Οι Han & Selig (1997) σημείωσαν ότι, αν το ακατάλληλο υλικό ήταν υγρή ιλύς, το έρμα υποχώρησε λιγότερο από ότι στην υγρή άργιλο, με βαθμό συμμετοχής λιγότερο από 20%. Όμως, η αντίστροφη συμπεριφορά παρατηρήθηκε αν ο βαθμός των ακατάλληλων ήταν πάνω από 20%. Η συμπεριφορά αυτή οφειλόταν στη συνοχή που αναπτύσσεται καθώς ο βαθμός των ακατάλληλων υλικών αυξανόταν.

Ένα δεύτερο διάγραμμα (διάγραμμα 6), δείχνει περαιτέρω δοκιμές από τους Han & Selig (1997) που ερευνούν την επίδραση του περιεχόμενου νερού στην κάθιση του έρματος για διαφορετικούς βαθμούς ακαταλληλότητας και ακατάλληλων υλικών. Τα ξηρά κομμάτια της αργίλου, όπως περιγράφονται από τους Han & Selig (1997), έδωσαν την μικρότερη κάθιση για όλους τους βαθμούς μόλυνσης, λόγω της υψηλής αντοχής και σφιφρότητας τους. Καθώς προστίθεται νερό στην άργιλο, η κάθιση αυξάνεται δραματικά με την αύξηση του βαθμού μόλυνσης. Η επίδραση αυτή ερμηνεύτηκε ως «λίπανση» των κόκκων από έξτρα υγρή άργιλο. Παρόμοια εξήγηση εφαρμόζεται στη δραματική αύξηση της κάθισης του έρματος για υγρή ιλύ με βαθμό μόλυνσης υψηλότερο από 30%. Οι Han & Selig (1997) επίσης σημείωσαν ότι υπάρχει μικρή διαφορά στην κάθιση του έρματος για διαφορετικά ακατάλληλα υλικά και περιεχόμενο νερό αν ο βαθμός μόλυνσης είναι μικρότερος από 20%. Πρότειναν ότι αν ο βαθμός μόλυνσης είναι μικρότερος από 20%, οι κόκκοι του έρματος σχηματίζουν ακόμη το δομικό σκελετό του έρματος, όπου σχεδόν ολόκληρο το φορτίο μεταφέρεται από τους κόκκους του έρματος και τα σκύρα που είναι μολυσμένα από διαφορετικά υλικά θα συμπεριφέρονται και θα υποχωρούν σχεδόν με τον ίδιο τρόπο.



Διάγραμμα 6.

Επίδραση του περιεχόμενου νερού στην κάθιση του έρματος για διαφορετικούς βαθμούς ακαταλληλότητας και ακατάλληλων υλικών (Han & Selig, 1997).

### 3.7 Η επίδραση του ακατάλληλου υλικού στη στράγγιση του έρματος

Μία από τις βασικές λειτουργίες του έρματος, λόγω των μεγάλων κενών που έχει είναι να στραγγίζει και να αποθηκεύει τα ακατάλληλα υλικά. Με την αύξηση της περιεκτικότητας σε ακατάλληλα υλικά τα μεγάλα κενά γεμίζουν και η διαπερατότητα του έρματος συνεχώς μειώνεται. Αυτό οδηγεί σε ανεπιθύμητη επίδραση όπως είναι ο εγκλωβισμός της πίεσης πόρων και η λίπανση των επαφών των κόκκων του έρματος.

Ο Πίνακας (1) δείχνει την μετρημένη υδραυλική αγωγιμότητα του έρματος σε δείγματα με κυμαινόμενη καθαρότητα. Ο δείκτης ακαταλληλότητας του υλικού (Fouling Index) προκύπτει από τον τύπο:

$$F_1 = P_4 + P_{200}$$

όπου  $P_4$  = υλικό διερχόμενο από άνοιγμα 4,75 mm

και  $P_{200}$  = υλικό διερχόμενο από άνοιγμα 0,075 mm

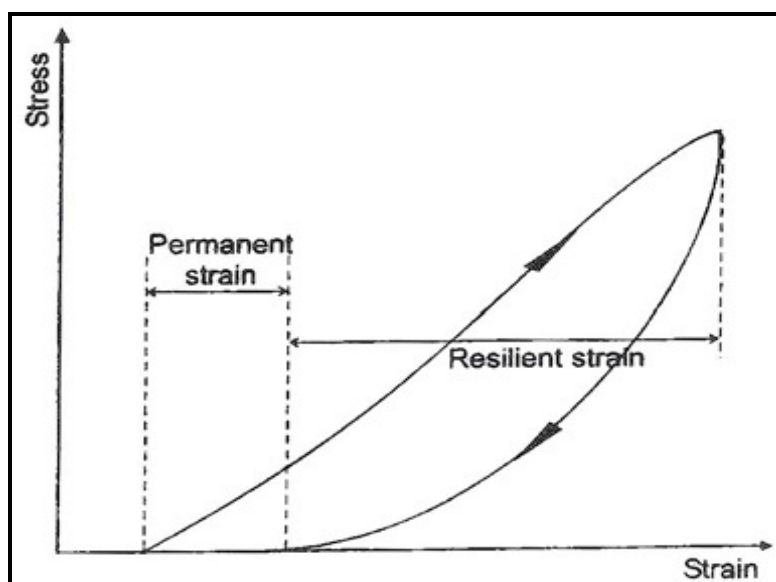


## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Κατηγορία μόλυνσης	Δείκτης μόλυνσης	Υδραυλική Αγωγιμότητα $k_h$	
		(in./sec)	(mm/sec)
Καθαρό	< 1	1-2	25-50
Μέτρια καθαρό	1-9	0,1-1	2,5-25
Μέτρια μολυσμένο	10-19	0,06-0,1	1,5-2,5
Μολυσμένο	20-39	0,0002-0,06	0,005-1,5
Πολύ μολυσμένο	>39	< 0,0002	< 0,005

## 3.8 Η ελαστική συμπεριφορά κοκκώδους υλικού

Το μέτρο ανάπασης ενός υλικού ορίζεται ως η επαναλαμβανόμενη εκτρέπουσα τάση, διαιρούμενη με την ελαστική αξονική παραμόρφωση κατά τη διάρκεια αποφόρτισης στην τριαξονική δοκιμή (διάγραμμα 7).

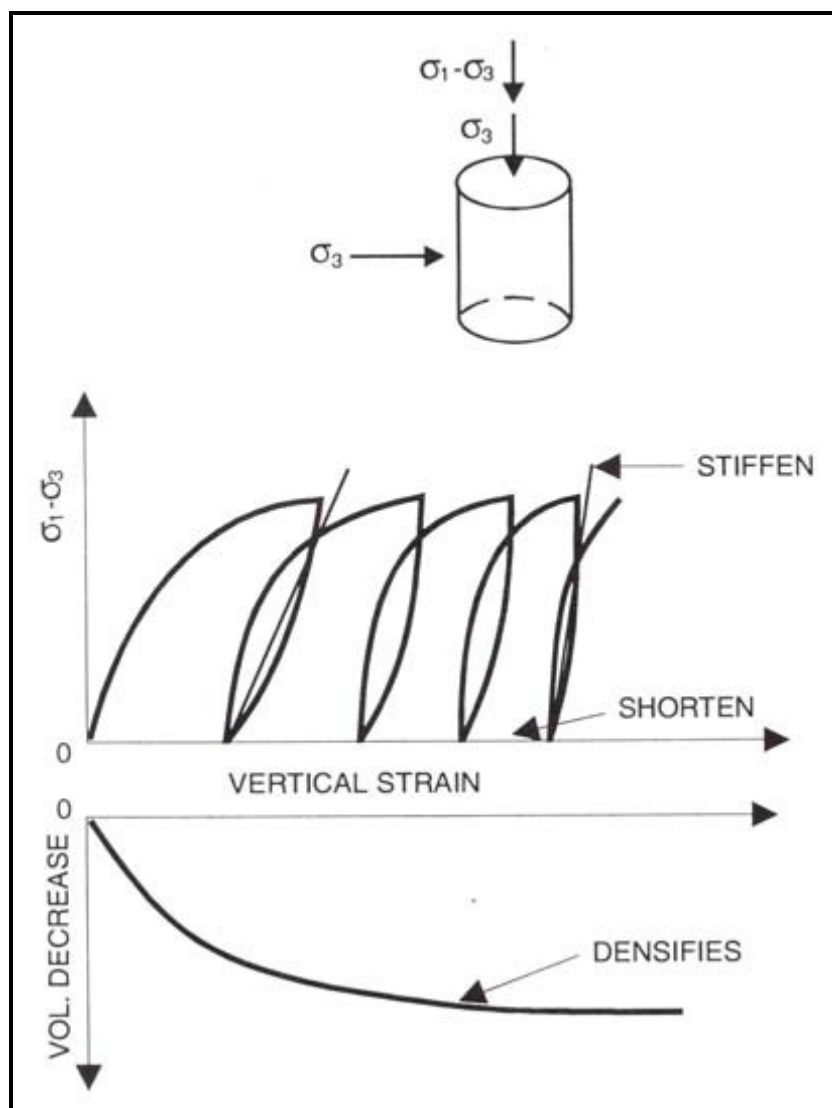


Διάγραμμα 7

Παραμορφώσεις κοκκωδών υλικών στη διάρκεια εφαρμογής ενός κύκλου φόρτισης (Lekarp et al, 2000a)

Η ελαστική συμπεριφορά του έρματος συμβάλει στις ελαστικές παραμορφώσεις της στρώσης του.

Το μέτρο ανάπασης γενικά αυξάνει βαθμιαία με τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων καθώς το υλικό γίνεται πιο σφιγρό. Το μέτρο ανάπασης στο τέλος γίνεται μια σταθερή τιμή μετά από ένα πεπερασμένο αριθμό επαναλαμβανόμενων φορτίσεων και το υλικό συμπεριφέρεται σχεδόν αμιγώς ελαστικά (διάγραμμα 8).



**Διάγραμμα 8.** Το μέτρο ανάπαλσης γενικά αυξάνει βαθμιαία με τον αριθμό των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων καθώς το υλικό γίνεται πιο στιφρό. Το μέτρο ανάπαλσης στο τέλος γίνεται μια σταθερή τιμή μετά από ένα πεπερασμένο αριθμό επαναλαμβανόμενων φορτίσεων και το υλικό συμπεριφέρεται σχεδόν αμιγώς ελαστικά. (Selig & Waters, 1994)

### 3.9 Η συμπεριφορά του έρματος σε επαναλαμβανόμενη τριαξονική δοκιμή

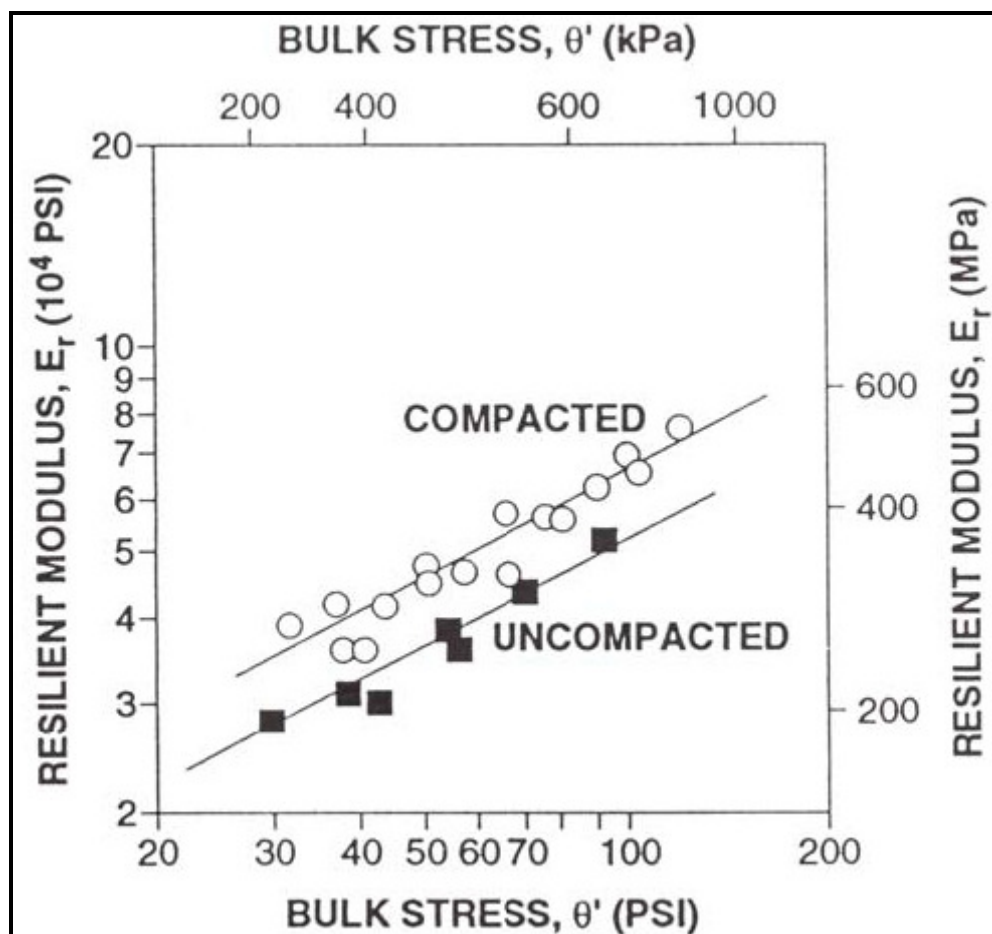
Το μέτρο ανάπαλσης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως από το επίπεδο της τάσης, την πυκνότητα, τη διαβάθμιση, το ποσοστό λεπτόκοκκων, τον μέγιστο κόκκο, τον τύπο του αδρανούς, το σχήμα του κόκκου, την υγρασία, το ιστορικό των τάσεων και τον αριθμό των φορτίσεων. Όμως, μόνο η επίδραση της τάσης και η περιεχόμενη υγρασία συσχετίζονται σημαντικά. Οι ερευνητές συμφωνούν ότι το μέτρο ελαστικότητας αυξάνεται με την αύξηση της αστράγγιστης πίεσης και του αθροίσματος των κύριων τάσεων. Η επίδραση της υγρασίας στο μέτρο ελαστικότητας εξαρτάται από το βαθμό κορεσμού. Σε χαμηλό βαθμό κορεσμού, η υγρασία έχει αμελητέα επίδραση.

Όμως, το μέτρο ελαστικότητας μειώνεται σημαντικά για ψηλούς βαθμούς κορεσμού, ειδικά καθώς τα αδρανή πλησιάζουν τον πλήρη κορεσμό.

Η επίδραση της τάσης στο μέτρο ελαστικότητας μπορεί να περιγραφεί από ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο (Hicks & Monismith, 1971), το οποίο εκφράζει το μέτρο ανάπασης (resilient modulus) ( $M_r$ ) ως συνάρτηση του αθροίσματος των κύριων τάσεων ή της “bulk τάσης” [ $\theta$ ] στην κατάσταση φόρτισης:

$$M_r = K_1 \theta^{K_2} \text{ όπου } K_1 \text{ και } K_2 \text{ σταθερές.}$$

Το παρακάτω διάγραμμα 9 δείχνει αποτελέσματα τριαξονικών δοκιμών επαναλαμβανόμενης φόρτισης σε θραυστό γρανιτικό έρμα τα οποία μπορούν να περιγραφούν από την εξίσωση  $M_r = K_1 \theta^{K_2}$



**Διάγραμμα 9.** Αποτελέσματα τριαξονικών δοκιμών επαναλαμβανόμενης φόρτισης σε θραυστό γρανιτικό έρμα τα οποία μπορούν να περιγραφούν από την εξίσωση  $M_r = K_1 \theta^{K_2}$  (Alva – Hurtado, 1980)

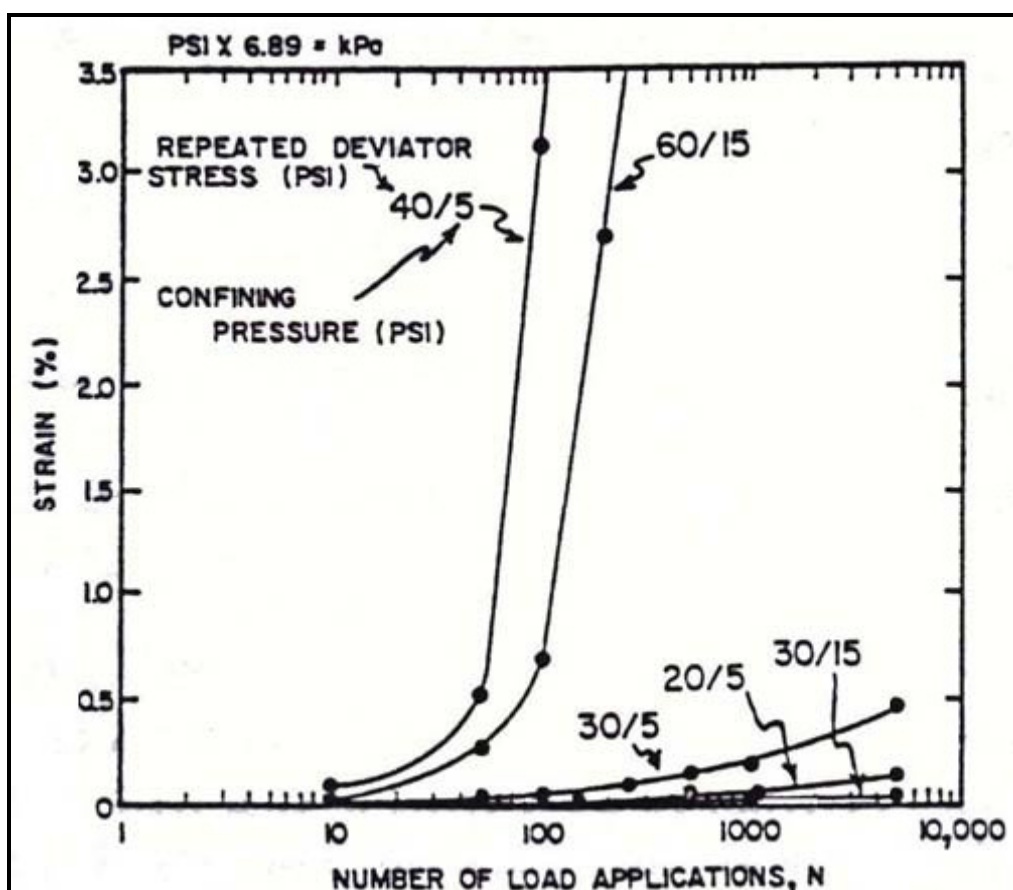
Πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο  $K - \theta$  έχει διάφορα μειονεκτήματα όπως το ότι προσομοιάζει το λόγο της σταθεράς Poisson με το μοντέλο της ακτινικής παραμόρφωσης του υλικού και δε συμπεριλαμβάνει την επίδραση του διανομέα (deviator) τάσης.

### 3.10 Η Μόνιμη παραμόρφωση του κοκκώδους υλικού

Η παραμένουσα παραμόρφωση του κοκκώδους υλικού στη διάρκεια της αποφόρτισης ονομάζεται «μόνιμη παραμόρφωση». Πιθανοί μικρομηχανισμοί για τη συγκέντρωση της μόνιμης παραμόρφωσης, η οποία εμφανίζεται σε περιβάλλον επαναλαμβανόμενης φόρτισης είναι η αναδιάταξη και η θραύση των κόκκων.

Ο Knutson (1976) συμπέρανε, ότι η μόνιμη παραμόρφωση που παρατηρήθηκε μετά από συγκεκριμένο αριθμό επαναλαμβανόμενων φορτίσεων, συσχετιζόταν άμεσα με το λόγο της τάσης κατανομής  $q$  προς την τάση  $\sigma_3$  που μπορεί να ονομαστεί «λόγος τάσης». Αυτός όμως ο λόγος δεν είναι ο συμβατικός λόγος τάσης  $q/p'$  όπου  $p'$  ή μέση ενεργός τάση.

Αυξάνοντας το λόγο  $q/\sigma_3$  (διατηρώντας ένα από τα δύο σταθερό), αυξάνεται η μόνιμη παραμόρφωση όπως φαίνεται στο διάγραμμα 10 (σε ασβεστολιθικό έργο). Το ίδιο διάγραμμα δείχνει επίσης ότι για τον ίδιο λόγο τάσης (π.χ. 20/5 και 60/15 που και τα δύο αντιστοιχούν στο λόγο  $q/\sigma_3 = 4$ ), αυξάνοντας το μήκος του μονοπατιού της τάσης αυξάνεται το ποσοστό της συγκεντρωμένης μόνιμης παραμόρφωσης (Lekarp et al. 2000b).

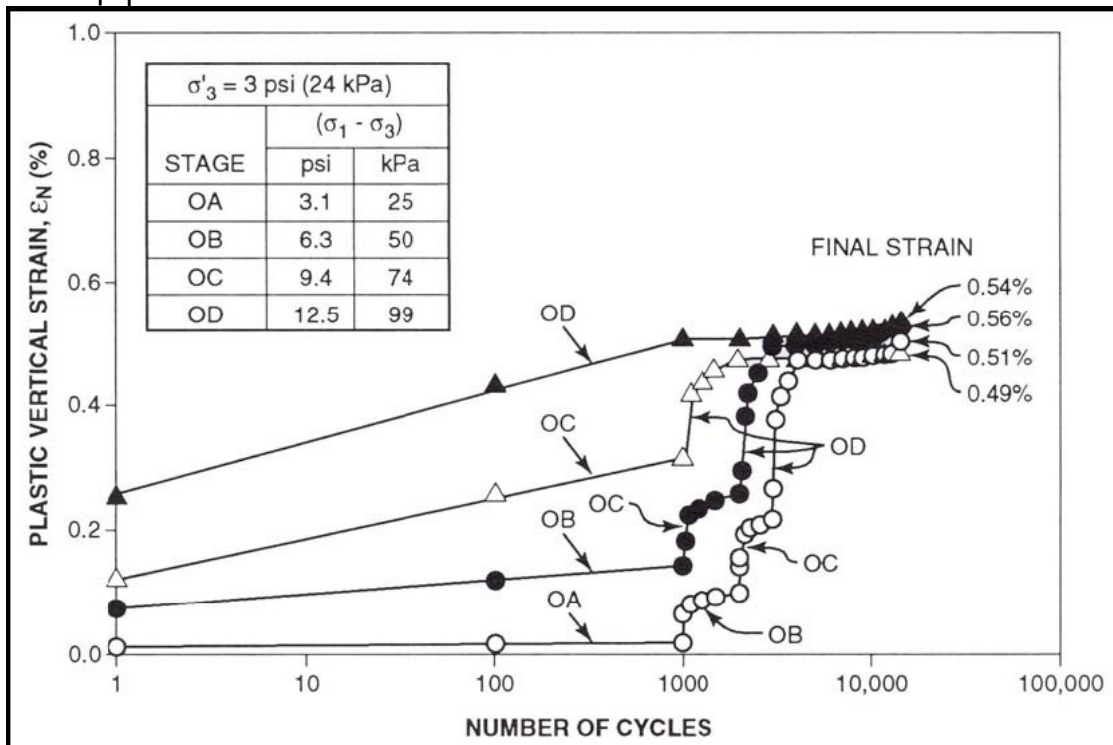


**Διάγραμμα 10.** Αυξάνοντας το λόγο  $q/\sigma_3$  (διατηρώντας ένα από τα δύο σταθερό), αυξάνεται η μόνιμη παραμόρφωση.

Η σειρά της φόρτισης δεν επηρεάζει τη συγκέντρωση της μόνιμης παραμόρφωσης (Selig & Waters, 1994). Το διάγραμμα 11 δείχνει ένα τυπικό

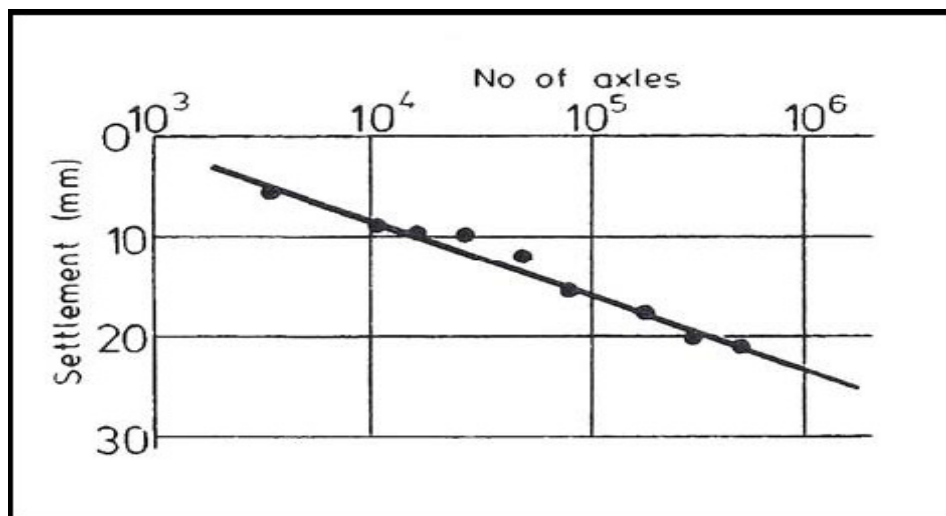


αποτέλεσμα μόνιμης παραμόρφωσης, για διαφορετικές σειρές φορτίσεων, όπου η τάση του διανομέα άλλαζε κάθε 1000 φορτίσεις. Η τελική μόνιμη παραμόρφωση για όλες τις διαφορετικές σειρές φορτίσεων είναι σχεδόν ισοδύναμη.



**Διάγραμμα 11.** Αποτελέσματα μόνιμης παραμόρφωσης, για διαφορετικές σειρές φορτίσεων, όπου η τάση του διανομέα άλλαζε κάθε 1000 φορτίσεις.

Είναι διεθνώς αποδεκτό, ότι η υποχώρηση σχετίζεται με το λογάριθμο του αριθμού των επαναλαμβανόμενων φορτίσεων (διάγραμμα 12 / Shenton, 1974). Γι' αυτή τη δοκιμή, η σχέση φαίνεται να είναι γραμμική μετά από 1000 κύκλους. Έτσι ο ρυθμός συγκέντρωσης της μόνιμης παραμόρφωσης, γενικά μειώνεται με την αύξηση του αριθμού των φορτίσεων.

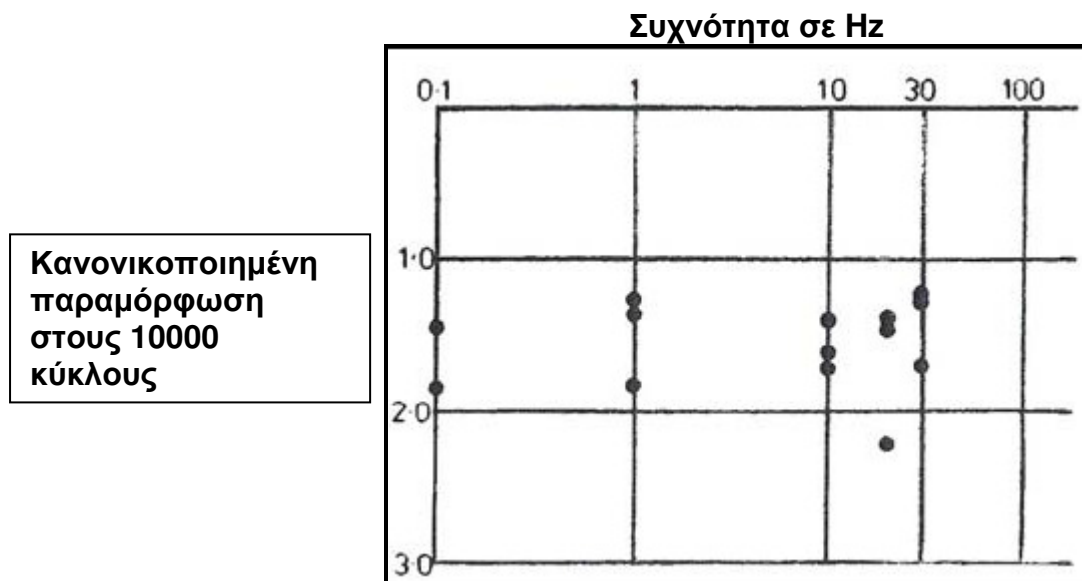


**Διάγραμμα 12**

Επίσης, οι Lekarp et al. (2000b), σημείωσαν ότι μια μικρή μείωση στην αρχική πυκνότητα, αυξάνει σημαντικά την μόνιμη παραμόρφωση και η επίδραση είναι πιο σημαντική για γωνιώδη αδρανή από ότι για στρογγυλευμένα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η μεγαλύτερη κύρια τάση αμέσως κάτω από το στρωτήρα, θα αυξάνεται απότομα καθώς ο τροχός πλησιάζει και μειώνεται απότομα με την απομάκρυνση του τροχού από το στρωτήρα. Συχνά η προσομοίωση δίνεται με 50% φορτίου τροχού να μεταφέρεται κάτω από το στρωτήρα και 25% να μεταφέρεται σε καθένα από τους δύο γειτονικούς στρωτήρες. Εάν το έρμα έχει μεγάλη ικανότητα εξάπλωσης του φορτίου, τότε το έρμα κοντά στο επίπεδο στρωτήρα-έρματος βρίσκεται σε καθεστώς περιστροφής κύριων τάσεων. Αν το έρμα έχει χαμηλή στιφρότητα, τότε μόνο το υπόβαθρο μπορεί να υποστεί τέτοιου είδους περιστροφή των τάσεων.

Τέλος το πιο κάτω διάγραμμα 13 δείχνει ότι η συχνότητα φόρτισης δεν επηρεάζει το μέγεθος της μόνιμης παραμόρφωσης (Shenton 1974).



**Διάγραμμα 13.**  
 Η συχνότητα φόρτισης δεν επηρεάζει το μέγεθος της μόνιμης παραμόρφωσης (Shenton 1974).

### 3.11 Εργαστηριακές Δοκιμές Μεγάλης Κλίμακας

**Εκτίμηση της μηχανικής συμπεριφοράς του σιδηροδρομικού έρματος μέσα από εργαστηριακές δοκιμές, στα πλαίσια της εκτεταμένης έρευνας που έγινε από το Πανεπιστήμιο του Wollongong για τον Αυστραλιανό σιδηρόδρομο. (Συγγραφέας Ionescu Daniela 2004).**

Αν και εκτεταμένη δουλειά έχει γίνει για την ανάπτυξη επίσημων μοντέλων για τη συμπεριφορά κοκκώδους εδάφους, παρόλα αυτά δεν υπάρχει μονομερής θεωρία τάσης – παραμόρφωσης, ικανή να εκπροσωπήσει πλήρως τη συμπεριφορά οποιουδήποτε υλικού σε κάθε περίπτωση. Ο Christian (1980) δήλωσε ότι υπάρχει το βέλτιστο μοντέλο για όλα αλλά κάθε μοντέλο δουλεύει καλά στην εφαρμογή για την οποία αναπτύχθηκε.

Με δεδομένη την απαίτηση εκτέλεσης εργαστηριακών δοκιμών σε μεγάλα δείγματα από σκύρα έρματος, οι υφιστάμενες υψηλής κλίμακας κυψέλες στερεοποίησης και τριαξονικού εξοπλισμού, έπρεπε να τροποποιηθούν προκειμένου να γίνουν εύχρηστες. Επίσης, μια καινοτομική συσκευή υψηλής κλίμακας, πρισμοειδής, σχεδιάστηκε ειδικά για το έρμα και κατασκευάστηκε στο Μηχανουργείο των Αυστραλιανών Σιδηροδρόμων στη Νέα Νότια Ουαλία. Η συσκευή αυτή ονομάστηκε «Process Simulation True Triaxial Rig» (PSTTR).

Ειδικότερα για τις εργαστηριακές συσκευές:

#### **a) Κυψέλη στερεοποίησης υψηλής κλίμακας (consolidometer) (εικόνα 79).**

Χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της παραμόρφωσης και του θρυμματισμού των σκύρων.

Η συσκευή αποτελείται από την κυψέλη στερεοποίησης, το σύστημα αξονικής φόρτισης, τις μονάδες μέτρησης αξονικών μεταβολών καθώς και μεταβολών όγκου, το σύστημα υδραυλικού κορεσμού και η συσκευή μέτρησης της πίεσης πόρων. ( το “consolidometer” αρχικά σχεδιάστηκε για να μελετηθεί η επίδραση των κατακόρυφων αμμωδών στραγγιστηρίων κατά τη στερεοποίηση κορεσμένων αργιλικών επιχωμάτων).

Συνοπτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται η συσκευή:

##### I. Κυψέλη στερεοποίησης

Πρόκειται για κύλινδρο, με εσωτερική διάμετρο  $D = 450$  mm και πάχος τοιχώματος 6 mm. Το ύψος δοκιμίου (H) είναι 400 mm δηλαδή  $H / D = 0,89$ . Το δοκίμιο διαιρείται στα δύο με λεπτό μη υφαντό γεωύφασμα.

Στο κάτω μέρος της κυψέλης υπάρχει χαλύβδινη βάση με αγωγό αποστράγγισης.

Στην εξωτερική επιφάνεια της κυψέλης εγκαταστάθηκαν ζευγάρια από strain gauges σε κάθετη και οριζόντια διεύθυνση, για να μετρούν τις οριζόντιες τάσεις που δημιουργούνται από την παραμόρφωση του δείγματος κατά την αύξηση της αξονικής τάσης, αλλά και την απομείωση των τάσεων λόγω τριβής μεταξύ τοιχωμάτων και έρματος.

##### II. Σύστημα φόρτισης

Εφαρμόζεται με θύλακα πίεσης στην κορυφή της κυψέλης (τροφοδοσία από αεροσυμπιεστή με σταθερή πίεση). Μέγιστο φορτίο πίεσης = 1,2 MPa

(ισοδυναμεί με κανονικό φορτίο 19,5 τόνων στο δείγμα). Αυτό το φορτίο (των 1,2 Μρα), είναι πάνω από το αντίστοιχο που έχει μετρηθεί επί τόπου σε στρώσεις έρματος, ακόμη και στις χειρότερες συνθήκες γραμμής, (με κλίση της σιδηροτροχιάς και επιπέδωση του τροχού σε φτωχό υπόβαθρο γεγονός που μπορεί να τριπλασιάσει το φορτίο του τροχού).

Η μέγιστη απόσταση κίνησης του εμβόλου συμπίεσης είναι 150 mm (37,5% της παραμόρφωσης).

### III. Μονάδες μέτρησης παραμόρφωσης

- Μέτρηση κάθετης παραμόρφωσης
- Μέτρηση ακτινωτής και διαμήκους παραμόρφωσης



**Εικόνα 79. Κυψέλη στερεοποίησης υψηλής κλίμακας (consolidometer).**



**b) Μεγάλης κλίμακας τριαξονικός εξοπλισμός**

Χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της σχέσης τάσης – παραμόρφωσης και για τον προσδιορισμό του έρματος υπό την επίδραση μονότονης φόρτισης.

Η διάμετρος του δοκιμίου είναι 300 mm και το ύψος του 600 mm.

Συνοπτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται η συσκευή:

I. Τριαξονικός θάλαμος, κυλινδρικός, περιορισμένος (confined).

Δημιουργείται ομοιόμορφη ακτινωτή πίεση από υγρό στην παράπλευρη επιφάνεια, ενώ ανεξάρτητη αξονική τάση εφαρμόζεται στο δείγμα από έμβολο. Το δείγμα είναι μέσα σε μεμβράνη νεοπρενίου πάχους 4 mm και όλα μαζί είναι μέσα σε ασάλινη κυψέλη (εξωτερική διάμετρος 615 mm, πάχος τοιχώματος 30 mm και ύψος 945 mm). Οι πλάκες κορυφής και πυθμένα της τριαξονικής κυψέλης είναι διάτρητες για συνδέσεις που επιτρέπουν την εφαρμογή πίεσης, κενού, κορεσμό και στράγγιση καθώς και χρήση μέτρησης με όργανα της πίεσης πόρων (παρεμποδίζεται η απώλεια λεπτόκοκκου).

II. Μονάδα κάθετης φόρτισης

Περιλαμβάνει σύστημα υδραυλικής φόρτισης, τοποθετημένο στην κορυφή, ικανό να εφαρμόσει στατικές δυνάμεις πάνω από 200 τόνους που ισοδυναμούν με 140 Μρα σε έμβολο Ø 133. Η μέγιστη παραμόρφωση που μπορεί να επιτευχθεί είναι 25%.

III. Μονάδα πίεσης αέρα και ελέγχου του νερού

(Μέγιστη πίεση αέρα = 1Μρα).

IV. Συσκευή μέτρησης πίεσης πόρων

(Περιλαμβάνει πορώδη δίσκο στη βάση του δείγματος).

V. Συσκευή μέτρησης αξονικής μετατόπισης και μεταβολής όγκου

**c) Large – scale Process Simulation True Triaxial Rig (PSTTR).**

Στις συμβατικές τριαξονικές δοκιμές ισχύει ότι  $\sigma_2 = \sigma_3$  γεγονός που δεν ισχύει στην πραγματικότητα. Επίσης στη σιδηροδρομική γραμμή το έρμα είναι φορτισμένο μόνο κάτω από το στρωτήρα και το έρμα τύπου “crib” είναι ελεύθερο να κινηθεί ή να ρέει, ενώ το αξονικό φορτίο στη συμβατική τριαξονική δοκιμή εφαρμόζεται σε ολόκληρη την επιφάνεια του δείγματος, μειώνοντας την απόκριση του έρματος στις δονήσεις. Τελικά κατέληξαν, ότι η καλύτερη προσομοίωση γίνεται από μία συσκευή που επιτρέπει την εφαρμογή και τον έλεγχο διαφορετικών περιορισμένων πιέσεων, πάνω σε δύο ορθογωνικές οριζόντιες κατευθύνσεις και επίσης επιτρέπει τόσο επιφανειακές κινήσεις όσο και πλευρικές μετατοπίσεις του έρματος, κάτω από κάθετες φορτίσεις κυκλοφορίας. Σχεδιάστηκε λοιπόν ειδικά για αυτή την έρευνα η συσκευή PSTTR, για δοκίμια δηλαδή πρισματικά (600×800×600)mm, τα οποία θα υποβάλλονται σε τρεις ορθογωνικές ανεξάρτητες τάσεις. Επίσης επιτράπηκε πλευρική επέκταση των σκύρων που οφείλεται στις περιορισμένες πλευρές του κουτιού.

Συνοπτικά τα μέρη από τα οποία αποτελείται η συσκευή PSTTR είναι:

1. Πρισμαειδής Τριαξονική Κυψέλη

Πρόκειται για χαλύβδινο κουτί χωρίς πυθμένα και οροφή, τοποθετημένο μέσα σε άκαμπτο χαλύβδινο πλαίσιο με χαλύβδινη βάση. Οι κάθετοι τοίχοι

απέχουν 1mm από την πλάκα βάσης, οπότε όταν ασκηθούν οριζόντιες δυνάμεις επιτρέπεται η ελεύθερη κίνηση των τοίχων.

Οι διαστάσεις της κυψέλης είναι (600×800×600)mm.

Στα σημεία φόρτισης των κάθετων τοίχων έχουν προσαρμοστεί χονδρές πλάκες 300×300×10 mm που εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη διανομή των πιέσεων σε ολόκληρο το πάχος έρματος (300mm κάτω από το στρωτήρα).

Το πιο κρίσιμο μέρος του παραπάνω κουτιού είναι τα τοιχώματα τα οποία μπορούν να μετατοπίζονται ανεξάρτητα.

Η επιτρεπτή πλευρική μετατόπιση Βορρά – Νότου ( $\sigma_2$ ) είναι ίση με  $\pm 50$  mm δηλαδή  $\pm 16,7$  % παραμόρφωση, ενώ η αντίστοιχη Ανατολή – Δύση ( $\sigma_3$ ) είναι ίση με  $\pm 50$  mm που αντιστοιχεί στο  $\pm 12,5$  % της παραμόρφωσης.

## 2. Μονάδα Αξονικής Φόρτισης

Έχει μέγιστη δυνατότητα 10 τόνων (η φόρτιση παράγεται από δυναμικό διεγέρτη). Η επιτρεπτή συχνότητα είναι πάνω από 50 Hz για μικρό πλάτος κύματος. Ο χαλύβδινος δίσκος (με διάμετρο 100 mm) του δυναμικού διεγέρτη, μεταφέρει την κύρια τάση  $\sigma_1$  στο δείγμα έρματος μέσω ενός τεμάχους από ξύλινο στρωτήρα.

2.1 Μονάδα υδραυλικής μηχανής  
(Δίνει κίνηση στο δυναμικό διεγέρτη).

2.2 Υδραυλικό κύκλωμα μηχανής

2.3 Σύστημα ελέγχου δυναμικού διεγέρτη (με σερβομηχανισμό) που ελέγχει μέσω βαλβίδας την τροφοδοσία λαδιού στο δίσκο του διεγέρτη.

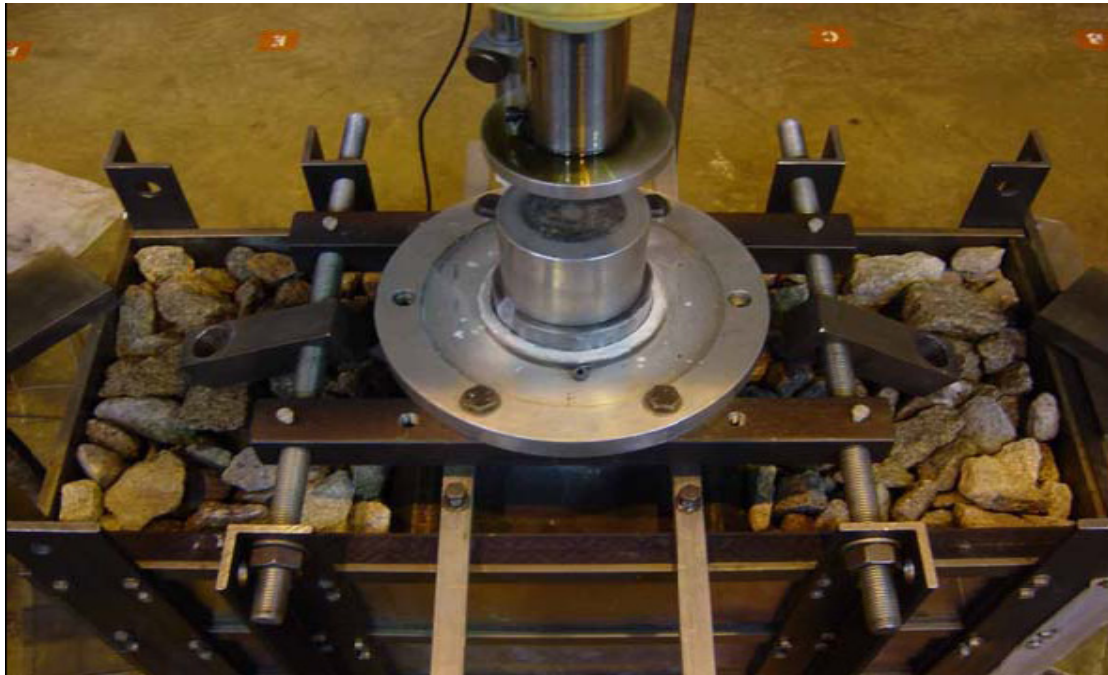
Η δυνατότητα φόρτισης του χαλύβδινου δίσκου με 10 τόνους, προσομοιάζει πραγματικά αξονικά φορτία των 40 τόνων, επιτρέποντας τη διανομή φορτίου τροχού στους γειτονικούς στρωτήρες (Jeffs and Tew, 1991). Για πολύ μικρές συχνότητες δονητικής φόρτισης (π.χ. 0,01 Hz) η μέγιστη διαδρομή του εμβόλου είναι 25 χιλιοστά με μέγιστο φορτίο 10 τόνων. Για συχνότητα 25 Hz η μέγιστη διαδρομή του εμβόλου είναι 1,7 mm και το μέγιστο φορτίο 5 τόνοι.

2.4 Οργανομέτρηση

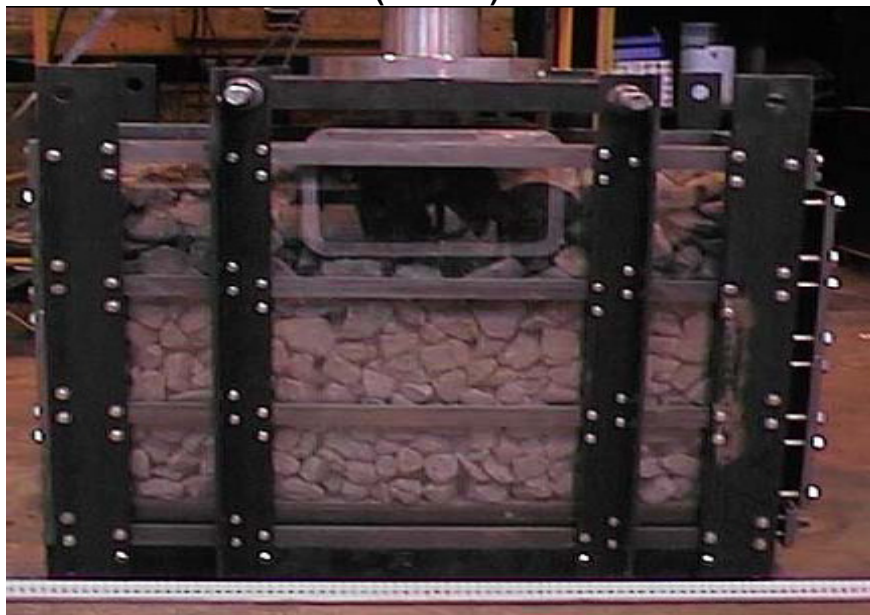
## 3. Σύστημα ελέγχου πίεσης

Το έρμα δέχεται τάσεις μέσω των τοιχίων. Υπάρχουν 4 υδραυλικοί γρύλλοι μέγιστης ικανότητας 101,7 kN και διαδρομής εμβόλου 155 mm. Η ικανότητα των γρύλλων επιτρέπει τη διατήρηση κατευθυνόμενης πίεσης στο έρμα 200 Κρα. Η φόρτιση με τη δεδομένη διάταξη, μπορεί και δίνει αυξημένη τάση  $\sigma_2$  και ελάχιστη  $\sigma_3$ .

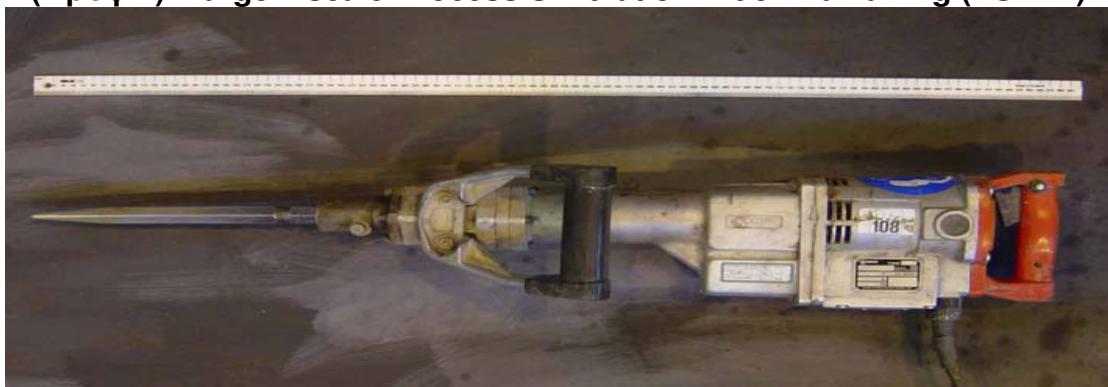
## 4. Συσκευές καταγραφής οριζόντιων και κάθετων μετατοπίσεων.



Εικόνα 80 (κάτοψη). Large – scale Process Simulation True Triaxial Rig (PSTTR).

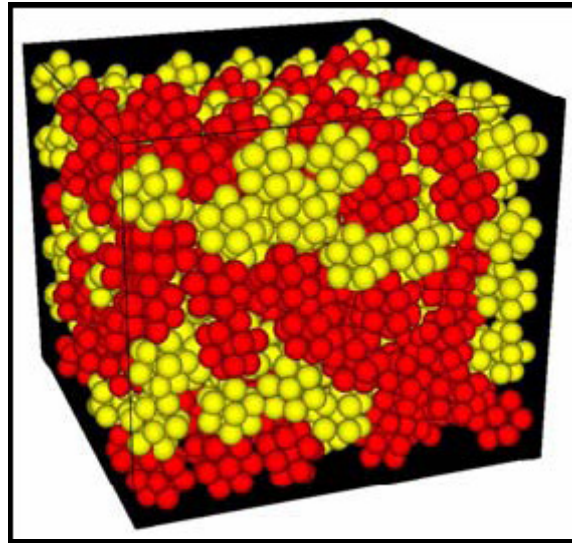


Εικόνα 81 (προφίλ). Large – scale Process Simulation True Triaxial Rig (PSTTR).

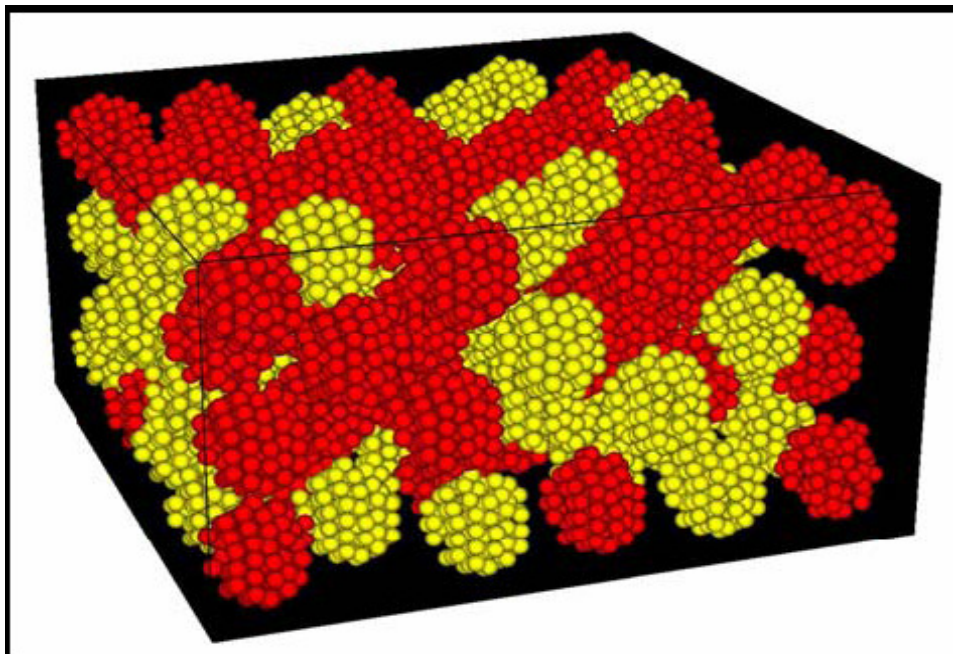


Εικόνα 82. Δονητής έρματος για τη συσκευή PSTTR

**ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΡΜΑΤΟΣ (εικόνες 83 – 86)**

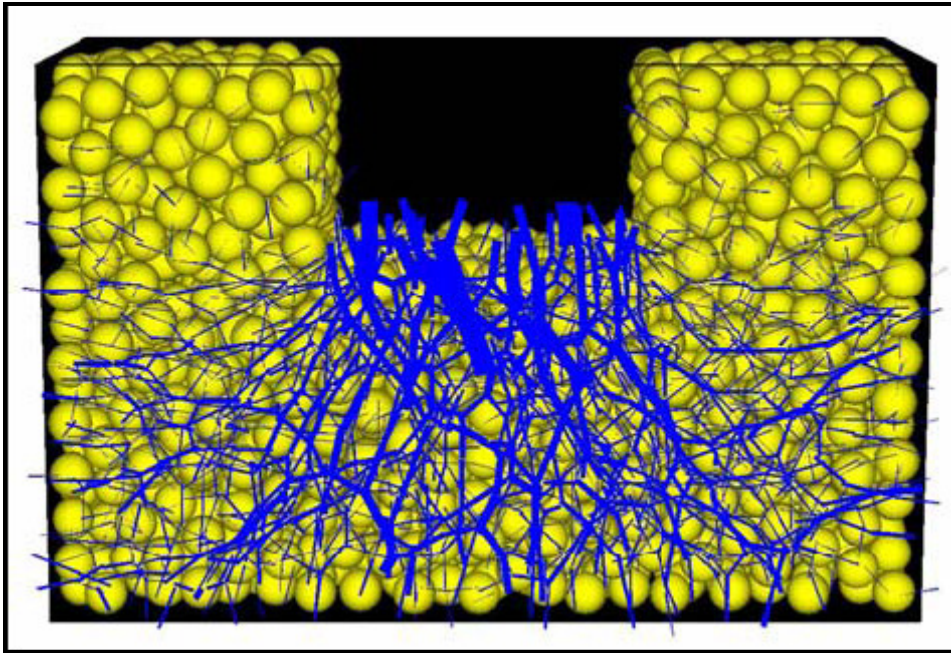


**Εικόνα 83**

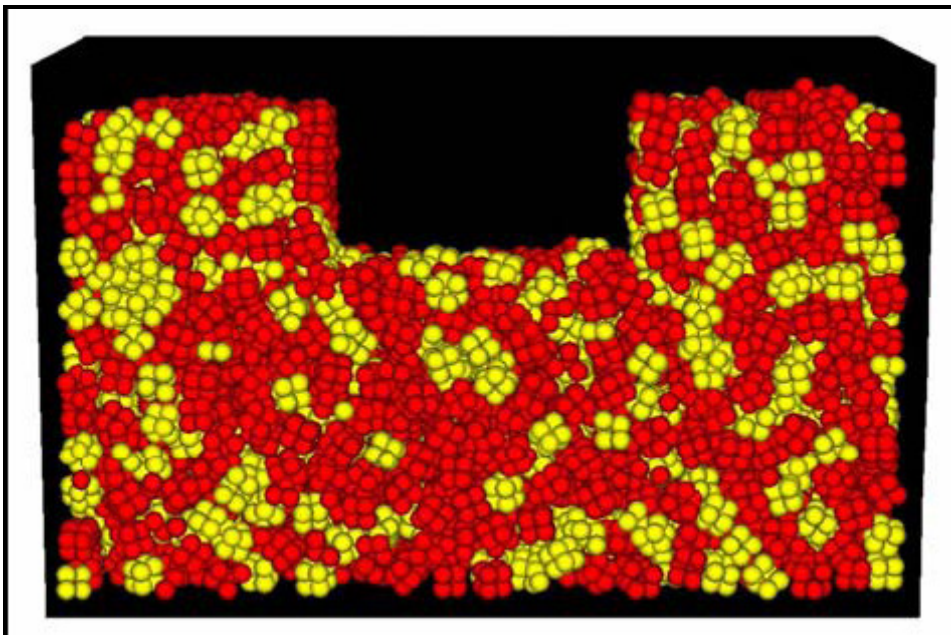


**Εικόνα 84**





Εικόνα 85



Εικόνα 86

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΕΡΜΑΤΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

#### 4.1 Γενικά

Στα πλαίσια εναρμόνισης των ελληνικών προδιαγραφών για το έρμα, (σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας), με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές, επικυρώθηκε από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450.

