

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ
ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ



ΑΝΑΓΝΟΥ ΑΡΕΤΗ Α.Μ.: 4823

ΣΠΥΡΙΔΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ Α.Μ.: 4609

ΕΠΟΠΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΑΡΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΠΑΤΡΑ, 2014

**TECHNOLOGICAL EDUCATION INSTITUTE WESTERN GREECE
SCHOOL OF TECHNOLOGICAL APPLICATIONS
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

LABORATORY TESTS FOR ASPHALT WORKS



ANAGNOU ARETI R.N.:4823

SPYRIDOU AGGELIKI R.N.: 4609

SUPERVISOR PROFESSOR: SARANTOPOULOS ANDREAS

PATRA, 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας μας, κύριο Ανδρέα Σαραντόπουλο, για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε αναθέτοντας μας ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο. Επίσης, ευχαριστούμε τον καθηγητή μας, κύριο Ζαχαρία Χρήστου, για την πολύτιμη καθοδήγησή του, για τις πληροφορίες και την βοήθεια που μας πρόσφερε για την σωστή ανάλυση των δοκιμών της ασφάλτου καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας. Τέλος, ευχαριστούμε τις οικογένειές μας για την απεριόριστη υποστήριξη και υπομονή τους.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελεί αναλυτική επισκόπηση των σύγχρονων εργαστηριακών δοκιμών επί της ασφάλτου σύμφωνα με τα ισχύοντα ευρωπαϊκά πρότυπα. Περιγράφεται λεπτομερώς ο τρόπος εργασίας, ο εξοπλισμός καθώς και ο λόγος για τον οποίο κάθε μια από τις δοκιμές αυτές κρίνεται απαραίτητη για την εκτέλεση ασφαλικών εργασιών σε έργα οδοποιίας. Τέλος, πραγματοποιείται σύγκριση των προδιαγραφών που αναλύονται με τις αντίστοιχες αμερικάνικες των οποίων η εφαρμογή έχει καταργηθεί στον ευρωπαϊκό και ελλαδικό χώρο και παρουσιάζονται ορισμένες από τις διαφορές που προκύπτουν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται κυρίως με την εξέταση των σύγχρονων εργαστηριακών δοκιμών που εκτελούνται για την εκπόνηση ασφαλικών εργασιών, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι δοκιμές: επί του συνδετικού υλικού, επί των αδρανών υλικών, μετά από την εκχύλιση του ασφαλομίγματος και επί των δοκιμών Marshall. Μελετώντας τις δοκιμές αυτές καθορίζεται ο τύπος της ασφάλτου, η συνοχή καθώς και η σκληρότητα αυτής.

Προσδιορίζεται η αντοχή των χονδρομερών αδρανών σε θρυμματισμό, το μέτρο επιδεκτικότητας των αδρανών υλικών στην λειαντική δράση των ελαστικών οχημάτων, η αντοχή της ασφάλτου σε εφελκυσμό, η θερμοκρασία ανάφλεξης της ασφάλτου για την αποφυγή ανάφλεξης κατά την επεξεργασία της, όπως και η αντίσταση σε πλαστική παραμόρφωση σε ασφαλομίγμα οδοστρώσας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1. ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟΠΟΙΑ.....	2
1.1 Είδη ασφάλτου	2
1.1.1 Ασφαλτος νήσου Τρινιδάδ (Trinidad).....	2
1.1.2 Πίσσα.....	3
1.1.3 Πετρελαϊκή άσφαλτος	4
1.2 Παραγωγή ασφάλτου	5
1.3 Τύποι ασφάλτων και ταξινόμηση αυτων	6
1.4 Ασφαλτικά διαλύματα.....	7
1.5 Ασφαλτικά γαλακτώματα.....	8
1.6 Τροποποιημένη άσφαλτος.....	10
1.7 Χημική σύσταση και δομή της ασφάλτου	11
1.7.1 Ασφαλτένια.....	13
1.7.2 Μαλτένια	14
1.8 Ιδιότητες της ασφάλτου	14
1.9 Μηχανικές ιδιότητες ασφάλτου	15
1.9.1 Ιξωδοελαστική συμπεριφορά ασφάλτου	15
1.9.2 Μέτρο δυσκαμψίας της ασφάλτου	17
1.9.3 Εφελκυστική αντοχή ασφάλτου	18
1.9.4 Αντοχή σε κόπωση	18
2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ	19
2.1 Μελέτη σύνθεσης ασφαλτικού σκυροδέματος	19
2.1.1 Γενικά	19
2.1.2 Χαρακτηριστικά ασφαλτικού σκυροδέματος.....	20
2.1.3 Επιτρεπόμενες αποκλίσεις από το ασφαλτικό σκυρόδεμα της μελέτης.....	21
2.2 Μείωση δείγματος EN 932-2: 1999	22
2.2.1 Ποσοστό υγρασίας και ομοιογένειας του δείγματος	23
2.2.2 Μείωση δείγματος για δοκιμές με ελάχιστη απαιτούμενη μάζα υλικού.....	23
2.2.3 Μείωση δείγματος για δοκιμές με όρια ανοχής στην απαιτούμενη	23
2.2.4 Μείωση δείγματος για δοκιμές με περιορισμένα όρια ανοχής στην απαιτούμενη μάζα.....	23
2.2.5 Μέθοδοι μείωσης δειγμάτων	24

2.3	Δοκιμές επί του συνδετικού υλικού	27
2.3.1	Δοκιμή διεισδυτικότητας EN 1426: 2007	27
2.3.2	Δοκιμή Μάλθωσης EN 1427: 2007	31
2.3.3	Δοκιμή Ολκιμότητας EN 13589: 2008	33
2.3.4	Δοκιμή ανάφλεξης EN 22592: 1994	36
2.4	Δοκιμές επί των αδρανών υλικών	39
2.4.1	Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles EN 1097-02: 1998 .	39
2.4.2	Δοκιμή αντίστασης σε επιταχυνόμενη στίλβωση (PSV) EN 1097-8: 2009....	43
2.4.3	Δοκιμή Micro – Deval EN 1097-1: 1996	48
2.4.4	Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς EN 933-3: 1997	52
2.4.5	Ισοδύναμο άμμου EN 933-8: 1997	54
2.4.6	Δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου EN 933-9: 2009	57
2.5	Δοκιμές μετά από εκχύλιση του ασφαλτομίγματος	59
2.5.1	Κοκκομετρική ανάλυση EN 933-1: 2012.....	59
2.6	Δοκιμές επί εργαστηριακών δοκιμίων Marshall	67
2.6.1	Δοκιμή Marshall EN 12697-34: 2012	67
2.6.2	Προετοιμασία Δειγμάτων Marshall με σφυρί EN 12697-30: 2012.....	69
2.6.3	Προσδιορισμός ευστάθειας – παραμόρφωσης κατά Marshall EN 12697-34: 2012	71
2.6.4	Προσδιορισμός διαστάσεων δοκιμίων ασφαλτομίγματος EN 12697-29: 2002	75
2.6.5	Ποσοστό κενών	79
2.6.6	Προσδιορισμός του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους EN 12697-5+A1: 2007	79
2.6.7	Προσδιορισμός φαινόμενου ειδικού βάρους EN 12697-6+A1: 2007	81
2.6.8	Υπολογισμός κενών EN 12697-8: 2003	83
2.6.9	Υπολογισμός βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου	86
2.7	Συμπεράσματα	88
2.7.1	Μείωση μεγέθους εργαστηριακού δείγματος.....	90
2.7.2	Κοκκομετρική ανάλυση και παιπάλη	91
2.7.3	Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles	93
3.	ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ.....	97
3.1	Οδόστρωμα	98
3.1.1	Δομή του οδοστρώματος	98

3.1.2 Κατηγορίες οδοστρωμάτων	99
3.1.3 Στρώσεις - θεμελιώσεις οδοστρώματος.....	100
3.2 Ασφαλτικές στρώσεις κλειστού τύπου.....	102
3.2.1 Ορισμοί.....	102
3.2.2 Κριτήρια αποδοχής ενσωματωμένων υλικών.....	104
3.3 Μέθοδος κατασκευής - απαιτήσεις τελειωμένης εργασίας.....	109
3.3.1 Παραγωγή ασφαλτομίγματος.....	109
3.3.2 Προπαρασκευή ασφάλτου και αδρανών	110
3.3.3 Μεταφορά ασφαλτομίγματος.....	110
3.3.4 Προετοιμασία επιφάνειας.....	111
3.3.5 Διάστρωση ασφαλτομίγματος	112
3.3.6 Συμπύκνωση ασφαλτομίγματος	113
3.3.7 Ενώσεις (Συναρμογές).....	114
3.3.8 Περιορισμοί λόγω καιρικών συνθηκών.....	115
3.3.9 Δοκιμαστικό τμήμα	115
3.3.10 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένης εργασίας.....	116
3.3.11 Έλεγχοι κατά τη διάρκεια της κατασκευής	117
3.3.12 Τελικός έλεγχος ασφαλικών στρώσεων.....	119
3.4 Ομαλότητα επιφάνειας	120
3.4.1 Ομαλότητα κατά τη διαμήκη κατεύθυνση	120
3.4.2 Ομαλότητα κατά την εγκάρσια κατεύθυνση	121
3.4.3 Επιφανειακή μακροταχύτητα - αδρότητα επιφάνειας (Surface Macro Texture)	122
3.5 Τόπος επιμέτρησης και πληρωμής.....	122
3.5.1 Επιμέτρηση.....	122
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	128

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας αναφέρονται τα είδη της ασφάλτου και οι ιδιότητές της, όπως είναι η φυσική και η τεχνητή ασφαλτος. Η φυσική ασφαλτος είναι η ασφαλτος, η οποία εκκρινόταν από το βυθό, επέπλεε και εκβαλλόταν στις όχθες από όπου και συλλεγόταν. Φυσική ασφαλτος υπάρχει και υπό τη μορφή πετρώματος, δηλαδή πετρώματα κυρίως ασβεστολιθικά ή ψαμμιτικά εμπλουτισμένα με ασφαλτο. Η τεχνητή ασφαλτος είναι κατάλοιπο κλασματικής απόσταξης πρωτογενούς (αργής) πίσσας (crude tar) ή αργού πετρελαίου (crude oil). Για την οδοστρωσία χρησιμοποιείται κυρίως ασφαλτος που λαμβάνεται από την κλασματική απόσταξη του αργού πετρελαίου. Η σύνθεση της ασφάλτου μπορεί να μεταβληθεί με κάποιες χημικές ή φυσικές διεργασίες για να δώσει κάποιες συγκεκριμένες ιδιότητες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελούνται στην ασφαλτο για να εξακριβωθεί η καταλληλότητά της και να προβλεφθεί η συμπεριφορά της. Οι ασφατικές δοκιμές που πραγματοποιούνται, βάσει των ευρωπαϊκών προτύπων, είναι απαραίτητες στον καθορισμό του τύπου της ασφάλτου, την αντοχής της σε εφελκυσμό, την αντίστασή της σε πλαστική παραμόρφωση, τον μέτρο επιδεκτικότητας των αδρανών και την αντοχή τους σε θρυμματισμό, καθώς και άλλες ιδιότητες οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά στο κεφάλαιο αυτό.

Το επόμενο κεφάλαιο έχει ως αντικείμενο την περιγραφή των ασφατικών εργασιών που εκτελούνται για την κατασκευή οδοστρωμάτων στους σύγχρονους αυτοκινητόδρομους. Αναλύεται η δομή του οδοστρώματος, οι κατηγορίες οδοστρωμάτων που υπάρχουν και οι στρώσεις θεμελίωσης αυτών. Γίνεται αναφορά στις ασφατικές στρώσεις κλειστού τύπου και στα αδρανή υλικά, τα οποία χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: τα χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα αδρανή υλικά. Στη συνέχεια περιγράφεται η παρασκευή και η μεταφορά του ασφαλτομίγματος, η συμπίκνωση και η διάστρωση αυτού. Τέλος, αναφέρονται οι έλεγχοι που γίνονται κατά την διάρκεια και το πέρας της κατασκευής.

1. ΑΣΦΑΛΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟΠΟΙΑ

Η ασφαλτος (bitumen) ορίζεται ως ένα ιξώδες υγρό ή στερεό, που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες και τα παράγωγά τους, το οποίο είναι διαλυτό στο τριχλωροαιθυλένιο, είναι κατ' ουσία μη πτητικό και μαλακώνει σταδιακά όταν θερμαίνεται. Είναι χρώματος μαύρου ή καφέ και έχει μονωτικές και συγκολλητικές ιδιότητες. Αποκτάται από διάλυση αργού πετρελαίου και επίσης βρίσκεται ως φυσικό απόθεμα ή ως συστατικό της φυσικής ασφάλτου, στην οποία συνυπάρχει με ορυκτά υλικά. Η ασφαλτος γενικά χρησιμοποιείται σαν μονωτικό ή συγκολλητικό υλικό σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που είναι αντικείμενο κυρίως πολιτικού μηχανικού (οδοποιία, κτιριακές κατασκευές, μόνωση φραγμάτων και δεξαμενών, παραγωγή βερνικιών κτλ) και την παραλαμβάνουμε είτε από φυσικά αποθέματα (φυσική ασφαλτος) είτε ως παράγωγη κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου (πετρελαϊκή ασφαλτος). Η ευρύτερα διαδεδομένη πλέον είναι η πετρελαϊκή ασφαλτος κυρίως για οικονομικούς λόγους, αφού η συλλογή της φυσικής ασφάλτου είναι αρκετά δαπανηρή και δύσκολη. Η κύρια χρήση της είναι στην κατασκευή οδοστρωμάτων, ως συνδετικό υλικό μεταξύ κοκκομετρικά διαβαθμισμένων αδρανών για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος.

1.1 ΕΙΔΗ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

1.1.1 Ασφαλτος νήσου Τρινιδάδ (Trinidad)

Η μεγαλύτερη παραγωγή ασφάλτου σημειώνεται στη νήσο Τρινιδάντ όπου αποτέλεσε το 1934 το 57% της παγκόσμιας παραγωγής. Η Trinidad Lake Asphalt, εξορύσσεται από την κυριότερη και μεγαλύτερη λίμνη ασφάλτου που βρίσκεται στα νοτιοδυτικά του Τρινιδάντ, ως ένα ημι-στερεό γαλάκτωμα που αποτελείται από διαλυμένη ασφαλτο, ορυκτά στοιχεία και άλλα συστατικά - κυρίως νερό. «Η συνολική επιφάνειά της είναι περίπου 500 στρέμματα, το μέγιστο βάθος της περίπου 90 μέτρα και υπολογίζεται ότι υπάρχουν περίπου 15 εκατομμύρια τόνοι ασφάλτου, που είναι τα μεγαλύτερα αποθέματα καλής ποιότητας φυσικής ασφάλτου στον κόσμο». [Νικολαΐδης 2004] Το παράξενο είναι ότι ενώ έχουν εξαχθεί μεγάλες ποσότητες ασφάλτου από την λίμνη του Trinidad η στάθμη της παραμένει σταθερή.

Όταν χρησιμοποιείται σε μείγματα οδοποιίας, αυτή η ασφαλτος είναι γνωστό ότι προσδίδει σκληρότητα, ανθεκτικότητα, σταθερότητα και αντιολισθητικές ιδιότητες στις επιφάνειες που στρώνονται, καθώς και ένα ματ γκρι φινίρισμα το οποίο βελτιώνει την ορατότητα κατά τη νυχτερινή οδήγηση. Η ασφαλτος της λίμνης έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για επιφάνειες δρόμων σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 40°C το καλοκαίρι και πέφτουν κάτω από τους -25 °C το χειμώνα. Οι διάδρομοι τροχοδρόμησης σε αεροδρόμια που έχουν στρωθεί με αυτή την ασφαλτο διατηρούνται σε καλή κατάσταση, παρά την καταπόνηση από τις συνεχείς απογειώσεις και προσγειώσεις βαρέων αεροσκαφών. Αυτού του είδους το οδόστρωμα είναι επίσης ανθεκτικό στη

διάβρωση από αντιψυκτικά υγρά και διαρροές καυσίμων και πετρελαίου. Πολλές από αυτές τις στρωμένες επιφάνειες διατηρήθηκαν επί 20 και πλέον χρόνια με λίγη ή καθόλου συντήρηση.

Οι ιδιότητες της ασφάλτου της λίμνης του Τρινιδάδ έχουν αποδοθεί στην ιδιαίτερη σύνθεσή της. Αυτή η άσφαλτος αποτελείται από 63-67% μαλθένια και 33-37% ασφαλτένια. Οι χημικές ουσίες που περιέχονται στην άσφαλτο αυτής της λίμνης έχουν περιγραφεί ως «εξαιρετικά κολλώδεις και τσιμεντώδεις παρά ελαιώδεις, όπως συμβαίνει με ορισμένα βιτουμένια που προέρχονται από διύλιση».

Το υλικό της λίμνης αφού θερμανθεί στους 160° C και καθαριστεί από το νερό και από οποιαδήποτε ξένα σώματα, κοσκινίζεται. Στη συνέχεια το καθαρό προϊόν, γνωστό ως Trinidad Epure, τοποθετείται σε ξύλινα βαρέλια και έχει την εξής τυπική σύνθεση: 55% άσφαλτο, 35% ορυκτές ουσίες και 10% οργανικές ουσίες. Το Epure είναι πολύ σκληρό για να χρησιμοποιηθεί όπως είναι στην οδοποιία γι αυτό αναμιγνύεται με μαλακή πετρελαϊκή άσφαλτο (200 pen) για να καταστεί κατάλληλο να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή ασφαλτομιγμάτων.

Εικόνα 1.1:
Επιφάνεια
της λίμνης
ασφάλτου
στη νήσο
Τρινιδάδ



1.1.2 Πίσσα

Οι πίσσες είναι υδρογονανθρακούχα αποστάγματα του λιθάνθρακα και του ξύλου. Διακρίνονται σε υγρόπισσες ή αργές πίσσες και σε ξηρόπισσες ή οδόπισσες. Η

πίσσα είναι ένα υλικό με παρόμοια εμφάνιση με την ασφάλτο, αλλά εντελώς διαφορετική στην προέλευση και στη σύνθεση, και στην πραγματικότητα λαμβάνεται από την απόσταξη του λιθάνθρακα. Επίσης η πίσσα είναι περισσότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές με αποτέλεσμα να μαλακώνει ευκολότερα, να σκληραίνεται και να θρυμματίζεται γρηγορότερα από αντίστοιχο ιξώδους ασφάλτου.

Η πίσσα χρησιμοποιείται ευρέως, για αρκετά χρόνια, τόσο στη οδοποιία όσο και στην παραγωγή μονωτικών υλικών. Τα τελευταία χρόνια, για λόγους κυρίως περιβαλλοντικούς και υγιεινής, η χρήση της πίσσας έχει μειωθεί. Σήμερα, η πίσσα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά και μόνο για τη παραγωγή συγκεκριμένων ασφαλικών μιγμάτων που δεν προσβάλλονται από βενζίνη ή λάδια (αντίκηροζινικές στρώσεις), ή για την παραγωγή μίγματος πίσσας και ασφάλτου για ασφαλικές επαλείψεις. Με την χρήση μίγματος πίσσας και ασφάλτου επέρχεται καλύτερη επικάλυψη των αδρανών και καλύτερη πρόσφυση της ασφάλτου στο αδρανές.

1.1.3 Πετρελαϊκή ασφάλτος

Η πετρελαϊκή ασφάλτος είναι παράγωγο κλασματικής απόσταξης αργού πετρελαίου (crude oil). Το αργό πετρέλαιο προέρχεται από οργανική ύλη (φυτική και θαλάσσιους οργανισμούς) η οποία, πριν από εκατομμύρια χρόνια, εναποτέθηκε σε πολύ μεγάλα πάχη, μαζί με λάσπη και κομμάτια βράχων στον πυθμένα των ωκεανών. Το αλατούχο περιβάλλον αποσάθρωσε την οργανική ύλη, η οποία υπό την επίδραση υψηλών πιέσεων, θερμοκρασιών, βακτηριαδικής δράσης και πιθανότατα ακτινοβολίας, μετατράπηκε σε υδρογονάνθρακες της μορφής του αργού πετρελαίου. Αναλόγως της αρχικής σύστασης της οργανικής ύλης και των συνθηκών, το αργό πετρέλαιο διαφέρει τόσο στις φυσικές όσο και στις χημικές ιδιότητες. Σήμερα υπάρχουν γύρω στους 1.300 διαφορετικούς τύπους αργού πετρελαίου αλλά χωρίς να γίνεται όμως απ' όλους να παραχθεί ασφάλτος οδοποιίας. Η πετρελαϊκή ασφάλτος θα αναφέρεται στο εξής ως ασφάλτος και παράγεται από αργό πετρέλαιο μόνο ορισμένων περιοχών. Οι τέσσερις μεγαλύτεροι παραγωγοί αργού πετρελαίου είναι οι Η.Π.Α, Μέση Ανατολή, η Ρωσία και οι χώρες γύρω από την Καραϊβική.

Το αργό πετρέλαιο αποτελείται από μία σειρά συγγενικών, σύνθετων υδρογονανθράκων, οι οποίοι ποικίλλουν από το ελαφρύ αέριο μεθάνιο, μέχρι τα πιο βαριά στερεά, όπως το βιτουμένιο. Τα διάφορα μίγματα, που αποτελούν το υγρό ή το υγρό πετρέλαιο, διαχωρίζονται με κλασματική απόσταξη σε συνεχώς αυξανόμενες θερμοκρασίες. Τα κύρια προϊόντα της απόσταξης του πετρελαίου είναι: υγραέρια, βενζίνη, πετρέλαιο κίνησης – θέρμανσης – κηροζίνη, μαζούτ, ελαφρά – μεσαία και βαριά ορυκτέλαια και τέλος στερεό υπόλειμμα (ασφάλτος για ασφαλιτόστρωση δρόμων, πίσσα και παραφίνες για κατασκευή κεριών).

1.2 Παραγωγή ασφάλτου

Η άσφαλτος είναι το υπόλειμμα της κλασματικής απόσταξης του αργού πετρελαίου κατόπιν περαιτέρω απόσταξης υπό πίεση. Η παρασκευή της από το αργό πετρέλαιο περιλαμβάνει μια σειρά διεργασιών απόσταξης κι εφόσον απαιτούνται επιπλέον διεργασίες συμπεριλαμβανομένων των διεργασιών ανάμιξης και οξείδωσης (βλέπε εικόνα 1.2). Η διάλυση του αργού πετρελαίου ξεκινά με ατμοσφαιρική κλασματική απόσταξη για το διαχωρισμό του αριέλαιου, της κηροζίνης, της νάφθα, της βενζίνης, του πετρελαίου εσωτερικής καύσης και του κατάλοιπου που αποτελεί ένα σύνθετο κλάσμα υψηλότερου μοριακού βάρους. Το υπόλειμμα στη συνέχεια περνά από μια δεύτερη απόσταξη, όπου τώρα στη στήλη απόσταξης επικρατούν θερμοκρασίες 350 °C – 400 °C καθώς και συνθήκες υποπίεσης (10 – 100 mmHg). Έτσι παίρνουμε διάφορους τύπους ασφάλτου οδοστρωσίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε έργα οδοποιίας όσο και σε έργα αεροδρομίων.

Εικόνα 1.2:
Σχηματικό
διάγραμμα
παράγωγων
του αργού
πετρελαίου



Η βιομηχανία του πετρελαίου παράγει μεγάλες ποσότητες ασφάλτου, οι οποίες μπορεί να έχουν διαφορετικές ιδιότητες που τροποποιούνται ανάλογα με την χρήση τους. Η τροποποίηση των ιδιοτήτων της ασφάλτου γίνεται με την χρήση πρόσθετων υλών σε διάφορα στάδια της παραγωγής. Συγκεκριμένα, η παραγόμενη στο διυλιστήριο άσφαλτος μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία όπως να οξειδωθεί, να γαλακτοποιηθεί ή να διαλυθεί με διαλύτες και να παραχθεί αντίστοιχα οξειδωμένη άσφαλτος, ασφαλτικό γαλάκτωμα και ασφαλτικό διάλυμα. Η σημαντικότερη τροποποίηση των ιδιοτήτων οφείλεται στην θερμοκρασία απόσταξης, η οποία ρυθμίζει το ποσοστό των ελαιωδών

συστατικών στο υπόλειμμα. Έτσι η ασφαλτος διακρίνεται σε σκληρή και μαλακή. Τέλος, στην ασφαλτο οδοστρωσίας μπορεί να προστεθούν διάφορα χημικά πρόσθετα και να παραχθεί η τροποποιημένη ασφαλτος.

1.3 ΤΥΠΟΙ ΑΣΦΑΛΤΩΝ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΥΤΩΝ

Στο εμπόριο υπάρχουν διάφοροι τύποι ασφάλτου που μπορούν να χωρισθούν σε δύο γενικότερες κατηγορίες, αναλόγως της χρήσεως αυτών, οι οποίες είναι οι ασφαλτοι οδοστρωσίας και οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση. Οι ασφαλτοι οδοστρωσίας είναι αυτοί που παράγονται από την απόσταξη του υπολείμματος του αργού πετρελαίου, ενώ οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση παράγονται από περαιτέρω οξείδωση.

A) Ασφαλτοι οδοστρωσίας

Οι ασφαλτοι οδοστρωσίας ταξινομούνται στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες με τις δοκιμές διεισδυτικότητας και μάλθωσης αλλά χαρακτηρίζονται μόνο συναρτήσει του βαθμού διεισδυτικότητας. Κάθε τύπος χαρακτηρίζεται από το βάθος στο οποίο διεισδύει μέσα στην μάζα της ασφάλτου, πρότυπη βελόνα υπό πίεση βάρους 100 gr , η οποία ενεργεί κάθετα για χρόνο 5 sec σε θερμοκρασία 25 °C. Η διείσδυση μετρείται σε 0.1 mm. Οι συνήθεις τύποι της ασφάλτου είναι:

- 40/50 pen
- 50/60 pen
- 60/70 pen
- 80/100 pen
- 120/150 pen
- 200/300 pen

Για παράδειγμα ο τύπος 80/100 σημαίνει ότι η βελόνα διεισδύει μέσα στην μάζα της ασφάλτου του τύπου αυτού σε βάθος 80 έως 100 δέκατα του χιλιοστού, δηλαδή σε βάθος 8 έως 10mm.

Η μεγαλύτερη ασφαλτος είναι αυτή που έχει μεγαλύτερο βαθμό διεισδυτικότητας ενώ η σκληρότερη είναι αυτή που έχει μικρότερο βαθμό διεισδυτικότητας. Το ποιά ασφαλτο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τον τύπο του ασφαλτομίγματος που θα παραχθεί και τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που επικρατεί. Στις περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται μαλακή ασφαλτος ενώ στις περιοχές με ψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιείται σκληρή ασφαλτος.

B) Ασφαλτοι βιομηχανικής χρήσης

Οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση είναι οι οξειδωμένες ασφαλτοι. Η οξείδωση της ασφάλτου γίνεται μετά την παραγωγή της και οφείλεται στην εμφύσηση αέρα δια μέσου της θερμής μάζας της ασφάλτου (θερμοκρασίες 240 °C- 230 °C). Η διαδικασία οξείδωσης προϋποθέτει την ύπαρξη ειδικής εγκατάστασης και εκτελείται ανά «παρτίδα» ασφάλτου ή σε συνεχή τροφοδοσία ασφάλτου. Οι αλλαγές αυτές που δημιουργούνται κατά την οξείδωση έχουν σαν αποτέλεσμα η ασφαλτος να σκληρύνει και να γίνεται λιγότερο ευαίσθητη στις θερμοκρασιακές μεταβολές και επομένως να ρηγματώνεται ευκολότερα σε θερμοκρασίες κάτω του μηδενός

Το μέγεθος και ο βαθμός των αλλαγών που επέρχονται επί των ρεολογικών ιδιοτήτων της ασφάλτου επηρεάζονται από την προέλευση του αργού πετρελαίου, από το ιξώδες της αρχικής ασφάλτου, από τον χρόνο οξείδωσης και από την θερμοκρασία στην οποία γίνεται η οξείδωση. Σε αντίθεση με τις ασφάλτους οδοστρωσίας, οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση ταξινομούνται συναρτήσει του σημείου μάλθωσης και του βαθμού διεισδυτικότητας. Επιπλέον οι ασφαλτοι για βιομηχανική χρήση χρησιμοποιούνται σε στέγες, δάπεδα, επικαλύψεις σωλήνων, υδραυλικές εφαρμογές, χρώματα κ.τ.λ.

1.4 ΑΣΦΑΛΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Τα ασφαλτικά διαλύματα παρασκευάζονται με ανάμιξη της ασφάλτου με ορισμένους διαλύτες. Όταν το ασφαλτικό διάλυμα εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα, ο διαλύτης εξατμίζεται και παραμένει η ασφαλτος ως συνδετικό υλικό με τα αδρανή. Σαν διαλύτες χρησιμοποιούνται η βενζίνη, η νάφθα, το φωτιστικό πετρέλαιο, το ακάθαρτο πετρέλαιο και άλλοι λιγότερο πτητικοί διαλύτες. Τα ασφαλτικά διαλύματα έχουν μικρότερο ιξώδες από αυτό της ασφάλτου και στη φυσική τους κατάσταση και υπό κανονικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι ρευστά υλικά σε αντίθεση με την ασφαλτο που θεωρείται στερεό υλικό. Για το λόγο αυτό τα ασφαλτικά διαλύματα δεν απαιτούν τόσο υψηλές θερμοκρασίες όπως οι ασφαλτοι οδοστρωσίας κατά την εφαρμογή τους.

Ανάλογα με την πτητικότητα του διαλύτη, τα ασφαλτικά διαλύματα διακρίνονται σε ταχείας (TE), μέσης (ME) και βραδείας εξάτμισης (BE). Συνήθως τα ασφαλτικά διαλύματα μέσης εξάτμισης είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στην οδοποιία. Για την παρασκευή των ασφαλτικών διαλυμάτων μέσης εξάτμισης χρησιμοποιείται ασφαλτος 100 – 300 pen και φωτιστικό πετρέλαιο σε διάφορες αναλογίες έτσι ώστε να επιτευχθεί διάλυμα συγκεκριμένου ιξώδους. Η χρήση ακάθαρτου πετρελαίου (diesel), ως διαλύτη στα ασφαλτικά διαλύματα, αποτελεί αιτία κακοτεχνιών στην κατασκευή, γιατί η παραμονή των βαρέων κλασμάτων στο ασφαλτικό συνδετικό διατηρεί την πλαστικότητα των ασφαλτικών μιγμάτων για μεγάλο διάστημα με δυσμενή επίδραση στην ευστάθεια της κατασκευής.

Ο στόχος της γαλακτοποίησης είναι να γίνει μια διασπορά της ασφάλτου στο νερό, αρκετά σταθερή για την άντληση, την παρατεταμένη αποθήκευση και την ανάμειξη. Επιπλέον, το γαλάκτωμα πρέπει να διασπάται γρήγορα μετά την επαφή με το σύνολο μέσα σε ένα μίξερ, ή μετά τον ψεκασμό για το υπόστρωμα του δρόμου. Μετά την ωρίμανση, το υπόλοιπο της ασφάλτου διατηρεί την πρόσφυση, την ανθεκτικότητα, και τις αδιάβροχες ιδιότητες της.

Τα σωματίδια της ασφάλτου βρίσκονται σε μόνιμη αιώρηση μέσα στο νερό και αυτό επιτυγχάνεται με την ομοιόμορφη φόρτιση τους κατά το στάδιο της γαλακτωματοποίησης με την προσθήκη χημικού πρόσθετου, το οποίο όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ονομάζεται γαλακτοποιητής. Συγκεκριμένα τα ασφατικά γαλακτώματα παράγονται με τη μηχανική διασπορά της ασφάλτου, η οποία ρευστοποιείται με θέρμανση μέσα σε νερό που έχει τον κατάλληλο παράγοντα γαλάκτωσης. Η τυπική αναλογία ασφάλτου και νερού είναι 60% / 40%, κατά βάρος αντίστοιχα. Παράλληλα ο «παράγοντας γαλάκτωσης» βελτιώνει τις φυσικές ιδιότητες του ασφατικού γαλακτώματος.

Τα ασφατικά γαλακτώματα, ανάλογα με την επιφανειακή φόρτιση των σωματιδίων τους διακρίνονται σε κατιονικά ή όξινα. Με θετικά φορτισμένα σωματίδια και σε ανιονικά ή αλκαλικά με αρνητικά φορτισμένα σωματίδια. Τα αλκαλικά γαλακτώματα έχουν πολύ καλή πρόσφυση σε ασβεστολιθικά πετρώματα, ενώ τα όξινα προσφύονται καλύτερα στα πυριγενή πετρώματα. Η επαφή μεταξύ όξινου και αλκαλικού γαλακτώματος δεν επιτρέπεται γιατί γίνεται άμεση διάσπαση και των δύο. Βεβαίως υπάρχουν και τα μη-ιονικά ασφατικά γαλακτώματα όπου τα σωματίδια της ασφάλτου βρίσκονται σε αιώρηση σε ουδέτερο υδατικό περιβάλλον και τα οποία δεν χρησιμοποιούνται στην οδοποιία.

Τα ασφατικά γαλακτώματα, συγκεκριμένα με τα ασφατικά διαλύματα αλλά και την ασφαλτο πλεονεκτούν λόγω του πολύ χαμηλού ιξώδους, αφού μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς καθόλου θέρμανση σε όλα τα στάδια εφαρμογής και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Επίσης κατά την χρήση ασφατικών γαλακτωμάτων εξατμίζεται νερό και όχι υλικό υψηλής θερμικής ενέργειας και συναλλαγματικής αξίας, το οποίο εξατμίζεται κατά την χρήση ασφατικών διαλυμάτων. Άλλα πλεονεκτήματα είναι ότι τα γαλακτώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με υγρά αδρανή υλικά ή σε υγρές επιφάνειες ασφατικών στρώσεων ή στρώσεων βάσεων (κέρδος χρόνου) και να μην χρησιμοποιηθούν αντιυδροφιλά παρασκευάσματα για την αντιμετώπιση τυχών υδροφιλίας των αδρανών (μείωση κόστους), επιτυγχάνουν την πρόοδο των εργασιών, αποτρέπουν την περαιτέρω οξειδωση της ασφάλτου και προσφέρουν καλύτερα αποτελέσματα στις εργασίες συγκόλλησης και προεπάλειψης. Επιπρόσθετα οι γαλακτοποιητές για την παραγωγή κατιονικών γαλακτωμάτων έχουν από τη φύση τους συγκολλητικές ιδιότητες οι οποίες προστιθέμενες σε αυτήν της ασφάλτου αυξάνουν περαιτέρω την συγκολλητική ικανότητα αυτής.

Τα ασφαλτικά γαλακτώματα είναι κατάλληλα για στεγανωτικές επαλείψεις και αντιδιαβρωτική προστασία επιφανειών διαφόρων υλικών. Χρησιμοποιούνται για την δημιουργία φράγματος υδρατμών, στεγανοποίησης θεμελίων, δαπέδων, τοίχων, επίπεδων και κεκλιμένων στεγών. Ακόμη χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την εφαρμογή ασφαλτικών μεμβρανών και άλλων ασφαλτικών υλικών. Διακρίνονται γενικά σε θερμά ασφαλτικά γαλακτώματα, τα οποία θερμαίνονται πριν από τη εφαρμογή τους στην κατασκευή και σε ψυχρά ασφαλτικά γαλακτώματα, τα οποία εφαρμόζονται αφού αραιωθούν.

1.6 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΑΣΦΑΛΤΟΣ

Οι τροποποιημένες άσφαλτοι αναπτύχθηκαν για να βελτιώσουν την συμπεριφορά των ασφαλτομιγμάτων και κατά συνέπεια του οδοστρώματος. Η τροποποιημένη άσφαλτος είναι η άσφαλτος η οποία ενισχύεται με πολυμερή προσθετικά τα οποία βελτιώνουν τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες της ασφάλτου. Η άσφαλτος είναι χρήσιμη στην κατασκευή δρόμων λόγω της βασικής θερμοπλαστικής της φύσης, δηλαδή το ότι είναι σκληρή, στερεή, ψυχρή και σε υγρή μορφή, θερμή. Οι βασικές ιδιότητες της ασφάλτου μπορούν να τροποποιηθούν με τη προσθήκη πολυμερών, τα οποία διαφοροποιούν τις φυσικές ιδιότητες της προς το καλύτερο. Τα πολυμερή προσθετικά δεν διαφοροποιούν τη χημική σύσταση της ασφάλτου, είναι όμως ικανά να τροποποιήσουν τις φυσικές ιδιότητες της προς το καλύτερο. Τα πολυμερή προσθετικά δεν διαφοροποιούν χημικά την χημική σύσταση της ασφάλτου.

Τα οφέλη που θα μπορούσαν να επιτευχθούν με τη χρήση τροποποιημένων ασφάλτων συνοψίζονται: στη βελτίωση της αντίστασης σε παραμένουσα παραμόρφωση του ασφαλτομίγματος σε υψηλές θερμοκρασίες στη μεγαλύτερη κατανομή τάσεων (αύξηση του μέτρου δυσκαμψίας της) για συγκεκριμένο πάχος στρώσεων, στη βελτίωση της συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος σε κόπωση με συνέπεια τη μείωση της ρηγματώσης υπό την επίδραση επαναλαμβανόμενης φόρτισης και στη βελτίωση της ολκιμότητας σε χαμηλές θερμοκρασίες με συνέπεια τη μείωση της θερμικής ρηγματώσης. Άλλα οφέλη είναι η βελτίωση της συγκόλλησης με τα αδρανή που επιφέρει μείωση της σκλήρυνσης ή γήρανσης της ασφάλτου δίνοντας μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στις επιφανειακές στρώσεις, η μείωση της θερμοκρασιακής ευαισθησίας της ασφάλτου σε ανοικτού τύπου ασφαλτομίγματα και η εξάλειψη του φαινομένου της ανάδυσης της ασφάλτου στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Οι κύριοι τροποποιητές ασφάλτου, σήμερα είναι τα πολυμερή, τα οποία διακρίνονται σε ελαστομερή, πλαστομερή και θερμοσκληρυνόμενα (ρητίνες). Στους τροποποιητές επίσης μπορούν να συμπεριληφθούν και οι ίνες οι οποίες παρόλο που δεν αλλάζουν τις ιδιότητες της ασφάλτου, επηρεάζουν την συμπεριφορά του ασφαλτομίγματος. Άλλα υλικά που μπορούν να θεωρηθούν τροποποιητές ασφάλτου είναι: οι παιπάλες, η φυσική άσφαλτος, άλλοι χημικοί τροποποιητές και τα

ανακυκλούμενα ελαστικά. Ο κάθε ένας από τους παραπάνω τροποποιητές επιφέρει ανάλογες βελτιώσεις με την προσθήκη αυτών των τροποποιητών στην ασφάλτο καθώς και άλλες ιδιότητες αυτών συνοψίζονται στον Πίνακα 1.2.

Τα πιο γνωστά θερμοπλαστικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται στην τροποποίηση της ασφάλτου είναι το SBS (Στυρένιο Βουταδιένιο Στυρένιο) και το EVA (Οξικό Βινυλεθυλένιο). Το SBS είναι ένα ελαστικό πολυμερή το οποίο με την επίδραση εφελκυστικής δύναμης επιμηκύνεται και μετά την αφαίρεση της δύναμης επανέρχεται στο αρχικό του μήκος. Ενώ το EVA είναι ένα πλαστικό πολυμερή το οποίο όταν θερμανθεί πάνω από μία θερμοκρασία γίνεται μαλακό και μπορεί να μορφοποιηθεί και κατόπιν με την απομάκρυνση της θερμοκρασίας σκληραίνει και διατηρεί το σχήμα που απέκτησε. «Το EVA και το SBS, αυξάνουν την ακαμψία της ασφάλτου, αλλά σε πολλές περιπτώσεις λόγω της διαφορετικής τους ψύξης προκαλούν «ξέφτισμα» του οδοστρώματος κατά την εφαρμογή».

Πίνακας 1.2: Βελτιώσεις που επέρχονται με τη χρήση τροποποιητών ασφάλτου.

Βελτιώσεις	Ελαστομερή (SBS κλπ)	Πλαστομερή (EVA κλπ)	Θερμοσκληρυνόμενα (ρητίνες)	Ίνες
Παραμένουσα παραμόρφωση	Ναι	Ναι	Ναι	-
Ρηγμάτωση κόπωσης	Ναι	Κάποια	Ναι	Κάποια
Θερμική ρηγμάτωση	Ναι	Κάποια	Ναι	-
Αποστράγγιση ασφάλτου	Ναι	Κάποια	Ναι	Ναι
Γήρανση	Κάποια	Ναι	Ναι	Κάποια
Αντίσταση καταστροφής	Ναι	•	Ναι	•
Άλλα χαρακτηριστικά				
Δυσκολία στην ανακύκλωση	Μέτρια		Μεγάλη	Χαμηλή
Προσαύξηση κόστους	Μέτρια – υψηλή		Υψηλή	Χαμηλή
Περιβαλλοντική θεώρηση	Αποσυντίθεται εάν υπερθερμανθεί		Βλαβερό δεν ωριμάσει	Επικίνδυνο λόγω λεπτότητας του υλικού

1.7 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Η ασφάλτος είναι ένα πολύπλοκο χημικό μίγμα οργανικών ενώσεων που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες με ένα μικρό ποσοστό ετεροκυκλικών ενώσεων που περιέχουν στα ενεργά τους κέντρα, θείο, άζωτο και οξυγόνο. Η ασφάλτος επίσης περιέχει ίχνη μετάλλων νικελίου, μαγνησίου, σιδήρου, βαναδίου, και ασβεστίου με τη μορφή ανόργανων αλάτων και οξειδίων. Στοιχειακή ανάλυση ασφάλτων που παράχθηκαν από αργό πετρέλαιο από διάφορες πηγές έδειξε ότι οι περισσότεροι

άσφαλτοι περιέχουν : Άνθρακα 82-88%, Υδρογόνο 8-11%, Θείο 0-6%, Οξυγόνο 0-1.5% και Άζωτο 0-1%. Η ακριβής σύνθεση της ασφάλτου διαφέρει και εξαρτάται τόσο από την πηγή του πετρελαίου και την τροποποίηση που επέρχεται κατά την κλασματική απόσταξη αυτού, όσο και από την επερχόμενη γήρανση της ασφάλτου.