Οι νέες προδιαγραφές δίνουν ένα εύρος κατηγοριών ή κλάσεων για τις ιδιότητες του έρματος, ώστε οι χρήστες να μπορούν να επιλέγουν τα κατάλληλα όρια τιμών για τα σιδηροδρομικά αδρανή υψηλής ποιότητας της περιοχής τους.

Η έναρξη εφαρμογής του Προτύπου αυτού στην Ελλάδα, έγινε το έτος 2006 από τον ελληνικό φορέα κατασκευής σιδηροδρομικών έργων ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. (ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.) που λειτουργεί ως αποκλειστικός διαχειριστής συγχρηματοδοτούμενων έργων, για την κατασκευή της νέας διπλής σιδ/κής γραμμής υψηλής ταχύτητας (κανονικού εύρους ανοίγματος 1,435 μετρούμενο στο εσωτερικό διάστημα των συζυγών σιδηροτροχιών).

Από το έτος 1997 μέχρι σήμερα η ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. προμηθεύεται υψηλής σκληρότητας σκύρα, μαγματικής προέλευσης, τα οποία αποθηκεύει εκ των προτέρων για να τα διαστρώσει μετά την ολοκλήρωση της υποδομής.

**Γενικά, παλιές και νέες προδιαγραφές συνοψίζουν τις απαιτήσεις τους για το σιδηροδρομικό έρμα σε ένα υλικό ομοιόμορφα διαβαθμισμένο, θραυστό και σκληρό, ανθεκτικό, γωνιώδες και ισοδιάστατο ως προς το σχήμα, ελεύθερο σκόνης, χημικής μόλυνσης και συγκολλημένους κόκκους**

Το EN 13450 έχει συνταχθεί από την Ευρωπαϊκή Τεχνική ομάδα Προτύπων CEN/TC 154 “Aggregates”, ύστερα από εισηγήσεις-υπομνήματα που δόθηκαν (στη CEN) από την Ευρωπαϊκή επιτροπή και τον Ελεύθερο, Ευρωπαϊκό, Εμπορικό συνεταιρισμό, στηρίζοντας τις αρχικές-βασικές απαιτήσεις των EU οδηγιών (EU Directives/annex ZA του EN 13450). Περιλαμβάνει (το EN 13450), ρυθμιστικές (κανονιστικές) παραπομπές, μαζί με δέκα παραρτήματα που στόχο έχουν την εξειδίκευση των ιδιοτήτων των αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν ως σιδηροδρομικό έρμα (4 από τα παραρτήματα είναι ρυθμιστικά και τα υπόλοιπα 6 είναι πληροφοριακά).

Σύμφωνα με το EN 13450 ως σιδηροδρομικό έρμα ορίζεται το σύνολο των αδρανών, οι επιφάνειες των κόκκων των οποίων μπορούν να περιγραφούν εξολοκλήρου ως θραυστές.

Μπορεί δε να είναι:

- ΦΥΣΙΚΟ, εφόσον μετά την εξόρυξή του έχει υποστεί μόνο μηχανική επεξεργασία,

- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ, εφόσον έχει υποστεί θερμικές ή και άλλες τροποποιήσεις (μη μηχανικές) κατά τη διαδικασία βιομηχανικής παραγωγής και
- ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟ εφόσον προέρχεται από διαλογή παλιότερου έρματος.

#### 4.2 Απόσπασμα από τους όρους Διακήρυξης Προμήθειας έρματος σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων της ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε.

.....

.....

.....

##### **4.2.1 Τεχνικά στοιχεία**

Ο υποψήφιος προμηθευτής των εν λόγω αδρανών υλικών υποχρεούται να προσκομίσει στην Επιβλέπουσα Αρχή τα παρακάτω:

- Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης CE (σύστημα 2+), από αρμόδιο Οργανισμό Πιστοποίησης για αδρανή υλικά σύμφωνα με το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΖΑ του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 13450.

- Υπεύθυνη δήλωση του Ν.1599/86, όπου θα δηλώνεται: α) το/τα λατομείο/α, από το οποίο θα προμηθευτεί το υλικό, β) ο τόπος εγκατάστασής του/των λατομείου/ων, γ) ότι το παραγόμενο υλικό (σκύρα) δεν περιέχει επικίνδυνες ουσίες για την συγκεκριμένη χρήση, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450 Παράρτημα ΖΑ 1.

- Δήλωση Συμμόρφωσης του προϊόντος από τον παραγωγό σύμφωνα με το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΖΑ του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 13450 από την οποία να προκύπτει ότι πληρούνται οι απαιτήσεις της παρούσας Διακήρυξης. Σε αντίθετη περίπτωση η προσφορά απορρίπτεται.

[Ανεξάρτητα από την πιο πάνω δήλωση, κατά την διάρκεια της κρίσης του διαγωνισμού, η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών του διαγωνισμού θα επισκεφθεί τα λατομεία από όπου θα πάρει δείγματα σκύρων, τα οποία θα υποβάλλει σε εργαστηριακούς ελέγχους στο εργαστήριο αδρανών υλικών της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. ή σε άλλο εργαστήριο που θα ορίσει η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. για τον καθορισμό των συντελεστών **Los Angeles (L<sub>ARB</sub>)** και **Micro-Deval (MDE<sub>RB</sub>)**. Επίσης, η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. (Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών) έχει το δικαίωμα να μην ακολουθήσει την ως άνω διαδικασία για λατομεία που έχουν ήδη ελεγχθεί από αυτήν κατά το παρελθόν και εντός πενταετίας από την ημερομηνία διεξαγωγής του παρόντος διαγωνισμού, στα πλαίσια τεχνικής κρίσης άλλων διαγωνισμών προμήθειας σιδηροδρομικών σκύρων και των οποίων (λατομείων) οι απαιτούμενες τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** ήταν, για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** ίση ή μικρότερη του δεκατέσσερα (**L<sub>ARB</sub> ≤ 14**), και για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** ίση ή μικρότερη του έντεκα (**MDE<sub>RB</sub> ≤ 11**). Τόσο η δειγματοληψία όσο και οι εργαστηριακοί έλεγχοι θα πραγματοποιηθούν σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450].

- Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εκδιδόμενης από την αρμόδια Αρχή άδειας εκμετάλλευσης του λατομείου.

▪ Βεβαίωση αρμόδιας (εκδούσας) Αρχής ότι η παραπάνω άδεια εκμετάλλευσης του λατομείου εξακολουθεί να ισχύει ακόμη ενόψει της παρούσας προμήθειας και ισχύει για την παραγωγή σκύρων για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εκδιδόμενης από την αρμόδια Αρχή άδειας λειτουργίας μηχανημάτων κατεργασίας των αδρανών υλικών.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης, που υποβλήθηκε για την έκδοση της άδειας εκμετάλλευσης. Εάν έχει παρέλθει χρόνος μεγαλύτερος των δέκα ετών από την ημερομηνία έγκρισης της μελέτης αυτής έως την ημερομηνία διεξαγωγής του παρόντος διαγωνισμού, ο Προσφέρων πρέπει να προσκομίσει, επιπλέον της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης, και νέα τεχνική μελέτη, συνταχθείσα από αρμόδιο Μηχανικό, από την οποία να προκύπτουν οι διαθέσιμες απολήψιμες ποσότητες του ζητούμενου υλικού κατά τον χρόνο σύνταξης της νέας μελέτης. Σε περίπτωση που κατά την παραπάνω διαδικασία η νέα τεχνική μελέτη προσκομίσθηκε στην ΕΡΓΟΣΕ σε προγενέστερο διαγωνισμό προμήθειας σκύρων, θεωρείται εν ισχύ εφόσον δεν έχει παρέλθει χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των τριών ετών από την ημερομηνία που έχει συνταχθεί. Σε κάθε περίπτωση που οι απολήψιμες ποσότητες (αθροιστικά για όλα τα δηλωθέντα λατομεία) δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών του παρόντος διαγωνισμού, τότε η προσφορά αυτή θα απορρίπτεται ως απαράδεκτη.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο του εγκεκριμένου τοπογραφικού διαγράμματος, που επισυνάπτεται στην εγκεκριμένη τεχνική μελέτη.

▪ Ορυκτολογική-πετρογραφική μελέτη (μικροσκοπική εξέταση και ακτινογραφική ανάλυση) των προσφερομένων σκύρων από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), η οποία να έχει εκδοθεί εντός του χρονικού διαστήματος των δώδεκα (12) μηνών πριν από την ημερομηνία του διαγωνισμού. Από την εν λόγω μελέτη πρέπει να προκύπτει η ύπαρξη ή μη, επικίνδυνων και επιβλαβών ουσιών.

▪ Υπεύθυνη δήλωση του Ν.1599/86, ότι η ορυκτολογική-πετρογραφική μελέτη αφορά τα προσφερόμενα σκύρα. Η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. διατηρεί το δικαίωμα να προβεί στον έλεγχο των ορυκτολογικών χαρακτηριστικών των υπό προμήθεια σκύρων με δαπάνες του προσφέροντος.

Στην περίπτωση που ο προσφέρων δεν διαθέτει δικό του λατομείο, εκτός των παραπάνω κατά περίπτωση δικαιολογητικών, οφείλει να προσκομίσει:

α) Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία να δηλώνει τον ιδιοκτήτη του λατομείου από το οποίο θα υλοποιήσει την προμήθεια και

β) Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 του ιδιοκτήτη του λατομείου ότι θα προμηθεύσει σε αυτόν, σύμφωνα με τους όρους της παρούσας και της μέλλουσας να υπογραφεί σύμβασης, τα προαναφερόμενα υλικά προσηκόντως.

[Στην περίπτωση κατά την οποία, στη χώρα εγκατάστασης του δηλούμενου λατομείου δεν εκδίδονται τα απαιτούμενα δικαιολογητικά των παραγράφων, 8.1.6, 8.1.7, 8.1.8, 8.1.9, 8.1.10 του παρόντος άρθρου, αυτά θα πρέπει να αντικαθίστανται από ένορκη βεβαίωση του προσφέροντος ή στα κράτη όπου δεν προβλέπεται η ένορκη βεβαίωση, από υπεύθυνη δήλωση ενώπιον αρμόδιας δικαστικής ή διοικητικής αρχής, συμβολαιογράφου ή αρμόδιου επαγγελματικού οργανισμού του κράτους προέλευσης].



[Ο προσφέρων υποχρεούται να παρέχει στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών για την δειγματοληψία όλα τα απαιτούμενα μέσα (μηχανήματα, προσωπικό κλπ.), όπως αυτά ορίζονται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450, καθώς και τις αναγκαίες διευκολύνσεις για την ευχερή μετάβαση της Επιτροπής Κρίσεως Προσφορών στον χώρο του λατομείου. Κατά τη διενέργεια της δειγματοληψίας και των δοκιμών αυτών μπορούν να παρίστανται οι προσφέροντες ή ο νόμιμος εκπρόσωπος αυτών, παραδίδοντας στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών την εξουσιοδότηση εκπροσώπησης. Πριν τη διενέργεια της δειγματοληψίας ο προσφέρων θα καταθέσει στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 που θα δηλώνει ότι έχει λάβει όλες τις απαιτούμενες από τον Νόμο άδειες για τη λήψη του δείγματος (προμήθεια-μεταφορά εκρηκτικών, γόμωση διατηρημάτων, έκρηξη, άδεια λειτουργίας μηχανημάτων, κλπ) ότι θα λάβει προ της διενέργειας αυτών όλα τα ενδεδειγμένα και απαιτούμενα από τον Νόμο μέτρα ασφάλειας και ότι θα γίνουν νομίμως με πλήρη και αποκλειστική ευθύνη του προσφέροντος].

[Η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών τρεις (3) τουλάχιστον ημερολογιακές ημέρες πριν την δειγματοληψία υλικού από το δηλωθέν λατομείο, θα δηλώσει εγγράφως στους υποψήφιους προμηθευτές την ακριβή ημέρα και ώρα που αυτή θα διενεργηθεί. Σε περίπτωση που από υπαιτιότητα του υποψηφίου προμηθευτή δεν καταστεί δυνατόν να προβεί η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών σε δειγματοληψία υλικού από το δηλωθέν λατομείο στην ορισθείσα ημέρα και ώρα, προκειμένου να καθορίσει τις τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** του συγκεκριμένου υλικού για να ελεγχθεί, αν πληρεί τις απαιτήσεις της παρούσας, η Προσφορά θα απορρίπτεται].

Επισημαίνεται ότι, οι απαιτούμενες τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** είναι, για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** ίση ή μικρότερη του δεκατέσσερα (**L<sub>ARB</sub> ≤ 14**), και για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** ίση ή μικρότερη του έντεκα (**MDE<sub>RB</sub> ≤ 11**). Συνεπώς, εάν η εξέταση του δείγματος που θα λάβει η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών δώσει τιμή για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** μεγαλύτερη του δεκατέσσερα (14), τότε η Προσφορά απορρίπτεται και δεν εκτελείται η δοκιμή προσδιορισμού του συντελεστή **Micro-Deval MDE<sub>RB</sub>**. Επίσης εάν η εξέταση του δείγματος που θα λάβει η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών δώσει τιμή για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** μεγαλύτερη του έντεκα (11), τότε η Προσφορά απορρίπτεται και δεν εκτελείται η δοκιμή προσδιορισμού του συντελεστή **L<sub>ARB</sub>**.

#### **4.2.2 Τρόπος μέτρησης και παραλαβής του υλικού**

Η ποιοτική και ποσοτική παραλαβή των σκύρων γραμμής θα διενεργείται από τριμελή Επιτροπή που ορίζεται από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. Η Επιτροπή αυτή μπορεί να πλαισιώνεται από τα απαραίτητα αναπληρωματικά μέλη και βοηθητικό προσωπικό. Η δειγματοληψία και οι ποιοτικοί έλεγχοι θα γίνονται σύμφωνα με τα οριζόμενα στη Διακήρυξη.

##### **4.2.2.1 Ποσοτική παραλαβή**

Η ποσοτική παραλαβή των σκύρων θα γίνεται με δύο τρόπους, ήτοι:

- Με ζύγιση σε γεφυροπλάστιγγες του ωφέλιμου φορτίου των φορτηγών μεταφοράς σκύρων και

- με ογκομέτρηση του όγκου των σκύρων σε κάθε σκυραποθήκη με εφαρμογή τοπογραφικών μεθόδων.

#### **A) Παραλαβή με ζύγιση του υλικού**

Τα παραδιδόμενα σκύρα θα παραλαμβάνονται και θα μετρούνται με ζύγιση σε τόνους. Τα αυτοκίνητα θα ζυγίζονται φορτωμένα σε γεφυροπλάστιγγα στους τόπους παράδοσης, αφού πρώτα αυτά έχουν ζυγιστεί, τουλάχιστον μία φορά την ημέρα κενά, για τον προσδιορισμό απόβαρου.

Η ζύγιση θα γίνεται πάντοτε παρουσία εκπροσώπου της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. σε γεφυροπλάστιγγα που θα εγκαταστήσει ο προμηθευτής με δική του ευθύνη και δαπάνη στους τόπους παράδοσης, σύμφωνα με τις υποδείξεις της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. Η ως άνω γεφυροπλάστιγγα θα πρέπει να πιστοποιηθεί ως προς την ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων της είτε από την αρμόδια Δημόσια Αρχή, είτε από αναγνωρισμένη εταιρία πιστοποίησης, πριν από την έναρξη των παραδόσεων σκύρων καθώς και σε τακτά διαστήματα που θα καθορίσει η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε., με ευθύνη και δαπάνη του Προμηθευτή.

Η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. δια του εκπροσώπου της έχει δικαίωμα καθημερινού δειγματοληπτικού ελέγχου επαλήθευσης του βάρους των φορτηγών -κενών ή/και φορτωμένων- με ζύγισή τους σε άλλη γεφυροπλάστιγγα. Η δαπάνη των ζυγίσεων αυτών θα βαρύνει τον προμηθευτή.

Σε περίπτωση που από τον δειγματοληπτικό έλεγχο διαπιστωθεί απόκλιση άνω του 0,5% σε βάρος της ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ μεταξύ της αρχικής και δειγματοληπτικής ζύγισης, η ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ δύναται (εκτός των άλλων) διαζευκτικά ή σωρευτικά να: α) επιβάλει στον προμηθευτή πρόστιμο, ίσο με το δεκαπενταπλάσιο ( $\times 15$ ) της συμβατικής αξίας της ελλείπουσας ποσότητας σκύρων και β) να θεωρήσει ότι η διαπιστωθείσα (ποσοστιαία) απόκλιση υφίσταται στην συνολική, ημερήσια, παραδοθείσα ποσότητα σκύρων και, εάν ο προμηθευτής δεν αναπληρώσει την κατά τα ανωτέρω προκύπτουσα ποσότητα, να προβεί σε αντίστοιχη παρακράτηση από τον επόμενο λογαριασμό του.

#### **B) Παραλαβή με ογκομέτρηση του υλικού:**

Μετά τη διαμόρφωση κάθε χώρου αποθήκευσης (σύμφωνα με το άρθρο 11 της παρούσας) και πριν την έναρξη των παραδόσεων, θα λαμβάνονται υψόμετρα του διαμορφωμένου εδάφους απόθεσης των σκύρων από την Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) παρουσία εκπροσώπου του Προμηθευτή και θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ μαζί με τις σχετικές μετρήσεις και σχέδια.

Η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) από κοινού με τον Προμηθευτή ή εκπρόσωπό του θα προβαίνουν στον υπολογισμό του φαινόμενου ειδικού βάρους του παραδιδόμενου υλικού. Ο υπολογισμός αυτός θα γίνεται με ογκομέτρηση και ζύγιση δέκα τουλάχιστον φορτωμένων φορτηγών αυτοκινήτων και θα προκύψει από τον μέσο όρο των δέκα

μετρήσεων, (σύμφωνα με τις οδηγίες της Επιτροπής Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ) και θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ.

Μετά την παράδοση από τον Προμηθευτή της τελευταίας τμηματικής ποσότητας σκύρων για κάθε σκουραποθήκη και πριν την σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου, η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) θα πραγματοποιεί τις απαραίτητες τοπογραφικές μετρήσεις υπαίθρου, παρουσία και του εκπροσώπου του Προμηθευτή. Μετά θα γίνεται η επεξεργασία των στοιχείων με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού και θα υπολογίζεται ο όγκος της ποσότητας των σκύρων. Στη συνέχεια θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ.

Σε περίπτωση απόκλισης των ποσοτήτων σκύρων που θα προκύψουν από τις παραπάνω δύο μεθόδους εις βάρος της ΕΡΓΟΣΕ, τότε κατά την απόλυτο κρίση της ΕΡΓΟΣΕ ο Προμηθευτής θα προβαίνει σε νέα ζύγιση του υλικού της συγκεκριμένης σκουραποθήκης εκτός εάν ο Προμηθευτής αποδεχτεί τη διαφορά ποσότητας και την συμπληρώσει εκ' των υστέρων. Όλες οι δαπάνες που θα προκύψουν για την νέα ζύγιση του υλικού (φόρτωση του υλικού σε φορτηγά, ζύγιση, εναπόθεση σε άλλο χώρο, συσσώρευση του υλικού, κόστος φορτηγών, κλπ.) θα βαρύνουν τον Προμηθευτή.

Εάν μετά τη νέα ζύγιση του υλικού προκύψει απόκλιση με την αρχική ζύγιση σε βάρος της ΕΡΓΟΣΕ, τότε ο Προμηθευτής υποχρεούται να παραδώσει άμεσα την ελλείπουσα ποσότητα χωρίς καμία πρόσθετη οικονομική επιβάρυνση για την ΕΡΓΟΣΕ. Σε περίπτωση που ο Προμηθευτής δεν ικανοποιήσει τα παραπάνω, τότε η ΕΡΓΟΣΕ θα εφαρμόσει τα προβλεπόμενα από τον Κανονισμό Προμηθειών της.

Η σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής για κάθε σκουραποθήκη από την Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής Παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ θα γίνεται μετά και την τήρηση των αναφερομένων στο παρόν άρθρο.

Ο προμηθευτής είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για φύλαξης του υλικού μέχρι την οριστική του παραλαβή από την ΕΡΓΟΣΕ, δηλαδή μέχρι τη σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής.

#### **4.2.2.2 Ποιοτική παραλαβή**

Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής Παραλαβής έχει το δικαίωμα να ελέγχει ότι η λατόμηση γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου EN 13450, τους συμβατικούς κανόνες και ότι καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής και προμήθειας των σκύρων εξασφαλίζονται όλες οι προϋποθέσεις και όροι ποιότητας των σκύρων που ορίζονται στο πρότυπο EN 13450.

Στα παραπάνω πλαίσια η Επιτροπή ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής των σκύρων είναι υποχρεωμένη να μεριμνήσει για την εκτέλεση στο εργαστήριο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. τακτικών εργαστηριακών ελέγχων

ποιότητας των σκύρων. Οι έλεγχοι αυτοί θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον ένας ανά 5.000 Μ.Τ. σκύρων.

Οι συστηματικοί έλεγχοι των σκύρων που γίνονται κατά την εκτέλεση της σύμβασης (παράδοση – παραλαβή από τριμελή επιτροπή) είναι στα πλαίσια των ακόλουθων απαιτήσεων:

#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:

- Η **κοκκομετρική διαβάθμιση** θα είναι σύμφωνη με τον τύπο Α του πίνακα 1 της παραγράφου 6.3 του προτύπου EN 13450. Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1.
- Η **καθαρότητα** θα είναι σύμφωνη με τον τύπο Β του πίνακα 2 της παραγράφου 6.4 του προτύπου EN 13450. Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1.
- Ο **Δείκτης πλακοειδών κόκκων** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 15 σύμφωνα με τον πίνακα 4 της υποπαραγράφου 6.6.1 του προτύπου EN 13450 (**FL 15**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-3.
- Το **μήκος των κόκκων** θα είναι σύμφωνο με τον τύπο Β του πίνακα 6 της παραγράφου 6.7 του προτύπου EN 13450.
- Η δοκιμή περιεκτικότητας σε **παιπάλη**, που αναφέρεται στην παράγραφο 6.5, Πίνακας 3 του προτύπου 13450, δεν απαιτείται.
- Η δοκιμή για το **δείκτη σχήματος** που αναφέρεται στην παράγραφο 6.6.2, Πίνακας 5 του προτύπου EN 13450, δεν απαιτείται.

#### ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:

- Η αντοχή σε θρυμματισμό - συντελεστής **Los Angeles (L<sub>ARB</sub>)** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 14 σύμφωνα με τον πίνακα 7 της παραγράφου 7.2 του προτύπου EN 13450 (**L<sub>ARB</sub> 14**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2.
- Η αντοχή σε φθορά - συντελεστής **Micro-Deval (M<sub>DERB</sub>)** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 11 σύμφωνα με τον πίνακα 9 της παραγράφου 7.3 του προτύπου EN 13450 (**M<sub>DERB</sub> 11**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-1.
- Η δοκιμή σε κρούση που αναφέρεται στην παράγραφο 7.2, Πίνακας 8 του προτύπου EN 13450, δεν απαιτείται.
- Οι δοκιμές που αναφέρονται στην παράγραφο 7.4 και 7.5 του προτύπου EN 13450 που αφορούν την Ανθεκτικότητα και την Αποσάθρωση, δεν απαιτούνται.

Η δειγματοληψία θα μπορεί να γίνεται από την Επιτροπή Παραλαβής, στο λατομείο, στον τόπο παράδοσης ή ακόμα και κατά την μεταφορά των σκύρων σύμφωνα και με την EN 932-1, κτλ. ώστε να εξασφαλίζεται ότι το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό της παρατιδόμενης ποσότητας. Μέχρι να οριστικοποιηθούν οι ποιοτικοί έλεγχοι για τη συγκεκριμένη ποσότητα, η ποσότητα αυτή θα παραμένει ξεχωριστά από τις προηγούμενες ποσότητες που έχουν ήδη παραληφθεί (και ποιοτικά και ποσοτικά). Στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την δειγματοληψία μέχρι την εξαγωγή των



αποτελεσμάτων των εργαστηριακών ελέγχων ο προμηθευτής θα μπορεί να συνεχίζει την παραγωγή και παράδοση των σκύρων.

α) Για κάθε έλεγχο που έγινε σύμφωνα με τα ανωτέρω και απέδωσε μη αποδεκτό (απορριπτικό) αποτέλεσμα στις απαιτήσεις της Σύμβασης ο προμηθευτής έχει δικαίωμα να ζητήσει επανάληψη των ανωτέρω ελέγχων. Εάν εντός δύο εργάσιμων ημερών από την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων δεν ζητήσει εγγράφως την επανάληψη των ελέγχων, οριστικοποιείται η απόρριψη της εν λόγω ποσότητας. Εάν ο προμηθευτής ζητήσει επανάληψη των εργαστηριακών ελέγχων τότε σταματάει αμέσως η προμήθεια των σκύρων και λαμβάνονται δύο νέα δείγματα.

Κατά την λήψη των δύο νέων αυτών δειγμάτων, θα πρέπει να παρίσταται οπωσδήποτε ο προμηθευτής ή εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπος του. Εάν μέσα σε πέντε εργάσιμες ημέρες από την ημέρα που διατύπωσε την αμφισβήτηση του για το αποτέλεσμα του πρώτου ελέγχου δεν προσέλθει για τη νέα δειγματοληψία, τότε ματαιώνεται αυτή και το αποτέλεσμα του πρώτου ελέγχου θεωρείται οριστικό. Ευνόητο είναι ότι μπορεί ο προμηθευτής να παρακολουθήσει τους εργαστηριακούς ελέγχους που θα ακολουθήσουν την νέα δειγματοληψία.

Εάν η εξέταση και των δύο νέων δειγμάτων δώσει αποδεκτό αποτέλεσμα, τότε η ποσότητα στην οποία αντιστοιχούν τα δείγματα αυτά, γίνεται αποδεκτή.

Εάν ένα τουλάχιστον από τα δύο νέα δείγματα δώσει μη αποδεκτό (απορριπτικό) αποτέλεσμα, τότε η ποσότητα στην οποία αντιστοιχούν τα δείγματα αυτά, απορρίπτεται. Εξυπακούεται ότι η πληρωμή συνταχθείσας πιστοποίησης αναστέλλεται χωρίς καμία επιπλέον απαίτηση του προμηθευτή για όσο χρόνο χρειασθεί για την διεξαγωγή του δεύτερου ή εάν χρειασθεί και του τρίτου ελέγχου. Σε καμία περίπτωση δεν δικαιούται αντίστοιχη παράταση των προθεσμιών παράδοσης. Οι ανωτέρω αναφερόμενοι έλεγχοι αφορούν όλες τις απαιτήσεις της σύμβασης.

β) Μετά την οριστική απόρριψη της εξετασθείσας ποσότητας σκύρων ο προμηθευτής υποχρεώνεται να την αποσύρει μέσα σε πέντε εργάσιμες ημέρες και να την αντικαταστήσει με δικές του δαπάνες και φροντίδα χωρίς να δικαιούται παράτασης των προθεσμιών. Σε αντίθετη περίπτωση η ΕΡΓΟΣΕ δύναται να επιβάλλει στον προμηθευτή τα αναφερόμενα στον Κανονισμό Προμηθειών.

γ) Η Επιτροπή Παραλαβής όταν κρίνει αναγκαίο δύναται να αποστείλει δείγματα σκύρων για πετρογραφική-ορυκτολογική ανάλυση σε Αρμόδιο Φορέα.

#### **4.2.3 Εφαρμοστέο Δίκαιο**

Ο προμηθευτής και η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. θα προσπαθούν να ρυθμίζουν με καλή πίστη κάθε διαφορά, που τυχόν θα προκύψει στις μεταξύ τους σχέσεις κατά την διάρκεια της ισχύος της σύμβασης.

Οι διαγωνισμοί διέπονται από τον Κανονισμό Προμηθειών της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε (ΦΕΚ Β' 233/1998, από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/17 και τον Ν. 2854/2000 (περί δικαστικής προστασίας κατά το στάδιο που προηγείται της σύναψης συμβάσεων στους τομείς ύδατος, ενέργειας, μεταφορών και τηλεπικοινωνιών).

Επίσης οι διαγωνισμοί υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3414/2005 (ΦΕΚ 279/Α'/10-11-05) με θέμα: «τροποποίηση του Ν. 3310/2005: Μέτρα για τη διασφάλιση της διαφάνειας και την αποτροπή καταστρατηγήσεων κατά τη διαδικασία σύναψης δημοσίων συμβάσεων».

Επί διαφωνίας, η διαφορά θα λύνεται από τα Ελληνικά Δικαστήρια και συγκεκριμένα τα Δικαστήρια Αθηνών, σύμφωνα με την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία, εφαρμοστέο δε δίκαιο είναι πάντοτε το Ελληνικό.

Η Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. ορίζεται ως η αρμόδια Διεύθυνση για την ορθή εκτέλεση της σύμβασης καθ' όλη την διάρκειά της.

### 4.3 Συστηματικός Ποιοτικός Έλεγχος – Αναλυτική διαδικασία

#### 4.3.1 Γενικά

Ο συστηματικός ποιοτικός έλεγχος περιγράφεται συνοπτικά με τις παρακάτω τρεις παραμέτρους:

- Δειγματοληψία
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- Μηχανικά χαρακτηριστικά

#### 4.3.2 Δειγματοληψία

Η διαδικασία περιγράφεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 932-1 και σκοπό έχει την απόκτηση αντιπροσωπευτικού δείγματος δηλαδή, να έχει τους μέσους όρους των ιδιοτήτων της παρτίδας παραλαβής.

Κάθε δειγματοληψία περιλαμβάνει ως επόμενο βήμα την απομείωση του δείγματος ώστε το δείγμα που θα εισαχθεί στο εργαστήριο να έχει τελικά τον όγκο που του αναλογεί, δηλαδή, αφενός μεν να είναι αντιπροσωπευτικό αφετέρου δε να επαρκεί για τις εργαστηριακές δοκιμές.

Το πρότυπο περιγράφει και την μέθοδο δειγματοληψίας με τη λήψη τμηματικών δειγμάτων που εξετάζονται το καθένα ξεχωριστά.

**Αρχές της δειγματοληψίας:** Παίρνοντας κατάλληλο αριθμό προσαυξήσεων δείγματος, μειώνονται οι αποκλίσεις που οφείλονται στην ετερογένεια της παρτίδας. Για να μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το δείγμα που πήραμε αντιπροσωπεύει τα αδρανή μιας συγκεκριμένης παρτίδας, θα πρέπει (θεωρητικά) να είναι άθροισμα επιμέρους δειγμάτων απ' όλα τα μέρη της παρτίδας. Έτσι π.χ. οι προσαυξήσεις που παίρνουμε από αδρανή που εκφορτώνει ένα σιλό, αντιπροσωπεύουν το υλικό που εκφορτώθηκε και όχι τα αδρανή που παραμένουν στο σιλό.

Η ποσότητα του «χύδην» δείγματος (bulk sample) εξαρτάται από τη φύση και τον αριθμό των δοκιμών, το μέγεθος και την πυκνότητα των κόκκων. Από την επιτόπου εμπειρία καθορίζεται και ο αριθμός των προσαυξήσεων. Ως εμπειρία εννοούμε (κατά προτίμηση), το καταγεγραμμένο αποτέλεσμα των πειραμάτων. Συστήνεται η ελάχιστη μάζα (M) του χύδην δείγματος να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$M = 6 \times \sqrt{D} \times \rho_b$$

Όπου  $D$  η μέγιστη διάμετρος των κόκκων σε χιλιοστά και  $\rho_b$  η πυκνότητα του χύδην δείγματος σε τόνους ανά κυβικό μέτρο.

Πριν ξεκινήσει να υλοποιείται μια προμήθεια σιδηροδρομικών αδρανών συντάσσεται το σχέδιο δειγματοληψίας το οποίο περιλαμβάνει:

- Τον τύπο των αδρανών
- Το σκοπό της δειγματοληψίας περιλαμβάνοντας μια λίστα από ιδιότητες που θα ελεγχθούν
- Την αναγνώριση των σημείων δειγματοληψίας
- Την μάζα (κατά προσέγγιση) των προσαυξήσεων
- Τον αριθμό των προσαυξήσεων
- Τις συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν
- Τις μεθόδους δειγματοληψίας και απομείωσης δείγματος με παραπομπή στις ενότητες του προτύπου και
- Τον τρόπο σήμανσης, συσκευασίας και αποστολής του δείγματος.

Διευκρινίζεται ότι η σήμανση θα περιλαμβάνει ένα μοναδικό κωδικό, ταυτότητα δείγματος, τόπο δειγματοληψίας, ημερομηνία δειγματοληψίας και περιγραφή χρήσης υλικού.

Ένα παράδειγμα Προγράμματος Δειγματοληψίας που είχε συνταχθεί στο παρελθόν δίνεται πιο κάτω:

### «ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ» (EN 932 - 1, άρθρο 6 / 1996)

#### ΣΥΜΒΑΣΗ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 2006-4

Προμήθεια εκατόν δέκα χιλιάδων (110.000) μετρικών τόνων σκύρων γραμμής

#### **A. Τύπος αδρανούς υλικού:**

Σκύρα σιδηροδρόμου - λατομείο ιδιοκτησίας Κ. Σιάχος & Σία, ΛΑΤΟΞΕΒΙΤΕ Α.Ε. στη θέση Κάκαβος της Κοινότητας Αγ. Δημητρίου Νήσου Λήμνου.

#### **B. Σκοπός δειγματοληψίας:**

##### 2.1 Έλεγχος κοκκομετρικής διαβάθμισης

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος A του πίνακα 1 της παραγράφου 6.3 του EN 13450  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1).

##### 2.2 Έλεγχος καθαρότητας

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος B του πίνακα 2 της παραγράφου 6.4 του EN 13450  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1).

##### 2.3 Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδών

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 15 σύμφωνα με τον πίνακα 4 της υποπαρ/φου 6.6.1 του προτύπου EN 13450 (FL 15).  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-3).

##### 2.4 Προσδιορισμός του μήκους των κόκκων

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος B του πίνακα 6 της παραγράφου 6.7 του προτύπου EN 13450.

##### 2.5 Προσδιορισμός συντελεστή Los Angeles (LARB)

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 14 σύμφωνα με τον πίνακα 7 της παραγράφου 7.2 του προτύπου EN 13450 (LARB 14)

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2).

2.6 Προσδιορισμός συντελεστή Micro-Deval (MDERB)  
(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 11 σύμφωνα με τον πίνακα 9 της παραγράφου 7.3 του προτύπου EN 13450 (MDERB 11)  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-1).

**Γ. Τόπος και σημεία δειγματοληψίας:**

Τόπος: Νέος σιδ/κός σταθμός Κορίνθου

Σημεία: σωροί απόθεσης - λήψη από διαφορετικά σημεία, σε διαφορετικά ύψη ή βάθη, από όλη την επιφάνεια της σωρού απόθεσης.

**Δ. Βάρος δείγματος κατά προσέγγιση:**

Εβδομήντα κιλά

**Ε. Αριθμός δείγματος:**

Κατ' ελάχιστο ένα (1) δείγμα ανά 5.000 μετρικούς τόνους το οποίο θα συνοδεύεται από ένα (1) αντίδειγμα που θα φυλάσσεται στο εργαστήριο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. καθώς και ένα τρίτο δείγμα που θα φυλάσσει η επιτροπή παραλαβής.

**ΣΤ. Εξοπλισμός δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί:**

Φτυάρι ή / και σέσουλα, σάκοι και κορδόνια περίδεσης

**Ζ. Μέθοδος δειγματοληψίας και μείωσης του όγκου των δειγμάτων:**

- Δειγματοληψία από σωρούς απόθεσης με χρήση φορτωτή για την έκθεση μετώπου δειγματοληψίας και λήψη επιμέρους δειγμάτων με φτυάρι(άρθρο 8.8 και παράρτημα Γ)
- Μείωση όγκου δείγματος με σταυρό (άρθρο 9.4)

**Η.1 Σήμανση δειγμάτων:**

- Κωδικός σήμανσης:
- Ταυτότητα δείγματος:
- Τόπος δειγματοληψίας:
- Ημερομηνία δειγματοληψίας:
- Ονομασία υλικού:

**Η.2 Συσσκευασία δειγμάτων:**

- Σάκοι στεγανοί υψηλής αντοχής, με ανθεκτική περίδεση και βουλοκέρι.

**Η.3 Αποστολή δειγμάτων:**

- Με συνοδεία εκπροσώπου της επιτροπής παραλαβής τα δείγματα παραδίδονται στο εργαστήριο του Θριασίου Πεδίου της ΕΡΓΟΣΕ, με την υπογραφή σχετικού πρωτοκόλλου.



**Διαδικασίες δειγματοληψίας:** Για λόγους ασφάλειας και εργονομίας προτείνονται από το ευρωπαϊκό πρότυπο τα παρακάτω:

1. Όσοι εκτελούν τη δειγματοληψία να δουλεύουν κοντά στο συγκρότημα παραγωγής και στα οχήματα ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργική διαχείριση αλλά και οι ασφαλείς πρακτικές.
2. Τα αδρανή κατά προτίμηση πρέπει να λαμβάνονται κατά τη δειγματοληψία από στάσιμο ιμάντα μεταφοράς ή από το σημείο εκφόρτωσης του υλικού, οι δε προσαυξήσεις θα λαμβάνονται σε κανονικά διαστήματα
3. Όποτε είναι δυνατό καλό είναι να αποφεύγεται η μέθοδος δειγματοληψίας από σωρούς (σειράδια), διότι είναι δύσκολο να πάρουμε τυχαίες προσαυξήσεις από όλα τα μέρη της παρτίδας και
4. να μην εφαρμόζεται η δειγματοληψία με φτυάρια ή σέσουλες σε κινούμενα υλικά.

Η ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΗ ΝΑ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ /ΧΡΗΣΗ ΕΡΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΟΣΕ ΣΥΝΗΘΩΣ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΣΩΡΟΥΣ, διότι η πηγή προέλευσης των αδρανών βρίσκεται πολύ μακριά από τον τόπο παράδοσης. Η τελική φάση απόθεσης στον τόπο παράδοσης σχεδόν πάντα γίνεται με χρήση φορτηγών. Για τα ελληνικά δεδομένα τα φορτηγά θεωρούνται ως τα πιο ευέλικτα οχήματα για την προσέγγιση των χώρων απόθεσης-συγκέντρωσης σκύρων κοντά στην μελλοντική σιδ/κή γραμμή όπου θα στρωθούν (εικόνα 87).



**Εικόνα 87. Παράδοση - αποθήκευση σιδ/κών αδρανών από τραχανδεσίτη Ν. Λήμνου (Ν.Σ.Σταθμός Κορίνθου).**

Αναλυτικότερα:

### Δειγματοληψία από σωρούς

Οι προσαυξήσεις πρέπει να έχουν ισοδύναμο μέγεθος και να λαμβάνονται από διαφορετικά σημεία, σε διαφορετικά ύψη ή βάθη κατανεμημένα σε όλη την μάζα του σωρού. Η θέση και ο αριθμός των δειγματοληψιών καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο χτίζεται ο σωρός, από το σχήμα του καθώς και από τη δυνατότητα διαφοροποίησης των επιμέρους κόκκων. Η δυσκολία ελέγχου μιας μεγάλης παρτίδας π.χ. μερικών χιλιάδων τόνων αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας σε πρώτο στάδιο κουβά φορτωτή όπως αναφέρεται στο παράρτημα C.1 του EN 932-1, προκειμένου να δημιουργηθεί μέτωπο δειγματοληψίας κάθετα στο εσωτερικό του σωρού. Λαμβάνονται κατάλληλος αριθμός «κουβαδιών» από το εκτεθειμένο μέτωπο, τις οποίες (κουβαδιές) συγκεντρώνουμε πάνω σε καθαρό δάπεδο σχηματίζοντας το δειγματοληπτικό σωρό.

Στα επόμενα στάδια ο δειγματοληπτικός σωρός θεωρείται πλέον ότι έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά της αρχικής παρτίδας και επεμβαίνουμε σε αυτόν μόνο με μέσα χειρός δηλαδή φτυάρια και σέσουλες. Λαμβάνουμε τον κατάλληλο αριθμό δειγμάτων προσαύξησης από τυχαίες θέσεις του σωρού με φτυάρια (εικόνα 88), σχηματίζοντας ένα νέο μικρότερο (κωνικό) σωρό (εικόνες 89 -92).

Αναποδογυρίζουμε και ξανασχηματίζουμε έντεχνα τον ίδιο κώνο τρεις φορές επιτυγχάνοντας έτσι την ομοιόμορφη ανάμιξη του (εικόνα 93). Ο τρίτος και τελευταίος κώνος επιπεδώνεται εισάγοντας το φτυάρι κατ' επανάληψη κάθετα μέσα στην κορυφή του, για να σχηματιστεί ένας πεπλατυσμένος σωρός με ομοιόμορφο πάχος και διάμετρο (εικόνα 94).

Τετραμερίζεται ο πεπλατυσμένος σωρός κατά μήκος δύο διαγώνιων τομών σε ορθές γωνίες και απομακρύνονται δύο διαγωνίως απέναντι τεταρτημόρια με το φτυάρι (εικόνες 95 - 98 ).

Τα τεταρτημόρια που εναπομένουν αναμιγνύονται για να σχηματίσουν νέο σωρό με τον οποίο επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία ανάμιξης και τετραμερισμού προκειμένου να αποκτήσουμε το επιθυμητό δείγμα. (η χρήση ενός χαλύβδινου ή ξύλινου σταυρού που ωθείται στο σωρό διευκολύνει τον τετραμερισμό).

(Σε όλα τα στάδια δειγματοληψίας και απομείωσης του δείγματος εφόσον είναι δυνατό, διαβρέχονται ελαφρά τα υλικά ώστε να μη χάνεται το λεπτόκοκκο κλάσμα).



**Εικόνα 88. Απομείωση του δείγματος προκειμένου να δημιουργηθεί ο δειγματοληπτικός σωρός (πλευρική λήψη).**



**Εικόνα 89. Συνέχεια απομείωσης του δείγματος – λήψη στο κέντρο.**





**Εικόνα 90. Συνέχεια απομείωσης δείγματος, μεταφορά των προσαυξήσεων για τη δημιουργία ενός μικρότερου (δειγματοληπτικού σωρού).**



**Εικόνα 91. Έναρξη σχηματισμού δειγματοληπτικού σωρού.**





**Εικόνα 92. Συνέχεια μεταφοράς προσαυξήσεων για το δειγμ/κό σωρό**



**Εικόνα 93. Τριπλή ανάμιξη του τελικού κώνου**



**Εικόνα 94. «Πλάτυνση» του τελικού κώνου προκειμένου να γίνει ο τετραμερισμός**



**Εικόνα 95. Έναρξη τετραμερισμού με πρώτο τεμαχισμό στην μέση**





**Εικόνα 96. Δεύτερος τεμαχισμός εγκάρσια στον προηγούμενο με τη βοήθεια του φορτωτή.**



**Εικόνα 97. Ολοκλήρωση του τετραμερισμού (απομάκρυνση του φορτωτή).**



**Εικόνα 98. Τετραμερισμός στο δειγματοληπτικό σωρό**

Έκθεση δειγματοληψίας: συμπληρώνεται σε κάθε δειγματοληψία βάσει του EN 932-1. Περιλαμβάνει:

- κωδικό δειγματοληψίας (serial number)
- κωδικό σήμανσης εργαστηριακού δείγματος
- ημερομηνία και τόπος δειγματοληψίας
- τύπο διαβάθμισης και μέγεθος κόκκου
- σημείο δειγματοληψίας
- Παραπομπή στο σχέδιο δειγματοληψίας που συντάχθηκε σύμφωνα με το άρθρο 6 της EN 932-1
- τα ονόματα των υπεύθυνων δειγματοληψίας

Ένα παράδειγμα από «Έκθεση Δειγματοληψίας» της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. παρατίθεται πιο κάτω:



**ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε**

**ΕΚΘΕΣΗ 24<sup>ης</sup> ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (Σύμβαση 2006-4)**

**(Σύμφωνα με το πρότυπο EN 932 – 1, άρθρο 11 / 1996)**

**EN 932-1. Κωδικός έκθεσης δειγματοληψίας: 24/ 2006-4**

**Ταυτότητα εργαστηριακού δείγματος / Φύση της παρτίδας:**



Θραυστά σκύρα, από μαγματικά μητρικά πετρώματα, Ν. Λήμνου, κοινότητα Αγ. Δημητρίου, θέση Κάκαβος / Σωροί απόθεσης τραπεζοειδούς ή και κωνικού σχήματος

**Επωνυμία λατομείου παραγωγής:**

**Επωνυμία προμηθευτή:**

**Μέγιστο μέγεθος κόκκων :** διερχόμενο από κόσκινο ανοίγματος 63 χιλιοστών

**Κατηγορία διαβάθμισης(Πίν. 1, άρθρο 6.3 του EN 13450/2002):** 31,5mm έως 50mm

**Σκοπός χρήσης αδρανούς υλικού:** έρμα επιδομής σιδηροδρομικής γραμμής

**Τόπος δειγματοληψίας:** Νέος σιδηρ/κός σταθμός Κορίνθου.

**Πλήθος και θέσεις των σημείων των επιμέρους δειγμάτων (sampling increments), από την παρτίδα (batch):** Τέσσερις θέσεις στην κεφαλή του σωρού της παρτίδας, σε βάθος 1,5 με 2,0 μέτρα με κατακόρυφες λήψεις και τέσσερις θέσεις περιμετρικά του σωρού σε ενδιάμεσα και χαμηλά ύψη, με πλευρικές-οριζόντιες λήψεις, αφαιρώντας κατά το δυνατό τα επιδερμικά στρώματα πάχους περίπου ενός μέτρου.

**Μάζα ενός επιμέρους δείγματος από την παρτίδα με κουβά φορτωτή:** 2 τόνοι περίπου

**Μέθοδος δειγματοληψίας:** Σύμφωνα με το παράρτημα C της EN 932-1:1996 για λήψη επί μέρους δειγμάτων από την παρτίδα με φορτωτή, σχηματισμό δειγματοληπτικού σωρού, λήψη μικρότερων επί μέρους δειγμάτων με φτυάρι από το δειγμ/κό σωρό απόθεσης, ανάμιξη και περαιτέρω απομείωση του τελικού δείγματος με τετραμερισμό και τέλος λήψη διαγώνιων τεταρτημόριων για σχηματισμό εργαστηριακού δείγματος(laboratory sample).

**Μάζα ενός επιμέρους δείγματος με φτυάρι από τον δειγματοληπτικό σωρό:** 5,0-6,0 kg.

**Κωδικός δείγματος:** 24 / 2006-4 / 110.000

**Βάρος δείγματος κατά προσέγγιση:** Εκατό κιλά

**Συσκευασία:** Σακούλες με περίσφιξη / 4 τεμάχια από 25 κιλά το καθένα περίπου, σφράγιση με τη Νο 4 μολυβδοσφραγίδα.

**Ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας:**

**Καιρικές συνθήκες:**

**Ακριβές μέγεθος παρτίδας 24<sup>ης</sup> δειγματοληψίας:**

**ΣΥΝΟΛΟ μέχρι σήμερα :**

Παρόντες κατά τη δειγματοληψία:

**Ο Πρόεδρος της Επιτροπής**

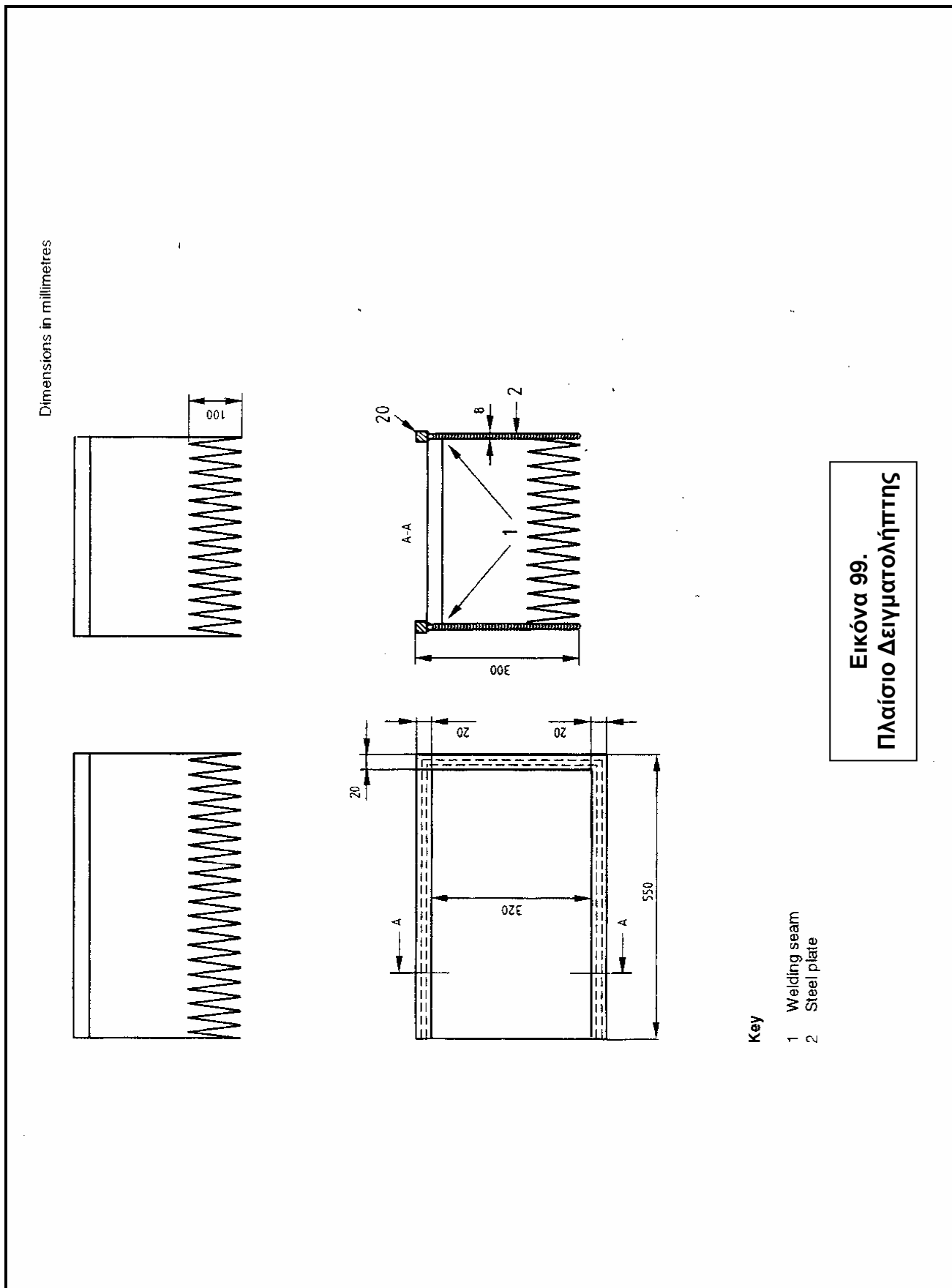
Το Μέλος της Επιτροπής

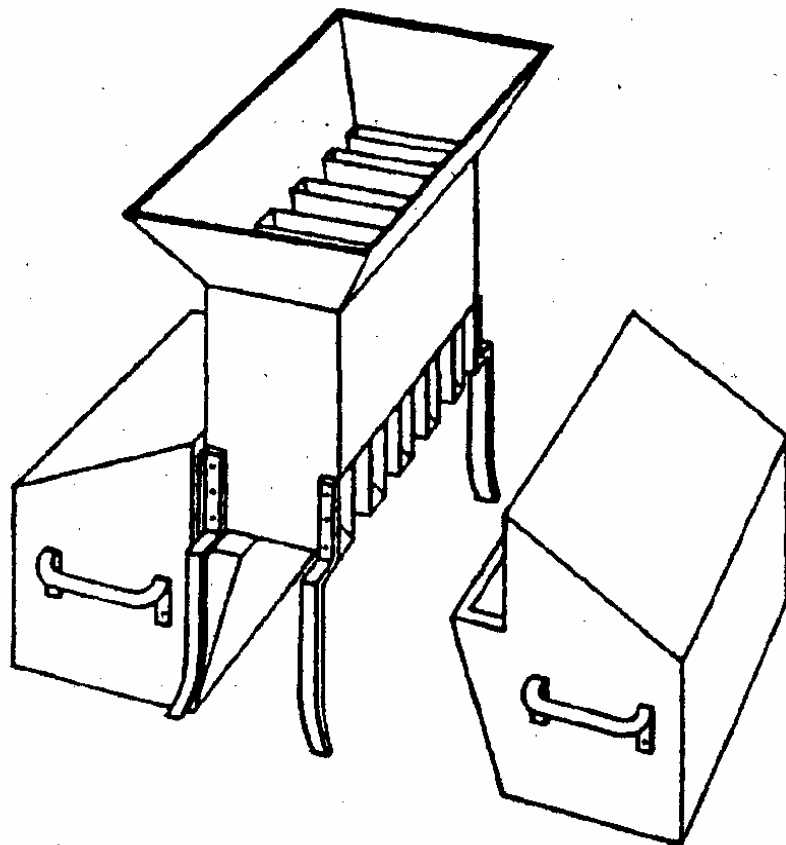
Ο Εκπρόσωπος του Προμηθευτή

Το Μέλος της Επιτροπής

---

---



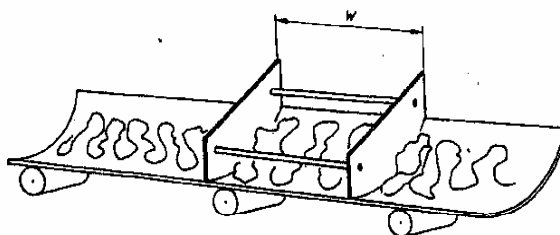


**Example of a riffle box**

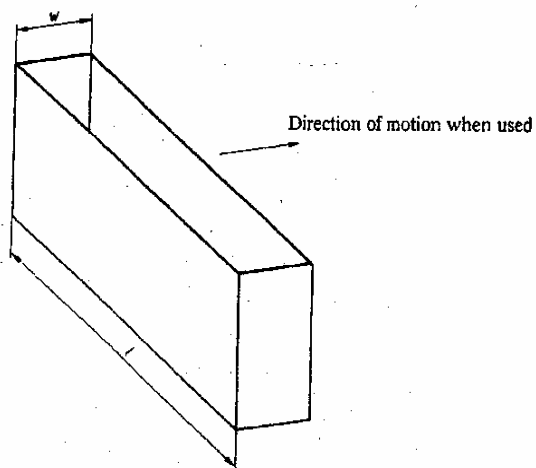
**Εικόνα 100. Τετραμεριστής**



Υποδοχέας για λήψη δείγματος  
πάνω σε ιμάντα παραγωγής



Example of a sampling frame



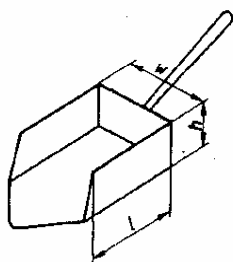
Example of a sampling box

Υποδοχέας για λήψη δείγματος  
στην έξοδο του ιμάντα παραγωγής

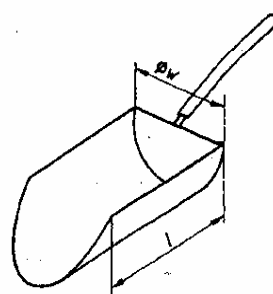
Εικόνα 101. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

EN 932-1:1996

Σέσουλες δειγματοληψίας, με  
ορθογωνική (αριστερά) και  
κυκλική διατομή (δεξιά).



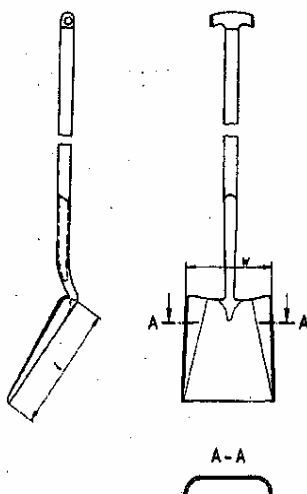
Example of a sampling scoop  
with a rectangular cross section



Example of a sampling scoop  
with a circular cross section

### Shovel

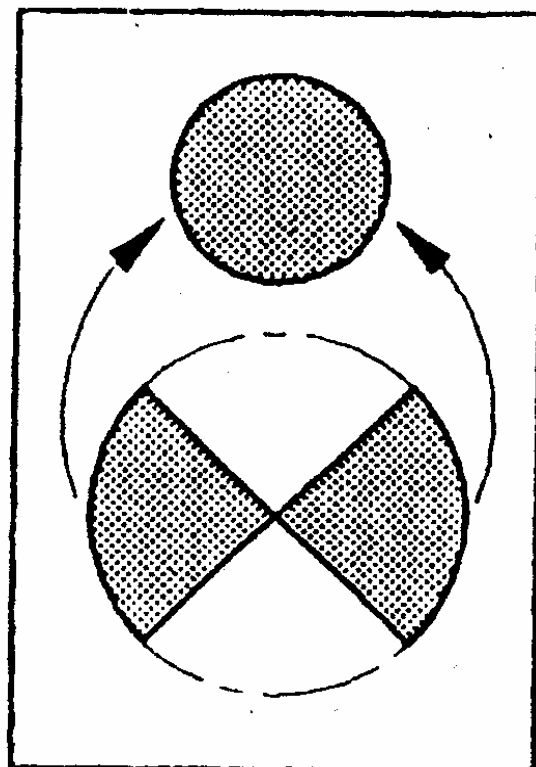
Requirements for dimensions are given in clause 7.



Examples of a shovel

Φτυάρι

Εικόνα 102. ΣΕΣΟΥΛΕΣ – ΦΤΥΑΡΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

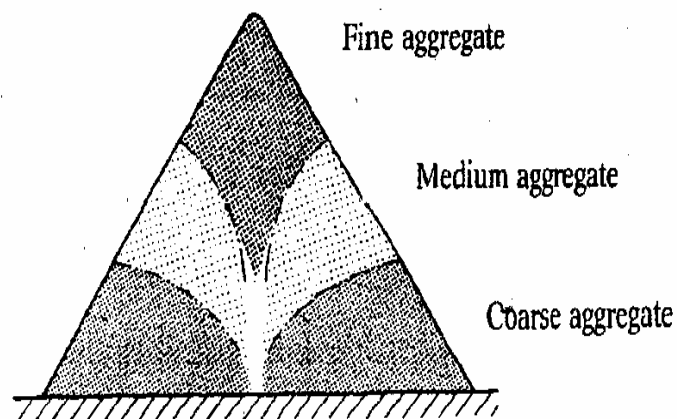


Sample reduction by quartering

EN 932-2:1999

Εικόνα 103. ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΕΤΡΑΜΕΡΙΣΜΟ

### Sampling stockpiles of coarse aggregates by hand



### Schematic composition of a cone-shaped stockpile of segregated aggregates

**Εικόνα 104. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΕ ΚΩΝΙΚΟ ΣΩΡΟ**



➤ **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

**ΔΕΙΓΜΑ**

**ΣΥΜΒΑΣΗ 2006-4  
ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ 110.000 Μ.Τ. ΣΚΥΡΩΝ  
ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ  
“ΚΙΑΤΟ – ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ”**

**Ημερομηνία:**

**24<sup>η</sup> ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΝ  
932.01 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΤΙΔΑ:**

**Από 105. 000 Μ.Τ έως 110.000 Μ.Τ.**

**ΚΩΔΙΚΟΣ : 24/ 2006 – 4 /110.000**

**ΔΕΙΓΜΑ**

### 4.3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του έρματος εξετάζονται τα παρακάτω:

- Μέγεθος κόκκων
- Διαβάθμιση
- Προσδιορισμός λεπτόκοκκων (fine particles)
- Προσδιορισμός παιπάλης
- Προσδιορισμός σχήματος κόκκων
- Προσδιορισμός μήκους κόκκων

Αναλυτικότερα:

#### 4.3.3.1 Μέγεθος κόκκων

Γίνεται αρχική κατηγοριοποίηση του έρματος από ένα ζευγάρι τιμών που δηλώνουν ανοίγματα κόσκινων σε χιλιοστά και συμβολίζονται με (d) και (D) όπου (d) το μικρότερο και (D) το μεγαλύτερο άνοιγμα κόσκινου μεταξύ των οποίων κυμαίνεται το κυρίαρχο ποσοστό των κόκκων. Δύο είναι οι εναλλακτικές επιλογές:

- έρμα μεγέθους 31,5/50 mm (=d/D) και
- έρμα μεγέθους 31,5/63 mm (=d/D)

**Η ΕΡΓΟΣΕ έχει ως συμβατική απαίτηση το μικρότερο μέγεθος δηλαδή 31,5/50 mm.**

#### 4.3.3.2 Διαβάθμιση

Προσδιορίζεται με το EN 933-1 και δηλώνεται σύμφωνα με τις σχετικές κατηγορίες που απεικονίζονται στον **Πίνακα 2**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**– Κατηγορίες διαβάθμισης

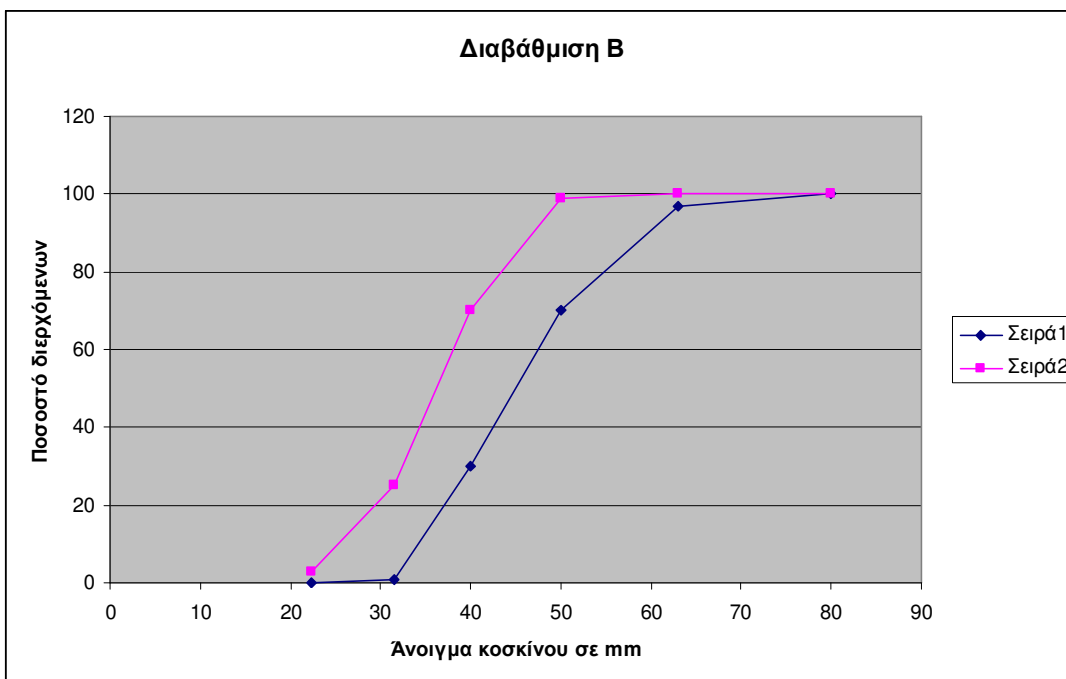
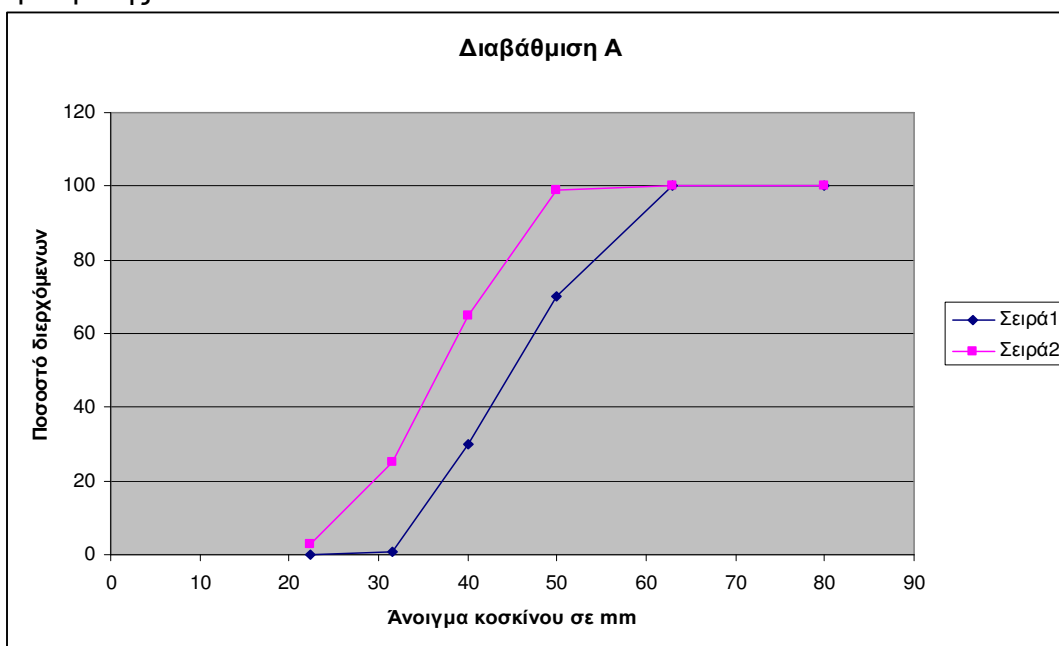
Ανοιγμα κόσκινου σε mm	Κατηγορία μεγέθους 31,5/50 mm			Κατηγορία μεγέθους 31,5/63 mm		
	Διερχόμενο ποσοστό μάζας					
	Κατηγορία Διαβάθμισης					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97 - 100	95 - 100	97 - 99	95 - 99	93 - 99
50	70 έως 99	70 - 99	70 - 99	65 - 99	55 - 99	45 - 70
40	30 έως 65	30 - 70	25 - 75	30 - 65	25 - 75	15 - 40
31,5	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	0 - 7
22,4	0 έως 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 7
31,5 έως 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50	-	-	-
31,5 έως 63	-	-	-	≥ 50	≥ 50	≥ 50

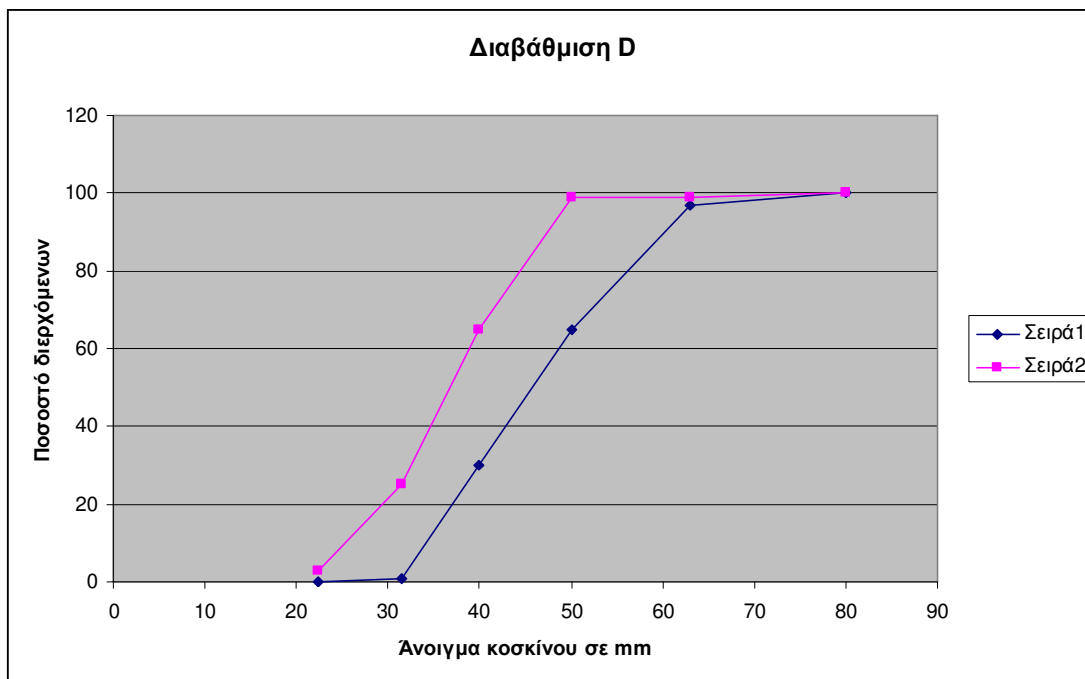
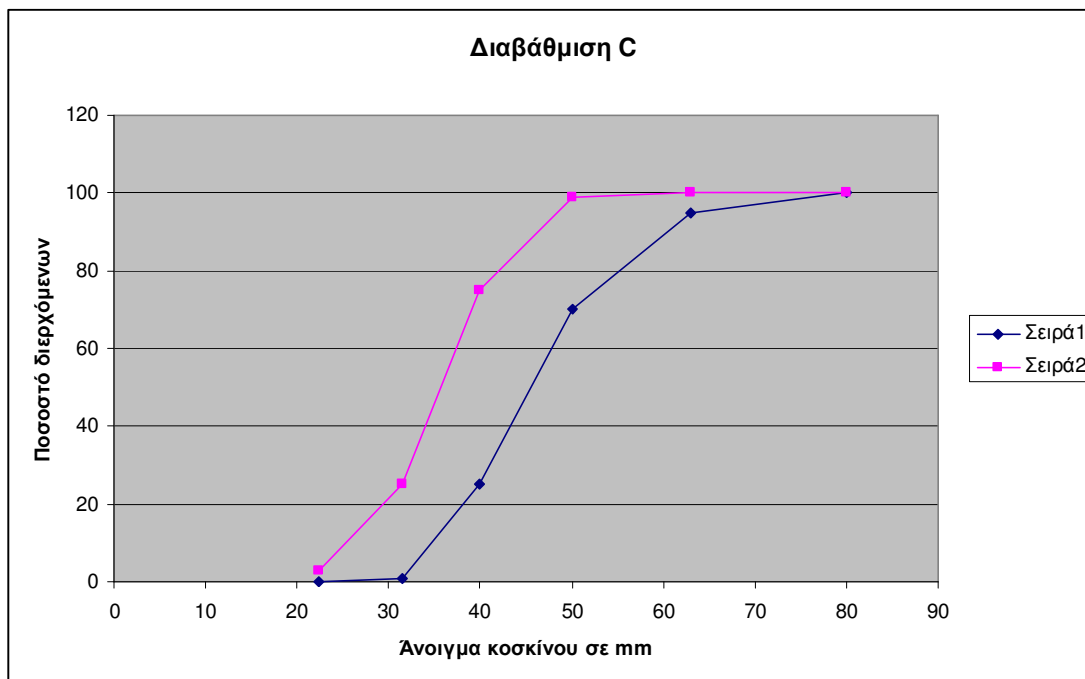
**Σημείωση 1:** Η απαίτηση για το διερχόμενο στο κόσκινο των 22,4 mm εφαρμόζεται όταν η δειγματοληψία γίνει στον τόπο παραγωγής.

**Σημείωση 2:** Σε ορισμένες περιπτώσεις εναλλακτικά αντί για το κόσκινο των 22,4 mm μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κόσκινο των 25 mm όταν η ανοχή γίνει 0 έως 5 (για την κατηγορία F θα είναι 0 έως 7).

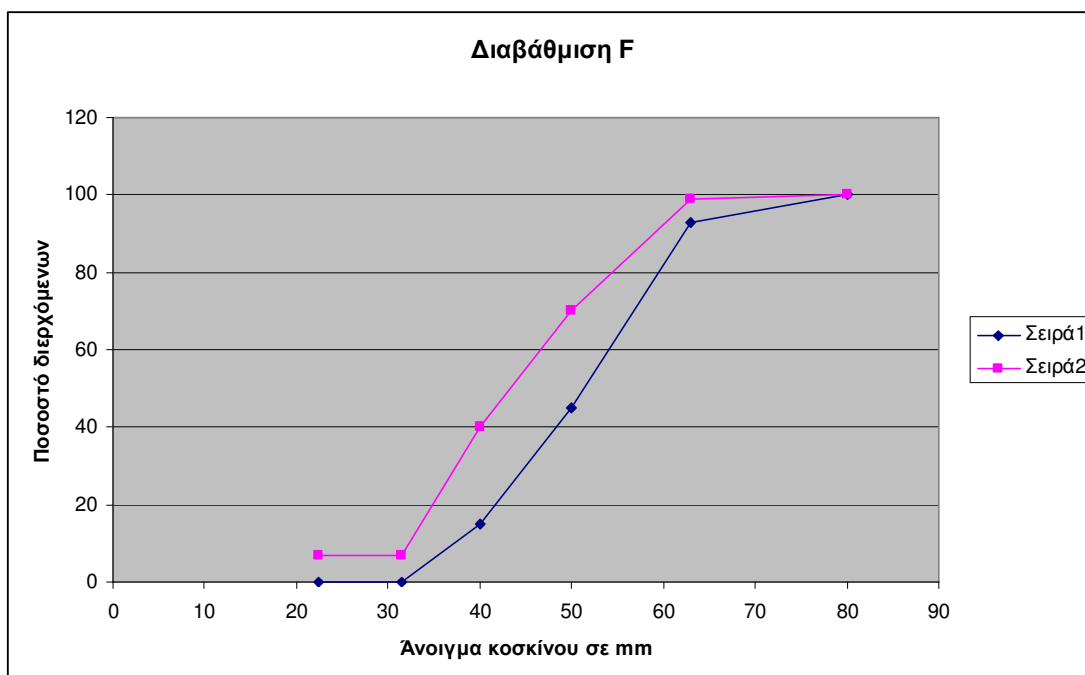
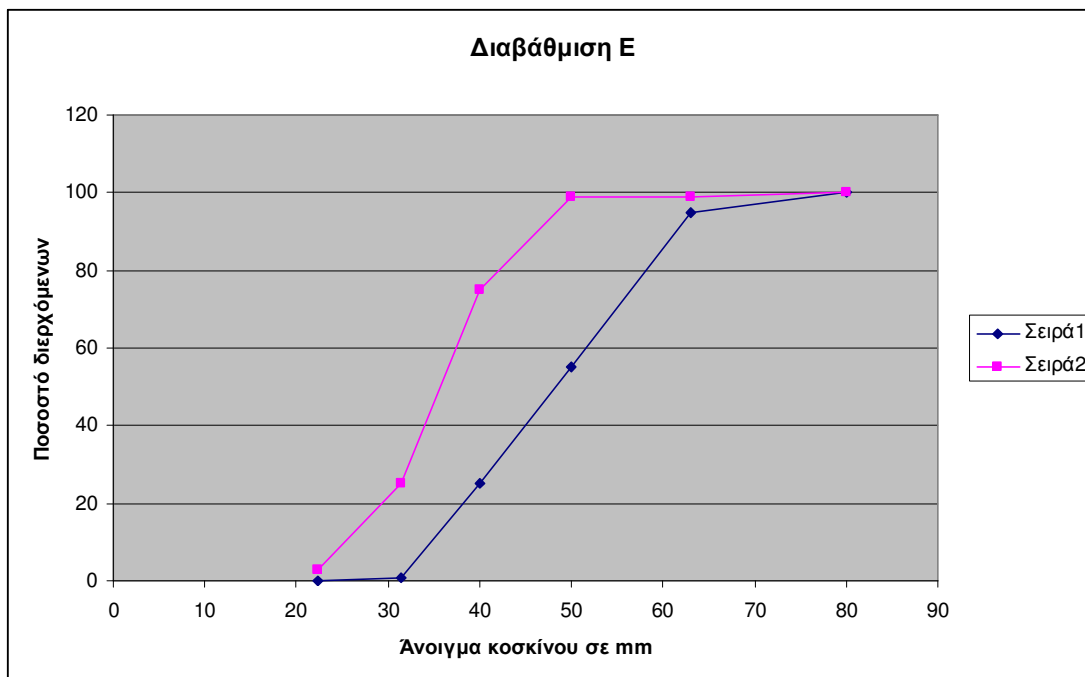
Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα για κάθε κατηγορία μεγέθους του έρματος αντιστοιχούν τρεις τύποι διαβαθμίσεων (Α,Β και C για έρμα μεγέθους 31,5/50 mm & D,E και F για έρμα μεγέθους 31,5/63 mm.

Δίνεται πιο κάτω διαγραμματικά το εύρος τιμών για κάθε κατηγορία διαβάθμισης:









Στην ΕΡΓΟΣΕ η απαίτηση της διαβάθμισης του έρματος είναι τύπου Α και ελέγχεται προσδιορίζοντας την κατανομή των κόκκων με την μέθοδο κοσκίνισης σύμφωνα με το ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 933-1.

• **Μέθοδος κοσκίνισης σύμφωνα με το EN 933-1**

Αρχές: σειρά κόσκινων διαιρεί το δείγμα σε ομοιόμορφα κλάσματα, με διάμετρο που μειώνεται σταδιακά προς το κατώτερο κόσκινο.

Εναλλακτικά χρησιμοποιείται ξηρό ή υγρό κοσκίνισμα, ανάλογα με το αν το υλικό κάνει συσσωματώματα.

Το αθροιστικό διερχόμενο ποσοστό κάθε κόσκινου καταγράφεται σε αριθμητική φόρμα και όταν απαιτείται απεικονίζεται σε γραφική παράσταση

Χρήσιμοι όροι:

- test portion = τμήμα δείγματος δοκιμής = το δείγμα που χρησιμοποιείται ολόκληρο για μια δοκιμή (single test).
- Σταθερή μάζα = χρησιμοποιείται στην ξήρανση των αδρανών όταν η διαφορά ζυγίσεων πριν και μετά δεν είναι μεγαλύτερη από 0,1%.

Συσκευές\*\*:

(\*\* όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5).

Κόσκινα από διάτρητη μεταλλική πλάκα, υποδοχέας, φούρνος (με αέρα), εξοπλισμός πλυσίματος, ζυγαριές ακριβείας 0,1% της μάζας του τμήματος δοκιμής, τασιά, λεκάνες, βούρτσες και προαιρετικά κοσκινιέρα ηλεκτρική.

Προετοιμασία των δειγμάτων: Απομείωση σύμφωνα με την EN 932-2 ώστε να παραχθεί ο επιθυμητός αριθμός των “test portions”. Ίσως πριν την μείωση του δείγματος χρειαστεί να υγράνουμε το δείγμα για να μη χάσουμε την παιπάλη.

Η ελάχιστη μάζα καθενός “test portion” για αδρανή με πυκνότητα από 2,00Mg/m<sup>3</sup> έως 3,00 Mg/m<sup>3</sup> (αδρανή κανονικού βάρους) δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.

(Σημείωση1: για αδρανή άλλων μεγεθών η ελάχιστη μάζα του τμήματος δοκιμής υπολογίζεται με παρεμβολή από τις μάζες που δίνονται στον Πίνακα 2).

Σημείωση 2: για αδρανή με πυκνότητα μικρότερη από 2,00Mg/m<sup>3</sup> ή μεγαλύτερη των 3,00 Mg/m<sup>3</sup> πρέπει να γίνεται διόρθωση με βάση το λόγο των πυκνοτήτων προκειμένου να παραχθεί ένα δείγμα περίπου ίδιου όγκου με αυτόν που θα παραγόταν αν τα αδρανή ήταν κανονικής πυκνότητας)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

Μέγιστο μέγεθος κόκκου D σε mm	Ελάχιστη μάζα τμήματος δοκιμής σε kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Ξηραίνουμε το τμήμα δείγματος δοκιμής στους (110 ± 5)<sup>0</sup>C μέχρι σταθερής μάζας, αφήνουμε να κρυώσει, ζυγίζουμε και καταγράφουμε την μάζα ως M<sub>1</sub>.

Διαδικασία:

✚ Πλύσιμο: κάλυψη του τμήματος δοκιμής με νερό μέσα σε δοχείο περίπου 24 ώρες. Βρέχουμε το κόσκινο των 63μm εκατέρωθεν και το χρησιμοποιούμε ως κάτω κόσκινο κόσκινο ενώ πάνω του βάζουμε το λεγόμενο κόσκινο «οδηγό» με άνοιγμα περίπου 2mm. Αφού ρίξουμε το «μουλιασμένο» υλικό των 24 ωρών πάνω από τα δύο προσαρμοσμένα κόσκινα, ξηραίνουμε το συγκρατούμενο στο κόσκινο των 63 μm μέχρι σταθερής μάζας στους  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , το κρύνουμε και το ζυγίζουμε οπότε προκύπτει η μάζα  $M_2$ .

✚ Κοσκίνισμα: στην κολώνα της κοσκινιέρας προσαρμόζονται τα κόσκινα που αναγράφονται στον Πίνακα 2 καθώς και το κόσκινο των 63 μm διότι η εμπειρία έχει δείξει, ότι η παιπάλη δεν έχει φύγει εξολοκλήρου από το πλύσιμο. Για την αποφυγή υπερφόρτωσης των κόσκινων, το συγκρατούμενο κλάσμα στο τέλος της φάσης κοσκινίσματος σε κάθε κόσκινο δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή που προκύπτει από το κλάσμα  $(A \times \sqrt{d}) / 200$  (σε gr), Όπου  $A$  = εμβαδό κόσκινου σε  $(\text{mm})^2$   
Και  $d$  = άνοιγμα κόσκινου σε mm.

✚ Ζύγισμα: των συγκρατούμενων, ( καταγραφή σαν  $R_i$  ) και του υλικού του υποδοχέα (pan) το οποίο καταγράφεται ως  $P$ .

✚ Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

Υπολογίζουμε τη συγκρατούμενη μάζα σε κάθε κόσκινο ως ποσοστό της αρχικής ξηρής μάζας  $M_1$ , καθώς και το αθροιστικό ποσοστό της αρχικής ξηρής μάζας που διέρχεται από κάθε κόσκινο μέχρι και το κόσκινο των 63μm. Το ποσοστό της παιπάλης που διέρχεται το κόσκινο των 63 μm υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$$

✚ Εγκυρότητα αποτελεσμάτων: το άθροισμα  $R_i$  και  $P$  δεν πρέπει να διαφέρει πάνω από 1% από την μάζα  $M_2$ , διαφορετικά η δοκιμή επαναλαμβάνεται

✚ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ρυθμιστικό): Μέθοδος προσδιορισμού διαβάθμισης των κόκκων σε αδρανή ακατάλληλα για ξήρανση σε φούρνο με  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ : διπλασιάζουμε τα τμήματα δοκιμής και καταγράφουμε τις μάζες τους. Η περιεχόμενη υγρασία του ενός προσδιορίζεται με ξήρανση στο φούρνο. Το δεύτερο δοκίμιο πλένεται και εξετάζεται κανονικά χωρίς προξήρανση. Η αρχική ξηρή μάζα του δεύτερου δοκιμίου θα υπολογιστεί από το αποτέλεσμα υγρασίας του πρώτου δείγματος.

#### 4.3.3.3 Προσδιορισμός Λεπτοκόκκων (fine particles)

Το περιεχόμενο των λεπτόκοκκων καθορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-1 (ίδιο με αυτό της Διαβάθμισης) και δηλώνεται με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 4 :

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**  
**Κατηγορίες για περιεχόμενο σε λεπτόκοκκα (fine particles)**

Μέγεθος κόσκινου (mm)	Μέγιστο ποσοστό διερχόμενων κόκκων κατά βάρος			
	Κατηγορία λεπτόκοκκων			
	A	B	Κατά δήλωση	C
0,5	0,6	1	>1,0	Δεν απαιτείται
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι απαιτήσεις εφαρμόζονται στο δείγμα έρματος που λήφθηκε στο τόπο παραγωγής				

**Η ΕΡΓΟΣΕ εφαρμόζει στις συμβάσεις της την κατηγορία Β**, δηλαδή ανώτατο επιτρεπόμενο όριο υλικού διερχόμενου από το κόσκινο ανοίγματος 0,5 χιλιοστών ίσο με 1%.

#### 4.3.3.4 Προσδιορισμός Παιπάλης (fines)

Η παιπάλη καθορίζεται και πάλι σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1 και δηλώνεται με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον πιο κάτω ΠΙΝΑΚΑ 5:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5**  
**Κατηγορίες για περιεχόμενη παιπάλη**

Μέγεθος κόσκινου (mm)	Μέγιστο ποσοστό διερχόμενων κόκκων κατά βάρος				
	Κατηγορία σε σχέση με την περιεχόμενη παιπάλη				
	A	B	C	Κατά δήλωση	D
0,063	0,5	1,0	1,5	>1,5	Δεν απαιτείται
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι απαιτήσεις εφαρμόζονται στο δείγμα έρματος που λήφθηκε στο τόπο παραγωγής					

Όταν απαιτείται, η καθαρότητα εκτιμάται από την περιεκτικότητα σε παιπάλη. Εφόσον ικανοποιούνται τα παραπάνω όρια πρέπει επιπλέον το είδος της παιπάλης να είναι μη επιβλαβές για τη Δημόσια Υγεία, σύμφωνα πάντα με την κείμενη Νομοθεσία που ισχύει τόσο στον τόπο χρήσης (διάστρωσης) των αδρανών, όσο και στον τόπο εξόρυξης από το μητρικό πέτρωμα.

Από την ΕΡΓΟΣΕ, ο έλεγχος της περιεκτικότητας της παιπάλης δε χρησιμοποιείται στους τρέχοντες – συστηματικούς ποιοτικούς ελέγχους κατά τη φάση παράδοσης. Απαιτείται όμως έμμεσα κατά τη φάση της διακήρυξης, μέσω των συστημάτων ποιότητας που επιβάλλεται να έχουν οι υποψήφιοι προμηθευτές προκειμένου να έχουν σε ισχύ το σήμα CE στο τελικό προϊόν τους.

Για τον έλεγχο της βλαπτικότητας της παιπάλης, η Υπηρεσία αλλά και οποιοσδήποτε έχει έννομο συμφέρον μπορεί μετά από λήψη



αντιπροσωπευτικού δείγματος να διεξάγει αναλύσεις σε αναγνωρισμένα ιδρύματα.

#### 4.3.3.5 Προσδιορισμός Σχήματος των Κόκκων

Σύμφωνα με το EN 13450 ο προσδιορισμός του σχήματος των κόκκων του έρματος γίνεται με δύο τρόπους, είτε καθορίζοντας το Δείκτη Πλακοειδών ή/και καθορίζοντας το Δείκτη Σχήματος.

Αναλυτικότερα:

##### 4.3.3.5.1 Καθορισμός Δείκτη Πλακοειδών (σύμφωνα με το EN 933-3 & 933.03/A1).

Ο Δείκτης Πλακοειδών δηλώνεται σύμφωνα με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον ΠΙΝΑΚΑ 6

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6**  
Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του Δείκτη Πλακοειδών

Δείκτης Πλακοειδών	Κατηγορία FI
≤15	FI15
≤20	FI20
≤35	FI35
>35	FIDeclared
Δεν απαιτείται	FINR

**Η ΕΡΓΟΣΕ έχει θέσει ανώτατο όριο ποσοστού πλακοειδών στα σιδηροδρομικά αδρανή την τιμή 15% δηλαδή FI15.**

#### ➤ Μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμής προσδιορισμού του Δείκτη Πλακοειδών σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-3:

- Σκοπός: ο προσδιορισμός του Δείκτη Πλακοειδούς γενικότερα των αδρανών. Εφαρμόζεται σε αδρανή φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, συμπεριλαμβάνοντας και τα ελαφροβαρή αδρανή.

Η μέθοδος δοκιμής που υποδεικνύεται από το EN 933-3 δεν είναι εφαρμόσιμη σε αδρανή με μέγεθος κόκκων μεγαλύτερο των 80 mm και μικρότερο των 4 mm.

- Βασικές αρχές: η δοκιμή περιλαμβάνει δύο φάσεις κοσκίνισματος. Αρχικά χρησιμοποιώντας τα κλασικά κόσκινα κοσκίνισματος (EN 933.2 / ISO 3310 -1 & 3310 – 2 ) το δείγμα ξεχωρίζεται σε συγκεκριμένα κλάσματα  $d_i / D_i$  και στη συνέχεια το κοσκίνισμα λαβαίνει χώρα σε ειδικά κόσκινα με διαμήκη ορθογώνια ανοίγματα πλάτους  $D_i / 2$ .

Η αντιστοιχία από τους δύο τύπους κόσκινων φαίνεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 7 :

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Κλάσμα $d_i / D_i$ (σε mm)	Πλάτος ανοίγματος ραβδωτών κόσκινων (bar sieves)
63/80	40 ±0,5
50/63	31,5 ±0,5
40/50	25 ±0,4
31,5/40	20 ±0,4
25/31,5	16 ±0,4
20/25	12,5 ±0,4
16/20	10 ±0,2
12,5/16	8 ±0,2
10/12,5	6,3 ±0,2
8/10	5 ±0,2
6,3/8	4 ±0,15
5/6,3	3,15 ±0,15
4/5	2,5 ±0,15

**Η ΕΡΓΟΣΕ για την κατηγορία έρματος 31,5 / 50 χρησιμοποιεί τα ειδικά κόσκινα (bar sieves) με ορθογώνια ανοίγματα 31,5 - 25 - 20 mm που αντιστοιχούν σε κλάσματα κόκκων 50/63 - 40/50 - 31,5/40.**

Ο μέσος δείκτης Πλακοειδών υπολογίζεται σαν τη συνολική μάζα των κόκκων που διέρχονται από τα ειδικά ραβδωτά κόσκινα, εκφρασμένη σαν ποσοστό της συνολικής ξηρής μάζας των κόκκων που δοκιμάστηκαν.

Αν απαιτηθεί, ο δείκτης πλακοειδούς κάθε κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) υπολογίζεται ως η μάζα των κόκκων που διέρχονται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο, εκφρασμένη σαν ποσοστό μάζας του κλάσματος  $d_i / D_i$ .

- Συσκευές\*\* δοκιμής:  
(\*\*όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5).
- Κόσκινα με τετραγωνικά ανοίγματα συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2. Τα κόσκινα αυτά που χρησιμοποιούνται από την ΕΡΓΟΣΕ & ΟΣΕ έχουν μέγεθος βρογχίδας: 63mm, 50mm, 40mm, και 31,5mm.
- Ειδικά ραβδωτά κόσκινα με ορθογωνικά ανοίγματα. Για την ΕΡΓΟΣΕ & ΟΣΕ χρησιμοποιούνται τα ορθογωνικά των 31,5mm, 25mm και 20mm.
- Ζυγαριά ακρίβειας ± 0,1 % της μάζας του δοκιμίου.
- Φούρνος με αέρα ικανός να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των (110± 5) °C ή άλλη κατάλληλη συσκευή για ξήρανση των αδρανών, χωρίς να προκαλεί θραύση των κόκκων.
- Προετοιμασία δοκιμίων:  
Η μάζα των δοκιμίων εξαρτάται από τις διαστάσεις και το ποσοστό των μεγαλύτερων συστατικών και υποδεικνύεται στο Πρότυπο EN 933-1. Μάζα δοκιμίου γενικά ισοδύναμη με αυτή που εφαρμόζεται στον προσδιορισμό της κοκκομετρικής διαβάθμισης είναι επαρκής. Γίνεται ξήρανση του δοκιμίου στους (110± 5) °C μέχρι σταθερής μάζας. Αφήνεται να κρυώσει, ζυγίζεται και καταγράφεται η μάζα ως  $M_0$ .
- Διαδικασία:

### 1<sup>η</sup> ΦΑΣΗ

- ❖ Κοσκίνισμα στα κόσκινα τετραγωνικών ανοιγμάτων σύμφωνα με το Πρότυπο 933-1 με ανώτερο κόσκινο αυτό των 63mm και κατώτερο αυτό των 31,5mm (Προδιαγραφές ΕΡΓΟΣΕ – ΟΣΕ).
- ❖ Ζύγιση και απομάκρυνση του υλικού που βρίσκεται κοκκομετρικά πέρα των δύο παραπάνω κόσκινων.
- ❖ Ζύγιση των επί μέρους κλασμάτων 50/63, 40/50 και 31,5/40 και διατήρηση τους ξεχωριστά το ένα από το άλλο.

### 2<sup>η</sup> ΦΑΣΗ

- ❖ Κοσκίνισμα των κλασμάτων που διαχωρίστηκαν στην 1<sup>η</sup> φάση στα ειδικά ραβδωτά κόσκινα με ορθογωνικά ανοίγματα πλάτους 31,5mm, 25mm και 20mm αντίστοιχα. Το κοσκίνισμα γίνεται χειρωνακτικά και διαρκεί μέχρι το συγκρατούμενο υλικό να μην αλλάζει περισσότερο από 1% κατά τη διαδικασία κοσκίνισματος μέσα σε ένα λεπτό της ώρας.
- ❖ Ζύγιση του υλικού από κάθε κλάσμα που διέρχεται από το αντίστοιχο ραβδωτό κόσκινο.

#### - Υπολογισμοί και έκφραση των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε ειδικό έντυπο

Υπολογίζεται το άθροισμα των μαζών των κλασμάτων  $d_i / D_i$  και καταγράφεται ως  $M_1$ .

Υπολογίζεται το άθροισμα των μαζών των κόκκων από κάθε κλάσμα  $d_i / D_i$  το οποίο διέρχεται από το αντίστοιχο ραβδωτό κόσκινο και καταγράφεται ως  $M_2$ .

Ο μέσος δείκτης Πλακοειδών (**FI**) υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$FI = (M_2/M_1) \times 100$$

όπου:

$M_1$  = άθροισμα μαζών καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$  σε γραμμάρια

$M_2$  = άθροισμα μαζών καθενός κλάσματος που διέρχεται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο σε γραμμάρια.

Ο δείκτης Πλακοειδών καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

Αν απαιτηθεί ο υπολογισμός του δείκτη Πλακοειδών για κάθε κλάσμα ( $FI_i$ ), τότε χρησιμοποιείται η πιο κάτω εξίσωση:

$$FI_i = (m_i/R_i) \times 100$$

όπου:

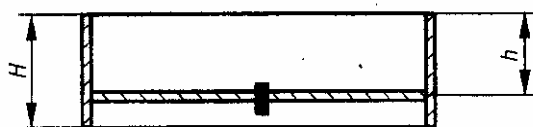
$R_i$  = η μάζα καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$ , σε γραμμάρια

$m_i$  = η μάζα του υλικού καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$  που διέρχεται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο, σε γραμμάρια.

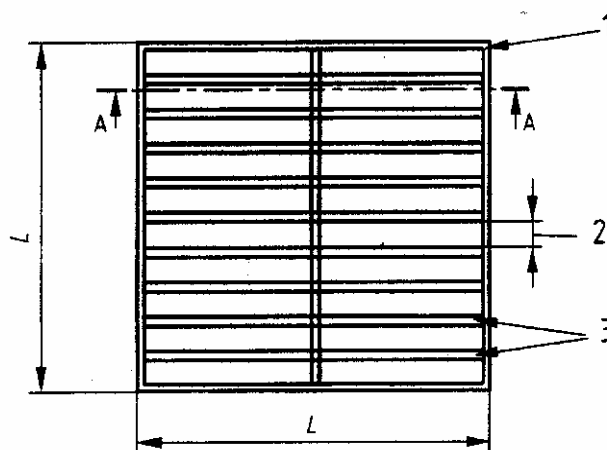
Εάν το άθροισμα των μαζών  $R_i$  μαζί με τις μάζες που απομακρύνθηκαν αρχικά (πάνω από 63 χιλιοστά και κάτω από 31,5 χιλιοστά), διαφέρει περισσότερο του 1% από την μάζα  $M_o$ , τότε η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί χρησιμοποιώντας άλλο δοκίμιο.

EN 933-3:1997/A1:2003 (E)

Bar sieves



A - A



- 1 Metal frame (outside wooden frame optional)
- 2 Width of slot as specified in table 1
- 3 Cylindrical steel bars (usual diameter range from 5 mm to 15 mm depending on width of slot)

$L = 250 \text{ mm to } 300 \text{ mm}$   
 $H = 75 \text{ mm}$   
 $h = 55 \text{ mm to } 65 \text{ mm}$

Εικόνα 105. ΚΟΣΚΙΝΑ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΠΛΑΚΟΕΙΔΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

#### 4.3.3.5.2 Καθορισμός Δείκτη Σχήματος (σύμφωνα με το EN 933-4).

Ο Δείκτης Σχήματος δηλώνεται σύμφωνα με τις υποδείξεις του παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 8

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8**  
**Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του Δείκτη Σχήματος**

Δείκτης Σχήματος	Κατηγορία SI
$\leq 10$	SI10
$\leq 20$	SI20
$\leq 30$	SI30
5 έως 30	SI5/30
$> 30$	SIDeclared
Δεν απαιτείται	SINR

Η ΕΡΓΟΣΕ δε χρησιμοποιεί το Δείκτη Σχήματος ως συστηματική δοκιμή στις παραδόσεις ρουτίνας, απαιτείται όμως μέσα από τα συστήματα ποιότητας που επιβάλλονται στους προμηθευτές στη φάση της Διακήρυξης.

- **Μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμής προσδιορισμού του Δείκτη Σχήματος σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-4:**
- Σκοπός: ο προσδιορισμός του δείκτη Σχήματος χονδρόκοκκων αδρανών. Εφαρμόζεται σε αδρανή φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, συμπεριλαμβάνοντας τα ελαφροβαρή αδρανή. Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη για μέγεθος κλάσματος  $d_i / D_i$  με  $D_i \leq 63\text{mm}$  και  $d_i \geq 4\text{mm}$ .
  - Χρήσιμοι όροι:  
*Μήκος κόκκου L:* η μέγιστη διάσταση κόκκου όπως καθορίζεται από την μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων που εφάπτονται στην επιφάνεια του κόκκου.  
*Πάχος κόκκου E:* η ελάχιστη διάσταση κόκκου όπως καθορίζεται από την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων εφαπτομενικών στην επιφάνεια του κόκκου.
  - Βασικές αρχές: Καθένας (μεμονωμένος) κόκκος σ' ένα δείγμα χονδρόκοκκων αδρανών ταξινομείται με βάση το λόγο μήκους L προς πάχος E χρησιμοποιώντας (όπου είναι αναγκαίο) ειδικό μετρητικό όργανο. Ο δείκτης σχήματος που υπολογίζεται είναι η μάζα των κόκκων, με λόγο διαστάσεων  $L / E$  μεγαλύτερο του 3 εκφρασμένο ως ποσοστό της συνολικής ξηρής μάζας των κόκκων που δοκιμάστηκαν.
  - Συσκευές:  
 (\*\* όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5)  
 - ειδικό μετρητικό όργανο για τις μετρήσεις μήκους και πάχους κόκκων  
 - Τα απαραίτητα κόσκινα με τα κατάλληλα παρελκόμενα εξαρτήματα (υποδοχείς και καπάκια).  
 - Φούρνος με αέρα ικανός να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  ή άλλη κατάλληλη συσκευή για ξήρανση των αδρανών, χωρίς να προκαλεί θραύση των κόκκων.  
 - Ζυγαριά κατάλληλης δυνατότητας με αναγνωσιμότητα στο 0,1% της μάζας που ζυγίζεται.



- Ταψιά / Δίσκοι
- Προαιρετικά μηχανική κοσκινιέρα
- Προετοιμασία του δοκιμίου:

Η απομείωση του δείγματος γίνεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 932-2. Ξηραίνεται το δείγμα στους  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  μέχρι σταθερής μάζας και κοσκινίζεται στα κατάλληλα κόσκινα με δύναμη ώστε, να εξασφαλιστεί ο διαχωρισμός των κόκκων που είναι μεγαλύτεροι από 4mm. Απομακρύνονται οι κόκκοι που συκρατούνται στο κόσκινο ανοίγματος 63mm και αυτοί που διέρχονται από το κόσκινο των 4mm. Καταγράφεται η μάζα του δοκιμίου ως  $M_0$ . Η μάζα του δοκιμίου υποδεικνύεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 9.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9 - Μάζα δοκιμίων**

Μέγιστο μέγεθος κόκκου D (mm)	Μάζα δοκιμίου (ελάχιστη) σε kg
63	45
32	6
16	1
8	0,1

(*Σημείωση 1:* για αδρανή άλλων μεγεθών η ελάχιστη μάζα του τμήματος δοκιμής υπολογίζεται με παρεμβολή από τις μάζες που δίνονται στον Πίνακα 8)

*Σημείωση 2:* για αδρανή με πυκνότητα μικρότερη από  $2,00\text{Mg/m}^3$  ή μεγαλύτερη των  $3,00\text{ Mg/m}^3$  πρέπει να γίνεται διόρθωση με βάση το λόγο των πυκνοτήτων προκειμένου να παραχθεί ένα δείγμα περίπου ίδιου όγκου με αυτόν που θα παραγόταν αν τα αδρανή ήταν κανονικής πυκνότητας).

- Διαδικασία:

Η δοκιμή λαβαίνει χώρα σε κλάσμα κόκκων ( $d_i / D_i$ ) με  $D_i \leq 2 d_i$ .

Τα δοκίμια από δείγματα για τα οποία  $D > 2d$  διαχωρίζονται σε κλάσματα κόκκων  $d_i / D_i$  με  $D_i \leq 2 d_i$  κατά τη διάρκεια της μεταγενέστερης διαδικασίας.

a. *Δοκίμια με  $D_i \leq 2 d_i$*

Διαχωρίζεται το κυρίαρχο κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) με  $D_i \leq 2 d_i$  από το δοκίμιο με κοσκίνισμα σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-1. (Τα ανοίγματα των κόσκινων που χρησιμοποιούνται είναι 4mm, 5,6mm, 8mm, 11,2mm, 16mm, 22,4mm, 31,5mm, 45mm και 63mm). Οι τιμές των  $d_i$  και  $D_i$  του κλάσματος που υφίσταται τη δοκιμή καταγράφονται στο έντυπο της δοκιμής.

Απομακρύνονται οι κόκκοι που είναι μικρότεροι από  $d_i$  και οι κόκκοι που είναι μεγαλύτεροι από  $D_i$ .

Καταγράφεται η μάζα του κυρίαρχου κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) ως  $M_1$ .

Μετράται το μήκος L και το πάχος E κάθε κόκκου χρησιμοποιώντας το ειδικό μετρητικό όργανο όπου είναι αναγκαίο και διαχωρίζονται οι κόκκοι με λόγο  $L / E > 3$ . Αυτοί οι κόκκοι ταξιθετούνται στους μη κυβικούς.

Ζυγίζονται οι μη κυβικοί κόκκοι και καταγράφεται η μάζα τους ως  $M_2$ .

b. *Δοκίμια με  $D_i > 2 d_i$*

Διαχωρίζεται το δοκίμιο σε κλάσματα ( $d_i / D_i$ ) όπου  $D_i \leq 2 d_i$  με κοσκίνισμα σύμφωνα με το EN 933-1.

(Τα ανοίγματα των κόσκινων που χρησιμοποιούνται είναι 4mm, 5,6mm, 8mm, 11,2mm, 16mm, 22,4mm, 31,5mm, 45mm και 63mm). Οι τιμές των  $d_i$

και  $D_i$  του κλάσματος που υφίσταται τη δοκιμή καταγράφονται στο έντυπο της δοκιμής.

Καταγράφεται η μάζα κάθε κλάσματος  $M_i$ , γίνεται υπολογισμός και καταγράφεται το ποσοστό της μάζας καθενός κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) προς την μάζα του δοκιμίου  $M_o$  ως  $V_i$ .

Απομακρύνεται κάθε κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) το οποίο περιλαμβάνει λιγότερο από 10% του  $M_o$ .

(Σημείωση: εάν κάποιο κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) περιέχει λιγότερους από 100 κόκκους, πρέπει, εφόσον απαιτηθεί, να καταγραφεί στο έντυπο της δοκιμής).

Οποιοδήποτε κλάσμα ( $d_i/D_i$ ) περιέχει μεγάλο αριθμό κόκκων απομειώνεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 932-2, αλλά κατόπιν της απομείωσης τουλάχιστον 100 κόκκοι του κλάσματος πρέπει να παραμείνουν.

Καταγράφεται ως  $M_{1i}$  η μάζα των κόκκων που ελέγχονται σε κάθε κλάσμα ( $d_i/D_i$ ) που απέμεινε.

Μετράται το μήκος  $L$  και το πάχος  $E$  κάθε κόκκου χρησιμοποιώντας το ειδικό μετρητικό όργανο όπου είναι αναγκαίο και διαχωρίζονται οι κόκκοι σε κάθε κλάσμα, με λόγο  $L / E > 3$ . Αυτοί οι κόκκοι ταξιθετούνται στους μη κυβικούς.

Καταγράφεται ως  $M_{2i}$  η μάζα των μη κυβικών κόκκων σε καθένα από τα κλάσματα ( $d_i/D_i$ ).

- Υπολογισμοί και έκφραση των αποτελεσμάτων:

a. Δοκίμια με  $D_i \leq 2 d_i$

Υπολογίζεται ο δείκτης Σχήματος (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$SI = (M_2 / M_1) \times 100$$

Όπου:  $M_1$  η μάζα του δοκιμίου σε γραμμάρια

$M_2$  η μάζα των μη κυβικών κόκκων, σε γραμμάρια.

Καταγράφεται ο δείκτης Σχήματος στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

b. Δοκίμια με  $D_i > 2 d_i$

b.1 Κλάσματα που δεν απομειώθηκαν

Υπολογίζεται ο δείκτης Σχήματος (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$SI = (\Sigma M_{2i} / \Sigma M_{1i}) \times 100$$

Όπου:  $\Sigma M_{1i}$  το άθροισμα των μαζών από τα κλάσματα που δοκιμάστηκαν, σε γραμμάρια.

Και  $\Sigma M_{2i}$  το άθροισμα των μαζών των μη κυβικών κόκκων από κάθε κλάσμα που δοκιμάστηκε, σε γραμμάρια.