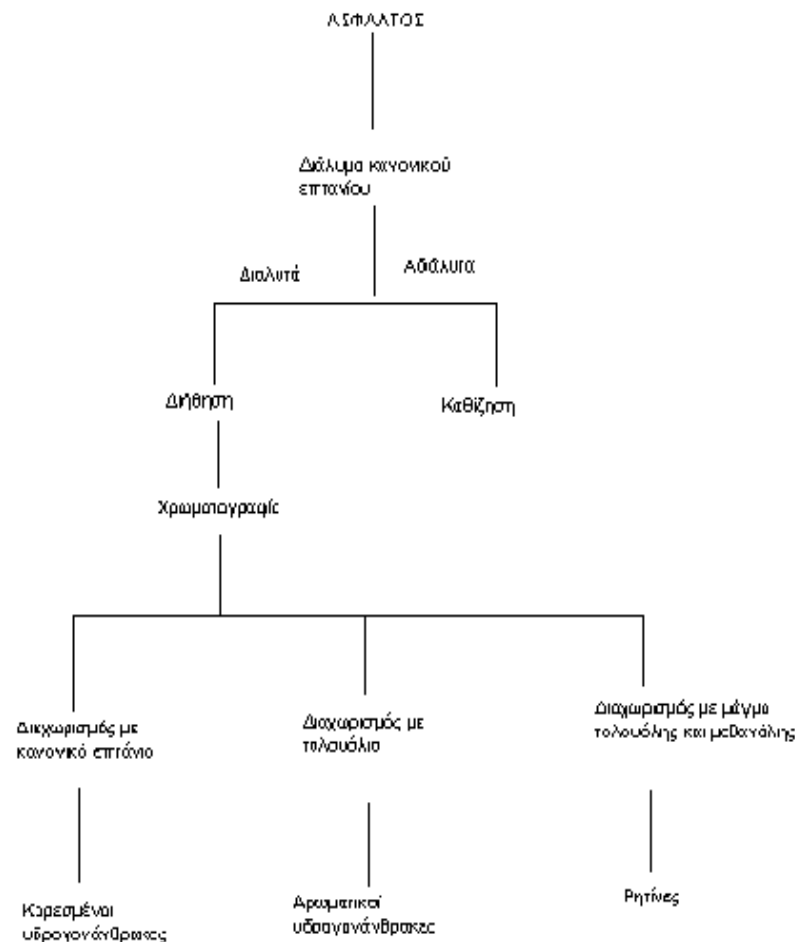
Πίνακας 1.3: Στοιχειακή ανάλυση ασφάλτου

Στοιχείο	Περιεκτικότητα
Άνθρακας	82% - 88%
Υδρογόνο	8% - 11%
Θείο	0% - 6%
Οξυγόνο	0% - 1,5%
Άζωτο	0% - 1%

Παρ' όλη την πολυπλοκότητα της χημικής σύνθεσης της ασφάλτου είναι δυνατόν να διαχωρίσουμε αυτήν σε δύο ευρύτερες χημικές ομάδες και να πάρουμε έτσι χρησιμότερες πληροφορίες για τις φυσικές τις ιδιότητες που επηρεάζουν άμεσα τη συμπεριφορά της σε διάφορες εφαρμογές, όπως στην οδοποιία. Οι δύο χημικές ομάδες είναι τα ασφαλτένια και τα μαλτένια. Τα μαλτένια μπορούν ακόμη να υποδιαιρεθούν σε κορεσμένους υδρογονάνθρακες, σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες και σε ρητίνες.

Ο διαχωρισμός της ασφάλτου στα παραπάνω κλάσματα γίνεται με τέσσερις μεθόδους οι οποίες είναι εκχύλιση με διαλύτες, χρωματογραφία, κλασματική απόσταξη και προσρόφηση πάνω σε λεπτόκοκκες στερεές ουσίες και απομάκρυνση των μη προσροφηθέντων με διήθηση. Από τις τέσσερις μεθόδους οι δύο πρώτες είναι αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο. Η πρώτη είναι σχετικά απλή και γρήγορη αλλά όχι με τόσο ακριβή διαχωρισμό όσο η χρωματογραφία. Η χρωματογραφία είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα. Η βάση στη χρωματογραφία είναι να διαχωριστούν τα ασφαλτένια. Τα ασφαλτένια είναι αδιάλυτα σε διάλυμα κανονικού επτανίου και έτσι κατακρημνίζονται ως ίζημα. Τα μαλτένια είναι διαλυτά στο κανονικό επτάνιο καθώς και σε άλλους διαλύτες. Σχηματική παρουσίαση του διαχωρισμού της ασφάλτου δίνεται στο σχήμα 1.1.

Σχήμα 1.1:
Σχηματική
παρουσίαση
διαχωρισμού της
ασφάλτου



Οποιαδήποτε αυξομείωση των ασφαλτένιων και των μαλτενίων, ιδιαίτερα των ρητίνων και των κεκορεσμένων, επηρεάζει το ιξώδες και τη θερμοκρασιακή ευαισθησία της ασφάλτου (σκληρότητα). Αυξομείωση των παραπάνω λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια και τον τρόπο παραγωγής της ασφάλτου.

1.7.1 Ασφαλτένια

Τα ασφαλτένια είναι πολύπλοκες πολικές αρωματικές ενώσεις, στερεά αδιάλυτα σε κανονικό επιταγίο, μαύρου ή σκούρου χρώματος, που περιέχουν πλην του άνθρακα, υδρογόνο, θείο και οξυγόνο. Τα ασφαλτένια έχουν πολύ μεγάλο μοριακό βάρος που από διάφορους ελέγχους βρέθηκε ότι μεταβάλλεται από 1.000 έως 300.000 αναλόγως της μεθόδου καθορισμού και της προέλευσης του αργού πετρελαίου. Η περιεκτικότητα της ασφάλτου σε ασφαλτένια επηρεάζει άμεσα τις ρεολογικές ιδιότητες της ασφάλτου. Αυξάνοντας το ποσοστό των ασφαλτένιων παράγεται άσφαλτος με χαμηλή

διδεικνυμικότητα, υψηλό σημείο μάλθωσης και κατά συνέπεια υψηλό ιξώδες. Το ποσοστό των ασφαλτένιων στην άσφαλο συνήθως κυμαίνεται από 5% έως 28%.

1.7.2 Μαλτένια

- **Ρητίνες**

Οι ρητίνες είναι διαλυτές στο κανονικό επτάνιο και αποτελούνται από τα ίδια συστατικά με τα ασφαλτένια, πλην όμως έχουν μικρότερο μοριακό βάρος (500 έως 50000). Οι ρητίνες είναι ισχυρές πολικές ενώσεις σε στερεά ή ημιστερεά μορφή χρώματος σκούρου καφέ. Παίζουν το ρόλο διασπορέων των ασφαλτένιων και η αναλογία αυτών στην άσφαλο καθορίζει κατά ένα βαθμό τον τύπο συμπεριφοράς της ασφάλτου ως κολλοειδούς διαλύματος.

- **Αρωματικές ουσίες**

Οι αρωματικές ουσίες είναι αρωματικοί ναφθενικοί υδρογονάνθρακες, έχουν το χαμηλότερο μοριακό βάρος των ενώσεων στην άσφαλο (300 έως 2000) και αντιπροσωπεύουν το κυριότερο μέσο διασποράς των ασφαλτένιων. Είναι ιξώδη ρευστά σκούρου χρώματος και βρίσκονται σε ποσοστό 40 έως 655 στην άσφαλο.

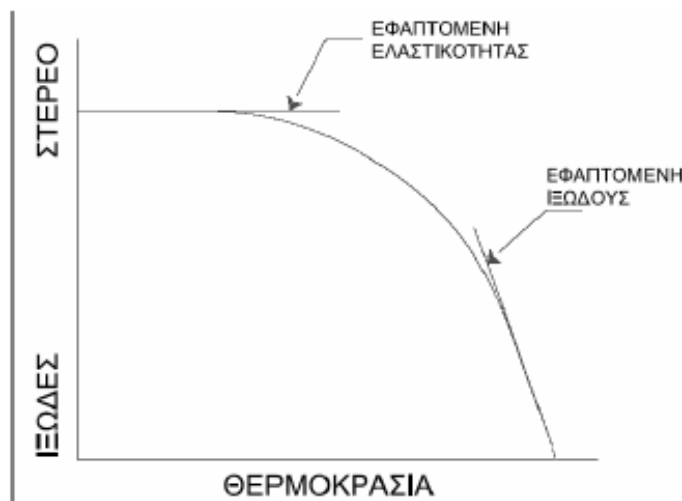
- **Κορεσμένες ουσίες**

Οι κορεσμένες ουσίες είναι ασφαλτικοί υδρογονάνθρακες με αλκυλναφθένια και αλκυλαρωματικούς υδρογονάνθρακες. Το μοριακό τους βάρος είναι όμοιο με των αρωματικών ουσιών και τα συστατικά τους περιέχουν κηροειδή κεκορεσμένα. Οι κορεσμένες ουσίες είναι μη πολικά ιξώδη έλαια, χρώματος ξανθού ή λευκού και βρίσκονται σε αναλογία 5 έως 20% στην άσφαλο.

1.8 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Η άσφαλος είναι υγρό με μεγάλο ιξώδες σε υψηλές θερμοκρασίες και είναι εύθραυστο στερεό σε χαμηλές θερμοκρασίες. Για τον προσδιορισμό των κυριότερων χαρακτηριστικών της ασφάλτου μας ενδιαφέρει το ιξώδες της, αλλά και η σκληρότητα της σε διάφορες θερμοκρασίες. Οι σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων και των θερμοκρασιών της είναι ιδιαίτερα σημαντικές, αφού η άσφαλος πρέπει να είναι σε ρευστή κατάσταση για να αναμιχθεί με διάφορα αδρανή και να μορφοποιηθεί, ώστε να συμπεριφέρεται ως στερεό σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος (σχήμα 1.2).

Σχήμα 1.2: Επίδραση της θερμοκρασίας στα ασφαλτικά υλικά



Η άσφαλτος είναι ιξωδοελαστικό υλικό και οι ιδιότητες της επηρεάζονται όχι μόνο από τη θερμοκρασία αλλά και από τα φορτία που παραλαμβάνει. Η ιξωδοελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου προκαλεί φαινόμενα ερπυσμού σε διάφορες εφαρμογές της στα οδοστρώματα. Τα φαινόμενα αυτά προκαλούνται από την στατική αλλά και από την κυλιόμενη επαναλαμβανόμενη φόρτιση. Ο τύπος της ασφάλτου, ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί σε κάθε έργο, είναι συνάρτηση, κυρίως του τύπου του ασφαλτικού σκυροδέματος που θα επιλεγεί και των θερμοκρασιών του περιβάλλοντος που επικρατούν στο έργο. Γενικά λαμβάνεται υπόψη η χημική ανάλυση της ασφάλτου, με στόχο να προσδιοριστεί η επίδραση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας στο σώμα του ασφαλτοτάπητα για την προδιαγραφή και την εξάλειψη των συνήθων προβλημάτων των οδών, όπως η τροχαυλάκωση, ο ερπυσμός και η φθορά από το νερό.

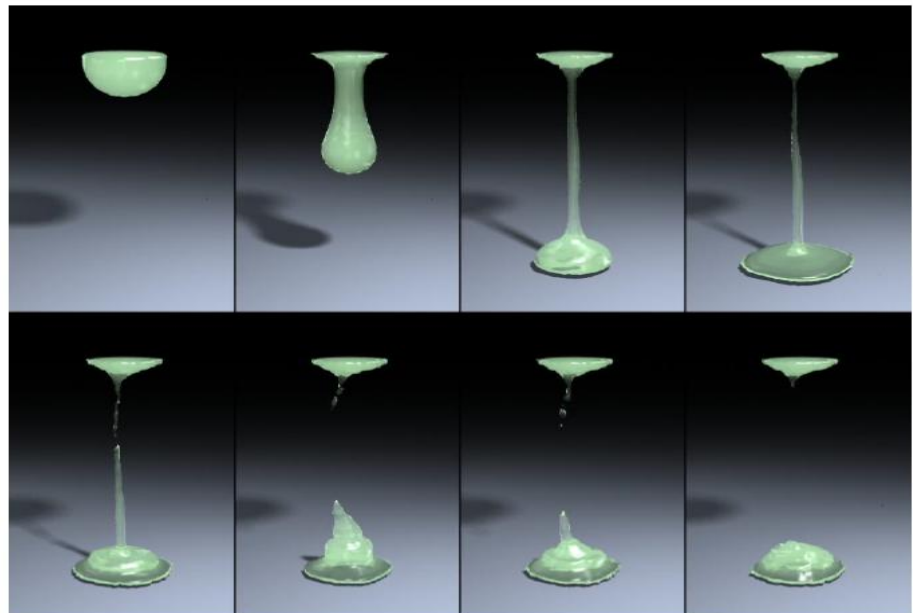
1.9 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

1.9.1 Ιξωδοελαστική συμπεριφορά ασφάλτου

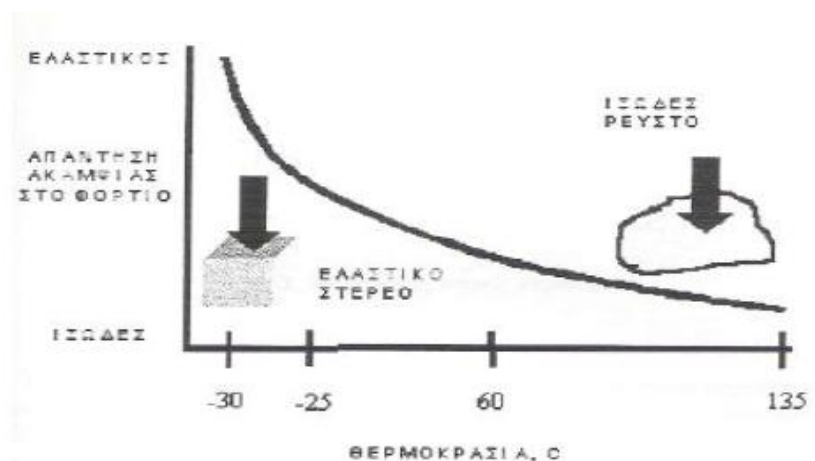
Η άσφαλτος είναι ένα υλικό που μπορεί να ενεργήσει και ως ιξώδες ρευστό υλικό και ως ελαστικό στερεό υλικό. Στις υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες από 100 °C) και όταν ο χρόνος φόρτισης είναι μεγάλος, η άσφαλτος συμπεριφέρεται βασικά ως ιξώδες ρευστό παρόμοιο με το πετρέλαιο φόρτισης κινητήρων. Αυτό επιτρέπει στην άσφαλτο να ενεργήσει ως λιπαντικό που καλύπτει τα αδρανή υλικά και παρέχει εργασιμότητα στο μίγμα κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (λιγότερο από 0 °C) και όταν ο χρόνος φόρτισης είναι πολύ μικρός συμπεριφέρεται όπως ένα ελαστικό στερεό που θα τεντωθεί ή θα συμπιεστεί όταν φορτώνεται και επιστρέφει στην αρχική μορφή του όταν ξεφορτώνεται. Στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες που συμβαίνει να είναι

εκεί όπου το οδόστρωμα αναμένεται να λειτουργήσει τις περισσότερες φορές η άσφαλτος έχει τα χαρακτηριστικά και ενός ιξώδους ρευστού και ενός ελαστικού στερεού. Επομένως στην πράξη η άσφαλτος συμπεριφέρεται ως ιξωδοελαστικό υλικό (εικόνα 1.3 και διάγραμμα 1.1) και οι μηχανικές τις ιδιότητες εξαρτώνται τόσο από την θερμοκρασία όσο και από τον χρόνο φόρτισης της τάσης.

Εικόνα 1.3:
Απεικόνιση
ιξωδοελαστικής
συμπεριφοράς υγρού



Διάγραμμα 1.1:
Ιξώδης / Ελαστική
επιφορά της ασφάλτου



Για τον μηχανικό είναι ουσιαστικής σημασίας η γνώση της ιξωδοελαστικής συμπεριφοράς και γενικά της μηχανικής συμπεριφοράς της ασφάλτου διότι μόνο έτσι μπορεί να υπολογίσει τις αναπτυσσόμενες παραμορφώσεις υπό συνθήκες έργου και γενικότερα να υπολογίσει τις θεμελιώδεις μηχανικές ιδιότητες τόσο της ασφάλτου όσο

και των αντιστοιχων ασφαλτομιγμάτων. Πολλοί ερευνητές προσπάθησαν να απεικονίσουν την ιξωδοελαστική συμπεριφορά της ασφάλτου με πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις και διάφορα μοντέλα, αλλά η πολύπλοκη μηχανική συμπεριφορά και οι ιδιότητες της ασφάλτου δεν ήταν τόσο εύκολο να καθοριστούν.

1.9.2 Μέτρο δυσκαμψίας της ασφάλτου

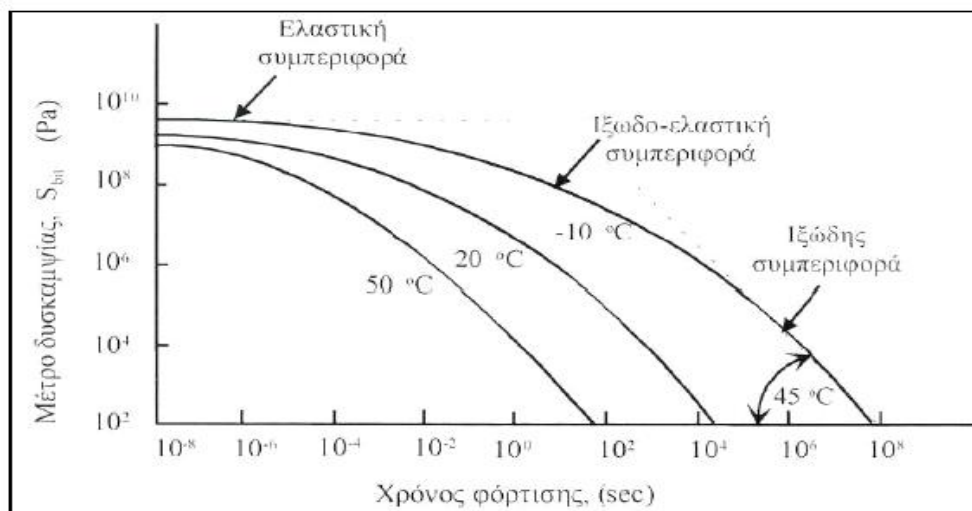
Το μέτρο δυσκαμψίας αποτελεί θεμελιώδη παράμετρο για την περιγραφή των μηχανικών ιδιοτήτων των ασφάλτων, κατά αναλογία με το μέτρο ελαστικότητας των στερεών υλικών. Το μέτρο δυσκαμψίας της ασφάλτου (S_{bit}) ή (S_b) κατά αναλογία του μέτρου ελαστικότητας, είναι ο λόγος της τάσης (σ) προς την ανηγμένη παραμόρφωση (ϵ). Το μέγεθος του μέτρου δυσκαμψίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία (T) και το χρόνο φόρτισης (t). Ακόμη, η παραμόρφωση είναι ανάλογη της επιβαλλόμενης τάσης και αυτό ισχύει με την προϋπόθεση ότι η ανηγμένη παραμόρφωση είναι μικρότερη του 1%. Εφόσον ο κύριος σκοπός, κατά τη διαστασιολόγηση των οδοστρωμάτων, είναι να περιορίζεται ή να αποτρέπεται παραμόρφωση πολύ μικρότερη του 1%, η παραπάνω προϋπόθεση ικανοποιείται πλήρως. Έτσι ισχύει η γενική εξίσωση:

$$(S_{bit})_{t,T} = (\sigma / \epsilon)_{t,T} \quad (\text{Σχέση 1.1})$$

Η μεταβλητότητα του μέτρου δυσκαμψίας της ασφάλτου συναρτήσκει του χρόνου φόρτισης και της θερμοκρασίας επεξηγείτε στο διάγραμμα 1.2. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα αυτό, σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και όταν ο χρόνος φόρτισης είναι μικρός η συμπεριφορά της ασφάλτου είναι ελαστική (απεικόνιση με ευθεία γραμμή) και το μέγεθος του μέτρου δυσκαμψίας πλησιάζει το μέτρο ελαστικότητας αυτής ($S_{bit} = E$). Η τιμή αυτή βρέθηκε ότι είναι μεταξύ $2.6 - 3.00 \times 10^9$ Pa και συνήθως λαμβάνεται ίση με 2.7×10^9 Pa.

Όταν ο χρόνος φόρτισης είναι πολύ μεγάλος ή και οι θερμοκρασίες πολύ υψηλές, η ασφαλτος συμπεριφέρεται ως καθαρά ιξώδες υλικό (απεικόνιση με κεκλιμένη ευθεία 45°). Στο ενδιάμεσο διάστημα η συμπεριφορά είναι ιξωδοελαστική. Έτσι, για έναν αντιπροσωπευτικό χρόνο φόρτισης 0,01sec, το μέτρο δυσκαμψίας της ασφάλτου μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ομοίως, για μια αντιπροσωπευτική θερμοκρασία 20°C , το μέτρο δυσκαμψίας μειώνεται με την αύξηση του χρόνου φόρτισης και αυξάνεται με τη μείωση του χρόνου φόρτισης. Οι αυξομειώσεις αυτές επηρεάζουν τις αντίστοιχες μηχανικές ιδιότητες των ασφαλτομιγμάτων και κατ' επέκταση τη μηχανική συμπεριφορά του οδοστρώματος.

Διάγραμμα 1.2:
Μηχανική συμπεριφορά ασφάλτου συναρτήσει του χρόνου φόρτισης και της θερμοκρασίας



1.9.3 Εφελκυστική αντοχή ασφάλτου

Μια άλλη σημαντική μηχανική ιδιότητα της ασφάλτου είναι η εφελκυστική αντοχή αυτής, διότι επέρχεται θραύση της ασφάλτου εκεί όπου αναπτύσσονται κρίσιμες εντατικές καταστάσεις. Η εφελκυστική αντοχή της ασφάλτου μπορεί να αντιπροσωπευθεί με την εφελκυστική ανηγμένη παραμόρφωση κατά την θραύση. Στην πράξη η θραύση της ασφάλτου επέρχεται κάτω από την επίδραση υψηλών τάσεων, οι οποίες αναπτύσσονται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτό συνεπάγεται υψηλό μέτρο δυσκαμψίας και η εφελκυστική παραμόρφωση κατά την θραύση παίρνει τη μικρότερή της τιμή. Αντιθέτως, στις υψηλές θερμοκρασίες το μέτρο δυσκαμψίας είναι πολύ μικρό, η εφελκυστική παραμόρφωση είναι πολύ μεγάλη και δεν επέρχεται θραύση.

1.9.4 Αντοχή σε κόπωση

Μια άλλη μηχανική ιδιότητα της ασφάλτου είναι η αντοχή σε κόπωση. Η αντοχή σε κόπωση της ασφάλτου μειώνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός επαναλαμβανόμενων φορτίσεων και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα επέρχεται η κόπωσή της.

2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΤΟΥ

Μία φυσική, χημική ή μηχανική ιδιότητα προσδιορίζεται με πολλούς τρόπους που οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα, όχι πάντα συγκρίσιμα. Γι' αυτό δημιουργήθηκαν τα πρότυπα δοκιμών. Καθιέρωσαν συνθήκες υπό τις οποίες τα αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα, ανεξαρτήτως του χρόνου και του χώρου τέλεσης των δοκιμών. Καίτοι μπορούσε να διαμορφωθεί μία κοινή «γλώσσα» μετρήσεων, αντί για ένα πρότυπο ανά υλικό και ιδιότητα, αναπτύχθηκαν περισσότερα: τα αμερικανικά ASTM, τα βρετανικά BS, τα γαλλικά NF, τα γερμανικά DIN, τα ελληνικά ΕΛΟΤ κ.ά. Έτσι λίγο τροποποιημένες διαδικασίες με λίγο μεταβαλλόμενες συνθήκες οδηγούν σε πολύ διαφορετικά αποτελέσματα. Αποτέλεσμα λοιπόν της ύπαρξης πολλών προτύπων είναι η ακύρωση του λόγου για τον οποίο ευθύς εξαρχής αυτά δημιουργήθηκαν. Αυτή την απόκλιση στοχεύουν να καλύψουν τα ευρωπαϊκά πρότυπα EN. Αυτά τα πρότυπα οφείλει να ακολουθήσει και η Ελλάδα, μολονότι μέχρι πρότινος ακολουθούσε κυρίως τα αντίστοιχα αμερικανικά (ASTM).

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται αναλυτικά οι πιο σημαντικές εργαστηριακές δοκιμές της ασφάλτου σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Αναφέρεται ο τρόπος εργασίας και η διαδικασία που ακολουθείται σε κάθε δοκιμή καθώς και ο εργαστηριακός εξοπλισμός που απαιτείται σε κάθε μια από αυτές. Τέλος, συγκρίνονται κάποιες από τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές με τις αντίστοιχες αμερικάνικες, ώστε να γίνουν κατανοητές οι διαφορές αυτών.

2.1 ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΑΣΦΑΛΤΙΚΟΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ

2.1.1 Γενικά

Η μελέτη σύνθεσης του ασφαλτομίγματος αποσκοπεί στον καθορισμό των αναλογιών των κλασμάτων των αδρανών (χονδρόκοκκων, λεπτόκοκκων και παιπάλης) και της περιεκτικότητας συνδετικού υλικού, για να επιτευχθεί βελτιστοποίηση των μηχανικών ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς του ασφαλτομίγματος. Κατά τη μελέτη γίνεται επίσης έλεγχος των μηχανικών και των φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών.

Ο προσδιορισμός των αναλογιών των κλασμάτων των αδρανών γίνεται με διάφορες μεθόδους ενώ ο προσδιορισμός της βέλτιστης περιεκτικότητας κοινής ασφάλτου οδοστρώσεως στο ασφαλτικό σκυρόδεμα γίνεται με την δοκιμή Marshall όπως περιγράφεται στο πρότυπο EN 12697-34: 2004 «Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt - Part 34: Marshall test – Ασφαλτικά μίγματα - Μέθοδοι δοκιμής θερμού ασφαλτομίγματος - Μέρος 34: Δοκιμή Marshall.»

Η μελέτη σύνθεσης του ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνεται σε αναγνωρισμένο εργαστήριο (πιστοποιημένο κατά EN 45011: 1998-03 «General requirements for bodies operating product certification systems (ISO/IEC Guide 65: 1996) – Γενικές απαιτήσεις για φορείς που προβαίνουν σε πιστοποίηση προϊόντων») με αντιπροσωπευτικά δείγματα υλικών (αδρανή, άσφαλτος, κλπ) από εκείνα που θα χρησιμοποιηθούν στην πράξη.

Πριν την έναρξη της μαζικής παραγωγής του ασφαλτομίγματος για την εκτέλεση των εργασιών, θα ελέγχεται η συμβατότητα του παραγόμενου ασφαλτομίγματος με αυτό που καθορίστηκε από τη μελέτη σύνθεσης όσον αφορά την κοκκομετρική καμπύλη του μίγματος των αδρανών, την περιεκτικότητα σε συνδετικό υλικό και τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του ασφαλτομίγματος.

Οι έλεγχοι συμβατότητας του παραγόμενου ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνονται από το ίδιο εργαστήριο που εκπόνησε την μελέτη σύνθεσης, ή από άλλο αναγνωρισμένο εργαστήριο, το οποίο θα αναλάβει και τον συνεχή εργαστηριακό έλεγχο του ασφαλτομίγματος κατά τη διάρκεια των εργασιών.

Η τυχόν απόκλιση από τη μελέτη σύνθεσης, (στην κοκκομετρική διαβάθμιση και το ποσοστό ασφάλτου), θα διορθώνεται και εάν αυτό δεν είναι εφικτό, τα παραπάνω χαρακτηριστικά θα επαναπροσδιορίζονται, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της προδιαγραφής αυτής.

2.1.2 Χαρακτηριστικά ασφαλτικού σκυροδέματος

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα από άσφαλτο οδοστρωσίας και τα αδρανή υλικά ή το ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697-35: 2004 «Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt - Part 35: Laboratory mixing - Ασφαλτικά μίγματα - Μέθοδοι δοκιμής θερμού ασφαλτομίγματος - Μέρος 35: Ανάμιξη στο εργαστήριο», θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις που καθορίζονται στον Πίνακα 2.1.

Το ασφαλτικό σκυρόδεμα πρέπει επίσης να ικανοποιεί και τις παρακάτω απαιτήσεις:

α) Ο λόγος παιπάλης/ασφάλτου (ποσοστό παιπάλης προς ποσοστό ασφάλτου) θα κυμαίνεται μεταξύ 0,6 έως 1,2.

β) Ο λόγος των εφελκυστικών αντοχών των δοκιμίων που προκύπτει από την εκτέλεση δοκιμών με βάση τα πρότυπα EN 12697-12: 2003 «Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt - Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens - Ασφαλτικά μίγματα - Μέθοδοι δοκιμής θερμού ασφαλτομίγματος - Μέρος 12: Προσδιορισμός της ευαισθησίας στην επίδραση του νερού δοκιμίων ασφαλτομίγματος» και EN 12697-23: 2003 «Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt - Part 23: Determination of the indirect tensile strength of bituminous specimens - Ασφαλτικά μίγματα - Μέθοδοι δοκιμής θερμού ασφαλτομίγματος - Μέρος

23: Προσδιορισμός της έμμεσης εφελκυστικής αντοχής δοκιμών ασφάλτου (AASHTO T 283)» θα πρέπει να είναι για μεν την επιφανειακή στρώση $\approx 80\%$, για δε τις λοιπές ασφαλτικές στρώσεις $\approx 70\%$. Τα δοκίμια θα παρασκευάζονται κατά τον ίδιο τρόπο όπως τα δοκίμια Marshall.

Πίνακας 2.1: Χαρακτηριστικά ασφαλτικού σκυροδέματος κλειστού τύπου για οδοστρώματα οδών και αεροδρομίων για όλες τις ασφαλτικές στρώσεις

Χαρακτηριστικά κριτήρια	Για όλες τις κατηγορίες οδών
Βαθμός συμπύκνωσης, κτύποι	2x75
Ευστάθεια, KN	> 8,0
Παραμόρφωση, mm	2,0 - 3,5 ⁽¹⁾
Κενά αέρος, (%)	3,0 - 5,0
Κενά που γέμισαν με άσφαλτο, %	65 - 74

⁽¹⁾Τα όρια της παραμόρφωσης διαμορφώνονται σε 2,0 – 4,5 σε περίπτωση χρήσης τροποποιημένης ασφάλτου.

Κενά συμπυκνωμένων αδρανών (Κενά στο σκελετό των αδρανών) %	Για όλες τις περιπτώσεις			
	Ονομαστικό μέγεθος μίγματος αδρανών (mm)	Για κενά αέρος		
		0,03	0,04	0,05
	40	>10,0	>11,0	>12,0
	31,5	>11,0	>12,0	>13,0
	20	>12,0	>13,0	>14,0
	112,5	>13,0	>14,0	>15,0
	10	>14,0	>15,0	>16,0

2.1.3 Επιτρεπόμενες αποκλίσεις από το ασφαλτικό σκυροδέμα της μελέτης

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες αποκλίσεις ως προς την κοκκομετρική διαβάθμιση και την περιεκτικότητα ασφάλτου δίνονται στον Πίνακα 2.2.

Πίνακας 2.2: Επιτρεπόμενες αποκλίσεις από το ασφαλτόμιγμα της μελέτης

Κοκκομετρική διαβάθμιση/περιεκτικότητα ασφάλτου	Επιτρεπόμενη απόκλιση (%)
Μέγεθος κόσκινου > 12,5mm 10mm (9,5mm) ⁽¹⁾ και 4mm (4,75mm) 2mm (2,36mm) 0,25mm (0,3mm) 0,063mm (0,075mm)	±8
	±7
	±5
	±4
	±2
	±0,3
Περιεκτικότητα ασφάλτου, κατά βάρος ασφαλτομίγματος	±0,3

⁽¹⁾ Εντός παρενθέσεως η σειρά κόσκινων κατά AASHTO M 92 και τα αντίστοιχα όρια

Η εξάντληση των επιτρεπομένων αποκλίσεων πιθανόν να έχει ως αποτέλεσμα να βρεθεί η κοκκομετρική διαβάθμιση εκτός των οριακών τιμών που δίνονται στον Πίνακα 2.3. Εφ' όσον το ασφαλικό σκυρόδεμα ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις του Πίνακα 2.1, η ως άνω οριακή διαβάθμιση γίνεται αποδεκτή.

Πίνακας 2.3: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών για ασφαλικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου

Όνομαστικό άνοιγμα οπής κοσκίνου κατά EN 933-2: 1995 (mm)	Τύπος Ασφαλομίγματος				
	ΑΣ 40	ΑΣ 31.5	ΑΣ 20	ΑΣ12.5	ΑΣ10
63 (50)	100				
40 (37.5)	90-100	100			
31.5 (25)	-	90-100	100		
20 (19)	58-81 (56-80)	-	90-100	100	
12.5 (12.5)	-	56-80	-	90-100	100
10 (9.5)			58-81 (56-80)	-	90-100
4.0 (4.75)	20-50 (23-53)	25-56 (29-59)	31-61 (35-65)	39-70 (44-74)	49-80 (55-85)
2.0 (2.36)	14-39 (15-41)	18-43 (19-45)	21-46 (23-49)	25-55 (28-58)	29-63 (32-67)
0.25 (0.30)	3-15 (4-16)	4-16 (5-17)	4-19 (23-49)	4-19 (5-21)	6-21 (7-23)
0.063 (0.075)	0-5 (0-6)	1-6 (1-7)	1-7 (2-8)	1-9 (2-10)	1-9 (2-10)

2.2 ΜΕΙΩΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ EN 932-2: 1999

(Tests for General Properties of Aggregates - Methods for Reducing Laboratory Samples. Δοκιμές Προσδιορισμού Γενικών Χαρακτηριστικών - Μέθοδοι Μείωσης Εργαστηριακών Δειγμάτων.)

Σκοπός: Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη μείωση εργαστηριακών δειγμάτων αδρανών σε ποσότητα δείγματος προς δοκιμή, όταν για την ποσότητα αυτή:

- καθορίζεται ελάχιστη απαιτούμενη μάζα
- καθορίζονται όρια ανοχής απαιτούμενης μάζας
- καθορίζεται ακριβής μάζα από τις απαιτήσεις της δοκιμής

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Μηχανικός διαχωριστής υλικού
- Σέσουλα, φτυάρι ή μυστρί, πινέλα, ταψιά
- Λαμαρίνα

Διαδικασία δοκιμής

Ορισμοί

M: Μάζα εργαστηριακού δείγματος

M_i: Μάζα υπο-δείγματος
μ: Μάζα δείγματος προς δοκιμή
v: Αριθμός υπο-δειγμάτων

2.2.1 Ποσοστό υγρασίας και ομοιογένειας του δείγματος

- Εάν απαιτείται ο προσδιορισμός του ποσοστού υγρασίας του υλικού, το δείγμα δεν θα πρέπει να διαχωρίζεται με μηχανικό διαχωριστή και δεν θα πρέπει να ξηρανθεί πριν το διαχωρισμό.
- Σε άλλες περιπτώσεις, το δείγμα θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση ελεύθερης ροής.
- Για αδρανή που περιέχουν λεπτόκοκκο υλικό το οποίο διαχωρίζεται όταν ξηρανθεί ή ορατούς σβώλους αργίλου, η μείωση του δείγματος θα πρέπει να γίνεται στο υλικό στην κατάσταση στην οποία παραλαμβάνεται στο εργαστήριο.
- Για αδρανή τα οποία παρουσιάζουν μεγάλο εύρος κοκκομετρικής διαβάθμισης, είναι επιθυμητό να διαχωρίζεται το υλικό με κοσκίνισμα σε δύο ή περισσότερα κλάσματα και το κάθε κλάσμα να μειώνεται ξεχωριστά.

2.2.2 Μείωση δείγματος για δοκιμές με ελάχιστη απαιτούμενη μάζα υλικού

Χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι:

- Μέθοδος μηχανικού διαχωριστή
- Μέθοδος φτυαρίσματος
- Μέθοδος τετραμερισμού (δεν προτιμάται για αδρανή με ανοιχτή διαβάθμιση) για να δημιουργηθεί το 100% ή το 150% της απαιτούμενης ποσότητας.

2.2.3 Μείωση δείγματος για δοκιμές με όρια ανοχής στην απαιτούμενη

Χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι:

- Μέθοδος μηχανικού διαχωριστή
- Μέθοδος φτυαρίσματος για να δημιουργηθεί ποσότητα δείγματος $\pm 15\%$ της απαιτούμενης.

2.2.4 Μείωση δείγματος για δοκιμές με περιορισμένα όρια ανοχής στην απαιτούμενη μάζα

Χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι:

- Μέθοδος μηχανικού διαχωριστή
- Μέθοδος φτυαρίσματος

Για να δημιουργηθεί δείγμα ποσότητας μεγαλύτερης από την απαιτούμενη (§ 2.2.2). Αυτή η ποσότητα δείγματος τοποθετείται στην επιφάνεια εργασίας, ανακατεύεται καλά και απλώνεται σε μια γραμμή κατά μήκος της επιφάνειας εργασίας. Ξεκινώντας από τη μια άκρη της γραμμής, αφαιρείται με μια σπάτουλα υλικό μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη ποσότητα δείγματος. Δίνεται προσοχή ώστε κατά τη διάρκεια της διαδικασίας από το υλικό που αφαιρείται δεν μένει πίσω το λεπτόκοκκο κλάσμα.

2.2.5 Μέθοδοι μείωσης δειγμάτων

A. Μέθοδος μηχανικού διαχωριστή

Το δείγμα τοποθετείται με σέσουλα στο κέντρο της χοάνης του διαχωριστή, κατανέμοντας το ομοιόμορφα από την άκρη προς το κέντρο. Η εισαγωγή του δείγματος πρέπει να γίνεται σταδιακά και σε τέτοιες ποσότητες ώστε η διέλευση του υλικού από τα ανοίγματα στους δύο υποδοχείς να γίνεται ελεύθερα και χωρίς κατακράτηση υλικού ανάμεσα σε αυτά. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί ώστε να ληφθεί η απαραίτητη ποσότητα δείγματος.

- Ø Εάν το εύρος ανοχής για την απαιτούμενη ποσότητα είναι +50% της ποσότητας αυτής (μ), δηλαδή εάν η μάζα του τελικού δείγματος θα πρέπει να είναι από 100% έως 150% της απαιτούμενης ποσότητας μ για τη δοκιμή τότε:
 - Προσδιορίζεται η μάζα του συνόλου του εργαστηριακού δείγματος (M)
 - Υπολογίζονται τα όρια ανοχής της απαιτούμενης ποσότητας 0,75 μ και 1,5 μ .
 - Υπολογίζεται μάζα υπο-δείγματος M_i , όπου $M_i = M/2, M/4, M/8, M/16$, ώστε το M_i τελικά να είναι μικρότερο του 1,5 μ .
 - Εάν η μάζα του υπο-δείγματος υπολογίστηκε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα μ ανάμεσα σε 0,75 μ και μ τότε το δείγμα διαχωρίζεται αρχικά κατά $\frac{3}{4}$ και μετά με διαδοχικούς διαχωρισμούς κατά $\frac{1}{2}$.
 - Εάν η μάζα του υπο-δείγματος υπολογίστηκε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα μ ανάμεσα σε μ και 1,5 μ τότε το δείγμα μειώνεται με διαδοχικούς διαχωρισμούς κατά $\frac{1}{2}$.
- Ø Εάν το εύρος ανοχής της απαιτούμενης ποσότητας είναι $\pm 15\%$ της ποσότητας αυτής (μ), δηλαδή εάν η μάζα του τελικού δείγματος θα πρέπει να είναι από 85% έως 115% της απαιτούμενης ποσότητας μ για τη δοκιμή τότε:
 - Προσδιορίζεται η μάζα του συνόλου του εργαστηριακού δείγματος (M)
 - Υπολογίζονται τα όρια ανοχής της απαιτούμενης ποσότητας 0,75 μ , 0,85 μ , 1,15 μ και 1,5 μ .

- Υπολογίζεται μάζα υπο-δείγματος M_i , όπου $M_i = M/2, M/4, M/8, M/16$, ώστε το M_i τελικά να είναι μικρότερο του 1,5μ.
- Εάν η μάζα του υπο-δείγματος υπολογίστηκε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα μ ανάμεσα σε 0,75μ και 0,85μ τότε το δείγμα διαχωρίζεται αρχικά κατά 5/8 και μετά με διαδοχικούς διαχωρισμούς κατά 1/2.
- Εάν η μάζα του υπο-δείγματος υπολογίστηκε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα μ ανάμεσα σε 0,85μ και 1,15μ τότε το δείγμα μειώνεται με διαδοχικούς διαχωρισμούς κατά 1/2.
- Εάν η μάζα του υπο-δείγματος υπολογίστηκε σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα μ ανάμεσα σε 1,15μ και 1,5μ τότε το δείγμα διαχωρίζεται αρχικά κατά 3/4 και μετά με διαδοχικούς διαχωρισμούς κατά 1/2.

B. Μέθοδος κλασματικού φτυαρίσματος

Προσδιορίζεται η μάζα του εργαστηριακού δείγματος **M**.

Υπολογίζεται η ποσότητα των υπο-δειγμάτων n ως εξής:

$$n = M / \mu \quad (\text{Σχέση 2.1})$$

Όπου

μ : η μάζα του δείγματος προς δοκιμή

Εάν το εύρος ανοχής της απαιτούμενης ποσότητας είναι +50% της ποσότητας αυτής, ο αριθμός των υπο-δειγμάτων στρογγυλοποιείται στον χαμηλότερο ακέραιο αριθμό. Εάν το εύρος ανοχής της απαιτούμενης ποσότητας είναι $\pm 15\%$ της ποσότητας αυτής, ο αριθμός των υπο-δειγμάτων στρογγυλοποιείται στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό. Το φτυάρι θα πρέπει να φέρει ως μέγιστη ποσότητα μάζας αδρανών: $M / (10n)$

Επομένως, λαμβάνονται n φτυαριές από το δείγμα και τοποθετούνται σε n διαφορετικά σημεία της επιφάνειας εργασίας τα οποία αριθμούνται από το 1 έως το n . Λαμβάνονται φτυαριές από το υπόλοιπο δείγμα και προστίθενται σε κάθε υπο-δείγμα μέχρι να χρησιμοποιηθεί όλο το εργαστηριακό δείγμα. Επιλέγοντας τυχαίους αριθμούς, λαμβάνονται τα αντίστοιχα υπο-δείγματα που θα χρησιμοποιηθούν για τη δοκιμή.

Γ. Μέθοδος τετραμερισμού

Το υλικό τοποθετείται σε μία καθαρή, σκληρή, λεία και επίπεδη επιφάνεια στην οποία δεν θα υπάρξει απώλεια υλικού αλλά ούτε και προσθήκη ξένου υλικού σε αυτό.

Ανακατεύεται επιμελώς, αναποδογυρίζοντας όλη τη μάζα του 3 φορές με μία σέσουλα (για λεπτόκοκκα) ή ένα φτυάρι (για χονδρόκοκκα) ώστε κάθε φορά να δημιουργείται ένας κωνικός σωρός. Κατά τη δημιουργία ενός νέου κώνου, η κάθε φτυαριά τοποθετείται έτσι ώστε τα αδρανή να ρέουν περιμετρικά του κώνου και με ίση κατανομή.

Ο τρίτος κώνος επιπεδώνεται με το φτυάρι ή την σέσουλα έως ότου η διάμετρος και το πάχος του σωρού να είναι ομοιόμορφα. Ο επιπεδωμένος σωρός διαχωρίζεται σε 4 μέρη δημιουργώντας ένα σταυρό στο κέντρο του. Απομακρύνονται τα δύο αντιδιαμετρικά μέρη και με τη βοήθεια ενός πινέλου, βούρτσας ή σκούπας απομακρύνεται και όλο το λεπτόκοκκο υλικό που τυχόν έχει απομείνει στα σημεία αυτά. Ακολούθως, ενώνεται το υλικό που απέμεινε και επαναλαμβάνεται η διαδικασία έως ότου ληφθεί η απαραίτητη ποσότητα δείγματος.