Καταγράφεται ο δείκτης Σχήματος στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

b.2 Κλάσματα που απομειώθηκαν

Υπολογίζεται το ποσοστό των μη κυβικών κόκκων από κάθε κλάσμα που δοκιμάστηκε και καταγράφεται ως  $SI_i$ . Υπολογίζεται το ζυγισμένο μέσο ποσοστό των μη κυβικών κόκκων (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

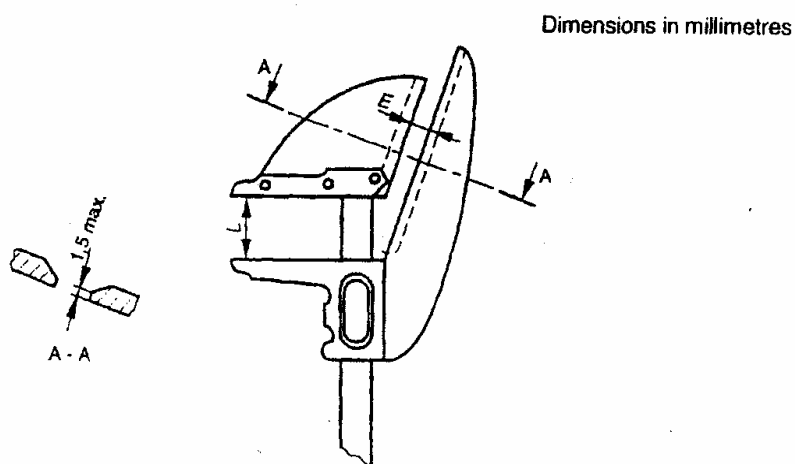
$$SI = \Sigma (V \times SI_i) / \Sigma V_i$$

Όπου:  $V_i$  είναι το ποσοστό της μάζας του κλάσματος (i) του δείγματος που δοκιμάστηκε

Και  $SI_i$  το ποσοστό της μάζας των μη κυβικών κόκκων στο κλάσμα (i).

Καταγράφεται το ζυγισμένο μέσο ποσοστό των μη κυβικών κόκκων στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

EN 933-4



**Εικόνα 106**

**ΠΑΧΥΜΕΤΡΟ για προσδιορισμό του δείκτη σχήματος**

#### 4.3.3.6 Προσδιορισμός Μήκους Κόκκων

Το μήκος κόκκου προσδιορίζεται από μετρήσεις με παχύμετρα ή παρόμοια κατάλληλα όργανα.

Όταν απαιτείται, το μήκος κόκκου δηλώνεται σύμφωνα με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον πιο κάτω ΠΙΝΑΚΑ 10.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10** – Κατηγορίες για μήκος κόκκου

Ποσοστό μάζας με μήκος $\geq 100$ mm σε δείγμα πάνω από 40 kg					
Κατηγορία μήκους κόκκου					
A	B	C	D	ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ	E
4	6	8	12	> 12	ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ

Ο προσδιορισμός ΜΗΚΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥ εφαρμόζεται συστηματικά στις παραλαβές Σκύρων από την ΕΡΓΟΣΕ και συγκεκριμένα με ανώτατο όριο στην Κατηγορία Β (6%).

#### 4.3.4 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Για τον προσδιορισμό των Μηχανικών χαρακτηριστικών του έρματος, εξετάζονται κατά βάση:

4.3.4.1. Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΟ

4.3.4.2 Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΦΘΟΡΑ

Αναλυτικότερα:

##### 4.3.4.1 Αντίσταση σε θρυμματισμό

- Προσδιορίζεται γενικά από τη **δοκιμή Los Angeles** και εκφράζεται με το *συντελεστή Los Angeles* ( $LA_{RB}$ ). Σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13450 τα όρια του συντελεστή  $LA_{RB}$  κατηγοριοποιούνται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 11

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11**

Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του συντελεστή  $LA_{RB}$

Συντελεστής Los Angeles	Κατηγορία $LA_{RB}$
$\leq 12$	LARB 12
$\leq 14$	LARB 14
$\leq 16$	LARB 16
$\leq 20$	LARB 20
$\leq 24$	LARB 24
$\leq 24$	LARB ΚΑΤΑ
	ΔΗΛΩΣΗ
ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	LARB NR

Η ΕΡΓΟΣΕ εφαρμόζει την κατηγορία LARB 14.

- **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής Los Angeles για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-2 και EN 13450**

- *Σκοπός*: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε θρυμματισμό των σιδηροδρομικών αδρανών.

- *Χρήσιμοι όροι*:

συντελεστής LA: το ποσοστό του δοκιμίου που διέρχεται από άνοιγμα κόσκινου 1,6 χιλιοστών μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής.

- *Συσκευές - εξοπλισμός (σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5)*:

- ❖ κόσκινα με άνοιγμα 1,6mm, 31,5mm, 40mm και 50mm, (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).
- ❖ Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
- ❖ Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους  $(110 \pm 5) ^\circ C$
- ❖ Συσκευή Los Angeles συμβατή με το Πρότυπο EN 10025. Η βάση της συσκευής πρέπει να εδράζεται σε επίπεδο δάπεδο από σκυρόδεμα ή από λιθοδομή.

- ❖ Δώδεκα χαλύβδινες σφαίρες συνολικού βάρους  $5210 \pm 90\text{gr}$ , διάμετρο η καθεμία μεταξύ 45mm και 49mm και βάρος (η καθεμία) 400gr – 445gr.
  - ❖ Κινητήρας που περιστρέφει τη συσκευή με 31-33 στροφές ανά λεπτό
  - ❖ Ειδικό δίσκο (ταψί) στη βάση της συσκευής Los Angeles για τη συλλογή του δοκιμίου και των σφαιρών.
  - ❖ Μετρητή στροφών που σταματά αυτόματα τον κινητήρα μετά τον απαιτούμενο αριθμό στροφών.
- Προετοιμασία δείγματος για δοκιμή:  
(Απαραίτητη μάζα δείγματος για τη δοκιμή τουλάχιστον 15kg από κόκκους μεταξύ 31,5mm και 50mm).
- Κοσκίνισμα του δείγματος μεταξύ των κόσκινων με ανοίγματα 31,5mm και 40mm καθώς και μεταξύ των 40mm και 50mm και διαχωρισμός των δύο κλασμάτων.
  - Πλύσιμο καθενός κλάσματος ξεχωριστά (σύμφωνα με το EN 933-1) και ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
  - Τα κλάσματα αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
  - Απομείωση της μάζας καθενός κλάσματος έτσι ώστε να προκύψουν κλάσματα με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  το καθένα.
  - Ανάμιξη των δύο τελικών κλασμάτων προκειμένου να παραχθεί ένα δοκίμιο με συνολική ξηρή μάζα  $10.000 \pm 100\text{gr}$ .
- Διαδικασία δοκιμής:  
Τοποθετούνται προσεκτικά πρώτα οι σφαίρες μέσα στη συσκευή και μετά το δοκίμιο. Βιδώνεται κατόπιν το κάλυμμα και ενεργοποιείται η συσκευή για 1000 στροφές με μια σταθερή ταχύτητα 31 – 33 στροφές ανά λεπτό. Μόλις ολοκληρωθούν οι περιστροφές ανοίγουμε το κάλυμμα, αδειάζουμε προσεκτικά όλο το υλικό καθώς και τις σφαίρες στον ειδικό δίσκο που βρίσκεται κάτω από τη συσκευή. Πλένουμε το εξερχόμενο υλικό πάνω σε κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm και ξηραίνουμε τα συγκρατούμενα σε θερμοκρασία  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  μέχρι σταθερής μάζας.
- Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

$$L_{RB} = (10.000 - m) / 100$$

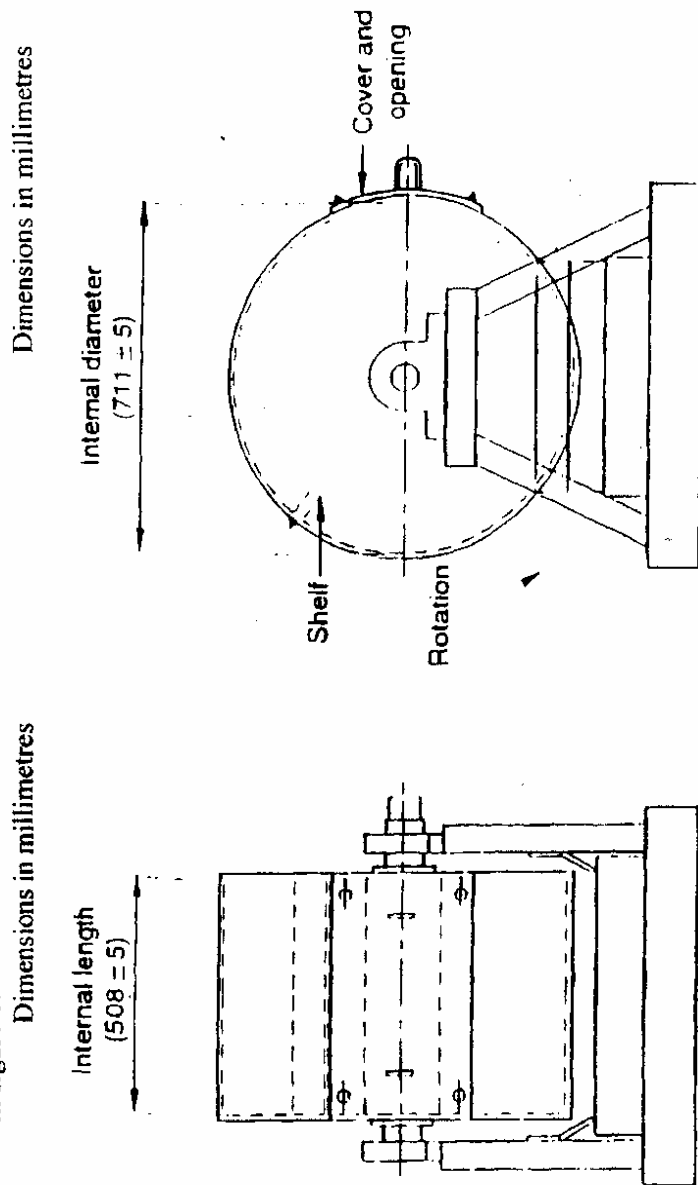
όπου: m είναι η μάζα που συγγρατείται στο κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm σε γραμμάρια.

Το αποτέλεσμα καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.



EN 1097-2:1998

NOTE: An example of a machine that has been found to be satisfactory is shown in figure 1.



Εικόνα 107.  
ΣΥΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΗΣ LOS ANGELES

- Εναλλακτικά της δοκιμής Los Angeles εφαρμόζεται η δοκιμή πρόσκρουσης (**impact test**), αφού προηγουμένως έχει συσχετιστεί με τη δοκιμή Los Angeles για το συγκεκριμένο υλικό. Σε περίπτωση αμφιβολίας η δοκιμή Los Angeles αποτελεί τη δοκιμή αφετηρίας.

**(Η δοκιμή πρόσκρουσης δε χρησιμοποιείται προς το παρόν ούτε από την ΕΡΓΟΣΕ ούτε από τον ΟΣΕ).**

Σκοπός της δοκιμής είναι ο υπολογισμός της τιμής πρόσκρουσης SZ<sub>RB</sub> οι κατηγορίες της οποίας δίνονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 12 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13450:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12**

**Κατηγορίες για μέγιστες τιμές της αντίστασης σε πρόσκρουση**

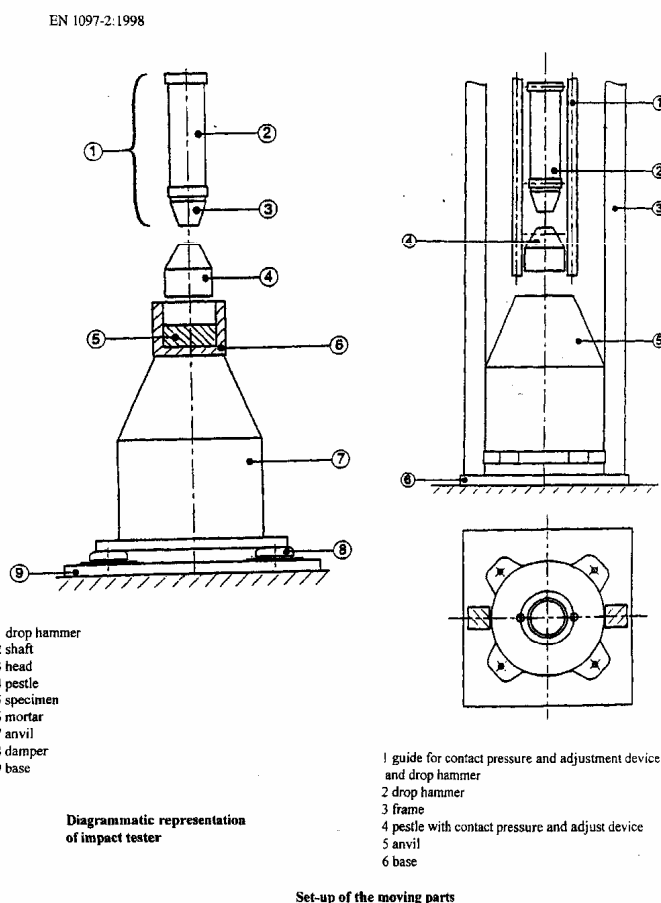
Τιμή πρόσκρουσης %	Κατηγορία SZRB
≤ 14	SZRB 14
≤ 18	SZRB 18
≤ 22	SZRB 22
≤ 22	SZRB ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ
<u>ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ</u>	SZRB NR

➤ **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής πρόσκρουσης για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-2 και En 13450.**

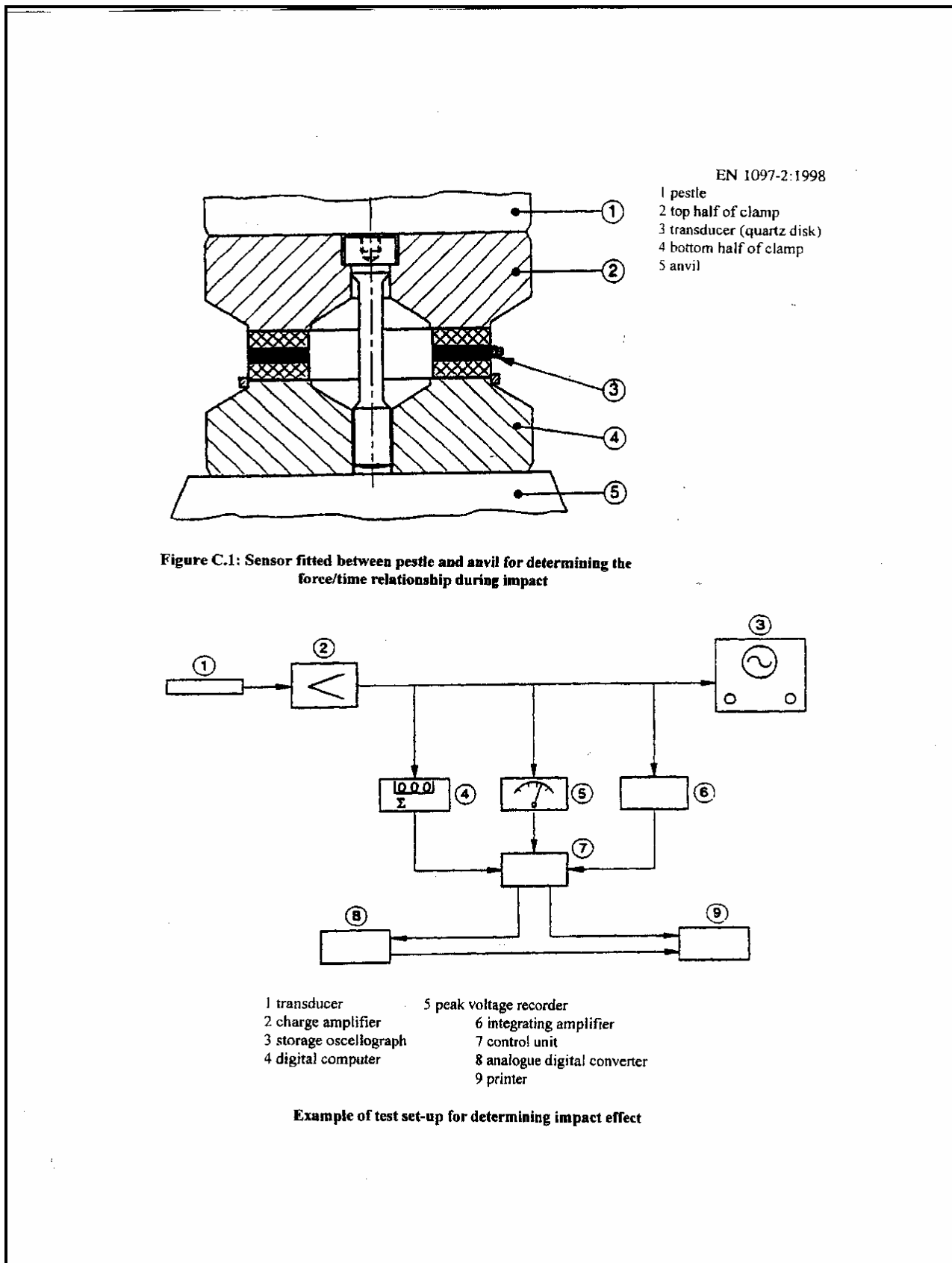
- Σκοπός: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε θρυμματισμό των σιδηροδρομικών αδρανών.
- Χρήσιμοι όροι:
  - Τιμή πρόσκρουσης: είναι η τιμή SZ που δίνει ένα μέτρο αντίστασης των αδρανών σε δυναμική θραύση. Είναι ισοδύναμη, με το ποσοστό της μάζας του δοκιμαζόμενου δοκιμίου που διέρχεται από το κόσκινο με άνοιγμα 8mm, όταν η δοκιμή γίνεται σύμφωνα με τις ενότητες 4 και 6 του Προτύπου EN 1097-2 εναρμονισμένο κατάλληλα για σιδηροδρομικά αδρανή σύμφωνα με το παράρτημα D του EN 13450.
- Συσκευές:
  - 🔧 κόσκινα με ανοίγματα 8mm, 31,5mm, και 40mm (συμβατά με τα Πρότυπα EN 932-5 και EN 933-2). Σημείωση: εξαιτίας των ανοχών των ανοιγμάτων, το ίδιο κόσκινο των 8mm που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία του δείγματος δοκιμής χρησιμοποιείται ξανά για την εκτίμηση της δοκιμής.
  - 🔧 Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
  - 🔧 Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
  - 🔧 Ειδική συσκευή πρόσκρουσης (impact tester).
  - 🔧 Εξοπλισμός για έλεγχο της ακρίβειας της συσκευής πρόσκρουσης.
  - 🔧 Βούρτσες και δοχεία.
- Προετοιμασία του δείγματος για δοκιμή:
 

Το δείγμα που θα σταλεί στο εργαστήριο πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 kg του κλάσματος μεταξύ 31,5mm και 40mm από το οποίο, σχηματίζουμε τρία δοκίμια. Η μάζα καθενός από τα τρία δοκίμια σε κιλά υπολογίζεται από τη σχέση  $(1,05 \times \text{πυκνότητα κόκκου})$ . [ Η πυκνότητα του κόκκου προσδιορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 1097 – 6 ]. Η μάζα του δοκιμίου, πριν τη δοκιμή, δεν πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 1% της ονομαστικής μάζας.

- **Διαδικασία δοκιμής:** τοποθετείται το δοκίμιο μέσα στον υποδοχέα της συσκευής πρόσκρουσης και εξομαλύνεται η επιφάνεια του με το χέρι. Ο κόπανος ανυψώνεται στα 420mm και θα προσκρούσει μέσω ειδικού εξαρτήματος (pestle) στο δοκίμιο 20 φορές. Το θρυμματισμένο δοκίμιο κοσκινίζεται στο κόσκινο των 8mm.
- **Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:** η μάζα που διέρχεται από το κόσκινο των 8mm προσδιορίζεται και εκφράζεται ως ποσοστό της αρχικής μάζας του δοκιμίου, με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου. Η τιμή που προκύπτει αποτελεί την τιμή πρόσκρουσης SZRB.  
Σημείωση: αν η συνολική μάζα του δοκιμίου μετά το κοσκίνισμα διαφέρει από την αρχική μάζα περισσότερο από 0,5 % τότε το τεστ επαναλαμβάνεται στο επόμενο προετοιμασμένο δοκίμιο

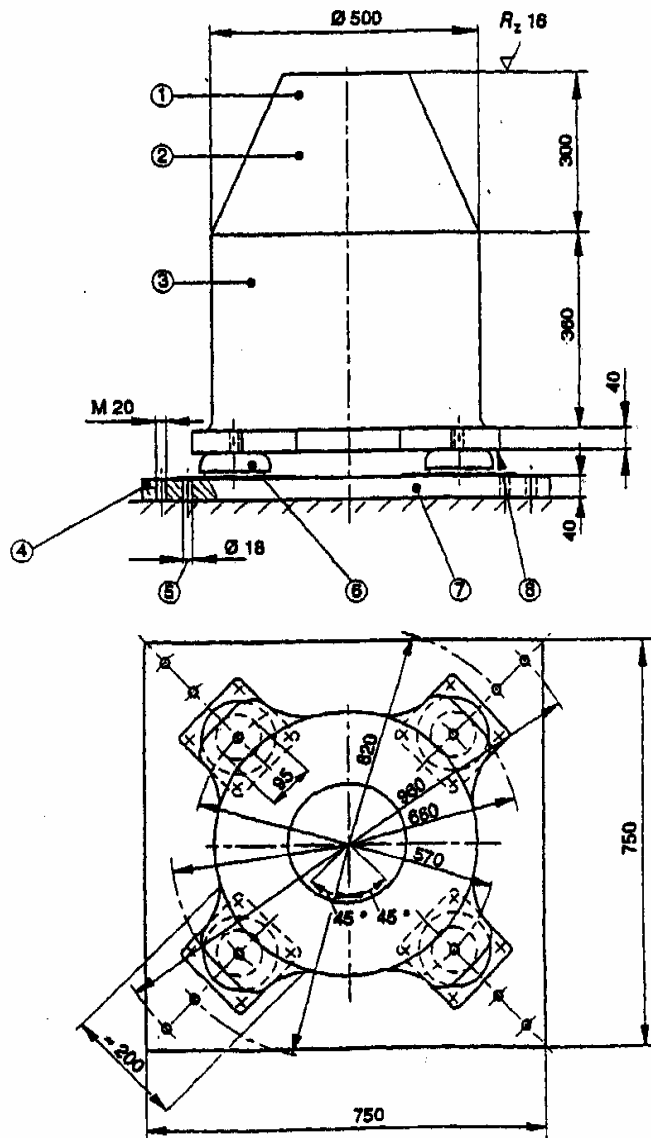


Εικόνα 108. Συσκευή Δοκιμής Πρόσκρουσης



Εικόνα 109. Παράδειγμα Ρύθμισης της Συσκευής Πρόσκρουσης

Εικόνα 110. Αποσβεστήρες Συσκευής Πρόσκρουσης



- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 anvil                      | 5 through hole for anchor bolt |
| 2 mass approximately 800 kg  | 6 damper                       |
| 3 ISO 8062 - CT 11 tolerance | 7 base plate                   |
| 4 thread for adjusting screw | 8 support                      |

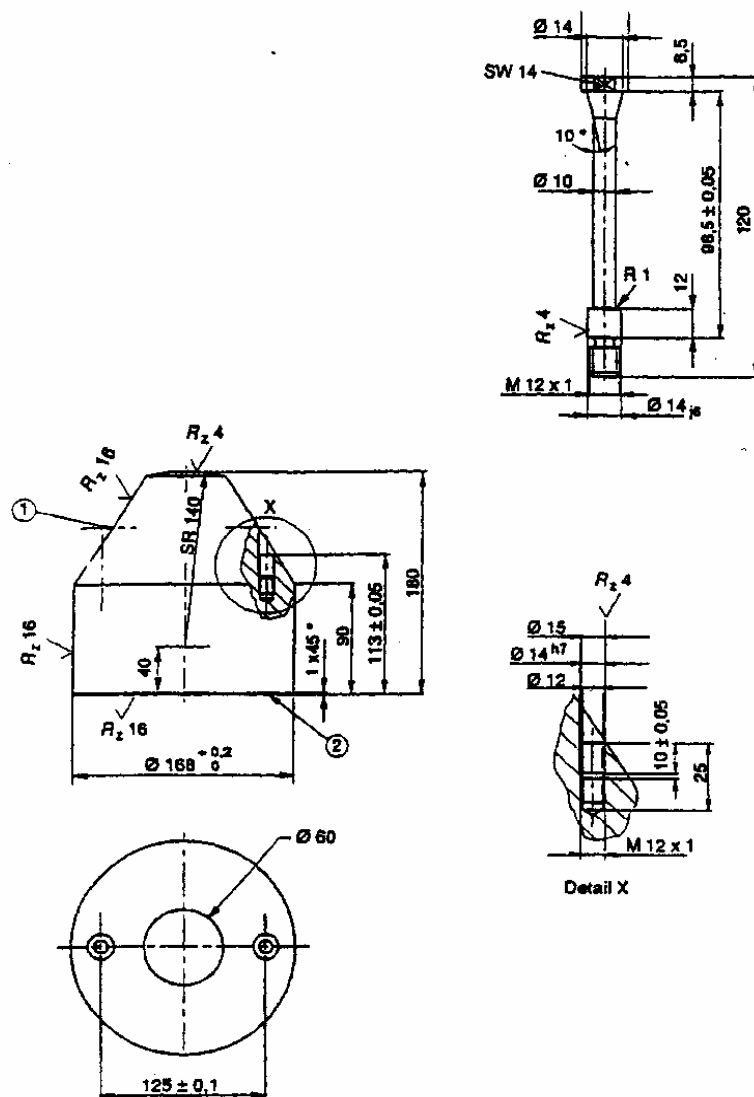
Anvil with base plate and dampers

Εικόνα 111. Αμόνι & Βάση ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ



EN 1097-2:1998

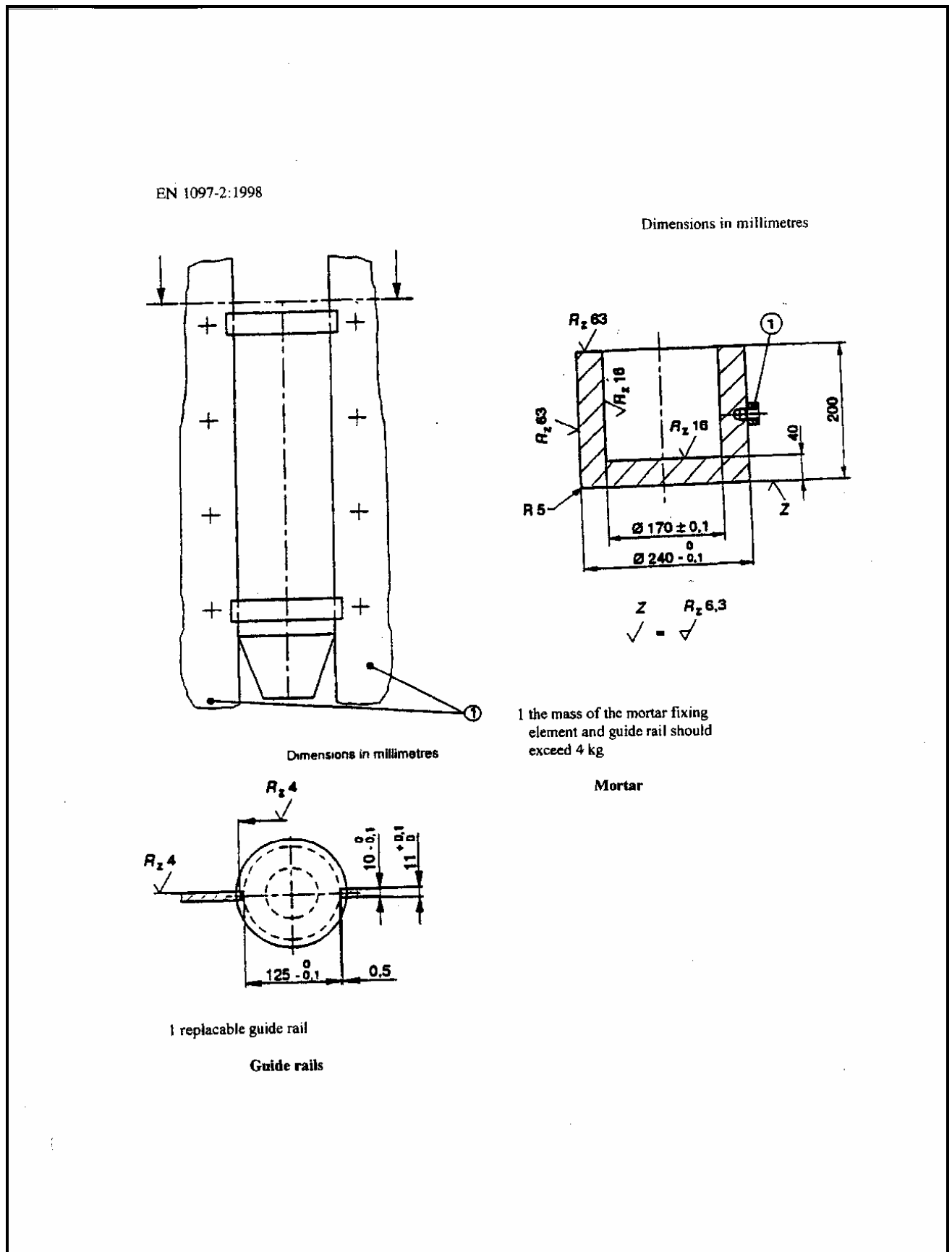
Dimensions in millimetres



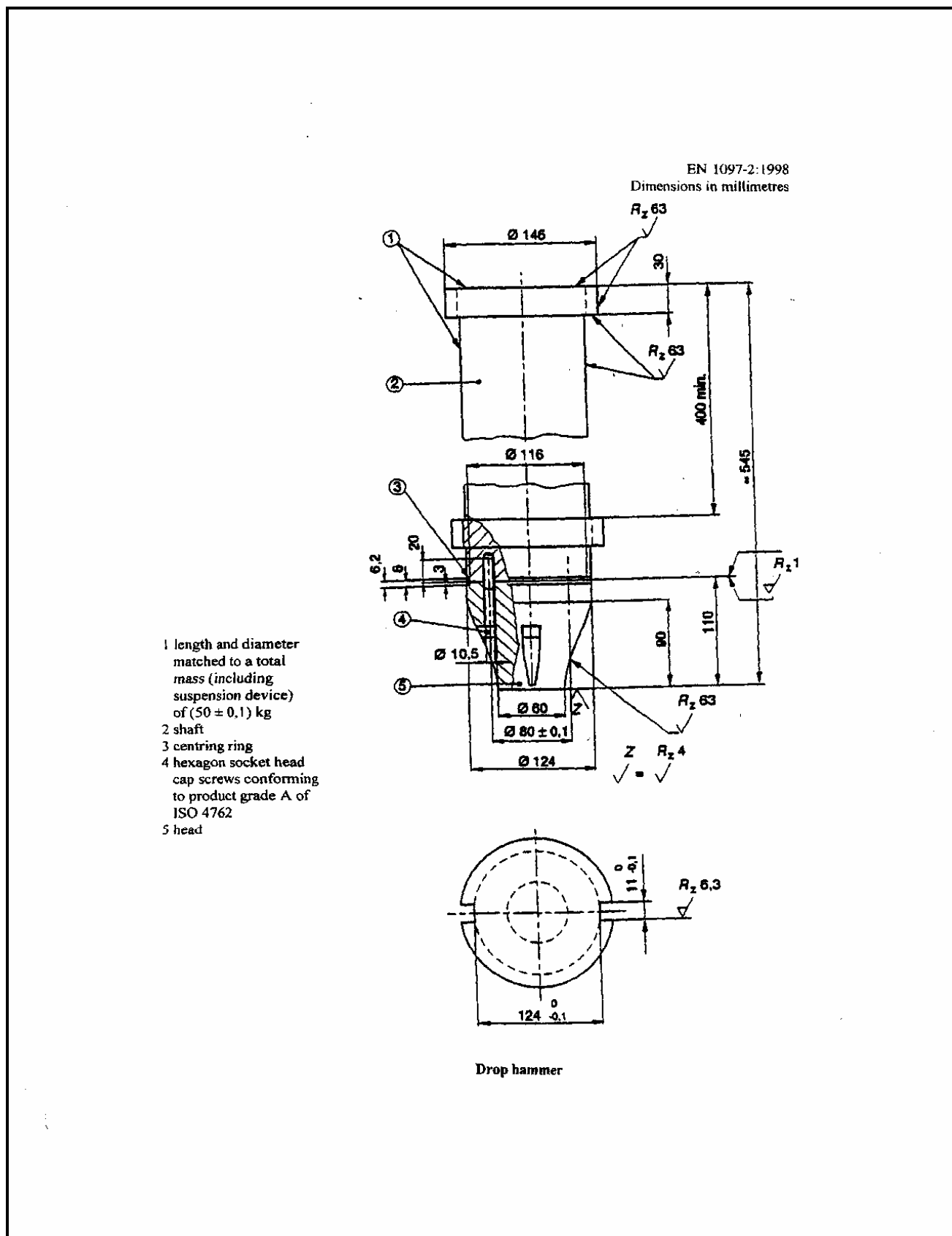
- 1 contact pressure and adjustment device
- 2 matching to a mass of  $(23 \pm 0,1)$  kg

Pestle with turnbuckle

Εικόνα 112. Κόπανος (κάτω τμήμα) με τα περιφερειακά εξαρτήματα



Εικόνα 113. Οδηγοί αντίβαρου – δοχείο δείγματος από τη ΣΥΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ



Εικόνα 114. Αντίβαρο ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ

#### 4.3.4.2 Αντίσταση σε φθορά

- Προσδιορίζεται από τη **δοκιμή Microdeval** που εκτελείται σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450. Εκφράζεται με το *συντελεστή Microdeval* ( $M_{DE}$ ) τα όρια του οποίου κατηγοριοποιούνται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 13

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 13

Κατηγορίες για μέγιστες τιμές της αντίστασης σε φθορά

micro-Deval coefficient	Κατηγορία MDERB
$\leq 5$	MDERB 5
$\leq 7$	MDERB 7
$\leq 11$	MDERB 11
$\leq 15$	MDERB 15
$> 15$	MDERB (ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ)
ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	MDERB NR

*Σημείωση: η δοκιμή λαβαίνει χώρα σε υγρή κατάσταση, όπως περιγράφεται από τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450 αλλά μπορεί επίσης να γίνει και σε ξηρή κατάσταση οπότε προσδιορίζεται ο συντελεστής ( $M_{DS}$ ).*

- **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής micro-Deval για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450.**
  - Σκοπός: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε φθορά των σιδηροδρομικών αδρανών.
  - Χρήσιμοι όροι:
    - συντελεστής MDE: το ποσοστό του δοκιμίου που διέρχεται από άνοιγμα κόσκινου 1,6 χιλιοστών μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής.
  - Συσσκευές – εξοπλισμός: (σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5):
    - Κόσκινα με ανοίγματα 31,5mm, 40mm και 50mm, (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).
    - Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
    - Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
    - Συσσκευή micro-Deval με εσωτερικό μήκος καθενός τυμπάνου ίσο με  $400 \pm 2$  mm.
    - Βαθμονομημένος γυάλινος μετρητικός κύλινδρος σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO 4788 ή άλλα μέσα μέτρησης νερού ακρίβειας  $\pm 0,05$  λίτρα.
  - Προετοιμασία δείγματος για δοκιμή: (Απαραίτητη μάζα δείγματος για τη δοκιμή τουλάχιστον 25kg από κόκκους μεταξύ 31,5mm και 50mm).
    - ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ ΔΟΚΙΜΙΑ
    - Κοσκίνισμα του δείγματος μεταξύ των κόσκινων με ανοίγματα 31,5mm και 40mm καθώς και μεταξύ των 40mm και 50mm και διαχωρισμός των δύο κλασμάτων.

- Πλύσιμο καθενός κλάσματος ξεχωριστά (σύμφωνα με το EN 933-1) και ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
  - Τα κλάσματα αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
  - Διαίρεση και Απομείωση της μάζας καθενός κλάσματος έτσι ώστε να προκύψουν δύο κλάσματα μεγέθους 31,5/40mm με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  και δύο κλάσματα μεγέθους 40/50mm με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  επίσης.
  - Συνδυάζουμε ένα κλάσμα 31,5/40mm με ένα κλάσμα 40/50mm, ώστε να προκύψει ένα δοκίμιο με ξηρή μάζα  $(10.000 \pm 100)\text{g}$ .
  - Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για τη δημιουργία του δεύτερου δοκιμίου
- Διαδικασία δοκιμής:  
Το κάθε δοκίμιο (στεγνό) τοποθετείται μέσα στο ειδικό τύμπανο μαζί με 2 λίτρα απεσταγμένο νερό (ακρίβεια  $\pm 0,05$  λίτρα) και αφού σφραγιστεί στεγανά με το ειδικό κάλυμμα, τίθενται σε περιστροφή, με ταχύτητα  $(100 \pm 5)$  στροφές ανά λεπτό μέχρι να ολοκληρώσει  $14.000 \pm 10$  στροφές.
- Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

$$M_{DE} RB = (10.000 - m) / 100$$

όπου: m είναι η μάζα που συγγρατείται στο κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm, σε γραμμάρια.

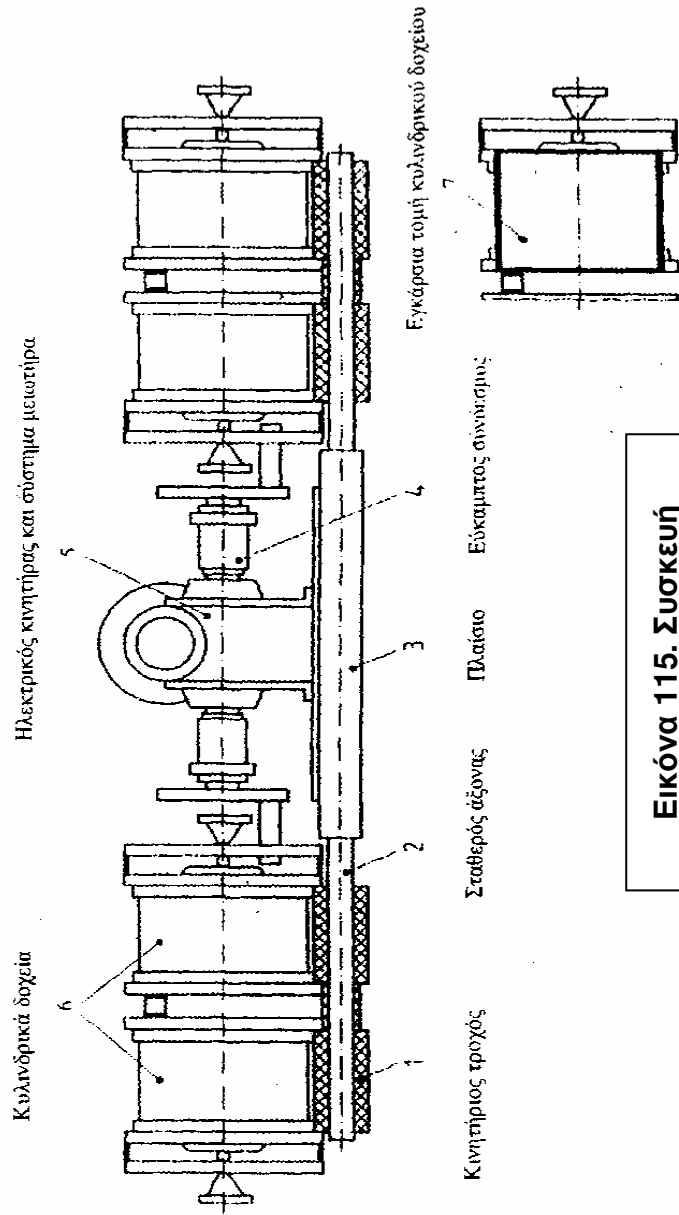
Χρησιμοποιώντας τις τιμές που λαμβάνονται για τα δύο δοκίμια, υπολογίζεται η μέση τιμή του συντελεστή  $M_{DE} RB$ . Η μέση τιμή αναφέρεται ως συντελεστής micro-Deval για το δείγμα το οποίο παραδόθηκε στο εργαστήριο και εκφράζεται με προσέγγιση ακέραιου αριθμού.

Το αποτέλεσμα καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.



© ΕΛΟΤ

EN 1097-1



Εικόνα 115. Συσκευή  
Microdeval

## 4.4 Μη Συστηματικές Δοκιμές Ποιότητας (Αντίσταση στη γήρανση)

### 4.4.1 Προσδιορισμός πυκνότητας κόκκου (EN 1097 – 6)

- **Βασική αρχή:** Πυκνότητα κόκκου = μάζα / όγκος  
( η μάζα καθορίζεται με ζύγιση σε κορεσμό και συνθήκες στεγνής επιφάνειας και ξανά σε συνθήκες ξήρανσης στο φούρνο. Ο όγκος καθορίζεται από την μάζα του νερού που εκτοπίζεται, είτε από την μείωση της μάζας στην μέθοδο του συρμάτινου καλάθιού).

- **Βασικός εξοπλισμός:** συρμάτινο καλάθι για αδρανή μεγέθους από 31,5mm έως 63mm ή πυκνόμετρο για τους μικρότερους κόκκους από 0,063mm έως 31,5mm.

- **Χρήσιμοι όροι:**

- πυκνότητα κόκκου μετά από ξήρανση σε φούρνο = ο λόγος της ξηρής μάζας (στο φούρνο) δείγματος αδρανών προς τον όγκο που απασχολεί μέσα στο νερό\*

\* ο όγκος μέσα στο νερό συμπεριλαμβάνει τα προσβάσιμα από το νερό κενά και τα εσωτερικά (μονωμένα) κενά.

Φαινόμενη πυκνότητα κόκκου = ο λόγος της της ξηρής μάζας (στο φούρνο) δείγματος αδρανών προς τον όγκο που απασχολεί μέσα στο νερό\*\*

\*\* ο όγκος συμπεριλαμβάνει εσωτερικά (μονωμένα) κενά, όχι όμως τα προσβάσιμα από το νερό κενά.

Πυκνότητα κόκκου σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρή κατάσταση = ο λόγος της μάζας επιφανειακά στεγνών κόκκων μαζί με το νερό στα προσβάσιμα κενά προς τον όγκο μέσα στο νερό\*\*\*

\*\*\*ο όγκος μέσα στο νερό συμπεριλαμβάνει τα εσωτερικά (μονωμένα) κενά αλλά και εξωτερικά προσβάσιμα κενά από το νερό.

- **Ελάχιστη μάζα δείγματος δοκιμής (test portion)** = 15 kg για μέγιστο κόκκο 63mm.

- **Υπολογισμοί και έκφραση αποτελεσμάτων:**

▪ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ( $\rho_a$ ) =  $\rho_w [M_4 / M_4 - (M_2 - M_3)]$

▪ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΤΟ ΦΟΥΡΝΟ ( $\rho_{rd}$ )

( $\rho_{rd}$ ) =  $\rho_w [M_4 / M_1 - (M_2 - M_3)]$

▪ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ΣΕ ΚΟΡΕΣΜΟ ΜΕ ΣΤΕΓΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ( $\rho_{ssd}$ )

( $\rho_{ssd}$ ) =  $\rho_w [M_1 / M_1 - (M_2 - M_3)]$

### 4.4.2 Απορρόφηση νερού (υδατοαπορρόφηση) (EN 1097 – 6)

(= ως ποσοστό της ξηρής μάζας): υπολογίζεται μετά από βάπτισμα 24 ωρών και ισούται με:

$WA_{24} = 100 \times (M_1 - M_4) / M_4$

$WA_{24}$  = υδατοαπορρόφηση %

$M_1$  = η μάζα σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρή κατάσταση στον αέρα σε gr.

$M_2$  = φαινόμενη μάζα στο νερό του καλάθιού μαζί με το κορεσμένο δείγμα σε gr.

$M_3$  = φαινόμενη μάζα στο νερό άδειου καλάθιού σε gr.

$M_4$  = μάζα αποξηραμένου στο φούρνο δείγματος στον αέρα σε gr.

$\rho_w$  = πυκνότητα νερού σε θερμοκρασία που καταγράφηκε όταν μετρήθηκε η μάζα  $M_2$  σε μεγαγραμμάρια ανά  $m^3$ .

Η τιμή της πυκνότητας εκφράζεται στο κοντινότερο 0,01  $Mg/m^3$  και της υδατοαπορροφητικότητας στο 0,1%.

**Σημαντικό σχόλιο:** Η πυκνότητα και η υδατοαπορροφητικότητα των κόκκων σχετίζονται με το ειδικό βάρος, την υφή και το σχήμα τους. Οι Raymond et al (1979), έδειξαν ότι η φέρουσα ικανότητα του έρματος ακολουθεί αυξητική γραμμική συνάρτηση της πυκνότητας των κόκκων. Όσο υψηλότερο το ειδικό βάρος, τόσο μεγαλύτερη η φέρουσα ικανότητα του έρματος και τόσο χαμηλότερη η διάβρωση του (Raymond et al (1978).

Επίσης, υψηλό ειδικό βάρος κατά Raymond et al (1983) σημαίνει μεγαλύτερη ικανότητα στο έρμα να μειώσει τις χαμηλόσυχνες δονήσεις, οι οποίες πιστεύεται ότι είναι και η αιτία των διαφορικών καθιζήσεων. Η σύσταση λοιπόν από τους παραπάνω ερευνητές ήταν να γίνεται χρήση σκύρων με υψηλό ειδικό βάρος στις σιδηροδρομικές γραμμές υψηλών ταχυτήτων.

#### 4.4.3 Προσδιορισμός αντίστασης σε ψύξη και απόψυξη EN 1367.01

Εξαρτάται από το κλίμα, το λιθότυπο, το μέγεθος των πόρων και η κατανομή τους.

Εκτίμηση της αντίστασης σε ψύξη – απόψυξη μπορεί να γίνει από την πετρογραφική εξέταση, την υδατοαπορροφητικότητα και από τη δοκιμή υγείας.

Ειδικά για το έρμα, τα δείγματα μέσα στο θάλαμο θα υποστούν μια σειρά από 20 κύκλους ψύξης – απόψυξης (αντί για 10), σύμφωνα με το κανονιστικό παράρτημα F της EN 13450.

☉ Σημείωση: οι τάσεις που ασκούνται στα αδρανή λόγω παγετού, εξαρτώνται από το βαθμό κορεσμού καθώς επίσης και από το ρυθμό ψύξης(μεγάλη επικινδυνότητα στο θαλασσινό νερό).

☉ **Βασική αρχή:** βάπτισμα του κλάσματος των αδρανών ώστε να γίνεται πλήρης απορρόφηση νερού, κάτω από ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία  $20^{\circ}C \pm 3$ . Το δείγμα υπόκειται σε 20 κύκλους ψύξης απόψυξης. Η ψύξη γίνεται σταδιακά σε δύο φάσεις. Από  $20^{\circ}C \pm 3$  στο  $0^{\circ}C$  μέσα σε 2,5 ώρες ( $\pm 30min$ ) και διατηρείται στο  $0^{\circ}C$  για 3,5 ώρες ( $\pm 30min$ ). Κατόπιν μειώνεται στους  $-17,5^{\circ}C$  ( $\pm 2,5^{\circ}C$ ) μέσα σε 3 ώρες και διατηρείται κατ' ελάχιστο 4 ώρες. Τέλος τα δοχεία με το δείγμα βαπτίζονται σε νερό με θερμοκρασία  $20^{\circ}C$  για 10 ώρες περίπου.

Κάθε κύκλος ψύξης – απόψυξης ολοκληρώνεται σε 24 ώρες.

Μετά την ολοκλήρωση των κύκλων, τα αδρανή εξετάζονται για απώλεια βάρους, παρουσία ρωγμών και αν χρειάζεται μεταβολών στην αντοχή. Για την εξέταση της απώλειας βάρους το περιεχόμενο των δοχείων πλένεται, ξηραίνεται και κοσκινίζεται, σε κόσκινο που έχει άνοιγμα ίσο με το μισό του μικρότερου κόσκινου που χρησιμοποιήθηκε για την προετοιμασία του δείγματος δοκιμής. Τέλος το εναπομείναν στο κόσκινο δείγμα ζυγίζεται.

Το ποσοστό απώλειας μάζας των τριών δειγμάτων F υπολογίζεται ως :

$$F = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$$

Όπου  $M_1$  = αρχική ξηρή συνολική μάζα των τριών δειγμάτων σε gr

Και  $M_2$  = τελική ξηρή συνολική μάζα των τριών δειγμάτων που συγκρατείται στο κόσκινο σε gr.

🌀 **Δείγμα:** γίνεται χρήση τριών δειγμάτων. Προτεινόμενο μέγεθος κλάσματος 8 – 16 mm με απαιτούμενη μάζα δοκιμής 2 kg. Για αρχικό δείγμα με κοκκομετρική διαβάθμιση 32-63mm απαιτείται μάζα 6 kg, ενώ με 16-32mm απαιτείται μάζα 4 kg.

Όπου η μέθοδος δε διακρίνει επαρκώς τους τύπους των αδρανών, όσον αφορά την ανθεκτικότητα, μπορεί να γίνει χρήση διαλύματος NaCl ( 1% ) και ουρίας.

#### 4.4.4 Δοκιμές για θερμικές και αποσαθρωτικές ιδιότητες αδρανών EN 1367 – 2 (δοκιμή υγείας θειικού μαγνησίου).

Το πρότυπο EN 1367 – 2 εφαρμόζεται σύμφωνα με τις κανονιστικές ρυθμίσεις του Παραρτήματος G της EN 13450

- Χρησιμοποιούνται δύο δείγματα με μάζα 10 kg το καθένα (5kg από κλάσμα 31,5-40mm και 5kg από κλάσμα 40-50mm.
- Χρησιμοποιείται καλάθι για βάφτιση του δείγματος με άνοιγμα βρογχίδας 4mm και διαστάσεις βάθους 260mm και διαμέτρου 230mm.
- Χρήση κόσκινων με άνοιγμα 22,4mm, 31,5mm, 40mm και 50mm.
- Χρήση διαλύματος θειικού Μαγνησίου.
- Η βάφτιση του καλαθιού διαρκεί 17 ώρες ( $\pm 0,5$ ), Ακολουθεί στράγγισι για 2 ώρες ( $\pm 0,25$ ) και μετά ξήρανση για 24 ώρες ( $\pm 1$ ).
- Η διαδικασία περιλαμβάνει 10 κύκλους.
- Υπολογισμός της μάζας  $M_2$  που συγκρατείται στο κόσκινο 22,4mm.

#### 4.4.5 Δοκιμή βρασμού για βασάλτη “Sonnenbrand”

❖ Χρήσιμοι όροι: “Sonnenbrand” = τύπος εξαλλοίωσης που παρουσιάζεται σε ορισμένους βασάλτες και εκδηλώνεται κάτω από την επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών.

- το φαινόμενο ξεκινά με την εμφάνιση γκρι-λευκών κηλίδων σχήματος αστεριού. Από τις κηλίδες αυτές ξεκινούν συνήθως ακτινικές τριχοειδείς ρωγμές που τις αλληλοσυνδέουν. Έτσι μειώνεται η αντοχή της δομής του κοιτάσματος και τελικά το πέτρωμα εξαλλοιώνεται. Ανάλογα με την πηγή, αυτή η διαδικασία μπορεί να λαμβάνει χώρα μέσα στους μήνες της εξόρυξης ή να διαρκέσει μερικές δεκαετίες. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις η απότομη εξαλλοίωση έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγάλων ρωγμών και τη θραύση των κόκκων.

- Βασική αρχή: κομμάτια βασάλτη εξετάζονται για ενδείξεις “Sonnenbrand” και δείγματα κοκκομετρημένου βασάλτη ελέγχονται για την ποσοστιαία απώλεια μάζας και απώλεια αντοχής μετά το βρασμό.

- Δείγμα για οπτικό έλεγχο: τεμάχιο λατομείου τόσο ώστε να προκύψει επιφάνεια εμβαδού  $0,005m^2$  ή μεγαλύτερη.

\* τεμάχιο ελάχιστης διάστασης 75mm είναι ικανοποιητικό. Προιόνιζεται το τεμάχιο ώστε να προκύψουν δύο δείγματα.

- Δείγματα για καθορισμό απώλειας μάζας μετά από βρασμό:

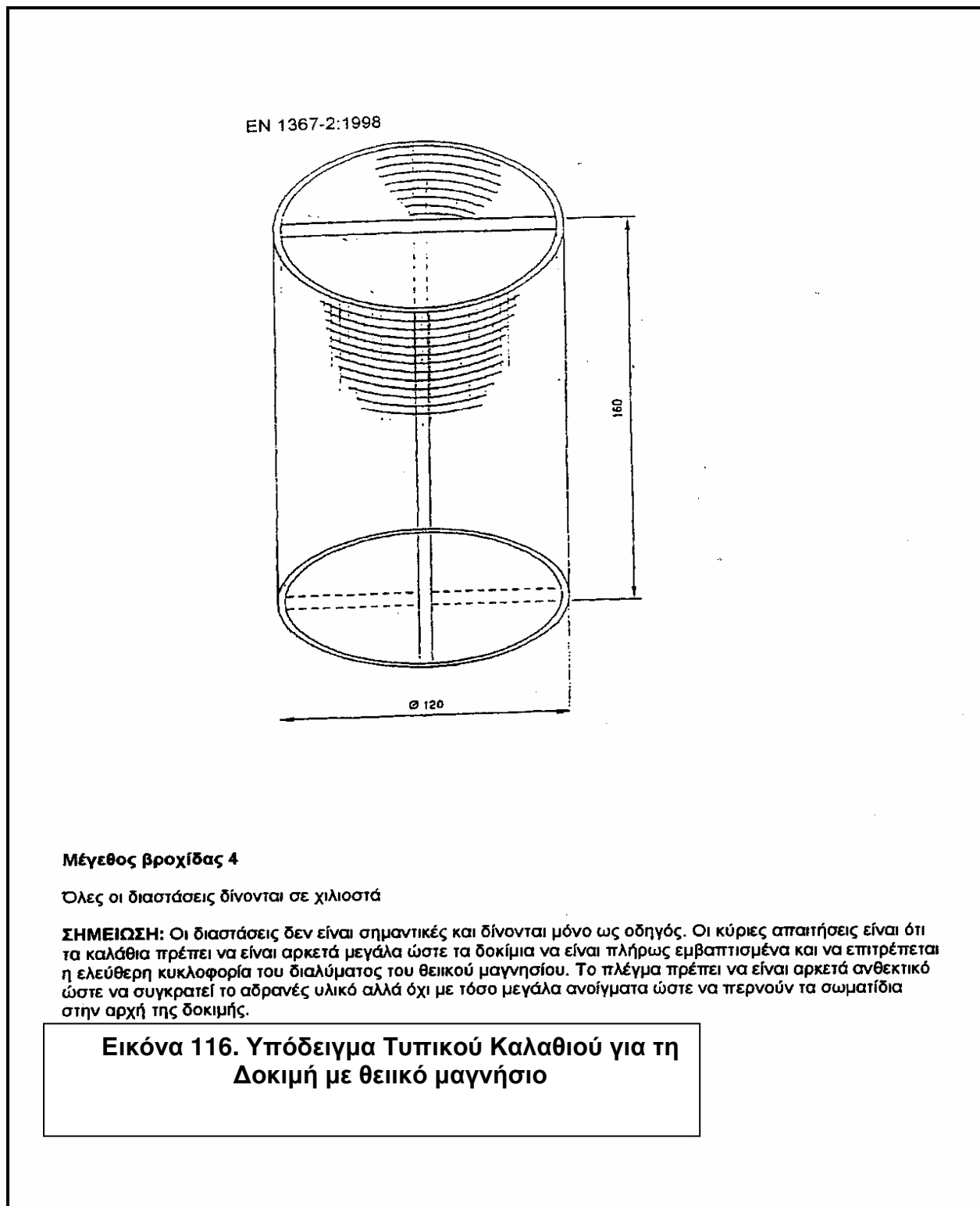
Χρησιμοποιούνται δύο δείγματα. Βράζεται το ένα δείγμα για 36 ώρες ( $\pm 1$ ). Εξάγεται το βρασμένο δείγμα και επιθεωρείται οπτικά για την ύπαρξη κηλίδων. Βράζεται το δεύτερο δείγμα, ξηραίνεται και κοσκινίζεται σε κόσκινο ανοίγματος το μισό του μικρότερου ονομαστικού μεγέθους κόκκου. Ζυγίζεται

το συγκρατούμενο και προσδιορίζεται η απώλεια μάζας  $M_1$  από τον παρακάτω τύπο:

$$M_1 = [(m_o - m_1) / m_o] \times 100$$

Όπου  $m_o$  = η μάζα του δείγματος δοκιμής πριν το βρασμό σε gr

Και  $m_1$  = η μάζα του κλάσματος που συγκρατείται στο κόσκινο μετά το βρασμό σε gr.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΔΡΑΝΩΝ ΕΡΜΑΤΟΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

#### 4.1 Γενικά

Στα πλαίσια εναρμόνισης των ελληνικών προδιαγραφών για το έρμα, (σιδηροδρομικών γραμμών υψηλής ταχύτητας), με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές, επικυρώθηκε από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450.

Οι νέες προδιαγραφές δίνουν ένα εύρος κατηγοριών ή κλάσεων για τις ιδιότητες του έρματος, ώστε οι χρήστες να μπορούν να επιλέγουν τα κατάλληλα όρια τιμών για τα σιδηροδρομικά αδρανή υψηλής ποιότητας της περιοχής τους.

Η έναρξη εφαρμογής του Προτύπου αυτού στην Ελλάδα, έγινε το έτος 2006 από τον ελληνικό φορέα κατασκευής σιδηροδρομικών έργων ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. (ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.) που λειτουργεί ως αποκλειστικός διαχειριστής συγχρηματοδοτούμενων έργων, για την κατασκευή της νέας διπλής σιδ/κής γραμμής υψηλής ταχύτητας (κανονικού εύρους ανοίγματος 1,435 *μετρούμενο στο εσωτερικό διάστημα των συζυγών σιδηροτροχιών*).

Από το έτος 1997 μέχρι σήμερα η ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε. προμηθεύεται υψηλής σκληρότητας σκύρα, μαγματικής προέλευσης, τα οποία αποθηκεύει εκ των προτέρων για να τα διαστρώσει μετά την ολοκλήρωση της υποδομής.

**Γενικά, παλιές και νέες προδιαγραφές συνοψίζουν τις απαιτήσεις τους για το σιδηροδρομικό έρμα σε ένα υλικό ομοιόμορφα διαβαθμισμένο, θραυστό και σκληρό, ανθεκτικό, γωνιώδες και ισοδιάστατο ως προς το σχήμα, ελεύθερο σκόνης, χημικής μόλυνσης και συγκολλημένους κόκκους**

Το EN 13450 έχει συνταχθεί από την Ευρωπαϊκή Τεχνική ομάδα Προτύπων CEN/TC 154 "Aggregates", ύστερα από εισηγήσεις-υπομνήματα που δόθηκαν (στη CEN) από την Ευρωπαϊκή επιτροπή και τον Ελεύθερο, Ευρωπαϊκό, Εμπορικό συνεταιρισμό, στηρίζοντας τις αρχικές-βασικές απαιτήσεις των EU οδηγιών (EU Directives/annex ZA του EN 13450). Περιλαμβάνει (το EN 13450), ρυθμιστικές (κανονιστικές) παραπομπές, μαζί με δέκα παραρτήματα που στόχο έχουν την εξειδίκευση των ιδιοτήτων των αδρανών που θα χρησιμοποιηθούν ως σιδηροδρομικό έρμα (4 από τα παραρτήματα είναι ρυθμιστικά και τα υπόλοιπα 6 είναι πληροφοριακά).

Σύμφωνα με το EN 13450 ως σιδηροδρομικό έρμα ορίζεται το σύνολο των αδρανών, οι επιφάνειες των κόκκων των οποίων μπορούν να περιγραφούν εξολοκλήρου ως θραυστές.

Μπορεί δε να είναι:

- ΦΥΣΙΚΟ, εφόσον μετά την εξόρυξή του έχει υποστεί μόνο μηχανική επεξεργασία,

- ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ, εφόσον έχει υποστεί θερμικές ή και άλλες τροποποιήσεις (μη μηχανικές) κατά τη διαδικασία βιομηχανικής παραγωγής και
- ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟ εφόσον προέρχεται από διαλογή παλιότερου έρματος.

#### 4.2 Απόσπασμα από τους όρους Διακήρυξης Προμήθειας έρματος σιδηροδρομικής γραμμής υψηλών ταχυτήτων της ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε.

.....

.....

.....

##### **4.2.1 Τεχνικά στοιχεία**

Ο υποψήφιος προμηθευτής των εν λόγω αδρανών υλικών υποχρεούται να προσκομίσει στην Επιβλέπουσα Αρχή τα παρακάτω:

- Πιστοποιητικό Συμμόρφωσης CE (σύστημα 2+), από αρμόδιο Οργανισμό Πιστοποίησης για αδρανή υλικά σύμφωνα με το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΖΑ του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 13450.

- Υπεύθυνη δήλωση του Ν.1599/86, όπου θα δηλώνεται: α) το/τα λατομείο/α, από το οποίο θα προμηθευτεί το υλικό, β) ο τόπος εγκατάστασής του/των λατομείου/ων, γ) ότι το παραγόμενο υλικό (σκύρα) δεν περιέχει επικίνδυνες ουσίες για την συγκεκριμένη χρήση, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450 Παράρτημα ΖΑ 1.

- Δήλωση Συμμόρφωσης του προϊόντος από τον παραγωγό σύμφωνα με το ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΖΑ του Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 13450 από την οποία να προκύπτει ότι πληρούνται οι απαιτήσεις της παρούσας Διακήρυξης. Σε αντίθετη περίπτωση η προσφορά απορρίπτεται.

[Ανεξάρτητα από την πιο πάνω δήλωση, κατά την διάρκεια της κρίσης του διαγωνισμού, η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών του διαγωνισμού θα επισκεφθεί τα λατομεία από όπου θα πάρει δείγματα σκύρων, τα οποία θα υποβάλλει σε εργαστηριακούς ελέγχους στο εργαστήριο αδρανών υλικών της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. ή σε άλλο εργαστήριο που θα ορίσει η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. για τον καθορισμό των συντελεστών **Los Angeles (L<sub>ARB</sub>)** και **Micro-Deval (MDE<sub>RB</sub>)**. Επίσης, η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. (Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών) έχει το δικαίωμα να μην ακολουθήσει την ως άνω διαδικασία για λατομεία που έχουν ήδη ελεγχθεί από αυτήν κατά το παρελθόν και εντός πενταετίας από την ημερομηνία διεξαγωγής του παρόντος διαγωνισμού, στα πλαίσια τεχνικής κρίσης άλλων διαγωνισμών προμήθειας σιδηροδρομικών σκύρων και των οποίων (λατομείων) οι απαιτούμενες τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** ήταν, για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** ίση ή μικρότερη του δεκατέσσερα (**L<sub>ARB</sub> ≤ 14**), και για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** ίση ή μικρότερη του έντεκα (**MDE<sub>RB</sub> ≤ 11**). Τόσο η δειγματοληψία όσο και οι εργαστηριακοί έλεγχοι θα πραγματοποιηθούν σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450].

- Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εκδιδόμενης από την αρμόδια Αρχή άδειας εκμετάλλευσης του λατομείου.

▪ Βεβαίωση αρμόδιας (εκδούσας) Αρχής ότι η παραπάνω άδεια εκμετάλλευσης του λατομείου εξακολουθεί να ισχύει ακόμη ενόψει της παρούσας προμήθειας και ισχύει για την παραγωγή σκύρων για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εκδιδόμενης από την αρμόδια Αρχή άδειας λειτουργίας μηχανημάτων κατεργασίας των αδρανών υλικών.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης, που υποβλήθηκε για την έκδοση της άδειας εκμετάλλευσης. Εάν έχει παρέλθει χρόνος μεγαλύτερος των δέκα ετών από την ημερομηνία έγκρισης της μελέτης αυτής έως την ημερομηνία διεξαγωγής του παρόντος διαγωνισμού, ο Προσφέρων πρέπει να προσκομίσει, επιπλέον της εγκεκριμένης τεχνικής μελέτης, και νέα τεχνική μελέτη, συνταχθείσα από αρμόδιο Μηχανικό, από την οποία να προκύπτουν οι διαθέσιμες απολήψιμες ποσότητες του ζητούμενου υλικού κατά τον χρόνο σύνταξης της νέας μελέτης. Σε περίπτωση που κατά την παραπάνω διαδικασία η νέα τεχνική μελέτη προσκομίσθηκε στην ΕΡΓΟΣΕ σε προγενέστερο διαγωνισμό προμήθειας σκύρων, θεωρείται εν ισχύ εφόσον δεν έχει παρέλθει χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των τριών ετών από την ημερομηνία που έχει συνταχθεί. Σε κάθε περίπτωση που οι απολήψιμες ποσότητες (αθροιστικά για όλα τα δηλωθέντα λατομεία) δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών του παρόντος διαγωνισμού, τότε η προσφορά αυτή θα απορρίπτεται ως απαράδεκτη.

▪ Νομίμως επικυρωμένο αντίγραφο του εγκεκριμένου τοπογραφικού διαγράμματος, που επισυνάπτεται στην εγκεκριμένη τεχνική μελέτη.

▪ Ορυκτολογική-πετρογραφική μελέτη (μικροσκοπική εξέταση και ακτινογραφική ανάλυση) των προσφερομένων σκύρων από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), η οποία να έχει εκδοθεί εντός του χρονικού διαστήματος των δώδεκα (12) μηνών πριν από την ημερομηνία του διαγωνισμού. Από την εν λόγω μελέτη πρέπει να προκύπτει η ύπαρξη ή μη, επικίνδυνων και επιβλαβών ουσιών.

▪ Υπεύθυνη δήλωση του Ν.1599/86, ότι η ορυκτολογική-πετρογραφική μελέτη αφορά τα προσφερόμενα σκύρα. Η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. διατηρεί το δικαίωμα να προβεί στον έλεγχο των ορυκτολογικών χαρακτηριστικών των υπό προμήθεια σκύρων με δαπάνες του προσφέροντος.

Στην περίπτωση που ο προσφέρων δεν διαθέτει δικό του λατομείο, εκτός των παραπάνω κατά περίπτωση δικαιολογητικών, οφείλει να προσκομίσει:

α) Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 στην οποία να δηλώνει τον ιδιοκτήτη του λατομείου από το οποίο θα υλοποιήσει την προμήθεια και

β) Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 του ιδιοκτήτη του λατομείου ότι θα προμηθεύσει σε αυτόν, σύμφωνα με τους όρους της παρούσας και της μέλλουσας να υπογραφεί σύμβασης, τα προαναφερόμενα υλικά προσηκόντως.

[Στην περίπτωση κατά την οποία, στη χώρα εγκατάστασης του δηλούμενου λατομείου δεν εκδίδονται τα απαιτούμενα δικαιολογητικά των παραγράφων, 8.1.6, 8.1.7, 8.1.8, 8.1.9, 8.1.10 του παρόντος άρθρου, αυτά θα πρέπει να αντικαθίστανται από ένορκη βεβαίωση του προσφέροντος ή στα κράτη όπου δεν προβλέπεται η ένορκη βεβαίωση, από υπεύθυνη δήλωση ενώπιον αρμόδιας δικαστικής ή διοικητικής αρχής, συμβολαιογράφου ή αρμόδιου επαγγελματικού οργανισμού του κράτους προέλευσης].

[Ο προσφέρων υποχρεούται να παρέχει στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών για την δειγματοληψία όλα τα απαιτούμενα μέσα (μηχανήματα, προσωπικό κλπ.), όπως αυτά ορίζονται στο Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 13450, καθώς και τις αναγκαίες διευκολύνσεις για την ευχερή μετάβαση της Επιτροπής Κρίσεως Προσφορών στον χώρο του λατομείου. Κατά τη διενέργεια της δειγματοληψίας και των δοκιμών αυτών μπορούν να παρίστανται οι προσφέροντες ή ο νόμιμος εκπρόσωπος αυτών, παραδίδοντας στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών την εξουσιοδότηση εκπροσώπησης. Πριν τη διενέργεια της δειγματοληψίας ο προσφέρων θα καταθέσει στην Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών Υπεύθυνη Δήλωση του Ν. 1599/86 που θα δηλώνει ότι έχει λάβει όλες τις απαιτούμενες από τον Νόμο άδειες για τη λήψη του δείγματος (προμήθεια-μεταφορά εκρηκτικών, γόμωση διατηρημάτων, έκρηξη, άδεια λειτουργίας μηχανημάτων, κλπ) ότι θα λάβει προ της διενέργειας αυτών όλα τα ενδεδειγμένα και απαιτούμενα από τον Νόμο μέτρα ασφάλειας και ότι θα γίνουν νομίμως με πλήρη και αποκλειστική ευθύνη του προσφέροντος].

[Η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών τρεις (3) τουλάχιστον ημερολογιακές ημέρες πριν την δειγματοληψία υλικού από το δηλωθέν λατομείο, θα δηλώσει εγγράφως στους υποψήφιους προμηθευτές την ακριβή ημέρα και ώρα που αυτή θα διενεργηθεί. Σε περίπτωση που από υπαιτιότητα του υποψηφίου προμηθευτή δεν καταστεί δυνατόν να προβεί η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών σε δειγματοληψία υλικού από το δηλωθέν λατομείο στην ορισθείσα ημέρα και ώρα, προκειμένου να καθορίσει τις τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** του συγκεκριμένου υλικού για να ελεγχθεί, αν πληρεί τις απαιτήσεις της παρούσας, η Προσφορά θα απορρίπτεται].

Επισημαίνεται ότι, οι απαιτούμενες τιμές των συντελεστών **L<sub>ARB</sub>** και **MDE<sub>RB</sub>** είναι, για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** ίση ή μικρότερη του δεκατέσσερα (**L<sub>ARB</sub> ≤ 14**), και για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** ίση ή μικρότερη του έντεκα (**MDE<sub>RB</sub> ≤ 11**). Συνεπώς, εάν η εξέταση του δείγματος που θα λάβει η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών δώσει τιμή για τον συντελεστή **L<sub>ARB</sub>** μεγαλύτερη του δεκατέσσερα (14), τότε η Προσφορά απορρίπτεται και δεν εκτελείται η δοκιμή προσδιορισμού του συντελεστή **Micro-Deval MDE<sub>RB</sub>**. Επίσης εάν η εξέταση του δείγματος που θα λάβει η Επιτροπή Κρίσεως Προσφορών δώσει τιμή για τον συντελεστή **MDE<sub>RB</sub>** μεγαλύτερη του έντεκα (11), τότε η Προσφορά απορρίπτεται και δεν εκτελείται η δοκιμή προσδιορισμού του συντελεστή **L<sub>ARB</sub>**.

#### **4.2.2 Τρόπος μέτρησης και παραλαβής του υλικού**

Η ποιοτική και ποσοτική παραλαβή των σκύρων γραμμής θα διενεργείται από τριμελή Επιτροπή που ορίζεται από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. Η Επιτροπή αυτή μπορεί να πλαισιώνεται από τα απαραίτητα αναπληρωματικά μέλη και βοηθητικό προσωπικό. Η δειγματοληψία και οι ποιοτικοί έλεγχοι θα γίνονται σύμφωνα με τα οριζόμενα στη Διακήρυξη.

##### **4.2.2.1 Ποσοτική παραλαβή**

Η ποσοτική παραλαβή των σκύρων θα γίνεται με δύο τρόπους, ήτοι:

- Με ζύγιση σε γεφυροπλάστιγγες του ωφέλιμου φορτίου των φορτηγών μεταφοράς σκύρων και

- με ογκομέτρηση του όγκου των σκύρων σε κάθε σκουραποθήκη με εφαρμογή τοπογραφικών μεθόδων.

#### **A) Παραλαβή με ζύγιση του υλικού**

Τα παραδιδόμενα σκύρα θα παραλαμβάνονται και θα μετρούνται με ζύγιση σε τόνους. Τα αυτοκίνητα θα ζυγίζονται φορτωμένα σε γεφυροπλάστιγγα στους τόπους παράδοσης, αφού πρώτα αυτά έχουν ζυγιστεί, τουλάχιστον μία φορά την ημέρα κενά, για τον προσδιορισμό απόβαρου.

Η ζύγιση θα γίνεται πάντοτε παρουσία εκπροσώπου της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. σε γεφυροπλάστιγγα που θα εγκαταστήσει ο προμηθευτής με δική του ευθύνη και δαπάνη στους τόπους παράδοσης, σύμφωνα με τις υποδείξεις της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. Η ως άνω γεφυροπλάστιγγα θα πρέπει να πιστοποιηθεί ως προς την ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων της είτε από την αρμόδια Δημόσια Αρχή, είτε από αναγνωρισμένη εταιρία πιστοποίησης, πριν από την έναρξη των παραδόσεων σκύρων καθώς και σε τακτά διαστήματα που θα καθορίσει η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε., με ευθύνη και δαπάνη του Προμηθευτή.

Η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. δια του εκπροσώπου της έχει δικαίωμα καθημερινού δειγματοληπτικού ελέγχου επαλήθευσης του βάρους των φορτηγών -κενών ή/και φορτωμένων- με ζύγισή τους σε άλλη γεφυροπλάστιγγα. Η δαπάνη των ζυγίσεων αυτών θα βαρύνει τον προμηθευτή.

Σε περίπτωση που από τον δειγματοληπτικό έλεγχο διαπιστωθεί απόκλιση άνω του 0,5% σε βάρος της ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ μεταξύ της αρχικής και δειγματοληπτικής ζύγισης, η ΕΡΓΑ ΟΣΕ ΑΕ δύναται (εκτός των άλλων) διαζευκτικά ή σωρευτικά να: α) επιβάλει στον προμηθευτή πρόστιμο, ίσο με το δεκαπενταπλάσιο ( $\times 15$ ) της συμβατικής αξίας της ελλείπουσας ποσότητας σκύρων και β) να θεωρήσει ότι η διαπιστωθείσα (ποσοστιαία) απόκλιση υφίσταται στην συνολική, ημερήσια, παραδοθείσα ποσότητα σκύρων και, εάν ο προμηθευτής δεν αναπληρώσει την κατά τα ανωτέρω προκύπτουσα ποσότητα, να προβεί σε αντίστοιχη παρακράτηση από τον επόμενο λογαριασμό του.

#### **B) Παραλαβή με ογκομέτρηση του υλικού:**

Μετά τη διαμόρφωση κάθε χώρου αποθήκευσης (σύμφωνα με το άρθρο 11 της παρούσας) και πριν την έναρξη των παραδόσεων, θα λαμβάνονται υψόμετρα του διαμορφωμένου εδάφους απόθεσης των σκύρων από την Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) παρουσία εκπροσώπου του Προμηθευτή και θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ μαζί με τις σχετικές μετρήσεις και σχέδια.

Η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) από κοινού με τον Προμηθευτή ή εκπρόσωπό του θα προβαίνουν στον υπολογισμό του φαινόμενου ειδικού βάρους του παραδιδόμενου υλικού. Ο υπολογισμός αυτός θα γίνεται με ογκομέτρηση και ζύγιση δέκα τουλάχιστον φορτωμένων φορτηγών αυτοκινήτων και θα προκύψει από τον μέσο όρο των δέκα



μετρήσεων, (σύμφωνα με τις οδηγίες της Επιτροπής Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ) και θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ.

Μετά την παράδοση από τον Προμηθευτή της τελευταίας τμηματικής ποσότητας σκύρων για κάθε σκουραποθήκη και πριν την σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου, η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ (υποβοηθούμενη από Τοπογράφους Μηχανικούς της ΕΡΓΟΣΕ) θα πραγματοποιεί τις απαραίτητες τοπογραφικές μετρήσεις υπαίθρου, παρουσία και του εκπροσώπου του Προμηθευτή. Μετά θα γίνεται η επεξεργασία των στοιχείων με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού και θα υπολογίζεται ο όγκος της ποσότητας των σκύρων. Στη συνέχεια θα συντάσσεται σχετικό Πρωτόκολλο που θα συνυπογράφουν η Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ και ο εκπρόσωπος του Προμηθευτή. Το πρωτόκολλο αυτό θα υποβάλλεται στη Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΟΣΕ.

Σε περίπτωση απόκλισης των ποσοτήτων σκύρων που θα προκύψουν από τις παραπάνω δύο μεθόδους εις βάρος της ΕΡΓΟΣΕ, τότε κατά την απόλυτο κρίση της ΕΡΓΟΣΕ ο Προμηθευτής θα προβαίνει σε νέα ζύγιση του υλικού της συγκεκριμένης σκουραποθήκης εκτός εάν ο Προμηθευτής αποδεχτεί τη διαφορά ποσότητας και την συμπληρώσει εκ' των υστέρων. Όλες οι δαπάνες που θα προκύψουν για την νέα ζύγιση του υλικού (φόρτωση του υλικού σε φορτηγά, ζύγιση, εναπόθεση σε άλλο χώρο, συσσώρευση του υλικού, κόστος φορτηγών, κλπ.) θα βαρύνουν τον Προμηθευτή.

Εάν μετά τη νέα ζύγιση του υλικού προκύψει απόκλιση με την αρχική ζύγιση σε βάρος της ΕΡΓΟΣΕ, τότε ο Προμηθευτής υποχρεούται να παραδώσει άμεσα την ελλείπουσα ποσότητα χωρίς καμία πρόσθετη οικονομική επιβάρυνση για την ΕΡΓΟΣΕ. Σε περίπτωση που ο Προμηθευτής δεν ικανοποιήσει τα παραπάνω, τότε η ΕΡΓΟΣΕ θα εφαρμόσει τα προβλεπόμενα από τον Κανονισμό Προμηθειών της.

Η σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής για κάθε σκουραποθήκη από την Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής Παραλαβής της ΕΡΓΟΣΕ θα γίνεται μετά και την τήρηση των αναφερομένων στο παρόν άρθρο.

Ο προμηθευτής είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για φύλαξης του υλικού μέχρι την οριστική του παραλαβή από την ΕΡΓΟΣΕ, δηλαδή μέχρι τη σύνταξη του τελικού πρωτοκόλλου Ποιοτικής και Ποσοτικής παραλαβής.

#### **4.2.2.2 Ποιοτική παραλαβή**

Επιτροπή Ποιοτικής και Ποσοτικής Παραλαβής έχει το δικαίωμα να ελέγχει ότι η λατόμηση γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου EN 13450, τους συμβατικούς κανόνες και ότι καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας παραγωγής και προμήθειας των σκύρων εξασφαλίζονται όλες οι προϋποθέσεις και όροι ποιότητας των σκύρων που ορίζονται στο πρότυπο EN 13450.

Στα παραπάνω πλαίσια η Επιτροπή ποιοτικής και ποσοτικής παραλαβής των σκύρων είναι υποχρεωμένη να μεριμνήσει για την εκτέλεση στο εργαστήριο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. τακτικών εργαστηριακών ελέγχων

ποιότητας των σκύρων. Οι έλεγχοι αυτοί θα πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον ένας ανά 5.000 Μ.Τ. σκύρων.

Οι συστηματικοί έλεγχοι των σκύρων που γίνονται κατά την εκτέλεση της σύμβασης (παράδοση – παραλαβή από τριμελή επιτροπή) είναι στα πλαίσια των ακόλουθων απαιτήσεων:

#### ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:

- Η **κοκκομετρική διαβάθμιση** θα είναι σύμφωνη με τον τύπο Α του πίνακα 1 της παραγράφου 6.3 του προτύπου EN 13450. Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1.
- Η **καθαρότητα** θα είναι σύμφωνη με τον τύπο Β του πίνακα 2 της παραγράφου 6.4 του προτύπου EN 13450. Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1.
- Ο **Δείκτης πλακοειδών κόκκων** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 15 σύμφωνα με τον πίνακα 4 της υποπαραγράφου 6.6.1 του προτύπου EN 13450 (**FL 15**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-3.
- Το **μήκος των κόκκων** θα είναι σύμφωνο με τον τύπο Β του πίνακα 6 της παραγράφου 6.7 του προτύπου EN 13450.
- Η δοκιμή περιεκτικότητας σε **παιπάλη**, που αναφέρεται στην παράγραφο 6.5, Πίνακας 3 του προτύπου 13450, δεν απαιτείται.
- Η δοκιμή για το **δείκτη σχήματος** που αναφέρεται στην παράγραφο 6.6.2, Πίνακας 5 του προτύπου EN 13450, δεν απαιτείται.

#### ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ:

- Η αντοχή σε θρυμματισμό - συντελεστής **Los Angeles (LARB)** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 14 σύμφωνα με τον πίνακα 7 της παραγράφου 7.2 του προτύπου EN 13450 (**LARB 14**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2.
- Η αντοχή σε φθορά - συντελεστής **Micro-Deval (MDERB)** θα είναι μικρότερος ή ίσος του 11 σύμφωνα με τον πίνακα 9 της παραγράφου 7.3 του προτύπου EN 13450 (**MDERB 11**). Η δοκιμή θα εκτελεστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-1.
- Η δοκιμή σε κρούση που αναφέρεται στην παράγραφο 7.2, Πίνακας 8 του προτύπου EN 13450, δεν απαιτείται.
- Οι δοκιμές που αναφέρονται στην παράγραφο 7.4 και 7.5 του προτύπου EN 13450 που αφορούν την Ανθεκτικότητα και την Αποσάθρωση, δεν απαιτούνται.

Η δειγματοληψία θα μπορεί να γίνεται από την Επιτροπή Παραλαβής, στο λατομείο, στον τόπο παράδοσης ή ακόμα και κατά την μεταφορά των σκύρων σύμφωνα και με την EN 932-1, κτλ. ώστε να εξασφαλίζεται ότι το δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό της παρατιδόμενης ποσότητας. Μέχρι να οριστικοποιηθούν οι ποιοτικοί έλεγχοι για τη συγκεκριμένη ποσότητα, η ποσότητα αυτή θα παραμένει ξεχωριστά από τις προηγούμενες ποσότητες που έχουν ήδη παραληφθεί (και ποιοτικά και ποσοτικά). Στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την δειγματοληψία μέχρι την εξαγωγή των

αποτελεσμάτων των εργαστηριακών ελέγχων ο προμηθευτής θα μπορεί να συνεχίζει την παραγωγή και παράδοση των σκύρων.

α) Για κάθε έλεγχο που έγινε σύμφωνα με τα ανωτέρω και απέδωσε μη αποδεκτό (απορριπτικό) αποτέλεσμα στις απαιτήσεις της Σύμβασης ο προμηθευτής έχει δικαίωμα να ζητήσει επανάληψη των ανωτέρω ελέγχων. Εάν εντός δύο εργάσιμων ημερών από την κοινοποίηση των αποτελεσμάτων δεν ζητήσει εγγράφως την επανάληψη των ελέγχων, οριστικοποιείται η απόρριψη της εν λόγω ποσότητας. Εάν ο προμηθευτής ζητήσει επανάληψη των εργαστηριακών ελέγχων τότε σταματάει αμέσως η προμήθεια των σκύρων και λαμβάνονται δύο νέα δείγματα.

Κατά την λήψη των δύο νέων αυτών δειγμάτων, θα πρέπει να παρίσταται οπωσδήποτε ο προμηθευτής ή εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπος του. Εάν μέσα σε πέντε εργάσιμες ημέρες από την ημέρα που διατύπωσε την αμφισβήτηση του για το αποτέλεσμα του πρώτου ελέγχου δεν προσέλθει για τη νέα δειγματοληψία, τότε ματαιώνεται αυτή και το αποτέλεσμα του πρώτου ελέγχου θεωρείται οριστικό. Ευνόητο είναι ότι μπορεί ο προμηθευτής να παρακολουθήσει τους εργαστηριακούς ελέγχους που θα ακολουθήσουν την νέα δειγματοληψία.

Εάν η εξέταση και των δύο νέων δειγμάτων δώσει αποδεκτό αποτέλεσμα, τότε η ποσότητα στην οποία αντιστοιχούν τα δείγματα αυτά, γίνεται αποδεκτή.

Εάν ένα τουλάχιστον από τα δύο νέα δείγματα δώσει μη αποδεκτό (απορριπτικό) αποτέλεσμα, τότε η ποσότητα στην οποία αντιστοιχούν τα δείγματα αυτά, απορρίπτεται. Εξυπακούεται ότι η πληρωμή συνταχθείσας πιστοποίησης αναστέλλεται χωρίς καμία επιπλέον απαίτηση του προμηθευτή για όσο χρόνο χρειασθεί για την διεξαγωγή του δεύτερου ή εάν χρειασθεί και του τρίτου ελέγχου. Σε καμία περίπτωση δεν δικαιούται αντίστοιχη παράταση των προθεσμιών παράδοσης. Οι ανωτέρω αναφερόμενοι έλεγχοι αφορούν όλες τις απαιτήσεις της σύμβασης.

β) Μετά την οριστική απόρριψη της εξετασθείσας ποσότητας σκύρων ο προμηθευτής υποχρεώνεται να την αποσύρει μέσα σε πέντε εργάσιμες ημέρες και να την αντικαταστήσει με δικές του δαπάνες και φροντίδα χωρίς να δικαιούται παράτασης των προθεσμιών. Σε αντίθετη περίπτωση η ΕΡΓΟΣΕ δύναται να επιβάλλει στον προμηθευτή τα αναφερόμενα στον Κανονισμό Προμηθειών.

γ) Η Επιτροπή Παραλαβής όταν κρίνει αναγκαίο δύναται να αποστείλει δείγματα σκύρων για πετρογραφική-ορυκτολογική ανάλυση σε Αρμόδιο Φορέα.

#### **4.2.3 Εφαρμοστέο Δίκαιο**

Ο προμηθευτής και η ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. θα προσπαθούν να ρυθμίζουν με καλή πίστη κάθε διαφορά, που τυχόν θα προκύψει στις μεταξύ τους σχέσεις κατά την διάρκεια της ισχύος της σύμβασης.

Οι διαγωνισμοί διέπονται από τον Κανονισμό Προμηθειών της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε (ΦΕΚ Β' 233/1998, από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2004/17 και τον Ν. 2854/2000 (περί δικαστικής προστασίας κατά το στάδιο που προηγείται της σύναψης συμβάσεων στους τομείς ύδατος, ενέργειας, μεταφορών και τηλεπικοινωνιών).

Επίσης οι διαγωνισμοί υπάγονται στις διατάξεις του Ν.3414/2005 (ΦΕΚ 279/Α'/10-11-05) με θέμα: «τροποποίηση του Ν. 3310/2005: Μέτρα για τη διασφάλιση της διαφάνειας και την αποτροπή καταστρατηγήσεων κατά τη διαδικασία σύναψης δημοσίων συμβάσεων».

Επί διαφωνίας, η διαφορά θα λύνεται από τα Ελληνικά Δικαστήρια και συγκεκριμένα τα Δικαστήρια Αθηνών, σύμφωνα με την κείμενη Ελληνική Νομοθεσία, εφαρμοστέο δε δίκαιο είναι πάντοτε το Ελληνικό.

Η Διεύθυνση Προμηθειών και Συμβάσεων της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. ορίζεται ως η αρμόδια Διεύθυνση για την ορθή εκτέλεση της σύμβασης καθ' όλη την διάρκειά της.

### 4.3 Συστηματικός Ποιοτικός Έλεγχος – Αναλυτική διαδικασία

#### 4.3.1 Γενικά

Ο συστηματικός ποιοτικός έλεγχος περιγράφεται συνοπτικά με τις παρακάτω τρεις παραμέτρους:

- Δειγματοληψία
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- Μηχανικά χαρακτηριστικά

#### 4.3.2 Δειγματοληψία

Η διαδικασία περιγράφεται από το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 932-1 και σκοπό έχει την απόκτηση αντιπροσωπευτικού δείγματος δηλαδή, να έχει τους μέσους όρους των ιδιοτήτων της παρτίδας παραλαβής.

Κάθε δειγματοληψία περιλαμβάνει ως επόμενο βήμα την απομείωση του δείγματος ώστε το δείγμα που θα εισαχθεί στο εργαστήριο να έχει τελικά τον όγκο που του αναλογεί, δηλαδή, αφενός μεν να είναι αντιπροσωπευτικό αφετέρου δε να επαρκεί για τις εργαστηριακές δοκιμές.

Το πρότυπο περιγράφει και την μέθοδο δειγματοληψίας με τη λήψη τμηματικών δειγμάτων που εξετάζονται το καθένα ξεχωριστά.

**Αρχές της δειγματοληψίας:** Παίρνοντας κατάλληλο αριθμό προσαυξήσεων δείγματος, μειώνονται οι αποκλίσεις που οφείλονται στην ετερογένεια της παρτίδας. Για να μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το δείγμα που πήραμε αντιπροσωπεύει τα αδρανή μιας συγκεκριμένης παρτίδας, θα πρέπει (θεωρητικά) να είναι άθροισμα επιμέρους δειγμάτων απ' όλα τα μέρη της παρτίδας. Έτσι π.χ. οι προσαυξήσεις που παίρνουμε από αδρανή που εκφορτώνει ένα σιλό, αντιπροσωπεύουν το υλικό που εκφορτώθηκε και όχι τα αδρανή που παραμένουν στο σιλό.

Η ποσότητα του «χύδην» δείγματος (bulk sample) εξαρτάται από τη φύση και τον αριθμό των δοκιμών, το μέγεθος και την πυκνότητα των κόκκων. Από την επιτόπου εμπειρία καθορίζεται και ο αριθμός των προσαυξήσεων. Ως εμπειρία εννοούμε (κατά προτίμηση), το καταγεγραμμένο αποτέλεσμα των πειραμάτων. Συστήνεται η ελάχιστη μάζα (M) του χύδην δείγματος να υπολογίζεται σύμφωνα με την εξίσωση:

$$M = 6 \times \sqrt{D} \times \rho_b$$

Όπου  $D$  η μέγιστη διάμετρος των κόκκων σε χιλιοστά και  $\rho_b$  η πυκνότητα του χύδην δείγματος σε τόνους ανά κυβικό μέτρο.

Πριν ξεκινήσει να υλοποιείται μια προμήθεια σιδηροδρομικών αδρανών συντάσσεται το σχέδιο δειγματοληψίας το οποίο περιλαμβάνει:

- Τον τύπο των αδρανών
- Το σκοπό της δειγματοληψίας περιλαμβάνοντας μια λίστα από ιδιότητες που θα ελεγχθούν
- Την αναγνώριση των σημείων δειγματοληψίας
- Την μάζα (κατά προσέγγιση) των προσαυξήσεων
- Τον αριθμό των προσαυξήσεων
- Τις συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν
- Τις μεθόδους δειγματοληψίας και απομείωσης δείγματος με παραπομπή στις ενότητες του προτύπου και
- Τον τρόπο σήμανσης, συσκευασίας και αποστολής του δείγματος.

Διευκρινίζεται ότι η σήμανση θα περιλαμβάνει ένα μοναδικό κωδικό, ταυτότητα δείγματος, τόπο δειγματοληψίας, ημερομηνία δειγματοληψίας και περιγραφή χρήσης υλικού.

Ένα παράδειγμα Προγράμματος Δειγματοληψίας που είχε συνταχθεί στο παρελθόν δίνεται πιο κάτω:

### «ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ» (EN 932 - 1, άρθρο 6 / 1996)

#### ΣΥΜΒΑΣΗ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 2006-4

Προμήθεια εκατόν δέκα χιλιάδων (110.000) μετρικών τόνων σκύρων γραμμής

#### **A. Τύπος αδρανούς υλικού:**

Σκύρα σιδηροδρόμου - λατομείο ιδιοκτησίας Κ. Σιάχος & Σία, ΛΑΤΟΞΕΒΙΤΕ Α.Ε. στη θέση Κάκαβος της Κοινότητας Αγ. Δημητρίου Νήσου Λήμνου.

#### **B. Σκοπός δειγματοληψίας:**

##### 2.1 Έλεγχος κοκκομετρικής διαβάθμισης

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος A του πίνακα 1 της παραγράφου 6.3 του EN 13450  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1).

##### 2.2 Έλεγχος καθαρότητας

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος B του πίνακα 2 της παραγράφου 6.4 του EN 13450  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1).

##### 2.3 Προσδιορισμός δείκτη πλακοειδών

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 15 σύμφωνα με τον πίνακα 4 της υποπαρ/φου 6.6.1 του προτύπου EN 13450 (FL 15).  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-3).

##### 2.4 Προσδιορισμός του μήκους των κόκκων

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: τύπος B του πίνακα 6 της παραγράφου 6.7 του προτύπου EN 13450.

##### 2.5 Προσδιορισμός συντελεστή Los Angeles (LARB)

(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 14 σύμφωνα με τον πίνακα 7 της παραγράφου 7.2 του προτύπου EN 13450 (LARB 14)



ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-2).

2.6 Προσδιορισμός συντελεστή Micro-Deval (MDERB)  
(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ: μικρότερος ή ίσος του 11 σύμφωνα με τον πίνακα 9 της παραγράφου 7.3 του προτύπου EN 13450 (MDERB 11)  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΔΟΚΙΜΗΣ: σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-1).

**Γ. Τόπος και σημεία δειγματοληψίας:**

Τόπος: Νέος σιδ/κός σταθμός Κορίνθου

Σημεία: σωροί απόθεσης - λήψη από διαφορετικά σημεία, σε διαφορετικά ύψη ή βάθη, από όλη την επιφάνεια της σωρού απόθεσης.

**Δ. Βάρος δείγματος κατά προσέγγιση:**

Εβδομήντα κιλά

**Ε. Αριθμός δείγματος:**

Κατ' ελάχιστο ένα (1) δείγμα ανά 5.000 μετρικούς τόνους το οποίο θα συνοδεύεται από ένα (1) αντίδειγμα που θα φυλάσσεται στο εργαστήριο της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. καθώς και ένα τρίτο δείγμα που θα φυλάσσει η επιτροπή παραλαβής.

**ΣΤ. Εξοπλισμός δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί:**

Φτυάρι ή / και σέσουλα, σάκοι και κορδόνια περίδεσης

**Ζ. Μέθοδος δειγματοληψίας και μείωσης του όγκου των δειγμάτων:**

- Δειγματοληψία από σωρούς απόθεσης με χρήση φορτωτή για την έκθεση μετώπου δειγματοληψίας και λήψη επιμέρους δειγμάτων με φτυάρι(άρθρο 8.8 και παράρτημα Γ)
- Μείωση όγκου δείγματος με σταυρό (άρθρο 9.4)

**Η.1 Σήμανση δειγμάτων:**

- Κωδικός σήμανσης:
- Ταυτότητα δείγματος:
- Τόπος δειγματοληψίας:
- Ημερομηνία δειγματοληψίας:
- Ονομασία υλικού:

**Η.2 Συσσκευασία δειγμάτων:**

- Σάκοι στεγανοί υψηλής αντοχής, με ανθεκτική περίδεση και βουλοκέρι.

**Η.3 Αποστολή δειγμάτων:**

- Με συνοδεία εκπροσώπου της επιτροπής παραλαβής τα δείγματα παραδίδονται στο εργαστήριο του Θριασίου Πεδίου της ΕΡΓΟΣΕ, με την υπογραφή σχετικού πρωτοκόλλου.

**Διαδικασίες δειγματοληψίας:** Για λόγους ασφάλειας και εργονομίας προτείνονται από το ευρωπαϊκό πρότυπο τα παρακάτω:

1. Όσοι εκτελούν τη δειγματοληψία να δουλεύουν κοντά στο συγκρότημα παραγωγής και στα οχήματα ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργική διαχείριση αλλά και οι ασφαλείς πρακτικές.
2. Τα αδρανή κατά προτίμηση πρέπει να λαμβάνονται κατά τη δειγματοληψία από στάσιμο ιμάντα μεταφοράς ή από το σημείο εκφόρτωσης του υλικού, οι δε προσαυξήσεις θα λαμβάνονται σε κανονικά διαστήματα
3. Όποτε είναι δυνατό καλό είναι να αποφεύγεται η μέθοδος δειγματοληψίας από σωρούς (σειράδια), διότι είναι δύσκολο να πάρουμε τυχαίες προσαυξήσεις από όλα τα μέρη της παρτίδας και
4. να μην εφαρμόζεται η δειγματοληψία με φτυάρια ή σέσουλες σε κινούμενα υλικά.

Η ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΔΥΝΑΤΗ ΝΑ ΕΦΑΡΜΟΣΤΕΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ /ΧΡΗΣΗ ΕΡΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΡΓΟΣΕ ΣΥΝΗΘΩΣ ΕΙΝΑΙ ΑΠΟ ΣΩΡΟΥΣ, διότι η πηγή προέλευσης των αδρανών βρίσκεται πολύ μακριά από τον τόπο παράδοσης. Η τελική φάση απόθεσης στον τόπο παράδοσης σχεδόν πάντα γίνεται με χρήση φορτηγών. Για τα ελληνικά δεδομένα τα φορτηγά θεωρούνται ως τα πιο ευέλικτα οχήματα για την προσέγγιση των χώρων απόθεσης-συγκέντρωσης σκύρων κοντά στην μελλοντική σιδ/κή γραμμή όπου θα στρωθούν (εικόνα 87).



**Εικόνα 87. Παράδοση - αποθήκευση σιδ/κών αδρανών από τραχανδεσίτη Ν. Λήμνου (Ν.Σ.Σταθμός Κορίνθου).**

Αναλυτικότερα:

### Δειγματοληψία από σωρούς

Οι προσαυξήσεις πρέπει να έχουν ισοδύναμο μέγεθος και να λαμβάνονται από διαφορετικά σημεία, σε διαφορετικά ύψη ή βάθη κατανεμημένα σε όλη την μάζα του σωρού. Η θέση και ο αριθμός των δειγματοληψιών καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο χτίζεται ο σωρός, από το σχήμα του καθώς και από τη δυνατότητα διαφοροποίησης των επιμέρους κόκκων. Η δυσκολία ελέγχου μιας μεγάλης παρτίδας π.χ. μερικών χιλιάδων τόνων αντιμετωπίζεται χρησιμοποιώντας σε πρώτο στάδιο κουβά φορτωτή όπως αναφέρεται στο παράρτημα C.1 του EN 932-1, προκειμένου να δημιουργηθεί μέτωπο δειγματοληψίας κάθετα στο εσωτερικό του σωρού. Λαμβάνονται κατάλληλος αριθμός «κουβαδιών» από το εκτεθειμένο μέτωπο, τις οποίες (κουβαδιές) συγκεντρώνουμε πάνω σε καθαρό δάπεδο σχηματίζοντας το δειγματοληπτικό σωρό.

Στα επόμενα στάδια ο δειγματοληπτικός σωρός θεωρείται πλέον ότι έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με αυτά της αρχικής παρτίδας και επεμβαίνουμε σε αυτόν μόνο με μέσα χειρός δηλαδή φτυάρια και σέσουλες. Λαμβάνουμε τον κατάλληλο αριθμό δειγμάτων προσαύξησης από τυχαίες θέσεις του σωρού με φτυάρια (εικόνα 88), σχηματίζοντας ένα νέο μικρότερο (κωνικό) σωρό (εικόνες 89 -92).

Αναποδογυρίζουμε και ξανασχηματίζουμε έντεχνα τον ίδιο κώνο τρεις φορές επιτυγχάνοντας έτσι την ομοιόμορφη ανάμιξη του (εικόνα 93). Ο τρίτος και τελευταίος κώνος επιπεδώνεται εισάγοντας το φτυάρι κατ' επανάληψη κάθετα μέσα στην κορυφή του, για να σχηματιστεί ένας πεπλατυσμένος σωρός με ομοιόμορφο πάχος και διάμετρο (εικόνα 94).

Τετραμερίζεται ο πεπλατυσμένος σωρός κατά μήκος δύο διαγώνιων τομών σε ορθές γωνίες και απομακρύνονται δύο διαγωνίως απέναντι τεταρτημόρια με το φτυάρι (εικόνες 95 - 98 ).

Τα τεταρτημόρια που εναπομένουν αναμιγνύονται για να σχηματίσουν νέο σωρό με τον οποίο επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία ανάμιξης και τετραμερισμού προκειμένου να αποκτήσουμε το επιθυμητό δείγμα. (η χρήση ενός χαλύβδινου ή ξύλινου σταυρού που ωθείται στο σωρό διευκολύνει τον τετραμερισμό).

(Σε όλα τα στάδια δειγματοληψίας και απομείωσης του δείγματος εφόσον είναι δυνατό, διαβρέχονται ελαφρά τα υλικά ώστε να μη χάνεται το λεπτόκοκκο κλάσμα).





**Εικόνα 88. Απομείωση του δείγματος προκειμένου να δημιουργηθεί ο δειγματοληπτικός σωρός (πλευρική λήψη).**



**Εικόνα 89. Συνέχεια απομείωσης του δείγματος – λήψη στο κέντρο.**





**Εικόνα 90. Συνέχεια απομείωσης δείγματος, μεταφορά των προσαυξήσεων για τη δημιουργία ενός μικρότερου (δειγματοληπτικού σωρού).**



**Εικόνα 91. Έναρξη σχηματισμού δειγματοληπτικού σωρού.**





**Εικόνα 92. Συνέχεια μεταφοράς προσαυξήσεων για το δειγμ/κό σωρό**



**Εικόνα 93. Τριπλή ανάμιξη του τελικού κώνου**



**Εικόνα 94. «Πλάτυνση» του τελικού κώνου προκειμένου να γίνει ο τετραμερισμός**



**Εικόνα 95. Έναρξη τετραμερισμού με πρώτο τεμαχισμό στην μέση**





**Εικόνα 96. Δεύτερος τεμαχισμός εγκάρσια στον προηγούμενο με τη βοήθεια του φορτωτή.**



**Εικόνα 97. Ολοκλήρωση του τετραμερισμού (απομάκρυνση του φορτωτή).**



**Εικόνα 98. Τετραμερισμός στο δειγματοληπτικό σωρό**

Έκθεση δειγματοληψίας: συμπληρώνεται σε κάθε δειγματοληψία βάσει του EN 932-1. Περιλαμβάνει:

- κωδικό δειγματοληψίας (serial number)
- κωδικό σήμανσης εργαστηριακού δείγματος
- ημερομηνία και τόπος δειγματοληψίας
- τύπο διαβάθμισης και μέγεθος κόκκου
- σημείο δειγματοληψίας
- Παραπομπή στο σχέδιο δειγματοληψίας που συντάχθηκε σύμφωνα με το άρθρο 6 της EN 932-1
- τα ονόματα των υπεύθυνων δειγματοληψίας

Ένα παράδειγμα από «Έκθεση Δειγματοληψίας» της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε. παρατίθεται πιο κάτω:



**ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε**

**ΕΚΘΕΣΗ 24<sup>ης</sup> ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (Σύμβαση 2006-4)**

**(Σύμφωνα με το πρότυπο EN 932 – 1, άρθρο 11 / 1996)**

**EN 932-1. Κωδικός έκθεσης δειγματοληψίας: 24/ 2006-4**

**Ταυτότητα εργαστηριακού δείγματος / Φύση της παρτίδας:**

Θραυστά σκύρα, από μαγματικά μητρικά πετρώματα, Ν. Λήμνου, κοινότητα Αγ. Δημητρίου, θέση Κάκαβος / Σωροί απόθεσης τραπεζοειδούς ή και κωνικού σχήματος

**Επωνυμία λατομείου παραγωγής:**

**Επωνυμία προμηθευτή:**

**Μέγιστο μέγεθος κόκκων :** διερχόμενο από κόσκινο ανοίγματος 63 χιλιοστών

**Κατηγορία διαβάθμισης(Πίν. 1, άρθρο 6.3 του EN 13450/2002):** 31,5mm έως 50mm

**Σκοπός χρήσης αδρανούς υλικού:** έρμα επιδομής σιδηροδρομικής γραμμής

**Τόπος δειγματοληψίας:** Νέος σιδηρ/κός σταθμός Κορίνθου.

**Πλήθος και θέσεις των σημείων των επιμέρους δειγμάτων (sampling increments), από την παρτίδα (batch):** Τέσσερις θέσεις στην κεφαλή του σωρού της παρτίδας, σε βάθος 1,5 με 2,0 μέτρα με κατακόρυφες λήψεις και τέσσερις θέσεις περιμετρικά του σωρού σε ενδιάμεσα και χαμηλά ύψη, με πλευρικές-οριζόντιες λήψεις, αφαιρώντας κατά το δυνατό τα επιδερμικά στρώματα πάχους περίπου ενός μέτρου.

**Μάζα ενός επιμέρους δείγματος από την παρτίδα με κουβά φορτωτή:** 2 τόνοι περίπου

**Μέθοδος δειγματοληψίας:** Σύμφωνα με το παράρτημα C της EN 932-1:1996 για λήψη επί μέρους δειγμάτων από την παρτίδα με φορτωτή, σχηματισμό δειγματοληπτικού σωρού, λήψη μικρότερων επί μέρους δειγμάτων με φτυάρι από το δειγμ/κό σωρό απόθεσης, ανάμιξη και περαιτέρω απομείωση του τελικού δείγματος με τετραμερισμό και τέλος λήψη διαγώνιων τεταρτημόριων για σχηματισμό εργαστηριακού δείγματος(laboratory sample).