Για τον τετραμερισμό του σωρού είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί λαμαρίνα, ειδικά σε αδρανή που τείνουν να διαχωρίζονται.

Δ. Μείωση δείγματος για χημικές αναλύσεις με θρυμματισμό για μείωση μεγέθους κόκκων

Το δείγμα διαχωρίζεται σύμφωνα με κάποια από τις παραπάνω μεθόδους και τα υπο-δείγματα ενδιάμεσων σταδίων θρυμματίζονται. Για να εξασφαλιστεί ότι το τελικό δείγμα είναι αντιπροσωπευτικό του συνόλου του αρχικού δείγματος, η μάζα των υπο-δειγμάτων σε οποιοδήποτε ενδιάμεσο στάδιο πρέπει να βρίσκεται σε μια ελάχιστη ποσότητα ανάλογα με το μέγιστο μέγεθος κόκκων του υλικού σύμφωνα με τον Πίνακα 2.4.

Ε. Δημιουργία δίδυμων δειγμάτων

Όταν απαιτούνται δίδυμα δείγματα σε μια δοκιμή τότε εφαρμόζεται μία από τις εξής διαδικασίες:

- Το αρχικό δείγμα χωρίζεται σε δύο υπό-δείγματα με μείωση κατά ½. Το κάθε υπό-δείγμα διαχωρίζεται μέχρι να ληφθεί η απαιτούμενη ποσότητα για τη δοκιμή σύμφωνα με μία από τις μεθόδους (α) ή (β).
- Δημιουργείται αρχικά η απαιτούμενη ποσότητα για το ένα δείγμα σύμφωνα με μία από τις μεθόδους 1 ή 2. Οι ποσότητες που απομένουν ενώνονται, αναμειγνύονται επαρκώς, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται ώστε να παραχθεί το δεύτερο δείγμα.
- Δημιουργείται μια σειρά δειγμάτων με μία από τις μεθόδους 1 ή 2 και επιλέγονται τυχαία δύο δείγματα.

Πίνακας 2.4

Μέγιστο μέγεθος κόκκων (mm)	Ελάχιστη μάζα υπο-δειγμάτων (gr)
1	100
2	200
4	500
8	800
16	1.000
32	2.000
63	10.000

2.3 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

2.3.1 Δοκιμή διεισδυτικότητας EN 1426: 2007

(Determination of Needle Penetration. Προσδιορισμός της Διείσδυσης με Βελόνα.)

Ορισμός: Η δοκιμή διείσδυσης είναι η παλαιότερη δοκιμή της ασφάλτου και είναι η πλέον γνωστή για την ταξινόμηση και τον καθορισμό του τύπου της ασφάλτου. Ακόμη είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος μέτρησης της συνοχής και κατ' επέκταση της σκληρότητας της ασφάλτου.

Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός της απόστασης, σε δέκατα του χιλιοστού, την οποία διανύει η πρότυπη βελόνα με διείσδυση κάθετα στο δείγμα, σε καθορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας, φορτίου και χρόνου.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Συσκευή διείσδυσης:** Σαν συσκευή θα γίνεται δεκτή οποιαδήποτε συσκευή επιτρέπει την κίνηση του στελέχους που φέρει την βελόνα, χωρίς σημαντική τριβή και έχει μηχανισμό, που να δίνει ανάγνωση της διείσδυσης σε δέκατα του χιλιοστού του μέτρου (Εικόνα 2.1). Όταν η βελόνα στερεώνεται με σφιγκτήρα, το βάρος του κινούμενου στελέχους πρέπει να είναι $47,5 \pm 0,05\text{gr}$. Ανεξάρτητα από τον τρόπο στερέωσης της βελόνας, το συνολικό βάρος βελόνας και στελέχους, πρέπει να είναι $50,00 \pm 0,05\text{gr}$. Επίσης πρέπει να υπάρχουν βάρη $50,00 \pm 0,05\text{gr}$ και $100,00 \pm 0,05\text{gr}$ για συνολικά φορτία 100gr και 200gr ανάλογα με τις εφαρμοζόμενες συνθήκες δοκιμής.

Εικόνα 2.1:

Πενετόμετρο ασφάλτου για τη δοκιμή διεισδυτικότητας



- **Βελόνα διείσδυσης** πρέπει να είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα σκληρότητας ROCKWELL C 57 έως 60. Πρέπει να έχει μήκος 50,8mm και διάμετρο 1,00mm έως 1,02mm περίπου. Το τμήμα της βελόνας που προεξέχει, όταν αυτή προσαρμοστεί μέσα στην υποδοχή της συσκευής διείσδυσης ή μέσα στον σφιγκτήρα, πρέπει να έχει μήκος 41,27mm. Ο σφιγκτήρας πρέπει να αποτελείται από κυλινδρική ράβδο διαμέτρου 3,18mm και μήκους 38,1mm, να είναι κατασκευασμένος από ανοξείδωτο χάλυβα ή ορείχαλκο, μέσα στην ράβδο να στερεώνεται η βελόνα καλά και με τέτοιο τρόπο, ώστε οι άξονες βελόνας-ράβδου να συμπίπτουν.

- **Υποδοχέας:** έχει σχήμα κυλινδρικό με επίπεδο πυθμένα μέσα στον οποίο δοκιμάζεται το δείγμα και είναι κατασκευασμένος από μέταλλο ή γυαλί (Εικόνα 2.2). Ο υποδοχέας που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για δείγματα με διείσδυση 200mm ή λιγότερο πρέπει να έχει χωρητικότητα 85cm³, εσωτερική διάμετρο 55mm και εσωτερικό ύψος 35mm. Αυτός που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για διείσδυση πάνω από 200mm, πρέπει να έχει χωρητικότητα 170cm³, εσωτερική διάμετρο 70mm και εσωτερικό ύψος 45mm.



Εικόνα 2.2:
Υποδοχείς

- **Υδατόλουτρο** (Εικόνα 2.3) το οποίο πρέπει να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία δοκιμής με ανοχή $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Ο όγκος του νερού δεν πρέπει να είναι μικρότερος των 10lit. Το βάθος του λουτρού πρέπει να επιτρέπει το βάπτισμα του δείγματος σε βάθος 10cm τουλάχιστον. Το δείγμα πρέπει να στηρίζεται σε διάτρητο διάφραγμα, που να απέχει από τον πυθμένα του λουτρού 5cm τουλάχιστον. Πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις ώστε να αποφεύγεται η ρύπανση του λουτρού από λάδια ή άλλες γλοιώδεις ουσίες. Για δοκιμές σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί λουτρό από διάλυμα χλωριούχου Νατρίου (αλατόνερο). Για δοκιμές διείσδυσης χωρίς εξαγωγή του δείγματος από το λουτρό, το ράφι πρέπει να έχει αρκετή αντοχή για τη στήριξη της συσκευής διείσδυσης.



Εικόνα 2.3:
Υδατόλουτρο

- **Δοχείο μεταφοράς υποδοχέα** κυλινδρικής μορφής με ελάχιστη εσωτερική διάμετρο 90mm και ελάχιστο βάθος (ύψος) πάνω από τον πυθμένα 55mm, πρέπει δε να είναι κατασκευασμένο από μέταλλο, γυαλί ή πλαστικό με επίπεδο πυθμένα. Πρέπει να είναι κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να εμποδίζεται η κίνηση του υποδοχέα.

- **Θερμόμετρα**

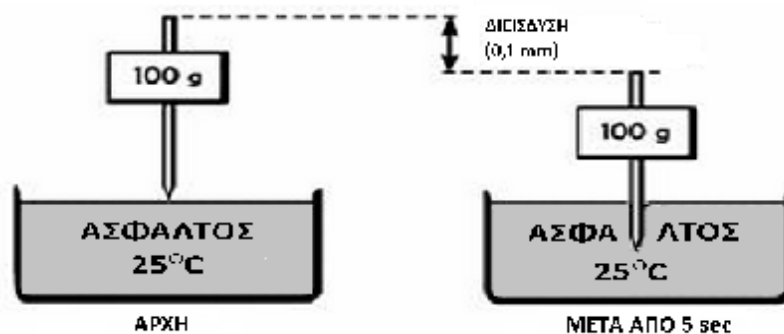
- **Χρονόμετρο:** Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται συσκευή διείσδυσης χειροκίνητου τύπου, συνιστάται η χρήση χρονομέτρου ακριβείας 0,1sec. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ειδικός μηχανισμός αυτόματης ρύθμισης του χρόνου διείσδυσης, ο οποίος προσαρμόζεται στη συσκευή διείσδυσης.

Διαδικασία Δοκιμής

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ότι αρχικά το δείγμα θερμαίνεται προσεκτικά μέχρις ότου να γίνει ρευστό. Ακολούθως, ανακατεύεται συνεχώς για να αποφευχθεί η δημιουργία φυσαλίδων και η θερμοκρασία του δείγματος αυξάνεται κατά

100°C περίπου πάνω από το σημείο μάλθωσής του. Αφού ο υποδοχέας γεμίσει με το υλικό, ψύχεται σε συνθήκες περιβάλλοντος για 1-1,5h. Στη συνέχεια τοποθετείται το δείγμα στο υδατόλουτρο, το οποίο έχει αποκτήσει τη σταθερή θερμοκρασία της δοκιμής και παραμένει εκεί 1-1,5h. Η δοκιμασία πραγματοποιείται σε θερμοκρασία 25°C, με συνολικό βάρος 100g και χρόνο 5s (Σχήμα 2.1).

Σχήμα 2.1:
Σχηματική περιγραφή της διαδικασίας της διείδυσης



Είναι, όμως, δυνατόν η δοκιμή να πραγματοποιηθεί και σε διαφορετικές συνθήκες. Η συσκευή διείδυσης φαίνεται στην εικόνα 2.1 Η βελόνα τοποθετείται στο στέλεχος του οργάνου και κάτω απ' αυτή βρίσκεται ο υποδοχέας, ο οποίος περιέχει το δείγμα (εικόνα 2.4).

Η βελόνα ρυθμίζεται, ώστε να εφάπτεται στη επιφάνεια του δείγματος, στη συνέχεια ελευθερώνεται το κινητό στέλεχος του μετρητή και η βελόνα εισχωρεί στο δείγμα για 5s. Ακολούθως, μετακινείται προσεκτικά το κινητό στέλεχος του μετρητή διείδυσης και προσδιορίζεται η ένδειξη του οργάνου. Για κάθε μέτρηση της διείδυσης γίνονται τρεις διειδύσεις σε σημεία, τα οποία να απέχουν τουλάχιστον 1cm τόσο από τα τοιχώματα του υποδοχέα, όσο και μεταξύ τους. Πριν από κάθε δοκιμή η βελόνα καθαρίζεται καλά με την βοήθεια κάποιου διαλύτη, όπως πετρέλαιο κ.α..

Εικόνα 2.4:
Υποδοχέας με δείγμα για την δοκιμή διείδυσης



2.3.2 Δοκιμή Μάλθωσης EN 1427: 2007

(Bitumen and Bituminous Binders - Determination of Softening Point - Ring and Ball Method. Άσφαλτος και Ασφαλτικά Συνδετικά - Προσδιορισμός της Μάλθωσης - Μέθοδος Δακτυλίου.)

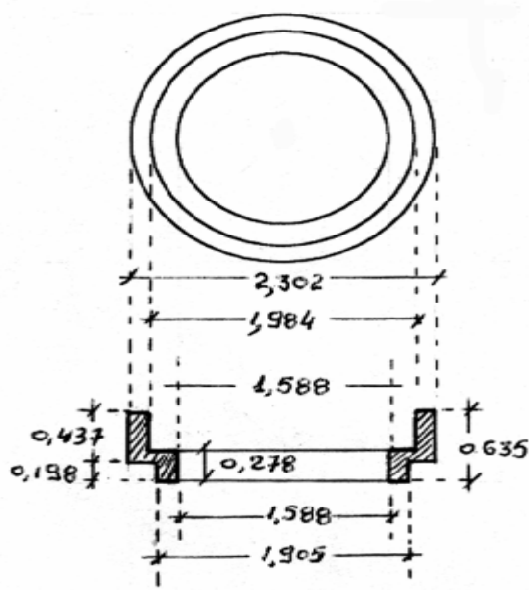
Ορισμός: Ως σημείο μάλθωσης ορίζεται η θερμοκρασία, στην οποία οι άσφαλτοι έχουν τέτοια σύσταση από απόψεως ιξώδους, ώστε να επιτρέπουν την δίοδο μεταλλικής σφαίρας, με διάμετρο 9.5mm και βάρος 3.5gr, μέσα από τη μάζα τους που γεμίζει ένα δακτύλιο ορισμένων διαστάσεων. Ακόμη η δοκιμή μάλθωσης μαζί με την δοκιμή δεισδυτικότητας χρησιμοποιείται για την ταξινόμηση και τον καθορισμό του τύπου των οξειδωμένων ασφάλτων.

Σκοπός: Η άσφαλτος είναι θερμοπλαστικό, μη ομοιογενές σώμα και συνεπώς δεν παρουσιάζει σαφές σημείο τήξης. Έτσι ορίστηκε η δοκιμή αυτή για τον προσδιορισμό της αλλαγής της σκληρότητας μιας ασφάλτου. Η δοκιμή μάλθωσης των ασφαλικών υλικών προσδιορίζει το σημείο μάλθωσης, δηλαδή προσδιορίζει πότε τα υλικά αυτά μετατρέπονται από ψαθυρά ή παχύρρευστα υγρά σε πιο ρευστά, με μικρό ιξώδες. Η συνοχή της ασφάλτου μπορεί να καθοριστεί εμπειρικά και από τη δοκιμή της μάλθωσης.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Δακτύλιος** είναι κατασκευασμένος από ορείχαλκο με εσοχή για την έδρασή του στον υποδοχέα. Οι διαστάσεις του φαίνονται στο σχήμα 2.2.

Σχήμα 2.2:
Δακτύλιος



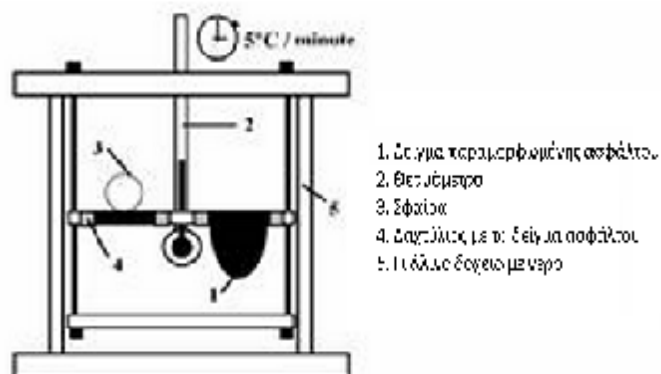
- **Σφαίρα:** Είναι κατασκευασμένη από χάλυβα με διάμετρο 9,5mm και έχει βάρος 3,5gr.
- **Οδηγός κεντρώσεως σφαίρας**
- **Λουτρό**
- **Υποδοχέας δακτυλίων**
- **Θερμόμετρα**

Διαδικασία δοκιμής

Αρχικά η διαδικασία που ακολουθείται είναι ότι οι δακτύλιοι τοποθετούνται πάνω σε ορειχάλκινη πλάκα, η οποία προηγουμένως έχει αλειφθεί με αντικολλητική ουσία. Το δείγμα θερμαίνεται με προσοχή, ανακατεύεται συνεχώς και όταν γίνει ρευστό τοποθετείται στους δακτυλίους. Το επιπλέον υλικό απομακρύνεται από τους δακτυλίους με τη βοήθεια θερμής σπάτουλας και το δείγμα ψύχεται για τουλάχιστον 30min και όχι περισσότερο από 240min.

Το γυάλινο δοχείο γεμίζεται με αποσταγμένο νερό με θερμοκρασία $5\pm 1^{\circ}\text{C}$. Ακολούθως, οι δακτύλιοι με το δείγμα, καθώς και οι χαλύβδινες σφαίρες τοποθετούνται στη συσκευή. Η συσκευή βυθίζεται στο λουτρό και θερμαίνεται με ταχύτητα αύξησης της θερμοκρασίας κατά $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Με την αύξηση της θερμοκρασίας του λουτρού και του δείγματος, το δείγμα γίνεται πιο ρευστό με αποτέλεσμα, υπό την επίδραση του βάρους της χαλύβδινης σφαίρας, το υλικό να αγγίζει την πλάκα. Η θερμοκρασία αυτή χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την θερμοκρασία της διείδυσης για τον υπολογισμό του δείκτη διείδυσης (PL). Όταν ο προσδιορισμός εκτελείται ταυτοχρόνως με δύο δακτυλίους, η μέγιστη επιτρεπόμενη διαφορά μεταξύ των τιμών της θερμοκρασίας είναι $1,2^{\circ}\text{C}$. Στην περίπτωση του διπλού προσδιορισμού, ως σημείο μάλθωσης λαμβάνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας στο υδρόλουτρο η οποία επιτυγχάνεται με τη συνεχή ανάδευση του υδρόλουτρο και από την καλή παρασκευή των δοκιμίων-δακτυλίων ασφάλτου. Σχηματική περιγραφή της δοκιμής φαίνεται στο σχήμα 2.3 και την εικόνα 2.5.

Σχήμα 2.3:
Σχηματική περιγραφή
συσκευής μάλθωσης



Εικόνα 2.5:
Όργανο για τη δοκιμή
μάλθωσης των
ασφαλτικών υλικών



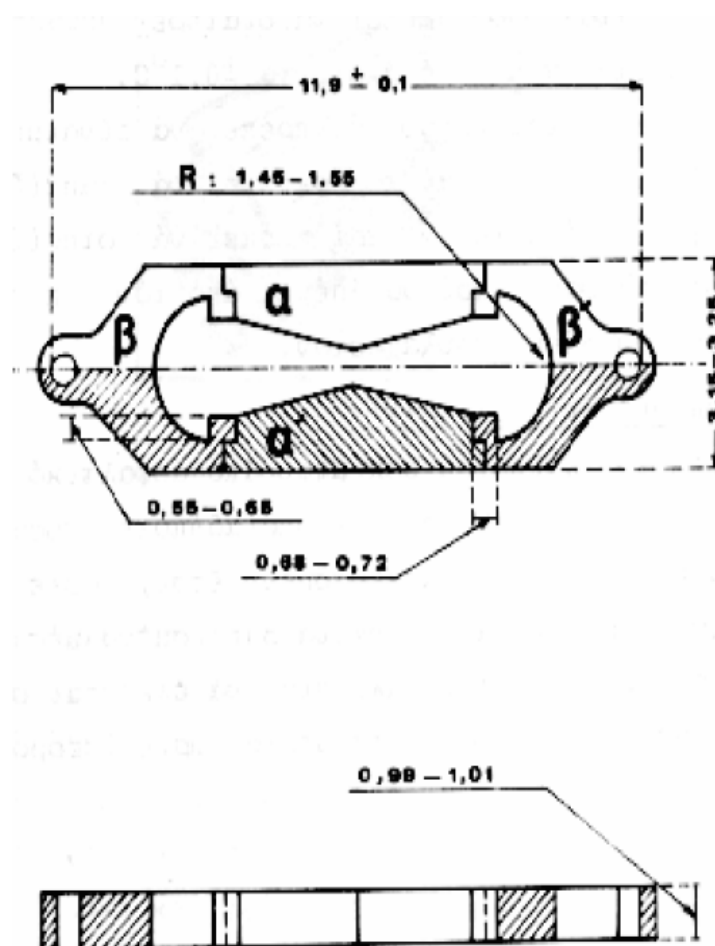
2.3.3 Δοκιμή Ολκιμότητας EN 13589: 2008

(Bitumen and Bituminous Binders - Determination of the Tensile Properties of Modified Bitumen by the Force Ductility Method. Άσφαλτος και Ασφαλτικά Συνδετικά - Προσδιορισμός των Ιδιοτήτων Εφελκυσμού Τροποποιημένης Ασφάλτου με τη Μέθοδο Ολκιμότητας με Δύναμη.)

Σκοπός: Στην δοκιμή για τον προσδιορισμό της ολκιμότητας μετράται η επιμήκυνση του ασφαλτικού υλικού μέχρις ότου θραυστεί σε κατάλληλη συσκευή. Η δοκιμή ολκιμότητας εξετάζει έμμεσα την αντοχή της ασφάλτου σε εφελκυσμό. Η δοκιμή εφελκυσμού γίνεται σε θερμοκρασία 25°C με ταχύτητα 5 cm/s, ενώ σε χαμηλές θερμοκρασίες η δοκιμή γίνεται σε θερμοκρασία 4°C με ταχύτητα 1cm/s.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Καλούπι:** (εικόνα 2.6) έχει τις διαστάσεις που φαίνονται στο σχήμα 2.4 και πρέπει να είναι κατασκευασμένο από ορείχαλκο. Τα άκρα β και β' χαρακτηρίζονται σαν λαβές και τα τμήματα α και α' σαν πλευρές του καλούπιού.



Σχήμα 2.4:
Διαστάσεις
δοκιμίου για την
δοκιμή
ολκιμότητας



Εικόνα 2.6:
Μήτρες δοκιμίων
ολκιμότητας

- **Υδατόλουτρο**

- **Συσκευή ολκιμότητας** για την έλξη του δοκιμίου από ασφαλτικό υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε συσκευή, η οποία θα είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε το δοκίμιο να είναι συνεχώς βαπτισμένο στο νερό, ενώ οι λαβές του καλουπιού να έλκονται σε αποχωρισμό με ομοιόμορφη ταχύτητα χωρίς υπερβολική δόνηση (εικόνα 2.7).

Εικόνα 2.7:
Συσκευή
ολκιμότητας



Προετοιμασία δείγματος για δοκιμή

Για την εκτέλεση της δοκιμής το υλικό, το οποίο πρόκειται να δοκιμαστεί, προετοιμάζεται σε κατάλληλη θερμοκρασία μέχρις ότου ρευστοποιηθεί μέσα σε ελαιόλουτρο. Στη συνέχεια, τοποθετείται στην ειδική επίπεδη ορειχάλκινη μήτρα η οποία παρέχει τη δυνατότητα στο μεσαίο τμήμα της να αποσπάται αφήνοντας έτσι την ασφαλτο ελεύθερη να επιμηκυνθεί και μετέπειτα στερεοποιείται στη θερμοκρασία δοκιμής μέσα στο υδατόλουτρο, μέχρι την εκτέλεση της δοκιμής. Η μήτρα της δοκιμής τοποθετείται στο υδατόλουτρο επάνω στο κατάλληλο πλέγμα και τα άκρα της τοποθετούνται στη συσκευή εφελκυσμού. Το υδατόλουτρο πρέπει να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία δοκιμής με ακρίβεια $\pm 0,1$ °C.

Ακολουθως επιβάλλεται η εφελκυστική δύναμη σύμφωνα με τους κανονισμούς, ώστε η ταχύτητα εφαρμογής στο δοκίμιο να είναι σταθερή. Η ταχύτητα εφαρμογής, εξαρτάται όμως, από τη θερμοκρασία της δοκιμής και μ' αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται η επιμήκυνση του δοκιμίου μέχρι τη θραύση του. Η επιμήκυνση αυτή αποτελεί τον δείκτη, ο οποίος προσδιορίζει την ολκιμότητα του δοκιμίου.

Διαδικασία δοκιμής

- Οι δακτυλιοειδείς οπές που υπάρχουν σε κάθε άκρο των λαβών, συνδέονται με τις σφήνες ή τα άγκιστρα της συσκευής δοκιμής.
- Τίθεται σε λειτουργία η συσκευή, η οποία έλκει το δοκίμιο με ταχύτητα 5cm/s, μέχρις ότου το δοκίμιο θραυστεί. (Επιτρέπεται απόκλιση $\pm 5\%$ cm/s) (Εικόνα 2.8).

- Η απόσταση κατά την οποία απομακρύνθηκαν οι λαβές μέχρις ότου το δοκίμιο θραυστεί μετράται σε cm.

Κατά τη δοκιμή, το νερό του λουτρού της συσκευής πρέπει να καλύπτει το δοκίμιο τόσο από πάνω όσο και από κάτω κατά 2,5cm και να διατηρείται στη θερμοκρασία της δοκιμής με επιτρεπόμενη απόκλιση $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Εικόνα 2.8:
Πειραματική
διάταξη
δοκιμής
ολκιμότητας



Αποτελέσματα

Η δοκιμή εκτελείται σε τρία δοκίμια και σαν αντιπροσωπευτική τιμή λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών αποτελεσμάτων. Για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων κατά την παρασκευή των δοκιμίων θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία φυσαλίδων και να διασφαλίζεται η ομοιόμορφη ποσότητα και καθαρότητα της ασφάλτου μέσα στην μήτρα. Ακόμη, κατά τη διάρκεια της δοκιμής πρέπει να αποφεύγονται οι οποιεσδήποτε ταλαντώσεις ή κυματισμοί που προκαλούν την πρόωρη θραύση της δημιουργημένης, μετά από κάποια επιμήκυνση «κλωστή» ασφάλτου και να παρέχεται εύκολη αποκόλληση των μεσαίων τμημάτων της μήτρας λίγο πριν την έναρξη της δοκιμής, το οποίο επιτυγχάνεται αλείφοντας τα τοιχώματα με μίγμα ταλκ και γλυκερίνης.

2.3.4 Δοκιμή ανάφλεξης EN 22592: 1994

(Methods of Test for Petroleum and Its Products - Petroleum Products - Determination of Flash and Fire Points - Cleveland Open Cup Method. Μέθοδοι Δοκιμής για το Πετρέλαιο και τα Προϊόντα της - Προϊόντα Πετρελαίου - Προσδιορισμός των Σημείων Ανάφλεξης και Πυρκαγιάς - Κλίβελαντ Ανοικτή Μέθοδο του Κυπέλλου.)

Σκοπός: Η μέθοδος αυτή αποσκοπεί στον προσδιορισμό του σημείου ανάφλεξης και του σημείου καύσης, δια της συσκευής δοκιμής με ανοικτό δοχείο CLEVELAND, των πετρελαϊκών προϊόντων και άλλων ρευστών πλην των υγρών καυσίμων και των υλικών εκείνων, τα οποία έχουν σημείο ανάφλεξης μικρότερο των 79°C όπως τούτο

προσδιορίζεται με την συσκευή δοκιμής με το ανοικτό δοχείο CLEVELAND. Η θερμοκρασία ανάφλεξης προσδιορίζεται για την αποφυγή της ανάφλεξης της ασφάλτου κατά την επεξεργασία της.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Συσκευή ανοικτού δοχείου CLEVELAND** η οποία αποτελείται από:
 - **Δοχείο δοκιμής**
 - **Πλάκα θέρμανσης**, από μπρούντζο, χυτοσίδηρο ή χάλυβα με ένα άνοιγμα στο κέντρο. Μπορεί να είναι τετράγωνο ή κυκλικό και μπορεί να έχει προεκτάσεις για την έδρασή της διάταξης της δοκιμαστικής φλόγας και του στηρίγματος του θερμομέτρου.
 - **Διάταξη παροχής δοκιμαστικής φλόγας**, η οποία μπορεί να είναι οποιουδήποτε κατάλληλου τύπου, συνιστάται πάντως, το προεξέχον τμήμα του να έχει διάμετρο περίπου 1,6mm στο άκρο του και το στόμιό του να έχει διάμετρο 0,8mm. Η ακτίνα ταλάντωσής του δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 152mm και το κέντρο του στομίου πρέπει να στηρίζεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε αυτό να κινείται επί επιπέδου το οποίο να απέχει όχι περισσότερο από 2mm πάνω από το επίπεδο του χείλους του δοχείου.
 - **Θερμαντήρας**. Θερμότητα μπορεί να παρέχεται από οποιαδήποτε κατάλληλη πηγή. Επιτρέπεται η χρήση λύχνου αερίου, προτιμάται όμως η χρησιμοποίηση ηλεκτρικού θερμαντήρα με ρυθμιστή τάσεως. Η πηγή θέρμανσης πρέπει να τοποθετείται στο κέντρο, κάτω του ανοίγματος της πλάκας θέρμανσης, προς αποφυγή τοπικής υπερθέρμανσης.
 - **Στήριγμα θερμομέτρου**. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε κατάλληλο σύστημα με το οποίο θα στηρίζεται το θερμοόμετρο στην ενδεδειγμένη θέση κατά τη διάρκεια της δοκιμής και το οποίο θα πρέπει να επιτρέπει την εύκολη απομάκρυνση αυτού από το δοχείο δοκιμής μετά το τέλος της δοκιμής.
 - **Στήριγμα πλάκας θέρμανσης**. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε κατάλληλο στήριγμα το οποίο θα διατηρεί τη πλάκα θέρμανσης επίπεδη και σταθερή.
- **Ασπίδα**: Συνιστάται ασπίδα προστασίας τετραγωνικής βάσεως πλευράς 457mm και ύψους 610mm με άνοιγμα στο μπροστινό μέρος. Δεν είναι τελείως απαραίτητη.
- **Θερμόμετρο**

Διαδικασία δοκιμής

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής γεμίζεται το δοχείο με το ασφαλικό υλικό, το οποίο πρόκειται να ελεγχθεί μέχρι τη χαραγή και ανακατεύεται το δείγμα, ώστε να

αποφευχθεί η δημιουργία φυσαλίδων. Αρχίζει να λειτουργεί η δοκιμαστική φλόγα κοντά στην επιφάνεια του δείγματος και παράλληλα αρχίζει η θέρμανση του δείγματος με τέτοιο ρυθμό, ώστε η θερμοκρασία του να ανέρχεται κατά 14-17°C ανά λεπτό. Όταν η θερμοκρασία του δείγματος φτάσει περίπου 56 °C κάτω από το αναμενόμενο σημείο ανάφλεξης, τότε ελαττώνεται η ταχύτητα αύξησης θερμοκρασίας σε 5-6 °C το λεπτό. Η δοκιμαστική φλόγα τοποθετείται πάνω από το δείγμα με χρόνο παραμονής της φλόγας περίπου 1s. Σε κάθε μεταβολή της θερμοκρασίας του δείγματος κατά 2°C επαναλαμβάνεται η επαφή της φλόγας στην επιφάνεια του δείγματος, μέχρις ότου να εμφανιστεί λάμψη σ' όλη την επιφάνειά του. Στο σημείο αυτό δεν πρέπει να γίνεται σύγκυση της πραγματικής ανάφλεξης με το γαλάζιο φωτοστέφανο το οποίο σχηματίζεται μερικές φορές γύρω από το δείγμα. Η θερμοκρασία αυτή είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης του δείγματος. Ακολούθως συνεχίζεται η αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι να ανάψει και η φλόγα συνεχίζει να καίει για τουλάχιστον 5s και τότε προσδιορίζεται το σημείο καύσης του ασφαλτικού υλικού. Σχηματική περιγραφή της συσκευής φαίνεται στην εικόνα 2.9.



Εικόνα 2.9:
Ανοικτός δοκιμαστήρας
Cleveland

Όταν τα αποτελέσματα δύο δοκιμών, στο ίδιο εργαστήριο και από τον ίδιο χειριστή, διαφέρουν πάνω από 8°C η δοκιμή επαναλαμβάνεται. Το ίδιο ισχύει και όταν οι δοκιμές έγιναν σε διαφορετικά εργαστήρια και τα αποτελέσματά τους διαφέρουν περισσότερο από 17°C.

Η θερμοκρασία ανάφλεξης των ασφαλτικών υλικών χρησιμεύει για λόγους ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων από τυχόν υπερθέρμανση της ασφάλτου και για

την ασφαλή μεταφορά των ασφαλικών υλικών. Το σημείο καύσης των ασφαλικών υλικών χρησιμεύει στο ότι στο σημείο αυτό η άσφαλτος χάνει τις ιδιότητές της και είναι απαραίτητο να το γνωρίζει ο μηχανικός. Το σημείο ανάφλεξης των περισσότερων ασφάλτων οδοστρώσεως είναι μεταξύ 210-235°C.

2.4 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΑΔΡΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

2.4.1 Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles EN 1097-02: 1998

(Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates - Methods for the Determination of Resistance to Fragmentation. Δοκιμές για τον Προσδιορισμό των Μηχανικών και Φυσικών Ιδιοτήτων των Αδρανών - Μέθοδοι Προσδιορισμού της Αντίστασης σε Θρυμματισμό.)

Η δοκιμή για τον προσδιορισμό του συντελεστή Los Angeles γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1097 – 02: 1998.

Σκοπός της δοκιμής αυτής είναι να προσδιοριστεί η αντοχή των χονδρομερών αδρανών υλικών στο θρυμματισμό.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Μηχανή Los Angeles:** η οποία αποτελείται από τα εξής μέρη (εικόνα 2.10):
 - Κοίλο χαλύβδινο κύλινδρο, κλειστό στις βάσεις του, με εσωτερική διάμετρο 711mm (± 5 mm) και εσωτερικό μήκος. Ο κύλινδρος στηρίζεται εσωτερικά πάνω σε έδρανα με τρόπο ώστε να μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον άξονά του, σε οριζόντια θέση. Ο κύλινδρος φέρει άνοιγμα 150mm (± 3 mm) για την εισαγωγή και εξαγωγή του δείγματος. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής το άνοιγμα κλείνει με κινητό κάλυμμα, το οποίο είναι κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε η εσωτερική επιφάνεια να παραμένει κυλινδρική. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου υπάρχει πτερύγιο, το οποίο είναι τοποθετημένο μεταξύ 380mm και 820mm από το πλησιέστερο άκρο του ανοίγματος. Η απόσταση μετρείται κατά μήκος της περιφέρειας του κυλίνδρου και κατά την φορά περιστροφής. Το πτερύγιο έχει ακτινοειδή διάταξη (μήκος ίσο με αυτό του κυλίνδρου, πλάτος 90mm (± 2 mm) και πάχος 25mm (± 1 mm)) και είναι εδραιωμένο κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του κυλίνδρου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρείται σταθερό και άκαμπτο. Το πτερύγιο αντικαθίσταται όταν το πλάτος του σε οποιοδήποτε σημείο είναι μικρότερο από 86mm και το πάχος του σε οποιοδήποτε σημείο της μπροστινής πλευράς είναι μικρότερο από 23mm. Η βάση της μηχανής στηρίζεται σε τσιμεντένιο επίπεδο ή πέτρινο πάτωμα.

Σημείωση: Το κάλυμμα είναι κατασκευασμένο από τον ίδιο χάλυβα όπως ο κύλινδρος. Το πτερύγιο είναι κατασκευασμένο από τον ίδιο χάλυβα ή από σκληρότερο υλικό.

- 11 χαλύβδινες σφαίρες διαμέτρου μεταξύ 45mm και 49mm. Κάθε σφαίρα ζυγίζει μεταξύ 400gr και 445gr και το συνολικό φορτίο ζυγίζει μεταξύ 4690gr και 4860gr.
Σημείωση: Η απαίτηση της ονομαστικής μάζας με νέες σφαίρες είναι 4840gr. Η θετική ανοχή των 20gr δίνεται για την κατασκευαστική απόκλιση και η αρνητική των 150gr για την φθορά λόγω χρήσης των σφαιρών.
- Κινητήρας, ο οποίος δίνει περιστροφική ταχύτητα στον κύλινδρο μεταξύ 31 r/min και 33 r/min
- Δίσκος, για την ανάκτηση του υλικού και των σφαιρών μετά τη δοκιμή
- Μετρητής στροφών, ο οποίος σταματά αυτόματα τον κινητήρα μετά τον απαιτούμενο αριθμό περιστροφών.



Εικόνα 2.10:
Συσκευή Los Angeles

- **Κόσκινα** με άνοιγμα 1,6mm, 1.6, 10, 11.2 (ή 12.5), 14mm (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).
- **Φούρνος** με αέρα και δυνατότητα διατήρησης της θερμοκρασίας στους $(110\pm 5)^\circ\text{C}$.
- **Ζυγός** ικανός να ζυγίσει το δοκίμιο με ακρίβεια 0,1% της μάζας του.
- **Δίσκος** (ταψί) στη βάση της συσκευής Los Angeles για τη συλλογή του δοκιμίου και των σφαιρών.
- **Μετρητής στροφών** που σταματά αυτόματα τον κινητήρα μετά τον απαιτούμενο αριθμό στροφών.

- **Εξοπλισμός για την μείωση του εργαστηριακού δείγματος** σε δείγμα δοκιμής, όπως περιγράφεται στο EN 933-2.

Προετοιμασία δείγματος για την δοκιμή

(Απαραίτητη μάζα δείγματος για τη δοκιμή τουλάχιστον 15kg από κόκκους μεταξύ 10mm ως 14mm).

Η δοκιμή πραγματοποιείται σε μίγμα που διέρχεται από κόσκινο 14mm και συγκρατείται στο κόσκινο των 10mm. Επιπρόσθετα, η διαχωρισμένη ποσότητα δοκιμής συμμορφώνεται με μία από τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- α) μεταξύ 60% και 70% να διαπερνά κόσκινο δοκιμής 12.5mm ή
- β) μεταξύ 30% και 40% να διαπερνά κόσκινο δοκιμής 11.2mm.

Σημείωση: Οι επιπρόσθετες απαιτήσεις διαχωρισμού επιτρέπουν την δημιουργία δείγματος δοκιμής από μεγέθη προϊόντος διάφορα του 10/14.

Το εργαστηριακό δείγμα κοσκινίζεται με χρήση κόσκινων των 10mm, 11,2mm (ή 12,5mm) και 14mm για τη λήψη ξεχωριστών κλασμάτων σε εύρος 10mm ως 11,2mm (ή 12,5mm) και 11,2mm (ή 12,5mm) ως 14mm. Κάθε κλάσμα πλένεται χωριστά, σύμφωνα με το άρθρο 6 του EN 933-1 και στεγνώνεται σε κλίβανο στους $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ μέχρι σταθερού βάρους (δύο διαδοχικά ζυγίσματα με ενδιάμεση ξήρανση 1h να μην διαφέρουν περισσότερο από 0,1%).

Τα κλάσματα αφήνονται να ψυχθούν σε θερμοκρασία δωματίου. Τα δύο κλάσματα αναμιγνύονται ώστε να ληφθεί ένα τροποποιημένο εργαστηριακό δείγμα των 10mm έως 14mm, το οποίο συμμορφώνεται με την επιπρόσθετη κατάλληλη απαίτηση διαχωρισμού όπως δίνεται παραπάνω.

Το παραχθέν τροποποιημένο εργαστηριακό δείγμα των αναμεμιγμένων κλασμάτων μειώνεται σε μέγεθος δείγματος δοκιμής σύμφωνα με το EN 932-2. Το δείγμα δοκιμής πρέπει να έχει μάζα 5000gr ($\pm 5\text{gr}$).

Διαδικασία δοκιμής

Το βάρος του δείγματος θα πρέπει να ζυγίζει τουλάχιστον 15kg ενώ το μέγεθος των κόκκων θα πρέπει να είναι από 31,5mm έως 50mm. Κοσκινίζουμε το δείγμα της δοκιμής χρησιμοποιώντας τα κόσκινα 31,5mm, 40mm και 50mm έτσι ώστε να διαμορφώσουμε δύο επιμέρους κλάσματα της τάξης των 31,5mm– 40mm και 40mm – 50mm. Μετά μειώνουμε την μάζα κάθε κλάσματος, έτσι ώστε να αποκτήσει το καθένα βάρος $(5000 \pm 50)\text{gr}$ και στην συνέχεια αναμιγνύουμε τα δύο κλάσματα παίρνοντας το τελικό δείγμα συνολικού βάρους $(10.000 \pm 100)\text{gr}$.

Στην συνέχεια τοποθετούμε το δείγμα μέσα στο τύμπανο της συσκευής και αμέσως τοποθετούμε τα 12 σφαιρίδια (εικόνα 2.11). Αφού τελειώσει η δοκιμή, τότε ρίχνουμε το υλικό σε δίσκο που βρίσκεται κάτω από την συσκευή και καθαρίζουμε καλά το τύμπανο από τα λεπτά σωματίδια. Τέλος αφαιρούμε τα σφαιρίδια από τον δίσκο φροντίζοντας να μην χαθούν σωματίδια υλικού (εικόνα 2.12). Μετά πλένουμε το υλικό και ξηραίνουμε το κλάσμα που συγκρατείται σε κόσκινο 1,6mm σε κλίβανο μέχρι να έχει σταθερό βάρος, σε θερμοκρασία 110°C (± 5°C).

Εικόνα 2.11:
Σφαιρίδια



Εικόνα 2.12:
Δίσκος με
σφαιρίδια



Αποτελέσματα

Ο υπολογισμός του συντελεστή Los Angeles (στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό) γίνεται βάση της παρακάτω σχέσης:

$$LA = (10000 - m) / 1000 \quad (\text{Σχέση 2.2})$$

Όπου:

m: το βάρος που συγκρατείται στο κόσκινο των 1,6 mm σε gr.

Ανάλογα με τις τιμές του κάθε συντελεστή έχουμε τις παρακάτω κατηγορίες. (Πίνακας 2.5

Πίνακας 2.5: Κατηγορίες Los Angeles

Συντελεστής Los Angeles	Κατηγορία LA_{BR}
< ή = 12	LA _{BR} 12
< ή = 14	LA _{BR} 14
< ή = 16	LA _{BR} 16
< ή = 20	LA _{BR} 20
< ή = 24	LA _{BR} 24
>24	LA _{BR} declared
Δεν απαιτείται	LA _{BR} NR

2.4.2 Δοκιμή αντίστασης σε επιταχυνόμενη στίλβωση (PSV) EN 1097-8: 2009

(Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates - Part 8: Determination of the Polished Stone Value. Δοκιμές των Μηχανικών και Φυσικών Ιδιοτήτων των Αδρανών – Μέρος 8: Προσδιορισμός της Τιμής Επιταχυνόμενης Στίλβωσης.)

Η δοκιμή για τον προσδιορισμό του δείκτη αντίστασης σε στίλβωση γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1097 – 08.

Σκοπός της δοκιμής αυτής είναι να προσδιοριστεί το μέτρο επιδεκτικότητας των αδρανών υλικών στην λειαντική δράση των ελαστικών οχημάτων. Η συσκευή που χρησιμοποιείται εξομοιώνει την δράση των ελαστικών σε δείγματα αδρανούς υλικού τα οποία τοποθετούνται σε καλούπια συγκεκριμένων διαστάσεων. Η τελική τιμή που προκύπτει αποτελεί ποσοτική έκφραση της μικροτραχύτητας της επιφάνειας των κόκκων μετά την στίλβωση. Η δοκιμή αυτή εκτελείται σε δύο μέρη: στο πρώτο μέρος οι κόκκοι του αδρανούς υλικού υφίστανται επιταχυνόμενη λείανση και στο δεύτερο μέρος μετράται ο βαθμός στίλβωσης με το Βρετανικό εκκρεμές.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Συσκευή στίλβωσης:** (όπως περιγράφεται παρακάτω στην διαδικασία της δοκιμής)
- **Συσκευή μέτρησης ολισθηρότητας (Βρετανικό εκκρεμές)**
- **Κόσκινα:** με άνοιγμα 1,6mm, 31,5mm, 40mm και 50mm, (συμβατά με το Πρότυπο EN 933-2).

- **Μήτρα παρασκευής δοκιμίων** (εικόνα 2.13)

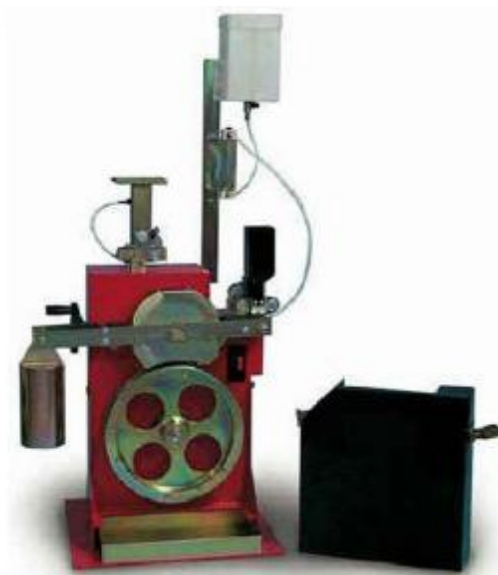
Εικόνα 2.13:
Μεταλλική μήτρα
παρασκευής δοκιμίων



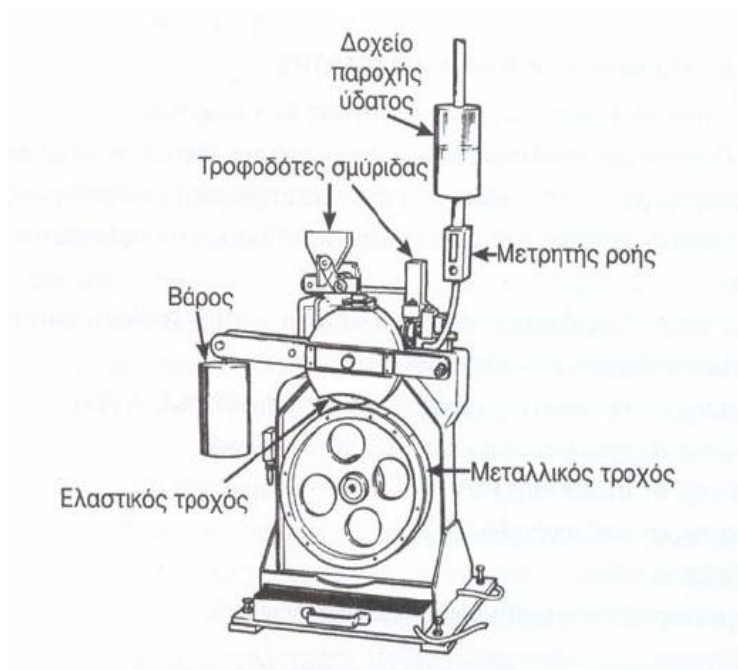
Διαδικασία δοκιμής

Αρχικά επιλέγονται κόκκοι οι οποίοι διέρχονται από το κόσκινο των 10mm και συγκρατούνται στο ειδικό κόσκινο με άνοιγμα ράβδων 7,2mm. Στην συνέχεια 36 – 45 κόκκοι τοποθετούνται σε μια στρώση πάνω σε ειδική κυρτή μεταλλική μήτρα. Τα διάκενα μεταξύ των κόκκων πληρώνονται με λεπτόκοκκη άμμο σε τέτοια ποσότητα ώστε να προεξέχει περίπου το ένα τέταρτο της διαμέτρου των κόκκων του αδρανούς υλικού. Το υπόλοιπο της μήτρας σκεπάζεται πλήρως με εποξική ρητίνη και το πλεόνασμα της απομακρύνεται με σπάτουλα. Μετά την σκλήρυνση της ρητίνης το δοκίμιο εξάγεται από την μήτρα καθαρίζεται επιμελώς από την άμμο και τοποθετείται στην συσκευή λείανσης (εικόνα 2.14 και σχήμα 2.5)

Εικόνα 2.14:
Συσκευή λείανσης



Σχήμα 2.5:
Σχηματική περιγραφή
συσκευής λείανσης



Η συσκευή λείανσης έχει μεταλλικό τροχό 406mm (εικόνα 2.15) στην περιφέρεια του οποίου προσαρμόζονται τα δοκίμια με τα προς εξέταση αδρανή.

Εικόνα 2.15:
Μεταλλικός
τροχός συσκευής
λείανσης



Ο τροχός περιστρέφεται κατά την εκτέλεση της δοκιμής με ταχύτητα 320 ± 5 στροφές/λεπτό. Πριν την έναρξη της δοκιμής ειδικός ελαστικός τροχός έρχεται σε επαφή και πιέζει τις μήτρες με δύναμη 725N. Ανάμεσα στον ελαστικό τροχό και τις μήτρες υπάρχει κατά την διάρκεια της δοκιμής συνεχής τροφοδοσία με σμύριδα (εικόνα 2.16) για τις τρεις πρώτες ώρες (ρυθμό τροφοδοσίας 17 ± 7 g/λεπτό) και νερό (ρυθμό τροφοδοσίας 17 ± 7 g/λεπτό).

Εικόνα 2.16:
Ελαστικός τροχός
και χονδρόκοκκη
σμύριδα.



Μετά το πέρας των τριών ωρών τοποθετείται ο δεύτερος τροχός και η δοκιμή επαναλαμβάνεται για τρεις ώρες τροφοδοτώντας αυτή την φορά με πολύ λεπτότερη

σμύριδα (εικόνα 2.17). Στο στάδιο αυτό ο ρυθμός της σμύριδας και του νερού είναι $31 \pm$ g/λεπτό.



Εικόνα 2.17:
Ελαστικός τροχός και
λεπτόκοκκη σμύριδα.

Στην συνέχεια, οι μήτρες με τα λειασμένα αδρανή καθαρίζονται και τοποθετούνται στην ειδική βάση του Βρετανικού εκκρεμούς (εικόνα 2.18) και με την συσκευή αυτή προσδιορίζεται η τιμή αντίστασης σε ολίσθηση των λειασμένων αδρανών.



Εικόνα 2.18:
Βρετανικό εκκρεμές

Αποτελέσματα

Ο δείκτης αντίστασης των αδρανών σε λείανση (PSV) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$PSV = S + 52.5 - C \quad (\text{Σχέση 2.3})$$

Όπου:

S: ο μέσος όρος των τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων αδρανών από τέσσερα δοκίμια.

C: ο μέσος όρος των τιμών αντίστασης σε ολίσθηση λειασμένων προτύπων αδρανών από τέσσερα δοκίμια (η τιμή θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 49,5 – 55,5 διαφορετικά η παραπάνω σχέση δεν ισχύει). Οι τιμές S και C καταγράφονται με ακρίβεια 0,1.

2.4.3 Δοκιμή Micro – Deval EN 1097-1: 1996

(Tests for Mechanical and Physical Properties of Aggregates – Part 1: Determination of the Resistance to Wear (Micro-Deval). Δοκιμές των Μηχανικών και Φυσικών Ιδιοτήτων των Αδρανών – Μέρος 1: Προσδιορισμός της Αντίστασης σε Φθορά.)

Η δοκιμή για τον προσδιορισμό του συντελεστή Micro - Deval γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 1097-01: 1996.

Σκοπός της δοκιμής είναι να προσδιοριστεί η φθορά που θα υποστεί ένα κατάλληλα προσαρμοσμένο δοκίμιο και αυτό γίνεται με τον προσδιορισμό του συντελεστή Micro - Deval.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Συσκευή Micro – Deval:** Αποτελείται από ένα έως τέσσερα κούφια τύμπανα (εικόνα 2.19), κλειστά στο ένα άκρο, με εσωτερική διάμετρο (200 ± 1) mm και εσωτερικό μήκος (154 ± 1) mm, που μετράται από τη βάση προς το εσωτερικό του καπακιού του. Τα τύμπανα θα είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο χάλυβα τουλάχιστον 3mm με πάχος που διατίθεται σε δύο άξονες που περιστρέφονται σε οριζόντιο άξονα.

Τα εσωτερικά των τυμπάνων είναι χωρίς προεξοχές, αποτέλεσμα της συγκόλλησης ή της μεθόδου σύνδεσης. Τα τύμπανα απέχουν από τα επίπεδα καπάκια τουλάχιστον 8mm. Κλείνουν και εγκαθίστανται με τις υδατοστεγείς και αδιαπέραστες από τη σκόνη σφραγίδες. Το φορτίο τριβής αποτελείται από σφαίρες χάλυβα διαμέτρου $(10 \pm 0,5)$ mm, σύμφωνα με το ISO 3290 : 1975.

Σημείωση: Η διάμετρος των σφαιρών μπορεί να ελεγχθεί γρήγορα για να περάσει από τους παράλληλους φραγμούς 9,5mm.

Μια κατάλληλη μηχανή (με ικανότητα περίπου 1KW είναι χαρακτηριστική) για να οδηγήσει τα τύμπανα με κανονική ταχύτητα περιστροφής (100 ± 5) r/min. Ένας μετρητής ή άλλη συσκευή θα εγκατασταθεί, η οποία θα σταματά αυτόματα τη μηχανή μετά από το διευκρινισμένο αριθμό περιστροφών



Εικόνα 2.19:
Συσκευή Micro – Deval

- **Κόσκινα:** Ορισμός των κοσκίνων: 1,6mm, 8mm, 10mm, 11,2mm, 12,5mm και 14mm.
- **Κλίβανος:** Αεριζόμενος φούρνος, για να διατηρήσει μια ελεγχόμενη θερμοκρασία (110 ± 5)°C.
- **Λεκάνη**
- **Ζυγός:** Για την ακρίβεια 0,1% της μάζας του δοκιμίου.
- **Εξοπλισμός για την μείωση των εργαστηριακών δειγμάτων** σε ένα δοκίμιο, όπως περιγράφεται στο πρότυπο EN 933-2.
- **Βαθμονομημένος γυάλινος ογκομετρικός κύλινδρος** ή άλλοι τρόποι μέτρησης ($2,5 \pm 0,05$)l του νερού, με βάση το πρότυπο ISO 4788 : 1980.

Προετοιμασία του δείγματος για τη δοκιμή

Η μάζα του δείγματος που στέλνεται στο εργαστήριο θα έχει τουλάχιστον μάζα 2kg.

Η δοκιμή θα πραγματοποιηθεί στο σύνολο των κόκκων που διέρχονται από το κόσκινο διαμέτρου 14mm και θα διατηρηθούν στο κόσκινο 10mm. Επιπλέον, η βαθμολόγηση της παρτίδας θα συμμορφωθεί με μια από τις ακόλουθες απαιτήσεις:

- α) Μεταξύ 30% και 40% η διέλευση από το κόσκινο 11,2mm.
- β) μεταξύ 60% και 70% τη διέλευση από το κόσκινο 12,5mm.

Το εργαστηριακό δείγμα κοσκινίζεται χρησιμοποιώντας κόσκινα 10mm, 11,2mm (ή 12,5mm) και 14mm. Κάθε μέρος πλένεται σύμφωνα με την παρ7.1 του EN 933-1: 1992, και ξηραίνεται στο φούρνο σε θερμοκρασία $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ μέχρις ότου αποκτήσει σταθερή μάζα.

Έπειτα το δείγμα πρέπει να κρυώσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα δύο μέρη αναμειγνύονται ώστε να παρέχουν ένα τροποποιημένο εργαστηριακό δείγμα το οποίο είναι σύμφωνο με τις απαιτήσεις ταξινόμησης που αναφέρονται στην παράγραφο 2 της παρούσας προδιαγραφής.

Η μείωση του τροποποιημένου εργαστηριακού δείγματος που παρασκευάζεται από τα μικτά κλάσματα (με μέγεθος δείγματος δοκιμής), πρέπει να είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις του EN 932-2. Το δοκίμιο αποτελείται από δύο δοκίμια, που έχουν μάζα $(500 \pm 2)\text{gr}$.

Διαδικασία δοκιμής

Η δοκιμή πραγματοποιείται σε υλικό που διέρχεται από το κόσκινο των 10mm και συγκρατείται στο κόσκινο των 6,3mm. Επιπρόσθετα, η διαβάθμιση του δείγματος θα πρέπει να ικανοποιεί μία από τις ακόλουθες προϋποθέσεις: (α) 60-70% του υλικού να διέρχεται από το κόσκινο των 12,5mm ή (β) 30-40% να διέρχεται από το κόσκινο των 11,2mm.

Το κοσκινισμένο υλικό αρχικά πλένεται και ξηραίνεται στους $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ μέχρι σταθερού βάρους και στη συνέχεια λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα βάρους $500 \pm 2\text{gr}$. Το συνολικό βάρος του δείγματος που τοποθετείται στο τύμπανο μαζί με τις σφαίρες, θα πρέπει να είναι $5000 \pm 2\text{gr}$. Όταν δεν είναι δυνατό να συγκεντρωθεί η απαραίτητη ποσότητα δείγματος με την παραπάνω διαβάθμιση, τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εναλλακτικές διαβαθμίσεις με το αντίστοιχο βάρος φορτίου που φαίνονται στον Πίνακα 2.6.

Πίνακας 2.6: Εναλλακτικές διαβαθμίσεις

Διαβάθμιση (mm)	Συνολικό βάρος φορτίου (σφαίρες + αδρανές σε gr)
4-6,3	2000 ± 5
6,3-10	4000 ± 5
8-11,2	4400 ± 5
11,2-16	5400 ± 5

Το βάρος του δείγματος του αδρανούς υλικού τοποθετείται στο τύμπανο σε καθεμία από τις παραπάνω περιπτώσεις παραμένει $500 \pm 2\text{ gr}$.

Στην περίπτωση που το υλικό προορίζεται για σκύρα σιδηροτροχιών, τα κόσκινα των 10 mm, 11,2 mm (ή 12,5 mm) και 14 mm, αντικαθίστανται από τα κόσκινα των 31,5 mm, 40 mm και 50 mm αντίστοιχα. Το συνολικό βάρος του δείγματος θα είναι 10000 ± 100 gr, αποτελούμενο από 5000 ± 50 gr υλικό διαβάθμισης 31,5 mm – 40 mm και 5000 ± 50 gr υλικό διαβάθμισης 40 – 50 mm. Ακόμη, δεν τοποθετούνται σφαίρες μέσα στα τύμπανα και η ποσότητα του νερού που προστίθεται σε αυτά είναι $2 \pm 0,05$ lit.

Στη συνέχεια τίθεται σε λειτουργία η συσκευή και προγραμματίζεται έτσι ώστε τα τύμπανα να πραγματοποιήσουν 12000 ± 10 περιστροφές με ρυθμό 100 ± 5 στροφές/λεπτό (στην περίπτωση των σκύρων πραγματοποιούνται 14000 ± 10 περιστροφές).

Αφού τελειώσει η δοκιμή αδειάζουμε όλο το περιεχόμενο σε μια λεκάνη και πλένουμε το δοχείο για να πάρουμε και το πιο λεπτόκοκκο υλικό (εικόνα 2.20). Ακολούθως αδειάζουμε όλο το υλικό σε κόσκινο των 1,6 mm το οποίο το προστατεύουμε με κόσκινο των 8 mm και πλένουμε το υλικό με καθαρό νερό.

Εικόνα 2.20:
Εμφάνιση δείγματος μετά το τέλος της δοκιμής.



Τέλος μαζεύουμε όλους τους κόκκους από τα δυο κόσκινα και τα τοποθετούμε σε κλίβανο για να ξηραθούν και μετά ζυγίζουμε τους κόκκους αυτούς σε γραμμάρια.

Αποτελέσματα

Ο προσδιορισμός του συντελεστή Micro – Deval με προσέγγιση 0,1 μονάδες γίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$M_{DERB} = (10000 - m) / 100 \quad (\text{Σχέση 2.4})$$

Όπου:

M_{DERB}: ο συντελεστής Micro – Deval (στην υγρή κατάσταση) και
m: η μάζα του κλάσματος των κόκκων που κρατήθηκαν από το κόσκινο των 1,6mm σε γραμμάρια.

Από τη μέση τιμή των συντελεστών των δύο δοκιμών προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα του δείγματος. Ανάλογα με τις τιμές έχουμε τις εξής κατηγορίες του πίνακα 2.7.

Πίνακας 2.7

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ MICRO DEVAL	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ M_{DERB}
< ή = 5	M _{DERB} 5
< ή = 7	M _{DERB} 7
< ή = 11	M _{DERB} 11
< ή = 15	M _{DERB} 15
>15	M _{DERB} declared
Δεν απαιτείται	M _{DERB} NR

2.4.4 Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς EN 933-3: 1997

(Tests for Geometrical Properties of Aggregates - Determination of Particle Shape - Flakiness Index. Δοκιμές Γεωμετρικών Ιδιοτήτων των Αδρανών – Προσδιορισμός της Μορφής των Κόκκων – Δείκτης Πλακοειδούς.)

Η δοκιμή για τον προσδιορισμό του δείκτη πλακοειδούς των αδρανών υλικών γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 933-3: 1997.

Σκοπός της δοκιμής είναι να υπολογιστεί ο συνολικός δείκτης πλακοειδούς που είναι ο συνολικός αριθμός των κόκκων που διέρχονται από τα κόσκινα επιμήκυνσης εκφρασμένα σε ποσοστό επί τοις εκατό (%) της συνολικής ξηρής μάζας του δείγματος που εξετάζεται.

Σε αυτή την δοκιμή το δείγμα εξετάζεται ολόκληρο και όχι τμηματικά. Επίσης εδώ έχουμε δυο κοσκινίσματα. Αρχικά χρησιμοποιώντας κόσκινα χωρίζουμε το δείγμα σε δύο τμήματα σύμφωνα με τον λόγο di/Di. Μετά κάθε ένα από τα τμήματα περνούν ξανά από κόσκινα που έχουν μπάρες στο εσωτερικό τους και λέγονται κόσκινα επιμήκυνσης (εικόνα 2.21).

Εικόνα 2.21:
Κόσκινο επιμήκυνσης.



Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Κόσκινα** με τετραγωνικές οπές με διάμετρο 80mm, 63mm, 50mm, 40mm, 31.5mm, 25mm και 20mm.
- **Κόσκινα** επιμήκυνσης με μέγεθος 12.5mm, 16mm, 20mm, 25mm και 31.5mm.
- **Ζυγός** ισορροπίας με ακρίβεια 0,1% της συνολικής μάζας του δείγματος.
- **Κλίβανος** ο οποίος να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους 110°C.

Διαδικασία δοκιμής

Αρχικά το δείγμα θα πρέπει να ξεραθεί σε κλίβανο στους 110°C ώστε να αποκτήσει σταθερή μάζα και στην συνέχεια να ψυχθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τέλος, ζυγίζεται και καταγράφεται η μάζα αυτή ως M_0 . Το δείγμα ζυγίζεται και απορρίπτονται όλοι οι κόκκους που διέρχονται από το κόσκινο με διάμετρο 20mm και συγκρατούνται από το κόσκινο με διάμετρο 80mm. Στην συνέχεια ζυγίζονται και διατηρούνται χωριστά όλοι οι κόκκους με μέγεθος d_i/D_i μεταξύ των κόσκινων 20mm και 80mm δημιουργώντας επιμέρους δείγματα.

2.4.5 Ισοδύναμο άμμου EN 933-8: 1997

(Tests for Geometrical Properties of Aggregates - Assessment of Fines - Sand Equivalent Test. Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών – Αξιολόγηση Λεπτόκοκκου Κλάσματος (Παιπάλης) – Δοκιμή Ισοδύναμου Άμμου.)

Η δοκιμή ισοδύναμου άμμου των αδρανών υλικών γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 933-08: 1997.

Σκοπός της δοκιμής είναι να εξακριβωθεί η παρουσία επιβλαβών ποσοτήτων λεπτόκοκκου υλικού (μεγέθους αργίλου) στα αδρανή υλικά. Η παρουσία αργίλου στα αδρανή είναι ανεπιθύμητη γιατί περιβάλλει τα μεγαλύτερα κλάσματα του υλικού λιπαίνοντας τις μεταξύ τους επιφάνειες. Με αυτή την δοκιμή όμως δεν προσδιορίζονται τα αργιλικά ορυκτά που ανήκουν στην ομάδα του σμηκτίτη, τα οποία διογκώνονται και προκαλούν ζημίες στα τεχνικά έργα.

Προετοιμασία του δείγματος για τη δοκιμή

Το εργαστηριακό δείγμα μειώνεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 932-2 στο απαιτούμενο μέγεθος δείγματος δοκιμής. Η δοκιμή λαμβάνει χώρα σε 0/2 κλάσμα με περιεχόμενη υγρασία μικρότερη από 2% και θερμοκρασία 23 ± 3 °C.

Σημείωση: Για τον υπολογισμό του Ισοδύναμου Άμμου σε κλάσμα 0/4, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κλάσμα 0/4 με περιεχόμενη υγρασία μικρότερη από 8%.

Το δείγμα δοκιμής δεν πρέπει να υποβληθεί σε ξήρανση με φούρνο.

Σημείωση: Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι απαραίτητο να αυξηθεί ή να μειωθεί η φυσική υγρασία προκειμένου να πετύχουμε στο δείγμα δοκιμής υγρασία μικρότερη από 2% αλλά μεγαλύτερη από 0%.

Το δείγμα δοκιμής μειώνεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 932-2 για να πετύχουμε 2 αντιπροσωπευτικά δείγματα δοκιμής. Η μάζα του κάθε αντιπροσωπευτικού δείγματος θα πρέπει να είναι ίση με $\frac{120(100+w)}{100}$ gr (στρογγυλοποίηση στο πλησιέστερο γραμμάριο), όπου w είναι η υγρασία της άμμου (ποσοστό επί του ξηρού δείγματος).

Σημείωση: Εάν απαιτείται η υγρασία του κλάσματος 0/2 πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά με ξήρανση σε θερμοκρασία 110 ± 5 °C σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097-05.

Εργαστηριακός εξοπλισμός:

- Δύο βαθμονομημένοι κύλινδροι από γυαλί ή διάφανο πλαστικό με ελαστικά πώματα και με τις ακόλουθες διαστάσεις:
 - πάχος τοιχώματος, περίπου 3mm
 - εσωτερική διάμετρο $32,0 \pm 0,5$ mm
 - ύψος $430,00 \pm 0,25$ mm

- Κάθε κύλινδρος θα πρέπει να έχει χαραγή σε δύο θέσεις:
 - $100,00 \pm 0,25\text{mm}$ από τη βάση
 - $380,00 \pm 0,25\text{mm}$ από τη βάση
- Συναρμολογημένο στέλεχος, αποτελούμενο από:
 - μία ράβδο μήκους $440,00 \pm 0,25\text{mm}$
 - ένα άκρο διαμέτρου $25,0 \pm 0,1\text{mm}$, με την κατώτερη επιφάνεια επίπεδη, λεία και κάθετη στον άξονα και που φέρει τρεις οδηγούς
 - ένα περιλαίμιο πάχους $10,0 \pm 0,1\text{mm}$, κατάλληλο για χρήση με τον βαθμολογημένο κύλινδρο, το οποίο θα λειτουργεί ως οδηγός του άξονα και ταυτόχρονα θα χρησιμοποιείται για να υποδεικνύει την απόσταση που έχει εισαχθεί το στέλεχος μέσα στον κύλινδρο. Το περιλαίμιο θα περιλαμβάνει μία βίδα για να συνδέεται με τον άξονα του στελέχους και μία σχισμή για τον κανόνα
 - ένα βαρίδιο, στερεωμένο στο πάνω άκρο του άξονα, το οποίο θα αποδίδει στο στέλεχος, εξαιρούμενο του περιλαίμιου, συνολικό βάρος $1,00 \pm 0,01\text{kg}$.
Τα εμβαπτιζόμενα κομμάτια του στελέχους πρέπει να είναι κατασκευασμένα από αδιάβρωτο υλικό.
 - Χρονόμετρο, αναγνωσιμότητας 1sec.
 - Βαθμονομημένος κανόνας 500mm.
 - Κόσκινο ανοίγματος 2mm (εάν είναι απαραίτητο και ένα κόσκινο για προστασία).
 - Πινέλο
 - Σπάτουλα
 - Σωλήνες εκπλύσεως ο οποίος θα περιλαμβάνει έναν άκαμπτο σωλήνα με τις ακόλουθες διαστάσεις:
 - εξωτερική διάμετρο $6,0 \pm 0,5\text{mm}$
 - εσωτερική διάμετρο $4,0 \pm 0,2\text{mm}$
 - μήκος περίπου 500mm
 Ο σωλήνας θα πρέπει να διαθέτει πώμα και το κάτω άκρο θα πρέπει να είναι κωνικό, από αδιάβρωτο υλικό, να έχει σφιγκτήρα και 2 οπές. Η κάθε οπή θα πρέπει να έχει διάμετρο $1 \pm 0,1\text{mm}$.
 - Φιάλη από γυαλί ή διάφανο πλαστικό χωρητικότητας 1lit με σιφόνι τοποθετημένο σε απόσταση περίπου 1m από το τραπέζι εργασίας.
 - Ελαστικό ή πλαστικό σωλήνα μήκους 1,5m και εσωτερικές διαμέτρου περίπου 5mm, συνδεδεμένο με τον σωλήνα έκπλυσης.
 - Χωνί, για την μεταφορά του δείγματος στον κύλινδρο.
 - Συσκευή αναταράξεως, ικανή για την μετάδοση του κυλίνδρου οριζόντιας, ευθύγραμμης, περιοδικής και ημιτονοειδής κίνησης πλάτους $200 \pm 10\text{mm}$, με συχνότητα ένα τρίτο του δευτερολέπτου.
 - Θερμόμετρο, αναγνωσιμότητας 1°C .
 - Ζυγός, ευαισθησίας 0,1% του βάρους του δείγματος.

- Διηθητικό χαρτί, μεσαίας ή χοντρής διαβάθμισης.

Διαδικασία δοκιμής

∅ Γέμισμα βαθμονομημένων κυλίνδρων

Το διάλυμα εκπλύσεως εκχύεται μέσα στον κάθε βαθμονομημένο κύλινδρο μέχρι τη χαμηλότερη χαραγή των κυλίνδρων. Χρησιμοποιώντας το χωνί μεταφέρεται το κάθε δείγμα στο βαθμονομημένο κύλινδρο, κρατώντας τον κύλινδρο κάθετο. Χτυπάτε απότομα ο πυθμένας του κυλίνδρου αρκετές φορές, χρησιμοποιώντας την παλάμη του χεριού, για να απελευθερωθούν οι φυσαλίδες του αέρα και για να διευκολυνθεί η διύγρανση του δείγματος. Ο κάθε κύλινδρος αφήνεται για 10 ± 1 min για να διαποτιστεί το δείγμα.

∅ Ανατάραξη των βαθμονομημένων κυλίνδρων

Μετά την παρέλευση των 10 λεπτών, τοποθετείται το ελαστικό πώμα και προσαρμόζεται ο κύλινδρος στην συσκευή αναταράξεως. Αναταράσσεται ο κύλινδρος για 30 ± 1 sec και μετά ο κύλινδρος επανατοποθετείται τον κύλινδρο στο τραπέζι δοκιμής σε όρθια κάθετη θέση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τον δεύτερο κύλινδρο.

∅ Πλύσιμο

Απομακρύνεται το πώμα από τον έναν βαθμονομημένο κύλινδρο και ξεπλένεται, χρησιμοποιώντας το διάλυμα εκπλύσεως, διασφαλίζοντας ότι όλο το υλικό επιστρέφει στον κύλινδρο. Ο σωλήνας εκπλύσεως, εισάγεται μέσα στον κύλινδρο. Αρχικά, ξεπλένονται τα τοιχώματα του κυλίνδρου χρησιμοποιώντας το διάλυμα εκπλύσεως και στην συνέχεια πιέζεται ο σωλήνας διαμέσου του ιζήματος μέχρι τον πυθμένα του κυλίνδρου. Ο κύλινδρος πρέπει να κρατείται σε κάθετη θέση όσο το διάλυμα εκπλύσεως αναταράσσει τα περιεχόμενα και ενθαρρύνει την άμμο και τα περιεχόμενα να κινηθούν προς τα πάνω. Έπειτα, ανυψώνονται αργά και σταθερά ο σωλήνας εκπλύσεως ενώ ο κύλινδρος υποβάλλεται σε αργή και περιστροφική κίνηση. Όταν το επίπεδο του υγρού πλησιάσει την πάνω χαραγή, σηκώνεται αργά ο σωλήνας και ρυθμίζεται η ροή με τέτοιο τρόπο ώστε το υγρό να φθάσει στην πάνω χαραγή. Μέχρι τότε αφαιρείται εντελώς ο σωλήνας και σταματάει η ροή. Με την απομάκρυνση του σωλήνα αρχίζει αμέσως η μέτρηση του χρόνου. Η διαδικασία πλυσίματος επαναλαμβάνεται και για τον δεύτερο κύλινδρο.

∅ Μετρήσεις

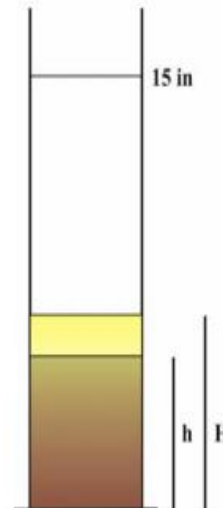
Ο κύλινδρος παραμένει σε ηρεμία, χωρίς αναταράξεις και δονήσεις για $20 \text{ min} \pm 0,25 \text{ min}$. Ο χρόνος αρχίζει να μετρά από την στιγμή της απομάκρυνσης του σωλήνα από τον κύλινδρο. Μετά το τέλος του χρόνου, χρησιμοποιώντας κανόνα, μετράται το ύψος H από το ανώτερο σημείο του αιωρήματος μέχρι την βάση του κυλίνδρου (σχήμα 2.6). Προσεκτικά, βυθίζεται το στέλεχος μέσα στον κύλινδρο έως ότου το κάτω μέρος του φτάσει στο ίζημα.

Σημείωση: Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας το περιλαίμιο, το οποίο δεν είναι συνδεδεμένο με τη ράβδο, θα έρχεται σε επαφή με το πάνω μέρος του κυλίνδρου.

Το περιλαίμιο τοποθετείται πάνω στον κύλινδρο και συνδέεται με την ράβδο του στελέχους. Υπολογίζεται το ύψος του ιζήματος h μετρώντας την απόσταση μεταξύ της κατώτερης επιφάνειας της κεφαλής του στελέχους και της ανώτερης επιφάνειας του περιλαίμιου με την χρήση του κανόνα.

Σχήμα 2.6:

Απλοποιημένο σχήμα όπου φαίνεται ο βαθμονομημένος πλαστικός σωλήνας που μετρώνται τα ύψη της αργίλου (H) και της άμμου (h) για τον υπολογισμό του ισοδύναμου άμμου.



°C Το ισοδύναμο άμμου (SE) υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$SE = (h + H) \times 100 \quad (\text{Σχέση 2.5})$$

Όταν το αποτέλεσμα είναι δεκαδικός αριθμός τότε η στρογγυλοποίηση γίνεται στον προς τα επάνω ακέραιο αριθμό. Η υψηλή τιμή ισοδύναμου άμμου υποδεικνύει καλής ποιότητας υλικό.

2.4.6 Δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου EN 933-9: 2009

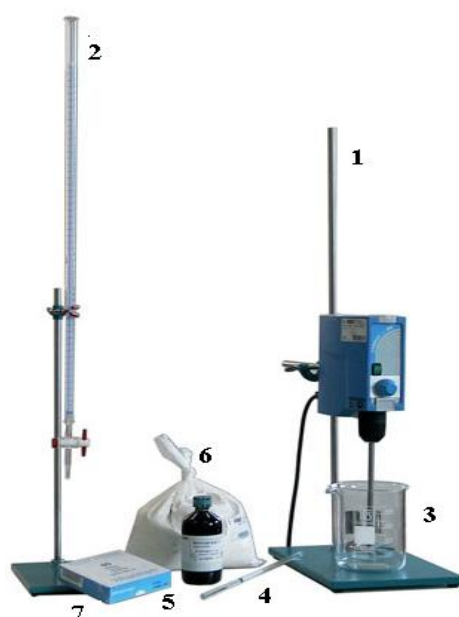
(Tests for Geometrical Properties of Aggregates - Assessment of Fines - Methylene Blue Test. Δοκιμές Γεωμετρικών Ιδιοτήτων των Αδρανών – Ποιοτική Αξιολόγηση Λεπτόκοκκου Κλάσματος – Δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου.)

Σκοπός: Ο έλεγχος του Μπλε του Μεθυλενίου, χρησιμοποιείται για την εξακρίβωση των ενεργών αργιλικών ορυκτών στα αδρανή. Ο έλεγχος βασίζεται στην αρχή της προσρόφησης των μορίων του μπλε του μεθυλενίου, από την ενεργή επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών. Κατά τη δοκιμή μετράται η ποσότητα μπλε του μεθυλενίου για τη μοριακή επικάλυψη όλων των αργιλικών συστατικών των αδρανών.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

1. Αναδευτήρας με προπέλα και σφικκτήρες
2. Γυάλινη προχοϊδα 50ml / 0,1ml με σφικκτήρα
3. Δοχείο 1lt
4. Γυάλινη ράβδο ανάδευσης
5. Διηθητικά χαρτιά διαμέτρου 150mm (100τεμ)
6. Διάλυμα μπλε του μεθυλενίου (500ml)
7. Καολονίτης (500gr)

Ο εργαστηριακός εξοπλισμός φαίνεται στην εικόνα 2.22.



Εικόνα 2.22:

Εργαστηριακός εξοπλισμός για την δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου

Διαδικασία δοκιμής

Η βασική αρχή της δοκιμής μπλε του μεθυλενίου συνίσταται στα εξής: Λαμβάνεται προκαθορισμένη ποσότητα ξηρής άμμου, η οποία διέρχεται από το κόσκινο με άνοιγμα 2mm (ή 0,125mm κατά περίπτωση). Αυτή εν συνεχεία τοποθετείται σε δοχείο με απιονισμένο νερό και αναδεύεται. Γίνεται σταδιακή προσθήκη ίσων ποσοτήτων μπλε του μεθυλενίου στο νερό με την άμμο και μετά από ανάδευση και ομογενοποίηση, διενεργείται ο έλεγχος της στεφάνης για κάθε μία από αυτές. Ο έλεγχος αυτοί γίνονται με εμφύσηση γυάλινης ράβδου στο μίγμα. Από τη ράβδο αφήνεται να πέσει μία σταγόνα διαλύματος σε ειδικό διηθητικό χαρτί.

Αν το δείγμα άμμου δεν έχει απορροφήσει όλη την ποσότητα του μπλε του μεθυλενίου τότε η μπλε κηλίδα που σχηματίζεται στο χαρτί περιβάλλεται από μία κυανή στεφάνη. Αν όμως όλη η ποσότητα του μπλε έχει απορροφηθεί, τότε η μπλε κηλίδα

περιβάλλεται από μία διάφανη στεφάνη. Η ύπαρξη αυτής της στεφάνης σηματοδοτεί και το πέρας της δοκιμής.

Προσθήκη καολινίτη στο μίγμα βοηθά στη διάκριση της τελικής διάφανης στεφάνης. Στην περίπτωση αυτή όμως πρέπει να συνυπολογιστεί η ποσότητα του μπλε του μεθυλενίου που απορροφάται από τον καολινίτη.

Η τιμή μπλε του μεθυλενίου υπολογίζεται από τη σχέση:

$$MB = 10 \times (V_1 - V') / Md \quad (\text{Σχέση 2.5})$$

μονάδες: gr (άνυδρου μπλε του μεθυλενίου) ανά kg αδρανούς

όπου:

V₁: ο όγκος τους διαλύματος μπλε του μεθυλενίου

V': ο όγκος του διαλύματος μπλε του μεθυλενίου που απορροφήθηκε από τυχόν παρουσία καολινίτη

Md: η μάζα του δείγματος άμμου σε gr

2.5 ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ

2.5.1 Κοκκομετρική ανάλυση EN 933-1: 2012

(Tests for Geometrical Properties of Aggregates - Determination of Particle Size Distribution - Sieving Method. Δοκιμές Γεωμετρικών Ιδιοτήτων των Αδρανών – Προσδιορισμός του Διαγράμματος Κοκκομετρίας – Μέθοδος με Κόσκινα.)

Ορισμός: Η κοκκομετρική ανάλυση είναι η ανάλυση που γίνεται στα αδρανή υλικά και η οποία μας παρέχει το ποσοστό επί τοις εκατό της σύνθεσης του αδρανούς σε κόκκους διαφόρων μεγεθών.

Σκοπός: Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της κοκκομετρικής διαβάθμισης αδρανών υλικών. Εφαρμόζεται σε φυσικά ή θραυστά αδρανή (και ελαφρά αδρανή) με μέγεθος μέγιστου κόκκου έως 63mm.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Ζυγός:** Ηλεκτρονικός ζυγός, ζυγιστικής ικανότητας 16Kg και διακριτικής ικανότητας 0,1gr
- **Κόσκινα:** Σειρά κόσκινων κατά ISO 3310-1 & ISO 3310-2 (εικόνες 2.23 και 2.24).

Εικόνα 2.23:
Κόσκινο
τετραγωνικής οπής



Εικόνα 2.24:
Κόσκινο
κατά ISO 3310-2



- **Ηλεκτροκίνητη μηχανή κοσκίνισης**
- **Κλίβανος** ικανός να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία στους 110°C (εικόνα 2.25).

Εικόνα 2.25:
Κλίβανος



- Δοχεία, ταψιά, βούρτσες, σέσουλες, πινέλα

Παρασκευή δείγματος

Το δείγμα λαμβάνεται σύμφωνα με τις οδηγίες δειγματοληψίας και μείωσης δειγμάτων του εργαστηρίου στις ακόλουθες ποσότητες του πίνακα 2.8.

Πίνακας 2.8

Μέγεθος μέγιστου κόκκου (mm)	Ελάχιστη ποσότητα ξηρού δείγματος (kg)
Λεπτόκοκκα αδρανή (≤ 4)	0,2
8	0,6
16	2,6
32	10
63	40

- Για αδρανή με διαφορετικό μέγεθος μέγιστου κόκκου, η ελάχιστη ποσότητα ξηρού δείγματος υπολογίζεται με παρεμβολή από τις ποσότητες που δίδονται στον Πίνακα 2.8.
- Για αδρανή τα οποία απαιτούν μεγάλες ποσότητες για τη δοκιμή, δύναται να διαχωριστούν σε μικρότερα, περίπου ίσα μέρη, και να πραγματοποιηθεί η δοκιμή για κάθε ένα από αυτά ξεχωριστά. Το άθροισμα των αποτελεσμάτων αυτών δίνει το τελικό αποτέλεσμα της δοκιμής.

- Αν η μάζα ξηρού δείγματος που ελέγχεται δεν συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του Πίνακα 2.8, τότε θα πρέπει να δηλώνεται στην έκθεση δοκιμής η μη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του ΕΛΟΤ EN 933-01.
- Για αδρανή με φαινόμενη πυκνότητα μικρότερη του $2,00\text{mg}/\text{m}^3$ ή περισσότερο του $3,00\text{mg}/\text{m}^3$, πρέπει να γίνει κατάλληλη διόρθωση στις μάζες του Πίνακα 2.8 βάση της πυκνότητας, ώστε το δείγμα να έχει περίπου τον ίδιο όγκο με αδρανή συνηθισμένων τιμών πυκνότητας .

Διαδικασία της δοκιμής

Ø Έκπλυση

- Το δείγμα ζυγίζεται και ξηραίνεται μέχρι σταθερού βάρους σε θερμοκρασία $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Σε ορισμένους τύπους αδρανών, η ξήρανση στους 110°C , προκαλεί τη δημιουργία συσσωματωμάτων τα οποία δεν διαχωρίζονται κατά την έκπλυση ή την κοσκίνηση. Σε αυτή την περίπτωση, λαμβάνεται δεύτερο δίδυμο δείγμα για τον προσδιορισμό φυσικής υγρασίας, και το δείγμα προς δοκιμή πλένεται χωρίς προηγουμένως να έχει ξηραθεί. Η ολική αρχική ξηρή μάζα του δείγματος, υπολογίζεται από την τιμή φυσικής υγρασίας που έχει υπολογιστεί από το δίδυμο δείγμα.
- Το δείγμα ζυγίζεται ξηρό αφού ψυχθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μάζα αυτή καταγράφεται σαν M_1 .
- Το δείγμα τοποθετείται σε ένα υποδοχέα και προστίθεται ικανοποιητική ποσότητα νερού ώστε να καλυφθεί όλο.
- Ακολουθεί ανάδευση ώστε να διαχωριστούν οι λεπτοί κόκκοι (εικόνα 2.29).

Εικόνα 2.29:
Διαδικασία διαχωρισμού
κόκκων



Πίνακας 2.9

Άνοιγμα κόσκινου (mm)	Μέγιστο επιτρεπτό συγκρατούμενο βάρος (gr)
75	3059
63	2804
50	2498
45	2370
40	2234
37.5	2163
31.5	1983
25	1780
19	1540
16	1413
14	1322
12.5	1249
10	1117
9.5	1089
8	999
6.3	887
4.75	770
4	707
2.36	543
2	500
1.7	461
1.18	384
1	353
0.6	274
0.425	230
0.3	193
0.25	177
0.18	150
0.15	137
0.075	97
0.063	89

- Σε ένα κόσκινο διαμέτρου 63m, το οποίο χρησιμοποιείται μόνο για έκπλυση, διαβρέχονται και οι δύο πλευρές του πλέγματος και τοποθετείται πάνω από αυτό ένα δεύτερο κόσκινο διαμέτρου 1mm ή 2mm (εικόνα 2.30).

Εικόνα 2.30:
Διαδικασία πλυσίματος
κόκκων



- Το δείγμα μεταφέρεται από τον υποδοχέα στο ανώτερο κόσκινο και πλένεται έως ότου το νερό που διέρχεται του κόσκινου 63m καταστεί διαυγές. Ιδιαίτερη προσοχή δίδεται στην αποφυγή υπερφόρτωσης των κοσκίνων, η οποία αποφεύγεται με σταδιακή μεταφορά του δείγματος από τον υποδοχέα σε αυτά.
- Ακολούθως, το δείγμα που συγκρατήθηκε στα κόσκινα, μεταφέρεται σε καθαρό υποδοχέα και ξηραίνεται σε θερμοκρασία $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ μέχρι σταθερού βάρους. (εικόνα 2.31). Μετά την ψύξη του σε θερμοκρασία δωματίου, ζυγίζεται και το βάρος καταγράφεται σαν M_2 .

Εικόνα 2.31:
Το υλικό που έχει συλλεχθεί μετά
το πλύσιμο και τοποθετείται στον
φούρνο.



Ø Κοσκίνηση

- Επιλέγονται τα κόσκινα και το αντίστοιχο έντυπο κοκκομέτρησης ανάλογα με τον σκοπό για τον οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το υλικό (σύμφωνα με τις οδηγίες που αναγράφονται στην εντολή διενέργειας δοκιμής).
- Τα κόσκινα (εικόνα 2.32) τοποθετούνται στην ηλεκτροκίνητη μηχανή κοσκίνησης, πάνω σε κατάλληλο υποδοχέα, σε σειρά μειωμένου μεγέθους ανοίγματος από την κορυφή προς τη βάση.