**Μάζα ενός επιμέρους δείγματος με φτυάρι από τον δειγματοληπτικό σωρό:** 5,0-6,0 kg.

**Κωδικός δείγματος:** 24 / 2006-4 / 110.000

**Βάρος δείγματος κατά προσέγγιση:** Εκατό κιλά

**Συσκευασία:** Σακούλες με περίσφιξη / 4 τεμάχια από 25 κιλά το καθένα περίπου, σφράγιση με τη Νο 4 μολυβδοσφραγίδα.

**Ημερομηνία και ώρα δειγματοληψίας:**

**Καιρικές συνθήκες:**

**Ακριβές μέγεθος παρτίδας 24<sup>ης</sup> δειγματοληψίας:**

**ΣΥΝΟΛΟ μέχρι σήμερα :**

Παρόντες κατά τη δειγματοληψία:

**Ο Πρόεδρος της Επιτροπής**



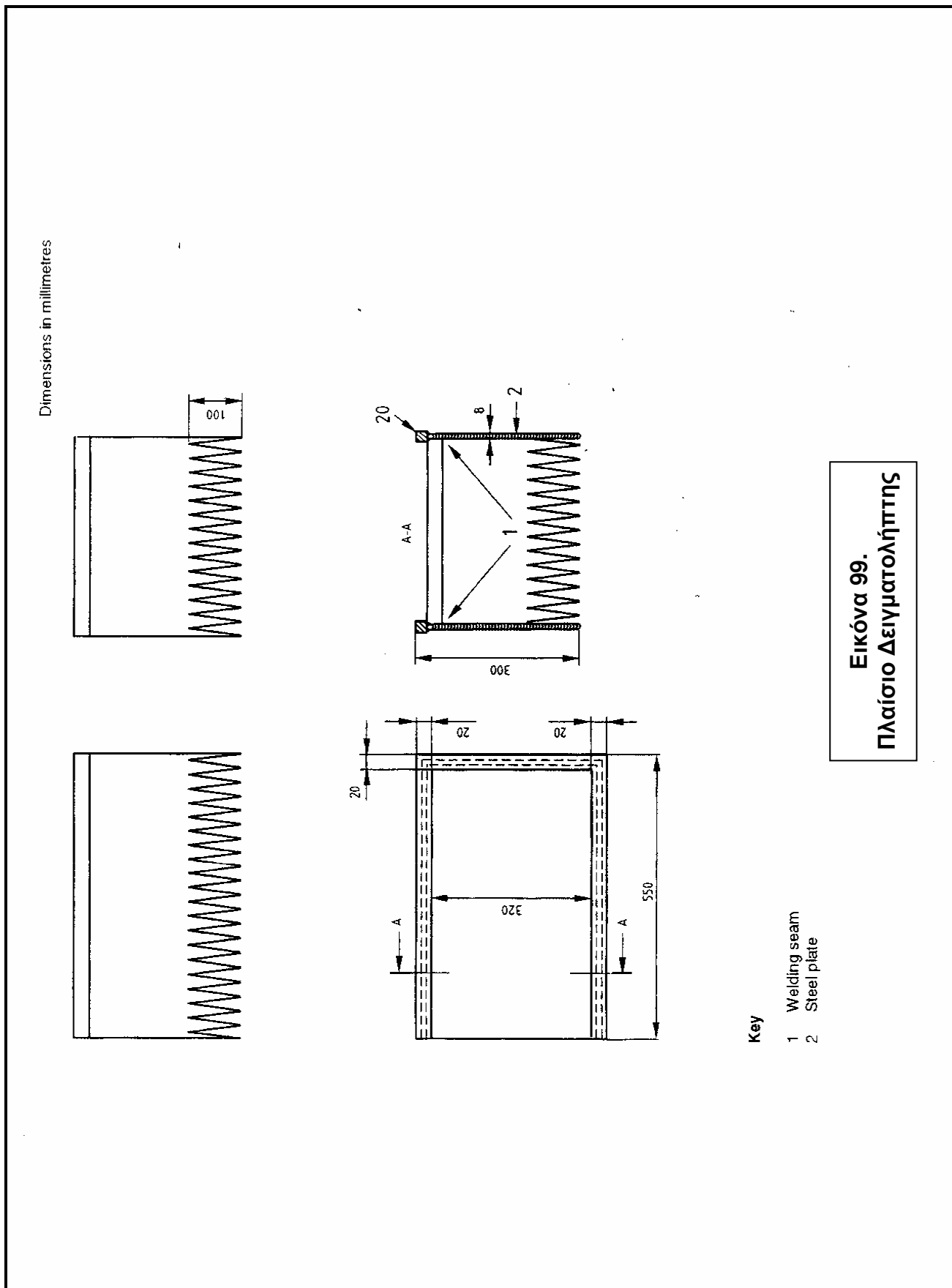
Το Μέλος της Επιτροπής

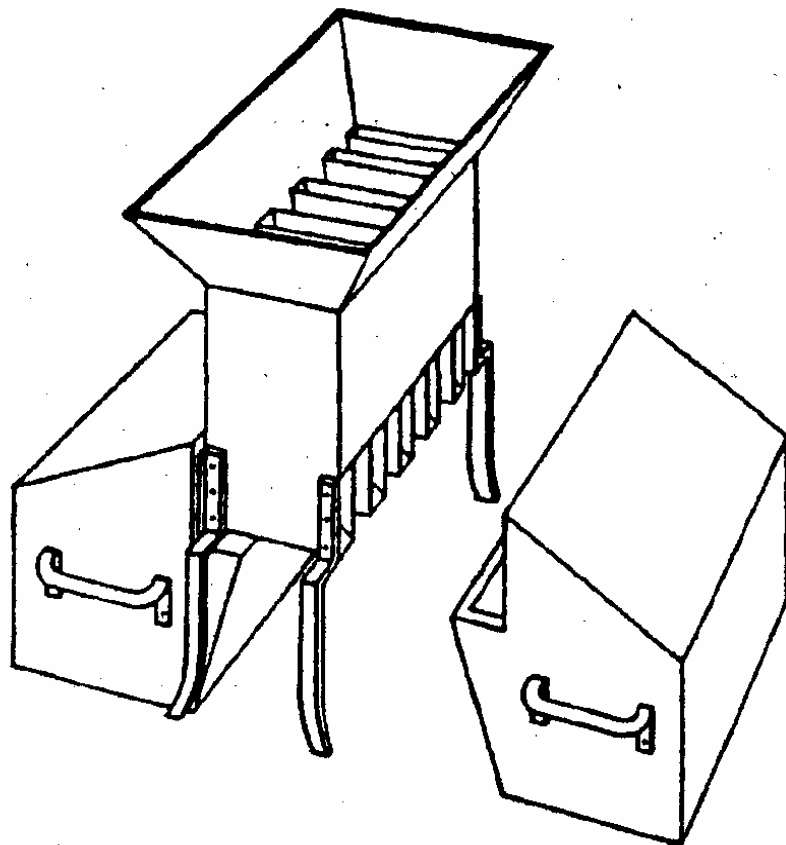
Ο Εκπρόσωπος του Προμηθευτή

Το Μέλος της Επιτροπής

---

---

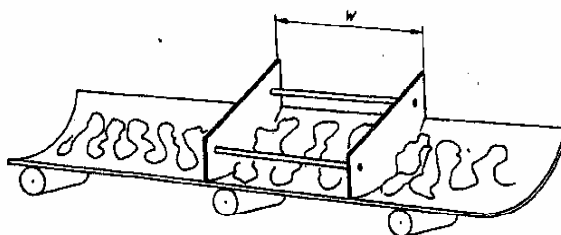




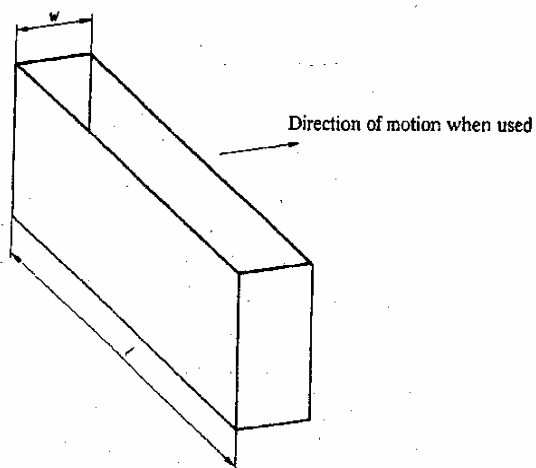
**Example of a riffle box**

**Εικόνα 100. Τετραμεριστής**

Υποδοχέας για λήψη δείγματος  
πάνω σε ιμάντα παραγωγής



Example of a sampling frame



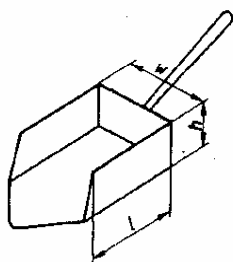
Example of a sampling box

Υποδοχέας για λήψη δείγματος  
στην έξοδο του ιμάντα παραγωγής

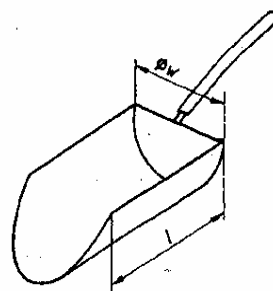
Εικόνα 101. ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

EN 932-1:1996

Σέσουλες δειγματοληψίας, με  
ορθογωνική (αριστερά) και  
κυκλική διατομή (δεξιά).



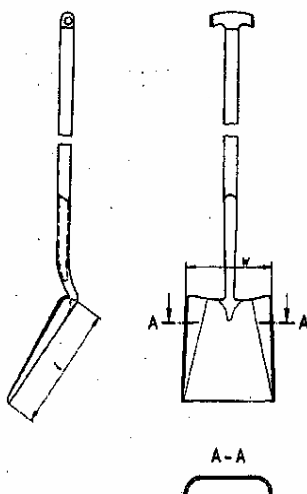
Example of a sampling scoop  
with a rectangular cross section



Example of a sampling scoop  
with a circular cross section

### Shovel

Requirements for dimensions are given in clause 7.

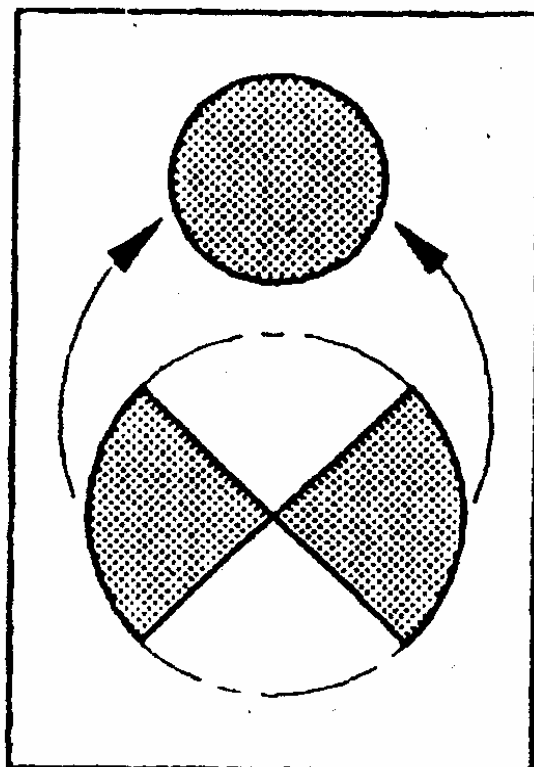


Examples of a shovel

Φτυάρι

Εικόνα 102. ΣΕΣΟΥΛΕΣ – ΦΤΥΑΡΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ



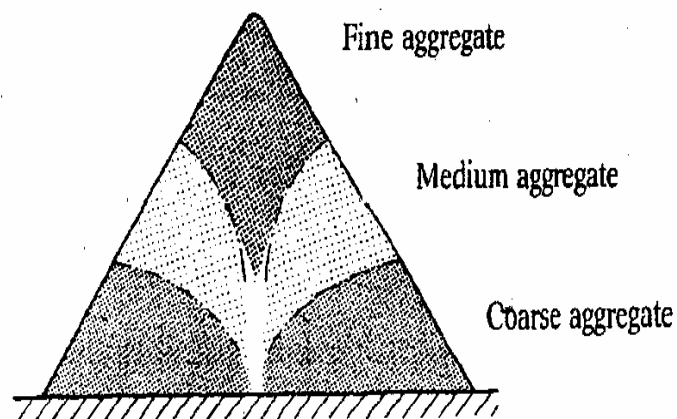


Sample reduction by quartering

EN 932-2:1999

Εικόνα 103. ΑΠΟΜΕΙΩΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΕΤΡΑΜΕΡΙΣΜΟ

### Sampling stockpiles of coarse aggregates by hand



### Schematic composition of a cone-shaped stockpile of segregated aggregates

**Εικόνα 104. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΣΕ ΚΩΝΙΚΟ ΣΩΡΟ**

➤ **ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΙΝΑΚΙΔΑΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ**

**ΔΕΙΓΜΑ**

**ΣΥΜΒΑΣΗ 2006-4  
ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ 110.000 Μ.Τ. ΣΚΥΡΩΝ  
ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ  
“ΚΙΑΤΟ – ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ”**

**Ημερομηνία:**

**24<sup>η</sup> ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΕΝ  
932.01 ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΤΙΔΑ:**

**Από 105. 000 Μ.Τ έως 110.000 Μ.Τ.**

**ΚΩΔΙΚΟΣ : 24/ 2006 – 4 /110.000**

**ΔΕΙΓΜΑ**

### 4.3.3 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του έρματος εξετάζονται τα παρακάτω:

- Μέγεθος κόκκων
- Διαβάθμιση
- Προσδιορισμός λεπτόκοκκων (fine particles)
- Προσδιορισμός παιπάλης
- Προσδιορισμός σχήματος κόκκων
- Προσδιορισμός μήκους κόκκων

Αναλυτικότερα:

#### 4.3.3.1 Μέγεθος κόκκων

Γίνεται αρχική κατηγοριοποίηση του έρματος από ένα ζευγάρι τιμών που δηλώνουν ανοίγματα κόσκινων σε χιλιοστά και συμβολίζονται με (d) και (D) όπου (d) το μικρότερο και (D) το μεγαλύτερο άνοιγμα κόσκινου μεταξύ των οποίων κυμαίνεται το κυρίαρχο ποσοστό των κόκκων. Δύο είναι οι εναλλακτικές επιλογές:

- I. έρμα μεγέθους 31,5/50 mm (=d/D) και
- II. έρμα μεγέθους 31,5/63 mm (=d/D)

**Η ΕΡΓΟΣΕ έχει ως συμβατική απαίτηση το μικρότερο μέγεθος δηλαδή 31,5/50 mm.**

#### 4.3.3.2 Διαβάθμιση

Προσδιορίζεται με το EN 933-1 και δηλώνεται σύμφωνα με τις σχετικές κατηγορίες που απεικονίζονται στον **Πίνακα 2**

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2**– Κατηγορίες διαβάθμισης

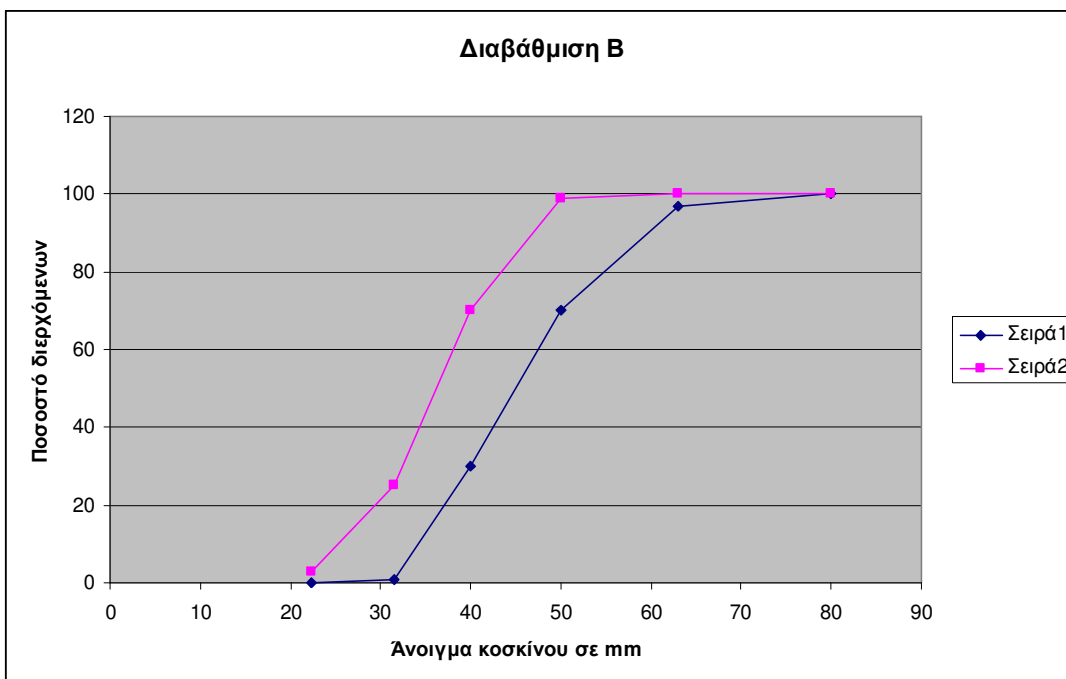
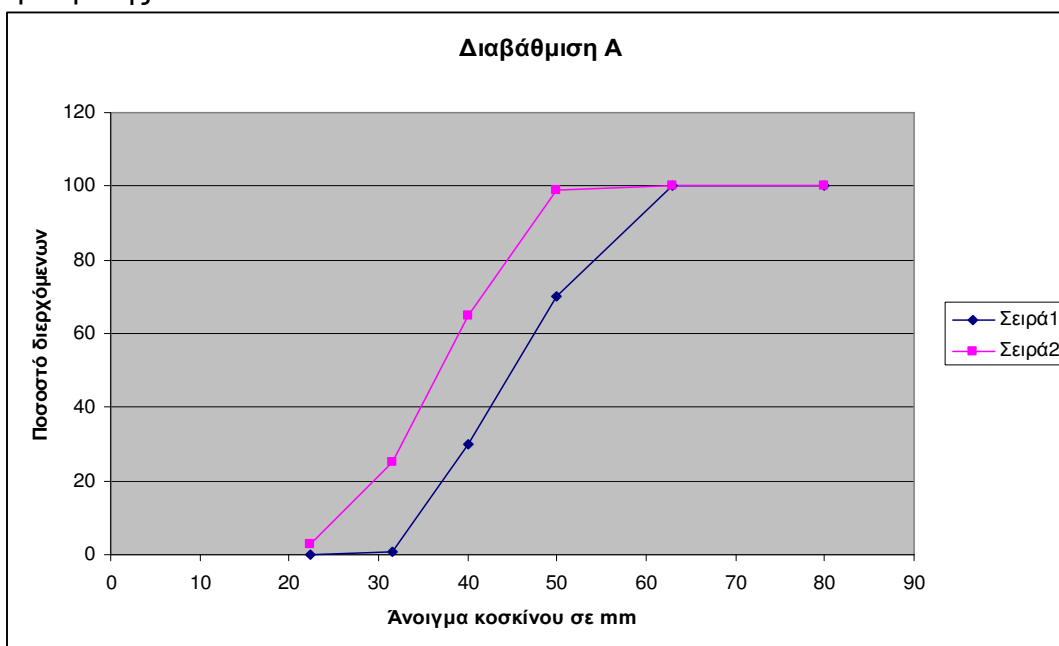
Ανοιγμα κόσκινου σε mm	Κατηγορία μεγέθους 31,5/50 mm			Κατηγορία μεγέθους 31,5/63 mm		
	Διερχόμενο ποσοστό μάζας					
	Κατηγορία Διαβάθμισης					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97 - 100	95 - 100	97 - 99	95 - 99	93 - 99
50	70 έως 99	70 - 99	70 - 99	65 - 99	55 - 99	45 - 70
40	30 έως 65	30 - 70	25 - 75	30 - 65	25 - 75	15 - 40
31,5	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	1 έως 25	0 - 7
22,4	0 έως 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 3	0 - 7
31,5 έως 50	≥ 50	≥ 50	≥ 50	-	-	-
31,5 έως 63	-	-	-	≥ 50	≥ 50	≥ 50

**Σημείωση 1:** Η απαίτηση για το διερχόμενο στο κόσκινο των 22,4 mm εφαρμόζεται όταν η δειγματοληψία γίνει στον τόπο παραγωγής.

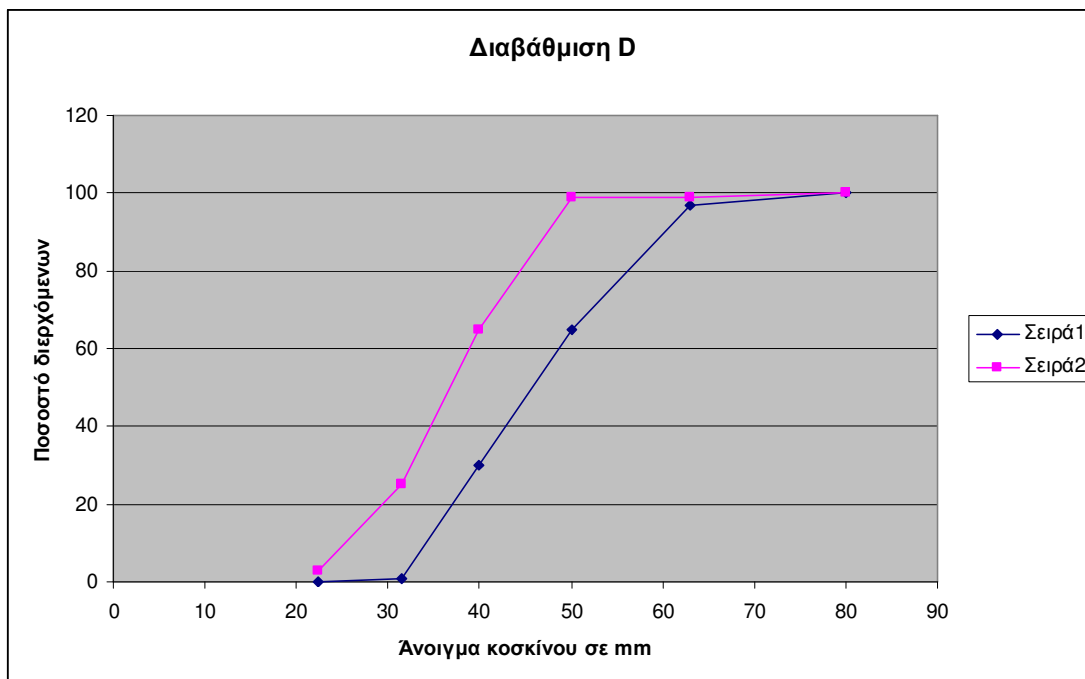
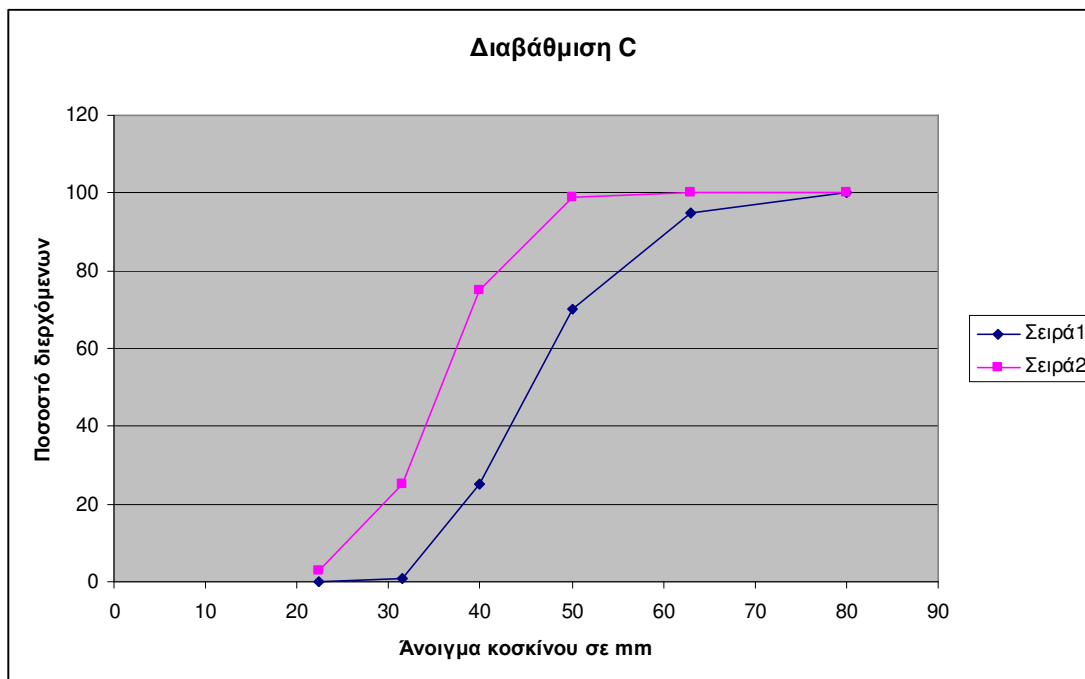
**Σημείωση 2:** Σε ορισμένες περιπτώσεις εναλλακτικά αντί για το κόσκινο των 22,4 mm μπορεί να χρησιμοποιηθεί το κόσκινο των 25 mm όταν η ανοχή γίνει 0 έως 5 (για την κατηγορία F θα είναι 0 έως 7).

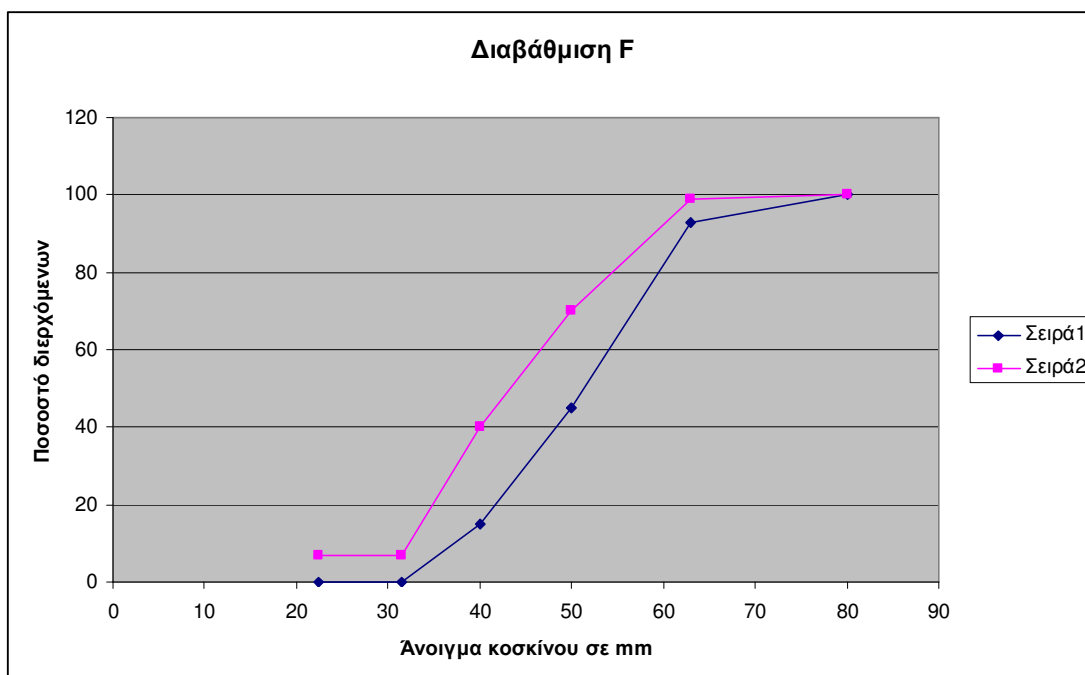
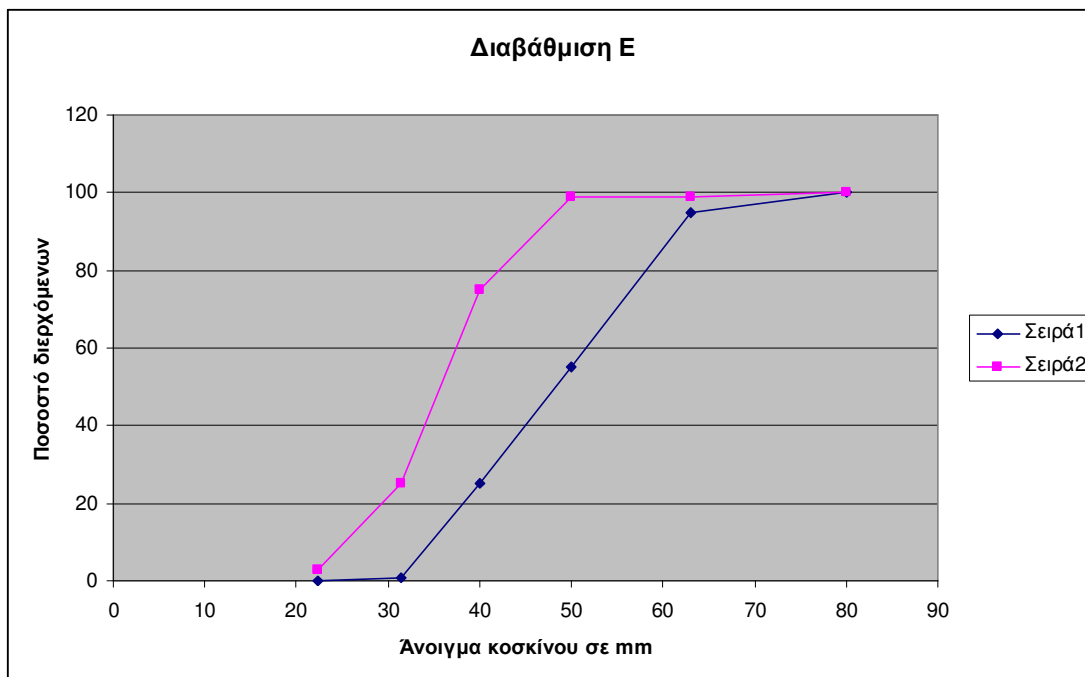
Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα για κάθε κατηγορία μεγέθους του έρματος αντιστοιχούν τρεις τύποι διαβαθμίσεων (Α, Β και Γ για έρμα μεγέθους 31,5/50 mm & Δ, Ε και F για έρμα μεγέθους 31,5/63 mm.

Δίνεται πιο κάτω διαγραμματικά το εύρος τιμών για κάθε κατηγορία διαβάθμισης:









Στην ΕΡΓΟΣΕ η απαίτηση της διαβάθμισης του έρματος είναι τύπου Α και ελέγχεται προσδιορίζοντας την κατανομή των κόκκων με την μέθοδο κοσκίνισης σύμφωνα με το ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 933-1.

• **Μέθοδος κοσκίνισης σύμφωνα με το EN 933-1**

Αρχές: σειρά κόσκινων διαιρεί το δείγμα σε ομοιόμορφα κλάσματα, με διάμετρο που μειώνεται σταδιακά προς το κατώτερο κόσκινο.

Εναλλακτικά χρησιμοποιείται ξηρό ή υγρό κοσκίνισμα, ανάλογα με το αν το υλικό κάνει συσσωματώματα.

Το αθροιστικό διερχόμενο ποσοστό κάθε κόσκινου καταγράφεται σε αριθμητική φόρμα και όταν απαιτείται απεικονίζεται σε γραφική παράσταση

Χρήσιμοι όροι:

- test portion = τμήμα δείγματος δοκιμής = το δείγμα που χρησιμοποιείται ολόκληρο για μια δοκιμή (single test).
- Σταθερή μάζα = χρησιμοποιείται στην ξήρανση των αδρανών όταν η διαφορά ζυγίσεων πριν και μετά δεν είναι μεγαλύτερη από 0,1%.

Συσκευές\*\*:

(\*\* όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5).

Κόσκινα από διάτρητη μεταλλική πλάκα, υποδοχέας, φούρνος (με αέρα), εξοπλισμός πλυσίματος, ζυγαριές ακριβείας 0,1% της μάζας του τμήματος δοκιμής, ταψιά, λεκάνες, βούρτσες και προαιρετικά κοσκινιέρα ηλεκτρική.

Προετοιμασία των δειγμάτων: Απομείωση σύμφωνα με την EN 932-2 ώστε να παραχθεί ο επιθυμητός αριθμός των “test portions”. Ίσως πριν την μείωση του δείγματος χρειαστεί να υγράνουμε το δείγμα για να μη χάσουμε την παιπάλη.

Η ελάχιστη μάζα καθενός “test portion” για αδρανή με πυκνότητα από 2,00Mg/m<sup>3</sup> έως 3,00 Mg/m<sup>3</sup> (αδρανή κανονικού βάρους) δίνεται στον παρακάτω Πίνακα 3.

(Σημείωση1: για αδρανή άλλων μεγεθών η ελάχιστη μάζα του τμήματος δοκιμής υπολογίζεται με παρεμβολή από τις μάζες που δίνονται στον Πίνακα 2).

Σημείωση 2: για αδρανή με πυκνότητα μικρότερη από 2,00Mg/m<sup>3</sup> ή μεγαλύτερη των 3,00 Mg/m<sup>3</sup> πρέπει να γίνεται διόρθωση με βάση το λόγο των πυκνοτήτων προκειμένου να παραχθεί ένα δείγμα περίπου ίδιου όγκου με αυτόν που θα παραγόταν αν τα αδρανή ήταν κανονικής πυκνότητας)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3**

Μέγιστο μέγεθος κόκκου D σε mm	Ελάχιστη μάζα τμήματος δοκιμής σε kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤ 4	0,2

Ξηραίνουμε το τμήμα δείγματος δοκιμής στους (110 ± 5)<sup>0</sup>C μέχρι σταθερής μάζας, αφήνουμε να κρυώσει, ζυγίζουμε και καταγράφουμε την μάζα ως M<sub>1</sub>.

Διαδικασία:

✚ Πλύσιμο: κάλυψη του τμήματος δοκιμής με νερό μέσα σε δοχείο περίπου 24 ώρες. Βρέχουμε το κόσκινο των 63μm εκατέρωθεν και το χρησιμοποιούμε ως κάτω κόσκινο κόσκινο ενώ πάνω του βάζουμε το λεγόμενο κόσκινο «οδηγό» με άνοιγμα περίπου 2mm. Αφού ρίξουμε το «μουλιασμένο» υλικό των 24 ωρών πάνω από τα δύο προσαρμοσμένα κόσκινα, ξηραίνουμε το συγκρατούμενο στο κόσκινο των 63 μm μέχρι σταθερής μάζας στους  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , το κρύνουμε και το ζυγίζουμε οπότε προκύπτει η μάζα  $M_2$ .

✚ Κοσκίνισμα: στην κολώνα της κοσκινιέρας προσαρμόζονται τα κόσκινα που αναγράφονται στον Πίνακα 2 καθώς και το κόσκινο των 63 μm διότι η εμπειρία έχει δείξει, ότι η παιπάλη δεν έχει φύγει εξολοκλήρου από το πλύσιμο. Για την αποφυγή υπερφόρτωσης των κόσκινων, το συγκρατούμενο κλάσμα στο τέλος της φάσης κοσκινίσματος σε κάθε κόσκινο δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή που προκύπτει από το κλάσμα  $(A \times \sqrt{d}) / 200$  (σε gr), Όπου  $A$  = εμβαδό κόσκινου σε  $(\text{mm})^2$   
Και  $d$  = άνοιγμα κόσκινου σε mm.

✚ Ζύγισμα: των συγκρατούμενων, ( καταγραφή σαν  $R_i$  ) και του υλικού του υποδοχέα (pan) το οποίο καταγράφεται ως  $P$ .

✚ Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

Υπολογίζουμε τη συγκρατούμενη μάζα σε κάθε κόσκινο ως ποσοστό της αρχικής ξηρής μάζας  $M_1$ , καθώς και το αθροιστικό ποσοστό της αρχικής ξηρής μάζας που διέρχεται από κάθε κόσκινο μέχρι και το κόσκινο των 63μm. Το ποσοστό της παιπάλης που διέρχεται το κόσκινο των 63 μm υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$f = \frac{(M_1 - M_2) + P}{M_1} \times 100$$

✚ Εγκυρότητα αποτελεσμάτων: το άθροισμα  $R_i$  και  $P$  δεν πρέπει να διαφέρει πάνω από 1% από την μάζα  $M_2$ , διαφορετικά η δοκιμή επαναλαμβάνεται

✚ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ρυθμιστικό): Μέθοδος προσδιορισμού διαβάθμισης των κόκκων σε αδρανή ακατάλληλα για ξήρανση σε φούρνο με  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ : διπλασιάζουμε τα τμήματα δοκιμής και καταγράφουμε τις μάζες τους. Η περιεχόμενη υγρασία του ενός προσδιορίζεται με ξήρανση στο φούρνο. Το δεύτερο δοκίμιο πλένεται και εξετάζεται κανονικά χωρίς προξήρανση. Η αρχική ξηρή μάζα του δεύτερου δοκιμίου θα υπολογιστεί από το αποτέλεσμα υγρασίας του πρώτου δείγματος.

#### 4.3.3.3 Προσδιορισμός Λεπτοκόκκων (fine particles)

Το περιεχόμενο των λεπτόκοκκων καθορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-1 (ίδιο με αυτό της Διαβάθμισης) και δηλώνεται με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 4 :

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4**  
**Κατηγορίες για περιεχόμενο σε λεπτόκοκκα (fine particles)**

Μέγεθος κόσκινου (mm)	Μέγιστο ποσοστό διερχόμενων κόκκων κατά βάρος			
	Κατηγορία λεπτόκοκκων			
	A	B	Κατά δήλωση	C
0,5	0,6	1	>1,0	Δεν απαιτείται
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι απαιτήσεις εφαρμόζονται στο δείγμα έρματος που λήφθηκε στο τόπο παραγωγής				

**Η ΕΡΓΟΣΕ εφαρμόζει στις συμβάσεις της την κατηγορία Β**, δηλαδή ανώτατο επιτρεπόμενο όριο υλικού διερχόμενου από το κόσκινο ανοίγματος 0,5 χιλιοστών ίσο με 1%.

#### 4.3.3.4 Προσδιορισμός Παιπάλης (fines)

Η παιπάλη καθορίζεται και πάλι σύμφωνα με το πρότυπο EN 933-1 και δηλώνεται με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον πιο κάτω ΠΙΝΑΚΑ 5:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5**  
**Κατηγορίες για περιεχόμενη παιπάλη**

Μέγεθος κόσκινου (mm)	Μέγιστο ποσοστό διερχόμενων κόκκων κατά βάρος				
	Κατηγορία σε σχέση με την περιεχόμενη παιπάλη				
	A	B	C	Κατά δήλωση	D
0,063	0,5	1,0	1,5	>1,5	Δεν απαιτείται
ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Οι απαιτήσεις εφαρμόζονται στο δείγμα έρματος που λήφθηκε στο τόπο παραγωγής					

Όταν απαιτείται, η καθαρότητα εκτιμάται από την περιεκτικότητα σε παιπάλη. Εφόσον ικανοποιούνται τα παραπάνω όρια πρέπει επιπλέον το είδος της παιπάλης να είναι μη επιβλαβές για τη Δημόσια Υγεία, σύμφωνα πάντα με την κείμενη Νομοθεσία που ισχύει τόσο στον τόπο χρήσης (διάστρωσης) των αδρανών, όσο και στον τόπο εξόρυξης από το μητρικό πέτρωμα.

Από την ΕΡΓΟΣΕ, ο έλεγχος της περιεκτικότητας της παιπάλης δε χρησιμοποιείται στους τρέχοντες – συστηματικούς ποιοτικούς ελέγχους κατά τη φάση παράδοσης. Απαιτείται όμως έμμεσα κατά τη φάση της διακήρυξης, μέσω των συστημάτων ποιότητας που επιβάλλεται να έχουν οι υποψήφιοι προμηθευτές προκειμένου να έχουν σε ισχύ το σήμα CE στο τελικό προϊόν τους.

Για τον έλεγχο της βλαπτικότητας της παιπάλης, η Υπηρεσία αλλά και οποιοσδήποτε έχει έννομο συμφέρον μπορεί μετά από λήψη



αντιπροσωπευτικού δείγματος να διεξάγει αναλύσεις σε αναγνωρισμένα ιδρύματα.

#### 4.3.3.5 Προσδιορισμός Σχήματος των Κόκκων

Σύμφωνα με το EN 13450 ο προσδιορισμός του σχήματος των κόκκων του έρματος γίνεται με δύο τρόπους, είτε καθορίζοντας το Δείκτη Πλακοειδών ή/και καθορίζοντας το Δείκτη Σχήματος.

Αναλυτικότερα:

##### 4.3.3.5.1 Καθορισμός Δείκτη Πλακοειδών (σύμφωνα με το EN 933-3 & 933.03/A1).

Ο Δείκτης Πλακοειδών δηλώνεται σύμφωνα με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον ΠΙΝΑΚΑ 6

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6**  
Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του Δείκτη Πλακοειδών

Δείκτης Πλακοειδών	Κατηγορία FI
≤15	FI15
≤20	FI20
≤35	FI35
>35	FIDeclared
Δεν απαιτείται	FINR

**Η ΕΡΓΟΣΕ έχει θέσει ανώτατο όριο ποσοστού πλακοειδών στα σιδηροδρομικά αδρανή την τιμή 15% δηλαδή FI15.**

#### ➤ Μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμής προσδιορισμού του Δείκτη Πλακοειδών σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-3:

- Σκοπός: ο προσδιορισμός του Δείκτη Πλακοειδούς γενικότερα των αδρανών. Εφαρμόζεται σε αδρανή φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, συμπεριλαμβάνοντας και τα ελαφροβαρή αδρανή.

Η μέθοδος δοκιμής που υποδεικνύεται από το EN 933-3 δεν είναι εφαρμόσιμη σε αδρανή με μέγεθος κόκκων μεγαλύτερο των 80 mm και μικρότερο των 4 mm.

- Βασικές αρχές: η δοκιμή περιλαμβάνει δύο φάσεις κοσκίνισματος. Αρχικά χρησιμοποιώντας τα κλασικά κόσκινα κοσκίνισματος (EN 933.2 / ISO 3310 -1 & 3310 – 2 ) το δείγμα ξεχωρίζεται σε συγκεκριμένα κλάσματα  $d_i / D_i$  και στη συνέχεια το κοσκίνισμα λαβαίνει χώρα σε ειδικά κόσκινα με διαμήκη ορθογώνια ανοίγματα πλάτους  $D_i / 2$ .

Η αντιστοιχία από τους δύο τύπους κόσκινων φαίνεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 7 :

ΠΙΝΑΚΑΣ 7

Κλάσμα $d_i / D_i$ (σε mm)	Πλάτος ανοίγματος ραβδωτών κόσκινων (bar sieves)
63/80	40 ±0,5
50/63	31,5 ±0,5
40/50	25 ±0,4
31,5/40	20 ±0,4
25/31,5	16 ±0,4
20/25	12,5 ±0,4
16/20	10 ±0,2
12,5/16	8 ±0,2
10/12,5	6,3 ±0,2
8/10	5 ±0,2
6,3/8	4 ±0,15
5/6,3	3,15 ±0,15
4/5	2,5 ±0,15

**Η ΕΡΓΟΣΕ για την κατηγορία έρματος 31,5 / 50 χρησιμοποιεί τα ειδικά κόσκινα (bar sieves) με ορθογώνια ανοίγματα 31,5 - 25 - 20 mm που αντιστοιχούν σε κλάσματα κόκκων 50/63 - 40/50 - 31,5/40.**

Ο μέσος δείκτης Πλακοειδών υπολογίζεται σαν τη συνολική μάζα των κόκκων που διέρχονται από τα ειδικά ραβδωτά κόσκινα, εκφρασμένη σαν ποσοστό της συνολικής ξηρής μάζας των κόκκων που δοκιμάστηκαν.

Αν απαιτηθεί, ο δείκτης πλακοειδούς κάθε κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) υπολογίζεται ως η μάζα των κόκκων που διέρχονται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο, εκφρασμένη σαν ποσοστό μάζας του κλάσματος  $d_i / D_i$ .

- Συσκευές\*\* δοκιμής:  
(\*\*όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5).
- Κόσκινα με τετραγωνικά ανοίγματα συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2. Τα κόσκινα αυτά που χρησιμοποιούνται από την ΕΡΓΟΣΕ & ΟΣΕ έχουν μέγεθος βρογχίδας: 63mm, 50mm, 40mm, και 31,5mm.
- Ειδικά ραβδωτά κόσκινα με ορθογωνικά ανοίγματα. Για την ΕΡΓΟΣΕ & ΟΣΕ χρησιμοποιούνται τα ορθογωνικά των 31,5mm, 25mm και 20mm.
- Ζυγαριά ακρίβειας ± 0,1 % της μάζας του δοκιμίου.
- Φούρνος με αέρα ικανός να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των (110± 5) °C ή άλλη κατάλληλη συσκευή για ξήρανση των αδρανών, χωρίς να προκαλεί θραύση των κόκκων.
- Προετοιμασία δοκιμίων:  
Η μάζα των δοκιμίων εξαρτάται από τις διαστάσεις και το ποσοστό των μεγαλύτερων συστατικών και υποδεικνύεται στο Πρότυπο EN 933-1. Μάζα δοκιμίου γενικά ισοδύναμη με αυτή που εφαρμόζεται στον προσδιορισμό της κοκκομετρικής διαβάθμισης είναι επαρκής. Γίνεται ξήρανση του δοκιμίου στους (110± 5) °C μέχρι σταθερής μάζας. Αφήνεται να κρυώσει, ζυγίζεται και καταγράφεται η μάζα ως  $M_0$ .
- Διαδικασία:

### 1<sup>η</sup> ΦΑΣΗ

- ❖ Κοσκίνισμα στα κόσκινα τετραγωνικών ανοιγμάτων σύμφωνα με το Πρότυπο 933-1 με ανώτερο κόσκινο αυτό των 63mm και κατώτερο αυτό των 31,5mm (Προδιαγραφές ΕΡΓΟΣΕ – ΟΣΕ).
- ❖ Ζύγιση και απομάκρυνση του υλικού που βρίσκεται κοκκομετρικά πέρα των δύο παραπάνω κόσκινων.
- ❖ Ζύγιση των επί μέρους κλασμάτων 50/63, 40/50 και 31,5/40 και διατήρηση τους ξεχωριστά το ένα από το άλλο.

### 2<sup>η</sup> ΦΑΣΗ

- ❖ Κοσκίνισμα των κλασμάτων που διαχωρίστηκαν στην 1<sup>η</sup> φάση στα ειδικά ραβδωτά κόσκινα με ορθογωνικά ανοίγματα πλάτους 31,5mm, 25mm και 20mm αντίστοιχα. Το κοσκίνισμα γίνεται χειρωνακτικά και διαρκεί μέχρι το συγκρατούμενο υλικό να μην αλλάζει περισσότερο από 1% κατά τη διαδικασία κοσκίνισματος μέσα σε ένα λεπτό της ώρας.
- ❖ Ζύγιση του υλικού από κάθε κλάσμα που διέρχεται από το αντίστοιχο ραβδωτό κόσκινο.

#### - Υπολογισμοί και έκφραση των αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα καταγράφονται σε ειδικό έντυπο

Υπολογίζεται το άθροισμα των μαζών των κλασμάτων  $d_i / D_i$  και καταγράφεται ως  $M_1$ .

Υπολογίζεται το άθροισμα των μαζών των κόκκων από κάθε κλάσμα  $d_i / D_i$  το οποίο διέρχεται από το αντίστοιχο ραβδωτό κόσκινο και καταγράφεται ως  $M_2$ .

Ο μέσος δείκτης Πλακοειδών (**FI**) υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$FI = (M_2/M_1) \times 100$$

όπου:

$M_1$  = άθροισμα μαζών καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$  σε γραμμάρια

$M_2$  = άθροισμα μαζών καθενός κλάσματος που διέρχεται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο σε γραμμάρια.

Ο δείκτης Πλακοειδών καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

Αν απαιτηθεί ο υπολογισμός του δείκτη Πλακοειδών για κάθε κλάσμα ( $FI_i$ ), τότε χρησιμοποιείται η πιο κάτω εξίσωση:

$$FI_i = (m_i/R_i) \times 100$$

όπου:

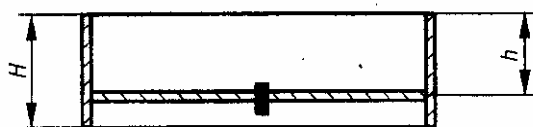
$R_i$  = η μάζα καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$ , σε γραμμάρια

$m_i$  = η μάζα του υλικού καθενός κλάσματος  $d_i / D_i$  που διέρχεται από το αντίστοιχο ειδικό ραβδωτό κόσκινο, σε γραμμάρια.

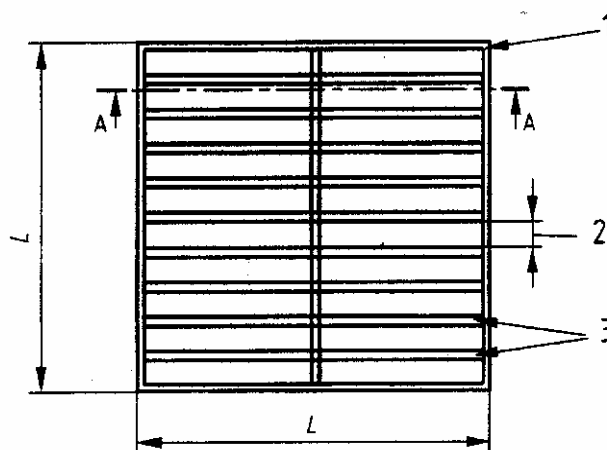
Εάν το άθροισμα των μαζών  $R_i$  μαζί με τις μάζες που απομακρύνθηκαν αρχικά (πάνω από 63 χιλιοστά και κάτω από 31,5 χιλιοστά), διαφέρει περισσότερο του 1% από την μάζα  $M_0$ , τότε η δοκιμή πρέπει να επαναληφθεί χρησιμοποιώντας άλλο δοκίμιο.

EN 933-3:1997/A1:2003 (E)

Bar sieves



A - A



- 1 Metal frame (outside wooden frame optional)
- 2 Width of slot as specified in table 1
- 3 Cylindrical steel bars (usual diameter range from 5 mm to 15 mm depending on width of slot)

$L = 250 \text{ mm to } 300 \text{ mm}$   
 $H = 75 \text{ mm}$   
 $h = 55 \text{ mm to } 65 \text{ mm}$

Εικόνα 105. ΚΟΣΚΙΝΑ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΠΛΑΚΟΕΙΔΩΝ ΚΟΚΚΩΝ

#### 4.3.3.5.2 Καθορισμός Δείκτη Σχήματος (σύμφωνα με το EN 933-4).

Ο Δείκτης Σχήματος δηλώνεται σύμφωνα με τις υποδείξεις του παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 8

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8**  
**Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του Δείκτη Σχήματος**

Δείκτης Σχήματος	Κατηγορία SI
$\leq 10$	SI10
$\leq 20$	SI20
$\leq 30$	SI30
5 έως 30	SI5/30
$> 30$	SIDeclared
Δεν απαιτείται	SINR

Η ΕΡΓΟΣΕ δε χρησιμοποιεί το Δείκτη Σχήματος ως συστηματική δοκιμή στις παραδόσεις ρουτίνας, απαιτείται όμως μέσα από τα συστήματα ποιότητας που επιβάλλονται στους προμηθευτές στη φάση της Διακήρυξης.

- **Μέθοδος εκτέλεσης της δοκιμής προσδιορισμού του Δείκτη Σχήματος σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-4:**
- Σκοπός: ο προσδιορισμός του δείκτη Σχήματος χονδρόκοκκων αδρανών. Εφαρμόζεται σε αδρανή φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, συμπεριλαμβάνοντας τα ελαφροβαρή αδρανή. Η μέθοδος είναι εφαρμόσιμη για μέγεθος κλάσματος  $d_i / D_i$  με  $D_i \leq 63\text{mm}$  και  $d_i \geq 4\text{mm}$ .
  - Χρήσιμοι όροι:  
*Μήκος κόκκου L:* η μέγιστη διάσταση κόκκου όπως καθορίζεται από την μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων που εφάπτονται στην επιφάνεια του κόκκου.  
*Πάχος κόκκου E:* η ελάχιστη διάσταση κόκκου όπως καθορίζεται από την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων εφαπτομενικών στην επιφάνεια του κόκκου.
  - Βασικές αρχές: Καθένας (μεμονωμένος) κόκκος σ' ένα δείγμα χονδρόκοκκων αδρανών ταξινομείται με βάση το λόγο μήκους L προς πάχος E χρησιμοποιώντας (όπου είναι αναγκαίο) ειδικό μετρητικό όργανο. Ο δείκτης σχήματος που υπολογίζεται είναι η μάζα των κόκκων, με λόγο διαστάσεων  $L / E$  μεγαλύτερο του 3 εκφρασμένο ως ποσοστό της συνολικής ξηρής μάζας των κόκκων που δοκιμάστηκαν.
  - Συσκευές:  
 (\*\* όλες οι συσκευές θα είναι σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5)  
 - ειδικό μετρητικό όργανο για τις μετρήσεις μήκους και πάχους κόκκων  
 - Τα απαραίτητα κόσκινα με τα κατάλληλα παρελκόμενα εξαρτήματα (υποδοχείς και καπάκια).  
 - Φούρνος με αέρα ικανός να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία των  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  ή άλλη κατάλληλη συσκευή για ξήρανση των αδρανών, χωρίς να προκαλεί θραύση των κόκκων.  
 - Ζυγαριά κατάλληλης δυνατότητας με αναγνωσιμότητα στο 0,1% της μάζας που ζυγίζεται.



- Ταψιά / Δίσκοι
- Προαιρετικά μηχανική κοσκινιέρα
- Προετοιμασία του δοκιμίου:

Η απομείωση του δείγματος γίνεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 932-2. Ξηραίνεται το δείγμα στους  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  μέχρι σταθερής μάζας και κοσκινίζεται στα κατάλληλα κόσκινα με δύναμη ώστε, να εξασφαλιστεί ο διαχωρισμός των κόκκων που είναι μεγαλύτεροι από 4mm. Απομακρύνονται οι κόκκοι που συκρατούνται στο κόσκινο ανοίγματος 63mm και αυτοί που διέρχονται από το κόσκινο των 4mm. Καταγράφεται η μάζα του δοκιμίου ως  $M_0$ . Η μάζα του δοκιμίου υποδεικνύεται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 9.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9 - Μάζα δοκιμίων**

Μέγιστο μέγεθος κόκκου D (mm)	Μάζα δοκιμίου (ελάχιστη) σε kg
63	45
32	6
16	1
8	0,1

(*Σημείωση 1:* για αδρανή άλλων μεγεθών η ελάχιστη μάζα του τμήματος δοκιμής υπολογίζεται με παρεμβολή από τις μάζες που δίνονται στον Πίνακα 8)

*Σημείωση 2:* για αδρανή με πυκνότητα μικρότερη από  $2,00\text{Mg/m}^3$  ή μεγαλύτερη των  $3,00\text{Mg/m}^3$  πρέπει να γίνεται διόρθωση με βάση το λόγο των πυκνοτήτων προκειμένου να παραχθεί ένα δείγμα περίπου ίδιου όγκου με αυτόν που θα παραγόταν αν τα αδρανή ήταν κανονικής πυκνότητας).

- Διαδικασία:

Η δοκιμή λαβαίνει χώρα σε κλάσμα κόκκων ( $d_i / D_i$ ) με  $D_i \leq 2 d_i$ .

Τα δοκίμια από δείγματα για τα οποία  $D > 2d$  διαχωρίζονται σε κλάσματα κόκκων  $d_i / D_i$  με  $D_i \leq 2 d_i$  κατά τη διάρκεια της μεταγενέστερης διαδικασίας.

a. *Δοκίμια με  $D_i \leq 2 d_i$*

Διαχωρίζεται το κυρίαρχο κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) με  $D_i \leq 2 d_i$  από το δοκίμιο με κοσκίνισμα σύμφωνα με το Πρότυπο EN 933-1. (Τα ανοίγματα των κόσκινων που χρησιμοποιούνται είναι 4mm, 5,6mm, 8mm, 11,2mm, 16mm, 22,4mm, 31,5mm, 45mm και 63mm). Οι τιμές των  $d_i$  και  $D_i$  του κλάσματος που υφίσταται τη δοκιμή καταγράφονται στο έντυπο της δοκιμής.

Απομακρύνονται οι κόκκοι που είναι μικρότεροι από  $d_i$  και οι κόκκοι που είναι μεγαλύτεροι από  $D_i$ .

Καταγράφεται η μάζα του κυρίαρχου κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) ως  $M_1$ .

Μετράται το μήκος L και το πάχος E κάθε κόκκου χρησιμοποιώντας το ειδικό μετρητικό όργανο όπου είναι αναγκαίο και διαχωρίζονται οι κόκκοι με λόγο  $L / E > 3$ . Αυτοί οι κόκκοι ταξιθετούνται στους μη κυβικούς.