Εικόνα 2.32:
Στήλη κοσκίνων



- Το πλυμένο στο Νο63μm κόσκινο ξηρό υλικό τοποθετείται με προσοχή στο ανώτερο κόσκινο. Ο υποδοχέας στον οποίο περιέχεται το υλικό σκουπίζεται με κατάλληλο πινέλο και προστίθεται το πιθανό εναπομείναν λεπτόκοκκο υλικό σε αυτό μέσα στο κόσκινο. Η μεταφορά του υλικού από τον υποδοχέα στα κόσκινα, γίνεται σταδιακά για την αποφυγή υπερφόρτωσης κάποιου εκ των κοσκίνων.
 - Μετά την είσοδο του υλικού τοποθετείται το κάλυμμα των κοσκίνων.
 - Κεντράρεται η σειρά των κοσκίνων στη μηχανή κοσκίνισης και στερεώνεται με τα άγκιστρα.
 - Η μηχανή τίθεται σε λειτουργία για 10 λεπτά περίπου. Αποφεύγεται η μεγαλύτερη διάρκεια ηλεκτροκίνητης κοσκίνισης για αποφυγή διάσπασης των κόκκων του αδρανούς.
 - Στην συνέχεια κλείνεται η μηχανή και συνεχίζεται η κοσκίνιση χειροκίνητα λαμβάνοντας κάθε κόσκινο ξεχωριστά, ξεκινώντας από το ανώτερο και κοσκινίζοντας το πάνω από ένα ταψί ικανοποιητικού μεγέθους ώστε να αποφεύγεται η απώλεια υλικού. Η κοσκίνιση συνεχίζεται έως ότου σταματήσει να διέρχεται υλικό ή η ποσότητα του διερχόμενου υλικού είναι αμελητέα (μικρότερη του 1% του συγκρατούμενου βάρους στο κόσκινο / λεπτό κοσκίνισης). Το υλικό που διέρχεται κάθε κοσκινού και απομένει στο ταψί μεταφέρεται στο αμέσως επόμενο κόσκινο.
- Σημείωση: Για να αποφευχθεί η υπερφόρτωση κάποιου κοσκινού, το υλικό που συγκρατείται στο τέλος της κοσκίνισης σε κάθε κόσκινο, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει (βλέπε πίνακα 2.10):*

$$(Ax\sqrt{d}) / 200 \quad (\text{Σχέση 2.7})$$

Όπου:

A: 70650mm (για διάμετρο κοσκινού 300 mm)

d: Το άνοιγμα των οπών του κοσκινού σε mm

Σε διαφορετική περίπτωση, το δείγμα θα πρέπει να διαχωρίζεται σε μικρότερα κλάσματα και να κοσκινίζονται χωριστά το ένα κλάσμα μετά το άλλο.

Ø Ζύγιση

- Ζυγίζουμε τη μάζα που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο, ξεκινώντας από αυτό με το μεγαλύτερο άνοιγμα και καταγράψτε τα βάρη του υλικού που συγκρατείται χωριστά σε κάθε κλάσμα σαν R_1, R_2, R_3 κτλ.
Ζυγίστε τέλος το υλικό που απέμεινε στον υποδοχέα και καταγράψτε το βάρος αυτό σαν P .

Ø Υπολογισμοί

- Όλα τα βάρη καταγράφονται στο έντυπο δοκιμής.
- Υπολογίζουμε τη μάζα που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο σαν ποσοστό % επί του ολικού αρχικού ξηρού δείγματος. (M_1)
- Υπολογίστε το αθροιστικό διερχόμενο ποσοστό % σε κάθε κόσκινο έως το 63 μ m.
- Υπολογίστε το ποσοστό των λεπτών κόκκων που διέρχονται του κοσκινού 63 μ m σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο:

$$F = [(M_1 - M_2) + P] / M_1 \times 100 \quad (\text{Σχέση 2.8})$$

όπου:

M_1 : Η αρχική ξηρή μάζα του δείγματος

M_2 : Η ξηρή μάζα του υλικού που συγκρατείται στο κόσκινο 63 μ m

P : Η μάζα του υλικού που απέμεινε στον υποδοχέα μετά την κοσκίνιση

Ø Επικύρωση αποτελεσμάτων

- Η ολική μάζα του υλικού μετά την κοσκίνιση πρέπει να μην διαφέρει από την αρχική μάζα του υλικού που τοποθετήθηκε στα κόσκινα πάνω από 1% και η απώλεια, αν υπάρχει θα καταγράφεται στο έντυπο κοκκομέτρησης.
Σε διαφορετική περίπτωση, η δοκιμή επαναλαμβάνεται.

2.6 ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL

2.6.1 Δοκιμή Marshall EN 12697-34: 2012

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 34: Marshall Test. Ασφαλτικά Μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 34: Δοκιμή Marshall)

Σκοπός: Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει την μέτρηση της αντίστασης σε πλαστική παραμόρφωση κυλινδρικών δοκιμίων από ασφαλτόμιγμα οδοστρωσίας που φορτίζονται στη παράλληλη πλευρά τους δια της συσκευής MARSHALL.

Με την μέθοδο αυτή προσδιορίζεται το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου, ώστε η ευστάθεια, η παραμόρφωση, το φαινόμενο ειδικό βάρος συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, το ποσοστό κενών συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος και το ποσοστό κενών που γέμισαν με άσφαλτο να είναι μέσα στα όρια των προδιαγραφών.

Πριν από την δοκιμή πρέπει:

- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται, να πληρούν τις προδιαγραφές.
- Τα αδρανή να έχουν κοκκομετρική διαβάθμιση μέσα στα όρια των προδιαγραφών.
- Να υπάρχει επάρκεια των διαφόρων τύπων αδρανών.
- Να είναι γνωστά τα φαινόμενα ειδικά βάρη των αδρανών και το ειδικό βάρος της ασφάλτου.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Μήτρα συμπύκνωσης δοκιμίων:** Κυλινδρικές μήτρες διαμέτρου 4in (10,16cm) και ύψους 3in (7,62cm), πλάκες βάσεως και δακτύλιοι προεκτάσεως. (Εικόνα 2.33)

Εικόνα 2.33:
Μήτρα
συμπύκνωσης
δοκιμίων



- **Εξολκείας δοκιμίων MARSHALL:** Χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του συμπυκνωμένου δοκιμίου από την μήτρα κατασκευής του, με διάμετρο 300mm, ύψος 500mm και βάρος 30kg. (Εικόνα 2.34)

Εικόνα 2.43:
Εξολκείας δοκιμίων
MARSHALL



- **Κόπανος Marshall:** Ο κόπανος συμπύκνωσης πρέπει να έχει επίπεδη κυκλική επιφάνεια συμπύκνωσης και να φέρει ένα φορτίο βάρους 4540 ± 10 gr το οποίο να πέφτει ελεύθερα από ύψος 457 ± 3 mm.

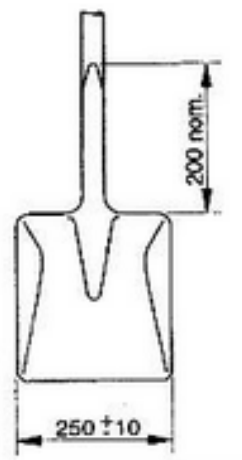
Η βάση έδρασης της συσκευής συμπύκνωσης αποτελείται από ένα ξύλινο στήριγμα διαστάσεων 203 x 203 x 453mm, που είναι καλυμμένο από χαλύβδινη πλάκα διαστάσεων 450 x 550 x 200mm (Εικόνα 2.35)

Εικόνα 2.35:
Κόπανος Marshall



- **Σπάτουλα** (Σχήμα 2.7)

Σχήμα 2.7:
Σπάτουλα για την κατανομή θερμού μίγματος



2.6.2 Προετοιμασία Δειγμάτων Marshall με σφυρί EN 12697-30: 2012

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 30: Specimen Preparation by Impact Compactor. Ασφαλτικά μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 30: Παρασκευή Δοκιμίων με Συσκευή Κρουστικής Συμπύκνωσης.)

Η παρούσα οδηγία περιγράφει την διαδικασία προετοιμασίας δειγμάτων Marshall με σφυρί σύμφωνα με το πρότυπο EN12697-30.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής δε μετρώνται, ούτε ελέγχονται κάποια χαρακτηριστικά. Τα δείγματα παρασκευάζονται είτε από ασφαλτόμιγμα που αναμιγνύεται στο εργαστήριο είτε από ασφαλτόμιγμα από τη μονάδα παραγωγής. Επειδή η ποσότητα του ασφαλτομίγματος που απαιτείται για δείγμα συγκεκριμένου ύψους ποικίλει ανάλογα με τη μέγιστη πυκνότητα του ασφαλτομίγματος, μεταξύ 1050 και 1400gr, η ακριβής ποσότητα που θα χρησιμοποιείται θα καθορίζεται με τη ετοιμασία ενός δοκιμαστικού δοκιμίου. Τα δοκίμια που παρασκευάζονται θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατό περισσότερο ίση μάζα. Η ποσότητα του μίγματος που χρησιμοποιείται για τη συμπύκνωση δε θα πρέπει να είναι περισσότερη από αυτήν που απαιτείται για την παρασκευή τεσσάρων δοκιμίων.

Διαδικασία δοκιμής

- Αν απαιτείται μετά τη μίξη, η ποσότητα του μίγματος που απαιτείται για ένα δοκίμιο δε θα πρέπει να αποθηκεύεται για περισσότερο από μια ώρα χωρίς κυκλοφορία αέρα, σε φούρνο που έχει ρυθμιστεί σε μέγιστη θερμοκρασία 130°C. Η θερμοκρασία αυτή ωστόσο δε θα πρέπει να ξεπερνά τη θερμοκρασία συμπύκνωσης.

- Το μίγμα θα πρέπει να φέρεται ταχέως στη θερμοκρασία συμπίκνωσης. Για ασφαλτομίγματα που παράγονται σύμφωνα με το πρότυπο EN 12591, η θερμοκρασία συμπίκνωσης είναι όση η θερμοκρασία αναφοράς που δίνεται στο πρότυπο EN 12697-35 και φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 2.10: Πίνακας θερμοκρασιών συμπίκνωσης

Τύπος ασφάλτου (pen)	Θερμοκρασία αναφοράς σε °C		Τύπος ασφάλτου (pen)	Θερμοκρασία αναφοράς για τύπους ασφαλτομιγμάτων πλην των μαστιχωτών σε °C
	Τύποι Ασφαλτομιγμάτων πλην των μαστιχωτών	Μαστιχωτά ασφαλτομίγματα		
20/30	180	250	250/330	130
30/45	175	240	330/430	125
35/50	165	230	500/650	120
40/60	155	220	650/900	115
50/70	150		V12000	115
70/100	145		V6000	110
100/150	140		V3000	100
160/220	135		V1500	90

- Για ασφαλτομίγματα που παράγονται σύμφωνα με το EN14023 ή το EN13924, η θερμοκρασία συμπίκνωσης θα καθορίζεται από τον παραγωγό.
- Θερμαίνεται το πόδι του σφυριού συμπίκνωσης και ολόκληρη η μήτρα πριν από την προετοιμασία του πρώτου δείγματος.
- Αν τα δείγματα παράγονται κατά παρτίδες, το πόδι και η μήτρα θα θερμαίνονται μόνο πριν από την προετοιμασία του πρώτου δείγματος της παρτίδας.
- Τοποθετείται χάρτινο φίλτρο στη βάση της μήτρας η οποία έχει προθερμανθεί στη θερμοκρασία συμπίκνωσης. Το θερμό μίγμα χύνεται στη μήτρα σε μικρές ποσότητες και κατανέμεται με χρήση σπάτουλας. Αυτό θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά ώστε να μη συμβεί διαχωρισμός. Μετά από το γέμισμα, το μίγμα ισοπεδώνεται προσεκτικά με τη βοήθεια μιας σπάτουλας και καλύπτεται με ένα δεύτερο φίλτρο.
- Η συμπίκνωση θα πρέπει να ξεκινήσει χωρίς καθυστέρηση. Το κολάρο τοποθετείται πάνω από τη μήτρα και δένεται με τους σφιγκτήρες της συσκευής.

Όταν το σφυρί τοποθετηθεί στον κόπανο, το δοκίμιο συμπυκνώνεται με 50 χτύπους, με την προσπίπτουσα μάζα να πέφτει από ύψος $457 \pm 5\text{mm}$. Η προσπίπτουσα μάζα θα πρέπει να κρατείται πάνω στο δείγμα όταν αναπηδά στο δοκίμιο. Ανάλογα με τη διαδικασία και το σκοπό της δοκιμής που θα πραγματοποιηθεί στη συνέχεια, ο αριθμός των χτύπων μπορεί να ποικίλει. Όταν πραγματοποιηθεί ο συγκεκριμένος αριθμός χτύπων, τότε οι σφικτήρες ανοίγουν, η μήτρα αναποδογυρίζεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται με τον ίδιο αριθμό χτύπων. Για περαιτέρω συμπύκνωση (π.χ. αν δεν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή πυκνότητα) η μήτρα αντιστρέφεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Όταν η διαδικασία συμπύκνωσης ολοκληρωθεί, αφαιρούνται τα χάρτινα φίλτρα και καταγράφονται τα στοιχεία του δοκιμίου.

- Οι μήτρες τοποθετούνται στους κατάλληλους δίσκους και ψύχονται στον αέρα και στη συνέχεια τα δοκίμια εξάγονται από τη μήτρα στον εξολκέα. Στη συνέχεια, το δοκίμιο θα πρέπει να ψυχθεί επιπλέον για ένα διάστημα σε θερμοκρασία μεταξύ 18°C και 28°C .

2.6.3 Προσδιορισμός ευστάθειας – παραμόρφωσης κατά Marshall EN 12697-34: 2012

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 34: Marshall Test. Ασφαλτικά Μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 34: Δοκιμή Marshall)

Η παρούσα οδηγία περιγράφει την διαδικασία δοκιμής Marshall Test για τον προσδιορισμό της ευστάθειας ασφαλτομίγματος σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN12697-34. Το ασφαλτόμιγμα παρασκευάζεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697-35 (εργαστηριακά) ή στην μονάδα παραγωγής. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής μετράται το φορτίο που εξασκείται στα δοκίμια, καθώς και η παραμόρφωση που προκαλεί το φορτίο αυτό. Τα δοκίμια που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή έχουν παρασκευαστεί σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697-30 (50 χτύποι ανά πλευρά). Οι διαστάσεις τους έχουν μετρηθεί σύμφωνα με το EN 12697-29. Η φαινόμενη πυκνότητα των δοκιμίων προσδιορίζεται σύμφωνα με το EN 12697-6.

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- **Συσκευή θραύσης Marshall:** Η συσκευή φόρτισης MARSHALL αποτελείται από ένα κοχλιωτό γρύλο που είναι στερεωμένος σε κατάλληλο πλαίσιο που να επιτρέπει την ομοιόμορφη κατακόρυφη κίνηση με ταχύτητα $5,08\text{cm/min}$. Αντί του γρύλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία μηχανή ή υδραυλική μηχανή φόρτισης, υπό την προϋπόθεση ότι η ταχύτητα κίνησης θα μπορεί να διατηρηθεί σε $5,08\text{ cm/min}$ κατά την εφαρμογή του φορτίου (εικόνα 2.36). Η συσκευή φέρει ένα δυναμομετρικό δακτύλιο ικανότητας 50KN και είναι εφοδιασμένος με μικρό μετρικό μηκυσιόμετρο.

Το μικρό μετρικό μηκυνσιόμετρο πρέπει να είναι βαθμολογημένο σε 0,0001 της in ή σε 0,01 του χιλιοστού.

Εικόνα 2.36:
Συσκευή Marshall



- **Μετρητής παραμορφώσεων (Μηκυνσιόμετρο βραχύνσεως)** είναι βαθμολογημένο σε 0,001in ή 0,01mm και μετράται η υποχώρηση του δοκιμίου. (Εικόνα 2.37).

Εικόνα 2.37:
Μηκυνσιόμετρο βραχύνσεως



- **Σιαγόνες θραύσης:** Οι σιαγόνες θραύσης (εικόνα 2.38) αποτελούνται από τα πάνω και κάτω τμήματα κυλίνδρου ή σιαγόνων δοκιμής, με εσωτερική ακτίνα καμπυλότητας 5,08cm (2in), τονισμένων με ακρίβεια. Το κάτω τμήμα στερεώνεται σε βάση με τις δύο κατακόρυφες ράβδους – οδηγούς ή στηριγμάτων που εκτείνονται προς τα πάνω. Οι οπές – οδηγοί στο πάνω τμήμα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια θέση, ώστε να επιτρέπουν το πλησίασμα των δύο σιαγόνων χωρίς σημαντική τριβή ή πολύ χαλαρή ολίσθηση αυτών επί των ράβδων – οδηγών.



Εικόνα 2.38:
Σιαγόνες θραύσης

- **Υδατόλουτρο** πρέπει να είναι τουλάχιστον βάθους 15,2cm και να ρυθμίζεται η θερμοκρασία του έτσι ώστε, να διατηρείται αυτή στους $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ή στους $37,8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Το λουτρό πρέπει να έχει διάτρητο ψευδοπυθμένα ή να είναι εφοδιασμένο με ένα στηρίγμα για την διατήρηση των δοκιμίων σε ύψος 5cm πάνω από τον πυθμένα του.
- **Κλίβανος:** Πρέπει να διατίθενται κλίβανος και για την θέρμανση των αδρανών, του ασφαλτικού υλικού, των τύπων κατασκευής των δοκιμίων και του υπόλοιπου εξοπλισμού, στις απαιτούμενες θερμοκρασίες ανάμιξης και κατασκευής των δοκιμίων.
- **Θερμόμετρα:** Για τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας των αδρανών και της ασφάλτου χρησιμοποιούνται θερμόμετρα με κατάλληλη θωράκιση ή ωρολογιακού τύπου με μεταλλικό στέλεχος. Απαιτείται κλίμακα 10°C έως 204°C με ευαισθησία $2,8^{\circ}\text{C}$.

- **Θερμόμετρα για το υδατόλουτρο:** Απαιτείται κλίμακα 20°C έως 70°C με ευαισθησία 0,2°C.
- **Υποδοχείς:** Για την θέρμανση των αδρανών χρειάζονται μεταλλικά δοχεία με επίπεδο πυθμένα ή άλλοι κατάλληλοι υποδοχείς.
- **Υποδοχείς για την θέρμανση του ασφαλτικού υλικού:** μπορούν να χρησιμοποιηθούν δοχεία ογκομετρικού τύπου όπως γυάλινα ποτήρια, ειδικά σκεύη έκχυσης ή δοχεία με χειρολαβή.
- **Ζυγαριά:** ικανότητας 2kg και ευαισθησίας 0,1gr για την ζύγιση των κατασκευασθέντων δοκιμίων.
- **Ζυγαριά:** ικανότητας 5kg και ευαισθησίας 1,0gr για την ζύγιση των συστατικών των ασφαλτομιγμάτων.
- **Γάντια:** χρειάζονται πυρίμαχα γάντια για τον χειρισμό των θερμών οργάνων και πλαστικά γάντια για την εξαγωγή των δοκιμίων από το υδατόλουτρο.
- **Σπάτουλες, λαβίδες, παχύμετρο.**

Διαδικασία δοκιμής:

- Το δοκίμιο, μετά την ωρίμανσή του, ζυγίζεται με ακρίβεια 0,1gr.
- Μετρώνται οι διαστάσεις του δοκιμίου με την βοήθεια παχύμετρου. Το ύψος υπολογίζεται σαν μέσος όρος τεσσάρων αντιδιαμετρικών μετρήσεων και η διάμετρος σαν μέσος όρος δύο κάθετων διαμέτρων.
- Τοποθετείται το δοκίμιο στο υδατόλουτρο σε θερμοκρασία 60°C, για 20 – 30 λεπτά, φροντίζοντας όλα τα δοκίμια να παραμείνουν στο υδατόλουτρο τον ίδιο χρόνο.
- Μετά την παρέλευση του παραπάνω χρόνου, το δοκίμιο εξάγεται από το υδατόλουτρο, σκουπίζεται επιφανειακά με ένα ύφασμα και τοποθετείται στην συσκευή Marshall, στην ειδική θέση, μεταξύ των δύο ημισφαιρικών πλακών.
- Μετράται, πριν από την δοκιμή η αρχική ένδειξη του μηκυνσιομέτρου βραχύνσεως σε 0,01mm και από τις δύο πλευρές των αξόνων σύνδεσης των ημισφαιρικών πλακών.
- Τίθεται σε λειτουργία η συσκευή Marshall ανεβάζοντας την κάτω πλάκα με σταθερή ταχύτητα 5,08cm/min.
- Η μέτρηση του φορτίου γίνεται με ανάγνωση του μηκυνσιομέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου, που βρίσκεται πάνω από το δοκίμιο. Η κάθε μεταβολή της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου αντιστοιχεί σε ένα φορτίο σε KN.

Επομένως, βάσει της ανάγνωσης του μηκυνσιομέτρου, που μας δείχνει την μεταβολή της διαμέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου, βρίσκουμε από πίνακες, που συνοδεύουν την συσκευή, το φορτίο που ασκείται στο δοκίμιο.

- Η επιβολή του φορτίου γίνεται μέχρις ότου η βελόνα του μηκυνσιομέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου σταματήσει να ανεβαίνει και αρχίσει να οπισθοχωρεί. Τότε, σταματάει η λειτουργία της μηχανής (δηλαδή η επιβολή του φορτίου) και καταγράφεται η ένδειξη του μηκυνσιομέτρου (ένδειξη Marshall).
- Μετρώνται, με το μηκυνσιόμετρο βραχύνσεως οι ενδείξεις και στους δύο άξονες σύνδεσης των ημισφαιρικών πλακών με ακρίβεια 0,01mm.

Κανονική είναι η ένδειξη Marshall όταν το δοκίμιο έχει ύψος 6,35cm. Για ύψος μεγαλύτερο ή μικρότερο η ένδειξη Marshall διορθώνεται με την βοήθεια του παρακάτω διαγράμματος συναρτήσεως του ύψους του δοκιμίου και ενός συντελεστή διορθώσεως. (Σχήμα 2.8)

2.6.4 Προσδιορισμός διαστάσεων δοκιμίων ασφαλτομίγματος EN 12697-29: 2002

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 29: Determination of the Dimensions of a Bituminous Specimen. Ασφαλτικά Μείγματα - Μέθοδοι Δοκιμής για Ασφαλτομίγματα Θερμής Ανάμιξης -Μέρος 29: Προσδιορισμός Διαστάσεων Δοκιμίου Ασφαλτομίγματος)

Η παρούσα οδηγία περιγράφει την διαδικασία προσδιορισμού των διαστάσεων δοκιμίων ασφαλτομίγματος σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697-29. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής μετρώνται οι διαστάσεις των δοκιμίων (ύψος και διάμετρος). Στον πίνακα 2.11 δίνονται οι καλύτερες δυνατότητες μέτρησης του εργαστηρίου:

Πίνακας 2.11

Διαστάσεις	Αβεβαιότητα
0 mm έως 50mm	0,1 mm
>50mm	0,1 mm

Τα δοκίμια ασφαλτομιγμάτων είναι είτε εργαστηριακά δοκίμια προετοιμασμένα σύμφωνα με το EN 12697-30, είτε πυρήνες που λαμβάνονται από συμπυκνωμένα οδοστρώματα σύμφωνα με το EN 12697-27.

Διεξαγωγή των μετρήσεων

Μετρήσεις Ύψους

- Για τη μέτρηση του ύψους λαμβάνονται τέσσερις μετρήσεις από θέσεις που θα πρέπει να ισαπέχουν μεταξύ τους. Κάθε μέτρηση θα πρέπει να γίνεται σε απόσταση περίπου 10 mm από την άκρη του δοκιμίου.
- Σημειώνονται στο δοκίμιο οι θέσεις από όπου θα ληφθούν οι μετρήσεις.
- Μετράτε το ύψος σε κάθε θέση και καταγράφεται στο πρωτόκολλο των μετρήσεων.
- Υπολογίζεται η μέση τιμή τους, καθώς επίσης και η τυπική απόκλιση των τεσσάρων μετρήσεων

Μετρήσεις Διαμέτρου

- Για τη μέτρηση της διαμέτρου λαμβάνονται δυο κάθετες μεταξύ τους μετρήσεις, στην κορυφή, τη μέση και τη βάση του δοκιμίου.
- Όλες οι μετρήσεις έχουν όριο τυπικής απόκλισης $\pm 0,1\text{mm}$. Καθορίζεται ο μέσος όρος των έξι μετρήσεων και το αποτέλεσμα εκφράζεται με ακρίβεια 0,1mm.

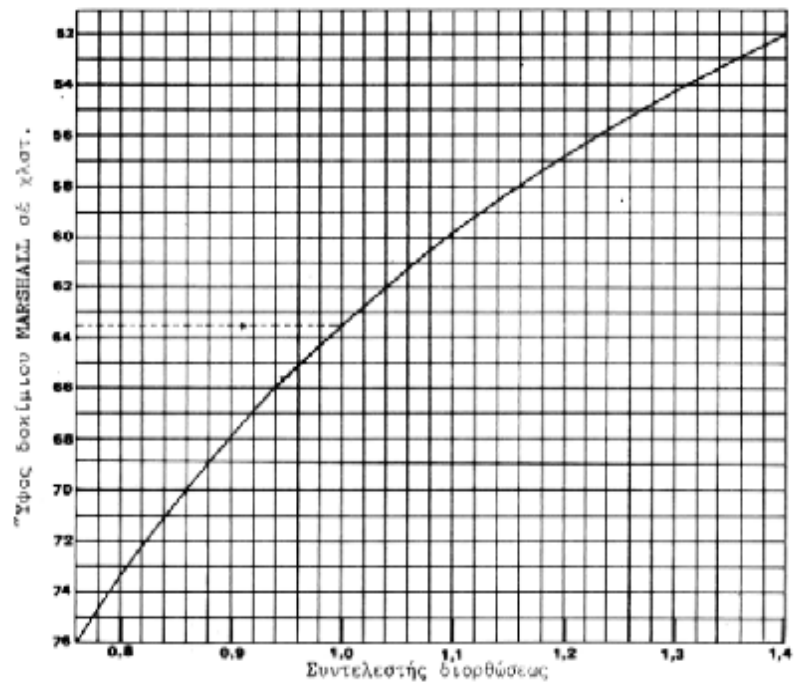
Μετρήσεις Μη Ορθογώνιων Δοκιμίων

- Επιλέγεται η θερμοκρασία δοκιμής από τους 5 έως τους 25°C με απόκλιση $\pm 2^\circ\text{C}$.
- Η συσκευή θραύσης θα πρέπει να βρίσκεται σε χώρο με θερμοκρασία μεταξύ 15°C και 25°C.
- Για τη μέτρηση μη ορθογώνιων δοκιμίων λαμβάνονται τέσσερις μετρήσεις από θέσεις που θα πρέπει να ισαπέχουν μεταξύ τους για κάθε διάσταση (ύψος, πάχος και βάθος).
- Εάν οι διαστάσεις σε μια ή περισσότερες διαστάσεις έχουν σημαντική διαφορά (π.χ. δοκίμια για δοκιμή δυο σημείων κάμψης) ο αριθμός των μετρήσεων σ' αυτή τη διάσταση θα επεκτείνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να υπολογισθεί.
- Τα σημεία στα οποία γίνονται οι μετρήσεις θα πρέπει να σημειώνονται ξεκάθαρα στα δοκίμια.
- Όλες οι μετρήσεις έχουν όριο τυπικής απόκλισης $\pm 0,1\text{mm}$.
- Κάθε μέτρηση θα πρέπει να γίνεται κοντά στην άκρη του δοκιμίου.
- Οι διαστάσεις των δοκιμίων καθορίζονται ως ο μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων για κάθε διάσταση και εκφράζεται με ακρίβεια 0,1mm.

Στην διορθωμένη ένδειξη Marshall αντιστοιχεί και ένα φορτίο σε KN βάσει των πινάκων του δυναμομετρικού δακτυλίου. Το φορτίο αυτό είναι η ευστάθεια σε KN.

Η παραμόρφωση που έχει υποστεί το δοκίμιο (βράχυνση) και που υπολογίζεται με το μηκυνσίομετρο βραχύνσεως, μετρώντας πριν και μετά την θραύση, είναι η υποχώρηση και μετριέται σε 0,01mm.

Σχήμα 2.8:
Καμπύλη
αναγωγής
ύψους
δοκιμίου σε
κανονικό
ύψος 6,35cm



Υπολογισμοί

- **Βάρος δοκιμίου σε gr**
Προσδιορίζεται το βάρος με ζύγιση.
- **Ύψος δοκιμίου σε cm**
Προσδιορίζεται σαν μέσος όρος τεσσάρων αντιδιαμετρικών μετρήσεων.
- **Ένδειξη Marshall**
Αναγράφεται η ένδειξη του μηκνσιομέτρου του δυναμομετρικού δακτυλίου κατά την θραύση του δοκιμίου.
- **Συντελεστής διορθώσεων ένδειξης Marshall**
Βρίσκεται από το σχήμα 2.8 συναρτήσει του ύψους δοκιμίου.
- **Διορθωμένη ένδειξη Marshall**
Υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της ένδειξης Marshall επί του συντελεστή διορθώσεως,
- **Ευστάθεια σε KN**
Υπολογίζεται από πίνακα με βάσει την διορθωμένη ένδειξη Marshall.

- **Υποχώρηση του δοκιμίου σε 0,01mm**

Υπολογίζεται σαν μέσος όρος των διαφορών των μετρήσεων, με το μηκυσιόμετρο βραχύνσεως, πριν αι μετά την θραύση του δοκιμίου.

- **Όγκος δοκιμίου cm^3**

Υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της επιφάνειας της βάσης του δοκιμίου επί το ύψος.

- **Φαινόμενο ειδικό βάρος δοκιμίου σε kg/m^3**

Υπολογίζεται με διαίρεση του βάρους του δοκιμίου προς τον όγκο του επί 1000.

- **Άσφαλτος % ασφαλτομίγματος**

Έστω ότι το δοκίμιο παρασκευάστηκε με 6% κατά βάρος άσφαλτο.

Άρα: στα 106 γρασφαλτομίγματος τα 6gr είναι άσφαλτος

στα 100 gr χ ;

$$\chi = 5.66 \%$$

- **Βάρος ασφάλτου σε kg/m^3 ασφαλτομίγματος**

Υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό του φαινόμενου ειδικού βάρους επί το ποσοστό % ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα δια 100.

- **Βάρος αδρανών σε kg/m^3 ασφαλτομίγματος**

Υπολογίζεται με την διαφορά του φαινόμενου ειδικού βάρους και του βάρους της ασφάλτου στο ασφαλτόμιγμα.

- **Όγκος συμπακνωμένων αδρανών / m^3 ασφαλτομίγματος**

Υπολογίζεται με διαίρεση του βάρους των αδρανών στο συμπακνωμένο ασφαλτόμιγμα προς το ειδικό βάρος των αδρανών (περίπου $2,7\text{kg/cm}^3$).

- **Συνολικός όγκος αδρανών και ασφάλτου / m^3 συμπακνωμένου ασφαλτομίγματος**

Υπολογίζεται ως το άθροισμα του όγκου των αδρανών και του όγκου της ασφάλτου.

- **Κενά συμπακνωμένου ασφαλτομίγματος %**

Υπολογίζεται από την σχέση 2.11 (§2.6.8)

- **Κενά συμπακνωμένων αδρανών %**

Υπολογίζεται από την σχέση 2.12. (§2.6.8)

- **Κενά συμπακνωμένων αδρανών που πληρώθηκαν με άσφαλτο %**

Υπολογίζεται από την σχέση 213. (§2.6.8)

2.6.5 Ποσοστό κενών

Προσδιορισμός κενών

Για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών των δοκιμίων που παρασκευάζονται σε ένα εργαστήριο, απαραίτητα στοιχεία είναι το μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος και το φαινόμενο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος. Ο προσδιορισμός του πρώτου, πραγματοποιείται με την δοκιμή Rice, ενώ για τον προσδιορισμό του δεύτερου εφαρμόζονται οι σχετικές μεθοδολογίες που αναφέρονται στα ευρωπαϊκά πρότυπα.

2.6.6 Προσδιορισμός του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους EN 12697-5+A1: 2007

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt - Determination of the Maximum Density. Ασφαλτικά Μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 5: Προσδιορισμός της Μέγιστης Πυκνότητας)

Ο προσδιορισμός του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους ενός μη συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος (χαλαρό ασφαλτόμιγμα), πραγματοποιείται με την δοκιμή Rice, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα EN 12697-05+A1: 2007.

Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός του μέγιστου θεωρητικού ειδικού βάρους,

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Συσκευή δόνησης
- Αντλία κενού
- Γυάλινη φιάλη για το δείγμα χωρητικότητας 2500 ml
- Γυάλινη φιάλη - παγίδα - για την απομάκρυνση του νερού από τον αέρα
- Σωλήνες και τάπες
- Ζυγός
- Πυκνόμετρο

Διαδικασία δοκιμής

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής, ποσότητα δείγματος από ασφαλτόμιγμα μεγαλύτερη των 1500gr, η οποία προηγουμένως θερμαίνεται ώστε να αποβληθεί η υγρασία, διαχωρίζεται με τα χέρια έτσι ώστε το μέγιστο μέγεθος κόκκου να είναι μικρότερο από 6mm (εικόνα 2.39).

Εικόνα 2.39:
Διαχωρισμένο ασφαλτόμικγμα



Στη συνέχεια, αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου και τοποθετείται σε πυκνόμετρο γνωστής μάζας, όπου προσδιορίζεται το βάρος του μίγματος (A) και προστίθεται στο πυκνόμετρο νερό θερμοκρασίας 25°C μέχρι να καλυφθεί όλο το υλικό. Σφραγίζεται με το ειδικό καπάκι της συσκευής δόνησης και τίθεται σε λειτουργία για 15 περίπου λεπτά (εικόνα 2.40).

Εικόνα 2.40:
Πυκνόμετρο και συσκευή δόνησης



Η συσκευή αφαιρεί τον αέρα από το πυκνόμετρο και συγχρόνως δονείται με αποτέλεσμα το νερό να εισχωρεί στα κενά του δείγματος παίρνοντας τη θέση του αέρα, ο οποίος με τη μορφή φυσαλίδων βγαίνει από το νερό και αφαιρείται από το χώρο του δοχείου λόγω του κενού που έχει εφαρμοστεί στο πυκνόμετρο, με αποτέλεσμα να εφαρμόζεται μια υπολειμματική πίεση μικρότερη των 4kPa. Μετά την ολοκλήρωση της λειτουργίας της συσκευής αφαιρείται από αυτή το δοχείο, στο οποίο είχε προστεθεί νερό

θερμοκρασίας 25°C μέχρι να γεμίσει. Ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην προσθήκη του νερού, ώστε να μην δημιουργούνται φυσαλίδες αέρα. Το πυκνόμετρο σφραγίζεται με ένα ειδικό καπάκι, προσέχοντας να μην παγιδευτεί αέρας μέσα στο δοχείο. Σκουπίζεται εξωτερικά για να αφαιρεθεί κάθε ίχνος νερού και τοποθετείται σε ζυγαριά, όπου καταγράφεται το βάρος του πυκνόμετρου, μίγματος και νερού (E). Τέλος, καθαρίζεται το πυκνόμετρο και αφού πληρώνεται με νερό θερμοκρασίας 25°C, σφραγίζεται όπως αναφέρεται παραπάνω και ζυγίζεται καταγράφοντας το βάρος του πυκνόμετρου και νερού (B). Το μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$G_{mm} = A / (A + B - E) \quad (\text{Σχέση 2.9})$$

Όπου:

G_{mm}: μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος, kg/m³.

A: βάρος δείγματος στον αέρα, gr.

B: βάρος πυκνόμετρου και νερού, gr.

E: βάρος πυκνόμετρου και νερού και υλικού στον αέρα, gr.

2.6.7 Προσδιορισμός φαινόμενου ειδικού βάρους EN 12697-6+A1: 2007

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 6: Determination of Bulk Density of Bituminous Specimens. Ασφαλτικά Μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 6: Προσδιορισμός της Φαινόμενης Πυκνότητας Ασφαλτικών Δοκιμίων.)

Σκοπός της δοκιμής είναι ο προσδιορισμός του φαινόμενου ειδικού βάρους συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος που πραγματοποιείται σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα (EN 12697-6+A1 2007).

Εργαστηριακός εξοπλισμός

- Ζυγός ακριβείας
- Διχτυωτό καλάθι
- Υδρόλουτρο
- Θερμόμετρο

Διαδικασία δοκιμής

Αρχικά, τα δοκίμια καθαρίζονται επιφανειακά από ξένες ουσίες και στην συνέχεια αφήνονται να ξεραθούν σε θερμοκρασίες δωματίου (περίπου 25°C). Έπειτα ζυγίζονται στον αέρα, με κατάλληλη ζυγαριά επαρκούς δυνατότητας και ακριβείας τουλάχιστον 0,1 gr, για να προσδιορισθεί η μάζα τους (m_1).

Στη συνέχεια, κάθε δοκίμιο τοποθετείται σε ένα διχτυωτό καλάθι, έτσι ώστε να επιτρέπεται ελεύθερα η κυκλοφορία του νερού γύρω από το δοκίμιο και ύστερα βυθίστηκε σε λουτρό νερού, θερμοκρασίας 25 °C. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας του νερού πραγματοποιείται με ειδικό θερμόμετρο. Ο όγκος του λουτρού πρέπει να είναι τουλάχιστον τριπλάσιος του όγκου του δοκιμίου, για την πλήρη κάλυψή του, όπως προτείνεται από τα πρότυπα. Η πειραματική διάταξη του υδρόλουτρου φαίνεται στην εικόνα 2.41α, β, γ.

Εικόνα 2.41α:
Ζυγός ακριβείας



Εικόνα 2.41β:
Τοποθέτηση δοκιμίου στο διχτυωτό καλάθι



Εικόνα 2.41γ:
Βύθιση δοκιμίου στο υδρόλουτρο



Το δοκίμιο πρέπει να παραμείνει μέσα στο λουτρό ώστε να κορεσθεί για περίπου μισή ώρα. Με το πέρας των τριάντα λεπτών, και προσέχοντας να μην υπάρχουν

φυσαλίδες στην επιφάνεια του δοκιμίου, καταγράφεται η ένδειξη του βάρους της ζυγαριάς, η οποία χαρακτηρίζεται ως βάρος δοκιμίου στο νερό (m_2).

Κατόπιν, το δοκίμιο απομακρύνεται από το νερό, σκουπίζεται γρήγορα επιφανειακά με υγρή απορροφητική πετσέτα και ζυγίζεται. Το βάρος αυτό χαρακτηρίζεται ως βάρος κορεσμένου δοκιμίου στο νερό (m_3). Από την διαφορά του ($m_3 - m_2$) προκύπτει ο όγκος του δοκιμίου, οπότε το φαινόμενο ειδικό βάρος προσδιορίστηκε από την παρακάτω σχέση.

$$G_{mb} = \frac{m_1}{(m_3 - m_2)} \times \rho_w \quad (\text{Σχέση 2.10})$$

Όπου:

G_{mb} : φαινόμενο ειδικό βάρος συμπιεσμένου ασφαλτομίγματος, kg/m^3

m_1 : βάρος ξηρού δοκιμίου στον αέρα, gr.

m_2 : βάρος κορεσμένου δοκιμίου στο νερό, gr.

m_3 : βάρος κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα, gr.

ρ_w : πυκνότητα νερού σε θερμοκρασία δοκιμής (25°C), $997,1 \text{ kg/m}^3$.

2.6.8 Υπολογισμός κενών EN 12697-8: 2003

(Bituminous Mixtures - Test Methods for Hot Mix Asphalt – Part 8: Determination of Void Characteristics of Bituminous Specimens. Ασφαλτικά Μίγματα – Μέθοδοι Δοκιμής Θερμού Ασφαλτομίγματος – Μέρος 8: Προσδιορισμός της Περιεκτικότητας σε Κενά των Ασφαλτικών Δοκιμίων.)

Κατόπιν του προσδιορισμού των δύο παραπάνω μεγεθών, γίνεται δυνατός ο υπολογισμός των κενών. Το ποσοστό των κενών αέρος του συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος, υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$PAV = 100 \times (G_{max} - G) / G_{max} \quad (\text{Σχέση 2.11})$$

Οπού:

PAV: ποσοστό κενών αέρα συμπτυκνωμένου ασφαλτομίγματος, %

Gmax: μέγιστο θεωρητικό ειδικό βάρος ασφαλτομίγματος, (g/cm³)

G: φαινόμενο ειδικό βάρος συμπτυκνωμένου ασφαλτομίγματος, (g/cm³)

Τα κενά στον σκελετό των αδρανών VMA, τα οποία ορίζονται ως ο όγκος που καταλαμβάνουν τα κενά αέρος και ο όγκος που καταλαμβάνει η άσφαλτος, υπολογίζονται από την παρακάτω εξίσωση:

$$VMA = PAV + V_{eff} = 100 - \frac{G \times P_s}{G_{sb}} \quad (\text{Σχέση 2.12})$$

Όπου:

PAV: ποσοστό κενών αέρα ασφαλτομίγματος, %.

V_{eff}: όγκος ενεργού ποσοστού ασφάλτου στο δοκίμιο, που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του φαινόμενου ειδικού βάρους των δοκιμίων με το ποσοστό περιεκτικότητας ασφάλτου κατά βάρος ασφαλτομίγματος διαιρούμενο με το ειδικό βάρος της ασφάλτου, %.

G: φαινόμενο ειδικό βάρος συμπτυκνωμένου ασφαλτομίγματος, g/cm³.

P_s: το ποσοστό των περιεχόμενων αδρανών κατά βάρος ασφαλτομίγματος, %.

G_{sb}: φαινόμενο μικτό ειδικό βάρος των αδρανών, g/cm³.

Το ποσοστό των κενών πληρώθηκαν με άσφαλτο, VFA, υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$VFA = 100 \times \frac{V_{eff}}{VMA} = \frac{VMA - PAV}{VMA} \times 100 = VMA - PAV \quad (\text{Σχέση 2.13})$$

Όπου:

VFA: ποσοστό των κενών που πληρώθηκαν με άσφαλτο, %.

V_{eff}: όγκος ενεργού ποσοστού ασφάλτου στο δοκίμιο, %.

VMA: ποσοστό κενών στον σκελετό των αδρανών, %.

PAV: ποσοστό κενών αέρος στο ασφαλτόμιγμα, %.

Ø Για δοκίμια με κλειστή επιφάνεια (με PAV<5%), χρησιμοποιείται η μέθοδος η οποία αναφέρεται ως SSD (Saturated Surface Dry), και σύμφωνα με την οποία η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίζεται σε Kg/m³ με την εφαρμογή της σχέσης:

$$\text{Φαινόμενη πυκνότητα} = m_1 / (m_3 - m_2) \times p_w \quad (\text{Σχέση 2.14})$$

Όπου:

m₁: η μάζα του ξηρού δοκιμίου, gr.

m₂: η μάζα του δοκιμίου μέσα στο νερό, gr.

m₃: η μάζα του κορεσμένου δοκιμίου στον αέρα, gr.

p_w: η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία δοκιμής (0,1 Kg/m³).

Από την σχέση 2.11 γίνεται ο προσδιορισμός του ποσοστού των κενών.