Ζυγίζονται οι μη κυβικοί κόκκοι και καταγράφεται η μάζα τους ως  $M_2$ .

b. *Δοκίμια με  $D_i > 2 d_i$*

Διαχωρίζεται το δοκίμιο σε κλάσματα ( $d_i / D_i$ ) όπου  $D_i \leq 2 d_i$  με κοσκίνισμα σύμφωνα με το EN 933-1.

(Τα ανοίγματα των κόσκινων που χρησιμοποιούνται είναι 4mm, 5,6mm, 8mm, 11,2mm, 16mm, 22,4mm, 31,5mm, 45mm και 63mm). Οι τιμές των  $d_i$

και  $D_i$  του κλάσματος που υφίσταται τη δοκιμή καταγράφονται στο έντυπο της δοκιμής.

Καταγράφεται η μάζα κάθε κλάσματος  $M_i$ , γίνεται υπολογισμός και καταγράφεται το ποσοστό της μάζας καθενός κλάσματος ( $d_i / D_i$ ) προς την μάζα του δοκιμίου  $M_o$  ως  $V_i$ .

Απομακρύνεται κάθε κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) το οποίο περιλαμβάνει λιγότερο από 10% του  $M_o$ .

(Σημείωση: εάν κάποιο κλάσμα ( $d_i / D_i$ ) περιέχει λιγότερους από 100 κόκκους, πρέπει, εφόσον απαιτηθεί, να καταγραφεί στο έντυπο της δοκιμής).

Οποιοδήποτε κλάσμα ( $d_i/D_i$ ) περιέχει μεγάλο αριθμό κόκκων απομειώνεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 932-2, αλλά κατόπιν της απομείωσης τουλάχιστον 100 κόκκοι του κλάσματος πρέπει να παραμείνουν.

Καταγράφεται ως  $M_{1i}$  η μάζα των κόκκων που ελέγχονται σε κάθε κλάσμα ( $d_i/D_i$ ) που απέμεινε.

Μετράται το μήκος  $L$  και το πάχος  $E$  κάθε κόκκου χρησιμοποιώντας το ειδικό μετρητικό όργανο όπου είναι αναγκαίο και διαχωρίζονται οι κόκκοι σε κάθε κλάσμα, με λόγο  $L / E > 3$ . Αυτοί οι κόκκοι ταξιθετούνται στους μη κυβικούς.

Καταγράφεται ως  $M_{2i}$  η μάζα των μη κυβικών κόκκων σε καθένα από τα κλάσματα ( $d_i/D_i$ ).

- Υπολογισμοί και έκφραση των αποτελεσμάτων:

a. Δοκίμια με  $D_i \leq 2 d_i$

Υπολογίζεται ο δείκτης Σχήματος (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$SI = (M_2 / M_1) \times 100$$

Όπου:  $M_1$  η μάζα του δοκιμίου σε γραμμάρια

$M_2$  η μάζα των μη κυβικών κόκκων, σε γραμμάρια.

Καταγράφεται ο δείκτης Σχήματος στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

b. Δοκίμια με  $D_i > 2 d_i$

b.1 Κλάσματα που δεν απομειώθηκαν

Υπολογίζεται ο δείκτης Σχήματος (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

$$SI = (\Sigma M_{2i} / \Sigma M_{1i}) \times 100$$

Όπου:  $\Sigma M_{1i}$  το άθροισμα των μαζών από τα κλάσματα που δοκιμάστηκαν, σε γραμμάρια.

Και  $\Sigma M_{2i}$  το άθροισμα των μαζών των μη κυβικών κόκκων από κάθε κλάσμα που δοκιμάστηκε, σε γραμμάρια.

Καταγράφεται ο δείκτης Σχήματος στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

b.2 Κλάσματα που απομειώθηκαν

Υπολογίζεται το ποσοστό των μη κυβικών κόκκων από κάθε κλάσμα που δοκιμάστηκε και καταγράφεται ως  $SI_i$ . Υπολογίζεται το ζυγισμένο μέσο ποσοστό των μη κυβικών κόκκων (SI) σύμφωνα με την ακόλουθη εξίσωση:

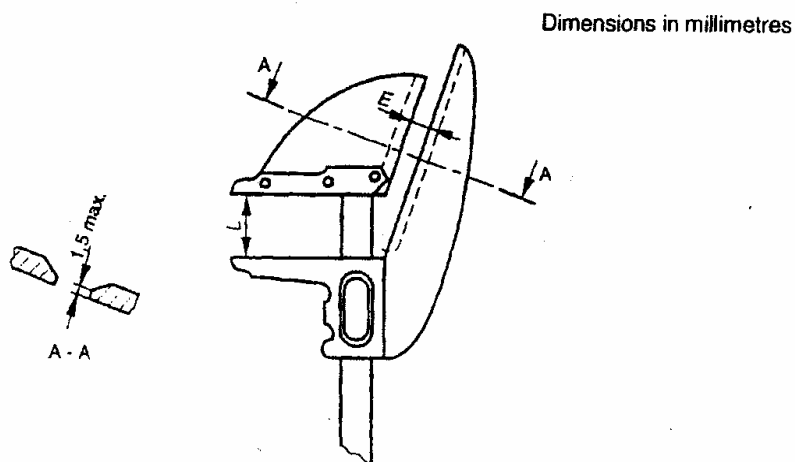
$$SI = \Sigma(V \times SI_i) / \Sigma V_i$$

Όπου:  $V_i$  είναι το ποσοστό της μάζας του κλάσματος (i) του δείγματος που δοκιμάστηκε

Και  $SI_i$  το ποσοστό της μάζας των μη κυβικών κόκκων στο κλάσμα (i).

Καταγράφεται το ζυγισμένο μέσο ποσοστό των μη κυβικών κόκκων στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

EN 933-4



**Εικόνα 106**

**ΠΑΧΥΜΕΤΡΟ για προσδιορισμό του δείκτη σχήματος**

#### 4.3.3.6 Προσδιορισμός Μήκους Κόκκων

Το μήκος κόκκου προσδιορίζεται από μετρήσεις με παχύμετρα ή παρόμοια κατάλληλα όργανα.

Όταν απαιτείται, το μήκος κόκκου δηλώνεται σύμφωνα με τη σχετική κατηγορία που υποδεικνύεται στον πιο κάτω ΠΙΝΑΚΑ 10.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10** – Κατηγορίες για μήκος κόκκου

Ποσοστό μάζας με μήκος $\geq 100$ mm σε δείγμα πάνω από 40 kg					
Κατηγορία μήκους κόκκου					
A	B	C	D	ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ	E
4	6	8	12	> 12	ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ

Ο προσδιορισμός ΜΗΚΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥ εφαρμόζεται συστηματικά στις παραλαβές Σκύρων από την ΕΡΓΟΣΕ και συγκεκριμένα με ανώτατο όριο στην Κατηγορία Β (6%).

#### 4.3.4 Μηχανικά χαρακτηριστικά

Για τον προσδιορισμό των Μηχανικών χαρακτηριστικών του έρματος, εξετάζονται κατά βάση:

4.3.4.1. Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΘΡΥΜΜΑΤΙΣΜΟ

4.3.4.2 Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΕ ΦΘΟΡΑ

Αναλυτικότερα:

##### 4.3.4.1 Αντίσταση σε θρυμματισμό

- Προσδιορίζεται γενικά από τη **δοκιμή Los Angeles** και εκφράζεται με το *συντελεστή Los Angeles* ( $LA_{RB}$ ). Σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13450 τα όρια του συντελεστή  $LA_{RB}$  κατηγοριοποιούνται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 11

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11**

Κατηγορίες για μέγιστες τιμές του συντελεστή  $LA_{RB}$

Συντελεστής Los Angeles	Κατηγορία $LA_{RB}$
$\leq 12$	LARB 12
$\leq 14$	LARB 14
$\leq 16$	LARB 16
$\leq 20$	LARB 20
$\leq 24$	LARB 24
$\leq 24$	LARB ΚΑΤΑ
	ΔΗΛΩΣΗ
ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	LARB NR

Η ΕΡΓΟΣΕ εφαρμόζει την κατηγορία LARB 14.

- **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής Los Angeles για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-2 και EN 13450**

- *Σκοπός*: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε θρυμματισμό των σιδηροδρομικών αδρανών.

- *Χρήσιμοι όροι*:

συντελεστής LA: το ποσοστό του δοκιμίου που διέρχεται από άνοιγμα κόσκινου 1,6 χιλιοστών μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής.

- *Συσκευές - εξοπλισμός (σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5)*:

- ❖ κόσκινα με άνοιγμα 1,6mm, 31,5mm, 40mm και 50mm, (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).
- ❖ Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
- ❖ Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους  $(110 \pm 5) ^\circ C$
- ❖ Συσκευή Los Angeles συμβατή με το Πρότυπο EN 10025. Η βάση της συσκευής πρέπει να εδράζεται σε επίπεδο δάπεδο από σκυρόδεμα ή από λιθοδομή.

- ❖ Δώδεκα χαλύβδινες σφαίρες συνολικού βάρους  $5210 \pm 90\text{gr}$ , διάμετρο η καθεμία μεταξύ 45mm και 49mm και βάρος (η καθεμία) 400gr – 445gr.
  - ❖ Κινητήρας που περιστρέφει τη συσκευή με 31-33 στροφές ανά λεπτό
  - ❖ Ειδικό δίσκο (ταψί) στη βάση της συσκευής Los Angeles για τη συλλογή του δοκιμίου και των σφαιρών.
  - ❖ Μετρητή στροφών που σταματά αυτόματα τον κινητήρα μετά τον απαιτούμενο αριθμό στροφών.
- Προετοιμασία δείγματος για δοκιμή:  
(Απαραίτητη μάζα δείγματος για τη δοκιμή τουλάχιστον 15kg από κόκκους μεταξύ 31,5mm και 50mm).
- Κοσκίνισμα του δείγματος μεταξύ των κόσκινων με ανοίγματα 31,5mm και 40mm καθώς και μεταξύ των 40mm και 50mm και διαχωρισμός των δύο κλασμάτων.
  - Πλύσιμο καθενός κλάσματος ξεχωριστά (σύμφωνα με το EN 933-1) και ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
  - Τα κλάσματα αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
  - Απομείωση της μάζας καθενός κλάσματος έτσι ώστε να προκύψουν κλάσματα με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  το καθένα.
  - Ανάμιξη των δύο τελικών κλασμάτων προκειμένου να παραχθεί ένα δοκίμιο με συνολική ξηρή μάζα  $10.000 \pm 100\text{gr}$ .
- Διαδικασία δοκιμής:  
Τοποθετούνται προσεκτικά πρώτα οι σφαίρες μέσα στη συσκευή και μετά το δοκίμιο. Βιδώνεται κατόπιν το κάλυμμα και ενεργοποιείται η συσκευή για 1000 στροφές με μια σταθερή ταχύτητα 31 – 33 στροφές ανά λεπτό. Μόλις ολοκληρωθούν οι περιστροφές ανοίγουμε το κάλυμμα, αδειάζουμε προσεκτικά όλο το υλικό καθώς και τις σφαίρες στον ειδικό δίσκο που βρίσκεται κάτω από τη συσκευή. Πλένουμε το εξερχόμενο υλικό πάνω σε κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm και ξηραίνουμε τα συγκρατούμενα σε θερμοκρασία  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  μέχρι σταθερής μάζας.
- Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

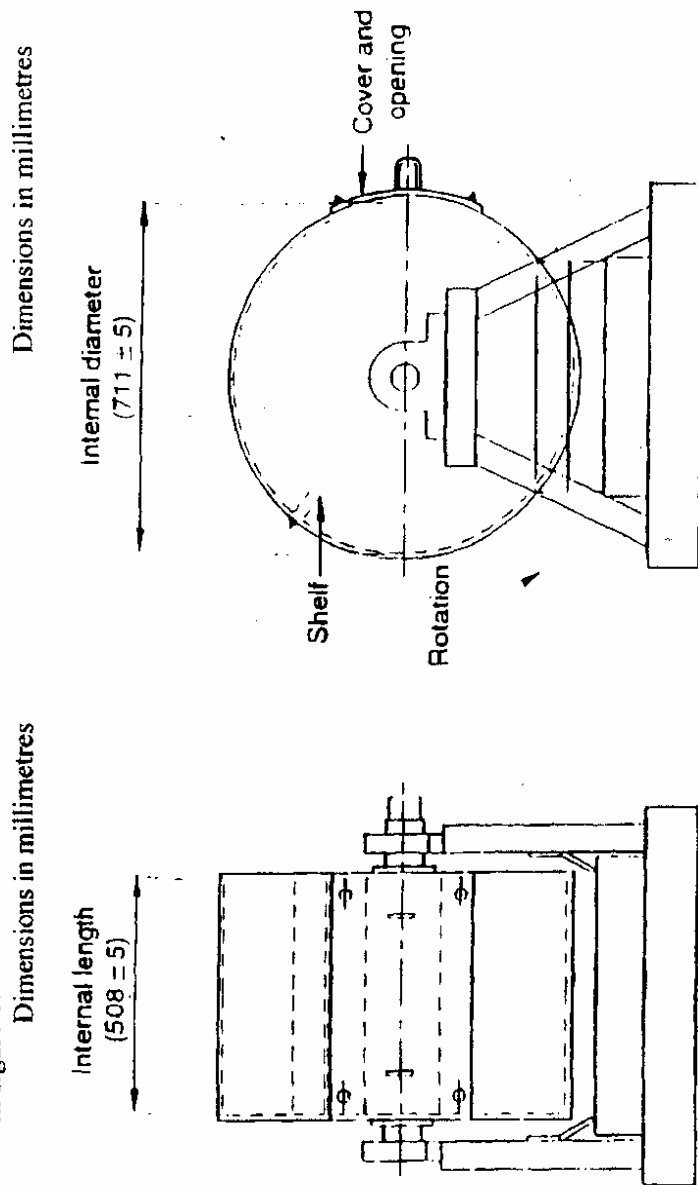
$$L_{RB} = (10.000 - m) / 100$$

όπου: m είναι η μάζα που συγγρατείται στο κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm σε γραμμάρια.

Το αποτέλεσμα καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

EN 1097-2:1998

NOTE: An example of a machine that has been found to be satisfactory is shown in figure 1.



Εικόνα 107.  
ΣΥΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΗΣ LOS ANGELES



- Εναλλακτικά της δοκιμής Los Angeles εφαρμόζεται η δοκιμή πρόσκρουσης (**impact test**), αφού προηγουμένως έχει συσχετιστεί με τη δοκιμή Los Angeles για το συγκεκριμένο υλικό. Σε περίπτωση αμφιβολίας η δοκιμή Los Angeles αποτελεί τη δοκιμή αφετηρίας.

**(Η δοκιμή πρόσκρουσης δε χρησιμοποιείται προς το παρόν ούτε από την ΕΡΓΟΣΕ ούτε από τον ΟΣΕ).**

Σκοπός της δοκιμής είναι ο υπολογισμός της τιμής πρόσκρουσης SZ<sub>RB</sub> οι κατηγορίες της οποίας δίνονται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 12 σύμφωνα με το Πρότυπο EN 13450:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12**

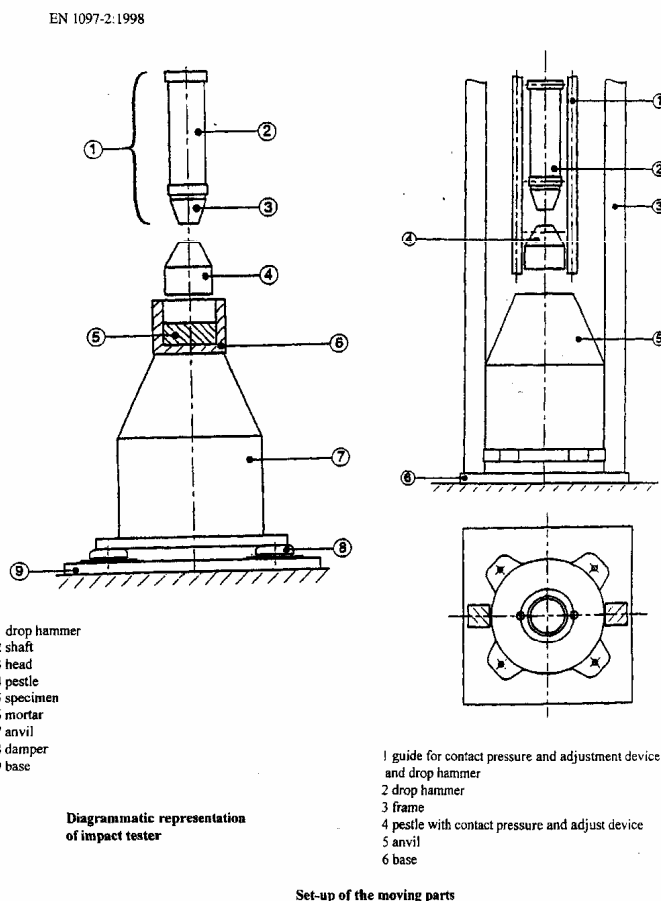
**Κατηγορίες για μέγιστες τιμές της αντίστασης σε πρόσκρουση**

Τιμή πρόσκρουσης %	Κατηγορία SZRB
≤ 14	SZRB 14
≤ 18	SZRB 18
≤ 22	SZRB 22
≤ 22	SZRB ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ
<u>ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ</u>	SZRB NR

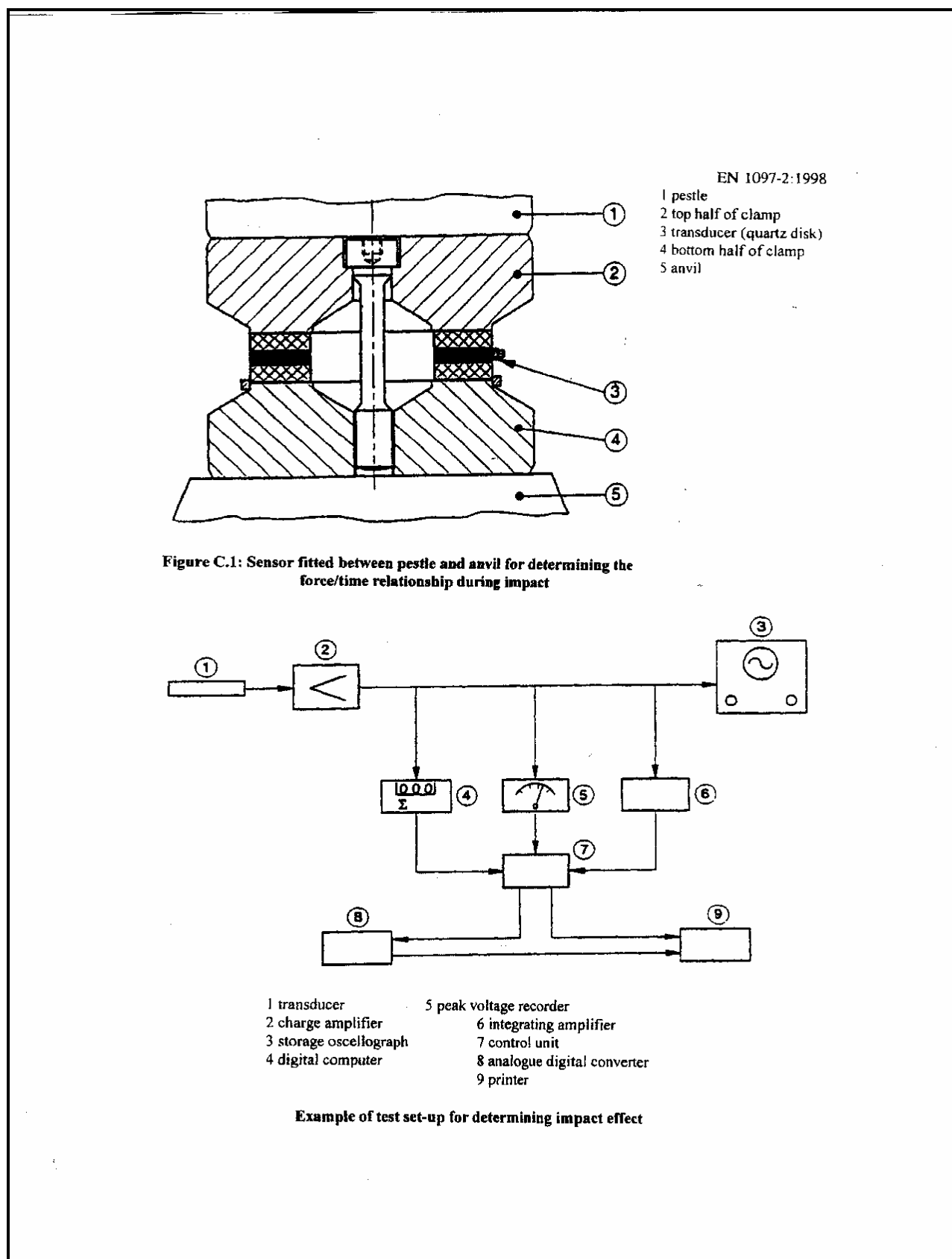
➤ **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής πρόσκρουσης για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-2 και En 13450.**

- Σκοπός: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε θρυμματισμό των σιδηροδρομικών αδρανών.
- Χρήσιμοι όροι:
  - Τιμή πρόσκρουσης: είναι η τιμή SZ που δίνει ένα μέτρο αντίστασης των αδρανών σε δυναμική θραύση. Είναι ισοδύναμη, με το ποσοστό της μάζας του δοκιμαζόμενου δοκιμίου που διέρχεται από το κόσκινο με άνοιγμα 8mm, όταν η δοκιμή γίνεται σύμφωνα με τις ενότητες 4 και 6 του Προτύπου EN 1097-2 εναρμονισμένο κατάλληλα για σιδηροδρομικά αδρανή σύμφωνα με το παράρτημα D του EN 13450.
- Συσκευές:
  - 🔧 κόσκινα με ανοίγματα 8mm, 31,5mm, και 40mm (συμβατά με τα Πρότυπα EN 932-5 και EN 933-2). Σημείωση: εξαιτίας των ανοχών των ανοιγμάτων, το ίδιο κόσκινο των 8mm που χρησιμοποιείται για την προετοιμασία του δείγματος δοκιμής χρησιμοποιείται ξανά για την εκτίμηση της δοκιμής.
  - 🔧 Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
  - 🔧 Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους (110± 5) °C.
  - 🔧 Ειδική συσκευή πρόσκρουσης (impact tester).
  - 🔧 Εξοπλισμός για έλεγχο της ακρίβειας της συσκευής πρόσκρουσης.
  - 🔧 Βούρτσες και δοχεία.
- Προετοιμασία του δείγματος για δοκιμή:  
 Το δείγμα που θα σταλεί στο εργαστήριο πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 kg του κλάσματος μεταξύ 31,5mm και 40mm από το οποίο, σχηματίζουμε τρία δοκίμια. Η μάζα καθενός από τα τρία δοκίμια σε κιλά υπολογίζεται από τη σχέση (1,05 × πυκνότητα κόκκου). [ Η πυκνότητα του κόκκου προσδιορίζεται σύμφωνα με το Πρότυπο EN 1097 – 6 ]. Η μάζα του δοκιμίου, πριν τη δοκιμή, δεν πρέπει να διαφέρει περισσότερο από 1% της ονομαστικής μάζας.

- **Διαδικασία δοκιμής:** τοποθετείται το δοκίμιο μέσα στον υποδοχέα της συσκευής πρόσκρουσης και εξομαλύνεται η επιφάνεια του με το χέρι. Ο κόπανος ανυψώνεται στα 420mm και θα προσκρούσει μέσω ειδικού εξαρτήματος (pestle) στο δοκίμιο 20 φορές. Το θρυμματισμένο δοκίμιο κοσκινίζεται στο κόσκινο των 8mm.
- **Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:** η μάζα που διέρχεται από το κόσκινο των 8mm προσδιορίζεται και εκφράζεται ως ποσοστό της αρχικής μάζας του δοκιμίου, με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου. Η τιμή που προκύπτει αποτελεί την τιμή πρόσκρουσης SZRB.  
Σημείωση: αν η συνολική μάζα του δοκιμίου μετά το κοσκίνισμα διαφέρει από την αρχική μάζα περισσότερο από 0,5 % τότε το τεστ επαναλαμβάνεται στο επόμενο προετοιμασμένο δοκίμιο

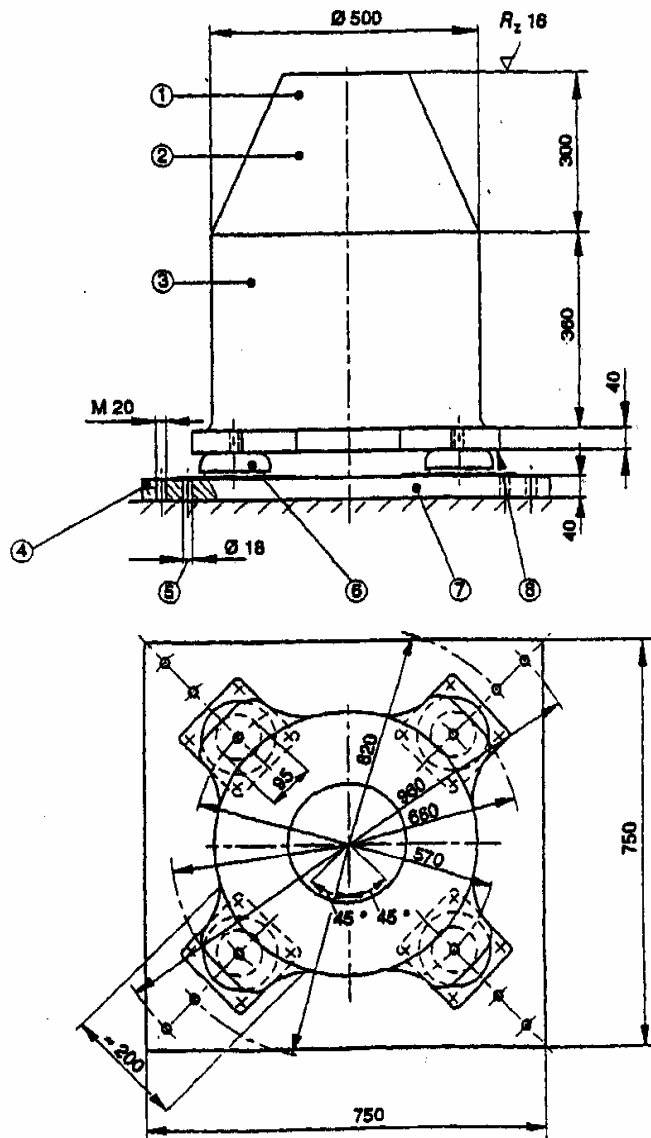


Εικόνα 108. Συσκευή Δοκιμής Πρόσκρουσης



**Εικόνα 109. Παράδειγμα Ρύθμισης της Συσκευής Πρόσκρουσης**

**Εικόνα 110. Αποσβεστήρες Συσκευής Πρόσκρουσης**



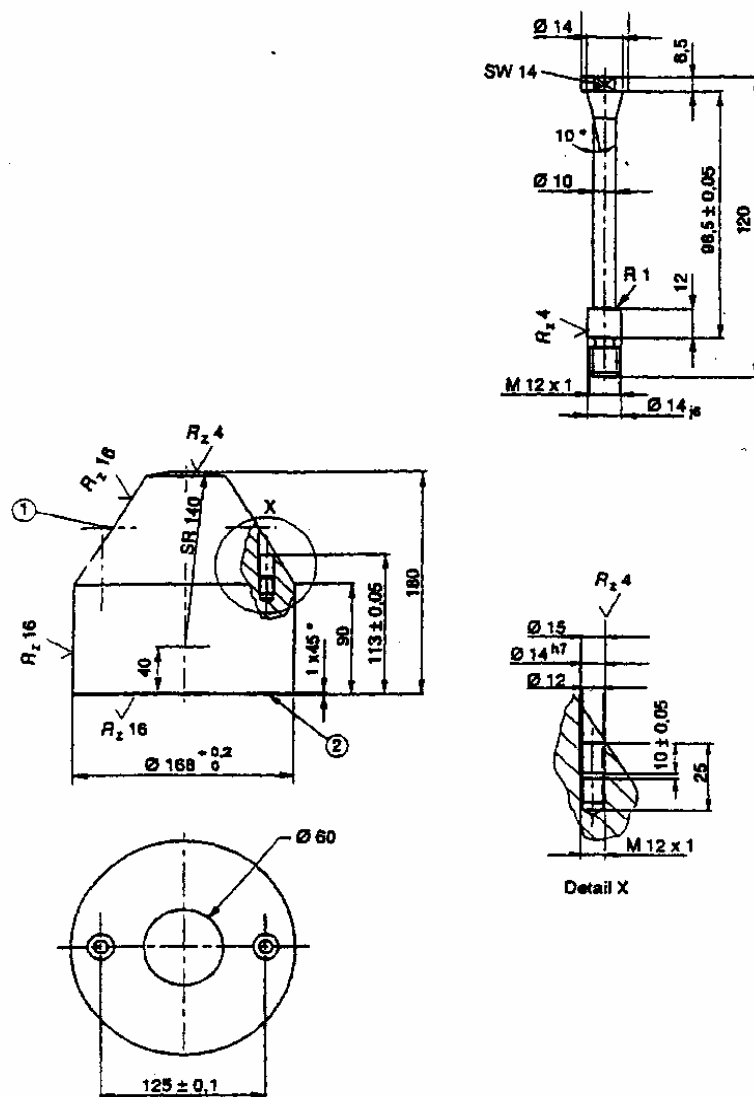
- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1 anvil                      | 5 through hole for anchor bolt |
| 2 mass approximately 800 kg  | 6 damper                       |
| 3 ISO 8062 - CT 11 tolerance | 7 base plate                   |
| 4 thread for adjusting screw | 8 support                      |

Anvil with base plate and dampers

Εικόνα 111. Αρόνι & Βάση ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ

EN 1097-2:1998

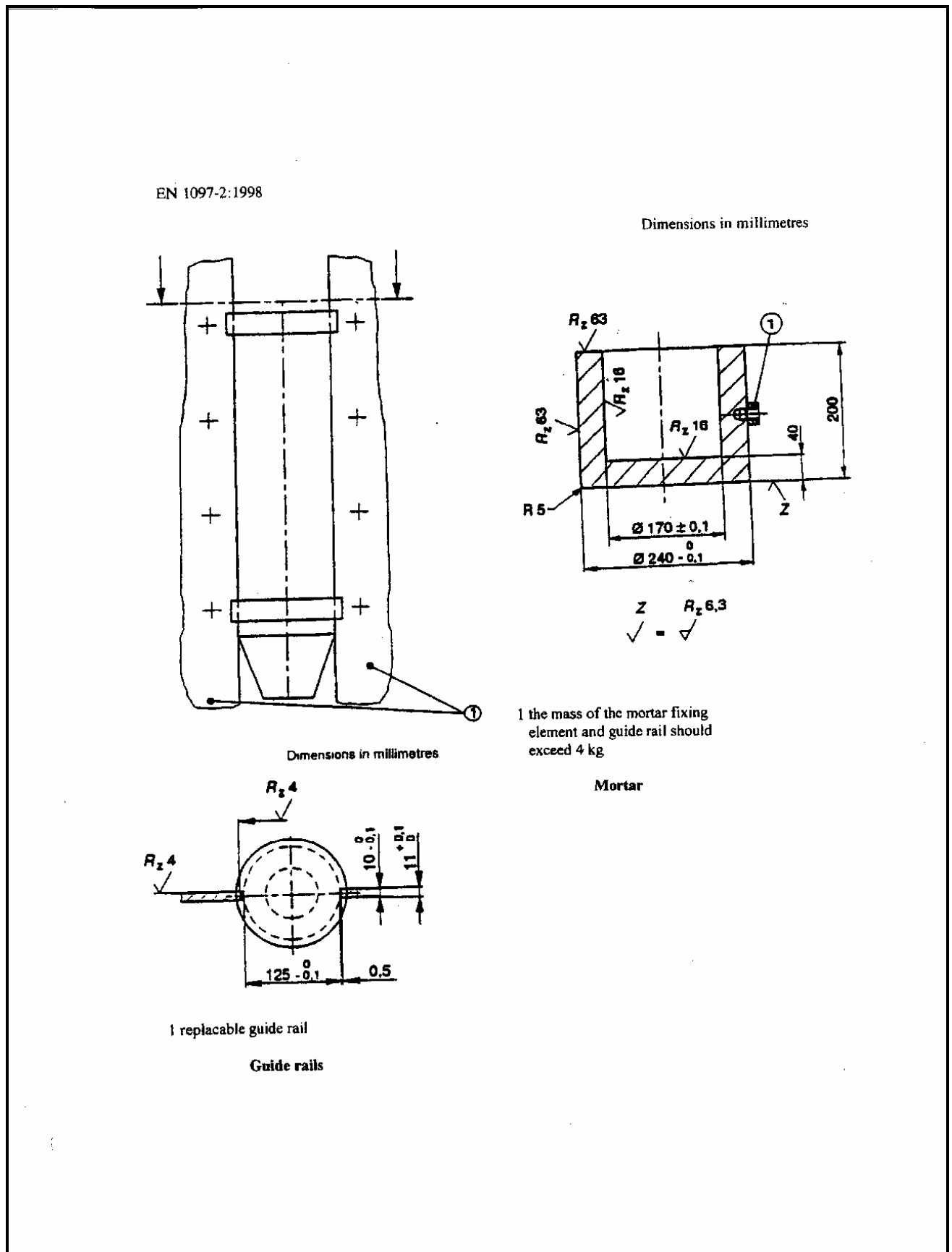
Dimensions in millimetres



- 1 contact pressure and adjustment device
- 2 matching to a mass of  $(23 \pm 0,1)$  kg

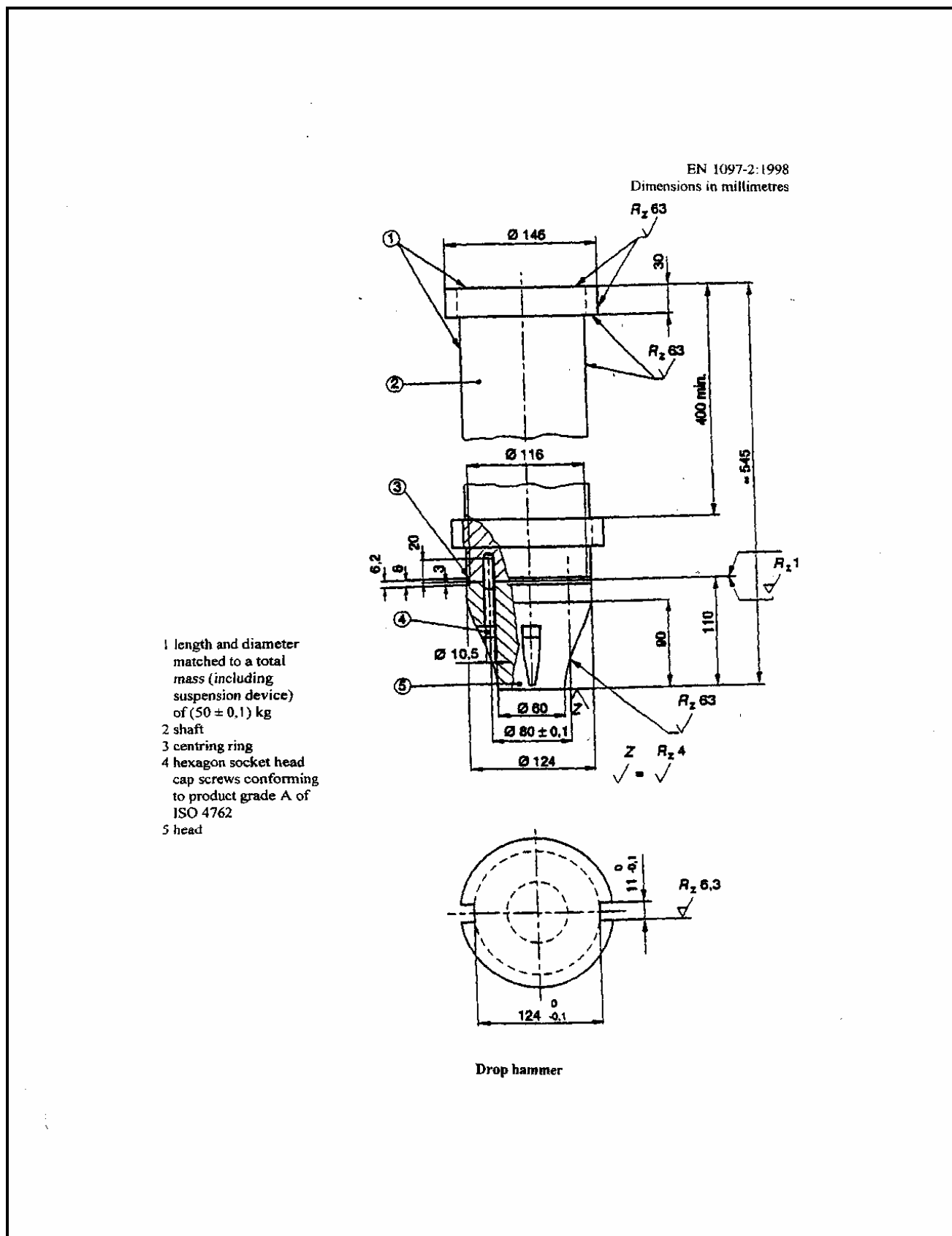
Pestle with turnbuckle

Εικόνα 112. Κόπανος (κάτω τμήμα) με τα περιφερειακά εξαρτήματα



Εικόνα 113. Οδηγοί αντίβαρου – δοχείο δείγματος από τη ΣΥΣΚΕΥΗ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ





Εικόνα 114. Αντίβαρο ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗΣ

#### 4.3.4.2 Αντίσταση σε φθορά

- Προσδιορίζεται από τη **δοκιμή Microdeval** που εκτελείται σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450. Εκφράζεται με το *συντελεστή Microdeval* ( $M_{DE}$ ) τα όρια του οποίου κατηγοριοποιούνται στον παρακάτω ΠΙΝΑΚΑ 13

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 13

Κατηγορίες για μέγιστες τιμές της αντίστασης σε φθορά

micro-Deval coefficient	Κατηγορία MDERB
$\leq 5$	MDERB 5
$\leq 7$	MDERB 7
$\leq 11$	MDERB 11
$\leq 15$	MDERB 15
$> 15$	MDERB (ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ)
ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	MDERB NR

*Σημείωση: η δοκιμή λαβαίνει χώρα σε υγρή κατάσταση, όπως περιγράφεται από τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450 αλλά μπορεί επίσης να γίνει και σε ξηρή κατάσταση οπότε προσδιορίζεται ο συντελεστής ( $M_{DS}$ ).*

- **Μέθοδος εκτέλεσης δοκιμής micro-Deval για έρμα σιδηροδρομικής γραμμής σύμφωνα με τα Πρότυπα EN 1097-1 και EN 13450.**
  - Σκοπός: ο προσδιορισμός της αντίστασης σε φθορά των σιδηροδρομικών αδρανών.
  - Χρήσιμοι όροι:
    - συντελεστής MDE: το ποσοστό του δοκιμίου που διέρχεται από άνοιγμα κόσκινου 1,6 χιλιοστών μετά την ολοκλήρωση της δοκιμής.
  - Συσσκευές – εξοπλισμός: (σύμφωνες με τις γενικές απαιτήσεις του Προτύπου EN 932-5):
    - Κόσκινα με ανοίγματα 31,5mm, 40mm και 50mm, (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).
    - Ζυγαριά, ικανή να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
    - Φούρνος με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
    - Συσσκευή micro-Deval με εσωτερικό μήκος καθενός τυμπάνου ίσο με  $400 \pm 2$  mm.
    - Βαθμονομημένος γυάλινος μετρητικός κύλινδρος σύμφωνα με το Διεθνές Πρότυπο ISO 4788 ή άλλα μέσα μέτρησης νερού ακρίβειας  $\pm 0,05$  λίτρα.
  - Προετοιμασία δείγματος για δοκιμή:
    - (Απαραίτητη μάζα δείγματος για τη δοκιμή τουλάχιστον 25kg από κόκκους μεταξύ 31,5mm και 50mm).
    - ΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΔΥΟ ΔΟΚΙΜΙΑ
    - Κοσκίνισμα του δείγματος μεταξύ των κόσκινων με ανοίγματα 31,5mm και 40mm καθώς και μεταξύ των 40mm και 50mm και διαχωρισμός των δύο κλασμάτων.

- Πλύσιμο καθενός κλάσματος ξεχωριστά (σύμφωνα με το EN 933-1) και ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας στους  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ .
  - Τα κλάσματα αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
  - Διαίρεση και Απομείωση της μάζας καθενός κλάσματος έτσι ώστε να προκύψουν δύο κλάσματα μεγέθους 31,5/40mm με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  και δύο κλάσματα μεγέθους 40/50mm με μάζα  $5000\text{gr} \pm 50\text{gr}$  επίσης.
  - Συνδυάζουμε ένα κλάσμα 31,5/40mm με ένα κλάσμα 40/50mm, ώστε να προκύψει ένα δοκίμιο με ξηρή μάζα  $(10.000 \pm 100)\text{g}$ .
  - Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία για τη δημιουργία του δεύτερου δοκιμίου
- Διαδικασία δοκιμής:  
Το κάθε δοκίμιο (στεγνό) τοποθετείται μέσα στο ειδικό τύμπανο μαζί με 2 λίτρα απεσταγμένο νερό (ακρίβεια  $\pm 0,05$  λίτρα) και αφού σφραγιστεί στεγανά με το ειδικό κάλυμμα, τίθενται σε περιστροφή, με ταχύτητα  $(100 \pm 5)$  στροφές ανά λεπτό μέχρι να ολοκληρώσει  $14.000 \pm 10$  στροφές.
- Υπολογισμός και έκφραση των αποτελεσμάτων:

$$M_{DE} RB = (10.000 - m) / 100$$

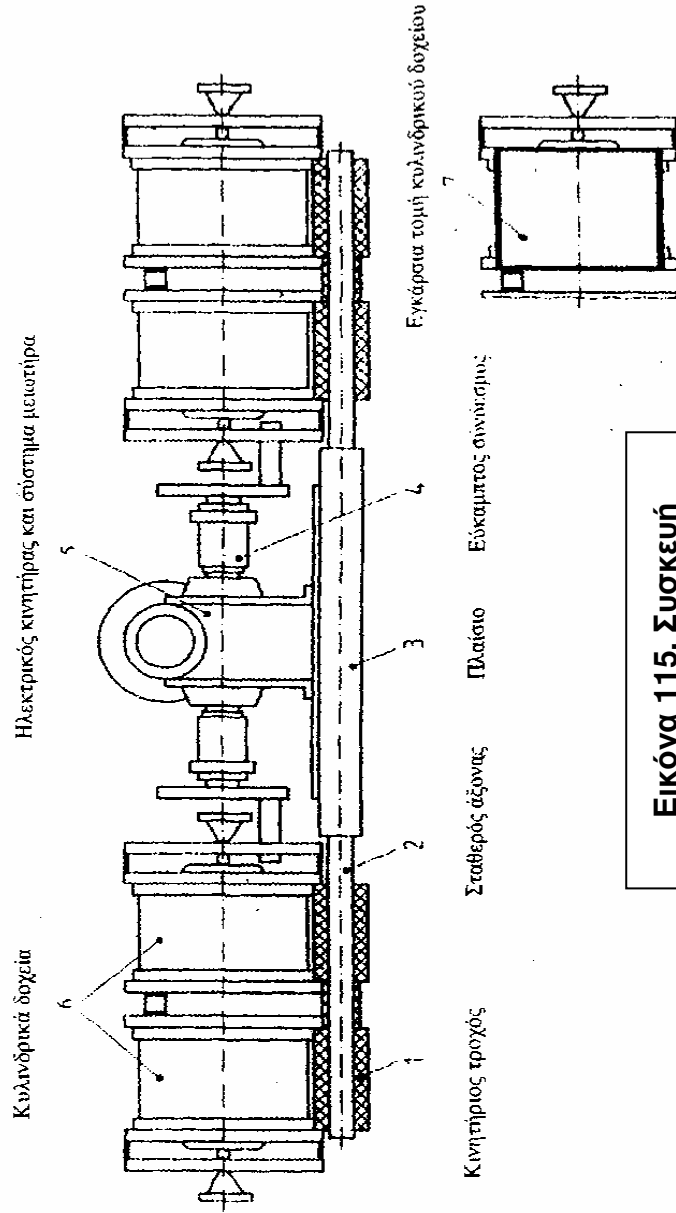
όπου: m είναι η μάζα που συγγρατείται στο κόσκινο με άνοιγμα 1,6mm, σε γραμμάρια.

Χρησιμοποιώντας τις τιμές που λαμβάνονται για τα δύο δοκίμια, υπολογίζεται η μέση τιμή του συντελεστή  $M_{DE} RB$ . Η μέση τιμή αναφέρεται ως συντελεστής micro-Deval για το δείγμα το οποίο παραδόθηκε στο εργαστήριο και εκφράζεται με προσέγγιση ακέραιου αριθμού.

Το αποτέλεσμα καταγράφεται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό.

© ΕΛΟΤ

EN 1097-1



Εικόνα 115. Συσκευή  
Microdeval

## 4.4 Μη Συστηματικές Δοκιμές Ποιότητας (Αντίσταση στη γήρανση)

### 4.4.1 Προσδιορισμός πυκνότητας κόκκου (EN 1097 – 6)

- **Βασική αρχή:** Πυκνότητα κόκκου = μάζα / όγκος  
(η μάζα καθορίζεται με ζύγιση σε κορεσμό και συνθήκες στεγνής επιφάνειας και ξανά σε συνθήκες ξήρανσης στο φούρνο. Ο όγκος καθορίζεται από την μάζα του νερού που εκτοπίζεται, είτε από την μείωση της μάζας στην μέθοδο του συρμάτινου καλάθιού).

- **Βασικός εξοπλισμός:** συρμάτινο καλάθι για αδρανή μεγέθους από 31,5mm έως 63mm ή πυκνόμετρο για τους μικρότερους κόκκους από 0,063mm έως 31,5mm.

- **Χρήσιμοι όροι:**

- πυκνότητα κόκκου μετά από ξήρανση σε φούρνο = ο λόγος της ξηρής μάζας (στο φούρνο) δείγματος αδρανών προς τον όγκο που απασχολεί μέσα στο νερό\*

\* ο όγκος μέσα στο νερό συμπεριλαμβάνει τα προσβάσιμα από το νερό κενά και τα εσωτερικά (μονωμένα) κενά.

Φαινόμενη πυκνότητα κόκκου = ο λόγος της της ξηρής μάζας (στο φούρνο) δείγματος αδρανών προς τον όγκο που απασχολεί μέσα στο νερό\*\*

\*\* ο όγκος συμπεριλαμβάνει εσωτερικά (μονωμένα) κενά, όχι όμως τα προσβάσιμα από το νερό κενά.

Πυκνότητα κόκκου σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρή κατάσταση = ο λόγος της μάζας επιφανειακά στεγνών κόκκων μαζί με το νερό στα προσβάσιμα κενά προς τον όγκο μέσα στο νερό\*\*\*

\*\*\*ο όγκος μέσα στο νερό συμπεριλαμβάνει τα εσωτερικά (μονωμένα) κενά αλλά και εξωτερικά προσβάσιμα κενά από το νερό.

- **Ελάχιστη μάζα δείγματος δοκιμής (test portion)** = 15 kg για μέγιστο κόκκο 63mm.

- **Υπολογισμοί και έκφραση αποτελεσμάτων:**

▪ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ( $\rho_a$ ) =  $\rho_w [M_4 / M_4 - (M_2 - M_3)]$

▪ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΞΗΡΑΝΣΗ ΣΤΟ ΦΟΥΡΝΟ ( $\rho_{rd}$ )

( $\rho_{rd}$ ) =  $\rho_w [M_4 / M_1 - (M_2 - M_3)]$

▪ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΟΚΚΟΥ ΣΕ ΚΟΡΕΣΜΟ ΜΕ ΣΤΕΓΝΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ( $\rho_{ssd}$ )

( $\rho_{ssd}$ ) =  $\rho_w [M_1 / M_1 - (M_2 - M_3)]$

### 4.4.2 Απορρόφηση νερού (υδατοαπορρόφηση) (EN 1097 – 6)

(= ως ποσοστό της ξηρής μάζας): υπολογίζεται μετά από βάπτισμα 24 ωρών και ισούται με:

$WA_{24} = 100 \times (M_1 - M_4) / M_4$

$WA_{24}$  = υδατοαπορρόφηση %

$M_1$  = η μάζα σε κορεσμένη και επιφανειακά ξηρή κατάσταση στον αέρα σε gr.

$M_2$  = φαινόμενη μάζα στο νερό του καλάθιού μαζί με το κορεσμένο δείγμα σε gr.

$M_3$  = φαινόμενη μάζα στο νερό άδειου καλάθιού σε gr.

$M_4$  = μάζα αποξηραμένου στο φούρνο δείγματος στον αέρα σε gr.

$\rho_w$  = πυκνότητα νερού σε θερμοκρασία που καταγράφηκε όταν μετρήθηκε η μάζα  $M_2$  σε μεγαγραμμάρια ανά  $m^3$ .

Η τιμή της πυκνότητας εκφράζεται στο κοντινότερο 0,01  $Mg/m^3$  και της υδατοαπορροφητικότητας στο 0,1%.

**Σημαντικό σχόλιο:** Η πυκνότητα και η υδατοαπορροφητικότητα των κόκκων σχετίζονται με το ειδικό βάρος, την υφή και το σχήμα τους. Οι Raymond et al (1979), έδειξαν ότι η φέρουσα ικανότητα του έρματος ακολουθεί αυξητική γραμμική συνάρτηση της πυκνότητας των κόκκων. Όσο υψηλότερο το ειδικό βάρος, τόσο μεγαλύτερη η φέρουσα ικανότητα του έρματος και τόσο χαμηλότερη η διάβρωση του (Raymond et al (1978).

Επίσης, υψηλό ειδικό βάρος κατά Raymond et al (1983) σημαίνει μεγαλύτερη ικανότητα στο έρμα να μειώσει τις χαμηλόσυχνες δονήσεις, οι οποίες πιστεύεται ότι είναι και η αιτία των διαφορικών καθιζήσεων. Η σύσταση λοιπόν από τους παραπάνω ερευνητές ήταν να γίνεται χρήση σκύρων με υψηλό ειδικό βάρος στις σιδηροδρομικές γραμμές υψηλών ταχυτήτων.

#### 4.4.3 Προσδιορισμός αντίστασης σε ψύξη και απόψυξη EN 1367.01

Εξαρτάται από το κλίμα, το λιθότυπο, το μέγεθος των πόρων και η κατανομή τους.

Εκτίμηση της αντίστασης σε ψύξη – απόψυξη μπορεί να γίνει από την πετρογραφική εξέταση, την υδατοαπορροφητικότητα και από τη δοκιμή υγείας.

Ειδικά για το έρμα, τα δείγματα μέσα στο θάλαμο θα υποστούν μια σειρά από 20 κύκλους ψύξης – απόψυξης (αντί για 10), σύμφωνα με το κανονιστικό παράρτημα F της EN 13450.

☉ Σημείωση: οι τάσεις που ασκούνται στα αδρανή λόγω παγετού, εξαρτώνται από το βαθμό κορεσμού καθώς επίσης και από το ρυθμό ψύξης(μεγάλη επικινδυνότητα στο θαλασσινό νερό).

☉ **Βασική αρχή:** βάπτισμα του κλάσματος των αδρανών ώστε να γίνεται πλήρης απορρόφηση νερού, κάτω από ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία  $20^{\circ}C \pm 3$ . Το δείγμα υπόκειται σε 20 κύκλους ψύξης απόψυξης. Η ψύξη γίνεται σταδιακά σε δύο φάσεις. Από  $20^{\circ}C \pm 3$  στο  $0^{\circ}C$  μέσα σε 2,5 ώρες ( $\pm 30min$ ) και διατηρείται στο  $0^{\circ}C$  για 3,5 ώρες ( $\pm 30min$ ). Κατόπιν μειώνεται στους  $-17,5^{\circ}C$  ( $\pm 2,5^{\circ}C$ ) μέσα σε 3 ώρες και διατηρείται κατ' ελάχιστο 4 ώρες. Τέλος τα δοχεία με το δείγμα βαπτίζονται σε νερό με θερμοκρασία  $20^{\circ}C$  για 10 ώρες περίπου.

Κάθε κύκλος ψύξης – απόψυξης ολοκληρώνεται σε 24 ώρες.

Μετά την ολοκλήρωση των κύκλων, τα αδρανή εξετάζονται για απώλεια βάρους, παρουσία ρωγμών και αν χρειάζεται μεταβολών στην αντοχή. Για την εξέταση της απώλειας βάρους το περιεχόμενο των δοχείων πλένεται, ξηραίνεται και κοσκινίζεται, σε κόσκινο που έχει άνοιγμα ίσο με το μισό του μικρότερου κόσκινου που χρησιμοποιήθηκε για την προετοιμασία του δείγματος δοκιμής. Τέλος το εναπομείναν στο κόσκινο δείγμα ζυγίζεται.

Το ποσοστό απώλειας μάζας των τριών δειγμάτων F υπολογίζεται ως :

$$F = [(M_1 - M_2) / M_1] \times 100$$

Όπου  $M_1$  = αρχική ξηρή συνολική μάζα των τριών δειγμάτων σε gr



Και  $M_2$  = τελική ξηρή συνολική μάζα των τριών δειγμάτων που συγκρατείται στο κόσκινο σε gr.

🌀 **Δείγμα:** γίνεται χρήση τριών δειγμάτων. Προτεινόμενο μέγεθος κλάσματος 8 – 16 mm με απαιτούμενη μάζα δοκιμής 2 kg. Για αρχικό δείγμα με κοκκομετρική διαβάθμιση 32-63mm απαιτείται μάζα 6 kg, ενώ με 16-32mm απαιτείται μάζα 4 kg.

Όπου η μέθοδος δε διακρίνει επαρκώς τους τύπους των αδρανών, όσον αφορά την ανθεκτικότητα, μπορεί να γίνει χρήση διαλύματος NaCl ( 1% ) και ουρίας.