Ø Για δοκίμια με τραχεία επιφάνεια και με εύρος ποσοστού κενών PAV 5-15%, η φαινόμενη πυκνότητα προσδιορίζεται με την μέθοδο κατά την οποία το δοκίμιο επικαλύπτεται με σφραγιστικό υλικό, και το ζητούμενο μέγεθος προσδιορίζεται από τη σχέση:

$$\text{Φαινόμενη πυκνότητα} = m_1 / (m_4 - m_5 / p_w) - (m_4 - m_1) / p_{sm} \quad (\text{Σχέση 2.15})$$

Όπου :

Φαινόμενη πυκνότητα , Kg/m³.

m₁: η μάζα του ξηρού δοκιμίου, gr.

m₄: η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου στον αέρα, gr.

m₅: η μάζα του ξηρού επικαλυμμένου δοκιμίου μέσα στο νερό, gr.

p_w: η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία δοκιμής (0,1 Kg/m³)

p_{sm}: το ειδικό βάρος του υλικού επικάλυψης στους 25°C, Kg/m³.

Με εφαρμογή της σχέσης 2.11 γίνεται ο προσδιορισμός του ποσοστού των κενών.

- Ø Τέλος, για δοκίμια ασφαλτομίγματος ανοιχτού τύπου (PAV>15%), χρησιμοποιείται η μέθοδος κατά την οποία μετριοούνται οι διαστάσεις των δοκιμίων και η φαινόμενη πυκνότητα (Kg/m^3) δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Φαινόμενο ειδικό βάρος} = m_1 / (\pi \times h \times d) / 4 \quad (\text{Σχέση 2.14})$$

Όπου:

m₁: η μάζα του ξηρού δοκιμίου, gr.

h: το πάχος του δοκιμίου, cm.

d: η διάμετρος του δοκιμίου, cm.

Και εν συνεχεία, από τη σχέση 2.11 προσδιορίζεται το ποσοστό των κενών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η μέθοδος 'των διαστάσεων' μπορεί να εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό του ποσοστού των κενών, ανεξαρτήτως της εκτιμώμενης τιμής τους. Ωστόσο, για δοκίμια κλειστού τύπου, υπάρχει πιθανότητα υπερεκτίμησης των κενών.

2.6.9 Υπολογισμός βέλτιστου ποσοστού ασφάλτου

Δοκιμάζονται τα δοκίμια, που παρασκευάστηκαν με διάφορα ποσοστά ασφάλτου και υπολογίζονται:

1. Ευστάθεια
2. Υποχώρηση
3. Κενά ασφαλτομίγματος
4. Κενά αδρανών που πληρώθηκαν με άσφαλτο
5. Φαινόμενο ειδικό βάρος ασφαλτομίγματος

Στη συνέχεια σχεδιάζονται διαγράμματα, που έχουν τετμημένα τα διάφορα ποσοστά ασφάλτου και τεταγμένα τα παραπάνω στοιχεία.

Το βέλτιστο ποσοστό ασφάλτου προκύπτει από τα παραπάνω διαγράμματα σαν αριθμητικός μέσος όρος των ποσοστών ασφάλτου, που αντιστοιχούν:

1. Στην μέγιστη ευστάθεια.
2. Στο μέγιστο Φαινόμενο ειδικό βάρος του ασφαλτομίγματος.
3. Στο μέσο όρο των ορίων του ποσοστού των κενών των συμπτυκνωμένων αδρανών που γέμισαν με άσφαλτο όπως προβλέπονται από τις προδιαγραφές.

Πίνακας 2.12: Χαρακτηριστικά δοκιμής Marshall

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Τύπος 1 (πυκνής σύνθεσης)	Τύπος 2 (ανοιχτής)
Συμπύκνωση (αριθμός κτύπων σε κάθε πλευρά του δοκιμίου)	75	75
Ευστάθεια στους 50°C (N)	≥8000	≥6000
Παραμόρφωση δοκιμίου (mm)	2 - 4	2 - 5
Κενά αέρος (% συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος)	3 - 5	5 - 15
Ελάχιστος όγκος αντοχής στην δοκιμη εμβάπτισης - θλίψης	0,8	0,7

2.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ως επί το πλείστον, οι διαδικασίες των ASTM και των EN είναι κοινές. Υπάρχουν όμως διαφοροποιήσεις που επηρεάζουν τα αποτελέσματα. Η ποιοτική αξιολόγηση των διαφορών μπορεί να οδηγήσει σε εκτιμήσεις για πιθανή αύξηση ή μείωση του αποτελέσματος, ωστόσο δεν αρκεί για την ποσοτική εκτίμηση της διαφοράς των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται εργαστηριακά αποτελέσματα, τα οποία η ποιοτική αξιολόγηση θα τεκμηριώσει αιτιολογικά.

Οι περιγραφές και οι οδηγίες των ASTM είναι λεπτομερέστερες και εκτενέστερες. Καλύπτουν πλήρως την πρακτική διαδικασία και σχεδόν όλες τις πιθανές περιπτώσεις. Γι' αυτό λοιπόν, όταν μία διαδικασία σε EN δεν περιγράφεται επαρκώς, συμπληρώνεται στην πράξη με βάση το αντίστοιχο ASTM. Δεν εκτιμάται ότι η πρακτική αυτή θα επηρεάσει τις συγκριτικές δοκιμές στη χώρα μας, όπου όλοι οι φορείς έχουν αντίστοιχη εμπειρία. Δεν είναι όμως γνωστό πώς αντιμετωπίζουν τα εργαστήρια σε άλλες χώρες τα ασαφή σημεία των EN.

Επομένως, σε διεθνή διεργαστηριακά σχήματα μπορεί να υπάρξουν αποκλίσεις.

Παρακάτω παρατίθεται ένας γενικός πίνακας (πίνακας 2.13) με τις εργαστηριακές δοκιμές που έχουν αναφερθεί στο συγκεκριμένο κεφάλαιο με τις ευρωπαϊκά και αμερικάνικα πρότυπα αυτών. Επιπλέον, πραγματοποιείται σύγκριση ορισμένων ευρωπαϊκών προδιαγραφών με τις αντίστοιχες αμερικάνικες.

	ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
ΜΕΙΩΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	EN 932- 2	ASTM C702
ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΤΟΥ ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ		
ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	EN 1426	AASHO T-49
ΔΟΚΙΜΗ ΜΑΛΘΩΣΗΣ	EN 1427	AASHO T-53
ΔΟΚΙΜΗ ΟΔΚΙΜΟΤΗΤΑΣ	EN 13589	AASHO T-51
ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ	EN 22592	AASHO T-48
ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΤΩΝ ΛΑΡΑΝΩΝ		
ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΘΡΥΜΑΤΙΣΜΟ ΚΑΤΑ LOS ANGELES	EN 1097-02	ASTM C131 AASHO T-96
ΔΟΚΙΜΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΣΕ ΕΠΙΤΑΧΥΝΟΜΕΝΗ ΣΤΙΑΒΩΣΗ (PSV)	EN 1097-8	ASTM C70
ΔΟΚΙΜΗ MICRO - DEVAL	EN 1097-1	ASTM D7428 - 08e1 ASTM D6928 - 10
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΛΑΚΟΕΙΔΟΥΣ	EN 933-03	ASTM D 3398
ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΜΜΟΥ	EN 933-08	ASTM D 2419
ΔΟΚΙΜΗ ΜΠΛΕ ΤΟΥ ΜΕΘΥΛΕΝΙΟΥ	EN 933-9	ASTM C1777 - 13
ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΤΟΜΙΓΜΑΤΟΣ		
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	EN 933-1	ASTM C136 ASTM C117 AASHO T-27
ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΠΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ MARSHALL		
ΔΟΚΙΜΗ MARSHALL	EN 12697-34	ASTM D1559 - 65
ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ MARSHALL ΜΕ ΣΦΥΡΙ	EN 12697-30	ASTM D1559
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΤΑ MARSHALL	EN 12697-34	ASTM D1559
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΕΓΙΣΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ	EN 12697-05	ASTM D6925 - 09
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ	EN 12697-6	ASTM D1188 - 07e1
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΕΝΩΝ	EN 12697-8	ASTM D3203 ASTM D3203M - 11

Πίνακας 2.13: Ευρωπαϊκές και Αμερικάνικες προδιαγραφές εργαστηριακών δοκιμών ασφαλτομιγμάτων

2.7.1 Μείωση μεγέθους εργαστηριακού δείγματος

Η ASTM προβλέπει διαχωρισμούς στο 1/2, ενώ η EN προβλέπει και στα 3/4 και στα 5/8. Οι επιπλέον διαχωρισμοί και οι αυστηρά τυποποιημένες διαδικασίες στο EN περιορίζουν στο ελάχιστο παρεμβάσεις του εργαστηριακού τεχνικού και οδηγούν σε κάθε ποσότητα τμήματος δοκιμής, ανεξάρτητα από το αρχικό δείγμα.

Στα ASTM ορίζεται ελάχιστη αλλά όχι μέγιστη ποσότητα τμήματος δοκιμής. Η EN όμως προβλέπει μέγιστο όριο 50% επιπλέον της ελάχιστης. Αρχικά η ASTM φαίνεται πιο σωστή, αφού μεγαλύτερη ποσότητα εξασφαλίζει καλύτερη αντιπροσώπευση του υλικού και ορθότερο αποτέλεσμα. Τα μεγάλα τμήματα δοκιμής όμως πιθανώς να δίνουν στενότερα όρια επαναληψιμότητας. Όρια που δεν θα μπορούν να ικανοποιούν τα μικρότερα τμήματα δοκιμής, τηρουμένης της ελάχιστης απαιτούμενης ποσότητας. Εκτιμάται ότι τα EN περιορίζουν το τμήμα δοκιμής με στόχο όχι τη βέλτιστη ακρίβεια αλλά το σταθερό σφάλμα. Ειδικά σε συγκριτικές μετρήσεις αυτό είναι και το σημαντικότερο.

Οι διαδικασίες μείωσης με μηχανικό διαχωριστή ταυτίζονται. Οι απαιτήσεις του, δίνονται στον πίνακα 2.14 και οι ακολουθούμενες διαδικασίες στον πίνακα 2.15. Στο EN, όταν απαιτείται ελάχιστη ποσότητα τμήματος δοκιμής, εφαρμόζονται οι διαδικασίες A, B, C και D. Η D δεν εφαρμόζεται σε μίγματα λεπτόκοκκων και χονδρόκοκκων αδρανών. Όταν απαιτείται ποσότητα τμήματος δοκιμής με απόκλιση $\pm 15\%$, εφαρμόζονται οι A, B, και C. Όταν απαιτείται τμήμα δοκιμής με πολύ μικρή απόκλιση εφαρμόζεται η E. Επιπλέον, η EN περιγράφει μείωση δείγματος με ταυτόχρονη μείωση του μεγέθους των κόκκων για χημικές δοκιμές σε πολύ λεπτά κλάσματα. Περιγράφει επίσης μεθόδους λήψης περισσοτέρων τμημάτων δοκιμής, που απαιτούνται για παράδειγμα σε ελέγχους επαναληψιμότητας.

Πίνακας 2.14: Διαφορές απαιτήσεων μηχανικού διαχωριστή με ASTM και EN

ASTM C702	EN 932-2
Πλήθος ανοιγμάτων: πάντα άρτιο – τουλάχιστον 8 για χονδρόκοκκα και 12 για λεπτόκοκκα	Πλήθος ανοιγμάτων: πάντα άρτιο – τουλάχιστον 8
Μέγεθος ανοιγμάτων: τουλάχιστον 1,5 φορά το μέγιστο κόκκο για χονδρά και μίγματα χονδρών και λεπτών και 12,5-20,0mm για μικρότερα από 3/4in.	Μέγεθος ανοιγμάτων: τουλάχιστον 2 φορές το μέγιστο κόκκο

Πίνακας 2.15: Διαφορές μείωσης εργαστηριακού δείγματος με ASTM και EN

ASTM C702	EN 932-2
Προτεινόμενες διαδικασίες μείωσης δείγματος	
A: Μηχανικός διαχωριστής B: Τετραμερισμός C: Μικροσκοπικός σωρός – για πολύ υγρά και μικρά δείγματα	A: Περιστροφικός διαχωριστής δείγματος B: Μηχανικός διαχωριστής C: Κλασματικός διαχωριστής D: Τετραμερισμός E: Λήψη τμήματος δοκιμής από σειράδι
Κατηγοριοποίηση ανάλογα με τη φύση και την υγρασία του δείγματος	
<p><u>Λεπτόκοκκα:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Μέθοδος A, αν η υγρασία είναι μικρότερη του κορεσμού • Μέθοδος B ή C, αν η υγρασία είναι μεγαλύτερη του κορεσμού <p><u>Χονδρόκοκκα ή μίγματα λεπτών και χονδρών:</u> A ή B.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Απαγόρευση χρήσης του τετραμερισμού σε μίγματα χονδρόκοκκου και λεπτόκοκκου. • Για προσδιορισμό υγρασίας δεν χρησιμοποιούνται μηχανικοί διαχωριστές. • Αύξηση ή μείωση υγρασίας ώστε το δείγμα να ρέει ελεύθερα.

2.7.2 Κοκκομετρική ανάλυση και παιπάλη

Στο ASTM, χρησιμοποιούνται κόσκινα από συρμάτινο πλέγμα και για χονδρόκοκκα και για λεπτόκοκκα αδρανή. Στο EN, μόνο για τα χονδρόκοκκα χρησιμοποιούνται κόσκινα από διάτρητη πλάκα. Επιπλέον αλλάζει το μέγεθος σπών των κοσκίνων. Η παιπάλη στο EN είναι το διερχόμενο του 0,063mm ενώ στο ASTM του No.200 – 0,075mm.

Το ASTM για αδρανή μεγέθους μεγαλύτερου των 50mm (2in) επιτρέπει κοκκομετρία κατά τμήματα. Για μίγματα χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων περιγράφει τη λήψη δοκιμίου σύμφωνα με το μέγιστο κόκκο αλλά επιτρέπει τη μείωση του διερχόμενου του No 4 ως λεπτόκοκκο, με κατάλληλες αναγωγές. Το EN αναφέρει πως κάποια υλικά τείνουν με ξήρανση να δημιουργούν ισχυρά συσσωματώματα. Γι' αυτά, επιτρέπει να κοσκινιστούν όντας υγρά. Σε δίδυμο δείγμα όμως, προσδιορίζει την υγρασία για διόρθωση των υπολογισμών. Ακόμα, προβλέπει τροποποίηση του τμήματος δοκιμής για ελαφρά ή βαριά αδρανή.

Το EN απαιτεί πάντα ξήρανση. Το ASTM δεν την απαιτεί σε χονδρόκοκκα αδρανή, εκτός εάν έχουν μέγεθος κάτω από 12,5mm (1/2in), υψηλή παιπάλη ή υψηλή απορροφητικότητα. Επίσης το ASTM απαιτεί μεγαλύτερο τμήμα δοκιμής.

Η ASTM C136 δεν κάνει ακριβή προσδιορισμό της παιπάλης. Παραπέμπει γι' αυτό στη C117, χωρίς να υποχρεώνει την εφαρμογή της. Η C117 αναφέρει ότι το νερό είναι επαρκές και μόνο σε ιδιαίτερες περιπτώσεις – π.χ. αδρανή με ισχυρή παρουσία

επικαλύψεων αργίλου – προτείνεται η χρήση παράγοντα διασποράς.

Στο EN όμως, όπου η πλύση μπορεί να παραληφθεί μόνον εφόσον στο αδρανές δεν υπάρχουν συσσωματώματα, προτείνεται 24ωρη παραμονή στο νερό και απλά επιτρέπεται η χρήση παράγοντα διασποράς. Μόνον η ASTM εφαρμόζει έλεγχο της πλύσης, όπου απαιτεί η παιπάλη να είναι πολύ μεγαλύτερη αυτής με ξηρή κοσκίνιση. Προκύπτει λοιπόν ότι οι διαφορές είναι ασήμαντες και ότι το ποσοστό παιπάλης διαφοροποιείται μόνο λόγω της μικρότερης οπής κοσκίνου του EN.

Το ASTM ορίζει πιο μεγάλη ποσότητα επιτρεπτού συγκρατούμενου στα κόσκινα. Σε περίπτωση υπερφόρτωσης προτείνει είτε παρεμβολή επιπλέον κοσκίνου πάνω από αυτό που θα υπερφορτωθεί ή κοκκομέτρηση κατά τμήματα και άθροιση των συγκρατούμενων. Το EN προτείνει επίσης κοκκομέτρηση του συγκρατούμενου κατά τμήματα ή τετραμερισμό διερχόμενου του προηγούμενου κοσκίνου. Το τελευταίο το προτείνει και η ASTM για μίγματα χονδρών και λεπτών, για τα οποία το EN δεν κάνει μνεία. Στον έλεγχο της διαδικασίας κοσκίνισης, όπου συγκρίνονται το άθροισμα των συγκρατούμενων και του υλικού του υποδοχέα με το αρχικό δείγμα, το ASTM θέτει όριο διαφοράς 0,3% ενώ το EN 1%. Από τα ανωτέρω συνάγεται ότι τα διαφορετικά ανοίγματα οπών θα δώσουν διαφορετικά διερχόμενα, ωστόσο η κοκκομετρική καμπύλη δεν αναμένεται να μεταβληθεί. Η επαναληψιμότητα του ASTM δίνεται στον πίνακα 2.16 ενώ του EN στη σχέση 2.17.

Πίνακας 2.16: Επαναληψιμότητα ASTM για λεπτόκοκκα αδρανή

% Διερχόμενο (Δ)	Επαναληψιμότητα	% Διερχόμενο (Δ)	Επαναληψιμότητα
$95 \leq \Delta < 100$	0,7	$10 \leq \Delta < 15$	1,0
$60 \leq \Delta < 95$	1,6	$2 \leq \Delta < 10$	1,1
$20 \leq \Delta < 60$	2,4	$0 \leq \Delta < 2$	0,4
$15 \leq \Delta < 20$	1,5		

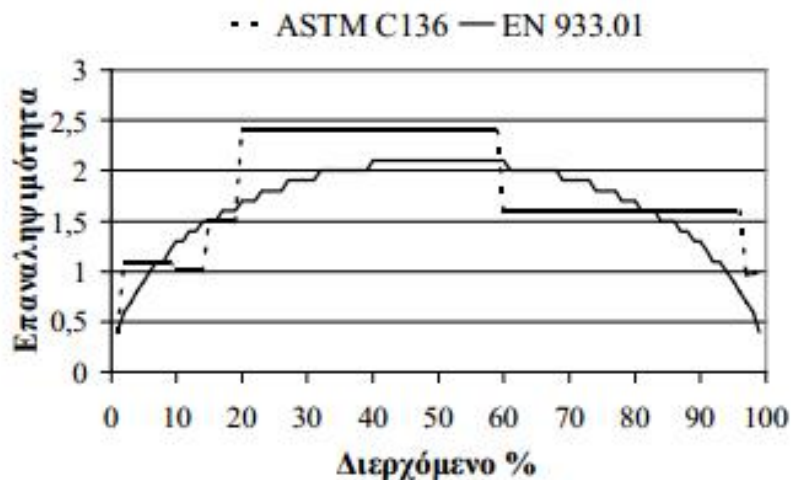
$$r_1 = 0,042 \sqrt{X(100 - X)} \quad (\text{Σχέση 2.17})$$

όπου X: το διερχόμενο

Ίσως η EN να έδινε μικρότερη ακρίβεια λόγω του μικρότερου τμήματος δοκιμής, ωστόσο αυτό αντισταθμίζεται με τη μείωση του επιτρεπτού συγκρατούμενου. Τιμές διερχομένων από 1 έως 99 % εισάγονται στη σχέση 2.17 και οι τιμές επαναληψιμότητας συγκρίνονται με αυτές της ASTM – σχήμα 2.9. Πράγματι ο

στατιστικός έλεγχος δεν δείχνει σημαντική διαφορά στην επαναληψιμότητα.

Σχήμα 2.9:
Διαγράμματα
επαναληψιμότητας
κοκκομετρίας



2.7.3 Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles

Ο εξοπλισμός είναι ίδιος και αλλάζει μόνο το κόσκινο για τον προσδιορισμό της απώλειας: στο ASTM είναι το No.12 (1,70mm) ενώ στο EN το 1,6mm. Οι διαστάσεις του κάδου και του φορτίου δίνονται στον πίνακα 2.17.

Πίνακας 2.17: Ανοχές διαστάσεων κάδου και σφαιρών για τη δοκιμή Los Angeles

Εξάρτημα (mm)	ASTM C131	EN 1097-2
Πάχος κάδου (mm)	≈ 12,4	11,5 – 13,0
Εσωτερική διάμετρος κάδου (mm)	706 – 716	706 – 716
Εσωτερικό μήκος κάδου (mm)	503 – 513	503 – 513
Κλίση περιστροφής κάδου (mm)	≤ 1/100	-
Ύψος ανοίγματος κάδου (mm)	-	147 – 153
Πλάτος / πάχος καλύμματος (mm)	≈ 190,5 / ≈ 6,35	- / -
Μήκος πτερυγίου (mm)	= μήκος κάδου	= μήκος κάδου
Πλάτος / πάχος πτερυγίου (mm)	87 – 91 / ≈ 25,4	88 – 92 / 24 -26
Απόσταση πτερυγίου από άνοιγμα – μεγάλη (mm)	≥1270	-
Απόσταση πτερυγίου από άνοιγμα – μικρή (mm)	-	380 – 820
Συχνότητα περιστροφής κάδου (rpm)	30 – 33	31 – 33
Μάζα (g) / διάμετρος (mm) σφαίρας	390 – 445 / ≈ 46,8	400 – 445 / 45 - 49

Οι δύο μέθοδοι αφορούν σε χονδρόκοκκα αδρανή. Η EN απαιτεί το εργαστηριακό δείγμα να περιέχει τουλάχιστον 15kg από το κλάσμα που συμμετέχει στη δοκιμή. Η ASTM προδιαγράφει 4 διαβαθμίσεις και επιλέγεται εκείνη που

αντιπροσωπεύει καλύτερα το υλικό – κατά κανόνα, η B: 9,5mm (3/8”) – 19,0mm (3/4”) με φορτίο 11 σφαιρών συνολικής μάζας 4584 ± 25gr. Η EN περιγράφει μόνο μία διαβάθμιση: 10 – 14mm με φορτίο 11 σφαιρών συνολικής μάζας 4690 – 4860gr. Μόνο σε πληροφοριακό παράρτημα αναφέρονται εναλλακτικές. Οι διαδικασίες προετοιμασίας του δείγματος παρατίθενται στον πίνακα 2.18.

Πίνακας 2.18: Προετοιμασία τμήματος δοκιμής για Los Angeles με ASTM και EN

ASTM C131	EN 1097-2
1. Μείωση εργαστηριακού δείγματος 2. Πλύση / ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας 3. Διαχωρισμός κλασμάτων που συμμετέχουν στη δοκιμή 4. Ανάμιξη των κλασμάτων στις απαιτούμενες ποσότητες	1. Διαχωρισμός στα δύο κλάσματα 2. Πλύση στο μικρότερο κόσκινο και ξήρανση μέχρι σταθερής μάζας 3. Ανάμιξη των κλασμάτων στις απαιτούμενες αναλογίες 4. Μείωση ώστε να προκύψουν 5000 ± 5 gr

Αν το υλικό που εξέρχεται από τον κάδο δεν περιέχει σημαντικά ποσά σκόνης, το ASTM επιτρέπει την παράλειψη της πλύσης. Λόγω της αύξησης του φορτίου και της μείωσης του κλάσματος αναμένεται η EN να δώσει μεγαλύτερες απώλειες. Η αλλαγή του κοσκίνου θεωρείται αμελητέα. Για την ASTM η επαναληψιμότητα είναι 5,7% ενώ για την EN είναι 6% του μέσου όρου δύο αποτελεσμάτων.

2.7.4 Ισοδύναμο άμμου

Οι διαφορές στο διάλυμα δίνονται στον πίνακα 2.19. Καθώς η HCHO είναι λίγη και το CaCl₂ ως στερεό δεν επηρεάζει τον όγκο, προκύπτει διάλυμα γλυκερίνης. Λιγότερη γλυκερίνη στο EN οδηγεί σε μικρότερη η πυκνότητα και σε λιγότερους αιωρούμενους κόκκους. Συνεπώς μειώνεται το ύψος αργίλου και αυξάνεται το ισοδύναμο άμμου. Οι διαφορές του εξοπλισμού δίνονται στον πίνακα 2.19.

Πίνακας 2.19: Διαφορές διαλυμάτων ισοδυνάμου άμμου με ASTM και EN

Πρότυπο	ASTM D2419	EN 933-8
Αναλογίες: Χλωριούχο ασβέστιο – CaCl ₂ :	2,70 g/l	2,78 g/l
Φορμαλδεΐδη – HCHO:	0,28 g/l	0,31 g/l
Γλυκερίνη:	12,20 g/l	8,00 g/l
Θερμοκρασία διαλύματος	22 ± 3°C	22 ± 3°C
Χρήση εναλλακτικών συντηρητικών	Γλουταραλδεΐδη	Δεν προβλέπονται
Διάρκεια ζωής χρησιμοποιούμενου διαλύματος	14 ημέρες	28 ημέρες

Πίνακας 2.20: Ανοχές διαστάσεων εξοπλισμού ισοδυνάμου άμμου

Πρότυπο	ASTM D2419	EN 933-8
Ογκομετρικός κύλινδρος		
Ολικό ύψος (mm)	≈ 431,80	429,75 - 430,25
Ύψος πρώτης χαραγής (mm)	99,00 - 105,00	99,75 - 100,25
Ύψος διαβάθμισης – δεύτερης χαραγής (mm)	380,24 - 381,76	379,75 - 380,25
Εσωτερική διάμετρος (mm)	≈ 31,75	31,95 – 32,05
Εξωτερική διάμετρος (mm)	≈ 38,10	34,95 – 35,05
Μεταλλικό σιφόνι		
Μήκος / εξωτερική διάμετρος (mm)	≈ 508 / ≈ 6,35	≈ 500 / 5,95 – 6,05
Στέλεχος με βάρος		
Μήκος (mm)	≈ 420	419,75 – 420,25
Διάμετρος (mm)	≈ 6,35	≈ 6,00
Βάρος (gr)	995 - 1005	990 – 1010
Μηχανικός αναδευτήρας		
Βήμα κίνησης (mm)	202,2 – 204,2	190 – 210
Συχνότητα (cpm)	173 - 177	177 – 183
Κυλινδρική κάψα		
Εσωτερική διάμετρος (mm) / Όγκος (ml)	≈ 57 / 80 -90	Δεν προβλέπεται

Η ASTM γίνεται στο διερχόμενο του 4,75 mm (No 4) σε ένα δοκίμιο. Η EN γίνεται σε δύο δοκίμια στο 0/2 ενώ σε κανονιστικό παράρτημα περιγράφεται διαδικασία για το 0/4⁸. Στην ASTM περιγράφεται μείωση και κοσκίνιση του δείγματος στο 4,75mm (No 4) προς περίπου 1500gr. Εξ αυτών λαμβάνεται τμήμα δοκιμής, όγκου όσο η κάψα. Στην EN το τμήμα δοκιμής λαμβάνεται με διαδικασίες μείωσης και έχει υγρασία μικρότερη του 2% για το 0/2 και του 8% για το 0/4, αλλά όχι μηδενική. Το τμήμα δοκιμής m δίνεται από τη σχέση 2.18

$$m = [120 \times (100 - w)] / 100 \quad (\text{Σχέση 2.18})$$

όπου **w**: το ποσοστό της υγρασίας

Η ανάγνωση των σταθμών γίνεται στην ASTM από τη διαβάθμιση του κυλίνδρου και στην EN με χάρακα. Η μηχανική ανάδευση της ASTM διαρκεί 45 ± 1sec και της EN 30 ± 1sec. Στην EN, η αύξηση της συχνότητας οδηγεί σε μεγαλύτερη αποκόλληση των λεπτών, που όμως εξισορροπείται από το μειωμένο χρόνο. Η αφαίρεση του κλάσματος 2/4 στην EN επιφέρει μείωση των κόκκων άμμου, αύξηση

της αναλογίας λεπτών και άρα μείωση του ισοδυνάμου άμμου. Για το 0/4 όμως αναμένεται μικρή μεταβολή μόνο λόγω της πυκνότητας του διαλύματος.

Στην ASTM το αποτέλεσμα στρογγυλοποιείται στον αμέσως επόμενο ακέραιο για το μέσο όρο 3 δοκιμίων, στρογγυλοποιούνται ομοίως κάθε αποτέλεσμα και ο μέσος όρος τους. Στην EN τα δύο αποτελέσματα αποδίδονται με ένα δεκαδικό και ο μέσος όρος τους στρογγυλοποιείται στον πλησιέστερο ακέραιο. Στην ASTM, η επαναληψιμότητα είναι 4,2 για τιμές άνω του 80 και 8,2 για κάτω του 80. Στην EN αναφέρεται μόνο ότι η δοκιμή επαναλαμβάνεται αν δύο αποτελέσματα διαφέρουν περισσότερο από 4. Εμμέσως, η επαναληψιμότητα της EN είναι ίση σχεδόν με της ASTM για τιμές πάνω από 80 και περίπου η μισή για κάτω από 80.

3. ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ - ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως αντικείμενο να περιγράψει τις ασφαλτικές εργασίες που εκτελούνται για την κατασκευή οδοστρωμάτων στους σύγχρονους αυτοκινητόδρομους σύμφωνα με τις δοκιμές που απαιτούνται, οι οποίες αναφέρονται στο προηγούμενο κεφάλαιο για τις εργασίες διάστρωσης της ασφάλτου.

Ο *αυτοκινητόδρομος* είναι δρόμος ειδικής κατηγορίας σχεδιασμένος έτσι ώστε να διακινεί τον μεγαλύτερο φόρτο της οδικής κυκλοφορίας οχημάτων συνήθως μεταξύ πόλεων και να επιτρέπει την οδήγηση με σταθερά υψηλή ταχύτητα. Το κύριο χαρακτηριστικό του, που τον διακρίνει από άλλα είδη δρόμων (εθνική ή επαρχιακή οδό), είναι η έλλειψη ισόπεδων διασταυρώσεων. Ο αυτοκινητόδρομος είναι κλειστός, συνήθως και με κιγκλιδώματα στα πλάγια, και η διασταύρωση με άλλους δρόμους όπως και η είσοδος και έξοδος οχημάτων από αυτόν γίνεται μόνο μέσω ανισόπεδων διασταυρώσεων (κόμβων/εξόδων), οι οποίες για τη διευκόλυνση των οδηγών είναι αριθμημένες. Πριν από κάθε έξοδο υπάρχει συνήθως μια χωριστή λωρίδα επιβράδυνσης για τα οχήματα που σκοπεύουν να εξέλθουν από τον αυτοκινητόδρομο και αντίστοιχα αμέσως μετά την είσοδο μια λωρίδα επιτάχυνσης για τα νεοεισελθόντα οχήματα. Επειδή δεν έχει ισόπεδες διασταυρώσεις, ο αυτοκινητόδρομος δεν έχει και φωτεινούς σηματοδότες.

Οι αυτοκινητόδρομοι είναι οδικές αρτηρίες διπλής κατεύθυνσης με δύο (τετράιχνοι), τρεις (εξάιχνοι) ή και περισσότερες λωρίδες κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση, διαχωριστικό κράσπεδο μεταξύ των αντίθετων ρευμάτων και μία βοηθητική λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση. Η Ιταλία ήταν η πρώτη χώρα στον κόσμο που άρχισε να κατασκευάζει αυτοκινητόδρομους, δηλαδή δρόμους ταχείας κυκλοφορίας μόνο για αυτοκίνητα. Μερικοί από τους πιο σύγχρονους αυτοκινητόδρομους στην Ελλάδα είναι : η Αττική Οδός, η Ολύμπια οδός, και η Εγνατία Οδός.

Εικόνα 3.1:

Αυτοκινητόδρομος
δύο λωρίδων ανά
κατεύθυνση με
διαχωριστική
νησίδα



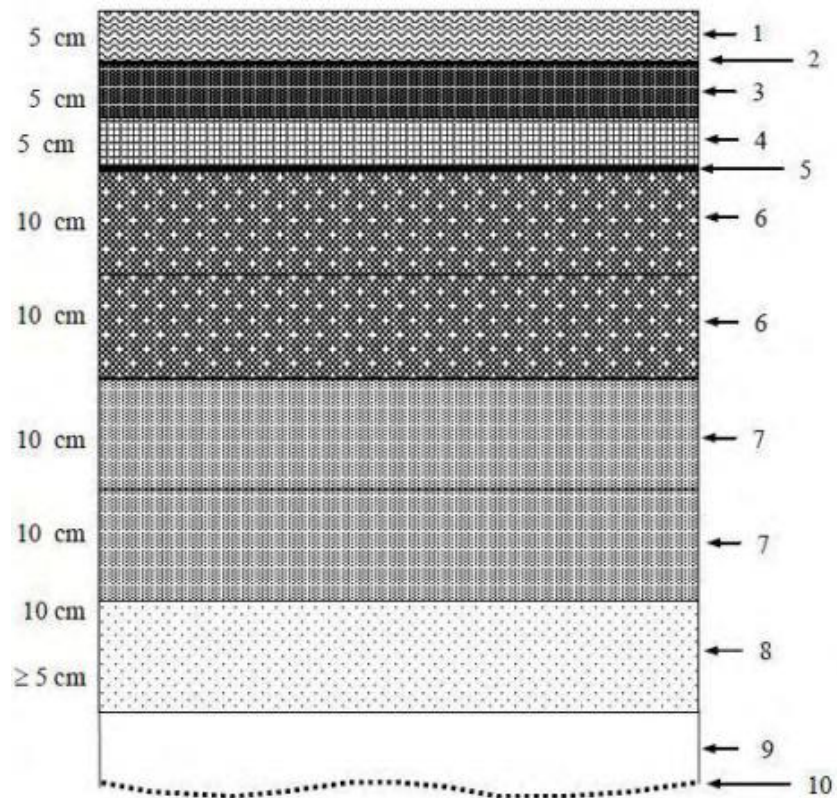
3.1 ΟΔΟΣΤΡΩΜΑ

3.1.1 Δομή του οδοστρώματος

Με τον όρο οδόστρωμα εννοούμε το σύνολο των στρώσεων πάνω από το φυσικό έδαφος. Ο ρόλος του οδοστρώματος είναι η εξασφάλιση της απαιτούμενης ποιότητας κύλισης των οχημάτων για όλο το χρονικό διάστημα της λειτουργίας του. Για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να εξασφαλίζεται:

- Η μετάδοση στο έδαφος των φορτίων των κυκλοφορούντων οχημάτων ελαττωμένων σε τέτοιο βαθμό, που να αποτρέπονται ανεπίτρεπτες σε μέγεθος μόνιμες παραμορφώσεις.
- Η δομική επάρκεια του ίδιου του οδοστρώματος στις επαναλαμβανόμενες επιπονήσεις της κυκλοφορίας και του περιβάλλοντος, δηλαδή αποφυγή ρηγματώσεων, παραμορφώσεων και αποφλοιώσεων.
- Η προστασία του εδάφους θεμελίωσης του οδοστρώματος από τις επιδράσεις του περιβάλλοντος (κλιματολογικές συνθήκες), οι οποίες θα προκαλέσουν απώλεια φέρουσας ικανότητας και μόνιμες παραμορφώσεις.
- Η διατήρηση ενός ελάχιστου επιτρεπόμενου επιπέδου αντιολισθητικών χαρακτηριστικών της στρώσεως κύλισης.

Δομικά ένα οδόστρωμα αποτελείται από τη στρώση έδρασης, τη στρώση υπόβασης, τη στρώση βάσης και τις ασφαλτικές στρώσεις. Η στρώση έδρασης είναι μία στρώση πάχους 50-70cm επιλεγμένου εδαφικού υλικού ή μεταφερόμενου αμμοχάλικου και μία ή δύο στρώσεις από σταθεροποιημένο εδαφικό υλικό συνολικού πάχους 40-60cm. Οι στρώσεις της βάσης και της υπόβασης αποτελούνται από φυσικό ή θραυστό αμμοχάλικο και το πάχος τους διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία του οδοστρώματος. Σε περιπτώσεις που υπάρχει μέτρια κυκλοφορία, μεγάλη φέρουσα ικανότητα της στρώσης έδρασης και η στρώση βάσης κατασκευαστεί με μεγάλο πάχος, η υπόβαση μπορεί να παραληφθεί. Οι ασφαλτικές στρώσεις, με συνολικό πάχος που κυμαίνεται ανάλογα με την κυκλοφορία από 4 έως 35cm, αποτελούνται από τη στρώση κύλισης και τη συνδετική στρώση. Η στρώση κύλισης εξασφαλίζει τα απαιτούμενα αντιολισθητικά χαρακτηριστικά και την απαιτούμενη ομαλότητα, ασφάλεια και άνεση στην κυκλοφορία του δρόμου. Η συνδετική στρώση αποτελεί μαζί με την υποκείμενη ασφαλτική βάση τις κυρίως φέρουσες ασφαλτικές στρώσεις.



Εικόνα 3.2:
Τυπική διατομή
εύκαμπτου
οδοστρώματος.

1. Αντιολισθηρή στρώση κυκλοφορίας πάχους 5 εκ.
2. Ασφαλτική συγκολλητική επάλειψη.
3. Ασφαλτική συνδετική στρώση (ισοπεδωτική) πάχους 5 εκ.
4. Ασφαλτική στρώση βάσης πάχους 5 εκ.
5. Ασφαλτική προεπάλειψη ανασφάλτωσης βάσης.
6. Βάση από θραυστό υλικό λατομείου συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
7. Βάση από θραυστό υλικό λατομείου συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
8. Στραγγιστική στρώση συμπιεσμένου πάχους 10 εκ.
9. Ισοπεδωτική στρώση υπόβασης από φυσικό ή θραυστό αμμογάλλιο.
10. Στάθμη χωματουργικών εργασιών.

3.1.2 Κατηγορίες οδοστρωμάτων

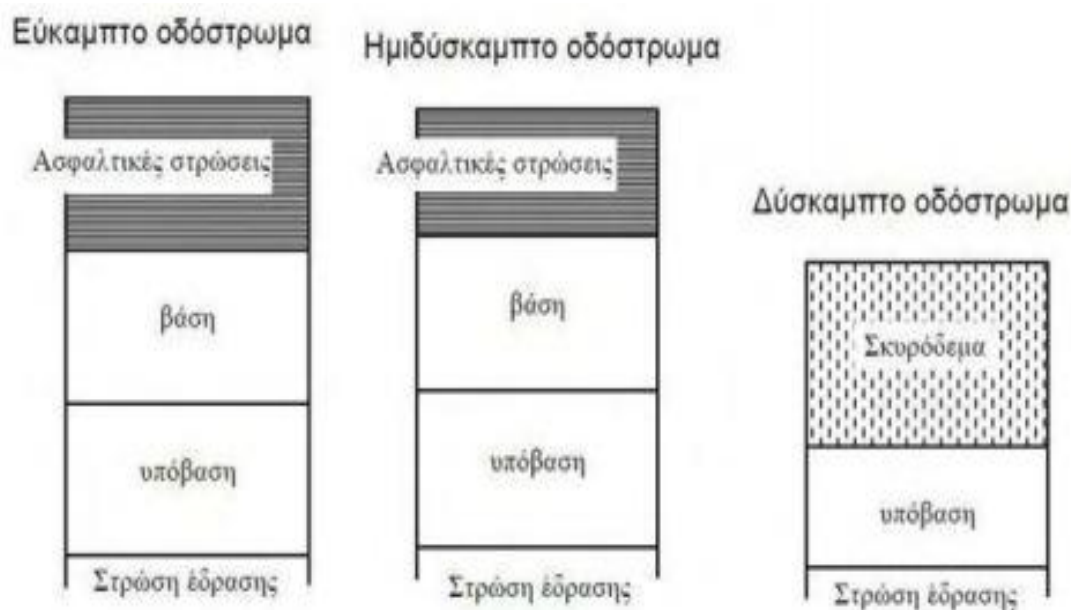
Τα οδοστρώματα διακρίνονται ανάλογα με την ελαστικότητά τους σε εύκαμπτα, ημιεύκαμπτα και δύσκαμπτα.

Εύκαμπτα οδοστρώματα θεωρούνται συνήθως τα ασφαλτικά, τα κυκλοφοριόπηκτα, τα οδοστρώματα με απλή σταθεροποίηση του εδάφους και τα σκυρωτά. Τα οδοστρώματα αυτού του τύπου αποτελούνται κατά κανόνα από την

επιφανειακή στρώση, τη βάση και την υπόβαση. Η βάση που αποτελείται από καλώς διαβαθμισμένο θραυστό αμμοχάλικο, καταπονείται σε κόπωση και το πάχος της κυμαίνεται από 10 έως 30cm (ΕΛΟΤ /EN 13242). Η υπόβαση αποτελείται από καλώς διαβαθμισμένο αμμοχάλικο πάχους 10 έως 30cm.

Στα **ημιεύκαμπα** οδοστρώματα η στρώση βάσης αποτελείται από σταθεροποιημένο, κατεργασμένο αμμοχάλικο πάχους 15 έως 35cm (ΕΛΟΤ/EN 14227-1, 2 και 3). Η υπόβαση στα ημιεύκαμπα οδοστρώματα μεγάλης κυκλοφορίας αποτελείται από σταθεροποιημένο, κατεργασμένο αμμοχάλικο πάχους 15 έως 25cm.

Στα **δύσκαμπα** οδοστρώματα θεωρούνται κυρίως τα λιθόστρωτα και τα οδοστρώματα από σκυρόδεμα. Στα οδοστρώματα αυτά υπάρχει το έδαφος εδράσεως, μία στρώση βάσης και η στρώση από σκυρόδεμα. Στα δύσκαμπα οδοστρώματα, όπου ο φορέας παραλαμβάνει τις περισσότερες από τις εισαγόμενες τάσεις από την κυκλοφορία, ο ρόλος της βάσεως είναι κυρίως να αυξήσει τις τριβές της πλάκας κατά τις διαστολές και συστολές της και να εμποδίσει τα τριχοειδή. Γι' αυτούς τους λόγους συνιστάται το υλικό βάσεως να είναι απαλλαγμένο από συνδετική ύλη και να διαστρώνεται σε πάχος 30cm ανεξάρτητα από το είδος του εδάφους.



Εικόνα 3.3:
Ταξινόμηση οδοστρωμάτων ανάλογα με την ελαστικότητά τους.

3.1.3 Στρώσεις - θεμελιώσεις οδοστρώματος

Η **βάση/υπόβαση** είναι η στρώση από ασύνδετα διαβαθμισμένα αδρανή υλικά (μερικές φορές τα υλικά είναι σταθεροποιημένα - κατεργασμένα με τσιμέντο) που μπορεί να αποτελείται από δύο στρώσεις: τη βάση και την υπόβαση. Σκοπός της είναι να μειώσει περαιτέρω τα κατακόρυφα φορτία της κυκλοφορίας που μεταβιβάζονται

στο υπέδαφος. Προσφέρει μια καλή επιφάνεια για τη διάστρωση και συμπύκνωση της ασφαλτικής βάσης. Κατά την κατασκευή, προσφέρει επίσης καλή επιφάνεια για την κυκλοφορία των μηχανημάτων οδοποιίας. Έμμεσα λειτουργεί επίσης ως αντιπαγετική στρώση.