#### 4.4.4 Δοκιμές για θερμικές και αποσαθρωτικές ιδιότητες αδρανών EN 1367 – 2 (δοκιμή υγείας θειικού μαγνησίου).

Το πρότυπο EN 1367 – 2 εφαρμόζεται σύμφωνα με τις κανονιστικές ρυθμίσεις του Παραρτήματος G της EN 13450

- Χρησιμοποιούνται δύο δείγματα με μάζα 10 kg το καθένα (5kg από κλάσμα 31,5-40mm και 5kg από κλάσμα 40-50mm.
- Χρησιμοποιείται καλάθι για βάφτιση του δείγματος με άνοιγμα βρογχίδας 4mm και διαστάσεις βάθους 260mm και διαμέτρου 230mm.
- Χρήση κόσκινων με άνοιγμα 22,4mm, 31,5mm, 40mm και 50mm.
- Χρήση διαλύματος θειικού Μαγνησίου.
- Η βάφτιση του καλαθιού διαρκεί 17 ώρες ( $\pm 0,5$ ), Ακολουθεί στράγγισι για 2 ώρες ( $\pm 0,25$ ) και μετά ξήρανση για 24 ώρες ( $\pm 1$ ).
- Η διαδικασία περιλαμβάνει 10 κύκλους.
- Υπολογισμός της μάζας  $M_2$  που συγκρατείται στο κόσκινο 22,4mm.

#### 4.4.5 Δοκιμή βρασμού για βασάλτη “Sonnenbrand”

❖ Χρήσιμοι όροι: “Sonnenbrand” = τύπος εξαλλοίωσης που παρουσιάζεται σε ορισμένους βασάλτες και εκδηλώνεται κάτω από την επίδραση ατμοσφαιρικών συνθηκών.

- το φαινόμενο ξεκινά με την εμφάνιση γκρι-λευκών κηλίδων σχήματος αστεριού. Από τις κηλίδες αυτές ξεκινούν συνήθως ακτινικές τριχοειδείς ρωγμές που τις αλληλοσυνδέουν. Έτσι μειώνεται η αντοχή της δομής του κοιτάσματος και τελικά το πέτρωμα εξαλλοιώνεται. Ανάλογα με την πηγή, αυτή η διαδικασία μπορεί να λαμβάνει χώρα μέσα στους μήνες της εξόρυξης ή να διαρκέσει μερικές δεκαετίες. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις η απότομη εξαλλοίωση έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό μεγάλων ρωγμών και τη θραύση των κόκκων.

- Βασική αρχή: κομμάτια βασάλτη εξετάζονται για ενδείξεις “Sonnenbrand” και δείγματα κοκκομετρημένου βασάλτη ελέγχονται για την ποσοστιαία απώλεια μάζας και απώλεια αντοχής μετά το βρασμό.

- Δείγμα για οπτικό έλεγχο: τεμάχιο λατομείου τόσο ώστε να προκύψει επιφάνεια εμβαδού  $0,005m^2$  ή μεγαλύτερη.

\* τεμάχιο ελάχιστης διάστασης 75mm είναι ικανοποιητικό. Προιόνιζεται το τεμάχιο ώστε να προκύψουν δύο δείγματα.

- Δείγματα για καθορισμό απώλειας μάζας μετά από βρασμό:

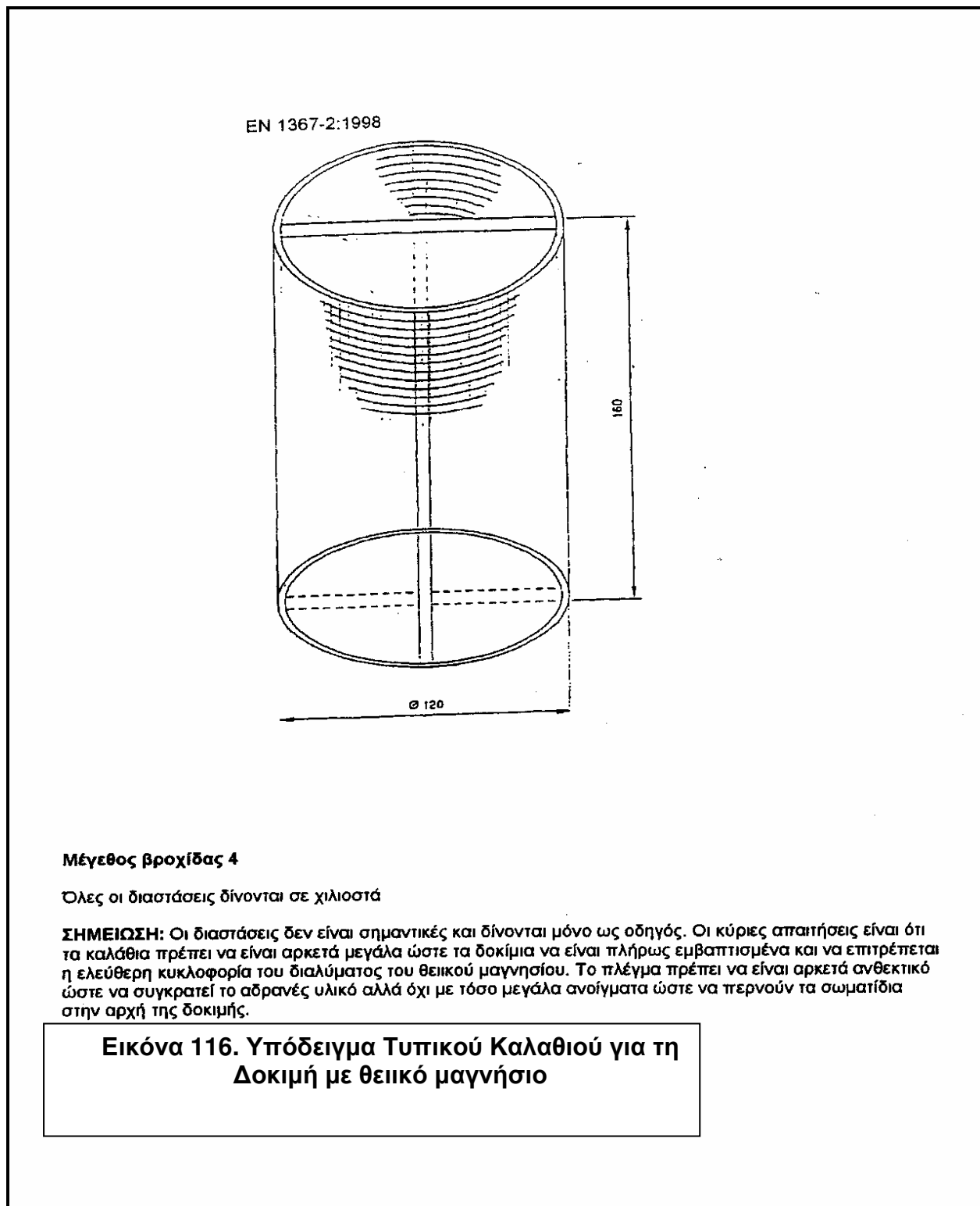
Χρησιμοποιούνται δύο δείγματα. Βράζεται το ένα δείγμα για 36 ώρες ( $\pm 1$ ). Εξάγεται το βρασμένο δείγμα και επιθεωρείται οπτικά για την ύπαρξη κηλίδων. Βράζεται το δεύτερο δείγμα, ξηραίνεται και κοσκινίζεται σε κόσκινο ανοίγματος το μισό του μικρότερου ονομαστικού μεγέθους κόκκου. Ζυγίζεται

το συγκρατούμενο και προσδιορίζεται η απώλεια μάζας  $M_1$  από τον παρακάτω τύπο:

$$M_1 = [(m_o - m_1) / m_o] \times 100$$

Όπου  $m_o$  = η μάζα του δείγματος δοκιμής πριν το βρασμό σε gr

Και  $m_1$  = η μάζα του κλάσματος που συγκρατείται στο κόσκινο μετά το βρασμό σε gr.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

## AMIANTΟΣ – ειδική αναφορά

## 6.1 Γενικά

ΦΕΚ με αριθμό φύλλου 1045 (29 Ιουλίου 2003).

ΑΠΟΦΑΣΗ υπ'αρ.82/2003

Τροποποίηση του Π.Δ. 445/1983 (ΦΕΚ 166/Α'/17.11.1983) σε εναρμόνιση προς την Οδηγία 1999/77/Ε.Κ της Επιτροπής (ΕΕL207/6.8.1999) "για την έκτη προσαρμογή στην τεχνική πρόοδο του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 76/769/ΕΟΚ του Συμβουλίου περί προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των Κρατών Μελών που αφορούν **περιορισμούς της κυκλοφορίας στην αγορά και χρήσης μερικών επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων (αμίαντος).**

.....

.....

Άρθρο 3

« Η παρούσα απόφαση συνοδεύεται από Παράρτημα, το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα αυτής.

Από την έναρξη ισχύος της ανωτέρω Οδηγίας 1999/77/Ε.Κ.(26.8.1999) μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2005 δεν επιτρέπονται νέες εφαρμογές του χρυσοτιλικού αμιάντου στην Ελλάδα».

Άρθρο 4

« Η ισχύς της παρούσας απόφασης αρχίζει από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 2005.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Το σημείο 11 του Παραρτήματος Ι του Π.Δ. 445/1983 (ΦΕΚ 166/Α'/17.11.1983), όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει αντικαθίσταται από το ακόλουθο σημείο:

- |  |   |
|--|---|
| *11.1. Κροκιδόλιθος, CAS αριθ. 12001-28-4    | 11.1. Απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά και η   |
| Αμοσίτης, CAS αριθ. 12172-73-5               | χρήση των ινών  |
| Ανθοφυλλιτικός αμίαντος, CAS αριθ.77536-67-5 | αυτών και των   |
| Ακτινολιθικός αμίαντος, CAS αριθ.77536-66-4  | προϊόντων που τις   |
| Τρεμολιθικός αμίαντος, CAS αριθ.77536-68-6   | περιέχουν κατόπιν   |
|  | εκούσιας προσθήκης  |
| 11.2. Χρυσοτίλης, CAS αριθ.12001-29-5        | 11.2. Απαγορεύεται η διάθεση στην αγορά και η χρήση των ινών αυτών και των προϊόντων στα οποία σκοπίμως προστίθενται οι ίνες αυτές. |

Εξαιρούνται τα διαφράγματα που χρησιμοποιούνται στις υπάρχουσες ηλεκτρολυτικές εγκαταστάσεις είτε μέχρι το τέλος της διάρκειας λειτουργίας τους, είτε έως ότου υπάρχουν διαθέσιμα κατάλληλα υποκατάστατα απαλλαγμένα αμιάντου, ανάλογα με το ποια από τις δύο αυτές δυνατότητες προηγείται χρονικά.

Η χρήση προϊόντων που περιέχουν ίνες αμιάντου των σημείων 11.1 και 11.2 και τα οποία ήταν ήδη εγκατεστημένα ή/και σε λειτουργία πριν από την ημερομηνία θέσεως σε εφαρμογή της οδηγίας 1999/77/ΕΚ επιτρέπεται μέχρι την τελική απόρριψη τους ή μέχρι το τέλος της διάρκειας λειτουργίας τους. Ωστόσο, μπορεί, για λόγους προστασίας της υγείας, να απαγορευθεί η χρήση των προϊόντων πριν από την τελική απόρριψη τους ή το τέλος της διάρκειας λειτουργίας τους.

Με την επιφύλαξη της εφαρμογής άλλων νομοθετικών διατάξεων περί ταξινόμησης, συσκευασίας και επισήμανσης επικίνδυνων ουσιών και παρασκευασμάτων, η διάθεση στην αγορά και η χρήση των ινών αυτών και των προϊόντων που τις περιέχουν, όπως προβλέπεται από τις προηγούμενες παρεκκλίσεις, επιτρέπεται μόνον εάν τα προϊόντα φέρουν επισήμανση σύμφωνα με τις διατάξεις του παραρτήματος ΙΙ του Π.Δ.445/1983 (ΦΕΚ 166/Α'/17-11-1983), όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει\*.

## 6.2 Τι είναι ο αμιάντος;

Είναι η κοινή ονομασία μιας ομάδας πυριτικών ορυκτών με ινώδη χαρακτηριστική μορφή. Στη φύση απαντά σε δύο βασικούς ορυκτολογικούς τύπους:

- **ΧΡΥΣΟΤΙΛΙΚΟΣ AMIANTΟΣ:** ένυδρο πυριτικό άλας του μαγνησίου. Γενετικά συνδέεται με την ανάδρομη μεταμόρφωση και τη θραυσιγενή παραμόρφωση του αντιγοριτικού σερπεντινίτη, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το γνωστό κοίτασμα αμιάντου του Ζιδανίου του Ν. Κοζάνης που σταμάτησε να λειτουργεί πριν από λίγα χρόνια. Ο τύπος του χρυσοτιλικού αμιάντου, λόγω των ιδιοτήτων του, αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής και κατανάλωσης.
- **ΑΜΦΙΒΟΛΟΣ :**μεγάλη ορυκτολογική οικογένεια από ένυδρα πυριτικά άλατα του μαγνησίου, του ασβεστίου και του σιδήρου. Στην κατηγορία αυτή, τα ορυκτά του αμιάντου είναι ο **κροκιδόλιθος (μπλε αμιάντος), ο αμοσίτης ο ινώδης ανθοφυλλίτης, ο ινώδης ακτινόλιθος και ο ινώδης τρεμόλιθος,** η γένεση των οποίων συνδέεται κύρια με φαινόμενα εξαλλοίωσης σε συνθήκες δυναμομεταμόρφωσης και παραμορφωτικών διαδικασιών βασικών και μεταβασικών κυρίως πετρωμάτων.

Γενικά ο αμιάντος παρουσιάζει χαρακτηριστικές ιδιότητες όπως η εξαιρετική αντοχή του σε υψηλές θερμοκρασίες, αντοχή στη δράση χημικών ουσιών, αντίσταση στον ηλεκτρισμό, η μεγάλη θερμομονωτική του ικανότητα κ.α. Εξαιτίας των παραπάνω ιδιοτήτων του χρησιμοποιήθηκε από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι σήμερα, σε ευρύ πεδίο βιομηχανικών εφαρμογών όπως: στα μονωτικά υλικά, σε ενδύματα ασφαλείας, σε υφάσματα, στα φρένα των αυτοκινήτων και κύρια στην παραγωγή προϊόντων αμιαντοτσιμέντου. Τα τελευταία χρόνια ο αμιάντος ενοχοποιείται για πολύ σοβαρά προβλήματα υγείας όπως η αμιάντωση ή πνευμονοκοκκίωση, καρκίνος κ.α. Η διαπίστωση αυτή, ότι δηλαδή τα αμιαντόμορφα ορυκτά που δύνανται να απελευθερωθούν στον αέρα επιδρούν αρνητικά στην ανθρώπινη υγεία, συντέλεσε στη σημαντική μείωση της παραγωγής και χρήσης του αμιάντου. Θα πρέπει εδώ να τονιστεί ότι ως αμιάντος χαρακτηρίζονται τα παραπάνω ορυκτά όταν βρίσκονται υπό ινώδη μορφή, δηλαδή όταν ο λόγος του μήκους προς το πλάτος των κρυστάλλων είναι >3:1 και διαστάσεις μήκους τουλάχιστον 5μm και πλάτους (διαμέτρου) < 3μm, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Όταν για

παράδειγμα οι κρύσταλλοι του τρεμόλιθου βρίσκονται υπό μορφή δοκίδων, δηλαδή με διαστάσεις μήκους  $< 5\mu\text{m}$  και διάμετρο  $> 3\mu\text{m}$  και λόγω σχέσης αυτών μικρότερο από το παραπάνω όριο, δεν κατατάσσονται στην κατηγορία του αμιάντου κι επομένως δεν ισχύουν οι περιορισμοί που έχουν θεσπισθεί για την προστασία των εργαζομένων αλλά και του καταναλωτικού κοινού.

### 6.3 Μέτρηση Αμιάντου – Δειγματοληψία (Φ.Ε.Κ. 31/A/17-2-88)

Διενεργείται με μέτρηση της έκθεσης κάθε εργαζόμενου σε αιωρούμενες στον αέρα ίνες αμιάντου και εκφράζεται σε ίνες ανά κυβικό εκατοστόμετρο αέρα.

Λαμβάνεται δείγμα από τον αέρα που εισπνέει ο εργαζόμενος το οποίο αναλύεται για να καθοριστεί η ποσότητα του αμιάντου που περιέχει.

Η διάρκεια των δειγματοληψιών πρέπει, να επιτρέπει τον προσδιορισμό, άμεσα με την μέτρηση ή έμμεσα με υπολογισμό, της μέσης χρονικά σταθμισμένης έκθεσης του εργαζόμενου σε αμιάντο για μια περίοδο αναφοράς 8 ωρών (μία βάρδια).

#### Οριακές τιμές έκθεσης

α) Για όλους τους τύπους αμιάντου, εκτός του κροκιδόλιθου, η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή συγκέντρωσης ινών αμιάντου, στον αέρα του χώρου εργασίας, στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε 8ωρης ημερήσιας εργασίας μιας 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας, δεν πρέπει να ξεπερνά την 1 ίνα ανά κυβικό εκατοστόμετρο αέρα.

β) Για τον κροκιδόλιθο, η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα του χώρου εργασίας, στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε 8ωρης ημερήσιας εργασίας μιας 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας, δεν πρέπει να ξεπερνά τις 0,5 ίνες ανά κυβικό εκατοστόμετρο αέρα.

γ) Για μίγμα κροκιδόλιθου με άλλους τύπους αμιάντου η χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα του χώρου εργασίας, στην οποία εκτίθενται οι εργαζόμενοι κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε 8ωρης ημερήσιας εργασίας μιας 40ωρης εβδομαδιαίας εργασίας, δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$(\alpha\chi - \beta\psi) / 100 \text{ ίνες/cm}^3$$

όπου: α = ποσοστό κροκιδόλιθου που περιέχεται στο μίγμα

β = ποσοστό των άλλων τύπων αμιάντου που περιέχονται στο μίγμα

χ = οριακή τιμή έκθεσης σε κροκιδόλιθο

ψ = οριακή τιμή έκθεσης σε άλλους τύπους αμιάντου

Οι μετρήσεις πρέπει να διενεργούνται με ατομικές δειγματοληψίες, κατά τις οποίες ο δειγματολήπτης τοποθετείται πάνω στον εργαζόμενο και φέρεται από αυτόν κατά τη διάρκεια της εργασίας του. Η θήκη του φίλτρου προσαρμόζεται σε κατάλληλο σημείο κοντά στο πρόσωπο του εργαζόμενου, ώστε το στόμιο εισόδου του αέρα να βρίσκεται μέσα στη ζώνη αναπνοής του, δηλαδή μέσα σε ένα νοητό ημισφαίριο με ακτίνα 30 cm που εκτείνεται μπροστά από το πρόσωπο του εργαζόμενου και έχει κέντρο το μέσο της γραμμής που συνδέει τα αυτιά του.

Εκτός των ατομικών και συμπληρωματικά με αυτές, μπορούν να διενεργούνται και στατικές δειγματοληψίες, για την μέτρηση της συγκέντρωσης ινών αμιάντου στον αέρα σε ορισμένες θέσεις εργασίας.

- Βασικά εξαρτήματα δειγματολήπτη:

1. φορητή αντλία με ενσωματωμένη επαναφορτιζόμενη μπαταρία και ενσωματωμένο ή εξωτερικό μηχανισμό ομαλοποίησης της ροής.
2. θήκη φίλτρου ανοικτού τύπου
3. φίλτρο τύπου μεμβράνης με πόρους διαστάσεων 0,8 – 1,2  $\mu\text{M}$  και κánaβο.
4. πλαστικός σωλήνας για τη σύνδεση της αντλίας με τη θήκη του φίλτρου

- Βοηθητικά εξαρτήματα:

Μετρητής ροής, φορτιστής αντλίας, εξαρτήματα για την προσαρμογή του δειγματολήπτη πάνω στον εργαζόμενο.

Τεχνικές Προδιαγραφές για την πορεία της δειγματοληψίας:

- η παροχή του αέρα στο δειγματολήπτη ρυθμίζεται αρχικά σε 1lt/min με ανοχή  $\pm 5\%$  και πρέπει να διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας με απόκλιση από την αρχική τιμή όχι μεγαλύτερη από  $\pm 10\%$ .
- η παραδεκτή ανοχή κατά την μέτρηση του χρόνου δειγματοληψίας είναι  $\pm 2\%$ .
- η άριστη φόρτιση των φίλτρων με ίνες, που επικάθονται κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, κυμαίνεται μεταξύ 100 και 400 ινών ανά  $\text{mm}^2$  επιφάνειας φίλτρου.
- η επικάθιση των ινών πάνω στο φίλτρο πρέπει να γίνεται με την μεγαλύτερη δυνατή ομοιογένεια
- κατά τη δειγματοληψία η θήκη του φίλτρου είναι στραμμένη προς τα κάτω
- προετοιμασία του φίλτρου κατά τη δειγματοληψία.

Μετά το πέρας της δειγματοληψίας, το φίλτρο εξάγεται από τη θήκη, τοποθετείται κατά προτίμηση ολόκληρο πάνω σε αντικειμενοφόρο μικροσκοπίου και διαφανοποιείται με την μέθοδο ακετόνης-τριοξεικής γλυκερίνης. Στη συνέχεια το φίλτρο καλύπτεται με υάλινη καλυπτρίδα και εξετάζεται σε κατάλληλο διοπτρικό μικροσκόπιο για την μέτρηση των ινών αμιάντου που επικάθησαν επάνω του.

Ιατρικά θέματα:

Η βλαπτικότητα του αμιάντου, σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, πιθανώς να οφείλεται στο ότι οι λεπτότατες ίνες ούτε μεταβολίζονται, ούτε αποβάλλονται από τον οργανισμό.

Οι πρώτες ενδείξεις για την επικινδυνότητα του αμιάντου καταγράφηκαν το έτος 1906.

Το 1960 ο Wagner κατέγραψε 33 περιπτώσεις ασθενών με μεσοθηλίωμα, από τους οποίους οι 28 είχαν έκθεση σε ίνες κροκιδόλιθου.

Στη χώρα μας αναγνωρίζονται από το άρθρο 40 του κανονισμού του ΙΚΑ (1979) ως επαγγελματικές ασθένειες αυτές που προκαλούνται από ίνες αμιάντου.

Στον καρκίνο του πνεύμονα συνυπάρχει με αμιάντωση, το μεσοθηλίωμα του Περιτοναίου, ενώ πρόσφατα προστέθηκε και το μεσοθηλίωμα του Υπεζωκότα.

Από το 1971 έως το 1989 είχαν περιγραφεί 37 περιπτώσεις μεσοθηλιωμάτων, από τα οποία μόνο μία έχει αποδοθεί σε επαγγελματική



έκθεση σε αμιάντο (οι υπόλοιπες περιπτώσεις είχαν αποδοθεί σε περιβαλλοντική έκθεση).

Δυστυχώς στην χώρα μας δεν έχουμε σύστημα καταγραφής των επαγγελματικών ασθενειών, με αποτέλεσμα να μην αποζημιώνονται οι εργαζόμενοι, αλλά και να μην έχουμε ένα αποτελεσματικό σύστημα πρόληψης τέτοιων παθήσεων.

Σύμφωνα με τις σημερινές μας γνώσεις η έκθεση σε ίνες αμιάντου μπορεί να προκαλέσει:

- Αμιάντωση
- Μεσοθηλίωμα του Υπεζωκότα
- Καρκίνο του πνεύμονα
- Μεσοθηλίωμα του Περιτοναίου
- Καρκίνο του λάρυγγα

Ο χρόνος μεταξύ έκθεσης και ανάπτυξης της νόσου μπορεί να ανέρχεται σε 30 έως 40 χρόνια.

Η μεγαλύτερη βιομηχανική δραστηριότητα με χρήση αμιάντου, αναπτύχθηκε στη χώρα μας από το τέλος της δεκαετίας του '70 έως το 1990.

Σύμφωνα με τις εμπειρίες των άλλων ευρωπαϊκών χωρών, αναμένουμε στη χώρα μας αύξηση της εμφάνισης αυτών των ασθενειών.

Επειδή υπήρξε διαδεδομένη χρήση προϊόντων αμιάντου (ιδιαίτερα αμιαντοσιμέντου), η απομάκρυνση του πρέπει να γίνει με ιδιαίτερη προσοχή, διότι συνυπάρχει ο κίνδυνος να έχουμε διαφυγή των ινών αμιάντου στο περιβάλλον και να δημιουργήσουμε μεγαλύτερο πρόβλημα δημόσιας Υγείας.

#### **6.4 Παράδειγμα αναφοράς και περιγραφής λιθότυπου με αμιαντούχα ορυκτά**

Η προπαρασκευή και μελέτη του δείγματος έγινε στο ΙΓΜΕ και περιλάμβανε:

- Κατασκευή λεπτών τομών και μελέτη αυτών στο πολωτικό μικροσκόπιο διερχόμενου φωτός
- Μικροφωτογράφιση υλικού των λεπτών τομών με video-camera και επεξεργασία των ληφθεισών φωτογραφιών σε Η/Υ.
- Λιοτρίβιση και ανάλυση υλικού σε αυτόματο περιθλασίμετρο ακτίνων Χ και αξιολόγηση (ποιοτική και ποσοτική) των συγκεκριμένων διαγραμμάτων στον Η/Υ.
- Ποιοτική και ποσοτική μικροανάλυση σε Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης.
- Εκατοστιαία ορυκτολογική ανάλυση συγκεκριμένων ορυκτών του δείγματος.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν και αφορούν τόσο την ορυκτολογική σύσταση, όσο και άλλα πετρογραφικά χαρακτηριστικά του δείγματος είναι τα ακόλουθα:

*Χρώμα: ροδότεφρο (ανοικτό έως σκούρο)*

*Υφή: συμπαγής*

**A. Μικροσκοπική εξέταση**

1. Λιθότυπος: αλκαλικός-πηγματιτικός γρανίτης
2. Ιστός: κοκκώδης γραφικός (ο ιστολογικός χαρακτήρας παραπέμπει είτε σε φλεβικό πέτρωμα, είτε σε πλουτωνίτη μικρού βάθους, είτε σε περιφερειακή ζώνη πλουτωνίου σώματος).
3. Ορυκτολογική σύσταση:
  - αλκαλικοί άστριοι

- χαλαζίας, είτε ελεύθερος στους ενδιάμεσους των αστρίων χώρους, είτε σε σύμφυση με τους αστρίους σε ιερογλυφική μορφή (= μορφή που θυμίζει σφηνοειδή γραφή). Οι κρύσταλλοι του χαλαζία έχουν ποικίλο μέγεθος και χαρακτηρίζονται από έντονη κυματοειδή κατάσβεση, στοιχείο που δηλώνει ότι το πέτρωμα έχει υποστεί δυναμικές πιέσεις, το πιθανότερο λόγω διεύθυνσης αυτού στον περιβάλλοντα χώρο.

- Νατριούχος αμφίβολος (ριβεκίτης). Απαντάται:

α) σε διάσπαρτους αμιγείς κρυστάλλους ποικίλου μεγέθους.

β) σε μικτά συσσωματώματα μαζί με νατριούχο πυρόξενο.

γ) σε ποικίλου μήκους **ΛΕΠΤΕΣ ΪΝΕΣ**, που αντιστοιχούν σε πολύ επιβλαβές για την υγεία είδος αμιάντου, που ονομάζεται **κροκιδόλιθος ή μπλε αμίαντος**.

- Νατριούχος πυρόξενος, σε ανεξάρτητα ή σε μικτά με ριβεκίτη συναθροίσματα. Στη δεύτερη περίπτωση ο πυρόξενος αποτελεί προϊόν μετεξέλιξης του ριβεκίτη.

- Τιτανίτης, ζιρκόνιο, επίδοτο, αδιαφανείς μεταλλικοί κόκκοι και οξειδια-υδροξείδια σιδήρου, σα σύνδρομα – επουσιώδη συστατικά.

B. Ανάλυση με περιθλασιμετρία ακτίνων X (XRD).

Προέκυψε η μέση σύσταση του δείγματος ως εξής:

- Μικροκλινής = 34%
- Μικροπερθίτης = 15%
- Αλβίτης = 13%
- Χαλαζίας = 25%
- Ριβεκίτης = 5%
- Κροκιδόλιθος = (=μπλε αμίαντος) = 3,5%
- Νατριούχος πυρόξενος = 3,5%
- λοιπά σύνδρομα ορυκτά  $\leq 1\%$ .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η εναρμόνιση των ελληνικών προδιαγραφών για το έρμα με τις αντίστοιχες ευρωπαϊκές αποτελεί θετική εξέλιξη για τη χώρα μας. Η Ελλάδα μπορεί πλέον να συμμετέχει με συγκριτικά στοιχεία στο σύγχρονο πανευρωπαϊκό δίκτυο, αλλά και να δανείζεται επιστημονικές πληροφορίες τόσο από μετρήσεις επί τόπου στη γραμμή όσο και από εργαστηριακά μοντέλα άλλων σύγχρονων κρατών με τρένα υψηλής ταχύτητας.
- Αναπτύχθηκε έρευνα για τα σκληρά πετρώματα στον ελληνικό χώρο και στην ευρύτερη περιοχή (κυρίως Βουλγαρία Τουρκία και Κύπρος). Οργανώθηκαν και εξοπλίστηκαν τα εργαστήρια για να αντιμετωπίσουν τη νέα τεχνολογία των μαγματικών σκύρων, η οποία συνδυάστηκε με την έρευνα για τους αντιολισθηρούς τάπητες.
- Ανακαλύφθηκαν πηγές εξόρυξης σε εγκαταλειμμένες – ερημικές περιοχές, προσδίδοντας οικονομικό ενδιαφέρον σ' αυτές και θέσεις εργασίας σε κατοίκους φτωχών χωριών και κωμοπόλεων.
- Οι νέες προδιαγραφές δίνουν ένα εύρος κατηγοριών και κλάσεων για τις ιδιότητες του έρματος, ώστε οι χρήστες να μπορούν να επιλέγουν τα κατάλληλα όρια τιμών για τα σιδηροδρομικά αδρανή υψηλής ποιότητας της περιοχής τους.
- Με δεδομένο από τις επί τόπου γεωλογικές συνθήκες ότι τα σκληρά πετρώματα είναι συχνά ελαφρώς μεταμορφωμένα, το ποσοστό των πλακοειδών κόκκων αυξάνεται σημαντικά. Παρά ταύτα το ανώτατο όριο του 15% που έχει τεθεί από την ΕΡΓΟΣΕ και υπάρχει στα ευρωπαϊκά Πρότυπα, μας επιτρέπει να βρισκόμαστε εντός ορίων αλλά δημιουργούνται συνθήκες κακής αρχικής συμπύκνωσης και «εύκολης θραύσης» στη στρωμένη γραμμή. Η πρότασή μας είναι να επανεξεταστεί το όριο 15% με δυνατότητα να υλοποιηθεί το αμέσως χαμηλότερο όριο του 11% για τα ελληνικά δεδομένα στην παρούσα φάση.
- Να τεθεί σε προβληματισμό ο συνδυασμός του αποτελέσματος της δοκιμής Microdeval με το αποτέλεσμα της δοκιμής Los Angeles προκειμένου να κριθεί η καταλληλότητα του δείγματος. Για πάνω από χίλια αποτελέσματα των εν λόγω δοκιμών που έχουν εκτελεστεί για λογαριασμό της ΕΡΓΟΣΕ αλλά και των Προμηθευτών Αναδόχων, η ακαταλληλότητα ορισμένων δειγμάτων κρίθηκε αποκλειστικά από τις τιμές του συντελεστή Los Angeles και όχι από το συντελεστή Microdeval.
- Απώτερος στόχος της μελέτης των σιδηροδρομικών αδρανών είναι η υλοποίηση ενός άνετου, ασφαλούς και φθηνού (στη λειτουργία και στη συντήρηση) τρένου. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να γίνουν υποχρεωτικές οι επί τόπου δοκιμές κατά τη λειτουργία των συρμών και να προετοιμαστούμε από τώρα για τη συντήρηση της νέας γραμμής υψηλών ταχυτήτων, για την οποία η εμπειρία μας είναι μειωμένη. Οι δοκιμές μεγάλης κλίμακας πρέπει να εκτελούνται και στην Ελλάδα ώστε να υπάρξουν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ των πρωτογενών χαρακτηριστικών των σκύρων του έρματος και της επί τόπου απόδοσης της γραμμής.

- Η ανάγκη προστασίας του Περιβάλλοντος μας δίνει νέες ιδέες για την αξιοποίηση των στείρων υλικών των εκρηξιγενών πετρωμάτων που αποβάλλονται κατά τη θραύση από το συγκρότημα του σπαστηριοτριβείου.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε./ Δ/νση Κατασκευών / Συμβατικά τεύχη 2004.
- ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε./ Δ/νση Προμηθειών & Συμβάσεων / Υποψήφια λατομεία για την εξόρυξη σκύρων έρματος για τη Νέα Διπλή Σιδ/κή Γραμμή Υψηλών Ταχυτήτων 1997 – 2007.
- ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε./ Δ/νση Υπηρεσιών Έργων / Τμήμα Ελέγχου Ποιότητας Έργων / Έντυπα εργαστηριακών δοκιμών σιδηροδρομικών αδρανών, 2007.
- Ι.Γ.Μ.Ε. / Πετρογραφικές – Ορυκτολογικές αναλύσεις 1997 – 2007.
- ΕΛΟΤ Α.Ε./ Ελληνικά Πρότυπα για αδρανή σιδηροδρομικών γραμμών 2005.
- University of Nottingham “Mechanics of Railway Ballast Behaviour” by Wee Loon Lim, 2004.
- ProM@in “Innovative Track Systems – Technical Construction” by Franz Quante, 2000 – 2003.
- “Railway Technology Today 2” edited by Kanji Wako / “The mechanism of Railway Tracks by Shigera Miura, Hideyuki Takai, Masao Uchida and Yasuto Fucada, 1998.
- Delft University of Technology, The Netherlands / “SLAB TRACK : a competitive Solution”, by Coenraad Esveld, 1999.
- Guide to Rocks & Minerals by Simon & Schusters’s, 1987.
- University of Wollongong:” evaluation of the engineering behaviour of railway ballast”, by Ionescu Daniela, 2004.
- FREUDENSTEIN Infrastrukturtechnik GmbH & Co. KG / European Slab Track Symposium, Bruxelles: “Dimensioning of ballastless Tracks”, by Dr.-Ing. Stephan, 2005.
- FREUDENSTEIN Infrastrukturtechnik GmbH & Co. KG / European Slab Track Symposium, Bruxelles: “Ballastless track technology in the controversial field of modern railway superstructures, by Hans BACHMANN, 2005.
- ZÜBLIN / Slab Track Systems, Germany, 2006.

- 
- TECHNICAL UNIVERSITY Vienna Austria, "Geotechnical aspects for high – speed railways by H. Brandl, 2004.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

**Περιεχόμενα:** Έντυπα εργαστηριακών δοκιμών, για συστηματικές δοκιμές ποιοτικού ελέγχου σιδηροδρομικών αδρανών, από ΕΡΓΟΣΕ Α.Ε.

## ΕΝΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑΣ & ΜΗΚΟΥΣ ΚΟΚΚΩΝ ΣΚΥΡΩΝ

(βάσει των προδιαγραφών EN 13450 - EN 933-1)

<b>ΣΥΜΒΑΣΗ Ν<sup>ο</sup>:</b>	<b>ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΣΚΥΡΩΝ Ν<sup>ο</sup>:</b>
-------------------------------	---

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

Προέλευση υλικού:  
 Αποστολέας Δείγματος: ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ  
 ΠΑΡΤΙΔΑ:

προμηθευτής:  
 Αριθ.Πρωτ.:  
 Κωδικός Δείγματος:

Μεθοδολογία δοκιμής:  ΧΩΡΙΣ ΠΛΥΣΙΜΟ  ΜΕ ΠΛΥΣΙΜΟ

Υπολογισμός Υγρασίας					
$M_Y =$	(Kg)			$M_Y =$	(Υγρό βάρος)
$M_Z =$	(Kg)			$M_Z =$	(Στεγνό βάρος)
Υλικά για κοκκομετρία					
$M_{1\cdot}$	(Kg)			$M_{1\cdot}$	Βάρος υγρό
$M_1 =$	(Kg)		$M_1 = \frac{M_Z}{M_Y} \times M_{1\cdot}$	$M_1 =$	Βάρος στεγνό (min~27 Kg.)
$M_2 =$	(Kg)			$M_2 =$	Βάρος στεγνό (μετά από πλύσιμο στο κόσκινο 0,5 mm).
Μέγεθος των οπών των Κοσκίνων σε (mm)	Συγκρατούμενο βάρος ανά κόσκινο σε (Kg)	Ολικό συγκρατούμενο βάρος (R <sub>i</sub> ) σε (Kg).	Ολικό Συγκρατούμενο βάρος σε ποσοστό % $\frac{R_i}{M_1} \times 100$	Ολικό διερχόμενο βάρος σε ποσοστό %	ΟΡΙΑ* Ολικού διερχόμενου βάρους %
63					<b>100</b>
50					<b>70 - 99</b>
40					<b>30 - 65</b>
31,5					<b>1 - 25</b>
22,4		ΣR <sub>i</sub> =			<b>0 - 3</b>
διερχόμενο του 22,4:		P <sub>22,4</sub> =	P <sub>50</sub> - P <sub>31,5</sub> =		<b>≥ 50</b>
		ΣR <sub>i</sub> +P <sub>22,4</sub> =	$\frac{M_1 - (\sum R_i + P_{22,4})}{M_1} \times 100 =$		<b>&lt;1%</b>

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΜΗΚΟΥΣ ΚΟΚΚΩΝ	
$K_1 =$	(Kg) Συνολικό στεγνό βάρος (min 40 Kg.)
$K_2 =$	(Kg) Βάρος κόκκων ≥ 100 mm
<b>ΜΗΚΟΣ ΚΟΚΚΩΝ = <math>\frac{K_2}{K_1} \times 100 = \leq 6 \%</math> (ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Β)</b>	

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.**

Ο Εκτελέσας τη δοκιμή  Ο Ελέγξας τη δοκιμή

\*Όρια σύμφωνα με : Τύπο Α, πίνακος 1, παραγράφου 6.3 EN-13450

Ημ/νία:

Ημ/νία:

**ΕΝΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ  
ΚΑΘΑΡΟΤΗΤΑΣ ΣΚΥΡΩΝ**

(βάσει της προδιαγραφής EN 933-1)

**ΣΥΜΒΑΣΗ Ν<sup>ο</sup>:****ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ  
ΣΚΥΡΩΝ Ν<sup>ο</sup>:****Στοιχεία Δείγματος**Προέλευση υλικού:  
Αποστολέας Δείγματος: ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ  
ΠΑΡΤΙΔΑ:προμηθευτής:  
Αριθ.Πρωτ.:  
Κωδικός Δείγματος:Βάρος του 1<sup>ου</sup> δείγματος για την σχέση  $M_z$  (Στεγνό βάρος) /  $M_y$  (Υγρό βάρος) : $M_y =$  (Kg) $M_z =$  (Kg)Βάρος του 2<sup>ου</sup> δείγματος (για έλεγχο καθαρότητας): $M_1 =$  (Kg)Συνολικό στεγνό βάρος 2<sup>ου</sup> δείγματος:

$$M_1 = \frac{M_z}{M_y} \times M_1 =$$
 (Kg)

Στεγνό βάρος 2<sup>ου</sup> δείγματος μετά από πλύση στο κόσκινο 0,5 mm.: $M_2 =$  (Kg)

Στεγνό βάρος των στοιχείων μικρότερων των 0,5 mm.

 $M = M_1 - M_2 =$  (Kg)**Καθαρότητα\* :**  $K = \frac{M}{M_1} \times 100 =$   $\leq 1\%$ \* Όριο ( $\leq 1\%$ ) σύμφωνα με :  
Τύπο Β, πίνακος 2, παραγράφου 6.4  
EN-13450**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.**

Ο Εκτελέσας τη δοκιμή

Ο Ελέγξας τη δοκιμή

Ημ/νία:

Ημ/νία:

## ΕΝΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΚΟΕΙΔΩΝ ΚΟΚΚΩΝ ΣΚΥΡΩΝ FI<sub>15</sub>

(βάσει της προδιαγραφής EN 933-3)

**ΣΥΜΒΑΣΗ Ν<sup>ο</sup>:**
**ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ  
ΣΚΥΡΩΝ Ν<sup>ο</sup>:**
**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

 Προέλευση υλικού:  
 Αποστολέας Δείγματος: ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ  
 ΠΑΡΤΙΔΑ:

 προμηθευτής:  
 Αριθ.Πρωτ.:  
 Κωδικός Δείγματος:

**ΟΡΙΣΜΟΙ:**

 M<sub>1</sub> Συνολικό συγκρατούμενο βάρος σε γραμμάρια στα κόσκινα 50, 40, και 31,5 mm.

 M<sub>2</sub>: Συνολικό διερχόμενο βάρος σε γραμμάρια στα ειδικά κόσκινα για τον έλεγχο της πλακοειδούς ιδιότητας των κόκκων.

Συνολικό βάρος δείγματος	M <sub>0</sub> =	gr
Συγκρατούμενο βάρος στο κόσκινο 63 mm.	=	gr
Διερχόμενο Βάρος από το κόσκινο 31,5 mm.	=	gr
Συνολικό απορριπτό Βάρος	Σ=	gr

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:**

ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ		ΚΟΣΚΙΝΙΣΜΑ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΚΟΣΚΙΝΑ	
Μέγεθος κλάσματος του υλικού σε (mm).	Βάρος του υλικού σε (gr).Ri	Διάσταση του ανοίγματος του ειδικού κοσκίνου σε (mm)	Διερχόμενο βάρος σε (gr).mi
50 – 63		31,5	
40 – 50		25	
31,5 – 40		20	
<b>M<sub>1</sub>=</b>	<b>ΣRi=</b>		<b>M<sub>2</sub>=Σmi=</b>

Δείκτης Πλακοειδών κόκκων\* :  $FI_{15} = \frac{M_2}{M_1} \times 100 = \leq 15\%$

$$100 \times \frac{M_0 - (\sum Ri + \Sigma)}{M_0} = \leq 1\%$$

Σ=(βάρος υλικού που απορρίφθηκε)

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.**

Ο Εκτελέσας τη δοκιμή    Ο Ελέγχας τη δοκιμή

\*Όριο ( ≤ 15%) σύμφωνα με :  
 πίνακα 4, παραγράφου 6.6.1  
 EN-13450

Ημ/νια:

Ημ/νια:



ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.

ΤΜΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΕΡΓΩΝ  
ΜΟΝΑΔΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΕΛΕΓΧΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ  
ΣΚΥΡΩΝ ΘΡΙΑΣΙΟΥ

Α/Α ΒΙΒΛΙΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ :  
ΗΜ/ΝΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:

**ΕΝΤΥΠΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ  
LOS ANGELES (LA<sub>RB</sub> 14) – MICRO-DEVAL (M<sub>DERB</sub> 11)**

(βάσει των προδιαγραφών EN 13450 - 1097/02 - 1097/01)

ΣΥΜΒΑΣΗ Ν<sup>ο</sup>:

ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ  
ΣΚΥΡΩΝ Ν<sup>ο</sup>:

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ**

Προέλευση υλικού:

Αποστολέας Δείγματος: ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ

ΠΑΡΤΙΔΑ:

προμηθευτής:

Αριθ.Πρωτ.:

Κωδικός Δείγματος:

Αριθμός Σφαιρών για κατηγορία κοκκομ (31,5 - 50) = 12 σφαίρες μάζας 5210 ( ± 90) gr. Συνολική μάζα φορτίου = 5.264 gr	
Κλάσμα 31,5/40 = (5000gr ± 50gr)	
Κλάσμα 40/50 = (5000gr ± 50gr)	
Βάρος του υλικού (gr) που υποβάλλεται σε έλεγχο (10000gr ± 100gr): M =	
Συγκρατούμενο Βάρος (gr) στο κόσκινο 1,6 χιλ. μετά τη δοκιμή: m' =	
Διερχόμενο Βάρος(gr) στο κόσκινο 1,6 χιλ. μετά τη δοκιμή: m = 10000-m' =	
Συντελεστής <b>Los Angeles (LA<sub>RB</sub>)</b> = (10000 -m' )/100 =..... <b>(LA<sub>RB</sub>) ≤ 14</b>	
(Αριθμός στροφών: 1000 - ταχύτητα 31-33 στροφές/min)	

Αριθμός στροφών: 14000 ± 10, Προσθέστε νερό: 2 ± 0,05lt	ΔΟΚΙΜΙΟ 1	ΔΟΚΙΜΙΟ 2
Κλάσμα 31,5/40 = (5000gr ± 50gr)		
Κλάσμα 40/50 = (5000gr ± 50gr)		
Βάρος του υλικού (gr) που υποβάλλεται σε έλεγχο (10000gr ± 100gr): M =		
Συγκρατούμενο Βάρος (gr) στο κόσκινο 1,6 χιλ. μετά τη δοκιμή: m' =		
Διερχόμενο Βάρος(gr) στο κόσκινο 1,6 χιλ. μετά τη δοκιμή: m = 10000-m' =		
Συντελεστής <b>MicroDeval (M<sub>DERB</sub>)</b> δοκιμίου =(10000 - m' )/100 =		
Συντελεστής <b>MicroDeval (M<sub>DERB</sub>)</b> δείγματος=(MDEδοκ.1+MDEδοκ.2)/2= <b>(M<sub>DERB</sub>) ≤ 11</b>		

**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.**

Ο Εκτελέσας τη δοκιμή

Ο Ελέγχας τη δοκιμή

Ημ/νία:

Ημ/νία:

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### Περιεχόμενα:

- Σήμανση CE
- Παράδειγμα χημικής ανάλυσης σιδηροδρομικών σκύρων για εύρεση πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων.
- Φωτογραφικό μωσαϊκό παλιάς μετρικής γραμμής





Εικόνα 130 (μωσαϊκό). ΠΑΛΙΑ ΜΕΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ (Ελευσίνα)

EN 13450:2002 (E)

<b>CE</b>		
<b>01234</b>		
<b>(επωνυμία, διεύθυνση εταιρίας)</b>		
<b>02</b>		
<b>0123-CPD-0486</b>		
<b>EN 13450</b>		
<b>Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικών γραμμών</b>		
<b>Σχήμα κόκκων</b>	Κατηγορία	(π.χ. $F_{15}$ )
<b>Μέγεθος κόκκων</b>	Χαρακτηρισμός	(d & D) & (π.χ. B)
<b>Πυκνότητα κόκκων</b>	Κατηγορία	(π.χ. B)
<b>Αντοχή σε θρυμματισμό</b>	Δηλωθείσα τιμή	(Mg/m <sup>3</sup> )
<b>Αντοχή σε απότριψη</b>	Κατηγορία	(π.χ. LA <sub>RB</sub> 18)
<b>Καθαρότητα</b>	Κατηγορία	(π.χ. M <sub>0e</sub> RB 5)
<b>Αποδέσμευση επικίνδυνων ουσιών</b>	Κατηγορία	(π.χ. B)
<b>Ανθεκτικότητα έναντι ψύξης-απόψυξης</b>	π.χ. ουσία X: 0,2 μm <sup>2</sup>	Δηλωθείσα τιμή (για κράτη μέλη)
<b>Ανθεκτικότητα έναντι καιρικών συνθηκών</b>	Δηλωθείσα τιμή	(SB)

Σήμανση συμμόρφωσης CE, συνιστάμενη από το σύμβολο «CE», όπως προβλέπεται στην οδηγία 93/68/ΕΟΚ

Αριθμός αναγνώρισης του οργανισμού πιστοποίησης

Επωνυμία ή σήμα αναγνώρισης και καταχωρημένη διεύθυνση του παραγωγού

Τελευταία δύο ψηφία του έτους κατά το οποίο έγινε η επίθεση της σήμανσης

Αριθμός πιστοποιητικού ΕΚ

Αριθμός Ευρωπαϊκού Προτύπου

Περιγραφή προϊόντος

και

πληροφορίες για το προϊόν και κανονιστικά χαρακτηριστικά

**Παράδειγμα πληροφοριών για σήμανση CE σε αδρανή για έρμα σιδηροδρομικών γραμμών υπό το σύστημα 2+**

Πέραν των ειδικών πληροφοριών σχετικά με επικίνδυνες ουσίες που τυχόν παρατίθενται ανωτέρω, το προϊόν πρέπει επίσης να συνοδεύεται, όταν και όπου απαιτείται και υπό την κατάλληλη μορφή, από έγγραφα στα οποία παρατίθενται όλες οι νομοθετικές διατάξεις σχετικά με επικίνδυνες ουσίες προς τις οποίες δηλώνεται συμμόρφωση, καθώς και τυχόν πληροφορίες που απαιτούνται βάσει των διατάξεων αυτών.

**Εικόνα 128. Σήμανση CE (σύστημα 2+)**

EN 13450:2002 (E)

<b>CE</b>		
(επωνυμία, διεύθυνση εταιρίας) <b>02</b>		
<b>EN 13450</b> <b>Αδρανή για έρμα σιδηροδρομικών γραμμών</b>		
Σχήμα κόκκων	Κατηγορία	(π.χ. F <sub>15</sub> )
Μέγεθος κόκκων	Χαρακτηρισμός	(d & D) & (π.χ. B)
Πυκνότητα κόκκων	Κατηγορία	Δηλωθείσα τιμή (Mg/m <sup>3</sup> )
Αντοχή σε θρυμματισμό	Κατηγορία	(π.χ. LA <sub>98</sub> 18)
Αντοχή σε απότριψη	Κατηγορία	(π.χ. M <sub>95</sub> RB 5)
Καθαρότητα	Κατηγορία	(π.χ. B)
Αποδέσμευση επικίνδυνων ουσιών	π.χ. ουσία X: 0,2 μm <sup>3</sup>	
Ανθεκτικότητα έναντι ψύξης-απόψυξης	Δηλωθείσα τιμή	(για κράτη μέλη)
Ανθεκτικότητα έναντι καιρικών συνθηκών	Δηλωθείσα τιμή	(SB)

Σήμανση συμμόρφωσης CE, συνιστάμενη από το σύμβολο «CE», όπως προβλέπεται στην οδηγία 93/68/ΕΟΚ.

Επωνυμία ή σήμα αναγνώρισης και καταχωρημένη διεύθυνση του παραγωγού

Τελευταία δύο ψηφία του έτους κατά το οποίο έγινε η επίθεση της σήμανσης

Αριθμός Ευρωπαϊκού Προτύπου

Περιγραφή προϊόντος

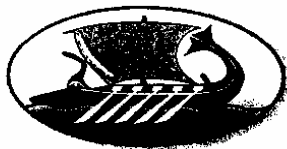
και

πληροφορίες για το προϊόν και κανονιστικά χαρακτηριστικά

**Παράδειγμα πληροφοριών για σήμανση CE σε αδρανή για έρμα σιδηροδρομικών γραμμών υπό το σύστημα 4**

Πέραν των ειδικών πληροφοριών σχετικά με επικίνδυνες ουσίες που τυχόν παρατίθενται ανωτέρω, το προϊόν πρέπει επίσης να συνοδεύεται, όταν και όπου απαιτείται και υπό την κατάλληλη μορφή, από έγγραφα στα οποία παρατίθενται όλες οι νομοθετικές διατάξεις σχετικά με επικίνδυνες ουσίες προς τις οποίες δηλώνεται συμμόρφωση, καθώς και τυχόν πληροφορίες που απαιτούνται βάσει των διατάξεων αυτών.

**Εικόνα 129. Σήμανση CE (σύστημα 4)**



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ - ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**Ε.Κ.Ε.Θ.Ε.**  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

46,7° ΧΑΜ. ΛΕΩΦ. ΑΘΗΝΩΝ - ΣΟΥΝΙΟΥ, ΜΑΥΡΟ ΛΙΘΑΡΙ ΤΘ 712 - 19013 ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ, ΑΤΤΙΚΗ

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για τον προσδιορισμό πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ) στο δείγμα Διαβάση Κύπρου που προσκομίστηκε στο εργαστήριο μας φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί. Τα αποτελέσματα είναι εκφρασμένα σε ng/g και ο προσδιορισμός πραγματοποιήθηκε με αέρια χρωματογραφία - φασματοσκοπία μάζας

**Πίνακας 1. Αποτελέσματα αναλύσεων στα δείγμα Διαβάση Κύπρου (ng/g)**

Ναφθαλένιο	0.6
Ακεναφθυλένιο	μ.α
Ακεναφθένιο	μ.α
Φλουορένιο	μ.α
Διβενζοθειοφένιο	μ.α
Φαινανθρένιο	0.5
Ανθρακένιο	μ.α
Φλουορανθένιο	0.1
Πυρένιο	0.2
Βενζο(α)ανθρακένιο	0.1
Χρυσένιο	μ.α
Βενζο(β)φλουορανθένιο	μ.α
Βενζο(κ)φλουορανθένιο	μ.α
Βενζο(ε)πυρένιο	μ.α
Βενζο(α)πυρένιο	μ.α
Ινδενο(1,2,3-cd)πυρένιο	μ.α
Διβενζο(a,h)ανθρακένιο	μ.α
Βενζο(ghi)περυλένιο	μ.α
<b>Σύνολο ΠΑΥ</b>	<b>1.5</b>

μ.α.: μη ανιχνεύσιμο, όριο ανίχνευσης 0.1 ng/g

Οι συγκεντρώσεις των ΠΑΥ που ανιχνεύθηκαν είναι ιδιαίτερα χαμηλές και δείχνουν ότι δεν υπάρχει καθόλου επιβάρυνση.

Δρ Ι. Χατζηανάτης

Υπεύθυνος της μονάδας αναλύσεων οργανικής χημείας

**Πίνακας 14. Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης σιδηροδρομικών αδρανών για πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες.**