Εικόνα 3.4:
Οδόστρωμα
– βάση,
υπόβαση

Η **εξυγιαντική στρώση** έχει σκοπό τη βελτίωση της φέρουσας ικανότητας του ασθενούς υπεδάφους και την προστασία αυτού από καταστροφή κατά τη διάρκεια της κατασκευής αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του οδοστρώματος. Κατασκευάζεται από σχετικά φθηνά κατάλληλα αδρανή υλικά ή από σταθεροποιημένα επί του έργου κοκκώδη ή λεπτόκοκκα συνεκτικά εδαφικά υλικά (εξυγίανση εδάφους). Κατασκευάζεται μεταξύ του φυσικού εδάφους και της βάσης/υπόβασης, σαν υποκατάστατο του φυσικού εδάφους (δηλ. έστω απαιτούνται 600mm εξυγιαντικής στρώσης, 600mm φυσικού εδάφους αντικαθίστανται με καλύτερης ποιότητας υλικό ή εξυγιαίνονται με τσιμέντο ή υδράσβεστο).

Οι στρώσεις της υπόβασης και της βάσης αντιμετωπίζονται σαν μία στρώση ασύνδετου υλικού. Για πρακτικούς λόγους, το πάχος της στρώσης από ασύνδετα αδρανή επιλέχθηκε να έχει τρεις διακεκριμένες τιμές: 400mm, 300mm και 200mm. Επομένως, ο μελετητής πρέπει να επιλέξει ένα από τα τρία προτεινόμενα πάχη για να προχωρήσει στη διαστασιολόγηση των ασφαλτικών στρώσεων. Ωστόσο, το πάχος της βάσης/υπόβασης και ο καθορισμός απαίτησης εξυγιαντικής στρώσης συνδέεται άμεσα με το είδος του υπεδάφους.

Υπέδαφος: Η αντοχή του υπεδάφους είναι ουσιαστικής σημασίας στη διαστασιολόγηση του οδοστρώματος. Ασθενές υπέδαφος απαιτεί μεγαλύτερο πάχος υπερκείμενων στρώσεων, σε σύγκριση με υψηλής αντοχής υπέδαφος για να παραλάβει τα αναπτυσσόμενα από την κυκλοφορία φορτία. Η αντοχή του υπεδάφους στη μεθοδολογία αυτή καθορίζεται με βάση τον Καλιφορνιακό δείκτη (CBR).

Το CBR πρέπει να ελέγχεται εργαστηριακά σύμφωνα με την προδιαγραφή E 105-86, αλλά μετά από τετραήμερο υδρεμποτισμό, και σε όλες τις περιπτώσεις σαν αντιπροσωπευτική τιμή CBR για τη διαστασιολόγηση πρέπει να λαμβάνεται αυτή που αντιστοιχεί στο 90% της μέγιστης ξηρής πυκνότητας που καθορίζεται από την τροποποιημένη μέθοδο Proctor.

3.2 ΑΣΦΑΛΤΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΤΥΠΟΥ

3.2.1 Ορισμοί

α. Ασφαλικό σκυρόδεμα είναι το μίγμα ασφάλτου και αδρανών συνεχούς κοκκομετρικής διαβάθμισης. Τα αδρανή σχηματίζουν μία αλληλοσυνδεδεμένη δομή, η οποία έχει τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην αντοχή του μίγματος σε ευστάθεια κατά τη φόρτιση.

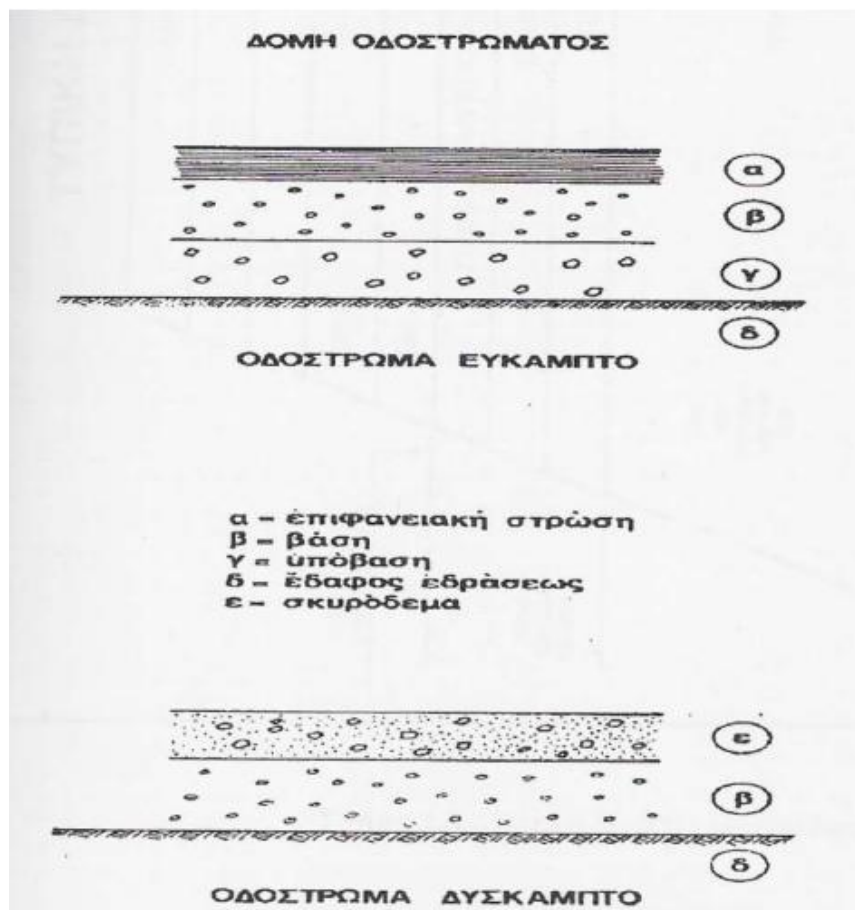
Το ασφαλικό σκυρόδεμα χαρακτηρίζεται εν συντομία από τα γράμματα ΑΣ και έναν αριθμό που δηλώνει το κόσκινο διέλευσης των αδρανών, π.χ. ΑΣ 12 δηλώνει ασφαλικό σκυρόδεμα με αδρανή συγκρατούμενα έως και 10% κατά βάρος από κόσκινο βροχίδας 12mm. Κατά τον ίδιο τρόπο καθορίζεται και το ονομαστικό μέγεθος του χονδρόκοκκου και λεπτόκοκκου αδρανούς. Στην περίπτωση του λεπτόκοκκου αδρανούς το συγκρατούμενο ποσοστό στο κόσκινο αναφοράς ανέρχεται έως και στο 15%.

β. Επιφανειακή στρώση (τάπητας κυκλοφορίας) είναι η ανώτατη ασφαλική στρώση του οδοστρώματος. Κύριος σκοπός του είναι να παρέχει επίπεδη και αντιολισθηρή επιφάνεια κύλισης. Η αντιολισθηρή του ικανότητα μπορεί να προέλθει από την κοκκομετρική διαβάθμιση την σκληρότητα και την ανθεκτικότητα των αδρανών υλικών του ασφαλομίγματος από το οποίο κατασκευάζεται, ή από ειδική αντιολισθηρή στρώση η οποία διαστρώνεται πάνω σ' αυτόν. Επιπροσθέτως, ο τάπητας κυκλοφορίας δεν πρέπει να παραμορφώνεται υπό την επίδραση της κυκλοφορίας και πρέπει να είναι ανθεκτική στη ρηγμάτωση. Είναι επιθυμητό να συμβάλλει στην αντοχή του οδοστρώματος καθώς και να είναι αδιαπέρατος από το νερό και να περιορίζει το θόρυβο της κυκλοφορίας. Αν δεν συνυπάρχουν οι πρώτες δύο ιδιότητες, που αναφέρονται στην προηγούμενη πρόταση, θα πρέπει αυτές να παρέχονται από τις υποκείμενες ασφαλικές στρώσεις.

γ. Συνδετική στρώση παρέχει την ομαλή επιφάνεια πάνω στην οποία εδράζεται ο τάπητας κυκλοφορίας. Μαζί με την υποκείμενη ασφαλική στρώση συμβάλλει στην αντοχή του οδοστρώματος και αποτελεί την κύρια δομική στρώση του εύκαμπτου οδοστρώματος. Αν ο τάπητας κυκλοφορίας είναι διαπερατός από το νερό, η συνδετική στρώση πρέπει να είναι οπωσδήποτε από ασφαλομίγμα πυκνής κοκκομετρικής διαβάθμισης (ασφαλομίγμα κλειστού τύπου). Επιπροσθέτως, η συνδετική στρώση δεν πρέπει να παραμορφώνεται εύκολα υπό την επίδραση της κυκλοφορίας, πρέπει να είναι ανθεκτική στη ρηγμάτωση και να έχει καλή συμπεριφορά σε κόπωση.

δ. Ισοπεδωτική (εξομαλυντική) στρώση είναι η ασφαλική στρώση μεταβλητού πάχους που διαστρώνεται πάνω σε υφιστάμενη παλαιά επιφάνεια οδοστρώματος για την επίτευξη της απαιτούμενης επίκλησης του οδοστρώματος, ή την εξάλειψη επιφανειακών ανωμαλιών. Επί της ισοπεδωτικής στρώσης διαστρώνονται οι προβλεπόμενες επικείμενες στρώσεις.

ε. Η ασφαλική βάση μαζί με τη συνδετική στρώση είναι η **βασική δομική ασφαλική στρώση** του εύκαμπτου οδοστρώματος που κατανέμει την εφαρμοζόμενη φόρτιση της κυκλοφορίας, ώστε να μην υπερφορτίζονται οι υποκείμενες στρώσεις. Θα πρέπει να παραλαμβάνει τις τάσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό αυτής. Είναι η στρώση με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική ακαμψία του οδοστρώματος και στην αντίστασή του σε κόπωση. Λόγω του ασφαλικού υλικού που περιέχει και του μεγαλύτερου πάχους σε σχέση με τις άλλες ασφαλικές στρώσεις συμβάλλει ουσιαστικά στη συμπεριφορά του οδοστρώματος σε παραμένουσα παραμόρφωση. Είναι επομένως απαραίτητο η ασφαλική βάση να έχει καλό δυναμικό και στατικό μέτρο δυσκαμψίας καθώς και καλή συμπεριφορά σε κόπωση.



Εικόνα 3.5:
Δομή
οδοστρωμάτων

3.2.2 Κριτήρια αποδοχής ενσωματωμένων υλικών

Συνδετικό υλικό

Το συνδετικό υλικό του ασφαλτικού σκυροδέματος για όλες τις στρώσεις, είναι κοινή άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 20/30, 35/50, 50/70 ή 70/100, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πρότυπου EN 12591: 1999 «Bitumen and bituminous binders - Specifications for paving grade bitumens - Ασφαλτικά και συνδετικά ασφαλτικών - Προδιαγραφές για ασφάλτους οδοστρωσίας». Πίνακας 3.1.

Ο τύπος που θα χρησιμοποιηθεί θα καθορίζεται από τον μελετητή, ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής του έργου και τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας. Σε περιπτώσεις αξιοποίησης ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και άσφαλτος 100/150. Για την κατασκευή της επιφανειακής στρώσης, της συνδετικής στρώσης και της ασφαλτικής βάσης χρησιμοποιείται κοινή άσφαλτος οδοστρωσίας τύπου 35/50 ή 50/70 ή 70/100. Άσφαλτος 20/30 χρησιμοποιείται μόνον σε ειδικές περιπτώσεις κατά την κρίση του μελετητή (σκληρή άσφαλτος).

Το συνδετικό υλικό των μιγμάτων που προορίζονται για την συντήρηση ή και ενίσχυση παλαιών οδοστρωμάτων (αποκατάσταση της επιφανειακής στρώσης κλπ), ιδιαίτερα σε αυτοκινητοδρόμους ή δρόμους με υψηλή κυκλοφορία, μπορεί να είναι και τροποποιημένη άσφαλτος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πρότυπου EN 14025 «Bitumen and bituminous binders - framework specification for polymer modified bitumens - Άσφαλτος και ασφαλτικά συνδετικά. Προδιαγραφή - πλαίσιο για άσφαλτο τροποποιημένη με πολυμερές», Πίνακας 3.1 ή Πίνακα 3.4, ανάλογα με τον τύπο του πολυμερούς που χρησιμοποιείται. Η τροποποιημένη άσφαλτος (άσφαλτος και πολυμερές) συντίθεται σε κατάλληλες μονάδες πριν από την ανάμιξή της με τα αδρανή.

Για τη χρήση της τροποποιημένης ασφάλτου θα συντάσσεται ειδική μελέτη, στην οποία θα περιέχονται, πλην της μελέτης σύνθεσης του ασφαλτομίγματος, και αποδεικτικά στοιχεία περί της αποτελεσματικότητας και των βελτιώσεων που επέρχονται από τη χρήση της συγκεκριμένης τροποποιημένης ασφάλτου έναντι της κοινής ασφάλτου οδοστρωσίας, με βάση τις εργαστηριακές δοκιμές που προδιαγράφονται από την σειρά των προτύπων EN 12697 «Bituminous mixtures - Tests methods for hot mix asphalt - Ασφαλτομίγματα. Μέθοδοι δοκιμών ασφαλτικών θερμής ανάμιξης».

Σε ασφαλτομίγματα για επιφανειακές στρώσεις, όταν χρησιμοποιείται περισσότερο από 10%, κατά βάρος, ανακυκλωμένο ασφαλτομίγμα με κοινή άσφαλτο οδοστρωσίας και η άσφαλτος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι επίσης κοινή άσφαλτος οδοστρωσίας, θα πρέπει να επιλέγεται τύπος ασφάλτου τέτοιος ώστε η προκύπτουσα τιμή της εισδυτικότητας ή του σημείου μάλθωσης να είναι σύμφωνη με

τις απαιτήσεις της κοινής ασφάλτου που αρχικά ήθελε επιλεγθεί άνευ της προσθήκης ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος.

Σε ασφαλτομίγματα για συνδετικές στρώσεις, ισοπεδωτική και ασφαλική βάση, τα ανωτέρω ισχύουν για ποσοστό εμπεριεχομένου ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος περισσότερο από 20%.

Για ποσοστά μικρότερα από τα ανωτέρω εμπεριεχομένου ανακυκλωμένου ασφαλτομίγματος δεν απαιτείται ο προσδιορισμός της προκύπτουσας εισδυτικότητας ή σημείου μάλθωσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί η άσφαλτος που χρησιμοποιείται και άνευ εξ ανακυκλώσεως υλικού.

Αδρανή υλικά

Τα αδρανή υλικά (χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα) πρέπει να είναι καθαρά, ομοιόμορφης ποιότητας, συμπαγή, απαλλαγμένα από αποσαθρωμένα τεμάχια, σβώλους αργίλου, αργιλούχες επικαλύψεις και γενικά οποιασδήποτε φύσης περιβλήματα.

Χονδρόκοκκα αδρανή υλικά

Το χονδρόκοκκο αδρανές (υλικό συγκρατούμενο στο κόσκινο 2mm) θα είναι λατομικής προέλευσης ή από φυσικά αμμοχάλικα ή σκωρίες κατάλληλης σκληρότητας και ανθεκτικότητας και θα παράγεται με πολλαπλή θραύση. Το χονδρόκοκκο αδρανές για την ασφαλική βάση, τη συνδετική στρώση, την ισοπεδωτική στρώση ή την επιφανειακή στρώση, όπου αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να πληροί και τις παρακάτω απαιτήσεις:

α) Η φθορά κατά τη δοκιμή θρυμματισμού από τριβή και κρούση κατά Los Angeles σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097 - 2: 1998 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 2: Μέθοδοι προσδιορισμού της αντίστασης σε απότριψη»: άρθρο 5, πρέπει να είναι: $\leq 40\%$, για υπεραστικούς ή αστικούς δρόμους στο Επαρχιακό, ή Νομαρχιακό, ή Εθνικό δίκτυο, με μία λωρίδα κυκλοφορίας ανά κατεύθυνση και $\leq 30\%$ για τους υπόλοιπους δρόμους με δύο ή περισσότερες λωρίδες ανά κατεύθυνση.

β) Το σχήμα του χονδρόκοκκου αδρανούς καθορίζεται από το δείκτη πλακοειδούς σύμφωνα με το πρότυπο EN 933 - 3: 1997 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 3: Determination of particle shape - Flakiness index - Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών. Μέρος 3: Προσδιορισμός της μορφής των κόκκων. Δείκτης πλακοειδούς», η τιμή του οποίου δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 25.

γ) Η ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας) θα εκτελείται σύμφωνα με το πρότυπο EN 1367 - 2: 1998 «Tests for thermal and weathering properties of aggregates – Part 2: Magnesium sulfate test - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων των αδρανών σε θερμικές και καιρικές μεταβολές - Μέρος 2: Δοκιμή Θεικού μαγνησίου», με θεικό μαγνήσιο.

Η απώλεια βάρους θα είναι μικρότερη του 18%. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθεί χονδρόκοκκο αδρανές υλικό προερχόμενο από θραύση φυσικών χαλικιών από ορυχεία ή ποτάμια, το ποσοστό των κόκκων με μία ή περισσότερες επιφάνειες προερχόμενες από θραύση και σύνθλιψη πρέπει να είναι $\geq 50\%$, κατά βάρος, και το ποσοστό των 'τελείως' σφαιρικών κόκκων πρέπει να είναι $< 10\%$, κατά βάρος. Οι παραπάνω έλεγχοι θα γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο EN 933 - 5: 1998 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 5: Determination of percentage of crushed and broken surfaces in coarse aggregate particles - Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 5: Προσδιορισμός του ποσοστού % των συνθλιμμένων και θραυσμένων επιφανειών σε χονδρόκοκκα αδρανή». Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν σκωρίες για την παραγωγή του ασφαλτικού σκυροδέματος θα εκτελούνται και οι παρακάτω έλεγχοι:

- Σταθερότητα όγκου, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1744 - 1: 1998 «Tests for chemical properties of aggregates - Part 1: Chemical analysis - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των χημικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 1: Χημική ανάλυση», όταν χρησιμοποιούνται σιδηροσκωρίες και
- Αποσύνθεση διτανθρακικού πυριτίου ή και αποσύνθεση σιδήρου, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1744 - 1: 1998, όταν χρησιμοποιούνται ψυχόμενες στον αέρα σκωρίες υψικαμίνου.

Η ευστάθεια όγκου (ποσοστό μεταβολής του όγκου) των αδρανών από σιδηροσκωρίες πρέπει να είναι $\leq 3,5\%$. Η αποσύνθεση των ψυχόμενων στον αέρα σκωριών υψικαμίνου θα πρέπει να είναι μηδενική και στις δύο περιπτώσεις. Η κοκκομετρική διαβάθμιση του χονδρόκοκκου υλικού για όλες τις ασφαλτικές στρώσεις θα βρίσκονται εντός των ορίων του Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Όρια κοκκομετρικών διαβαθμίσεων χονδρόκοκκου αδρανούς για ασφαλτικές στρώσεις

Όνομαστικό άνοιγμα οπής κοσκίνου κατά EN 933-2: 1995 (mm)	Διερχόμενο ποσοστό %κατά βάρος				
	X - 40	X - 31.5	ΑΣ - 20	ΑΣ - 12.5	X - 10
63 (50)	100				
40 (37.5)	90-100	100			
31.5 (25)	20-25	90-99 (95-100)	100		
20 (19)	0-15	-	99-100 (90-100)	100	
12.5 (12.5)	-	25-60		99-100 (90-100)	100
10 (9.5)	0-5		20-55	-	99-100 (90-100)
4.0 (4.75)	-	0-10	0-10	39-70 (44-74)	10-30
2.0 (2.36)	-	0-2 (0-5)	0-2 (0-5)	25-55 (28-58)	0-10
1.0 (1.18)	-	-	-	1-9 (2-10)	0-2 (0-5)

⁽¹⁾ Εντός παρενθέσεως η σειρά κόσκινων κατά EN 933-2:1

Λεπτόκοκκα αδρανή υλικά

Τα λεπτόκοκκα αδρανή (υλικά ονομαστικού μεγέθους 2mm και συγκρατούμενα στο κόσκινο 0,063mm) θα αποτελούνται από θραυστή άμμο κατάλληλου πετρώματος, ή φυσική άμμο θραυστή άμμο σκωριών, ή από συνδυασμό αυτών. Ειδικά για την επιφανειακή στρώση η άμμος θα προέρχεται από θραύση πετρωμάτων με φθορά κατά Los Angeles $\leq 30\%$ (EN 1097 - 2: 1998). Η κοκκομετρική διαβάθμιση των λεπτόκοκκων υλικών για όλες τις ασφαλτικές στρώσεις θα ανταποκρίνεται στα όρια των κοκκομετρικών διαβαθμίσεων δίνονται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.2: Όρια κοκκομετρικών διαβαθμίσεων λεπτόκοκκου αδρανούς υλικού για ασφαλτικές στρώσεις

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου κατά EN 933-2: 1995 (mm)	Διερχόμενο ποσοστό % (κατά βάρος)	
	Λ-4	Λ-2
6,3	100	
4,0 (4,75)	85-99 (100)	100
2,0 (2,36)	70-95 (75-100)	85-99 (95-100)
1,0 (1,18)	40-70 (50-74)	60-95 (85-100)
0,5 (0,6)	23-47 (28-52)	40-80 (65-90)
0.25 (0,30)	6-25 (8-30)	20-50 (30-60)
0,063 (0,075)	0-15 (0-16)	0-15 (0-16)

¹⁾Εντός παρενθέσεως η σειρά κόσκινων κατά EN 933-2:1995 και τα αντίστοιχα όρια

Το λεπτόκοκκο κλάσμα των αδρανών (< 2,0mm) πρέπει να έχει ισοδύναμο άμμου (Sand Equivalent) μεγαλύτερα του 55, σύμφωνα με το πρότυπο EN 933 - 8: 1999 «Tests for geometrical properties of aggregates - part 8 : Assessment of fines – Sand equivalent test - Μέρος 8: Δοκιμή ισοδύναμου άμμου του λεπτόκοκκου υλικού».

Παιπάλη

Η παιπάλη, το πολύ λεπτό υλικό που διέρχεται από το κόσκινο ανοίγματος 0,063mm, μπορεί να είναι από ασβεστόλιθο, σκωρίες, υδράσβεστο, τσιμέντο Portland, ιπτάμενη τέφρα, ή οποιοδήποτε άλλο κατάλληλο υλικό. ελεύθερο αργιλικών προσμίξεων.

Η παιπάλη κατά την ώρα της ενσωμάτωσής της θα πρέπει να είναι επαρκώς ξηρή για να ρέει, η δε κοκκομετρική της διαβάθμιση, σύμφωνα με το πρότυπο EN 933 - 10: 2001 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 10: Assessment of fines – Grading of fillers (air jet sieving) - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Μέρος 10: Αξιολόγηση λεπτόκοκκου κλάσματος (παιπάλης) - Κοκκομετρική διαβάθμιση των φίλερ (κοσκίνισμα με ρεύμα αέρα)», θα πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις του Πίνακα 3.3

Πίνακας 3.3: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης παιπάλης

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κόσκινου κατά EN 933-3: 1995 (mm)	Διερχόμενο ποσοστό % (κατά βάρος)
2	100
0,125	85-100
0,063	75-100

Πίνακας 3.4: Όρια κοκκομετρικής διαβάθμισης μίγματος αδρανών υλικών για ασφαλτικό σκυρόδεμα κλειστού τύπου

Ονομαστικό άνοιγμα οπής κοσκίνου κατά EN 933-2: 1995 (mm)	Τύπος Ασφαλομίγματος				
	ΑΣ 40	ΑΣ 31.5	ΑΣ 20	ΑΣ12.5	ΑΣ10
63 (50)	100				
40 (37.5)	90-100	100			
31.5 (25)	-	90-100	100		
20 (19)	58-81 (56-80)	-	90-100	100	
12.5 (12.5)	-	56-80	-	90-100	100
10 (9.5)			58-81 (56-80)	-	90-100
4.0 (4.75)	20-50 (23-53)	25-56 (29-59)	31-61 (35-65)	39-70 (44-74)	49-80 (55-85)
2.0 (2.36)	14-39 (15-41)	18-43 (19-45)	21-46 (23-49)	25-55 (28-58)	29-63 (32-67)
0.25 (0.30)	3-15 (4-16)	4-16 (5-17)	4-19 (23-49)	4-19 (5-21)	6-21 (7-23)
0.063 (0.075)	0-5 (0-6)	1-6 (1-7)	1-7 (2-8)	1-9 (2-10)	1-9 (2-10)

Όταν το ποσοστό παιπάλης στο μίγμα των αδρανών είναι μεγαλύτερο από 3%, πρέπει να γίνεται έλεγχος ως προς την περιεκτικότητα σε υλικά υψηλής πλαστικότητας (π.χ. διογκούμενη άργιλο) με τον προσδιορισμό της τιμής του δείκτη “μπλε του μεθυλενίου” (MBF), σύμφωνα με το πρότυπο EN 933 - 9: 1998 «Tests for geometrical properties of aggregates - Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test - Δοκιμές για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αδρανών - Μέρος 9: Ποιοτική αξιολόγηση λεπτόκοκκου κλάσματος - Δοκιμή μπλε του μεθυλενίου».

Κατά κανόνα η επιτρεπτή τιμή MBF για τα ασφαλομίγματα όλων των στρώσεων είναι $\leq 10\text{g/kg}$. Υψηλότερες τιμές γίνονται αποδεκτές εφ’ όσον ο λόγος παιπάλης προς ασφαλτο βρίσκεται εντός της περιοχής 0,6 - 1,2. Πέραν των παραπάνω ελέγχων θα προσδιορίζεται η πυκνότητα και η υδατοαπορρόφηση των χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων αδρανών, σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097 - 6: 2000 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 6: Determination of particle density and water absorption - Έλεγχοι μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων αδρανών - Μέρος 6. Προσδιορισμός πυκνότητας κόκκων και υδατοαπορρόφησης», παράγραφος 7, 8 ή 9, ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων. Επίσης θα προσδιορίζεται και η πυκνότητα της παιπάλης σύμφωνα με το πρότυπο EN 1097 - 7: 1999 «Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 7: Determination of particle

density of filler - Pycnometer method - Δοκιμές των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των αδρανών - Μέρος 7: Προσδιορισμός της πυκνότητας του φίλερ - Μέθοδος πυκνόμετρου». Η υδατοαπορροφητικότητα δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2% κατά βάρος.

Αδρανή υλικά από ανακύκλωση ασφαλτομίγματος

Ως αδρανή υλικά για την παραγωγή ασφαλτικού σκυροδέματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προϊόντα ανακύκλωσης παλαιών ασφαλτικών. Το μέγιστο μέγεθος αδρανών υλικών του ανακυκλούμενου ασφαλτομίγματος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των αδρανών υλικών του νέου μίγματος.

Οι ιδιότητες των αδρανών υλικών που εμπεριέχονται στο ανακυκλούμενο ασφαλτόμιγμα θα πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των αδρανών υλικών του νέου ασφαλτομίγματος.

Οι έλεγχοι επί του προς χρήση υλικού από ανακύκλωση θα γίνονται σε θρυμματισμένο υλικό στην τελική του μορφή με την οποία θα χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή του τελικού ασφαλτομίγματος.

3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΕΛΕΙΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.3.1 Παραγωγή ασφαλτομίγματος

Η παραγωγή του ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνεται σε κατά εγκαταστάσεις που θα εξασφαλίζουν την ομοιομορφία του ασφαλτομίγματος καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής.

Η εγκατάσταση παραγωγής θα περιλαμβάνει:

- δεξαμενές ομοιόμορφης θέρμανσης ασφάλτου
- κατάλληλο σύστημα σωληνώσεων τροφοδοσίας ασφάλτου
- σύστημα ελέγχου τροφοδοσίας ασφαλτικού συνδετικού υλικού στον αναμικτήρα
- σύστημα ακριβείας για την ομοιόμορφη τροφοδότηση των αδρανών στον ξηραντήρα από δύο ή περισσότερες αποθήκες (σιλό)
- κατάλληλης δυναμικότητας ξηραντήρα αδρανών υλικών
- δυνατότητα διαχωρισμού αδρανών σε τρία τουλάχιστον κλάσματα
- κατάλληλα διαμερίσματα αποθήκευσης για την τροφοδότηση του αναμικτήρα (για συγκροτήματα παραγωγής ανά παρτίδες)
- διάταξη ζύγισης των αδρανών υλικών που τροφοδοτούν τον αναμικτήρα

- όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας των αδρανών υλικών και της ασφάλτου
- ρυθμιστικές διατάξεις του χρόνου ανάμιξης του μίγματος
- κατάλληλους κονιοσυλλέκτες
- διάταξη ανάμιξης

3.3.2 Προπαρασκευή ασφάλτου και αδρανών

Η άσφαλτος θα διατηρείται σε θεοκρασία κατάλληλη για την παροχέτευσή της στον αναμικτήρα μέσω αντλήσεως και την ομοιόμορφη κατανομή της στο μίγμα. Τα αδρανή υλικά θα ξηραίνονται, θα θερμαίνονται και θα εισέρχονται στον αναμικτήρα με την ενδεδειγμένη θεοκρασία, έτσι ώστε το παραγόμενο ασφαλτόμιγμα να έχει τις ενδεδειγμένες θερμοκρασίες ανάλογα με τον τόπο της ασφάλτου που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 3.5: Ενδεδειγμένες θερμοκρασίες ανά τύπο ασφάλτου

Τύπος ασφάλτου	Ενδεδειγμένες θερμοκρασίες °C		
	Ασφάλτου	Αδρανών	Ασφαλτομίγματος
20/30	180	165-180	175
35/50	170	155-170	160
50/70	155	140-155	145
70/100	150	135-150	140

Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται τροποποιημένη άσφαλτος η περιοχή των απαιτούμενων θερμοκρασιών για την παραγωγή του ασφαλτομίγματος θα καθορίζεται από τον παραγωγό αυτής.

Κατά την ανάμιξη των αδρανών υλικών με την άσφαλτο θα τηρούνται οι ενδεδειγμένοι χρόνοι ανάμιξης των υλικών που καθορίζονται από τον κατασκευαστή του συγκροτήματος. Η προσθήκη των υλικών στον αναμικτήρα θα ακολουθεί τη σειρά χονδρόκοκκα - λεπτόκοκκα - παιπάλη και κατόπιν θα προστίθεται η άσφαλτος ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη διασπορά της στο μίγμα. Ο συνολικός χρόνος ανάμιξης των αδρανών υλικών και της προστιθέμενης ασφάλτου δεν θα είναι μικρότερος των 35 δευτερολέπτων.

3.3.3 Μεταφορά ασφαλτομίγματος

Τα ασφατικό σκυρόδεμα θα μεταφέρεται με καθαρά οχήματα των οποίων η καρότσα θα σκεπάζεται με κατάλληλο κάλυμμα προστασίας κατά τη μεταφορά ή την αναμονή προς εκφόρτωση.

Για τη διευκόλυνση της εκφόρτωσης του ασφαλτομίγματος επιτρέπεται ο ψεκασμός των εσωτερικών τοιχωμάτων της καρότσας με κατάλληλο αντικολλητικό υλικό, το οποίο θα είναι απαλλαγμένο από διαλύτες της ασφάλτου. Η χρήση πετρελαίου ή βενζίνης απαγορεύεται.

Τυχόν πλεονάζον υλικό θα απομακρύνεται με ανύψωση της καρότσας στο μέγιστο δυνατό ύψος ή/και με χειρονακτική υποβοήθηση.

3.3.4 Προετοιμασία επιφάνειας

Εάν η επιφάνεια δεν ανταποκρίνεται προς τις προβλεπόμενες στάθμες, επικλήσεις και ομαλότητα, θα εκτελούνται οι απαιτούμενες συμπληρωματικές εργασίες διαμόρφωσης για την πλήρη συμμόρφωση αυτής με την τυπική διατομή και τη μηκοτομή και τον απαιτούμενο βαθμό συμπίκνωσης. Πριν τη διάστρωση του ασφαλτικού σκυροδέματος θα ελέγχεται η επιφάνεια της βάσεως οδοστρωσίας ή της υποκείμενης ασφαλτικής στρώσης, για τυχόν χαλαρά ή ασύνδετα υλικά.

Επί των επιφανειών από ασύνδετα αδρανή αφού προετοιμαστούν κατά τα ανωτέρω, θα εφαρμόζεται πριν τη διάστρωση του ασφαλτικού σκυροδέματος ασφαλτική προεπάλειψη με αυτοκινούμενο διανομέα για την εξασφάλιση βελτιωμένης πρόσφυσης της ασφαλτικής στρώσης και για την εν μέρει στεγανοποίηση της επιφάνειας της βάσεως οδοστρωσίας.

Η εφαρμογή της προεπάλειψης θα γίνεται όχι νωρίτερα από 48 ώρες πριν την διάστρωση του ασφαλτομίγματος. Η κυκλοφορία επί της ψεκασμένης με υλικό προεπάλειψης επιφάνειας θα απαγορεύεται πριν το ασφαλτικό υλικό διεισδύσει και στεγνώσει, ώστε να μην παρασύρεται από τα κινούμενα οχήματα. Ο Ανάδοχος θα μεριμνά για την διατήρηση καθαρής και σε καλή κατάσταση της ψεκασθείσας επιφάνειας μέχρι τη διάστρωση της ασφαλτικής στρώσης βάσεως.

Επί των υποκείμενων ασφαλτικών στρώσεων, αφού καθοριστούν πλήρως, θα εφαρμόζεται συγκολλητική επάλειψη με μηχανικό αυτοκινούμενο διανομέα για την επίτευξη καλύτερης σύνδεσης των δύο ασφαλτικών στρώσεων. Σε νέες κατασκευές και εφόσον οι εργασίες διάστρωσης των επαλλήλων ασφαλτικών στρώσεων γίνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα και η επιφάνεια διατηρείται καθαρή, η εφαρμογή συγκολλητικής επάλειψης, κατόπιν έγκρισης της Υπηρεσίας, μπορεί να παραληφθεί.

Μετά τον ψεκασμό της συγκολλητικής επάλειψης, η επιφάνεια θα αφήνεται να στεγνώσει μέχρι να αποκτήσει τις κατάλληλες συγκολλητικές ιδιότητες για να δεχθεί την υπερκείμενη ασφαλτική στρώση.

Τα υλικά της ασφαλικής προεπάλειψης και της συγκολλητικής επάλειψης θα έχουν βάση ασφαλικό γαλακτώματα κατάλληλης κατά περίπτωση σύνθεσης, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τη Μελέτη.

Ο ψεκασμός, τόσο της προεπάλειψης όσο και της συγκολλητικής, θα γίνεται κατά τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφη κατανομή του ασφαλικού υλικού και πλήρης κάλυψη της επιφάνειας. Όταν ο ψεκασμός με το διανομέα γίνεται σε δύο ή περισσότερες λωρίδες η ποσότητα του ασφαλικού υλικού στις θέσεις επικάλυψης των λωρίδων δεν θα υπερβαίνει την προκαθορισμένη ποσότητα. Το επιπλέον ασφαλικό υλικό θα διασκορπίζεται ή θα απομακρύνεται χειρονακτικά (π.χ. με χρήση βούρτσας).

Μέχρι την εφαρμογή της υπερκείμενης στρώσης ο Ανάδοχος θα λαμβάνει μέτρα προστασίας της συγκολλητικής επάλειψης από κάθε φθορά. Αν διαπιστωθεί από την Υπηρεσία ότι έχει λάβει χώρα απώλεια της συγκολλητικής ικανότητας, θα εφαρμόζεται πρόσθετη συγκολλητική επάλειψη, σύμφωνα με τις οδηγίες της.

Εάν η συγκολλητική επάλειψη αλλοιωθεί ή φθαρεί από βροχή ή σκόνες, τότε θα αφήνεται να στεγνώσει και θα εφαρμόζεται νέα ελαφρά συγκολλητική επάλειψη. Οι επιφάνειες κατασκευών, κρασπέδων και άλλων στοιχείων της οδού στην περιοχή των ψεκασμών θα προστατεύονται ώστε να αποφεύγεται η ρύπανσή τους. Χειρονακτικός ψεκασμός επιτρέπεται μόνο σε δυσπρόσιτες περιοχές διάστρωσης και έπειτα από σύμφωνη γνώμη της Υπηρεσίας.

3.3.5 Διάστρωση ασφαλτομίγματος

Η διάστρωση του ασφαλτομίγματος θα εκτελείται με αυτοκινούμενο διαστρωτήρα, ο οποίος θα διαστρώνει και θα ισοπεδώνει το ασφαλτόμιγμα στο απαιτούμενο πάχος, χωρίς να προκαλεί διαχωρισμό του ή άλλες επιφανειακές ατέλειες στη διαστρωθείσα επιφάνεια. Σε έργα αυτοκινητόδρομων, αεροδρομίων και γενικότερα οδών όπου αναμένεται να αναπτύσσονται υψηλές ταχύτητες επιβάλλεται η χρήση διαστρωτήρων εξοπλισμένων με αυτόματα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου ώστε να εξασφαλίζεται αυστηρή τήρηση των απαιτούμενων σταθμών (πάχος στρώσεων) και επικλίσεων.

Το ασφαλτόμιγμα θα τροφοδοτείται στο διαστρωτήρα με τη μικρότερη δυνατή καθυστέρηση. Η τροφοδοσία του μίγματος θα ρυθμίζεται έτσι ώστε η λειτουργία του διαστρωτήρα να είναι συνεχής, χωρίς υπέρ ή υπό-τροφοδότηση αυτού.

Η ταχύτητα διάστρωσης θα προσαρμόζεται έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή και ομοιόμορφη ροή του ασφαλτομίγματος σε όλο το πλάτος διάστρωσης, χωρίς διαχωρισμό, “συρσίματα” ή απόσχιση αυτού. Το μέγιστο συμυκνωμένο πάχος ενιαίας διάστρωσης δεν θα υπερβαίνει σε καμία περίπτωση τα 100mm.

Σε στενές λωρίδες διαπλάτυνσης ή σε άλλες θέσεις όπου δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του μηχανικού διαστρωτήρα, η διάστρωση μπορεί να γίνει με άλλα μηχανικά μέσα ή χειρονακτικά μετά από έγκριση της Υπηρεσίας.

3.3.6 Συμπύκνωση ασφαλτομίγματος

Η συμπύκνωση του ασφαλτομίγματος θα αρχίζει όταν η κυλίνδρωση είναι εφικτή, χωρίς να προκαλείται μετατόπιση ή συσσώρευση του διαστρωθέντος μίγματος και θα ολοκληρώνεται όταν αυτό διατηρεί ακόμη την ελάχιστη επιτρεπτή θερμοκρασία κυλίνδρωσης. Η κυλίνδρωση των ασφαλτικών μιγμάτων θα γίνεται κατά τη διαμήκη διεύθυνση και παράλληλα προς τον άξονα της οδού ή τον κύριο άξονα της προς διάστρωση επιφάνειας.

Η θερμοκρασία του ασφαλτομίγματος για την αρχική κυλίνδρωση πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 130° και 160°C ανάλογα με τον τύπο της ασφάλτου που χρησιμοποιήθηκε.

Απαγορεύεται η ακινητοποίηση των οδοστρωτήρων σε πρόσφατα διαστρωθείσα επιφάνεια ενώ αυτή είναι ακόμα θερμή, καθώς και η αλλαγή πορείας τους πίσω από τον διαστρωτήρα με διέλευση επί μη συμπυκνωμένου ασφαλτομίγματος. Η αρχική κυλίνδρωση θα γίνεται με οδοστρωτήρες λείου κυλίνδρου βάρους 8-10 τόνων, κινουμένων με ταχύτητα < 5Km/h (80m/min) και με τον κινητήριο τροχό τους προς την πλευρά του διαστρωτήρα.

Θα κυλινδρώνεται πρώτα το ασφαλτόμιγμα πλησίον της διαμήκου ένωσης και η κυλίνδρωση θα συνεχίζεται από το χαμηλότερο άκρο της διαστρωνόμενης λωρίδας προς το υψηλότερο. Η επικάλυψη μεταξύ των διαδοχικών διελεύσεων του οδοστρωτήρα θα είναι τουλάχιστον ίση με το ημιπλάτος του πίσω κυλίνδρου (περίπτωση στατικών οδοστρωτήρων με τρεις κυλίνδρους) ή το 1/4 του πλάτους του τυμπάνου (περίπτωση οδοστρωτήρων με δύο κυλίνδρους).

Η ενδιάμεση ή εντατική κυλίνδρωση θα γίνεται με λαστιχοφόρο οδοστρωτήρα ή με οδοστρωτήρα με ελαστικό και λείο μεταλλικό κύλινδρο βάρους 8-12 τόνων που κινείται με ταχύτητα < 12km/h (200m/min). Η επικάλυψη μεταξύ των διαδοχικών διελεύσεων του οδοστρωτήρα θα είναι ίση τουλάχιστον με το ονομαστικό εύρος ενός τροχού.

Η θερμοκρασία του διαστρωθέντος ασφαλτομίγματος για την έναρξη της ενδιάμεσης κυλίνδρωσης θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 120° και 140°C, ανάλογο με τον τύπο της ασφάλτου. Η τελική συμπύκνωση θα γίνεται με οδοστρωτήρες λείου κυλίνδρου βάρους 8-12 τόνων, χωρίς δόνηση.

Η κυλίνδρωση θα συνεχίζεται έως ότου εξαλειφθούν όλα τα ίχνη διαβάσεως των τροχών του οδοστρωτήρα ή άλλες επιφανειακές ανωμαλίες, με την προϋπόθεση ότι θα αποφεύγεται η υπερβολική συμπίκνωση. Η κυλίνδρωση πρέπει να έχει ολοκληρωθεί όταν η θερμοκρασία της στρώσης μειωθεί στο επίπεδο των 90°C.

Η χρήση δονητικών οδοστρωτήρων κατά την αρχική ή ενδιάμεση κυλίνδρωση θα αποφασίζεται εφ' όσον τεκμηριωθεί η αποτελεσματικότητά τους κατά το στάδιο κατασκευής του δοκιμαστικού τμήματος.

Επισημαίνεται, ότι κατά την κυλίνδρωση πρέπει να αποφεύγεται η επικόλληση υλικού στους κυλίνδρους ή τα ελαστικά των οδοστρωτήρων. Αυτό εξασφαλίζεται με ελαφρό ψεκάσμο των τροχών με νερό ή άλλο κατάλληλο διάλυμα της έγκρισης της Υπηρεσίας.

Επισημαίνεται επίσης ότι εάν η ποσότητα του διαστρωνόμενου ασφαλτομίγματος υπερβαίνει τους 200 τόνους/ώρα, απαιτείται η χρησιμοποίηση και πρόσθετου οδοστρωτήρα κατά το στάδιο της αρχικής κυλίνδρωσης ενδεχομένως και στα υπόλοιπα στάδια κυλίνδρωσης.

3.3.7 Ενώσεις (Συναρμογές)

Το ασφαλτόμιγμα θα συμπυκνώνεται πλήρως στις εγκάρσιες ή διαμήκειες ενώσεις και η ένωση θα ισοπεδώνεται επιμελώς ώστε να εξαλείφονται τα επιφανειακά ίχνη.

Οι εργασίες προετοιμασίας της ένωσης, πριν τη διάστρωση της επόμενης (γειτνιάζουσας) λωρίδας, θα γίνονται με έναν από τους παρακάτω τρόπους:

α) Με θέρμανση της ζώνης ένωσης με κατάλληλο θερμαντήρα ενώσεων (κινητή διάταξη φλόγιστρων) τη στιγμή που διαστρώνεται η επόμενη λωρίδα. Ο θερμαντήρας θα θερμαίνει ολόκληρο το πάχος της προηγούμενης στρώσης σε πλάτος όχι μικρότερο των 75mm, ούτως ώστε η θερμοκρασία στη ζώνη επαφής να ανέλθει στις προβλεπόμενες για τη διάστρωση τιμές. Σε περίπτωση μηχανικής βλάβης του θερμαντήρα, ο Ανάδοχος θα πρέπει να έχει διαθέσιμο εφεδρικό εξοπλισμό κατάλληλο για την άμεση συνέχιση των εργασιών.

β) Με εφαρμογή διάστρωσης με δύο ή περισσότερους διαστρωτήρες σε κλιμακωτή διάταξη έτσι ώστε το συνολικό εύρος διάστρωσης να συμπυκνώνεται πλήρως με ταυτόχρονη συνεχή κυλίνδρωση.

γ) Με απότμηση της εκτεθειμένης πλευράς της ένωσης σε κάθετο μέτωπο, με κατάλληλο αρμοκόφτη, σε βάθος όχι μικρότερο από το προκαθορισμένο πάχος της

στρώσης, καθαρισμό των τυχόν χαλαρών υλικών και επάλειψη του κατακόρυφου μετώπου με ασφαλικό συγκολλητικό γαλάκτωμα πριν τη διάστρωση της επόμενης λωρίδας.

Οι ενώσεις των επαλλήλων στρώσεων δεν πρέπει να συμπίπτουν κατά την κατακόρυφο και συνιστάται να είναι μετατοπισμένες τουλάχιστον κατά 300mm (οριζοντιογραφικά). Οι διαμήκεις ενώσεις στην λωρίδα κυκλοφορίας πρέπει να διατάσσονται κατά τρόπο ώστε να συμπίπτουν με τις διαγραμμίσεις της οδού, εφ' όσον αυτό είναι εφικτό.

3.3.8 Περιορισμοί λόγω καιρικών συνθηκών

Το ασφαλικό σκυρόδεμα θα διαστρώνεται μόνον όταν η επιφάνεια είναι στεγνή και απαλλαγμένη από πάχνη ή πάγο, και υπό την προϋπόθεση των ελάχιστων θερμοκρασιών περιβάλλοντος του ακόλουθου πίνακα.

Πίνακας 3.6: Ελάχιστες θερμοκρασίες διάστρωσης ασφαλικού σκυροδέματος

ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΟΛΟΣΤΡΩΜΑΤΟΣ	Πάχος (mm)	Ελάχιστη θερμοκρασία αέρα °C	Θερμοκρασία επιφάνειας °C
Άνω ασφαλική στρώση	Όλα τα πάχη	10	13
Όλες οι υπόλοιπες ασφαλικές στρώσεις	<75	4	7
Όλες οι υπόλοιπες ασφαλικές στρώσεις	≥75	0	2

Επισημαίνεται ότι δεν πρέπει να διαστρώνεται ασφαλικό σκυρόδεμα κατά τη διάρκεια βροχόπτωσης ή όταν πνέουν ισχυροί άνεμοι ≥ 6 Beaufort ή ≥ 22 κόμβων, (οδηγούν σε ταχεία πήξη του μίγματος πριν την ολοκλήρωση της συμπύκνωσης).

3.3.9 Δοκιμαστικό τμήμα

Πριν την έναρξη των ασφαλικών εργασιών θα κατασκευάζεται από τον Ανάδοχο δοκιμαστικό τμήμα ασφαλικών στρώσεων μήκους 100m έως 300m, εκτός αν στη μελέτη ή στα συμβατικά τεύχη του έργου αναγράφεται ότι η κατασκευή δοκιμαστικού τμήματος δεν είναι αναγκαία. Σκοπός του δοκιμαστικού τμήματος είναι να διαπιστωθεί από την Υπηρεσία εάν η μεθοδολογία που προτίθεται να εφαρμόσει ο

Ανάδοχος για την εκτέλεση των εργασιών, με βάση την εγκεκριμένη μελέτη σύνθεσης του μίγματος, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των παραπάνω προδιαγραφών.

Το δοκιμαστικό τμήμα θα κατασκευάζεται επί του έργου σε θέση που θα επιλέγεται από τον Ανάδοχο κατόπιν συμφωνίας με την Υπηρεσία. Οι δαπάνες κατασκευής του δοκιμαστικού τμήματος και εκτέλεσης των σχετικών εργαστηριακών δοκιμών θεωρούνται ανηγμένες στις τιμές μονάδος των ασφαλικών στρώσεων (εκτός εάν προβλέπεται αλλιώς στα συμβατικά τεύχη).

Το δοκιμαστικό τμήμα θα πρέπει να έχει έναν τουλάχιστον διαμήκη αρμό μήκους 100 m (εάν προβλέπονται διαμήκεις αρμοί) και έναν τουλάχιστον εγκάρσιο αρμό πλάτους ίσου με το εφαρμοστέο πλάτος της διάστρωσης.

Κατά την κατασκευή του δοκιμαστικού τμήματος θα διεξάγονται όλοι οι έλεγχοι που αναφέρονται στην μελέτη σύνθεσης ασφαλικού σκυροδέματος. Η Υπηρεσία έχει τη δυνατότητα να ζητήσει εκτέλεση και μεγαλύτερου αριθμού δοκιμών κατά το στάδιο κατασκευής του δοκιμαστικού τμήματος.

Εάν τα αποτελέσματα των ελέγχων αποδειχθούν ικανοποιητικά, το δοκιμαστικό τμήμα θα ενσωματώνεται στο έργο. Διαφορετικά θα αποξηλώνεται και τα υλικά θα απομακρύνονται από το έργο, ενώ η διαδικασία θα επαναλαμβάνεται μέχρι επιτεύξεως των επιθυμητών αποτελεσμάτων. Στην περίπτωση αυτή, τόσο τα έξοδα κατασκευής όσο και της πλήρους αποξήλωσης και απομάκρυνσης των υλικών βαρύνουν τον Ανάδοχο.

Τα μηχανήματα ανάμειξης, διάστρωσης και συμπύκνωσης, τα υλικά και μίγματα που χρησιμοποιήθηκαν και το κύριο προσωπικό που απασχολήθηκε κατά τη διάρκεια κατασκευής του επιτυχούς δοκιμαστικού τμήματος, θα χρησιμοποιηθούν/απασχοληθούν για την κατασκευή των ασφαλικών στρώσεων του έργου χωρίς ουδεμία μεταβολή. Εάν τα ανωτέρω μεταβληθούν κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα κατασκευάζεται νέο δοκιμαστικό τμήμα από τον Ανάδοχο το οποίο θα ελέγχεται και θα εγκρίνεται από την Υπηρεσία εκ νέου, σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.

Η κατασκευή δοκιμαστικού τμήματος μπορεί να παραλειφθεί εάν κατά την κρίση της Υπηρεσίας, είναι αποδεδειγμένη η εμπειρία του Αναδόχου ή το μέγεθος του έργου είναι μικρό.

3.3.10 Κριτήρια αποδοχής περαιωμένης εργασίας

Όλα τα χρησιμοποιούμενα υλικά (συνδετικό υλικό, αδρανή υλικό ή/και υλικό από ανακυκλωμένο ασφαλτόμιγμα) υπόκεινται, πριν από τη χρησιμοποίησή τους αλλά και σε οποιοδήποτε στάδιο της κατασκευής σε έλεγχο για να διαπιστωθεί ότι

αυτά πληρούν τις απαιτήσεις της προδιαγραφής αυτής και τις απαιτήσεις της εγκεκριμένης μελέτης.

Πριν την έναρξη παραγωγής του ασφαλτικού σκυροδέματος, ο Ανάδοχος θα γνωστοποιεί εγκαίρως στην Υπηρεσία την πηγή λήψης των υλικών και θα υποβάλλει πλήρη σειρά εργαστηριακών ελέγχων για τα εν λόγω υλικά. Αλλαγή στα χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται ή και γενικότερη αλλαγή των πηγών λήψεως υλικών, θα γίνεται μόνο κατόπιν έγκρισης της Υπηρεσίας και εφόσον συντρέχουν ειδικοί λόγοι.

Οι έλεγχοι των υλικών θα γίνονται σε αναγνωρισμένο εργαστήριο και τα υλικά θα χρησιμοποιούνται μόνο μετά από σχετική έγκριση της Υπηρεσία Καθ' όλη τη διάρκεια της κατασκευής, ο Ανάδοχος είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για την ποιότητα των υλικών που ενσωματώνονται. Η Υπηρεσία, σε οποιοδήποτε στάδιο της κατασκευής, διατηρεί το δικαίωμα δειγματοληπτικού ελέγχου προς επιβεβαίωση της ποιότητας ή απόρριψης των υλικών.

3.3.11 Έλεγχοι κατά τη διάρκεια της κατασκευής

Η συνιστώμενη συχνότητα δειγματοληψιών κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εργασιών δίνεται στον Πίνακα 3.7 (προς εφαρμογή, εάν δεν προβλέπεται διαφορετικά από τη μελέτη). Η δειγματοληψία του ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697 - 27: 2000 «Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 27: Sampling - Ασφαλτικά μίγματα - Μέθοδοι δοκιμής για ασφαλτομίγματα θερμής ανάμιξης - Μέρος 27: Δειγματοληψία».

Πίνακας 3.7: Έλεγχοι κατά τη διάρκεια κατασκευής

Δοκιμή	Συχνότητα
Δοκιμές επί του συνδετικού υλικού	
Δοκιμή εισδυτικότητας	1 δοκιμή ανά ημέρα από τη δεξαμενή αποθήκευσης του συνδετικού υλικού
Δοκιμή μάλθωσης	
Δοκιμή διαχωρισμού (ευστάθειας αποθήκευσης) ⁽¹⁾	
Δοκιμή ελαστικής επαναφοράς ⁽²⁾	
Δοκιμές επί των αδρανών υλικών	
Αντίσταση σε θρυμματισμό κατά Los Angeles	1 δοκιμή ανά 15000 τόνους αδρανών υλικών ⁽³⁾
Δοκιμή αντίστασης σε στίλβωση (PSV)	
Δοκιμή αντίστασης σε λείανση (φθορά) (AVV)	
Δείκτης πλακοειδούς	
Ποσοστό θραύσης και τελείως σφαιρικών κόκκων	για ασφαλικό σκυρόδεμα όλων των ασφαλικών στρώσεων πλην της επιφανειακής στρώσης ⁽³⁾ 1 δοκιμή ανά 5000 τόνους αδρανών υλικών για ασφαλικό σκυρόδεμα επιφανειακής στρώσης ⁽³⁾
Ισοδύναμο άμμου	1 δοκιμή ανά ημέρα
Ειδικό βάρος και απορρόφηση υγρασίας	μόνο εάν αλλάζει η πηγή λήψης των αδρανών υλικών
Ανθεκτικότητα σε αποσάθρωση (δοκιμή υγείας)	1 δοκιμή ανά έργο, υπό την προϋπόθεση ότι δεν αλλάζει η πηγή λήψης των αδρανών
Δοκιμές μετά από εκχύλιση του ασφαλτομίγματος ⁽⁴⁾ ή ανάφλεξη συνδετικού υλικού ⁽⁵⁾	
Κοκκομετρική ανάλυση μίγματος αδρανών και προσδιορισμός ποσοστού συνδετικού υλικού	2 δοκιμές ημερησίως
Ποσοστό παιπάλης / ασφάλτου	
Δοκιμές επί εργαστηριακών δοκιμίων Marshall	
Ευστάθεια	2 δοκιμές ημερησίως
Παραμόρφωση	
Ποσοστό κενών	
Λόγος εφελκυστικών αντοχών	
Δοκιμές επί της συμπυκνωμένης στρώσης	
Έλεγχος συμπύκνωσης (από καρότα)	3 καρότα ανά 5000m ²
Έλεγχος πάχους στρώσης (από καρότα)	

⁽¹⁾ Μόνο στην περίπτωση χρησιμοποίησης τροποποιημένης ασφάλτου και όταν πρόκειται να αποθηκευθεί για περισσότερες από 96 ώρες.

⁽²⁾ Μόνο σε περίπτωση χρησιμοποίησης ελαστομερούς ασφάλτου

⁽³⁾ Σε περίπτωση έργων όπου απαιτούνται μικρότερες ποσότητες αδρανών υλικών, 1 δοκιμή.

⁽⁴⁾ Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697- 1:2000 « Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 1 : Soluble binder content – Ασφαλτομίγματα. Μέθοδοι δοκιμές ασφαλτικών θερμής ανάμιξης . Μέρος 1: Περιεκτικότητα σε διαλυτό συνδετικό».

⁽⁵⁾ Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12697- 1:2000 « Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 39 : Binder content by ignition – Ασφαλτικά μίγματα – Μέθοδοι δοκιμής θερμού ασφαλτομίγματος – Μέρος 39: Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε συνδετικό υλικό με ελεγχόμενη καύση».

3.3.12 Τελικός έλεγχος ασφαλτικών στρώσεων

Οι στάθμες της επιφάνειας (υψόμετρα) κάθε ασφαλτικής στρώσης θα ανταποκρίνονται προς τη Μελέτη και δεν θα παρουσιάζουν αποκλίσεις μεγαλύτερες αυτών που δίνονται στον Πίνακα 3.8 Το υψόμετρο μελέτης σε οποιοδήποτε σημείο της στρώσης θα καθορίζεται με βάση την ερυθρά, τις εγκάρσιες κλίσεις και το πάχος των στρώσεων, σύμφωνα με τα στοιχεία της τυπικής διατομής.

Ο συνδυασμός των μέγιστων επιτρεπόμενων υψομετρικών αποκλίσεων στις διάφορες ασφαλτικές στρώσεις δεν πρέπει να έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού πάχους των ασφαλτικών στρώσεων περισσότερο από 15mm, ούτε τη μείωση του θεωρητικού πάχους της ανώτατης ασφαλτικής στρώσης περισσότερο από 5mm.

Για τον έλεγχο των υψομετρικών αποκλίσεων, θα γίνονται χωροσταθμικές μετρήσεις με τοπογραφικά όργανα ανά 10m κατά τη διαμήκη κατεύθυνση και ανά 2,0m κατά την εγκάρσια κατεύθυνση, ή όπως άλλως καθορισθεί από την Υπηρεσία. Στους κόμβους η πυκνότητα των χωροσταθμικών σημείων θα καθορίζεται από την Υπηρεσία.

Αποδεκτά θεωρούνται τα αποτελέσματα, για όλες τις στρώσεις πλην της επιφανειακής, όταν ανά δέκα διαδοχικές μετρήσεις κατά την διαμήκη κατεύθυνση, το πολύ μία υπερβαίνει τις αποκλίσεις που ορίζονται στον πίνακα 3.8, ενώ το σύνολο των μετρήσεων κατά οποιαδήποτε εγκάρσια γραμμή βρίσκεται εντός των καθοριζόμενων ορίων. Η υπέρβαση των αποκλίσεων του πίνακα 3.8 περιορίζονται στα 5mm (για το 10% των σημείων κατά μήκος).

Για την επιφανειακή στρώση ισχύουν οι αποκλίσεις που δίνονται στον Πίνακα 3.8 σε οποιοδήποτε σημείο της επιφανείας για το σύνολο των μετρήσεων, χωρίς καμία υπέρβαση.

Πίνακας 3.8: Επιτρεπόμενες υψομετρικές αποκλίσεις τελικής επιφάνειας στρώσεων οδοστρώματος

Επιφανειακή στρώση και συνδετική	±6mm
Ασφαλτική στρώση	±10mm

3.4 ΟΜΑΛΟΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

3.4.1 Ομαλότητα κατά τη διαμήκη κατεύθυνση

Η ομαλότητα κατά την διαμήκη κατεύθυνση μετράται με την μέθοδο κυλιόμενης δοκού. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ο τρίμετρος ευθύγραμμος κανόνας (με σχετική έγκριση της Υπηρεσίας).

Η διαμήκης ομαλότητα των επιφανειών όλων των ασφαλτικών στρώσεων, μετρούμενη με την κυλιόμενη δοκό θα πρέπει να δίνει αποτελέσματα εντός των ορίων που καθορίζονται στον Πίνακα 3.9.

Η μέθοδος μέτρησης των ανωμαλιών του καταστρώματος με την κυλιόμενη δοκό (rolling beam) αναπτύχθηκε από το Βρετανικό Εργαστήριο Κυκλοφοριακών Ερευνών (TRL: Transport Research Laboratory). Κατά τη μέθοδο αυτή εντοπίζονται οι αποκλίσεις από τη θεωρητική επιφάνεια του καταστρώματος που υπερβαίνουν τα 4,00 ή τα 7,00mm, υπολογίζεται ο συνολικός αριθμός τους ανά τμήμα συγκεκριμένου μήκους και τα αποτελέσματα συγκρίνονται με οριακές τιμές βάσει πινάκων.

Πίνακας 3.9: Μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμός επιφανειακών ανωμαλιών

Οριο επιφανειακής ανωμαλίας	Επιφανειακές στρώσεις, συνδετικές στρώσεις ⁽¹⁾ και λωρίδες εκτάκτου ανάγκης ή ασφαλτοστρωμένα ερείσματα				Συνδετικές στρώσεις, στρώσεις ασφαλτικής βάσης και διαπλατύνσεις για στάθμευση παρά την οδό			
	4mm		7mm		4mm		7mm	
Μήκος αναφοράς (m)	300	75	300	75	300	75	300	75
Αυτοκινητόδρομος και κύριοι οδοί	20	9	2	1	40	18	4	2
Άλλες οδοί ⁽²⁾	40	18	4	2	60	27	6	3

⁽¹⁾ Εφόσον η επιφάνεια της συνδετικής στρώσης πρόκειται να κυκλοφορηθεί για κάποιο χρονικό διάστημα

⁽²⁾ Οδοί με μικρές ταχύτητες (<50 km/h)

⁽³⁾ Οι μετρήσεις θα γίνονται κατά μήκος γραμμής ή γραμμών παράλληλων προς το όριο του οδοστρώματος επί τμημάτων μήκους 300 m που θα επιλέγονται από την Υπηρεσία. Είναι δυνατόν να εξετάζονται και τμήματα μήκους μικρότερου των 300 m (μέρος μεγαλύτερου κλάδου οδού) και να αποτιμούνται με αναγωγή του αριθμού των ανωμαλιών που μετρήθηκαν στα 300 m (στρογγύλευση του αποτελέσματος στον πλησιέστερο ακέραιο αριθμό).

Συνιστάται να εκτελούνται μετρήσεις ανά λωρίδα κυκλοφορίας καθώς και στη λωρίδα εκτάκτου ανάγκης (ΛΕΛ) περίπου στον άξονα αυτών.

Όταν το συνολικό μήκος του οδικού τμήματος είναι μικρότερο από 300m, οι μετρήσεις θα γίνονται επί μήκους 75m. Κατά τις μετρήσεις η κυλιόμενη δοκός θα μετακινείται με ταχύτητα περίπου 2km/h.

Η ομαλότητα των ασφαλτικών επιφανειών κατά τη διαμήκη κατεύθυνση μπορεί να μετρηθεί και με άλλες συσκευές, της εγκρίσεως της Υπηρεσίας.

Όταν χρησιμοποιούνται συσκευές που παρέχουν αποτελέσματα σε IRI (International Roughness Index: Διεθνής Δείκτης Ομαλότητας), οι αποδεκτές τιμές είναι $IRI \leq 1,1$ για μήκος αναφοράς 10m, ή $IRI \leq 1,4$ για μήκος αναφοράς 100m. Στις περιπτώσεις αυτές, πρέπει να ικανοποιούνται επίσης και οι απαιτήσεις του πίνακα 3.8 της παραγράφου 3.4.12

3.4.2 Ομαλότητα κατά την εγκάρσια κατεύθυνση

Το οδόστρωμα θα ελέγχεται επίσης και για εγκάρσιες ανωμαλίες με τον τρίμετρο ευθύγραμμο κανόνα τοποθετούμενο κατά ορθή γωνία ως προς τον άξονα της οδού, σε θέσεις της επιλογής της Υπηρεσίας σύμφωνα με το πρότυπο EN 13036 - 7: 2003 «Road and airfield surface characteristics - Test methods – Part 7: Irregularity measurement of pavement courses: the straightedge test - Χαρακτηριστικά επιφάνειας οδών και αεροδρομίων - Μέθοδοι δοκιμής Μέρος 7: Μέτρηση ανωμαλιών των στρώσεων κύλισης των οδοστρωμάτων (τελική στρώση: Μέθοδος κανόνα». Η μέγιστη αποδεκτή απόκλιση μεταξύ της επιφάνειας της οδού και της κάτω επιφάνειας του κανόνα είναι:

- 4mm για την επιφανειακή ή συνδετική στρώση και
- 6mm για την ασφαλτική βάση.

Ο τρίμετρος ευθύγραμμος κανόνας θα χρησιμοποιείται επίσης για τον έλεγχο της ομαλότητας κατά τη διαμήκη κατεύθυνση όταν το συνολικό μήκος του οδοστρώματος είναι μικρότερο των 15m, ή σε θέσεις όπου η χρήση της κυλιόμενης δοκού είναι πρακτικά αδύνατη, με τις ως άνω επιτρεπόμενες αποκλίσεις.

Πριν από κάθε μέτρηση ομαλότητας, η επιφάνεια που πρόκειται να μετρηθεί, εάν απαιτείται, θα καθαρίζεται με μηχανικό σάρωθρο, ώστε να μην υπάρχουν ξένα σώματα (ασύνδετα αδρανή, υλικά, φερτά υλικά κ.λπ.). Οι μετρήσεις θα γίνονται πριν την απόδοση του καταστρώματος στην κυκλοφορία, ώστε σε περίπτωση αστοχίας να γίνουν οι κατάλληλες επεμβάσεις χωρίς να επηρεασθεί η πρόοδος των εργασιών και το χρονοδιάγραμμα ολοκλήρωσης του έργου.

Πριν την έναρξη της διάστρωσης των ασφαλτομιγμάτων, ο Ανάδοχος θα υποβάλει στην Υπηρεσία Έκθεση Μεθοδολογίας στην οποία θα περιγράφεται η μέθοδος που θα υιοθετηθεί για τη μέτρηση της ομαλότητας.

3.4.3 Επιφανειακή μακροτραχύτητα - αδρότητα επιφάνειας (Surface Macro Texture)

Η μακροτραχύτητα της επιφάνειας της στρώσεως κυκλοφορίας έχει επιπτώσεις στην αντλιοσθηρότητα και τη στάθμη του θορύβου από την αλληλεπίδραση ελαστικών - ασφαλτικού.

Η επιφανειακή μακροτραχύτητα (μακροϋφή) προσδιορίζεται με ογκομετρικές τεχνικές σύμφωνα με το πρότυπο EN 13036 - 1: 2001: Road and airfield surface characteristics - Test methods - Part 1: Measurement of pavement surface macro texture depth using a volumetric patch technique - Χαρακτηριστικά επιφάνειας οδών και αεροδρομίων - Μέθοδοι δοκιμής - Μέρος 1: Μέτρηση του βάθους της μακροδομής της επιφάνειας με την βοήθεια της τεχνικής μέτρησης όγκου κηλίδας.

Ανά 1000m μήκους λωρίδας κυκλοφορίας (ή ανά λωρίδα κυκλοφορίας του δοκιμαστικού τμήματος) θα γίνονται δέκα μεμονωμένες μετρήσεις σύμφωνα με το ανωτέρω πρότυπο, πριν την απόδοση της οδού στην κυκλοφορία. Η μακροτραχύτητα σε κάθε σημείο μέτρησης πρέπει να είναι $> 0,6\text{mm}$. Σε αντίθετη περίπτωση θα γίνονται περαιτέρω μετρήσεις ώστε να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια η μακροτραχύτητα του τάπητα. Εάν ο μέσος όρος των μετρήσεων βρεθεί μικρότερος από $0,6\text{mm}$ το μίγμα στην περιοχή αυτή θα αποξηλώνεται σε όλο του το πάχος (με φρεζάρισμα) και θα αντικαθίσταται με νέα στρώση, η οποία θα εφαρμόζεται υποχρεωτικά με διαστρωτήρα. Το ελάχιστο μήκος των επεμβάσεων θα είναι τουλάχιστον 20m και το ελάχιστο πλάτος ίσο με το πλάτος μίας λωρίδας κυκλοφορίας. Τα ως άνω διορθωτικά μέτρα θα λαμβάνονται εφ' όσον προβλέπονται από τη Μελέτη, ή κατόπιν σχετικής εντολής της Υπηρεσίας. Όταν προβλέπεται η κατασκευή δοκιμαστικού τμήματος (συνήθως σε σημαντικά έργα) οι έλεγχοι αυτοί θα γίνονται υποχρεωτικά επ' αυτού.

3.5 ΤΟΠΟΣ ΕΠΙΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΗΡΩΜΗΣ

3.5.1 Επιμέτρηση

Ø Έλεγχος πάχους ασφαλτικών στρώσεων

Για την εξακρίβωση του συμπυκνωμένου πάχους οποιασδήποτε ασφαλτικής στρώσης θα γίνεται χωροστάθμιση πριν και μετά την διάστρωση ανά διατομή της οδού. Θα γίνονται μετρήσεις στα όρια του οδοστρώματος και σε ένα τουλάχιστον σημείο ανά λωρίδα κυκλοφορίας. Κατ' ελάχιστον δε θα λαμβάνονται τρία σημεία ανά διατομή.

Πυρηνοληψία θα γίνεται μόνον κατ' εξαίρεση, σε περιπτώσεις απισωτικών στρώσεων, κόμβων ή ζωνών μεταβαλλόμενης γεωμετρίας επιφανείας, μετά από σχετική εντολή της Υπηρεσίας. Οι θέσεις λήψης καρτών θα υποδεικνύονται από την Υπηρεσία.

Τα αποτελέσματα της πυρηνοληψίας θα εξετάζονται μεμονωμένα και δεν θα υπολογίζεται ο μέσος όρος αυτών προκειμένου να συναχθούν συμπεράσματα για το μέσο πάχος των στρώσεων. Εάν με την πυρηνοληψία διαπιστωθεί μειωμένο πάχος, τότε θα λαμβάνονται περί την θέση της ανά 50m πρόσθετοι πυρήνες προκειμένου να διερευνηθεί περαιτέρω η ασφαλτική στρώση.

Εάν κατά τους ανωτέρω ελέγχους διαπιστωθεί πάχος μεγαλύτερο του προβλεπομένου από την μελέτη, ουδεμία προσαύξηση της συμβατικής τιμής μονάδος θα γίνεται αποδεκτή.

Εάν διαπιστωθεί μειωμένο πάχος στρώσης, και εφ' όσον η μείωση αυτή γίνει αποδεκτή από την Υπηρεσία, θα μειώνεται αναλογικά η συμβατική τιμή μονάδος. Η αποδοχή ή μη ασφαλτικής στρώσης μειωμένου πάχους εξαρτάται από την θέση της, καθώς και το διαστρωθέν συνολικό πάχος ασφαλτικών ταπήτων.

Προκειμένου να γίνονται αποδεκτές στρώσεις υπολειπόμενες πέραν του 10% του θεωρητικού πάχους ο Ανάδοχος θα πρέπει να προσκομίσει αναλυτική έκθεση τεκμηριωμένη με υπολογισμούς από την οποία να προκύπτει η επάρκεια των στρώσεων που κατασκευάστηκαν για τον κυκλοφοριακό φόρτο σχεδιασμού και τις τοπικές συνθήκες του έργου. Η αποδοχή εκ μέρους της Υπηρεσίας των ως άνω απόψεων / τεκμηρίωσης του Αναδόχου δεν αίρει την προαναφερθείσα αναλογική μείωση της συμβατικής τιμής.

Εάν οι μειωμένου πάχους στρώσεις δεν γίνουν κατά τα ως άνω αποδεκτά από την Υπηρεσία, τότε η στρώση θα αποξηλώνεται και θα επανακατασκευάζεται με δαπάνες του Αναδόχου. Στις περιπτώσεις παραλαβής του υλικού της ασφαλτικής στρώσης κατά βάρος θα γίνεται αναγωγή σε όγκο με βάση το φαινόμενο βάρος του συμπυκνωμένου ασφαλτικού σκυροδέματος και θα διενεργούνται οι ως άνω έλεγχοι και περικοπές εάν διαπιστωθούν μη συμμορφώσεις.

Ø Επιμέτρηση ενσωματωμένου ασφαλτικού σκυροδέματος κατά βάρος

Η ζύγιση προσκομιζομένου προς ενσωμάτωση ασφαλτικού σκυροδέματος θα γίνεται με πλάστιγγες αυτόματου ζυγίσεως βαθμονομημένες από το Υπουργείο Εμπορίου ή άλλους αναγνωρισμένους φορείς πιστοποίησης. Οι πλάστιγγες θα καταγράφουν αυτόματα σε καρτέλες ή ταινίες ελέγχου το βάρος του ζυγισμένου ασφαλτικού σκυροδέματος.

Ø Επιμέτρηση ανά τετραγωνικό μέτρο

Η κάθε στρώση, πλήρως κατασκευασμένη (εργασία και υλικά), θα επιμετράται σε τετραγωνικά μέτρα (m²) συμπυκνωμένου πάχους, αφού έχει εξακριβωθεί το συμβατικό συμπυκνωμένο. Το πλάτος της στρώσης ορίζεται ως την απόσταση μεταξύ των ακμών της ανώτερης επιφάνειας της στρώσης χωρίς να συνυπολογίζονται τυχόν οριογραμμές επιφανειών μορφής πρανών.

Ø Μεταφορά

Η μεταφορά του ασφαλτικού μίγματος επιμετράται σε τονοχιλιόμετρα απλής μεταφοράς από τη θέση (-εις) λήψης μέχρι το έργο.

Ø Προεπάλειψη και συγκολλητική επάλειψη

Επιμετρώνται ιδιαίτερος, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στις οικίες Προδιαγραφές ΠΕΤΕΠ. (www.iok.gr)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- s Αναγνωστάκης Θ., (2010), «Κατολίσθηση Βελβιτσίου Πατρών: Γεωτεχνικές Συνθήκες», Διπλωματική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- s Γεωργούλα Σ., Γουβαλή Σ., (2008), «Ασφαλτικά Σκυροδέματα και Σύνθεση αυτών, Ασφαλικές Αντιολισθηρές Στρώσεις», Πτυχιακή Διατριβή, Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- s Γιαννιού Π., (2013), «Διερεύνηση Εκτίμησης Δυναμικού Μέτρου Δυσκαμψίας Ασφαλομιγμάτων Μέσω Αλγορίθμων», Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- s ΕΛΟΤ, (2009α), «Αντιολισθηρές Στρώσεις Ασφαλικού Σκυροδέματος», Τ.Π. 1501-05-03-12-01: 2009.
- s ΕΛΟΤ (2009β), «Ασφαλικές Στρώσεις Κλειστού Τύπου», Τ.Π. 1501-05-03-11-04: 2009.
- s Ηλιάδου Ε., (2011), «Η Ασφαλτος στην Οδοποιία», Πτυχιακή Διατριβή, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.
- s Λαμπάκης Ν., (2001), «Εργαστήριο Ασφαλικών», Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Πάτρας, Πάτρα.
- s Λεβέντης Α., (2011), «Εκτίμηση Παραμέτρων Σύνθεσης Ασφαλομιγμάτων στο Εργαστήριο Μέσω Γεωφυσικών Μεθόδων», Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- s Μανωλάκος Π., (2008), «Σιδηροδρομικά Αδρανή», Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- s Μαρίνος Ι. Π., (2011), «Διερεύνηση της Συμπύκνωσης Ασφαλομιγμάτων Οδοστρωμάτων», Διπλωματική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- s Μπίκος Χ., (2011), «Καταγραφή και Ανάλυση του Δικτύου Διανομής και Παραγωγής Ασφαλομίγματος με Τρίμμα Φθαρμένου Ελαστικού στην Ελλάδα», Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- s Νικολαΐδης Αθ. Φ., (2002), «Οδοποιία: Οδοστρώματα, Υλικά, Έλεγχος Ποιότητας», 2^η έκδοση, Μ. Τριανταφύλλου και Σια, Θεσσαλονίκη.
- s Νικολαΐδης Αθ. Φ., (2005), «Εύκαμπτα Οδοστρώματα: Μέθοδος Διαστασιολόγησης, Ασφατικά μίγματα, Αντιολισθηρές Στρώσεις», 1^η έκδοση, Μ. Τριανταφύλλου και Σια, Θεσσαλονίκη.

- s Πανούτσου Ν., (2010), «Καταλληλότητα Αδρανών Υλικών για Έρμα Σιδηροδρομικών Γραμμών. Έρευνα σε Δείγμα Νο1 Βασικών – Υπερβασικών Πετρωμάτων», Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- s Πανούτσου Ν., (2013), «Ποιοτικός Έλεγχος της Καταλληλότητας Γεωυλικών για Κατασκευή α) Επιχωμάτων και β) Έρματος Σ. Γ. Υψηλών Ταχυτήτων», Διατριβή Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- s Σπυρόπουλος Α., (2005), «Διερεύνηση των Τεχνικογεωλογικών Συνθηκών στο Νομό Αχαΐας Σχετικά με την Αναζήτηση Αδρανών Υλικών για Διάφορες Χρήσεις», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- s Τασομήνη Ε., Τζιούφα Χ., (2007), «Σύγχρονες Μέθοδοι Κατασκευής Οδοστρωμάτων – Υλικά Οδοστρωσίας – Συντήρηση Οδοστρωμάτων», Πτυχιακή Διατριβή, Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Ξένη

- s Airey GD, (2011), 'Bitumen properties and test methods', Ice Manuals Highway Management, 3rd Edition, Handbook Electronic, Nottingham.
- s BS EN 933-1, (1997), 'Tests for geometrical properties of aggregates. Part 1: Determination of particle size distribution – Test sieves, normal size of apertures'.
- s BS EN 933-2, (1996), 'Tests for geometrical properties of aggregates. Part 2: Determination of particle size distribution – Sieving method'.
- s BS EN 933-3, (1997), 'Tests for geometrical properties of aggregates. Part 3: Determination of particle shape – Flakiness index'.
- s BS EN 933-4, (2000), 'Tests for geometrical properties of aggregates. Part 4: Determination of particle shape – Shape index'.
- s BS EN 1097-3, (1998), 'Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 3: Determination of loose bulk density and voids'.
- s BS EN 1097-5, (1999), 'Tests for mechanical and physical properties of aggregates – Part 5: Determination of the water content by drying in a ventilated oven'.
- s Shell Bitumen U.K., (1990), 'The Shell Bitumen Handbook', Design and Print Partnership Ltd, Surrey.

Διαδίκτυο

- s «Ασφαλτολίμνη των Νησιών Τρινιδάδ και Τομπάγκο», (2003) <http://wol.jw.org/el/wol/d/r11/lp-g/102003729>, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.
- s Μηλιοπούλου Α., (2009), «Σύγκριση μεθόδων εργαστηριακών δοκιμών σε αδρανή υλικά με αμερικάνικα (ASTM) και ευρωπαϊκά (EN) πρότυπα αδρανών. Comparison

of laboratory test methods on aggregates conducted according to American (ASTM) and European (EN) standard test methods»,
http://library.tee.gr/digital/m2456/m2456_miliopoulou.pdf, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s Νίκος, (2009), «*Επεξεργασία του αργού πετρελαίου*»,
<http://ozoirosmathitis.wordpress.com/2011/04/08/%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%BF%CF%85-%CE%B1%CF%81%CE%B3%CE%BF%CF%85-%CF%80%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%CF%85/>, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s Νικολαΐδης Αθ. Φ., (2005), «*Ιδιότητες Ασφάλτου 50/70 και Τροποποιημένης Ασφάλτου με SBS*», http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_nikolaidis.pdf, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s Νικολαΐδης Αθ. Φ., (2005), «*Ισοδύναμο Άμμου και Μπε του Μεθυλενίου Αδρανών Υλικών Οδοποιίας*», http://library.tee.gr/digital/m2070/m2070_nikolaidis1.pdf, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s <http://www.civil.uminho.pt/transportinfra/laboratory.htm>, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s <http://www.eecs.berkeley.edu/>, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

- s <http://www.inforail-ose.gr/dgMaterial/PY/ydg/2010-01-20%20%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9F%20%CE%91%CE%94%CE%A1%CE%91%CE%9D%CE%A9%CE%9D%20%CE%A5%CE%9B%CE%99%CE%9A%CE%A9%CE%9D%20E1.pdf>, τελευταία πρόσβαση 16/01/14.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο παρόν παράρτημα παρουσιάζονται τα έντυπα που χρησιμοποιούνται στις εργαστηριακές δοκιμές κατά EN που πραγματοποιούνται για ασφαλικές εργασίες. Παρακάτω παρουσιάζονται αναφορικά οι δοκιμές για τις οποίες παρατίθενται τα έντυπα.

	Δοκιμή	Προδιαγραφή
1.	Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles	EN 1097-02
2.	Δοκιμή Micro- Deval	EN 1097-1
3.	Προσδιορισμός του δείκτη πλακοειδούς	EN 933-03
4.	Ισοδύναμο άμμου	EN 933-08
5.	Δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου	EN 933-9
6.	Κοκκομετρική ανάλυση	EN 933-1

1. Δοκιμή αντίστασης σε θρυμματισμό κατά Los Angeles κατά EN 1097-02

Εργαστήριο:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p>ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ LOS ANGELES LA_{RB} EN 1097-02: 1998</p> </div>		
Δείγμα:		Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:
Περιγραφή:		Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:
Περιοχή λήψης δείγματος:		Χειριστής:
Βάρος μεγέθους κλάσματος 31,5mm - 40mm:		
Βάρος μεγέθους κλάσματος 40mm - 50mm:		
Μάζα m που συγκρατήθηκε από το κόσκινο 1,6mm:		
Συντελεστής Los Angeles:		
LA = (10000 - m) / 1000 =		
Κατηγορία LA_{RB}:		

2. Δοκιμή Micro – Deval κατά EN 1097-1

Εργαστήριο:		
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p>ΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ MICRO - DEVAL M_{DE} RB EN 1097-01 : 1996</p> </div>		
Δείγμα:		Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:
Περιγραφή:		Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:
Περιοχή λήψης δειγματος:		Χειριστής:
ΤΥΠΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ: ΥΓΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ		
1η Δοκιμή		
ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ 31,5mm - 40mm:		
ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ 40mm - 50mm:		
ΜΑΖΑ m ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΚΟΣΚΙΝΟ 1,6mm:		
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ MICRO - DEVAL₁:		
2η Δοκιμή		
ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ 31,5mm - 40mm:		
ΒΑΡΟΣ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ 40mm - 50mm:		
ΜΑΖΑ m ΠΟΥ ΣΥΓΚΡΑΤΗΘΗΚΕ ΣΤΟ ΚΟΣΚΙΝΟ 1,6mm:		
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ MICRO - DEVAL₂:		
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ MICRO - DEVAL	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ M_{DE} RB	

3. Προσδιορισμός του Δείκτη Πλακοειδούς κατά EN 933-03

Εργαστήριο:				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Έντυπο Υπολογισμού του Δείκτη Πλακοειδούς EN 933-03 : 1997</p> </div>				
Δείγμα:			Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:	
Περιγραφή:			Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:	
Περιοχή λήψης δείγματος:			Χειριστής:	
Βάρος δείγματος $M_0 =$		Συγκρατούμενο βάρος από κόσκινο 80mm (gr) =		
		Λιερρόμενο βάρος από κόσκινο 4mm (gr) =		
		Συνολικό βάρος υλικού που απορριπτεται (gr) =		
Κοσκίνισμα με κόσκινα		Κοσκίνισμα με κόσκινα επιμήκυνσης		
d_i/D_i	Βάρος R_i για κάθε d_i/D_i	Ονομαστικό μέγεθος κοσκίνου επιμήκυνσης	Λιερρόμενο βάρος	F_i = $(M_i/R_i) \times 100$
mm	gr	mm	gr	
63/80		40		
50/63		31.5		
40 / 50		25		
31.5/40		20		
25/31.5		16		
20/25		12.5		
16/20		10		
12.5/16		8		
10/12.5		6.3		
8/10		5		
6.3/8		4		
5/6.3		3.15		
4/5		2.5		
$M_1 = \Sigma R_i =$		$M_2 = \Sigma m_i =$		
$F1 = (M_2 / M_1) \times 100 =$				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ:				
$100 \times \{ M_0 - [\Sigma R_i + \Sigma(\text{ακατάλληλων κόκκων})] \} / M_0 =$				

4. Ισοδύναμο άμμου κατά EN 933-08

Εργαστήριο:				
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>ΔΕΛΤΙΟ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ EN 933-08 : 1998</p> </div>				
Δείγμα:		Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:		
Περιγραφή:		Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:		
Περιοχή λήψης δειγματος:		Χειριστής:		
A. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΑΜΜΟΥ				
ΔΕΙΓΜΑ	H	h	(h/H) × 100	S.E.
Α				a
Β				b
Γ				c
B. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ				
$S.E: \frac{a+b+c}{3} =$			Κριτήρια αποδοχής	
			a, b, c ≤ 4%	

5. Δοκιμή Μπλε του Μεθυλενίου κατά EN 933-9

Εργαστήριο:				
ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΠΛΕ ΤΟΥ ΜΕΘΥΛΕΝΙΟΥ EN 933-09: 2009				
Δείγμα:		Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:		
Περιγραφή:		Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:		
Περιοχή λήψης δείγματος:		Χειριστής:		
Μέγεθος κόκκων δείγματος Particle size of sample				
		0/2 mm	0/0,125 mm	0/2 mm + caolinite
Μάζα δείγματος gr Mass of the sample gr	M₁			
Όγκος διαλύματος ml Volume of dye solution injected ml	V₁			
Όγκος διαλύματος Καολινίτη ml Volume of dye solution absorbed by kaolinite ml	V'			
Τιμή του ΜΠΛΕ του ΜΕΘΥΛΕΝΙΟΥ METHYLENE BLYE value	MB MBf			
ΟΡΙΟ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗΣ LIMIT OF SPECIFICATION				
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:				
MB , MBf = (V1/M1)*10 *Επανάληψη της Δοκιμής				

6. Κοκκομετρική ανάλυση κατά EN 933-1

Εργαστήριο:			
ΕΝΤΥΠΟ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ EN 933-1: 2012			
Δείγμα:		Ημερομηνία έναρξης της δοκιμής:	
Περιγραφή:		Ημερομηνία λήξης της δοκιμής:	
Περιοχή λήψης δείγματος:		Χειριστής:	
Βάρος ξηρού δείγματος M₁=			
Βάρος ξηρού δείγματος (μετά από πλύση) M₂=			
Πρότυπο μέγεθος Κοσκίνου (mm)	Συγκρατούμενο βάρος R_i σε gr		Διερχόμενο βάρος gr
			%
70			
63			
56			
50			
45			
40			
31,5			
22,4			
16			
11,2			
8			
5,6			
4			
2			
1			
0,063			
Ποσότητα που παραμένει στον υποδοχέα P=			
ΣR_i + P=			
Ποσοστό Παιπάλης (f) διερχόμενο στα 63 μm, $\{[(M_1-M_2)+P] / M_1\} * 100 =$			
Ποσοστό Απώλειας $[M_2 - (\Sigma R_i + P)] / M_2 * 100 =$			
<1%			